

## Índice:

<b>Capítulo 1: Antecedentes y objeto del proyecto</b> .....	<b>1</b>
1) ANTECEDENTES: .....	1
2) OBJETO: .....	3
<b>Capítulo 2: Descripción del proceso</b> .....	<b>4</b>
<b>Capítulo 3: Elección del cultivo.</b> .....	<b>5</b>
1) INTRODUCCIÓN: .....	5
2) HIBRIDOS, CARACTERÍSTICAS: .....	5
3) DESCRIPCIÓN GENERAL: .....	7
4) ANÁLISIS: .....	7
5) CONCLUSIÓN: .....	9
<b>Capítulo 4: Manejo del cultivo.</b> .....	<b>10</b>
1) PREPARACIÓN DEL TERRENO:.....	10
2) ADQUISICIÓN DE LA PLANTA: .....	11
3) PLANTACIÓN: .....	11
4) LABORES CULTURALES:.....	12
5) ABONADO: .....	13
6) PLAGAS Y ENFERMEDADES:.....	13
<b>Capítulo 5: Diseño de la plantación.</b> .....	<b>15</b>
<b>Capítulo 6: Descripción de la zona.</b> .....	<b>16</b>
1) INTRODUCCIÓN: .....	16
2) DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA .....	16
3) DESCRIPCIÓN HRIDROLÓGICA.....	16
<b>Capítulo 7: Estudio climatológico</b> .....	<b>18</b>
1) INTRODUCCIÓN: .....	18
2) TEMPERATURAS:.....	18
3) RÉGIMEN DE HELADAS SEGÚN EMBERGER: .....	19
4) CALCULO DEL NÚMERO DE HORAS DE FRIO: .....	19
5) PRECIPITACIONES:.....	20
6) HUMEDAD RELATIVA:.....	21
7) DIAS DE NIEBLA Y ROCIO: .....	22
8) EL VIENTO:.....	22
9) CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS (índices climáticos): .....	24
10) CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN:.....	24
11) CLASIFICACIÓN BIOCLIMATICA DE UNESCO-FAO: .....	25
12) CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE.....	25

13) DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE HUMEDAD. BALANCE HÍDRICO	26
14) ÍNDICE DE HUMEDAD	27
15) EFICACIA TERMICA	27
16) VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA HUMEDAD	27
17) CONCENTRACION TERMICA EN VERANO	27
18) CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO DE REFERENCIA (ET <sub>0</sub> ) POR EL MÉTODO DE BLANEY-CRIDDLE-FAO	27
19) EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO (ET <sub>c</sub> )	28
<b>Capítulo 8: Estudio Edafológico</b>	<b>30</b>
1) INTRODUCCIÓN:	30
2) FISIOGRAFÍA, GEOLOGÍA Y LITOLÓGIA:	30
3) EDAFOLÓGIA:	30
4) DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES AGROLÓGICAS:	31
5) CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL SUELO:	31
6) CARACTERES FÍSICOS:	32
7) CARACTERES QUÍMICOS:	32
8) CONCLUSIONES DE CARÁCTER FÍSICO:	33
9) CONCLUSIONES DE CARÁCTER QUÍMICO:	33
<b>Capítulo 10: Cálculo de las necesidades hídricas</b>	<b>34</b>
1) INTRODUCCIÓN:	34
2) NECESIDADES DE AGUA DE RIEGO:	34
2.1) NECESIDADES NETAS:	34
2.2) NECESIDADES REALES:	35
3) DIMENSIONADO DEL RIEGO LOCALIZADO:	39
3.1) DOSIS DE RIEGO:	39
3.2) PORCENTAJE DE SUELO MOJADO:	39
3.3) ÁREA MOJADA POR UN EMISOR:	39
3.4) NÚMERO MÍNIMO DE EMISORES:	40
3.5) SEPARACIÓN ENTRE EMISORES:	40
3.6) INTERVALO ENTRE RIEGOS:	41
3.7) VOLUMEN EMITIDO POR EL EMISOR:	42
3.8) TIEMPO DE RIEGO EN CADA MODULO:	42
4) CÁLCULO DEL CAUDAL FICTICIO CONTINUO EN EL RIEGO LOCALIZADO:	42
<b>Capítulo 11: Cálculo hidráulico</b>	<b>44</b>
1) INTRODUCCIÓN:	44
2) DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES:	44
2.1) ELECCIÓN DE LAS TOMAS EN CADA PARCELA:	44
2.2) TRAZADO DE LA RED DE RIEGO:	45

2.3) CÁLCULO DE CAUDALES EN LA RED DE RIEGO:.....	45
3) ELECCIÓN DE MATERIALES. ....	45
4) CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA RED DE RIEGO.....	45
4.1) METODO DE CÁLCULO UTILIZADO: .....	46
4.2) CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN TUBERÍA PRIMARIA: .....	46
4.3) CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN LATERALES: .....	49
4.4) PÉRDIDAS DE CARGA EN TUBERÍA SECUNADARIA: .....	53
5) MOVIMIENTO DE TIERRAS:.....	54
5.1) DEFINICIÓN DE LAS ZANJAS: .....	54
5.2) EXCAVACIÓN DE LA ZANJA TUBERÍA PRIMARIA: .....	55
5.3) EXCAVACIÓN DE LA ZANJA TUBERÍA SECUNDARIA: .....	55
<b>Capítulo 12: Cálculo instalación de bombeo.....</b>	<b>56</b>
1) INTRODUCCIÓN: .....	56
2) DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS:.....	56
3) CALCULO DEL CAUDAL DE BOMBEO:.....	56
4) DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN DE BOMBEO: .....	56
4.1) POTENCIA NECESARIA EN LA INSTALACIÓN DE BOMBEO: .....	57
4.2) ELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO.....	58
5) ESTUDIO DE LA CAVITACION. ....	61
6) CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE EN LA INSTALACIÓN DE BOMBEO. .....	61
6.4) ELECCIÓN DEL TIMBRAJE.....	61
<b>Capítulo 13: Diseño del cabezal de riego .....</b>	<b>62</b>
1) INTRODUCCIÓN .....	62
2) CÁLCULO DEL CABEZAL DE RIEGO .....	62
3) PROGRAMADOR DE RIEGO.....	62
<b>Capítulo 14: Cálculo estructural de la estación de bombeo. ....</b>	<b>63</b>
1) INTRODUCCIÓN .....	63
2) NORMATIVA .....	63
3) CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO .....	63
4) DIMENSIONADO DEL MURO DEL FOSO DE BOMBAS.....	64
5) DIMENSIONADO DEL DEPÓSITO QUE CONSTITUYE LA CÁMARA DE CARGA. ....	64
6) CÁLCULO DE LA VIGA CARRIL DEL PUENTE GRÚA. ....	64
7) MACIZOS DE ANCLAJE.....	64
8) CERRAMIENTOS. ....	65
9) SOLERA.....	65
10) PAREDES DE CARGA. ....	65

11) ZAPATA CORRIDA.....	65
12) CAPTACIÓN DE AGUA DEL RÍO GUATIZALEMA .....	65
<b>Capítulo 15: Elementos singulares .....</b>	<b>67</b>
1) INTRODUCCIÓN .....	67
2) ELEMENTOS SINGULARES DE LA RED DE RIEGO .....	67
3) ANCLAJES.....	67
4) FILTROS.....	67
<b>Capítulo 16: Estudio de viabilidad económica.....</b>	<b>68</b>
1) INTRODUCCIÓN: .....	68
2) SITUACIÓN ACTUAL:.....	68
3) DATOS CONSIDERADOS PARA EL ESTUDIO ECONÓMICO: .....	68
4) COSTES DE PRODUCCIÓN DE LOS CULTIVOS.....	68
5) INGRESOS ANUALES.....	68
6) FLUJO DESTRUÍDO.....	69
7) COSTE DEL AGUA DE RIEGO.....	69
8) ESTUDIO DE RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN.....	69
8.1) CONSIDERACIONES PREVIAS.....	69
8.3) ESTUDIO DE VIABILIDAD.....	71
9) CONCLUSIONES.....	71
<b>Capítulo 17: Instalación eléctrica .....</b>	<b>72</b>
1) INTRODUCCIÓN: .....	72
2) INSTALACIÓN DE ALUMBRADO.....	72
3) INSTALACIÓN DE FUERZA.....	73

## Capítulo 1: Antecedentes y objeto del proyecto

### 1) ANTECEDENTES:

A pesar de la incertidumbre actual respecto de la evolución de la economía mundial y su recuperación en el futuro, la demanda energética mundial sigue creciendo a un ritmo considerable: un 5% en el año 2012. En los escenarios elaborados por la Agencia Internacional de la Energía al año 2035, la demanda energética mundial aumentaría un tercio, básicamente en países que no pertenecen a la OCDE.

A la luz de las perspectivas inciertas en el sector energético a nivel mundial y al papel fundamental que juega la energía en el desarrollo de las sociedades modernas, la política energética se desarrolla alrededor de tres ejes:

- La seguridad de suministro
- La preservación del medio ambiente
- La competitividad económica.

El Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020 aprobado por Acuerdo del Consejo de Ministros de 11 noviembre de 2011, establece objetivos acordes con la directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, y atendiendo a los mandatos del Real Decreto 661/2007, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial y de la le 2/2011, de economía sostenible.

El PER 2011-2020 establece unos objetivos en el campo de los usos de calor/frío que representan un 25% del objetivo global. Los usos térmicos, pues, van a tener que contribuir con una aportación muy importante y, en el caso de no conseguir los objetivos en este ámbito, sería muy difícil que el sector eléctrico pudiera aumentar su participación para asegurar el cumplimiento de los objetivos obligatorios que fija la Directiva de energías renovables.

Por todo ello, para alcanzar los objetivos planteados, es importante el desarrollo de propuestas novedosas que aceleren y aseguren el crecimiento de todas las tecnologías renovables para usos térmicos. En este sentido, se ha comprobado que el fomento de las aplicaciones térmicas a través de Empresas de Servicios Energéticos Renovables (ESEs) es un método efectivo para solventar las barreras detectadas.

Por lo tanto, una de las propuestas más destacadas del PER 2011-2020 es el establecimiento de un nuevo mecanismo de incentivos al uso del calor renovable, denominado ICAREN. Se trataría de un sistema de apoyo directo a la producción de energía térmica donde una empresa de servicios energéticos (ESE), que transmite energía a un consumidor realizando una actividad económica, tiene derecho a recibir un incentivo por la energía renovable producida y facturada. Este mecanismo abarcaría la actividad de suministro de energía térmica renovable.

La biomasa para energía se obtiene mayoritariamente de las industrias de primera y segunda transformación de los productos agrícolas y forestales, de los residuos de explotaciones ganaderas, de los restos de aprovechamientos forestales, de los residuos de los cultivos y también de cultivos implantados y explotados con el único objetivo de la obtención de biomasa. A estos últimos se les denomina cultivos energéticos, pero no dejan de ser cultivos forestales o agrícolas. La ventaja fundamental de los cultivos es la predictibilidad de su disposición y la concentración espacial de la biomasa, asegurando el suministro.

La predictibilidad de la disposición de la materia prima es fundamental para cualquier industria, y la de la energía no es distinta. La concentración del recurso permite una gestión mecanizada, poco intensiva en mano de obra, y relativamente barata.

Los cultivos energéticos se pueden clasificar de diversas formas, por ejemplo por su aprovechamiento final:

- Cultivos oleaginosos para la producción de biodiesel.
- Cultivos alcohólicos para la producción de etanol.
- Cultivos lignocelulósicos para la obtención de biomasa sólida:

En este proyecto se abarca el área de los cultivos lignocelulósicos y dentro de estos en los usos para la fabricación de combustibles más elaborados y con más valor añadido que la biomasa bruta. Para aplicaciones térmicas, como climatización de edificios, agua caliente sanitaria, y aplicaciones industriales (preparación de cualquier fluido de proceso).

Desde un punto de vista económico la utilización de biomasa supone:

- Mejora de la garantía de suministro ya que es un combustible local.
- Disminución de costes de suministro energético respecto a combustibles de importación.
- Mayor estabilidad de precios.
- Mejora de la rentabilidad de la industria que genera subproductos biomásicos aumentando su competitividad.
- Disminución del déficit exterior.
- Mayor rentabilidad que los combustibles fósiles debido al precio que han alcanzado y siendo que 2kg de biomasa suele equivaler a 1l de gasóleo en cuanto a poder calorífico, la diferencia de precios es significativa.

Desde un punto de vista medioambiental:

- Contribuye al mejor cumplimiento de los compromisos de España con la Unión Europea.
- Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>: mitigación del cambio climático.
- Utilización de energías renovables.
- Mayor eficiencia energética desde el momento que una parte significativa de la biomasa se pudre o quema en las cunetas para su destrucción.
- Es una energía renovable, totalmente compatible con la protección de nuestro entorno.

- La utilización energética de subproductos domésticos y de la industria que actualmente van a vertedero reduce el volumen de material desechado y aumenta la duración de dichos depósitos de rechazos.
- Facilita la gestión de los montes colaborando al aprovechamiento sostenible de sus productos, especialmente para masas forestales de especies con aprovechamiento energético tradicional que se abandonó con la generalización del butano.
- Facilita la recogida de restos del cultivo agrícola.
- Disminuye los riesgos de incendio mejorando por tanto a largo plazo la biodiversidad.
- Mejora el estado fitosanitario de los montes reduciendo el riesgo de plagas.
- Pone en valor amplias superficies agrícolas y forestales marginales que actualmente están sumidas en el abandono.

## **2) OBJETO:**

Todos estos hechos han hecho pensar a la cooperativa de Alcalá del Obispo en realizar una explotación para el aprovechamiento de los restos de poda de la zona y ayudarse por una plantación de 207 ha de Paulownias para tener un suministro constante a los consumidores.

Se ha elegido esta zona porque tiene las características necesarias para el cultivo, por tipo de suelo, climatología, disponibilidad de agua ya que es una zona de regadío pero no tiene asignada la suficiente dosis como para poner otros cultivos de alta rentabilidad, además de encontrarse cerca de la ciudad de Huesca lo que abarata mucho el suministro del producto.

La especie Paulownia se ha escogido porque tiene un crecimiento muy rápido, superando a las especies que se han empleado hasta ahora como el chopo, eucalipto, pino. Además tiene un rebrotamiento muy potente que hace que se pueda cortar cada 3 años e incluso crezca con más rapidez, y se puede hacer unos 8 cortes lo cual implica una duración de plantación para 24 años.

## Capítulo 2: Descripción del proceso

El proceso consta de dos fases bien diferenciadas: La parte del cultivo en el campo y la de su procesado una vez cosechado y seco el producto.

En campo se realizará la plantación en un periodo de tres años, ya que los cortes se realizan cada tres años y así nos aseguramos una cosecha más continua y homogénea, además de repartir los gastos de inversión en tres años.

La cosecha se llevara a cabo en los meses de invierno, cuando la planta está en parada vegetativa, lo que facilita la recolección, el secado, y deja los tocones preparados para el rebrotamiento en primavera.

La tala de árboles se realizará mediante el uso de procesadoras, las cuales su función principal es apear y trocear la parte maderable de la paulownia, pero también trocea las ramas y las copas de los árboles, dejando el tronco limpio para facilitar el posterior trabajo del manejo, ya que los residuos los deja amontonados en el campo para facilitar su posterior recolección.

Una vez se hayan talado los árboles, y los troncos estén apilados en distintos puntos de acopio, mediante el uso de tractores forestales con un sistema articulado se cargaran y llevaran a la planta de procesado.

Una vez la procesadora ha dejado el tronco limpio, las restas vegetales, las cuales no tendrán un volumen muy significativo, se acopiaran y se trituraran con un equipo compuesto por JENZ+máquina cargadora, para posteriormente ser trasladadas a planta.

## Capítulo 3: Elección del cultivo.

### 1) INTRODUCCIÓN:

Paulownia Enlongata es un árbol perteneciente a la familia de las *pauloniaceae* del orden de las Lamiales, clase Magnoliopsida, y división Magnoliophyta.

El nombre de Paulownia proviene de un homenaje a la gran duquesa Ana Pavlovna de Rusia, Hija del Zar Pablo I de Rusia. El nombre *Paulownia* fue otorgado por el botánico suizo Thuberg, quien lo publicó en *Japanese Flora* en 1781 bajo la clasificación de las *Bignoniaceae* y reconociéndole como especie *Bignonia Tomentosa* (*Paulownia Tomentosa*). En 1835 Ducht Scholasrs, Zuccarni y Sibold la transfirieron a la familia de las *Scrophulariaceae* y encontraron 23 especies. Sin embargo, desde 1998, en la clasificación APG I de la Angiosperm Phylogeny Group (Grupo para la Filogenia de las Angiospermas) se cambia la ubicación de la Paulownia, sacándola del orden *scrofulares* y situándola en *lamiales*, con una nueva familia monogénica llamada *pauloniaceae*. Esa nueva filogenia se mantienen en el APG II del 2003 y en la nueva APG III, publicada en el 2009.

Las Paulownias son árboles originarios de China, donde hay más de dos millones de hectáreas plantadas y se cultiva desde hace muchos siglos. En EEUU también se lleva cultivando desde la década de los 70, con un gran aumento en superficie desde entonces y numerosos estudios y mejora genética en la especie. Las paulownias son árboles de elevado crecimiento, lo que las convierten en árboles muy rentables y versátiles.

Se conocen cuatro especies importantes de Paulownia:

- Paulownia Elongata
- Paulownia Fortunei
- Paulownia Tomentosa
- Paulownia Kawakamii

Estas especies son susceptibles de cruzamiento y mejora y los trabajos científicos han ido en esta dirección.

### 2) HIBRIDOS, CARACTERISTICAS:

Vicedex ha seleccionado y registrado para producir biomasa los clones chinos "SunTZU" para su crecimiento superior y para su tolerancia a los diferentes suelos y climas en España y Europa.

Vicedex vende en exclusiva los siguientes clones:

- Sun Tzu11 (HybridElongata)
- Sun Tzu33 (HybridFortunei)
- Sun Tzu104 (HybridFortunei)
- Sun Tzu105 (HybridTomentosa)

Una ventaja de estos híbridos es la mejoría sinérgica de la combinación de los parentales, superando a éstos, pero otra es la infertilidad, lo que evita que una especie que podría llegar a ser invasiva se convierta en plaga por los alrededores de la plantación.

Principalmente, el valor industrial y comercial que tiene el género radica en su vertiginoso crecimiento, entre 1,8 y 2,5 cm verticales por día, mucho mayor que el alcanzado por otras especies, hecho que lo hace muy productivo y rentable para quienes lo cultivan; sin contar que sus árboles han demostrado excelentes resultados en usos específicos como la fabricación de chapilla y pulpa de papel y para la producción de madera, entre otros.

Características que la hacen un cultivo interesante:

- Crecimiento ultra-rápido, de varios metros por año, en condiciones favorables.
- Porte recto, con pocos nudos.
- Presenta reposo invernal (caída de hojas).
- No es un árbol excluyente ni invasivo (flor masculina).
- Apto para gran variedad de climas y suelos.
- Recuperación y estabilización de suelos. Control de la erosión.
- Resistente a condiciones moderadas de sequía una vez desarrollado (1-2 años).
- Soporta bien el frío (-17°C) y el calor (45°C).
- Alta capacidad de absorción de nitrógeno.
- Descontaminación de suelos (nitratos, nitritos, arsénico, metales pesados, etc.).
- Regeneración después del corte.
- Rápido crecimiento después del corte.
- Resistente al fuego (punto de ignición de 247°C).
- Tiempo de secado muy corto, 20-40 días al aire libre (hasta 12% humedad).
- Acepta bien purines como fertilizante.
- Muy resistente y relativamente libre de enfermedades.
- Convive con otras especies
- Acepta cultivos intercalados (cereales, pastizales).

### 3) DESCRIPCIÓN GENERAL:

Altura a los 4-5 años.	20 – 30 metros.
Tipo de suelo.	Buen drenaje y no muy arcilloso, con nivel freático a más de 2 – 2,5 metros.
pH del Suelo.	De 5,5 a 9.
Pluviometría media.	500 mm como mínimo.
Densidad (10% de humedad).	290 Kg/m <sup>3</sup> .
Humedad apeo de árbol.	40 – 55%.
Humedad a los 40 días de secado natural.	12%.
Marco de plantación.	3m x 2m.(para uso exclusivo energético) 1600 pies/ha 3m x 3m (80% energía y 20% madera) 1100 pies/ha 2,5m x 4m.(para uso como madera) 1000 pies/ha
Periodo sistema de cosecha.	Cada 3 años (8 veces aprox.)
Rendimientos medios.	35 – 45 Tm/Ha (año)

Tabla 3.1

Los valores del pH son un poco bajos pero entran dentro de las características que nosotros tenemos, aunque lo tendremos que tener en cuenta siempre, y utilizar elementos acidificantes siempre que podamos para no pasarnos en el pH. La humedad a los 40 días de secado natural es un dato muy importante, ya que nos ahorramos muchos costes del secado.

### 4) ANÁLISIS:

Análisis inmediato (% base seca):

Cenizas 550 °C	1,1
Volátiles	81,7
Carbono fijo	17,2

Tabla 3.2

El porcentaje de cenizas como se puede comprobar es muy bajo, lo que facilita mucho el manejo de las instalaciones que empleen esta madera, ya que implica que el vaciado de las cenizas se puede realizar cada más tiempo y mejora el funcionamiento de las calderas, lo cual acentúa los beneficios de utilizar la biomasa como fuente de energía.

Proyecto de explotación agrícola del cultivo de "Paulownia" para la obtención de biomasa en Alcalá del obispo (Huesca)

---

Análisis elemental (% base. seca):

Carbono	49,5
Hidrógeno	6,4
Nitrógeno	0,24
Azufre	0,02
Cloro	0,01

Tabla 3.3

El alto contenido en carbono demuestra el alto grado de captura de CO<sub>2</sub> por parte de la especie Paulownia, y el bajo contenido en azufre demuestra lo poco contaminantes que son las calderas al utilizar este tipo de biomasa, ya que el azufre es uno de los principales causantes de la contaminación.

Poder Calorífico:

Inferior (humedad = 0,0%)	4.430 Kcal/kg.
Inferior (humedad = 29,9)	2.940 Kcal/kg.

Tabla 3.4

Podemos comparar los valores con otros productos utilizados para la fabricación de pellets como son los subproductos de industrias agroalimentarias:

- Olivar (orujillo): PCI =3780 Kcal/Kg. en base seca.
- Almendra (cáscara): PCI =3940 Kcal/Kg. en base seca.
- Vid (orujo): PCI =3240 Kcal/Kg. en base seca.

Composición química (%):

Celulosa	46-49
Hemicelulosa	23-26
Lignina	21-23

Tabla 3.5

Elementos mayoritarios en las cenizas (550°), (%masa):

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.95
MnO	0.04
CaO	11.8
FeO <sub>3</sub>	2.96
K <sub>2</sub> O	22.74
MgO	3.1
Na <sub>2</sub> O	0.25
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.02
SiO <sub>2</sub>	0.76

Tabla 3.6

## **5) CONCLUSIÓN:**

Este cultivo ha sido seleccionado, por su valor económico, debido a su alto valor calorífico que lo hace muy recomendable en la generación de calor a base de pellets, además de presentar un bajo contenido en cenizas y en sustancias no deseadas de esta como son el cloro y el azufre. Su rápido crecimiento y la adaptabilidad al clima y los suelos de la zona, junto con la ausencia de plagas importantes hasta el momento en la península Ibérica, también lo hacen muy interesante.

Las comparaciones que se han realizado con otros cultivos son muy satisfactorias para la especie Paulownia, ya que no tiene competencia, ni en calidad de la madera, ni en producciones, si se compara con los principales cultivos energéticos que se utilizan en la actualidad (chopo, sauce, eucalipto.).

La planta que se va a utilizar es un clon in vitro, cruce de las especies: Paulownia Enlongata x Fortunei. El clon es el denominado Clon 112, que es el que mejor se adapta al clima y los suelos de la península ibérica, y el utilizado ya en varias plantaciones de nuestro país con éxito. Probado también por la Universidad de Castilla-La Mancha y considerado como el mejor clon que probaron.

## Capítulo 4: Manejo del cultivo.

### 1) PREPARACIÓN DEL TERRENO:

La Paulownia no tiene muchas limitaciones, aunque sí que hay tener especial cuidado con la zona en la que se va a implantar debido a la temperatura. La península ibérica está dentro de la franja térmica donde la Paulownia puede desarrollarse, exceptuando las zonas de montaña donde la altitud, la falta de suelo y temperaturas extremas hacen que su cultivo no sea del todo recomendable. La altitud máxima a la que se consigue establecer el cultivo son los 2000 m de altura.

Con el tema de las temperaturas se puede jugar bastante, ya que en España se comercializan ya varios clones de diferentes especies de Paulownia, que se adaptan a distintas zonas dependiendo de la temperatura. La Paulownia tomentosa es la más resistente a las bajas temperaturas, siendo apta para los sitios donde la exigencia climática sea esencial. Por otro lado están la P. elongata y la P. elongata x fortunei que son menos resistentes a las heladas, pero aun así soportan temperaturas entre -10° y -15° C.

La textura arcillosa del suelo, no es recomendable, ya que se pueden dar problemas por encharcamiento, que es una de las limitaciones importantes de este cultivo. Pero con un suelo no extremadamente arcilloso y un riego por goteo adecuado se puede controlar bien este problema. Si no tenemos en cuenta todo lo anterior, el árbol muere por asfixia radicular, mostrando síntomas como marchitez en las hojas, clorosis y caída. Algunas veces las hojas no terminan de caer totalmente y las que se quedan colgando del pecíolo toman una coloración marrón característica. También para este caso tenemos distintos cruces de especies de Paulownia que soportan más o menos el porcentaje de arcilla. Mientras la P. fortunei puede crecer en lugares donde la concentración de arcilla es del 30 % o incluso superior, las demás lo hacen con menor porcentaje, en torno al 15 %. Según diversos autores la que menos toleraría la arcilla sería la P. elongata, y la P. fortunei junto con la P. tomentosa las que más podrían aguantar el exceso. De todas formas la Paulownia demuestra ser muy adaptable y estas cifras son orientativas. Lo importante es que el sistema radicular esté lo suficientemente aireado y que no llegue a compactarse demasiado.

En referencia al pH hay diferencias entre las distintas especies de Paulownia. La P. elongata y la P. tomentosa van desde los 5 – 8,9 pH, la P. fortunei de 5 – 8 pH y las demás prefieren suelos más ácidos. Estas cifras se refieren a árboles sin hibridar, pero no hay muchas diferencias con los clones que se comercializan. No es aconsejable trabajar con pH superior a 8,5 para el buen desarrollo de los árboles. Si bien la Paulownia es muy adaptable a los suelos pobres crecerá mejor con terrenos bien cuidados y con gran cantidad de nutrientes.

Antes de implantar el cultivo hay que trabajar la tierra, para airearla, descompactarla, y eliminar las malas hierbas. Para ello basta con dar unos pases de cultivador con una profundidad de al menos 60 cm en ambas direcciones para asegurarnos de que nada queda compactado. El pase de grada para la aireación de la tierra se hará justo antes de poner la plantación para que nos haga a su vez la tarea de eliminación de las malas hierbas y así no tener que utilizar ningún herbicida de contacto, además de dejar el terreno mullido en la parte de arriba para que las raíces se asienten fácilmente.

En caso de que se quiera establecer plantaciones en sitios muy difíciles, donde sea necesario establecer en poco tiempo una cubierta vegetal no queda más remedio que acudir a operaciones con maquinaria pesada. Una retroexcavadora equipada con una pala fina es lo más apropiado. En poco tiempo se puede cavar zanjas de unos dos o tres metros de profundidad (o más) y relativamente estrechas. Las zanjas se rellenan con tierra más apropiada y se plantan las Paulownias.

También se aplicará el abono de cobertera antes de poner las plantas, a base de estiércol, con unas 20 o 30 toneladas por hectárea dependiendo de los análisis del suelo, y la cantidad de nitrógeno que presente.

## **2) ADQUISICIÓN DE LA PLANTA:**

Este cultivo siempre se reproduce vegetativamente, por micropropagación, ya que todo lo que se comercializa son clones debido a que una plantación de clones no sólo dará como fruto los mejores ejemplares, sino que proporcionará homogeneidad de crecimiento y si se trata de ejemplares producidos mediante micropropagación, iniciaremos la plantación en ausencia de enfermedades y plagas (lo que no implica que tal esterilidad impida el contagio posterior). Esto también implica que la descendencia de dichos clones será inerte ya que son híbridos, por lo que no se podrá calificar nunca a la plantación como especie invasora ya que la descendencia no existe.

En nuestra zona se comercializa el clon 112, un cruce entre Paulownia Enlongata x Fortunei, que está adaptado a los suelos y la climatología de la zona, dando buenos resultados.

## **3) PLANTACIÓN:**

Primero hay conseguir planta de calidad, endurecida y aclimatada al exterior del invernadero de plástico o malla, para que tenga el menor estrés posible al transporte y la posterior plantación en el campo.

La Paulownia para un buen desarrollo no necesita ser muy grande, lo que sí es importante es que tengan un buen sistema radicular. Cuando se recibe una planta muy crecida en altura es aconsejable cortarla y que saque un nuevo tallo. Un excesivo crecimiento del tallo en las plantas que llegan del vivero suele ser la consecuencia de la masificación dentro de los invernaderos, y normalmente no han llegado a hacer un buen sistema radicular. Estas plantas son más sensibles al transporte y a la manipulación, el tallo suele romperse o doblarse. El añadirles un tutor en la mayoría de los casos produce rozaduras a causa del viento y terminan por cortar los tallos o las hojas.

La planta que viene del vivero tiene que ser pequeña, el tallo cortado preferiblemente en el vivero, sin tutor, que esté aclimatada en el exterior antes de la venta y un sistema radicular bien desarrollado que llene la maceta. La plantación de una Paulownia de estas características facilita y asegura el agarre, y la mecanización para grandes extensiones.

En el momento de plantar las Paulownias no han de quedar muy enterradas, y tampoco comprimir la tierra alrededor del tallo para no producirles heridas. La Paulownia cuando es joven tiene un tallo muy tierno y hay que ir con cuidado.

Dependiendo del riego, se elige un sistema de plantación u otro, ya que con el riego a manta podríamos tener problemas de encharcamiento, por lo que se recomienda plantar en caballones, pero al tener un sistema de riego por goteo basta con dejar una pequeña elevación de tierra, para que no quede un hoyo alrededor y se produzca el encharcamiento.

La época de plantación: en nuestro país la mejor época de plantación es en primavera. En la cuenca mediterránea, en sitios libres de heladas tardías se puede plantar incluso a finales de febrero primeros de marzo. Por el contrario en zonas donde se tenga constancia de heladas primaverales, la plantación deberá retrasarse hasta que el peligro de heladas sea bajo.

Plantando en primavera, los árboles provenientes de vivero tienen tiempo de aclimatarse y desarrollar un sistema radicular y un tronco que les permitirán superar perfectamente el primer invierno si se superan los  $-5^{\circ}\text{C}$ . Si en la zona dónde se pretende plantar Paulownias se tiene constancia de que las temperaturas invernales raramente sobrepasan los  $0^{\circ}\text{C}$  y si lo hacen no son muy bajas y de corta duración, se podría plantar la Paulownia a finales de agosto o principios de septiembre. El árbol tiene el tiempo justo para hacer raíces, aclimatarse al terreno y también aprovecharíamos las lluvias otoñales, de esta manera a la primavera siguiente la planta ya está establecida en el campo y tiene más tiempo para crecer y desarrollarse. Éste tipo de plantación evidentemente tiene sus peligros, un final de verano fresco y un otoño corto hace que la Paulownia no desarrolle lo suficiente. Además que hay que tener en cuenta en la época del año en que se producen los vientos más fuertes, lo cual nos puede hacer cambiar de idea.

El período de plantación de la Paulownia en maceta sin riesgo va desde finales de marzo hasta finales del mes de junio, ajustándose a las diferentes zonas. Los meses de julio y agosto no se aconsejan por ser meses de mucho calor, y las plantas sufrirían un excesivo estrés hídrico.

La plantación con raíces y trasplante de árboles se hará antes o justo cuando mueva la savia en primavera. Si después de brotada la Paulownia se efectúa el trasplante lo más probable es que tenga éxito, pero haciéndolo antes evitamos el parón post-trasplante por estrés.

#### **4) LABORES CULTURALES:**

Una vez instalada la plantación las labores culturales de los siguientes años se resumirán en controlar la cubierta vegetal que sale de forma espontánea, dando algún pase de grada los primeros años del cultivo si vemos que pueden ejercer mucha competencia con agua y nutrientes. Si la cubierta vegetal que tenemos no da buenos resultados se probarán otro tipo de cubiertas vegetales más aptas.

