

## Proyecto Fin de Carrera

Transformación a regadío de una finca de 44,19 Ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

### MEMORIA

Autor

Guillermo Bellido Larena

Directores

Joaquín Aibar Lete  
Ernesto Perna de Mur

Escuela Politécnica Superior de Huesca  
2013

## **INDICE:**

1.- ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO .....	Pág. 5
1.1 Objeto del proyecto.....	Pág. 6
2.- ESTUDIO CLIMATOLOGICO.....	Pág. 6
2.1 Elementos climáticos térmicos .....	Pág. 7
2.2 Elementos climáticos hídricos .....	Pág. 8
2.3 El viento .....	Pág. 9
2.4 Índices climáticos.....	Pág. 9
2.5 Clasificaciones climáticas.....	Pág. 10
3.- ANÁLISIS DEL SUELO .....	Pág. 11
3.1 Resultados obtenidos .....	Pág. 12
3.2 Conclusiones al estudio realizado.....	Pág. 14
4.- ESTUDIO DEL AGUA PARA RIEGO .....	Pág. 16
4.1 Relación entre cationes y aniones .....	Pág. 17
4.2 Índices de primer grado .....	Pág. 17
4.3 Índices de segundo grado.....	Pág. 18
4.4 Criterios de salinidad .....	Pág. 19
4.5 Normas para caracterizar la calidad de las aguas utilizadas en el riego ....	Pág. 19
5.- AGRONOMIA DEL CULTIVO .....	Pág. 20
5.1 Fisiología del almendro.....	Pág. 20
5.2 Exigencias climáticas del almendro.....	Pág. 21
5.3 Exigencias edafológicas del almendro.....	Pág. 22
5.4 Ciclo biológico del almendro.....	Pág. 22
6.- CULTIVO DEL ALMENDRO .....	Pág. 23
6.1 Mantenimiento del duelo y eliminación de malas hierbas .....	Pág. 23
6.2 Poda.....	Pág. 23
6.2.1 Poda de formación .....	Pág. 24
6.2.2 Poda de producción.....	Pág. 24

6.2.3 Poda en verde.....	Pág. 25
6.2.4 Poda de rejuvenecimiento .....	Pág. 25
6.3 Plagas y enfermedades en almendro .....	Pág. 25
6.4 Fertilización en almendro .....	Pág. 26
6.5 Elementos químicos en la fertilización del almendro .....	Pág. 27
6.6 La fertirrigación .....	Pág. 28
<b>7.- ELECCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL Y DISEÑO DE LA PLANTACIÓN .....</b>	<b>Pág. 30</b>
7.1 Elección del portainjerto y de la variedad.....	Pág. 30
7.2 Diseño y preparación de la plantación .....	Pág. 31
7.3 Densidad de la plantación .....	Pág. 31
7.4 Replanteo y marqueo .....	Pág. 31
7.5 Método de plantación.....	Pág. 32
7.6 Reposición de las marras .....	Pág. 33
<b>8.- ELECCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO Y CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HIDRÍCAS.....</b>	<b>Pág. 33</b>
8.1 Cálculo de la evapotranspiración y balance hídrico .....	Pág. 34
8.2 Cálculo de las necesidades hídricas del cultivo .....	Pág. 36
8.3 Programación de los riegos .....	Pág. 40
<b>9.- DISEÑO Y CÁLCULO HIDRAULICO .....</b>	<b>Pág. 43</b>
9.1 Material empleado .....	Pág. 43
9.2 Cálculo hidráulico .....	Pág. 43
9.2.1 Distribución de la variación de presiones en la subunidad .....	Pág. 44
9.2.2 Cálculo de los laterales de riego .....	Pág. 44
9.2.3 Cálculo de las tuberías terciarias.....	Pág. 46
9.2.4 Cálculo de las tuberías secundarias.....	Pág. 48
9.2.5 Cálculo de las presiones a la salida del cabezal .....	Pág. 50
9.2.6 Cálculo de la tubería primaria.....	Pág. 51
9.3 Movimiento de tierras .....	Pág. 52
<b>10.- CABEZAL RIEGO, AUTOMATISMOS Y ELEMENTOS SINGULARES</b>	<b>Pág.52</b>
10.2 Filtro de arena .....	Pág. 53

10.3 Filtro de malla .....	Pág. 53
10.4 Contador de caudal .....	Pág. 54
10.5 Fertirrigación.....	Pág. 54
10.6 Automatismos .....	Pág. 55
10.6.1 Programador.....	Pág. 55
10.6.2 Paneles solares .....	Pág. 55
10.6.3 Solenoides.....	Pág. 56
10.7 Elementos singulares .....	Pág. 56
10.7.1 Válvulas .....	Pág. 57
10.7.2 Desagües .....	Pág. 59
10.7.3 Piezas especiales .....	Pág. 59
 11.- ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL EMBALSE .....	Pág. 60
11.1 Situación .....	Pág. 60
11.2 Geología.....	Pág. 60
11.2.1 Estratigrafía.....	Pág. 60
11.2.2 Estructura tectónica y geomorfológica .....	Pág. 60
11.3 Hidrología .....	Pág. 61
11.3.1 Clasificación hidrogeológica de los materiales.....	Pág. 61
11.4 Geotecnia .....	Pág. 62
11.4.1 Descripción de las calizatas .....	Pág. 62
11.5 Condiciones geotécnicas .....	Pág. 62
11.5.1 Estanqueidad .....	Pág. 62
11.5.2 Condiciones constructivas .....	Pág. 63
11.6 Materiales de préstamo .....	Pág. 64
 12.- EMBALSE.....	Pág. 65
12.1 Parámetros del embalse.....	Pág. 65
12.1.1 Aporte hídrico .....	Pág. 65
12.1.2 Tipología de la presa .....	Pág. 65
12.1.3 Resguardo .....	Pág. 66
12.1.4 Coronación.....	Pág. 66
12.1.5 Taludes. Protección.....	Pág. 67
12.1.6 Zanjón o rastrillo.....	Pág. 67

12.2 Estabilidad del dique.....	Pág. 67
12.2.1 Estabilidad al vuelco .....	Pág. 67
12.2.2 Estabilidad al deslizamiento total .....	Pág. 68
12.2.3 Estabilidad frente a asentamientos sucesivos .....	Pág. 68
12.2.4 Estabilidad al deslizamiento parcial. Estabilidad de los taludes.....	Pág. 68
12.3 Cubicación del dique y cubicación del vaso .....	Pág. 69
 13.- ELEMENTOS DE LA BALSA.....	Pág. 69
13.1 Aliviadero .....	Pág. 69
13.2 Desagüe de fondo.....	Pág. 71
13.3 Toma de entrada de agua a la balsa .....	Pág. 72
13.4 Toma de salida o suministro .....	Pág. 72
13.5 Sistema de medición de agua.....	Pág. 72
13.6 Impermeabilización de la balsa.....	Pág. 73
13.7 Drenaje de fondo.....	Pág. 74
13.8 Drenaje perimetral .....	Pág. 74
13.9 Vallado perimetral .....	Pág. 75
13.10 Arquetas .....	Pág. 75
 14.-CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE BOMBEO .....	Pág. 75
14.1 Estudio de cavitación .....	Pág. 76
14.2 Cálculo del golpe de ariete en la instalación de bombeo .....	Pág. 76
 15.- CÁLCULO ESTRUCTURAL ESTACIÓN DE BOMBEO Y CABEZAL DE RIEGO .....	Pág. 77
 16.- ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA .....	Pág. 79
16.1 Situación actual.....	Pág. 79
16.2 Datos considerados para el estudio económico .....	Pág. 80
16.3 Conclusiones del estudio económico .....	Pág. 81
 17.- RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO .....	Pág. 81
 18.- BIBLIOGRAFÍA .....	Pág. 83

## **1.- ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO.**

Se redacta el presente proyecto “Transformación a regadío de una finca de 44.19 has para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza), de tal forma que los documentos que integran el proyecto sirvan de base para la ejecución de la instalación proyectada.

La finca objeto del proyecto está dividida por un camino que la cruza generando así dos parcelas que son la parcela 48 del polígono 40 y la parcela 115 del polígono 41. A dicha finca se accede mediante un camino que nace en el kilómetro 7 de la carretera A-1301 que une Ainzón con Tabuenca, a escasos 2 kilómetros de comenzar el camino se encuentra dicha finca.

La finca tiene una superficie de 44.19 has, que se encuentran actualmente declaradas de secano, pero posee un pozo para riego con todos los permisos correspondientes y con la concesión de agua necesario para el cultivo que se desea implantar.

En esta parcela se ha ido cultivando durante estos años cereal de invierno con unos rendimientos bajos, por ello, en vista de no obtener suficiente beneficio, y dado que posee el pozo y los permisos suficientes, se decide transformar a regadío y de esta manera poder implantar otros cultivos que hagan más rentable la explotación.

El propietario de la finca, antes de realizar el desarrollo de las posibles opciones que se puedan llevar a cabo en la finca, impone las siguientes condiciones:

- Toda la finca se transformara a riego por goteo donde se procederá al cultivo de almendro propio de la zona.
- No se plantea ningún problema de maquinaria para el cultivo del almendro puesto que el promotor dispone de toda ella ya que es un cultivo arraigado a la zona y presente en todas explotaciones de la zona.
- La comercialización del cultivo está garantizada, ya que como es un cultivo propio de la zona y la venta está asegurada tanto a cooperativas como a compradores particulares implantados en la zona.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

### **1.1.- Objeto del proyecto**

El objeto del presente proyecto es la transformación a regadío de la parcela y la plantación de almendros en toda ella.

Para poder llevar a cabo la transformación, se hace necesario el diseño de las conducciones e instalaciones de tuberías de riego a nivel de parcela. También se hace necesaria la construcción de un edificio de control de mandos desde el cual se realiza el control del riego.

Para el desarrollo del presente proyecto se hacen necesarios:

- Un estudio de la climatología de la zona, el cual se centra en el análisis de las variables meteorológicas que, de alguna manera influyen en los cálculos de necesidades de agua, tales como temperaturas, precipitaciones, humedad relativa, velocidad del viento para poder determinar la evapotranspiración, así como los períodos de heladas, de sequía y lluvia, los regímenes de temperaturas, etc.
- Un estudio general de suelos que determine sus características más relevantes.
- Un estudio del análisis del agua que se va a utilizar para el riego de la parcela y la determinación de la calidad, de la misma, para el riego.
- Cálculo de las dosis de agua de riego necesarias para el cultivo a implantar en la parcela.
- Diseño y distribución de la red de riego.

Todos estos apartados serán analizados y calculados en los anejos correspondientes.

### **2.- ESTUDIO CLIMATOLÓGICO.**

Los datos de este estudio climático proceden del Observatorio Meteorológico de Borja, situado a 10 km aproximadamente de las parcelas objeto de estudio.

Las localizaciones que interesan para el desarrollo de este estudio climático son las siguientes:

	Longitud	Latitud	Altitud (msnm)
Parcelas	1° 32' 50'' W	41° 46' 49'' N	535
Estación	1° 31' 50'' W	41° 49' 58'' N	440

## 2.1.- Elementos climáticos térmicos

La temperatura media anual en los últimos 15 años es del orden de 15 °C, mientras que la temperatura media del mes más frío (Enero) es 6,5°, y del mes más cálido (Julio) es 24,4 °C. Las temperaturas medias máximas y mínimas son 20,4 °C y 9,5 °C, respectivamente.

### • Periodo de heladas

En esta serie del año 2007 al 2011, que se encuentra detallada en el anexo nº 2, el mayor periodo de heladas queda comprendido entre los días 3 noviembre para la primera helada y 25 de abril para la última helada, es decir, en un año hay 192 días libre de heladas y 173 días con riesgo de heladas.

### • Régimen de heladas

El régimen de heladas lo podremos calcular con varios métodos, lo más habituales son:

-Según Emberger

RIESGO	MESES QUE COMPRENDE	DIAS
<b>TOTAL</b>	Ninguno	0
<b>FRECUENTE</b>	Enero	30
<b>POCO FRECUENTE</b>	Febrero, Marzo, Noviembre y Diciembre	120
<b>MUY POCO FREC.</b>	Desde Abril a Octubre	214

Cuadro2.1 Clasificación según Emberger

Transformación a regadío de una finca de 44,19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

- Según Papadakis

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>Restricción de la clasificación</b>	<b>Meses que incluye</b>
<b>Periodo medio de heladas.</b>	$T^a < 0 \text{ } ^\circ C$	Enero, febrero, Diciembre.
<b>Periodo libre de heladas fuertes.</b>	$0 \text{ } ^\circ C \leq T^a \text{min.abs.} < 2 \text{ } ^\circ C$	Marzo, Noviembre
<b>Periodo disponible libre de heladas.</b>	$2 \text{ } ^\circ C \leq T^a \text{min.abs} < 7 \text{ } ^\circ C$	Abril, Mayo, Octubre
<b>Periodo completamente libre de heladas.</b>	$7 \text{ } ^\circ C \leq T^a \text{min.abs}$	Junio, Julio, Agosto, Septiembre

Cuadro 2.2 Clasificación según Papadakis

#### • Cálculo del número de horas frío

Para su determinación se toman como referencia varios criterios:

- Según Weimberg el número de horas frío en la finca es superior a 1300 horas.
- Según Tabuenca, el número de horas frío en la finca es de 1466 horas.

### 2.2.- Elementos climáticos hídricos

#### • Precipitaciones

La precipitación es escasa, situándose en un promedio de 350 mm en zonas bajas y hasta 430 mm en zonas más elevadas. La duración media del período seco es de aproximadamente 5 meses.

El mes que presenta una mayor pluviometría es Septiembre con una media de 58,4 mm, en cambio el mes menos lluvioso es Febrero con una precipitación media de 21,3 mm, siguiéndole Marzo y Julio con 23,7 y 25,9 mm de media respectivamente.

El mes con mayor número de días de lluvia es mayo con 7,4 días de media y el mes que presenta menos días de lluvia es julio con 2,8.

La precipitación media anual es de 406,3 mm.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

#### • **Humedad relativa**

La humedad relativa es un dato meteorológico imprescindible en determinados métodos a la hora de calcular la ETo.

Los meses que presentan mayor humedad relativa son los de invierno, concretamente Diciembre y Enero con una humedad relativa media de 77.3% y 75.7% respectivamente. El menor valor de humedad relativa media corresponde al mes de Julio llegando a un 47,2%.

#### **2.3.- El viento**

Se trata de una zona bastante ventosa, con dos vientos predominantes llamados coloquialmente, cierzo y bochorno, el primero actúa con dirección Oeste-Noroeste, mientras que el segundo actúa con dirección Este-Sureste.

#### **2.4.- Índices climáticos**

##### - Índice de Lang.

La caracterización climática correspondiente al índice de Lang dice que se trata de una zona árida.

##### - Índice de Martonne.

La caracterización climática, según el índice de Martonne, nos dice que el clima es característico de estepas y países secos mediterráneos.

##### - Índice de Dantin Cereceda y Revenga

Según este índice se trata de una zona semiárida.

##### - Índice de Emberger.

Este valor corresponde a un clima mediterráneo semiárido, fresco, superior y primavera.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

## 2.5.- Clasificaciones climáticas

### - Clasificación bioclimática de UNESCO-FAO (1963).

Los factores climáticos utilizados en esta clasificación son los siguientes:

- Temperaturas.

El mes más frío es enero, cuya temperatura media es de 6.45 °C, por lo tanto 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 2,7 °C, entonces tenemos un **invierno moderado**.

- Aridez.

Se observa un periodo seco en el que la curva pluviométrica está por debajo de la térmica, y comprende los meses de junio, julio, agosto. El período subseco comprende los meses septiembre y octubre. Por lo tanto el clima de la zona se define como **monoxérido**.

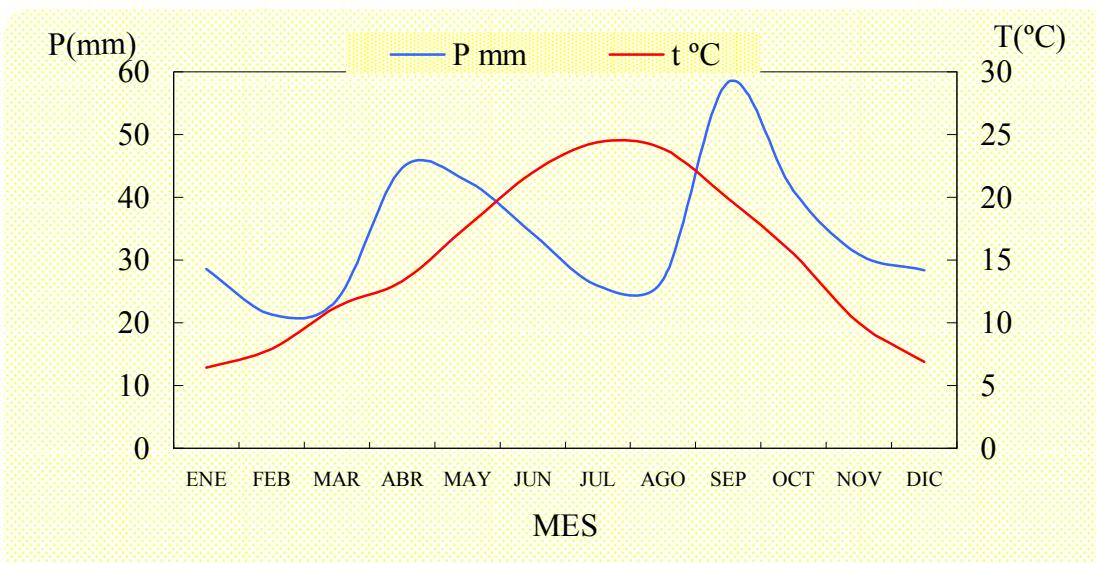


Grafico 2.1 Diagrama ombrotérmico.

- Índices xerotérmicos.

Para caracterizar la intensidad de la sequía, se utilizan los índices xerotérmicos. El índice xerotérmico mensual ( $X_m$ ) señala el número de días del mes que pueden considerarse biológicamente secos. El número de días es de 70,4, por lo tanto, le corresponde la clasificación climática de **mesomediterráneo acentuado**.

Transformación a regadío de una finca de 44,19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

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

- Clasificación climática de Thornthwaite (1948).

- Calculo de la evapotranspiración potencial

La ETP total, calculada según el método de Thornthwaite, anual es 797,76 mm/año.

Thornthwaite clasifica el clima según una fórmula compuesta de cuatro letras y unos subíndices. Las dos primeras letras, mayúsculas, corresponden al índice de humedad y a la eficacia térmica de la zona. La letras tercera y cuarta, minúsculas, corresponden a la variación estacional de la humedad y a la concentración térmica en verano.

En consecuencia, el clima de la zona, de acuerdo con los datos obtenidos puede representarse por la siguiente fórmula climática, según Thornthwaite:

**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”.

### **3.-ANÁLISIS DEL SUELO.**

El suelo es el medio de sustento de la planta, como tal, es vital para el desarrollo de esta. Por esto es necesario conocer sus características para poder utilizarlo de forma adecuada.

El estudio realizado a continuación está basado en los análisis de suelo de la finca que se han realizado con varias muestras de la zona a transformar en el Laboratorio Agroambiental de la Diputación General de Aragón.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

El análisis de suelos no es una finalidad en sí misma, sino que los resultados que proporcionan han de ser correctamente interpretados desde el punto de vista agronómico. A todo esto hay que añadir que el estudio del suelo comienza en el campo y que las determinaciones analíticas se van a realizar sobre una reducida muestra. Teniendo en cuenta esto, los resultados analíticos serán extrapolables al campo y podrán tener la aplicación que se pretende.

### 3.1.- Resultados obtenidos

- Características de tipo físico
  - Granulometría

GRANULOMETRIA	PARCELA 1 (%)	PARCELA 2 (%)
Arena	12.95	20.62
Limo grueso	1.89	9.66
Limo fino	15.84	30.08
Arcilla	69.32	39.64

- Características de tipo hídrico

	PARCELA 1	PARCELA 2
Capacidad de campo (CC)	40.35 %	29.07 %
Punto de marchitez (PM)	22.76 %	16.17 %
Agua útil	17.59 %	12.9 %

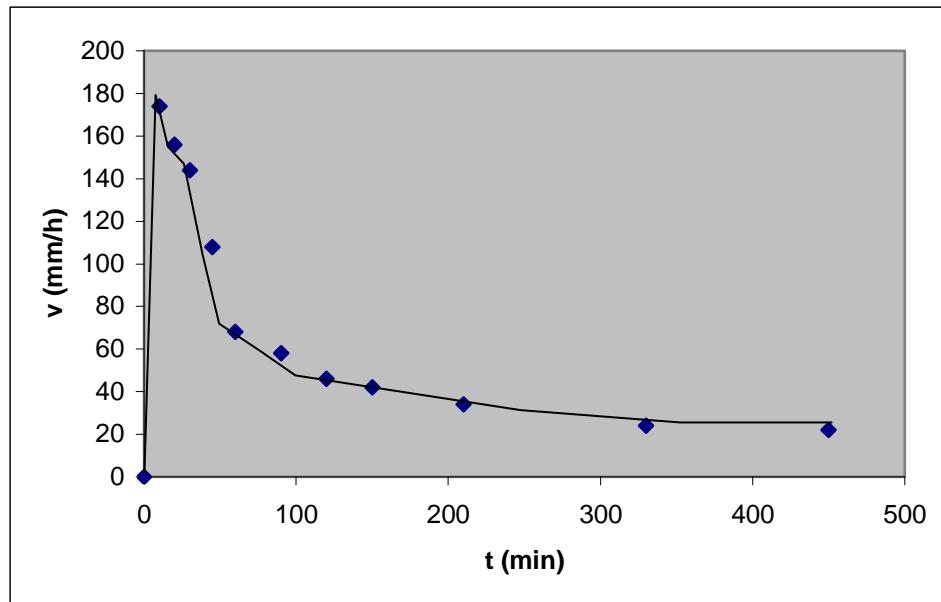
- Velocidad de infiltración

Se basa en la medida de la velocidad de infiltración del agua en el suelo se determina usando un infiltrómetro de doble anillo o de Müntz. Este método consiste en medir la infiltración mediante dos anillos abiertos concéntricos. El interior es el anillo de medida, el exterior actúa de forma auxiliar controlando el flujo lateral de agua desde el anillo interior. A tiempos prefijados se miden los descensos de agua en el anillo interior, estos descensos se deben al agua infiltrada.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

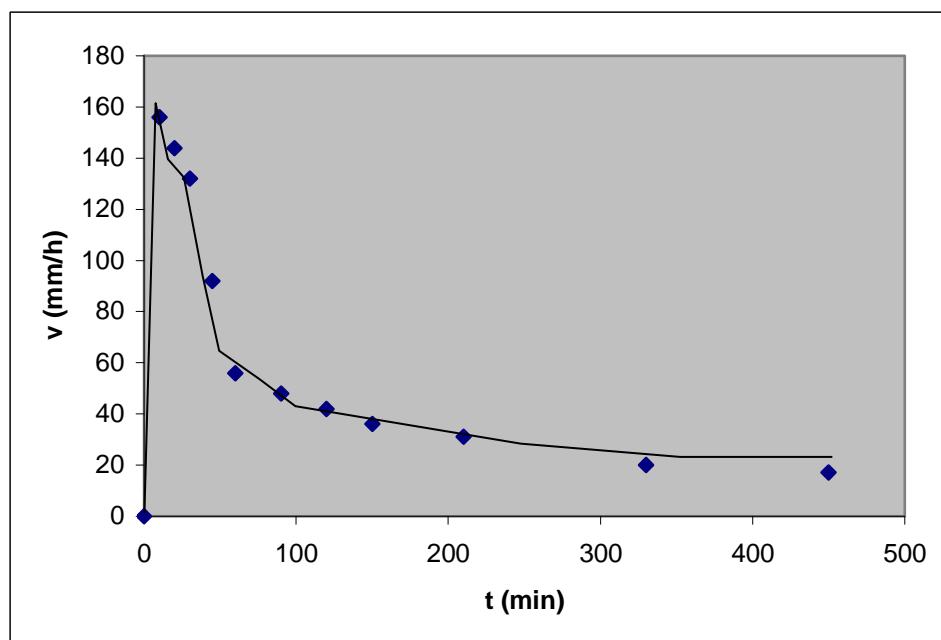
Los resultados del ensayo se recogen en la siguiente grafica y todos los datos se encuentran mas detallados en el anexo nº 3:

#### PARCELA 1:



La velocidad de infiltración se ralentiza a una velocidad aproximada de 22 mm/hora, siendo esta velocidad estable ya a los 450 minutos de infiltración.

#### PARCELA 2



La velocidad de infiltración se ralentiza a una velocidad aproximada de 17 mm/hora, siendo esta velocidad estable ya a los 450 minutos de infiltración.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

- Características de tipo químico

- Fertilidad

	PARCELA 1	PARCELA 2
pH	7.94	8.08
Materia orgánica (%)	1.53	2.01
Fósforo Olsen (ppm)	4.44	2.96
Relación C/N	13.1	12.8
Salinidad CE (ds/m)	2.3	0.25
Carbonatos totales %	35.08	23.29
Caliza activa %	18.98	9.88

- Cationes solubles intercambiables

	PARCELA 1	PARCELA 2
Magnesio (meq/100gr.)	1.14	1.88
Potasio (ppm)	178	182

### **3.2.- Conclusiones al estudio realizado**

- Conclusiones de carácter físico

#### PARCELA 1:

La textura ARCILLOSA es de tipo fino (suelo pesado); confiere al suelo una alta capacidad de retención de agua y nutrientes; pero puede presentar factores negativos, una baja permeabilidad (se encharcara con facilidad), una alta compacidad (dificultan la penetración de raíces) y dificultad de laboreo. Por esto habrá que buscar patrones adecuados, se intentara facilitar la aireación mediante laboreo, manejar adecuadamente el riego y se facilitara el drenaje.

## PARCELA 2:

La textura FRANCO-ARCILLOSA es de tipo fino (suelo pesado); confiere al suelo una alta capacidad de retención de agua y nutrientes; pero puede presentar factores negativos, una baja permeabilidad (se encharcara con facilidad), una alta compacidad (dificultan la penetración de raíces) y dificultad de laboreo; aunque en menor medida que en la parcela 1.

### • Conclusiones de carácter hídrico

La capacidad de campo y el punto de marchitez obtenidos analíticamente, nos dan unos valores que permiten que la capacidad de retención de agua útil en el suelo sea aceptable. No se encuentra pues, en este sentido, factor limitante para ningún tipo de cultivo; aunque habrá que tener cuidado con los problemas de encharcamiento.

## FERTILIDAD

· pH: El valor de pH obtenido es de 7.94 para la parcela 1 y 8,08 para la parcela 2, que le dan al suelo un cierto carácter básico típico en la zona en la que nos encontramos; esto es debido a la cantidad de carbonatos que hay en el suelo. El valor se encuentra en un nivel aceptable.

· Materia orgánica: los niveles obtenidos han sido 1.53 para la parcela 1 y de 2.01 para la parcela 2. Estos valores se encuentran comprendidos entre 1.5 y 2.5 que son los valores considerados normales por lo que no se requiere tomar ninguna medida específica, aunque en la parcela 1 ya que esta cerca del valor mínimo sería interesante aplicar algo de estiércol de oveja que es el más abundante en la zona que nos encontramos.

· Salinidad: se mide en el extracto de pasta saturada y se calcula midiendo la conductividad eléctrica (en dS/m). El valor obtenido ha sido de 2.3 dS/m para la parcela 1 y de 0.25 dS/m para la parcela 2, el cual es bajo en el caso de la parcela 2 y aunque entra dentro de los niveles aceptables (se consideran suelos no salinos aquellos con niveles de  $CE < 4\text{dS/m}$ ) es un poco alto en el caso de la parcela 1, esto es debido a la abundante presencia de carbonato cálcico que es una sal que por su baja solubilidad

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

no representa riesgo alguno para las plantas. Por todo esto el suelo no presenta problemas de salinidad ni para el riego ni para las plantas.

· Nitrógeno: la concentración de nitratos es de 8.9 para la parcela 1 y de 10.2 para la parcela 2; como los niveles considerados normales están entre 5 y 10, podemos decir que nos encontramos en unos niveles normales.

· Fósforo: se obtiene por el método Olsen en ppm tiene un valor de 4.4 ppm para la parcela 1 y 2.96 ppm para la parcela 2. Por lo que será necesaria la realización de un aporte en plantación al encontrarse en un nivel bajo ya que los niveles considerados medios están entre 7 y 13.

· Carbonatos y caliza activa: nos encontramos frente a unos niveles altos que nos podrían originar problemas de clorosis férrica sobre todo en el caso de la parcela 1; para solucionar esto utilizaremos patrones lo mas resistente posible y aplicaremos quelatos de hierro por vía foliar.

#### CATIONES SOLUBLES MÁS INTERCAMBIABLES:

La relación potasio/magnesio se encuentra en 0.4 para la parcela 1 y de 0.25 para la parcela 2; entendiendo como valores óptimos entre 0.3 y 0.8 nos encontramos en valores aceptables y no habrá problemas con este aspecto.

Con todo esto y sobre todo debido a la alta concentración de carbonatos que nos encontramos dentro del suelo se podría clasificar este suelo dentro de los calcisoles.

#### 4.-ESTUDIO DEL AGUA PARA RIEGO.

El agua es elemento principal para la nutrición de las plantas, como en ella se pueden encontrar diversas concentraciones de sustancias disueltas, y de estas concentraciones depende la calidad de la misma para su uso, es imprescindible un análisis de calidad del agua.

El agua que utilizaremos procede de un pozo que toman el agua de acuíferos abastecidos por el macizo del Moncayo con similares características por su proximidad

Transformación a regadío de una finca de 44,19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

y cuya calidad contrastaremos con el pozo de Peñas Negras [Latitud: 40° 37' 49,13'' W; Longitud: 1° 31' 31,4 '' W] del cual disponemos de datos.

Se van a seguir los métodos más utilizados, que son por otra parte, los que más pueden ayudar a formar un criterio acertado. En general todos basan la calidad del agua en su contenido de sales solubles, sin considerar las relaciones que se establecen entre ésta y el medio en el que será consumida.

Se hace muy importante determinar la calidad del agua que se va a usar para el riego, ya que dependiendo de los resultados que se obtengan será factible o no la puesta en riego.

#### 4.1.- Relación entre cationes y aniones

CATIONES mg/l	meq/l	ANIONES mg/l	meq/l
Na <sup>+</sup>	53,6	2,33 Cl <sup>-</sup>	89,4 2,51
K <sup>+</sup>	1,55	0,004 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	243 2,53
Ca <sup>++</sup>	145,5	3,63 CaCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	196 1,96
Mg <sup>++</sup>	28,95	1,19 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	15,5 0,25
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,023	0,00127 PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,03 0,000315

#### 4.2.- Índices de primer grado

##### - El pH.

El intervalo óptimo de pH se encuentra entre 7 y 8, en nuestro caso el pH es de 7,45, es un valor que se puede considerar dentro del intervalo dado que la desviación es mínima y es adecuado para el agua de riego.

##### - Contenido total de sales.

Este contenido puede ser peligroso cuando pasa de 1 gramo/Litro. La cantidad de sales disueltas e ionizadas en el agua es de **0,69 g/L**.

##### - Presión osmótica del agua.

La presión osmótica del agua aumenta a medida que lo hace su concentración salina. El resultado es de **0,39 atm.**

Transformación a regadío de una finca de 44,19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

#### 4.3.- Índices de segundo grado

##### - Relación de adsorción de sodio (SAR o RAS).

La relación de adsorción de sodio hace referencia a la concentración del ion sodio y los iones calcio y magnesio. Su valor es de 1,50, por lo tanto se puede considerar un **agua óptima para el riego.**

##### - Relación de calcio.

Esta relación muestra la proporción del contenido de calcio respecto a los restantes cationes. Se obtiene un **valor de la relación de calcio de 0,50.**

##### - Relación de sodio.

Esta relación es similar a la anterior, y muestra el contenido de ion sodio que hay en un agua respecto a los restantes cationes. Se expresa en meq/L. Se obtiene un valor numérico de la **relación de sodio de 0,32.**

##### - Coeficiente de Alcali ( $K_1$ ) o índice de Scott.

Este índice define “la altura de agua, expresada en pulgadas, que, al evaporarse, dejaría en el suelo en un espesor de cuatro pies, una cantidad de sales suficiente para convertirlo en un medio perjudicial”.

Se calcula a partir del valor que alcanza la relación  $(Na^+ - 0.65 Cl^-)$ , expresando sus componentes en mg/L. Por lo tanto se trata de un **agua buena, por lo que es utilizable y apta para el riego.**

##### - Índice de Eaton o Carbonato Sódico Residual (CSR).

Indica la peligrosidad del sodio una vez que han reaccionado los cationes de calcio, magnesio con los aniones carbonato y bicarbonato. Así pues, en este caso **CSR = -2,86 meq/L.** Por lo tanto **el agua es buena y utilizable para el riego.**

##### - Dureza del agua.

Otro índice que se suele encontrar en los estudios de aguas, está referido al contenido de calcio que hay en estas, y se expresa en grados franceses y se obtiene un valor de **15,54**, por lo que se entiende que es un **agua dura.**

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

#### **4.4.- Criterios de salinidad**

##### - Clasificación de Richards:

La CE es de 1089,76 micromhos/cm, por tanto el riesgo según esta clasificación es Alto.

##### - Clasificación del comité de consultores U.C.

Como la CE es de 1,089 milimhos/cm, por tanto según esta clasificación el riesgo es Medio.

##### -Clasificación de la FAO.

Como la CE es de 1,089 milimhos/cm, entonces puede haber problemas de salinidad.

#### **4.5.- Normas combinadas para caracterizar la calidad de las aguas utilizadas en el riego**

Son numerosos los criterios que se han utilizado para caracterizar la calidad de las aguas de riego. Nos referiremos aquí, solamente a los de mayor aceptación y se basan en la utilización combinada de alguno de los índices antes descritos.

##### - Normas Riverside.

Relacionan la conductividad eléctrica y el SAR. Según estos dos índices se establecen dieciséis clases de aguas en función del riesgo de alcalinización y salinización.

Con los valores de SAR = 1,5 y CE = 1089,76 µmhos/cm, se obtiene una clase de agua C3-S1, que indica un riesgo alto de salinización del suelo pero muy bajo de alcalinización.

##### - Normas H. Greene.

Estas normas toman como datos de partida la concentración total de las aguas expresadas en meq/L con relación al porcentaje de sodio, expresado respecto al contenido total de cationes en meq/L. Se obtiene como resultado un agua de buenas calidad para el riego.

Transformación a regadío de una finca de 44,19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

#### -Normas de Wilcox.

Este autor considera como los índices para clasificar las aguas de riego, el porcentaje de sodio respecto al total de cationes y la conductividad eléctrica en  $\mu\text{mhos}/\text{cm}$ .

El porcentaje de sodio (%Na) se ha calculado es de 32,40%. La conductividad eléctrica a 25°C es de 1089,76  $\mu\text{mhos}/\text{cm}$ . Por lo tanto, se obtiene un tipo de agua de **“buena a admisible para el agua de riego”**.

### **5.-AGRONOMÍA DEL CULTIVO.**

El cultivo del almendro esta en auge debido a varios motivos, uno de ellos es que el precio de la almendra en los últimos años esta haciendo que este cultivo sea cada día mas rentable. Por otro lado la rusticidad con la que esta planta se adapta a todo tipo de suelos y a condiciones de sequía esta haciendo que cada día este cultivo este fomentando mayor interés.

#### **5.1 Fisiología del almendro.**

El almendro (*Prunus amygdalus*) pertenece a la familia de las rosáceas y es originario de los países mediterráneos.

En el almendro como en todas las plantas se distinguen dos partes, la parte subterránea y la parte aérea de la planta:

##### **- PARTE SUBTERRÁNEA:**

Tiene la función de anclaje al suelo y la de absorber agua y nutrientes, y corresponde a las raíces. La raíz del almendro es pivotante y alcanza grandes profundidades; la raíz horizontalmente, alcanza hasta 10 metros de longitud.

El crecimiento de las raíces en secano se da en primavera y otoño mientras que en regadío el crecimiento es continuo desde la primavera hasta el otoño.

##### **- PARTE AÉREA:**

Es toda la estructura visible y en regadío puede llegar a alcanzar los 8 o 10 metros de altura. La madera conforme el árbol envejece se oscurece y se agrieta. Las

yemas pueden ser de dos tipos florales que son las que dan origen a una flor y son ovaladas gruesas y poco puntiagudas; y las yemas vegetativas que son las que dan origen a nuevas ramas y son cónicas delgadas y puntiagudas.

Las ramas también existen de varios tipos:

- Ramas vegetativas:

- Rama de madera: Es la rama típica de todos árboles que no fructifica.
- Chupón: Crecer verticalmente del tronco pudiendo llegar a medir 2 metros.

- Ramas fructíferas:

- Rama mixta: es igual que las de madera más que presenta flores es vigorosa y gruesa, en los almendros adultos es la más abundante.
- Ramillete de mayo: son ramitas de 1 a 4 centímetros llenas de inflorescencias que salen de madera de al menos 2 años.
- Brindilla: rama delgada de 5 a 30 cm. Que esta llena de yemas vegetativas pero que en la punta presenta un grupo de inflorescencias.

Las hojas son caducas y tienen forma lanceolada, borde dentado y están dobladas a lo largo de su nervio principal en forma de uve. El limbo es lampiño y brillante en el haz. Se disponen de forma alternas y nacen después de las flores.

## **5.2 Exigencias climáticas del almendro.**

El almendro se trata de una planta de clima típico mediterráneo. Una de las limitaciones que presenta este cultivo es la sensibilidad a las heladas primaverales ya que es el primer árbol frutal en sacar las flores (sobre la última semana de febrero y primera quincena de marzo en función de las variedades). Las temperaturas mínimas que resiste en primavera son: cuando todavía están las yemas florales hasta -3º C, mientras se encuentran las inflorescencias hasta -2.7º C, y cuando el fruto está recién cuajado apenas llega a -1º C se produce la perdida de la cosecha. A pesar de lo anterior el almendro es una planta que necesita de inviernos.

En lo que a necesidades de agua se refiere, es una planta poco exigente ya que puede cultivarse en zonas con una pluviometría de 300 mm anuales siendo el óptimo de cultivo en zonas con una pluviometría de 500 a 700 mm anuales, aumentando la producción y rendimiento en grano en la medida que aumenta la disponibilidad de agua para la planta.

### **5.3 Exigencias edafológicas del almendro.**

El almendro es una planta que desarrolla bien en suelos calcáreos, es resistente a la salinidad y se desarrolla mejor en suelos profundos. Por el contrario el almendro es una planta muy sensible a la asfixia radicular y a la podredumbre radicular en suelos mal drenados. El óptimo de pH del suelo es de 6 a 7.

### **5.4 Ciclo biológico del almendro.**

El almendro al tratarse de un árbol de hoja caduca permanece todo el invierno sin actividad vegetativa en la parte aérea. Sobre los últimos días de febrero y la primera quincena de marzo el almendro recobra la actividad vegetativa, lo primero que hace es sacar las flores para que sean polinizadas por los insectos, ya que se trata de una planta entomófila, cuando las flores han sido polinizadas comienzan entonces a aparecer las hojas las cuales alcanzan su tamaño normal en pocos días; es entonces cuando se está produciendo el cuajado de los frutos.

Inmediatamente después los frutos comienzan a engordarse y en apenas un mes alcanzan el tamaño final, cuando esto sucede comienza a llenarse el grano y posteriormente a endurecerse el hueso.

Cuando comienzan las altas temperaturas del verano el árbol sufre una parada vegetativa y es en ese momento cuando se produce la inducción floral para el año siguiente.

Hacia mitad de septiembre empieza lo que coloquialmente se denomina “abrir las almendras” el mesocarpo se abre y comienza a separarse en dos mitades dejando al descubierto el endocarpo o hueso de la almendra.

Cuando las altas temperaturas disminuyen comienza la segunda savia y el árbol reanuda su actividad vegetativa, acumulando reservas para el siguiente ciclo biológico. Cuando llega el otoño y comienzan las bajas temperaturas el árbol se desprende de las hojas, entra en parada vegetativa y se produce el endurecimiento de la madera de ese año.

## **6.- CULTIVO DEL ALMENDRO.**

### **6.1 Mantenimiento del suelo y eliminación de malas hierbas.**

Se ha optado por una forma de mantenimiento con laboreo tradicional aprovechando los aperos de los que dispone el propietario y se realizara con un cultivador de 15 o 17 brazos colocados en dos filas de manera intercalada para que no se escape a las rejas ninguna planta. La profundidad de laboreo será pequeña de aproximadamente unos 12 centímetros, puesto que la única misión de esta labor es la eliminación de malas hierbas. Las veces que se realizaran estas pasadas de cultivador se dejan a elección del agricultor ya que dependerá de la cantidad de malas hierbas que aparezcan cada año debido a la cantidad de lluvias, siendo recomendadas de 4 a 5 pasadas cada año.

La aplicación del herbicida para el mantenimiento de la tira donde están los goteros se hará con una pulverizadora que suministrara el caldo a un brazo colocado en la parte delantera del tractor, este brazo constara de tres boquillas que aplicaran el caldo de forma uniforme por la parte del suelo al que no llegan las labores. Se realizara una aplicación al principio de la primavera con glifosato cuando las malas hierbas empiezan a emerger y en función de lo lluvioso que sea el año y la cantidad de malas hierbas que aparezcan se hará necesaria otra aplicación a finales de primavera con algún herbicida de contacto.

### **6.2 Poda.**

Distinguiremos entre cuatro tipos de poda en función de la edad del árbol y la forma que tenemos de actuar sobre el:

- Poda de formación.
- Poda de producción.
- Poda en verde.
- Poda de rejuvenecimiento.

### **6.2.1 Poda de formación.**

Es la poda que se realiza durante los primeros 3 o 4 años, según el patrón y la variedad que se utilicen.

Esta poda debe de conservar durante el mayor tiempo posible el mayor número de hojas para evitar quemaduras en la madera. Además debe de tenerse en cuenta que al principio podas severas retasan la entrada en producción y que ángulos demasiado agudos en la elección de las ramas madres, generan ramas débiles, considerando que las incisiones y entalladuras fuertes en almendro pueden generar goma

El primer año realizaremos una poda muy fuerte apenas dejando el tronco y tres o cuatro ramas cortadas a una distancia de unos veinte centímetros del tronco.

El segundo año se elegirán las ramas que constituirán la estructura del árbol, deberán ser tres ramas distribuidas a unos 120 grados aproximadamente.

El tercer año debemos de evitar chupones, tenemos que seleccionar las ramas secundarias y limpiarlas en su base y partes finales.

El cuarto año se eligen las ramas secundarias y se diseña la estructura del segundo piso y de las ramas terciarias que constituirán el conjunto del esqueleto.

### **6.2.2 Poda de producción.**

Debe realizarse a finales de invierno antes de que el árbol empiece a florecer. A la hora de realizar la poda hay que prestar atención a la variedad para tener en cuenta que la verticalidad, órganos de fructificación, vigor y tendencia a formar anticipados entre otros pueden variar en función de la variedad.

Aunque no se pueden dar pautas estrictas en la poda de fructificación podemos utilizar como normas generales:

- Suprimir cada año la quinta parte del árbol.
- Es conveniente podar ramas cuando tienen entre 2 y 3 cm de diámetro.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

- Los ramos mixtos deben aclararse para conseguir una separación entre ellos de 20 y 30 centímetros.
- Los ramos mixtos largos (de más de 30 cm.) deben terciarse.
- No debemos eliminar las formaciones con ramilletes de mayo.
- Es adecuado el mantenimiento de las brindillas.

#### **6.2.3 Poda en verde.**

Esta poda consiste fundamentalmente en eliminar chupones y formaciones excesivamente vigorosas. Se denomina de esta manera porque se realiza en mayo y pretende localizar mejor la distribución de la producción en el árbol y mejorar el equilibrio vegetativo-productor. Este tipo de poda se hace imprescindible en plantaciones en regadío.

#### **6.2.4 Poda de rejuvenecimiento.**

El almendro es un árbol de vida media pero con el tiempo requiere de una renovación de sus estructuras que suele ser bastante problemáticas. Normalmente suele precisar de este tipo de poda cuando el árbol llega a 25 o 30 años y consiste en eliminar grandes cantidades de madera para fomentar la aparición de nuevas ramas a partir de las cuales volver a formar la parte de la estructura del árbol que ha sido eliminada.

### **6.3 Plagas y enfermedades en almendro.**

Pasamos a enumerar las plagas y enfermedades que afectan al almendro aunque están recogidas con más detalle en el anexo nº 5:

- PLAGAS:
  - Tigre (*Monosteira unicostata*).
  - Polilla defoliadora (*Malacosoma neustria*).
  - Pulgones (*Brachycaudus sp.*).
  - Barrenillo (*Scolytus amygdali* o *Scolytus mali*).
  - Antonomos (*Anthonomus amygdaly*).
  - Gusano cabezudo (*Capnodis tenebrionis*).
  - Orugueta del almendro (*Aglaope infausta*).

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

- ENFERMEDADES

- Podedumbre blanca de las raíces (*Armillaria mellea*).
- Podedumbre rosada de las raíces (*Rosellina necratix*).
- Verticilosis (*Verticillium dahliae*).
- Moteado (*Venturia carpophila*).
- Moniliosis (*Monilia laxa*).
- Antracnosis (*Gloesporium amigdalimum*).
- Fusicocum (*Fusicoccum amygdali*).
- Mancha ocre o moteado rojo de hojas (*Polystigma ochraceum*)
- Abolladura o lepra (*Taphina deformans*).
- Cribado o perdigonado (*Stigmina carpophila*).
- Desecado o roya del almendro (*Tranzschelia pruna-spinosae*)
- Agrobacterium o tumor de raíces (*Agrobacterium tumefaciens*)
- Chancros bacterianos (*Pseudomonas syringae*)

#### **6.4 La fertilización en almendro.**

El abonado tiene como objetivo satisfacer las necesidades nutritivas de las plantas, por lo que se convierte en una de las prácticas más frecuentes en la agricultura. Todas las plantas necesitan los mismos elementos nutritivos, pero existen diferencias sustanciales en el requerimiento entre plantas distintas así como en la fertilidad de los diferentes suelos.

Las necesidades nutritivas de un almendro joven son diferentes a las de un almendro adulto.

Desde el punto de vista agronómico el empleo excesivo de fertilizantes lleva a excesos y desequilibrios nutritivos, pudiendo interferir con la nutrición o disponibilidad de otros elementos nutritivos.

Una planta se encuentra en condiciones óptimas de nutrición cuando todos los elementos esenciales para su desarrollo se encuentran en equilibrio, de forma que si uno o varios de ellos están en defecto o exceso, provoca un desequilibrio que interfiere en la utilización y disponibilidad de otros nutrientes, aún encontrándose éstos en cantidades suficientes.

Es fundamental que la planta tenga los elementos nutritivos a su alcance en los momentos que tiene necesidad de ellos. El análisis de suelos es una de las herramientas más comunes para conocer las limitaciones del mismo para el establecimiento de una plantación de almendros, aunque es de utilidad limitada para determinar las necesidades nutricionales durante toda la vida de la plantación. El contenido de nutrientes del suelo no siempre está relacionado con el de la planta, a menos que se encuentre en unos valores muy bajos en un elemento nutritivo.

El análisis foliar es el mejor método del diagnóstico nutritivo de una plantación de leñosos.

### **6.5 Elementos químicos en la fertilización del almendro.**

#### NITROGENO

El nitrógeno favorece el crecimiento y formación de la estructura del almendro, contribuyendo a una mejor fecundación e incremento de la capacidad de las hojas para la función clorofílica. Es el elemento fertilizante de mayor interés.

#### POTASIO

El potasio es un elemento básico cuya principal misión es intervenir en la formación de almidón y en la fotosíntesis, dando tamaño peso y calidad al fruto. El consumo de potasio se ve intensificado a partir de la floración, alcanzando las máximas necesidades durante el desarrollo y engorde del fruto.

#### FÓSFORO

El fósforo es útil en todo proceso de floración y polinización, ayudando al desarrollo del sistema radicular y a la lignificación de las brotaciones. Interviene en el metabolismo de los hidratos de carbono y su papel como transportador y proveedor de energía es indispensable para el metabolismo celular.

Con este elemento se tiene que tener cuidado en los suelos calizos, ya que tiene una retrogradación mayor pudiendo formar compuestos insolubles.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

## OTROS ELEMENTOS NECESARIOS

También son necesarios otros elementos como el magnesio, azufre calcio, hierro, zinc y cobre.

### **6.6 La fertirrigación.**

Con la instalación del riego por goteo en la explotación, la fertirrigación es la mejor elección. Sus principales ventajas son:

- Ausencia de las limitaciones propias de la fertilización convencional tal como el mal tiempo, el suelo húmedo o el desarrollo del cultivo.
- Correcta dosificación de los elementos nutritivos adaptados a las necesidades del cultivo a lo largo del periodo vegetativo. Ofrece también la capacidad de reacción ante las necesidades puntuales del cultivo durante su desarrollo.
- Gran asimilación de los nutrientes por localizarse en la zona húmeda de máximo desarrollo y absorción radicular, con lo cual se controla la concentración de los nutrientes.
- Reducción de la compactación del suelo por el paso de maquinaria para fertilizar, riesgo que aumenta al estar el suelo húmedo.
- Uso de aguas salinas con una mayor tolerancia que no podría usarse con otros tipos de riego.

#### FERTIRRIGACIÓN EN ALMENDRO:

Las necesidades de una plantación de almendros (incluidas extracciones del fruto y madera de poda), con fertirrigación son:

25 Kg. de nitrógeno / 1000 kg. almendra

40. Kg. de fósforo / 1000 kg. almendra

50 kg. de potasio/ 1000 kg. almendra

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

El margen de equilibrio de fertilización básica en almendro es:

N	P2O5	K2O
1	1.5	2

El plan de fertirrigacion más aconsejado para los datos y cálculos anteriores es el expuesto por Domingo M. Salazar y Pablo Melgarejo (2002):

**-Enero:**

1 al 15---Ácido fosfórico (54% P2O5) ---150 g/árbol.

16 al 31---Sol. nitrogenada (32% N) ---250 g/árbol.

**-Febrero:**

1 al 28---Nitrato potásico (13-0-46) ---100g/árbol.

**-Marzo:**

1 al 15---Nitrato potásico (13-0-46) ---100 g/árbol.

16-31---Nitrato amónico (33.5% N) ---350 g/árbol.

**-Abril:**

1 al 30---Nitrato amónico (33.5% N) ---350 g/árbol.

**-Mayo:**

1-31---Nitrato potásico (13-0-46) ---120 g/árbol.

**-Junio:**

1 al 30---Nitrato amónico (33.5% N) ---250 g/árbol.

**-Julio:**

1 al 31---Nitrato potásico (13-0-46) ---120 g/árbol.

**-Agosto:**

1 al 31---Nitrato amónico (33.5% N) ---150 g/árbol.

**-Septiembre:**

1 al 30---Sol. nitrogenada (32% N) ---150 g/árbol.

**-Octubre:**

1 al 15---Nitrato potásico (13-0-46) ---120 g/árbol.

16-31---Sol. nitrogenada (32% N) ---200 g/árbol.

**-Noviembre:**

1 al 30---Ácido fosfórico (54% P2O5) ---75 g/árbol.

**-Diciembre:**

1 al 31---Ácido fosfórico (54% P2O5) ---150 g/árbol.

## **7.- ELECCION DEL MATERIAL VEGETAL Y DISEÑO DE LA PLANTACIÓN.**

Como en la mayor parte de las plantaciones frutales, en la planta del almendro distinguimos dos partes; la primera que es el portainjerto o patrón que es la parte que forma el sistema radicular y por tanto la parte subterránea y la segunda que es la llamada variedad que corresponde con la parte aérea y que es la que nos da el producto en si que queremos obtener.

### **7.1.- Elección del portainjerto y de la variedad.**

Existen un gran numero de variedades de almendro; debemos de realizar bien la elección de la variedad ya que la variedad condicionara al agricultor durante toda la vida de la plantación y además dependerá de esta elección la mayor o menor rentabilidad de la explotación.

Se han elegido las variedades GUARA y TUONO ya que, aunque son autofériles, esta comprobado que poniéndolas al 50% aumenta su potencial productivo y además son de características casi idénticas. Hemos elegido estas variedades teniendo en cuenta que son variedades de floración tardía disminuyendo así al máximo el riesgo de heladas, que son unas de las variedades más productivas y que además su rendimiento en grano es uno de los mayores, adquiriendo así la almendra mayor valor en el mercado.

La elección de un patrón adecuado es muy importante para el desarrollo de la plantación puesto que nos va a influir sobre numerosos factores tales como la producción, vida de la plantación, entrada en producción, rendimientos...

Con todo esto escogemos como portainjerto para nuestra plantación el híbrido GF-677 ya que es el que mejor se adapta para regadío y tiene una buena resistencia a suelos algo pesados como es nuestro caso, además adelantamos la entrada en producción sin presentar ningún tipo de problemas de compatibilidades con las variedades de almendro.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

## **7.2 Diseño y preparación de la plantación.**

El programa de preparación del terreno será el siguiente:

- Desfondes y subsolados; estas operaciones tienen las siguientes finalidades:
  - .- permitir y facilitar el desarrollo de las raíces.
  - .- hacer más permeable el terreno al agua y al aire.
  - .- limpiar la tierra de raíces, piedras, larvas de insectos...
  - .- provocar o activar la actividad microbiana.
  - .- movilizar las reservas fertilizantes.
- Labor con vertedera; labor complementaria que se realizará tras las primeras lluvias de otoño, para incorporar con ella la posible nascencia de los restos del cultivo anterior (cereal), y homogeneizar el horizonte superficial. La labor se realiza con vertederas que voltean la tierra unos 35 – 40 centímetros de espesor.
- Pase de grada: se realiza con una grada de discos para desterronar el terreno y dejarlo lo mas desmenuzado posible.
- Rulado: Se realizará un pase de rulo para dejar la superficie del terreno lisa y poder realizar el marqueo más fácilmente.

## **7.3 Densidad de plantación.**

El marco que se va adoptar es de 7 x 7. Teniendo en cuenta los caminos de servicio obtendremos unos 200 árboles por hectárea, con los cuales obtendremos buenos rendimientos sin dificultarnos la mecanización. Densidades de plantación elevadas dificultan el paso de tractores y aperos.

## **7.4 Replanteo y marqueo.**

Una vez preparado el terreno, se procede al marqueo de la plantación, que consiste en señalar en el campo el emplazamiento definitivo de las líneas de cultivo.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

Este marqueo se realizara mediante la forma que tradicionalmente se utiliza en esta zona y consiste en que una persona especializada en este trabajo va marcando el campo con ayuda de una cuerda o cadena que previamente a sido marcada con las medidas de la plantación (en nuestro caso a 7 metros) en el lugar donde debe ir la planta se coloca un trozo de caña que previamente a sido cortada con una largura de unos 25 cm.

Las líneas de plantación se orientarán dirección Norte – Sur, siendo perpendiculares a los caminos de servicio.

Hecho ya el marqueo principal, se estima que el número de árboles será aproximadamente de 8800 árboles (200 árboles x 44 has).

### **7.5 Método de plantación.**

La plantación se realizará con plantas injertadas que nos servirá el vivero, que habrá hecho el injerto al patrón que nosotros elegimos con la variedad seleccionada.

Así la planta servida por el vivero tendrá dos años de raíz y un año de injerto, a raíz desnuda.

Las plantas necesarias son 4400 de la variedad “guara” y otras 4400 de “tuono” sobre patrón “GF-677” en un número total de 8800 que se plantarán en el terreno intercalando una fila de cada variedad.

Además de estas plantas, el vivero nos servirá por su cuenta un número determinado de plantas (3 – 4 %) para la reposición de marras, acuerdo al que llegamos con el vivero al encargar las plantas un año anterior a la plantación.

Nº plantas necesarias -----8800 plantas

4 % reposición marras -----352 plantas

Total -----9152 plantas

La época de plantación de las plantas se aconseja antes de la iniciación del periodo vegetativo, a finales de invierno (primeros días de enero).

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

Para colocar el plantón utilizaremos un subsolador especial de un solo brazo que lleva detrás una cavidad donde una persona mete el plantón y lo deja colocado en el lugar donde esta la marca con la caña.

La planta se colocará de forma que el nudo de injerto quede a unos 4 - 5 cm por encima de la superficie del terreno. La raíz se cubrirá con tierra más bien fina y se presionará esta tierra para asegurar un contacto máximo con la raíz e impedir la formación de bolsas de aire, esto lo realizaran dos personas que irán detrás del subsolador.

#### **7.6 Reposición de las marras.**

Si durante la primavera se observara la no brotación de alguna de las plantas, se comprobará que se ha secado; se puede realizar una pequeña raspadura en la base del tronco para comprobar el color. Si la planta ha perdido el color verdoso característico de la madera viva, se reemplazará.

Aún con todo esto al año siguiente e incluso posteriores seguro que tenemos algún fallo en donde debemos de colocar un plantón nuevo a finales de invierno.

### **8.- ELECCION DEL SISTEMA DE RIEGO Y CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HIDRÍCAS.**

La elección del sistema de riego es la de goteo debido a:

- Alto porcentaje de agua aprovechada.
- Perfecta adaptación a la topografía.
- Ahorro de mano de obra.
- Realización de abonado controladamente.
- Creación de un microhabitat ideal para el sistema radicular.
- Aprovechamiento alto de los nutrientes.
- Reducción de situación de estrés del árbol.

### **8.1 Cálculo de la evapotranspiración y balance hídrico.**

El desarrollo de las plantas cultivadas se halla determinado por las disponibilidades hídricas, que dependen de:

- El contenido hídrico del suelo.
- La capacidad de cesión de agua del suelo.
- La eficacia del sistema radicular de las plantas.
- La demanda de agua por parte de la planta.

Cuando las precipitaciones no aseguran el suficiente aporte de agua el crecimiento vegetal se encuentra más o menos comprometido. Así, el cálculo de las necesidades de agua de los cultivos es el paso previo para establecer los volúmenes de agua que será necesario aportar con el riego.

La evapotranspiración (ET) es la combinación de agua transpirada por las plantas y evaporada por el suelo. Para que se produzca el proceso de la ET es necesario que exista una fuente de agua disponible para la planta y una fuente de energía suficiente para evaporar el agua. La fuente de agua está controlada fundamentalmente por factores de suelo y planta, mientras que la energía para evaporar el agua está controlada por factores climáticos, fundamentalmente cuando el objetivo propuesto es el establecimiento de las necesidades hídricas.

La FAO define las necesidades de agua de un cultivo- ET(cultivo) o ET(c)- como la altura de agua necesaria para cubrir las perdidas por transpiración y evaporación de un cultivo libre de enfermedades y creciendo en campos grandes, con abundante agua y abono, sin condiciones restrictivas del suelo y obteniéndose la producción potencial bajo las condiciones de crecimiento dadas (Doorenbos y Pruitt, 1976). Para conocer las necesidades de agua de los cultivos Doorenbos y Pruitt proponen lo siguiente:

1- Calcular la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo). Se define como “la tasa de evapotranspiración de una superficie extensa de gramíneas verdes de 8 a 15 cm de altura, uniforme, de crecimiento activo, que sombrean totalmente al suelo y que no escasean de agua”.

Transformación a regadío de una finca de 44,19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

2- Elegir el coeficiente de cultivo (Kc), que representa la relación entre ETo y ET (cultivo). Varía con el tipo de cultivo y el clima.

$$ET(c) = ETo \times Kc$$

3- Estudiar los factores que inciden en la ET(c) como son las condiciones locales y las prácticas agrícolas.

Metodología de trabajo:

Consiste en la fase de cálculo de la evapotranspiración de referencia (ETo). Debido a la dificultad de obtener mediciones directas, se utilizan fórmulas empíricas para predecirla a partir de variedades climatológicas. Las más extendidas son las propuestas por la FAO, comprobada su validez para aplicarlas en condiciones climáticas y agronómicas a menudo muy diferentes de aquellas por las que fueron concebidas. En nuestro caso nos basaremos en el uso de fórmulas, más concretamente los tres métodos siguientes: Thornthwaite, Blaney-Criddle y Radiación.

Todos los datos obtenidos están calculados con detalle en el anexo nº 7 y han sido resumidos en esta tabla. Los datos están en mm/mes.

	THORNTHWAITE	BLANEY-CRIDDLE	RADIACIÓN
ENE	12,39	21,39	40,3
FEB	17,13	40,04	64,4
MAR	36,91	84,01	117,8
ABR	51,58	104,7	156
MAY	85,46	138,88	195,3
JUN	126,98	191,7	138
JUL	150,11	218,55	241,8
AGO	135,18	196,54	204,6
SEP	89,1	122,1	132
OCT	55,39	79,67	80,6
NOV	24,34	35,4	42
DIC	13,19	19,53	40,3
$\Sigma$ anual	797,76	1252,51	1453,1

Tabla 8.1 Calculo evapotranspiraciones.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

Como conclusión, y con objeto de definir unos valores de Eto para el cálculo de las necesidades de agua de cultivo, realizaremos una media entre los valores obtenidos por el método de Thornthwaite y de Blaney-Criddle que se muestran en la siguiente tabla, descartando los datos del método de radiación por presentar una mayor desviación de la media.

MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	$\Sigma$ anual
<b>ETo (mm/ mes)</b>	16.89	28.58	60.46	78.14	112.17	159.34	184.33	165.86	105.6	67.53	29.87	16.36	1578

Tabla 8.2 Evapotranspiración final.

## **8.2 Cálculo de las necesidades hídricas del cultivo.**

En el apartado anterior se ha determinado la evaporación de referencia, en función de las características climáticas de la zona. A partir de estos datos, y teniendo en cuenta el tipo de cultivo, en este caso el almendro, se determinarán las necesidades de agua del cultivo para períodos de un mes. La relación entre ambos viene determinada por el coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) y emplearemos también una serie de factores derivados del método de riego elegido; el factor de localización ( $K_r$ ) en función del porcentaje de superficie sombreada y las correcciones por condiciones locales (variación climática y variación por advección).

De forma que se adoptan los siguientes valores de  $K_c$  para el valle medio del Ebro en almendro según la FAO. El resto de los meses no se consideran irrelevantes puesto que la evapotranspiración en estos meses es mínima.

	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov
<b><math>K_c</math></b>	0.5	0.75	0.85	0.9	0.9	0.9	0.85	0.8	0.7

Tabla 8.3 Valores  $K_c$

### **Efecto de la localización.**

El efecto del estado de desarrollo del cultivo (superficie cubierta por la copa con respecto a la superficie asignada para cada planta) en la Etc es contemplado por los coeficientes Kr. Al no disponer de información específica para el caso del almendro, el coeficiente Kr se determina de forma genérica y se obtiene un valor Kr = 0.845

### **Correcciones por condiciones locales.**

Las fórmulas utilizadas para calcular la ET<sub>0</sub> incluyen datos climáticos pero no prevén el efecto de la gran cantidad de condiciones locales que pueden influir en la evapotranspiración. Algunos de estos efectos se cuantifican por medio de coeficientes que multiplicados por la Etc (ET<sub>0</sub> x Kc x Kr) permiten el cálculo de la ET.

- Variación climática.

Cuando la ET<sub>0</sub> utilizada en el cálculo al valor medio del período estudiado, debe mayorarse multiplicándola por un coeficiente, pues si no las necesidades calculadas serían un valor medio y muchos años el valor calculado sería insuficiente. Se adopta en este caso el criterio de riego localizado de alta frecuencia (RLAF) donde el volumen de suelo mojado es reducido y se debe de aplicar un coeficiente elevado comprendido entre 1,15 y 1,20, utilizando 1,20 porque así también tenemos en cuenta las variaciones diarias.

- Variación por advección.

La transformación en riego de una zona introduce un cambio en el micro clima aumentando la humedad relativa y disminuyendo las temperaturas medias. El aire caliente y seco de los secanos cercanos tiene un efecto sobre los cultivos en regadío aumentando la ET a barlovento y disminuyéndola a sotavento, donde el aire llega cargado de humedad. Estos efectos se conocen con el nombre de "efecto de ropa tendida" y "efecto oasis".

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

La corrección a aplicar depende del tamaño de la zona de riego, en este caso la superficie es de 44.19 ha, por lo que le corresponde un valor de advección de 0,85.

### Necesidades netas (Nn).

La necesidad neta es la fracción del agua que debe quedar almacenada en la zona radicular para ser puesta a disposición de los cultivo y se calcula mediante la siguiente formula:

$$Nn = ETo \times Kc \times Kr \times \text{factor climático} \times \text{factor de advección}$$

A continuación se muestran las necesidades hídricas del almendro en el proyecto:

	Eto mes (mm)	Kc	Kr	Factor climático	Factor advección	ET mes(mm)
<b>Marzo</b>	60.46	0.5	0.745	1.2	0.85	22.97
<b>Abril</b>	78.14	0.75	0.745	1.2	0.85	44.53
<b>Mayo</b>	112,17	0.85	0.745	1,2	0,85	72.45
<b>Junio</b>	159,34	0.9	0.745	1,2	0,85	108.97
<b>Julio</b>	184,33	0.9	0.745	1,2	0,85	126.06
<b>Agosto</b>	165,86	0,9	0.745	1,2	0,85	113.43
<b>Septiembre</b>	105,6	0,85	0.745	1,2	0,85	68.21
<b>Octubre</b>	67,53	0,8	0.745	1,2	0,85	41.05
<b>Noviembre</b>	29.87	0.7	0.745	1.2	0.85	15.89
<b>TOTAL</b>						<b>637.19</b>

Tabla 8.4 Necesidades hídricas del almendro

### Necesidades reales (Nr).

Las necesidades netas (Nn) no coinciden con el volumen de agua a aplicar en el riego, considerado como necesidades reales (Nr).

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

Se denomina eficiencia de aplicación (Ea) en parcela a la fracción de agua aplicada que queda retenida en la zona radicular a disposición de los cultivos. Su valor depende del sistema de riego, del tipo de suelo y de otros factores. En este caso se tomará un valor de 0,95 recomendado para el almendro en clima árido. De acuerdo con la definición de Ea, las necesidades reales serán:

$$Nr = Nn / Ea$$

### Necesidades totales de riego.

Debido a diferentes causas, los emisores de una instalación arrojan caudales que no son exactamente iguales entre sí, lo que ocasiona que las plantas reciban dosis de riego diferentes.

A efectos de diseño se establece la condición de que la parte de la finca que menos agua reciba, reciba como mínimo una cierta fracción de la dosis media. A esta fracción se le denomina “Coeficiente de Uniformidad” (CU). En nuestro caso imponemos la condición de que la parte menos regada de la finca reciba una dosis del 90% de la media: CU = 0,90

Por lo tanto las necesidades totales Nt se calculan como:

$$Nt = Nn / (Ea * CU)$$

	<b>Nr</b>	<b>Nt</b>	<b>Nt</b>	<b>N real</b>	<b>Caudal continuo</b>
	<b>mm/mes</b>	<b>mm/día</b>	<b>árbol/día</b>	<b>m<sup>3</sup> /ha y mes</b>	<b>l / sg y ha</b>
<b>Marzo</b>	22.97	0.86	42.14	229.7	0.1
<b>Abril</b>	44.53	1.73	84.77	445.3	0.2
<b>Mayo</b>	72.45	2.73	133.77	724.5	0.31
<b>Junio</b>	108.97	4.25	208.25	1089.7	0.49
<b>Julio</b>	126.06	4.75	233	1260.6	0.55
<b>Agosto</b>	113.43	4.26	208.74	1134.3	0.49
<b>Septiembre</b>	68.21	2.66	130.34	682.1	0.31
<b>Octubre</b>	41.05	1.55	75.95	410.5	0.18
<b>Noviembre</b>	15.89	0.62	30.38	158.9	0.07
				<b>6135.6</b>	

Tabla 8.5 Necesidades totales.

### **8.3 Programación de los riegos.**

Este apartado engloba una serie de parámetros que caracterizan el riego y condicionan el posterior diseño hidráulico. En la fase de diseño agronómico todas estas magnitudes están relacionadas entre sí, de forma que una variación de una de ellas modifica a las demás.

#### **Porcentaje de suelo mojado.**

En la práctica del diseño, el concepto de porcentaje de suelo mojado la relación entre el área mojada por los emisores y el área total, se tiene que medir a la profundidad en la que la densidad radicular sea máxima.

#### **Elección del emisor.**

Los emisores son los elementos más importantes de las instalaciones de riegos localizados de alta frecuencia. Deben cumplir tres condiciones fundamentales:

- 1.- El caudal que proporcionen debe ser el adecuado.
- 2.- La presión de servicio de los emisores no debe ser muy baja para minimizar el efecto que sobre la uniformidad del riego tienen los desniveles del terreno y las perdidas de carga a lo largo de terciarias y laterales.
- 3.- El paso del agua debe ser lo mayor posible con objeto de evitar las obturaciones en el goteo.

Interesa que los emisores tengan un coeficiente de descarga bajo por que cuanto más se acerque a 1 más laminar será el flujo. Los emisores en régimen laminar son más sensibles a los cambios de presión y por tanto riegan con menos uniformidad. Son también más sensibles a las obturaciones y a cambios de temperatura.

Así pues, se colocará un gotero de régimen turbulento, de tipo autocompensante ya que hay tuberías que en algunos puntos salvan desniveles importantes con un caudal de 4 l/h.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

### **Superficie regada por cada emisor.**

Se define superficie regada por emisor como la proyección horizontal del bulbo húmedo que forma ese emisor. Suponiendo circular esta superficie se define el diámetro mojado ( $D_m$ ).

En este caso la superficie puede calcularse mediante el uso de tablas, que vienen en función del tipo de suelo y del caudal del emisor, fórmulas o pruebas de campo que se encuentran detalladas en el anexo nº 8 y que en nuestro caso nos da una superficie regada de  $1.04 \text{ m}^2$

### **Número de emisores por planta.**

Se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$e = (a \times b \times P) / 100 \times S_m = (7 \times 7 \times 30) / (100 \times 1.04) = 14 \text{ emisores por planta}$$

a es la medida entre filas

b es la distancia entre árboles

P el porcentaje de suelo mojado (30 % para almendros en climas áridos)

$S_m$  la superficie mojada por cada emisor.

### **Separación entre emisores.**

La distancia entre emisores ha de ser tal, que permita la unión de los bulbos húmedos, de lo contrario se crearán zonas secas entre los bulbos, difíciles de atravesar por las raíces, evitando con esto, el total aprovechamiento del agua por la planta.

El solape se define en forma de porcentaje respecto al radio del bulbo húmedo y se establece para climas áridos al menos un 20 % de acuerdo con la fórmula:

En este caso la distancia máxima se encuentra calculada en el anexo nº 8 y no debe de ser superior a 1.035 m

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

Esto quiere decir, que los emisores, no deben estar separados más de 1.035 m. para que se cumpla la condición de solape mínima; como número de emisores por planta tiene que ser en torno a 14, la separación definitiva entre emisores es de 50 cm.

### **Intervalo, dosis y tiempo de riego.**

Desde el punto de vista agronómico no existe un valor mínimo de I; se podría incluso regar continuamente las 24 horas del día. En general los sistemas se diseñan con  $I = 1$ .

Por otra parte, el gotero escogido aporta un caudal nominal de 4.1 l/h, por lo que si dividimos el caudal del gotero por el marco de riego, obtendremos la pluviometría final que son 1.18 mm / hora

Con esto se calcula el tiempo de riego que es 4.02 horas / día por sector de riego. Esto quiere decir que, en un día (24 / 4.02), podemos tener un máximo de 5.97 sectores de riego  $\approx$  6 sectores

A continuación veremos una tabla en la que tomando como datos de partida las necesidades hídricas del almendro en los diferentes meses del año calculadas anteriormente, se procede a diseñar un pequeño programa de riego a modo orientativo.

	Necesidades mm / día	Pluviometría de riego mm / h	Tiempo de riego/sector y día	Numero de sectores	Tiempo total de riego / día	Días / mes	Tiempo total (h) de riego / mes
<b>Marzo</b>	0.86	1.18	0.72	6	4.32	31	133.92
<b>Abril</b>	1.73	1.18	1.46	6	8.76	30	262.8
<b>Mayo</b>	2.73	1.18	2.31	6	13.86	31	429.66
<b>Junio</b>	4.25	1.18	3.6	6	21.6	30	648
<b>Julio</b>	4.75	1.18	4.02	6	24	31	744
<b>Agosto</b>	4.26	1.18	3.61	6	21.66	31	671.46
<b>Septiembre</b>	2.66	1.18	2.25	6	13.52	30	405.76
<b>Octubre</b>	1.55	1.18	1.31	6	7.88	31	244.32
<b>Noviembre</b>	0.62	1.18	0.52	6	3.15	30	94.57
<b>TOTAL</b>							<b>3634.5 (h/año)</b>

Tabla 8.6 Programa de riego orientativo.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

Las necesidades hídricas para el primer año de cultivo se estiman en el 30 % de las necesidades, durante el segundo año en un 60 %, en el tercero en un 85 % y a partir del cuarto año de cultivo las necesidades calculadas.