## 5) ABONADO:

El abonado se realizará en fondo y en cobertera, ya que se aplicaran de 30 a 40 toneladas de estiércol de vacuno por hectárea dependiendo de los nutrientes que estén ya almacenados en el suelo, lo cual lo sabremos haciendo un análisis de la tierra.

Después en cobertera se aplicara básicamente purines ya que este cultivo es altamente tolerable y el coste es más económico. La cantidad dependerá de los años de implantación del cultivo, ya que los primeros años las raíces no están desarrolladas del todo y perderíamos los nutrientes móviles por percolación.

Si con el estiércol y el purín no cubrimos las necesidades podremos utilizar abonos de síntesis como por ejemplo un 15-15-15 en una dosis de unos 300 Kg/ha.

Si lo que queremos es abonar por fertirrigación lo que haremos será elegir el abono en cuanto a las necesidades que tenemos pero sin superar nunca los 2 m/S ya que podríamos quemar la planta, y también tendremos en cuenta el pH del suelo para abonar con abonos más o menos ácidos.

## 6) PLAGAS Y ENFERMEDADES:

Las enfermedades de la paulownia dependen totalmente de la zona del mundo en la que se encuentren, en España a no ser un cultivo popularizado y no abarcar muchas hectáreas, las enfermedades que se conocen son pocas, pero vamos a nombrar también las más importantes de otros países ya que cualquier día pueden llegar al nuestro:

- *Mycoplasma sp*: afecta a toda la planta, tallo, hojas, raíz y flores. Produce la enfermedad llamada "Escoba de Bruja" o "Witches' Broom". Se propaga por el empleo de material contaminado y por insectos chupadores de savia. Esta enfermedad aparentemente está localizada en las áreas de distribución natural de la Paulownia en Asia, también ha aparecido en Estados Unidos.
- Las semillas y plantas de micropropagación no transmiten la enfermedad. El problema lo tenemos con los esquejes, pero al no ser esta una forma muy utilizada, ya que casi todo proviene de micropropagación, no va a ser un problema importante, además de que se pueden desinfectar los esquejes si se quiere.
- *Hongos*: Sensible a antracnosis (*Sphaceloma sp* y *S. paulowniae*) Atacan hojas, tallos y brotes. Especialmente en arboles jóvenes y en condiciones de temperatura cálida 25° C y alta humedad 90 - 100%.
  - Hongos de las especies *Rhizoctonia solani* and *Fusarium sp*.

- Otros hongos: *Phyllactinia imperialis* Miyabe, *Uncinula clintonii* Peck, *Cercospora paulowniae* Hori, *Mycosphaerella paulowniae* Shirai et Hara, *Valsa paulowniae* Miyabe et Hemmi, *Septobasidium tanakae* (Miyabe) Boed et Steinm.
  
- *Parasitos vegetales*: Dos especies de *Loranthus*, también conocidos como Muérdagos, *Loranthus parasiticus* (Linn.) Merr. and *Loranthus yadoriki* Sieb. Son plantas parásitas de considerable tamaño y capaces de causar algunos daños al debilitar la planta atacada. En cultivo fuera de Asia es muy improbable que la planta se vea atacada.
  
- *Insectos fitófagos y defoliadores*: Debido a la naturaleza de las hojas de las paulownias, grandes y nutritivas, que constituyen un buen forraje, esta planta, aunque muy resistente, puede ser atacada por algunas especies. En Asia las principales plagas de insectos fitófagos que le pueden afectar son: *Agrotis ypsilon* (Rott.), *A. toxionis* Butler, *Euxoa segetum* Schiff, *Serica orientalis* Matsch, *Anomala corpulenta* Matsch, *Holotrichia diomphalia*, *Gryllotalpa unispina* Saussure, *G. africana palisot de Beauvois*, *Empoasca flavescens* (Fabricius), *Cicadalla viridis* L., *Cryptotothlea variegata* Snellen, *Psilogramma menephron* Cramer, *Batocera horsfieldi* Hope, *Megopis sinica* White y *Basiprionota bisignata* Boh.
  
- *Ácaros*: "Two spotted mite", "Tomato russet mite" y "Broad mite".

## Capítulo 5: Diseño de la plantación.

En el diseño de la plantación tendremos en cuenta varias cosas importantes, como son: el marco de plantación, el sistema de riego utilizado, y la orientación de las calles y filas.

El marco de plantación será de 3 x 2 m dando como resultado unas 1600 plantas por hectárea, dependiendo de las características de la parcela. Realizamos este marco tan denso, porque toda la madera va a ser empleada como biomasa por lo que no nos interesan grandes troncos sino la mayor cantidad de cosecha posible.

El sistema de riego utilizado es el riego localizado de bajo caudal y alta frecuencia, por lo que las tuberías irán por las filas en las que la separación es de 2 metros por árbol, para permitir el paso por las calles.

La orientación de la parcela se determina por los vientos dominantes, ya que en verano con el exceso de calor, se pueden producir daños en la plantación. De esta forma podremos minimizar estos daños ya que el aire circulará mucho mejor por las calles en la dirección dominante. No solo es importante una correcta aireación para disminuir los daños por altas temperaturas, sino que también ayuda a una mejor renovación del aire, lo que aumenta el rendimiento.

También se podría tener en cuenta la orientación solar, aunque al ser un cultivo que cubre toda la parcela una vez bien establecido y que no estará por filas, no es la forma que más conveniente de orientar la plantación.

## **Capítulo 6: Descripción de la zona.**

### **1) INTRODUCCIÓN:**

La parcela se encuentra en Alcalá del obispo, en las afueras del pueblo, tocando con el mismo pueblo y con las carreteras que lo cruzan. Se encuentra a 13 km al sudeste de Huesca, pertenece a la provincia de Huesca, y a la comarca de la Hoya de Huesca que está emplazada en la parte central del somontano oscense, es atravesada por los ríos Isuela, Flumen y Guatizalema. Se sitúa entre los ríos Sotón y Alcanadre y está limitada por las sierras de Gratal y Guara.

Sus comarcas limítrofes:

- Norte – Jacetania y Alto Gállego
- Sur – Zaragoza y Monegros
- Este – Somontano de Barbastro
- Oeste – Cinco Villas

El municipio limita: al N con el municipio de Siétamo, al NE con el municipio de Angüés al E con el municipio de Blecua y Torres, al S con el municipio de Argavieso, al SO con el municipio de Albero Alto, al O con el municipio de Monflorite-Lascasas, y al NO con el municipio de Loporzano.

El municipio está comunicado por la A-1217 con el aeropuerto Huesca-Pirineos, Monflorite y de ahí con la A-131 hasta Huesca. También está comunicado con la Autovía A-22 Huesca-Lerida a 3 km de distancia por la A-1219.

### **2) DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**

Los materiales que aparecen son del mioceno y están afectados por una deformación “póstuma” de edad postmiocénica de carácter anticlinal que da lugar a pendientes muy suaves. Normalmente la disposición de estos materiales es un estrato duro y calcáreo o calco-arenisco en la parte superior protegiendo los yesos más erosionables.

Al pie de esta sierra, donde se encuentran los glaciares, aparecen los materiales detríticos (cantos angulosos predominantemente calizos) que fosilizan los materiales terciarios que bordean las calizas miocenas.

Por último, los valles de fondo plano están formados por depósitos continentales: limos, margas y algunos cantos.

### **3) DESCRIPCIÓN HIDROLÓGICA**

La finca se encuentra en el propio cauce del río Botella, (aunque el agua es tomada del propio río Guatizalema) en la subcuenca del Guatizalema, la cual tiene una

superficie de terrenos en regadío de 1250 ha. Pertenece a la cuenca del Alcanadre. Agrupa a un conjunto de ríos singulares que drenan el prepirineo central aragonés hacia el Cinca. Se extiende por la vertiente Sur de la Sierra de Guara y se reúne con el Cinca aguas abajo de Ontiñena, cerca de Ballobar, en la provincia de Huesca. El Vero es el cauce más oriental de este conjunto y se dirige directamente al Cinca con quien confluye aguas abajo de Barbastro.

El río Alcanadre tiene una cuenca vertiente superficial de 3.385 km<sup>2</sup>. En su margen derecha presenta dos afluentes principales: el río Guatizalema (362 km<sup>2</sup>) y el río Flumen (1.545 km<sup>2</sup>). Todos ellos nacen entre las sierras exteriores pirenaicas de Javierre y Balces. Su recorrido principal toma una dirección norte-sur, aunque en las proximidades de sus desembocaduras (Guatizalema y Flumen al Alcanadre, y Alcanadre al Cinca) tienen una dirección noroestesureste.

La subcuenca del río Guatizalema tiene una morfología claramente alargada de norte a sur, con una anchura que no suele sobrepasar los 7 km. Su superficie, de 372,79 km<sup>2</sup>, se enmarca en la provincia de Huesca (CC.AA. de Aragón) rodeada por las subcuencas de los ríos Flumen, al oeste, Gállego, al norte, y Alcanadre, al este.

El cauce principal, el río Alcanadre, con una dirección N-SE, tiene una longitud aproximada de 73 km y se subdivide en cinco masas de agua, de las cuales cuatro tienen punto de muestreo biológico.

En este colector principal desemboca un único afluente, el río Botella, por su margen derecha. Este río, de 22 km de longitud, y caudales esporádicos, no ha sido valorado por el índice hidrogeomorfológico IHG.

Hay una aportación de aguas residuales que proceden de las instalaciones del Aeropuerto de Huesca-Pirineos. Existen dos flujos de aguas residuales: aguas sanitarias, que son tratadas en un decantador- digestor y filtro biológico de 105 hab-eq con desbaste y aguas pluviales potencialmente hidrocarburadas, que son tratadas a través de un macro-separador de hidrocarburos, modelo AQUA IHDC para el tratamiento de un caudal nominal de 700l/s. El volumen anual máximo de vertido será de 23.750 m<sup>3</sup> para las aguas sanitarias y de 320.000 m<sup>3</sup> para las aguas pluviales potencialmente hidrocarburadas.

La descripción de Edafológica y de las clases agrícolas se muestra en el anejo 8 del estudio edafológico.

## Capítulo 7: Estudio climatológico

### 1) INTRODUCCIÓN:

El estudio climatológico es una parte muy importante, ya que dependiendo del clima que tengamos en nuestra parcela, se condicionarán muchas cosas, como por ejemplo la cantidad de agua que hay que aportar en la dosis de riego, algo que también depende del cultivo a instalar. Las labores culturales, tratamientos, fertilizaciones también dependen del clima que tengamos para ajustar las fechas de realización de dichas tareas.

La estación seleccionada para la toma de datos ha sido la del aeropuerto Huesca-Pirineos, anteriormente denominada como Monflorite. Ya que se encuentra muy cercana a nuestra parcela, a menos de 500m, lo cual nos da valores muy fiables, porque esta estación lleva muchos años recopilando datos de nuestro interés. Las coordenadas de la estación son 721141.21x, 4662490.24y, huso 30, con una altitud sobre el nivel del mar de 541m. El índice climatológico es 9898, y pertenece al municipio de Alcalá del Obispo.

### 2) TEMPERATURAS:

La temperatura es un parámetro muy importante a la hora de realizar un estudio climático, porque será utilizada para muchos cálculos, como son los regímenes de heladas, la evapotranspiración, etc.

En nuestra zona tenemos unas buenas temperaturas desde el punto de vista técnico ya que en los meses en los que se desarrolla el cultivo las temperaturas medias rondan los 20 °C, lo que implica que podremos implantar el cultivo aunque tenga unas exigencias de temperatura altas, ya que disponemos de agua de riego.

El clima lo podemos definir como mediterráneo continental, ya que es el que más se aproxima a nuestros datos, con temperaturas medias anuales de unos 14 a 16°C, con unas temperaturas medias del mes más frío superiores a los 4°C y con unas temperaturas medias en los meses más cálidos de unos 23 a 25 °C. El periodo de frío es de larga duración, alrededor de 5 a 7 meses, pero poco intenso, siendo enero el mes más frío y julio el más cálido, con medias de 4.9 °C y 23.4 °C respectivamente.

MES	T media (°C)	T mínima media(°C)	T máxima media(°C)
SEPTIEMBRE	19.5	13.5	25.4
OCTUBRE	14.3	9.5	19.1
NOVIEMBRE	8.9	4.9	12.9
DICIEMBRE	5.6	2.1	9.1
ENERO	4.9	1.3	8.5
FEBRERO	7.0	2.5	11.5
MARZO	9.6	4.2	15
ABRIL	11.4	5.7	17.2
MAYO	15.3	9.3	21.3
JUNIO	19.7	12.9	26.5
JULIO	23.4	16.1	30.8
AGOSTO	23.3	13.5	30.2

<b>MEDIA</b>	13.6	8.2	19
--------------	------	-----	----

Tabla 7.1

### 3) RÉGIMEN DE HELADAS SEGÚN EMBERGER:

Divide el año en períodos 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 0°C.

B). Período frecuente de heladas: Cuando la temperatura media de las mínimas está comprendida entre 0°C y 3°C.

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

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

RIESGO	T (°C)	INICIO	FIN	Nº DIAS
<b>SEGURO</b>	T. < 0°C			0
<b>FRECUENTE</b>	0°C < T < 3°C	DICIEMBRE	MARZO	90
<b>POCO FREUENTE</b>	3°C < T < 7°C	NOVIEMBRE	ABRIL	181
<b>MUY POCO FRE.</b>	T > 7°C	MAYO	OCTUBRE	184

Tabla 7.2

### 4) CALCULO DEL NÚMERO DE HORAS DE FRIO:

Para este cálculo utilizaremos distintos métodos o correlaciones de calcular las horas de frio, las horas de frio se definen como las horas del año que están por debajo de 7 °C.

Correlación de Weimberger (1956): Este método es de los más sencillos y directos ya que solo hay que fijarse en una tabla y relacionar nuestra temperatura media entre diciembre y enero, y traspasarlo a la tabla.

<b>T °C</b>	3,2	2,3	1.4	0.6	0.8	9	8.3	7.6	6.9	6.3
<b>Horas &lt; 7°C</b>	450	550	650	750	850	950	1050	1150	1250	1350

Tabla 7.3

En nuestra zona tenemos temperaturas de 5,6 y 4,9 °C en diciembre y enero respectivamente, por lo tanto la media nos da un valor de 5,3 que está un grado por

debajo del valor más bajo de la tabla, por lo tanto tomaremos como dato 1350 horas de frío.

Correlación de Mota (1967): Es el número mensual de horas con temperaturas menores de 7 °C y se calcula con la siguiente expresión:

$Y = 485,1 - 28,5 X$  donde Y es el número de horas de frío y X es la temperatura media mensual en °C.

X, Y	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
X	14.3	8.9	5.6	4.9	7.0	9.6	11.4
Y	77.55	231.45	325.5	345.45	285.6	211.5	160.2

Tabla 7.4

Con estos datos mensuales de horas de frío podemos calcular las horas totales de frío en un año, que serán simplemente la suma de todos estos meses.  $\Sigma Y = 1637$  horas de frío.

Método Tabuenca: Este método es una corrección del método de correlación de Mota, adaptado al valle del Ebro, los cálculos en este método van del 1 de noviembre al 1 de abril, y la fórmula que utiliza es la siguiente:

$Y = 700,1 - 48,6 X$  donde Y es el número de horas de frío y X es la temperatura media mensual en °C.

X, Y	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO
X	8.9	5.6	4.9	7.0	9.6
Y	267.56	427.94	461.96	359.9	233.54

Tabla 7.5

Con estos datos mensuales de horas de frío podemos calcular las horas totales de frío en un año, que serán simplemente la suma de todos estos meses.  $\Sigma Y = 1751$  horas de frío.

## ELEMENTOS HÍDRICOS:

### 5) PRECIPITACIONES:

En nuestra zona, las precipitaciones se concentran mayoritariamente en otoño y en primavera, siendo meses en los que las precipitaciones son siempre superiores a los 50 mm, teniendo también precipitaciones importantes en los meses de verano en forma de tormentas llegando a los 47 mm en junio o los 38 mm de agosto. El mes con más precipitaciones es mayo con 62 mm, contrastando con los 20 mm del mes menos lluvioso que es julio.

Podemos observar que los días de lluvia están repartidos durante todo el año regularmente, excepto en los meses de verano que las precipitaciones están menos

repartidas, debido a que la lluvia recogida es toda en forma de tormentas. El mes con más días de precipitación es mayo con 8 días, y el mes con menos días de lluvia es julio con 3.

ESTACIÓN	MES	PRECIPITACIÓN(mm)	DÍAS DE LLUVIA
OTOÑO	SEPTIEMBRE	54	4
	OCTUBRE	54	6
	NOVIEMBRE	50	6
INVIERNO	DICIEMBRE	51	6
	ENERO	39	6
	FEBRERO	32	5
PRIMAVERA	MARZO	35	4
	ABRIL	53	6
	MAYO	62	8
VERANO	JUNIO	47	5
	JULIO	20	3
	AGOSTO	38	4
<b>TOTAL</b>		535	62

Tabla 7.6

## 6) HUMEDAD RELATIVA:

La humedad relativa es un dato imprescindible para el cálculo de la Eto, ya que de ello depende en gran parte la evaporación que se produce en el ambiente y la transpiración de la planta.

La humedad relativa media máxima no la hemos considerado, ni tomado nota, ya que no se utiliza para ningún cálculo y además los valores rondan siempre el 99%.

MES	HR MEDIA (%)	HR MÍNIMA (%)
SEPTIEMBRE	57	18
OCTUBRE	67	20
NOVIEMBRE	76	29
DICIEMBRE	81	28
ENERO	78	24
FEBRERO	70	19
MARZO	60	16
ABRIL	59	19
MAYO	58	17
JUNIO	53	15
JULIO	48	13
AGOSTO	50	13
<b>MEDIA</b>	63	19

Tabla 7.7

## 7) DIAS DE NIEBLA Y ROCIO:

Los días de niebla y rocío son utilizados para el cálculo de la clasificación bioclimática de la UNESCO-FAO, y más concretamente para los índices xerotérmicos. Como podemos observar en la siguiente tabla, los meses con más días de niebla y rocío son los meses próximos al invierno.

MES	DIAS DE NIEBLA Y ROCIO
SEPTIEMBRE	1
OCTUBRE	2
NOVIEMBRE	6
DICIEMBRE	10
ENERO	8
FEBRERO	3
MARZO	1
ABRIL	1
MAYO	1
JUNIO	1
JULIO	0
AGOSTO	1
TOTAL	34

Tabla 7.8

## 8) EL VIENTO:

La velocidad y dirección del viento, son unos datos muy útiles, ya que afectan mucho al desarrollo del cultivo, y sobre todo a la disposición de las calles y filas de las parcelas, para que se produzca una buena aireación de la plantación ya que es uno de los factores más importantes a tener en cuenta a la hora de empezar con el diseño.

En nuestra zona los vientos que predominan son sobre todo el cierzo y el bochorno. Que tienen direcciones contrarias entre sí. Siendo dirección de Este – Sureste el cierzo, y dirección Oeste – Noroeste el bochorno. Las diferencias también son importantes en cuanto a la velocidad de cada uno, siendo superior la del cierzo.

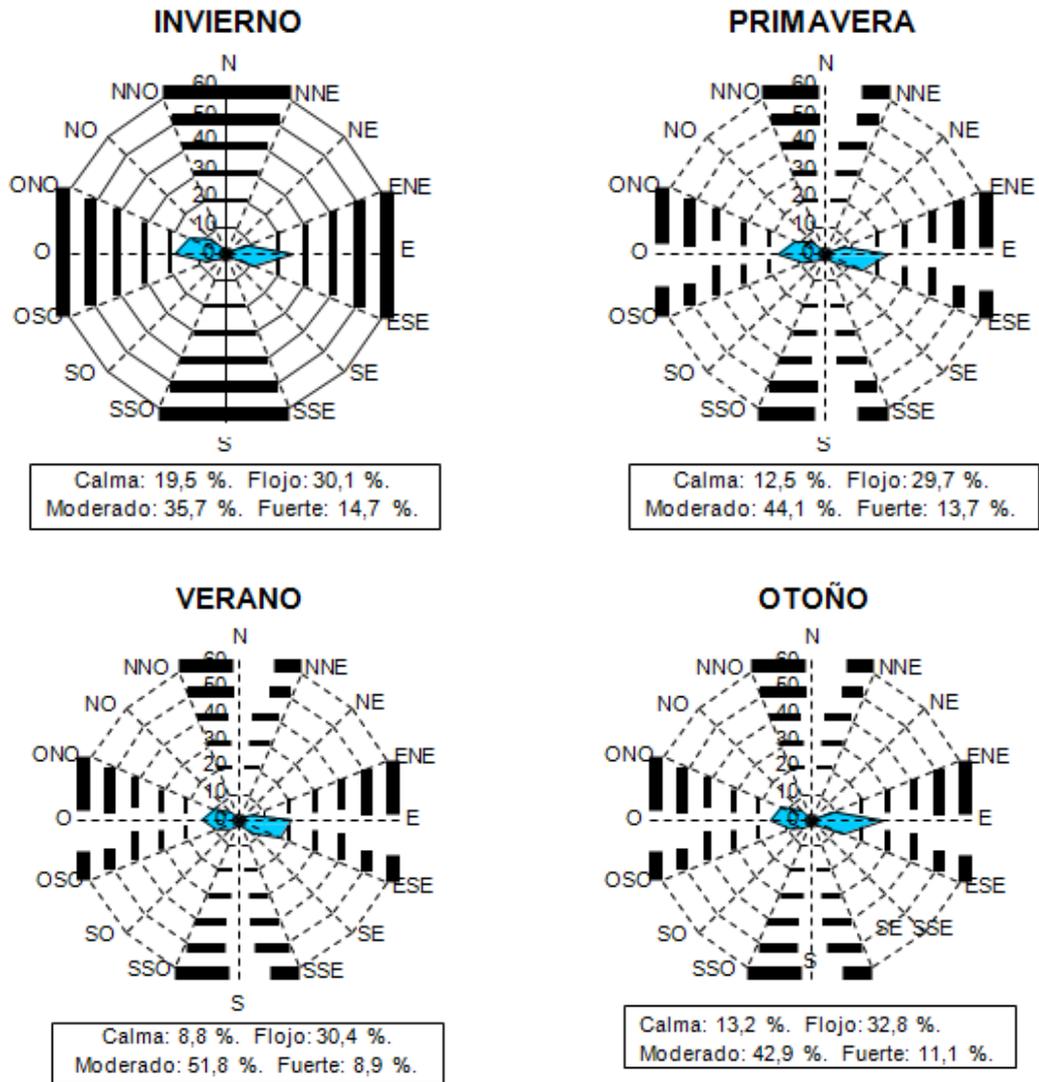


Figura 27. Frecuencias relativas (%) de distintas direcciones del viento para la categoría de velocidad de viento a 2 m 'moderada' obtenidas en la estación de Monflorite. Al pie de las figuras, se incluyen los valores de frecuencias relativas (%) de cada categoría de velocidad.

La tabla que se detalla a continuación nos indica las velocidades medias del viento a 2 metros de altura, con tres variables que serán: la velocidad media del día, la de la noche, y la velocidad media del día en conjunto.

MES	V (m/s)DÍA	V(m/s)NOCHE	V(m/s)MEDIA
SEPTIEMBRE	2.71	1.63	2.17
OCTUBRE	2.38	1.46	1.92
NOVIEMBRE	2.66	1.89	2.27
DICIEMBRE	2.41	1.79	2.1
ENERO	2.75	2.01	2.38
FEBRERO	3.56	2.43	3
MARZO	3.16	1.98	2.57
ABRIL	3.6	2.15	2.87
MAYO	3.08	1.94	2.51
JUNIO	3.1	2.05	2.57
JULIO	2.99	2.03	2.51
AGOSTO	2.6	1.69	2.14
MEDIA	2.91	1.92	2.17

Tabla 7.9

## 9) CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS

(índices climáticos):

Reflejado en el anejo 7.

## 10) CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN:

Reflejado en el anejo 7.

## 11) CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA DE UNESCO-FAO:

Reflejado en el anejo 7.

## 12) CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE

La fórmula utilizada para caracterizar un clima, según Thornthwaite, está compuesta por cuatro letras y unos subíndices. Las dos primeras letras, mayúsculas, se refieren al Índice de humedad y a la Eficacia térmica de la zona, respectivamente. Las letras tercera y cuarta, minúsculas, corresponden a la Variación estacional de la humedad y a la concentración térmica en verano, respectivamente.

### CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ETP):

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

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

Donde:  $t^a$  = temperatura media mensual.

$I$  = Índice de calor anual. Se obtiene como:  $I = \sum_1^{12} i$  y donde

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

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,79 \times 10^{-2} I + 0,49239$$

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

$$K = \text{coeficiente corrector. } K = \frac{d}{30} \cdot \frac{N}{12}$$

$d$  = nº días del mes

$N$  = nº máximo horas de sol (depende de la

latitud).

MES	T(°C)	D(DIAS)	i	I	a	ETPajustada	K	ETP
ENERO	4.9	31	0.97	59.12	1.36	14.68	0.81	11.89
FEBRERO	7.0	28	1.66	59.12	1.36	23.85	0.82	19.55
MARZO	9.6	31	2.68	59.12	1.36	36.65	1.02	37.38
ABRIL	11.4	30	3.48	59.12	1.36	46.3	1.12	51.85
MAYO	15.3	31	5.43	59.12	1.36	69.08	1.26	87.04
JUNIO	19.7	30	7.97	59.12	1.36	97.42	1.28	124.69
JULIO	23.4	31	10.34	59.12	1.36	123.12	1.29	158.82
AGOSTO	23.3	31	10.27	59.12	1.36	122.4	1.20	146.88
SEPTIEMBRE	19.5	30	7.85	59.12	1.36	96.08	1.04	99.92
OCTUBRE	14.3	31	4.9	59.12	1.36	63.01	0.95	59.85
NOVIEMBRE	8.9	30	2.39	59.12	1.36	33.06	0.81	26.77
DICIEMBRE	5.6	31	1.18	59.12	1.36	17.6	0.8	14.08

Tabla 7.12

La ETP anual es: 748.72 mm.

### 13) DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE HUMEDAD. BALANCE HÍDRICO

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 (ETR).
- Déficits (D).
- Excesos (E).

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 ( $0 \leq R \leq 100$ ).
- La evapotranspiración real (ETR) corresponde, en los meses 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 ( $ETR_i = P_i + R_{i-1}$ ).
- En los meses suficientemente húmedos, la ETR coincide con la potencial.
- Existe déficit de humedad en los meses en los que la ETR es inferior a la ETP.
- Existe exceso de humedad en los meses en que al acumular agua en las reservas del suelo, éstas superan el valor de 100.

MES	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	TOTAL
P	54	54	50	51	39	32	35	53	62	47	20	38	535
ETP	100	60	27	14.1	11.9	19.5	37.4	51.9	87	125	159	147	748.2
R	0	0	0	23	59.9	87	99.5	97.1	98.2	73.2	0	0	-
VR	0	0	23	36.9	27.1	12.5	-2.4	1.1	-25	-78	0	0	-
ETR	54	54	27	14.1	11.9	19.5	37.5	51.9	87	120.2	20	38	535
D	46	46	0	0	0	0	0	0	0	4.8	139	109	344.8
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla 7.13

#### 14) ÍNDICE DE HUMEDAD

Reflejado en el anejo 7.

#### 15) EFICACIA TERMICA

Reflejado en el anejo 7.

#### 16) VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA HUMEDAD

Reflejado en el anejo 7.

#### 17) CONCENTRACION TERMICA EN VERANO

Reflejado en el anejo 7.

#### CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION.

#### 18) CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO DE REFERENCIA (ET<sub>0</sub>) POR EL MÉTODO DE BLANEY-CRIDDLE-FAO

Este método se basa en la ecuación formulada por Blaney-Criddle modificada por Doorembos y Pruitt (1977) para la FAO, esta ecuación es:

$$ET_0 = [a + b \cdot p \cdot (0.46 t^a + 8.13)]$$

Donde:

- **ET<sub>0</sub>** = Media mensual de la evapotranspiración de referencia (mm/día).
- **a** =  $0.0043 \times HR_{\min}$  (en %) - (n/N) - 1.41.
- **b** =  $0.81917 - 0.0040922 \times HR_{\min} + 1.0705 \times (n/N) + 0.065649 \times U_d - 0.0059684 \times HR_{\min} \times (n/N) - 0.0005967 \times HR_{\min} \times U_d$ .
- **p** = porcentaje medio de horas diurnas anuales.
- **HR<sub>min</sub>** = humedad relativa minima en %.
- **n/N** = media mensual del coeficiente de insolación.
- **U<sub>d</sub>** = Media mensual de la velocidad diurna del viento en m/s (a 2 metros sobre el suelo).

Con estos datos podemos obtener la  $ET_0$  de cada mes del año, lo que se recogerá en la siguiente tabla:

MES	T(°C)	HR <sub>mi</sub> n	n / N	p	a	b	U <sub>d</sub> (m/s)	ET <sub>0</sub> dia	Dias	ET <sub>0</sub> Mes
ENE	4.9	24	0.42	0.21	-1.72	1.25	2.75	1	31	31
FEB	7.0	19	0.52	0.24	-1.84	1.43	3.56	2.05	28	57.4
MAR	9.6	16	0.56	0.27	-1.9	1.47	3.16	3.07	31	95.17
ABR	11.4	19	0.56	0.3	-1.88	1.47	3.6	4.01	30	120.3
MAY	15.3	17	0.57	0.33	-1.9	1.47	3.08	5.45	31	168.95
JUN	19.7	15	0.65	0.34	-1.99	1.57	3.1	7.18	30	215.4
JUL	23.4	13	0.73	0.33	-2.08	1.66	2.99	8.27	31	256.37
AGO	23.3	13	0.73	0.31	-2.03	1.64	2.6	7.55	31	234.05
SEP	19.5	18	0.64	0.28	-1.97	1.51	2.71	5.25	30	157.5
OCT	14.3	20	0.57	0.25	-1.89	1.41	2.4	3.29	31	101.99
NOV	8.9	29	0.49	0.22	-1.77	1.26	2.66	1.61	30	48.3
DIC	5.6	28	0.39	0.21	-1.67	1.17	2.41	0.96	31	29.76

Tabla 7.14

La evapotranspiración anual nos da un valor de 1516.2 mm

## 19) EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO (ET<sub>c</sub>).

Para el cálculo de la ET<sub>c</sub> de cada cultivo se utiliza la ET<sub>0</sub> que se ha calculado anteriormente por el método Blaney-Criddle-FAO.

- $ET_c = ET_0 \times K_c$
- Donde:
- ET<sub>0</sub> = Evapotranspiración de referencia, media de los métodos utilizados.
- K<sub>c</sub> = coeficiente del cultivo. Depende del cultivo y la fase de desarrollo.

El coeficiente de cultivo de nuestro cultivo se refleja en la siguiente tabla para cada mes, los datos están tomados en Perú, y aunque el régimen de temperaturas es similar al de nuestra zona, los datos no son del todo correctos al no haber tenido en cuenta los parámetros exactos de nuestra zona.

Mes	K <sub>c</sub> (Coeficiente de Cultivo)	ET <sub>c</sub>
<b>ENERO</b>	0.4	12.4
<b>FEBRERO</b>	0.3	17.4
<b>MARZO</b>	0.4	38.06
<b>ABRIL</b>	0.4	48.12
<b>MAYO</b>	0.6	101.37

Proyecto de explotación agrícola del cultivo de "Paulownia" para la obtención de biomasa en Alcalá del obispo (Huesca)

---

<b>JUNIO</b>	0.85	183.09
<b>JULIO</b>	1	256.37
<b>AGOSTO</b>	1	234
<b>SEPTIEMBRE</b>	0.95	149.1
<b>OCTUBRE</b>	0.7	71.4
<b>NOVIEMBRE</b>	0.6	28.9
<b>DICIEMBRE</b>	0.4	11.9

Tabla 7.15

La ETc total es: 1152 mm

## **Capítulo 8: Estudio Edafológico**

### **1) INTRODUCCIÓN:**

Un estudio edafológico para un proyecto como este es algo fundamental, ya que tenemos que comprobar que no existan limitaciones para el cultivo, además de recoger información para un mejor control y manejo de las necesidades de este.