## **9.- DISEÑO Y CÁLCULO HIDRAULICO.**

En este apartado se va a proceder al cálculo de las pérdidas de carga que existen en la red de riego.

Cada una de las dos parcelas de las que consta el proyecto se divide en tres sectores de riego, con casi siete hectáreas cada uno de ellos, como se indica en los planos.

### **9.1 Material empleado.**

Los materiales utilizados en la red de distribución son el Polietileno (PE) de alta densidad para los laterales y el Policloruro de Vinilo (PVC) para las tuberías terciarias, secundarias y primaria

La elección de materiales plásticos como son el Polietileno y el Policloruro de Vinilo para la red se justifica por sus características que son:

- Facilidad de transporte y manejo, debido a su poco peso, (la densidad del polietileno es 0,9 y la del policloruro de vinilo 1,4).
- Resistencia a la corrosión.
- Paredes interiores totalmente lisas, lo que permite aumentar la velocidad del agua conducida. No se forman incrustaciones de carbonatos u otras materias disueltas en el agua, que disminuirán la capacidad de la tubería.

### **9.2 Cálculo hidráulico.**

Para calcular la presión necesaria a la entrada de cualquiera de las subunidades de las que esta compuesta la parcela, se debe calcular en primer lugar la presión necesaria a la entrada de uno de los laterales que componen dicha subunidad.

Antes de empezar a calcular las pérdidas de carga es conveniente establecer el criterio de cómo se reparte la tolerancia de presión máxima admisible entre el lateral y la terciaria.

### **9.2.1 Distribución de la variación de presiones en la subunidad.**

En una subunidad de riego se admite una variación máxima de caudal entre los distintos emisores del 10 % del caudal medio (regla de Christiansen). Con esta condición las variaciones admisibles de presión para este caso se han calculado en el anexo nº 9 y son 2.22 m.c.a.

Se ha comprobado que el coste mínimo de la instalación, ocurre cuando el 55 % de las pérdidas admisibles en la subunidad se producen en los laterales, mientras que el 45% restante, se producen en las tuberías terciarias.

De esta forma:

- $\Delta H_{lat} = 0,55 \cdot \Delta H_{total} = 0,55 \cdot 2.22 = 1,22$  mca.
- $\Delta H_{ter} = 0,45 \cdot \Delta H_{total} = 0,45 \cdot 2.22 = 1$  mca.

### **9.2.2 Cálculo de los laterales de riego.**

El lateral que se toma como base es el más desfavorable, debido a su mayor número de emisores, por lo tanto mayor necesidad de agua, y más alejado de su tubería terciaria suministradora.

Para el cálculo de los laterales se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Longitud del lateral, en metros (L).
- Número de emisores (n).
- Caudal del lateral objeto de estudio (Q).

$$Q = \text{número de emisores (n)} * \text{caudal del emisor (q)}$$

- F, es el coeficiente de reducción de Christiansen que compensa la descarga a lo largo de toda la tubería en función del número de orificios o emisores. Este dato se obtiene mediante tablas.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

$$Fr = \frac{r + n \cdot F - 1}{r + n - 1} \quad \text{donde} \quad r = \frac{S_o}{S_e}$$

Siendo:

- $S_0$ : distancia hasta el primer emisor.
- $S_e$ : distancia entre cada emisor.

En este caso  $S_0 = S_e$ , por lo tanto  $r = 1 \rightarrow Fr = F$

- El efecto de la conexión emisor-lateral ocasiona una pérdida de carga cuyo valor depende de las características de la conexión y del diámetro del lateral (D). A efectos de cálculo, las conexiones se pueden sustituir por una longitud equivalente de tubería ( $l_{eq}$ ).

$$l_{eq} = \frac{18,91}{D^{1,87}}$$

En función de las perdidas de carga admisibles en el lateral se tanteará con las perdidas que originan los diferentes diámetros comerciales. Se escogerá aquel cuyas pérdidas de carga más se aproximen a las admisibles.

Para calcular las perdidas de carga ( $h_f$ ) que provoca cada uno de esos diámetros se utiliza la siguiente ecuación:

$$h_f = (L + n \cdot l_{eq}) \cdot Fr \cdot C \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

Podemos calcularlas de otro modo donde:

$$h_{re} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \cdot L$$

Los resultados se han obtenido mediante unas hojas de cálculo creadas para tal efecto y se recogen en la siguiente tabla. El nombre de los laterales corresponde a la tubería terciaria que los abastece.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

LATERAL	L (m)	N <sub>e</sub>	Q (l/h)	Fr	h <sub>f</sub>	D (mm)
1.1	70	140	574	0.368	1.15	20
1.2	70	140	574	0.368	1.15	20
2.1	75	150	615	0.367	1.39	20
2.2	75	150	615	0.367	1.39	20
3.1	76	152	623	0.367	1.44	20
3.2	76	152	623	0.367	1.44	20
4.1	70	140	574	0.368	1.15	20
4.2	70	140	574	0.368	1.15	20
5.1	75	150	615	0.367	1.39	20
5.2	75	150	615	0.367	1.39	20
6.1	72	144	590	0.367	1.24	20
6.2	72	144	590	0.367	1.24	20

Tabla 9.1 Laterales de riego

### Presión necesaria al inicio del lateral.

Se obtiene a partir de la expresión:

$$P_0 = P_n + Z_{lat} + h_{f, lat}$$

Donde:

- $P_n$ : Presión media en el lateral, en mca.
- $Z_{lat}$ : Desnivel de la tubería del lateral, en m.
- $h_f$ : Pérdida de carga en el lateral, en mca.

### 9.2.3 Cálculo de las tuberías terciarias.

La pérdida de presión admisible en la terciaria, es la diferencia entre la tolerancia de la subunidad, menos las pérdidas de presión en el lateral.

$$\Delta H_{terciaria} = \Delta H_{total} - \Delta H_{lat}$$

En el caso de haber desnivel en la terciaria

$$\Delta h_{ter} = \Delta H_{ter} - Z_{ter}$$

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

Para tener en cuenta el efecto de las pérdidas menores en las derivaciones, consideramos un coeficiente mayorante sobre la longitud (Km) igual a 1,2.

El diámetro de la terciaria deberá ser tal que las pérdidas que provoque en la tubería, sean inferiores a las admisibles, es decir:

$$D_{ter}^{4,75} > \frac{K_m \cdot Fr \cdot C \cdot L \cdot Q^{1,75}}{h_{f,max}}$$

Las pérdidas de carga para estos diámetros son:

$$h_{f,ter} = \frac{K_m \cdot Fr \cdot C \cdot L \cdot Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

Una vez conocidas las pérdidas de la terciaria, se puede pasar a determinar la presión necesaria al inicio de ésta, mediante la expresión:

$$P_{o,ter} = P_{lat} + h_{ter} + h_v$$

Donde:

- $P_{lat}$ : Presión necesaria para el lateral de riego más exigente, en mca.
- $h_{ter}$ : Pérdidas de carga en la terciaria, en mca.
- $h_v$ : Pérdidas de carga en la válvula, en mca.

Con estos datos se procede al dimensionado de las tuberías, cuyos resultados se pueden ver en la tabla que se presenta a continuación:

Terciaria	L (m)	N <sub>lat</sub>	Q (l/h)	Fr	Z(m)	hf <sub>max</sub> (mca)	hf <sub>ter</sub> (mca)	Dteorico	Dcomercial	P <sub>necesaria</sub> (mca)
1.1	223	64	36736	0.371	12	1.07	0.66	106.9	125	11.81
1.2	350	100	57400	0.369	10	1.07	0.69	137.34	160	11.84
2.1	350	100	61500	0.369	7	0.83	0.78	148.6	160	12.17
2.2	350	100	61500	0.369	6	0.83	0.78	148.6	160	12.17
3.1	84	24	14957	0.385	5	0.78	0.6	66.81	75	12.04
3.2	310	65	40508	0.371	10	0.78	0.63	125.97	140	12.07
4.1	300	85	48790	0.370	11	1.07	0.84	125.3	140	11.99
4.2	240	70	40180	0.371	11	1.07	0.83	111.36	125	11.98
5.1	230	66	40590	0.371	5	0.83	0.81	116.85	125	12.20
5.2	250	64	39360	0.371	5	0.83	0.83	117.58	125	12.22
6.1	390	95	56088	0.369	4	0.98	0.74	141.91	160	11.98
6.2	330	80	47232	0.370	5	0.98	0.88	128.68	140	12.12

Tabla 9.2 Cálculo tuberías terciarias.

#### 9.2.4 Cálculo de las tuberías secundarias.

Las tuberías secundarias son las tuberías que van desde el cabezal de riego situado a pie de parcela hasta las tuberías terciarias.

En nuestro proyecto diferenciamos dos tipos de tuberías secundarias que son:

- Las que abastecen agua a las distintas terciarias dentro de cada sector, a las que denominaremos con la letra A.
- Las que transportan el agua desde el cabezal de riego hasta el comienzo de cada sector de riego, a las que denominaremos con la letra B.

#### Tuberías secundarias tipo A.

Las únicas condiciones que imponemos a estas tuberías es que sean de PVC y que en su interior no se sobrepase la velocidad de 1.5 m/s para que no exista riesgo de rotura y que tampoco sea inferior a 0.6 m/s ya que sino la tubería se encarece mucho y se producen fenómenos de sedimentación en su interior.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

Para calcular las pérdidas de carga que se producen a lo largo de estas tuberías utilizamos la fórmula de Veronese:

$$hr = 0.365 \times \frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} x L$$

Para calcular las velocidades que se dan dentro de estas tuberías utilizamos la ecuación de continuidad:

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\Pi \cdot D^2}$$

Con estos datos hemos calculado estas tuberías y los resultados se muestran en la siguiente tabla.

TUBERIA	Q (l/h)	Q (l/s)	DN (mm)	D <sub>int</sub> (mm)	L (m)	hr (m)	V (m/s)
A1	36736	10.20	125	117.6	137	0.95	0.939
A2	61500	17.08	160	150.6	150	0.80	0.959
A3	14957	4.15	75	70.6	230	3.67	1.061
A4	48790	13.55	140	131.8	140	0.94	0.993
A5	40590	11.27	125	117.6	155	1.22	1.007
A6	47232	13.12	140	131.8	145	0.92	0.962

Tabla 9.3 Tuberías secundarias tipo A

### **Tuberías secundarias tipo B.**

Del cabezal de riego saldrá una tubería que se dividirá en cuatro; una para el sector 1, otra para el 2, otra para el 3 y otra para los sectores de la parcela 1, es decir, para el 4, 5 y 6; esta tubería al llegar a la parcela 1 se dividirá en tres para abastecer a cada uno de los tres sectores. A estas tuberías las denominaremos con la letra B seguido del número de sector al que abastecen y a la tubería que abastece a los tres sectores de la parcela 1 la denominaremos tubería B<sub>456</sub>.

Las condiciones impuestas para estas tuberías y los métodos de cálculo utilizados para estas tuberías son los mismos que para las del caso anterior.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

TUBERIA	Q (l/h)	Q (l/s)	DN (mm)	D <sub>int</sub> (mm)	L (m)	h <sub>r</sub> (m)	V (m/s)
B1	94136	26.15	160	150.6	75	0.86	1.356
B2	123000	34.17	180	169.4	80	0.85	1.516
B3	55456	15.41	140	131.8	10	0.08	1.129
B <sub>456</sub>	103320	28.70	200	188.2	320	1.50	1.032
B4	88970	24.71	160	150.6	150	1.56	1.387
B5	79950	22.21	160	150.6	5	0.04	1.247
B6	103320	28.70	180	169.4	300	2.32	1.273

9.4 Tuberías secundarias tipo B.

### 9.2.5 Cálculo de las presiones a la salida del cabezal.

La presión necesaria a la salida del cabezal es la resultante de la suma de la presión necesaria por los goteros, las pedidas en los laterales de riego, las perdidas en la tubería terciaria y las perdidas en las tuberías secundarias; también hay que contar con el desnivel que en nuestro caso nos es favorable. En la siguiente tabla se muestra la presión necesaria en cada tubería terciaria y la resultante final de cada sector esta viene marcada por la tubería más exigente en cuanto a presión.

TUBERIA	P <sub>it</sub> (mca)	h <sub>ra</sub> (m)	P <sub>finalt</sub> (mca)	P <sub>sector</sub>
1.1	11.81	0.95	12.76	12.76
1.2	11.84	0	11.84	
2.1	12.17	0	12.17	12.97
2.2	12.17	0.8	12.97	
3.1	12.04	0	12.04	15.74
3.2	12.07	3.67	15.74	
4.1	11.99	0.94	12.93	12.93
4.2	11.98	0	11.98	
5.1	12.20	0	12.20	13.44
5.2	12.22	1.22	13.44	
6.1	11.98	0	11.98	13.04
6.2	12.12	0.92	13.04	

9.5 Presión a la salida del cabezal.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

En la siguiente tabla calculamos la presión necesaria a pie del cabezal de riego.

P <sub>sector</sub>	h <sub>rb</sub> (m)	P <sub>final</sub>	ΔZ (m)	P <sub>requerida</sub>
12.76	0.86	13.62	0	13.62
12.97	0.85	13.82	0	13.82
15,74	0.08	15.82	0	15.82
12.93	1.56 1.50	15.99	7	8.99
13.44	0.04 1.50	14.98	10	4.98
13.04	2.32 1.50	16.86	15	1.86

Tabla 9.6 Presiones a pie del cabezal.

Debido a que la presión a la salida del cabezal solo puede ser una, tomaremos el valor más alto para que así todos los sectores tengan la presión suficiente para un normal funcionamiento. Esta presión necesaria es de 15.82 mca.

### 9.2.6 Cálculo de la tubería primaria.

Esta tubería transporta agua desde la salida de la balsa hasta la entrada al cabezal de riego; por tanto esta tubería tiene su inicio a cota 560 que es a la que se encuentra la base de la balsa y su final se encuentra en cota 525 que es donde se encuentra el cabezal de riego. Las condiciones en esta tubería y los cálculos se realizan de la misma manera que para las tuberías secundarias y los resultados han sido recogidos en la siguiente tabla:

Q (l/h)	Q (l/s)	DN (mm)	D <sub>int</sub> (mm)	L (m)	h <sub>r</sub> (m)	V (m/s)
123000	34.16	200	169.4188,2	160	1.02	1.23

9.7 Tubería primaria.

Por tanto esta tubería primaria tendrá un diámetro exterior de 200 y tendrá una largura de 160 metros.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

### **9.3 Movimiento de tierras.**

La instalación de una red fija de tuberías en un riego conlleva un movimiento de tierra. Los volúmenes de tierra a mover variaran en función de la tubería a colocar y de las longitudes de los tramos.

Las dimensiones adoptadas para las zanjas se muestran en la siguiente tabla:

<b>Diámetro exterior de la tubería (mm)</b>	<b>Anchura de la zanja (m)</b>	<b>Profundidad de la zanja (m)</b>
$\varnothing \leq 200$	$\varnothing (m) + 0,6$	$\varnothing (m) + 0,8$
$\varnothing > 200$	$\varnothing (m) + 0,7$	$\varnothing (m) + 0,8$

Tabla 9.8 Dimensiones de las zanjas.

La sección tipo de la tubería se compone de una cama de arena de espesor  $10 + \varnothing/10$  (cm). Desde la generatriz inferior hasta 30 cm por encima de la generatriz superior, se llenará con material seleccionado de tamaño menor de 2 cm, que en nuestro caso provendrá de determinados puntos de la excavación en los que encontramos este tipo de material. La parte superior se llena con material procedente de la excavación en cada lugar.

Los volúmenes de tierra excavados para todas las tuberías han sido calculados en el anexo nº 8 y suman un total de 3930.4 m<sup>3</sup> que se reparten en 5464 metros de zanja.

## **10.- CABEZAL DE RIEGO, AUTOMATISMOS Y ELEMENTOS SINGULARES.**

Es el elemento central de la instalación de riego, que contiene los elementos y equipos dedicados al filtrado, inyección de abonos, control y automatismo. Su dimensionado adecuado influye decisivamente en el correcto funcionamiento de la instalación.

El cabezal suele variar de unas instalaciones a otras, pero en el caso más general se podrá distinguir:

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

- Filtro de arena.
- Equipo de fertilización
- Filtros de malla
- Contador de agua.
- Automatismos.

### **10.2 Filtro de arena.**

Consisten en tanques metálicos o de poliéster en cuyo interior se coloca una gruesa capa de arena a través de la cual pasa el agua a filtrar. El agua entra por la parte superior y se distribuye en el interior del tanque por medio de un deflector que tiene por objeto evitar que el chorro de agua remueva la arena. El agua sale por la tubería inferior, a través de unos colectores perforados y revestidos de malla para evitar el arrastre de la arena. En el tanque se disponen dos bocas, una para la carga y otra para la descarga de la arena. También hay un purgador para expulsar el aire acumulado.

El modelo de filtro elegido es el FAC-1200 con un diámetro de 1200 mm.

### **10.3 Filtro de malla.**

Los filtros de malla están constituidos por un cuerpo cilíndrico que aloja en su interior un cartucho de malla, que puede tener diferentes tamaños de orificios, a través del cual circula el agua que se pretende filtrar. Existen filtros de malla de diferentes formas y dimensiones.

Estos filtros se colocan aguas abajo de los filtros de arena, para evitar que la arena pueda entrar en la red de riego. Deben colocarse aguas abajo del punto de inyección de fertilizantes para retener las impurezas, precipitados...

El modelo escogido es el FMA2006, con una capacidad de filtrado de 150 m<sup>3</sup>/h.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

#### **10.4 Contador de caudal.**

Existe una gran cantidad de contadores de agua pero en este caso se ha optado por el tradicional contador tipo Woltman, que consiste en una carcasa en cuyo interior un molinete gira con una velocidad que es función del agua que pasa. Un tren de ejes y engranajes transmite el giro del molinete a un dial en el que se puede medir el caudal instantáneo y el totalizador.

Siempre deben de colocarse en tramos rectos de tubería, cuya longitud antes y después del aparato debe ser de unas 80 veces el diámetro.

Se colocara un contador Woltman de 5", con una temperatura máxima de trabajo de 50º y un peso de 26 kg.

#### **10.5 Fertirrigación.**

Este sistema de fertilización se coloca en el cabezal de riego situado tras el filtro de arena para que el agua haya sido previamente filtrada y antes del filtro de mallas para que este elimine las posibles partículas minerales que no se han disuelto en el.

En este caso optamos por un sistema tipo Venturi que consiste en un tubo por el que circula el agua, provisto de un estrechamiento en el que, por el efecto Venturi, se produce una depresión. En la zona de estrechamiento lleva conectada una tubería cuyo extremo se introduce en un depósito con la solución fertilizante a inyectar, la depresión provoca la succión del líquido y su incorporación a la red. El sistema Venturi se coloca en paralelo con la tubería de riego. Los caudales varían entre 50 y 300 l/h. Si el tanque se queda sin líquido el Venturi inyectaría aire en la red, para evitarlo se precisa una boya o válvula automática que lo cierre.

El modelo elegido es el 10VTE32 que introduce un caudal de 200 l/h. Además se acoplará a un depósito de 4000 litros para el almacenamiento del fertilizante.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

## **10.6 Automatismos.**

Para la automatización de los riegos en los seis sectores de riego con los que cuenta nuestra finca se precisa de algunos elementos que a continuación describiremos y elegiremos el más adecuado para nuestro caso. En cada sector nos encontraremos:

- Llave de tres vías.
- Solenoide.
- Microtubulos de comando.

### **10.6.1 Programador.**

El programador de riego elegido es el Regaber modelo MMC-Junior permite realizar el control total de la red de riego activando de forma automática cada uno de los seis sectores en base temporal o volumétrica, controla tanto el cierre como la apertura. Además también controla el lavado de filtros y el llenado del estanque.

### **10.6.2 Paneles solares.**

El programador de riego viene alimentado por una batería cargada con la energía solar recogida en unos paneles solares. Se instalará un panel o módulo, fabricado con silicio monocristalino y el acumulador elegido tendrá 20 días de autonomía.

Elegimos una batería estacionaria monobloc de 107 A h que es la que mas se aproxima a nuestras necesidades. A la salida de la batería se colocara un convertidor de corriente continua a corriente alterna ya que el programador elegido funciona con corriente alterna.

El módulo se coloca sobre la estructura de aluminio con tornillería, cuneta, también con un regulador de carga con alarma.

La dimensión de éste será de 60 x 25 cm. para asegurar el correcto funcionamiento del programador.

### **10.6.3 Solenoides.**

Son válvulas que transforman la señal eléctrica de apertura o cierre emitida por el programador, en una señal hidráulica efectiva en la válvula de la parcela.

Las principales características de los solenoides son:

- Funcionarán a impulsos.
- El paso mínimo será 1,5 mm, aunque puede variarse con la colocación de filtros en su alimentación o bien con el empleo de agua filtrada.
- Voltaje 12 a 20 voltios, con tolerancia 10%.
- Consumo mínimo en corriente continua, con tiempos de apertura inferiores a 20 milisegundos.
- Presión de trabajo, 12 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Bobina con aislamiento IP54, obtenido mediante embutido en resina tipo epoxi.
- La válvula del conjunto solenoide será de tres vías (correspondiente al control de válvulas hidráulicas), metálica.
- Se instalará un solenoide por válvula de maniobra que encontramos al principio de cada sector.
- Todos ellos se colocarán en un panel de acero galvanizado anclado en el terreno mediante un bloque de hormigón de 125 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia característica y 0,3 m de lado. El panel se situará junto al programador, incluido dentro de su caseta, de tal manera que la longitud de la conexión eléctrica entre programador y solenoides sea mínima y, así, su consumo.

### **10.7 Elementos singulares.**

Los elementos singulares que se disponen a lo largo de la red de riego tienen la misión de control y regulación de los caudales así como el mantenimiento de la presión y el filtrado del agua.

### 10.7.1 Válvulas.

Encontraremos distintos tipos de válvulas que se clasifican en:

- Válvulas hidráulicas.
- Válvulas de compuerta y esfera.
- Válvulas de ventosa.
- Válvulas antirretorno.

#### Válvulas hidráulicas.

La principal función de estas válvulas es realizar la apertura y cierre de los diferentes sectores de riego. Por este motivo se colocara una válvula de este tipo al principio de cada sector de riego que estará debidamente colocada dentro de una arqueta para protegerla del exterior.

Se han elegido válvulas hidráulicas con diafragma integral, con cuerpo de hierro fundido, que abre y cierra la válvula mediante la presión de agua existente en la red.

El criterio para la elección de las válvulas en cada sector es el de utilizar válvulas que produzcan pérdidas pequeñas de presión. Los caudales de cada sector y las válvulas elegidas se recogen en la siguiente tabla.

SECTOR	CAUDAL (m <sup>3</sup> /h)	VALVULA	PERDIDA DE CARGA (m.c.a)
1	94.13	4"	0.8
2	123	4"	1
3	55.45	3"	0.8
4	88.97	4"	0.75
5	79.95	4"	0.7
6	103.32	4"	0.85

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

### **Válvulas de compuerta y esfera.**

#### Válvulas de compuerta:

Será necesario una válvula de compuerta para el vaciado del embalse y esta será de el mismo diámetro aproximadamente que la tubería de desagüe, es decir, como la tubería de desagüe es PVC Ø 160 la válvula de compuerta utilizada tendrá un diámetro interior de 6" que son 152.4 mm y la unión de esta a la tubería se hará mediante bridas metálicas y junta elástica que asegura la estanqueidad.

#### Válvulas de esfera:

Se colocan para la instalación de fertilización, serán necesarias para encauzar el fertilizante por las tuberías necesarias. Están fabricadas en PVC y son de accionamiento manual.

### **Válvulas de retención.**

La función de estas válvulas es permitir el flujo de agua en una única dirección, impidiendo la inversión del mismo. También llamadas válvulas antiretorno.

Se instalarán válvulas justo después del grupo moto-bomba que bombea el agua del pozo. Por lo tanto será una válvula de retención de diámetro 250 mm de disco partido, PN 10mm, ya que el de la conducción es de 250 mm PN10, con el fin de evitar también el golpe de ariete.

### **Válvulas de ventosa.**

Son piezas destinadas a realizar el control de la presencia de aire en las conducciones hidráulicas. El tipo de válvula ventosa elegido es la válvula de doble efecto o trifuncional.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

### **10.7.2 Desagües.**

En los tramos finales de las tuberías secundarias y terciarias, se colocará una prolongación de la misma con salida al exterior, con tape final macho roscado. Este desagüe permite la expulsión de elementos extraños en la red durante los primeros riegos al comenzar la campaña de riegos para evitar obturaciones en las emisiones, al igual que el vaciado de la red en caso de ser necesario.

### **10.7.3 Piezas especiales.**

#### **Codos.**

Los codos son piezas destinadas a conseguir la alineación de las tuberías. Dependiendo de la curva que describa la tubería se colocarán codos de 45 ó 90°.

#### **Reducciones.**

Los cambios de sección de la tubería a lo largo de la red se consiguen mediante la colocación de piezas tronco-cónicas que sirven de conexión entre las tuberías de distinto diámetro.

#### **Piezas en derivación.**

La división de la vena líquida circulante por la tubería se consigue mediante la colocación de piezas en "T" e "Y" dependiendo del diámetro y la posición pueden necesitar anclajes especiales.

#### **Anclajes.**

En determinados puntos de la red como son los cambios de sección, cambios de dirección y derivaciones en te se producen empujes en la tubería debido a la presión hidrostática. Para evitar el desplazamiento de la tubería en estos puntos, se han colocado macizos de hormigón que sirven de anclaje a la conducción.

La fuerza de reacción del agua es la que debe calcularse para establecer las dimensiones de los macizos de hormigón que impidan los desplazamientos de la tubería. Los macizos son de hormigón H-150 armado con acero AEH-400.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

## **11.- ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL EMBALSE.**

El objetivo global de este apartado es describir el estudio geológico-geotécnico de la zona donde se prevé realizar la ubicación de la balsa reguladora.

### **11.1 Situación del embalse.**

#### **Situación geográfica.**

La zona de estudio se encuentra en el término municipal de Ainzón, localidad de la provincia de Zaragoza, en el paraje conocido como Juncarillo. Dicha zona se encuentra en las faldas del Moncayo al noroeste de la provincia de Zaragoza.

#### **Situación geológica.**

La zona de estudio se encuentra ubicada en la zona meridional de la Cuenca Terciaria del Ebro y muy próxima al borde Norte de la Cordillera Ibérica.

### **11.2 Geología.**

#### **11.2.1 Estratigrafía.**

Los materiales que afloran en la zona tienen edades terciarias y cuaternarias

#### **11.2.2 Estructura tectónica y geomorfología.**

La estructura general del substrato Terciario es subhorizontal y no se presenta afectada en la zona por plegamientos o fracturaciones importantes. En los tramos competentes de areniscas se observan diaclasas de planos verticales con una densidad de diaclasado baja.

Los depósitos cuaternarios dan lugar a distintas morfologías fruto de los sucesivos encajamientos de la red fluvial de la zona durante el cuaternario. Como depósitos más antiguos están los glacis, constituyendo acumulaciones detríticas que a su vez están incididos y disectados en la zona de estudio. Estos coronan las partes más elevadas.

### **11.3 Hidrología.**

La precipitación media de la zona es de unos 430 mm, siendo recogida por la cuenca del río Huecha o por los barrancos que acaban desembocando en este mismo río, el cual es un afluente del río Ebro. En la zona no existe ninguna obra hidráulica de regulación de importancia.

En cuanto a las aguas subterráneas es una zona con un gran potencial de sus acuíferos subterráneos ya que según algunos trabajos realizados en la zona como el de J.A. Bolea en 1981 *Estudio hidrológico de la cuenca del Ebro*, afirma que los recursos hidrológicos subterráneos de la zona son de 40 Hm<sup>3</sup>/año repartidos de la siguiente forma: 10-15 Hm<sup>3</sup>/año en la zona de Añón y sus alrededores y de 20-30 Hm<sup>3</sup>/año en la zona de Ainzón y sus alrededores; permaneciendo la zona con unas reservas subterráneas de 500 a 800 Hm<sup>3</sup>.

#### **11.3.1 Clasificación hidrogeológica de los materiales.**

Se realiza una clasificación cualitativa de los distintos materiales desde el punto de vista hidrogeológico en:

- Permeables semipermeables. Fundamentalmente son:
  - Arcillas, arenas, limos y gravas del recubrimiento pliocuaternario. En ellos circula el agua en parte por escorrentía superficial y en parte por percolación.
  - Areniscas del substrato terciario. En ellas el agua circula en parte por percolación, cuando el grado de alteración lo permite y en parte por las diaclasas y discontinuidades existentes y por escorrentía superficial fundamentalmente.
- Impermeables. Todo el substrato Terciario arcillo-margoso y de areniscas sanas. En el, el agua circula por escorrentía superficial.

En general, en la zona no se prevén problemas hidrogeológicos importantes que puedan afectar a la ejecución de la obra. No se detecta el nivel freático en calizatas

## **11.4 Geotecnia.**

### **11.4.1 Descripción de las calicatas.**

#### **CALICATA N° 1**

De 0.00 a 0.20 m	Tierra vegetal con restos de raíces.
De 0.20 a 1.80 m	Limos de color marrón claro con cantos.
De 1.80 a 3.70 m	Arcillas de color marrón con cantos dispersos y partículas carbonosas.
De 3.70 a 5.00 m	Sustrato rocoso. Margas de color grisáceo con nódulos de yeso que se presentan algo alterados los primeros 20 cm.

#### **CALICATA N° 2**

De 0.00 a 0.30 m	Tierra vegetal con restos de raíces.
De 0.30 a 2.00 m	Arcillas de color marrón con pasadas arenosas y limosas con pequeños cantos dispersos a lo largo de todo el tramo.
De 2.00 a 4.50 m	Sustrato rocoso. Margas calcáreas grises con intercalaciones de niveles calizos y yesíferos fibrosos centimétricos.

## **11.5 Condiciones geotécnicas.**

### **11.5.1 Estanqueidad.**

Los tramos arenosos del recubrimiento cuaternario tienen una permeabilidad considerable. Al estar distribuidos en el espacio de forma irregular pueden producirse pérdidas importantes de agua a través de estos materiales.

Debido a la excesiva permeabilidad del cuaternario, pueden plantearse problemas con los cimientos en los diques, por esto se opta por que los cimientos de los diques apoyen directamente sobre el substrato del terciario, ya que este presenta buenas propiedades para usarlos como cimientos y por ello los posibles asientos del terreno que podría producirse se consideran despreciables.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

Si el contacto recubrimiento con el substrato rocoso se produce sobre terreno alterado este debe ser retirado.

A partir de las observaciones realizadas en el substrato rocoso puede decirse que la sección del dique va a ser homogénea, es decir, los taludes y el núcleo del dique serán todo uno, formados por los mismos materiales que se obtienen de la excavación y compactados convenientemente. Estos materiales que van a formar el dique van a ser margas arcillosas procedentes de la excavación del vaso.

Puesto que a través de los materiales del recubrimiento se producirán pérdidas de agua y será necesario impermeabilizar el cimiento del embalse. Esta impermeabilización debe realizarse de acuerdo con el sistema utilizado en el propio embalse.

### **11.5.2 Condiciones constructivas.**

#### **Impermeabilización y drenaje.**

Puesto que a través de los materiales del recubrimiento se producirán pérdidas de agua, será necesario impermeabilizar el cimiento de la presa. Para lograr la impermeabilización del cimiento de la presa lo más aconsejable es la realización de una pantalla de arcilla, bajo el núcleo que se empotre en margas del sustrato rocoso.

En el espaldón de aguas abajo debe realizarse un sistema de drenaje que permita la circulación del agua.

Para evitar las pérdidas de agua en el vaso del embalse y los riesgos por fenómenos de sifonamiento que podrían producirse se coloca un revestimiento sintético, flexible y continuo a base de láminas plásticas de polietileno.

#### **Características del terreno de cimentación.**

El sustrato rocoso de la zona tiene unas características de resistencia buenas no planteando problemas como cimentación, siendo los asientos prácticamente nulos en él.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

El recubrimiento del cuaternario de limos y arcillas constituye un terreno bastante malo para la cimentación pero como va a ser retirado hasta encontrar el sustrato rocoso no plantea graves problemas.

### **Taludes.**

Los espaldones deben realizarse con materiales procedentes de la excavación del vaso con materiales del sustrato rocoso. Realizando un cálculo simplificado de los taludes y basándonos en la bibliografía existente se considera prudente no dar taludes más escarpados, para este tipo de material, de 2H: 1V al espaldón tanto aguas arriba como aguas abajo.

### **Hormigones.**

Si se colocan hormigones en contacto con agua freática o con margas arcillosas del sustrato rocoso, debe utilizarse cemento sulforresistente del tipo SR.

### **Excavación.**

La excavación puede realizarse en todos los terrenos con retroexcavadora a excepción de pequeños puntos en concreto donde se atraviesen capas de determinadas areniscas donde sea necesario el uso de martillos rompedores

### **Resguardo.**

A parte del resguardo que se calcule necesario para el oleaje o sobrelevaciones imprevistas, hay que prever un resguardo por asientos de los materiales.

## **11.6 Materiales de préstamo.**

La calidad de los materiales excavados del vaso de la balsa, para la construcción tanto del núcleo, espaldones y escolleras, es buena siempre que se vaya

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

eliendo un poco a la hora de ser excavados; además se encuentran en cantidad suficiente para la construcción de todos los elementos necesarios en la balsa.

## **12.- EMBALSE.**

El embalse es de planta rectangular. Su eje longitudinal tiene la dirección este-oeste. La rasante de la explanación del fondo del vaso se ubica en cota 560 y la coronación del dique en la cota 565. El embalse se calcula para una capacidad útil de 12600 m<sup>3</sup> necesarios para abastecer toda la finca durante 7 días en el mes de julio.

Con estos parámetros se exime a la obra del embalse de las prescripciones dictadas por la instrucción para el proyecto y construcción de grandes embalses; ya que el dique es menor de 30 metros de altura y el volumen de embalse no alcanza 1000000 m<sup>3</sup>.

Para el diseño del embalse se tiene en cuenta las normas de la publicación del Instituto Nacional de reforma y desarrollo agrario (IRYDA) sobre el diseño y construcción de pequeños embalses.

### **12.1 Parámetros del embalse.**

#### **12.1.1 Aporte hídrico.**

El embalse se sitúa en una zona sin ninguna aportación de agua de forma natural. El agua almacenada procede en su totalidad del agua aportada por la tubería proveniente del pozo situado en dicha finca.

#### **12.1.2 Tipología de la presa.**

Los materiales son arcillas, limos y arenas con los que se realiza una mezcla “todo uno” de los mismos, constituyendo con esta los espaldones del embalse. Los taludes de dichos espaldones no están condicionados por el cimiento pero si por las características resistentes del material del que están formadas.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

De esta forma el talud interior será 2H: 1V y el exterior 2H: 1V.

Así pues se obtiene un vaso del embalse con unas medidas de fondo de anchura de 40 metros y longitud 60 metros; y en la coronación 56 metros de ancho por 76 de largo. La altura máxima de la lámina de agua es de 4 metros. El volumen total de agua embalsada es aproximadamente de 13000 m<sup>3</sup>.

### **12.1.3 Resguardo.**

Se entiende por resguardo la distancia vertical entre el máximo nivel de agua embalsada y la coronación de la presa. Se puede considerar dos resguardos: el mínimo (cuando el agua se encuentra en su máximo nivel extraordinario) y el normal (cuando el agua alcanza el nivel del labio vertiente del aliviadero).

El resguardo entre la coronación y el máximo nivel del embalse en avenidas se determina atendiendo a los siguientes parámetros: altura máxima de la ola posible generada por el viento y asientos que pueden producirse en los taludes.

La altura calculada del resguardo en nuestro caso es de 0.46 m y se adopta una altura de resguardo de 0.75 metros; por lo que la altura total del dique será 4.75 metros.

### **12.1.4 Coronación.**

El ancho de coronación de la presa interesa, económicamente que sea mínimo pero suficiente para disponer de un camino de servicio continuo a lo largo del dique.

En nuestro caso los cálculos nos dan un ancho de coronación de 3.95 m pero adoptamos 4 metros porque con esta medida puede ser transitable por vehículos.

Rodeando a la balsa para su protección y seguridad se construirá un vallado perimetral con valla galvanizada y postes de acero cada 6 metros. Los postes se sujetaran al terreno mediante dados de hormigón de 30x30x30. Este vallado se situará a un metro de la cresta del talud de aguas arriba permitiendo el paso por el camino.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

### **12.1.5 Taludes. Protección.**

El informe geotécnico indica que hay suficientes materiales en la zona para la construcción de la presa y una mezcla de “todo uno” de arcillas limos, y arenas para la construcción de los taludes que tendrá unas pendientes de 2H: 1V para el talud de aguas arriba y aguas abajo.

Los taludes y el fondo interior de la balsa se recubrirán con una lámina de material plástico para evitar filtraciones y la erosión de los taludes.

El talud exterior de la presa se protege con la siembra de cobertura vegetal utilizando especies de desarrollo horizontal que se adapten a la climatología de la zona.

Se realizará una cuneta a lo largo del perímetro exterior del talud de aguas abajo con el fin de recoger las aguas de escorrentía procedentes tanto del talud como de los linderos de la balsa.

### **12.1.6 Zanjón o rastrillo.**

En la parte central de la presa se construye un zanjón de anclaje que sirve como elemento estabilizador del dique. Se adopta para el zanjón una forma trapecial, con la base menor en el extremo inferior. La anchura de la base será de 3 metros, la profundidad de 2 metros y los taludes tendrán una pendiente 1:1 y se llenará con material semejante al que se ha de emplear para formar el cuerpo del dique.

## **12.2 Estabilidad del dique.**

### **12.2.1 Estabilidad al vuelco.**

En este caso por tratarse de un dique compuesto por materiales sueltos, el fallo de estabilidad por vuelco no se tiene en cuenta.

### **12.2.2 Estabilidad al deslizamiento total.**

El deslizamiento se puede producir si la presa se asienta sobre terrenos sueltos o estratos horizontales poco cohesivos entre sí pero como el estudio geotécnico refleja que existen buenos cimientos, el asentamiento será bueno y por lo tanto el deslizamiento será despreciable.

### **12.2.3 Estabilidad frente a asentamientos sucesivos.**

El sustrato rocoso tiene buenas características resistentes, no planteando problemas como cimiento, siendo los asentamientos prácticamente nulos en él. En el recubrimiento cuaternario (arenas, limos y arcillas), se realizaron ensayos S.P.T los cuales dieron buenos resultados.

En general, se consideran unos asentamientos casi mínimos por no decir despreciables, ya que como se ha dicho, el cimiento presenta buenas características.

### **12.2.4 Estabilidad al deslizamiento parcial. Estabilidad de los taludes.**

El método utilizado para calcular la estabilidad de los taludes es el de Taylor, que compara la inclinación de los taludes prefijados ( $2H: 1V$  en el interior y el exterior) con la obtenida en función de las características geotécnicas del terreno con el que se construirá el dique, determinando así su estabilidad o inestabilidad.

#### **Talud de aguas abajo.**

Después de realizar todos los cálculos en el anexo nº 11 el ángulo  $\theta$  obtenido en el ábaco de Taylor es aproximadamente de  $66^\circ$ , como el ángulo que tenemos en el talud es de  $26.56^\circ$ , menor que el calculado, luego es estable.

#### **Talud de aguas arriba.**

Después de realizar todos los cálculos en el anexo nº 11 el ángulo  $\theta$  obtenido en el ábaco de Taylor es aproximadamente de  $85^\circ$ , como el ángulo que tenemos en el talud es de  $26.56^\circ$ , menor que el calculado, luego es estable.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

### **12.3 Cubicación del dique y cubicación del vaso.**

La determinación del volumen de materiales necesarios para la construcción del dique se determina partiendo de los perfiles transversales del embalse. Los perfiles se han trazado perpendiculares a la longitud de los diques que lo conforman. En nuestro caso los hemos realizado cada 20 metros y por tanto hemos obtenido cinco perfiles.

El volumen total de desmonte y terraplén se calcula multiplicando la media de área de dos perfiles contiguos tanto de desmonte como de terraplén por la distancia entre estos dos perfiles y sumando las cuatro porciones en las que queda dividido nuestro embalse. Los datos obtenidos se han recogido en la siguiente tabla.

	<b>LONGITUD (m)</b>	<b>Smd (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Smt (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Vd (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vt(m<sup>3</sup>)</b>	<b>ΣVd(m<sup>3</sup>)</b>	<b>ΣVt(m<sup>3</sup>)</b>
<b>P - 1</b>	20	134	211.5	2680	4230	0	1550
<b>P - 2</b>	20	281	63.5	5620	1270	4350	0
<b>P - 3</b>	20	381	34	5620	680	4940	0
<b>P - 4</b>	20	125	208	2500	4160	0	1660
				<b>Σ V</b>	<b>9290</b>	<b>3210</b>	

Tabla 12.1 Movimiento de tierras del embalse

De esta manera obtenemos una resultante de 6080 m<sup>3</sup> de tierra sobrante debido a los desmontes realizados que se depositaran en las proximidades del embalse ya el terreno es propiedad del promotor y no perjudican ni estorban para nada.

### **13.- ELEMENTOS DE LA BALSA.**

#### **13.1 Aliviadero.**

El aliviadero del embalse tiene la función de evacuar las avenidas que razonablemente puedan producirse sin ocasionar daños a la presa ni a otros bienes.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

Este elemento debe dimensionarse para evacuar la suma de los siguientes caudales:

- El caudal máximo de la tubería de impulsión en el caso de que fallaran los mecanismos de control de la impulsión.
- El caudal originado por la precipitación máxima instantánea.
- Las aportaciones producidas por la escorrentía del terreno se desprecian, así como el efecto laminador del embalse.

#### CAUDAL MÁXIMO DE LA TUBERIA DE IMPULSIÓN:

El caudal máximo de la impulsión en el período de riego es de  $0.050 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $180 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

#### CAUDAL ORIGINADO POR LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA INSTANTANEA:

El caudal originado por la precipitación máxima instantánea se obtiene aplicando el método de precipitaciones extremas publicado por el Ministerio de Fomento y después de realizar todos los cálculos se obtiene un valor de 41.05 mm/h que expresado en unidades de caudal resulta de  $0.06 \text{ m}^3/\text{s}$ .

De esta forma el caudal a evacuar por el aliviadero será  $0.11 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### **Elección del tipo de aliviadero.**

Para el cálculo de la sección del aliviadero, hay que tener en cuenta que según el manual del IRYDA, “Diseño y construcción de pequeños embalses”, no es recomendable tomar alturas de lámina de agua en el aliviadero superiores a los 50 cm. pues con valores mayores se desaprovecha la parte más interesante del embalse por su mayor capacidad.

Se construirá un aliviadero de lámina libre. Para salvar el desnivel del talud y frenar la velocidad del agua, se construirá unas escaleras amortiguadoras hasta la base del talud. Posteriormente el agua será conducida mediante un canal de descarga, hasta el barranco de Machuca, que está junto a la finca.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

Despues de realizar todos los cálculos obtenemos un aliviadero con una altura de 0.3 metros y una anchura de 1.1 metros.

Se diseña una arqueta de hormigón que evacuará el caudal del aliviadero a una tubería de PVC de diámetro 315 PN 6 que va a desembocar hasta el mismo barranco de Machuca en esta vierten también sus aguas el drenaje de los taludes y el desagüe de fondo. Esta tubería tendrá una longitud aproximada de 240 metros.

### **13.2 Desagüe de fondo.**

La toma del desagüe de fondo será una arqueta que facilite la entrada de agua a la tubería de salida. Se colocará en el fondo del embalse, ya que el agua que se almacena en la balsa procede de la impulsión y por tanto está filtrada. Tiene el objeto de utilizarlo en caso de que sea necesario el vaciado del embalse.

La tubería de desagüe atraviesa el dique protegida por medio de una viga flotante que evita que actúen sobre ella los esfuerzos provocados por el peso del dique. A la salida de la tubería del dique, para el control del desagüe se proyecta una válvula de compuerta alojada en una arqueta.

Para calcular la tubería de desagüe de fondo se deben considerar:

- El embalse se encuentra al máximo de su capacidad, en este caso 13000 m<sup>3</sup>.
- No existe aportación de caudal en forma de lluvia ni de la tubería de impulsión.
- Se plantea el tiempo de vaciado en 4 días (considerando 24 horas por día).

Tras realizar todos los cálculos se opta por colocar una tubería de PVC PN 0.6 MPa de diámetro nominal 160 mm. Esta tubería conduce el agua al barranco donde desagua el aliviadero, en este punto las tres tuberías desaguan en una arqueta que evita la erosión del terreno.

### **13.3 Toma de entrada de agua a la balsa.**

Al embalse llega el agua mediante la tubería de impulsión procedente de bombeo del pozo. La tubería pasa bajo el dique dentro de una viga flotante para protegerla del peso del mismo. La entrada al fondo del embalse se realiza mediante una arqueta de llegada. La arqueta va protegida en su parte superior por una rejilla para evitar elementos extraños.

Al inicio de esta tubería se colocará una válvula de retención con el fin de no tener que realizar el cebado cada vez que haya una parada de bomba.

Para el control y regulación del caudal en uno u otro sentido se colocará a la salida de la tubería por el talud de aguas abajo, una arqueta para válvulas en la que se encontrará una válvula de mariposa. Ésta válvula estará comandada bajo el sistema de control de máximos y mínimos del embalse que a su vez está conectado con el mecanismo de mando de la estación de bombeo.

### **13.4 Toma de salida o suministro.**

La salida del agua del embalse se realiza mediante una tubería que atraviesa el dique dentro de una viga flotante. Esta tubería se empalma con la tubería primaria que lleva el agua hasta el cabezal de riego punto en el que se filtra y reparte el agua para un riego adecuado. A la salida de esta tubería del dique se colocará una válvula de mariposa.

Esta tubería será de PVC de diámetro 200 y con un timbraje de 0,6 MPa igual que la tubería primaria.

### **13.5 Sistema de medición de agua.**

Con la finalidad principal de evitar rebosamientos de lámina libre por encima del dique se instala un sistema de medición. La lectura del nivel se realizará mediante un verosonar instalado en el embalse. Mediante un programa de ordenador conectado al programador de riego, el verosonar detendrá el funcionamiento de las bombas de la estación de bombeo cuando el nivel de agua sobrepase el nivel máximo del embalse.

### **13.6 Impermeabilización de la balsa.**

Con el objeto de evitar las pérdidas de agua en el vaso del embalse y los riesgos por fenómenos de sifonamiento que podrían dejar inservible la balsa se recurre a un revestimiento sintético, flexible y continuo a base de láminas plásticas de Polietileno.

El volumen anual infiltrado a través de la lámina de polietileno, suponiendo que el embalse se encuentra totalmente lleno durante los 9 meses en los que se riega, será de 52.03 m<sup>3</sup>/año.

De los resultados obtenidos se deduce la conveniencia de la instalación de una red de drenaje bajo la lámina que sea capaz de evacuar los caudales calculados a una arqueta exterior de la balsa

Se elige una lámina impermeabilizante de polietileno de 1,6 mm de espesor, termosoldada en todas sus uniones. Las características esta lámina son:

- Espesor	1 ± 10% mm
- Ancho	1500 ± 1% mm
- Peso	1300 ± 10% gr/m <sup>2</sup>
- Migración plastificantes	< 3%
- Envejecimiento térmico (pérdida de peso)	< 2%
- Resistencia a tracción	L > 15 MPa T > 15 MPa
- Alargamiento rotura	L > 200% T > 200%
- Estabilidad	L > 2.5% T > 2%
- Resistencia al desgarre	L > 60 daN T > 50 daN
- Adherencia entre capas	L > 70 daN 50 mm T > 60 daN 50 mm

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

Para proteger la lámina de Polietileno se colocará bajo ésta una lámina de geotextil de polipropileno agujereado de 220 gr/m<sup>2</sup>, formado por fibras continuas de poliéster.

Sumando la superficie de los taludes y el fondo del embalse se obtiene una superficie total a revestir de 5493 m<sup>2</sup>. Si bien, teniendo en cuenta que el solape entre las láminas al realizar el ensamblaje en paneles es de 5 cm.

En la coronación del dique, se anclarán la lámina de Polietileno y el geotextil mediante la zanja de cimentación de la valla de protección que tiene unas dimensiones de 40×40 cm y está situada a un metro de la cresta del talud.

### **13.7 Drenaje de fondo.**

Con el objeto de evitar subpresiones que puedan levantar la lámina de Polietileno estando la balsa vacía y detectar posibles fugas que surjan en la lámina impermeable, así como el caudal que se infiltra la lámina, se instalará bajo las láminas de Polietileno y de geotextil una red de drenaje en los taludes y en el fondo del embalse consistente en una serie de tuberías de PVC corrugado de drenaje de 90 mm de diámetro.

Esta red de tuberías se va a colocar formando una espina de pez, como indica el plano correspondiente, de tal forma que se conectarán con un drenaje perimetral al fondo del embalse de PVC Ø 110 mm que desaguará en una arqueta de control.

### **13.8 Drenaje perimetral.**

La finalidad del drenaje perimetral es recoger las aguas que proceden de las fugas que se den en los taludes por posibles poros en la lámina impermeabilizante. Para evitarlo y como ya se indicó en el apartado anterior se coloca una tubería de drenaje de PVC de diámetro 110 mm. Esta tubería empalma con las tuberías que constituyen el drenaje de fondo y toda el agua recibida se derivará al barranco de Machuca.

### **13.9 Vallado perimetral.**

Rodeando el embalse se dispondrá un vallado perimetral a base de malla galvanizada y postes de acero cada 6 metros. Los postes se sujetaran al terreno mediante dados de hormigón de 30x30x30 cm.

### **13.10 Arquetas.**

Todas las arquetas que se van a instalar en el embalse van a ser de hormigón armado y obedecerán a lo dispuesto en la EHE. Las arquetas a colocar son:

- Arqueta de entrada de agua del embalse (en el extremo de la tubería de impulsión).
- Arqueta del aliviadero y del desagüe de fondo, donde se aloja una válvula de mariposa que une las dos conducciones.
- Arqueta del drenaje de fondo y del drenaje perimetral.

## **14.-CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE BOMBEO.**

El llenado del embalse se podrá hacer siempre que se necesite durante todo el año. Se impone la condición de que el embalse se llene en 3 días (suponiendo 24 horas por día). El embalse cuenta con una capacidad aproximada de 13000 m<sup>3</sup> por lo que cada día el caudal a bombeo será de 4333 m<sup>3</sup> (180 m<sup>3</sup>/h o lo que es lo mismo 50 l/s).

Dentro de la instalación de bombeo pueden distinguirse los siguientes elementos:

- Sondeo profundo ya existente en la parcela a partir del cual se va a bombear el agua de riego. En el fondo de este (a una profundidad de 60 metros) se instalará el grupo motobomba sumergible multicelular de eje vertical.
- Hidrociclón para un primer filtrado del agua bombeada.
- Grupo motor generador de corriente eléctrica para el funcionamiento del grupo motobomba que se encontrara debidamente anclado al suelo.
- Sistema de automatismo y control que determinará el funcionamiento del grupo de bombeo.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

La tubería que ascenderá a lo largo del pozo será metálica servida en tramos de 6 metros. Esta tubería será de diámetro 250 y se encontrara conectada al hidrociclón y de este saldrá una tubería de PVC que llegara a la toma de entrada en la balsa.

Se instala un grupo motobomba que bombee 180 m<sup>3</sup>/h (0,05 m<sup>3</sup>/s). La altura manométrica calculada que tiene que superar la bomba es de 81.33 m. Además debe de tener una potencia en el eje de bomba de 72.3 CV.

La bomba elegida es una Espa modelo ZN8125 12-8 que es capaz de elevar un caudal de 180 m<sup>3</sup>/h (50 l/s) a una altura manométrica de 84,5 mca por lo que cumple con nuestras necesidades mínimas. Tiene una potencia de 93 Kw (126 cv).

Elegimos por tanto un grupo diesel modelo MDS 130-1 con un motor Deutz TBD 226B-6D que desarrolla una potencia de 130 Kva. con un modelo de alternador UCI 274E. Este grupo trabaja a 1500 rpm y esta refrigerado por agua.

#### **14.1 Estudio de cavitación.**

No existe cavitación debido a que la bomba trabaja en carga ya que el cuerpo de la bomba está sumergido en el agua y no hay tubería de aspiración.

#### **14.2 Cálculo del golpe de arite en la instalación de bombeo.**

Con la parada del grupo de impulsión, y el cierre violento de válvulas se produce en la tubería de impulsión una sobrepresión denominada golpe de arite, para compensar esta sobrepresión deben dimensionarse mecanismos que lo amortigüen e instalar en lo posible elementos singulares que reduzcan la producción del mismo.

Para realizar el cálculo se tienen en cuenta los resultados obtenidos en el anexo nº 13:

- Tiempo de parada de la bomba: 1.72 segundos.
- Celeridad de la bomba: 380 m/s.
- Longitud crítica de la onda: 326.8 m (Se trata pues de una impulsión corta, ya que la longitud de la impulsión es menor que la longitud crítica).
- Sobrepresión debida al golpe de arite: 33.8 m.c.a.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

Con todo esto obtenemos una presión máxima en la tubería cuando se paren las bombas de 113 m.c.a.

La válvula de retención se sitúa al inicio de la tubería de impulsión, por ello la presión estática máxima coincide con la diferencia de cota que ha de vencer la bomba. Disponiendo de un timbraje de 1.0 MPa será suficiente aunque el valor salga un ligeramente mayor.

## 15.- CÁLCULO ESTRUCTURAL ESTACIÓN DE BOMBEO Y CABEZAL DE RIEGO.

Se proyecta la construcción de un edificio situado en el lugar en que se encuentra el sondeo que albergará todos los equipos necesarios para el bombeo del agua hasta la balsa y todos los elementos del cabezal de y todos los automatismos para el control de riego en las distintas parcelas.

La edificación se compone de una caseta de 49 m<sup>2</sup> de dimensiones 7 m.\* 7m., la estructura de cerramiento en fábrica de bloque y la estructura de cubierta con pendiente a un agua compuesta por perfiles IPE apoyadas en zuncho perimetral o riostra de unión sobre muro de carga, y chapa de acero galvanizado con disposición de canalón trapezoidal.

### Dimensionado de la chapa de cubierta.

Se elige una chapa del tipo PL 30/209 cuyas características son:

Espesor (mm)	Peso (Kg/m <sup>2</sup> )	Sección (cm <sup>2</sup> /m)	Inercia (cm <sup>4</sup> /m)	W (cm <sup>3</sup> /m)	Resistencia (Kg/m <sup>2</sup> )
0,6	5,64	7,17	8,391	3,665	390

### **Dimensionado de las correas.**

Se tiene un faldón de 7 m de ancho por 7 m. de largo con una pendiente de 15%. De esta forma se disponen 6 correas separadas una distancia de 1,28 m. Las correas de predimensionado serán vigas IPE-160 de acero A-42-B.

### **Pilares.**

Los pilares a colocar son encofrados de hormigón armado de 250 kg/cm<sup>2</sup> con armaduras B-400-S, tienen una altura de 3,5 m y 2,5 van empotrados en la zapata corrida. De dimensiones 0,4 \* 0,4 metros.

La dimensión de estos pilares será igual que el cerramiento. 0,2 \* 0,2 m. y serán:

2 de 3,5 m. en la parte más alta del edificio.

2 de 2,5 m. en la parte más baja del mismo.

### **Riostras de unión.**

La unión entre los pilares se realiza mediante riostras de hormigón armado de 250 kg/cm<sup>2</sup> con armaduras B-400-S, las riostras se colocan en la cabeza del pilar sirviendo de apoyo a las correas de cubierta. Las cuales irán soldadas a unas platabandas unidas al zuncho en su construcción. Las dimensiones de las riostras serán de la misma anchura que la pared, el armado.

### **Cerramiento.**

El cerramiento del edificio de control de mandos se ejecutará en fábrica de bloque de hormigón de 20 \* 20 \* 40 cm. haciendo un total de 75 m<sup>2</sup>.

Se colocan 3 ventanas para la iluminación de la misma y una puerta de entrada.

### **Solera.**

En el interior del edificio se dispondrá una solera de hormigón en masa H-250 de 20 cm de espesor mínimo.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

### **Macizos de anclaje.**

Dentro del edificio se dispondrán macizos de anclaje en los puntos en los que se prevé se pueden producir desplazamientos de las diferentes tuberías que componen la instalación de filtrado.

El hormigón armado utilizado en estos elementos tendrá una resistencia de 250 Kg/cm<sup>2</sup>. La armadura y disposiciones se representan en el plano correspondiente.

## **16.- ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA.**

Con el objeto de analizar si este proyecto es viable económicoamente, se analizan varias variables económicas que reflejarán si la inversión es rentable.

Así de esta forma se va a calcular el VAN o Valor Actual Neto y el TIR o Tasa Interna de Rentabilidad. El VAN es un índice de rentabilidad absoluta mientras que el TIR es un índice de rentabilidad relativa.

El VAN dice que una inversión es rentable y viable cuando es mayor de cero. El TIR es el tipo de interés que hace el VAN de una inversión igual a cero, da las unidades monetarias que se ganan por cada unidad monetaria invertida y año.

Para calcular los índices señalados anteriormente, se considera una vida útil de la inversión de 25 años, sobre la cual se define la corriente de pagos y cobros analizando toda su superficie en conjunto.

### **16.1 Situación actual.**

Actualmente en la finca objeto de la transformación se viene cultivando de cereal de invierno de secano, normalmente cebada. Debido a las características de la zona los rendimientos medios de estos cultivos son bajos. Además solo se encuentra sembrada cada año la mitad de la parcela ya que después de un año de siembra se tiene otro de barbecho.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

## **16.2 Datos considerados para el estudio económico.**

El rendimiento medio de cebada en secano que se viene obteniendo en esta zona es 2500 kg/ha.

La producción de almendra que se prevé obtener en esta plantación es de 4000 kg/Ha de almendra en cáscara con un rendimiento en grano del 35%. Hasta su entrada en producción máxima al sexto año, se espera no coger nada durante los dos primeros años, un 30 % de la cosecha el tercer año, un 60 % el cuarto y un 80 % el quinto.

La cantidad asignada de pago único que posee esta finca es de 126 €/Ha. Pago que se venia cobrando con el cereal y que después de plantar los almendros permanecerá igual ya que ambos cultivos están desacoplados.

El precio medio en la lonja de Reus de los dos productos que nos afectan en los últimos diez años (2002 – 2012) es:

Cebada 174 €/t

Almendra en grano 3,1 €/kg

Los costes de una hectárea de cebada en secano es de 346 €.

Los costes de una hectárea de almendros en regadío varían según la edad de la plantación y son:

-Año 0: implantación y puesta en marcha del proyecto: 317.4 €/ha

-Año 1: periodo improductivo: 377.9 €/ha

-Años 2, 3 y 4: entrada en producción: 525.9 €/ha

-Años 5 y sucesivos: plena producción: 879.3 €/ha

La plantación le consideramos una vida útil de 25 años igual que la del resto de instalaciones ya que a partir de estos años empezaran a disminuir los ingresos obtenidos. En ese momento en función de la evolución de la plantación tendríamos dos opciones; arrancar la plantación y realizar otra nueva o realizar una poda fuerte de rejuvenecimiento.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

Con los datos anteriores los ingresos anuales se deben a la recolección de las almendras y a las subvenciones de la PAC y ascienden a 4340 €/ha.

El flujo destruido en la explotación es de 215 €/ha y como la finca en cuestión tiene una superficie de unas 44 hectáreas pero cada año solo se siembran 22 el flujo destruido total es de 4730 €.

El coste del agua de riego suponiendo un precio medio del gasoil de 0.85 € el coste por metro cúbico de agua es de 0.13 €/ m<sup>3</sup>. Por tanto el coste anual del agua de riego para toda la parcela suponiendo un consumo de 269967 m<sup>3</sup> es de 35096 €.

### **16.3 Conclusiones del estudio económico.**

Con todos los datos enumerados anteriormente obtenemos unos valores de rentabilidad de:

- VAN: 626561.1 €
- TIR: 18.36 %
- PB: 9 años.

Con estos todos estos datos podemos concluir que la inversión que se quiere realizar es rentable y viable. Además el estudio de sensibilidad realizado con los parámetros de precio de la almendra y producción de la plantación, que son los que más pueden variar, nos dice que aun con variaciones a la baja de estos parámetros dentro de unos límites razonables, la inversión sigue siendo rentable y viable.

## **17.- RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO.**

A continuación se muestra por capítulos el coste:

CAPÍTULO I: Acondicionamiento y plantación de almendros.....	28178,55
CAPÍTULO II: Movimiento de tierras para tuberías .....	18436,39
CAPÍTULO III: Tuberías PVC y polietileno.....	97576,44
CAPÍTULO IV: Elementos singulares y piecerío .....	7091,67

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

CAPÍTULO V: Obra civil arquetas y anclajes .....	5471,08
CAPÍTULO VI: Estación de filtraje y automatización.....	4759,86
CAPÍTULO VII: Estructura caseta.....	6824,24
CAPÍTULO VIII: Equipo y tubería de bombeo .....	19434,15
CAPÍTULO IX: Embalse.....	83360,70
CAPÍTULO X: Seguridad y salud .....	3713,42
<b>TOTAL.....</b>	<b>274846,5 €</b>

El presupuesto de ejecución material del presente proyecto asciende a la cantidad de doscientos setenta y cuatro mil ochocientos cuarenta y seis euros con cincuenta céntimos (**274846,5 €**).

A esta cantidad hay que aumentarle los gastos generales (13 %) y el beneficio industrial (6 %) pero excluyendo el capítulo I (Acondicionamiento y plantación de almendros). Ya que esta actividad la realiza el propio agricultor.

#### **PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL ..... 274846.5 €**

GASTOS GENERALES (13%) .....	32066,77 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (6%) .....	14800,05 €
<b>TOTAL .....</b>	<b>46866,82 €</b>

#### **PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA ..... 321713.32 €**

El presupuesto de ejecución por contrata del presente proyecto asciende a la cantidad de trescientos veintiún mil setecientos trece euros con treinta y dos céntimos (321713.32 €).

#### **RECARGO EQUIVALENTE I.V.A. (21%) ..... 67559.8 €**

Por lo tanto la suma de hasta ahora todo lo calculado será el presupuesto final, o presupuesto total.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

**PRESUPUESTO TOTAL ..... 389273.12 €**

**El presupuesto de ejecución por contrata del presente proyecto asciende a la cantidad de trescientos ochenta y nueve mil doscientos setenta y tres euros con doce céntimos (389273.12 €).**

## **18.- BIBLIOGRAFÍA.**

J.M.Faci González, Antonio Martínez Cob y Ángel Bercero Bercero,  
**« Evapotranspiración y necesidades de riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón »**, Diputación General de Aragón.

J.M.Faci González y Antonio Martínez Cob, **« Cálculo de la evapotranspiración de referencia en Aragón »**, Diputación General de Aragón.

Manuel Muncharaz Pou **« El almendro. Manual técnico»**, Ediciones mundiprensa

J.E.Perna de Mur, **« Ingeniería Rural, Parte I: HIDRÁULICA »**. Secretariado de publicaciones de la Universidad de Zaragoza.

Huesca, Noviembre de 2013

Fdo: GUILLERMO BELLIDO LARENA  
Ingeniero Técnico Agrícola  
Especialidad Explotaciones Agropecuarias

## Proyecto Fin de Carrera

Transformación a regadío de una finca de 44,19 Ha para almendros  
en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

### ANEJOS

Autor

Guillermo Bellido Larena

Directores

Joaquín Aibar Lete  
Ernesto Perna de Mur

Escuela Politécnica Superior de Huesca  
2013

## **ANEJO N° 1**

### **ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO**

## **INDICE:**

1.-ANTECEDENTES.....	Pág. 2
2.- SITUACION ACTUAL DE LA SUPERFICIE.....	Pág. 2
3.-CONDICIONES.....	Pág. 3
4.-OBJETO DEL PROYECTO.....	Pág. 4

## **1.-ANTECEDENTES**

El presente proyecto para la transformación a regadío de una finca de almendros se desarrolla en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

Ainzón es un municipio de la provincia de Zaragoza que pertenece a la comarca del Campo de Borja y ubicado en las faldas del Moncayo, cuenta con un censo de 1267 habitantes, se encuentra a una distancia de 64 Km. de la capital de provincia (Zaragoza), cuenta con una superficie de 40,5Km cuadrados y esta a 429 metros de altitud sobre el nivel del mar.

La finca objeto del proyecto esta dividida por un camino que la cruza generando así dos parcelas que son la parcela 48 del polígono 40 y la parcela 115 del polígono 41.

A dicha finca se accede mediante un camino que nace en el kilómetro 7 de la carretera A-1301 que une Ainzón con Tabuenca, a escasos 2 kilómetros de comenzar el camino se encuentra dicha finca.

## **2.- SITUACION ACTUAL DE LA SUPERFICIE.**

Se redacta el presente proyecto de “Transformación a regadío de una finca de 44.19 Ha para almendros en el termino municipal de Ainzón (Zaragoza).

Las 44.19 hectáreas de las que consta la finca son actualmente de secano y están destinadas al cultivo de cereales de invierno (trigo y cebada) dejándola en barbecho un año sin otro, obteniéndose se esta manera unos rendimientos muy bajos y por lo tanto una escasa rentabilidad.

La finca además posee un pozo para riego que el propietario realizó unos años antes pensando ya en una transformación a regadío futura de la finca. Este pozo tiene un caudal más que suficiente como se comprobó en el momento de su realización para abastecer sobradamente a la finca en cuestión. El estado del pozo es aparentemente bueno y en el debido momento se comprobará que sigue en perfecto estado para su utilización.

Por todo ello se decide realizar una plantación de almendros y diseñar un sistema de riego por goteo, mediante agua de pozo, incrementándose así notoriamente su rentabilidad.

### **3.-CONDICIONES.**

El propietario de la finca, antes de realizar el desarrollo de las posibles opciones que se pueden llevar a cabo, impone las siguientes condiciones:

- Toda la finca se transforma a riego por goteo donde se procederá al cultivo de almendro propio de la zona.
- No se plantea ningún problema a la hora del coste de alquiler de la maquinaria dado que el promotor posee todo tipo de herramienta para el cultivo de almendro.
- La comercialización de la almendra está garantizada, ya que como es un cultivo propio de la zona la venta está asegurada, debido a la existencia tanto de cooperativas como la de compradores particulares.

#### **4.-OBJETO DEL PROYECTO.**

El objeto del presente proyecto es la transformación a regadío de las parcelas y plantación de 44.19 has de almendro.

Por lo tanto, se hace necesario el diseño de una red de tuberías de distribución, de una estación de bombeo para la captación del agua subterránea, planteamiento de las tomas y además la realización de una balsa para el almacenamiento del agua bombeada para su posterior utilización.

Para el desarrollo del presente proyecto se hacen necesarios:

- Un estudio de la climatología de la zona, el cual se centra en el análisis de las variables meteorológicas que, de alguna manera influyen en los cálculos de necesidades de agua, tales como temperaturas, precipitaciones, humedad relativa, velocidad del viento para poder determinar la evapotranspiración, así como los períodos de heladas, de sequía y lluvia, los regímenes de temperaturas, etc.
- Un estudio general de suelos que determine sus características más relevantes para la implantación del cultivo del almendro.
- Un estudio del análisis del agua que se va a utilizar para el riego de la parcela y la determinación de la calidad, de la misma, para el riego.
- Cálculo de las dosis de agua de riego necesarias para los cultivos a implantar en la parcela.
- Diseño y distribución de la red de riego.
- Diseño del grupo de bombeo y filtrado necesario.
- Estudio de viabilidad económica

Todos estos apartados citados serán analizados y calculados en los anejos correspondientes.

Con la realización de este proyecto se pretende la puesta en riego de la totalidad de la finca, y como ya se ha dicho anteriormente, que ayude a transformar una agricultura tradicional de secano con bajos rendimientos en una agricultura moderna de regadío, basada en la producción de cultivos con mayor rendimiento, aumentando de esta forma la competitividad de las explotaciones agrícolas.

**ANEJO N° 2**

**ESTUDIO CLIMÁTICO**

## INDICE:

1.- INTRODUCCIÓN .....	Pág. 3
2.- ELEMENTOS CLIMÁTICOS.....	Pág. 3
2.1.- Elementos climáticos Térmicos .....	Pág. 4
2.1.1.- Régimen de heladas.....	Pág. 5
2.2.- Elementos climáticos hídricos.....	Pág. 8
2.2.1.- Precipitaciones .....	Pág. 8
2.2.2.- Humedad relativa .....	Pág. 11
2.3.- Viento .....	Pág. 11
2.4.- Radiación.....	Pág. 12
3.-ÍNDICES CLIMÁTICOS.....	Pág. 12
3.1.- Índice de Lang.....	Pág. 12
3.2.- Índice de Martonne .....	Pág. 13
3.3.- Índice de Emberger .....	Pág. 14
3.4.- Índice de Dantin Cereceda y Revenga .....	Pág. 14

4.-CLASIFICACIONES CLÍMATICAS .....	Pág. 15
4.1.- Clasificación climática de Köppen.....	Pág. 15
4.2.- Clasificación bioclimática de UNESCO – FAO .....	Pág. 15
4.3.- Clasificación climática de Thornthwaite (1948) .....	Pág. 19
4.3.1.- Cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP).....	Pág. 19
4.3.2.- Balance hídrico: Método directo de Thornthwaite.....	Pág. 21

## 1.- INTRODUCCIÓN.

La comarca del “Campo de Borja”, en la que se encuentra enclavada Ainzón presenta un clima muy continental con influencia del viento “cierzo”, descrito por García Manrique como “un viento frío y seco provocado por la atracción que ejerce la depresión del Mediterráneo occidental, gran parte del año, pero sobre todo, en primavera y otoño, y que sopla día tras día con una continuidad y monotonía exasperantes”.

Valores medios de sus variables climáticas

Variable climática	Valor medio
Temperatura media anual	14,95°C
Temperatura media mes más frío	2,9°C
Temperatura media mes más cálido	31,5°C
Duración media del período de heladas	5 meses
Precipitación media anual	393,7 mm.
Déficit medio anual	450 mm.
Duración media del período seco	4 meses
Precipitación de invierno	21%
Precipitación de primavera	30%
Precipitación de otoño	29%

## 2.- ELEMENTOS CLIMÁTICOS.

Los datos de este estudio climático proceden de la estación Meteorológica de Borja, situada a 15 Km. aproximadamente de las parcelas objeto de estudio.

Las localizaciones que interesan para el desarrollo de este estudio climático son las siguientes.

	Longitud	Latitud	Altitud (msnm)
Parcelas	1° 32' 50'' W	41° 46' 49'' N	535
Estación	1° 31' 50'' W	41° 49' 58'' N	440

## **2.1.- Elementos climáticos térmicos**

La temperatura presenta una gran variación a lo largo del año. La temperatura media anual es del orden de 14,95°C, mientras que la temperatura media del mes más frío (Enero) es 6,45°, y del mes más cálido (Julio) es 24,4 °. Las temperaturas medias máximas y mínimas son 20,37 ° C y 9,48 ° C, respectivamente. El invierno se caracteriza por temperaturas muy bajas (más bajas con mayor altitud). Sin embargo, la primavera resalta por su mayor amplitud térmica.

*Tabla 1. Temperaturas medias*

Año	E	F	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D	MEDIA
<b>1997</b>	3,3	7,8	10,8	13,9	19,2	17,6	24	24,8	20	13,5	11,6	8,1	14,55
<b>1998</b>	5,3	6,6	10,5	12,9	17,1	21,7	22,4	24,1	18,6	13,2	8,8	8,9	14,18
<b>1999</b>	8,1	9,5	13,7	12,1	17,5	21,7	26,8	25,2	18,6	14,8	11,4	8,1	15,63
<b>2000</b>	8,5	10,2	11	14,1	18,1	21	26	24	18,5	18	11,8	7,8	15,75
<b>2001</b>	8,9	6,9	10,2	13,9	17,1	22,1	23,2	22,6	18,4	14,3	10,1	6,7	14,53
<b>2002</b>	6,6	10,1	11,2	14,6	17,3	20,5	25,7	21,2	21,7	17,8	10,4	7,1	15,35
<b>2003</b>	7,2	8,5	11,9	11,9	16,5	21,8	24,5	24,2	20,3	14,3	9,2	5,9	14,68
<b>2004</b>	6	6,9	10,8	13,6	19,4	20,8	24,2	24,4	20,7	15	7,7	6,7	14,68
<b>2005</b>	4,5	10,6	11,4	12,4	18,7	22,1	23,3	24,4	21,1	14,8	9,3	8,6	15,1
<b>2006</b>	7,9	8,5	13,9	12,9	18,2	23,2	23,6	25,3	19,1	17,4	8,3	3,9	15,18
<b>2007</b>	6,8	9,4	12,1	14,1	16,4	22,7	22,8	22,4	19,5	15,7	12	9,2	15,26
<b>2008</b>	7,1	6,4	11,4	13,6	17,1	25,8	25,6	26,7	19,6	13,8	10,2	7,3	15,38
<b>2009</b>	8	5,5	8,2	11,5	15,9	23	23	23,7	20,5	16,3	8,4	7,1	14,26
<b>2010</b>	3,7	4,7	10,4	13,1	18,2	24,1	24,6	23	19,9	15,7	9,1	4,3	14,23
<b>2011</b>	4,9	6,7	11,9	14,5	19,2	22,9	27	22,3	21,7	18,1	12,5	4,7	15,53
<b>MED</b>	6,45	7,89	11,3	13,3	17,7	22,1	24,4	23,9	19,9	15,5	10,1	6,96	14,95

*Tabla 2. Temperaturas medias máximas*

Año	E	F	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D	MEDIA
<b>1997</b>	6,6	12,7	15,4	19,7	26	22,9	30,9	31,7	25,6	16,9	15,3	10,9	19,55
<b>1998</b>	8,9	10	15,5	18,9	23,3	28,1	29	31,1	24	17,1	12,6	12,7	19,27
<b>1999</b>	11,5	14,1	19,3	17,4	23,6	28,3	34,3	32	24,2	19	15,5	11,9	20,93
<b>2000</b>	12,1	15	15,9	20,2	24,2	27,4	33	30	23,5	23,7	15,7	10,3	20,92
<b>2001</b>	11,7	10,8	15,2	19,4	23,4	28,5	30,2	28,1	24	19,5	14,9	9,8	19,63
<b>2002</b>	9,8	16	16,5	21,4	24,5	26,5	28,5	32,9	29	23,8	14,7	11	21,22
<b>2003</b>	11,3	13,6	18,1	18,2	23,2	29,3	32,8	32,2	26,4	19,9	14	10,4	20,78
<b>2004</b>	10,4	11,6	16	19	25,5	27,6	31	31,1	26,6	19,7	11,4	11,2	20,09
<b>2005</b>	8,8	16,3	16,9	17,8	25,1	29,1	30	31,7	27,8	19,3	13,4	12	20,68
<b>2006</b>	11,8	13,1	19,1	18,7	25,1	31,2	31,2	32,7	25,7	23,6	12	8,5	21,06
<b>2007</b>	10,6	14	17,6	20,7	23	30	29,8	28,7	25,7	20,8	16,3	12,7	20,83
<b>2008</b>	10,6	10,4	17,3	19,5	23,5	33	32,8	34,2	25,1	17,8	15	10,7	20,83
<b>2009</b>	12,3	9,6	13,2	16,7	21,7	30,1	30	30,1	26,1	21,5	12	10,2	19,46
<b>2010</b>	7,1	8,7	16,4	18,8	24,5	31,6	31,8	29,4	25,9	20,4	12,8	8	19,62
<b>2011</b>	7,9	11,4	17,4	19,7	25,4	30,1	34,2	28	27,4	23	15,9	8,6	20,75
<b>MED</b>	10,1	12,5	16,7	19,1	24,1	28,9	31,3	30,9	25,8	20,4	14,1	10,6	20,37

Transformación a regadío de una finca de 44,19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

*Tabla 3. Temperaturas medias mínimas*

Año	E	F	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D	MEDIA
1997	-0,1	2,9	6,2	8,2	12,4	12,3	17	17,8	14,2	10	7,9	5,1	9,492
1998	1,6	3,1	5,3	6,8	10,8	15,2	15,8	17,1	13,2	9,3	5	5,1	9,025
1999	4,6	4,9	8,1	6,8	11,3	15,1	19,2	18,4	12,9	10,5	7,3	4,2	10,28
2000	4,8	5,3	6	7,9	12	14,6	19	18	13,6	12,1	7,9	5,3	10,54
2001	6	3	5,2	8,3	10,7	15,6	16,1	17	12,8	9,1	5,2	3,6	9,383
2002	3,3	4,1	5,4	7,7	10,1	14,4	15,9	17,5	14,4	11,9	6	3,2	9,492
2003	3,1	3,3	5,7	5,6	9,7	14,3	16,2	16,1	14,2	8,7	4,3	1,2	8,533
2004	1,5	2,2	5,5	8,1	13,3	14	17,3	17,7	14,7	10,2	4	2,1	9,217
2005	0,1	4,8	5,8	7	12,2	15,1	16,4	17,1	14,4	10,3	5,1	5,1	9,45
2006	4	3,8	8,7	7	11,2	15,1	16	18	12,4	11,2	4,6	-0,7	9,275
2007	2,9	4,6	6,6	7,4	9,7	15,4	15,7	16,2	13,2	10,5	7,6	5,6	9,617
2008	3,5	2,3	5,5	7,7	10,7	18,5	18,4	19,2	14	9,8	5,4	3,9	9,908
2009	3,6	1,3	3,1	6,3	10,1	15,8	16	17,2	14,8	11	4,8	4	9
2010	0,3	0,6	4,4	7,4	11,9	16,5	17,5	16,7	13,8	11,1	5,5	0,6	8,858
2011	1,8	1,9	6,3	9,2	13	15,7	19,8	16,5	15,9	13,2	9	0,6	10,24
<b>MED</b>	<b>2,73</b>	<b>3,21</b>	<b>5,85</b>	<b>7,43</b>	<b>11,3</b>	<b>15,2</b>	<b>17,1</b>	<b>17,4</b>	<b>13,9</b>	<b>10,6</b>	<b>5,97</b>	<b>3,26</b>	<b>9,487</b>

### 2.1.1.- Régimen de heladas

AÑO	1ª HELADA	ÚLTIMA HELADA
1997-1998	22 Noviembre	12 Marzo
1998-1999	30 Noviembre	21 Abril
1999-2000	22 Noviembre	27 Marzo
2000-2001	23 Noviembre	25 Abril
2001-2002	17 Noviembre	16 Abril
2002-2003	26 Diciembre	10 Marzo
2003-2004	4 Noviembre	6 Abril
2004-2005	6 Noviembre	10 Febrero
2005-2006	24 Noviembre	15 Marzo
2006-2007	16 Noviembre	8 Marzo
2007-2008	8 Noviembre	4 Abril
2008-2009	13 Noviembre	18 Abril
2009-2010	3 Noviembre	23 Marzo
2010-2011	27 Noviembre	3 Marzo
2011-2012	28 Noviembre	11 Abril

En esta serie, el mayor periodo de heladas queda comprendido entre los días 3 noviembre para la primera helada y 25 de abril para la última helada, es decir, en un año hay 192 días libre de heladas y 173 días con riesgo de heladas.

Asimismo, el menor periodo de heladas se sitúa entre los días 26 de diciembre para la primera helada y 10 de febrero para la última helada, es decir, en total 46 días con riesgo de heladas y 319 días libres de heladas.

Un periodo medio de helada corresponde al intervalo comprendido entre el día 17 de noviembre y 27 de marzo, en total 130 días con riesgo de heladas y 235 días libres de helada.

#### • Segundo Emberger

Divide el año en periodos según la posibilidad de producirse helada, utiliza la media de las temperaturas mínimas, con el siguiente criterio:

A). Período seguro de heladas: Se produce cuando la temperatura media de las mínimas es inferior a 0º C.

B). Período frecuente de heladas: Se produce cuando la temperatura media de las mínimas está comprendida entre 0º y 3º C.

C). Período poco frecuente de heladas: Cuando la temperatura media de las mínimas está comprendida entre 3º y 7º C.

D). Período con heladas muy poco frecuentes: Cuando la temperatura media de las mínimas es superior a 7º C.

RIESGO	MESES QUE COMPRENDE	DIAS
<b>TOTAL</b>	Ninguno	0
<b>FRECUENTE</b>	Enero	30
<b>POCO FRECUENTE</b>	Febrero, Marzo, Noviembre y Diciembre	120
<b>MUY POCO FREC.</b>	Desde Abril a Octubre	214

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

- **Según Papadakis**

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>Restricción de la clasificación</b>	<b>Meses que incluye</b>
<b>Periodo medio de heladas.</b>	$T^a < 0^\circ C$	Enero, febrero, Diciembre.
<b>Periodo libre de heladas fuertes.</b>	$0^\circ C \leq T^a_{min.abs.} < 2^\circ C$	Marzo, Noviembre
<b>Periodo disponible libre de heladas.</b>	$2^\circ C \leq T^a_{min.abs} < 7^\circ C$	Abril, Mayo, Octubre
<b>Periodo completamente libre de heladas.</b>	$7^\circ C \leq T^a_{min.abs}$	Junio, Julio, Agosto, Septiembre

### CALCULO DEL NÚMERO DE HORAS DE FRÍO

Correlación de **Weimberger** (1956), el número de horas bajo  $7^\circ C$ , puede determinarse mediante el cuadro siguiente, en el que T es la media aritmética de las temperaturas de Diciembre y Enero.

	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>
<b>T</b>	9	8,3	7,6	6,9	6,3
<b>Horas &lt;7°C</b>	950	1050	1150	1250	1350

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

Para el mes de diciembre tenemos una temperatura media de 6.9º C y para el mes de enero de 6.45º C, por lo que la temperatura media es:

$$T = (6.9 + 6.45) / 2 = 6.67^{\circ} \text{C}$$

Por lo tanto el número de horas de frío es aproximadamente **1300 horas**.

- Según Tabuena:

Este método es una adaptación del método de Mota al valle del Ebro, calcula las horas de frío entre el 1 de Noviembre y el 1 de Abril:

$$y = 700.1 - 48.6 x$$

Siendo x = temperatura media mensual.

	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
X (ºC)	10	6,9	6.45	7.9	11.3
Y (h)	214	399	386,63	316	151

$\sum y = 1466,63$  Horas de frío.

## 2.2.- Elementos climáticos hídricos

### 2.2.1.- Precipitaciones

La precipitación es escasa, situándose en un promedio de 350 mm. en zonas bajas y hasta 430 mm. en zonas más elevadas. La duración media del período seco es de aproximadamente 4 meses.

El máximo de precipitaciones se produce en primavera, coincidiendo con el desarrollo vegetativo del almendro. En otoño, en cambio, la lluvia es inferior. En cuanto a las precipitaciones de verano son en buena parte debido a tormentas.

El mes que presenta una mayor pluviométrica es Septiembre con una media de 58,4 mm, en cambio el mes menos lluvioso es Febrero con una precipitación media de 21,3 mm, siguiéndole Marzo y Julio con 23,7 y 25,9 mm de media respectivamente. Estos meses presentan una gran variabilidad a lo largo de los años en los que algunos llueve mucho y en otros años no ha llovido nada.

En cuanto a precipitaciones anuales la máxima pluviometría registrada corresponde al año 2009 con un total de 717,6mm totales, y el año menos lluvioso es 2000 con 291,6 mm.

La mayor pluviometría mensual queda registrada en el mes de Septiembre de 2009 con 228 mm.

La mayor precipitación diaria registrada en este periodo de años es de 51 mm/día.

El mes con mayor número de días de lluvia es mayo con 7,4 días de media y el mes que presenta menos días de lluvia es julio con 2,8.

La precipitación media anual es de 406,3 mm repartida por estaciones de la siguiente manera:

- Primavera: 30 %
- Verano: 20 %
- Otoño: 29%
- Invierno: 21 %

En las siguientes tablas se muestran las precipitaciones medias mensuales así como los días de lluvia mensuales del año 1997 a 2011.

Transformación a regadío de una finca de 44,19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

*Tabla 4. Precipitación mensual (mm)*

Años	E	F	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D	TOTAL
<b>1997</b>	2,6	9,7	28,9	11,4	47,3	48,6	0,3	41,4	157	90,3	2,3	12,2	451,6
<b>1998</b>	1,8	13,3	23,8	12,7	59,6	34,3	1,8	36,5	59,4	38,5	15,4	21	318,1
<b>1999</b>	6	21,2	4,4	22,1	47,1	8,8	9,6	9,6	41,2	81,3	28,2	20,2	299,7
<b>2000</b>	22,9	10,4	18,8	35,3	21,1	12,5	5,9	72,9	13,8	1,2	20,1	56,7	291,6
<b>2001</b>	63,9	43,8	20,9	32,1	18,3	57,2	19,7	76,1	15,7	7,6	40,4	66,6	462,3
<b>2002</b>	107	2,9	30,2	94,8	85,8	65	102	40,1	6,9	10,4	67,1	47	659,5
<b>2003</b>	18,1	16,8	15	39,5	26,1	123	-0,3	19	43,5	18,4	14,3	22	355,8
<b>2004</b>	42,3	18,5	44,4	60,7	16,1	26,2	72	8,5	65,5	25,9	30,7	16,2	427
<b>2005</b>	27,7	-0,3	18,4	58,5	26,6	41,8	4,8	9,4	2,9	78,4	34	22	324,2
<b>2006</b>	41,9	6,5	26,2	9,5	21,8	10,5	38,2	15,6	34,7	18,3	12	0,3	235,5
<b>2007</b>	18,7	8,3	17	39,4	65,8	26,2	15,3	20,5	30,7	40,4	36,2	44,8	363,3
<b>2008</b>	28,6	76,9	25,8	64	84,7	19,5	-0,3	19	88,7	68,2	65,3	31,2	571,6
<b>2009</b>	24,3	35,5	62,3	107	51,9	1,3	64,9	25,8	228	65,3	10,7	40,6	717,6
<b>2010</b>	1,6	15,1	10,6	30,9	49,1	9,5	1,5	0,5	17,7	41,2	63,1	10,7	251,5
<b>2011</b>	21,2	40,3	9,5	52,6	17,4	27,9	53,4	6,4	70,6	28,9	23,3	14,7	366,2
<b>MED</b>	28,6	21,3	23,7	44,7	42,6	34,2	25,9	26,8	58,4	41	30,9	28,4	406,37

*Tabla 5. Número de días de lluvia mensuales*

Años	E	F	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D	TOTAL
<b>1997</b>	5	2	7	6	5	14	1	10	3	18	2	11	84
<b>1998</b>	2	7	8	7	10	8	3	4	7	15	8	5	84
<b>1999</b>	2	8	4	7	8	4	3	1	4	11	7	5	64
<b>2000</b>	8	4	4	7	9	4	4	4	7	2	7	14	74
<b>2001</b>	17	8	5	5	6	6	5	4	6	1	11	18	92
<b>2002</b>	20	2	0	4	13	7	8	11	2	6	11	11	95
<b>2003</b>	9	5	5	14	7	5	0	2	6	7	6	5	71
<b>2004</b>	6	6	11	12	6	4	8	5	7	10	8	7	90
<b>2005</b>	4	0	6	11	12	6	2	3	4	13	13	10	84
<b>2006</b>	15	4	10	2	5	2	5	3	4	9	4	1	64
<b>2007</b>	6	2	9	8	8	7	3	5	7	10	11	13	89
<b>2008</b>	11	11	5	7	6	6	0	5	8	17	10	8	94
<b>2009</b>	8	10	8	10	10	1	4	6	6	9	4	10	86
<b>2010</b>	1	5	5	8	8	7	1	1	5	11	10	5	67
<b>2011</b>	5	4	0	8	6	8	4	2	9	6	8	4	64
<b>MED</b>	7,93	5,2	5,8	7,73	7,93	5,93	3,4	4,4	5,67	9,67	8	8,47	80,133

### **2.2.2.- Humedad relativa**

La humedad relativa es un dato meteorológico imprescindible en determinados métodos a la hora de calcular la ET<sub>0</sub>.

Los meses que presentan mayor humedad relativa son los de invierno, concretamente Diciembre y Enero con una humedad relativa media de 77.3% y 75.7% respectivamente. El menor valor de humedad relativa media corresponde al mes de Julio llegando a un 47,2%.

A continuación se muestra la tabla de las humedades relativas medias expresadas en %:

<b>Años</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Mz</b>	<b>Ab</b>	<b>My</b>	<b>Jn</b>	<b>Jl</b>	<b>Ag</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>MEDIA</b>
<b>1997</b>	81	67	70	56	51	57	57	52	60	73	81	82	65,58
<b>1998</b>	83	73	64	55	58	48	46	49	54	70	77	73	62,5
<b>1999</b>	63	61	55	49	49	40	45	48	52	77	84	80	58,58
<b>2000</b>	66	68	54	53	50	48	47	50	56	60	68	84	58,67
<b>2001</b>	83	66	62	63	49	47	48	56	54	65	72	81	62,17
<b>2002</b>	82	69	54	58	58	51	51	56	60	64	77	75	62,92
<b>2003</b>	73	78	56	53	55	45	43	45	56	65	67	79	59,58
<b>2004</b>	79	61	63	55	57	49	47	48	61	72	73	71	61,33
<b>2005</b>	77	60	58	61	61	57	48	53	53	67	73	78	62,17
<b>2006</b>	76	62	61	49	53	45	53	47	56	69	65	75	59,25
<b>2007</b>	82	64	61	52	53	46	48	52	57	69	70	78	61
<b>2008</b>	69	69	64	56	53	46	43	41	63	71	79	78	61
<b>2009</b>	70	75	61	57	53	43	46	47	53	59	69	73	58,83
<b>2010</b>	75	60	54	53	49	48	43	48	53	70	69	72	57,83
<b>2011</b>	77	60	59	56	46	46	43	45	58	70	77	80	59,75
<b>MED</b>	75,7	66,2	59,7	55,1	53	47,7	47,2	49,1	56,4	68,1	73,4	77,3	60,74

### **2.3.- Viento**

El viento es un gran factor que influye en gran manera en los cultivos, tanto por su fuerza, como por su dirección.

Se trata de una zona bastante ventosa, con dos vientos predominantes llamados coloquialmente, cierzo y bochorno, el primero actúa con dirección Oeste-Noroeste, mientras que el segundo actúa con dirección Este-Sureste.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

El cierzo predomina sobre los demás. A continuación se representa el promedio mensual de la velocidad media diaria del viento a 2 m sobre el suelo( m/s)

Meses	2009	2010	2011	Media
E	3,8	4,1	2,8	3,6
F	2,6	4,6	3,8	3,7
Mz	2,8	3,1	3,4	3,1
Ab	3,6	3,5	3,4	3,5
My	2,5	2,9	2,8	2,7
Jn	2,9	2,8	2,9	2,9
Jl	2,6	3,4	2,6	2,9
Ag	2,3	3,6	3,9	3,3
S	2,8	3	2,2	2,7
O	2,2	2,5	2,2	2,3
N	3,8	2,9	2,1	2,9
D	3,5	3	2,1	2,9

## 2.4.- Radiación

Nos encontramos a una latitud norte de aproximadamente 42°, por lo tanto, la duración máxima diaria de las horas de sol están tabuladas y la perteneciente a esta latitud es la siguiente, (son valores de N para el cálculo de la Eto).

Mes	E	F	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
Horas de sol	9,4	10,6	11,9	13,4	14,6	15,2	14,9	13,9	12,9	11,1	9,8	9,1

## 3.- INDICES CLIMÁTICOS.

### 3.1.-Índice de Lang

Este índice nos relaciona la temperatura media anual con su pluviometría. Esta relación viene dada por la siguiente expresión:

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

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

Siendo:

P = Precipitación media anual en mm.

T = Temperatura media anual en °C.

I<sub>L</sub> = Índice de Lang

Entonces: I<sub>L</sub> = 406,37 / 14,94 = **27,20**

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  $20 \leq I_L < 40$  (Urbano, 1989).

### **3.2.- Índice de Martonne**

Se determina por la siguiente expresión:

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

Donde:

P = precipitación media anual en mm.

T = temperatura media anual en °C.

I<sub>M</sub> = Índice de Martonne

Entonces: I<sub>M</sub> = 406,37 / (14,94 + 10) = **16,29**

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

### **3.3.- Índice de Emberger**

Se obtiene relacionando las pluviometrías medias anuales, temperatura media de las máximas del mes más cálido y la temperatura media de la mínima, del mes más frío.

Se calcula mediante la fórmula:

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

Donde:

Q = Índice de Emberger

P = Precipitación media anual en mm = 406,37

M = temperatura media de máximas del mes más cálido: Julio: 31,3°C

m = Temperatura media de mínimas del mes más frío: Enero: 2,7°C

$$Q = 100 \times 406,37 / (31,3^2 + 2,7^2) = 41,17$$

Este valor corresponde a un clima Mediterráneo semiárido, fresco, superior y primavera.

### **3.4.- Índice de Dantin Cereceda y Revenga.**

Con objeto de destacar la importancia de la aridez de una zona climática, proponen utilizar otro índice termopluviométrico, que tiene en cuenta la temperatura media anual y la precipitación media anual, y se define por la siguiente ecuación:

$$I_{DR} = \frac{100 \times T}{P}$$

Siendo:

T = Temperatura media anual, en °C.

P = Precipitación media anual, en mm.

Entonces:

$$I_{DR} = \frac{100 \times 14,94}{406,37} = 3,67$$

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

El valor calculado es 3,67 y el índice nos dice que estamos en una zona semiárida.

#### **4.- CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS.**

##### **4.1.- Clasificación climática de KÖPPEN**

Se basa en las temperaturas medias de los distintos meses del año. Es poco exacta.

Se clasifica en función de si su temperatura está dentro de unos márgenes establecidos y del número de meses que registren esas temperaturas.

Como tenemos aproximadamente 9 meses entre 10º y 20º C. de temperatura media, estamos en una zona templada.

##### **4.2.- Clasificación bioclimática de UNESCO – FAO**

Los factores climáticos que tiene en cuenta esta clasificación son las temperaturas, la aridez y los índices xerotérmicos.

###### **- TEMPERATURAS**

Utiliza la siguiente clasificación:

**Grupo 1: Climas templados, templado-cálidos y cálidos.** La temperatura media del mes más frío es superior a 0°C.

**Grupo 2: Climas templados-fríos y fríos.** La temperatura media de algunos meses es inferior a 0°C.

**Grupo 3: Climas glaciares.** La temperatura media de todos los meses del año es inferior a 0°C.

En nuestro caso, el mes más frío es Enero con una temperatura media  $t_m = 6,45^{\circ}\text{C}$  ( $>0^{\circ}\text{C}$ ), por lo tanto se encuentra dentro del **GRUPO 1: Climas templados, templado-cálidos y cálidos** puesto que  $0^{\circ} \leq t_m < 10^{\circ}\text{C}$ .

Desde el punto de vista bioclimático (relación de las condiciones climáticas con el desarrollo de la vida vegetal y animal), resulta muy interesante precisar si existe invierno y su rigor, en caso de que exista. Para caracterizarlo, se utiliza la temperatura media de las mínimas del mes más frío.

$t^a$ media $> 11^{\circ}\text{C}$	sin invierno
$11^{\circ}\text{C} > t^a_m > 7^{\circ}\text{C}$	con invierno cálido
$7^{\circ}\text{C} > t^a_m > 3^{\circ}\text{C}$	con invierno suave
$3^{\circ}\text{C} > t^a_m > -1^{\circ}\text{C}$	con invierno moderado
$-1^{\circ}\text{C} > t^a_m > -5^{\circ}\text{C}$	con invierno frío
$t^a$ media $< -5^{\circ}\text{C}$ .	con invierno muy frío

Atendiendo al tipo de invierno lo clasificaremos **como invierno moderado**, debido a que la temperatura media de las mínimas del mes más frío (Enero) es  $t = 2,7^{\circ}\text{C}$  y se encuentra en el intervalo  $-1^{\circ} \leq t < 3^{\circ}\text{C}$ .

#### - ARIDEZ.

Según esta clasificación, dice que estamos en un mes seco cuando la precipitación total de todo el mes (en mm) es inferior al doble de la temperatura media ( $^{\circ}\text{C}$ ) ( $P \leq 2T$ ). Si la precipitación supera el doble de la temperatura, pero no alcanza a tres veces éstas, se trata de un mes subseco ( $2T \leq P < 3T$ ). En consecuencia:

- Mes seco:  $P < 2T$
- Mes subseco:  $2T < P < 3T$

Con esto obtenemos que los meses secos son: Junio, Julio y Agosto.

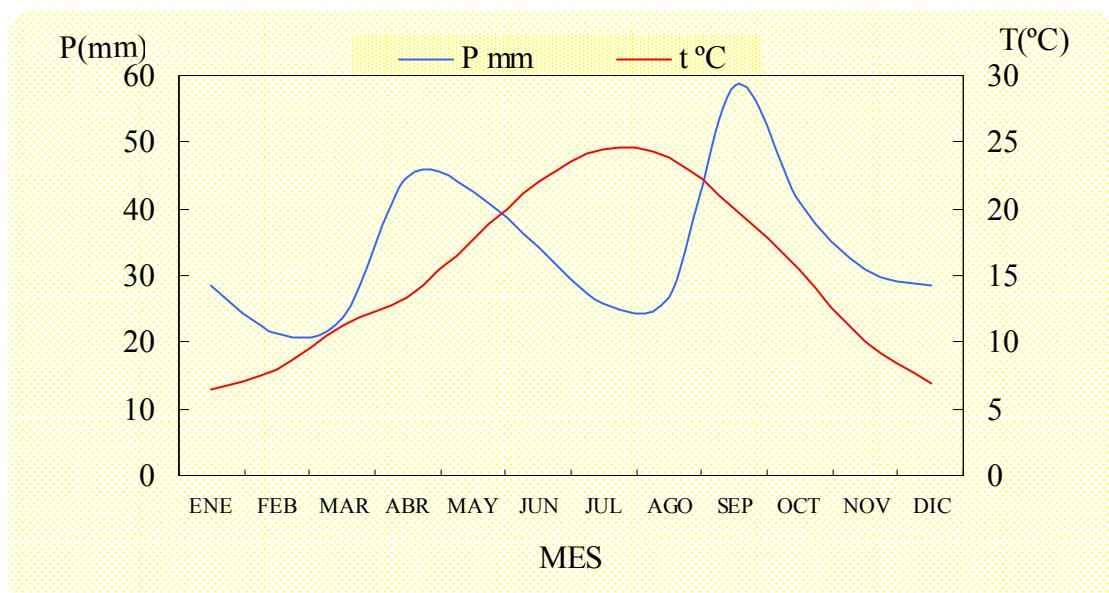
Los meses subsecos son: Septiembre y Octubre.

Para comparar estos dos parámetros hacemos el diagrama ombrotérmico de Gaussen, el cual se muestra a continuación, y sirve para determinar la existencia y la duración de los períodos secos. Sobre un diagrama cartesiano se ponen en las abscisas los meses del año y en ordenadas las precipitaciones y las temperaturas medias mensuales, en mm y °C, respectivamente. Eso sí, la escala de temperaturas debe ser doble respecto a la escala de precipitaciones.

La comparación de las curvas térmicas y pluviométrica proporciona directamente los períodos secos, según el criterio  $P \leq 2T$ .

Para la clasificación según la aridez, se distinguen los siguientes tipos:

- Axérico: la curva pluviométrica va siempre por encima de la térmica.
- Monoxérico: solamente aparece un periodo seco a lo largo del año.
- Bixérico: aparecen dos períodos secos a lo largo del año.



Se observa en el diagrama ombrotérmico un período seco en el que la curva pluviométrica va por debajo de la térmica, este comprende los últimos días de Mayo, Junio, Julio, Agosto y los primeros días de Septiembre.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

Por lo tanto el clima de la zona se define según la aridez como monoxérico.

A continuación se añade un cuadro comparativo de precipitaciones y de temperaturas medias para los diferentes meses.

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
P mm	28,60	21,30	23,70	44,70	42,60	34,20	25,90	26,80	58,40	41,00	30,90	28,40
t °C	6,45	7,90	11,30	13,30	17,70	22,00	24,40	23,90	19,90	15,50	10,00	6,90

#### - ÍNDICES XEROTÉRMICOS

Para caracterizar la intensidad de la sequía, se utilizan los índices xerotérmicos. El índice xerotérmico mensual ( $X_m$ ) señala el número de días del mes que pueden considerarse biológicamente secos. Para ello se cuenta con las siguientes consideraciones:

- Días de lluvia (P)
- Número de días del mes (N)
- Número de días de niebla y rocío durante el mes (b)
- Coeficiente de sequía, factor que depende de la humedad relativa media diaria (f), y cuyos valores se expresan a continuación:

#### VALORES DE LA HUMEDAD RELATIVA MEDIA DIARIA Y COEFICIENTE DE SEQUÍA.

Hr (%)	F
$Hr \leq 40$	1
$40 < Hr \leq 60$	0.9
$60 < Hr \leq 80$	0.8
$80 < Hr \leq 90$	0.7
$90 < Hr \leq 100$	0.6
$Hr = 100$	0.5

Transformación a regadío de una finca de 44,19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

El valor del índice xerotérmico mensual se calcula por la siguiente expresión:

$$X_m = [ N - (P + b/2) ] \cdot f$$

De donde el índice xerotérmico de un periodo seco ( $IP_x$ ) es la suma de los índices mensuales correspondientes a la duración del periodo seco. Se obtendrá a partir del diagrama ombrotérmico sumando los índices xerotérmicos de los meses completos que alcance el periodo de aridez.

$$IP_x = \sum X_m \text{ (periodo seco)}$$

	N	P	b	f	Xm
JUN	30	5,93	0,007	0,9	21,65
JUL	31	3,4	0,007	0,9	24,83
AGO	31	4,4	0,03	0,9	23,92

Se obtiene que  $\sum X_m$  TOTAL de 70,4 este valor implica una zona con clima mesomediterráneo atenuado.

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 atenuado.

#### **4.3.- Clasificación climática de Thornthwaite.**

##### **4.3.1.- Cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP).**

La evapotranspiración potencial (ETP) se calcula mediante la siguiente fórmula propuesta por Thornthwaite:

$$ETP_{ajustada} = 16 \cdot \left( \frac{10 \cdot t}{l} \right)^a$$

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

Donde:

$t^a$  = temperatura media mensual en °C.

I = Índice de calor anual. Obtenido de la suma de los doce índices (i) de calor mensuales, los cuales se obtienen a partir de la expresión:

$$I = \sum_{1}^{12} i$$

Donde:

$$i = \left( \frac{t}{5} \right)^{1.514}$$

$$a = 0.0675 \times I^3 \times 10^{-5} - 0.771 \times I^2 \times 10^{-4} + 0.01792 \times I + 0.49239$$

$$ETP (\text{mm/mes}) = ETP_{\text{ajustada}} \cdot K$$

K = coeficiente corrector en función de la latitud. Es la duración media de la luz solar por comparación de un mes de 30 días y 12 horas de luz.

$$K = \frac{d}{30} \cdot \frac{N}{12}$$

d = n° días del mes

N = n° máximo horas de sol (depende de la latitud).

Los resultados se recogen en la siguiente tabla:

Mes	t <sup>a</sup> media	d(días)	i	I	a	ETPajustada	k	ETP
E	6,45	31	1,47	66,93	1,54	15,11	0.82	12,39
F	7,9	28	1,99	66,93	1,54	20,65	0.83	17,13
Mz	11,3	31	3,43	66,93	1,54	35,84	1.03	36,91
Ab	13,3	30	4,39	66,93	1,54	46,06	1.12	51,58
My	17,1	31	6,43	66,93	1,54	67,83	1.26	85,46
Jn	22	30	9,42	66,93	1,54	99,99	1.27	126,98
Jl	24,4	31	11,02	66,93	1,54	117,28	1.28	150,11
Ag	23,9	31	10,68	66,93	1,54	113,6	1.19	135,18
S	19,9	30	8,09	66,93	1,54	85,68	1.04	89,1
O	15,5	31	5,54	66,93	1,54	58,31	0.95	55,39
N	10	30	2,85	66,93	1,54	29,69	0.82	24,34
D	6,9	31	1,62	66,93	1,54	16,7	0.79	13,19

La ETP total anual es **797,76 mm/año**.

#### **4.3.2.- Balance hídrico: Método directo de Thornthwaite.**

Es necesario hacer un balance de agua del suelo para calcular el índice de humedad.

En este balance intervienen los siguientes parámetros:

- Precipitaciones medias mensuales (P).
- Evapotranspiraciones potenciales medias mensuales (ETP).
- Reservas de agua del suelo (R).
- Variación de la reserva de agua (VR).
- Evapotranspiraciones reales mensuales (ETA).
- Déficits (D).
- Excesos (E).
- Drenaje.

Para poder aplicar la fórmula a toda clase de suelos, sin particularizar unas condiciones concretas, se establecen las siguientes hipótesis:

- La reserva de agua en el suelo varía entre 0 y 100 mm.
- La evapotranspiración real (ETA) corresponde, en los meses en que por falta de humedad no se alcancen las condiciones potenciales, a las precipitaciones del mes sumadas a la reserva del suelo en el mes anterior:

$$\text{ETA}_i = P_i + R_{i-1}$$

- En los meses suficientemente húmedos, la ETA (evapotranspiración real) coincide con la potencial ETP. La diferencia entre P y la ETP constituye la variación de la reserva VR y pasa a sumarse a la reserva del suelo del mes anterior constituyendo la actual reserva.

$$\text{Si } P_i + R_{i-1} \geq \text{ETP}_i , \quad \text{ETA}_i = \text{ETP}_i$$

- Existe déficit de humedad en los meses en que la evapotranspiración real es inferior a la potencial.

$$D_i = \text{ETP}_i - \text{ETA}_i$$

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

- Existe exceso de humedad (E) en los meses en que al acumular agua en las reservas del suelo, éstas superan el valor de 100 y habría que aplicar drenajes (D) adecuados.

$$\text{Si } R_{i-1} + P_i - ETP_i > 100$$

$$E_i = (R_{i-1} + P_i) - (ETP_i + 100)$$

Los valores calculados pueden verse en el siguiente cuadro:

	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Mz</b>	<b>Ab</b>	<b>My</b>	<b>Jn</b>	<b>Jl</b>	<b>Ag</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>
<b>P</b>	28,6	21,3	23,7	44,7	42,6	34,2	25,9	26,8	58,4	41	30,9	28,4
<b>ETP</b>	12,4	16,2	41,2	50,4	93,6	125,4	150	141	84	56,4	24,6	17
<b>R</b>	27,6	21,3	3,8	0	0	0	0	0	0	0	0	17,7
<b>ETA</b>	12,4	16,2	41,2	48,5	42,6	34,2	25,9	26,8	58,4	41	24,6	17
<b>DEF</b>	0	0	17,5	5,7	51	91,2	124,1	114,2	25,6	15,6	0	0
<b>EXC</b>	16,2	5,1	0	0	0	0	0	0	0	0	6,3	11,4
<b>DR</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>V.RES</b>	16,2	5,1	-17,5	-9,5	-51	-91,2	-124	-114	-25,6	-15,6	0	11,4

### ÍNDICE DE HUMEDAD.

Se determinan los índices de falta ( $I_D$ ) y de exceso ( $I_E$ ) de humedad, relacionando el déficit y el exceso total anual con la ETP anual y expresando los resultados en %. Aplicando los datos del cuadro anterior se obtienen los siguientes índices:

$$I_D = \frac{D}{ETP} \cdot 100 = \frac{423,4}{812,2} \cdot 100 = 52.13\%$$

$$I_E = \frac{E}{ETP} \cdot 100 = \frac{0}{812,2} \cdot 100 = 0\%$$

El índice de humedad de Thornthwaite se determina por la expresión:

$$I_h = I_E - 0.6 I_D$$

Aplicando los datos que se vienen considerando:

$$I_h = 0 - 0.6 \cdot 52,13 = -31,27\%$$

*Tipos climáticos y siglas según el índice de humedad:*

Tipo climático	siglas	$I_h$
perhúmedo	A	$I_h \geq 100$
húmedo	B <sub>4</sub>	$100 > I_h > 80$
	B <sub>3</sub>	$80 > I_h \geq 60$
	B <sub>2</sub>	$60 > I_h \geq 40$
	B <sub>1</sub>	$40 > I_h \geq 20$
subhúmedo	C <sub>2</sub>	$20 > I_h \geq 0$
seco subhúmedo	C <sub>1</sub>	$0 > I_h \geq -20$
semiárido	D	$-20 > I_h \geq -40$
árido	E	$I_h < -40$

En nuestro caso, el índice de humedad es  $-31,27$ . Con lo cual por encontrarse entre  $-20$  y  $-40$  se trata de un clima semiárido, y le corresponde la sigla “D”.

#### EFICACIA TERMICA.

Según Thornthwaite, la ETP es un índice de eficacia térmica. La suma de las ETP medias mensuales sirve de índice de la eficacia térmica del clima considerado.

En función de la ETP se obtienen los siguientes tipos climáticos:

Tipos climáticos en función del valor de la ETP (en cm)

TIPO DE CLIMA	SIGLA	ETP anual (en cm)
Megatérmico	A'	$\geq 114$
Mesotérmico	B'4	$114 > ETP \geq 99,7$
	B'3	$99,7 > ETP \geq 85,5$
	B'2	$85,5 > ETP \geq 71,2$
	B'1	$71,2 > ETP \geq 57$
Microtérmico	C'2	$57 > ETP \geq 42,7$
	C'1	$42,7 > ETP \geq 28,5$
Tundra glacial	D'	$28,5 > ETP \geq 14,2$
	E'	$ETP < 14,2$

En nuestro caso, la ETP anual es de 812,2 mm, es decir, 81,12 cm; luego se encuentra comprendida en el intervalo  $85,5 > \text{ETP} \geq 71,2$ . Por lo tanto es un clima mesótermico, y la sigla B'<sub>2</sub>.

## VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA HUMEDAD.

Expresa la existencia de un período seco en los climas húmedos o de un periodo húmedo en los climas secos. Del mismo modo en qué estación ocurre y cuál es la intensidad del período. Para la determinación se usan los valores de  $I_E$  en los climas secos (C, D, E), y los valores de  $I_D$  en los climas húmedo (A, B, C<sub>2</sub>).

Climas húmedos A, B, C <sub>2</sub> )		índice de falta (I <sub>D</sub> )
pequeña o ninguna falta de agua	r	0 – 16,7
falta de agua moderada en verano	s	16,7 – 33,3
gran falta de agua en verano	s <sub>2</sub>	> 33,3
Climas secos (C <sub>1</sub> , D, E)		índice de exceso (I <sub>E</sub> )
pequeño o ningún exceso de agua	d	0 – 10
exceso moderado de agua en invierno	s	10 – 20
gran exceso de agua en invierno	s <sub>2</sub>	> 20

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.

## CONCENTRACION TERMICA EN VERANO.

La concentración en verano de la eficacia térmica define la necesidad de agua en esta época.

Está determinada por la suma de la ETP durante los meses de verano (junio, julio, agosto, septiembre), en relación con la ETP anual, y expresada en %.

$$C_v = \frac{\text{ETP}_{\text{verano}}}{\text{ETP}_{\text{anual}}} \times 100 . \quad C_v = \text{concentración de la ETP en verano (\%)}$$

En nuestro caso tenemos:

$$\text{ETP}_{\text{junio}} = 125,4 \text{ mm}$$

$$\text{ETP}_{\text{julio}} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{ETP}_{\text{agosto}} = 141 \text{ mm}$$

$$\text{ETP}_{\text{septiembre}} = 84 \text{ mm}$$

$$\text{ETP}_{\text{verano}} = 500,4 \text{ mm}$$

$$\text{ETP}_{\text{anual}} = 812,2 \text{ mm}$$

$$C_v = \frac{\text{ETP}_{\text{verano}}}{\text{ETP}_{\text{anual}}} \times 100 = \frac{500,4}{812,2} \times 100 = 61,61\%$$

Los tipos de climas son:

<b>Conc. en verano de ETP en % (C<sub>v</sub>)</b>	<b>Tipo</b>
< 48	a'
48 – 51,9	b' <sub>4</sub>
51,9 – 56,3	b' <sub>3</sub>
56,3 – 61,6	b' <sub>2</sub>
61,6 – 68	b' <sub>1</sub>
68 – 76,3	c' <sub>2</sub>
76,3 – 88	c' <sub>1</sub>
> 88	d'

Como C<sub>v</sub> corresponde al intervalo 68,0 > C<sub>v</sub> ≥ 61,6, le corresponde una moderada concentración de la eficacia térmica en verano y la sigla b'<sub>1</sub>.

En consecuencia, el clima de la zona, de acuerdo con los datos obtenidos puede representarse por la siguiente fórmula climática, según Thornthwaite:

D B'<sub>2</sub> d b'<sub>1</sub>

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

**ANEJO N° 3**

**ESTUDIO EDAFOLÓGICO**

## INDICE:

1.- INTRODUCCION .....	Pág. 2
2.-SITUACION GEOGRAFICA.....	Pág. 2
3.- TOPOGRAFIA .....	Pág. 2
4.- HIDROGRAFÍA E HIDROGEOLOGÍA .....	Pág. 3
5.- CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS .....	Pág. 3
6.- MUESTREO .....	Pág. 5
7.- RESULTADOS OBTENIDOS .....	Pág. 5
7.1 Características de tipo físico.....	Pág. 5
7.2 Características de tipo hídrico .....	Pág. 7
7.2.1 Estudio de la velocidad de infiltración .....	Pág. 8
7.3 Características de tipo químico.....	Pág. 10
8.- CONCLUSIONES DEL ESTUDIO EDAFOLOGICO REALIZADO .....	Pág. 11
8.1 Conclusiones de carácter físico .....	Pág. 11
8.2 Conclusiones de carácter hídrico .....	Pág. 11
8.3 Conclusiones de carácter químico .....	Pág. 12

## **1.- INTRODUCCION:**

El suelo es el medio de sustento de la planta, como tal, es vital para el desarrollo de esta. Por esto es necesario conocer sus características para poder utilizarlo de forma adecuada.

El estudio realizado a continuación está basado en los análisis de suelo de la finca, para ello se han analizado dos muestras de la zona a transformar en el Laboratorio Agroambiental del Departamento de Agricultura del Gobierno de Aragón.

El análisis de suelos no es una finalidad en sí misma, sino que los resultados que proporcionan han de ser correctamente interpretados desde el punto de vista agronómico. A todo esto hay que añadir que el estudio del suelo comienza en el campo y que las determinaciones analíticas se van a realizar sobre una reducida muestra. Teniendo en esto cuenta, los resultados analíticos serán extrapolables al campo y podrán tener la aplicación que se pretende.

## **2.- SITUACION GEOGRAFICA.**

La zona objeto del presente estudio se encuentra ubicada en la comarca del Campo de Borja en el Somontano ibérico del Moncayo, al sur-suroeste de la provincia de Zaragoza.

## **3.- TOPOGRAFÍA.**

La zona está formada por altiplanicies entre 350 y 700 m., de topografía suave con ondulaciones de amplia curvatura y una zona occidental más accidentada debido al macizo del Moncayo.

#### **4.- HIDROGRAFÍA E HIDROGEOLOGÍA**

Hidrográficamente, la zona de proyecto se sitúa en la margen derecha del río Ebro; en la cuenca media del río Huecha, afluente directo del Ebro; que nace en la ladera NE del Moncayo (2316 m). Su régimen es típicamente mediterráneo, con fuertes caudales con ocasión de las grandes tormentas. No es un curso de régimen permanente; en el tramo comprendido entre Alcalá del Moncayo y Bulbuente permanece la mayor parte del tiempo seco ya en este punto el caudal del río se infiltra en el subsuelo. A partir de este segundo punto el drenaje subterráneo de los acuíferos hace volver a ganar caudal al río.

El comportamiento hidrogeológico de los materiales viene determinado por sus características litológicas. En la zona de estudio predominan los materiales del recubrimiento Cuaternario, que se comportan como permeables por porosidad intergranular en el caso de los depósitos de glacis y semipermeables en el caso de los depósitos coluviales, dependiendo de su contenido en materiales arcillosos; en éstos últimos el drenaje se realiza por escorrentía superficial fundamentalmente.

Así pues, el drenaje general de la zona de estudio es predominantemente por escorrentía subterránea en las zonas donde afloran los materiales cuaternarios (coluviales y de glacis), y por drenaje superficial en las zonas donde aflora el sustrato terciario.

#### **5.- CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS.**

La zona incluida en la presente transformación, perteneciente al término municipal de Ainzón, se encuentra incluida en la comarca del Campo de Borja. En ella los suelos que predominan son los siguientes:

-Suelos Pardo Calizos:

Los más importantes de este grupo son los originados sobre depósitos alóctonos pedregosos. Dentro de estos depósitos aparecen diversos niveles margosos y areniscosos.

Son suelos de perfil A(B)C con carbonato cálcico en todos sus horizontes, incluso el A, pobres en M.O. y en nutrientes. Son pedregosos, presentan buena permeabilidad al agua y al aire.

-Suelos de Terraza:

Están presentados por suelos pardo calizos pedregosos sobre glacis muy destruidos o depósitos alóctonos pedregosos. Ocupan el S.O. de la zona.

Los materiales que los constituyen consisten en una mezcla de diversos aportes detríticos, generalmente poco rodados y de naturaleza caliza.

El perfil está constituido, en general, por un horizonte Ap, después de un (B) estructural y debajo de éste el deposito alóctono pedregoso. Todo el perfil es muy calizo. La pedregosidad alcanza hasta la superficie. La textura es de tipo medio, la estructura no alcanza gran desarrollo y el ph es siempre elevado.

Son suelos profundos, con escaso contenido en M.O. y nutrientes, buena aireación y drenaje, así como adecuado contenido en caliza.

-Xerorendasinas:

Formados sobre margas casi siempre asociadas a otros materiales y de consistencia variada: margas yesíferas, margas calizas y margas areniscosas.

Son de color gris claro a gris oscuro, pero cuando están muy erosionados se vuelven blanquecinos.

Son poco profundos, muy calizos, sueltos, ricos en cavidades y permeables.

Los originados sobre margas disponen en ésta de una excelente reserva de humedad. Predominan las texturas arenolimosas, estructuras grumosas o de granos gruesos y consistencias medias. Son suelos de bajo contenido en M.O., pero con buena humificación, siendo el humus de tipo mull.

El horizonte A es somero, de unos 10 cm. de espesor. De éste se pasa al horizonte C, directamente unas veces y otras a través de un Ca, debajo del cual aparece, en bastantes ocasiones, un horizonte D constituido por el material geológico.

## 6.- MUESTREO.

Para el conocimiento de las características particulares del suelo estudiado, se tomaron dos muestras en la zona una a cada lado del camino ya que el tipo de suelo a cada lado de dicho camino es bien diferente a simple vista, ya que el color del suelo cambia y en la parcela 2 hay mayor presencia de elementos gruesos; la muestra 1 pertenece a la parcela 115 del polígono 41 y la denominaremos como parcela 1; la muestra 2 pertenece a la parcela 48 del polígono 40 y la denominaremos como parcela 2. Las muestras se recogieron a una profundidad de 0-50 cm. y la cantidad final tomada para analizar fue de 1kg. aproximadamente que fueron analizadas por el laboratorio Agroalimentario del Gobierno de Aragón.

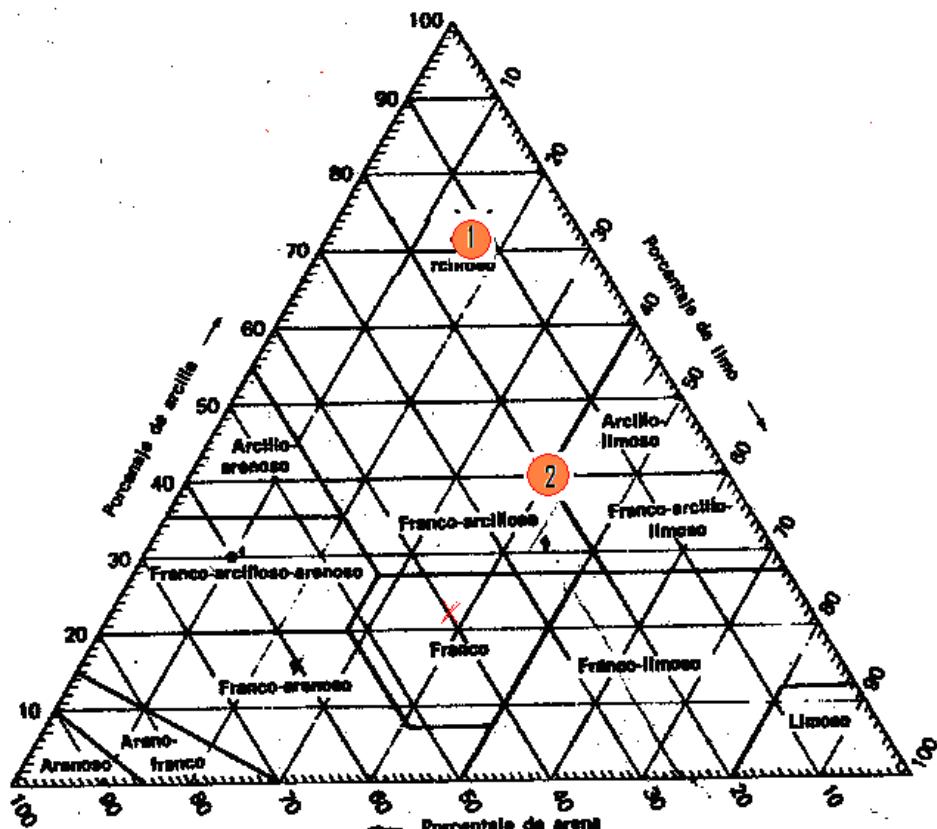
## 7.- RESULTADOS OBTENIDOS.

### 7.1 Características de tipo físico.

#### - GRANULOMETRIA

GRANULOMETRIA	PARCELA 1 (%)	PARCELA 2 (%)
Arena	12.95	20.62
Limo grueso	1.89	9.66
Limo fino	15.84	30.08
Arcilla	69.32	39.64

A continuación se añade el triángulo de texturas:



Guía para la clasificación de texturas.

1

Parcela 1

2

Parcela 2

Con los datos que se obtienen del análisis que se encuentran reflejados en la tabla anterior se entra en el triángulo para la clasificación de texturas, de este modo obtenemos una textura para el suelo de la parcela 1 es **arcillosa** y la textura para el suelo de la parcela 2 es **franco arcillosa**.

## **7.2 Características de tipo hídrico.**

	PARCELA 1	PARCELA 2
Capacidad de campo (CC)	40.35 %	29.07 %
Punto de marchitez (PM)	22.76 %	16.17 %
Agua útil	17.59 %	12.9 %

La capacidad de campo (CC) es la cantidad de agua máxima que un suelo retiene una vez finalizado el drenaje interno. Coincide sensiblemente con el máximo de agua capilar, que es agua retenida por fuerzas de tensión superficial. Este contenido en humedad se expresa en porcentaje de peso de suelo seco. Se obtiene por medio del método analítico, con la siguiente fórmula:

$$CC = 0.5 \text{ Arcilla} + 0.16 \text{ Limo} + 0.02 \text{ Arena} + 2.6$$

El punto de marchitez (PM): si el contenido en humedad del suelo desciende de un modo progresivo, las plantas encontrarán cada vez mayores dificultades para absorber el agua del suelo, llegando al punto en el que se iniciarán fenómenos de marchitez, cuando el suelo posee esta cantidad de humedad que ya no es aprovechable por la planta, se dice que se encuentra en su punto de marchitez. Se expresa en porcentaje de peso de suelo seco. Se obtiene por medio de la siguiente fórmula analítica:

$$PM = 0.3 \text{ Arcilla} + 0.1 \text{ Limo} + 0.015 \text{ Arena}$$

El agua útil, es la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez, es decir el agua que puede ser asimilada por la planta.

Para el cálculo de la velocidad de infiltración del suelo se optado por utilizar el método de los anillos obteniéndose tras toda la serie de cálculos una velocidad de infiltración de 7 mm/h en el caso de la parcela 1 y una velocidad de infiltración de 8.2 mm/h para el caso de la parcela 2.

### 7.2.1 Estudio de la velocidad de infiltración.

Se basa en la medida de la velocidad de infiltración del agua en el suelo necesaria para el posterior dimensionado de los distintos sistemas de riego que se vaya a implantar en la finca.

La determinación de la velocidad de infiltración de agua en el suelo se realiza en campo usando un infiltrómetro de doble anillo o de Müntz, ya que es el método más práctico y sencillo. Este método consiste en medir la infiltración mediante dos anillos abiertos concéntricos. El interior es el anillo de medida, el exterior actúa de forma auxiliar controlando el flujo lateral de agua desde el anillo interior. A tiempos prefijados se miden los descensos de agua en el anillo interior, estos descensos se deben al agua infiltrada.

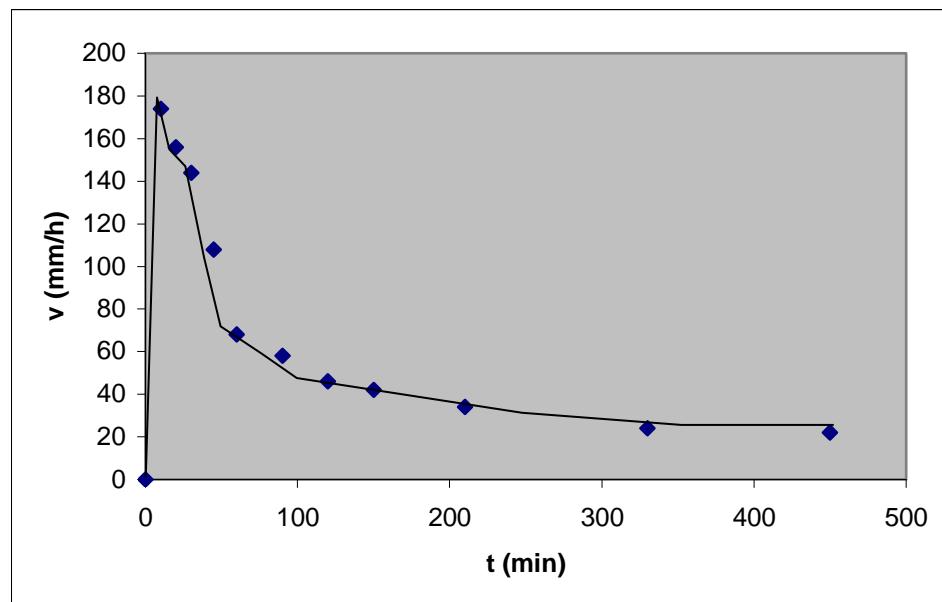
#### PARCELA 1

Los resultados del ensayo se recogen en la siguiente tabla:

Tiempo (min)	$\Delta T$ (min)	$\Delta H$ (cm)	H acumulada (mm)	V infiltración (mm/h)
0	0	0	0	0
10	10	29	29	<b>174</b>
20	10	26	55	<b>156</b>
30	10	24	79	<b>144</b>
45	15	27	106	<b>108</b>
60	15	17	123	<b>68</b>
90	30	29	152	<b>58</b>
120	30	23	175	<b>46</b>
150	30	21	196	<b>42</b>
210	60	34	230	<b>34</b>
330	120	48	278	<b>24</b>
450	120	44	322	<b>22</b>

A continuación se adjunta un gráfico en el que se representa como va variando la velocidad de infiltración con respecto al tiempo.

### VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN.



La velocidad de infiltración se ralentiza a una velocidad aproximada de 22 mm/hora, siendo esta velocidad estable ya a los 450 minutos de infiltración.

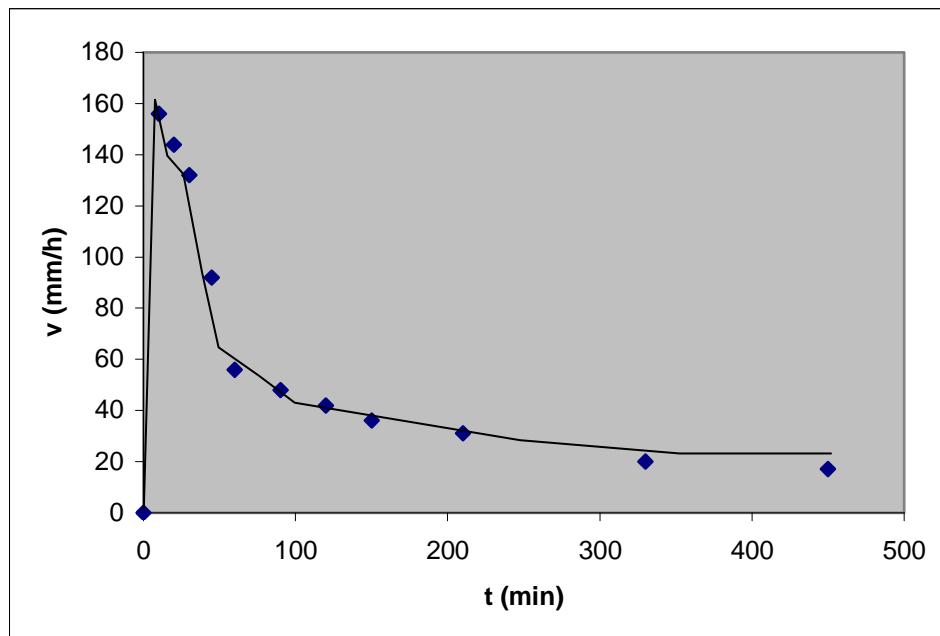
### PARCELA 2

Los resultados del ensayo se recogen en la siguiente tabla

Tiempo (min)	$\Delta T$ (min)	$\Delta H$ (cm)	H acumulada (mm)	V infiltación (mm/h)
0	0	0	0	<b>0</b>
10	10	26	26	<b>156</b>
20	10	24	50	<b>144</b>
30	10	22	72	<b>132</b>
45	15	23	95	<b>92</b>
60	15	14	109	<b>56</b>
90	30	24	133	<b>48</b>
120	30	21	154	<b>42</b>
150	30	18	172	<b>36</b>
210	60	31	203	<b>31</b>
330	120	40	244	<b>20</b>
450	120	34	278	<b>17</b>

A continuación se adjunta un gráfico en el que se representa como va variando la velocidad de infiltración con respecto al tiempo.

VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN.



La velocidad de infiltración se ralentiza a una velocidad aproximada de 17 mm/hora, siendo esta velocidad estable ya a los 450 minutos de infiltración.

### 7.3 Características de tipo químico.

· FERTILIDAD:

	PARCELA 1	PARCELA 2
pH	7.94	8.08
Materia orgánica (%)	1.53	2.01
Fósforo Olsen (ppm)	4.44	2.96
Relación C/N	13.1	12.8
Salinidad CE (ds/m)	2.3	0.25
Carbonatos totales %	35.08	23.29
Caliza activa %	18.98	9.88

· CATIONES SOLUBLES MAS INTERCAMBIABLES:

	PARCELA 1	PARCELA 2
Magnesio (meq/100gr.)	1.14	1.88
Potasio (ppm)	178	182

## 8.- CONCLUSIONES DEL ESTUDIO EDAFOLOGICO REALIZADO.

### 8.1 Conclusiones de carácter físico.

#### PARCELA 1:

La textura ARCILLOSA es de tipo fino (suelo pesado); confiere al suelo una alta capacidad de retención de agua y nutrientes; pero puede presentar factores negativos, una baja permeabilidad (se encharcara con facilidad), una alta compacidad (dificultan la penetración de raíces) y dificultad de laboreo. Por esto habrá que buscar patrones adecuados, se intentara facilitar la aireación mediante laboreo, manejar adecuadamente el riego y se facilitara el drenaje.

#### PARCELA 2:

La textura FRANCO-ARCILLOSA es de tipo fino (suelo pesado); confiere al suelo una alta capacidad de retención de agua y nutrientes; pero puede presentar factores negativos, una baja permeabilidad (se encharcara con facilidad), una alta compacidad (dificultan la penetración de raíces) y dificultad de laboreo; aunque en menor medida que en la parcela 1.

### 8.2 Conclusiones de carácter hídrico.

La capacidad de campo y el punto de marchitez obtenidos analíticamente, nos dan unos valores que permiten que la capacidad de retención de agua útil en el suelo sea aceptable. No se encuentra pues, en este sentido, factor limitante para ningún tipo de cultivo; aunque habrá que tener cuidado con los problemas de encharcamiento.

### **8.3 Conclusiones de carácter químico.**

#### **FERTILIDAD**

· pH: El valor de pH obtenido es de 7.94 para la parcela 1 y 8,08 para la parcela 2, que le dan al suelo un cierto carácter básico típico en la zona en la que nos encontramos; esto es debido a la cantidad de carbonatos que hay en el suelo. El valor se encuentra en un nivel aceptable.

· Materia orgánica: los niveles obtenidos han sido 1.53 para la parcela 1 y de 2.01 para la parcela 2. Estos valores se encuentran comprendidos entre 1.5 y 2.5 que son los valores considerados normales por lo que no se requiere tomar ninguna medida específica, aunque en la parcela 1 ya que esta cerca del valor mínimo sería interesante aplicar algo de estiércol de oveja que es el más abundante en la zona que nos encontramos.

· Salinidad: se mide en el extracto de pasta saturada y se calcula midiendo la conductividad eléctrica (en dS/m). El valor obtenido ha sido de 2.3 dS/m para la parcela 1 y de 0.25 dS/m para la parcela 2, el cual es bajo en el caso de la parcela 2 y aunque entra dentro de los niveles aceptables (se consideran suelos no salinos aquellos con niveles de CE < 4dS/m) es un poco alto en el caso de la parcela 1, esto es debido a la abundante presencia de carbonato calcico que es una sal que por su baja solubilidad no representa riesgo alguno para las plantas. Por todo esto el suelo no presenta problemas de salinidad ni para el riego ni para las plantas.

· Nitrógeno: la concentración de nitratos es de 8.9 para la parcela 1 y de 10.2 para la parcela 2; como los niveles considerados normales están entre 5 y 10, podemos decir que nos encontramos en unos niveles normales.

· Fósforo: se obtiene por el método Olsen en ppm tiene un valor de 4.4 ppm para la parcela 1 y 2.96 ppm para la parcela 2. Por lo que será necesaria la realización de un aporte en plantación al encontrarse en un nivel bajo ya que los niveles considerados medios están entre 7 y 13.

· Carbonatos y caliza activa: nos encontramos frente a unos niveles altos que nos podrían originar problemas de clorosis ferrica sobre todo en el caso de la parcela 1; para solucionar esto utilizaremos patrones lo mas resistente posible y aplicaremos quelatos de hierro por vía foliar.

**CATIONES SOLUBLES MÁS INTERCAMBIABLES:**

La relación potasio/magnesio se encuentra en 0.4 para la parcela 1 y de 0.25 para la parcela 2; entendiendo como valores óptimos entre 0.3 y 0.8 nos encontramos en valores aceptables y no habrá problemas con este aspecto.

Con todo esto y sobre todo debido a la alta concentración de carbonatos que nos encontramos dentro del suelo se podría clasificar este suelo dentro de los calcisoles.

## **ANEJO N° 4**

### **CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO**

## **INDICE:**

1.-INTRODUCCION.....	Pág. 3
2.- INTERPRETACION DEL ANALISIS.....	Pág. 5
2.1 Relaciones entre aniones y cationes.....	Pág. 5
2.2 Relación entre conductividad eléctrica y la suma de los cationes.....	Pág. 6
3.- INDICES Y SU INTERPRETACION.....	Pág. 6
3.1 Índices de primer grado.....	Pág. 6
3.2 Índices de segundo grado.....	Pág. 8
3.2.1 Relación de adsorción de sodio (SAR o RAS).....	Pág. 8
3.2.2 Relación de calcio.....	Pág. 9
3.2.3 Relación de sodio.....	Pág. 9
3.2.4 Índice de Eaton o carbonato sodico residual (CSR).....	Pág. 10
3.2.5 Coeficiente de Álkali ( $K_1$ ) Índice de salinidad.....	Pág. 10
3.2.6 Dureza del agua.....	Pág. 11
4.- EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	Pág. 12
4.1 Criterio de salinidad.....	Pag12
4.2 Criterio de sodicidad.....	Pág. 14
4.3 Criterio de toxicidad.....	Pág. 14

5.- NORMAS COMBINADAS PARA CARACTERIZAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS UTILIZADAS EN EL RIEGO.....	Pág. 15
5.1 Normas Riverside.....	Pág. 15
5.2 Normas de H. GREENE-FAO.....	Pág. 16
5.3 Normas de L.V.Wilcox.....	Pág. 17
6.- CONCLUSIONES AL ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO.....	Pág. 18

## CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

### 1.-INTRODUCCIÓN.

Es necesario conocer el origen del agua que se utiliza en, el riego ya que, en muchas ocasiones, la calidad del agua viene determinada por su procedencia.

Los suelos contienen sales solubles que provienen de la descomposición de las rocas de donde se originan y, también, de las aguas superficiales utilizadas para el riego y de las aguas provenientes del subsuelo. Las aguas de riego aportan sales al suelo y las aguas de drenaje las eliminan. Cuando la cantidad de sales incorporadas al suelo es mayor que la cantidad eliminada se incrementa el nivel de salinidad, pudiendo llegar a límites peligrosos.

Cuanto mayor es el contenido de sales en la disolución del suelo, tanto mayor es el esfuerzo que la planta tiene que hacer para absorber el agua, con lo cual la capacidad de la planta para obtener el agua disminuye a medida que aumenta la concentración de sales.

Ocurre, además, que algunas sales pueden deteriorar las buenas cualidades físicas del suelo, son tóxicas para los cultivos u ocasionan desequilibrios en la absorción de nutrientes.

La calidad de las aguas de riego viene determinada, sobre todo, por la concentración y composición de las sales disueltas. En mucho menor medida también influyen otras características, tales como las sustancias que lleva en suspensión y la temperatura del agua.

La presencia de distintas sales disueltas puede originar trastornos si se utilizan en el riego, como pueden ser las obturaciones en los goteros, que obligan a la utilización de diferentes tipos de filtros. El análisis químico nos permitirá conocer su composición conociendo así las clases y la cantidad de sales en disolución.

El agua que utilizaremos procede de un pozo que toman el agua del acuífero abastecido por el macizo del Moncayo con similares características por su proximidad y cuya calidad contrastaremos con el pozo de Peñas Negras del cual disponemos de datos y que esta a escasos dos kilómetros del pozo que en esta finca se va a efectuar.

Se trata por lo tanto de aguas subterráneas de las cuales cabe destacar algunos aspectos:

Una vez infiltrada (con unas características químicas definidas originadas en la atmósfera o en la superficie del terreno por evapotranspiración) el agua puede sufrir modificaciones drásticas en su composición como consecuencia de un conjunto de interacciones físicas, químicas y biológicas complejas con el medio.

La calidad del agua para uso de riego se ha definido en base a los criterios de salinidad, sodicidad y toxicidad.

Se van a seguir los métodos más utilizados, que son por otra parte, los que más pueden ayudar a formar un criterio acertado. En general todos basan la calidad del agua en su contenido de sales solubles, sin considerar las relaciones que se establecen entre ésta y el medio en el que será consumida, que aun siendo un tema a tener en cuenta no le vamos a dar importancia por generar poca variación.

Se hace muy importante determinar la calidad del agua que se va a usar para el riego, ya que dependiendo de los resultados que se obtengan será factible o no la puesta de riego.

### Resultados del análisis de agua para riego

El análisis realizado por la Confederación Hidrográfica del Ebro en el pozo de Peñas Negras [Latitud: 40° 37' 49,13'' W; Longitud: 1° 31' 31,4 '' W] citado con anterioridad nos ofrece los siguientes datos:

PARAMETROS	UNIDADES	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MEDIA
Temperatura	ºC	17	17	17
pH	unids.pH	7,6	7,3	7,45
Conductividad eléctrica	µS/cm. a 20ºC	943	1017	980
Dureza	mg/l CaCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	452,92	515,83	484,375
Alcalinidad	mg/l CaCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	181	211	196
Potencial redox (Eh)	mV	269	145,4	207,2
Cloruros	mg/l Cl <sup>-</sup>	88,8	90	89,4
Sulfatos	mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	240	246	243
Bicarbonatos	mg/l CaCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	181	211	196
Sodio	mg/l Na <sup>+</sup>	53,2	54	53,6
Potasio	mg/l K <sup>+</sup>	1,1	2	1,55
Calcio	mg/l Ca <sup>2+</sup>	133	158	145,5
Magnesio	mg/l Mg <sup>2+</sup>	28,9	29	28,95
Silice	mg/l SiO <sub>2</sub>	9,8	10	9,9
CO <sub>2</sub> libre (gas)	mg/l CO <sub>2</sub>	6	16	11
O <sub>2</sub> disuelto (gas)	mg/l O <sub>2</sub>	8	7,6	7,8
Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	15	16	15,5
Nitritos	mg/l NO <sub>2</sub>		<0,01	0,005
Amonio total	mg/l NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		<0,046	0,023
Fosfatos	mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>		<0,06	0,03

## 2. - INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS.

### 2.1.- Relaciones entre aniones y cationes.

Para considerar correctos los datos proporcionados por los análisis, una comprobación consiste en que la suma de los aniones y la de los cationes ha de coincidir, ambas deben estar expresadas en equivalentes ó miliequivalentes por litro (eq/l ó meq/l).

CATIONES mg/l	meq/l	ANIONES mg/l	meq/l
Na <sup>+</sup>	53,6	Cl <sup>-</sup>	89,4
K <sup>+</sup>	1,55	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	243
Ca <sup>++</sup>	145,5	CaCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	196
Mg <sup>++</sup>	28,95	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	15,5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,023	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,03

Los resultados son:

$$\sum \text{cationes (meq/l)} = 7,15 \text{ meq/litro}$$

$$\sum \text{aniones (meq/l)} = 7,25 \text{ meq/litro}$$

La diferencia es de 0.1 meq/L. El margen de error que se puede admitir para esta diferencia es del 7% ya sea por exceso o por defecto. En este caso el error es mínimo.

## **2.2.- Relación entre la conductividad eléctrica y la suma de los cationes.**

La relación entre la conductividad eléctrica medida en microhmio/cm. y la suma de cationes o de aniones expresada en miliequivalentes/litro es, aproximadamente, igual a 100.

$$K = \frac{980}{7,19} = 136,3$$

## **3.-INDICES Y SU INTERPRETACIÓN.**

### **3.1.-Índices de primer grado.**

- EL pH.

El intervalo óptimo de pH se encuentra entre 7 y 8, en nuestro caso el pH es de 7,45, por lo tanto es un valor que se puede considerar dentro del intervalo óptimo dado y es adecuado para el agua de riego.

De todos modos, el pH no es un índice demasiado importante en la clasificación de las aguas para riego, a no ser que tomara unos índices excesivamente ácidos o alcalinos.

- Calculo de las sales totales

El contenido de sales totales en el agua de riego es uno de los factores más importantes. Este contenido es peligroso cuando pasa por encima de 1 g/l

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

$$[\text{Sales totales}] = k \times \text{CE}$$

-k => constante de proporcionalidad.

-CE (25°C) => utilizaremos el factor de corrección  $f = 1,112$  para pasar nuestra CE, tomada a 20°C, a 25°C.

$$\text{CE} \times 1,112 = 980 \times 1,112 = 1089,76$$

$$[\text{Sales totales}] = 0,64 \times 1089,76 = 697,44 \text{ mg/l.} = 0,69744 \text{ g/l.}$$

Como hemos podido comprobar, para este caso la concentración es inferior a 1 g/l., por lo que se puede decir que la calidad del agua en cuanto al contenido de sales es aceptable.

- Iones

CATIONES(meq/l)	ANIONES(meq/l)
Calcio = 3,63	Cloro = 2,51
Magnesio = 1,19	Sulfato = 2,33
Sodio = 2,33	Carbonato = inapreciable
Potasio = 0,04	Bicarbonato = 3,21

Los límites a los que se considera que puede llegar el agua de riego, en los valores de estos elementos y que su uso sea adecuado, son los siguientes:

$$-\text{Ca}^{++} = 0-20 \text{ meq/l}$$

$$-\text{Cl}^- = 0-30 \text{ meq/l}$$

$$-\text{Mg}^{++} = 0-5 \text{ meq/l}$$

$$-\text{SO}_4^{2-} = 0-20 \text{ meq/l}$$

$$-\text{Na}^+ = 0-40 \text{ meq/l}$$

$$-\text{CO}_3\text{H}^- = 0-10 \text{ meq/l}$$

$$-\text{K}^+ = \text{inapreciable}$$

$$-\text{CO}^{2-} = 0-0.1 \text{ meq/l}$$

Luego el agua que queremos usar para el riego de dicha parcela, esta por debajo de dichos límites y por tanto **cumple los requisitos exigido**.