El estudio está basado en los mapas de clases agrológicas del ministerio, utilizando la hoja número 286 correspondiente a Huesca. El término municipal escogido es Alcalá del Obispo, ya que la finca se encuentra tocando con el núcleo urbano. La muestra seleccionada por el ministerio para hacer este estudio en Alcalá del Obispo prácticamente en la propia finca, así que tenemos unos datos muy fiables.

### **2) FISIOGRAFÍA, GEOLOGÍA Y LITOLOGÍA:**

La Hoja de Huesca se halla comprendida en la Depresión Terciaria del Ebro, Al pie de las sierras exteriores oscenses (Gratal, Guara, etc.). Presenta un relieve sensiblemente llano en general con cotas que oscilan entre los 650 y 380 msm.

Se trata de materiales del Mioceno recubierto en los dos tercios de la superficie de la hoja aproximadamente, por cuaternario.

La litología de la zona, es una alternancia de margas continentales, con areniscas, con un buzamiento a SO muy ligero casi imperceptible en tramos pequeños. Los bancos de areniscas tienen un espesor muy variable, de unos decímetros hasta varios metros.

El conglomerado se apoya, en general, sobre arcillas y margas pardas y rojas que se superponen a areniscas amarillentas. Estos conglomerados que tienen un espesor y una resistencia muy variables se encuentran en NW y E. En la región recibe el nombre de "mallacán". La sedimentación horizontal da lugar a las planicies denominadas "sasos".

La poca importancia de los cursos de agua y la escasa pendiente del terreno no permite que se hayan constituido aluviones modernos, siendo poco frecuentes las terrazas fluviales a lo largo de los ríos Isuela, Flumen y Guatizalema sobre todo, Siendo el resto de los terrenos cuaternarios de origen diluvial.

### **3) EDAFOLÓGIA:**

Casi un 95% de los suelos de la hoja son suelos cultivados y por tanto han sido alterados. Para su descripción nos ajustaremos a las principales unidades geomorfológicas. Indicaremos entre paréntesis la clasificación que le corresponde al perfil más corriente siguiendo la "Soil Taxonomy" USDA.

- Los depósitos cuaternarios de saso y glacis ocupan una superficie importante. Tienen una profundidad variando entre 40 y 70 cm. Y es frecuente la formación de un horizonte cálcico. Texturas variando de francas a franco-arcillosas, estructura favorable y buena permeabilidad. No hay problemas de salinidad (XEROCHREPTS, y en ocasiones HAPLOXERALFS)
- Sobre las plataformas estructurales más duras, que resistieron a la erosión, quedan suelos viejos muy evolucionados con horizonte argílico y en ocasiones costra caliza a escasa profundidad, 40-50 cm. (RHODOXERALFS, PALEXERALFS)
- En la parte central de la hoja, se entrelazan los suelos de origen fluvial con los de origen coluvial. Los primeros son suelos profundos de texturas francas y estructura estable (XEROFLUVENTS). Los segundos tienen características de profundidad y textura variable según la potencia relativa de los bancos de arcillas y areniscas cuya erosión dio lugar a esos suelos de acumulación, aunque en general desarrollaron un horizonte estructural incompleto de profundidad entre 50 y 80 cm. (XEROCHREPTS), y texturas de tendencia arenosa (Franco-arenosa).
- La disección por la red de drenaje de las superficies más altas dio lugar a una profusa red de vales más o menos amplias con suelos más o menos profundos en función de esa amplitud y texturas franco-limosas o francas (XEROFLUVENTS).
- En las superficies no cultivadas es frecuente que la pendiente sea fuerte o muy fuerte, lo que unido a un sustrato inestable ha dado lugar a erosiones severas y ha impedido su evolución (XERORTHENTS). Solo pequeñas masas de Umbría o con menores pendiente presentan el suelo mejor conservado y puede distinguirse un horizonte cámbico (XEROCHREPTS).

#### **4) DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES AGROLÓGICAS:**

Reflejado en el anejo 8.

#### **5) CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL SUELO:**

Se recogieron y analizaron un total de 29 muestras de suelo para la hoja de Huesca, tocando con nuestra parcela se encuentra la muestra número 12, que será la que utilizaremos en este estudio.

## 6) CARACTERES FÍSICOS:

Color:

Color Seco	10 VR 6/4
Color Húmedo	10 VR 5/4

Tabla 8.1

Análisis mecánico:

Arena (%)	27.64
Limo (%)	49.46
Arcilla (%)	22.66

Tabla 8.2

Textura USDA : **Franco-limosa**

## 7) CARACTERES QUÍMICOS:

Fertilidad:

Materia orgánica (%)	3.6
Fósforo asimilable (ppm)	3.4
Potasio asimilable (ppm)	122
pH al agua	7.9
pH en CIK	7.4
Carbonatos (%)	24

Tabla 8.3

Cationes de cambio ( meq/100g):

Calcio	13.21
Magnesio	3.15
Potasio	0.31
Sodio	1.43

Tabla 8.4

Salinidad:

C.E en extracto 1:5 mmhos/cm	0.17
S.A.R en extracto 1:5	0.25

Tabla 8.5

## **8) CONCLUSIONES DE CARÁCTER FÍSICO:**

En cuanto a la granulometría y la estructura del suelo, podemos considerarlo un suelo aceptable para el cultivo, ya que no nos impide la implantación de nuestro cultivo, al tener una textura Franco-limosa.

Sí que tendremos que tener cuidado con los encharcamientos, ya que el limo nos puede retener bastante el agua, lo cual lo controlaremos con las dosis, tiempo de riego y espaciamiento entre riegos.

## **9) CONCLUSIONES DE CARÁCTER QUÍMICO:**

En cuanto a las características químicas, tenemos que el porcentaje de materia orgánica es muy alto, por lo que no necesitaremos realizar ninguna enmienda húmica.

El fósforo asimilable está en 3.4 ppm lo cual se considera muy bajo al estar en el rango de 0-6 con lo que habrá que aportar hasta llegar a niveles de 12-18 que es lo que se considera normal.

El potasio asimilable son 122 ppm, es un nivel alto al encontrarse entre 90-150. Por lo que no tenemos que aportar nada.

El valor del pH es 7.9 por lo que es un suelo básico pero tendiendo a neutro, lo que no nos provocara problemas en el cultivo, aunque siempre será preferible bajarlo si se puede.

Los carbonatos forman un total del 24%, y están dentro del rango de 20-40 denominado alto, aunque muy próximo al normal.

En cuanto a los cationes de cambio tenemos que el calcio con 13,21 meq/100g está dentro del rango 10-14 considerado como normal. El magnesio con 3.15 está en un nivel alto al estar dentro de 2.5-4. El potasio con 0.31 está en el rango de 0.3-0.6 el cual es bajo, pero muy próximo al muy bajo, por lo que habrá que realizar aportes. Y el sodio con 1.43 está considerado alto, por lo que tendremos que tener cuidado de no salinizar más el suelo.

La salinidad nos da un valor de 0.17mmhos/cm lo cual está por debajo de 0.35 y es considerada como inapreciable la influencia en cualquier cultivo.

## Capítulo 10: Cálculo de las necesidades hídricas.

### 1) INTRODUCCIÓN:

En este anejo se va a conocer la cantidad de agua que hay que aportar al cultivo, teniendo en cuenta varios factores que nos afectan a la hora de conocer la reserva de agua en el suelo y la efectividad en la aplicación de dicha agua.

Lo más importante para calcular la cantidad de agua a aportar es conocer las necesidades exactas de la plantación, teniendo en cuenta todos los parámetros utilizados en el anejo 7 del estudio climatológico.

Las precipitaciones cubren una parte de las necesidades pero al estar en una zona semiárida no llegaremos a cubrirlas totalmente, además que hay que prestar especial atención en que dichas precipitaciones no son 100% efectivas sino que una parte de estas no será recogida por la reserva del suelo y no utilizada por la planta.

### 2) NECESIDADES DE AGUA DE RIEGO:

El agua a utilizar es recogida del río Guatizalema, y todos sus parámetros están recogidos en el anejo 9 de calidad del agua, cuyo resultado nos dio positivo para poder llevar a cabo la plantación.

#### 2.1) NECESIDADES NETAS:

La fórmula completa para el cálculo de las necesidades netas utilizada en teoría pero no en la práctica es la siguiente:

$$N = (ET_c + P_p) - (P_e + C_a + \Delta\theta)$$

Donde :

- $P_p$  : Percolación profunda.
- $P_e$ : Precipitación efectiva.
- $C_a$  : Aporte ascenso capilar.
- $\Delta\theta$ : Variación humedad del suelo.

Pero podemos prescindir de varios de estos parámetros ya que no afectan de manera significativa al resultado final y podemos calcular las necesidades con la expresión:

$$N_n = ET_c - P_e$$

Donde:

- $N_n$  = Necesidades netas mensuales.
- $P_e$  = Precipitación efectiva.

- $ET_c$  = Evapotranspiración mensual del cultivo.

La precipitación efectiva se determina mediante la siguiente ecuación (Cuenca, 1989):

$$P_e = f(D)[1.25 \times P^{0.824} - 2.93] \times 10^{0.000955 \times Etc}$$

Siendo:

- $P_e$  = Precipitación efectiva mensual, en mm/mes.
- $P$  = Precipitación total mensual, mm/ mes.
- $ET_c$  = Evapotranspiración del cultivo, en mm/ mes.
- $f(D)$  = Función correctora para el déficit de humedad del suelo, diferente de 75 mm.

Esa función correctora se calcula mediante la siguiente fórmula (Cuenca, 1989);

$$f(D) = 0.53 + (0.0116xD) - (8.94 \times 10^{-5} \times D^2) + (2.32 \times 10^{-7} \times D^3)$$

Donde:

- $D$  : Déficit de humedad en el suelo, en mm.

MES	PRECIPITACIÓN EFECTIVA ( $P_e$ ) (mm)
JUNIO	17.98
JULIO	14.5
AGOSTO	26.6
SEPTIEMBRE	28.13
OCTUBRE	28.13

Tabla 10.1

## 2.2) NECESIDADES REALES.

Para el cálculo de las necesidades reales de los cultivos se tienen en cuenta las necesidades netas ( $N_n$ ), la eficiencia de aplicación del sistema ( $E_a$ ), y las necesidades de lavado de sales ( $F_L$ ). En la eficiencia de aplicación se incluyen las pérdidas de agua por percolación, evaporación y escorrentía, además del coeficiente de uniformidad del sistema de riego elegido.

La eficiencia de aplicación que tomaremos para el riego localizado es del 90%.

La fracción o necesidad de lavado se calcula como  $(1 - F_L)$ , y solo se aplica fuera de los meses de máximas necesidades, para no sobredimensionar la red de riego, y no causar de esta manera un gasto innecesario en la instalación.

De esta forma, las necesidades reales pueden calcularse mediante la siguiente expresión:

$$N_r = \frac{N_n}{Ea \cdot (1 - F_L)}$$

Donde:

- $N_r$  = Necesidades reales.
- $N_n$  = Necesidades netas.
- $Ea$  = Eficiencia de aplicación.
- $F_L$  = Fracción de lavado de sales.

La fracción de lavado, al tratarse de un riego localizado, se calcula con la siguiente expresión:

$$F_L = \frac{CE_w}{2 \cdot CE_e}$$

Siendo:

- $F_L$  = necesidad de lavado en tanto por uno.
- $CE_w$  = Conductividad eléctrica del agua de riego (mmhos/cm).
- $CE_e$  = Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo (máximo que tolera un cultivo determinado sin que se produzca reducción del rendimiento de cosecha, en mmhos/cm).

Por lo tanto tenemos que:

$$F_L = 0,538/2 \cdot 1,5 = 0,18$$

Para el cálculo de las necesidades reales, son necesarios aplicar una serie de factores correctores a la  $ET_c$ , obteniéndose así un valor de  $ET_c$  corregido, dado que son cultivos que se van a regar mediante riego localizado, y este sistema lo requiere para no sobredimensionar la red de riego. Por otra parte no se ha tenido en cuenta la precipitación efectiva para el cálculo de las necesidades netas.

### 2.2.1) CORRECCION POR EFECTO DE LOCALIZACIÓN.

Este método corrige la  $ET_c$ , basándose en la "fracción de área sombreada por el cultivo", a la que se denomina A y que se define como "la fracción de la superficie del suelo sombreada por la cubierta vegetal a mediodía en el solsticio de verano, respecto a la superficie total". A efectos prácticos se hace coincidir con la proyección sobre el terreno de la cubierta vegetal de la planta.

Este método supone que a efectos de evapotranspiración el área sombreada se comporta casi igual que la superficie del suelo en riegos no localizados, mientras que el área no sombreada elimina agua con una intensidad mucho menor.

La corrección por localización consiste pues, en, multiplicar la  $ET_c$  por un coeficiente de localización  $K_1$ , cuyo valor depende de A.

Se toma la parcela tipo con un marco de plantación para la especie paulownia de 3 x 2 m, dando un área ocupada de 6 m<sup>2</sup> por planta, y con un diámetro de área sombreada de 2 m., obteniéndose un área sombreada de:

$$A_s = \pi * 2^2 / 4 = 3.14$$

La fracción de suelo sombreado es:

$$A = A_s / \text{marco de plantación} = 3.14 / 3*2 = 0.52$$

Una vez conocida la A, se pasa al cálculo del coeficiente de localización  $K_1$  por medio de los métodos de diferentes autores:

- Aljibury et al.:  $K_1 = 1.34 \times A = 0.69$

- Decroix:  $K_1 = 0.1 + A = 0.62$

- Hoare et al.:  $K_1 = A + 0.5 (1 - A) = 0.76$

- Keller:  $K_1 = A + 0.15 (1 - A) = 0.59$

Se deprecia el valor más alto y el valor más bajo, y se realiza la media entre los dos restantes y no da como resultado  $k_1 = 0.655$

### 2.2.2) CORRECCIÓN POR CONDICIONES LOCALES.

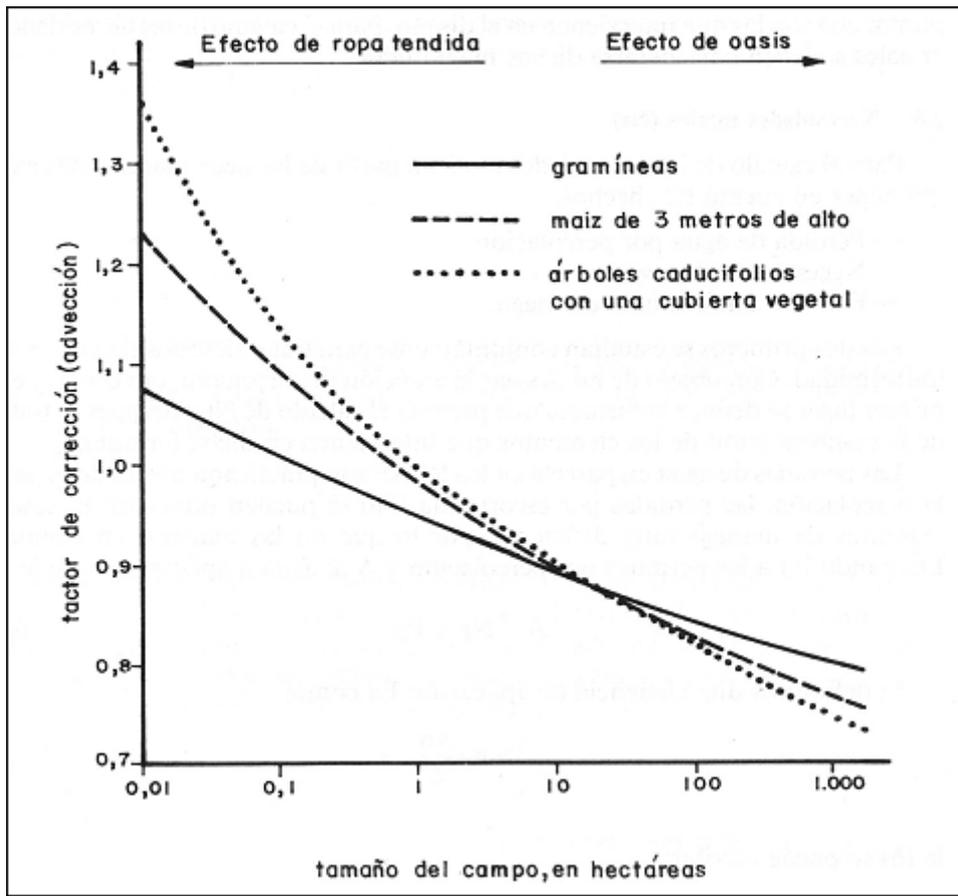
#### **Corrección por variación climática.**

Cuando la  $ET_0$  utilizada en el cálculo equivale al valor medio del periodo estudiado, debe mayorarse multiplicándola por un coeficiente, pues de otra forma las necesidades calculadas serían también un valor medio, lo que quiere decir que aproximadamente la mitad de los años el valor calculado sería insuficiente. En los riegos localizados de alta frecuencia, el volumen de suelo mojado es reducido y por tanto los coeficientes son siempre elevados.

Adoptamos el criterio de Hernández Abreu de aplicar siempre un coeficiente comprendido entre 1.15 y 1.20. Se adopta pues un valor de  $K_v = 1.20$

#### **Corrección por advección.**

Los efectos del movimiento de aire por advención, tienen un efecto considerable en el microclima que afecta al cultivo, ya que este microclima depende, además del propio cultivo, de la extensión de la superficie regada y de las características de los terrenos colindantes. En caso de pequeñas parcelas, el microclima del cultivo será distinto según esté rodeado de una masa verde o de un terreno sin cultivar, lo que origina un aire más caliente en el segundo caso. Por lo tanto, el siguiente coeficiente  $K_a$  vendrá en función de la naturaleza del cultivo y del tamaño de la superficie regada



Teniendo una parcela regada de 228 ha y un cultivo de árboles caducifolios con cubierta vegetal, tenemos que nuestro coeficiente  $K_a = 0.82$

Teniendo ya los tres coeficientes podemos saber el valor de la evapotranspiración corregida:

$$ET_c \text{ corregida} = K_1 * K_v * K_a * ET_c = 0.655 * 1.2 * 0.82 = 0.644 * ET_c$$

MES	P total(mm)	P efectiva (mm)	ET (mm)	ETc corregida (mm)	Nn (mm/mes)	Nr (mm/mes)
JUNIO	47	17.98	183.09	117.9	117.9	159.7
JULIO	20	14.5	256.37	165.1	165.1	223.7
AGOSTO	38	26.6	234	150.7	150.7	204.2
SEPTIEMBRE	54	28.13	149.1	96	96	130.1
OCTUBRE	54	28.13	71.4	46	46	62.3

### **3) DIMENSIONADO DEL RIEGO LOCALIZADO.**

Se trata de un riego de alta frecuencia y se aplican dosis muy ajustadas, no debiendo dejar de esta manera posibilidad alguna de acumulación de sales, que pueden llegar a provocar estrés hídrico si se produjera dicha acumulación, en el mes crítico se regará todos los días del mes y durante una jornada determinada, para no sobredimensionar la instalación, dado que fuera de este mes crítico no será necesario regar todos los días.

El mes crítico lo tenemos en julio con 223.7 mm de necesidades reales por lo tanto dimensionaremos la instalación teniendo en cuenta dicha cifra y los días del mes de julio.

#### **3.1) DOSIS DE RIEGO:**

La dosis de riego se considera como las necesidades reales diarias del mes crítico por lo tanto tenemos que:

$$\text{Nr diarias} = 223.7 / 31 = 7.22 \text{ mm/día}$$

#### **3.2) PORCENTAJE DE SUELO MOJADO.**

Una de las características del riego localizado es que solo aplican el agua a una parte del suelo. En la práctica del diseño, el concepto de porcentaje de suelo mojado se constituye por el "porcentaje de superficie mojada", que aunque es menos significativo es más fácil de manejar y medir.

El parámetro "porcentaje de superficie mojada" se representa por P. Keller recomienda los siguientes valores mínimos para el caso de árboles:

- Clima húmedo  $\rightarrow P_{\text{mínimo}} = 20\%$
- Clima árido  $\rightarrow P_{\text{mínimo}} = 30\%$

Por lo tanto, en nuestro caso, con una masa arbórea y un clima árido tendremos un valor del 30%.

#### **3.3) ÁREA MOJADA POR UN EMISOR.**

Los emisores elegidos para la instalación del riego localizado son mangueras de polietileno de alta calidad con un diámetro interior de 17.6 mm. y un espesor de 1.2 mm. que presentan el gotero incorporado.

Este tipo de emisor tiene un caudal nominal de 3.5 litros a la hora dentro del rango de presiones recomendadas por el fabricante, que van desde 0.3 a 4 atmósferas de presión.

El radio del bulbo húmedo del emisor se calcula mediante diferentes expresiones dependiendo de la textura del suelo, ya que esta influenciará la forma del bulbo y por lo tanto su radio. La fórmula que tenemos que escoger es la de textura media, por ser la más cercana a nuestras características.

Textura del suelo	Diámetro
Textura fina	$D = 1,2 + 0,10 \cdot q$
Textura media	$D = 0,7 + 0,11 \cdot q$
Textura gruesa	$D = 0,3 + 0,12 \cdot q$

Tabla10.3

$D$  = Diámetro de la superficie mojada (m)

$q$  = Caudal del emisor (l/h)

Estas fórmulas deben usarse con prudencia, ya que la textura del suelo no informa adecuadamente el movimiento del agua en el mismo, puesto que influyen otros factores, tales como la estratificación o la presencia de piedras.

$$D = 0.7 + 0.11 \cdot 3.5 = 1.085 \text{ m}$$

De esta manera el área mojada por emisor es de:

$$Ae = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 0.542^2 = 0.92 \text{ m}^2$$

### 3.4) NÚMERO MÍNIMO DE EMISORES.

El mínimo número de emisores a implantar se calcula mediante la siguiente expresión:

$$e \geq \frac{Sp \cdot p}{100 \cdot Ae}$$

Donde:

- $e$  = número de emisores.
- $Sp$  = superficie ocupada por planta.
- $P$  = porcentaje mínimo de suelo mojado.
- $Ae$  = Área mojada por un emisor, en  $m^2$ .

Sustituyendo los valores correspondientes en la expresión anterior se obtiene que:

$$e > 6 \cdot 30 / 100 \cdot 0.92 = 1.95$$

Se utilizarán como mínimo 2 emisores por planta, aunque colocaremos 8 emisores por planta, colocándolos en dos mangueras para mejorar la eficiencia, colocando 4 emisores por planta y manguera

### 3.5) SEPARACIÓN ENTRE EMISORES.

Tenemos un marco de plantación de 3x2, y 4 emisores por planta y tubería, lo cual nos dice que tenemos que tener 4 emisores en 2m, ya que la separación entre plantas en esa y la separación entre filas son los 3m. Pero como tenemos dos tuberías por fila y las dispondremos de modo q la separación entre emisores sea de 0.25 m.

Por lo tanto tenemos que la separación entre emisores tiene que ser de:

$$S_e = 2m / 4 \text{ emisores} = 0.5 \text{ m/emisor}$$

Una vez conocida la separación entre emisores, se realiza la comprobación del solapamiento entre bulbos. Los valores de solape se recomienda que estén comprendidos entre el 10 y el 20 por ciento, que será el utilizado. El solapamiento se calcula de la siguiente manera:

$$S_e = r \cdot \left( 2 - \frac{a}{100} \right)$$

Donde:

**a** = Porcentaje de solapamiento

**r** = Radio del bulbo húmedo.

$$S_e = 0.542 \cdot (2 - 20/100) = 0.97$$

Como da una distancia de separación de emisores de 0.97m que es mayor que la que se había propuesto, se cumple perfectamente el solapamiento del 20% que buscábamos.

Como hay que adaptarse a las distancias que nos da el fabricante escogeremos una separación de 0.5 m, que cumple perfectamente con lo propuesto.

Con esta distancia entre emisores tenemos un nuevo porcentaje de solapamiento:

$$0.5 = 0.542 \cdot (2 - a/100); a = 107.74 \%$$

### 3.6) INTERVALO ENTRE RIEGOS.

El intervalo de riego es generalmente la variable menos rígida y por lo tanto la que más se puede modificar. Desde el punto de vista agronómico no existe un valor mínimo, se podría incluso regar continuamente las 24 horas del día, pero ello conlleva muchísimos inconvenientes, entre otros la inflexibilidad del sistema que, por ejemplo, no permitiría recuperar el tiempo perdido por una avería. En la práctica valores inferiores a la unidad, es decir, más de un riego diario exigen un cierto automatismo en la instalación.

Nuestros cálculos estarán dirigidos entonces a hacer un riego al día, al menos en el periodo más crítico.

### 3.7) VOLUMEN EMITIDO POR EL EMISOR.

El volumen emitido por el emisor ( $V_e$ ) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V_e = \frac{N_t \cdot I}{e}$$

Donde:

- $V_e$  = Volumen emitido por el emisor, en litros por emisor.
- $N_t$  = Necesidades totales diarias, en mm/día.
- $I$  = Intervalo entre riegos, en días.
- $e$  = Número de emisores por metro cuadrado.

Así pues el volumen emitido resulta de:

$$V_e = 7.22 \cdot 1 / 1.33 = 5.42 \text{ l/día por emisor}$$

### 3.8) TIEMPO DE RIEGO EN CADA MODULO.

Se entiende por módulo, el conjunto de emisores que riegan al mismo tiempo. El tiempo de riego se calcula de la siguiente forma:

$$t = \frac{V_e}{q_q}$$

Siendo:

- $t$  = Tiempo de riego en horas
- $V_e$  = Volumen de agua emitido por el emisor, en litros.
- $q_q$  = Caudal nominal del emisor, en L/h.

Aplicando la expresión anterior, se obtiene que:

$$T = 5.42 / 3.5 = 1.54 \text{ horas} = 1 \text{ horas y } 32 \text{ minutos.}$$

## **4) CÁLCULO DEL CAUDAL FICTICIO CONTINUO EN EL RIEGO LOCALIZADO.**

El caudal ficticio continuo representa las necesidades reales de riego calculadas mes a mes (para todo el periodo de riegos) y expresadas en forma de caudal continuo, es decir, en litros/ segundo y hectárea.

En particular, al caudal ficticio continuo del mes de máximas necesidades se le va a llamar caudal característico, y se calcula de la siguiente manera:

$$q_c = \frac{N_n}{E_a} \cdot \frac{1}{8.64 \cdot N}$$

Donde:

- $q_c$  = Caudal característico en L/ s y Ha.
- $N_n$  = Necesidades netas del cultivo más exigente en el mes crítico, en mm/mes.
- $E_a$  = Eficiencia de aplicación del sistema de riego, en tanto por uno.
- $N$  = Número de días del mes crítico.

Aplicando la expresión anterior se obtiene el siguiente valor:

$$q_c = 165.1 / 0.9 * 31 * 8.64 = 0.68 \text{ l/s y ha.}$$

## Capítulo 11: Cálculo hidráulico

### 1) INTRODUCCIÓN:

En este anejo se van a realizar los cálculos pertinentes para conocer las pérdidas de carga existentes en toda la red, para que una vez conocidas estas podamos determinar los diámetros de las tuberías que de momento están sin asignar, ya que tenemos que saber las pérdidas que se ocasionan en los ramales portagotos para así designar un diámetro a las terciarias que no provoque más pérdidas que las admisibles. Para lo cual crearemos una hoja de cálculo, que nos permitirá ir modificando diámetros dependiendo de las necesidades de presión.

El procedimiento de cálculo ha sido: Primero, se calcula sin total exactitud la pérdida de carga en el lateral más desfavorable para tener una idea aproximada de la presión necesaria en la toma de cada parcela. Una vez tenemos este dato y las características de funcionamiento de los goteros tenemos una presión necesaria al inicio de cada parcela, por lo que vamos a asignar diámetros a la tubería primaria para compensar las pérdidas de carga por rozamiento y los desniveles dejando una presión aceptable en cada toma. Ya tenemos las presiones al inicio de cada parcela, por lo que calculamos las pérdidas en el lateral más desfavorable y con la diferencia de presiones, asignamos un diámetro comercial a las tuberías secundarias.

### 2) DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES:

#### 2.1) ELECCIÓN DE LAS TOMAS EN CADA PARCELA.

Con los datos del caudal continuo de cada parcela y su superficie, tenemos un caudal necesario para cada una de ellas. Elegiremos una toma del catálogo en función de este caudal.

PARCELA	SUPERFICIE (Has)	CAUDAL (l/s)
1	13.5	172.5
2	13.8	176.3
3	15	191.7
4	14.15	180.8
5	14.2	181.4
6	14.8	189.1
7	14.5	185.3
8	12.8	163.6
9	13.2	168.6
10	13.5	172.5
11	12.5	159.7
12	13.2	168.6
13	12	153.3
14	15.8	201.7
15	14.3	182.7

Tabla 11.1

## 2.2) TRAZADO DE LA RED DE RIEGO:

Para el trazado de la red de riego se ha tenido en cuenta, tanto el lugar de captación del agua, como la posición de las parcelas, y el colocar las tuberías lo más rectas posibles para mantener las válvulas alineadas.

Por lo tanto se ha intentado siempre que las tuberías vayan por los lindes de las parcelas cuando sea posible. Con esto facilitaremos la instalación y el mantenimiento de la red de riego, además de abaratar costes.

## 2.3) CÁLCULO DE CAUDALES EN LA RED DE RIEGO:

El cálculo de los caudales circulantes por las tuberías se calcula según dos criterios dependiendo del número de tomas al que abastece cada tramo.

-Cuando el número de tomas es menor de 10, el caudal es igual a la suma de los caudales de las diferentes tomas.

-Para la determinación del caudal de cada tramo cuando el número de tomas es mayor de 10 se utiliza la fórmula de Clement propuesta en las normas IRYDA.

Dado que en este caso el número de tomas es inferior a 10, se aplicará para el cálculo de las tomas el sumatorio de caudales, es decir, el caudal acumulado.

## **3) ELECCIÓN DE MATERIALES.**

Reflejado en el anejo 11.

## **4) CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA RED DE RIEGO**

Una vez obtenidos los caudales en cada parcela y hecho el diseño de la red, sabemos los caudales que tendremos en cada tramo de tubería y con esto podemos elegir un diámetro comercial que nos de pérdidas de carga aceptables.

Seleccionamos una presión inicial aportada por las bombas y a partir de ahí vamos asignando diámetros dependiendo de las pérdidas de carga y los desniveles para ir manteniendo una presión deseada en la red.

Con estos diámetros ya tenemos una presión inicial en cada parcela y con esto calcularemos los diámetros de los laterales y la tubería secundaria.

Para el cálculo de los diámetros de los laterales y la secundaria, primero se han calculado las pérdidas que provoca el lateral, y con la presión necesaria que necesita al inicio y sus pérdidas, podemos asignar un diámetro a la tubería terciaria para ajustar la presión admisible y las pérdidas.

#### 4.1) METODO DE CÁLCULO UTILIZADO:

Para el cálculo de la pérdidas de carga en la tubería por rozamiento continuo se utiliza la fórmula general propuesta por Darcy-Weisbach, que responde a la siguiente expresión:

$$h_r = J \times L = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Siendo:

- **h<sub>r</sub>**: Pérdidas de carga por rozamiento continuo, en mca.
- **J**: Pérdida de carga unitaria, en m/m.
- **L**: Longitud de la conducción, en m.
- **f**: Factor de fricción.
- **v**: Velocidad del fluido dentro de la tubería, en m/s.
- **D**: Diámetro interior de la conducción, en m.
- **g**: Aceleración de la gravedad, en m/s<sup>2</sup>.

El factor de fricción "f" se ha calculado con la fórmula logarítmica de Jain para régimen turbulento en zona de transición:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{5,73}{Re^{0,9}} + \frac{K}{3,71 \times D} \right]$$

Donde:

- **Re**: número de Reynolds.
- **K**: rugosidad absoluta de la conducción que depende del tipo de material de que se trate, en mm.
  - Para el Polietileno K = 0,002 mm.
  - Para el PVC K= 0,02 mm
- **D**: diámetro de la conducción, en mm.

#### 4.2) CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN TUBERÍA PRIMARIA:

Para comenzar hemos dividido la tubería primaria en 10 tramos, dependiendo del caudal a transportar y de las pendientes del terreno, teniendo siempre en cuenta que en un mismo tramo la pendiente sea constante.

Tomamos como punto de partida los 20 m.c.a que nos aporta el sistema de impulsión y a partir de ahí vamos probando diferentes diámetros de la tubería para ir manteniendo una presión aceptable al final de cada tramo.

Proyecto de explotación agrícola del cultivo de “Paulownia” para la obtención de biomasa en Alcalá del obispo (Huesca)

---

Los dos primeros tramos, que son los que van de la estación de bombeo hasta las parcelas, hemos colocado un diámetro comercial de 400 para ganar algo de presión al final, ya que tenemos diferencias de cotas favorables en ambos y con esto conseguimos llegar con una presión suficiente para el resto de la red.