- Presión osmótica

La presión osmótica del agua aumenta a medida que lo hace su concentración salina. La relación es lineal y puede calcularse por la fórmula:

$$Po = 0.36 \times CE$$

Donde:

**Po** = Presión osmótica, en atmósferas.

**CE** = Conductividad eléctrica, en mmho/cm.

Entonces, el resultado es:

$$Po = 0.36 \times 1,08976 = \mathbf{0,3923 \text{ atm.}}$$

### **3.2.- Índices de segundo grado.**

Los índices de segundo grado, pretenden medir el efecto combinado de dos o más sustancias, que se encuentran disueltas en el agua que se pretende usar para riego.

#### **3.2.1.- Relación de adsorción de sodio (SAR o RAS)**

La relación de adsorción de sodio hace referencia a la concentración del ión sodio y los iones calcio y magnesio. Su valor numérico se determina mediante la expresión:

$$SAR = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}}$$

Las concentraciones de los cationes se expresan en meq/l.

Cuando al analizar un agua se encuentran valores de SAR mayores que 9, se puede decir que existen problemas por riesgo de sodificación (alcalinización) del suelo debido al uso de esta agua, siendo mayor el riesgo cuanto mayor es este valor.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

En este caso se obtiene un valor de SAR de:

$$SAR = \frac{2,33}{\sqrt{\frac{3,63 + 1,19}{2}}} = 1,50$$

Por lo tanto **1,50 es menor que 10**, por lo tanto se puede considerar un **agua optima para el riego**.

### 3.2.2.- Relación de calcio.

Esta relación muestra la proporción del contenido de calcio respecto a los restantes cationes. Se expresa en meq/l, y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R_{\text{Calcio}} = \frac{\text{Ca}^{2+}}{\text{Ca}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{Mg}^{2+}} = \frac{3,63}{3,63 + 2,33 + 1,19} = 0,5076 = 50,76\%$$

Sustituyendo por los valores correspondientes se obtienen un **valor de la relación de calcio de 0,5076**.

### 3.2.3.- Relación de sodio.

Esta relación es similar a la anterior, y muestra el contenido de ión sodio que hay en un agua respecto a los restantes cationes. Se expresa en meq/l, y se calcula mediante la expresión siguiente:

$$R_{\text{Sodio}} = \frac{\text{Na}^+}{\text{Ca}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{Mg}^{2+}} = \frac{2,33}{3,63 + 2,33 + 1,19} = 0,3258 = 32,58\%$$

Sustituyendo en la expresión anterior por los valores que corresponden a cada catión, se obtiene un valor numérico de la relación de sodio de 0,3258 meq/l.

Se citan valores deseados menores a 3 y 2,2 meq/l respectivamente como riesgo bajo y entre 3-9 como riesgo moderado. Por lo tanto nos encontramos con riesgo bajo.

### 3.2.4.- Índice de Eaton o carbonato sodico residual (CSR)

Indica la peligrosidad del sodio una vez que han reaccionado los cationes de calcio, magnesio con los aniones carbonato y bicarbonato. Se calcula a partir de los valores obtenidos en el análisis, expresados en meq/l.

$$\text{CSR} = (\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$$

El criterio para caracterizar aguas de riego, según este índice es: “No son buenas las aguas que contienen más de 2,5 meq/l; son dudosas las que presentan un contenido entre 1,25 y 2,5 meq/l y son buenas, si este contenido es inferior a 1,25 meq/l.”

C.S.R < 1,25 meq/l	Agua recomendable
1,25 < C.S.R < 2,5 meq/l	Agua poco recomendable
C.S.R > 2,5 meq/l	Agua no recomendable

Así pues, en este caso: CSR = (0 + 1,96) – (3,63 + 1,19) = -2,86 meq/l.

Por lo tanto como el valor obtenido es inferior a 1,25 meq/l, el agua es buena y utilizable para el riego.

### 3.2.5.- El coeficiente de Alkali (K<sub>1</sub>). Índice de salinidad.

Este índice define “la altura de agua, expresada en pulgadas, que, al evaporarse, dejaría en el suelo en un espesor de cuatro pies (1 pie = 0,3048 m), una cantidad de sales suficiente para convertirlo en un medio perjudicial”.

Se calcula a partir del valor que se alcanza la relación Na<sup>+</sup> - 0,65 Cl<sup>-</sup>

$$\text{Si } \text{Na}^+ - 0,65 \text{Cl}^- \leq 0 , \quad k_1 = 2049 / \text{Cl}^-$$

$$\text{Si } 0 < \text{Na}^+ - 0,65 \text{Cl}^- < 0,48 \text{SO}_4^{2-}, \quad k_1 = 6620 / \text{Na}^+ + 2,6 \text{Cl}^-$$

$$\text{Si } 0 < \text{Na}^+ - 0,65 \text{Cl}^- < 0,48 \text{SO}_4^{2-}, \quad k_1 = 662 / \text{Na}^+ - 0,32 \text{Cl}^- - 0,48 \text{SO}_4^{2-}$$

En nuestro caso tenemos:

$$\text{Na}^+ - 0,65 \text{ Cl}^- = 53,6 - 0,65 \times 89,4 = -4,51 \text{ mg/l.}$$

$$0,48 \text{ SO}_4^{2-} = 0,48 \times 243 = 116,64 \text{ mg/l.}$$

El valor de la relación ( $\text{Na}^+ - 0,65 \text{ Cl}^-$ ) pertenece al primer caso, por lo tanto se obtiene un valor de  $K_1 = 22,91$ , por lo tanto, siguiendo la clasificación de Stabler, se trata de un agua buena, por lo que es utilizable y apta para el riego.

$K_1 \geq 18$  Agua buena. No necesario tomar precauciones.

$6 \leq K_1 < 18$  Agua tolerable. Emplearla con precauciones.

$1,2 \leq k_1 < 6$  Agua peligrosa. Utilizarla solo en suelos con muy buenas condiciones de drenaje.

$K_1 < 1,2$  Agua no utilizable.

### 3.2.6.- Dureza del agua.

Otro índice que se suele encontrar en los estudios de aguas, está referido al contenido de calcio que hay en estas, y se expresa en grados franceses, mediante la siguiente expresión:

$$F = \frac{(\text{Ca}^{2+} \times 2.5) + (\text{Mg}^{2+} \times 4.12)}{10} = \frac{(145,5 \times 2.5) + (28,95 \times 4.12)}{10} = 48,30$$

En la expresión las concentraciones de los cationes  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  se expresa en mg/L. Sustituyendo en la expresión por los valores correspondientes se obtiene un valor de 48,30, por lo que se entiende que es un agua dura.

Escala de dureza del agua:

TIPO DE AGUA	GRADOS FRANCESES
Muy dulce	Menos de 7
Dulce	De 7 a 14
Medianamente dulce	De 14 a 22
Medianamente dura	De 22 a 32
Dura	De 32 a 54
Muy dura	Más de 54

#### 4.- EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA.

##### 4.1.- Criterio de salinidad.

- *Clasificación de Richards.*

Se basa en la conductividad eléctrica (CE), para a partir de esta, clasificar los diferentes tipos de aguas, según los riesgos de salinidad que se pueden ocasionar por su utilización para el riego.

La clasificación de Richards es la siguiente:

CE (micromhos/cm)	Riesgo de salinidad
100-250	Bajo
250-750	Medio
750-2250	Alto
>2250	Muy alto

La CE en nuestro caso es de 1089,76 micromhos/cm., el riesgo de salinidad según Richards será alto.

- *Clasificación del comité de consultores U.C.*

Se basa en la conductividad eléctrica del agua para clasificarla según el riesgo de salinidad que su uso para riego conlleva.

La clasificación es la siguiente:

<b>CE (milimhos/cm)</b>	<b>Riesgo de salinidad</b>
< 0,75	Bajo
0,75-1,5	Medio
1,5-3,0	Alto
> 3,0	Muy alto

La CE es de 1,089 milimhos/cm., por lo tanto según esta clasificación el riesgo de salinización es medio.

- *Clasificación de la FAO.*

Como en los dos casos anteriores se basa en la CE para clasificar el agua según el riesgo de salinización.

<b>CE (milimhos/cm)</b>	<b>Riesgo de salinidad</b>
< 0,75	Sin problemas
0,75-3,0	Problemas crecientes
> 3,0	Problemas serios

La CE(25°C) es de 1,089 milimhos/cm., por lo tanto puede haber problemas, según la clasificación de la FAO.

#### **4.2.- Criterios de sodicidad.**

La clasificación de las aguas para el uso de riego, con respecto al peligro de sodio, es más complicado que en el caso del peligro por salinidad.

Se puede considerar el problema desde el punto de vista del grado probable, de que un suelo absorba el sodio del agua de riego, así como a la velocidad a la que tiene lugar dicha absorción al aplicar el agua.

El porcentaje de sodio intercambiable (PSI), que tendrá el suelo cuando este y el agua de riego estén en equilibrio, se puede pronosticar aproximadamente conociendo el valor del SAR del agua.

#### **4.3.- Criterios de toxicidad.**

- *Clasificación de la FAO (Avers y Wescot 1976)*

Se basa en las concentraciones que aparecen de los iones Sodio, Cloro y Boro.

Utiliza la siguiente clasificación:

<b>Ion (meq/l)</b>	<b>SIN PROBLEMA</b>	<b>PROBLEMA CRECIENTE</b>	<b>PROBLEMA GRAVE</b>
Na	< 3	3-9	> 9
Cl	< 4	4-10	> 10
B	< 0,7	0,7-2	> 2

Los resultados obtenidos en los análisis son los siguientes:

$$\text{Na} = 2,33 \text{ meq/l}$$

$$\text{Cl} = 2,51 \text{ meq/l}$$

B = Inapreciable

Por tanto según esta clasificación, no tenemos ningún problema de toxicidad, si se usa esta agua para riego.

## 5.- NORMAS COMBINADAS PARA CARACTERIZAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS UTILIZADAS EN EL RIEGO.

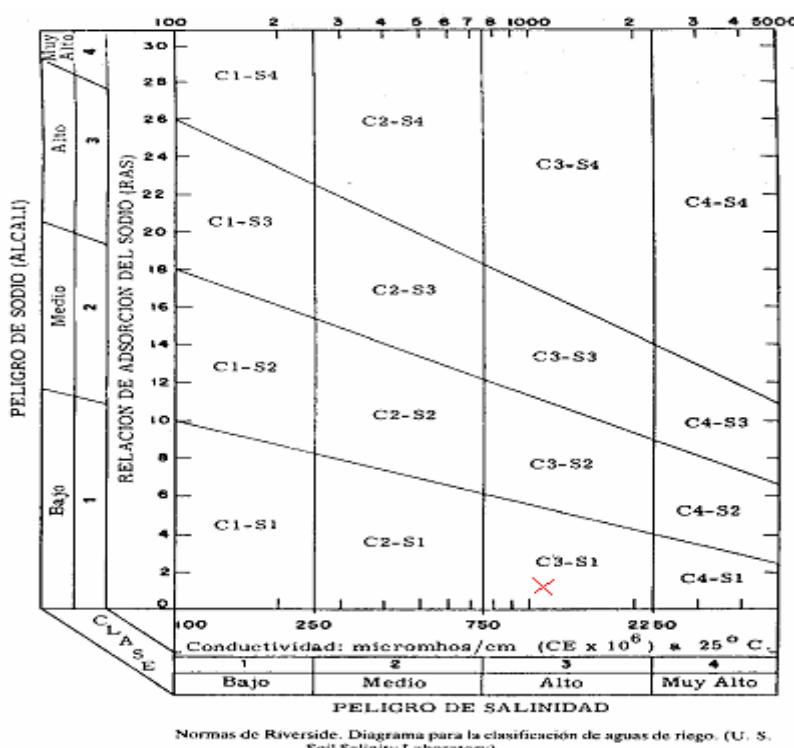
Son numerosos los criterios que se han utilizado para caracterizar la calidad de las aguas de riego. Nos referiremos aquí, solamente a los de mayor aceptación y se basan en la utilización combinada de alguno de los índices antes descritos.

### 5.1.- Normas Riverside.

Relacionan la conductividad eléctrica y el SAR. Según estos dos índices se establecen dieciséis clases de aguas en función del riesgo de alcalinización y salinización.

Utilizando los dos parámetros anteriores, el agua se caracteriza mediante una fórmula tipo CiSj, en la que los valores de C, son los correspondientes a la CE y los S, los del SAR. Los subíndices varían entre 1 y 4.

Entrando en el diagrama siguiente con los valores de SAR = 1,5 y CE = 1089,76  $\mu\text{mho}/\text{cm}$ , se obtiene una clase de agua C3-S1, que indica un riesgo alto de salinización del suelo pero muy bajo de alcalinización.



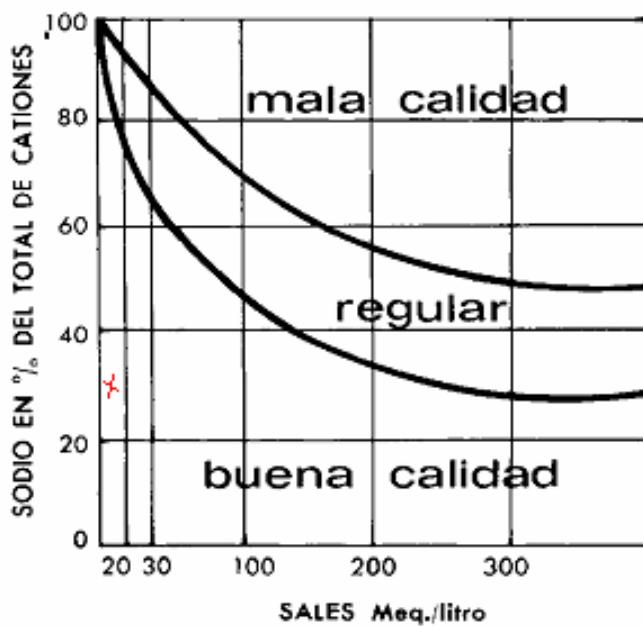
## **5.2.- Normas de H. GREENE-FAO**

Estas normas toman como datos de partida la concentración total de las aguas expresadas en meq/l con relación al porcentaje de sodio, expresado respecto al contenido total de cationes en meq/l.

$$\% \text{ [Na]} = \frac{[\text{Na}]}{[\Sigma \text{ Cationes}]} = 32,40 \%$$

Concentración total (cationes+aniones) =  $7,19 + 8,25 = 15,44 \text{ meq/l}$ .

Con estos valores obtenidos se entra en la siguiente gráfica y se obtiene como resultado un agua de buenas calidades para el riego.

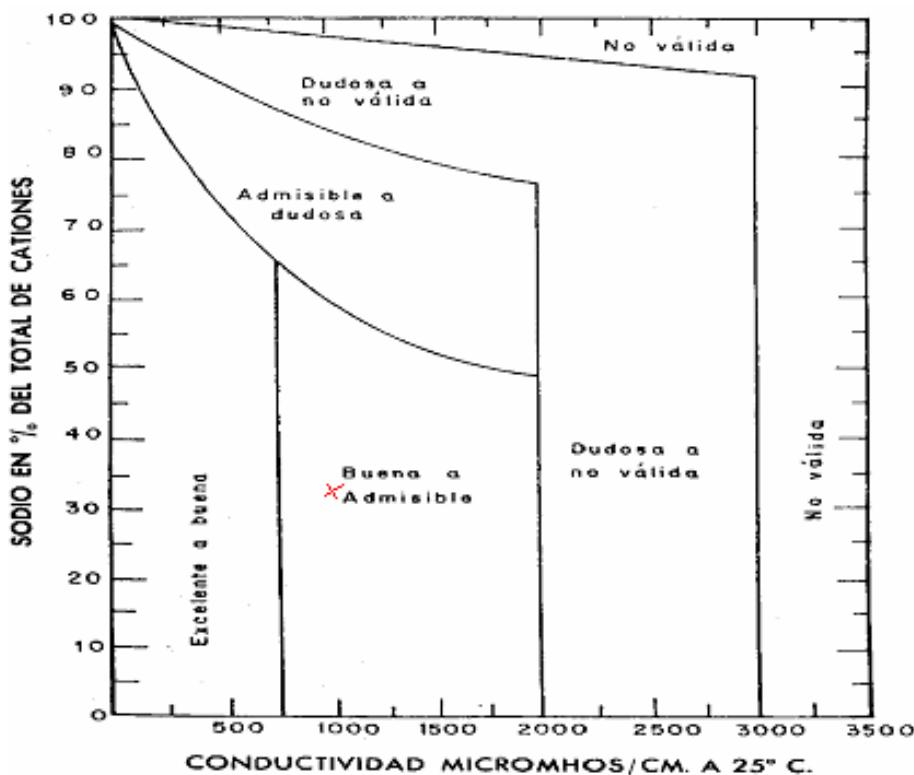


### 5.3.- Normas de L.V.Wilcox.

Este autor considera como los índices para clasificar las aguas de riego, el porcentaje de sodio respecto al total de cationes y la conductividad eléctrica en  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

El porcentaje de sodio (%Na) se ha calculado en el apartado anterior, y es de 32,40%. La conductividad eléctrica a 25°C es de 1089,76  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

Por lo tanto, entrando en la siguiente gráfica se obtiene un tipo de agua de “Buena a admisible para el uso de riego”.



## **6.- CONCLUSIONES AL ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO.**

Con todo lo expuesto en este anejo, se llega a la conclusión de que esta agua no causará ningún problema sobre el desarrollo de los cultivos ni sobre el suelo de la parcela, ya que reúne todos los requisitos mínimos de calidad.

Por lo tanto se puede decir, que el agua de este pozo será óptima para el riego, sin ningún tipo de limitación; con lo cual se aconseja el desarrollo del presente proyecto.

## **ANEJO N° 5**

# **AGRONOMÍA Y CULTIVO DEL ALMENDRO**

## **INDICE:**

<b>1.- INTRODUCCIÓN .....</b>	Pág. 2
<b>2.-AGRONOMÍA DEL CULTIVO.....</b>	Pág. 2
2.1 Fisiología del almendro .....	Pág. 2
2.2 Exigencias climáticas del almendro .....	Pág. 3
2.3 Exigencias edafológicas del almendro .....	Pág. 4
2.4 Ciclo biológico del almendro .....	Pág. 4
<b>3.- CULTIVO DEL ALMENDRO .....</b>	Pág. 5
3.1 Mantenimiento del suelo y eliminación de malas hierbas.....	Pág. 5
3.2 Poda .....	Pág. 6
3.2.1 Poda de formación .....	Pág. 6
3.2.2 Poda de producción .....	Pág. 7
3.2.3 Poda en verde .....	Pág. 8
3.2.4 Poda de rejuvenecimiento.....	Pág. 9
<b>4.-PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL ALMENDRO .....</b>	Pág. 9
4.1 Plagas en almendro.....	Pág. 9
4.2 Enfermedades del almendro .....	Pág. 14
4.3 Defensa fitosanitaria. Calendario de tratamientos .....	Pág. 21
<b>5.- LA FERTILIZACION DEL ALMENDRO .....</b>	Pág. 23
5.1 Introducción a la fertilización en almendro .....	Pág. 23
5.2 Elementos químicos en la fertilización del almendro.....	Pág. 25
5.3 La fertirrigación .....	Pág. 28

## 1.- INTRODUCCIÓN.

El cultivo del almendro está en auge en los últimos años debido a varios motivos, uno de ellos es que el precio de la almendra en los últimos años está haciendo que este cultivo sea cada día más rentable. Por otro lado la rusticidad con la que esta planta se adapta a todo tipo de suelos y a condiciones de sequía está haciendo que cada día este cultivo esté fomentando mayor interés, aunque este último punto no nos preocupa mucho en el presente proyecto ya que la finca va a ser transformada a regadío.

## 2.- AGRONOMÍA DEL ALMENDRO.

### 2.1 Fisiología del almendro.

El almendro (*Prunus Amygdalus*) pertenece a la familia de las rosáceas y es originario de los países mediterráneos.

En el almendro como en todas las plantas se distinguen dos partes, la parte subterránea y la parte aérea de la planta:

#### - PARTE SUBTERRÁNEA:

Tiene la función de anclaje al suelo y la de absorber agua y nutrientes, y corresponde a las raíces. La raíz del almendro es pivotante y alcanza grandes profundidades; la raíz horizontalmente, alcanza hasta 10 metros de longitud. El crecimiento de las raíces en secano se da en primavera y otoño mientras que en regadío el crecimiento es continuo desde la primavera hasta el otoño.

#### - PARTE AÉREA:

Es toda la estructura visible y en regadío puede llegar a alcanzar los 8 o 10 metros de altura. La madera conforme el árbol envejece se oscurece y se agrieta. Las yemas pueden ser de dos tipos florales que son las que dan origen a una flor y son ovaladas gruesas y poco puntiagudas; y las yemas vegetativas que son las que dan origen a nuevas ramas y son cónicas delgadas y puntiagudas.

Las ramas también existen de varios tipos:

#### - Ramas vegetativas:

- Rama de madera: Es la rama típica de todos los árboles que no fructifica.
- Chupón: Crecer verticalmente del tronco pudiendo llegar a medir 2 metros.

- Ramas fructíferas:

- Rama mixta: es igual que las de madera más que presenta flores es vigorosa y gruesa, en los almendros adultos es la más abundante.
- Ramillete de mayo: son ramitas de 1 a 4 centímetros llenas de inflorescencias que salen de madera de al menos 2 años.
- Brindilla: rama delgada de 5 a 30 cm. Que esta llena de yemas vegetativas pero que en la punta presenta un grupo de inflorescencias.

Las hojas son caducas y tienen forma lanceolada, borde dentado y están dobladas a lo largo de su nervio principal en forma de uve. El limbo es lampiño y brillante en el haz. Se disponen de forma alternas y nacen después de las flores.

## **2.2 Exigencias climáticas del almendro.**

El almendro se trata de una planta de clima típico mediterráneo que por lo tanto se desarrolla bien en el lugar en el que se va a efectuar el proyecto.

Una de las limitaciones que presenta este cultivo es la sensibilidad a las heladas primaverales ya que es el primer árbol frutal en sacar las flores (sobre la última semana de febrero y primera quincena de marzo en función de las variedades). Las temperaturas mínimas que resiste en primavera son: cuando todavía están las yemas florales hasta -3° C, mientras se encuentran las inflorescencias hasta -2.7° C, y cuando el fruto esta recién cuajado apenas llega a -1° C se produce la perdida de la cosecha.

A pesar de lo anterior el almendro es una planta que necesita de inviernos frescos ya que según Tabuenca necesita de 100 horas de frío (por debajo de 7.2 ° C) en las variedades menos exigentes hasta las casi 400 horas en las variedades mas exigentes.

En lo que a necesidades de agua se refiere, es una planta poco exigente ya que puede cultivarse en zonas con una pluviometría de 300 mm anuales siendo el optimo de cultivo en zonas con una pluviometria de 500 a 700 mm anuales, aumentando la producción y rendimiento en grano en la medida que aumenta la disponibilidad de agua para la planta.

### **2.3 Exigencias edafológicas del almendro.**

El almendro es una planta poco exigente en cuanto a tipo de suelo se refiere, ya que se desarrolla bien en suelos pobres.

El almendro es una planta que desarrolla bien en suelos calcáreos, es resistente a la salinidad y se desarrolla mejor en suelos profundos.

Por el contrario el almendro es una planta muy sensible a la asfixia radicular y a la podredumbre radicular en suelos mal drenados, por lo que no se hace recomendable este cultivo en suelos arcillosos, teniendo su óptimo de desarrollo en suelos frances o franco-arenosos.

El óptimo de pH es de 6 a 7, aunque se desarrolla también perfectamente en suelos ligeramente básicos.

### **2.4 Ciclo biológico del almendro.**

El almendro al tratarse de un árbol de hoja caduca permanece todo el invierno sin actividad vegetativa en la parte aérea. Sobre los últimos días de febrero y la primera quincena de marzo el almendro recobra la actividad vegetativa, lo primero que hace es sacar las flores para que sean polinizadas por los insectos, ya que se trata de una planta entomófila, cuando las flores han sido polinizadas comienzan entonces a aparecer las hojas las cuales alcanzan su tamaño normal en pocos días; es entonces cuando se está produciendo el cuajado de los frutos.

Inmediatamente después los frutos comienzan a engordarse y en apenas un mes alcanzan el tamaño final, cuando esto sucede comienza a llenarse el grano y posteriormente ha endurecerse el hueso. Durante todo este tiempo la actividad vegetativa del árbol no cesa.

Cuando comienzan las altas temperaturas del verano el árbol sufre una parada vegetativa y es en ese momento cuando se produce la inducción floral para el año siguiente.

Hacia mitad de septiembre empieza lo que coloquialmente se denomina “abrir las almendras” el mesocarpo se abre y comienza a separarse en dos mitades dejando al descubierto el endocarpo o hueso de la almendra.

Cuando las altas temperaturas disminuyen comienza la segunda savia y el árbol reanuda su actividad vegetativa, acumulando reservas para el siguiente ciclo biológico. Cuando llega el otoño y comienzan las bajas temperaturas el árbol se desprende de las hojas, entra en parada vegetativa y se produce el endurecimiento de la madera de ese año.

### **3.- CULTIVO DEL ALMENDRO.**

#### **3.1 Mantenimiento del suelo y eliminación de malas hierbas.**

Se ha optado por una forma de mantenimiento con laboreo tradicional aprovechando los aperos de los que dispone el propietario, que se verá alterado por el riego, que concentrará el agua y los nutrientes en un diámetro pequeño alrededor de los goteros es decir cerca de los árboles, pero también se concentrará allí el mayor número de malas hierbas siendo esta la zona de peor acceso para el laboreo, ya que solo se podrá pasar con el cultivador por las calles siendo imposible las labores cruzadas debido a que se encontraran extendidas las tuberías de polietileno con los goteos. La solución adoptada para eliminar las malas hierbas ubicadas en las proximidades de la tubería de polietileno será mediante la aplicación de herbicidas.

El laboreo se realizará con un cultivador de 15 o 17 brazos colocados en dos filas de manera intercalada para que no se escape a las rejillas ninguna planta. La profundidad de laboreo será pequeña de aproximadamente unos 12 centímetros, puesto que la única misión de esta labor es la eliminación de malas hierbas. Las veces que se realizaran estas pasadas de cultivador se dejan a elección del agricultor ya que dependerá de la cantidad de malas hierbas que aparezcan cada año debido a la cantidad de lluvias, siendo recomendadas de 4 a 5 pasadas cada año.

La aplicación del herbicida se hará con una pulverizadora que suministrara el caldo a un brazo colocado en la parte delantera del tractor, este brazo constará de tres boquillas que aplicaran el caldo de forma uniforme por la parte del suelo al que no llegan las labores. Se realizará una aplicación al principio de la primavera con glifosato cuando las malas hierbas empiezan a emerger y en función de lo lluvioso que sea el año y la cantidad de malas hierbas que aparezcan se hará necesaria otra aplicación a finales de primavera con algún herbicida de contacto.

### **3.2 Poda.**

Se trata de una práctica universalmente aceptada. La tendencia del almendro, en caso de no intervenir el hombre daría árboles con un notable desarrollo parecidos a arbustos en los que no penetraría la luz al interior, desplazando la cosecha a los puntos más externos del árbol complicando su recolección. Además se produciría un envejecimiento más rápido de la planta.

Una poda debidamente realizada no pretende modificar drásticamente la vegetación natural del almendro, sino acomodar nuestro interés a su propia tendencia. Además el almendro tiene tendencia a generar formaciones preferentes de madera y por lo tanto debemos actuar para incrementar la producción.

Distinguiremos entre cuatro tipos de poda en función de la edad del árbol y la forma que tenemos de actuar sobre él:

- Poda de formación.
- Poda de producción.
- Poda en verde.
- Poda de rejuvenecimiento.

#### **3.2.1 Poda de formación.**

Es la poda que se realiza durante los primeros 3 o 4 años, según el patrón y la variedad que se utilicen.

Esta poda debe de conservar durante el mayor tiempo posible el mayor número de hojas para evitar quemaduras en la madera joven y al principio solo debe equilibrarse el árbol por pinzamientos. Además debe de tenerse en cuenta que al principio podas severas retasan la entrada en producción y que ángulos demasiado agudos en la elección de las ramas madres, generan ramas débiles, considerando que que las incisiones y entalladuras fuertes en almendro pueden generar goma

El primer año realizaremos una poda muy fuerte apenas dejando el tronco y tres o cuatro ramas cortadas a una distancia de unos veinte centímetros del tronco.

Será normalmente en el segundo año cuando se elegirán las ramas que constituirán la estructura del árbol, deberán ser tres ramas distribuidas a unos 120 grados aproximadamente. Este mismo año suele ser interesante una pequeña poda en verde aclarando los brazos por la parte inferior para favorecer su vigor y una adecuada ramificación para el siguiente año.

El tercer año debemos de evitar chupones, tenemos que seleccionar las ramas secundarias y limpiarlas en su base y partes finales.

El cuarto año se eligen definitivamente las ramas secundarias y se diseña la estructura del segundo piso y de las ramas terciarias que constituirán el conjunto del esqueleto.

### **3.2.2 Poda de producción.**

Con este tipo de poda lo que perseguimos es tener una adecuada producción y que esta sea regular todos los años evitando fenómenos de vecería. Debe realizarse a finales de invierno antes de que el árbol empiece a florecer. Hay quien recomienda hacerla a finales de verano, pero esta opción la desechamos porque la cicatrización es mucho mas lenta. A la hora de realizar la poda hay que prestar atención a la variedad para tener en cuenta que la verticalidad, órganos de fructificación, vigor y tendencia a formar anticipados entre otros pueden variar en función de la variedad.

Aunque no se pueden dar pautas estrictas en la poda de fructificación podemos utilizar como normas generales:

- Suprimir cada año la quinta parte del almendro para conseguir su renovación.
- Es conveniente podar ramas cuando tienen entre 2 y 3 centímetros de diámetro. Los cortes en madera mas gruesa no suelen ser recomendables a no ser para eliminar madera muerta.
- Los ramos mixtos deben aclararse para conseguir una separación entre ellos de 20 y 30 centímetros.
- Los ramos mixtos largos (de mas de 30 cm.) deben terciarse para evitar el desnudado de yemas en la base de estas formaciones, que se da si se dejan excesivamente largas.
- No debemos eliminar las formaciones con ramaletes de mayo, ya que estos suelen formarse en ramas de 2 a 4 años y que producen durante 4 o 5 años.
- Es adecuado el mantenimiento de las brindillas, especialmente para aquellas variedades que florecen bien en estas formaciones, o mantener pero bien controlados (sin que su numero y tamaño sea excesivo) los ramos mixtos en variedades que produzcan sobre estos.

### **3.2.3 Poda en verde.**

Esta poda consiste fundamentalmente en eliminar chupones y formaciones excesivamente vigorosas. Se denomina de esta manera porque se realiza en mayo generalmente, es decir, cuando el árbol se encuentra en plena actividad vegetativa.

Esta poda pretende localizar mejor la distribución de la producción en el árbol y mejorar el equilibrio vegetativo-productor. Este tipo de poda se hace imprescindible en plantaciones en regadío, como es el caso que nos ocupa. Además esta poda elimina costos en la poda de invierno ya que eliminamos todos chupones de manera mucho mas rápida que para el invierno.

### **3.2.4 Poda de rejuvenecimiento.**

El almendro es un árbol de vida media pero con el tiempo, sobre todo en condiciones de secano, requiere de una renovación de sus estructuras que suele ser bastante problemáticas. Normalmente suele precisar de este tipo de poda cuando el árbol llega a 25 o 30 años.

Esta poda consiste en eliminar grandes cantidades de madera para fomentar la aparición de nuevas ramas a partir de las cuales volver a formar la parte de la estructura del árbol que ha sido eliminada. En árboles adultos se puede realizar cada 5 o 6 años. De todos modos se deben evitar los cortes mas gruesos y en todo caso, utilizar en estos un mástic de protección, a ser posible con inhibidores de crecimiento para evitar la inducción de chupones o exceso de brotes en la base del corte.

## **4.- PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL ALMENDRO.**

### **4.1 Plagas en almendro.**

#### **· TIGRE (*Monosteira unicostata*)**

Es un hemíptero muy voraz de unos 2 a 2.5 mm de longitud, de color marrón claro y con un listado evidente del que toma el nombre. Se alimenta de savia y vive en el envés de la hoja donde también se pueden encontrar larvas. En inviernos no muy duros los adultos pueden invernarse en huecos de la corteza.

#### **Síntomas y daños:**

Aunque es un insecto muy visible también se puede detectar por el amarilleo que produce en el haz de las hojas y por la característica deposición de sus excrementos, que quedan adheridos al envés de las hojas formando unos típicos punteados negro azabache.

Produce defoliación precoz de los árboles afectados.

Control:

Se realizan tratamientos con deltametrin o dimetoato.

· POLILLA DEFOLIADORA (*Malacosoma neustria*)

Es un lepidóptero defoliador cuya larva es muy voraz y con mucha actividad en primavera. Realiza una puesta en verano con una típica forma de anillo en los brotes jóvenes de los que nace la larva que se alimenta de hojas jóvenes.

Síntomas y daños:

Afecta al almendro con sus larvas que se alimentan vorazmente de las hojas.

Cuando el ataque es fuerte llega a dejar los brotes jóvenes sin hojas.

Control:

Se realizan tratamientos con deltametrina o metomilo.

·PULGONES (*Brachycaudus sp.*)

Son numerosas las especies de afidos que atacan al almendro ya que son polífagos.

Síntomas y daños:

Suelen atacar a los brotes más jóvenes y sus hojas produciendo enrollamientos, acortamientos y deformaciones en estos que toman un aspecto y torsionado muy característico, en brotes los entrenudos quedan muy cortos. Ataques muy fuertes pueden producir defoliaciones.

Los daños comienzan en febrero y aumentan a medida que avanza el ciclo hasta septiembre que cesan su actividad ya que se pasan a otras especies.

Control:

Son de difícil control. Su control comienza en invierno con tratamientos de aceite de invierno.

Los pulgones desarrollan resistencias con relativa facilidad por lo que es interesante cambiar de materia activa cada vez que realizamos un tratamiento.

Se realizan tratamientos con metilclorpirifos, deltametrina o imidacloprid; en ataques fuertes se puede tratar con dimetoato y pirimicarb.

· BARRENILLO (*Scolytus amygdali* o *Scolytus mali*).

Son coleópteros negros o marrones oscuros, de entre 2 y 4 mm de característica forma cilíndrica, son polífagos y afectan a muchos leñosos.

Síntomas y daños:

Suele atacar a árboles viejos o deprimidos por otras patologías. La forma mas clara de observar su presencia es observar ramas de calibre medio, en estas se observa facilmente el serrín que produce el adulto al excavar galerías en ramas con poca circulación de savia, en estos orificios puede aparecer goma.

En primavera atacan en la base de las yemas y ramos jóvenes que se secan o rompen con facilidad.

Ataques intensos pueden producir la muerte de almendros afectados por otras patologías.

Control:

Poniendo como cebo para que los atraiga restos de poda y luego quemarlos. Su control químico se hace con dimetoato, deltametrina y otros .

· ANTONOMOS (*Anthonomus amygdaly*)

Pertenece al grupo de los curculionidos, son de entre 3 y 4 mm de longitud son de colores negruzcos u oscuros, las hembras son mas claras.

Síntomas y daños:

Pasan el verano y parte del invierno en la corteza y después según la climatología pasan a las ramas atacando a las yemas y a las flores al abrirse.

El adulto realiza una puesta entre enero y febrero en las yemas mas desarrolladas estas larvas primero se alimentan del tejido de la yema después del de la flor y por ultimo de pequeños frutitos.

Pueden causar una perdida de yemas de flor del 30 al 50%. Afectando en gran medida a la producción.

#### Control:

Se realizan tratamientos con aceites en invierno. Cuando hay adultos antes de la ovoposición se puede tratar con deltametrin o metil-pirimifos.

#### · GUSANO CABEZUDO (*Capnodis tenebrionis*)

Es un coleóptero y representa uno de los mayores problemas en frutales de secano. El adulto mide de 22 a 25 mm con dimorfismo sexual y hembras de mayor tamaño. Presenta un protórax muy abultado que parece una cabeza. En el céfalo-tórax presenta un color blanco grisáceo que contrasta mucho con el élitro negro. Realiza la puesta en el cuello de los árboles.

#### Síntomas y daños:

Ataca a las brotaciones y come hojas más o menos tiernas produciendo defoliaciones. Esta plaga es de ciclo bianual y para la eclosión de huevos necesita el suelo seco, en primavera salen los adultos. Es entonces cuando produce el debilitamiento o la muerte de los almendros afectados en el cuello por las larvas.

#### Control:

Esta plaga es muy difícil de controlar debido a la ubicación de sus huevos y solo conseguimos reducir las poblaciones de este insecto.

Para disminuir la población de adultos son eficientes.

Para el control de larvas se pudo aplicar pero su éxito es muy limitado con metomilo o cipermetrin.

#### · ORUGUETA DEL ALMENDRO (*Aglaope infausta*)

Es un microlepidóptero que de adulto posee un cuerpo oscuro y ala gris de unos 2 cm de largo. La oruga mide de 16 a 20 mm y posee una característica banda dorsal amarillenta con punteado intercalar negruzco y rodeada de dos bandas también dorsales de color violeta.

#### Síntomas y daños:

La oruga invernante comienza sus daños cuando brotan las hojas en el envés de estas creando unas galerías peculiares, conforme evoluciona la oruga comienza a alimentarse del haz y al final acaban dejando solo el nervio de la hoja.

Causan la defoliación precoz del árbol y conforme va teniendo ataques el árbol pierde vigor.

**Control:**

Con aceite de invierno es la mejor manera de controlar la plaga. Como productos químicos para el control de la plaga en posteriores fechas puede usarse deltametrina o clorpirifos.

**4.2 Enfermedades del almendro.**

· PODEDUMBRE BLANCA DE RAICES (*Armillaria mellea*).

**Síntomas y daños:**

Los síntomas comienzan con una clorosis foliar inespecífica y una reducción de la vegetación que genera una depresión y la muerte del árbol cuando llegan los calores del verano. Se puede detectar en que las raíces y el cuello del almendro toman un color mas oscuro de lo habitual; al descortezarse la raíz se puede ver el micelio fibroso de color claro con un olor característico.

**Control:**

Deben eliminarse bien antes de plantar los restos de plantaciones anteriores, hay que arrancar rápidamente árboles afectados por esta patología.

Los tratamientos fitosanitarios suelen ser poco eficaces pero se puede tratar con sulfato de hierro.

PODEDUMBRE ROSADA DE LAS RAICES (*Rosellina necratix*).

**Síntomas y daños:**

Los almendros afectados presentan clorosis que da lugar a la disminución de la vegetación, lenta evolución de los frutos en la maduración y un secado parcial de las ramas que puede afectar al árbol entero.

La enfermedad debe de confirmarse porque la raíz se cubre de una malla densa de color crema grisáceo que luego pasa a rosado y posteriormente se oscurece.

Control:

Deben eliminarse todos restos de plantaciones anteriores, debe de evitarse que se encharque el suelo y evitar heridas por las que penetre el hongo. Las plantas afectadas deben eliminarse rápidamente para evitar contagios.

Los tratamientos fitosanitarios apenas son eficaces.

· VERTICILOSIS (*Verticillium dahliae*).

Síntomas y daños:

Esta enfermedad suele atacar al llegar las altas temperaturas de mayo los se detecta en que hay ramas a las que se le secan las hojas pero estas permanecen en al árbol sin caerse intercaladas con otras ramas que se ven afectadas. Se confirma la enfermedad cuando se ven manchas marrones y alargadas en los vasos conductores distribuidas de forma circular que se ven por descortezaado en los brotes.

Control:

Los tratamientos fitosanitarios para eliminar la enfermedad no son eficaces por ello recurrimos a prácticas culturales para evitar que nos ataque.

Es importante escoger planta libre de esta enfermedad y evitar plantar donde haya habido cultivos sensibles a esta enfermedad tales como vid, olivos, tomate, alfalfa...

También se puede restringir la frecuencia de riego, disminuir el abonado nitrogenado, no establecer cultivos interlineales y suprimir ramas afectadas 4 o 5 cm por debajo del ataque de la enfermedad.

· MOTEADO (*Venturia carpophila*).

Síntomas y daños:

En ramas jóvenes se observan ataques con manchas ovaladas de color gris oscuro y borde rosado que se extienden rápidamente hasta alcanzar los 6 mm y anillado de la rama que empieza a secarse. La superficie del chancre se hunde en el centro formando una escotadura y tomando un color casi negro.

En frutos jóvenes aparecen manchas redondeadas de color verde aceituna que generan depresiones, estas manchas se van juntando unas con otras se ponen cada vez mas oscuras y secan el fruto prematuramente.

Control:

Se recomiendan tratamientos con derivados del cobre en invierno y posteriormente tratamientos con captan, ziram, TMTD (Tiram), u otros.

· MONILIOSIS (*Monilia laxa*).

Síntomas y daños:

La característica mas clara es que se secan las flores infectadas en antesis, que aun después de secas permanecen en el árbol. Este hongo también se propaga por ramos que se necrosan y se secan. También afecta a frutos y ramas en los que el crecimiento del hongo da lugar a unos chancros parduzcos característicos.

Control:

El control preventivo es bueno eliminar durante la poda ramas y frutos que han sido atacados.

Esta enfermedad puede ser sino eliminada si muy reducida mediante tratamientos fitosanitarios. Debemos utilizar cobre en otoño en la caída de las hojas y repetir este tratamiento en el invierno antes de que muevan los almendros.

Durante el ciclo del árbol pueden realizarse tratamientos con oxicloruro de cobre, ziram, TMTD, captan o ciproconazol en floración.

·ANTRACNOSIS (*Gloesporium amigdalinum*).

Síntomas y daños:

Se detecta como unas manchas amarillentas o pardas en el fruto en desarrollo que cuando crece se transforma en depresiones que se van uniendo y generando goma al principio del verano. Los frutos llegan a secarse y en ataques intensos se puede perder toda la cosecha.

Control:

Deben realizarse 2 o 3 tratamientos; el primero a la caída de los pétalos, otro a los 15 o 20 días y el ultimo a los 10 días con productos como captan o cobre.

- FUSICOCUM. (*Fusicoccum amygdali*)

Síntomas y daños:

Este hongo penetra por heridas peciolares como en la caída de las hojas o de los pétalos o por heridas que sufre el árbol.

Produce unos chancros y zonas de secado rápido de los ramaletos de mayo afectando a las yemas que llegan a desprenderse. Se ve en que produce zonas necróticas elípticas y negruzcas que rodean inicialmente las yemas y que evolucionan secando toda la formación frutícola.

Control:

Se realizan 2 o 3 tratamientos con captan, metiram, oxicloruro de cobre, tiram o ziram.

**MANCHA OCRE. MOTEADO ROJO DE HOJAS (*Polystigma ochraceum*)**

Síntomas y daños:

En las hojas de los almendros afectados se observan unas manchas circulares inicialmente amarrillo-marrón que pasan posteriormente a color rojo muy vivo que puede llegar a afectar hasta la mitad de la superficie foliar. Acaban produciendo defoliaciones anticipadas y en ataques repetidos causan el envejecimiento de la plantación.

Control:

Resulta eficaz tratamientos con mancoceb y maneb después de la caída de pétalos y repetir el tratamiento a los 30 días.

· ABOLLADURA O LEPRA (*Taphina deformans*).

Síntomas y daños:

Ataca a todos los órganos del almendro y produce deformaciones características en sus hojas, con abullonado irregular hacia el haz acompañado de enrojecimientos parciales, así como engrosamiento de los tejidos.

Los brotes afectados son más gruesos y toman formas irregulares con entrenudos característicos y brotaciones retorcidas.

Control:

Lo eficaz es realizar tratamientos preventivos antes de que aparezca la enfermedad ya que después es difícil de eliminar, los tratamientos se realizan con captan, cobre, ziram o TMTD.

· CRIBADO O PERDIGONADO. (*Stigmella carpophila*).

Síntomas y daños:

Ataca tanto a ramas como a brotes jóvenes. En las hojas se observa inicialmente unas manchas de color marrón rojizas con un halo clorótico que evoluciona a necrosis circulares que se desecan y se caen generando orificios característicos en las hojas.

Puede afectar también al fruto que aparecen manchados y con necrosis circulares que segregan goma. En brotes jóvenes genera manchas alargadas de color marrón rojizo que tienden a lignificarse y que suelen expulsar goma.

Control:

Como tratamiento preventivo se realiza una aplicación en la caída de las hojas y otra en el hinchado de las yemas con caldo bordolés.

Para combatir la enfermedad se realizan tratamientos con captan, ziram o tiram.

· DESECADO. ROYA DEL ALMENDRO (*Tranzschelia pruna-spinosae*)

Síntomas y daños:

Se da en primaveras muy lluviosas. Se detecta unas manchas cloróticas en las hojas visibles en el haz que corresponden con las típicas postulas rojizas que producen las royas.

Control:

En ataques fuertes es difícil de controlar pero se debe de tratar con mancoceb, manebe, caldo bordolés, folpet, propineb, ziram o compuestos del cobre.

· AGROBACTERIUM. TUMOR DE RAICES (*Agrobacterium tumefaciens*)

Síntomas y daños:

Consiste en un hongo que se instala en las raíces y cuello del árbol generando unos tumores que asfixian al árbol; a veces también se pueden observar lesiones en los tejidos corticales.

Los almendros jóvenes afectados tienen un desarrollo muy bajo y llegan incluso a morir. Si la planta es grande la hace mas sensible a la sequía, reduce su vigor, disminuye su productividad y acaba matándola.

Control:

Los tratamientos fitosanitarios ante esta enfermedad resultan nulos. La única forma de evitar la enfermedad es plantar árboles exentos de este hongo y evitar plantaciones sin haber hecho desinfección del suelo en lugares que hayan dado positivo.

· CHANCROS BACTERIANOS (*Pseudomonas syringae*)

Síntomas y daños:

Al principio del ataque se forman chancros primaverales rodeados por abundantes bolsas de goma; estos chancros que inicialmente son activos y se extienden a lo largo del tronco de modo ascendente, se necrosan y forman zonas muertas en el cuello del tronco y en las ramas principales. Estos chancros también producen anillamientos en ramas jóvenes.

Ataques fuertes ocasionan la muerte del árbol.

**Control:**

Como toda bacteria es difícil de controlar, deben evitarse encharcamientos y humedades en el cuello de los árboles.

Aunque los tratamientos fitosanitarios no son del todo muy eficaces se recomiendan tratamientos con derivados del cobre o con captan aprovechando los tratamientos de otras enfermedades.

### **4.3 Defensa fitosanitaria. Calendario de tratamientos.**

PLAGA	MOMENTO DE TRATAMIENTO	PRODUCTO	FORMA	DOSIS
Pulgón	Invierno	Aceite de invierno	Pulverización	2 a 3 l/Hl
	Caída de pétalos	Dimetoato 40%		1 l/Hl
	Principios de Abril	Deltametrina 2.5%		0.5 a 0.75 l/Hl
	Principios de Abril	Deltametrina 2.5%		
Orugueta del almendro	Invierno	Aceite de invierno	Pulverización	2 a 3 l/Hl
	Caída de pétalos	Dimetoato 40%		1 l/Hl
	Principios de Abril	Deltametrina 2.5%		0.5 a 0.75 l/Hl
Gusano cabezudo	Invierno	Aceite de invierno	Pulverización	2 a 3 l/Hl
	Caída de pétalos	Dimetoato 40%		1 l/Hl
	Principios de Abril	Deltametrina 2.5%		0.5 a 0.75 l/Hl
ENFERMEDAD	MOMENTO DE TRATAMIENTO	PRODUCTO	FORMA	DOSIS
Moteado	invierno	Oxicloruro de cobre 50%	Pulverización	6 a 8 kg/Hl
	Caída de pétalos	Captan		2 a 3 kg/Hl
	Principios de Abril	Tiram 80%		2 a 3 kg/Hl
Moniliosis	invierno	Oxicloruro de cobre 50%	Pulverización	6 a 8 kg/Hl
	floración	ciproconazol		150 g/Hl
	Caída de pétalos	Captan		2 a 3 kg/Hl
	Principios de Abril	Tiram 80%		2 a 3 kg/Hl
	Final de primavera	Mancozeb		2 a 3 kg/Hl
	Principio de verano	Captan		2 a 3 kg/Hl
Antracnosis	Caída de pétalos	Captan	Pulverización	2 a 3 kg/Hl
	Principios de Abril	Tiram 80%		2 a 3 kg/Hl
	Principio de verano	Captan		2 a 3 kg/Hl

Fusicocum	Caída de pétalos	Captan	Pulverización	2 a 3 kg/Hl
	Principios de Abril	Tiram 80%		2 a 3 kg/Hl
Mancha ocre	invierno	Oxicloruro de cobre 50%	Pulverización	6 a 8 kg/Hl
	Caída de pétalos	Captan		2 a 3 kg/Hl
	Principios de Abril	Tiram 80%		2 a 3 kg/Hl
	Final de primavera	Mancozeb		2 a 3 kg/Hl
Abolladura	Caída de pétalos	Captan	Pulverización	2 a 3 kg/Hl
	Principios de Abril	Tiram 80%		2 a 3 kg/Hl
Cribado	invierno	Oxicloruro de cobre 50%	Pulverización	6 a 8 kg/Hl
	Caída de pétalos	Captan		2 a 3 kg/Hl
	Principios de Abril	Tiram 80%		2 a 3 kg/Hl
Roya	invierno	Oxicloruro de cobre 50%	Pulverización	6 a 8 kg/Hl
	Principios de Abril	Tiram 80%		2 a 3 kg/Hl
	Final de primavera	Mancozeb		2 a 3 kg/Hl

## 5.- LA FERTILIZACION DEL ALMENDRO.

### 5.1 Introducción a la fertilización en almendro.

El abonado tiene como objetivo satisfacer las necesidades nutritivas de las plantas, por lo que se convierte en una de las prácticas más frecuentes en la agricultura. Todas las plantas necesitan los mismos elementos nutritivos, pero existen diferencias sustanciales en el requerimiento entre plantas distintas así como en la fertilidad de los diferentes suelos.

Las plantas leñosas, como es el caso del almendro, disponen de órganos de reserva donde los nutrientes son almacenados para su utilización cuando las condiciones ambientales no le sean favorables.

Las necesidades nutritivas de un almendro joven son diferentes a las de un almendro adulto, pero también son diferentes según la fertilidad del suelo donde se ha llevado a cabo la plantación.

Debido a todo esto, no se puede recomendar un tipo de abonado anual para una plantación, pues en cada momento y en función de unas características dadas, necesitan un tratamiento diferente.

Desde el punto de vista agronómico el empleo excesivo de fertilizantes lleva a excesos y desequilibrios nutritivos, pudiendo interferir con la nutrición o disponibilidad de otros elementos nutritivos. Su consecuencia puede ser la provocación de efectos negativos en la producción y en la calidad del producto y, a largo plazo, disminuir la capacidad productiva del suelo en futuras generaciones.

Una planta se encuentra en condiciones óptimas de nutrición cuando todos los elementos esenciales para su desarrollo se encuentran en equilibrio, de forma que si uno o varios de ellos están en defecto o exceso, provoca un desequilibrio que interfiere en la utilización y disponibilidad de otros nutrientes, aún encontrándose éstos en cantidades suficientes.

Es fundamental la aportación equilibrada de elementos nutritivos, pero también que la planta los tenga a su alcance en los momentos que tiene necesidad de ellos.

Un abonado racional debe de aportar tan sólo los elementos nutritivos que requieran las plantas en un momento determinado. Una prueba de la existencia de las necesidades nutritivas no satisfechas es la aparición de síntomas en los almendros asociados a deficiencias o excesos de un elemento. Sin embargo la ausencia de síntomas no indica necesariamente un estado óptimo de nutrición, ya que los síntomas hacen la aparición cuando existen desordenes graves. Pero, además, pueden ocurrir varias deficiencias simultáneas, así como plagas, enfermedades, condiciones desfavorables del suelo y del clima, cuyos síntomas son casi indistinguibles de los producidos por desequilibrios nutritivos.

El análisis de suelos es una de las herramientas más comunes para conocer las limitaciones del mismo para el establecimiento de una plantación de almendros, aunque es de utilidad limitada para determinar las necesidades nutricionales durante toda la vida de la plantación. El contenido de nutrientes del suelo no siempre está relacionado con el de la planta, a menos que se encuentre en unos valores muy bajos en un elemento nutritivo.

El análisis de suelos es muy útil para diagnosticar toxicidades causadas por excesos de sales, sobre todo debidas a sodio, cloro y boro, es de sumo interés realizar análisis de suelo con cierta periodicidad.

El análisis foliar es el mejor método del diagnóstico nutritivo de una plantación de leñosos.

Es muy útil para identificar desordenes nutritivos antes que aparezcan los síntomas, y así determinar las necesidades nutritivas y optimizar el abonado de la plantación.

Para utilizar el análisis foliar como guía de fertilización se han establecido los niveles críticos de cada elemento nutritivo, esto es, la concentración del elemento nutritivo en las hojas a partir del cual se ha observado reducción del crecimiento o de la producción.

Gracias a este análisis, basta comparar los resultados analíticos de una muestra de nuestra planta con los valores que se consideran normales para determinar la deficiencia, adecuación o exceso de un elemento nutricional y tomar medidas para su corrección.

El diagnóstico es fiable en ausencia de factores limítrofes no nutricionales, como enfermedades, plagas, asfixia radicular, etc.

## **5.2 Elementos químicos en la fertilización del almendro.**

### **NITROGENO**

El nitrógeno favorece el crecimiento y formación de la estructura del almendro, contribuyendo a una mejor fecundación e incremento de la capacidad de las hojas para la función clorofílica.

El nitrógeno es el elemento fertilizante de mayor interés. El efecto del abonado nitrogenado se hace sentir sobre todo en la actividad vegetativa.

- Carencia de nitrógeno

Las hojas son raquícticas y de tono amarillento difuso, que va extendiéndose poco a poco hasta el verde pálido e incluso el amarillo limón. En esos casos extremos las hojas adquieren color parduzco, se secan y caen prematuramente en el otoño.

Las ramas y brotes son cortos y de escaso vigor.

- Exceso de nitrógeno

Las aparecen con sus brotes necróticos, cuando se utiliza el nitrato potásico, o se efectúan pulverizaciones de urea a dosis excesivas.

Los almendros son de gran vigor con mucha madera y poco fruto. Maduración retrasada.

### **POTASIO**

El potasio es un elemento básico cuya principal misión es intervenir en la formación de almidón y en la fotosíntesis, dando tamaño peso y calidad al fruto.

El consumo de potasio se ve intensificado a partir de la floración, alcanzando las máximas necesidades durante el desarrollo y engorde del fruto.

- Carencia de potasio

Las hojas jóvenes presentan su borde de color marrón claro, que se abarquilla hacia arriba y progresiva hacia el centro simulando quemaduras.

En su lugar pueden aparecer en verano unas manchas luminosas entrevénales de aspecto de laca incolora, debido a que los tejidos de la epidermis se han hundido y separado de la cutícula que actúa como superficie reflectante.

Cuando el rendimiento es grande y aumentan las necesidades de potasio y su aporte no es suficiente, las hojas toman un color marrón oscuro al negro o violáceo.

Al final la necrosis produce la abscisión de las hojas.

Los frutos son de pequeño tamaño y se retrasa su madurez.

## FÓSFORO

El fósforo es útil en todo proceso de floración y polinización, ayudando al desarrollo del sistema radicular y a la lignificación de las brotaciones.

Con este elemento se tiene que tener cuidado en los suelos calizos, ya que tiene una retrogradación mayor pudiendo formar compuestos insolubles.

El fósforo como el nitrógeno es un elemento constitutivo esencial de los tejidos vegetales, aun cuando lo sea en proporción menos importante, interviniendo en funciones esenciales para la planta. Interviene en el metabolismo de los hidratos de carbono y su papel como transportador y proveedor de energía es indispensable para el metabolismo celular.

Es constituyente básico de sus núcleos y tanto la multiplicación celular como el crecimiento de los tejidos meristemáticos no se pueden producir en caso de insuficiencia de este elemento.

Una aportación de fósforo regular y equilibrada, incrementa paulatinamente su contenido en la madera de poda, haciéndolo igualmente las materias amiláceas, que correlativamente dan lugar a un aumento de las yemas florales.

- Carencia de fósforo

Hay mala fecundación, y retraso en el crecimiento y maduración, dan almendras pequeñas con merma en los rendimientos.

Las hojas verdes tienen extraña tonalidad oscura, con acusado enrojecimiento. Porte caído de las hojas por modificación del ángulo de inserción del pecíolo con el tallo y el limbo. Si la insuficiencia es acentuada puede producirse una decoloración de los tejidos y una deformación de los limbos e incluso ausencia de fructificación.

## OTROS ELEMENTOS NECESARIOS

Magnesio: Interviene en la constitución de la clorofila, por eso favorece la vegetación del árbol.

Azufre: Interviene en el crecimiento del árbol.

Calcio: Interviene en la formación de las hojas y partes lignificadas (especialmente en la cáscara de los frutos).

Hierro: Forma parte del pigmento verde de las hojas.

Zinc: Interviene en la composición de diversas enzimas y auxinas (factores del crecimiento).

Cobre: Es un elemento de diversas enzimas de oxidación.

### **5.3 La fertirrigación.**

Con la instalación del riego por goteo en la explotación, la fertirrigación es la mejor elección. Sus principales ventajas son:

- Ausencia de las limitaciones propias de la fertilización convencional tal como el mal tiempo, el suelo húmedo o el desarrollo del cultivo.
- Correcta dosificación de los elementos nutritivos adaptados a las necesidades del cultivo a lo largo del periodo vegetativo. Ofrece también la capacidad de reacción ante las necesidades puntuales del cultivo durante su desarrollo.
- Gran asimilación de los nutrientes por localizarse en la zona húmeda de máximo desarrollo y absorción radicular, con lo cual se controla la concentración de los nutrientes.
- Reducción de la compactación del suelo por el paso de maquinaria para fertilizar, riesgo que aumenta al estar el suelo húmedo.
- Uso de aguas salinas con una mayor tolerancia que no podría usarse con otros tipos de riego.

#### **FERTIRRIGACIÓN EN ALMENDRO:**

La experiencia en la fertirrigación del almendro es escasa, por lo que se calcula en base a la fertilización tradicional, pero se debe tener en cuenta que al aplicarse el fertilizante sólo en el bulbo húmedo, hace que el aprovechamiento sea casi total por parte de la planta.

Las necesidades de una plantación de almendros (incluidas extracciones del fruto y madera de poda), con fertirrigación son:

25 Kg. de nitrógeno / 1000 kg. almendra

40. Kg. de fósforo / 1000 kg. almendra

50 kg. de potasio/ 1000 kg. almendra

El margen de equilibrio de fertilización básica en almendro es:

N	P2O5	K2O
1	1.5	2

Teniendo en cuenta la necesidad de incrementar la aportación de fósforo reflejada en el análisis de suelo, la relación de equilibrio que más se adapta a nuestro cultivo de almendro será: 1 - 2 - 2.

Deben realizarse análisis foliares para evaluar la evolución de los macro y micronutrientes mas implicados en la productividad, ya que son frecuentes las carencias de zinc y los problemas de boro tanto por exceso como por defecto, estos problemas cuando aparezcan los corregiremos mediante la aplicación de abonos foliares.

Los aportes de abono nitrogenado suelen llevarse a cabo en primavera y en otoño para la floración del año siguiente. Se suele utilizar el sulfato amónico al 33.5%, el superfosfato de cal al 18% y el cloruro potásico al 50%

Antes de planear la fertirrigación, debemos tener en cuenta que los abonos disueltos en el agua, incrementan la CE de la misma; si llega a ser elevada, puede ser muy perjudicial para la planta, por lo que se recomienda que no aumente la Conductividad Eléctrica del agua en más de 1 mmho /cm.

Así mismo los abonos también modifican el pH. del agua por ser sales disociables. Para evitar las precipitaciones cálcicas se limpiará, al menos una vez al año con soluciones de ácido nítrico (pH. – 2).

Para la elección de los fertilizantes se tendrá en cuenta su solubilidad, el carácter ácido (para evitar la precipitación de otros componentes), la forma más asimilable de cada fertilizante para la planta, y la disponibilidad del mismo en la zona de cultivo.

El plan de fertirrigacion más aconsejado para los datos y cálculos anteriores es el expuesto por Domingo M. Salazar y Pablo Melgarejo (2002):

**-Enero:**

1 al 15---Ácido fosfórico (54% P2O5) ---150 g/árbol.

16 al 31---Sol. nitrogenada (32% N) ---250 g/árbol.

**-Febrero:**

1 al 28---Nitrito potásico (13-0-46) ---100g/árbol.

**-Marzo:**

1 al 15---Nitrito potásico (13-0-46) ---100 g/árbol.

16-31---Nitrito amónico (33.5% N) ---350 g/árbol.

**-Abril:**

1 al 30---Nitrito amónico (33.5% N) ---350 g/árbol.

**-Mayo:**

1-31---Nitrito potásico (13-0-46) ---120 g/árbol.

**-Junio:**

1 al 30---Nitrito amónico (33.5% N) ---250 g/árbol.

**-Julio:**

1 al 31---Nitrito potásico (13-0-46) ---120 g/árbol.

**-Agosto:**

1 al 31---Nitrito amónico (33.5% N) ---150 g/árbol.

**-Septiembre:**

1 al 30---Sol. nitrogenada (32% N) ---150 g/árbol.

**-Octubre:**

1 al 15---Nitrito potásico (13-0-46) ---120 g/árbol.

16-31---Sol. nitrogenada (32% N) ---200 g/árbol.

**-Noviembre:**

1 al 30---Ácido fosfórico (54% P2O5) ---75 g/árbol.

**-Diciembre:**

1 al 31---Ácido fosfórico (54% P2O5) ---150 g/árbol.

## **ANEJO N° 6**

# **ELECCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL Y DISEÑO DE LA PLANTACIÓN**

## **INDICE**

1.- INTRODUCCION .....	Pág. 2
2.- ELECCION DEL MATERIAL VEGETAL PARA LA PLANTACION.....	Pág. 2
2.1- Elección de la variedad .....	Pág. 3
2.2- Elección del portainjerto .....	Pág. 4
3.- DISEÑO Y PREPARACION DE LA PLANTACION .....	Pág. 6
3.1- Preparación del terreno .....	Pág. 6
3.2- Densidad de plantación .....	Pág. 8
3.3- Replanteo y marcaeo.....	Pág. 9
3.4- Método de plantación.....	Pág. 9
3.5- Reposición de las marras.....	Pág. 11

## **1.- INTRODUCCIÓN.**

El cultivo del almendro, en la zona en la que nos encontramos, venía siendo un cultivo marginal que se limitaba a zonas de difícil acceso o a zonas en las que debido a las malas características del terreno se hacia difícil la implantación de otros cultivos, esto se debía a que la rusticidad con la que se adapta esta planta era una de las pocas alternativas a estos terrenos.

Por el contrario, en las ultimas dos o tres décadas, este cultivo esta suscitando mucho interés en la zona, ya que el aumento en el precio del producto y las mejoras en las técnicas de cultivo, que están aumentando notablemente la producción, lo están convirtiendo en una de las mejores alternativas a los cultivos tradicionales mayoritarios de esta zona, que no están en su mejor momento.

Además el cultivo del almendro con las nuevas técnicas y variedades no solo lo hacen un cultivo más productivo sino que además lo convierten en un cultivo bastante mecanizado, eliminando así problemas relacionados con la mano de obra.

Por todos estos motivos es por lo que hemos adoptado el cultivo del almendro para el presente proyecto.

## **2.- ELECCION DEL MATERIAL VEGETAL PARA LA PLANTACIÓN.**

Como en la mayor parte de las plantaciones frutales, en la planta del almendro distinguimos dos partes; la primera que es el portainjerto o patrón que es la parte que forma el sistema radicular y por tanto la parte subterránea y la segunda que es la llamada variedad que corresponde con la parte aérea y que es la que nos da el producto en si que queremos obtener.

Por esto debemos ahora comparar todos los patrones y variedades posibles y elegir los que mejor se adapten a nuestro terreno y condiciones de cultivo en nuestra plantación.

## **2.1 Elección de la variedad.**

Existen un gran numero de variedades de almendro; debemos de realizar bien la elección de la variedad ya que la variedad condicionara al agricultor durante toda la vida de la plantación y además dependerá de esta elección la mayor o menor rentabilidad de la explotación.

A continuación pasaremos a enumerar algunas de las principales variedades cultivadas citando algunas de sus características más generales:

- CAMBRA: variedad autofértil de floración tardía con un rendimiento en cáscara de 27%, es bastante productiva y con un riesgo de heladas mas bien bajo.
- LARGUETA: variedad autoestéril de floración muy temprana con un rendimiento de 26-28%, de producción media y buena conformación del fruto.
- DESMAYO ROJO: variedad autoestéril de floración muy temprana con un rendimiento de 24 - 27% y de producción media.
- FELISA: variedad autofértil de floración muy tardía con un rendimiento en cáscara del 35%, es bastante productiva, con un riesgo de heladas bajo y grano muy pequeño que limita su uso.
- FRANCOLI: variedad autoesteril de floración tardía con un rendimiento en cáscara de 31%, es bastante productiva y con un riesgo de heladas mas bien bajo
- GUARA: variedad autofértil de floración tardía con un rendimiento en cáscara de 33 - 35%, es muy productiva y con un riesgo de heladas bajo, es la variedad más plantada en los últimos años.
- MARCONA: variedad autoestéril de floración muy temprana con un rendimiento de 24 - 27%, de producción media y buena conformación del fruto.
- MONCAYO: variedad autofértil en laboratorio pero autoesteril en campo de floración tardía con un rendimiento en cáscara de 27%, es bastante productiva y con un riesgo de heladas más bien bajo.
- CRISTOMORTO: variedad autoestéril de floración tardía con un rendimiento en cáscara de 30%, es bastante productiva pero vecera y con un riesgo de heladas más bien bajo.
- TUONO: variedad autofértil de floración tardía con un rendimiento en cáscara de 33 - 35%, es muy productiva y con un riesgo de heladas bajo.

- FERRADUEL: variedad autoestéril de floración tardía con un rendimiento en cáscara de 27%, es bastante productiva pero preferentemente en regadío y con un riesgo de heladas mas bien bajo.

- FERRAGNES: variedad autoestéril de floración tardía con un rendimiento en cáscara de 40%, es bastante productiva y con un riesgo de heladas mas bien bajo.

## CONCLUSIÓN

De todas estas variedades que se han enumerado vamos a elegir la GUARA y TUONO ya que, aunque son autofértiles, esta comprobado que poniéndolas al 50% aumenta su potencial productivo y además son de características casi idénticas. Hemos elegido estas variedades teniendo en cuenta que son variedades de floración tardía disminuyendo así al máximo el riesgo de heladas, que son unas de las variedades más productivas y que además su rendimiento en grano es uno de los mayores, adquiriendo así la almendra mayor valor en el mercado.

### **2.2 Elección del portainjerto.**

La elección de un patrón adecuado es muy importante para el desarrollo de la plantación puesto que nos va a influir sobre numerosos factores tales como la producción, vida de la plantación, entrada en producción, rendimientos...

Ahora enumeraremos los portainjertos mas utilizados con sus ventajas e inconvenientes:

- FRANCO DE ALMENDRO: se suele obtener a partir de la siembra de la almendra Garrigues.

- Ventajas: se obtienen plantas muy rústicas y adaptadas a condiciones de sequía, resistente a la clorosis férrica y caliza activa, gran desarrollo radicular y son plantaciones con una larga vida.
- Inconvenientes: se obtienen plantaciones poco homogéneas, son delicados al transplante desde los viveros produciendo bastantes marras, son sensibles a *Agrobacterium*, *Phytopthora* y *Armillaria*; son muy

sensibles a la asfixia radicular y de cuello con grandes problemas cuando se produce encharcamiento.

Por tanto es aconsejable para terrenos secos bien drenados que no sean de regadío con problemas de clorosis y caliza activa.

- FRANCO DE MELOCOTONERO: se utilizan principalmente tres clases dentro de este grupo que son INRA –GF-305, Nemaguard y Nemared los tres son muy parecidos y sus características son similares entre sus ventajas cabe destacar que se comportan mejor frente al regadío y tienen mayor resistencia a la asfixia radicular, además son plantaciones mas homogéneas y con mayor rapidez de entrada en producción y son mas resistentes a *Verticilium* y nematodos; como inconvenientes son mas sensibles a la clorosis férrica, poco resistentes a la sequía y muy sensibles a las virosis, además son plantaciones de poca longevidad (30 años aproximadamente).
  - HIBRIDO MELOCOTONERO X ALMENDRO: dentro de este grupo el mas importante y utilizado es el híbrido GF-677 que es un híbrido que se produjo de manera espontánea en la naturaleza.
    - Ventajas: como patrón de almendro es muy vigoroso y homogéneo, tiene un buen comportamiento tanto en secano como en regadío creando plantaciones muy productivas y además con una rápida entrada en producción, tiene una buena resistencia al transplante produciendo un menor numero de marras, tiene una longevidad larga como en el caso del franco de almendro y casi la misma resistencia a la clorosis y la caliza activa pero con la diferencia de que este híbrido es bastante mas resistente a la asfixia radicular y por lo tanto al encharcamiento
    - Inconvenientes: es sensible a *Agrobacterium* y a nematodos.
  - FRANCO DE CIRUELO: no suelen ser muy utilizados pero se pueden utilizar en determinadas circunstancias.
    - Ventajas: sus raíces son resistentes a la podredumbre y son mas resistentes a la asfixia radicular y al encharcamiento.

- Inconvenientes: no soportan la sequía, no son siempre compatibles con las variedades de almendro, tienen el aparato radicular menos desarrollado y estas plantaciones tienen una vida bastante reducida.

## CONCLUSION:

Con todo esto escogemos como portainjerto para nuestra plantación el híbrido GF-677 ya que es el que mejor se adapta para regadío y tiene una buena resistencia a suelos algo pesados como es nuestro caso, además adelantamos la entrada en producción sin presentar ningún tipo de problemas de compatibilidades con las variedades de almendro.

## **3.- DISEÑO Y PREPARACIÓN DE LA PLANTACIÓN.**

### 3.1 Preparación del terreno.

Decidida la plantación del almendro después de su estudio, debemos preparar el terreno para que las plantas dispongan de un adecuado sistema radicular y tengan un desarrollo satisfactorio.

La iniciación de la preparación del terreno es muy variable, según el estado del terreno y su dedicación o cultivo precedente. Nuestras parcelas estuvieron dedicadas a cultivos herbáceos, por lo que se realizará un desfonde o subsolado, porque las labores de los anteriores cultivos son más superficiales que los niveles en que se van a desarrollar las raíces del almendro.

El programa de preparación del terreno será el siguiente

- Desfondes y subsolados; estas operaciones tienen las siguientes finalidades:
  - .- permitir y facilitar el desarrollo de las raíces.
  - .- hacer más permeable el terreno al agua y al aire.
  - .- limpiar la tierra de raíces, piedras, larvas de insectos...
  - .- provocar o activar la actividad microbiana.
  - .- movilizar las reservas fertilizantes.

El desfonde no se realizará con vertedera, ya que esta labor se usa para mezclar las capas del suelo y subsuelo, realizable sólo en terrenos en que la capa arable del suelo y la profunda del subsuelo tengan la composición similar o cuando la estructura y composición de la tierra profunda pudiera corregir la capa superficial.

Sin embargo si no se hace la anterior labor, se debe hacer el subsolado, que no mezcla el suelo y subsuelo, pero sí lo complementa con una labor profunda que solamente afecta al suelo. Se debe realizar varios meses antes de la plantación, preferentemente en verano, con profundidades mínimas de 60 centímetros hasta un metro. Se realizará con arados remolcados por tractores, con subsoladores simples o vibratorios; en nuestro caso utilizaremos el subsolador simple de ganchos.

Esta labor resquebrajará o romperá el horizonte que impediría el buen desarrollo en profundidad de la raíz. Se darán dos pases de subsolador cruzados a una profundidad de 75 – 80 centímetros. El suelo debe estar bastante seco para que trabaje mejor, ya que así el suelo se resquebraja más que es la misión que vamos buscando, por lo que se realizará al final del verano.

Si esta labor descubriera piedras en la superficie, se procederá a retirarlas manualmente o con una pala hidráulica acoplada al tractor (se conducirán estas piedras a un vertedero o lugar autorizado). De esta forma la implantación y el desarrollo del almendro será más fácil.

- Labor con vertederas; labor complementaria que se realizará tras las primeras lluvias de otoño, para incorporar con ella la posible nascencia de los restos del cultivo anterior (cereal), y homogeneizar el horizonte superficial. La labor se realiza con vertederas que voltean la tierra unos 35 – 40 centímetros de espesor.
- Pase de grada: se realiza con una grada de discos para desterronar el terreno y dejarlo lo más desmenuzado posible.
- Rulado: Se realizará un pase de rulo para dejar la superficie del terreno lisa y poder realizar el marqueo más fácilmente.

### **3.2 Densidad de plantación.**

La densidad de plantación, número de árboles por hectárea, varía de un modo natural acomodándose a las condiciones y disponibilidades culturales del medio, ya que el suelo y el clima constituyen factores determinantes de su potencial vegetativo. El empleo de riego por goteo permitirá mantener las necesidades, a la vez que exigirá una mayor rentabilidad de la parcela.

Densidades de plantación elevadas dificultan el paso de tractores y aperos.

El marco que se va adoptar es de 7 x 7. Teniendo en cuenta los caminos de servicio obtendremos unos 200 árboles por hectárea, con los cuales obtendremos buenos rendimientos sin dificultarnos la mecanización.

### **3.3 Replanteo y marqueo.**

Una vez preparado el terreno, se procede al marqueo de la plantación, que consiste en señalar en el campo el emplazamiento definitivo de las líneas de cultivo. Este marqueo se realizará mediante la forma que tradicionalmente se utiliza en esta zona y consiste en que una persona especializada en este trabajo va marcando el campo con ayuda de una cuerda o cadena que previamente a sido marcada con las medidas de la plantación (en nuestro caso a 7 metros) en el lugar donde debe ir la planta se coloca un trozo de caña que previamente a sido cortada con una largura de unos 25 cm.

La señalización del trazado de las tuberías y de los caminos, se realizará después del marqueo. El contorno de las fincas se encuentra rodeado de servicios de anchuras entre cinco y seis metros, que será suficiente para las maniobras de las maquinarias. Se realizará también unos caminos de servicio particular, para facilitar la mecanización de la finca.

Las líneas de plantación se orientarán dirección Norte – Sur, siendo perpendiculares a los caminos de servicio.

La línea base para la plantación será el camino público que parte la finca originando las dos parcelas. Desde él se dispondrán líneas paralelas que serán las líneas de plantación.

Hecho ya el marqueo principal, se estima que el número de árboles será aproximadamente de 8800 árboles(200 árboles x 44 has).

### **3.4 Método de plantación.**

La plantación se realizará con plantas injertadas que nos servirá el vivero, que habrá hecho el injerto al patrón que nosotros elegimos con la variedad seleccionada.

Así la planta servida por el vivero tendrá dos años de raíz y un año de injerto, a raíz desnuda.

Las plantas necesarias son 4400 de la variedad “guara” y otras 4400 de “tuono” sobre patrón “GF-677” en un número total de 8800 que se plantaran en el terreno intercalando una fila de cada variedad.

Además de estas plantas, el vivero nos servirá por su cuenta un número determinado de plantas (3 – 4 %) para la reposición de marras, acuerdo al que llegamos con el vivero al encargar las plantas un año anterior a la plantación.

Nº plantas necesarias -----8800 plantas

4 % reposición marras -----352 plantas

Total -----9152 plantas

.- Recepción y preparación de plantones.

El vivero nos servirá los plantones a raíz desnuda. Los plantones nos serán servidos en lotes conforme los vayamos necesitando para que su arranque no supere el periodo de un día o dos para evitar el desecado de raíces que nos causarían mayor numero de marras.

En el momento en que recibamos la mercancía, verificaremos que son las plantas seleccionadas: patrón y variedad con identificación y con el pasaporte fitosanitario concreto, que se encuentran en buen estado físico y sanitario. Si no fuese así en algún caso, se devolverán las plantas defectuosas al vivero, que nos tendrá que reponer las mismas.

Si los plantones no se van a colocar en el terreno en el momento, se deberán conservar en un lugar fresco y húmedo sin luz directa. En el momento previo a la plantación, dos peones especializados procederán a recortar las raíces dañadas o secas, así como las puntas de las demás, con el fin de promover la emisión de otras raíces nuevas y se procederá al pelado y despunte del tronco a la altura que se considere oportuna para la formación del tronco (despunte a unos 1.2 metros desde el injerto).

#### **.- Plantación.**

La época de plantación de las plantas se aconseja antes de la iniciación del periodo vegetativo, a finales de invierno (primeros días de enero).

Para colocar el plantón utilizaremos un subsolador especial de un solo brazo que lleva detrás una cavidad donde una persona mete el plantón y lo deja colocado en el lugar donde esta la marca con la caña.

La planta se colocará de forma que el nudo de injerto quede a unos 4 - 5 cm por encima de la superficie del terreno. La raíz se cubrirá con tierra más bien fina y se presionará esta tierra para asegurar un contacto máximo con la raíz e impedir la formación de bolsas de aire, esto lo realizaran dos personas que irán detrás del subsolador.

#### **3.5 Reposición de las marras.**

Si durante la primavera se observara la no brotación de alguna de las plantas, se comprobará que se ha secado; se puede realizar una pequeña raspadura en la base del tronco para comprobar el color. Si la planta ha perdido el color verdoso característico de la madera viva, se reemplazará.

Como ya se describió en el apartado dedicado a la plantación, el vivero nos proporcionará un 4 % de plantas más para la reposición de marras, que nos servirá cuando nos sean necesarias, pero no a raíz desnuda, sino con cepellón.

Aún con todo esto al año siguiente e incluso posteriores seguro que tenemos algún fallo en donde debemos de colocar un plantón nuevo a finales de invierno.

## **ANEJO N° 7**

# **ELECCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO Y CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS**

## INDICE

1.- ELECCION DEL SISTEMA DE RIEGO.....	Pág. 2
1.1 Riego por aspersión .....	Pág. 2
1.2 Riego por goteo .....	Pág. 3
1.3 Elección del sistema de riego .....	Pág. 3
2.- CALCULO DE LA EVAPORACION Y BALANCE HIDRICO ....	Pág. 4
2.1 Calculo de la evapotranspiración.....	Pág. 6
2.1.1 Metodología de trabajo.....	Pág. 6
2.1.2 Método de Thornthwaite .....	Pág. 6
2.1.3 Método de Blaney-Criddle .....	Pág. 6
2.1.4 Método de la radiación .....	Pág. 8
2.1.5 Cuadro resumen según métodos elegidos.....	Pág. 9
2.2 Cálculo de las necesidades hídricas del cultivo.....	Pág. 10
2.2.1 Elección de los coeficientes de cultivo.....	Pág. 10
2.2.2 Efectos de la localización .....	Pág. 11
2.2.3 Correcciones por condiciones locales.....	Pág. 12
2.2.4 Necesidades netas (Nn) .....	Pág. 13
2.2.5 Necesidades reales (Nr).....	Pág. 14
2.2.6 Necesidades totales de riego.....	Pág. 15
3.- PROGRAMACION DE LOS RIEGOS .....	Pág. 16
3.1 Porcentaje de suelo mojado .....	Pág. 17
3.2 Elección del emisor .....	Pág. 17
3.3 Superficie regada por cada emisor.....	Pág. 19
3.4 Numero de emisores por planta.....	Pág. 19
3.5 Separación entre emisores .....	Pág. 20
3.6 Intervalo, dosis y tiempo de riego .....	Pág. 21

## 1.- ELECCION DEL SISTEMA DE RIEGO.

La elección del sistema de riego la vamos a hacer entre los dos tipos que más se utilizan para plantaciones leñosas en la actualidad habitualmente, estos son el riego por aspersión o el riego por goteo; para ello se pasa a comparar las ventajas e inconvenientes que tiene cada sistema frente al otro para efectuar la elección del sistema mas adecuado para este proyecto.

### 1.1 Riego por aspersión.

#### VENTAJAS

- Menor costo de implantación.
- Mayor versatilidad para el riego pues permite cambiar más fácilmente de cultivo sin necesidad de destruir la totalidad de la instalación, cosa difícil en el caso del goteo.
- Mayor facilidad para realizar las labores en el terreno puesto que hay menos obstáculos.
- Permite utilizar parte de la instalación contra las heladas primaverales.
- Posibilidad de aplicar fertirrigación.

#### INCONVENIENTES

- Mayor gasto de agua con peor distribución y aprovechamiento en la entrega a la planta.
- Mayor presión de funcionamiento, lo que aumenta el riesgo de averías en la instalación.
- Facilidad para que se produzcan quemaduras en el follaje cuando el agua contiene sales, especialmente Cl-.
- Aumento de las enfermedades fúngicas al mojarse el follaje de la planta.
- Problemas en la distribución del agua debido al viento, que origina problemas de uniformidad en el riego.

## **1.2 Riego por goteo.**

### **VENTAJAS**

- Desarrollo de las raíces en ese bulbo de tierra.
- No se pierde agua mojando terreno que no tiene cultivo.
- Fácil dosificación, puesto que este riego supone una actuación individual sobre cada planta.
- Las necesidades de mano de obra son reducidas.
- Posibilidad de aplicar fertirrigación.
- Mantenimiento del follaje seco, lo que reduce el riesgo de enfermedades fúngicas, el lavado de productos fitosanitarios...
- Ahorra labores pues limita la proliferación de malas hierbas por dos causas: por la localización y porque el agua no arrastra semillas de malas hierbas.

### **INCONVENIENTES**

- Elevado coste de implantación.
- Es un sistema de poca versatilidad al ser fijo e individualizado.
- Se precisa un sistema de filtrado preciso para evitar que se obstruyan los conductos y goteros.
- Ocasionan el lavado localizado de las sales, creando zonas de acumulación salina.
- No permite las labores en sentido perpendicular a las líneas de riego.

## **1.3 Elección del sistema de riego.**

La elección del sistema es la de goteo debido a:

- Alto porcentaje de agua aprovechada.
- Perfecta adaptación a la topografía.
- Ahorro de mano de obra.
- Realización de abonado controladamente.
- Creación de un microhabitat ideal para el sistema radicular.
- Aprovechamiento alto de los nutrientes.
- Reducción de situación de estrés del árbol.

## 2.- CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN Y BALANCE HÍDRICO.

Disponer de una buena estimación de las necesidades de riego es imprescindible para el diseño de cualquier sistema de riego.

La relación entre la cantidad de agua realmente consumida por las plantas y la demanda atmosférica constituye un factor primordial en el desarrollo. El conocimiento de estos fenómenos de interacción entre el agua, el suelo y las plantas, es muy útil en la gestión racional de los recursos hídricos y en la optimización de su uso, que permite determinar las cantidades de agua necesarias para el riego, ya sea a escala local o regional, y conocer sus variaciones interanuales, a las vez que establecer el valor añadido que el regadío aporta a la economía.

Vemos que el buen funcionamiento de los mecanismos que rigen la vida vegetal se encuentra determinado por las disponibilidades hídricas. Cuando éstas no llegan a satisfacer la demanda, la actividad vegetativa disminuye pudiendo incluso a paralizarse totalmente.

El desarrollo de las plantas cultivadas se halla determinado por las disponibilidades hídricas, que dependen de:

- El contenido hídrico del suelo.
- La capacidad de cesión de agua del suelo.
- La eficacia del sistema radicular de las plantas.
- La demanda de agua por parte de la planta.

Cuando las precipitaciones no aseguran el suficiente aporte de agua para satisfacer la capacidad evaporante de la atmósfera, el crecimiento vegetal se encuentra más o menos comprometido. Así, el cálculo de las necesidades de agua de los cultivos es el paso previo para establecer los volúmenes de agua que será necesario aportar con el riego. Para ello hay que tomar en consideración el clima, el cultivo, la intensidad y la pauta de cultivo, el medio ambiente y la situación, los suelos, su humedad, su fertilidad y los métodos y prácticas de cultivo y riego.

La evapotranspiración (ET) es la combinación de agua transpirada por las plantas y evaporada por el suelo. Para que se produzca el proceso de la ET es necesario que exista una fuente de agua disponible para la planta y una fuente de energía suficiente para evaporar el agua. La fuente de agua está controlada fundamentalmente por factores de suelo y planta, mientras que la energía para evaporar el agua está controlada por factores climáticos, fundamentalmente cuando el objetivo propuesto es el establecimiento de las necesidades hídricas.

La FAO define las necesidades de agua de un cultivo- ET(cultivo) o ET(c)- como la altura de agua necesaria para cubrir las perdidas por transpiración y evaporación de un cultivo libre de enfermedades y creciendo en campos grandes, con abundante agua y abono, sin condiciones restrictivas del suelo y obteniéndose la producción potencial bajo las condiciones de crecimiento dadas (Doorenbos y Pruitt, 1976). La mayor o menor cuantía de la evapotranspiración marca la eficiencia metabólica de la masa vegetal. Para mejorar la productividad de una comunidad vegetal es necesario que el cultivo disponga de toda la humedad necesaria para evapotranspirar.

Para conocer las necesidades de agua de los cultivos Doorenbos y Pruitt proponen lo siguiente:

1- Calcular la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo). Se define como “la tasa de evapotranspiración de una superficie extensa de gramíneas verdes de 8 a 15 cm de altura, uniforme, de crecimiento activo, que sombrean totalmente al suelo y que no escasean de agua”.

2- Elegir el coeficiente de cultivo (Kc), que representa la relación entre ETo y ET (cultivo). Varía con el tipo de cultivo y el clima.

$$ET(c) = ETo \times Kc$$

3- Estudiar los factores que inciden en la ET(c) como son las condiciones locales y las prácticas agrícolas.

## **2.1 Calculo de la evapotranspiración.**

### **2.1.1 Metodología de trabajo**

Consiste en la fase de cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>0</sub>). Debido a la dificultad de obtener mediciones directas, se utilizan fórmulas empíricas para predecirla a partir de variedades climatológicas. Las más extendidas son las propuestas por la FAO, comprobada su validez para aplicarlas en condiciones climáticas y agronómicas a menudo muy diferentes de aquellas por las que fueron concebidas.

En nuestro caso nos basaremos en el uso de fórmulas, más concretamente los tres métodos siguientes: Thornthwaite, Blaney-Criddle y Radiación.

### **2.1.2 Método de Thornthwaite.**

La ET por este método se calculó en el anexo 2 para llevar a cabo la clasificación climática.

### **2.1.3 Método de Blaney-Criddle.**

Este método recurre a la temperatura (t), y al porcentaje de horas diurnas (p), como variables climáticas para predecir los efectos del clima sobre la evapotranspiración.

De este modo,  $E_{T0} = a + bF$ , donde

ET<sub>0</sub> es la evapotranspiración de referencia para el período considerado en mm/día.

a,b son los coeficientes climáticos de calibración.

F es el factor de uso consuntivo, en mm/día.

Blaney-Criddle, en 1950 definieron F mediante la expresión:

$$F = p(0,46t + 8.13), \text{ donde}$$

- p es el porcentaje medio diario de las horas diurnas anuales, que está tabulado según la latitud.
- t es la temperatura media anual en °C

Los coeficientes a y b calibran la influencia de la humedad del aire (HR), la fracción de insolación (n/N), que es el porcentaje de horas de sol observadas respecto a la duración teórica del día, y la velocidad diurna del viento a 2 metros de altura (Ud), lo que mejora bastante las estimaciones de la ETo respecto al método de Thornthwaite, donde solo interviene la temperatura.

$$a = 0,0043 * Hrmin - n/N - 1,41$$

$$b = a_0 + a_1 * HRmin + a_2 * n/N + a_3 * Ud + a_4 * HRmin * n/N + a_5 * HRmin * Ud$$

Hr = humedad relativa mínima (%); n/N = fracción de insolación

Ud = velocidad del viento tomada a 2 metros de altura (m/s)

Los coeficientes de regresión son:

$$a_0 = 0,81917$$

$$a_1 = -0,0040922$$

$$a_2 = 1,0705$$

$$a_3 = 0,065649$$

$$a_4 = -0,0059684$$

$$a_5 = -0,0005967$$

	E	F	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
Hrmin	66	57	48	47	47	43	40	44	51	57	64	69
n/N	0,44	0,53	0,55	0,51	0,58	0,62	0,7	0,72	0,62	0,57	0,48	0,41
Ud	4,3	4,5	4,8	4,9	4,3	4,2	4,4	4,3	3,5	3,7	4	4,1

Tabla 7.1

(Ver anexo nº 2)

Los valores de la ETo obtenidos según el método Blaney-Criddle se exponen en la siguiente tabla:

	T <sup>a</sup> m	p	F	a	b	Eto(mm/día)	Eto(mm/mes)
<b>Enero</b>	6,45	0,21	2,33	-1,56	0,969	0,698	21,39
<b>Febrero</b>	7,9	0,24	2,82	-1,69	1,109	1,437	40,04
<b>Marzo</b>	11,3	0,27	3,6	-1,75	1,239	2,71	84,01
<b>Abril</b>	13,3	0,3	4,27	-1,71	1,219	3,495	104,7
<b>Mayo</b>	17,7	0,33	5,36	-1,78	1,169	4,486	138,88
<b>Junio</b>	22	0,34	6,2	-1,84	1,329	6,40	191,7
<b>Julio</b>	24,4	0,33	6,38	-1,93	1,409	7,059	218,55
<b>Agosto</b>	23,9	0,31	5,92	-1,94	1,399	6,342	196,54
<b>Septiembre</b>	19,9	0,28	4,83	-1,81	1,219	4,078	122,1
<b>Octubre</b>	15,5	0,25	3,81	-1,73	1,129	2,571	79,67
<b>Noviembre</b>	10	0,22	2,8	-1,61	0,999	1,19	35,4
<b>Diciembre</b>	6,9	0,21	2,37	-1,54	0,918	0,636	19,53
<b>TOTAL</b>							1252,51

Tabla 7.2

#### 2.1.4 Método de la radiación.

Utilizaremos el método modificado por la FAO, que propone las siguientes fórmulas:

$$ETo = a + b * W * Rs$$

Donde a y b, son coeficientes basados en condiciones climáticas generales, en particular la humedad relativa del aire (HR media), y la velocidad de los vientos (U):

$$a = -0,30$$

$$b = 1,0656 - (0,0012795 * HR \text{ media}) + (0,0044953 * Ud) - (0,00020033 * HR \text{ media} * Ud) ((-0,00003158) * (HR \text{ media})^2) - ((-0,0011206) * (Ud)^2)$$

W, es un índice de ponderación que depende de la HR media y de la altitud.

Rs, es la radiación solar global.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>ET (mm/día)</b>	1,3	2,3	3,8	5,2	6,3	4,6	7,8	6,6	4,4	2,6	1,4	1,3
<b>Eto (mm/mes)</b>	40.3	64.4	117.8	156	195.3	138	241.8	204.6	132	80.6	42	40.3

Tabla 7.3

### 2.1.5 Cuadro resumen según métodos elegidos.

Todos los datos están en mm/mes.

	THORNTHTWAITE	BLANEY-CRIDDLE	RADIACIÓN
<b>ENE</b>	12,39	21,39	40,3
<b>FEB</b>	17,13	40,04	64,4
<b>MAR</b>	36,91	84,01	117,8
<b>ABR</b>	51,58	104,7	156
<b>MAY</b>	85,46	138,88	195,3
<b>JUN</b>	126,98	191,7	138
<b>JUL</b>	150,11	218,55	241,8
<b>AGO</b>	135,18	196,54	204,6
<b>SEP</b>	89,1	122,1	132
<b>OCT</b>	55,39	79,67	80,6
<b>NOV</b>	24,34	35,4	42
<b>DIC</b>	13,19	19,53	40,3
<b>Σ anual</b>	797,76	1252,51	1453,1

Tabla 7.4

Como conclusión, y con objeto de definir unos valores de Eto para el cálculo de las necesidades de agua de cultivo, realizaremos una media entre los valores obtenidos por el método de Thornthwaite y de Blaney-criddle que se muestran en la siguiente tabla, descartando los datos del método de radiación por presentar una mayor desviación de la media.

MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	$\Sigma$ anual
ET <sub>0</sub> (mm/ mes)	16.89	28.58	60.46	78.14	112.17	159.34	184.33	165.86	105.6	67.53	29.87	16.36	1578

Tabla 7.5

## **2.2 Cálculo de las necesidades hídricas del cultivo.**

En el apartado anterior se ha determinado la evaporación de referencia, en función de las características climáticas de la zona. A partir de estos datos, y teniendo en cuenta el tipo de cultivo, en este caso el almendro, se determinarán las necesidades de agua del cultivo para períodos de un mes. La relación entre ambos viene determinada por el coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) y emplearemos también una serie de factores derivados del método de riego elegido; el factor de localización ( $K_r$ ) en función del porcentaje de superficie sombreada y las correcciones por condiciones locales (variación climática y variación por advección).

### **2.2.1.- Elección de los coeficientes de cultivo.**

El valor de  $K_c$  representa la evapotranspiración de un cultivo en condiciones óptimas y que produzcan rendimientos óptimos, su valor para un determinado cultivo viene dado por el potencial de transpiración del mismo, y aún dentro de cada cultivo, de la zona donde se encuentre.

Por tanto, en la elección del coeficiente de cultivo  $K_c$  juega un papel muy importante el conocimiento del cultivo y de la zona. Por ello, para su determinación se debe de tener en cuenta, las características del cultivo, el ciclo del mismo y las distintas fases de desarrollo vegetativo. Asimismo, se deben tener en consideración los factores correspondientes al viento, a la humedad y especialmente, la frecuencia de lluvias durante la fase de crecimiento. El  $K_c$  no es constante a lo largo del año.

De forma que se adoptan los siguientes valores de  $K_c$  para el valle medio del Ebro en almendro según la FAO. El resto de los meses no se consideran irrelevantes puesto que la evapotranspiración en estos meses es mínima.

	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sept</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>
<b>Kc</b>	0.5	0.75	0.85	0.9	0.9	0.9	0.85	0.8	0.7

Tabla 7.6

### 2.2.2 Efecto de la localización.

El efecto del estado de desarrollo del cultivo (superficie cubierta por la copa con respecto a la superficie asignada para cada planta) en la Etc es contemplado por los coeficientes Kr. Al no disponer de información específica para el caso del almendro, el coeficiente Kr podría determinarse de la siguiente forma genérica:

Sabiendo que el marco de plantación es de 7 x 7 metros la superficie de suelo para cada árbol es:

$$a \times b = 7 \times 7 = 49 \text{ m}^2$$

El área sombreada es:

$$A = (\Pi \times 7^2) / 4 = 38.48 \text{ m}^2$$

La fracción de superficie de suelo sombreada es:

$$As = A / a \times b = 38.48 / 49 = 0.78$$

Conocido As, las formulas para el cálculo Kr son:

$$\text{Según Aljiburg, } Kr = 1.34 \times As \times 0.65 \quad \text{por lo que } Kr = 0.68$$

$$\text{Según Decroix, } Kr = 0.1 + As \quad \text{por lo que } Kr = 0.88$$

$$\text{Según Hoare, } Kr = 0.5 \times As + 0.5 \quad \text{por lo que } Kr = 0.89$$

$$\text{Según Keller, } Kr = 0.15 + 0.85 As \quad \text{por lo que } Kr = 0.81$$

Para calcular el valor de Kr se eliminan el mas grande y el mas pequeño y se hace la media de los restantes y por tanto nos queda Kr = 0.845

### **2.2.3 Correcciones por condiciones locales.**

Las fórmulas utilizadas para calcular la ET<sub>0</sub> incluyen datos climáticos pero no prevén el efecto de la gran cantidad de condiciones locales que pueden influir en la evapotranspiración. Algunos de estos efectos se cuantifican por medio de coeficientes que multiplicados por la E<sub>Tc</sub> (ET<sub>0</sub> x K<sub>c</sub> x K<sub>r</sub>) permiten el cálculo de la ET.

- Variación climática.

Cuando la ET<sub>0</sub> utilizada en el cálculo al valor medio del período estudiado, debe mayorarse multiplicándola por un coeficiente, pues si no las necesidades calculadas serían un valor medio y muchos años el valor calculado sería insuficiente. Se adopta en este caso el criterio de riego localizado de alta frecuencia (RLAF) donde el volumen de suelo mojado es reducido y se debe de aplicar un coeficiente elevado comprendido entre 1,15 y 1,20, utilizando 1,20 porque así también tenemos en cuenta las variaciones diarias.

- Variación por advección.

La transformación en riego de una zona introduce un cambio en el micro clima aumentando la humedad relativa y disminuyendo las temperaturas medias. El aire caliente y seco de los secanos cercanos tiene un efecto sobre los cultivos en regadío aumentando la ET a barlovento y disminuyéndola a sotavento, donde el aire llega cargado de humedad. Estos efectos se conocen con el nombre de "efecto de ropa tendida" y "efecto oasis".

La corrección a aplicar depende del tamaño de la zona de riego, en este caso la superficie es de 44.19 ha, por lo que le corresponde un valor de advección de 0,85.

#### 2.2.4 Necesidades netas (Nn).

La necesidad neta es la fracción del agua que debe quedar almacenada en la zona radicular para ser puesta a disposición de los cultivo.

$$Nn = ET_c - P_e - \Delta G - \Delta W$$

$ET_c$ : evapotranspiración del cultivo

$P_e$ : precipitación efectiva

$\Delta G$ : aporte hídrico capilar

$\Delta W$ : variación de la humedad en el suelo entre dos riegos seguidos

Ahora bien, cabe hacer las siguientes consideraciones dado que en nuestro caso se trata de un RLAF:

- Aunque estadísticamente en algunos meses se produzca una lluvia media que dé lugar a una precipitación efectiva, ésta no deberá tenerse en cuenta, porque la frecuencia de riego es tan alta que resulta muy improbable que entre dos riegos consecutivos, ocurra una lluvia.
- El aporte capilar sólo tiene importancia cuando la capa freática está próxima y este no es nuestro caso.
- La variación del contenido de humedad en el suelo no se debe tener en cuenta para el cálculo de necesidades punta.

Por lo que la expresión de las necesidades netas de riego será la siguiente:

$$Nn = ETo \times kc \times kr \times \text{factor climático} \times \text{factor de advección}$$

A continuación se muestran las necesidades hídricas del almendro en el proyecto:

	Eto mes (mm)	Kc	Kr	Factor climático	Factor advección	ET mes(mm)
<b>Marzo</b>	60.46	0.5	0.745	1.2	0.85	22.97
<b>Abril</b>	78.14	0.75	0.745	1.2	0.85	44.53
<b>Mayo</b>	112,17	0.85	0.745	1,2	0,85	72.45
<b>Junio</b>	159,34	0.9	0.745	1,2	0,85	108.97
<b>Julio</b>	184,33	0.9	0.745	1,2	0,85	126.06
<b>Agosto</b>	165,86	0,9	0.745	1,2	0,85	113.43
<b>Septiembre</b>	105,6	0,85	0.745	1,2	0,85	68.21
<b>Octubre</b>	67,53	0,8	0.745	1,2	0,85	41.05
<b>Noviembre</b>	29.87	0.7	0.745	1.2	0.85	15.89
<b>TOTAL</b>						<b>637.19</b>

Tabla 7.7

## 2.2.5 Necesidades reales (Nr).

Las necesidades netas (Nn) no coinciden con el volumen de agua a aplicar en el riego, considerado como necesidades reales (Nr).

Para el cálculo de Nr hay que tener en cuenta las pérdidas de agua y las necesidades de lavado.

Las pérdidas consideradas son las pérdidas en la parcela. En riegos localizados de alta frecuencia, estas pérdidas son debidas a la percolación; las pérdidas por escorrentía sólo se presentan en caso de manejo muy deficiente, por lo que no se tienen en cuenta.

Al no darse concentraciones salinas altas en nuestras parcelas no existen necesidades de lavado.

Se denomina eficiencia de aplicación (Ea) en parcela a la fracción de agua aplicada que queda retenida en la zona radicular a disposición de los cultivos. Su valor depende del sistema de riego, del tipo de suelo y de otros factores. En este caso se tomará un valor de 0,95 recomendado para el almendro en clima árido. De acuerdo con la definición de Ea, las necesidades reales serán:

$$Nr = Nn / Ea$$

Tomando como valor Nn el del mes más crítico, en este caso julio.

### **2.2.6 Necesidades totales de riego.**

Debido a diferentes causas, los emisores de una instalación arrojan caudales que no son exactamente iguales entre sí, lo que ocasiona que las plantas reciban dosis de riego diferentes.

A efectos de diseño se establece la condición de que la parte de la finca que menos agua reciba, reciba como mínimo una cierta fracción de la dosis media. A esta fracción se le denomina “Coeficiente de Uniformidad” (CU).

Por lo tanto las necesidades totales Nt se calculan como:

$$Nt = Nn / (Ea * CU)$$

Imponemos la condición de que la parte menos regada de la finca reciba una dosis del 90% de la media: CU = 0,90 y hacemos el cálculo para el mes de julio que es el que mayor necesidad de riego presenta; por tanto el valor de Nt obtenido es

$$Nt = 126.06 / (0,95 * 0,90) = 147.43$$

$$147.43 \text{ (mm/mes)} / 31 \text{ (días/mes)} = 4.75 \text{ mm/día}$$

También se puede expresar así:

- Necesidades diarias por planta (marco 7 x 7 metros):

$$4.75 \text{ mm/día} \times (7 \times 7) = 233 \text{ litros / almendro y día.}$$

- Caudal ficticio continuo:

$$[4.75 (\text{mm/día}) \times 10.000] / [24 \times 3600] = 0.55 \text{ l / seg y ha}$$

	<b>Nr</b>	<b>Nt</b>	<b>Nt</b>	<b>N real</b>	<b>Caudal continuo</b>
	<b>mm/mes</b>	<b>mm/día</b>	<b>árbol/día</b>	<b>m3 /ha y mes</b>	<b>l / sg y ha</b>
<b>Marzo</b>	22.97	0.86	42.14	229.7	0.1
<b>Abril</b>	44.53	1.73	84.77	445.3	0.2
<b>Mayo</b>	72.45	2.73	133.77	724.5	0.31
<b>Junio</b>	108.97	4.25	208.25	1089.7	0.49
<b>Julio</b>	126.06	4.75	233	1260.6	0.55
<b>Agosto</b>	113.43	4.26	208.74	1134.3	0.49
<b>Septiembre</b>	68.21	2.66	130.34	682.1	0.31
<b>Octubre</b>	41.05	1.55	75.95	410.5	0.18
<b>Noviembre</b>	15.89	0.62	30.38	158.9	0.07
				<b>6135.6</b>	

Tabla 7.8

### 3.- PROGRAMACION DE LOS RIEGOS.

Este apartado engloba una serie de parámetros que caracterizan el riego y condicionan el posterior diseño hidráulico. En la fase de diseño agronómico todas estas magnitudes están relacionadas entre sí, de forma que una variación de una de ellas modifica a las demás.

### **3.1 Porcentaje de suelo mojado.**

En la práctica del diseño, el concepto de porcentaje de suelo mojado se sustituye por el porcentaje de superficie mojada. Este parámetro fue definido por *Kéller* y *Karmeli* en 1974 como la relación entre el área mojada por los emisores y el área total.

Según *H.Abreu*, el área mojada se tiene que medir a la profundidad en la que la densidad radicular sea máxima.

### **3.2 Elección del emisor.**

Los emisores son los elementos más importantes de las instalaciones de riegos localizados de alta frecuencia. Deben cumplir tres condiciones fundamentales:

1.- El caudal que proporcionen debe ser el adecuado, se elegirán de bajo caudal con objeto de que los diámetros de las tuberías, sobre todo laterales y terciarias, sean reducidos y no encarezcan la instalación.

2.- La presión de servicio de los emisores no debe ser muy baja para minimizar el efecto que sobre la uniformidad del riego tienen los desniveles del terreno y las perdidas de carga a lo largo de terciarias y laterales.

3.- El paso del agua debe ser lo mayor posible con objeto de evitar las obturaciones en el goteo.

Cualquiera que sea el tipo de emisor, entre el caudal emitido y la presión de servicio existe la siguiente relación denominada ecuación del emisor y que es característica de cada uno.

$$q = K * h^x$$

q: caudal del emisor, se mide en litros / hora (l/h).

K: coeficiente de descarga.

x: exponente de descarga

h: presión a la entrada del emisor.

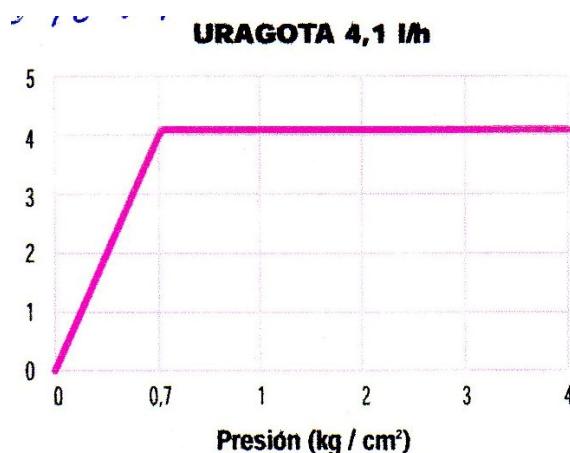
En función del coeficiente de descarga (K), existe una clasificación de los emisores, que es la siguiente:

<u>Emisor</u>	<u>Coeficiente de descarga</u>
De régimen laminar	1
Microtubos	0.75-1
Helicoidal	0.67-0.75
De régimen turbulento (orificio, de laberinto)	0.5
Vortex	0.4
Autocompensante	0-0.4

Interesa que los emisores tengan un coeficiente de descarga bajo por que cuanto más se acerque a 1 más laminar será el flujo. Los emisores en régimen laminar son más sensibles a los cambios de presión y por tanto riegan con menos uniformidad. Son también más sensibles a las obturaciones y a cambios de temperatura.

Así pues, se colocará un gotero de régimen turbulento, de tipo autocompensante ya que hay tuberías que en algunos puntos salvan desniveles importantes.

La curva del emisor elegido es la siguiente:



### **3.3 Superficie regada por cada emisor.**

Se define superficie regada por emisor como la proyección horizontal del bulbo húmedo que forma ese emisor. Suponiendo circular esta superficie se define el diámetro mojado ( $D_m$ ).

En este caso la superficie puede calcularse mediante el uso de tablas, que vienen en función del tipo de suelo y del caudal del emisor, fórmulas o pruebas de campo.

$$D_m = 0,7 + 0,11 * q = 0,7 + 0,11 * 4.1 = 1.15 \text{ metros},$$

Siendo  $q$  el caudal del gotero que en este caso hemos elegido con un caudal de 4.1 l/h

El área mojada será:

$$S_m = [\pi \times (D_m/2)^2] = [\pi \times (1.15/2)^2] = 1.04 \text{ m}^2$$

### **3.4 Número de emisores por planta.**

El número de emisores por planta determina una característica agronómica muy importante en los riegos localizados: el porcentaje de superficie mojada.

A efectos de diseño es necesario establecer un mínimo de volumen de suelo a humedecer, es complicado elegirlo, pero se estima que un porcentaje alrededor de 30 % es suficiente para el cultivo de almendro en climas áridos.

Se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$e = (a \times b \times P) / 100 \times S_m$$

a es la medida entre filas

b es la distancia entre árboles

P el porcentaje de suelo mojado

$S_m$  la superficie mojada por cada emisor.

$$e = (7 \times 7 \times 30) / (100 \times 1.04) = 14 \text{ emisores por planta}$$

### **3.5 Separación entre emisores.**

Para establecer la separación entre emisores de cada lateral, es necesario tener en cuenta el solape mínimo entre la superficie mojada por cada uno de ellos, así como la distribución de las plantas dentro de cada fila.

Además no es aconsejable que el agua caiga directamente sobre el tronco por posibles problemas de hongos. Debido a esta razón se desestimó totalmente la posibilidad de riego localizado por microaspersores.

La distancia entre emisores ha de ser tal, que permita la unión de los bulbos húmedos, de lo contrario se crearán zonas secas entre los bulbos, difíciles de atravesar por las raíces, evitando con esto, el total aprovechamiento del agua por la planta.

El solape se define en forma de porcentaje respecto al radio del bulbo húmedo y se establece para climas áridos al menos un 20 % de acuerdo con la fórmula:

$$Se = r (2 - a/100)$$

Siendo:      Se: Separación máxima entre emisores

r: Radio del bulbo húmedo en cm.

a: Porcentaje mínimo de solape en tanto por cien

Por lo que:     $Se = 0.575 \text{ cm} (2 - 20 /100) = 1.035 \text{ m}$

Esto quiere decir, que los emisores, no deben estar separados más de 1.035 m. para que se cumpla la condición de solape mínima; como número de emisores por planta tiene que ser en torno a 14, la separación definitiva entre emisores es de 50 cm.

La disposición final adoptada, es un laterales de riego, con goteros insertados a una distancia de 50 cm, por lo que el número de goteros por árbol será de 14.

### **3.6 Intervalo, dosis y tiempo de riego.**

El intervalo de riego ( $I$ ) es generalmente la variable menos rígida y por tanto la que más se puede modificar. Desde el punto de vista agronómico no existe un valor mínimo de  $I$ ; se podría incluso regar continuamente las 24 horas del día. En general los sistemas se diseñan con  $I = 1$ .

Por otra parte, el gotero escogido aporta un caudal nominal de 4.1 l/h, por lo que si dividimos el caudal del gotero por el marco de riego, obtendremos la pluviometría final.

$$4.1 / (7 \times 0.5) = 1.18 \text{ mm / hora}$$

Esto nos dará el tiempo de riego ( $t$ ) que se calcula como:

$$t = (Nt \text{ en mm/ día mes de Julio}) 4.75 / (\text{pluviometría en mm / hora}) 1,18 = 4.02 \text{ horas / día por sector de riego.}$$

Esto quiere decir que, en un día (24 / 4.02), podemos tener un máximo de 5.97 sectores de riego  $\approx 6$  sectores

A continuación veremos una tabla en la que tomando como datos de partida las necesidades hídricas del almendro en los diferentes meses del año calculadas anteriormente, se procede a diseñar un pequeño programa de riego a modo orientativo.

	Necesidades mm / día	Pluviometría de riego mm / h	Tiempo de riego/sector y día	Numero de sectores	Tiempo total de riego / día	Días / mes	Tiempo total (h) de riego / mes
<b>Marzo</b>	0.86	1.18	0.72	6	4.32	31	133.92
<b>Abril</b>	1.73	1.18	1.46	6	8.76	30	262.8
<b>Mayo</b>	2.73	1.18	2.31	6	13.86	31	429.66
<b>Junio</b>	4.25	1.18	3.6	6	21.6	30	648
<b>Julio</b>	4.75	1.18	4.02	6	24	31	744
<b>Agosto</b>	4.26	1.18	3.61	6	21.66	31	671.46
<b>Septiembre</b>	2.66	1.18	2.25	6	13.52	30	405.76
<b>Octubre</b>	1.55	1.18	1.31	6	7.88	31	244.32
<b>Noviembre</b>	0.62	1.18	0.52	6	3.15	30	94.57
<b>TOTAL</b>							<b>3634.5 (h/año)</b>

Tabla 7.9

Las necesidades hídricas para el primer año de cultivo se estiman en el 30 % de las necesidades, durante el segundo año en un 60 %, en el tercero en un 85 % y a partir del cuarto año de cultivo las necesidades calculadas.

**ANEJO N° 8**

**DISEÑO Y CÁLCULO  
HIDRAÚLICO**

## INDICE

1.- INTRODUCCIÓN .....	Pág. 2
2.- MATERIAL EMPLEADO .....	Pág. 2
3.- CALCULO HIDRAÚLICO .....	Pág. 4
3.1 Distribución de la variación de presiones en la subunidad.....	Pág. 5
3.2 Cálculo de los laterales de riego .....	Pág. 6
3.3 Presión necesaria al inicio del lateral .....	Pág. 8
3.4 Cálculo de las tuberías terciarias .....	Pág. 9
3.5 Cálculo de las tuberías secundarias .....	Pág. 10
3.5.1 Tuberías secundarias tipo A .....	Pág. 11
3.5.2 Tuberías secundarias tipo B.....	Pág. 12
3.6 Cálculo de las presiones a la salida del cabezal.....	Pág. 12
3.7 Cálculo de la tubería primaria .....	Pág. 14
4.- MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	Pág. 15
4.1 Definición de zanjas .....	Pág. 15
4.2 Excavación de las zanjas de la terciaria.....	Pág. 15
4.3 Excavación de las zanjas de las secundarias .....	Pág. 16
4.4 Excavación de la zanja de la primaria .....	Pág. 17

## **1.- INTRODUCCIÓN.**

En el presente anexo se va a proceder al cálculo de las pérdidas de carga que existen en la red de riego.

Para llevar a cabo este propósito, tanto estas pérdidas de carga como la elección de los diámetros de las tuberías que componen la red de riego, se calculan mediante unas hojas de cálculo creadas para tal efecto y basadas en criterios que mas adelante describiremos.

Cada una de las dos parcelas de las que consta el proyecto se divide en tres sectores de riego, con casi siete hectáreas cada uno de ellos, como se indica en los planos.

## **2.- MATERIAL EMPLEADO.**

En las instalaciones de riego localizado se usan materiales plásticos, que no sean atacados por los productos químicos utilizados, ácidos o fertilizantes.

Las tuberías secundarias y terciarias serán de policloruro de vinilo (PVC) y el lateral de polietileno (PE) de baja densidad.

Estos materiales ofrecen las siguientes ventajas:

- Facilidad de transporte y manejo, debido a su poco peso, (la densidad del polietileno es 0,9 y la del policloruro de vinilo 1,4).

- Resistencia a la corrosión

- Paredes interiores totalmente lisas, lo que permite aumentar la velocidad del agua conducida. No se forman incrustaciones de carbonatos u otras materias disueltas en el agua, que disminuirían la capacidad de la tubería

## POLICLORURO DE VINILO (PVC)

Las tuberías de PVC, se fabrican a partir de resinas de poli cloruro de vinilo, lubricantes, estabilizantes y colorantes, resultando un material plástico de elevada rigidez.

Las características generales de este tipo de conducciones son:

- Su resistencia, ligereza y facilidad de acoplamiento, que simplifica los montajes.
- Es muy resistente, fácil de transportar y de acoplar. Se presentan en tubos de 4 a 8 metros.

Para realizar los empalmes se colocarán juntas encoladas .Este tipo de unión, al igual que la unión elástica, exige el machihembrado de las piezas, el extremo hembra de cada tubo se fabrica con un alojamiento de sección semicircular en el que encaja un anillo de goma gracias al cual se consigue la estanqueidad de la unión.

Las tuberías deben protegerse de la intemperie y de los rayos ultravioleta del sol, y es por esta razón por lo que se realiza el enterrado de las mismas, a su vez mientras se realicen las obras para la instalación permanecerán tapadas al sol en algún almacén a con algún tipo de protector.

La resistencia a la succión o aplastamiento es débil, por lo que deben permanecer llenas de agua, instalando las válvulas adecuadas para que no se vacíen.

Los problemas del golpe de ariete son más graves que con las tuberías de PE, que son más flexibles.

Las normas de calidad del PVC vienen recogidas en las UNE 53.112

## POLIETILENO (PE)

En lo referente al PE, es un plástico derivado del etileno, al que se somete a un proceso de calor y presión que provoca su polimerización.

Las principales ventajas que presentan este tipo de tuberías son:

- Ligereza y flexibilidad.
- Posibilidad de instalación a la intemperie.
- Durabilidad
- Bajísima rugosidad absoluta de las tuberías nuevas

La tubería de polietileno que conformará los laterales es muy flexible, se extiende mediante una máquina específica, se sirve en rollos de 100 metros y lleva insertados los goteros a la distancia exigida. Soporta bien las heladas y los cambios de temperatura sin que sean afectadas por la radiación solar, por lo que se instalarán sobre la superficie del terreno.

El polietileno incoloro, expuesto a la luz se degrada paulatinamente hasta volverse frágil. Por este motivo, la tubería llevará una protección de pigmento negro, a base de 2-3% de humo.

Como principal inconveniente, es su mayor precio lineal, que el PVC.

Para los tubos de PEBD se sigue la norma UNE 53.367

## 3.- CÁLCULO HIDRÁULICO.

En el diseño de los riegos localizados de alta frecuencia los cálculos hidráulicos se realizan después del diseño agronómico y basándose además en otros datos como características del emisor elegido, topografía de la finca, etc.

Para calcular la presión necesaria a la entrada de cualquiera de las subunidades de las que esta compuesta la parcela, se debe calcular en primer lugar la presión necesaria a la entrada de uno de los laterales que componen dicha subunidad.

La longitud de los laterales va variando dependiendo del contorno de cada sector de riego desde los 67 metros en los laterales más cortos hasta los 75 metros en los más largos. El numero de emisores en cada lateral va desde los 134 en los mas cortos hasta los 150 en los mas largos; separados 50 cm entre si. La separación entre laterales es de 7 metros. Todo esto ya se calculó en el anexo anterior.

Los datos necesarios para el cálculo hidráulico de las pérdidas de carga en los laterales son:

- La presión nominal de trabajo de los goteros, se toma como referencia en 10 m.c.a.
- El caudal de los emisores es de 4.1 l/h

### **3.1 Distribución de la variación de presiones en la subunidad.**

Antes de empezar a calcular las pérdidas de carga es conveniente establecer el criterio de cómo se reparte la tolerancia de presión máxima admisible entre el lateral y la terciaria.

En una subunidad de riego se admite una variación máxima de caudal entre los distintos emisores del 10 % del caudal medio (regla de Christiansen). Con esta condición las variaciones admisibles de presión vienen dadas por la siguiente fórmula.

$$\Delta H_{total} = \frac{0,1}{x} \cdot H_{nominal}$$

Siendo:

$\Delta H$ , variación máxima de la presión

$H$ , presión de trabajo del emisor → 10 m.c.a

$x$ , exponente de descarga del emisor → 0,45

$$\Delta H_{totales} = (0.1/0.45) \cdot 10 = 2.22 \text{ m.c.a.}$$

Se ha comprobado que el coste mínimo de la instalación, ocurre cuando el 55 % de las pérdidas admisibles en la subunidad se producen en los laterales, mientras que el 45% restante, se producen en las tuberías terciarias.

De esta forma:

- $\Delta H_{lat} = 0,55 \cdot \Delta H_{total} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22$  mca.
- $\Delta H_{ter} = 0,45 \cdot \Delta H_{total} = 0,45 \cdot 2,22 = 1$  mca.

### **3.2 Cálculo de los laterales de riego.**

Los laterales de riego se denominan a las tuberías que alimentan directamente a los emisores y reciben el agua de las terciarias. Lo normal es que sean de PE y de un diámetro de 12, 16, 20 o 25 mm, para diámetros superiores el PE resulta demasiado caro y se utiliza PVC. En este tipo de tuberías, no son de temer los golpes de ariete debido al gran número de salidas que tienen, por lo que se pueden admitir velocidades más altas que en las tuberías de conducción.

El lateral que se toma como base para el cálculo es el más desfavorable, debido a su mayor número de emisores, por lo que mayores necesidades de agua tiene y que más alejado de su tubería terciaria suministradora se encuentra.

Para el cálculo de los laterales se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Longitud del lateral, en metros (L).
- Número de emisores (n).
- Caudal del lateral objeto de estudio (Q).

$$Q = \text{número de emisores (n)} * \text{caudal del emisor (q)}$$

- F, es el coeficiente de reducción de Christiansen que compensa la descarga a lo largo de toda la tubería en función del número de orificios o emisores. Este dato se obtiene mediante tablas.

$$Fr = \frac{r + n \cdot F - 1}{r + n - 1} \quad \text{donde} \quad r = \frac{S_o}{S_e}$$

Siendo:

- $S_0$ : distancia hasta el primer emisor.
- $S_e$ : distancia entre cada emisor.

En este caso  $S_0 = S_e$ , por lo tanto  $r = 1 \rightarrow Fr = F$

- El efecto de la conexión emisor-lateral ocasiona una pérdida de carga cuyo valor depende de las características de la conexión y del diámetro del lateral (D). A efectos de cálculo, las conexiones se pueden sustituir por una longitud equivalente de tubería ( $l_{eq}$ ).

$$l_{eq} = \frac{18,91}{D^{1,87}}$$

En función de las perdidas de carga admisibles en el lateral se tanteará con las perdidas que originan los diferentes diámetros comerciales. Se escogerá aquel cuyas pérdidas de carga más se aproximen a las admisibles.

Para calcular las perdidas de carga ( $h_f$ ) que provoca cada uno de esos diámetros se utiliza la siguiente ecuación:

$$h_f = (L + n \cdot l_{eq}) \cdot Fr \cdot C \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

Podemos calcularlas de otro modo donde:

$$h_{re} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \cdot L$$

$$h_f = a \cdot h_r = a \cdot Fr \cdot h_{re}$$

Los resultados se han obtenido mediante unas hojas de cálculo creadas para tal efecto y se recogen en la siguiente tabla. El nombre de los laterales corresponde a la tubería terciaria que los abastece.

LATERAL	L (m)	N <sub>e</sub>	Q (l/h)	Fr	h <sub>f</sub>	D (mm)
1.1	70	140	574	0.368	1.15	20
1.2	70	140	574	0.368	1.15	20
2.1	75	150	615	0.367	1.39	20
2.2	75	150	615	0.367	1.39	20
3.1	76	152	623	0.367	1.44	20
3.2	76	152	623	0.367	1.44	20
4.1	70	140	574	0.368	1.15	20
4.2	70	140	574	0.368	1.15	20
5.1	75	150	615	0.367	1.39	20
5.2	75	150	615	0.367	1.39	20
6.1	72	144	590	0.367	1.24	20
6.2	72	144	590	0.367	1.24	20

Tabla 8.1

Debido a las irregularidades que presenta el terreno en algunos puntos el tipo de gotero utilizado es el autocompensante. Los goteros autocompensantes tienen la ventaja de que permiten obtener el mismo caudal a diferentes presiones de trabajo, por lo que son imprescindibles en instalaciones donde existan diferencias de presión entre los distintos laterales de riego si queremos obtener caudales uniformes en todos ellos.

### **3.3 Presión necesaria al inicio del lateral.**

Se obtiene a partir de la expresión:

$$P_0 = P_n + Z_{lat} + h_{f, lat}$$

Donde:

- $P_n$ : Presión media en el lateral, en mca.
- $Z_{lat}$ : Desnivel de la tubería del lateral, en m.
- $h_f$ : Pérdida de carga en el lateral, en mca.

### **3.4 Cálculo de las tuberías terciarias.**

La pérdida de presión admisible en la terciaria, es la diferencia entre la tolerancia de la subunidad, menos las pérdidas de presión en el lateral.

$$\Delta H_{terciaria} = \Delta H_{total} - \Delta H_{lat}$$

En el caso de haber desnivel en la terciaria

$$\Delta h_{ter} = \Delta H_{ter} - Z_{ter}$$

Debido a que hemos escogido goteros autocompensantes, no será posible cumplir la regla de Christiansen. Sin embargo con objeto de establecer un límite mantendremos las pérdidas de presión admisibles en la terciaria asignadas en el reparto de la subunidad.

Para tener en cuenta el efecto de las pérdidas menores en las derivaciones, consideramos un coeficiente mayorante sobre la longitud (Km) igual a 1,2.

El diámetro de la terciaria deberá ser tal que las pérdidas que provoque en la tubería, sean inferiores a las admisibles, es decir:

$$D_{ter}^{4,75} > \frac{K_m \cdot Fr \cdot C \cdot L \cdot Q^{1,75}}{h_{f,max}}$$

Las pérdidas de carga para estos diámetros son:

$$h_{f,ter} = \frac{K_m \cdot Fr \cdot C \cdot L \cdot Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

Una vez conocidas las pérdidas de la terciaria, se puede pasar a determinar la presión necesaria al inicio de ésta, mediante la expresión:

$$P_{o,ter} = P_{lat} + h_{ter} + h_v$$

Donde:

- $P_{lat}$ : Presión necesaria para el lateral de riego más exigente, en mca.
- $h_{ter}$ : Pérdidas de carga en la terciaria, en mca.
- $h_v$ : Pérdidas de carga en la válvula, en mca.

Con estos datos se procede al dimensionado de las tuberías, cuyos resultados se pueden ver en la tabla que se presenta a continuación:

Terciaria	L (m)	N <sub>lat</sub>	Q (l/h)	Fr	Z(m)	hf <sub>max</sub> (mca)	hf <sub>ter</sub> (mca)	D <sub>teorico</sub>	D <sub>comercial</sub>	P <sub>necesaria</sub> (mca)
1.1	223	64	36736	0.371	12	1.07	0.66	106.9	125	11.81
1.2	350	100	57400	0.369	10	1.07	0.69	137.34	160	11.84
2.1	350	100	61500	0.369	7	0.83	0.78	148.6	160	12.17
2.2	350	100	61500	0.369	6	0.83	0.78	148.6	160	12.17
3.1	84	24	14957	0.385	5	0.78	0.6	66.81	75	12.04
3.2	310	65	40508	0.371	10	0.78	0.63	125.97	140	12.07
4.1	300	85	48790	0.370	11	1.07	0.84	125.3	140	11.99
4.2	240	70	40180	0.371	11	1.07	0.83	111.36	125	11.98
5.1	230	66	40590	0.371	5	0.83	0.81	116.85	125	12.20
5.2	250	64	39360	0.371	5	0.83	0.83	117.58	125	12.22
6.1	390	95	56088	0.369	4	0.98	0.74	141.91	160	11.98
6.2	330	80	47232	0.370	5	0.98	0.88	128.68	140	12.12

Tabla 8.2

### 3.5 Calculo de las tuberías secundarias.

Las tuberías secundarias son las tuberías que van desde el cabezal de riego situado a pie de parcela hasta las tuberías terciarias.

En nuestro proyecto diferenciamos dos tipos de tuberías secundarias que son:

- Las que abastecen agua a las distintas terciarias dentro de cada sector, a las que denominaremos con la letra A.
- Las que transportan el agua desde el cabezal de riego hasta el comienzo de cada sector de riego, a las que denominaremos con la letra B.

### 3.5.1 Tuberías secundarias tipo A.

Estas tuberías transportan agua desde la entrada a cada hidrante a las tuberías terciarias de este.

Las únicas condiciones que imponemos a estas tuberías es que sean de PVC y que en su interior no se sobrepase la velocidad de 1.5 m/s para que no exista riesgo de rotura y que tampoco sea inferior a 0.6 m/s ya que sino la tubería se encarece mucho y se producen fenómenos de sedimentación en su interior.

Para calcular las pérdidas de carga que se producen a lo largo de estas tuberías utilizamos la fórmula de Veronese:

$$hr = 0.365 \times \frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} x L$$

Para calcular las velocidades que se dan dentro de estas tuberías utilizamos la ecuación de continuidad:

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\Pi \cdot D^2}$$

Con estos datos hemos calculado estas tuberías y los resultados se muestran en la siguiente tabla.

TUBERIA	Q (l/h)	Q (l/s)	DN (mm)	D <sub>int</sub> (mm)	L (m)	hr (m)	V (m/s)
A1	36736	10.20	125	117.6	137	0.95	0.939
A2	61500	17.08	160	150.6	150	0.80	0.959
A3	14957	4.15	75	70.6	230	3.67	1.061
A4	48790	13.55	140	131.8	140	0.94	0.993
A5	40590	11.27	125	117.6	155	1.22	1.007
A6	47232	13.12	140	131.8	145	0.92	0.962

Tabla 8.3

### **3.5.2 Tuberías secundarias tipo B.**

Estas tuberías son las que transportan el agua desde el cabezal de riego hasta la entrada a cada hidrante. De el cabezal de riego saldrá una tubería que se dividirá en cuatro; una para el sector 1, otra para el 2, otra para el 3 y otra para los sectores de la parcela 1, es decir, para el 4, 5 y 6; esta tubería al llegar a la parcela 1 se dividirá en tres para abastecer a cada uno de los tres sectores. A estas tuberías las denominaremos con la letra B seguido del número de sector al que abastecen y a la tubería que abastece a los tres sectores de la parcela 1 la denominaremos tubería B<sub>456</sub>.

Las condiciones impuestas para estas tuberías y los métodos de cálculo utilizados para estas tuberías son los mismos que para las del caso anterior.

TUBERIA	Q (l/h)	Q (l/s)	DN (mm)	D <sub>int</sub> (mm)	L (m)	h <sub>r</sub> (m)	V (m/s)
B1	94136	26.15	160	150.6	100	1.15	1.356
B2	123000	34.17	180	169.4	83	0.88	1.516
B3	55456	15.41	140	131.8	16	0.13	1.129
B <sub>456</sub>	103320	28.70	200	188.2	321	1.50	1.032
B4	88970	24.71	160	150.6	176	1.83	1.387
B5	79950	22.21	160	150.6	24	0.21	1.247
B6	103320	28.70	180	169.4	332	2.57	1.273

Tabla 8.4

### **3.6 Cálculo de las presiones a la salida del cabezal.**

La presión necesaria a la salida del cabezal es la resultante de la suma de la presión necesaria por los goteros, las pedidas en los laterales de riego, las perdidas en la tubería terciaria y las perdidas en las tuberías secundarias; también hay que contar con el desnivel que en nuestro caso nos es favorable.

Para el cálculo partiremos de los datos de la tabla 8.2 en la que ya tenemos la presión necesaria al inicio de la terciaria y le sumaremos las pérdidas en las secundarias.

En la siguiente tabla se muestra la presión necesaria en cada tubería terciaria y la resultante final de cada sector esta viene marcada por la tubería más exigente en cuanto a presión.

TUBERIA	P <sub>it</sub> (mca)	h <sub>ra</sub> (m)	P <sub>finalt</sub> (mca)	P <sub>sector</sub>
1.1	11.81	0.95	12.76	12.76
1.2	11.84	0	11.84	
2.1	12.17	0	12.17	12.97
2.2	12.17	0.8	12.97	
3.1	12.04	0	12.04	15.74
3.2	12.07	3.67	15.74	
4.1	11.99	0.94	12.93	12.93
4.2	11.98	0	11.98	
5.1	12.20	0	12.20	13.44
5.2	12.22	1.22	13.44	
6.1	11.98	0	11.98	13.04
6.2	12.12	0.92	13.04	

Tabla 8.5

En la siguiente tabla calculamos la presión necesaria a pie del cabezal de riego.

P <sub>sector</sub>	h <sub>rb</sub> (m)	P <sub>final</sub>	ΔZ (m)	P <sub>requerida</sub>
12.76	1.15	13.91	0	13.91
12.97	0.88	13.85	0	13.85
15,74	0.13	15.87	0	15.87
12.93	1.83	16.26	7	9.26
13.44	0.21	15.15	10	5.15
13.04	2.57	17.11	15	2.11

Tabla 8.6

Dado a que la presión a la salida del cabezal solo puede ser una, tomaremos el valor más alto para que así todos los sectores tengan la presión suficiente para un normal funcionamiento. Esta presión necesaria es de 15.87 mca.

### **3.7 Cálculo de la tubería primaria.**

Esta tubería transporta agua desde la salida de la balsa hasta la entrada al cabezal de riego; por tanto esta tubería tiene su inicio a cota 560 que es a la que se encuentra la base de la balsa y su final se encuentra en cota 525 que es donde se encuentra el cabezal de riego.

Las únicas condiciones que imponemos a estas tuberías es que sean de PVC y que en su interior no se sobrepase la velocidad de 1.5 m/s para que no exista riesgo de rotura y que tampoco sea inferior a 0.6 m/s ya que sino la tubería se encarece mucho y se producen fenómenos de sedimentación en su interior. Además las pérdidas de carga en el interior de la tubería deben ser menores a 4 mca ya que la presión necesaria para regar se obtiene mediante la diferencia de cotas existentes entre el fondo de la balsa y la entrada al cabezal. Esta presión al inicio del cabezal no puede ser menor de 31 mca.

Para calcular las pérdidas de carga que se producen a lo largo de estas tuberías utilizamos la fórmula de Veronese:

$$hr = 0.365 \times \frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} x L$$

Para calcular las velocidades que se dan dentro de estas tuberías utilizamos la ecuación de continuidad:

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\Pi \cdot D^2}$$

Los datos obtenidos mediante hojas de cálculo han sido recogidos en la siguiente tabla:

Q (l/h)	Q (l/s)	DN (mm)	D <sub>int</sub> (mm)	L (m)	hr (m)	V (m/s)
123000	34.16	200	169.4188,2	120	0.77	1.23

Tabla 8.7

Por tanto esta tubería primaria tendrá un diámetro exterior de 200 y tendrá una largura de 120 metros.

#### 4.- MOVIMIENTO DE TIERRAS.

La instalación de una red fija de tuberías en un riego conlleva un movimiento de tierra. Los volúmenes de tierra a mover variaran en función de la tubería a colocar y de las longitudes de los tramos.

De este modo, los movimientos de tierra se calculan tramo a tramo para las tuberías colocadas en toda la finca.

##### **4.1 Definición de zanjas.**

Para la colocación de las tuberías en el terreno se hace necesaria la excavación de una zanja y cuyas dimensiones varían en función del diámetro a colocar. Las dimensiones adoptadas se muestran en la siguiente tabla:

Diámetro exterior de la tubería (mm)	Anchura de la zanja (m)	Profundidad de la zanja (m)
$\emptyset \leq 200$	$\emptyset (m) + 0,6$	$\emptyset (m) + 0,8$
$\emptyset > 200$	$\emptyset (m) + 0,7$	$\emptyset (m) + 0,8$

Tabla 8.8

La sección tipo de la tubería se compone de una cama de arena de espesor  $10 + \emptyset/10$  (cm). Desde la generatriz inferior hasta 30 cm por encima de la generatriz superior, se rellenará con material seleccionado de tamaño menor de 2 cm, que en nuestro caso provendrá de determinados puntos de la excavación en los que encontramos este tipo de material. La parte superior se rellena con material procedente de la excavación en cada lugar.

##### **4.2 Excavación de las zanjas de las terciarias.**

Los volúmenes de tierra excavados para las tuberías terciarias han sido calculados y reflejados en la siguiente tabla:

TERCIARIA	TUBERIA	LONGITUD (m)	ANCHURA (m)	PROFUNDIDAD (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
1.1	PVC 125	223	0.725	0.925	149.5
1.2	PVC 160	350	0.760	0.960	255.4
2.1	PVC 160	350	0.760	0.960	255.4
2.2	PVC 160	350	0.760	0.960	255.4
3.1	PVC 75	84	0.675	0.875	49.6
3.2	PVC 140	310	0.740	0.940	215.6
4.1	PVC 140	300	0.740	0.940	208.7
4.2	PVC 125	240	0.725	0.925	160.9
5.1	PVC 125	230	0.725	0.925	154.2
5.2	PVC 125	250	0.725	0.925	167.6
6.1	PVC 160	390	0.760	0.960	284.5
6.2	PVC 140	330	0.740	0.940	229.5
<b>TOTAL</b>		<b>3407</b>			<b>2443</b>

Tabla 8.9

#### **4.3 Excavación de las zanjas de las secundarias.**

Los volúmenes de tierra excavados para las tuberías secundarias han sido calculados y reflejados en la siguiente tabla:

- Tuberías secundarias tipo A.

SECUNDARIA	TUBERIA	LONGITUD (m)	ANCHURA (m)	PROFUNDIDAD (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
A1	PVC 125	137	0.725	0.925	91.9
A2	PVC 160	150	0.760	0.950	108.3
A3	PVC 75	230	0.675	0.875	135.8
A4	PVC 140	140	0.740	0.940	97.4
A5	PVC 125	155	0.725	0.925	103.9
A6	PVC 140	145	0.740	0.940	100.9
<b>TOTAL</b>		<b>957</b>			<b>638.2</b>

Tabla 8.10

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

- Tuberías secundarias tipo B:

SECUNDARIA	TUBERIA	LONGITUD	ANCHURA	PROFUNDIDAD	VOLUMEN
		(m)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> )
B1	PVC 160	100	0.760	0.960	72.96
B2	PVC 180	83	0.780	0.980	63.5
B3	PVC 140	16	0.740	0.940	11.13
B456	PVC 200	321	0.800	1	256.8
B4	PVC 160	176	0.760	0.960	128.4
B5	PVC 160	24	0.760	0.960	17.5
B6	PVC 180	332	0.780	0.980	253.8
<b>TOTAL</b>		<b>1052</b>			<b>804.1</b>

Tabla 8.11

#### 4.4 Excavación de la zanja de la primaria.

Los volúmenes de tierra excavados para la tubería primaria han sido calculados y reflejados en la siguiente tabla:

PRIMARIA	TUBERIA	LONGITUD	ANCHURA	PROFUNDIDAD	VOLUMEN
		(m)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> )
	PVC 200	120	0.8	1	<b>96</b>

Tabla 8.12

Por tanto si sumamos la resultante de las cuatro tablas obtenemos que los metros totales de tubería son 5536 y que el volumen de tierra a excavar es de 3981.3 m<sup>3</sup>.

## **ANEJO N° 9**

# **CABEZAL DE RIEGO, AUTOMATISMOS Y ELEMENTOS SINGULARES**

## **INDICE:**

1.- INTRODUCCIÓN .....	Pág. 2
2.- FILTRO DE ARENA.....	Pág. 4
2.1 Cálculo del filtro de arena .....	Pág. 5
3.- FILTRO DE MALLA .....	Pág. 6
3.1 Cálculo del filtro de malla .....	Pág. 7
4.- CONTADOR DE CAUDAL.....	Pág. 8
5.- FERTIRRIGACIÓN .....	Pág. 8
6.- AUTOMATISMOS.....	Pág. 10
6.1 Programador .....	Pág. 11
6.2 Paneles solares.....	Pág. 12
6.3 Solenoides.....	Pág. 13
7.- ELEMENTOS SINGULARES .....	Pág.14
7.1 Válvulas .....	Pág.14
7.1.1 Válvulas hidráulicas .....	Pág. 15
7.1.2 Válvulas de compuerta y esfera.....	Pág. 16
7.1.3 Válvulas de retención .....	Pág. 17
7.1.4 Válvulas de ventosa .....	Pág. 17
7.2 Desagües .....	Pág. 19
7.3 Piezas especiales.....	Pág. 19
7.3.1 Codos .....	Pág. 19
7.3.2 Reducciones.....	Pág. 19
7.3.3 Piezas en derivación .....	Pág. 20
7.4 Anclajes .....	Pág. 20

## 1.- INTRODUCCIÓN.

Es el elemento central de la instalación de riego, que contiene los elementos y equipos dedicados al filtrado, inyección de abonos, control y automatismo. Su dimensionado adecuado influye decisivamente en el correcto funcionamiento de la instalación.

El cabezal suele variar de unas instalaciones a otras, pero en nuestro caso se podrá distinguir:

- Filtro de arena.
- Equipo de fertilización
- Filtros de malla
- Contador de agua.
- Automatismos.

### . Filtro de arena

Son elementos típicos en los cabezales, que se usan sobre todo para eliminar impurezas de tipo orgánico como algas, restos de insectos y pequeñas partículas minerales. Son imprescindibles cuando el agua no procede directamente de pozos, sino que ha sido previamente almacenada en depósitos o balsas donde fácilmente se desarrollan algas. Conviene instalar un mínimo de dos filtros, para que en la limpieza de estos, que el agua circula al revés, el agua que se utiliza para la limpieza de un filtro previamente haya sido filtrada por el otro.

### . Equipo de fertilización

No debe ir antes de los filtros de arena para evitar la absorción de fertilizantes por las arenas y no crear en los tanques de filtrado un ambiente rico en nutrientes, lo que favorecería el desarrollo de microorganismos. Consta de depósitos de almacenamiento de fertilizantes y mecanismos de aplicación del abono.

Los tanques han de ser resistentes a ácidos, por haber fertilizantes de pH=1 (poliéster con resinas especiales o polietileno). En cuanto a los mecanismos de aplicación del abono, existen diversos mecanismos: tanques de abonado por los que circula el agua arrastrando el abono allí depositado, bombas inyectoras...

. Filtros de malla.

Se colocan aguas abajo del equipo de fertirrigación. Retienen las impurezas, sobre todo de tipo mineral, que puedan atravesar los filtros de arena o procedentes de los abonos. Existen muchos tipos de filtros de malla, la mayoría con mecanismos que facilitan su limpieza, en algunos filtros estas limpiezas se hacen automáticamente cuando las pérdidas de carga superan un límite.

Las limpiezas de los filtros de arena y los de malla se hacen cuando las pérdidas de carga superan ciertos niveles, para lo que se utilizan manómetros, con objeto de evitar los errores de calibrado de los diferentes manómetros, se instalan tomas de conexión rápida para realizar todas las lecturas con el mismo manómetro.

. Contador de agua.

Existen de diferentes tipos (proporcional, Woltman); indican el caudal instantáneo y son también totalizadores. Deben ir después de los filtros, pues son muy sensibles a impurezas. Algunos pueden transmitir los datos eléctricamente, lo que facilita la automatización.

. Automatismos.

Los cabezales pueden tener otros elementos que automatizan las funciones del cabezal: comienzo y fin del riego, aplicación de fertilizantes, limpieza de filtros, registro de caudales...

Dentro de los automatismos, un capítulo importante lo constituyen los hidráulicos, que pueden realizar funciones de regulación de presión, limitación de caudal, eliminación de aire o sobrepresiones, cierre en caso de averías...

## 2.- FILTRO DE ARENA.

Consisten en tanques metálicos o de poliéster en cuyo interior se coloca una gruesa capa de arena a través de la cual pasa el agua a filtrar. El agua entra por la parte superior y se distribuye en el interior del tanque por medio de un deflector que tiene por objeto evitar que el chorro de agua remueva la arena. El agua sale por la tubería inferior, a través de unos colectores perforados y revestidos de malla para evitar el arrastre de la arena. En el tanque se disponen dos bocas, una para la carga y otra para la descarga de la arena. También hay un purgador para expulsar el aire acumulado.

El filtrado a través de un medio granular es el resultado de tres acciones distintas:

- Tamizado en la interfase agua-arena: es un fenómeno superficial que sólo puede retener partículas de tamaño superior a los poros de los filtros
- Sedimentación: cada espacio poroso actúa como un pequeño decantador en el que la sedimentación se ve favorecida por la baja velocidad del agua
- Adhesión y cohesión: cuando una partícula en suspensión entra en contacto con un grano de material filtrante o con sedimentos depositados anteriormente, se crean fuerzas de atracción de origen eléctrico, que explican que los filtros retengan partículas de diámetros muy inferiores a sus poros

La práctica del filtrado:

- El filtrado se realiza a través de la capa de arena que debe tener como mínimo 50 cm de espesor
- La arena no debe ocupar todo el volumen del depósito para que en los contralavados se permita una expansión del medio filtrante
- El material filtrante (arena o gravas naturales o procedentes de machaqueos), debe disponer de adecuada granulometría (a menor diámetro de la arena mejor es la calidad de agua filtrada, pero menor es el tiempo de contaminación/colmatación del filtro), ser resistente al ataque químico y ser resistente a la fragmentación
- Las partículas que atraviesan el medio filtrante tienen un diámetro del orden de 1/10 a 1/12 el diámetro efectivo (diámetro efectivo = diámetro del tamiz que retiene el 90% de la arena, permitiendo el paso al resto 10%)

- El filtro debe dejar pasar sólo partículas que tengan un diámetro menor que 1/10 el diámetro del emisor, por ello, la arena debe tener un diámetro menor o igual que el diámetro mínimo del emisor

Pérdida de carga, velocidad y limpieza:

- La velocidad del agua adecuada en la filtración es de 60 m/h, con velocidades superiores se producen desnivelaciones en la arena, y con velocidades inferiores tenemos sobredimensionado del filtro
- Cuando los filtros de arena están limpios las pérdidas de carga que se producen son de 2 m.c.a., a medida que se van colmatando la pérdida de carga aumenta y cuando alcanza valores del orden de 6 m.c.a. hay que proceder a la limpieza

La limpieza se realiza invirtiendo el sentido de la circulación del agua, para lo cual hay que prever las derivaciones necesarias en las tuberías de entrada y salida. Para realizar el contralavado es recomendable instalar en paralelo más de un filtro de arena, con las conexiones necesarias para que cada filtro se pueda lavar con agua limpia procedente del otro.