A partir de ahí ya vamos tomando un diámetro menor, de 315, el cual mantenemos hasta el tramo 8 inclusive, y la presión en cada toma sigue siendo aceptable.

En los dos últimos tramos, volvemos a seleccionar el diámetro de 400, ya que son de mayor longitud y las pérdidas se harían demasiado grandes para mantener la presión que queremos.

Con este diseño nos aseguramos que no hay ninguna toma en la que llegue menos de 30 m.c.a y por lo tanto tendremos margen para seleccionar las tuberías secundarias y laterales, para un correcto funcionamiento.

Tramo	Presion ini.	Dif. Cotas	Pérdidas	Presion fin
0	20	13	0,63	33,63
1	33,63	16	-6,9	42,73
2	42,73	4	-2,47	44,26
3	44,26	-3	-4,44	36,82
4	44,26	2	-6,85	39,41
5	39,41	1	-3,13	37,28
6	37,28	-1	-1,3	34,98
7	37,28	1	-3,33	34,95
8	34,95	4	-5,55	33,4
9	33,4	3	-2,84	33,56
10	33,56	4	-3,26	34,3

Tabla 11.4

Tramo	Longitud	Q acumulado	D (mm)	Tub.comercial	K	$\mu$	v	Re	f	HR
0	106	726000	376,6	400 PN 6	0,02	1,14E-06	1,810437794	598079,7134	0,013543969	0,63685377
1	1148	726000	376,6	400 PN 6	0,02	1,14E-06	1,810437794	598079,7134	0,013543969	6,89724649
2	139	690000	296,6	315 PN 6	0,02	1,14E-06	2,774050834	721739,8925	0,013446498	2,471625595
3	274	657000	296,6	315 PN 6	0,02	1,14E-06	2,641378838	687221,8976	0,013522377	4,442166499
4	385	690000	296,6	315 PN 6	0,02	1,14E-06	2,774050834	721739,8925	0,013446498	6,845869454
5	176	690000	296,6	315 PN 6	0,02	1,14E-06	2,774050834	721739,8925	0,013446498	3,129540322
6	93	607000	296,6	315 PN 6	0,02	1,14E-06	2,440360661	634921,9054	0,013648919	1,299029702
7	187	690000	296,6	315 PN 6	0,02	1,14E-06	2,774050834	721739,8925	0,013446498	3,325136592
8	312	690000	296,6	315 PN 6	0,02	1,14E-06	2,774050834	721739,8925	0,013446498	5,547821479
9	520	690000	376,6	400 PN 6	0,02	1,14E-06	1,720664019	568422,8681	0,013634841	2,840967517
10	665	651000	376,6	400 PN 6	0,02	1,14E-06	1,623409096	536294,619	0,013741353	3,259325899

Tabla11.5

#### 4.3) CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN LATERALES:

La parcela destinada al riego localizado se divide en 15 posturas de unas superficies aproximadamente iguales y en torno a las 14 hectáreas. Son en total quince módulos alimentados por una primaria cada uno.

Para calcular la presión necesaria a la entrada de cualquiera de los módulos de los que está compuesta la parcela, se debe calcular en primer lugar la presión necesaria a la entrada de uno de los ramales porta goteros que componen dicho módulo.

La longitud de los laterales o ramales van variando dependiendo del contorno de la parcela.

Los datos necesarios para el cálculo hidráulico de las pérdidas de carga en los laterales son:

- La presión mínima de trabajo de estos goteros autocompensantes es de 3mca.
- La presión máxima de trabajo de estos goteros autocompensantes es de 40 mca.
- La presión nominal de funcionamiento se toma como referencia en 20 mca.
- La separación entre laterales ( $S_o$ ) es de 0,8 m. La separación entre emisores ( $S_e$ ) es de 0,4 m.
- El diámetro nominal es de 25 mm y diámetro interior 22,4 mm.
- El caudal del emisor es de 1,2 l/h

##### 4.3.1) PERDIDAS DE CARGA EN LOS RAMALES PORTAGOTEROS:

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 secundaria suministradora. En cada módulo tenemos que ver cuál es el lateral más desfavorable y realizar los cálculos en torno a él.

Describiremos con detalle los cálculos realizados para el primer módulo y todos los demás los calcularemos mediante una hoja Excel.

En el primer módulo tenemos una parcela de XXXX hectáreas, en la cual el lateral más desfavorable tiene una longitud de 230 metros de longitud, tiene insertados 460 emisores y el caudal que ha de transportar es de 1610 L/h.

Una vez determinado dicho lateral, se pasan a determinar las pérdidas de carga unitaria mediante la fórmula propuesta por Cruciani para tuberías de polietileno.

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

Donde:

- Q: caudal del lateral, en L/h.
- D: diámetro del lateral, en mm.

De esta forma se obtiene la pérdida de carga unitaria:

$$J = 0,592 \cdot \frac{1610^{1,75}}{26,2^{4,75}} = 0,044 \text{ m/m}$$

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. A efectos de cálculo, las conexiones se pueden sustituir por una longitud equivalente de tubería ( $L_{eq}$ ).

Esta longitud se calcula con la expresión dada por Montalvo, que es:  $L_{eq} = 18,91 \cdot d^{-1,87}$ . Sustituyendo en la anterior resulta un valor de 0,09.

Así pues, la pérdida de carga unitaria incluido el efecto de las conexiones ( $J'$ ) se obtiene mayorando la que se produciría de no existir conexiones ( $J$ ), según la siguiente expresión:

$$J' = J \cdot \frac{S + L_{eq}}{S}$$

Sustituyendo los valores correspondientes en la expresión anterior da un resultado de  $J' = 0,052 \text{ m/m}$ .

La pérdida de carga en el lateral, de mayor longitud, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$h_f = J' \cdot F \cdot L$$

Donde:

- $J'$ : Pérdida de carga unitaria.
- L: Longitud del ramal.
- F: Factor de Christiansen. Valor tabulado en función del número de emisores, la relación entre la separación entre laterales y emisores y en función del coeficiente m. En este caso  $F = 0,364$ .

De esta forma el resultado es:

$$h_f = 0,052 \cdot 0,364 \cdot 230 = \underline{\underline{4.38 \text{ mca.}}}$$

4.3.2) PRESIÓN NECESARIA AL INICIO DEL LATERAL:

Se obtiene a partir de la expresión:

$$P_0 = P_n + \alpha Z_{\text{lat}} + \beta h_{f \text{ lat}}$$

Donde:

- $P_n$ : Presión media en el lateral, en mca.
- $\alpha$  y  $\beta$ : Coeficientes adimensionales, dados por:

$$\circ \quad \alpha = \frac{n+1}{2n} \quad \beta = \frac{m+1}{m+2}$$

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

Así pues:

$$P_0 = 20 + 0,514 \cdot (0) + 0,73 \cdot 4,38 = \underline{\underline{23.2 \text{ mca.}}}$$

A continuación procedemos a hacer lo mismo para los siguientes 15 módulos. Con lo que tendremos unos valores de presión mínima a la entrada del lateral, para cada parcela.

ZONA	LATERAL (m)	SECUNDARIA (m)	n (emisores)	Q lateral (l/h)	J' (m/m) lateral	hf ( mca)	P inicial (mca) necesaria
ZONA 1	230	211	460	1610	0,052386317	4,38578243	23,20162117
ZONA 2	317	262	634	2219	0,09184338	10,597624	27,73626549
ZONA 3	226	352	452	1582	0,050802364	4,17920564	23,05082012
ZONA 4	360	263	720	2520	0,114742294	15,0358301	30,97615601
ZONA 5	360	478	720	2520	0,114742294	15,0358301	30,97615601
ZONA 6	313	302	626	2191	0,0898249	10,2339305	27,47076925
ZONA 7	293	235	586	2051	0,080022568	8,53456696	26,23023388
ZONA 8	321	380	642	2247	0,093881054	10,9694379	28,00768965
ZONA 9	360	461	720	2520	0,114742294	15,0358301	30,97615601
ZONA 10	316	462	632	2212	0,091336958	10,5059423	27,66933788
ZONA 11	237	305	474	1659	0,055208221	4,76270284	23,47677307
ZONA 12	364	178	728	2548	0,116982681	15,4997374	31,31480827
ZONA 13	303	154	606	2121	0,084863072	9,35971796	26,83259411
ZONA 14	370	154	740	2590	0,120378012	16,2125107	31,83513279
ZONA 15	370	252	740	2590	0,120378012	16,2125107	31,83513279

Tabla 11.6

**4.4) PÉRDIDAS DE CARGA EN TUBERÍA SECUNADARIA:**

Una vez tenemos ya la presión inicial que tenemos que aportar en cada lateral más desfavorable de cada módulo y la presión que nos aporta la tubería primaria, podemos sacar las pérdidas de carga admisibles en la tubería secundaria.

ZONA	P inicial (mca) necesaria	P inicial (mca) obtenida	hf para TS(mca)
ZONA 1	23,20162117	34,3	11,0983788
ZONA 2	27,73626549	34,3	6,56373451
ZONA 3	23,05082012	33,56	10,5091799
ZONA 4	30,97615601	34,3	3,32384399
ZONA 5	30,97615601	33,56	2,58384399
ZONA 6	27,47076925	33,4	5,92923075
ZONA 7	26,23023388	33,4	7,16976612
ZONA 8	28,00768965	35	6,99231035
ZONA 9	30,97615601	35	4,02384399
ZONA 10	27,66933788	39,41	11,7406621
ZONA 11	23,47677307	39,41	15,9332269
ZONA 12	31,31480827	36,82	5,50519173
ZONA 13	26,83259411	42,75	15,9174059
ZONA 14	31,83513279	42,75	10,9148672
ZONA 15	31,83513279	36,82	4,98486721

Tabla 11.7

Y cuando tenemos las pérdidas de carga para cada tramo, sacamos el diámetro correspondiente mediante la fórmula de Cruciani, tal como hemos hecho antes para calcular las perdidas mediante un diámetro pero al contrario:

Primero sacamos la J mediante las pérdidas que hemos obtenido de la resta entre la necesaria y la obtenida, y la distancia de cada una de las secundarias.

A continuación con los datos del caudal (Q) y la pérdidas (J), tenemos el diámetro que se ajustara exactamente a las necesidades que teníamos.

	SECUNDARIA (m)	J (m/m) TS	Q TS (l/h)	$\phi$ SECUNDARIA (mm)	$\phi$ TS comercial
ZONA 1	211	0,14450	621000	181,67	200
ZONA 2	262	0,06883	634000	215	225
ZONA 3	352	0,08202	690000	215	225
ZONA 4	263	0,03472	460000	221	250
ZONA 5	478	0,01485	335800	235	250
ZONA 6	302	0,05394	446000	200	225
ZONA 7	235	0,08382	501400	190	200
ZONA 8	380	0,05055	588000	216	225
ZONA 9	461	0,02398	607200	246	280
ZONA 10	462	0,06982	621000	209	225
ZONA 11	305	0,14352	575000	177	200
ZONA 12	178	0,08497	607200	191	225
ZONA 13	154	0,28396	331200	126	140
ZONA 14	154	0,19471	400000	146	160
ZONA 15	252	0,05434	657000	229	250

Tabla 11.8

## 5) MOVIMIENTO DE TIERRAS:

Toda instalación de riego fija y permanente, conlleva consigo un movimiento de tierra para enterrar las tuberías primarias y secundarias, ya que en este caso los laterales de riego no irán enterrados al ser un riego por goteo y no por aspersion.

Para enterrar la tubería haremos una zanja, y la acondicionaremos para después colocar la tubería. La dimensión de la zanja dependerá del diámetro de la tubería a colocar y de la longitud de esta.

### 5.1) DEFINICIÓN DE LAS 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 correspondientes se muestran en la siguiente tabla:

Diámetro exterior de la tubería (mm)	Anchura de la zanja (m)	Profundidad de la zanja (m)
$\emptyset \leq 200$	$\emptyset (m) + 0,6$	$\emptyset (m) + 1$
$\emptyset > 200$	$\emptyset (m) + 0,7$	$\emptyset (m) + 1$

Tabla 11.9

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. La parte superior se rellena con material procedente de la excavación.

**5.2) EXCAVACIÓN DE LA ZANJA TUBERÍA PRIMARIA:**

Tramo	Longitud (m)	Tubería	Anchura (m)	Profundidad (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
0	106	400 PN 6	1.1	1.4	163.24
1	1148	400 PN 6	1.1	1.4	1790.9
2	139	315 PN 6	1	1.3	180.7
3	274	315 PN 6	1	1.3	356
4	385	315 PN 6	1	1.3	500.5
5	176	315 PN 6	1	1.3	228.8
6	93	315 PN 6	1	1.3	120.9
7	187	315 PN 6	1	1.3	243.1
8	312	315 PN 6	1	1.3	405.6
9	520	400 PN 6	1.1	1.4	811.2
10	665	400 PN 6	1.1	1.4	1037.4

Tabla 11.10

Total de m<sup>3</sup> excavados para la tubería primara: **5838 m<sup>3</sup>**

**5.3) EXCAVACIÓN DE LA ZANJA TUBERÍA SECUNDARIA:**

Zona	Longitud (m)	Tubería	Anchura (m)	Profundidad (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
ZONA 1	211	200	0.8	1.2	202.56
ZONA 2	262	225	0.9225	1.225	296
ZONA 3	352	225	0.9225	1.225	397.76
ZONA 4	263	250	0.925	1.25	304.1
ZONA 5	478	250	0.925	1.25	552.56
ZONA 6	302	225	0.9225	1.225	341.26
ZONA 7	235	200	0.8	1.2	225.6
ZONA 8	380	225	0.9225	1.225	429.4
ZONA 9	461	280	0.928	1.28	457.59
ZONA 10	462	225	0.9225	1.225	522
ZONA 11	305	200	0.8	1.2	292.8
ZONA 12	178	225	0.9225	1.225	201.14
ZONA 13	154	140	0.74	1.14	129.9
ZONA 14	154	160	0.76	1.16	135.76
ZONA 15	252	250	0.925	1.25	291.37

Tabla 11.11

Total de m<sup>3</sup> excavados para tubería secundaria: **4780 m<sup>3</sup>**

## Capítulo 12: Cálculo instalación de bombeo

### 1) INTRODUCCIÓN:

En este anejo se va a diseñar la instalación partiendo de la situación del mes de julio, por ser el de mayor evapotranspiración y de máximas necesidades del cultivo, y del tercer año de la plantación que es cuando alcanza su máxima evapotranspiración.

Se va a proceder regando cada parcela por separado para no sobredimensionar la instalación. Cada postura tiene un tiempo de riego de una hora y media por lo que al haber 15 posturas, tenemos las bombas funcionando todo el día excepto una hora y media que paran. Por lo que el tiempo de funcionamiento de las bombas para este mes será de 22,5 horas al día.

El caudal a bombear mayor es de 726 m<sup>3</sup>/h, que corresponde a la postura con mayor superficie, por lo tanto diseñaremos la estación de bombeo con respecto a este dato.

### 2) DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS:

Reflejado en el anejo 12.

### 3) CALCULO 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 cada grupo motobomba. Para ello se decide instalar tres grupos electrobombas, con uno en reserva por si acaeciese algún incidente. De esta manera el volumen que tendrá que impulsar cada grupo es de 242m<sup>3</sup>/h (0,067 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: 0,201 m<sup>3</sup>/s (726 m<sup>3</sup>/h).
- Densidad del agua (  $\rho$ ): 1000 Kg/m<sup>3</sup>
- Cota de aspiración: 380 m.s.n.m.
- Cota de descarga: 386 m.s.n.m.
- Longitud tubería aspiración: 2 m.
- Longitud tubería de impulsión: 0 m.
- Diámetro de la tubería de impulsión (D<sub>i</sub>): 400 mm.
- Temperatura de cálculo: 15 °C
- Velocidad media del agua en la tubería: 1,8 m/s

El primer paso para dimensionar la instalación es determinar la altura manométrica de elevación. Esta altura se expresa como:

$$H_{me} = H_a + h_a + H_i + h_i$$

Donde:

- $H_a$ : Altura geométrica de aspiración.
- $h_a$ : Pérdidas de carga producidas en la aspiración.
- $H_i$ : Altura geométrica de la impulsión.
- $h_i$ : Pérdidas de carga producidas en la impulsión.

Así pues, tenemos unas pérdidas de carga, producidas tanto en la aspiración como en la impulsión, totalmente insignificantes. Debido a que las longitudes son muy pequeñas y prácticamente no se producen pérdidas por rozamiento. Por lo que solo tendremos en cuenta las alturas geométricas a superar.

De esta forma, ahora se puede pasar a determinar la altura manométrica de elevación ( $H_{me}$ ), que resulta de:

$$H_{me} = H_a + h_a + H_i + h_i$$

$$H_{me} = 2 + 0 + 20 + 0 = 22 \text{ mca.}$$

Se adopta como altura manométrica de elevación de diseño el valor de 22 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  $m^3/s$ .
- $H_{me}$ : Altura manométrica de elevación, en m.
- $\rho$  : Densidad del agua, en  $Kg/m^3$ .

De esta forma:

$$N_u = \frac{1000 \cdot 0,067 \cdot 22}{75} = 19.6 \text{ CV}$$

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:

$$N_{\text{eje}} = \frac{N_u}{\eta_B} = \frac{19,6}{0,75} = 26.13 \text{ CV}$$

Para que el motor de accionamiento deje disponible una potencia en el eje igual a la calculada anteriormente, 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 ( $\eta_m$ ) y se calcula como:

$$N_{\text{motor}} = \frac{N_{\text{eje}}}{\eta_m} = \frac{26.13}{0,75} = 34.84 \text{ CV}$$

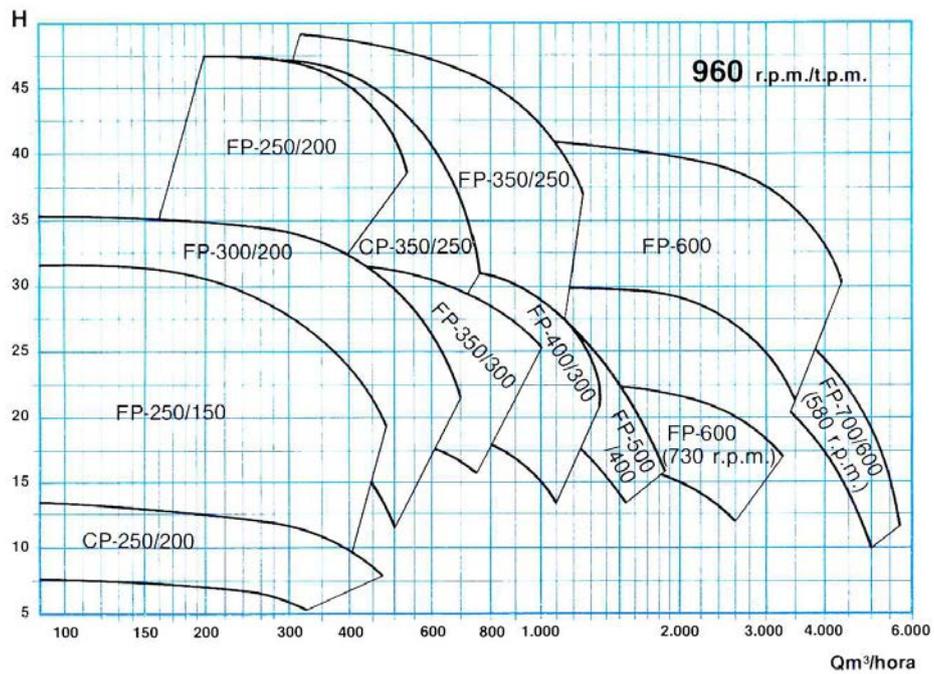
#### 4.2) ELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO.

Para cubrir las necesidades de la instalación tanto en caudal como en altura manométrica, se necesita una equipo de bombeo que proporcione un caudal total de 726 m<sup>3</sup>/h y una altura de 20 mca, así como un conjunto de motores que desarrolle aproximadamente 100 CV.

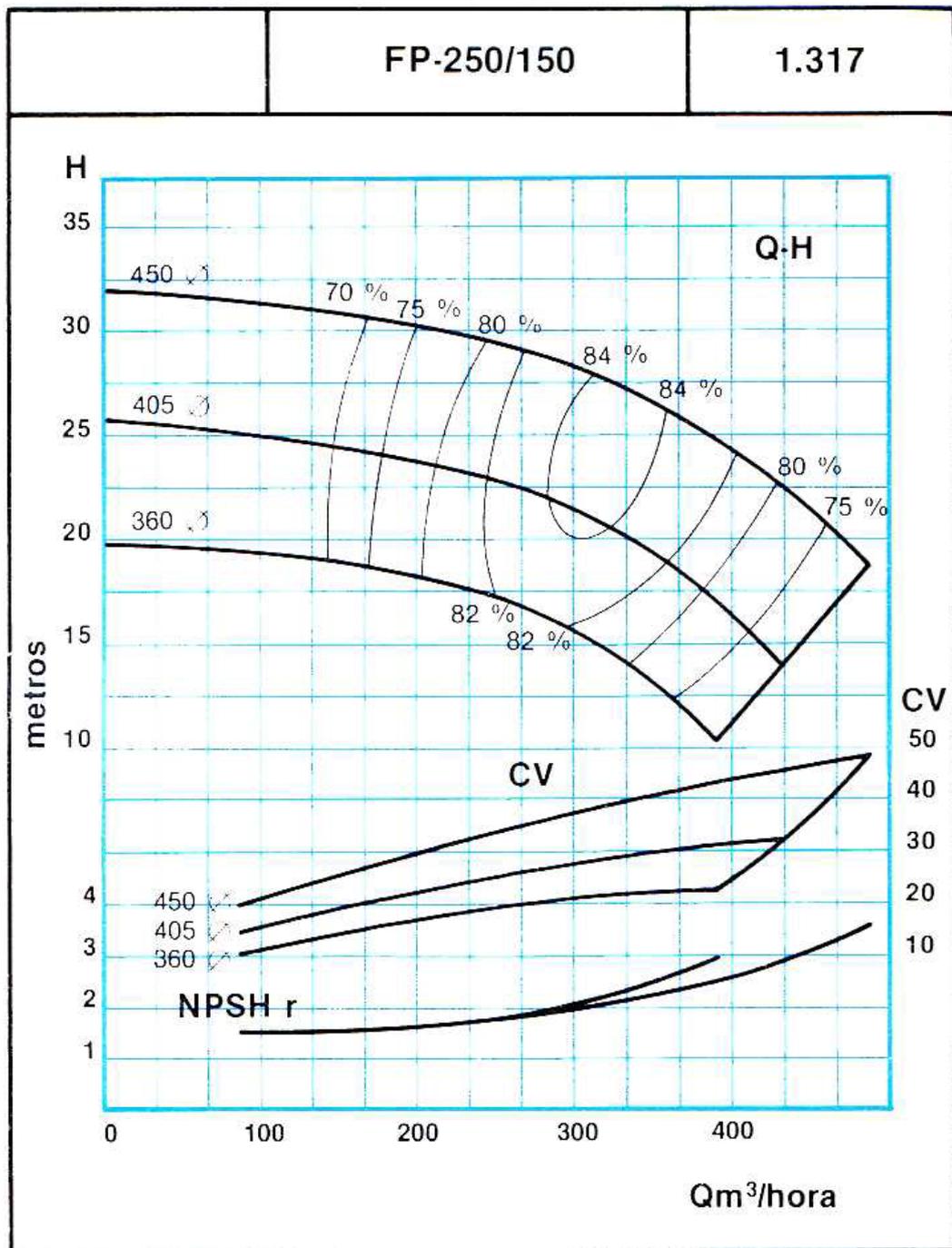
Con estos datos se elige de los diferentes catálogos comerciales un grupo electrobomba con las siguientes características:

- Régimen de revoluciones: 960 rpm.
- Diámetro del rodete: 360 mm.
- Rendimiento: 83%
- Modelo: FP-250/150

De esta forma se colocan tres grupos electrobombas de 242 m<sup>3</sup>/h cada uno, con las características detalladas. Las curvas de las diferentes bombas a seleccionar son las siguientes:



La curva característica de la bomba seleccionada, en la que se muestra el rendimiento y los caballos de vapor, dependiendo del caudal y la altura manométrica.



## **5) ESTUDIO DE LA CAVITACION.**

Reflejado en el anejo 12.

## **6) CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE EN LA INSTALACIÓN DE BOMBEO.**

Reflejado en el anejo 12.

### **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 0,6 MPa sería suficiente para que no hubiera problemas de fisuración causados por un exceso de presión. El timbraje anterior soporta presiones de hasta 60 metros de columna de agua, que es superior a la presión máxima de cálculo.

## **Capítulo 13: Diseño del cabezal de riego**

### **1) INTRODUCCIÓN**

El cabezal de riego es el elemento central de la instalación. Está formado por un conjunto de elementos que permiten realizar un tratamiento adecuado del agua de riego (filtrado, medición de caudal, control de presión, aplicación de fertilizantes, etc.).

Más detalles reflejados en el anejo 13.

### **2) CÁLCULO DEL CABEZAL DE RIEGO**

Reflejado en el anejo 13.

### **3) PROGRAMADOR DE RIEGO.**

El programador de riego que se ha elegido permite realizar el control total de la red de riego activando de forma automática cada uno de los módulos de riego, ya sea en base volumétrica o temporal. También puede controlar la fertilización, apertura y cierre de los hidrantes.

- Las características principales del programador son:
- Control simultáneo de varias líneas principales definidas por el usuario.
- 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.
- Programas de riego independientes para cada válvula.
- Acumulación de las cantidades de agua y fertilizante aplicadas en cada válvula.
- 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.
- Permite controlar diferentes entradas para contadores de agua, presostátos, tensiómetros, etc.
- Autotest y programas de diagnóstico tanto para el hardware como para el software.
- Capacidad de comunicación con un ordenador central vía cable.

El programador se alimenta a 12 V.

## **Capítulo 14: Cálculo estructural de la estación de bombeo.**

### **1) INTRODUCCIÓN**

Se proyecta la construcción de una nave que albergará todos los equipos necesarios para la elevación del agua de riego.

La edificación se compone de una captación en la margen derecha del río Alcanadre junto con un muro de protección, seguidamente una estación de filtrado, y en el interior de la nave, un foso que en el que se encuentra la cámara de carga y los tres grupos motobombas, en la parte superior y al mismo nivel que el terreno se encuentra una zona reservada como centro general de mando.

Parte de la estructura se proyecta en hormigón armado: la captación, el muro de protección, los muros de la sala de bombas, y la cámara de carga, la estructura de cerramiento en fábrica de bloque y la estructura de cubierta con pendiente a un agua compuesta por correas de perfiles IPE apoyados en zuncho perimetral o riostra de unión sobre muro de carga y chapa de acero lacada.

### **2) NORMATIVA**

Las normas que se han tenido en cuenta para el cálculo del edificio son la NBE-AE-88; la EHE-98; la NBE-EA-95 y la NTE-E.

### **3) CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO**

Se trata de una nave de planta cuadrada cuyas dimensiones son las siguientes:

- Altura máxima sobre nivel del suelo de la nave: 6 m.
- Altura mínima sobre nivel del suelo de la nave: 5 m.
- Altura foso para las bombas: 4 m.
- Longitud de la nave: 7 m.
- Anchura de la nave: 7 m.
- Separación entre correas: 1,4 m.

Todos los cálculos están reflejados en el anejo 14.

#### **4) DIMENSIONADO DEL MURO DEL FOSO DE BOMBAS.**

El foso que alberga la instalación de bombeo está constituido por paredes y solera de hormigón armado. Dentro del mismo se encuentra la cámara de carga, formada también por paredes de hormigón armado unidas a la solera del foso y a las paredes del mismo foso, dado que se encuentra en la esquina superior izquierda de esta.

Al interior de la sala de bombas se accede mediante escaleras metálicas tal y como se indica en el plano correspondiente.

Cálculos reflejados en el anejo 14.

#### **5) DIMENSIONADO DEL DEPÓSITO QUE CONSTITUYE LA CÁMARA DE CARGA.**

Para el abastecimiento de las bombas se dispone una cámara de carga que será un depósito de hormigón armado cuyas dimensiones son 1,6 m de ancho; 5 m de largo y 4m de altura.

En sus paredes irán alojadas las tuberías de aspiración de las bombas tal como se indica en el plano. Deberá conseguirse la estanqueidad de estas uniones mediante juntas con el fin de que no existan filtraciones que puedan perjudicar al edificio.

Cálculos reflejados en el anejo 14.

#### **6) CÁLCULO DE LA VIGA CARRIL DEL PUENTE GRÚA.**

Para el montaje, desmontaje y mantenimiento de la instalación de bombeo se instalará una viga carril dispuesta a lo largo del eje que una las tres bombas.

Cálculos reflejados en el anejo 14.

#### **7) MACIZOS DE ANCLAJE.**

Dentro del foso de bombas se dispondrán macizos de anclaje en los puntos en los que se prevé se pueden producir desplazamientos de la tubería de impulsión.

El hormigón armado utilizado en estos elementos será del tipo HA-25/B/20/IIa. La localización y sus dimensiones se especifican en los planos de detalle correspondientes.

## **8) CERRAMIENTOS.**

El cerramiento de la estación de bombeo se ejecutará en fábrica de bloque de hormigón de 20 x 20 x 40 cm. Se colocan 3 ventanas para la refrigeración de los grupos motobombas. Las dimensiones de estas y la puerta aparecen en los planos de detalle.

Además los cerramientos exteriores se enfoscarán con mortero de cemento 1:3 y en el interior se utilizará pintura al blanca al temple.

## **9) SOLERA.**

En el interior del edificio se dispondrá una solera de hormigón en masa H-20/B/20/I, de  $f_{ck} = 20$  MPa, de 20 cm de espesor mínimo.

## **10) PAREDES DE CARGA.**

Cálculos reflejados en el anejo 14.

## **11) ZAPATA CORRIDA.**

Cálculos reflejados en el anejo 14.

## **12) CAPTACIÓN DE AGUA DEL RÍO GUATIZALEMA**

La captación del agua del río Guatizalema hasta la cámara de carga de la estación de bombeo se realiza mediante una arqueta instalada en la base del río, una tubería de acero inoxidable 1,2 m de longitud,  $D = 500$  mm. comandada por una llave de mariposa del mismo diámetro, pasa el agua a un foso de decantación, y posteriormente atraviesa un filtro rotativo de 3 m. de diámetro accionado por medio de una motor de 1,5 CV, para entrar en la cámara de carga donde ceba las bombas por su peso, por lo que estas trabajan en carga.

Los elementos de entrada y tratamiento del agua del río se encuentran en un foso construido en hormigón armado de 25 MPa con armaduras B-500S. De dimensiones 4x4 metros, y una profundidad de 5 metros, se encuentra entre el muro de protección y la estación de bombeo.

El muro de protección tiene unas dimensiones de 15m. de longitud por 6 m. de altura y 0,5 metros de espesor, construido en hormigón armado HA-25/B/20/IIa con armaduras de acero B-500S.

La toma del río se hace mediante un depósito de hormigón armado con paredes de 30 cm de espesor y mallas electrosoldadas de acero B-500S formadas por

redondos de  $\varnothing 8$  mm en cuadrados de  $15 \times 15$  cm. La solera de este depósito en el que se toma el agua se encuentra 1m por debajo de la solera del río.

Levantando 0,9 metros por encima de la solera, en la parte superior se colocará una reja conformada por barras de acero inoxidable para evitar la entrada de elementos extraños procedentes de los arrastres del río.

El filtro rotativo realiza la función de limpieza del agua de riego. Las dimensiones del filtro y sus características se indican en el plano de detalle.

## **Capítulo 15: Elementos singulares**

### **1) INTRODUCCIÓN**

Los elementos singulares que se disponen a lo largo de la red de riego tienen la misión de control y regulación de los caudales circulantes así como el control y mantenimiento de la presión en la red de riego, el filtrado y la evacuación de aire.

### **2) ELEMENTOS SINGULARES DE LA RED DE RIEGO**

Reflejados en el anejo 15.

### **3) ANCLAJES.**

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

Para el diseño de los anclajes según su finalidad se ha seguido la norma NTE relacionada con las instalaciones de abastecimiento. 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 HA-250 armado con acero B-500S.

Reflejados en el anejo 15.

### **4) FILTROS.**

El cálculo y elección de los filtros a instalar en cada parcela para el filtrado del agua de riego se recogen en el anejo 13 "Diseño del cabezal de riego".