## **2.1 Calculo del filtro de arena.**

Para el correcto calculo del filtro de arena, se parte del caudal del mayor sector a filtrar, incrementándolo en un 20% para evitar trabajar con el filtro al 100% de su capacidad, es decir, se multiplica el caudal por 1.2:

$$Q_{\max} = 122000 \text{ l/h}$$

$$Q_t = 122000 \cdot 1.2 = 147600 \text{ l/h} = 146.4 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Como queremos que la velocidad del agua en el interior del filtro no sea superior a 60 m/h la superficie filtrante es:

$$S = Q_t / v = 146.4 / 60 = 2.44 \text{ m}^2 \text{ de superficie filtrante.}$$

Como se van a instalar 2 filtros para facilitar el lavado cada uno tendrá que tener una superficie filtrante de 1.22 m<sup>2</sup> de superficie filtrante.

$$\text{Diámetro del filtro } D = \sqrt{(4 \cdot S / \pi)} = \sqrt{(4 \cdot 1.22 / \pi)} = 1.23 \text{ m de diámetro.}$$

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS													
Modelo	Caudal Máximo (m³/h)	Ø E Entrada	Ø S Salida	Ø D (mm)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	H (mm)	Superficie (m²)	Arena (Kg.)	Peso Vacío (Kg.)	Caudal limpieza (m³/h)	
FAC-500	15	Rosca H 1" 1/2	Rosca H 1" 1/2	500	285	350	567	917	0,20	75	67	8	
FAC-700	25	Victaulic 2"	Rosca H 2"	700	380	350	586	936	0,38	250	102	15	
FAC-950	45	Victaulic 3"	Brida 3" DN-80	950	530	450	770	1220	0,71	375	210	28	
FAC-1200	75	Victaulic 4"	Brida 4" DN-100	1200	665	450	815	1265	1,13	525	319	45	

Como el diámetro de gotero sabemos que es de 1.02 mm la arena tendrá que tener un diámetro efectivo menor que este valor.

La perdida de carga calculada para este filtro es de 6 m.c.a.

El modelo de filtro elegido es el FAC-1200 con un diámetro de 1200 mm.

### 3.- FILTRO DE MALLA.

Los filtros de malla están constituidos por un cuerpo cilíndrico que aloja en su interior un cartucho de malla, que puede tener diferentes tamaños de orificios, a través del cual circula el agua que se pretende filtrar. Existen filtros de malla de diferentes formas y dimensiones.

El agua penetra en el mismo y pasa a la cámara interior del cartucho. Al atravesar la pared del cartucho, las partículas cuyo tamaño es superior que el de los orificios de la malla, quedan retenidas acumuladas en el interior. La colmatación del filtro de mallas se produce de forma gradual, dejando cada vez una menor superficie para el paso del agua y aumentando por lo tanto las pérdidas de carga en su interior.

La limpieza del filtro se realiza abriendo la válvula de la parte inferior del filtro, por donde saldrá el agua arrastrando las impurezas retenidas. Se puede realizar una limpieza mas a fondo del mismo desmontándolo y limpiando el cartucho con agua a presión o con un cepillo. Existen otros modelos donde la limpieza puede ser diferente pero son poco usados.

La pérdida de carga que se produce en el interior de estos filtros de malla crece a medida que el filtro se va colmatando y esta entre 1 o 2 mca cuando están limpios hasta los 4 y 6 mca cuando están sucios; a partir de esta presión se deben limpiar para evitar roturas en la malla.

Estos filtros se colocan aguas abajo de los filtros de arena, para evitar que la arena pueda entrar en la red de riego. Deben colocarse aguas abajo del punto de inyección de fertilizantes para retener las impurezas, precipitados...

### **3.1 Cálculo del filtro de malla.**

Partiendo del diámetro de salida del emisor de 1.02 mm y siendo el tamaño de apertura de la malla de 1/7 del mismo, según criterios de tablas para mallas de acero, se obtiene:

$$\varnothing = 1.02 \text{ mm} \rightarrow 1/7\varnothing = 0.146 \text{ mm} = 146 \mu\text{m} \text{ de paso de malla}$$

El nº de Mesh correspondiente a este paso de malla (en malla de acero) es 115.

El volumen que debe filtrar son 123 m<sup>3</sup>/h

La velocidad de paso del agua por el filtro para un correcto funcionamiento se recomienda entre 0.4 y 0.6 m/s.

Para estos valores de velocidad según las tablas obtenemos un valor nl de 446 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> por lo que necesitamos una superficie de filtrado de:

$$S_f = Q/nl = 123/446 = 0.275 \text{ m}^2$$

El modelo escogido es el FMA2006, con una capacidad de filtrado de 150 m<sup>3</sup>/h.

<b>FMA CON CARTUCHO FILTRANTE CON SOPORTE EN PVC</b>							
<b>Modelo</b>	<b>Conexiones</b>	<b>Superficie Filtrante Soporte PVC (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Caudal Máximo (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Presión Trabajo (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Largo Total (mm)</b>	<b>Diametro mm</b>
FMA 2003	2" 3" 4"	1.600	40	245	10	1.625	457
FMA 2004	3" 4" 6"	3.200	80	280	10	2.140	457
FMA 2006	4" 6" 8"	4.800	150	340	10	2.415	457
FMA 2008	6" 8" 10"	6.400	200	390	10	2.690	457
FMA 2010	8" 10" 12"	8.000	300	430	10	2.965	457
FMA 2012	10" 12" 14"	10.300	400	595	10	2.690	660
FMA 2014	10" 12" 14"	12.800	500	668	10	2.965	660

#### 4.- CONTADOR DE CAUDAL.

Existe una gran cantidad de contadores de agua pero en este caso se ha optado por el tradicional contador tipo Woltman, que consiste en una carcasa en cuyo interior un molinete gira con una velocidad que es función del agua que pasa. Un tren de ejes y engranajes transmite el giro del molinete a un dial en el que se puede medir el caudal instantáneo y el totalizador.

A la hora de elegir el contador se debe tener en cuenta la pérdida de carga admisible y el caudal mínimo de funcionamiento. Estos contadores tienen una precisión del orden del 2 %.

Siempre deben de colocarse en tramos rectos de tubería, cuya longitud antes y después del aparato debe ser de unas 80 veces el diámetro.

Los modelos con los que contamos y características técnicas que poseen se recogen en la siguiente tabla:

Datos técnicos:	50- 2"	65- 2½"	80- 3"	100- 4"	125- 5"	150- 6"	200- 8"	250- 10"	300- 12"
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /h)	30	50	80	120	200	300	500	800	1200
Caudal nominal (m <sup>3</sup> /h)	15	25	40	60	100	150	250	400	600
Longitud total del contador mm. (1)	200	200	225	250	250	300	350	450	500
Diámetro exterior de la brida mm. (2)	165	186	200	220	250	283	340	406	460
Altura del contador (con tapa cerrada) mm. (3)	214	234	234	250	275	310	338	438	465
Peso (kg.)	12	14,5	15,5	19	26	35	47	75	95

Se colocara un contador Woltman de 5", con una temperatura máxima de trabajo de 50° y un peso de 26 kg.

#### 5.- FERTIRRIGACION.

La aplicación de abonos por fertirrigación es una de las grandes ventajas que presenta el riego por goteo. De esta manera se nos permite la aplicación de abonos mediante el agua de riego de una manera eficaz y barata en cuanto a mantenimiento aunque tiene el inconveniente de que requiere de una inversión de instalación y los abonos que se aplican después son más caros que los convencionales.

Para la aplicación de nutrientes tenemos que tener en cuenta las extracciones del cultivo y el estado en que se encuentra la tierra de cultivo; esto ya ha sido calculado anteriormente en el anexo nº 5.

Este sistema de fertilización se coloca en el cabezal de riego situado tras el filtro de arena para que el agua haya sido previamente filtrada y antes del filtro de mallas para que este elimine las posibles partículas minerales que no se han disuelto en el agua y que de entrar en la red de riego producirían obturaciones.

En este caso optamos por un sistema tipo venturi que consiste en un tubo por el que circula el agua, provisto de un estrechamiento en el que, por el efecto venturi, se produce una depresión. En la zona de estrechamiento lleva conectada una tubería cuyo extremo se introduce en un depósito con la solución fertilizante a inyectar, situada a la presión atmosférica, la depresión provoca la succión del líquido y su incorporación a la red. Debido a su simplicidad el sistema es barato.

El sistema venturi se coloca en paralelo con la tubería de riego, en ésta una válvula produce una diferencia de presión, que dirige parte del agua al circuito del inyector hay se instala otra válvula para regular el paso del agua y en consecuencia la cantidad de abono succionado. Este caudal inyectado depende de la presión a la entrada del mismo. Los caudales varían entre 50 y 300 l/h. Si el tanque se queda sin líquido el venturi inyectaría aire en la red, para evitarlo se precisa una boya o válvula automática que lo cierre.

Para el dimensionado de nuestro sistema Venturi partimos de los siguientes datos:

- Cada sector de riego tiene del orden de 1400 árboles.
- El tiempo de riego por sector en estos meses es aproximadamente de 4 horas.
- El máximo requerimiento de un almendro es 150 g de nitrato amónico 33.5 %
- La densidad del nitrato amónico puro es de 1900g/l.
- Se quiere que el riego de abonado solo dure un día al mes.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

Por tanto la cantidad que debe aportar nuestro sistema Venturi de nitrato amonico 33.5% es:

$$1400 \text{ árboles} \cdot 350 \text{ g/ árbol día} = 490000 \text{ g/día}$$

$$490000 \text{ g/día} / 4 \text{ horas riego/día} = 122500 \text{ g/hora}$$

Teniendo en cuenta la densidad obtenemos:

$$1900 \text{ g/l} \cdot 33.5 \% \text{ de pureza} = 636.5 \text{ gramos/litro es la pureza del nitrato amonico 33.5\%}$$

Por tanto la cantidad de abono líquido que debe aportar nuestro sistema es:

$$122500 \text{ g/h} / 636.5 \text{ g/l} = \mathbf{192 \text{ l/h}}$$

En la siguiente tabla se muestran las características de los sistemas:

<input type="checkbox"/> <b>Injector venturi con filtro de aspiración incluido</b> Venturi Injetor Injecteur venturi				<b>Kit de aspiración</b> KAVT
Medida	3/4"	1"	1 1/2"	-
Código	<b>10VTE25</b>	<b>10VTE32</b>	<b>10VTE50</b>	<b>10KAVT</b>
U/Caja	1	1	1	1
Caudal fertilizante (l/h)	80 l/h	200 l/h	450 l/h	-
Presión trabajo (Bar)	3	3	3	-
Euros	<b>52,25</b>	<b>63,35</b>	<b>104,50</b>	<b>21,80</b>

Por tanto el modelo elegido es el 10VTE32 que introduce un caudal de 200 l/h. Además se acoplará a un depósito de 4000 litros para el almacenamiento del fertilizante.

## 6.- AUTOMATISMOS.

Para la automatización de los riegos en los seis sectores de riego con los que cuenta nuestra finca se precisa de algunos elementos que a continuación describiremos y elegiremos el mas adecuado para nuestro caso. En cada sector nos encontraremos:

-Llave de tres vías. Conecta el diafragma de la válvula hidráulica con la atmósfera (comandado manual) o con el solenoide de control de la misma, (comandado automático).

-Solenoide. Llave de respuesta si o no, en función del impulso que le llega del ordenador, es un electroimán que actúa sobre un eje longitudinal, a la vez que este envía el paso de agua o vaciado a la llave de tres vías, la cual actúa sobre la válvula.

-Microtubos de comando. Tubos de polietileno de 8mm que conectan las válvulas llaves y solenoides entre sí para las distintas funciones antes descritas, (llenado y vaciado del diafragma de las válvulas hidráulicas) por ellos circula agua de la misma red de riego. Estos se instalaran dobles, (aunque en el plano aparezca una sola línea por válvula), por si fuera necesario cambiar alguno en caso de avería, se instalan a la vez que las tuberías, en las mismas zanjas y se cubren a la vez que estas.

## **6.1 Programador.**

El programador de riego elegido es el Regaber modelo MMC-Junior permite realizar el control total de la red de riego activando de forma automática cada uno de los seis sectores en base temporal o volumétrica, controla tanto el cierre como la apertura.

Las principales características del programador son:

- Operación simple y fácil mediante teclado numérico y funcional.
- Pantalla de cristal líquido.
- Menú de ayuda con información e instrucciones de funcionamiento de pantalla, accesible desde cualquier punto del programa.
- La aplicación de agua y fertilización puede aplicarse en base temporal o volumétrica.
- Capacidad de actuación de las válvulas de forma manual.
- Batería auxiliar de mantenimiento de programas e información, en caso de fallo de la tensión de alimentación.

-Condiciones de arranque, paro y espera independientes para cada sistema.

- Se pueden programar hasta 15 programas de riego.
- Controla el lavado de filtros.
- Controla el llenado del estanque.
- Protección interna contra sobretensión en 115/230 VCA.
- Transformador 24 VCA.
- Alimentación 115/230 VCA.
- Consumo de 40 watios a 230V

## **6.2 Paneles solares.**

El programador de riego viene alimentado por una batería cargada con la energía solar recogida en unos paneles solares, que a continuación se calcula:

Necesitamos los siguientes datos:

- Potencia consumida por el programador: 40 W
- Tensión: 12V DC
- Tiempo de actuación: 0.5 h/día.

El consumo, por tanto será de:

$$\underline{\text{Consumo}} = (40 \text{ W} / 12 \text{ V}) \times (0.5) = 1.7 \text{ A h/día}$$

$$\underline{\text{Consumo corregido}} = 1.7 \text{ A h/día} \times 1.2 = 2 \text{ A h/día}$$

$$\underline{\text{Consumo de 1 programador}} = (2 \text{ A h/día}) \times (1) = 1 \text{ A h/día}$$

$$\underline{\text{Horas de sol pico en Ainzón}} = 3.12 \text{ hps}$$

El modelo de módulo solar fotovoltaico más pequeño tiene como características:

43 W/pico y 2.69 A. Y por tanto, el número de módulos se calcula como el cociente consumo / producción, tiene un valor de:

$$(2 \text{ A h/día}) / (3.12 \text{ hps} \times 2.69 \text{ A}) = 0.24 \text{ módulos}$$

Se instalará por tanto un panel o módulo, fabricado con silicio monocristalino.

Para el cálculo del acumulador suponemos 20 días de autonomía, por tanto la capacidad del acumulador se calcula:

$$\text{Capacidad} = (\text{consumo} \times \text{Días de autonomía}) / (\text{profundidad de descarga})$$

$$\text{Capacidad} = (2 \times 20) / 0.5 = 80 \text{ A h}$$

Según el cálculo anterior elegimos 1 batería estacionaria monobloc de 107 A h que es la que mas se aproxima a nuestras necesidades.

A la salida de la batería se colocara un convertidor de corriente continua a corriente alterna ya que el programador elegido funciona con corriente alterna.

El módulo se coloca sobre la estructura de aluminio con tortillería, cuneta, también con un regulador de carga con alarma.

La dimensión de éste será de 60 x 25 cm. para asegurar el correcto funcionamiento del programador.

### **6.3 Solenoides.**

Son válvulas que transforman la señal eléctrica de apertura o cierre emitida por el programador, en una señal hidráulica efectiva en la válvula de la parcela.

Las principales características de los solenoides son:

-Funcionarán a impulsos.

-El paso mínimo será 1,5 mm, aunque puede variarse con la colocación de filtros en su alimentación o bien con el empleo de agua filtrada.

-Voltaje 12 a 20 voltios, con tolerancia 10%.

-Consumo mínimo en corriente continua, con tiempos de apertura inferiores a 20 milisegundos.

-Presión de trabajo, 12 Kg/cm<sup>2</sup>.

-Bobina con aislamiento IP54, obtenido mediante embutido en resina tipo epoxi.

-La válvula del conjunto solenoide será de tres vías (correspondiente al control de válvulas hidráulicas), metálica.

-Se instalará un solenoide por válvula de maniobra que encontramos al principio de cada sector.

-Todos ellos se colocarán en un panel de acero galvanizado anclado en el terreno mediante un bloque de hormigón de 125 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia característica y 0,3 m de lado. El panel se situará junto al programador, incluido dentro de su caseta, de tal manera que la longitud de la conexión eléctrica entre programador y solenoides sea mínima y, así, su consumo.

## 7.- ELEMENTOS SINGULARES.

Dentro de este apartado encontraremos diferentes elementos que son los siguientes:

- Válvulas.
- Desagües.
- Piezas especiales.
- Anclajes.

### 7.1 Válvulas.

Dentro de este apartado encontraremos distintos tipos de válvulas que se clasifican en:

- Válvulas hidráulicas.
- Válvulas de compuerta y esfera.
- Válvulas de ventosa.
- Válvulas antirretorno.

### 7.1.1 Válvulas hidráulicas.

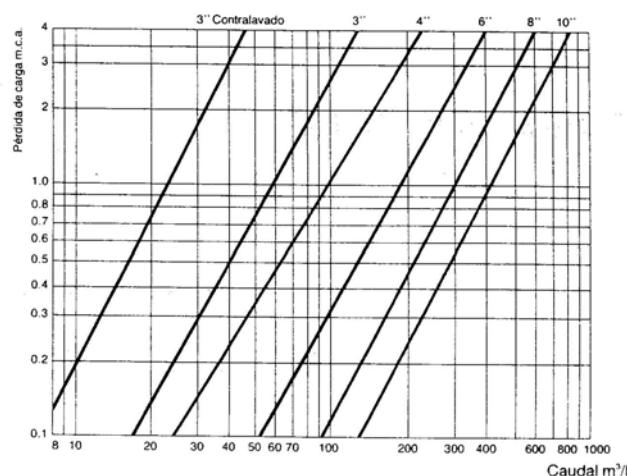
La principal función de estas válvulas es realizar la apertura y cierre de los diferentes sectores de riego. Por este motivo se colocara una válvula de este tipo al principio de cada sector de riego que estará debidamente colocada dentro de una arqueta para protegerla del exterior.

Se han elegido válvulas hidráulicas con diafragma integral, con cuerpo de hierro fundido, que abre y cierra la válvula mediante la presión de agua existente en la red. Su simplicidad de construcción elimina prácticamente el mantenimiento.

Algunas ventajas de estas válvulas son:

- Pérdida de carga mínima.
- Facilidad de instalación y mantenimiento debido a sus pocos componentes.
- Cierre gradual y hermético, sin producir golpes de ariete.
- Incorporan piloto reductor de presión
- Diversas alternativas de control: manual, hidráulico, eléctrico, regulación de presión, regulación de caudal, regulación de nivel, medición de caudales. El fabricante nos dará la relación entre caudal y pérdidas de carga en la curva característica de la válvula, que en este caso es la siguiente:

**GRAFICA 3**  
Pérdida de carga de las válvulas GAL de hierro fundido



El criterio para la elección de las válvulas en cada sector es el de utilizar válvulas que produzcan pérdidas pequeñas de presión. Los caudales de cada sector y las válvulas elegidas se recogen en la siguiente tabla.

SECTOR	CAUDAL (m <sup>3</sup> /h)	VALVULA	PERDIDA DE CARGA (m.c.a)
1	94.13	4"	0.8
2	123	4"	1
3	55.45	3"	0.8
4	88.97	4"	0.75
5	79.95	4"	0.7
6	103.32	4"	0.85

### **7.1.2 Válvulas de compuerta y esfera.**

#### Válvulas de compuerta:

Será necesario una válvula de compuerta para el vaciado del embalse y esta será de el mismo diámetro aproximadamente que la tubería de desagüe, es decir, como la tubería de desagüe es PVC Ø 160 la válvula de compuerta utilizada tendrá un diámetro interior de 6" que son 152.4 mm y la unión de esta a la tubería se hará mediante bridas metálicas y junta elástica que asegura la estanqueidad.

#### Válvulas de esfera:

Se colocan para la instalación de fertilización, serán necesarias para encauzar el fertilizante por las tuberías necesarias. Están fabricadas en PVC y son de accionamiento manual.

### **7.1.3 Válvulas de retención.**

La función de estas válvulas es permitir el flujo de agua en una única dirección, impidiendo la inversión del mismo. También llamadas válvulas antiretorno.

Sus características principales son:

- El cuerpo es de hierro fundido
- Eje de acero inoxidable.
- Brazo de bronce.
- Disco de bronce.
- Junta de caucho.
- Retén de la junta de acero.
- Eje del disco de acero inoxidable.
- Arandela del asiento de bronce.
- Presión máxima de trabajo 16 atm.
- Tamaño reducido, fácil de instalar.
- Bajas perdidas de carga.
- Materiales internos de alta resistencia a la corrosión.

Se instalarán válvulas justo después del grupo moto-bomba que bombea el agua del pozo. Por lo tanto será una válvula de retención de diámetro 250 mm de disco partido, PN 10mm, ya que el de la conducción es de 250 mm PN10, con el fin de evitar también el golpe de ariete.

### **7.1.4 Válvulas de ventosa.**

Son piezas destinadas a realizar el control de la presencia de aire en las conducciones hidráulicas. El tipo de válvula ventosa elegido es la válvula de doble efecto o trifuncional.

Este tipo de ventosas poseen dos orificios para la evacuación y admisión de aire y uno o dos flotadores. Durante el llenado de las tuberías el agua va empujando al aire que se evaca a la atmósfera a través del orificio grande. El otro orificio, mucho más pequeño permanece cerrado durante este proceso.

Cuando la tubería se llena completamente, los dos orificios se cierran por la acción del agua sobre él o los flotadores. Una vez la instalación ha alcanzado la presión normal de trabajo, el aire que se acumula en la válvula ventosa va siendo evacuado a través del orificio más pequeño.

El orificio mayor permanece cerrado completamente y no se vuelve a abrir hasta que el sistema es drenado o aparece una presión negativa. En tal caso el flotador del orificio mayor caerá inmediatamente, abriendo el orificio y permitiendo la entrada de aire a la tubería.

En este momento la válvula ventosa está nuevamente lista para evacuar aire otra vez. Este ciclo se repetirá tantas veces como sea necesario.

#### Dimensionado de una válvula de ventosa.

Para la elección del diámetro de la ventosa se tiene en cuenta el diámetro de la tubería, el caudal trasegado por la misma, la presión de funcionamiento y la función a realizar. Relacionando el diámetro de la tubería con el diámetro de la ventosa se tiene:

Diámetro tubería (mm)	Diámetro ventosa (pulgadas)
<100	$\frac{3}{4}$
100-150	1
150-250	$1\frac{1}{2}$
250-400	3

Los criterios ha tener en cuenta para la localización de las ventosas son:

- En los puntos de la red en los que la línea de corriente varía respecto a la línea piezométrica de la tubería.
- En los picos o puntos convexos de la red.
- Puntos finales de tubería en alto.
- A la entrada de instrumentos de medición (contadores).
- Depresiones en la línea de corriente.
- En cada una de las piezas especiales en derivación para las válvulas hidráulicas de los diferentes sectores.

Para la correcta instalación de las válvulas ventosa se recomienda la colocación de una válvula manual de bola antes de la misma para poder desmontar la ventosa en caso de reparación o comprobación sin afectar al funcionamiento de la instalación.

## **7.2 Desagües.**

En los tramos finales de las tuberías secundarias y terciarias, se colocará una prolongación de la misma con salida al exterior, con tape final macho roscado.

Este desagüe permite la expulsión de elementos extraños en la red durante los primeros riegos al comenzar la campaña de riegos para evitar obturaciones en las emisiones, al igual que el vaciado de la red en caso de ser necesario.

## **7.3 Piezas espaciales.**

### **7.3.1 Codos.**

Los codos son piezas especiales destinadas a conseguir las alineaciones de las tuberías deseadas. Dependiendo de la curva que describa la tubería se colocarán codos de 45 ó 90°.

### **7.3.2 Reducciones.**

Los cambios de sección de la tubería a lo largo de la red se consiguen mediante la colocación de piezas tronco-cónicas que sirven de conexión entre las tuberías de distinto diámetro.

La relación entre la longitud de la pieza y la diferencia entre los diámetros de las tuberías tienen que ser lo mayor posible para reducir las pérdidas de carga singulares en estos elementos.

### **7.3.3 Piezas en derivación.**

La división de la vena líquida circulante por la tubería se consigue mediante la colocación de piezas en "T" e "Y" dependiendo del diámetro y la posición pueden necesitar anclajes especiales.

Las piezas en "T" e "Y" utilizadas en la red de riego son del mismo material y diámetro que la tubería que las une.

### **7.4 Anclajes.**

En determinados puntos de la red como son los cambios de sección, cambios de dirección y derivaciones en te se producen empujes en la tubería debido a la presión hidrostática. Para evitar el desplazamiento de la tubería en estos puntos, se han colocado macizos de hormigón que sirven de anclaje a la conducción.

La fuerza de reacción del agua es la que debe calcularse para establecer las dimensiones de los macizos de hormigón que impidan los desplazamientos de la tubería. Los macizos son de hormigón H-150 armado con acero AEH-400.

Los puntos de la red en los que se prevén desplazamientos la tubería son codos y reducciones, llaves de paso y piezas especiales en "T".

### **CODO Y REDUCCIÓN.**

Para cambiar la alineación de una tubería se coloca un codo, de esta forma el agua circulante experimenta una variación en la dirección de su vector velocidad. El cambio de dirección se establece por la fuerza ejercida por el codo sobre el fluido, éste responde con una fuerza de igual dirección e intensidad pero de sentido contrario.

En los cambios de sección debidos a las reducciones se produce un empuje cuya dirección es la del eje de la conducción, en el sentido de circulación del agua.

Las dimensiones de los elementos necesarios para el anclaje son las que se indican en la siguiente tabla:

Pieza	Diámetro de la tubería (mm)	Dimensiones en cm		
		A	B	C
Codo 45º	63 a 225	30	40	15
	250 a 400	50	60	25
Codo 90º	63 a 225	50	40	20
	250 a 400	65	60	20
Reducción	63 a 225	40	30	15
	250 a 400	50	40	25

#### PIEZAS ESPECIALES EN T

Las dimensiones de los anclajes de hormigón y la disposición de las armaduras necesarias son las que se indican en la siguiente tabla:

Diámetro (mm)	Dimensiones en cm				Posición de las armaduras	
	A	B	C	D	1 (Ø)	2 (n - Ø)
90	60	40	30	15	10	2-10
110	70	45	30	15	10	4-10
125	80	50	35	15	10	4-10
140	80	50	35	15	10	4-10
160	90	60	35	15	10	4-10
180	100	65	40	15	10	4-10
200	110	65	40	15	12	4-12
250	140	70	40	15	12	6-12

## LLAVES DE PASO

Las dimensiones de los anclajes de hormigón y la disposición de las armaduras necesarias son las que se indican en la siguiente tabla:

Diámetro (mm)	Dimensiones en cm					Posición de las armaduras		
	A	B	C	E	1( $\emptyset$ )	2(n- $\emptyset$ )	3(n- $\emptyset$ )	
<b>90</b>	50	15	30	15	6	2-12	5-6	
<b>110</b>	60	20	35	15	6	4-12	5-6	
<b>125</b>	70	25	35	15	6	4-12	5-6	
<b>140</b>	70	25	35	15	6	4-12	5-6	
<b>160</b>	80	30	40	15	6	6-12	5-6	
<b>180</b>	90	30	40	15	6	6-12	5-6	
<b>200</b>	100	35	40	15	8	8-12	5-8	
<b>250</b>	120	40	50	15	8	5-16	5-8	

**ANEJO N° 10**

**ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL  
EMBALSE**

## **INDICE:**

1.- OBJETIVOS Y METODOLOGIA .....	Pág. 2
1.1 Situación geográfica .....	Pág. 2
1.2 Situación geológica .....	Pág. 2
2.- GEOLÓGIA .....	Pág. 3
2.1 Estratigrafía .....	Pág. 3
2.2 Estructura tectónica y geomorfología.....	Pág. 4
3.- HIDROLOGÍA.....	Pág. 4
3.1 Clasificación hidrogeológica de los materiales .....	Pág. 5
4.- GEOTECNIA .....	Pág. 5
4.1 Descripción de las calizatas.....	Pág. 5
4.2 Sondeos.....	Pág. 6
4.2.1 Permeabilidad de los distintos materiales de los perfiles ....	Pág. 6
4.2.2 Estudio de los materiales .....	Pág. 7
5.- CONDICIONES GEOTÉCNICAS .....	Pág. 8
5.1 Estanqueidad.....	Pág. 8
5.2 Condiciones constructivas.....	Pág. 8
5.2.1 Impermeabilización y drenaje .....	Pág. 9
5.2.2 Características del terreno de cimentación .....	Pág. 9
5.2.3 Taludes .....	Pág. 9
5.2.4 Hormigones .....	Pág. 10
5.2.5 Excavación .....	Pág. 10
5.2.6 Resguardo .....	Pág. 10
6.- MATERIALES DE PRÉSTAMO .....	Pág. 10

## **1.- OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.**

El objetivo global de este anejo es describir el estudio geológico-geotécnico de la zona donde se prevé realizar la ubicación de la balsa reguladora.

Dentro de este estudio global, existen otros concretos como son:

- Estudio y caracterización de los diferentes materiales que existen en la zona.
- Disposición y relación de los distintos materiales entre sí.
- Estudio de problemas hidrogeológicos que pueden presentarse en la zona.
- Localización del estrato rocoso en la zona cerrada.

Para la realización del estudio se siguió la siguiente metodología:

- Revisión bibliográfica de la zona en estudio.
- Realización de trabajos de campo como sondeos y calicatas de reconocimiento con toma de muestras a partir de los mismos.
- Las muestras tomadas se ensayan en el laboratorio y a la vista de los resultados obtenidos se analiza su utilidad para la obra.
- Redacción del informe correspondiente.

### **1.1 Situación geográfica.**

La zona de estudio se encuentra en el término municipal de Ainzón, localidad de la provincia de Zaragoza, en el paraje conocido como Juncarillo. Dicha zona se encuentra en las faldas del Moncayo.

### **1.2 Situación geológica.**

La zona de estudio se encuentra ubicada en la zona meridional de la Cuenca Terciaria del Ebro y muy próxima al borde Norte de la Cordillera Ibérica.

En el entorno de la localidad de Ainzón afloran dos grupos de materiales terciarios y cuaternarios, los cuales serán descritos mas adelante.

## 2.- GEOLOGÍA.

### **2.1 Estratigrafía.**

Los materiales que afloran en la zona tienen edades terciarias y cuaternarias; las cuales van a ser descritas a continuación.

- Terciario (Mioceno)

Se trata de un depósito molásico constituido por una serie de bancos (que en su mayoría se disponen en forma de relleno de paleocanales) de conglomerados de cantes rosados de caliza y de cuarzo con matriz limosa rosada, que pasan lateralmente a areniscas gruesas y que presentan intercalaciones de limolitas y arcillas limolíticas de tonos rojizos y parduzcos.

- Cuaternario

En la localidad de Ainzón se pueden diferenciar principalmente tres grupos de materiales en función de su génesis:

- las terrazas fluviales: en esta zona se han reconocido tres niveles de terrazas, situadas respectivamente a unos 60-80 m, 10-20 m y 5-10 m sobre el actual nivel del río Huecha, que discurre al norte de la localidad de Ainzón. Están constituidas por gravas empastadas en una matriz limoso-arenosa, con lentejones de arenas de grano medio.
- Los glaciares, depósitos de ladera y coluviales se desarrollan fundamentalmente al este y sur de Ainzón y están constituidos por limos, arcillas, arenas y cantes de naturaleza generalmente calcárea y tamaños centimétricos.
- Los aluviales, depósitos de fondo de valle y de llanura de inundación, se desarrollan en los márgenes del río Huecha y de los barrancos de la zona. Los primeros están constituidos por bolos y gravas heterométricas y heterogéneas con abundante matriz arena-arcillosa y materia orgánica, mientras que los segundos y terceros están formados fundamentalmente por suelos finos (arcillas, limos y arenas con cantes dispersos) con abundante materia orgánica.

## **2.2 Estructura tectónica y geomorfología.**

La estructura general del substrato Terciario es subhorizontal y no se presenta afectada en la zona por plegamientos o fracturaciones importantes. En los tramos competentes de areniscas se observan diaclasas de planos verticales con una densidad de diaclasado baja.

En cuanto a la geomorfología, se observa un modelado estructural controlado por la disposición subhorizontal del substrato terciario que da lugar a la existencia de relieves tipo mesa, con capas más resistentes a techo.

Los depósitos cuaternarios dan lugar a distintas morfologías fruto de los sucesivos encajamientos de la red fluvial de la zona durante el cuaternario. Como depósitos mas antiguos están los glacis, constituyendo acumulaciones detríticas que a su vez están incididos y disectados en la zona de estudio. Estos coronan las partes más elevadas.

## **3.- HIDROLOGÍA.**

La precipitación media de la zona es de unos 430 mm, siendo recogida por la cuenca del río Huecha o por los barrancos que acaban desembocando en este mismo río, el cual es un afluente del río Ebro.

En la zona no existe ninguna obra hidráulica de regulación de importancia. Las únicas son pequeñas acequias de este río o de alguno de sus afluentes y se encuentran muy lejos de la zona de nuestro proyecto.

En cuanto a las aguas subterráneas es una zona con un gran potencial de sus acuíferos subterráneos ya que según algunos trabajos realizados en la zona como el de J.A. Bolea en 1981 *Estudio hidrológico de la cuenca del Ebro*, afirma que los recursos hidrológicos subterráneos de la zona son de 40 Hm<sup>3</sup>/año repartidos de la siguiente forma: 10-15 Hm<sup>3</sup>/año en la zona de Añon y sus alrededores y de 20-30 Hm<sup>3</sup>/año en la zona de Ainzón y sus alrededores; permaneciendo la zona con unas reservas subterráneas de 500 a 800 Hm<sup>3</sup>.

### **3.1 Clasificación hidrogeológica de los materiales.**

Se realiza una clasificación cualitativa de los distintos materiales desde el punto de vista hidrogeológico en:

- Permeables semipermeables. Fundamentalmente son:
  - Arcillas, arenas, limos y gravas del recubrimiento pliocuaternario. En ellos circula el agua en parte por escorrentía superficial y en parte por percolación.
  - Areniscas del substrato terciario. En ellas el agua circula en parte por percolación, cuando el grado de alteración lo permite y en parte por las diaclasas y discontinuidades existentes y por escorrentía superficial fundamentalmente.
- Impermeables. Todo el substrato Terciario arcillo-margoso y de areniscas sanas. En el, el agua circula por escorrentía superficial.

En general, en la zona no se prevén problemas hidrogeológicos importantes que puedan afectar a la ejecución de la obra. No se detecta el nivel freático en calicatas

## **4.- GEOTECNIA.**

Tiene por objeto conocer las características físicas y mecánicas de las tierras que van a ser inundadas, de las que constituyan la superficie de apoyo del dique y los materiales que vayan a utilizarse en su construcción.

### **4.1 Descripción de las calicatas.**

#### CALICATA N° 1

De 0.00 a 0.20 m	Tierra vegetal con restos de raíces.
De 0.20 a 1.80 m	Limos de color marrón claro con cantos.
De 1.80 a 3.70 m	Arcillas de color marrón con cantos dispersos y partículas carbonosas.
De 3.70 a 5.00 m	Sustrato rocoso. Margas de color grisáceo con nódulos de yeso que se presentan algo alterados los primeros 20 cm.

## CALICATA Nº 2

De 0.00 a 0.30 m	Tierra vegetal con restos de raíces.
De 0.30 a 2.00 m	Arcillas de color marrón con pasadas arenosas y limosas con pequeños cantos dispersos a lo largo de todo el tramo.
De 2.00 a 4.50 m	Sustrato rocoso. Margas calcáreas grises con intercalaciones de niveles calizos y yesíferos fibrosos centimétritos.

### **4.2 Sondeos.**

Se han perforado dos sondeos de 10.0 m. Para la realización de los mismos se ha empleado una máquina de rotación, montada sobre camión, utilizándose un diámetro máximo de perforación de 116 mm.

El testigo recuperado fue colocado en cajas de cartón parafinadas que, debidamente organizadas, fueron trasladadas a un laboratorio, para ser examinadas por personal técnico especializado.

Para determinar la capacidad portante del terreno se realizaron una serie de ensayos estándar de penetración (S.P.T.).

#### **4.2.1 Permeabilidad de los distintos materiales de los perfiles.**

A continuación se adjunta una tabla que permite obtener valores de permeabilidad orientativos, según el tipo de terreno.

Permeabilidad (m/día)	$10^4$	$10^3$	$10^2$	10	1	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$			
Permeabilidad (cm/seg)	$10^2$	$10^1$	1	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$			
Tipo de terreno	Grava limpia	Arena limpia, mezcla grava y arena	Arena fina, arena arcillosa, mezcla arena-limo-arcilla, arcillas estratiformes			Arcillas no meteorizadas								
Calificación	buenos acuíferos			acuíferos pobres			impermeables							
Capacidad drenaje	drenan bien			drenan mal			no drenan							
Uso en presas	partes permeables			pantallas impermeables										

(tomado de Benítez, p.128)

#### **4.2.2 Estudio de los materiales.**

Todos los aspectos representativos de cada material son descritos a continuación.

- LIMOS:

Clasificación:

Material que pasa tamiz 0.08UNE: 93%

Material que pasa tamiz 5UNE: 99%

Índice de plasticidad: 17

Límite líquido: 35

Clasificación de Casagrande: CL

Densidad seca: 1.38

Humedad: 10.18%

Golpeos N<sub>30</sub>= 7

Resistencia a compresión simple estimada: 0.6-0.8 Kg/cm<sup>2</sup>

- ARCILLAS LIMOSAS:

Clasificación:

Material que pasa tamiz 0.08UNE: 78%

Material que pasa tamiz 5UNE: 100%

Índice de plasticidad: 25

Límite líquido: 15

Clasificación de Casagrande: CL

Golpeos N<sub>30</sub>= 17

Golpeos N<sub>20</sub>=10-20

Densidad: 1.68 tn/m<sup>3</sup>

Humedad: 13.19%

Resistencia a compresión simple (estimada): 1.0-1.5 Kg/cm<sup>2</sup>

- SUSTRATO ROCOSO:

Resistencia a compresión simple (estimada): 44.64 – 52.71 Kg/cm<sup>2</sup>

## 5.- CONDICIONES GEOTECNICAS.

### **5.1 Estanqueidad.**

Los tramos arenosos del recubrimiento cuaternario tienen una permeabilidad considerable. Al estar distribuidos en el espacio de forma irregular pueden producirse pérdidas importantes de agua a través de estos materiales.

Debido a la excesiva permeabilidad del cuaternario, pueden plantearse problemas con los cimientos en los diques, por esto se opta por que los cimientos de los diques apoyen directamente sobre el substrato del terciario, ya que este presenta buenas propiedades para usarlos como cimientos y por ello los posibles asientos del terreno que podrían producirse se consideran despreciables.

Si el contacto recubrimiento con el substrato rocoso se produce sobre terreno alterado este debe ser retirado.

A partir de las observaciones realizadas en el substrato rocoso puede decirse que la sección del dique va a ser homogénea, es decir, los taludes y el núcleo del dique serán todo uno, formados por los mismos materiales que se obtienen de la excavación y compactados convenientemente. Estos materiales que van a formar el dique van a ser margas arcillosas procedentes de la excavación del vaso.

Puesto que a través de los materiales del recubrimiento se producirán pérdidas de agua y será necesario impermeabilizar el cimiento del embalse. Esta impermeabilización debe realizarse de acuerdo con el sistema utilizado en el propio embalse.

### **5.2 Condiciones constructivas.**

En este apartado se estudiará en primer lugar los sistemas de impermeabilización y drenaje más convenientes y posteriormente se analizará el terreno de cimentación de la presa, dando lugar a una serie de recomendaciones sobre otros aspectos.

### **5.2.1 Impermeabilización y drenaje.**

Puesto que a través de los materiales del recubrimiento se producirán pérdidas de agua, será necesario impermeabilizar el cimiento de la presa. Esta impermeabilización debe realizarse de acuerdo con el sistema utilizado en la propia presa.

Para lograr la impermeabilización del cimiento de la presa lo más aconsejable es la realización de una pantalla de arcilla, bajo el núcleo que se empotre en margas del sustrato rocoso.

En el espaldón de aguas abajo debe realizarse un sistema de drenaje que permita la circulación del agua.

Con objeto de evitar las pérdidas de agua en el vaso del embalse y los riesgos por fenómenos de sifonamiento que podrían producirse dejando inservible la balsa se coloca un revestimiento sintético, flexible y continuo a base de láminas plásticas de polietileno.

### **5.2.2 Características del terreno de cimentación.**

El sustrato rocoso de la zona tiene unas características de resistencia buenas no planteando problemas como cimentación, siendo los asientos prácticamente nulos en él.

El recubrimiento del cuaternario de limos y arcillas constituye un terreno bastante malo para la cimentación pero como va a ser retirado hasta encontrar el sustrato rocoso no plantea graves problemas.

### **5.2.3 Taludes.**

Los espaldones deben realizarse con materiales procedentes de la excavación del vaso con materiales del sustrato rocoso, preferiblemente areniscas, desecharlo los limos y arcillas del recubrimiento cuaternario.

Tanto para los materiales del núcleo como para los de los espaldones pueden utilizarse los siguientes parámetros:

- Densidad de la tierra húmeda ( $\gamma_h$ ): 2.6 Tn/m<sup>3</sup>
- Densidad de la tierra saturada ( $\gamma_t$ ): 1.720 Tn/m<sup>3</sup>
- Angulo de rozamiento interno ( $\phi$ ): 25°
- Cohesión (c): 2200 kg/m<sup>2</sup>
- Índice de huecos: 0.63

Realizando un cálculo simplificado de los taludes y basádonos en la bibliografía existente se considera prudente no dar taludes más escarpados, para este tipo de material, de 2H : 1V al espaldón tanto aguas arriba como aguas abajo.

#### **5.2.4 Hormigones.**

Si se colocan hormigones en contacto con agua freática, que no es el caso, o con margas arcillosas del sustrato rocoso, que este caso si puede darse, debe utilizarse cemento sulforresistente del tipo SR.

#### **5.2.5 Excavación.**

La excavación pude realizarse en todos los terrenos con retroexcavadora a excepción de pequeños puntos en concreto donde se atraviesen capas de determinadas areniscas donde sea necesario el uso de martillos rompedores.

#### **5.2.6 Resguardo.**

A parte del resguardo que se calcule necesario para el oleaje o sobrelevaciones imprevistas, hay que prever un resguardo por asientos de los materiales.

### **6.- MATERIALES DE PRÉSTAMO.**

No se espera tener que recurrir a materiales de préstamo, por lo que no se ha realizado toma de muestras para préstamos en parcelas colindantes a la finca objeto de este proyecto.

La calidad de los materiales excavados del vaso de la balsa, para la construcción tanto del núcleo, espaldones y escolleras, es buena siempre que se vaya eligiendo un poco a la hora de ser excavados; además se encuentran en cantidad suficiente para la construcción de todos los elementos necesarios en la balsa.

**ANEJO N° 11**

**EMBALSE**

## **INDICE:**

1.- INTRODUCCIÓN .....	Pág. 2
2.- PARAMETROS DEL EMBALSE .....	Pág. 2
2.1 Aporte hídrico.....	Pág. 2
2.2 Tipología de la presa.....	Pág. 3
2.3 Resguardo .....	Pág. 3
2.4 Coronación .....	Pág. 4
2.5 Taludes. Protección .....	Pág. 5
2.6 Zanjón o rastrillo .....	Pág. 6
3.- ESTABILIDAD DEL DIQUE .....	Pág. 6
3.1 Estabilidad al vuelco.....	Pág. 6
3.2 Estabilidad al deslizamiento total .....	Pág. 6
3.3 Estabilidad frente a asentamientos sucesivos .....	Pág. 7
3.4 Estabilidad al deslizamiento parcial. Estabilidad de los taludes .....	Pág. 7
3.4.1 Talud de aguas abajo .....	Pág. 7
3.4.2 Talud de aguas arriba.....	Pág. 8
4.- CUBICACIÓN DEL DIQUE Y CUBICACIÓN DEL VASO .....	Pág. 10

## **1.-INTRODUCCIÓN.**

Se proyecta la construcción de un embalse en una zona que domina por gravedad toda la superficie a transformar a regadío.

El embalse es de planta rectangular. Su eje longitudinal tiene la dirección este-oeste.

La rasante de la explanación del fondo del vaso se ubica en cota 560 y la coronación del dique en la cota 565. Esta constituido por un vaso artificial resultado de las obras de desmonte y terraplén.

El embalse se calcula para una capacidad útil de 12600 m<sup>3</sup> necesarios para abastecer toda la finca durante 7 días en el mes de julio que es el de máximas necesidades del cultivo.

Con estos parámetros se exime a la obra del embalse de las prescripciones dictadas por la instrucción para el proyecto y construcción de grandes embalses; ya que el dique es menor de 30 metros de altura y el volumen de embalse no alcanza 1000000 m<sup>3</sup>.

Para el diseño se del embalse se tiene en cuenta las normas de la publicación del Instituto Nacional de reforma y desarrollo agrario (IRYDA) sobre el diseño y construcción de pequeños embalses.

## **2.- PARAMETROS DEL EMBALSE.**

### **2.1 Aporte hídrico.**

El embalse se sitúa en una zona sin ninguna aportación de agua de forma natural. El agua almacenada procede en su totalidad del agua aportada por la tubería proveniente del pozo situado en dicha finca.

## **2.2 Tipología de la presa.**

Se trata de una presa de materiales sueltos procedentes de las obras de desmonte y terraplén realizadas para su construcción. El dique tiene continuidad en los taludes del terreno resultantes del desmonte.

Los materiales son arcillas, limos y arenas con los que se realiza una mezcla “todo uno” de los mismos, constituyendo con esta los espaldones del embalse. Los taludes de dichos espaldones no están condicionados por el cimiento pero si por las características resistentes del material del que están formadas.

De esta forma el talud interior será 2H:1V y el exterior 2H:1V.

Así pues se obtiene un vaso del embalse con unas medidas de fondo de anchura de 40 metros y longitud 60 metros; y en la coronación 56 metros de ancho por 76 de largo.

La altura máxima de la lámina de agua es de 4 metros. El volumen total de agua embalsada es aproximadamente de 13000 m<sup>3</sup>.

## **2.3 Resguardo.**

Se entiende por resguardo la distancia vertical entre el máximo nivel de agua embalsada y la coronación de la presa. Se puede considerar dos resguardos: el mínimo (cuando el agua se encuentra en su máximo nivel extraordinario) y el normal (cuando el agua alcanza el nivel del labio vertiente del aliviadero).

En los embalses de materiales sueltos, el resguardo debe diseñarse con especial atención, por el peligro que representa que el agua vierta por encima del dique. Además el resguardo tiene como misión defender la coronación de la presa de ser afectada por el oleaje.

El resguardo entre la coronación y el máximo nivel del embalse en avenidas se determina atendiendo a los siguientes parámetros: altura máxima de la ola posible generada por el viento y asientos que pueden producirse en los taludes.

La altura del resguardo se obtiene mediante la siguiente fórmula propuesta por Irribarren:

$$h = 0.6 \cdot \sqrt[4]{L}$$

Siendo: - h: la altura máxima de la ola, en metros.

- L: máxima longitud de la lámina de agua, en kilómetros.

Así pues la altura de resguardo es:

$$h = 0.6 \cdot 0.076^{1/4} = 0.31 \text{ m}$$

Experimentalmente se ha comprobado que el oleaje al romper contra la escollera alcanza 1.5 veces la altura de la ola, luego el valor del resguardo final será:

$$h' = 1.5 \cdot 0.31 = 0.46 \text{ m}$$

Otro factor que se ha de tener en cuenta a la hora de dimensionar el resguardo son los asientos de los taludes, factor que se determina en el estudio geotécnico; pero como ya se dijo estos resultaban despreciables.

Se adopta una altura de resguardo de 0.75 metros; por lo que la altura total del dique será 4.75 metros.

## **2.4 Coronación.**

El ancho de coronación de la presa interesa, económicamente que sea mínimo pero suficiente para disponer de un camino de servicio continuo a lo largo del dique.

Se establece la anchura según la siguiente fórmula:

$$C = H/5 + 3$$

Siendo: - C: anchura de coronación, en metros  
- H: altura del dique, en metros.

Así obtenemos:

$$C = 4.75 / 5 + 3 = 3.95 \text{ metros}$$

Se adopta 4 metros porque además con esta medida puede ser transitable por vehículos.

Rodeando a la balsa para su protección y seguridad se construirá un vallado perimetral con valla galvanizada y postes de acero cada 6 metros. Los postes se sujetaran al terreno mediante dados de hormigón de 30x30x30. Este vallado se situará a un metro de la cresta del talud de aguas arriba permitiendo el paso por el camino.

## **2.5 Taludes. Protección.**

El informe geotécnico indica que hay suficientes materiales en la zona para la construcción de la presa y una mezcla de “todo uno” de arcillas limos, y arenas para la construcción de los taludes.

De esta forma se adopta unas pendientes de 2H:1V para el talud de aguas arriba y 2H:1V para el de aguas abajo.

Los taludes y el fondo interior de la balsa se recubrirán con una lámina de material plástico para evitar filtraciones y la erosión de los taludes.

El talud exterior de la presa se protege con la siembra de cobertura vegetal utilizando especies de desarrollo horizontal que se adapten a la climatología de la zona.

La longitud del talud no alcanza en su máximo los 15 metros en ninguna de sus vertientes por lo que no se cree conveniente la disposición de una berma, aunque si que se realizará una cuneta a lo largo del perímetro exterior del talud de aguas abajo con el fin de recoger las aguas de escorrentía procedentes tanto del talud como de los linderos de la balsa.

## **2.6 Zanjón o rastrillo.**

En la parte central de la presa se construye un zanjón de anclaje que sirve como elemento estabilizador del dique. Se adopta para el zanjón una forma trapecial, con la base menor en el extremo inferior.

La anchura de la base será de 3 metros, la profundidad de 2 metros y los taludes tendrán una pendiente 1:1.

La excavación se rellenará con material semejante al que se ha de emplear para formar el cuerpo del dique, procurando que sus capacidades impermeabilizantes sean óptimas.

## **3.- ESTABILIDAD DEL DIQUE.**

La estabilidad del dique se puede ver afectada por alguna de las siguientes causas:

- Vuelco frente a cargas horizontales.
- Deslizamiento total.
- Asentamientos sucesivos.
- Deslizamiento parcial (taludes).

### **3.1 Estabilidad al vuelco.**

En este caso por tratarse de un dique compuesto por materiales sueltos, el fallo de estabilidad por vuelco no se tiene en cuenta, ya que el peso del material estabiliza los posibles momentos que se producen, además la estructura en si no tiene rigidez para la transmisión de momentos de vuelco sobre el eje de giro.

### **3.2 Estabilidad al deslizamiento total.**

El deslizamiento se puede producir si la presa se asienta sobre terrenos sueltos o estratos horizontales poco cohesivos entre si.

Como el estudio geotécnico refleja que existen buenos cimientos, el asentamiento será bueno y por lo tanto el deslizamiento será despreciable.

### **3.3 Estabilidad frente a asentamientos sucesivos.**

Según el estudio geotécnico, se distingue entre sustrato rocoso y el recubrimiento cuaternario.

El sustrato rocoso tiene buenas características resistentes, no planteando problemas como cimiento, siendo los asentamientos prácticamente nulos en él. En el recubrimiento cuaternario (arenas, limos y arcillas), se realizaron ensayos S.P.T los cuales dieron buenos resultados.

En general, se consideran unos asentamientos casi mínimos por no decir despreciables, ya que como se ha dicho, el cimiento presenta buenas características.

### **3.4 Estabilidad al deslizamiento parcial. Estabilidad de los taludes.**

El método utilizado para calcular la estabilidad de los taludes es el de Taylor, que compara la inclinación de los taludes prefijados (2H:1V en el interior y el exterior) con la obtenida en función de las características geotécnicas del terreno con el que se construirá el dique, determinando así su estabilidad o inestabilidad.

#### **3.4.1 Talud de aguas abajo.**

Datos para el cálculo:

- Densidad de la tierra húmeda ( $\gamma_h$ ):  $2.6 \text{ Tn/m}^3 = 2600 \text{ kg/m}^3$
- Ángulo de rozamiento interno ( $\phi$ ):  $25^\circ$
- Cohesión ( $c$ ):  $2200 \text{ kg/m}^2$
- Altura del dique  $H$ :  $4.75 \text{ m}$ .

### Hipótesis de cálculo:

Se considera que el talud es homogéneo, uniforme y sin filtraciones. Se fijan los siguientes coeficientes de seguridad.

- Para la cohesión ( $F_c$ ): 1,5
- Para el rozamiento ( $F_\phi$ ): 1.5

De esta forma se tiene:

- Cohesión minorada:  $C_d = \frac{c}{F_c} = \frac{2200}{1,5} = 1466 \text{ Kg/m}^2$

- Ángulo de rozamiento interno minorado:

$$\operatorname{tg} \varphi_d = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{F_\phi} = \frac{\operatorname{tg} 25^\circ}{1.5} \Rightarrow \varphi = 17.16^\circ$$

El ángulo  $\theta$  del talud con la horizontal viene dado directamente en el ábaco de Taylor en función del factor adimensional de estabilidad ( $\xi$ ) y del ángulo  $\varphi_d$ .

$$\xi = \frac{c_d}{\gamma_h \times H} = \frac{1466}{2600 \times 4.75} = 0,12$$

El ángulo  $\theta$  obtenido en el ábaco es aproximadamente de  $66^\circ$ , como el ángulo que tenemos en el talud es de  $26.56^\circ$ , menor que el calculado, luego es estable.

### **3.4.2 Talud de aguas arriba.**

Datos para el cálculo:

- Densidad de la tierra saturada ( $\gamma_t$ ):  $1720 \text{ Kg/m}^3$
- Densidad de la tierra saturada supuesta sumergida( $\gamma_b$ ):  $1500 \text{ Kg/m}^3$
- Ángulo de rozamiento interno ( $\varphi$ ):  $25^\circ$
- Cohesión húmeda ( $c_h$ ):  $2200 \text{ Kg/m}^2$
- Altura del dique (H):  $4.75 \text{ m}$

Se adopta una situación de desembalse rápido. Para este caso, según Taylor, el ángulo crítico de rozamiento interno tiene por valor aproximado:

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

$$\varphi_d' = \frac{\gamma_b}{\gamma_t} \cdot \varphi_d$$

Pero se cumple que  $\gamma_b = \gamma_t - 1000 \text{ Kg/m}^3$  y como se verifica que  $\frac{\gamma_b}{\gamma_t} \geq \frac{1}{2}$  entonces el

valor del ángulo crítico de rozamiento interno que se toma para el cálculo es:

$$\varphi_d' = \frac{1}{2} \varphi_d$$

De esta forma se está del lado de la seguridad por ser el valor más desfavorable.

De la misma forma que para el talud de aguas abajo los coeficientes de seguridad para la cohesión y el ángulo  $\varphi$  son:

- Para la Cohesión ( $F_c$ ) : 1,5
- Para el Rozamiento ( $F_\varphi$ ) : 1,5

La comprobación en este caso resulta:

$$\text{Cohesión minorada: } C_d = \frac{c}{F_c} = \frac{2200}{1,5} = 1466 \text{ Kg/m}^2$$

- Ángulo de rozamiento interno minorado:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi_d' &= \frac{\operatorname{tg} \varphi}{F_\varphi} = \frac{\operatorname{tg} 25^\circ}{1,5} \Rightarrow \varphi = 17^\circ 16' \\ \varphi_d' &= \frac{1}{2} \varphi_d = 8^\circ 38' \end{aligned}$$

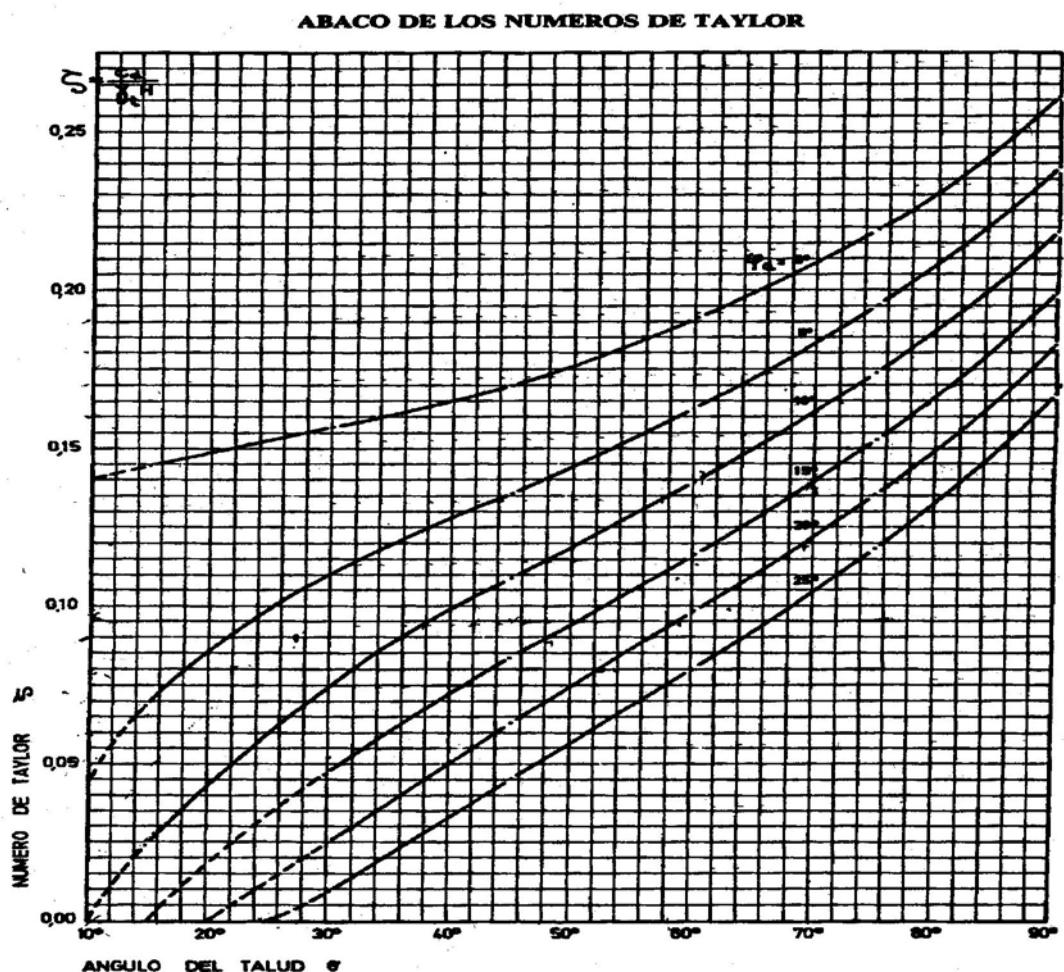
El ángulo  $\theta$  del talud con la horizontal viene dado directamente en el ábaco de Taylor en función del factor adimensional de estabilidad ( $\xi$ ) y del ángulo  $\varphi_d'$ .

$$\xi = \frac{c_{hd}}{\gamma_t \times H} = \frac{1466}{1720 \times 4.75} = 0,18$$

El ángulo  $\theta$  obtenido en el ábaco es aproximadamente de  $85^\circ$ , como el ángulo que tenemos en el talud es de  $26.56^\circ$ , menor que el calculado, luego es estable.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

Se adjunta ábaco de Taylor del que se han obtenido los resultados:



#### 4.- CUBICACIÓN DEL DIQUE Y CUBICACIÓN DEL VASO.

La determinación del volumen de materiales necesarios para la construcción del dique se determina partiendo de los perfiles transversales del embalse. Los perfiles se han trazado perpendiculares a la longitud de los diques que lo conforman. En nuestro caso los hemos realizado cada 20 metros y por tanto hemos obtenido cinco perfiles cuyas superficies de desmonte y terraplén se recogen en la siguiente tabla:

	PERFIL 1	PERFIL 2	PERFIL 3	PERFIL 4	PERFIL 5
SUPERFICIE	18	250	312	250	0
DESMONTE (m <sup>2</sup> )					
SUPERFICIE	331	92	35	33	383
TERRAPLEN (m <sup>2</sup> )					

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

El volumen total de desmonte y terraplén se calcula multiplicando la media de área de dos perfiles contiguos tanto de desmonte como de terraplén por la distancia entre estos dos perfiles y sumando las cuatro porciones en las que queda dividido nuestro embalse.

Los datos obtenidos se han recogido en la siguiente tabla.

	<b>LONGITUD (m)</b>	<b>Smd (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Smt (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Vd (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vt(m<sup>3</sup>)</b>	<b>ΣVd(m<sup>3</sup>)</b>	<b>ΣVt(m<sup>3</sup>)</b>
<b>P - 1</b>	20	134	211.5	2680	4230	0	1550
<b>P - 2</b>	20	281	63.5	5620	1270	4350	0
<b>P - 3</b>	20	381	34	5620	680	4940	0
<b>P - 4</b>	20	125	208	2500	4160	0	1660
					<b>Σ V</b>	<b>9290</b>	<b>3210</b>

Siendo:

Smd: media de superficie de desmonte entre dos perfiles contiguos.

Smt: media de superficie de terraplén entre dos perfiles contiguos.

Vd: volumen de tierra desmontada.

Vt: volumen de tierra terraplenada.

De esta manera obtenemos una resultante de 6080 m<sup>3</sup> de tierra sobrante debido a los desmontes realizados que se depositaran en las proximidades del embalse ya el terreno es propiedad del promotor y no perjudican ni estorban para nada.

## **ANEJO N° 12**

### **ELEMENTOS DE LA BALSA**

## **INDICE:**

1.- INTRODUCCIÓN .....	Pág. 2
2.- ALIVIADERO .....	Pág. 2
2.1 Elección del tipo de aliviadero .....	Pág. 4
2.2 Cálculo del aliviadero.....	Pág. 4
3.- DESAGÜE DE FONDO .....	Pág. 5
4.- TOMA DE ENTRADA DE AGUA A LA BALSA .....	Pág. 7
5.- TOMA DE SALIDA O SUMINISTRO.....	Pág. 7
6.- SISTEMA DE MEDICIÓN DEL AGUA .....	Pág. 8
7.- IMPERMEABILIZACIÓN DE LA BALSA .....	Pág. 8
7.1 Filtraciones de la balsa .....	Pág.8
7.2 Elección de la lámina.....	Pág. 10
7.3 Elección del geotextil .....	Pág. 11
7.4 Superficie a revestir.....	Pág. 11
7.5 Anclaje.....	Pág.12
8.- DRENAJE DE FONDO .....	Pág. 12
9.- DRENAJE PERIMETRAL .....	Pág. 12
10.- VALLADO PERIMETRAL EN CORONACIÓN .....	Pág. 13
11.- ARQUETAS .....	Pág. 13

## 1.- INTRODUCCIÓN.

El objeto de este anexo es definir las obras necesarias para la construcción de los distintos elementos del embalse. Las obras singulares a realizar en el embalse son:

- Aliviadero.
- Desagüe de fondo.
- Tomas de entrada y salida
- Drenajes de fondo y perimetral.
- Sistema de medidores de nivel.

## 2.- ALIVIADERO.

El aliviadero del embalse tiene la función de evacuar las avenidas que razonablemente puedan producirse sin ocasionar daños a la presa ni a otros bienes.

Este elemento debe dimensionarse para evacuar la suma de los siguientes caudales:

- El caudal máximo de la tubería de impulsión en el caso de que fallaran los mecanismos de control de la impulsión.
- El caudal originado por la precipitación máxima instantánea.
- Las aportaciones producidas por la escorrentía del terreno se desprecian, así como el efecto laminador del embalse.

### CAUDAL MÁXIMO DE LA TUBERIA DE IMPULSIÓN:

El caudal máximo de la impulsión en el período de riego es de  $0.050 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $180 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

### CAUDAL ORIGINADO POR LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA INSTANTANEA:

El caudal originado por la precipitación máxima instantánea se obtiene aplicando el método de precipitaciones extremas publicado por el Ministerio de Fomento el cual se muestra a continuación.

- Lo primero de todo se entra en los mapas de isolíneas donde están determinados el coeficiente de variación ( $C_v$ ) y el valor medio de la precipitación diaria máxima ( $P_{max}$ ), en función de la zona de España en la que se encuentra el lugar del cual se quiere conocer la precipitación. Estos valores, para Ainzón son:  $C_v$ : 0.40 y  $P_{max}$ : 51 mm
- Para un periodo de retorno de 25 años y con los anteriores valores se obtiene un valor del factor de ampliación ( $K_T$ ) de 1.84. Este valor a sido obtenido de la tabla entrando en ordenadas con el periodo de los años hasta cortar la curva de  $Cv = 0.4$  y mirando el valor en las abcisas.
- Después se pasa a calcular la precipitación máxima diaria para ese periodo de retorno:

$$P_{max} = 51 \times 1.84 = 93.84 \text{ mm/día.}$$

- Se calcula la precipitación máxima que se produce en 1 hora, dividiendo el valor anterior entre 24 horas, este valor resulta de 3,91 mm/hora.
- Para obtener la intensidad máxima en 1 hora se aplica la siguiente expresión:

$$\frac{I_1}{I_d} = 10.5 \rightarrow I_1 = 10.5 \times 3.91 = 41.05 \text{ mm/h}$$

$$I_1 = 41.05 \text{ mm/h.}$$

Considerando la superficie del embalse (5246 m<sup>2</sup>.), este valor de 41.05 mm/h expresado en unidades de caudal resulta de 0.06 m<sup>3</sup>/s.

De esta forma el caudal a evacuar por el aliviadero será:

$$Q_{evacuar} = Q_{bombeo} + Q_{precipitación} = 0.05 \text{ m}^3/\text{s} + 0.06 \text{ m}^3/\text{s} = 0.11 \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$Q_{evacuar} = 0.11 \text{ m}^3/\text{s.}$$

## **2.1 Elección del tipo de aliviadero.**

El aliviadero es un dispositivo destinado a evacuar el agua del embalse cuando este supera su máxima capacidad de almacenamiento.

Para el cálculo de la sección del aliviadero, hay que tener en cuenta que según el manual del IRYDA, “Diseño y construcción de pequeños embalses”, no es recomendable tomar alturas de lámina de agua en el aliviadero superiores a los 50 cm. pues con valores mayores se desaprovecha la parte más interesante del embalse por su mayor capacidad.

Se construirá un aliviadero de lámina libre. Para salvar el desnivel del talud y frenar la velocidad del agua, se construirá unas escaleras amortiguadoras hasta la base del talud. Posteriormente el agua será conducida mediante un canal de descarga, hasta el barranco de Machuca, que está junto a la finca.

En este aliviadero desaparece el denominado cuenco de recepción, de forma que el agua sobrepasa el labio de vertido y se incorpora directamente al canal de descarga.

## **2.2 Cálculo del aliviadero.**

Según la fórmula de Rehbock:

$$Q = L \cdot C \cdot H^{3/2}$$

Donde:

- H: altura de la lámina de agua sobre la base, en m.
- L: ancho del aliviadero, en m.
- Q: caudal a evacuar, en  $m^3/s$ .
- C: coeficiente de descarga, 0.607.

$$C = 0.602 + 0.083 (H / P) = 0.602 + 0.083 (0.3 / 4.45) = 0.607$$

P: Distancia desde el fondo del embalse a aliviadero.

El valor de H lo fijamos en 0.3 metros (que es un valor inferior a 0.5 que es lo recomendado).

Como ya se ha indicado anteriormente, el caudal de cálculo del aliviadero deberá ser igual al caudal máximo de llenado del embalse (puesto que puede darse la situación de estar lleno y seguir entrando agua) más el caudal equivalente a la máxima precipitación de la zona.

Por tanto el ancho del aliviadero (L) será:

$$L = Q / (C \cdot H^{3/2}) = 0.11 / (0.607 \cdot 0.164) = 1.1 \text{ m}$$

Se diseña una arqueta de hormigón que evacuará el caudal del aliviadero a una tubería de PVC de diámetro 315 PN 6 que va a desembocar hasta el mismo barranco de Machuca en esta vierten también sus aguas el drenaje de los taludes y el desagüe de fondo. Esta tubería tendrá una longitud aproximada de 240 metros.

### **3.- DESAGÜE DE FONDO.**

La toma del desagüe de fondo será una arqueta que facilite la entrada de agua a la tubería de salida. Se colocará en el fondo del embalse, ya que el agua que se almacena en la balsa procede de la impulsión y por tanto está filtrada. Tiene el objeto de utilizarlo en caso de que sea necesario el vaciado del embalse y no pueda realizarse a través de la tubería de impulsión aprovechando así el agua almacenada.

La tubería de desagüe atraviesa el dique protegida por medio de una viga flotante que evita que actúen sobre ella los esfuerzos provocados por el peso del dique. A la salida de la tubería del dique, para el control del desagüe se proyecta una válvula de compuerta alojada en una arqueta.

Para calcular la tubería de desagüe de fondo se deben considerar:

- El embalse se encuentra al máximo de su capacidad, en este caso 13000 m<sup>3</sup>.
- No existe aportación de caudal en forma de lluvia ni de la tubería de impulsión o entrada.
- Se plantea el tiempo de vaciado en 4 días (considerando 24 horas por día).

Los cálculos a realizar son:

1. Se realiza el cálculo de las pérdidas de carga admisibles mediante el teorema de Bernouilli entre la lámina de agua del embalse y la cota del río.

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H_{1-2}$$

Los términos de altura de presión y altura cinética son nulos, por lo tanto la pérdida de carga se reduce a la diferencia de cota entre la lámina libre del agua en el embalse ( $z_1$ ) y la cota del barranco ( $z_2$ ). De esta forma la pérdida de carga ( $\Delta H_{1-2}$ ) es igual a la diferencia de cota, en este caso toma valor de 34 metros ya que son 4 metros de altura de agua, más 30 metros de profundidad que está el río respecto al fondo del embalse (cota embalse 560 y cota barranco 530).

2. El caudal a evacuar, considerando lo expuesto anteriormente, será de:

$$\frac{13000 \text{ m}^3}{4 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 135416 \text{ L/h (0,037 m}^3/\text{s}).$$

3. Aplicando la ecuación empírica de VERONESE utilizada para tuberías de PVC, se obtiene el diámetro teórico que debe tener la tubería del desagüe:

$$h_r = 0.365 \times \frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} \times L \rightarrow 34 \text{ m} = 0.365 \times \frac{135416^{1.8}}{D^{4.8}} \times 125$$

$$D = 89.32 \text{ mm} \rightarrow \text{Se adopta PVC } \varnothing 110 \text{ mm}$$

4. La velocidad media de descarga será:

$$Q = S \times v \rightarrow v = \frac{Q}{S} = \frac{0.037 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 0.1036^2} = 4,39 \text{ m/s.}$$

Como sale un valor de velocidad excesivamente alto vamos probando con distintos diámetros de tuberías hasta elegir PVC  $\varnothing 160$  para la que obtenemos un valor de velocidad:

$$Q = S \times v \rightarrow v = \frac{Q}{S} = \frac{0.037 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 0.1506^2} = 2,07 \text{ m/s.}$$

Como este valor de velocidad ya es razonable se coloca una tubería de PVC PN 0.6 MPa de diámetro nominal 160 mm. Esta tubería conduce el agua al barranco donde desagua el aliviadero, en este punto las tres tuberías desaguan en una arqueta que evita la erosión del terreno.

#### **4.- TOMA DE ENTRADA DE AGUA A LA BALSA.**

Al embalse llega el agua mediante la tubería de impulsión procedente de bombeo del pozo. La tubería pasa bajo el dique dentro de una viga flotante para protegerla del peso del mismo. La entrada al fondo del embalse se realiza mediante una arqueta de llegada. La arqueta va protegida en su parte superior por una rejilla para evitar elementos extraños.

Al inicio de esta tubería se colocará una válvula de retención con el fin de no tener que realizar el cebado cada vez que haya una parada de bomba.

Para el control y regulación del caudal en uno u otro sentido se colocará a la salida de la tubería por el talud de aguas abajo, una arqueta para válvulas en la que se encontrará una válvula de mariposa. Ésta válvula estará comandada bajo el sistema de control de máximos y mínimos del embalse que a su vez está conectado con el mecanismo de mando de la estación de bombeo.

#### **5.- TOMA DE SALIDA O SUMINISTRO.**

La salida del agua del embalse se realiza mediante una tubería que atraviesa el dique dentro de una viga flotante, para protegerla del peso de éste. Esta tubería se empalma con la tubería primaria que lleva el agua hasta el cabezal de riego punto en el que se filtra y reparte el agua para un riego adecuado

A la salida de esta tubería del dique se colocará una válvula de mariposa, para poder cortar el flujo del agua en caso de avería.

Esta tubería será de PVC de diámetro 200 y con un timbraje de 0,6 MPa igual que la tubería primaria, y como se ha dicho anteriormente irá protegida por una viga flotante de hormigón.