Aunque son elementos singulares, este apartado se detalla en el otro apartado ya que el filtrado se hará en la propia estación de bombeo, saliendo así el agua de riego filtrada hacia cada parcela.

## **Capítulo 16: Estudio de viabilidad económica**

### **1) INTRODUCCIÓN:**

Con el objeto de analizar si este proyecto es viable económicamente, 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. Los dos primeros son indicadores de rentabilidad absoluta y el tercero es un indicador 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.

La rotación de cultivos se repite cada 24 años, por lo tanto será de un ciclo.

### **2) SITUACIÓN ACTUAL:**

Actualmente la finca objeto de la transformación se viene cultivando de cereal de invierno de secano, normalmente cebada y ocasionalmente trigo. Debido a las características de la zona los rendimientos medios de estos cultivos son bajos.

Por estos motivos se plantea la necesidad de transformar a regadío 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 de los propietarios de las mismas.

### **3) DATOS CONSIDERADOS PARA EL ESTUDIO ECONÓMICO:**

Reflejados en el anejo 16.

### **4) COSTES DE PRODUCCIÓN DE LOS CULTIVOS.**

Reflejados en el anejo 16.

### **5) INGRESOS ANUALES.**

Reflejados en el anejo 16.

## **6) FLUJO DESTRUIDO.**

Reflejados en el anejo 16.

## **7) COSTE DEL AGUA DE RIEGO.**

Reflejados en el anejo 16.

## **8) ESTUDIO DE RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN.**

### **8.1) CONSIDERACIONES PREVIAS.**

El presupuesto total de la inversión asciende a 2.242.000 €, sin incluir los honorarios del ingeniero.

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 74.975 €. El coste de la mano de obra no se tiene en cuenta, ya que la explotación en principio se establece que va a ser dirigida y trabajada por el propietario y por su familia.

Se estima una vida útil de la instalación de 24 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 tres millones y medio de euros a 24 años a un tipo de interés del 5,5%.

Con lo expuesto anteriormente se realiza el estudio de rentabilidad económica.

Proyecto de explotación agrícola del cultivo de "Paulownia" para la obtención de biomasa en Alcalá del obispo (Huesca)

AÑO	Cobros ordinarios	Cobros financieros	Pagos ordinarios	Pagos extraordinarios	Pagos financieros	Flujo destruido	Pagos inversión	Flujo de caja
0		2.000.000€					2.242.000€	-242.000€
1			10.051€	109.986€	152.071€	74.975€		-347.083€
2			20.102€	109.986€	152.071€	74.975€		-357.134€
3	662.400€		99.153€	109.986€	152.071€	74.975€		226.255€
4	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
5	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
6	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
7	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
8	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
9	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
10	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
11	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
12	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
13	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
14	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
15	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
16	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
17	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
18	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
19	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
20	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
21	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
22	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
23	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
24	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€

### 8.3) ESTUDIO DE VIABILIDAD.

A partir de los flujos de caja calculados en el apartado anterior se han calculado los índices de rentabilidad que se exponen a continuación:

Valor Actual Neto (VAN): 656753,82 €

Tasa Interna de Rentabilidad: 11,9%.

## **9) CONCLUSIONES.**

El valor total de la inversión es de 2.242.000 €. Desde el punto de vista del VAN se observa que la inversión es rentable. El TIR es superior al tipo de interés utilizado, por lo tanto la inversión también es rentable.

Téngase en cuenta que aunque la inversión resulte rentable desde el punto de vista de estos índices, afrontarla sin ninguna ayuda por parte de la Administración es prácticamente inviable.

Por lo tanto, en función de los resultados obtenidos se puede concluir que la inversión es rentable.

## Capítulo 17: Instalación eléctrica

### 1) INTRODUCCIÓN:

La instalación eléctrica de este proyecto se concentra en la estación de bombeo. Dentro de esta instalación hay dos partes diferenciadas, que son alumbrado y fuerza.

La instalación de alumbrado se destina a la iluminación del local y de los exteriores. La de fuerza se destina a la alimentación de los grupos electrobomba, al motor del puente grúa y al motor de la motobomba.

### 2) INSTALACIÓN DE ALUMBRADO.

Para el alumbrado interior de las instalaciones se distinguen dos zonas: una de servicios (centro de control y mando y oficina) y otra el foso de bombas, para la estación de bombeo.

En la estación de bombeo se colocan 3 luminarias formadas por 2 lámparas fluorescentes de 36 W cada una. Se obtiene un total de 144W.

En el cálculo de las secciones de cable a colocar se tiene en cuenta dos puntos:

- Comprobación por calentamiento, a partir de la potencia instalada se calcula la intensidad circulante por cada línea según la fórmula:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi}$$

Siendo:

-I, intensidad en Amperios

-P, potencia en W

-V, potencial en Voltios

-cos  $\varphi$  = 0,9 Factor de potencia

Con la intensidad máxima calculada y mediante las tablas del Reglamento Electrotécnico para baja tensión se eligen las diferentes secciones de cable a instalar.

La intensidad para la estación de bombeo de 3,85 A. Por lo tanto, mediante las tablas I y II de la MIE BT 017 se obtiene que para dichas instalaciones los circuitos estarán formados por:

RV 0.5/1 KV 1x1,5 mm<sup>2</sup> + 1x1,5N + 1x1,5T

- Comprobación por caída de tensión, se comprueba que la caída de tensión máxima entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor del 5% de la tensión nominal. Se aplica la fórmula:

$$\Delta V = \frac{\rho \cdot 2 \cdot I \cdot L}{s \cdot V} < 5\%$$

Siendo:

- $\rho = 0,018 \Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$
- I, la intensidad en A
- L, la longitud de la línea en m
- s, la sección del cable en mm<sup>2</sup>
- V potencial en Voltios

Los resultados obtenidos se indican en el diagrama unifilar.

### 3) INSTALACIÓN DE FUERZA.

En la instalación para fuerza se incluyen los motores de las bombas y los motores para el puente grúa y el filtro rotativo.

La potencia de los motores a instalar es la siguiente:

En la estación de elevación:

- 3 bombas de 35 CV (25.7KW)
- Puente grúa: 1,5 KW

La potencia total es de 27.3 KW.

Para el cálculo de la intensidad circulante por las líneas de fuerza se aplica la siguiente fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi}$$

Siendo:

- I, intensidad en Amperios

-P, potencia en W

-V, potencial en Voltios

-cos  $\varphi$  = 0,8 Factor de potencia

Una vez obtenida la sección de cable a instalar se comprueba que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor del 5% de la tensión nominal. Para ello se aplica la fórmula:

$$\Delta V = \frac{\rho \cdot 2 \cdot I \cdot L}{s \cdot V} < 5\%$$

Siendo:

-  $\rho$  = 0,018  $\Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$

- I, la intensidad en A

- L, la longitud de la línea en m

- s, la sección del cable en  $\text{mm}^2$

- V potencial en Voltios

La intensidad circulante será:

Estación de bombeo.

- 22,34 A para cada bomba
- 2.68 A para el puente.

La sección de cables a colocar así como su distribución se indican en el diagrama unifilar.

## Índice:

<b>Anejo 1: Antecedentes y objeto del proyecto .....</b>	<b>1</b>
1) ANTECEDENTES: .....	1
2) OBJETO: .....	3
<b>Anejo 2: Descripción del proceso .....</b>	<b>4</b>
<b>Anejo 3: Elección del cultivo. ....</b>	<b>5</b>
1) INTRODUCCION: .....	5
2) HIBRIDOS, CARACTERISTICAS: .....	5
3) DESCRIPCIÓN GENERAL: .....	6
4) ANÁLISIS: .....	7
5) CONCLUSIÓN: .....	8
<b>Anejo 4: Manejo del cultivo.....</b>	<b>10</b>
1) PREPARACIÓN DEL TERRENO:.....	10
2) ADQUISICIÓN DE LA PLANTA: .....	11
3) PLANTACIÓN: .....	11
4) LABORES CULTURALES:.....	12
5) ABONADO: .....	13
6) PLAGAS Y ENFERMEDADES:.....	13
<b>Anejo 5: Diseño de la plantación.....</b>	<b>15</b>
<b>Anejo 6: Descripción de la zona.....</b>	<b>16</b>
1) INTRODUCCIÓN: .....	16
2) DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA .....	16
3) DESCRIPCIÓN HRIDROLÓGICA.....	17
<b>Anejo 7: Estudio climatológico.....</b>	<b>18</b>
1) INTRODUCCIÓN: .....	18
2) TEMPERATURAS:.....	18
3) RÉGIMEN DE HELADAS SEGÚN EMBERGER: .....	19
4) CALCULO DEL NÚMERO DE HORAS DE FRIO: .....	19
5) PRECIPITACIONES:.....	20
6) HUMEDAD RELATIVA:.....	21
7) DIAS DE NIEBLA Y ROCIO: .....	21
8) EL VIENTO:.....	22

9) CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS (índices climáticos): .....	24
10) CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN:.....	25
11) clasificación bioclimática de UNESCO-FAO: .....	26
12) CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE.....	28
13) DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE HUMEDAD. BALANCE HÍDRICO .	29
14) ÍNDICE DE HUMEDAD: .....	30
15) EFICACIA TERMICA.....	31
16) VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA HUMEDAD .....	31
17) CONCENTRACION TERMICA EN VERANO. ....	31
18) CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO DE REFERENCIA (ET <sub>0</sub> ) POR EL MÉTODO DE BLANEY-CRIDDLE-FAO .....	32
19) EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO (ET <sub>c</sub> ).....	33
<b>Anejo 8: Estudio Edafológico .....</b>	<b>34</b>
1) INTRODUCCIÓN: .....	34
2) FISIOGRAFÍA, GEOLOGÍA Y LITOLOGÍA: .....	34
3) EDAFOLÓGIA: .....	34
4) DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES AGROLÓGICAS:.....	35
5) CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL SUELO:.....	38
6) CARACTERES FÍSICOS: .....	39
7) CARACTERES QUÍMICOS:.....	39
8) CONCLUSIONES DE CARÁCTER FÍSICO:.....	39
9) CONCLUSIONES DE CARÁCTER QUÍMICO: .....	40
<b>Anejo 10: Cálculo de las necesidades hídricas. ....</b>	<b>41</b>
1) INTRODUCCIÓN: .....	41
2) NECESIDADES DE AGUA DE RIEGO:.....	41
2.1) NECESIDADES NETAS:.....	41
2.2) NECESIDADES REALES.....	42
3) DIMENSIONADO DEL RIEGO LOCALIZADO.....	46
3.1) DOSIS DE RIEGO: .....	46
3.2) PORCENTAJE DE SUELO MOJADO. ....	46
3.3) ÁREA MOJADA POR UN EMISOR.....	46
3.4) NÚMERO MÍNIMO DE EMISORES. ....	47
3.6) INTERVALO ENTRE RIEGOS. ....	48
3.7) VOLUMEN EMITIDO POR EL EMISOR.....	49
3.8) TIEMPO DE RIEGO EN CADA MODULO.....	49
4) CÁLCULO DEL CAUDAL FICTICIO CONTINUO EN EL RIEGO LOCALIZADO. ....	49
<b>Anejo 11: Cálculo hidráulico.....</b>	<b>51</b>

1) INTRODUCCIÓN: .....	51
2) DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES: .....	51
2.1) ELECCIÓN DE LAS TOMAS EN CADA PARCELA. ....	51
2.2) TRAZADO DE LA RED DE RIEGO: .....	52
2.3) CÁLCULO DE CAUDALES EN LA RED DE RIEGO: .....	52
3) ELECCIÓN DE MATERIALES. ....	52
3.1) DIÁMETROS COMERCIALES: .....	53
3.2) TIMBRADO DE LAS TUBERÍAS: .....	55
3.3) UNIONES: .....	55
3.4) SOBREPRESIONES EN LA RED DE RIEGO:.....	55
4) CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA RED DE RIEGO.....	55
4.1) METODO DE CÁLCULO UTILIZADO: .....	56
4.2) CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN TUBERÍA PRIMARIA: .....	57
4.3) CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN LATERALES: .....	59
4.4) PÉRDIDAS DE CARGA EN TUBERÍA SECUNADARIA: .....	63
5) MOVIMIENTO DE TIERRAS:.....	64
5.1) DEFINICIÓN DE LAS ZANJAS: .....	64
5.2) EXCAVACIÓN DE LA ZANJA TUBERÍA PRIMARIA: .....	65
5.3) EXCAVACIÓN DE LA ZANJA TUBERÍA SECUNDARIA: .....	65
<b>Anejo 12: Cálculo instalación de bombeo .....</b>	<b>66</b>
1) INTRODUCCIÓN: .....	66
2) DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS:.....	66
3) CALCULO DEL CAUDAL DE BOMBEO: .....	67
4) DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN DE BOMBEO: .....	67
4.1) POTENCIA NECESARIA EN LA INSTALACIÓN DE BOMBEO: .....	68
4.2) ELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO.....	69
5) ESTUDIO DE LA CAVITACION. ....	72
5.1) CALCULO DE LA ALTURA NETA DE ASPIRACIÓN (NPSH). ....	72
6) CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE EN LA INSTALACIÓN DE BOMBEO. .....	72
6.1) CÁLCULO DEL TIEMPO DE PARADA DE LA BOMBA. ....	72
6.2) CÁLCULO DE LA CELERIDAD DE LA ONDA Y DE LA LONGITUD CRÍTICA. ....	73
6.3) CÁLCULO DE LA SOBREPRESIÓN DEBIDA AL GOLPE DE ARIETE. .....	74
6.4) ELECCION DEL TIMBRAJE.....	75
6.5) ABSORCIÓN DEL GOLPE DE ARIETE.....	75
<b>Anejo 13: Diseño del cabezal de riego.....</b>	<b>76</b>

1) INTRODUCCIÓN .....	76
2) CALCULO DEL CABEZAL DE RIEGO. ....	78
2.3) CALCULO Y ELECCIÓN DE LOS FILTROS DE MALLA.....	81
2.4) ELECCIÓN DEL CONTADOR DE AGUA.....	82
2.6.- CALCULO DE LA PERDIDA DE CARGA TOTAL EN EL CABEZAL.	83
3) PROGRAMADOR DE RIEGO.....	83
<b>Anejo 14: Cálculo estructural de la estación de bombeo. ....</b>	<b>84</b>
1) INTRODUCCIÓN .....	84
2) NORMATIVA .....	84
3) CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO.....	84
3.1) CALCULO DE LAS ACCIONES ACTUANTES SOBRE LA ESTRUCTURA.....	85
3.2) CALCULO DE LOS PILARES. ....	87
3.3) RIOSTRAS DE UNIÓN.....	87
4) DIMENSIONADO DEL MURO DEL FOSO DE BOMBAS.....	87
4.1) PREDIMENSIONADO DEL MURO. ....	87
4.2) CÁLCULO DEL EMPUJE SOBRE EL MURO. ....	88
4.3) COMPROBACIÓN DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO. ....	89
4.4) COMPROBACIÓN DE SEGURIDAD AL VUELCO. ....	89
4.5) COMPROBACIÓN DE LAS TENSIONES SOBRE EL TERRENO DE CIMENTACIÓN EN CONDICIONES DE SERVICIO.....	90
4.6) DIMENSIONADO DEL MURO COMO ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO.....	91
5) DIMENSIONADO DEL DEPÓSITO QUE CONSTITUYE LA CÁMARA DE CARGA. ....	93
5.1) PREDIMENSIONADO DE LA CAMARA DE CARGA.....	93
6) cálculo de la viga carril del puente grua. ....	95
6.1) CARACTERÍSTICAS DE LA VIGA CARRIL.....	95
6.2) CÁLCULO DE LA VIGA CARRIL.....	95
6.3) ESFUERZOS A SOPORTAR POR LA VIGA CARRIL. ....	95
7) MACIZOS DE ANCLAJE.....	97
8) CERRAMIENTOS. ....	97
9) SOLERA.....	98
10) PAREDES DE CARGA. ....	98
10.1) DATOS PARA EL CALCULO. ....	98
10.2) COMPROBACIÓN DE LA SECCION PESIMA DE LA PARED DE CARGA.....	98
11) ZAPATA CORRIDA.....	99
11.1) DATOS DE PARTIDA.....	99

11.2) COMPROBACION DE LA PRESION ADMISIBLE POR EL TERRENO.....	99
12) CAPTACIÓN DE AGUA DEL RÍO GUATIZALEMA .....	99
<b>Anejo 15: Elementos singulares.....</b>	<b>101</b>
1) INTRODUCCIÓN .....	101
2) ELEMENTOS SINGULARES DE LA RED DE RIEGO .....	101
2.1) VÁLVULAS DE VENTOSA.....	101
2.2) TOMAS DE RIEGO. ....	102
2.3) VALVULAS DE MARIPOSA.....	103
2.4) VÁLVULAS HIDRÁULICAS.....	103
2.5) VÁLVULAS DE RETENCION.....	104
2.6) VÁLVULAS DE ESFERA.....	105
2.7) DESAGÜES.....	105
2.8) CODOS.....	105
2.9) REDUCCIONES.....	106
2.10) PIEZAS DE DERIVACIÓN.....	106
3) Anclajes.....	106
Pieza .....	107
Dimensiones en cm.....	107
Codo 45° .....	107
4) FILTROS.....	108
<b>Anejo 16: Estudio de viabilidad económica .....</b>	<b>109</b>
1) INTRODUCCIÓN: .....	109
2) SITUACIÓN ACTUAL:.....	109
3) DATOS CONSIDERADOS PARA EL ESTUDIO ECONÓMICO: .....	109
3.1) RENDIMIENTOS DEL CEREAL DE SECANO.....	109
3.2) SUBVENCIONES DE LA PAC.....	110
3.3) PRECIOS DE LAS PRODUCCIONES DE LOS CULTIVOS. ....	110
4) COSTES DE PRODUCCIÓN DE LOS CULTIVOS.....	110
4.1) COSTES DE UNA HECTÁREA DE CEBADA.....	110
4.2) COSTES DE UNA HECTÁREA DE PAULOWNIA.....	111
5) INGRESOS ANUALES.....	111
6) FLUJO DESTRUIDO.....	111
7) COSTE DEL AGUA DE RIEGO.....	112
8) ESTUDIO DE RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN.....	112
8.1) CONSIDERACIONES PREVIAS.....	112
8.3) ESTUDIO DE VIABILIDAD.....	114
9) CONCLUSIONES.....	114

<b>Anejo 17: Instalación eléctrica.....</b>	<b>115</b>
1) INTRODUCCIÓN: .....	115
2) INSTALACIÓN DE ALUMBRADO.....	115
3) INSTALACIÓN DE FUERZA.....	116

## **Anejo 1: Antecedentes y objeto del proyecto**

### **1) ANTECEDENTES:**

A pesar de la incertidumbre actual respecto de la evolución de la economía mundial y su recuperación en el futuro, la demanda energética mundial sigue creciendo a un ritmo considerable: un 5% en el año 2012. En los escenarios elaborados por la Agencia Internacional de la Energía al año 2035, la demanda energética mundial aumentaría un tercio, básicamente en países que no pertenecen a la OCDE.

A la luz de las perspectivas inciertas en el sector energético a nivel mundial y al papel fundamental que juega la energía en el desarrollo de las sociedades modernas, la política energética se desarrolla alrededor de tres ejes:

- La seguridad de suministro
- La preservación del medio ambiente
- La competitividad económica.

El Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020 aprobado por Acuerdo del Consejo de Ministros de 11 noviembre de 2011, establece objetivos acordes con la directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, y atendiendo a los mandatos del Real Decreto 661/2007, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial y de la le 2/2011, de economía sostenible.

El PER 2011-2020 establece unos objetivos en el campo de los usos de calor/frío que representan un 25% del objetivo global. Los usos térmicos, pues, van a tener que contribuir con una aportación muy importante y, en el caso de no conseguir los objetivos en este ámbito, sería muy difícil que el sector eléctrico pudiera aumentar su participación para asegurar el cumplimiento de los objetivos obligatorios que fija la Directiva de energías renovables.

Por todo ello, para alcanzar los objetivos planteados, es importante el desarrollo de propuestas novedosas que aceleren y aseguren el crecimiento de todas las tecnologías renovables para usos térmicos. En este sentido, se ha comprobado que el fomento de las aplicaciones térmicas a través de Empresas de Servicios Energéticos Renovables (ESEs) es un método efectivo para solventar las barreras detectadas.

Por lo tanto, una de las propuestas más destacadas del PER 2011-2020 es el establecimiento de un nuevo mecanismo de incentivos al uso del calor renovable, denominado ICAREN. Se trataría de un sistema de apoyo directo a la producción de energía térmica donde una empresa de servicios energéticos (ESE), que transmite energía a un consumidor realizando una actividad económica, tiene derecho a recibir un incentivo por la energía renovable producida y facturada. Este mecanismo abarcaría la actividad de suministro de energía térmica renovable.

La biomasa para energía se obtiene mayoritariamente de las industrias de primera y segunda transformación de los productos agrícolas y forestales, de los

residuos de explotaciones ganaderas, de los restos de aprovechamientos forestales, de los residuos de los cultivos y también de cultivos implantados y explotados con el único objetivo de la obtención de biomasa. A estos últimos se les denomina cultivos energéticos, pero no dejan de ser cultivos forestales o agrícolas. La ventaja fundamental de los cultivos es la predictibilidad de su disposición y la concentración espacial de la biomasa, asegurando el suministro.

La predictibilidad de la disposición de la materia prima es fundamental para cualquier industria, y la de la energía no es distinta. La concentración del recurso permite una gestión mecanizada, poco intensiva en mano de obra, y relativamente barata.

Los cultivos energéticos se pueden clasificar de diversas formas, por ejemplo por su aprovechamiento final:

- Cultivos oleaginosos para la producción de biodiesel.
- Cultivos alcoholígenos para la producción de etanol.
- Cultivos lignocelulósicos para la obtención de biomasa sólida:

En este proyecto se abarca el área de los cultivos lignocelulósicos y dentro de estos en los usados para la fabricación de combustibles más elaborados y con más valor añadido que la biomasa bruta. Para aplicaciones térmicas, como climatización de edificios, agua caliente sanitaria, y aplicaciones industriales (preparación de cualquier fluido de proceso).

Desde un punto de vista económico la utilización de biomasa supone:

- Mejora de la garantía de suministro ya que es un combustible local.
- Disminución de costes de suministro energético respecto a combustibles de importación.
- Mayor estabilidad de precios.
- Mejora de la rentabilidad de la industria que genera subproductos biomásicos aumentando su competitividad.
- Disminución del déficit exterior.
- Mayor rentabilidad que los combustibles fósiles debido al precio que han alcanzado y siendo que 2kg de biomasa suele equivaler a 1l de gasóleo en cuanto a poder calorífico, la diferencia de precios es significativa.

Desde un punto de vista medioambiental:

- Contribuye al mejor cumplimiento de los compromisos de España con la Unión Europea.
- Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>: mitigación del cambio climático.
- Utilización de energías renovables.
- Mayor eficiencia energética desde el momento que una parte significativa de la biomasa se pudre o quema en las cunetas para su destrucción.
- Es una energía renovable, totalmente compatible con la protección de nuestro entorno.

- La utilización energética de subproductos domésticos y de la industria que actualmente van a vertedero reduce el volumen de material desechado y aumenta la duración de dichos depósitos de rechazos.
- Facilita la gestión de los montes colaborando al aprovechamiento sostenible de sus productos, especialmente para masas forestales de especies con aprovechamiento energético tradicional que se abandonó con la generalización del butano.
- Facilita la recogida de restos del cultivo agrícola.
- Disminuye los riesgos de incendio mejorando por tanto a largo plazo la biodiversidad.
- Mejora el estado fitosanitario de los montes reduciendo el riesgo de plagas.
- Pone en valor amplias superficies agrícolas y forestales marginales que actualmente están sumidas en el abandono.

## **2) OBJETO:**

Todos estos hechos han hecho pensar a la cooperativa de Alcalá del Obispo en realizar una explotación para el aprovechamiento de los restos de poda de la zona y ayudarse por una plantación de 207 ha de Paulownias para tener un suministro constante a los consumidores.

Se ha elegido esta zona porque tiene las características necesarias para el cultivo, por tipo de suelo, climatología, disponibilidad de agua ya que es una zona de regadío pero no tiene asignada la suficiente dosis como para poner otros cultivos de alta rentabilidad, además de encontrarse cerca de la ciudad de Huesca lo que abarata mucho el suministro del producto.

La especie Paulownia se ha escogido porque tiene un crecimiento muy rápido, superando a las especies que se han empleado hasta ahora como el chopo, eucalipto, pino. Además tiene un rebrotamiento muy potente que hace que se pueda cortar cada 3 años e incluso crezca con más rapidez, y se puede hacer unos 8 cortes lo cual implica una duración de plantación para 24 años.

## **Anejo 2: Descripción del proceso**

El proceso consta de dos fases bien diferenciadas: La parte del cultivo en el campo y la de su procesado una vez cosechado y seco el producto.

En campo se realizará la plantación en un periodo de tres años, ya que los cortes se realizan cada tres años y así nos aseguramos una cosecha más continua y homogénea, además de repartir los gastos de inversión en tres años.

La cosecha se llevara a cabo en los meses de invierno, cuando la planta está en parada vegetativa, lo que facilita la recolección, el secado, y deja los tocones preparados para el rebrotamiento en primavera.

La tala de árboles se realizará mediante el uso de procesadoras, las cuales su función principal es apear y trocear la parte maderable de la paulownia, pero también trocea las ramas y las copas de los árboles, dejando el tronco limpio para facilitar el posterior trabajo del manejo, ya que los residuos los deja amontonados en el campo para facilitar su posterior recolección.

Una vez se hayan talado los árboles, y los troncos estén apilados en distintos puntos de acopio, mediante el uso de tractores forestales con un sistema articulado se cargaran y llevaran a la planta de procesado.

Una vez la procesadora ha dejado el tronco limpio, las restas vegetales, las cuales no tendrán un volumen muy significativo, se acopiaran y se trituraran con un equipo compuesto por JENZ+máquina cargadora, para posteriormente ser trasladadas a planta.

## Anejo 3: Elección del cultivo.

### 1) INTRODUCCION:

Paulownia Enlongata es un árbol perteneciente a la familia de las *pauloniaceae* del orden de las Lamiales, clase Magnoliopsida, y división Magnoliophyta.

El nombre de Paulownia proviene de un homenaje a la gran duquesa Ana Pavlovna de Rusia, Hija del Zar Pablo I de Rusia. El nombre *Paulownia* fue otorgado por el botánico suizo Thuberg, quien lo publicó en *Japanese Flora* en 1781 bajo la clasificación de las *Bignoniaceae* y reconociéndole como especie *Bignonia Tomentosa* (*Paulownia Tomentosa*). En 1835 Ducht Scholassrs, Zuccarni y Sibold la transfirieron a la familia de las *Scrophulariaceae* y encontraron 23 especies. Sin embargo, desde 1998, en la clasificación APG I de la Angiosperm Phylogeny Group (Grupo para la Filogenia de las Angiospermas) se cambia la ubicación de la Paulownia, sacándola del orden *scrofulares* y situándola en *lamiales*, con una nueva familia mono-genérica llamada *pauloniaceae*. Esa nueva filogenia se mantienen en el APG II del 2003 y en la nueva APG III, publicada en el 2009.

Las Paulownias son árboles originarios de China, donde hay más de dos millones de hectáreas plantadas y se cultiva desde hace muchos siglos. En EEUU también se lleva cultivando desde la década de los 70, con un gran aumento en superficie desde entonces y numerosos estudios y mejora genética en la especie. Las paulownias son árboles de elevado crecimiento, lo que las convierten en árboles muy rentables y versátiles.

Se conocen cuatro especies importantes de Paulownia:

- Paulownia Elongata
- Paulownia Fortunei
- Paulownia Tomentosa
- Paulownia Kawakamii

Estas especies son susceptibles de cruzamiento y mejora y los trabajos científicos han ido en esta dirección.

### 2) HIBRIDOS, CARACTERISTICAS:

Vicedex ha seleccionado y registrado para producir biomasa los clones chinos "SunTZU" para su crecimiento superior y para su tolerancia a los diferentes suelos y climas en España y Europa.

Vicedex vende en exclusiva los siguientes clones:

- Sun Tzu11 (HybridElongata)
- Sun Tzu33 (HybridFortunei)
- Sun Tzu104 (HybridFortunei)
- Sun Tzu105 (HybridTomentosa)

Una ventaja de estos híbridos es la mejoría sinérgica de la combinación de los parentales, superando a éstos, pero otra es la infertilidad, lo que evita que una especie que podría llegar a ser invasiva se convierta en plaga por los alrededores de la plantación.

Principalmente, el valor industrial y comercial que tiene el género radica en su vertiginoso crecimiento, entre 1,8 y 2,5 cm verticales por día, mucho mayor que el alcanzado por otras especies, hecho que lo hace muy productivo y rentable para quienes lo cultivan; sin contar que sus árboles han demostrado excelentes resultados en usos específicos como la fabricación de chapilla y pulpa de papel y para la producción de madera, entre otros.

Características que la hacen un cultivo interesante:

- Crecimiento ultra-rápido, de varios metros por año, en condiciones favorables.
- Porte recto, con pocos nudos.
- Presenta reposo invernal (caída de hojas).
- No es un árbol excluyente ni invasivo (flor masculina).
- Apto para gran variedad de climas y suelos.
- Recuperación y estabilización de suelos. Control de la erosión.
- Resistente a condiciones moderadas de sequía una vez desarrollado (1-2 años).
- Soporta bien el frío (-17°C) y el calor (45°C).
- Alta capacidad de absorción de nitrógeno.
- Descontaminación de suelos (nitratos, nitritos, arsénico, metales pesados, etc.).
- Regeneración después del corte.
- Rápido crecimiento después del corte.
- Resistente al fuego (punto de ignición de 247°C).
- Tiempo de secado muy corto, 20-40 días al aire libre (hasta 12% humedad).
- Acepta bien purines como fertilizante.
- Muy resistente y relativamente libre de enfermedades.
- Convive con otras especies
- Acepta cultivos intercalados (cereales, pastizales).

### 3) DESCRIPCIÓN GENERAL:

Altura a los 4-5 años.	20 – 30 metros.
Tipo de suelo.	Buen drenaje y no muy arcilloso, con nivel freático a más de 2 – 2,5 metros.
pH del Suelo.	De 5,5 a 9.
Pluviometría media.	500 mm como mínimo.
Densidad (10% de humedad).	290 Kg/m3.
Humedad apeo de árbol.	40 – 55%.
Humedad a los 40 días de	12%.

secado natural.	
Marco de plantación.	3m x 2m.(para uso exclusivo energético) 1600 pies/ha 3m x 3m (80% energía y 20% madera) 1100 pies/ha 2,5m x 4m.(para uso como madera) 1000 pies/ha
Periodo sistema de cosecha.	Cada 3 años (8 veces aprox.)
Rendimientos medios.	35 – 45 Tm/Ha (año)

Tabla 3.1

Los valores del pH son un poco bajos pero entran dentro de las características que nosotros tenemos, aunque lo tendremos que tener en cuenta siempre, y utilizar elementos acidificantes siempre que podamos para no pasarnos en el pH. La humedad a los 40 días de secado natural es un dato muy importante, ya que nos ahorramos muchos costes del secado.

#### 4) ANÁLISIS:

Análisis inmediato (% base seca):

Cenizas 550 °C	1,1
Volátiles	81,7
Carbono fijo	17,2

Tabla 3.2

El porcentaje de cenizas como se puede comprobar es muy bajo, lo que facilita mucho el manejo de las instalaciones que empleen esta madera, ya que implica que el vaciado de las cenizas se puede realizar cada más tiempo y mejora el funcionamiento de las calderas, lo cual acentúa los beneficios de utilizar la biomasa como fuente de energía.

Análisis elemental (% base. seca):

Carbono	49,5
Hidrógeno	6,4
Nitrógeno	0,24
Azufre	0,02
Cloro	0,01

Tabla 3.3

El alto contenido en carbono demuestra el alto grado de captura de CO<sub>2</sub> por parte de la especie Paulownia, y el bajo contenido en azufre demuestra lo poco contaminantes que son las calderas al utilizar este tipo de biomasa, ya que el azufre es uno de los principales causantes de la contaminación.

Poder Calorífico:

Inferior (humedad = 0,0%)	4.430 Kcal/kg.
Inferior (humedad = 29,9)	2.940 Kcal/kg.

Tabla 3.4

Podemos comparar los valores con otros productos utilizados para la fabricación de pellets como son los subproductos de industrias agroalimentarias:

- Olivar (orujillo): PCI =3780 Kcal/Kg. en base seca.
- Almendra (cáscara): PCI =3940 Kcal/Kg. en base seca.
- Vid (orujo): PCI =3240 Kcal/Kg. en base seca.