## **6.- SISTEMA DE MEDICIÓN DEL AGUA.**

Con la finalidad principal de evitar rebosamientos de lámina libre por encima del dique se instala un sistema de medición. La lectura del nivel se realizará mediante un verosonar instalado en el embalse. Mediante un programa de ordenador conectado al programador de riego, el verosonar detendrá el funcionamiento de las bombas de la estación de bombeo cuando el nivel de agua sobrepase el nivel máximo del embalse.

## **7.- IMPERMEABILIZACIÓN DE LA BALSA.**

Con el objeto de evitar las pérdidas de agua en el vaso del embalse y los riesgos por fenómenos de sifonamiento que podrían dejar inservible la balsa se recurre a un revestimiento sintético, flexible y continuo a base de láminas plásticas de Polietileno.

Los valores de los caudales máximos de filtración a través del sistema no podrán superar los valores que se van a calcular a continuación, para una lámina cuyo coeficiente de Darcy, una vez instalado todo el conjunto, no debe de superar el valor  $K/e = 10^{-10} \text{ s}^{-1}$ .

### **7.1 Filtraciones de la balsa.**

#### Filtraciones a través del fondo:

El cálculo se realiza para depósito lleno, al cual le corresponde una altura de 4,0 metros, y según la ley de Darcy:

$$v = K \cdot i = K \cdot \frac{H}{e} = H \cdot \frac{K}{e}$$

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

El máximo caudal que podrá filtrarse a través del fondo del embalse será:

$$Q_f = v \cdot S_f = H \cdot \frac{K}{e} \cdot S_f = 4 \text{ m} \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1} \cdot 3150 \text{ m}^2 = 1.26 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}$$

Donde:

H: altura máxima de agua, en m.

K/e: coeficiente de Darcy,  $10^{-10} \text{ s}^{-1}$ .

S<sub>f</sub>: superficie del fondo de la balsa, en  $\text{m}^2$ .

#### Filtraciones a través de los taludes:

El cálculo al igual que el del fondo se realiza para el embalse lleno y con la misma formula.

$$Q_t = v \cdot S_t = H \cdot \frac{K}{e} \cdot S_t = 4 \text{ m} \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1} \cdot 2343.4 \text{ m}^2 = 9.37 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 / \text{s}$$

S<sub>t</sub>: superficie de los taludes de la balsa, en este caso  $2343.4 \text{ m}^2$ .

#### Caudal total de la filtración.

Este caudal será la suma de los caudales de filtración a través del fondo y de los taludes.

$$Q = Q_f + Q_t$$

$$Q = 1.26 \times 10^{-6} + 9.37 \times 10^{-7} = 2.19 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}.$$

El volumen anual infiltrado a través de la lámina de polietileno, suponiendo que el embalse se encuentra totalmente lleno durante los 9 meses en los que se riega, será de  $52.03 \text{ m}^3/\text{año}$ .

De los resultados obtenidos se deduce la conveniencia de la instalación de una red de drenaje bajo la lámina que sea capaz de evacuar los caudales calculados a una arqueta exterior de la balsa. En la citada arqueta se recogerán los caudales procedentes de los ramales de drenaje proyectados.

## 7.2 Elección de la lámina.

Se trata de una lámina impermeabilizante de polietileno de 1,6 mm de espesor, termosoldada en todas sus uniones. La selección del espesor de la lámina se hace en función de los siguientes parámetros:

- Tipo del terreno.
- Pendiente de los taludes.
- Dimensiones del embalse

De esta forma el espesor recomendado es de 1,6 mm. Las características de la lámina de polietileno de 1,6 mm de espesor son:

- Espesor	$1 \pm 10\% \text{ mm}$
- Ancho	$1500 \pm 1\% \text{ mm}$
- Peso	$1300 \pm 10\% \text{ gr/m}^2$
- Migración plastificantes	< 3%
- Envejecimiento térmico (pérdida de peso)	< 2%
- Resistencia a tracción	$L > 15 \text{ MPa}$ $T > 15 \text{ MPa}$
- Alargamiento rotura	$L > 200\%$ $T > 200\%$
- Estabilidad	$L > 2.5\%$ $T > 2\%$
- Resistencia al desgarre	$L > 60 \text{ daN}$ $T > 50 \text{ daN}$
- Adherencia entre capas	$L > 70 \text{ daN } 50 \text{ mm}$ $T > 60 \text{ daN } 50 \text{ mm}$

Anterior a la colocación de la lámina de material aislante se realizará un tratamiento de toda la superficie con un herbicida total que se extenderá mediante aspersión.

### **7.3 Elección del geotextil.**

Para proteger la lámina de Polietileno se colocará bajo ésta una lámina de geotextil de polipropileno agujereado de 220 gr/m<sup>2</sup>, formado por fibras continuas de poliéster.

La función principal de la lámina de geotextil es la de la protección mecánica contra perforaciones y desgaste de la lámina impermeable. Las exigencias mecánicas impuestas al geotextil son el efecto combinado de propiedades de resistencia mecánica y el efecto amortiguador de la estructura tridimensional del no-tejido, como la protección contra la perforación y el desgaste de la capa impermeabilizante, así como ser resistente a la putrefacción durante su vida útil y ser compatible con otros materiales sintéticos.

Las diferentes piezas de geotextil se colocarán soldadas entre sí al objeto de evitar desplazamientos de la misma bajo la lámina de impermeabilización. Se dispondrán también varillas dobladas en el terreno en forma de U, serán redondos de Ø6 mm de 30 cm de longitud, clavadas sobre el geotextil en el terreno.

El geotextil debe cumplir pues las siguientes características:

- Resistencia al punzonamiento.
- Resistencia al reventón.
- Coeficiente de fricción alto.
- Estable químicamente con un pH de 2 a 13.
- Resistente a la putrefacción.

### **7.4 Superficie a revestir.**

Sumando la superficie de los taludes y el fondo del embalse se obtiene una superficie total a revestir de 5493 m<sup>2</sup>. Si bien, teniendo en cuenta que el solape entre las láminas al realizar el ensamblaje en paneles es de 5 cm.

## **7.5 Anclaje.**

En la coronación del dique, se anclarán la lámina de Polietileno y el geotextil mediante la zanja de cimentación de la valla de protección que tiene unas dimensiones de 40×40 cm y está situada a un metro de la cresta del talud. Además, los propios dados de hormigón que sirven de anclaje para la valla mencionada, servirán también para la lámina.

En las obras de fábrica del embalse como son la plataforma de entrada, la toma de entrada y la de salida, y el desagüe de fondo, la lámina se soldará por extrusión a un perfil de polietileno de alta densidad previamente embutido en el hormigón de dichas obras.

## **8.- DRENAJE DE FONDO.**

Con el objeto de evitar subpresiones que puedan levantar la lámina de Polietileno estando la balsa vacía y con el fin de detectar posibles fugas o poros que surjan en la lámina impermeable, así como el caudal que se infiltre por la lámina, se instalará bajo las láminas de Polietileno y de geotextil una red de drenaje en los taludes y en el fondo del embalse consistente en una serie de tuberías de PVC corrugado de drenaje de 90 mm de diámetro. El drenaje se divide en tres zonas que van a desaguar al mismo sitio.

Esta red de tuberías se van a colocar formando una espina de pez, como indica el plano correspondiente, de tal forma que se conectarán con un drenaje perimetral al fondo del embalse de PVC Ø 110 mm que desaguará en una arqueta de control. De esta forma se podrá controlar si se producen fugas por rotura de la lámina aislante.

## **9.- DRENAJE PERIMETRAL.**

La finalidad del drenaje perimetral es recoger las aguas que proceden de las fugas que se den en los taludes por posibles poros en la lámina impermeabilizante. Para evitarlo y como ya se indicó en el apartado anterior se coloca una tubería de drenaje de PVC de diámetro 110 mm.

Con esta tubería se consigue que el agua que se filtre no dañe las parcelas colindantes, así como los propios taludes del embalse. Esta tubería como ya se ha mencionado empalma con las tuberías que constituyen el drenaje de fondo y toda el agua recibida se derivará al barranco de Machuca.

## **10.- VALLADO PERIMETRAL EN CORONACIÓN.**

Rodeando a todo el embalse para su protección y seguridad se dispondrá un vallado perimetral a base de malla galvanizada y postes de acero cada 6 metros. Los postes se sujetaran al terreno mediante dados de hormigón de 30x30x30 cm.

## **11.- ARQUETAS.**

Todas las arquetas que se van a instalar en el embalse van a ser de hormigón armado y obedecerán a lo dispuesto en la EHE. Las características de éstas se detallan en los planos correspondientes.

Las arquetas a colocar son:

- Arqueta de entrada de agua del embalse (en el extremo de la tubería de impulsión).
- Arqueta del aliviadero y del desagüe de fondo, donde se aloja una válvula de mariposa que une las dos conducciones.
- Arqueta del drenaje de fondo y del drenaje perimetral.

## **ANEJO N° 13**

# **CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE BOMBEO**

## **INDICE**

1.- INTRODUCCIÓN .....	Pág. 2
2.- DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS .....	Pág. 2
3.- CÁLCULO DEL CAUDAL DE BOMBEO .....	Pág. 3
4.- DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN DE BOMBEO .....	Pág. 3
4.1 Potencia necesaria de la instalación de bombeo.....	Pág. 4
4.2 Potencia necesaria del grupo generador .....	Pág. 5
5.- ESTUDIO DE LA CAVITACIÓN .....	Pág. 6
5.1 Cálculo de la altura neta de aspiración NPSH(A) .....	Pág. 6
6.- GOLPE DE ARIETE DE LA INSTALACIÓN DE BOMBEO .....	Pág. 6
6.1 Cálculo del tiempo de parada de la bomba.....	Pág. 6
6.2 Cálculo de la celeridad de la bomba y de la longitud crítica .....	Pág. 7
6.3 Cálculo de la sobrepresión debida al golpe de ariete.....	Pág. 8
6.4 Elección del timbraje .....	Pág. 9

## **1.- INTRODUCCIÓN.**

En este anexo se va a diseñar la instalación para el llenado del embalse partiendo de la situación de que se encuentre vacío.

El llenado del embalse se podrá hacer siempre que se quiera durante todo el año, ya que al tratarse de agua de pozo, no dependemos de la estivalidad de ningún río. Se impone la condición de que todo el embalse se llene en tres días (suponiendo 24 horas por día).

El embalse cuenta con una capacidad aproximada de 13000 m<sup>3</sup> por lo que cada día el caudal a bombear será de 4333 m<sup>3</sup> (180 m<sup>3</sup>/h o lo que es lo mismo 50 l/s).

## **2.- DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS.**

Dentro de la instalación de bombeo pueden distinguirse los siguientes elementos:

- Sondeo profundo ya existente en la parcela a partir del cual se va a bombear el agua de riego. En el fondo de este (a una profundidad de 40 metros) se instalará el grupo motobomba sumergible multicelular de eje vertical.
- Grupo motor generador de corriente eléctrica para el funcionamiento del grupo motobomba que se encontrara debidamente anclado al suelo.
- Sistema de automatismo y control que determinará el funcionamiento del grupo de bombeo.

La tubería que ascenderá a lo largo del pozo será de metálicas servida en tramos de seis metros. Esta tubería será de diámetro 250 y se encontrara debidamente conectada a una tubería de PVC que llegara hasta la toma de entrada en la balsa.

### 3.- CÁLCULO DEL CAUDAL DE BOMBEO.

Una vez determinado el volumen diario que se hace necesario para el llenado del embalse, se hace necesario conocer el caudal que debe impulsar el grupo motobomba. Para ello se instala un grupo motobomba que bombee 180 m<sup>3</sup>/h (0,05 m<sup>3</sup>/s).

### 4.- DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN DE BOMBEO.

Para calcular los elementos que constituyen la instalación de bombeo se hace necesario conocer:

Caudal a impulsar: 0,05 m<sup>3</sup>/s (180 m<sup>3</sup>/h).

Densidad del agua ( $\rho$ ): 1000 Kg/m<sup>3</sup>

Cota de aspiración: 485 m .s.n.m.

Cota del pozo: 525 m.s.n.m

Cota de descarga: 565 m.s.n.m.

Longitud tubería aspiración: 0 m.

Longitud tubería de impulsión: 230 m.

Diámetro de la tubería de impulsión ( $D_i$ ): 250 mm.

Temperatura de cálculo: 15 °C

Velocidad media del agua en la tubería: 1,5 m/s

El primer paso para dimensionar la instalación es determinar la altura manométrica de elevación. Esta altura se expresa como:

$$H_{me} = H_i + h_i$$

Donde:

-  $H_i$ : Altura geométrica de la impulsión.

-  $h_i$ : Pérdidas de carga producidas en la impulsión.

Así pues, partiendo de que la tubería de impulsión es PVC  $\varnothing$  250 PN 1,6 MPa. cuyo diámetro interior es de 213,0 mm., se calcula las pérdidas de carga en la impulsión ( $h_i$ ).

Conociendo que  $h_i$  es la suma de las pérdidas producidas por rozamiento continuo ( $h_{ri}$ ) y singulares ( $h_{si}$ ), se procede al cálculo de estas.

Cálculo de  $h_{ri}$ :

Se calcula el número de Reynolds, a partir de los datos de velocidad (1,5 m/s), diámetro de la tubería (0,213 m) y de la viscosidad del agua a 15°C ( $1,14 \cdot 10^{-6}$ ).

Una vez calculado Reynolds, se procede al cálculo del factor de fricción ( $f$ ) mediante la fórmula logarítmica de Jain.

Ahora se pasa al cálculo de las pérdidas de carga por rozamiento continuo ( $h_{ri}$ ) mediante la fórmula universal de Darcy-Weisbach.

Cálculo de  $h_{si}$ :

Las pérdidas de carga singulares se estiman en un 5 % de las pérdidas debidas al rozamiento continuo cuando la equidistancia media entre piezas singulares es menor que mil veces el diámetro de la tubería.

Todos estos cálculos se han realizado en una hoja de cálculo creada para tal efecto. El valor obtenido de  $h_i$  ha sido 1.79

$$H_{me} = H_i + h_i = 80 + 1.79 = 81.79$$

$$H_{me} = 81.79 \text{ mca}$$

#### **4.1 Potencia necesaria en la instalación de bombeo.**

Lo primero a realizar es calcular la potencia útil del grupo electrobomba que viene dada por la siguiente expresión:

$$N_u = \frac{\rho \cdot Q \cdot H_{me}}{75}$$

Donde:

- $N_u$ : Potencia del grupo de bombeo, en C.V.
- $Q$ : Caudal a elevar por cada bomba, en  $\text{m}^3/\text{s}$ .
- $H_{me}$ : Altura manométrica de elevación, en m.
- $\rho$ : Densidad del agua, en  $\text{Kg}/\text{m}^3$ .

De esta forma:

$$N_u = \frac{1000 \cdot 0,05 \cdot 81,79}{75} = 54,53 \text{ CV}$$

Para que la bomba pueda aportar la potencia útil al flujo es necesario que reciba una potencia algo superior en su eje de accionamiento de tal manera que se puedan compensar los rendimientos. Así surge la potencia en el eje de la bomba, que es la que deja disponible el motor para ser aprovechada por la bomba a la hora de transmitir la potencia útil y vencer rozamientos y pérdidas de carga. De esta manera:

$$N_{\text{eje}} = \frac{N_u}{\eta_B} = \frac{54,53}{0,75} = 72,7 \text{ CV}$$

La bomba elegida es una Espa modelo ZN8125 12-8 que es capaz de elevar un caudal de 180 m<sup>3</sup>/h (50 l/s) a una altura manométrica de 84,5 mca por lo que cumple con nuestras necesidades mínimas. Tiene una potencia de 93 Kw (126 cv).

#### **4.2 Potencia necesaria del grupo generador.**

Para que el motor de accionamiento deje disponible una potencia en el eje igual a la que requiere el grupo motobomba elegido, es necesario que absorba una potencia eléctrica superior de manera que se compensen los rozamientos mecánicos y las pérdidas eléctricas en ese motor. Esos rozamientos y pérdidas se evalúan a través del rendimiento del motor ( $N_m$ ) y se calcula como:

$$N_{\text{motor}} = \frac{N_{\text{eje}}}{\eta_m} = \frac{93}{0,8} = 116 \text{ Kva}$$

Elegimos por tanto un grupo diesel modelo MDS 130-1 con un motor Deutz TBD 226B-6D que desarrolla una potencia de 130 Kva. con un modelo de alternador UCI 274E. Este grupo trabaja a 1500 rpm y está refrigerado por agua.

El cable eléctrico que va de la bomba al grupo generador es un cable 5 x 35 mm<sup>2</sup> Cu RV 06 / 1 kv.

## 5.- ESTUDIO DE LA CAVITACIÓN.

### **5.1 Cálculo de la altura neta de aspiración NPSH(A)**

No existe cavitación debido a que la bomba trabaja en carga ya que el cuerpo de la bomba está sumergido en el agua y no hay tubería de aspiración.

## 6.- CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE EN LA INSTALACIÓN DE BOMBEO.

Con la parada del grupo de impulsión, y el cierre violento de válvulas se produce en la tubería de impulsión una sobrepresión denominada golpe de ariete, para compensar esta sobrepresión deben dimensionarse mecanismos que lo amortigüen e instalar en lo posible elementos singulares que reduzcan la producción del mismo.

### **6.1 Cálculo del tiempo de parada de la bomba.**

Según la expresión de E. Mendiluce se define el tiempo de parada de la bomba como:

$$T = \frac{K \cdot L(m) \cdot V(m/s)}{g \cdot H_{me}(m)} + C$$

Donde:

- K: Coeficiente de ajuste que depende de la longitud de la tubería de impulsión, en este caso K = 2.
- C: Coeficiente de ajuste que depende de la relación entre la altura manométrica a impulsar y la longitud de la tubería de impulsión, en este caso, C = 1 ( $H_m/L < 0,2$ ).
- V: Velocidad del agua, en m/s.
- L: longitud de la tubería de impulsión, en m.
- g: aceleración de la gravedad,  $9,81 \text{ m/s}^2$ .
- $H_{me}$ : altura manométrica de impulsión, en m.

K	Longitud tubería (m)
2	< 500
1,75	= 500
1,5	500 < L < 1500
1,25	= 1500
1	> 1500

$$T = \frac{2 \cdot 230 \cdot 1,403}{9,81 \cdot 81,79} + 1 = 1,81 \text{ segundos.}$$

## **6.2 Cálculo de la celeridad de la bomba y de la longitud crítica.**

La celeridad de la onda o velocidad a la cual se propaga se define con la expresión:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \frac{D}{e}}}$$

Donde:

- D: Diámetro interior del tubo, en mm.
- e: Espesor del tubo, en mm.
- K: Coeficiente que depende del material de la tubería, para este caso, al ser PVC K=33,3.

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 33,3 \cdot \frac{226,2}{11,9}}} = 380 \text{ m/s}$$

Así pues:

- Si  $T < \frac{2L}{a}$ , siendo L la longitud de la tubería en m, se trata de un cierre rápido y se utiliza la fórmula de Allievi.

Transformación a regadío de una finca de 44,19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

- Si  $T > \frac{2L}{a}$ , siendo L la longitud de la tubería en m, se trata de un cierre lento y se utiliza la fórmula de Michaud.

En este caso  $\frac{2 \cdot 230}{380} = 1,21$  segundos, y  $T = 1,72$  segundos, por lo tanto  $T > \frac{2L}{a}$  y se trata de un cierre lento por lo que se utiliza la fórmula de Michaud.

La longitud crítica de la onda viene dada por la siguiente expresión:

$$L_c = \frac{a \cdot T}{2} = \frac{380 \text{ m/s} \cdot 1,81 \text{ s}}{2} = 343,01 \text{ m}$$

Se trata pues de una impulsión corta, ya que la longitud de la impulsión es menor que la longitud crítica.

### **6.3 Cálculo de la sobrepresión debida al golpe de ariete.**

Utilizando la fórmula de Michaud resulta:

$$\Delta H = \frac{2 \cdot L \cdot V}{g \cdot T}$$

Donde:

- L: longitud de la tubería de impulsión, en m.
- V: velocidad del agua, en m/s.
- T: tiempo de parada de la bomba.
- g: aceleración de la gravedad,  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

$$\Delta H = \frac{2 \cdot 230 \cdot 1,403}{9,81 \cdot 1,81} = 36,35 \text{ m.c.a.}$$

Con lo que la presión máxima que se produzca en la tubería cuando se paren las bombas será:

$$P_{\max} = H_{me} + \Delta H = 80 + 36,35 = 116 \text{ m.c.a.}$$

#### **6.4 Elección del timbraje.**

La válvula de retención se sitúa al inicio de la tubería de impulsión, por ello la presión estática máxima coincide con la diferencia de cota que ha de vencer la bomba. Disponiendo de un timbraje de 1.6 MPa será suficiente.

## **ANEJO N° 14**

# **CÁLCULO ESTRUCTURAL ESTACIÓN DE BOMBEO Y CABEZAL DE RIEGO**

## **INDICE**

1.- INTRODUCCION .....	Pág. 2
1.1 Normativa a cumplir.....	Pág. 2
2.- CALCULO DE LA ESTRUCTURA DEL EDIFICIO .....	Pág. 2
2.1 Cargas que actúan sobre la estructura.....	Pág. 3
2.1.1 Concargas .....	Pág. 3
2.1.2 Sobrecarga de nieve.....	Pág. 3
2.1.3 Acciones del viento .....	Pág. 3
2.2 Dimensionado de la chapa de la cubierta .....	Pág. 4
2.3 Dimensionado de las correas .....	Pág. 4
2.4 Cargas sobre las correas en la hipótesis más desfavorable.....	Pág. 5
2.5 Cálculo de las solicitudes.....	Pág. 6
2.6 Comprobación de resistencia.....	Pág. 6
2.7 Comprobación de deformada .....	Pág. 7
2.8 Pilares .....	Pág. 8
2.9 Riostras de unión .....	Pág. 8
3.- CERRAMIENTOS.....	Pág. 8
4.- SOLERA .....	Pág. 9
5.- MACIZOS DE ANCLAJE.....	Pág. 9
6.- PAREDES DE CARGA.....	Pág. 9
6.1 Datos de partida .....	Pág. 9
6.2 Comprobación de la sección pésima de la pared de carga .....	Pág. 10
7.- ZAPATA CORRIDA .....	Pág. 10
7.1 Datos de partida .....	Pág. 10
7.2 Comprobación de la presión admisible por el terreno .....	Pág. 10

## 1.- INTRODUCCIÓN.

Se proyecta la construcción de un edificio situado en el lugar en que se encuentra el sondeo que albergará todos los equipos necesarios para el bombeo del agua hasta la balsa así como también utilizaremos este edificio para albergar todos los elementos del cabezal de riego para la filtración del agua y todos los automatismos para el control de riego en las distintas parcelas.

La edificación se compone de una caseta de 49 m<sup>2</sup> de dimensiones 7 m.\* 7m., la estructura de cerramiento en fábrica de bloque y la estructura de cubierta con pendiente a un agua compuesta por perfiles IPE apoyadas en zuncho perimetral o riostra de unión sobre muro de carga, y chapa de acero galvanizado con disposición de canalón trapezoidal.

### **1.1 Normativa a cumplir.**

Las normas que se tienen en cuenta para el diseño y cálculo de la edificación son:

- DB-SE-AE
- EHE-08.
- DB-SE-A.
- NTE-E.

## 2.- CALCULO DE LA ESTRUCTURA DEL EDIFICIO.

Se trata de una nave de planta cuadrada cuyas dimensiones son las siguientes:

- Altura máxima sobre nivel del suelo de la nave: 3,75m.
- Altura mínima sobre nivel del suelo de la nave: 2,70 m.
- Altura libre dentro de la nave 3,5 y 2,5 metros respectivamente.
- Longitud de la nave: 7 m.
- Anchura de la nave: 7 m.

## **2.1 Cargas que actúan sobre la estructura.**

Las cargas existentes sobre la estructura son:

- Concargas.
- Sobrecarga de nieve.
- Acciones del viento.

### **2.1.1 Concargas.**

Se deben al peso propio de la estructura, el coeficiente de ponderación es de 1,33.

### **2.1.2 Sobrecarga de nieve.**

La altitud topográfica de la zona se encuentra entre 500 metros sobre el nivel del mar, con lo que resulta una sobrecarga de 50 Kg. / m<sup>2</sup>. El coeficiente de ponderación es de 1,50.

### **2.1.3 Acciones del viento.**

Según la NTE-E se tiene:

- Zona eólica: X
- Situación topográfica: normal
- Acción del viento sobre cubierta:
- Altura del edificio: 3,5 m
- Porcentaje de huecos: menor del 33%
- Ángulo de inclinación de la cubierta:  $\alpha = 8,53^\circ$

Se tienen dos hipótesis: -Hipótesis A:  $m = -1,19 \text{ Kg/m}^2$

$$n = -13 \text{ Kg/m}^2$$

-Hipótesis B:  $m = -40 \text{ Kg/m}^2$

$$n = -51 \text{ Kg/m}^2$$

Siendo la B la más desfavorable, se despreciará ambas cargas por ser de succión, y causar un efecto favorable a la solicitud.

## **2.2 Dimensionado de la chapa de cubierta.**

La hipótesis de carga más desfavorable se produce cuando nieva y no hace viento.

- Pendiente de la cubierta: 15 %
- Ángulo de la cubierta: 8,53 °
- Sobrecarga de nieve:  $50 \text{ Kg/m}^2 \times \cos 8,53^\circ \times 1,5 = 74,17 \text{ Kg/m}^2$
- Distancia entre correas: 1,28 m
- Cuatro o más apoyos.

De esta forma se elige una chapa del tipo PL 30/209 cuyas características son:

Espesor (mm)	Peso (Kg/m <sup>2</sup> )	Sección (cm <sup>2</sup> /m)	Inercia (cm <sup>4</sup> /m)	W (cm <sup>3</sup> /m)	Resistencia (Kg/m <sup>2</sup> )
0,6	5,64	7,17	8,391	3,665	390

El peso de la chapa incluidos tornillería y elementos de sujeción se considera de 6 Kg. / m<sup>2</sup>.

## **2.3 Dimensionado de las correas.**

Se tiene un faldón de 7 m de ancho por 7 m. de largo con una pendiente de 15%. De esta forma se disponen 6 correas separadas una distancia de 1,28 m.

Las correas de predimensionado serán vigas IPE-160 de acero A-42-B.

Carga sobre correas:

- Concargas:

$$\text{Peso cubierta} -- 6 \text{ Kg/m}^2 * 1,28 \text{ m} = 7,68 \text{ Kg./ml.}$$

$$\text{Peso propio} ----- 17,9 \text{ Kg./ml.}$$

$$\text{Total concargas}----- 25,58 \text{ Kg./ml.} * 1,33 = 34,02 \text{ Kg./ml.}$$

- Sobrecargas:

$$\text{De nieve}----- 50 \text{ Kg/m}^2 * 1,28 \text{ m} = 64 \text{ Kg. / ml.}$$

$$\text{Total sobrecargas} ----- 64 \text{ Kg/ml.} * 1,5 = 96 \text{ Kg. / ml.}$$

$$\text{Total concargas y sobrecargas} = \underline{130 \text{ Kg. / ml.}}$$

## **2.4 Cargas sobre las correas en la hipótesis más desfavorable.**

Las cargas sobre las correas en la hipótesis más desfavorable quedan reducidas a una fuerza lineal uniforme de  $q = 130 \text{ Kg./ml.}$ , aplicada en el centro de gravedad de la sección transversal de la viga con dirección vertical.

Se calculan las componentes de esa fuerza en la dirección de ejes Z e Y locales de la sección transversal:

La componente q en el eje Z de la sección es:

$$q_z = q * \sin \alpha = 130 \text{ Kg./ml.} * \sin 8,53 = 19,28 \text{ Kg./ml.}$$

La componente q en el eje Y de la sección es:

$$q_y = q * \cos \alpha = 130 \text{ Kg./ml.} * \cos 8,53 = 128,56 \text{ Kg./ml.}$$

## **2.5 Cálculo de las solicitudes.**

El cálculo de las solicitudes se realiza suponiendo la viga biapoyada con una luz de 7 metros.

$$\text{Eje ZZ: } M_Z = \frac{q_y * l^2}{8} = \frac{128,56 * 7^2}{8} = 787,43 \text{ mKg.}$$

$$\text{Eje YY: } M_y = \frac{q_z * l^2}{8} = \frac{19,28 * 7^2}{8} = 118,09 \text{ mKg.}$$

## **2.6 Comprobación de resistencia.**

El perfil a comprobar es IPE-160 cuyos valores estáticos de la sección son:

- Momento de inercia respecto a eje Z:  $I_Z = 935 \text{ cm}^4$
- Momento de inercia respecto a eje Y:  $I_Y = 54,7 \text{ cm}^4$
- Momento de resistente respecto a eje Z:  $W_Z = 117 \text{ cm}^3$
- Momento de resistente respecto a eje Y:  $W_Y = 14,8 \text{ cm}^3$
- Área de la sección  $A = 22,8 \text{ cm}^2$

El tipo de esfuerzo que solicita a esa sección: Flexión esviada.

Valores de cálculo de esa sección:

Momento flector en Z = 787,43 mKg.

Momento flector en Y = 118,09 mKg.

Los cortantes provocan en todos los casos, estados de tensión más favorables que los debidos a flexión esviada, los esfuerzos axiles y torsor son nulos.

- comprobación de resistencia.

$$\sigma_x = \left( \frac{M_z}{W_z} \right) + \left( \frac{M_y}{W_y} \right) \leq 2600 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_x = \left( \frac{78743}{117} \right) + \left( \frac{11809}{14,8} \right) \leq 2600 \text{ Kg/cm}^2$$

$1470,9 < 2600 \text{ Kg/cm}^2$  CUMPLE A RESISTENCIA.

## **2.7 Comprobación de deformada.**

La deformación (flecha) para viguetas de cubierta viene fijada por la norma DB-SE en la cual la flecha máxima admisible en las correas será:

$$f_{\max} = \frac{L}{250} = \frac{700}{250} = 2,8 \text{ cm}$$

El coeficiente medio de ponderación de acciones empleado en el cálculo de las correas es:

$$K = \frac{(1,5 * 64) + (1,33 * 25,58)}{64 + 25,58} = 1,45$$

La deformación máxima de la viga según eje global Y se obtiene según la norma antes mencionada:

$$f_y (\text{mm}) = \infty * \frac{\sigma_x (\text{Kg/mm}^2) * L_y^2 (\text{m}^2)}{h (\text{cm})} = 15 \text{ mm.}$$

$$\sigma_x (\text{Kg/mm}^2) = M_z / W_z * K = 787,43 / 117 * 1,46 = 9,82 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\infty = 0,5$$

$$h = 16 \text{ cm.}$$

flecha máxima = 1,5 cm. < 2,8 CUMPLE DEFORMACIÓN.

De esta forma, se instalará como correas vigas de acero A-42-B IPE-160.

## **2.8 Pilares.**

Los pilares a colocar son encofrados de hormigón armado de 250 kg/cm<sup>2</sup> con armaduras B-400-S, tienen una altura de 3,5 m y 2,5 van empotrados en la zapata corrida. De dimensiones 0,4 \* 0,4 metros.

La dimensión de estos pilares será igual que el cerramiento. 0,2 \* 0,2 m. y serán:

2 de 3,5 m. en la parte más alta del edificio.

2 de 2,5 m. en la parte más baja del mismo.

## **2.9 Riostras de unión.**

La unión entre los pilares se realiza mediante riostras de hormigón armado de 250 kg/cm<sup>2</sup> con armaduras B-400-S, las riostras se colocan en la cabeza del pilar sirviendo de apoyo a las correas de cubierta. Las cuales irán soldadas a unas platabandas unidas al zuncho en su construcción.

Las dimensiones de las riostras serán de la misma anchura que la pared, el armado y disposición se puede ver en el plano de detalles.

## **3.- CERRAMIENTOS.**

El cerramiento del edificio de control de mandos se ejecutará en fábrica de bloque de hormigón de 20 \* 20 \* 40 cm. haciendo un total de 75 m<sup>2</sup>.

Se colocan 3 ventanas para la iluminación de la misma. Las dimensiones de estas y la puerta aparecen en los planos de detalle.

#### **4.- SOLERA.**

En el interior del edificio se dispondrá una solera de hormigón en masa HA-250 de 20 cm de espesor mínimo.

#### **5.- MACIZOS DE ANCLAJE.**

Dentro del edificio se dispondrán macizos de anclaje en los puntos en los que se prevé se pueden producir desplazamientos de las diferentes tuberías que componen la instalación de filtrado.

El hormigón armado utilizado en estos elementos tendrá una resistencia de 250 Kg/cm<sup>2</sup>. La armadura y disposiciones se representan en el plano correspondiente.

#### **6.- PAREDES DE CARGA.**

##### **6.1 Datos de partida.**

- Peso debido a la cubierta que soporta un metro lineal de pared:

$$(130 \text{ Kg} / \text{ml} * 7 \text{ m.}) / 2 = 455 \text{ Kg.}$$

$$455 \text{ Kg.} / 1,28 \text{ m} = \underline{355 \text{ Kg. Por metro lineal de pared.}}$$

- Peso que soporta la sección pésima de la pared debido a los bloques de hormigón:  $1600 \text{ Kg} / \text{m}^3 * 0,2 \text{ m} * 3,5 \text{ m.} * 1 \text{ m.} = \underline{1120 \text{ Kg.}}$

- Peso que soporta la sección pésima de la pared debido a las riostras de unión:  $2500 \text{ Kg} / \text{m}^3 * 0,2 \text{ m} * 0,2 \text{ m.} * 1 \text{ m.} = \underline{100 \text{ Kg.}}$

- Carga total en la sección pésima de la pared = 1575 Kg.

## **6.2 Comprobación de la sección pésima de la pared de carga.**

- Carga mayorada por 1,6 =  $1575 \times 1.6 = 2520$  Kg.

- Resistencia de la pared = 16 Kg / cm<sup>2</sup>

$$\frac{2520 \text{ Kg.}}{100 \text{ cm} * 20 \text{ cm.}} = 1,26 \text{ Kg/cm}^2 < 16 \text{ Kg / cm}^2 \text{ CUMPLE}$$

## **7.- ZAPATA CORRIDA.**

### **7.1 Datos de partida.**

- Resistencia admisible del terreno a una profundidad de 0,5 m en terrenos sin cohesión y arenoso grueso = 2,5 Kg /cm<sup>2</sup> y metro de suelo, dado que la dimensión de la zapata es 0,4 m. la resistencia admisible del terreno es:

$$2,5 \text{ Kg /cm}^2 * 0,4 = 1 \text{ Kg /cm}^2$$

- Dimensiones de la zapata corrida = 0,4 m x 0,4 m

- Hormigón tipo HA-250, fck = 250 Kp/cm<sup>2</sup>

- Peso metro lineal de zapata = 0,4 m x 0,4 m x 1 m x 2,5 T/m<sup>3</sup> = 0,4 T

### **7.2 Comprobación de la presión admisible por el terreno.**

Carga sin mayorar, que soporta la zapata por metro lineal = 1575 Kg.

- Peso total que soporta el terreno por metro lineal = 1975 Kg.

- Carga mayorada que soporta el terreno =  $1975 * 1,6 = 3160$  Kg./ml

$$\frac{3160 \text{ Kg. / ml}}{100 \text{ cm.} * 40 \text{ cm.}} = 0,79 \text{ Kg/cm}^2 < 1 \text{ Kg/cm}^2 \text{ por tanto, la zapata corrida}$$

cumple con la condición de presión admisible por el terreno.

## **ANEJO N° 15**

# **ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA**

## **ÍNDICE:**

1.- INTRODUCCIÓN .....	Pág. 2
2.- SITUACIÓN ACTUAL .....	Pág. 2
3.- DATOS CONSIDERADOS PARA EL ESTUDIO ECONOMICO.....	Pág. 3
3.1 Rendimientos del cereal en secano.....	Pág. 3
3.2 Rendimientos de almendros en regadío.....	Pág. 3
3.3 Subvención de la PAC.....	Pág. 3
3.4 Precios de las producciones de los cultivos.....	Pág. 3
4.- COSTES DE PRODUCCIÓN DE LOS CULTIVOS .....	Pág. 4
4.1 Costes de una hectárea de cebada.....	Pág. 4
4.2 Costes de una hectárea de almendros .....	Pág. 4
4.2.1 Año 0: Plantación y puesta en marcha del proyecto.....	Pág. 5
4.2.2 Año 1: Periodo improductivo .....	Pág. 6
4.2.3 Años 2,3 y 4: Entrada en producción .....	Pág. 6
4.2.4 Año 5 y sucesivos: Plena producción.....	Pág. 7
5.- INGRESOS ANUALES.....	Pág. 7
6.- FLUJO DESTRUIDO .....	Pág. 8
7.- COSTES DEL AGUA DE RIEGO .....	Pág. 8
8.- ESTUDIO DE RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN .....	Pág. 9
8.1 Consideraciones previas .....	Pág. 9
8.2 Cálculo flujo de caja e índices de rentabilidad .....	Pág. 10
9.- ESTUDIO DE SENSIBILIDAD .....	Pág. 11
9.1 Variación de la rentabilidad según el precio de la almendra .....	Pág. 11
9.2 Variación de la rentabilidad según kg de almendra por hectárea	Pág. 11

## **1.-INTRODUCCION.**

Con el objeto de analizar si este proyecto es viable económicoamente, se analizan varias variables económicas que reflejarán si la inversión es rentable.

Así de esta forma se va a calcular el VAN o Valor Actual Neto y el TIR o Tasa Interna de Rentabilidad. El VAN es un índice de rentabilidad absoluta mientras que el TIR es un índice de rentabilidad relativa.

El VAN dice que una inversión es rentable y viable cuando es mayor de cero. El TIR es el tipo de interés que hace el VAN de una inversión igual a cero, da las unidades monetarias que se ganan por cada unidad monetaria invertida y año.

Para calcular los índices señalados anteriormente, se considera una vida útil de la inversión de 25 años, sobre la cual se define la corriente de pagos y cobros analizando toda su superficie en conjunto.

## **2.- SITUACION ACTUAL.**

Actualmente en la finca objeto de la transformación se viene cultivando de cereal de invierno de secano, normalmente cebada. Debido a las características de la zona los rendimientos medios de estos cultivos son bajos. Además solo se encuentra sembrada cada año la mitad de la parcela ya que después de un año de siembra se tiene otro de barbecho.

Por estos motivos se plantea la necesidad de realizar una plantación de almendros con riego por goteo en la finca objeto de este proyecto, y así de esta forma procurar un aumento de los rendimientos de la misma con la consiguiente mejora del nivel de vida del propietario de la misma.

### **3.- DATOS CONSIDERADOS PARA EL ESTUDIO ECONOMICO.**

#### **3.1 Rendimientos del cereal de secano.**

Estos datos se considerarán a la hora de calcular el flujo destruido.

El rendimiento medio que se viene obteniendo en esta zona es 2500 kg/ha.

#### **3.2 Rendimientos de almendros en regadío.**

Estos datos se tienen en cuenta a la hora de calcular los ingresos de la nueva plantación que se va a realizar.

La producción que se prevé obtener en esta plantación es de 4000 kg de almendra en cáscara con un rendimiento en grano del 35%.

Hasta su entrada en producción máxima al sexto año, se espera no coger nada durante los dos primeros años, un 30 % de la cosecha el tercer año, un 60 % el cuarto y un 80 % el quinto.

#### **3.3 Subvención de la PAC.**

La cantidad asignada de pago único que posee esta finca es de 126 €/Ha. Pago que se venia cobrando con el cereal y que después de plantar los almendros permanecerá igual ya que ambos cultivos están desacoplados.

#### **3.4 Precios de las producciones de los cultivos.**

El precio medio en la lonja de Reus de los dos productos que nos afectan en los últimos diez años es:

Cebada 174 €/t

Almendra en grano 3,1 €/kg

#### **4.- COSTES DE PRODUCCION DE LOS CULTIVOS.**

A continuación pasamos a describir el coste por hectárea de los cultivos que nos afecta y que son el de cebada en secano y el de una plantación de almendros en riego por goteo.

##### **4.1 Costes de una hectárea de cebada.**

Labor	€Ha.
Labor subsolador/arado vertedera	33
Labor grada discos	27
Labor cultivador- molón	24
Semilla (200 Kg/Ha a 0.3 Euros/Kg)	60
Siembra con sembradora	15
Herbicida y aplicación	27
Abono (300 Kg/Ha a 0.204 Euros/Kg)	61.2
Urea 46% (150 Kg/Ha a 0.18 Euros/Kg)	27
Aplicación abono y urea	9
Recolección	40
Transporte	4
Impuestos, I.B.I. rústica, seguros, etc.	18.8
<b>TOTAL.....</b>	<b>346</b>

##### **4.2 Coste de una hectárea de almendros.**

Podemos dividir la vida útil de una plantación de almendros en cinco periodos que son:

- Año 0: implantación y puesta en marcha del proyecto.
- Año 1: periodo improductivo.
- Años 2, 3 y 4: entrada en producción.
- Años 5 a 25: plena producción.
- Años 26 y sucesivos: decadencia en la producción.

La plantación le consideramos una vida útil de 25 años igual que la del resto de instalaciones ya que a partir de estos años empezaran a disminuir los ingresos obtenidos. En ese momento en función de la evolución de la plantación tendríamos dos opciones; arrancar la plantación y realizar otra nueva o realizar una poda fuerte de rejuvenecimiento.

#### **4.2.1 Año 0: plantación y puesta en marcha del proyecto.**

PARTIDA	UNIDADES	€/ UNIDAD	PRECIO
Tractor 80 CV cultivador	4 surcos x 1 h = 4 h	35 €/ hora	140 €
Tractor 80 CV atomizador	1 hora	38 €/ hora	38 €
Fitosanitarios (Deltametrina)	0.1 litros	14 €/ litro	1.4 €
Fertilizantes			
Ac fosforico	38 Kg	0.3 €/ kg	11.4 €
Sol nitrogenada	56 kg	0.15 €/ kg	8.4 €
Nitrato potasio	56 kg	0.85 €/ kg	47.6 €
Nitrato amónico	130 kg	0.33 €/ kg	43 €
Impuestos IBI rustica y seguros			28 €
		<b>TOTAL</b>	<b>217.4 €</b>

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

#### 4.2.2 Año 1: Periodo improductivo.

PARTIDA	UNIDADES	€/ UNIDAD	PRECIO
Reposición de marras (3 %)	6 áboles	2.5 €/ árbol	15 €
Mano de obra reposición marras	0.5 horas	9 €/ hora	4.5 €
Mano de obra poda	2 horas	9 €/ hora	18 €
Tractor 80 CV cultivador	4 surcos x 1 h = 4 h	35 €/ hora	140 €
Tractor 80 CV atomizador	1 hora	38 €/ hora	38 €
Fitosanitarios (Deltametrina)	0.1 litros	14 €/ litro	1.4 €
Fertilizantes			
Ac fosforico	45 Kg	0.3 €/ kg	13.5 €
Sol nitrogenada	72 kg	0.15 €/ kg	10.7 €
Nitrato potásico	67 kg	0.85 €/ kg	57 €
Nitrato amónico	156 kg	0.33 €/ kg	51.5 €
Impuestos IBI rustica y seguros			28 €
		<b>TOTAL</b>	<b>377.9 €</b>

#### 4.2.3 Año 2, 3 y 4: Entrada en producción.

PARTIDA	UNIDADES	€/ UNIDAD	PRECIO
Mano de obra poda	4 horas	9 €/ hora	36 €
Tractor 80 CV cultivador	4 surcos x 1 h = 4 h	35 €/ hora	140 €
Tractor 80 CV atomizador	2 tratamientos x 1 h = 2 h	38 €/ hora	76 €
Maquinaria de recolección	1 hora	60 €/ hora	60 €
Fitosanitarios			
Deltametrina	0.15 l x 2 trat. = 0.3 l	14 €/ litro	1.4 €
Captan	0.83 kg x 2 trat = 1.66 kg	4.2 €/kg	7 €
Fertilizantes			
Ac fosforico	60 Kg	0.3 €/ kg	18 €
Sol nitrogenada	96 kg	0.15 €/ kg	14.4 €
Nitrato potásico	90 kg	0.85 €/ kg	76.5 €
Nitrato amónico	208 kg	0.33 €/ kg	68.6 €
Impuestos IBI rustica y seguros			28 €
		<b>TOTAL</b>	<b>525.9 €</b>

#### 4.2.4 Año 5 y sucesivos: Plena producción.

PARTIDA	UNIDADES	€/ UNIDAD	PRECIO
Mano de obra poda	5 horas	9 €/ hora	45 €
Maquina de poda	5 horas	12 €/ hora	60 €
Tractor 80 CV cultivador	4 surcos x 1 h = 4 h	35 €/ hora	140 €
Tractor 80 CV atomizador	6 tratamientos x 1 h = 6 h	38 €/ hora	228 €
Maquinaria de recolección	1.5 horas	60 €/ hora	90 €
Poda en verde	1.5 horas	9 €/ hora	13.5 €
Fitosanitarios	Oxicloruro de cobre	2 kg x 2 trat = 4 kg	4.1 €/ kg      53.8 €
	Aceite de verano	3 litros	1.6 €/ kg
	Ciproconazol	50 g	0.2 €/g
	Kaptan	1kg	4.2 €/ kg
	Inimacloprid	0.15 litros	14 €/ l
	Abono foliar	1 litro	1.4 €/ l
	Mancozeb	1 kg	5.3 €/ kg
	Cipertmetrina	0.3 litros	7.1 €/ l
	Abono foliar	1 litro	1.4 €/ l
	Tiram	1kg	4 €/ kg
	Inimacloprid	0.15 litros	14 €/ l
Fertilizantes	Ac fosforico	75 Kg	0.3 €/ kg      221 €
	Sol nitrogenada	120 kg	0.15 €/ kg
	Nitrato potásico	112 kg	0.85 €/ kg
	Nitrato amónico	259 kg	0.33 €/ kg
Impuestos IBI rustica y seguros			28 €
<b>TOTAL</b>			<b>879.3 €</b>

#### 5.- INGRESOS ANUALES.

Los ingresos anuales se deben a la recolección de las almendras y a las subvenciones de la PAC.

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

- Subvención PAC:	126 €
- Producción: 4000 x 0.35 x 3.1 =	4480 €
<b>TOTAL</b>	<b>4340 €</b>

## 6.- FLUJO DESTRUIDO.

Es el valor de los rendimientos que se obtienen en la situación actual, es decir, se tiene en cuenta el cultivo de cebada para su cálculo. Este flujo destruido se calcula a partir de los costes de producción y de los ingresos que se obtienen según los datos enumerados en apartados anteriores. Por tanto el flujo destruido por hectárea es:

- Subvención PAC:	126 €
- Producción: 2500 x 0.174	435 €
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>561 €</b>
<b>COSTES</b>	<b>346 €</b>
<b>BENEFICIO</b>	<b>215 €</b>

Como la finca en cuestión tiene una superficie de unas 44 hectáreas pero cada año solo se siembran 22 el flujo destruido total es de 4730 €/año.

## 7.- COSTE DEL AGUA DE RIEGO.

En este caso los costes del agua de riego son únicamente los originados por el consumo de gasoil del grupo generador que extrae el agua del pozo y la eleva hasta la balsa de almacenamiento.

Partiendo de la base de que el grupo generador tiene un consumo medio de 26'9 l/h de gasoil en condiciones de trabajo normales y sabiendo que el grupo eleva un volumen de agua de 180 m<sup>3</sup>/h; el coste de un m<sup>3</sup> de agua es de 0.15 litros de gasoil/ m<sup>3</sup>. Suponiendo un precio medio del gasoil de 0.85 €/l el coste por metro cúbico de agua es de 0.13 €/m<sup>3</sup>

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

El volumen anual de agua de riego consumida por hectárea es de 6135,6 m<sup>3</sup> y por lo tanto para las 44 hectáreas de la finca el volumen de agua total consumido es de 269967 m<sup>3</sup>

Por tanto el coste anual del agua de riego para toda la parcela es de 35096 €

## **8.-ESTUDIO DE RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN.**

### **8.1 Consideraciones previas.**

El presupuesto total de la inversión asciende a 395751,48 €

Los beneficios anuales serán los calculados anteriormente y serán fijos. No se tendrá en cuenta el factor que juega la inflación.

No se considerará el valor residual de los elementos de la explotación.

El flujo destruido es de 4730 €

Se estima una vida útil de las instalaciones y la plantación de 25 años.

En un principio no se establece ningún tipo de ayudas a la conversión a regadío de la finca, aunque el decreto 48/2001 de la Diputación General de Aragón establece ayudas en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Aragón para obras de creación y mejora de infraestructuras agrarias de regadío, subvencionando con un 40% de la inversión a realizar. Como en este momento por diversas razones esta ayuda se encuentra “congelada” se realiza el estudio considerando que se obtiene un crédito de ciento setenta mil euros a 15 años a un tipo de interés del 6.5%.

Con todo lo expuesto anteriormente se realiza el estudio de rentabilidad económica.

### **8.2 Cálculo flujo de caja e índices de rentabilidad.**

Transformación a regadío de una finca de 44.19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

AÑO	COBRO ORD	COBRO FINAN	PAGO ORD	PAGO AGUA	PAGO FINAN	FLUJO DESTR	PAGO INVERS	FLUJO CAJA
0		200.000					389.273	-195751
1	5.544		13.966	10.529	20.907	4.730		-44.587
2	5.544		16.628	21.058	20.907	4.730		-57.778
3	62.832		23.140	29.832	20.907	4.730		-15.776
4	120.120		23.140	35.096	20.907	4.730		36.248
5	158.312		23.140	35.096	20.907	4.730		74.440
6	196.504		38.689	35.096	20.907	4.730		97.082
7	196.504		38.689	35.096	20.907	4.730		97.082
8	196.504		38.689	35.096	20.907	4.730		97.082
9	196.504		38.689	35.096	20.907	4.730		97.082
10	196.504		38.689	35.096	20.907	4.730		97.082
11	196.504		38.689	35.096	20.907	4.730		97.082
12	196.504		38.689	35.096	20.907	4.730		97.082
13	196.504		38.689	35.096	20.907	4.730		97.082
14	196.504		38.689	35.096	20.907	4.730		97.082
15	196.504		38.689	35.096	20.907	4.730		97.082
16	196.504		38.689	35.096		4.730		117.989
17	196.504		38.689	35.096		4.730		117.989
18	196.504		38.689	35.096		4.730		117.989
19	196.504		38.689	35.096		4.730		117.989
20	196.504		38.689	35.096		4.730		117.989
21	196.504		38.689	35.096		4.730		117.989
22	196.504		38.689	35.096		4.730		117.989
23	196.504		38.689	35.096		4.730		117.989
24	196.504		38.689	35.096		4.730		117.989
25	196.504		38.689	35.096		4.730		117.989

Pay Back=9

RESULTADOS	
Tasa Actualización (r%)	6,50%
VAN	620082,73 €
TIR	18,07%

PRÉSTAMOS CUOTA CONSTANTE	
Importe	200.000,00 €
Interés	6,50%
Amortización	15 años
Cuota Mensual	1.742,21 €
Cuota Anual	20.906,58 €
Total Pagado	313.598,65 €

## 9.- ESTUDIO DE SENSIBILIDAD.

La rentabilidad de nuestro proyecto se puede ver alterada si algunos de los parámetros de los que depende la rentabilidad varía; para ello se ha calculado en unas hojas de cálculo creadas para tal efecto como cambiando algunos factores varía la rentabilidad. En nuestro caso vamos a realizar variaciones en el precio de la almendra y en la producción de almendra obtenida, ya que son los factores que más pueden fluctuar.

### 9.1 Variación de la rentabilidad según el precio de la almendra.

€/ kg	VAN (€)	TIR (%)	PB (años)
3.2	684100	19.72	9
3.15	655331	18.79	9
3.1	620082	18.07	9
3.0	569021	17.48	9
2.9	511481	16.56	10
2.8	453942	15.62	10

### 9.2 Variación de la rentabilidad según kilos de almendra por hectárea.

Kg / Ha	VAN (€)	TIR (%)	PB (años)
4200	714961	19.66	8
4000	620082	18.07	9
3800	537373	16.98	10
3600	448187	15.2	11
3500	403594	14.76	11
3400	359001	13.98	12

## Proyecto Fin de Carrera

Transformación a regadío de una finca de 44,19 Ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza).

### PLANOS

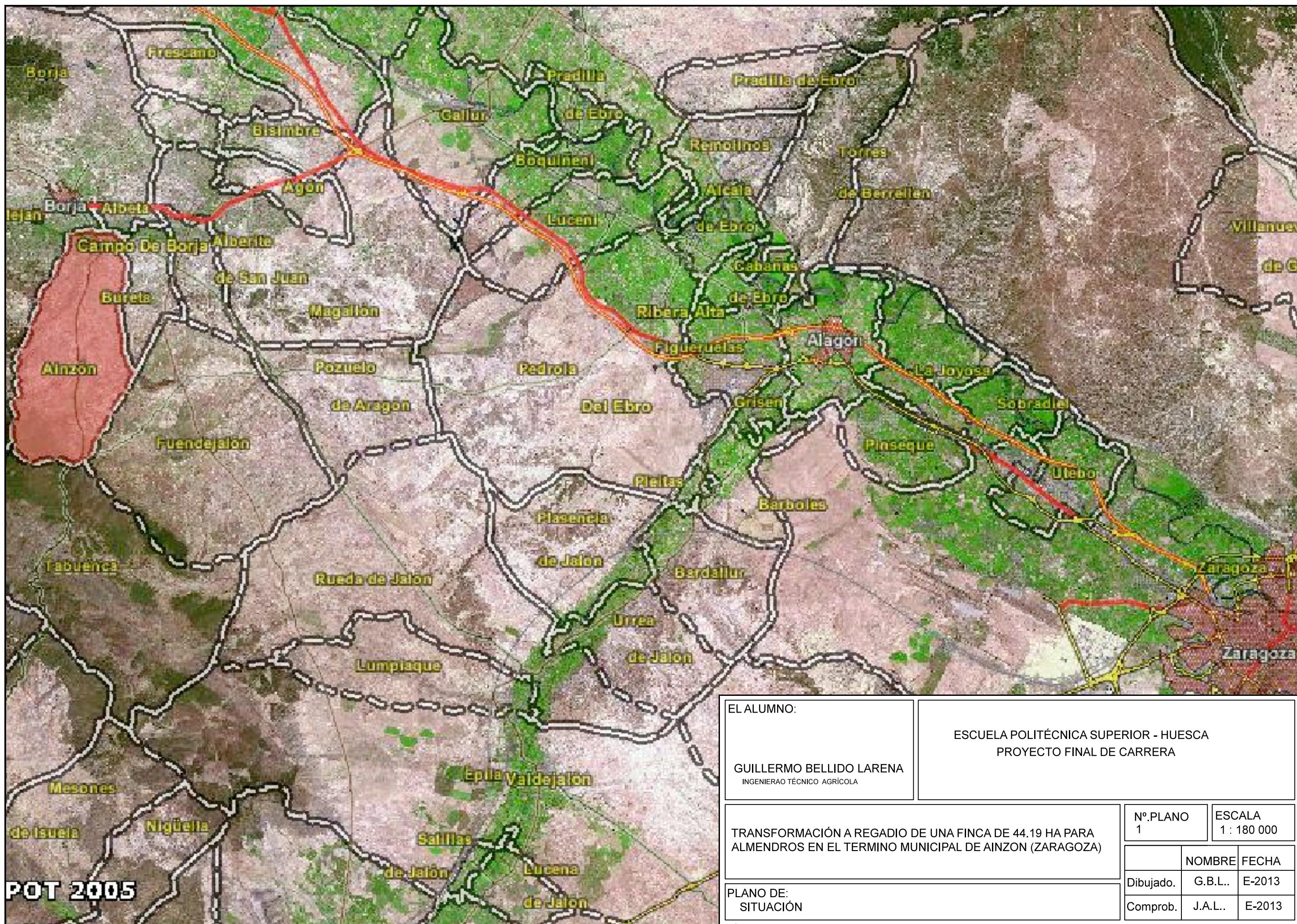
Autor

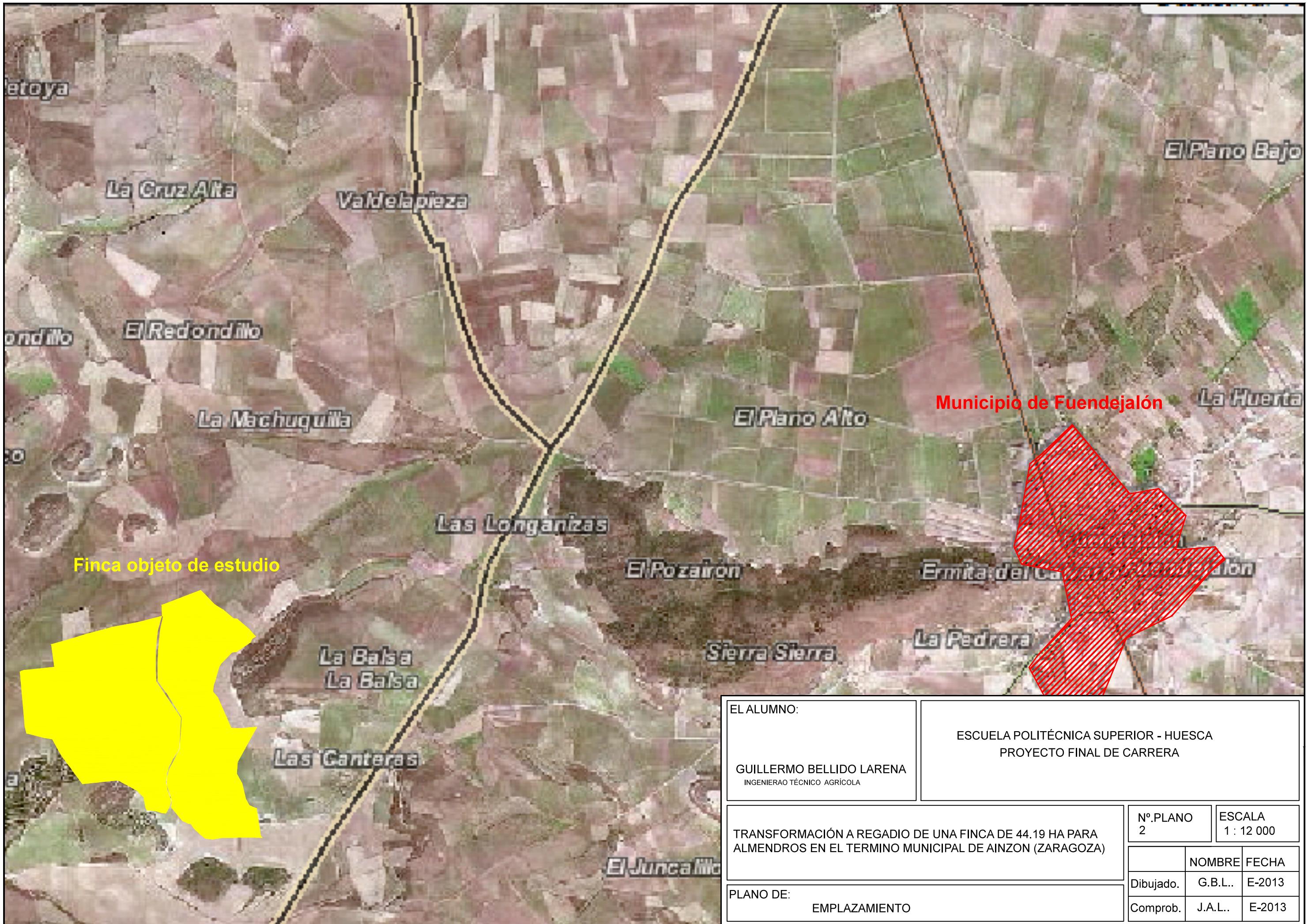
Guillermo Bellido Larena

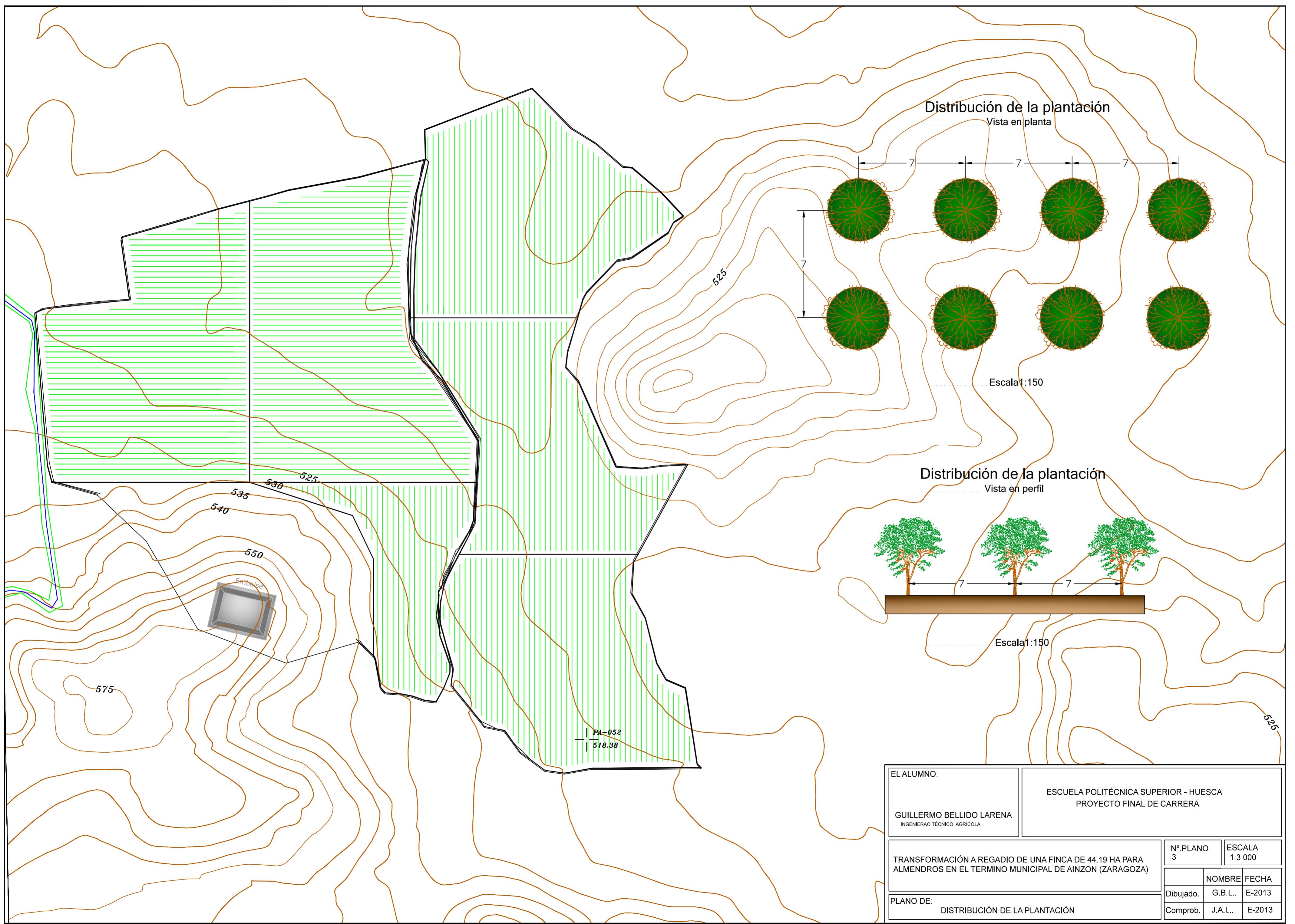
Directores

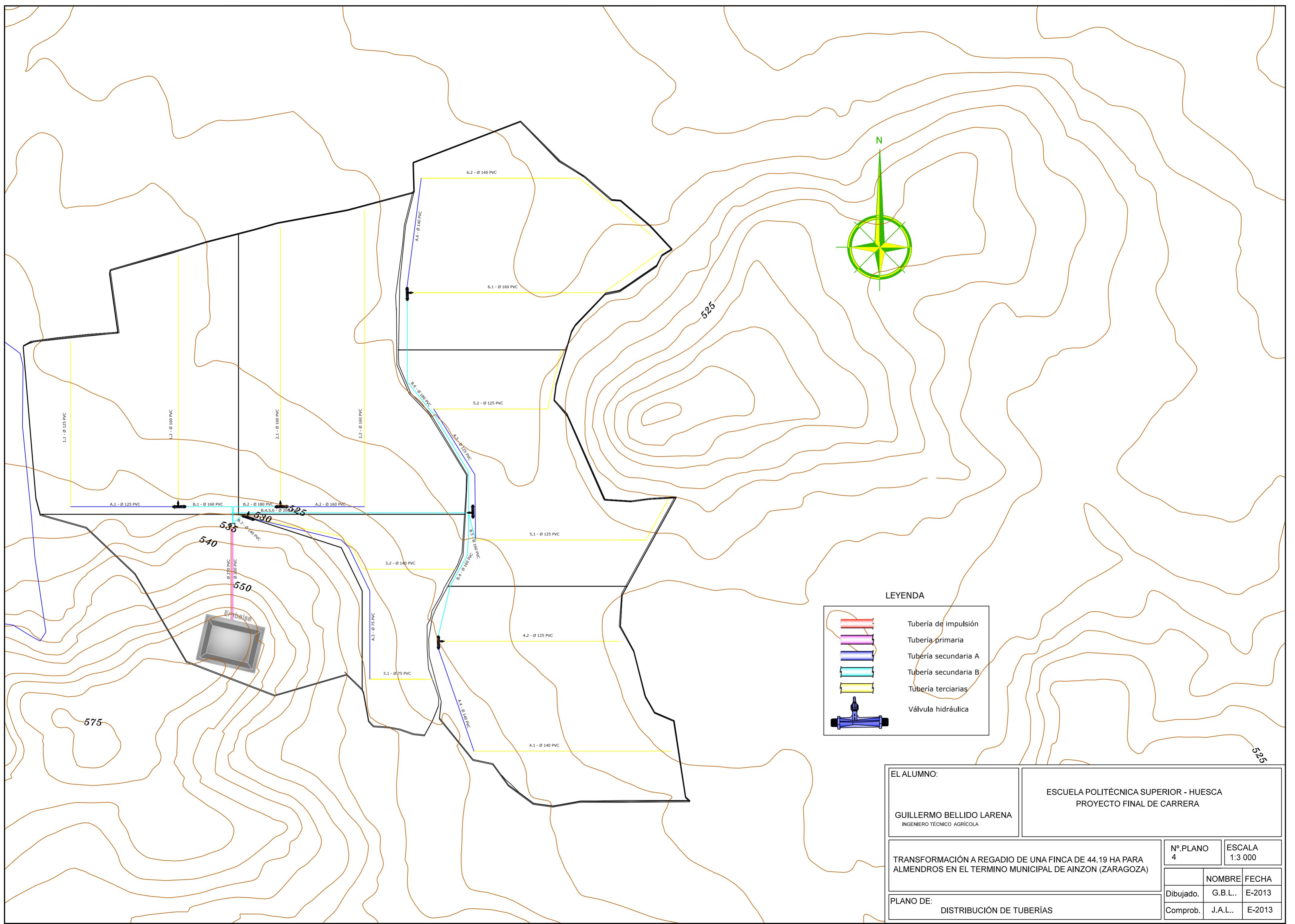
Joaquín Aibar Lete  
Ernesto Perna de Mur

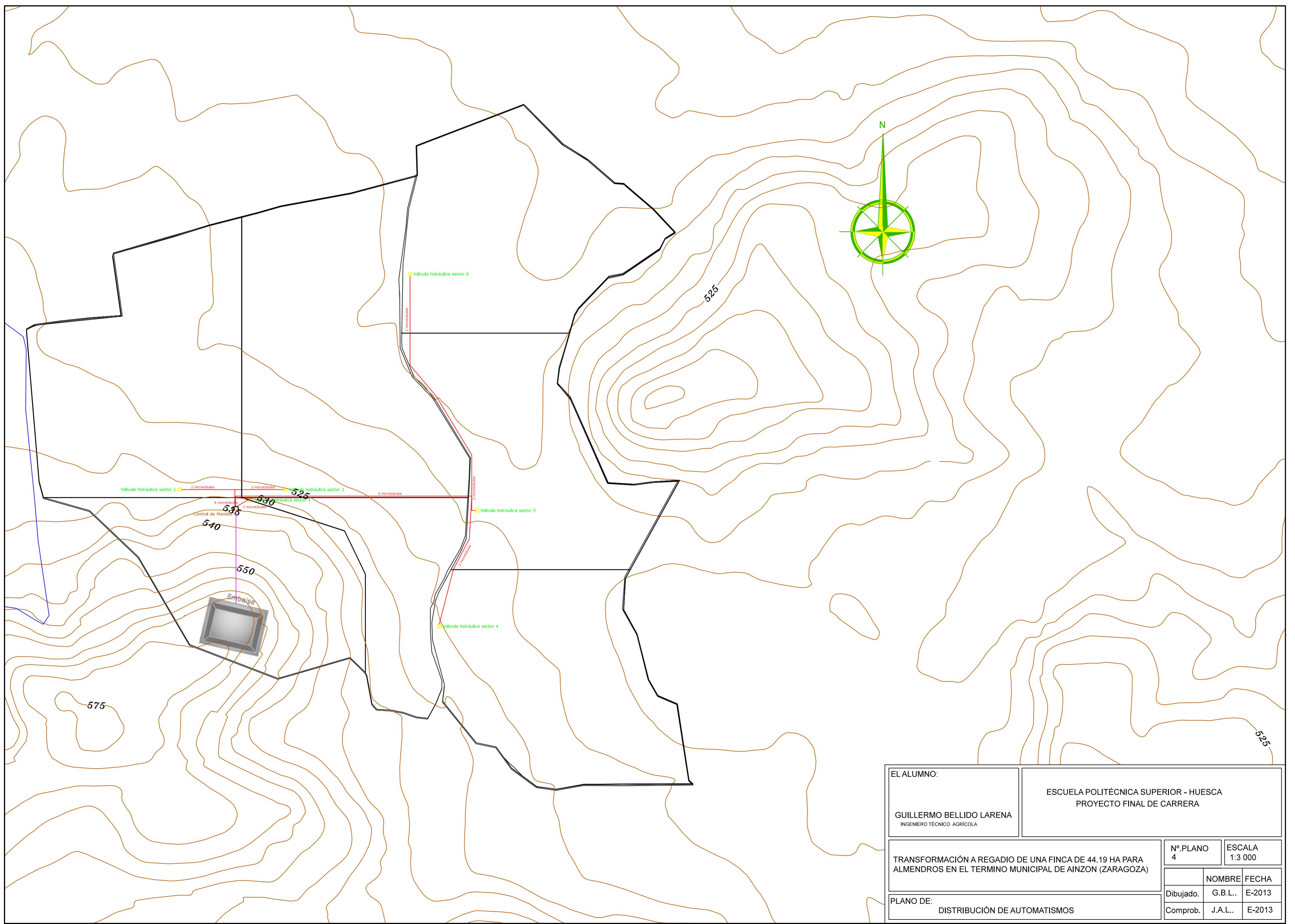
Escuela Politécnica Superior de Huesca  
2013