Composición química (%):

Celulosa	46-49
Hemicelulosa	23-26
Lignina	21-23

Tabla 3.5

Elementos mayoritarios en las cenizas (550°), (%masa):

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.95
MnO	0.04
CaO	11.8
FeO <sub>3</sub>	2.96
K <sub>2</sub> O	22.74
MgO	3.1
Na <sub>2</sub> O	0.25
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.02
SiO <sub>2</sub>	0.76

Tabla 3.6

## 5) CONCLUSIÓN:

Este cultivo ha sido seleccionado, por su valor económico, debido a su alto valor calorífico que lo hace muy recomendable en la generación de calor a base de pellets, además de presentar un bajo contenido en cenizas y en sustancias no deseadas de esta como son el cloro y el azufre. Su rápido crecimiento y la adaptabilidad al clima y los suelos de la zona, junto con la ausencia de plagas importantes hasta el momento en la península Ibérica, también lo hacen muy interesante.

Las comparaciones que se han realizado con otros cultivos son muy satisfactorias para la especie Paulownia, ya que no tiene competencia, ni en calidad

de la madera, ni en producciones, si se compara con los principales cultivos energéticos que se utilizan en la actualidad (chopo, sauce, eucalipto.).

La planta que se va a utilizar es un clon in vitro, cruce de las especies: Paulownia Enlongata x Fortunei. El clon es el denominado Clon 112, que es el que mejor se adapta al clima y los suelos de la península ibérica, y el utilizado ya en varias plantaciones de nuestro país con éxito. Probado también por la Universidad de Castilla-La Mancha y considerado como el mejor clon que probaron.

## **Anejo 4: Manejo del cultivo.**

### **1) PREPARACIÓN DEL TERRENO:**

La Paulownia no tiene muchas limitaciones, aunque sí que hay tener especial cuidado con la zona en la que se va a implantar debido a la temperatura. La península ibérica está dentro de la franja térmica donde la Paulownia puede desarrollarse, exceptuando las zonas de montaña donde la altitud, la falta de suelo y temperaturas extremas hacen que su cultivo no sea del todo recomendable. La altitud máxima a la que se consigue establecer el cultivo son los 2000 m de altura.

Con el tema de las temperaturas se puede jugar bastante, ya que en España se comercializan ya varios clones de diferentes especies de Paulownia, que se adaptan a distintas zonas dependiendo de la temperatura. La Paulownia tomentosa es la más resistente a las bajas temperaturas, siendo apta para los sitios donde la exigencia climática sea esencial. Por otro lado están la P. elongata y la P. elongata x fortunei que son menos resistentes a las heladas, pero aun así soportan temperaturas entre -10° y -15° C.

La textura arcillosa del suelo, no es recomendable, ya que se pueden dar problemas por encharcamiento, que es una de las limitaciones importantes de este cultivo. Pero con un suelo no extremadamente arcilloso y un riego por goteo adecuado se puede controlar bien este problema. Si no tenemos en cuenta todo lo anterior, el árbol muere por asfixia radicular, mostrando síntomas como marchitez en las hojas, clorosis y caída. Algunas veces las hojas no terminan de caer totalmente y las que se quedan colgando del pecíolo toman una coloración marrón característica. También para este caso tenemos distintos cruces de especies de Paulownia que soportan más o menos el porcentaje de arcilla. Mientras la P. fortunei puede crecer en lugares donde la concentración de arcilla es del 30 % o incluso superior, las demás lo hacen con menor porcentaje, en torno al 15 %. Según diversos autores la que menos toleraría la arcilla sería la P. elongata, y la P. fortunei junto con la P. tomentosa las que más podrían aguantar el exceso. De todas formas la Paulownia demuestra ser muy adaptable y estas cifras son orientativas. Lo importante es que el sistema radicular esté lo suficientemente aireado y que no llegue a compactarse demasiado.

En referencia al pH hay diferencias entre las distintas especies de Paulownia. La P. elongata y la P. tomentosa van desde los 5 – 8,9 pH, la P. fortunei de 5 – 8 pH y las demás prefieren suelos más ácidos. Estas cifras se refieren a árboles sin hibridar, pero no hay muchas diferencias con los clones que se comercializan. No es aconsejable trabajar con pH superior a 8,5 para el buen desarrollo de los árboles. Si bien la Paulownia es muy adaptable a los suelos pobres crecerá mejor con terrenos bien cuidados y con gran cantidad de nutrientes.

Antes de implantar el cultivo hay que trabajar la tierra, para airearla, descompactarla, y eliminar las malas hierbas. Para ello basta con dar unos pases de cultivador con una profundidad de al menos 60 cm en ambas direcciones para asegurarnos de que nada queda compactado. El pase de grada para la aireación de la tierra se hará justo antes de poner la plantación para que nos haga a su vez la tarea de eliminación de las malas hierbas y así no tener que utilizar ningún herbicida de contacto, además de dejar el terreno mullido en la parte de arriba para que las raíces se asienten fácilmente.

En caso de que se quiera establecer plantaciones en sitios muy difíciles, donde sea necesario establecer en poco tiempo una cubierta vegetal no queda más remedio que acudir a operaciones con maquinaria pesada. Una retroexcavadora equipada con una pala fina es lo más apropiado. En poco tiempo se puede cavar zanjas de unos dos o tres metros de profundidad (o más) y relativamente estrechas. Las zanjas se rellenan con tierra más apropiada y se plantan las Paulownias.

También se aplicará el abono de cobertera antes de poner las plantas, a base de estiércol, con unas 20 o 30 toneladas por hectárea dependiendo de los análisis del suelo, y la cantidad de nitrógeno que presente.

## **2) ADQUISICIÓN DE LA PLANTA:**

Este cultivo siempre se reproduce vegetativamente, por micro-propagación, ya que todo lo que se comercializa son clones debido a que una plantación de clones no sólo dará como fruto los mejores ejemplares, sino que proporcionará homogeneidad de crecimiento y si se trata de ejemplares producidos mediante micro-propagación, iniciaremos la plantación en ausencia de enfermedades y plagas (lo que no implica que tal esterilidad impida el contagio posterior). Esto también implica que la descendencia de dichos clones será inerte ya que son híbridos, por lo que no se podrá calificar nunca a la plantación como especie invasora ya que la descendencia no existe.

En nuestra zona se comercializa el clon 112, un cruce entre Paulownia Enlongata x Fortunei, que está adaptado a los suelos y la climatología de la zona, dando buenos resultados.

## **3) PLANTACIÓN:**

Primero hay conseguir planta de calidad, endurecida y aclimatada al exterior del invernadero de plástico o malla, para que tenga el menor estrés posible al transporte y la posterior plantación en el campo.

La Paulownia para un buen desarrollo no necesita ser muy grande, lo que sí es importante es que tengan un buen sistema radicular. Cuando se recibe una planta muy crecida en altura es aconsejable cortarla y que saque un nuevo tallo. Un excesivo crecimiento del tallo en las plantas que llegan del vivero suele ser la consecuencia de la masificación dentro de los invernaderos, y normalmente no han llegado a hacer un buen sistema radicular. Estas plantas son más sensibles al transporte y a la manipulación, el tallo suele romperse o doblarse. El añadirles un tutor en la mayoría de los casos produce rozaduras a causa del viento y terminan por cortar los tallos o las hojas.

La planta que viene del vivero tiene que ser pequeña, el tallo cortado preferiblemente en el vivero, sin tutor, que esté aclimatada en el exterior antes de la venta y un sistema radicular bien desarrollado que llene la maceta. La plantación de una Paulownia de estas características facilita y asegura el agarre, y la mecanización para grandes extensiones.

En el momento de plantar las Paulownias no han de quedar muy enterradas, y tampoco comprimir la tierra alrededor del tallo para no producirles heridas. La Paulownia cuando es joven tiene un tallo muy tierno y hay que ir con cuidado.

Dependiendo del riego, se elige un sistema de plantación u otro, ya que con el riego a manta podríamos tener problemas de encharcamiento, por lo que se recomienda plantar en caballones, pero al tener un sistema de riego por goteo basta con dejar una pequeña elevación de tierra, para que no quede un hoyo alrededor y se produzca el encharcamiento.

La época de plantación: en nuestro país la mejor época de plantación es en primavera. En la cuenca mediterránea, en sitios libres de heladas tardías se puede plantar incluso a finales de febrero primeros de marzo. Por el contrario en zonas donde se tenga constancia de heladas primaverales, la plantación deberá retrasarse hasta que el peligro de heladas sea bajo.

Plantando en primavera, los árboles provenientes de vivero tienen tiempo de aclimatarse y desarrollar un sistema radicular y un tronco que les permitirán superar perfectamente el primer invierno si se superan los  $-5^{\circ}\text{C}$ . Si en la zona dónde se pretende plantar Paulownias se tiene constancia de que las temperaturas invernales raramente sobrepasan los  $0^{\circ}\text{C}$  y si lo hacen no son muy bajas y de corta duración, se podría plantar la Paulownia a finales de agosto o principios de septiembre. El árbol tiene el tiempo justo para hacer raíces, aclimatarse al terreno y también aprovecharíamos las lluvias otoñales, de esta manera a la primavera siguiente la planta ya está establecida en el campo y tiene más tiempo para crecer y desarrollarse. Éste tipo de plantación evidentemente tiene sus peligros, un final de verano fresco y un otoño corto hace que la Paulownia no desarrolle lo suficiente. Además que hay que tener en cuenta en la época del año en que se producen los vientos más fuertes, lo cual nos puede hacer cambiar de idea.

El período de plantación de la Paulownia en maceta sin riesgo va desde finales de marzo hasta finales del mes de junio, ajustándose a las diferentes zonas. Los meses de julio y agosto no se aconsejan por ser meses de mucho calor, y las plantas sufrirían un excesivo estrés hídrico.

La plantación con raíces y trasplante de árboles se hará antes o justo cuando mueva la savia en primavera. Si después de brotada la Paulownia se efectúa el trasplante lo más probable es que tenga éxito, pero haciéndolo antes evitamos el parón post-trasplante por estrés.

#### **4) LABORES CULTURALES:**

Una vez instalada la plantación las labores culturales de los siguientes años se resumirán en controlar la cubierta vegetal que sale de forma espontánea, dando algún pase de grada los primeros años del cultivo si vemos que pueden ejercer mucha competencia con agua y nutrientes. Si la cubierta vegetal que tenemos no da buenos resultados se probarán otro tipo de cubiertas vegetales más aptas.

## 5) ABONADO:

El abonado se realizará en fondo y en cobertera, ya que se aplicaran de 30 a 40 toneladas de estiércol de vacuno por hectárea dependiendo de los nutrientes que estén ya almacenados en el suelo, lo cual lo sabremos haciendo un análisis de la tierra.

Después en cobertera se aplicara básicamente purines ya que este cultivo es altamente tolerable y el coste es más económico. La cantidad dependerá de los años de implantación del cultivo, ya que los primeros años las raíces no están desarrolladas del todo y perderíamos los nutrientes móviles por percolación.

Si con el estiércol y el purín no cubrimos las necesidades podremos utilizar abonos de síntesis como por ejemplo un 15-15-15 en una dosis de unos 300 Kg/ha.

Si lo que queremos es abonar por fertirrigación lo que haremos será elegir el abono en cuanto a las necesidades que tenemos pero sin superar nunca los 2 m/S ya que podríamos quemar la planta, y también tendremos en cuenta el pH del suelo para abonar con abonos más o menos ácidos.

## 6) PLAGAS Y ENFERMEDADES:

Las enfermedades de la paulownia dependen totalmente de la zona del mundo en la que se encuentren, en España a no ser un cultivo popularizado y no abarcar muchas hectáreas, las enfermedades que se conocen son pocas, pero vamos a nombrar también las más importantes de otros países ya que cualquier día pueden llegar al nuestro:

- *Mycoplasma sp*: afecta a toda la planta, tallo, hojas, raíz y flores. Produce la enfermedad llamada "Escoba de Bruja" o "Witches' Broom". Se propaga por el empleo de material contaminado y por insectos chupadores de savia. Esta enfermedad aparentemente está localizada en las áreas de distribución natural de la Paulownia en Asia, también ha aparecido en Estados Unidos.
- Las semillas y plantas de micropropagación no transmiten la enfermedad. El problema lo tenemos con los esquejes, pero al no ser esta una forma muy utilizada, ya que casi todo proviene de micropropagación, no va a ser un problema importante, además de que se pueden desinfectar los esquejes si se quiere.
- *Hongos*: Sensible a antracnosis (*Sphaceloma sp* y *S. paulowniae*) Atacan hojas, tallos y brotes. Especialmente en arboles jóvenes y en condiciones de temperatura cálida 25° C y alta humedad 90 - 100%.
  - Hongos de las especies *Rhizoctonia solani* and *Fusarium sp*.
  - Otros hongos: *Phyllactinia imperialis* Miyabe, *Uncinula clintonii* Peck, *Cercospora paulowniae* Hori, *Mycosphaerella paulowniae* Shirai et Hara, *Valsa paulowniae* Miyabe et Hemmi, *Septobasidium tanakae* (Miyabe) Boed et Steinm.

- *Parasitos vegetales*: Dos especies de Loranthus, también conocidos como Muérdagos, Loranthus parasiticus (Linn.) Merr. and Loranthus yadoriki Sieb. Son plantas parásitas de considerable tamaño y capaces de causar algunos daños al debilitar la planta atacada. En cultivo fuera de Asia es muy improbable que la planta se vea atacada.
- *Insectos fitófagos y defoliadores*: Debido a la naturaleza de las hojas de las paulownias, grandes y nutritivas, que constituyen un buen forraje, esta planta, aunque muy resistente, puede ser atacada por algunas especies. En Asia las principales plagas de insectos fitófagos que le pueden afectar son: Agrotis ypsilon (Rott.), A. toxionis Butler, Euxoa segetum Schiff, Serica orientalis Matsch, Anomala corpulenta Matsch, Holotrichia diomphalia, Gryllotalpa unispina Saussure, G. africana palisot de Beauvois, Empoasca flavescens (Fabricius), Cicadalla viridis L., Cryptotothlea variegata Snellen, Psilogamma menephron Cramer, Batocera horsfieldi Hope, Megopis sinica White y Basiprionota bisignata Boh.
- *Ácaros*: "Two spotted mite", "Tomato russet mite" y "Broad mite".

## **Anejo 5: Diseño de la plantación.**

En el diseño de la plantación tendremos en cuenta varias cosas importantes, como son: el marco de plantación, el sistema de riego utilizado, y la orientación de las calles y filas.

El marco de plantación será de 3 x 2 m dando como resultado unas 1600 plantas por hectárea, dependiendo de las características de la parcela. Realizamos este marco tan denso, porque toda la madera va a ser empleada como biomasa por lo que no nos interesan grandes troncos sino la mayor cantidad de cosecha posible.

El sistema de riego utilizado es el riego localizado de bajo caudal y alta frecuencia, por lo que las tuberías irán por las filas en las que la separación es de 2 metros por árbol, para permitir el paso por las calles.

La orientación de la parcela se determina por los vientos dominantes, ya que en verano con el exceso de calor, se pueden producir daños en la plantación. De esta forma podremos minimizar estos daños ya que el aire circulará mucho mejor por las calles en la dirección dominante. No solo es importante una correcta aireación para disminuir los daños por altas temperaturas, sino que también ayuda a una mejor renovación del aire, lo que aumenta el rendimiento.

También se podría tener en cuenta la orientación solar, aunque al ser un cultivo que cubre toda la parcela una vez bien establecido y que no estará por filas, no es la forma que más conveniente de orientar la plantación.

## **Anejo 6: Descripción de la zona.**

### **1) INTRODUCCIÓN:**

La parcela se encuentra en Alcalá del obispo, en las afueras del pueblo, tocando con el mismo pueblo y con las carreteras que lo cruzan. Se encuentra a 13 km al sudeste de Huesca, pertenece a la provincia de Huesca, y a la comarca de la Hoya de Huesca que está emplazada en la parte central del somontano oscense, es atravesada por los ríos Isuela, Flumen y Guatizalema. Se sitúa entre los ríos Sotón y Alcanadre y está limitada por las sierras de Gratal y Guara.

Sus comarcas limítrofes:

- Norte – Jacetania y Alto Gállego
- Sur – Zaragoza y Monegros
- Este – Somontano de Barbastro
- Oeste – Cinco Villas

El municipio limita: al N con el municipio de Siétamo, al NE con el municipio de Angüés al E con el municipio de Blecua y Torres, al S con el municipio de Argavieso, al SO con el municipio de Albero Alto, al O con el municipio de Monflorite-Lascasas, y al NO con el municipio de Loporzano.

El municipio está comunicado por la A-1217 con el aeropuerto Huesca-Pirineos, Monflorite y de ahí con la A-131 hasta Huesca. También está comunicado con la Autovía A-22 Huesca-Lerida a 3 km de distancia por la A-1219.

### **2) DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**

Los materiales que aparecen son del mioceno y están afectados por una deformación “póstuma” de edad post-miocénica de carácter anticlinal que da lugar a pendientes muy suaves. Normalmente la disposición de estos materiales es un estrato duro y calcáreo o calco-arenisco en la parte superior protegiendo los yesos más erosionables.

Al pie de esta sierra, donde se encuentran los glaciares, aparecen los materiales detríticos (cantos angulosos predominantemente calizos) que fosilizan los materiales terciarios que bordean las calizas miocenas.

Por último, los valles de fondo plano están formados por depósitos continentales: limos, margas y algunos cantos.

### 3) DESCRIPCIÓN HIDROLÓGICA

La finca se encuentra en el propio cauce del río Botella, (aunque el agua es tomada del propio río Guatizalema) en la subcuenca del Guatizalema, la cual tiene una superficie de terrenos en regadío de 1250 ha. Pertenece a la cuenca del Alcanadre. Agrupa a un conjunto de ríos singulares que drenan el prepirineo central aragonés hacia el Cinca. Se extiende por la vertiente Sur de la Sierra de Guara y se reúne con el Cinca aguas abajo de Ontiñena, cerca de Ballobar, en la provincia de Huesca. El Vero es el cauce más oriental de este conjunto y se dirige directamente al Cinca con quien confluye aguas abajo de Barbastro.

El río Alcanadre tiene una cuenca vertiente superficial de 3.385 km<sup>2</sup>. En su margen derecha presenta dos afluentes principales: el río Guatizalema (362 km<sup>2</sup>) y el río Flumen (1.545 km<sup>2</sup>). Todos ellos nacen entre las sierras exteriores pirenaicas de Javierre y Balces. Su recorrido principal toma una dirección norte-sur, aunque en las proximidades de sus desembocaduras (Guatizalema y Flumen al Alcanadre, y Alcanadre al Cinca) tienen una dirección noroestesureste.

La subcuenca del río Guatizalema tiene una morfología claramente alargada de norte a sur, con una anchura que no suele sobrepasar los 7 km. Su superficie, de 372,79 km<sup>2</sup>, se enmarca en la provincia de Huesca (CC.AA. de Aragón) rodeada por las subcuencas de los ríos Flumen, al oeste, Gállego, al norte, y Alcanadre, al este.

El cauce principal, el río Alcanadre, con una dirección N-SE, tiene una longitud aproximada de 73 km y se subdivide en cinco masas de agua, de las cuales cuatro tienen punto de muestreo biológico.

En este colector principal desemboca un único afluente, el río Botella, por su margen derecha. Este río, de 22 km de longitud, y caudales esporádicos, no ha sido valorado por el índice hidrogeomorfológico IHG.

Hay una aportación de aguas residuales que proceden de las instalaciones del Aeropuerto de Huesca-Pirineos. Existen dos flujos de aguas residuales: aguas sanitarias, que son tratadas en un decantador- digester y filtro biológico de 105 hab-eq con desbaste y aguas pluviales potencialmente hidrocarburadas, que son tratadas a través de un macro-separador de hidrocarburos, modelo AQUA IHDC para el tratamiento de un caudal nominal de 700l/s. El volumen anual máximo de vertido será de 23.750 m<sup>3</sup> para las aguas sanitarias y de 320.000 m<sup>3</sup> para las aguas pluviales potencialmente hidrocarburadas.

La descripción de Edafológica y de las clases agrícolas se muestra en el anejo 8 del estudio edafológico.

## Anejo 7: Estudio climatológico

### 1) INTRODUCCIÓN:

El estudio climatológico es una parte muy importante, ya que dependiendo del clima que tengamos en nuestra parcela, se condicionarán muchas cosas, como por ejemplo la cantidad de agua que hay que aportar en la dosis de riego, algo que también depende del cultivo a instalar. Las labores culturales, tratamientos, fertilizaciones también dependen del clima que tengamos para ajustar las fechas de realización de dichas tareas.

La estación seleccionada para la toma de datos ha sido la del aeropuerto Huesca-Pirineos, anteriormente denominada como Monflorite. Ya que se encuentra muy cercana a nuestra parcela, a menos de 500m, lo cual nos da valores muy fiables, porque esta estación lleva muchos años recopilando datos de nuestro interés. Las coordenadas de la estación son 721141.21x, 4662490.24y, huso 30, con una altitud sobre el nivel del mar de 541m. El índice climatológico es 9898, y pertenece al municipio de Alcalá del Obispo.

### 2) TEMPERATURAS:

La temperatura es un parámetro muy importante a la hora de realizar un estudio climático, porque será utilizada para muchos cálculos, como son los regímenes de heladas, la evapotranspiración, etc.

En nuestra zona tenemos unas buenas temperaturas desde el punto de vista técnico ya que en los meses en los que se desarrolla el cultivo las temperaturas medias rondan los 20 °C, lo que implica que podremos implantar el cultivo aunque tenga unas exigencias de temperatura altas, ya que disponemos de agua de riego.

El clima lo podemos definir como mediterráneo continental, ya que es el que más se aproxima a nuestros datos, con temperaturas medias anuales de unos 14 a 16°C, con unas temperaturas medias del mes más frío superiores a los 4°C y con unas temperaturas medias en los meses más cálidos de unos 23 a 25 °C. El periodo de frío es de larga duración, alrededor de 5 a 7 meses, pero poco intenso, siendo enero el mes más frío y julio el más cálido, con medias de 4.9 °C y 23.4 °C respectivamente.

MES	T media (°C)	T mínima media(°C)	T máxima media(°C)
SEPTIEMBRE	19.5	13.5	25.4
OCTUBRE	14.3	9.5	19.1
NOVIEMBRE	8.9	4.9	12.9
DICIEMBRE	5.6	2.1	9.1
ENERO	4.9	1.3	8.5
FEBRERO	7.0	2.5	11.5
MARZO	9.6	4.2	15
ABRIL	11.4	5.7	17.2
MAYO	15.3	9.3	21.3
JUNIO	19.7	12.9	26.5

<b>JULIO</b>	23.4	16.1	30.8
<b>AGOSTO</b>	23.3	13.5	30.2
<b>MEDIA</b>	13.6	8.2	19

Tabla 7.1

### 3) RÉGIMEN DE HELADAS SEGÚN EMBERGER:

Divide el año en períodos 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 0°C.

B). Período frecuente de heladas: Cuando la temperatura media de las mínimas está comprendida entre 0°C y 3°C.

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

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

RIESGO	T (°C)	INICIO	FIN	Nº DIAS
<b>SEGURO</b>	T. < 0°C			0
<b>FRECUENTE</b>	0°C < T < 3°C	DICIEMBRE	MARZO	90
<b>POCO FREUENTE</b>	3°C < T < 7°C	NOVIEMBRE	ABRIL	181
<b>MUY POCO FRE.</b>	T > 7°C	MAYO	OCTUBRE	184

Tabla 7.2

### 4) CALCULO DEL NÚMERO DE HORAS DE FRIO:

Para este cálculo utilizaremos distintos métodos o correlaciones de calcular las horas de frío, las horas de frío se definen como las horas del año que están por debajo de 7 °C.

Correlación de Weimberger (1956): Este método es de los más sencillos y directos ya que solo hay que fijarse en una tabla y relacionar nuestra temperatura media entre diciembre y enero, y traspasarlo a la tabla.

<b>T °C</b>	3,2	2,3	1.4	0.6	0.8	9	8.3	7.6	6.9	6.3
<b>Horas &lt; 7°C</b>	450	550	650	750	850	950	1050	1150	1250	1350

Tabla 7.3

En nuestra zona tenemos temperaturas de 5,6 y 4,9 °C en diciembre y enero respectivamente, por lo tanto la media nos da un valor de 5,3 que está un grado por debajo del valor más bajo de la tabla, por lo tanto tomaremos como dato 1350 horas de frío.

Correlación de Mota (1967): Es el número mensual de horas con temperaturas menores de 7 °C y se calcula con la siguiente expresión:

$Y = 485,1 - 28,5 X$  donde Y es el número de horas de frío y X es la temperatura media mensual en °C.

X, Y	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
X	14.3	8.9	5.6	4.9	7.0	9.6	11.4
Y	77.55	231.45	325.5	345.45	285.6	211.5	160.2

Tabla 7.4

Con estos datos mensuales de horas de frío podemos calcular las horas totales de frío en un año, que serán simplemente la suma de todos estos meses.  $\Sigma Y = 1637$  horas de frío.

Método Tabuena: Este método es una corrección del método de correlación de Mota, adaptado al valle del Ebro, los cálculos en este método van del 1 de noviembre al 1 de abril, y la fórmula que utiliza es la siguiente:

$Y = 700,1 - 48,6 X$  donde Y es el número de horas de frío y X es la temperatura media mensual en °C.

X, Y	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO
X	8.9	5.6	4.9	7.0	9.6
Y	267.56	427.94	461.96	359.9	233.54

Tabla 7.5

Con estos datos mensuales de horas de frío podemos calcular las horas totales de frío en un año, que serán simplemente la suma de todos estos meses.  $\Sigma Y = 1751$  horas de frío.

## ELEMENTOS HÍDRICOS:

### 5) PRECIPITACIONES:

En nuestra zona, las precipitaciones se concentran mayoritariamente en otoño y en primavera, siendo meses en los que las precipitaciones son siempre superiores a los 50 mm, teniendo también precipitaciones importantes en los meses de verano en forma de tormentas llegando a los 47 mm en junio o los 38 mm de agosto. El mes con más precipitaciones es mayo con 62 mm, contrastando con los 20 mm del mes menos lluvioso que es julio.

Podemos observar que los días de lluvia están repartidos durante todo el año regularmente, excepto en los meses de verano que las precipitaciones están menos

repartidas, debido a que la lluvia recogida es toda en forma de tormentas. El mes con más días de precipitación es mayo con 8 días, y el mes con menos días de lluvia es julio con 3.

ESTACIÓN	MES	PRECIPITACIÓN(mm)	DÍAS DE LLUVIA
OTOÑO	SEPTIEMBRE	54	4
	OCTUBRE	54	6
	NOVIEMBRE	50	6
INVIERNO	DICIEMBRE	51	6
	ENERO	39	6
	FEBRERO	32	5
PRIMAVERA	MARZO	35	4
	ABRIL	53	6
	MAYO	62	8
VERANO	JUNIO	47	5
	JULIO	20	3
	AGOSTO	38	4
<b>TOTAL</b>		535	62

Tabla 7.6

## 6) HUMEDAD RELATIVA:

La humedad relativa es un dato imprescindible para el cálculo de la Eto, ya que de ello depende en gran parte la evaporación que se produce en el ambiente y la transpiración de la planta.

La humedad relativa media máxima no la hemos considerado, ni tomado nota, ya que no se utiliza para ningún cálculo y además los valores rondan siempre el 99%.

MES	HR MEDIA (%)	HR MÍNIMA (%)
SEPTIEMBRE	57	18
OCTUBRE	67	20
NOVIEMBRE	76	29
DICIEMBRE	81	28
ENERO	78	24
FEBRERO	70	19
MARZO	60	16
ABRIL	59	19
MAYO	58	17
JUNIO	53	15
JULIO	48	13
AGOSTO	50	13
<b>MEDIA</b>	63	19

Tabla 7.7

## 7) DIAS DE NIEBLA Y ROCIO:

Los días de niebla y rocío son utilizados para el cálculo de la clasificación bioclimática de la UNESCO-FAO, y más concretamente para los índices xerotérmicos. Como podemos observar en la siguiente tabla, los meses con más días de niebla y rocío son los meses próximos al invierno.

MES	DIAS DE NIEBLA Y ROCIO
SEPTIEMBRE	1
OCTUBRE	2
NOVIEMBRE	6
DICIEMBRE	10
ENERO	8
FEBRERO	3
MARZO	1
ABRIL	1
MAYO	1
JUNIO	1
JULIO	0
AGOSTO	1
TOTAL	34

Tabla 7.8

## 8) EL VIENTO:

La velocidad y dirección del viento, son unos datos muy útiles, ya que afectan mucho al desarrollo del cultivo, y sobre todo a la disposición de las calles y filas de las parcelas, para que se produzca una buena aireación de la plantación ya que es uno de los factores más importantes a tener en cuenta a la hora de empezar con el diseño.

En nuestra zona los vientos que predominan son sobre todo el cierzo y el bochorno. Que tienen direcciones contrarias entre sí. Siendo dirección de Este – Sureste el cierzo, y dirección Oeste – Noroeste el bochorno. Las diferencias también son importantes en cuanto a la velocidad de cada uno, siendo superior la del cierzo.

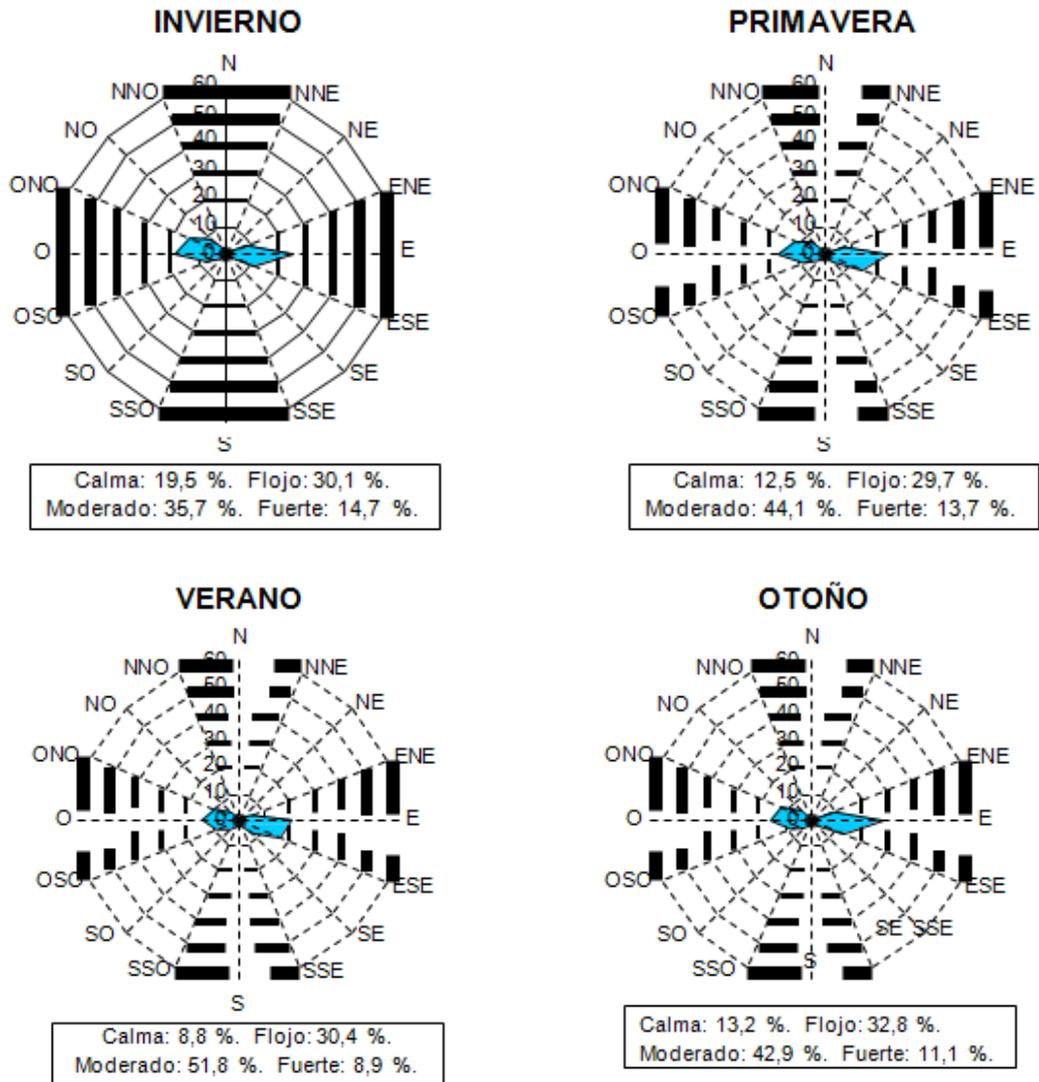


Figura 27. Frecuencias relativas (%) de distintas direcciones del viento para la categoría de velocidad de viento a 2 m 'moderada' obtenidas en la estación de Monflorite. Al pie de las figuras, se incluyen los valores de frecuencias relativas (%) de cada categoría de velocidad.

La tabla que se detalla a continuación nos indica las velocidades medias del viento a 2 metros de altura, con tres variables que serán: la velocidad media del día, la de la noche, y la velocidad media del día en conjunto.

MES	V (m/s)DÍA	V(m/s)NOCHE	V(m/s)MEDIA
SEPTIEMBRE	2.71	1.63	2.17
OCTUBRE	2.38	1.46	1.92
NOVIEMBRE	2.66	1.89	2.27
DICIEMBRE	2.41	1.79	2.1
ENERO	2.75	2.01	2.38
FEBRERO	3.56	2.43	3
MARZO	3.16	1.98	2.57
ABRIL	3.6	2.15	2.87
MAYO	3.08	1.94	2.51
JUNIO	3.1	2.05	2.57
JULIO	2.99	2.03	2.51
AGOSTO	2.6	1.69	2.14
MEDIA	2.91	1.92	2.17

Tabla 7.9

## 9) CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS

### (índices climáticos):

INDICE DE LANG:

Se calcula mediante la expresión de  $I_L = P/T$

Siendo P la precipitación media anual en mm y T la temperatura media anual en °C.

$$I_L = 535/13.6 = 39.33$$

Con este índice y la tabla del índice de Lang, nos situamos en una **zona árida** ya que el valor está entre 20-40, aunque el valor está muy próximo a la siguiente clasificación que es zona húmeda de estepa y sabana que se encuentra entre 40-60.

#### ÍNDICE DE MARTONE:

Se calcula mediante la expresión de  $I_L = P / (T + 10)$

Siendo P la precipitación media anual en mm y T la temperatura media anual en °C.

$$I_L = 535 / 23.6 = 22.67$$

Con este índice y la tabla del índice de Lang, nuestra finca corresponde a una **zona subhúmeda** ya que está comprendido entre 20-40, aunque el valor está muy próximo a la anterior clasificación que es semiárido tipo mediterráneo.

#### INDICE DE DANTIN CEREDERA Y REVENGA:

Con objeto de destacar la importancia de la aridez de una zona climática, recomiendan utilizar este índice termopluviométrico que se define por la siguiente expresión.

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

Siendo P la precipitación media anual en mm y T la temperatura media anual en °C.

$$I_{DR} = 100 \times 13.6 / 535 = 2.54$$

Con este valor del índice sabemos que nos situamos en una **zona semiárida** ya que estamos entre 2-4, aunque nos acercamos más a una zona húmeda, que a una zona árida.

## 10) CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN:

Es una clasificación climática basada en el crecimiento de la vegetación y, en consecuencia, su criterio se basa en el grado de aridez y la temperatura. Define diferentes tipos de clima según los valores representativos de la temperatura y precipitación de una región, independientemente de su situación geográfica.

Para determinar los límites de los distintos tipos climáticos escoge ciertos umbrales de temperatura y precipitación. En este caso, se debe adoptar el índice de Köppen (una modificación del índice de Lang en función de la distribución de la precipitación) propio de zonas en las que las precipitaciones se distribuyen regularmente (no es totalmente exacto, pero tampoco se concentran en verano o en invierno, que serían otras opciones).

El valor del índice lo sacaremos mediante esta expresión:  $K = P / [(T + 7) * 10]$

Siendo P la precipitación media anual en mm y T la temperatura media anual en °C.

$$K = 535/206 = 2.59$$

Por lo que, con este valor, nos encontramos según la escala Köppen, en una **zona húmeda** ya que es  $>2$ .

## 11) CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA DE UNESCO-FAO:

Se utilizarán los siguientes factores climáticos en esta clasificación:

Temperatura: Para caracterizar las condiciones térmicas del clima UNESCO – FAO, toman la temperatura media del mes más frío y hacen tres grupos. El mes más frío es enero, cuya temperatura media es de 4.9 °C, por lo tanto se encuentra dentro del **GRUPO 1: Climas templados, templado-cálidos y cálidos**, ya que es superior a 0 °C. Como la temperatura media de las mínimas del mes más frío es de 1.3 °C, entonces tenemos un **invierno moderado**, debido a que se encuentra entre 3 y -1.

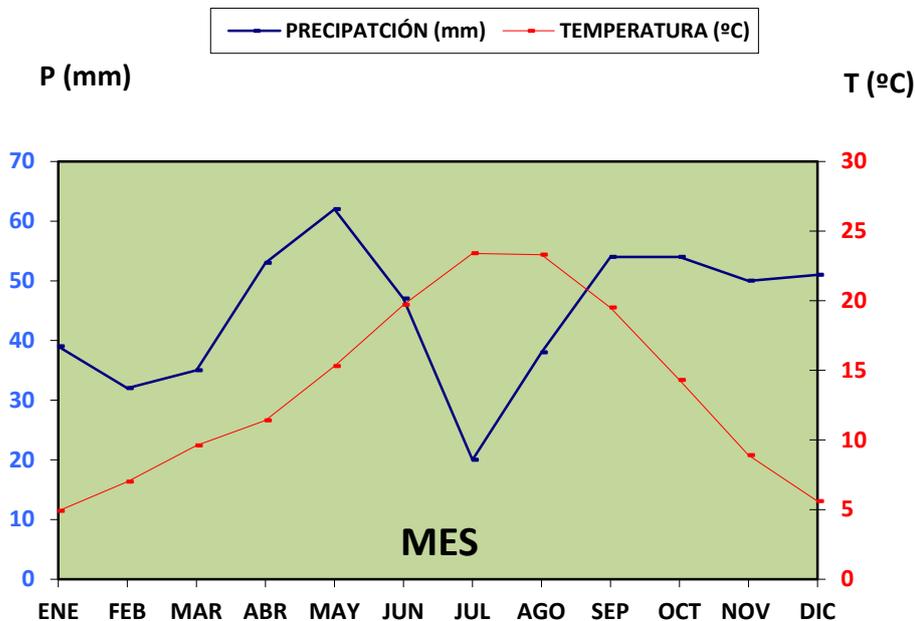
Aridez: Según esta clasificación, dice que estamos en un mes seco cuando la precipitación total de todo el mes (en mm) es inferior al doble de la temperatura media (°C). Si la precipitación supera el doble de la temperatura, pero no alcanza a tres veces éstas, se trata de un mes subseco. En consecuencia:

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

MES	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITACIÓN (mm)
ENERO	4.9	39
FEBRERO	7.0	32
MARZO	9.6	35
ABRIL	11.4	53
MAYO	15.3	62
JUNIO	19.7	47
JULIO	23.4	20
AGOSTO	23.3	38
SEPTIEMBRE	19.5	54
OCTUBRE	14.3	54
NOVIEMBRE	8.9	50
DICIEMBRE	5.6	51

Tabla 7.10

Para comparar estos parámetros se realiza el diagrama ombrotérmico de Gaussen, el cual se muestra a continuación, donde la temperatura se representa doble frente a las precipitaciones. Se observa un periodo seco en el que la curva pluviométrica está por debajo de la térmica. Si no hay ningún mes que esté por debajo se le denomina clima axérico, y si por el contrario tiene uno o dos periodos secos, se le denomina monoxérico y bixérico, respectivamente. Como periodo seco comprenden los meses de junio, julio, y las tres primeras semanas de agosto. Por lo tanto el clima de la zona se define como **monoxérico**.



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 calcular dicho índice utilizaremos esta expresión

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

Donde N es el número de días del mes, P es la precipitación en mm de ese mes, n es el número de días hábiles del mes, b es el número de días de niebla y rocío del mes y f es un factor que depende de la humedad relativa diaria, que será siempre 0,9 por estar entre el 40-60% de humedad.

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.  $IP_x = \sum X_m$

MES	N	P	b	f	$X_m$	n	$X_m$ total
Junio	30	5	1	0.9	22.05	30	22.05
Julio	31	3	0	0.9	25.2	31	25.2
Agosto	31	4	1	0.9	23.85	21	16.15

Tabla 7.11

Se obtiene que  $\sum X_m$  TOTAL es de 63.4, por lo tanto este valor pertenece al intervalo  $40 < IP_x < 75$ , por lo tanto le corresponde la clasificación climática de **mesomediterráneo atenuado**.

Con todas estas clasificaciones podemos definir finalmente nuestro clima como del grupo 1 cálidos, templado-cálidos y templados, es monoxérico y mesomediterráneo atenuado.

## 12) CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE

La fórmula utilizada para caracterizar un clima, según Thornthwaite, está compuesta por cuatro letras y unos subíndices. Las dos primeras letras, mayúsculas, se refieren al Índice de humedad y a la Eficacia térmica de la zona, respectivamente. Las letras tercera y cuarta, minúsculas, corresponden a la Variación estacional de la humedad y a la concentración térmica en verano, respectivamente.

### CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ETP):

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

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

Donde:  $t^a$  = temperatura media mensual.

$I$  = Índice de calor anual. Se obtiene como:  $I = \sum_1^{12} i$  y donde

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

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,79 \times 10^{-2} I + 0,49239$$

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

$$K = \text{coeficiente corrector.} \quad K = \frac{d}{30} \cdot \frac{N}{12}$$

d = nº días del mes

N = nº máximo horas de sol (depende de la latitud).

MES	T(°C)	D(DIAS)	i	l	a	ETPajustada	K	ETP
ENERO	4.9	31	0.97	59.12	1.36	14.68	0.81	11.89
FEBRERO	7.0	28	1.66	59.12	1.36	23.85	0.82	19.55
MARZO	9.6	31	2.68	59.12	1.36	36.65	1.02	37.38
ABRIL	11.4	30	3.48	59.12	1.36	46.3	1.12	51.85
MAYO	15.3	31	5.43	59.12	1.36	69.08	1.26	87.04
JUNIO	19.7	30	7.97	59.12	1.36	97.42	1.28	124.69
JULIO	23.4	31	10.34	59.12	1.36	123.12	1.29	158.82
AGOSTO	23.3	31	10.27	59.12	1.36	122.4	1.20	146.88
SEPTIEMBRE	19.5	30	7.85	59.12	1.36	96.08	1.04	99.92
OCTUBRE	14.3	31	4.9	59.12	1.36	63.01	0.95	59.85
NOVIEMBRE	8.9	30	2.39	59.12	1.36	33.06	0.81	26.77
DICIEMBRE	5.6	31	1.18	59.12	1.36	17.6	0.8	14.08

Tabla 7.12

La ETP anual es: 748.72 mm.

### 13) DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE HUMEDAD. BALANCE HÍDRICO

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 (ETR).
- Déficits (D).
- Excesos (E).

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 ( $0 \leq R \leq 100$ ).

- La evapotranspiración real (ETR) corresponde, en los meses 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 ( $ETR_i = P_i + R_{i-1}$ ).
- En los meses suficientemente húmedos, la ETR coincide con la potencial.
- Existe déficit de humedad en los meses en los que la ETR es inferior a la ETP.
- Existe exceso de humedad en los meses en que al acumular agua en las reservas del suelo, éstas superan el valor de 100.

MES	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	TOTAL
P	54	54	50	51	39	32	35	53	62	47	20	38	535
ETP	100	60	27	14.1	11.9	19.5	37.4	51.9	87	125	159	147	748.2
R	0	0	0	23	59.9	87	99.5	97.1	98.2	73.2	0	0	-
VR	0	0	23	36.9	27.1	12.5	-2.4	1.1	-25	-78	0	0	-
ETR	54	54	27	14.1	11.9	19.5	37.5	51.9	87	120.2	20	38	535
D	46	46	0	0	0	0	0	0	0	4.8	139	109	344.8
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla 7.13

## 14) 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:

$$I_D = \frac{D}{ETP} \cdot 100 = \frac{344.8}{748.72} \cdot 100 = 46.05\%$$

$$I_E = \frac{E}{ETP} \cdot 100 = \frac{0}{748.72} \cdot 100 = 0\%$$

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:

$$I_h = 0 - 0.6 \cdot 46.05 = -27.63$$

Con lo cual el valor de  $I_h$  se encuentra está muy cerca del intervalo  $-20 \geq -40$ , entonces el tipo de clima es **semiárido**, y la sigla **C<sub>1</sub>**

## 15) 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.

La ETP anual es de 755,59 mm, es decir, 75,6 cm; luego se encuentra comprendida en el intervalo  $85.5 > ETP \geq 71.2$ . Por lo tanto es un clima **mesotérmico**, y la sigla **B'**<sub>2</sub>.

## 16) VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA HUMEDAD

Interesa determinar si en los climas húmedos existe periodo seco, y, viceversa, si en los climas secos existe periodo húmedo. Asimismo, deberá caracterizarse la estación en la que se presentan estos periodos. 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>).

Como en este caso el clima es del tipo C, 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**.

## 17) CONCENTRACION TERMICA EN VERANO.

Está determinada por la suma de la ETP durante los meses de verano, en relación con la ETP anual, y expresada en %.

- ETP<sub>junio</sub> = 124.7 mm
- ETP<sub>julio</sub> = 158.8 mm
- ETP<sub>agosto</sub> = 149.9 mm
- ETP<sub>septiembre</sub> = 99.9 mm
- ETP<sub>verano</sub> = 533.3 mm
- ETP<sub>anual</sub> = 748.72 mm

$$C_V = \frac{ETP_{\text{verano}}}{ETP_{\text{anual}}} \times 100 = 0.71\%$$

Como  $C_V$  corresponde al intervalo  $76.3 > C_V > 68$ , le corresponde una **alta concentración** de la eficacia térmica en verano y la sigla **c'**<sub>2</sub>.

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

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

## CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION.

### 18) CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO DE REFERENCIA (ET<sub>0</sub>) POR EL MÉTODO DE BLANEY-CRIDDLE-FAO

Este método se basa en la ecuación formulada por Blaney-Criddle modificada por Doorembos y Pruitt (1977) para la FAO, esta ecuación es:

$$ET_0 = [a + b \cdot p \cdot (0.46 t^a + 8.13)]$$

Donde:

- **ET<sub>0</sub>** = Media mensual de la evapotranspiración de referencia (mm/día).
- **a** = 0.0043 x HR<sub>min</sub> (en %) - (n/N) - 1.41.
- **b** = 0.81917 - 0.0040922 x HR<sub>min</sub> + 1.0705 x (n/N) + 0.065649 x U<sub>d</sub> - 0.0059684 x HR<sub>min</sub> x (n/N) - 0.0005967 x HR<sub>min</sub> x U<sub>d</sub>.
- **p** = porcentaje medio de horas diurnas anuales.
- **HR<sub>min</sub>** = humedad relativa minima en %.
- **n/N** = media mensual del coeficiente de insolación.
- **U<sub>d</sub>** = Media mensual de la velocidad diurna del viento en m/s (a 2 metros sobre el suelo).

Con estos datos podemos obtener la ET<sub>0</sub> de cada mes del año, lo que se recogerá en la siguiente tabla:

MES	T(°C)	HR <sub>min</sub>	n / N	p	a	b	U <sub>d</sub> (m/s)	ET <sub>0</sub> dia	Dias	ET <sub>0</sub> Mes
ENE	4.9	24	0.42	0.21	-1.72	1.25	2.75	1	31	31
FEB	7.0	19	0.52	0.24	-1.84	1.43	3.56	2.05	28	57.4
MAR	9.6	16	0.56	0.27	-1.9	1.47	3.16	3.07	31	95.17
ABR	11.4	19	0.56	0.3	-1.88	1.47	3.6	4.01	30	120.3
MAY	15.3	17	0.57	0.33	-1.9	1.47	3.08	5.45	31	168.95
JUN	19.7	15	0.65	0.34	-1.99	1.57	3.1	7.18	30	215.4
JUL	23.4	13	0.73	0.33	-2.08	1.66	2.99	8.27	31	256.37
AGO	23.3	13	0.73	0.31	-2.03	1.64	2.6	7.55	31	234.05
SEP	19.5	18	0.64	0.28	-1.97	1.51	2.71	5.25	30	157.5
OCT	14.3	20	0.57	0.25	-1.89	1.41	2.4	3.29	31	101.99
NOV	8.9	29	0.49	0.22	-1.77	1.26	2.66	1.61	30	48.3
DIC	5.6	28	0.39	0.21	-1.67	1.17	2.41	0.96	31	29.76

Tabla 7.14

La evapotranspiración anual nos da un valor de 1516.2 mm

## 19) EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO (ET<sub>c</sub>).

Para el cálculo de la ET<sub>c</sub> de cada cultivo se utiliza la ET<sub>0</sub> que se ha calculado anteriormente por el método Blaney-Criddle-FAO.

- $ET_c = ET_0 \times K_c$
- Donde:
- ET<sub>0</sub> = Evapotranspiración de referencia, media de los métodos utilizados.
- K<sub>c</sub> = coeficiente del cultivo. Depende del cultivo y la fase de desarrollo.

El coeficiente de cultivo de nuestro cultivo se refleja en la siguiente tabla para cada mes, los datos están tomados en Perú, y aunque el régimen de temperaturas es similar al de nuestra zona, los datos no son del todo correctos al no haber tenido en cuenta los parámetros exactos de nuestra zona.

Mes	Kc (Coeficiente de Cultivo)	ETc
<b>ENERO</b>	0.4	12.4
<b>FEBRERO</b>	0.3	17.4
<b>MARZO</b>	0.4	38.06
<b>ABRIL</b>	0.4	48.12
<b>MAYO</b>	0.6	101.37
<b>JUNIO</b>	0.85	183.09
<b>JULIO</b>	1	256.37
<b>AGOSTO</b>	1	234
<b>SEPTIEMBRE</b>	0.95	149.1
<b>OCTUBRE</b>	0.7	71.4
<b>NOVIEMBRE</b>	0.6	28.9
<b>DICIEMBRE</b>	0.4	11.9

Tabla 7.15

La ET<sub>c</sub> total es: 1152 mm

## **Anejo 8: Estudio Edafológico**

### **1) INTRODUCCIÓN:**

Un estudio edafológico para un proyecto como este es algo fundamental, ya que tenemos que comprobar que no existan limitaciones para el cultivo, además de recoger información para un mejor control y manejo de las necesidades de este.

El estudio está basado en los mapas de clases agrológicas del ministerio, utilizando la hoja número 286 correspondiente a Huesca. El término municipal escogido es Alcalá del Obispo, ya que la finca se encuentra tocando con el núcleo urbano. La muestra seleccionada por el ministerio para hacer este estudio en Alcalá del Obispo prácticamente en la propia finca, así que tenemos unos datos muy fiables.

### **2) FISIOGRAFÍA, GEOLOGÍA Y LITOLOGÍA:**

La Hoja de Huesca se halla comprendida en la Depresión Terciaria del Ebro, Al pie de las sierras exteriores oscenses (Gratal, Guara, etc.). Presenta un relieve sensiblemente llano en general con cotas que oscilan entre los 650 y 380 msm.

Se trata de materiales del Mioceno recubierto en los dos tercios de la superficie de la hoja aproximadamente, por cuaternario.

La litología de la zona, es una alternancia de margas continentales, con areniscas, con un buzamiento a SO muy ligero casi imperceptible en tramos pequeños. Los bancos de areniscas tienen un espesor muy variable, de unos decímetros hasta varios metros.

El conglomerado se apoya, en general, sobre arcillas y margas pardas y rojas que se superponen a areniscas amarillentas. Estos conglomerados que tienen un espesor y una resistencia muy variables se encuentran en NW y E. En la región recibe el nombre de "mallacán". La sedimentación horizontal da lugar a las planicies denominadas "sasos".

La poca importancia de los cursos de agua y la escasa pendiente del terreno no permite que se hayan constituido aluviones modernos, siendo poco frecuentes las terrazas fluviales a lo largo de los ríos Isuela, Flumen y Guatizalema sobre todo, Siendo el resto de los terrenos cuaternarios de origen diluvial.

### **3) EDAFOLÓGIA:**

Casi un 95% de los suelos de la hoja son suelos cultivados y por tanto han sido alterados. Para su descripción nos ajustaremos a las principales unidades geomorfológicas. Indicaremos entre paréntesis la clasificación que le corresponde al perfil más corriente siguiendo la "Soil Taxonomy" USDA.

- Los depósitos cuaternarios se saso y glacis ocupan una superficie importante. Tienen una profundidad variando entre 40 y 70 cm. Y es

frecuente la formación de un horizonte cálcico. Texturas variando de francas a franco-arcillosas, estructura favorable y buena permeabilidad. No hay problemas de salinidad (XEROCHREPTS, y en ocasiones HAPLOXERALFS)

- Sobre las plataformas estructurales más duras, que resistieron a la erosión, quedan suelos viejos muy evolucionados con horizonte argílico y en ocasiones costra caliza a escasa profundidad, 40-50 cm. (RHODOXERALFS, PALEXERALFS)
- En la parte central de la hoja, se entrelazan los suelos de origen fluvial con los de origen coluvial. Los primeros son suelos profundos de texturas francas y estructura estable (XEROFLUVENTS). Los segundos tienen características de profundidad y textura variable según la potencia relativa de los bancos de arcillas y areniscas cuya erosión dio lugar a esos suelos de acumulación, aunque en general desarrollaron un horizonte estructural incompleto de profundidad entre 50 y 80 cm. (XEROCHREPTS), y texturas de tendencia arenosa (Franco-arenosa).
- La disección por la red de drenaje de las superficies más altas dio lugar a una profusa red de vales más o menos amplias con suelos más o menos profundos en función de esa amplitud y texturas franco-limosas o francas (XEROFLUVENTS).
- En las superficies no cultivadas es frecuente que la pendiente sea fuerte o muy fuerte, lo que unido a un sustrato inestable ha dado lugar a erosiones severas y ha impedido su evolución (XERORTHENTS). Solo pequeñas masas de Umbría o con menores pendiente presentan el suelo mejor conservado y puede distinguirse un horizonte cámbico (XEROCHREPTS).

#### **4) DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES AGROLÓGICAS:**

El método fue elaborado por el Soil Conservation Service de USA según el sistema propuesto por Klingebiel y Montgomery (1961).

Ha sido ampliamente utilizado en todo el mundo con numerosas adaptaciones. Es un sistema categórico que, en su versión original, utiliza criterios cualitativos. La inclusión de un suelo en una clase se efectúa de una manera inversa, es decir, no buscando de forma directa la idoneidad, sino su grado de limitación respecto de un parámetro en función de un uso concreto. Para clasificar un suelo se utilizan un conjunto de caracteres. En un principio Klingebiel y Montgomery utilizaron unos que definen la capacidad productiva (intrínsecos: profundidad del suelo, textura/estructura, permeabilidad, pedregosidad, rocosidad, salinidad, manejo del suelo; extrínsecos: temperatura y pluviometría) y otros que valoran la pérdida de productividad (pendiente del terreno y grado de erosión). Pero los distintos autores que han utilizado este método han ido cambiando los parámetros diferenciadores según sus necesidades (se han introducido valores de materia orgánica, pH, grado de saturación, capacidad de cambio de cationes, carbonatos). Además es frecuente que en su aplicación se introduzcan criterios cuantitativos (se obtienen medidas de cada uno de los parámetros y a cada clase se le asignan unos intervalos de cada parámetro).

Se definen 8 clases con limitaciones de utilización crecientes desde la I (la mejor) a la VIII (la peor).

- laboreo permanente (o cualquier tipo de explotación). Clase I, suelos ideales; clase II, suelos buenos pero con algunas limitaciones; clase III, suelos aceptables pero con severas limitaciones

- laboreo ocasional (o pastos, bosques, o reservas naturales). Clase IV

- no laboreo, solo pastos o bosques (o reservas naturales) no recomendable un uso agrícola por presentar muy severas limitaciones y/o requerir un cuidadoso manejo; clases V, VI y VII)

- reservas naturales (clase VIII).

Dependiendo del tipo de limitación se establecen varias subclases de capacidad, Klingebiel y Montgomery definieron cuatro

- e, para riesgos de erosión;

- w, para problemas de hidromorfía;

- s, para limitaciones del suelo que afectan al desarrollo radicular;

- c, para limitaciones climáticas.

Las principales características de las ocho clases las relacionamos a continuación (pero bien entendido que se trata de la descripción de las características centrales de cada clase y que un suelo concreto no tiene que presentar todas ellas).

**-Clase I.** Los suelos de la clase I no tienen, o sólo tienen ligeras, limitaciones permanentes o riesgos de erosión. Son excelentes. Pueden cultivarse con toda seguridad empleando métodos ordinarios. Estos suelos son profundos, productivos, de fácil laboreo y casi llanos. No presentan riesgo de encharcamiento, pero tras un uso continuado pueden perder fertilidad.

Cuando los suelos de esta clase se emplean para cultivo, necesitan labores que mantengan su fertilidad y preserven su estructura. Entre ellas se cuentan el abonado, la aplicación de la caliza, las cubiertas vegetales o el abonado en verde y también la aplicación de restos de la cosecha, además de las rotaciones de cultivos.

**-Clase II.** Esta clase la integran suelos sujetos a limitaciones moderadas en el uso. Presentan un peligro limitado de deterioro. Son suelos buenos. Pueden cultivarse mediante labores adecuadas, de fácil aplicación.

Estos suelos difieren de los de la clase I en distintos aspectos. La principal diferencia estriba en que presentan pendiente suave, están sujetos a erosión moderada, su profundidad es mediana, pueden inundarse ocasionalmente y pueden necesitar drenaje. Cada uno de estos factores requiere atención especial. Los suelos pueden necesitar prácticas comunes, como cultivo a nivel, fajas, rotaciones encaminadas a la conservación de los mismos, mecanismos de control del agua o métodos de labranza peculiares. Con frecuencia requieren una combinación de estas prácticas.

**-Clase III.** Los suelos de esta clase se hallan sujetos a importantes limitaciones en su cultivo. Presentan serios riesgos de deterioro. Son suelos medianamente

buenos. Pueden cultivarse de manera regular, siempre que se les aplique una rotación de cultivos adecuada o un tratamiento pertinente. Sus pendientes son moderadas, el riesgo de erosión es más severo en ellos y su fertilidad es más baja.

Sus limitaciones y sus riesgos son mayores que los que afectan a la clase anterior, estas limitaciones con frecuencia restringen las posibilidades de elección de los cultivos o el calendario de laboreo y siembra.

Requieren sistemas de cultivo que proporcionen una adecuada protección vegetal, necesaria para defender al suelo de la erosión y para preservar su estructura (fajas, terrazas, bancales, etc). Puede cultivarse en ellos el heno u otros cultivos herbáceos en lugar de los cultivos de surco. Necesitan una combinación de distintas prácticas para el cultivo sea seguro.

**-Clase IV.** Esta clase está compuesta por suelos con limitaciones permanentes y severas para el cultivo. Son suelos malos. Pueden cultivarse ocasionalmente si se les trata con gran cuidado. Generalmente deben limitarse a cultivos herbáceos.

Los suelos de esta clase presentan características desfavorables. Con frecuencia se hallan en pendientes fuertes sometidos a erosión intensa. Su adecuación para el cultivo es muy limitada. Generalmente deben ser dedicados a heno o a pastos, aunque puede obtenerse de ellos una cosecha de grano cada cinco o seis años. En otros casos puede tratarse de suelos someros o moderadamente profundos.

**-Clase V.** Los suelos de esta clase deben mantener una vegetación permanente. Pueden dedicarse a pastos o a bosques. La tierra es casi horizontal. Tienen escasa o ninguna erosión. Sin embargo, no permiten el cultivo, por su carácter encharcado, pedregoso, o por otras causas. El pastoreo debe ser regulado para evitar la destrucción de la cubierta vegetal. Y tener en cuenta la no sobrecarga del mismo.

**-Clase VI.** Los suelos de esta clase deben emplearse para el pastoreo o la silvicultura y su uso entraña riesgos moderados. Se hallan sujetos a limitaciones permanentes, pero moderadas, y no son adecuados para el cultivo. Su pendiente es fuerte, o son muy someros. No se debe permitir que el pastoreo destruya su cubierta vegetal.

La tierra de la clase VI es capaz de producir forraje o madera cuando se administra correctamente. Si se destruye la cubierta vegetal, el uso del suelo debe restringirse hasta que dicha cubierta se regenere. Si no podemos sufrir alteraciones.

**-Clase VII.** Los suelos de esta clase se hallan sujetos a limitaciones permanentes y severas cuando se emplean para pastos o silvicultura. Son suelos situados en pendientes fuertes, erosionados, accidentados, someros, áridos o inundados. Su valor para soportar algún aprovechamiento es mediano o pobre y deben manejarse con cuidado, ya que no ofrecen mucha productividad.

En zonas de pluviosidad fuerte estos suelos deben usarse para sostener bosques. En otras áreas, se pueden usar para pastoreo; en este último caso debe extremarse el rigor y el cuidado en su manejo. Debido a que es más vulnerable.

**-Clase VIII.** Los suelos de esta clase no son aptos ni para silvicultura ni para pastos. Deben emplearse para uso de la fauna silvestre, para esparcimiento o para

usos hidrológicos. Suelos esqueléticos, pedregosos, rocas desnudas, en pendientes extremas, etc.

En nuestra parcela, se encuentran las clases I y IIs, aunque la extensión de las tierras con calificación IIs es despreciable debido a la superficie que ocupan respecto a las tierras de clasificación I.

Las descripciones que nos da el ministerio sobre las particularidades de estas clasificaciones en nuestra zona son las siguientes:

#### Clase I:

La amplia llanura diluvial que ocupa el centro de la hoja en torno a la ciudad de Huesca, presenta suelos muy profundos, con textura franca, sin pedregosidad ni otro tipo de limitaciones. Transformada en regadío desde principios de siglo con apoyo en el pantano de Arguis o en el de Belsué, ha sido ocupada tradicionalmente con alternativas intensivas (forrajes e incluso hortícolas) aunque la situación socioeconómica actual determine un predominio de los cereales.

Las terrazas aluviales de los ríos actuales presentan características de suelo igualmente favorables (Flumen, Guatizalema) aunque su escaso caudal hizo que su importancia superficial sea escasa.

En ocasiones la capa freática está excesivamente alta y se producen dificultades de drenaje pero puede afirmarse que son suelos con alta capacidad productiva y nulo riesgo de erosión.

#### Clase II:

El paso de clase I a la II puede producirse por limitaciones climáticas (limitación en la gama de cultivos posibles y en su potencialidad productiva) lo cual prácticamente no es el caso, pues los suelos profundos y llanos fueron transformados en regadío, o por exigencias en cuanto a formas de cultivos determinados por el riesgo de erosión (pendiente) lo que tampoco ocurre dada la horizontalidad general de la zona. En unas pocas hectáreas se ha considerado la dificultad de drenaje interno era condición suficiente para el cambio de clase, y en la casi totalidad de esta clase la condición limitante ha sido las características del suelo de poca profundidad, pedregosidad, ligera salinidad o limitaciones generales de fertilidad (subclase IIs).

## **5) CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL SUELO:**

Se recogieron y analizaron un total de 29 muestras de suelo para la hoja de Huesca, tocando con nuestra parcela se encuentra la muestra número 12, que será la que utilizaremos en este estudio.

## 6) CARACTERES FÍSICOS:

Color:

Color Seco	10 VR 6/4
Color Húmedo	10 VR 5/4

Tabla 8.1

Análisis mecánico:

Arena (%)	27.64
Limo (%)	49.46
Arcilla (%)	22.66

Tabla 8.2

Textura USDA : **Franco-limosa**

## 7) CARACTERES QUÍMICOS:

Fertilidad:

Materia orgánica (%)	3.6
Fósforo asimilable (ppm)	3.4
Potasio asimilable (ppm)	122
pH al agua	7.9
pH en CIK	7.4
Carbonatos (%)	24

Tabla 8.3

Cationes de cambio ( meq/100g):

Calcio	13.21
Magnesio	3.15
Potasio	0.31
Sodio	1.43

Tabla 8.4

Salinidad:

C.E en extracto 1:5 mmhos/cm	0.17
S.A.R en extracto 1:5	0.25

Tabla 8.5

## 8) CONCLUSIONES DE CARÁCTER FÍSICO:

En cuanto a la granulometría y la estructura del suelo, podemos considerarlo un suelo aceptable para el cultivo, ya que no nos impide la implantación de nuestro cultivo, al tener una textura Franco-limosa.