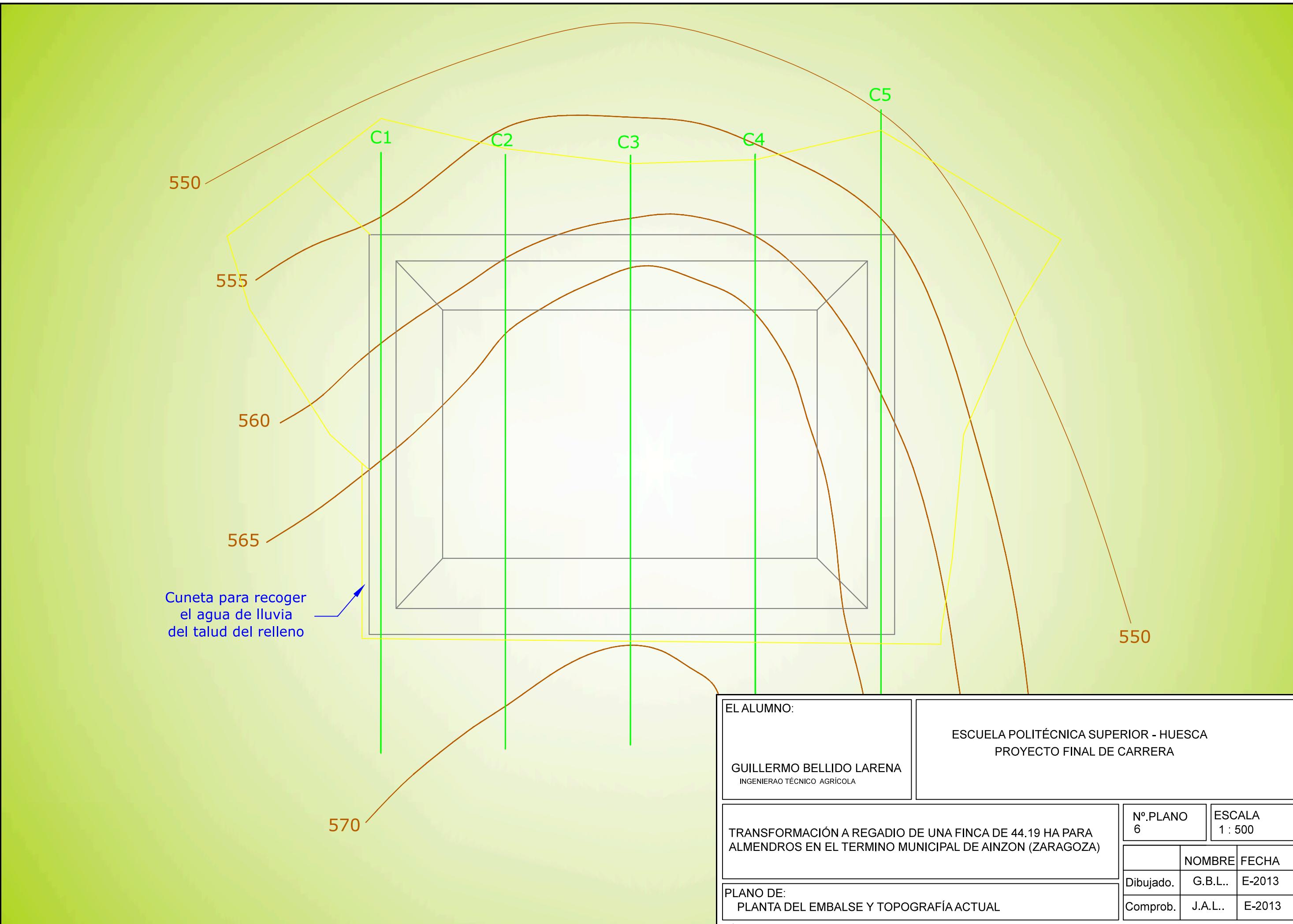


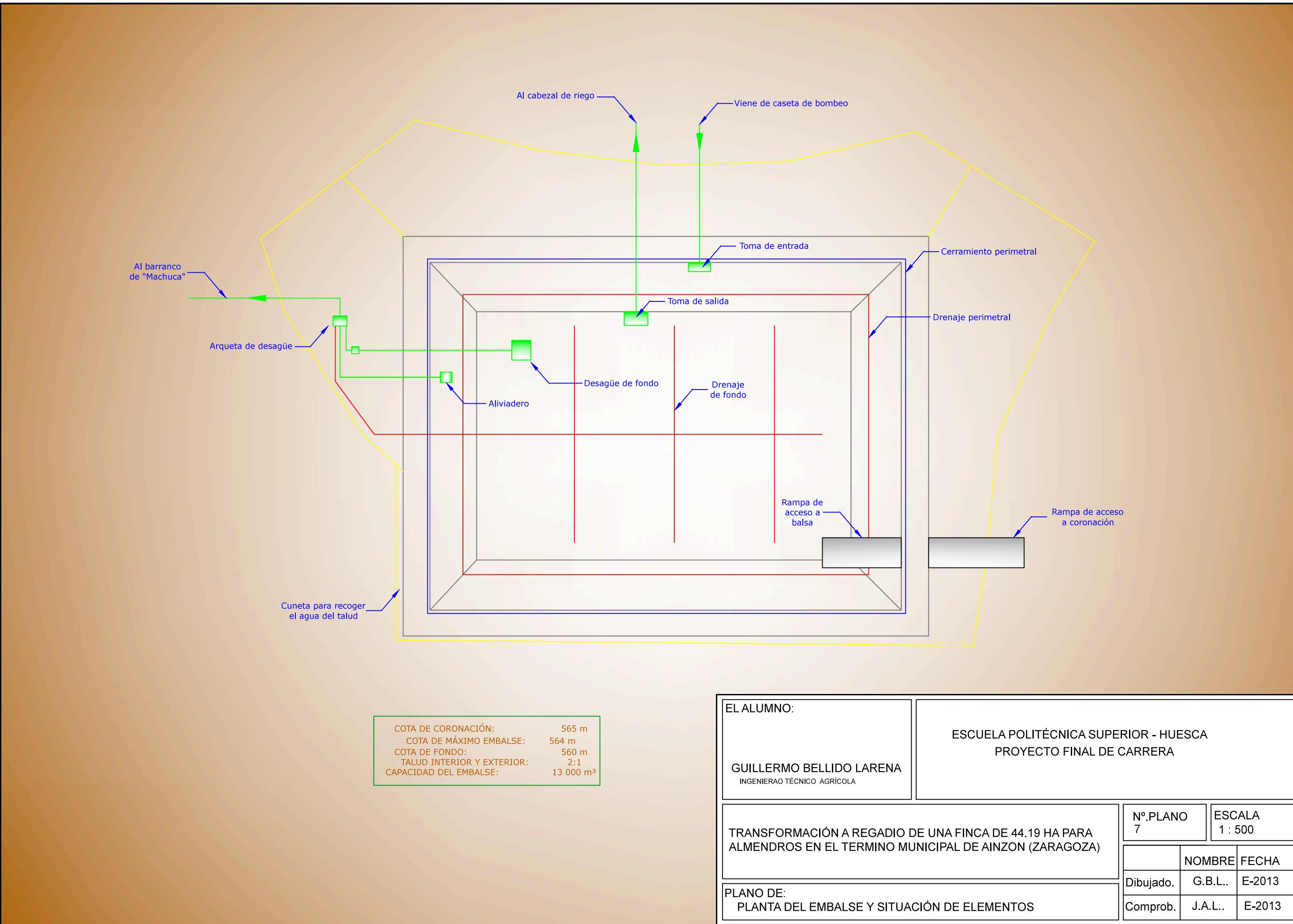




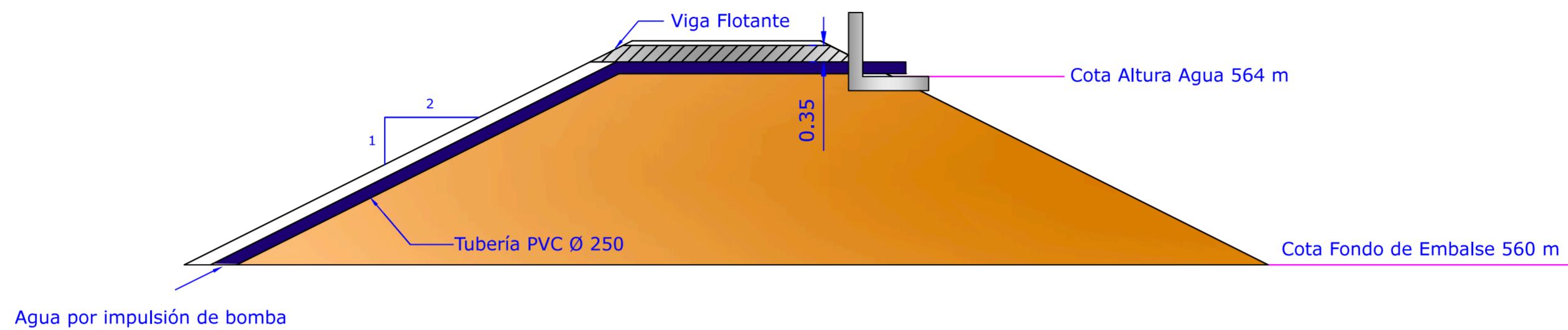




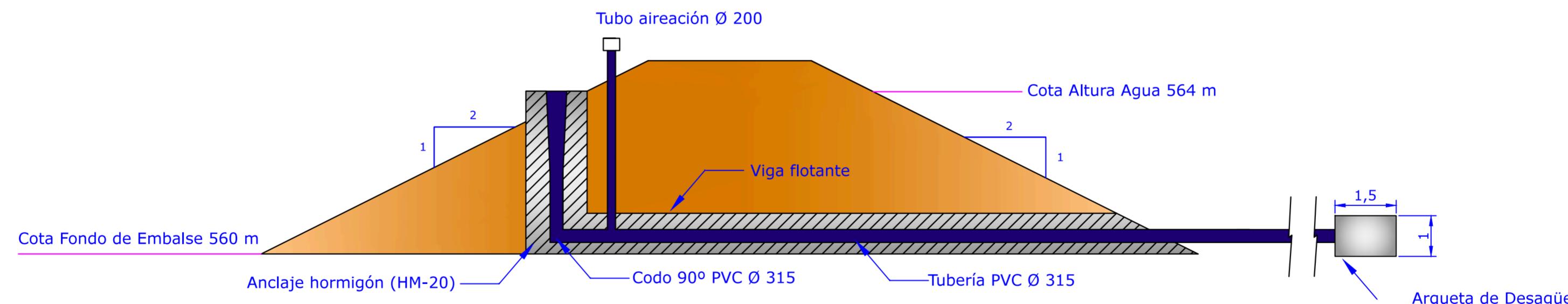




## Toma De Entrada

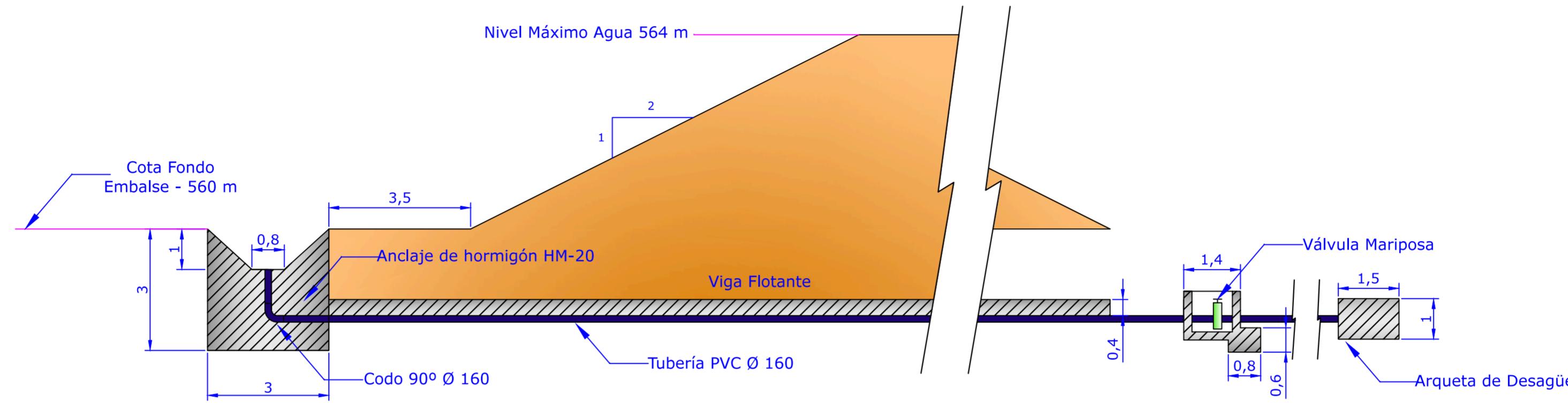


## Sección del Aliviadero

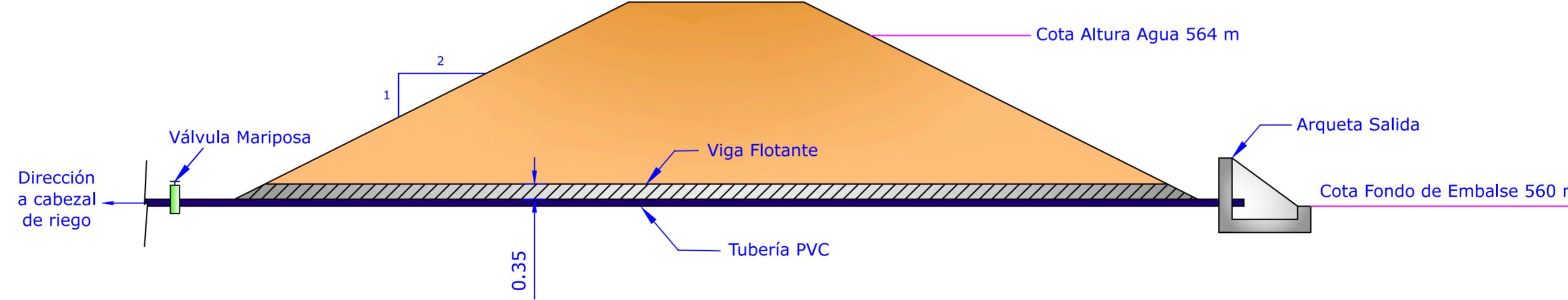


EL ALUMNO:	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - HUESCA PROYECTO FINAL DE CARRERA	
GUILLERMO BELLIDO LARENA INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA		
TRANSFORMACIÓN A REGADÍO DE UNA FINCA DE 44.19 HA PARA ALMENDROS EN EL TERMINO MUNICIPAL DE AINZON (ZARAGOZA)		
Nº. PLANO	8	ESCALA 1 : 100
Dibujado.	G.B.L..	E-2013
Comprob.	J.A.L..	E-2013

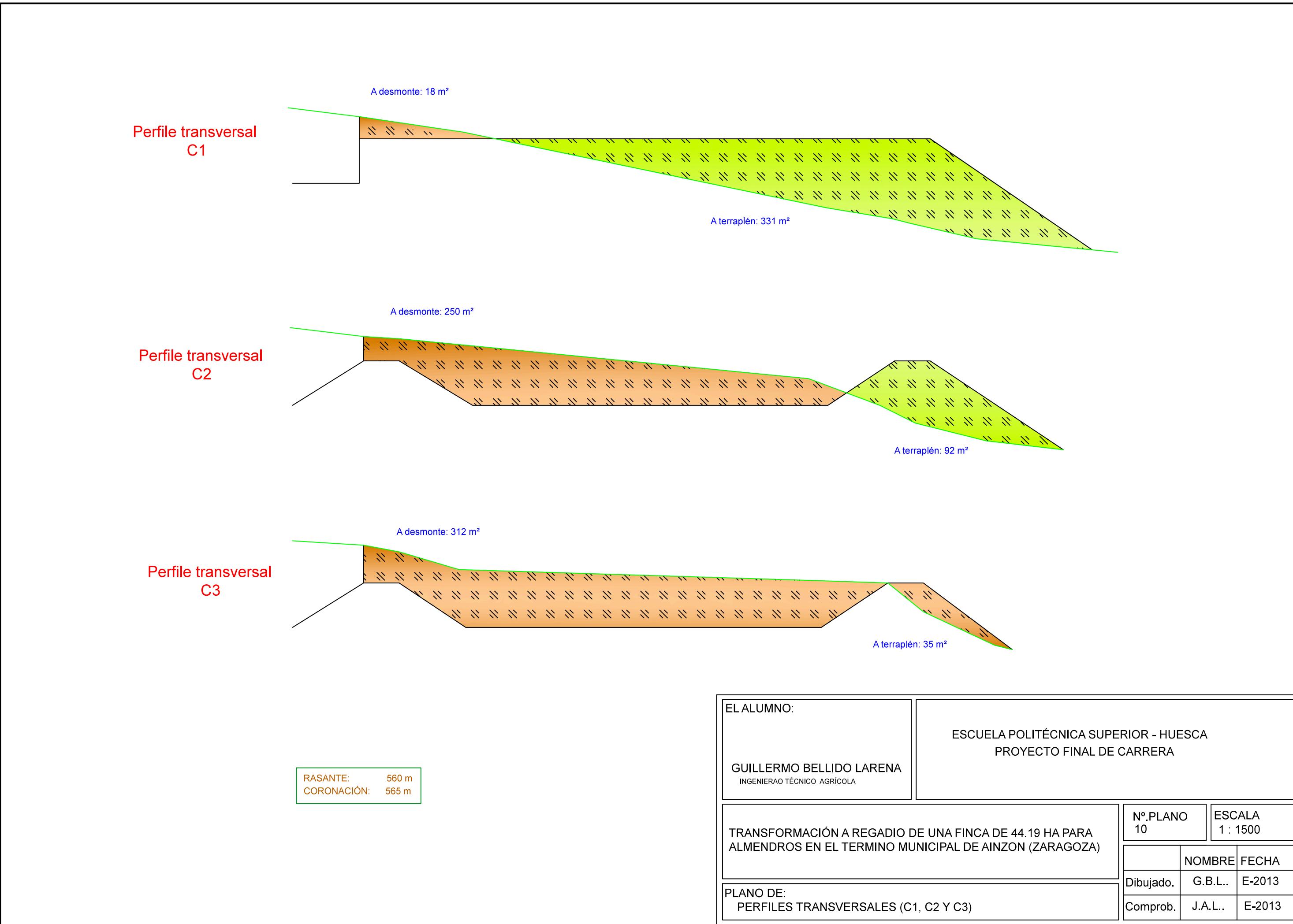
## Sección Desagüe de Fondo

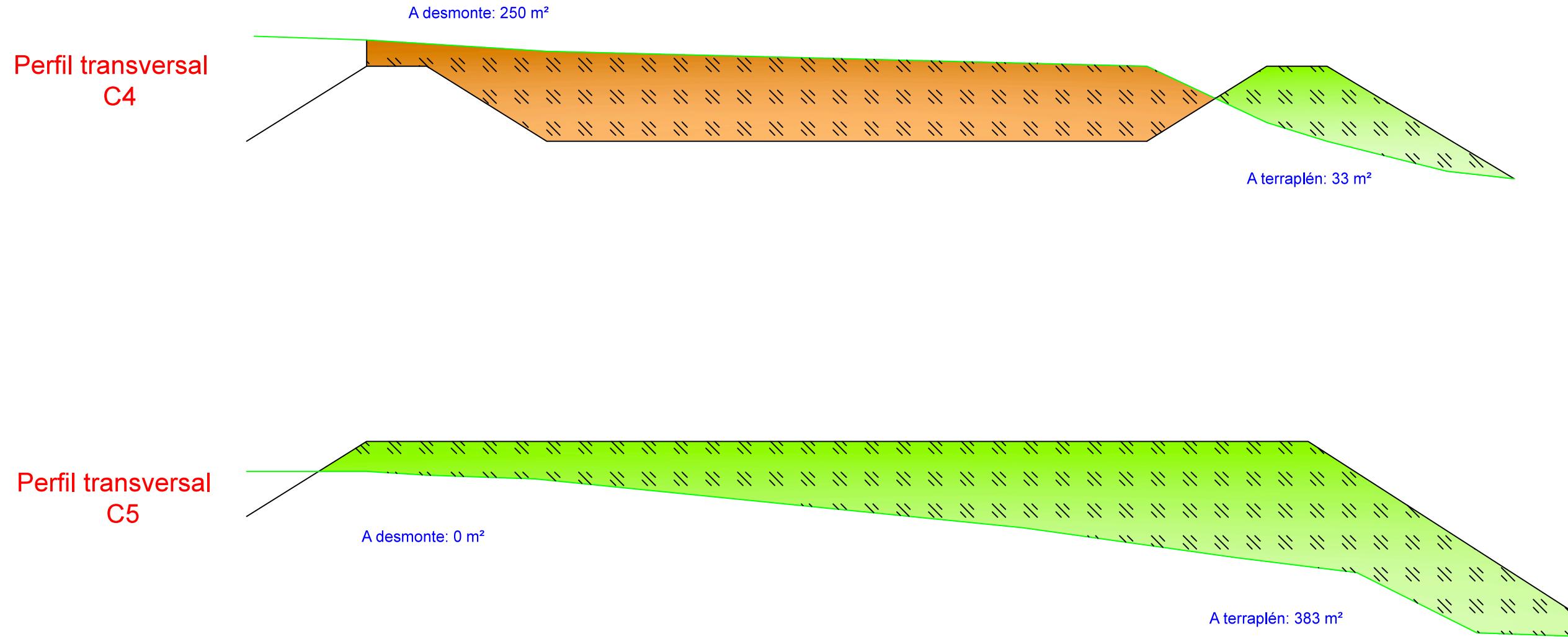


## Toma De Salida o Suministro



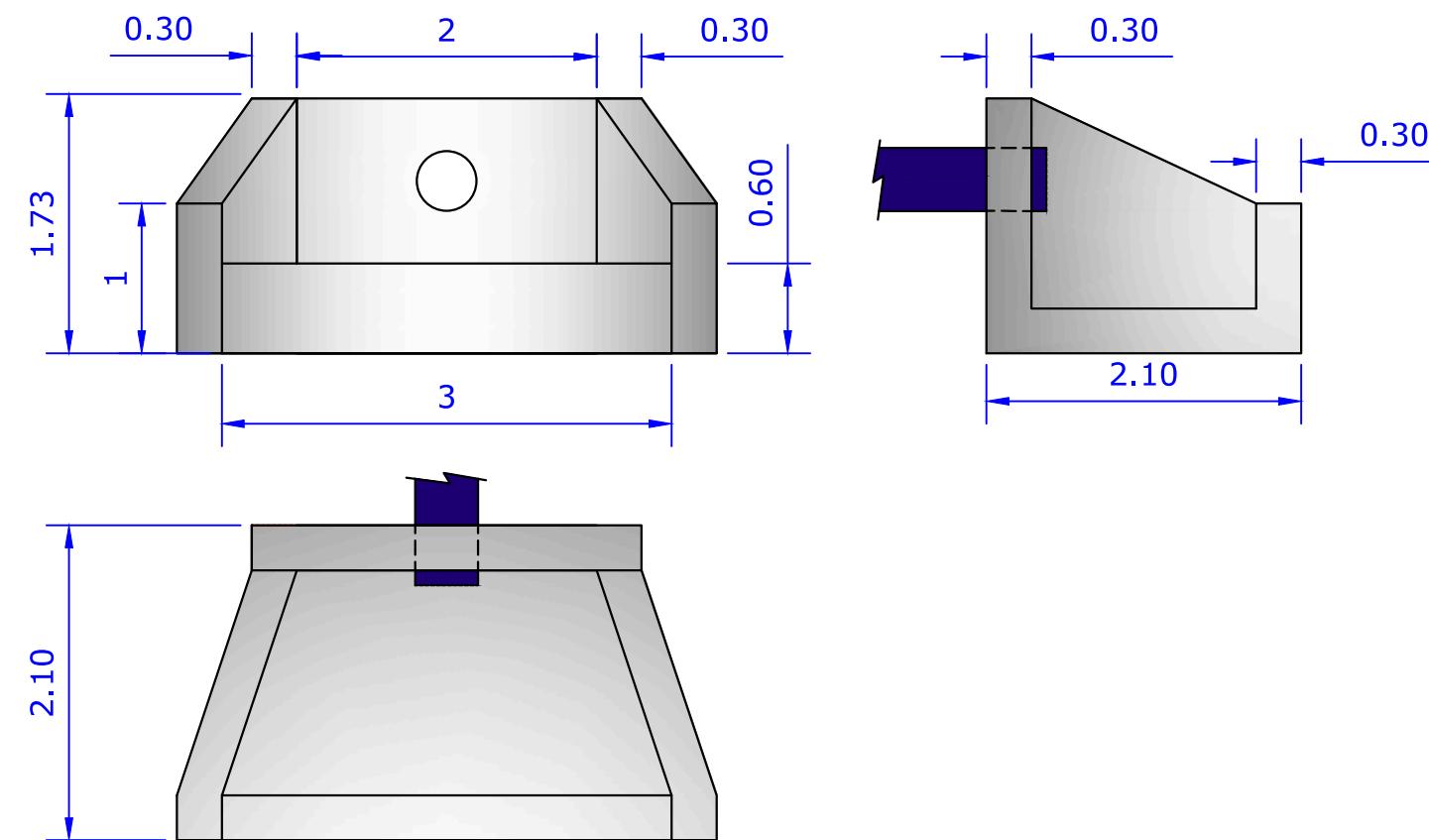
EL ALUMNO:	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - HUESCA PROYECTO FINAL DE CARRERA	
GUILLERMO BELLIDO LARENA INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA		
TRANSFORMACIÓN A REGADÍO DE UNA FINCA DE 44.19 HA PARA ALMENDROS EN EL TERMINO MUNICIPAL DE AINZON (ZARAGOZA)		
Nº. PLANO	9	ESCALA 1 : 100
NOMBRE		FECHA
Dibujado.	G.B.L..	E-2013
Comprob.	J.A.L..	E-2013



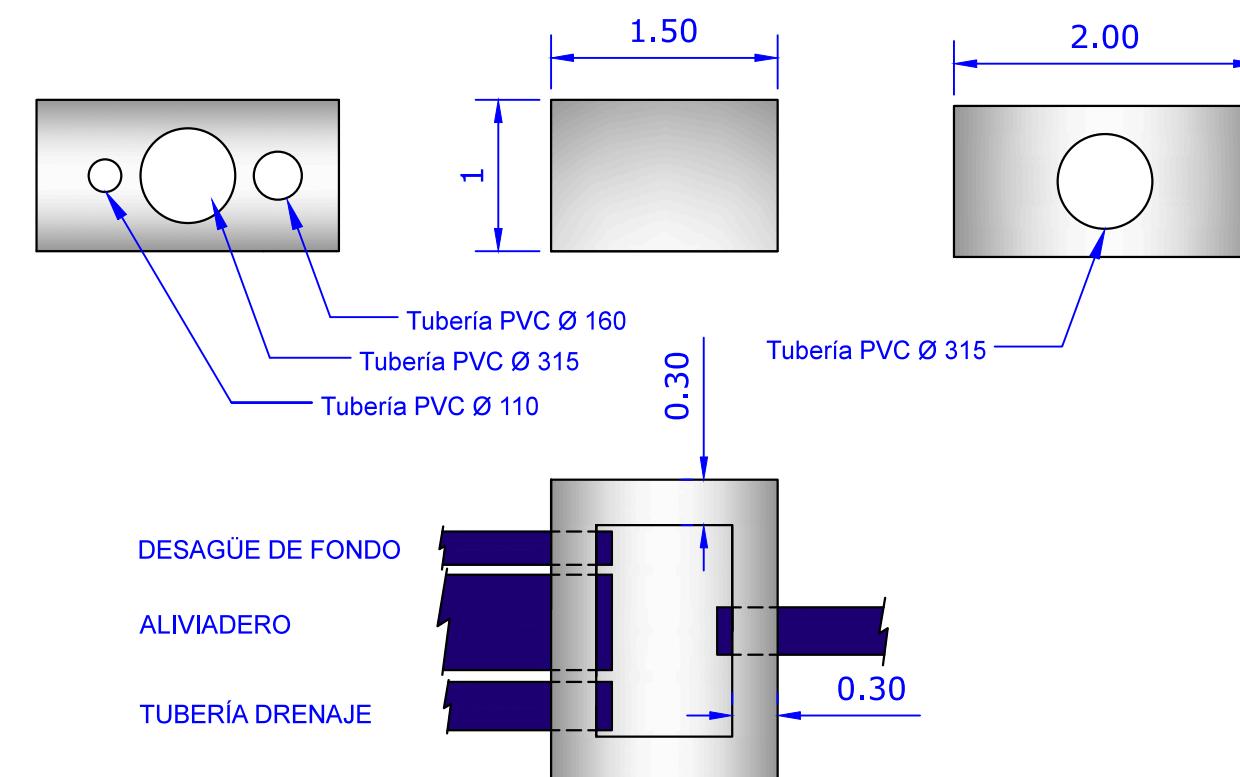


EL ALUMNO:	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - HUESCA PROYECTO FINAL DE CARRERA	
GUILLERMO BELLIDO LARENA INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA		
TRANSFORMACIÓN A REGADIO DE UNA FINCA DE 44.19 HA PARA ALMENDROS EN EL TERMINO MUNICIPAL DE AINZON (ZARAGOZA)	Nº. PLANO 11	ESCALA 1 : 1250
PLANO DE: PERFILES TRANSVERSALES (C4 Y C5)	Dibujado. G.B.L..	FECHA E-2013
	Comprob. J.A.L..	E-2013

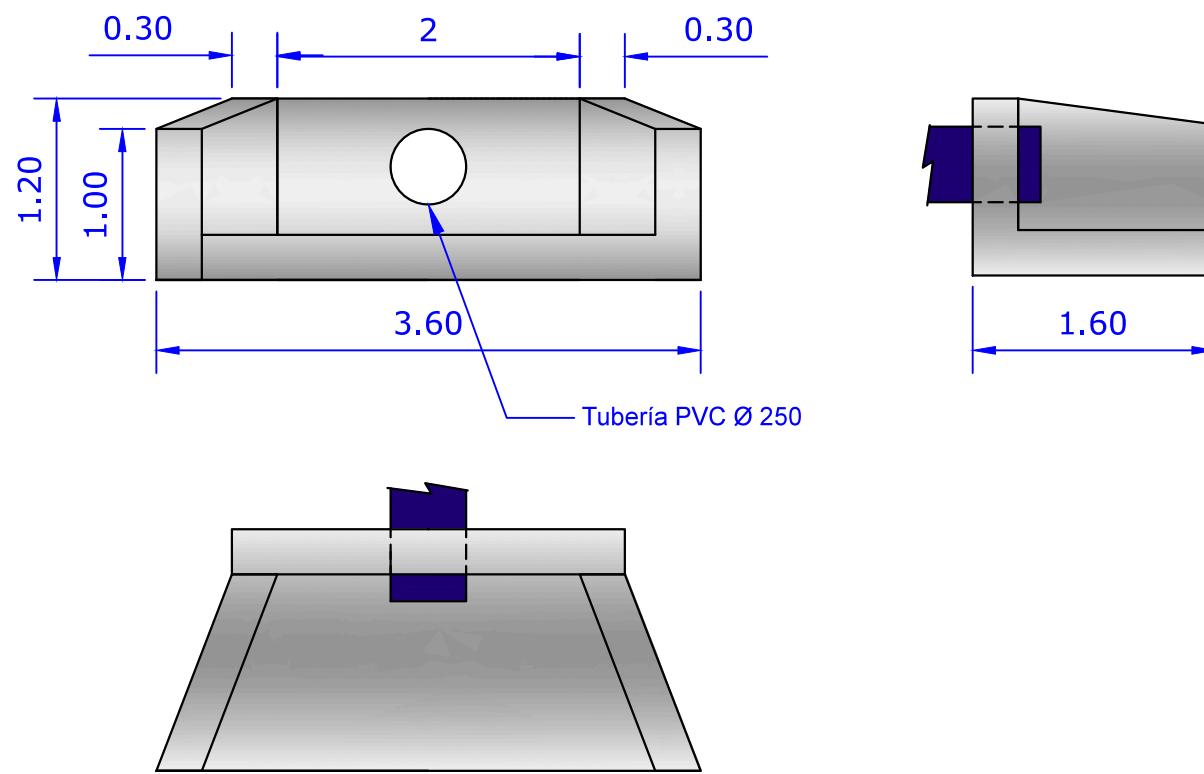
### Arqueta Salida de Agua



### Arqueta de Desagüe



### Arqueta Entrada de Agua



CUADRO DE CARACTERÍSTICAS SEGUN EHE-08				
ELEMENTO	LOCALIZACIÓN	ESPECIFICACIÓN DEL ELEMENTO	NIVEL DE CONTROL	COEFICIENTE PONDERACIÓN
HORMIGÓN	IGUAL TODA LA OBRA CIMENTOS SOLERAS PILARES Y MUROS LOSAS Y FORJADOS VIGAS	HA-25	NORMAL	1,5
TIPO ARMADURAS ACERO	IGUAL TODA LA OBRA CIMENTOS SOLERAS PILARES Y MUROS LOSAS Y FORJADOS VIGAS	B-400-S	NORMAL	1,5

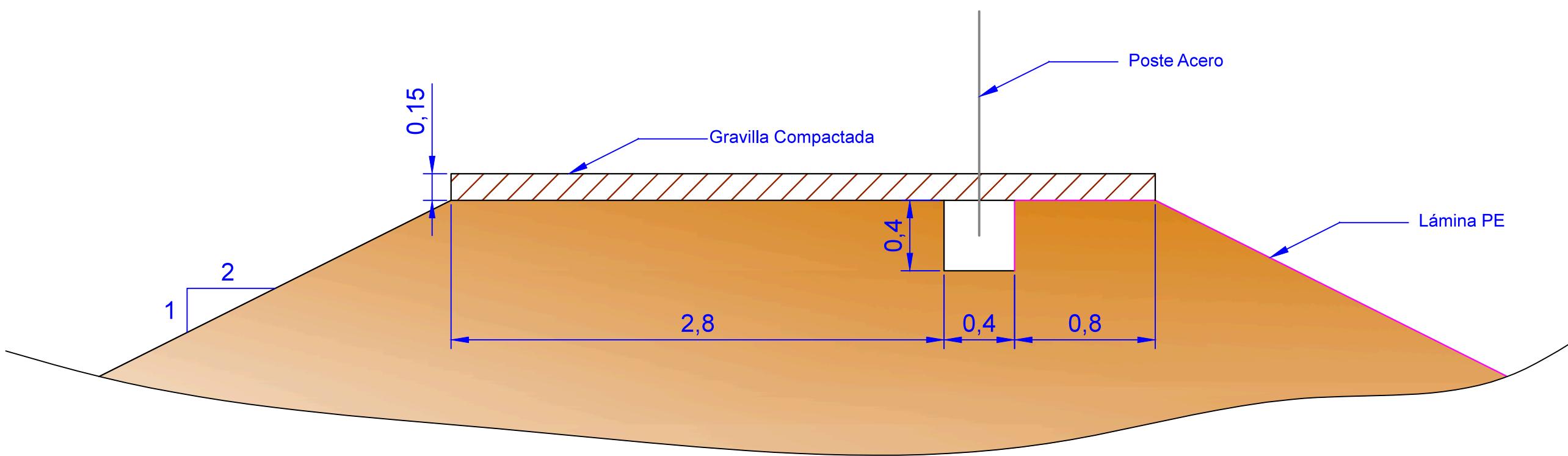
EL ALUMNO:	GUILLERMO BELLIDO LARENA INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA	
------------	--	--

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - HUESCA  
PROYECTO FINAL DE CARRERA

TRANSFORMACIÓN A REGADIO DE UNA FINCA DE 44.19 HA PARA ALMENDROS EN EL TERMINO MUNICIPAL DE AINZON (ZARAGOZA)		
PLANO DE: ARQUETA SALIDA DE AGUA, ARQUETA ENTRADA DE AGUA Y ARQUETA DE DESAGÜE		

Nº. PLANO	12	ESCALA	1 : 50
Dibujado.	G.B.L..	FECHA	E-2013
Comprob.	J.A.L..	FECHA	E-2013

### Detalle Anclaje Lámina



EL ALUMNO:

GUILLERMO BELLIDO LARENA  
INGENIERO TECNICO AGRICOLA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - HUESCA  
PROYECTO FINAL DE CARRERA

TRANSFORMACIÓN A REGADIO DE UNA FINCA DE 44.19 HA PARA  
ALMENDROS EN EL TERMINO MUNICIPAL DE AINZON (ZARAGOZA)

PLANO DE:  
DETALLE ANCLAJE DE LÁMINA

Nº. PLANO  
13

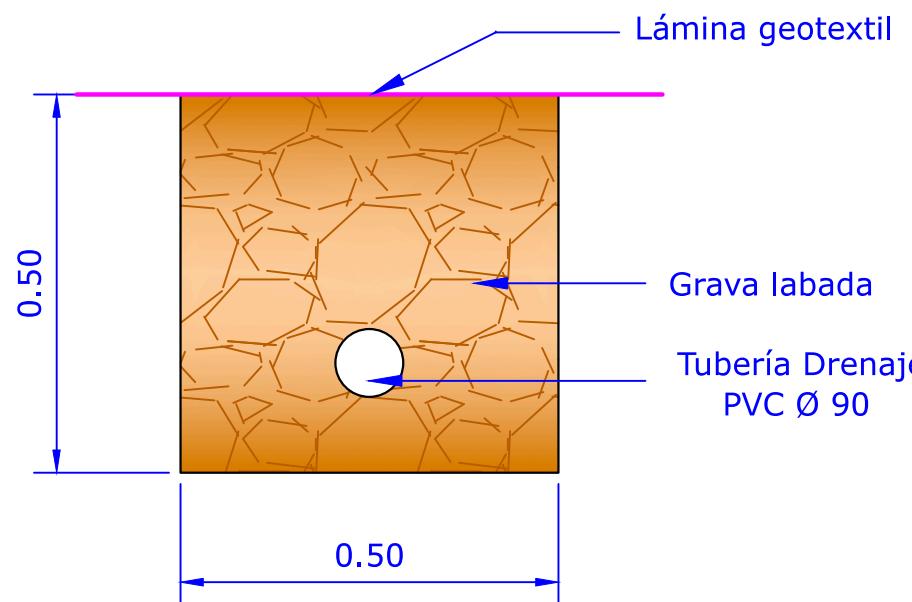
ESCALA  
1:50

NOMBRE FECHA

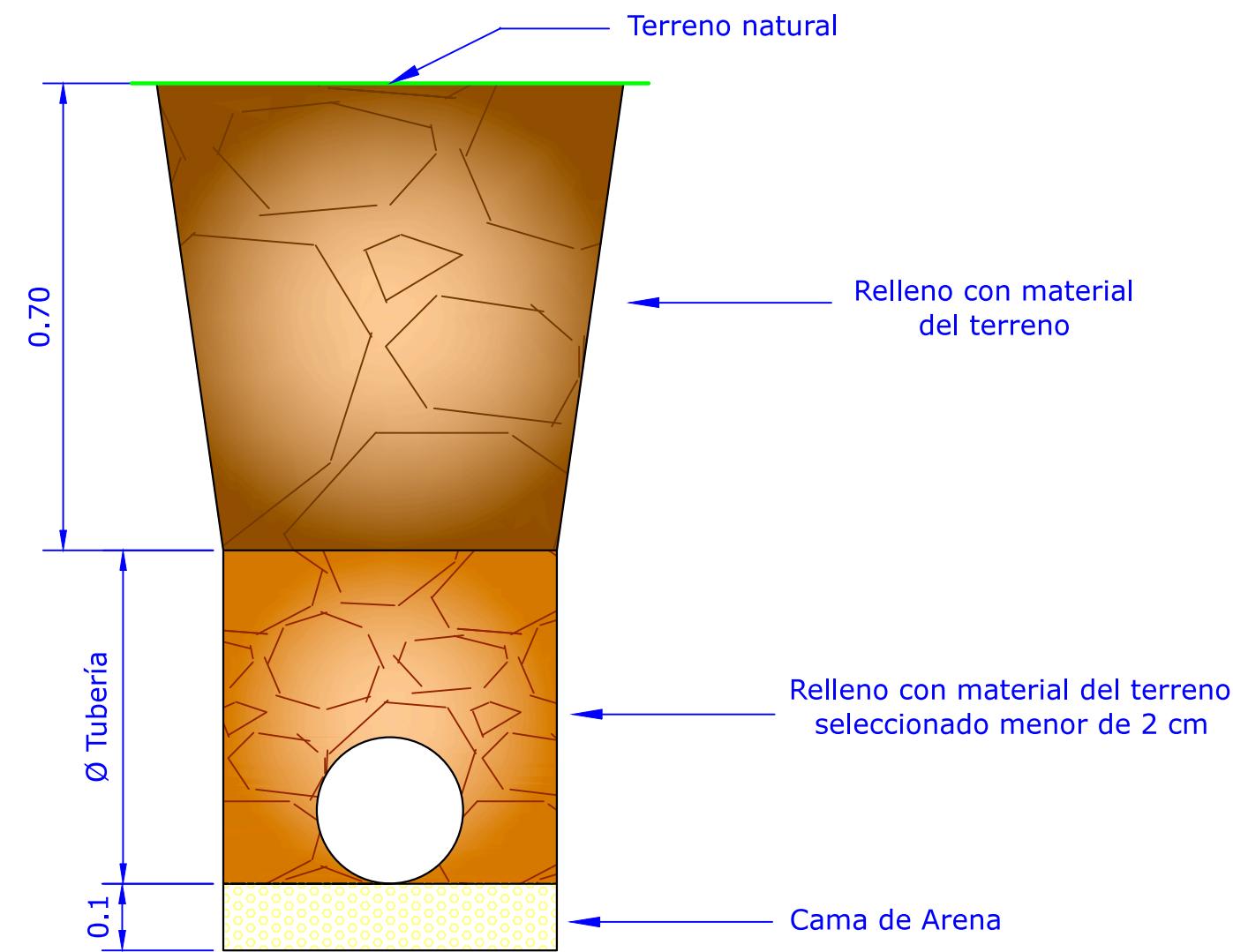
Dibujado. G.B.L.. E-2013

Comprob. J.A.L.. E-2013

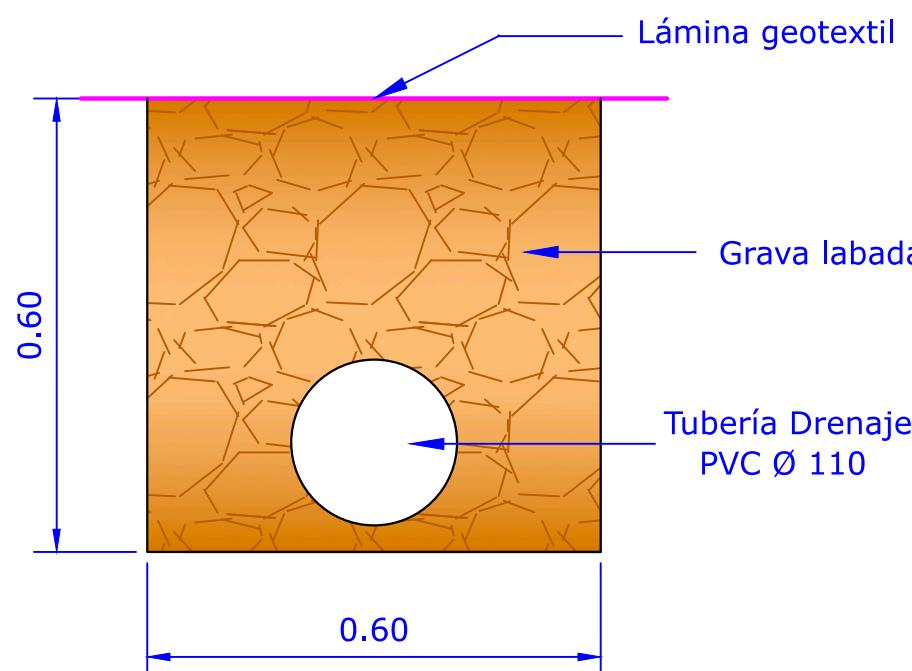
### Detalle Drenaje Fondo



### Detalle Zanja Colocación Tuberías

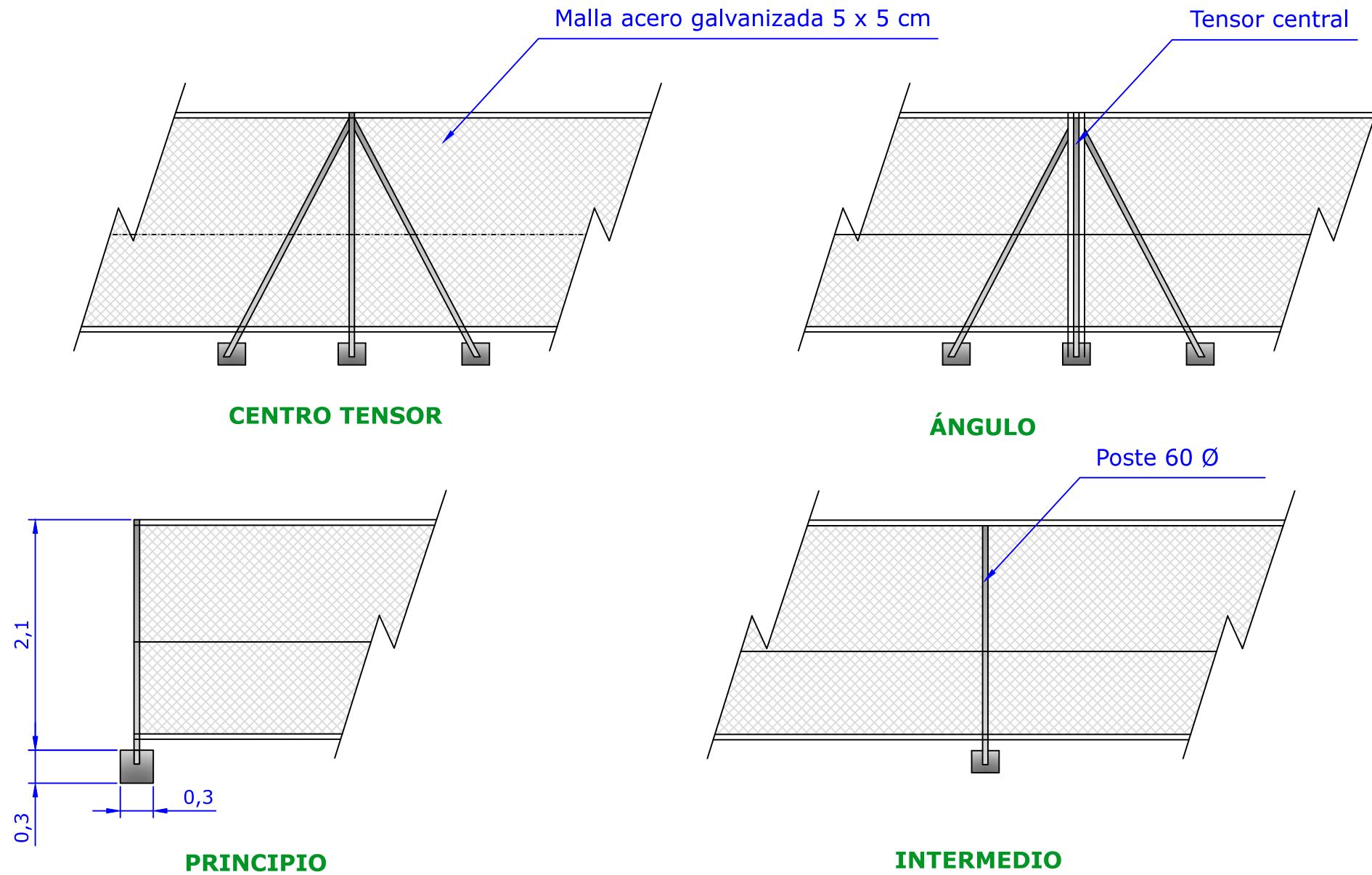


### Detalle Drenaje Perimetral



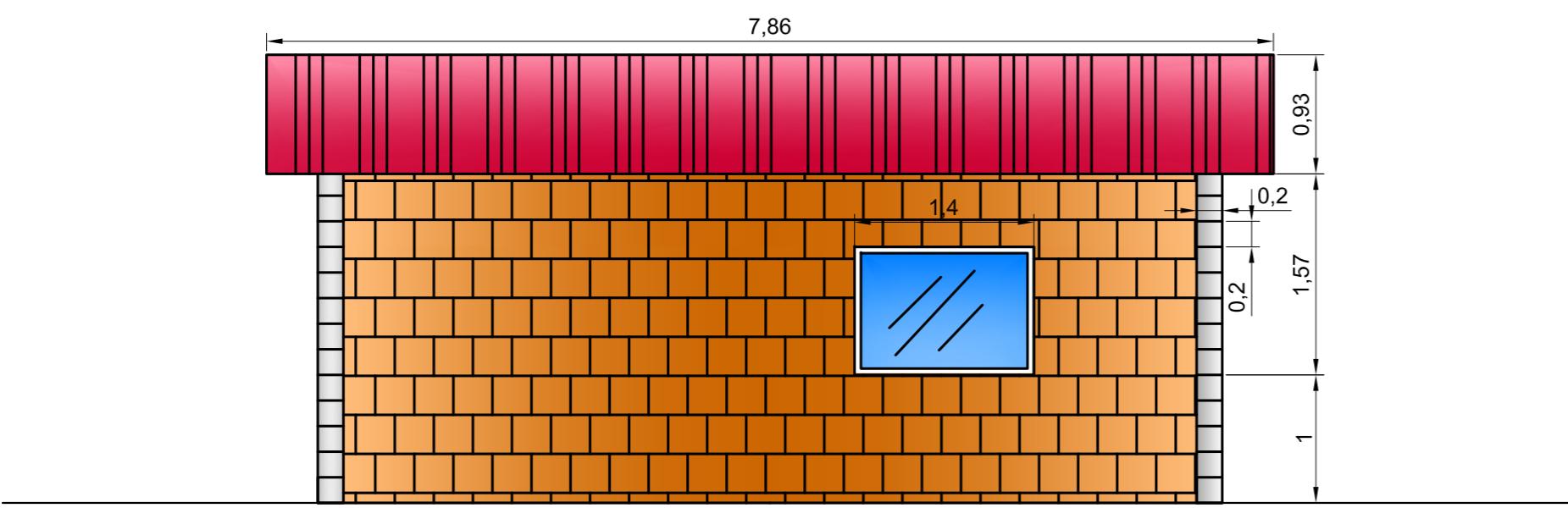
EL ALUMNO:	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - HUESCA PROYECTO FINAL DE CARRERA	
GUILLERMO BELLIDO LARENA INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA		
TRANSFORMACIÓN A REGADÍO DE UNA FINCA DE 44.19 HA PARA ALMENDROS EN EL TERMINO MUNICIPAL DE AINZON (ZARAGOZA)	Nº. PLANO 14	ESCALA 1 : 10
PLANO DE: DETALLE DRENAGE FONDO, DETALLE DRENAGE PERIMETRAL Y DETALLE ZANJA COLOCACIÓN TUBERÍAS	Dibujado.	NOMBRE FECHA G.B.L.. E-2013
	Comprob.	J.A.L.. E-2013

# Detalle vallado perimetral

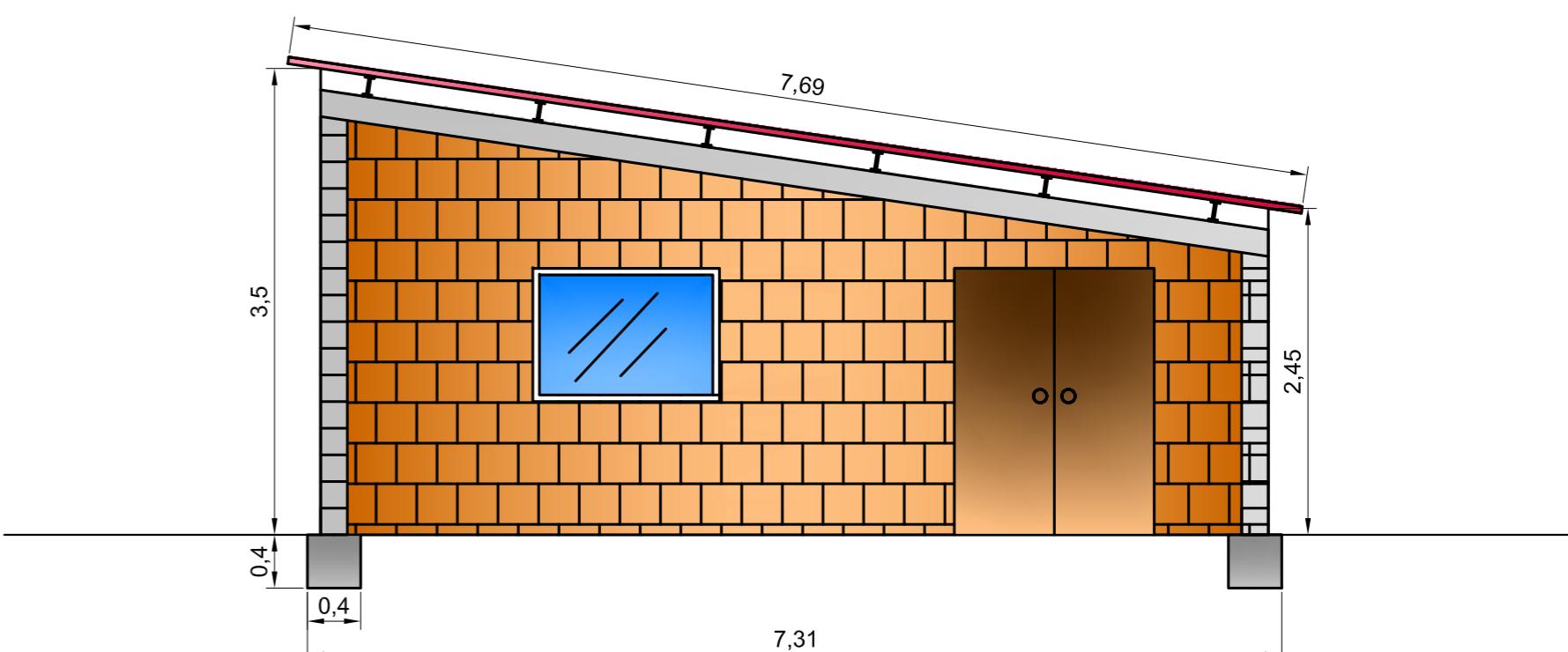


EL ALUMNO: GUILLERMO BELLIDO LARENA INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - HUESCA PROYECTO FINAL DE CARRERA	
TRANSFORMACIÓN A REGADIO DE UNA FINCA DE 44.19 HA PARA ALMENDROS EN EL TERMINO MUNICIPAL DE AINZON (ZARAGOZA)	Nº. PLANO 15	ESCALA 1 : 50
PLANO DE: DETALLE VALLADO PERIMETRAL	Dibujado. G.B.L..	FECHA E-2013
	Comprob. J.A.L..	FECHA E-2013

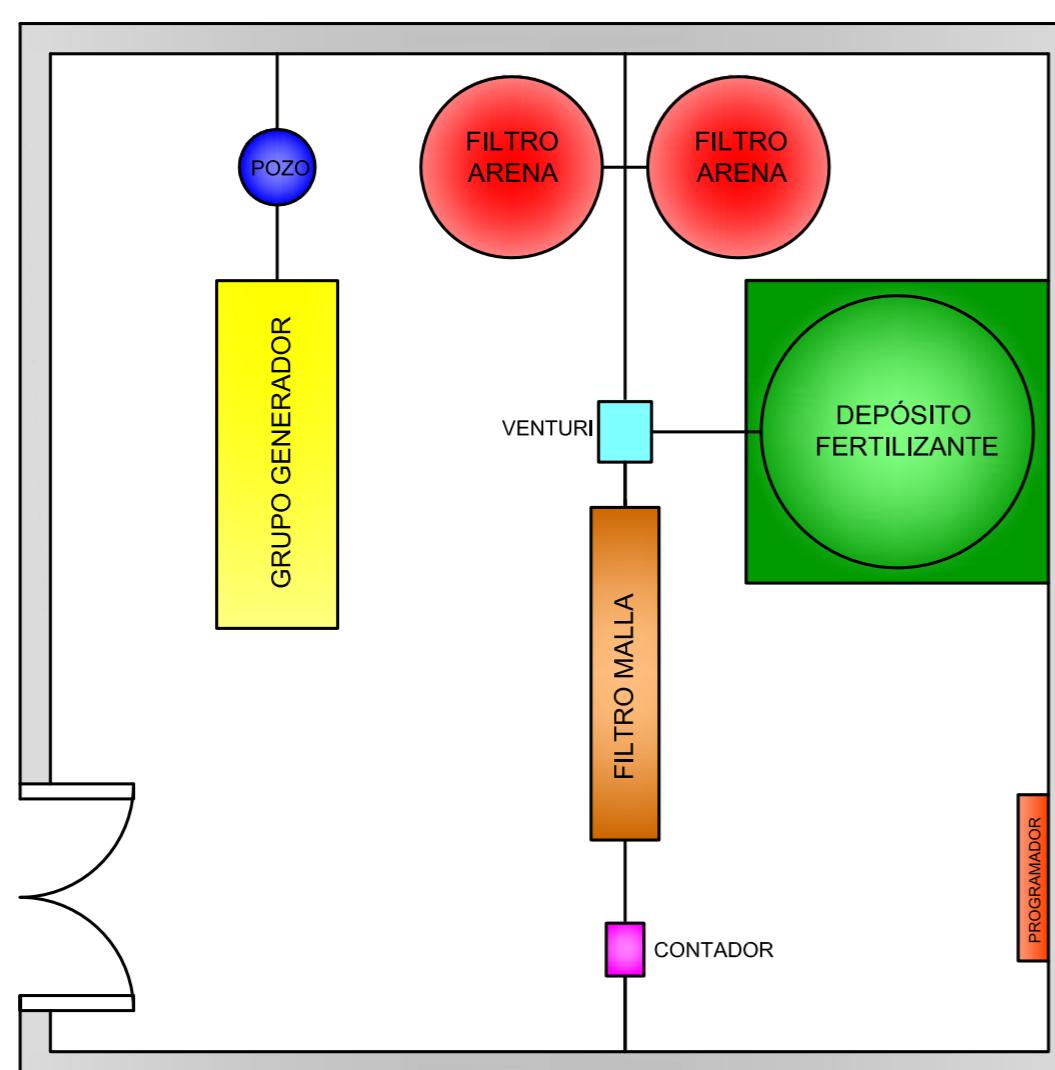
**Alzado**



**Planta**

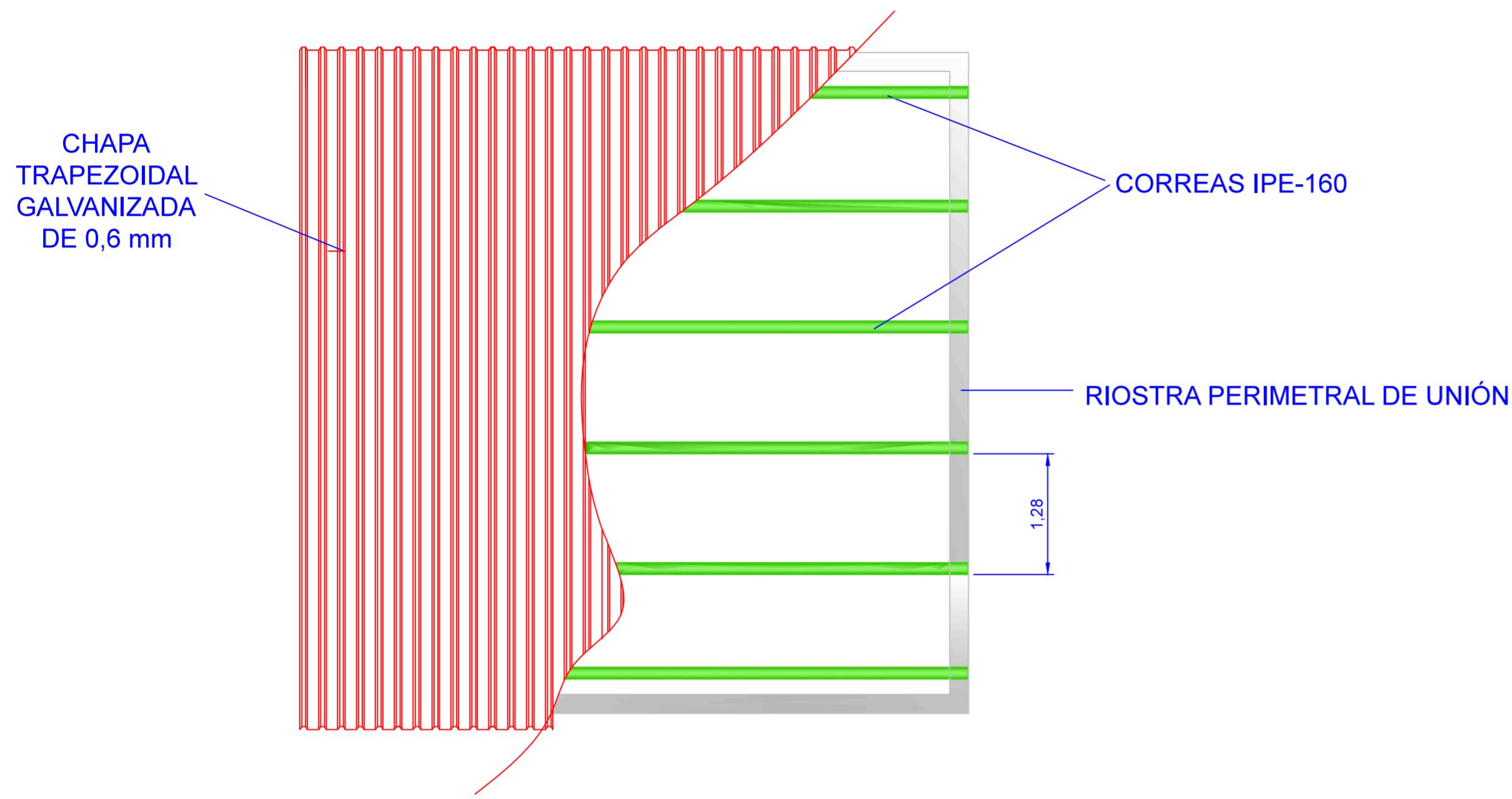


**Perfil**

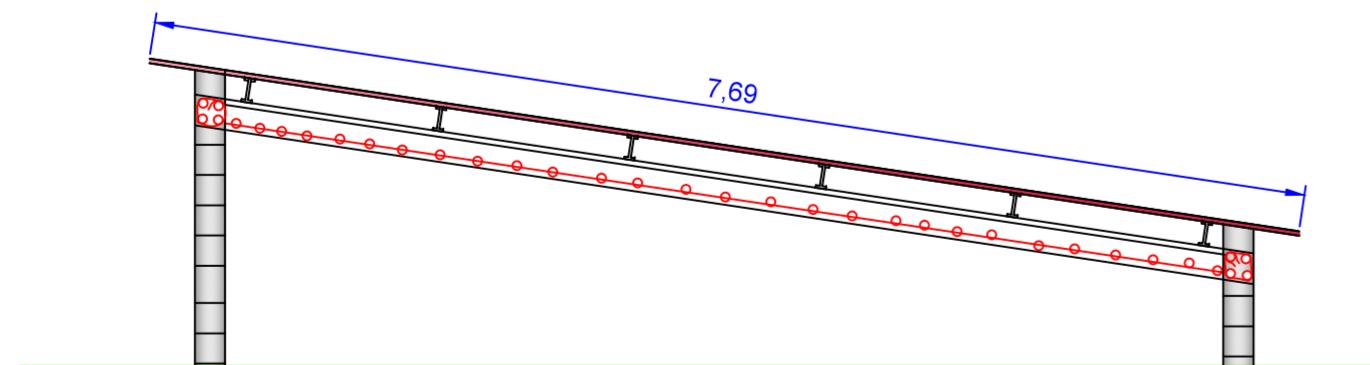


EL ALUMNO:	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - HUESCA PROYECTO FINAL DE CARRERA	
GUILLERMO BELLIDO LARENA INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA		
TRANSFORMACIÓN A REGADÍO DE UNA FINCA DE 44,19 HA PARA ALMENDROS EN EL TERMINO MUNICIPAL DE AINZON (ZARAGOZA)		
Nº. PLANO	16	ESCALA 1:50
Dibujado.	G.B.L..	E-2013
Comprob.	J.A.L..	E-2013
PLANO DE:	EDIFICIO DE CONTROL DE MANDOS: ALZADO, PLANTA Y PERFIL	

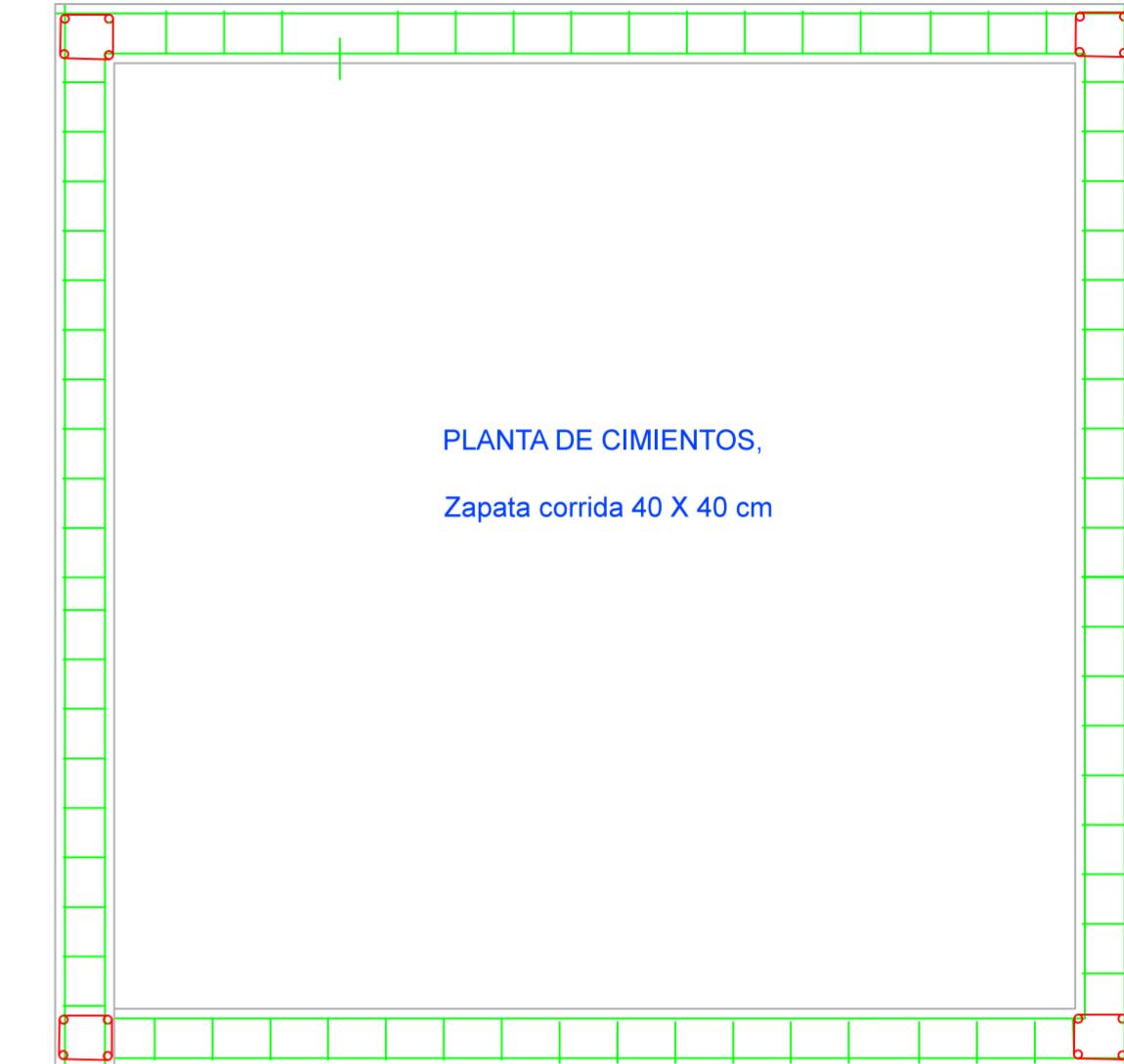
## PLANTA DE CUBIERTA



## RIOSTRA DE UNIÓN



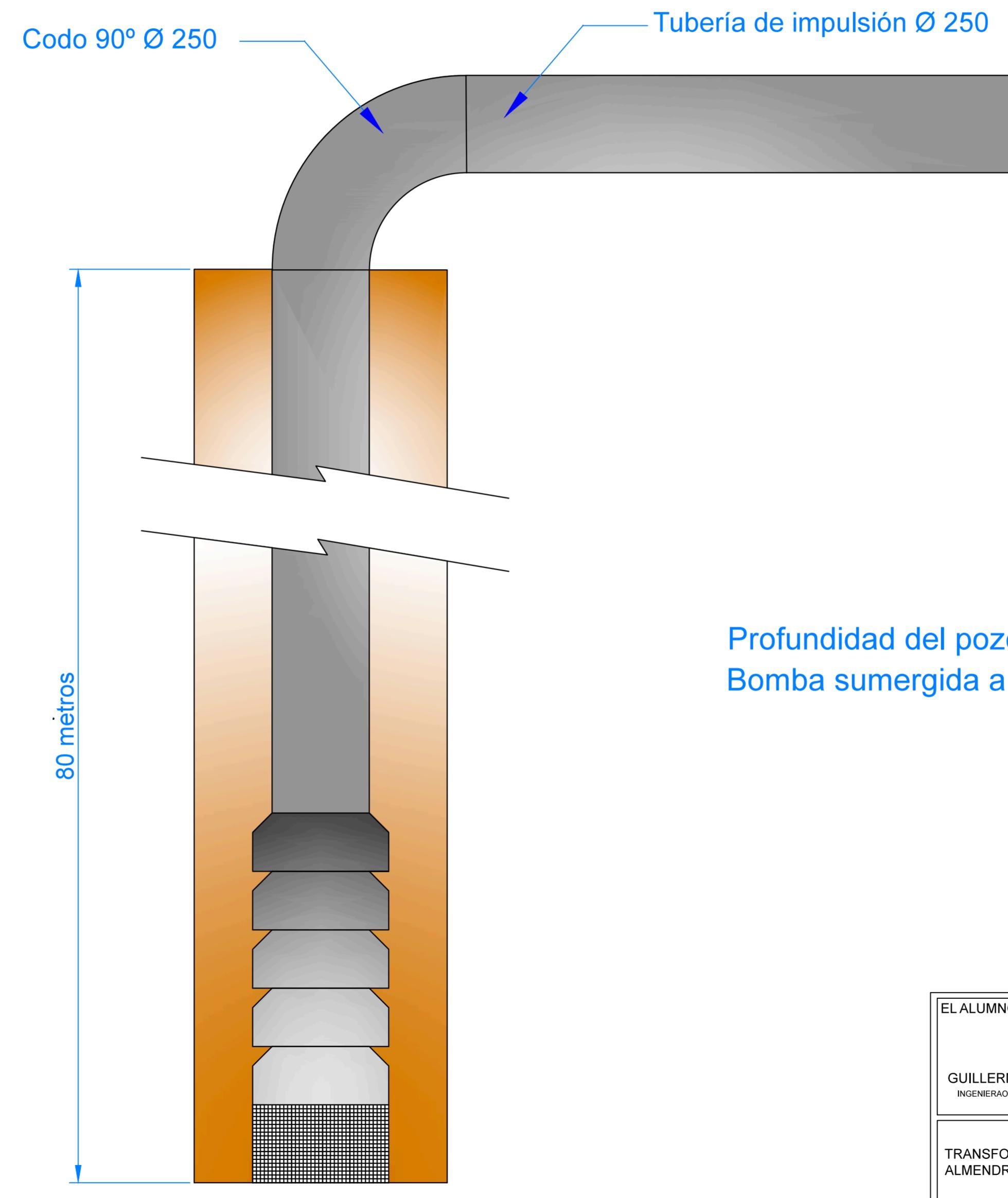
## PLANTA DE CIMENTOS



CUADRO DE CARACTERÍSTICAS SEGUN EHE-08					
ELEMENTO	LOCALIZACIÓN	ESPECIFICACIÓN DEL ELEMENTO	NIVEL DE CONTROL	COEFICIENTE PONDERACIÓN	
HORMIGÓN	IGUAL TODA LA OBRA	HA-25	NORMAL	1,5	
	CIMENTOS SOLERAS				
	PILARES Y MUROS				
	LOSAS Y FORJADOS				
	VIGAS				
TIPO ARMADURAS ACERO	IGUAL TODA LA OBRA	B-400-S	NORMAL	1,5	
	CIMENTOS SOLERAS				
	PILARES Y MUROS				
	LOSAS Y FORJADOS				
	VIGAS				

EL ALUMNO:	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - HUESCA PROYECTO FINAL DE CARRERA	
GUILLERMO BELLIDO LARENA INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA		
TRANSFORMACIÓN A REGADIO DE UNA FINCA DE 44.19 HA PARA ALMENDROS EN EL TERMINO MUNICIPAL DE AINZON (ZARAGOZA)		Nº. PLANO 17
		ESCALA 1:50
PLANO DE: EDIFICIO DE CONTROL DE MANDOS: PLANTA CUBIERTA Y PILARES		NOMBRE FECHA
Dibujado.	G.B.L..	E-2013
Comprob.	J.A.L..	E-2013

# Sección del Pozo



EL ALUMNO:	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - HUESCA	
GUILLERMO BELLIDO LARENA		PROYECTO FINAL DE CARRERA
INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA		
TRANSFORMACIÓN A REGADÍO DE UNA FINCA DE 44.19 HA PARA	Nº. PLANO	ESCALA
ALMENDROS EN EL TERMINO MUNICIPAL DE AINZON (ZARAGOZA)	18	1 : 10
PLANO DE:	NOMBRE	FECHA
SECCIÓN DEL POZO	Dibujado.	G.B.L.. E-2013
	Comprob.	J.A.L.. E-2013