Sí que tendremos que tener cuidado con los encharcamientos, ya que el limo nos puede retener bastante el agua, lo cual lo controlaremos con las dosis, tiempo de riego y espaciamiento entre riegos.

## **9) CONCLUSIONES DE CARÁCTER QUÍMICO:**

En cuanto a las características químicas, tenemos que el porcentaje de materia orgánica es muy alto, por lo que no necesitaremos realizar ninguna enmienda húmica.

El fósforo asimilable está en 3.4 ppm lo cual se considera muy bajo al estar en el rango de 0-6 con lo que habrá que aportar hasta llegar a niveles de 12-18 que es lo que se considera normal.

El potasio asimilable son 122 ppm, es un nivel alto al encontrarse entre 90-150. Por lo que no tenemos que aportar nada.

El valor del pH es 7.9 por lo que es un suelo básico pero tendiendo a neutro, lo que no nos provocara problemas en el cultivo, aunque siempre será preferible bajarlo si se puede.

Los carbonatos forman un total del 24%, y están dentro del rango de 20-40 denominado alto, aunque muy próximo al normal.

En cuanto a los cationes de cambio tenemos que el calcio con 13,21 meq/100g está dentro del rango 10-14 considerado como normal. El magnesio con 3.15 está en un nivel alto al estar dentro de 2.5-4. El potasio con 0.31 está en el rango de 0.3-0.6 el cual es bajo, pero muy próximo al muy bajo, por lo que habrá que realizar aportes. Y el sodio con 1.43 está considerado alto, por lo que tendremos que tener cuidado de no salinizar más el suelo.

La salinidad nos da un valor de 0.17mmhos/cm lo cual está por debajo de 0.35 y es considerada como inapreciable la influencia en cualquier cultivo.

## Anejo 10: Cálculo de las necesidades hídricas.

### 1) INTRODUCCIÓN:

En este anejo se va a conocer la cantidad de agua que hay que aportar al cultivo, teniendo en cuenta varios factores que nos afectan a la hora de conocer la reserva de agua en el suelo y la efectividad en la aplicación de dicha agua.

Lo más importante para calcular la cantidad de agua a aportar es conocer las necesidades exactas de la plantación, teniendo en cuenta todos los parámetros utilizados en el anejo 7 del estudio climatológico.

Las precipitaciones cubren una parte de las necesidades pero al estar en una zona semiárida no llegaremos a cubrirlas totalmente, además que hay que prestar especial atención en que dichas precipitaciones no son 100% efectivas sino que una parte de estas no será recogida por la reserva del suelo y no utilizada por la planta.

### 2) NECESIDADES DE AGUA DE RIEGO:

El agua a utilizar es recogida del río Guatizalema, y todos sus parámetros están recogidos en el anejo 9 de calidad del agua, cuyo resultado nos dio positivo para poder llevar a cabo la plantación.

#### 2.1) NECESIDADES NETAS:

La fórmula completa para el cálculo de las necesidades netas utilizada en teoría pero no en la práctica es la siguiente:

$$N = (ET_c + P_p) - (P_e + C_a + \Delta\theta)$$

Donde :

- $P_p$  : Percolación profunda.
- $P_e$  : Precipitación efectiva.
- $C_a$  : Aporte ascenso capilar.
- $\Delta\theta$  : Variación humedad del suelo.

Pero podemos prescindir de varios de estos parámetros ya que no afectan de manera significativa al resultado final y podemos calcular las necesidades con la expresión:

$$N_n = ET_c - P_e$$

Donde:

- $N_n$  = Necesidades netas mensuales.
- $P_e$  = Precipitación efectiva.

- $ET_c$  = Evapotranspiración mensual del cultivo.

La precipitación efectiva se determina mediante la siguiente ecuación (Cuenca, 1989):

$$P_e = f(D)[1.25 \times P^{0.824} - 2.93] \times 10^{0.000955 \times Etc}$$

Siendo:

- $P_e$  = Precipitación efectiva mensual, en mm/mes.
- $P$  = Precipitación total mensual, mm/ mes.
- $ET_c$  = Evapotranspiración del cultivo, en mm/ mes.
- $f(D)$  = Función correctora para el déficit de humedad del suelo, diferente de 75 mm.

Esa función correctora se calcula mediante la siguiente fórmula (Cuenca, 1989);

$$f(D) = 0.53 + (0.0116xD) - (8.94 \times 10^{-5} \times D^2) + (2.32 \times 10^{-7} \times D^3)$$

Donde:

- $D$  : Déficit de humedad en el suelo, en mm.

MES	PRECIPITACIÓN EFECTIVA ( $P_e$ ) (mm)
JUNIO	17.98
JULIO	14.5
AGOSTO	26.6
SEPTIEMBRE	28.13
OCTUBRE	28.13

Tabla 10.1

## 2.2) NECESIDADES REALES.

Para el cálculo de las necesidades reales de los cultivos se tienen en cuenta las necesidades netas ( $N_n$ ), la eficiencia de aplicación del sistema ( $E_a$ ), y las necesidades de lavado de sales ( $F_L$ ). En la eficiencia de aplicación se incluyen las pérdidas de agua por percolación, evaporación y escorrentía, además del coeficiente de uniformidad del sistema de riego elegido.

La eficiencia de aplicación que tomaremos para el riego localizado es del 90%.

La fracción o necesidad de lavado se calcula como  $(1 - F_L)$ , y solo se aplica fuera de los meses de máximas necesidades, para no sobredimensionar la red de riego, y no causar de esta manera un gasto innecesario en la instalación.

De esta forma, las necesidades reales pueden calcularse mediante la siguiente expresión:

$$N_r = \frac{N_n}{Ea \cdot (1 - F_L)}$$

Donde:

- $N_r$  = Necesidades reales.
- $N_n$  = Necesidades netas.
- $Ea$  = Eficiencia de aplicación.
- $F_L$  = Fracción de lavado de sales.

La fracción de lavado, al tratarse de un riego localizado, se calcula con la siguiente expresión:

$$F_L = \frac{CE_w}{2 \cdot CE_e}$$

Siendo:

- $F_L$  = necesidad de lavado en tanto por uno.
- $CE_w$  = Conductividad eléctrica del agua de riego (mmhos/cm).
- $CE_e$  = Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo (máximo que tolera un cultivo determinado sin que se produzca reducción del rendimiento de cosecha, en mmhos/cm).

Por lo tanto tenemos que:

$$F_L = 0,538/2 \cdot 1,5 = 0,18$$

Para el cálculo de las necesidades reales, son necesarios aplicar una serie de factores correctores a la  $ET_c$ , obteniéndose así un valor de  $ET_c$  corregido, dado que son cultivos que se van a regar mediante riego localizado, y este sistema lo requiere para no sobredimensionar la red de riego. Por otra parte no se ha tenido en cuenta la precipitación efectiva para el cálculo de las necesidades netas.

### 2.2.1) CORRECCION POR EFECTO DE LOCALIZACIÓN.

Este método corrige la  $ET_c$ , basándose en la “fracción de área sombreada por el cultivo”, a la que se denomina A y que se define como “la fracción de la superficie del suelo sombreada por la cubierta vegetal a mediodía en el solsticio de verano, respecto a la superficie total”. A efectos prácticos se hace coincidir con la proyección sobre el terreno de la cubierta vegetal de la planta.

Este método supone que a efectos de evapotranspiración el área sombreada se comporta casi igual que la superficie del suelo en riegos no localizados, mientras que el área no sombreada elimina agua con una intensidad mucho menor.

La corrección por localización consiste pues, en, multiplicar la  $ET_c$  por un coeficiente de localización  $K_1$ , cuyo valor depende de A.

Se toma la parcela tipo con un marco de plantación para la especie paulownia de 3 x 2 m, dando un área ocupada de 6 m<sup>2</sup> por planta, y con un diámetro de área sombreada de 2 m., obteniéndose un área sombreada de:

$$A_s = \pi * 2^2 / 4 = 3.14$$

La fracción de suelo sombreado es:

$$A = A_s / \text{marco de plantación} = 3.14 / 3*2 = 0.52$$

Una vez conocida la A, se pasa al cálculo del coeficiente de localización K<sub>1</sub> por medio de los métodos de diferentes autores:

- Aljibury et al.:  $K_1 = 1.34 \times A = 0.69$

- Decroix:  $K_1 = 0.1 + A = 0.62$

- Hoare et al.:  $K_1 = A + 0.5 (1 - A) = 0.76$

- Keller:  $K_1 = A + 0.15 (1 - A) = 0.59$

Se deprecia el valor más alto y el valor más bajo, y se realiza la media entre los dos restantes y no da como resultado **k<sub>1</sub> = 0.655**

### 2.2.2) CORRECCIÓN POR CONDICIONES LOCALES.

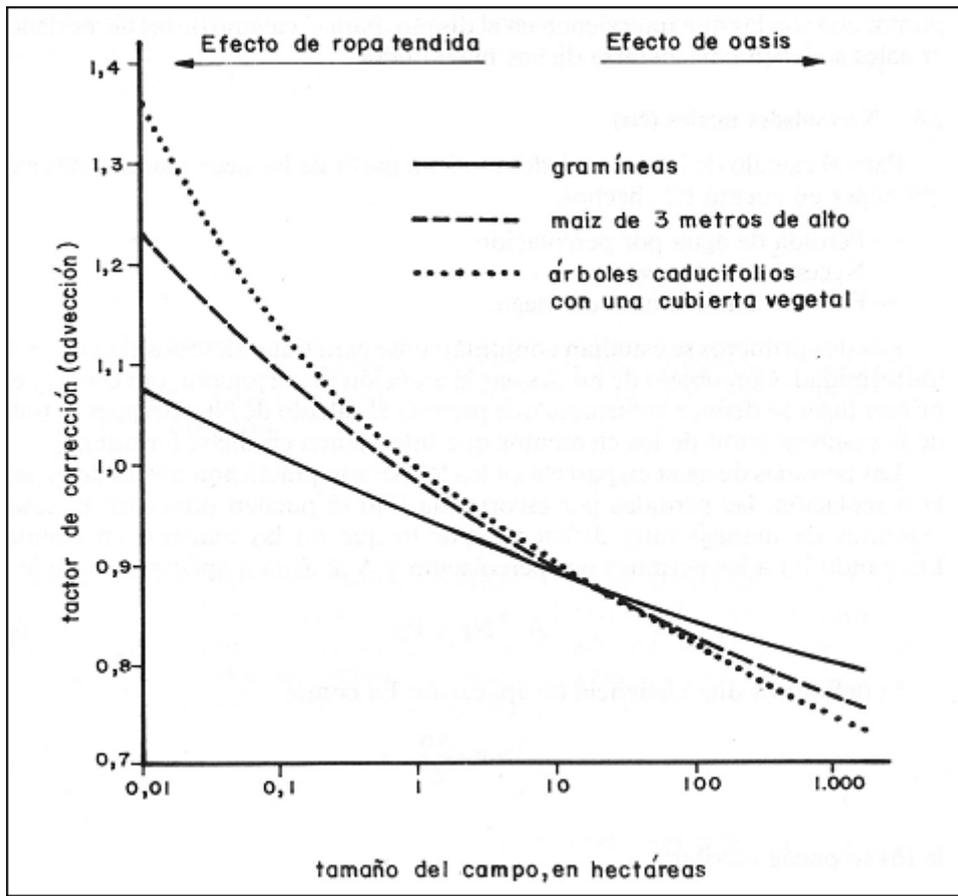
#### **Corrección por variación climática.**

Cuando la ET<sub>0</sub> utilizada en el cálculo equivale al valor medio del periodo estudiado, debe mayorarse multiplicándola por un coeficiente, pues de otra forma las necesidades calculadas serían también un valor medio, lo que quiere decir que aproximadamente la mitad de los años el valor calculado sería insuficiente. En los riegos localizados de alta frecuencia, el volumen de suelo mojado es reducido y por tanto los coeficientes son siempre elevados.

Adoptamos el criterio de Hernández Abreu de aplicar siempre un coeficiente comprendido entre 1.15 y 1.20. Se adopta pues un valor de **K<sub>v</sub> = 1.20**

#### **Corrección por advección.**

Los efectos del movimiento de aire por advención, tienen un efecto considerable en el microclima que afecta al cultivo, ya que este microclima depende, además del propio cultivo, de la extensión de la superficie regada y de las características de los terrenos colindantes. En caso de pequeñas parcelas, el microclima del cultivo será distinto según esté rodeado de una masa verde o de un terreno sin cultivar, lo que origina un aire más caliente en el segundo caso. Por lo tanto, el siguiente coeficiente K<sub>a</sub> vendrá en función de la naturaleza del cultivo y del tamaño de la superficie regada



Teniendo una parcela regada de 228 ha y un cultivo de árboles caducifolios con cubierta vegetal, tenemos que nuestro coeficiente  $K_a = 0.82$

Teniendo ya los tres coeficientes podemos saber el valor de la evapotranspiración corregida:

$$ET_c \text{ corregida} = K_1 * K_v * K_a * ET_c = 0.655 * 1.2 * 0.82 = 0.644 * ET_c$$

MES	P total(mm)	P efectiva (mm)	ET (mm)	ETc corregida (mm)	Nn (mm/mes)	Nr (mm/mes)
JUNIO	47	17.98	183.09	117.9	117.9	159.7
JULIO	20	14.5	256.37	165.1	165.1	223.7
AGOSTO	38	26.6	234	150.7	150.7	204.2
SEPTIEMBRE	54	28.13	149.1	96	96	130.1
OCTUBRE	54	28.13	71.4	46	46	62.3

### **3) DIMENSIONADO DEL RIEGO LOCALIZADO.**

Se trata de un riego de alta frecuencia y se aplican dosis muy ajustadas, no debiendo dejar de esta manera posibilidad alguna de acumulación de sales, que pueden llegar a provocar estrés hídrico si se produjera dicha acumulación, en el mes crítico se regará todos los días del mes y durante una jornada determinada, para no sobredimensionar la instalación, dado que fuera de este mes crítico no será necesario regar todos los días.

El mes crítico lo tenemos en julio con 223.7 mm de necesidades reales por lo tanto dimensionaremos la instalación teniendo en cuenta dicha cifra y los días del mes de julio.

#### **3.1) DOSIS DE RIEGO:**

La dosis de riego se considera como las necesidades reales diarias del mes crítico por lo tanto tenemos que:

$$\text{Nr diarias} = 223.7 / 31 = 7.22 \text{ mm/día}$$

#### **3.2) PORCENTAJE DE SUELO MOJADO.**

Una de las características del riego localizado es que solo aplican el agua a una parte del suelo. En la práctica del diseño, el concepto de porcentaje de suelo mojado se constituye por el “porcentaje de superficie mojada”, que aunque es menos significativo es más fácil de manejar y medir.

El parámetro “porcentaje de superficie mojada” se representa por P. Keller recomienda los siguientes valores mínimos para el caso de árboles:

- Clima húmedo →  $P_{\text{mínimo}} = 20\%$
- Clima árido →  $P_{\text{mínimo}} = 30\%$

Por lo tanto, en nuestro caso, con una masa arbórea y un clima árido tendremos un valor del 30%.

#### **3.3) ÁREA MOJADA POR UN EMISOR.**

Los emisores elegidos para la instalación del riego localizado son mangueras de polietileno de alta calidad con un diámetro interior de 17.6 mm. y un espesor de 1.2 mm. que presentan el gotero incorporado.

Este tipo de emisor tiene un caudal nominal de 3.5 litros a la hora dentro del rango de presiones recomendadas por el fabricante, que van desde 0.3 a 4 atmósferas de presión.

El radio del bulbo húmedo del emisor se calcula mediante diferentes expresiones dependiendo de la textura del suelo, ya que esta influenciará la forma del bulbo y por lo tanto su radio. La fórmula que tenemos que escoger es la de textura media, por ser la más cercana a nuestras características.

Textura del suelo	Diámetro
Textura fina	$D = 1,2 + 0,10 \cdot q$
Textura media	$D = 0,7 + 0,11 \cdot q$
Textura gruesa	$D = 0,3 + 0,12 \cdot q$

Tabla10.3

D = Diámetro de la superficie mojada (m)

q = Caudal del emisor (l/h)

Estas fórmulas deben usarse con prudencia, ya que la textura del suelo no informa adecuadamente el movimiento del agua en el mismo, puesto que influyen otros factores, tales como la estratificación o la presencia de piedras.

$$D = 0.7 + 0.11 \cdot 3.5 = 1.085 \text{ m}$$

De esta manera el área mojada por emisor es de:

$$Ae = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 0.542^2 = 0.92 \text{ m}^2$$

### 3.4) NÚMERO MÍNIMO DE EMISORES.

El mínimo número de emisores a implantar se calcula mediante la siguiente expresión:

$$e \geq \frac{Sp \cdot p}{100 \cdot Ae}$$

Donde:

- **e** = número de emisores.
- **Sp** = superficie ocupada por planta.
- **P** = porcentaje mínimo de suelo mojado.
- **Ae** = Área mojada por un emisor, en m<sup>2</sup>.

Sustituyendo los valores correspondientes en la expresión anterior se obtiene que:

$$e > 6 \cdot 30 / 100 \cdot 0.92 = 1.95$$

Se utilizarán como mínimo 2 emisores por planta, aunque colocaremos 8 emisores por planta, colocándolos en dos mangueras para mejorar la eficiencia, colocando 4 emisores por planta y manguera

### **3.5) SEPARACIÓN ENTRE EMISORES.**

Tenemos un marco de plantación de 3x2, y 4 emisores por planta y tubería, lo cual nos dice que tenemos que tener 4 emisores en 2m, ya que la separación entre plantas en esa y la separación entre filas son los 3m. Pero como tenemos dos tuberías por fila y las dispondremos de modo q la separación entre emisores sea de 0.25 m.

Por lo tanto tenemos que la separación entre emisores tiene que ser de:  
 $S_e = 2m / 4 \text{ emisores} = 0.5 \text{ m/emisor}$

Una vez conocida la separación entre emisores, se realiza la comprobación del solapamiento entre bulbos. Los valores de solape se recomienda que estén comprendidos entre el 10 y el 20 por ciento, que será el utilizado. El solapamiento se calcula de la siguiente manera:

$$S_e = r \cdot \left( 2 - \frac{a}{100} \right)$$

Donde:

**a** = Porcentaje de solapamiento

**r** = Radio del bulbo húmedo.

$$S_e = 0.542 \cdot (2 - 20/100) = 0.97$$

Como da una distancia de separación de emisores de 0.97m que es mayor que la que se había propuesto, se cumple perfectamente el solapamiento del 20% que buscábamos.

Como hay que adaptarse a las distancias que nos da el fabricante escogeremos una separación de 0.5 m, que cumple perfectamente con lo propuesto.

Con esta distancia entre emisores tenemos un nuevo porcentaje de solapamiento:

$$0.5 = 0.542 \cdot (2 - a/100); a = 107.74 \%$$

### **3.6) INTERVALO ENTRE RIEGOS.**

El intervalo de riego es generalmente la variable menos rígida y por lo tanto la que más se puede modificar. Desde el punto de vista agronómico no existe un valor mínimo, se podría incluso regar continuamente las 24 horas del día, pero ello conlleva muchísimos inconvenientes, entre otros la inflexibilidad del sistema que, por ejemplo, no permitiría recuperar el tiempo perdido por una avería. En la práctica valores inferiores a la unidad, es decir, más de un riego diario exigen un cierto automatismo en la instalación.

Nuestros cálculos estarán dirigidos entonces a hacer un riego al día, al menos en el periodo más crítico.

### 3.7) VOLUMEN EMITIDO POR EL EMISOR.

El volumen emitido por el emisor ( $V_e$ ) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V_e = \frac{N_t \cdot I}{e}$$

Donde:

- $V_e$  = Volumen emitido por el emisor, en litros por emisor.
- $N_t$  = Necesidades totales diarias, en mm/día.
- $I$  = Intervalo entre riegos, en días.
- $e$  = Número de emisores por metro cuadrado.

Así pues el volumen emitido resulta de:

$$V_e = 7.22 \cdot 1 / 1.33 = 5.42 \text{ l/día por emisor}$$

### 3.8) TIEMPO DE RIEGO EN CADA MODULO.

Se entiende por módulo, el conjunto de emisores que riegan al mismo tiempo. El tiempo de riego se calcula de la siguiente forma:

$$t = \frac{V_e}{q_q}$$

Siendo:

- $t$  = Tiempo de riego en horas
- $V_e$  = Volumen de agua emitido por el emisor, en litros.
- $q_q$  = Caudal nominal del emisor, en L/h.

Aplicando la expresión anterior, se obtiene que:

$$T = 5.42 / 3.5 = 1.54 \text{ horas} = 1 \text{ horas y } 32 \text{ minutos.}$$

## **4) CÁLCULO DEL CAUDAL FICTICIO CONTINUO EN EL RIEGO LOCALIZADO.**

El caudal ficticio continuo representa las necesidades reales de riego calculadas mes a mes (para todo el periodo de riegos) y expresadas en forma de caudal continuo, es decir, en litros/ segundo y hectárea.

En particular, al caudal ficticio continuo del mes de máximas necesidades se le va a llamar caudal característico, y se calcula de la siguiente manera:

$$q_c = \frac{N_n}{E_a} \cdot \frac{1}{8.64 \cdot N}$$

Donde:

- $q_c$  = Caudal característico en L/ s y Ha.
- $N_n$  = Necesidades netas del cultivo más exigente en el mes crítico, en mm/mes.
- $E_a$  = Eficiencia de aplicación del sistema de riego, en tanto por uno.
- $N$  = Número de días del mes crítico.

Aplicando la expresión anterior se obtiene el siguiente valor:

$$q_c = 165.1 / 0.9 * 31 * 8.64 = 0.68 \text{ l/s y ha.}$$

## Anejo 11: Cálculo hidráulico

### 1) INTRODUCCIÓN:

En este anejo se van a realizar los cálculos pertinentes para conocer las pérdidas de carga existentes en toda la red, para que una vez conocidas estas podamos determinar los diámetros de las tuberías que de momento están sin asignar, ya que tenemos que saber las pérdidas que se ocasionan en los ramales portagotos para así designar un diámetro a las terciarias que no provoque más pérdidas que las admisibles. Para lo cual crearemos una hoja de cálculo, que nos permitirá ir modificando diámetros dependiendo de las necesidades de presión.

El procedimiento de cálculo ha sido: Primero, se calcula sin total exactitud la pérdida de carga en el lateral más desfavorable para tener una idea aproximada de la presión necesaria en la toma de cada parcela. Una vez tenemos este dato y las características de funcionamiento de los goteros tenemos una presión necesaria al inicio de cada parcela, por lo que vamos a asignar diámetros a la tubería primaria para compensar las pérdidas de carga por rozamiento y los desniveles dejando una presión aceptable en cada toma. Ya tenemos las presiones al inicio de cada parcela, por lo que calculamos las pérdidas en el lateral más desfavorable y con la diferencia de presiones, asignamos un diámetro comercial a las tuberías secundarias.

### 2) DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES:

#### 2.1) ELECCIÓN DE LAS TOMAS EN CADA PARCELA.

Con los datos del caudal continuo de cada parcela y su superficie, tenemos un caudal necesario para cada una de ellas. Elegiremos una toma del catálogo en función de este caudal.

PARCELA	SUPERFICIE (Has)	CAUDAL (l/s)
1	13.5	172.5
2	13.8	176.3
3	15	191.7
4	14.15	180.8
5	14.2	181.4
6	14.8	189.1
7	14.5	185.3
8	12.8	163.6
9	13.2	168.6
10	13.5	172.5
11	12.5	159.7
12	13.2	168.6
13	12	153.3
14	15.8	201.7
15	14.3	182.7

Tabla 11.1

## 2.2) TRAZADO DE LA RED DE RIEGO:

Para el trazado de la red de riego se ha tenido en cuenta, tanto el lugar de captación del agua, como la posición de las parcelas, y el colocar las tuberías lo más rectas posibles para mantener las válvulas alineadas.

Por lo tanto se ha intentado siempre que las tuberías vayan por los lindes de las parcelas cuando sea posible. Con esto facilitaremos la instalación y el mantenimiento de la red de riego, además de abaratar costes.

## 2.3) CÁLCULO DE CAUDALES EN LA RED DE RIEGO:

El cálculo de los caudales circulantes por las tuberías se calcula según dos criterios dependiendo del número de tomas al que abastece cada tramo.

-Cuando el número de tomas es menor de 10, el caudal es igual a la suma de los caudales de las diferentes tomas.

-Para la determinación del caudal de cada tramo cuando el número de tomas es mayor de 10 se utiliza la fórmula de Clement propuesta en las normas IRYDA.

Dado que en este caso el número de tomas es inferior a 10, se aplicará para el cálculo de las tomas el sumatorio de caudales, es decir, el caudal acumulado.

## **3) ELECCIÓN DE MATERIALES.**

Los materiales utilizados en la red de distribución son el Polietileno (PE) de alta densidad, el Policloruro de Vinilo (PVC). El primero se utiliza para diámetros nominales superiores a 315 mm y el segundo para los diámetros nominales inferiores.

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

- El polietileno presenta la ventaja de ser flexible, con lo que puede amoldarse a las curvas sin perder la sección útil.
- Para ejecutar las tomas de las parcelas o las derivaciones la puesta en obra resulta sencilla con ambos materiales, ya que basta con la instalación de un manguito tope brida y un brida loca.
- El funcionamiento hidráulico de estos plásticos presenta coeficientes de fricción bajos, reduciendo las pérdidas de carga y en consecuencia reduciendo los diámetros de las tuberías.
- En la fase de explotación de la red presentan una gran facilidad de reparación ya que existe una gran cantidad de piezas especiales en el mercado que facilitan éstas operaciones.
- Las tuberías plásticas permiten el montaje fuera de la zanja, con lo que el coste del mismo es mínimo.

### 3.1) DIÁMETROS COMERCIALES:

Los diámetros comerciales existentes de tubería de P.V.C. según la norma U.N.E. 53-112 son:

PVC	PRESIONES NOMINALES			
	0,4 MPa	0,6 MPa	1,0 MPa	1,6 MPa
Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro interior (mm)
16	-	-	-	13,60
20	-	-	-	17,00
25	-	-	28,40	21,20
32	-	-	36,00	27,20
40	-	36,40	36,00	34,00
50	-	46,40	45,20	42,60
63	59,40	59,20	57,00	53,60
75	71,40	70,60	67,80	63,80
90	86,40	86,60	81,40	76,60
110	105,60	103,60	99,40	93,60
125	120,00	117,60	113,00	106,40
140	134,40	131,80	126,60	119,20
160	153,60	150,60	144,60	136,20
180	172,80	169,40	162,80	153,20
200	192,00	188,20	180,80	170,40
250	240,20	235,40	226,20	213,00
315	302,60	296,60	285,00	268,20
400	384,20	376,60	361,80	340,60
500	480,40	470,80	452,20	-

Tabla 11.2

Proyecto de explotación agrícola del cultivo de Paulownia para la obtención de biomasa en Alcalá del Obispo (Huesca)

PE	PRESIÓN NOMINAL			
	0,4 MPa	0,6 MPa	1,0 MPa	1,6 MPa
Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro interior (mm)
25	-	-	21,00	20,40
32	-	-	28,00	26,20
40	-	36,00	35,20	32,60
50	-	46,00	44,00	40,80
63	-	58,20	55,40	51,40
75	-	69,20	66,00	61,40
90	-	83,00	79,20	73,60
110	-	101,60	96,80	90,00
125	118,80	115,40	110,20	102,20
140	133,00	129,20	123,40	114,60
160	152,00	147,60	141,00	127,60
180	171,20	166,20	158,60	150,80
200	190,20	184,60	176,20	163,60
225	218,00	207,80	198,20	184,00
250	237,60	230,80	220,40	204,60
280	266,20	258,60	246,80	229,20
315	299,60	290,80	277,60	257,80
355	337,60	327,80	312,80	290,40
400	380,40	369,40	352,60	327,20
450	428,00	415,60	396,60	368,00
500	475,40	461,80	440,80	409,00
560	532.60	517.20	493.60	458.20
630	599.20	581.80	555.20	515.40
710	675.20	655.60	626.00	-
800	760.80	738.80	705.20	-
900	856.00	830.60	794.20	-
1000	951.20	923.00	882.40	-
1200	1141.40	1107.60	-	-

Tabla 11.3

### 3.2) TIMBRADO DE LAS TUBERÍAS:

La presión mínima necesaria en la red para el correcto funcionamiento del sistema es de 30 mca.

Al no requerir de una presión muy alta colocaremos todas las tuberías de presión nominal 6 atmósferas (0,6MPa) y nos aseguramos el buen funcionamiento de la red ya que en ningún momento se sobrepasa dicha presión.

### 3.3) UNIONES:

Todas las series comerciales de tubería de PVC disponen de tres tipos de unión, junta elástica, adhesivo y unión roscada. En este caso se decide optar por la unión mediante junta elástica.

Las tuberías de Polietileno deberán ser unidas mediante soldadura por termofusión o por accesorios de ajuste mecánico. En caso de utilizar accesorios o uniones con junta elástica sin resistencia axial, debido al alto coeficiente de dilatación de la tubería, deberá preverse que no pueda producirse desacople de la unión.

### 3.4) SOBREPRESIONES EN LA RED DE RIEGO:

La presión de servicio de las tuberías debe resistir la presión estática de la red más las sobrepresiones que se originen. Éstas se producen principalmente por las siguientes causas:

- Cierre de válvulas de mariposa que aíslan los ramales.
- Cierre de un hidrante.
- Acumulación de aire en la red.
- Llenado de la red.

Las medidas que se toman para evitar o reducir las posibles sobrepresiones son las siguientes:

- Cierre de las válvulas de mariposa y cierre de un hidrante, las sobrepresiones se reducen colocando válvulas de cierre lento.
- Para evitar las acumulaciones de aire en las conducciones se colocarán ventosas que lo evacuen.
- Para evitar fuertes sobre presiones durante el llenado de la red el caudal se limitará a 1/10 del caudal nominal.

## **4) CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA RED DE RIEGO**

Una vez obtenidos los caudales en cada parcela y hecho el diseño de la red, sabemos los caudales que tendremos en cada tramo de tubería y con esto podemos elegir un diámetro comercial que nos de pérdidas de carga aceptables.

Seleccionamos una presión inicial aportada por las bombas y a partir de ahí vamos asignando diámetros dependiendo de las pérdidas de carga y los desniveles para ir manteniendo una presión deseada en la red.

Con estos diámetros ya tenemos una presión inicial en cada parcela y con esto calcularemos los diámetros de los laterales y la tubería secundaria.

Para el cálculo de los diámetros de los laterales y la secundaria, primero se han calculado las pérdidas que provoca el lateral, y con la presión necesaria que necesita al inicio y sus pérdidas, podemos asignar un diámetro a la tubería terciaria para ajustar la presión admisible y las pérdidas.

#### 4.1) METODO DE CÁLCULO UTILIZADO:

Para el cálculo de la pérdidas de carga en la tubería por rozamiento continuo se utiliza la fórmula general propuesta por Darcy-Weisbach, que responde a la siguiente expresión:

$$h_r = J \times L = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Siendo:

- $h_r$ : Pérdidas de carga por rozamiento continuo, en mca.
- $J$ : Pérdida de carga unitaria, en m/m.
- $L$ : Longitud de la conducción, en m.
- $f$ : Factor de fricción.
- $v$ : Velocidad del fluido dentro de la tubería, en m/s.
- $D$ : Diámetro interior de la conducción, en m.
- $g$ : Aceleración de la gravedad, en m/s<sup>2</sup>.

El factor de fricción “ $f$ ” se ha calculado con la fórmula logarítmica de Jain para régimen turbulento en zona de transición:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{5,73}{Re^{0,9}} + \frac{K}{3,71 \times D} \right]$$

Donde:

- **Re**: número de Reynolds.
- **K**: rugosidad absoluta de la conducción que depende del tipo de material de que se trate, en mm.
  - Para el Polietileno  $K = 0,002$  mm.
  - Para el PVC  $K = 0,02$  mm
- **D**: diámetro de la conducción, en mm.

#### 4.2) CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN TUBERÍA PRIMARIA:

Para comenzar hemos dividido la tubería primaria en 10 tramos, dependiendo del caudal a transportar y de las pendientes del terreno, teniendo siempre en cuenta que en un mismo tramo la pendiente sea constante.

Tomamos como punto de partida los 20 m.c.a que nos aporta el sistema de impulsión y a partir de ahí vamos probando diferentes diámetros de la tubería para ir manteniendo una presión aceptable al final de cada tramo.

Los dos primeros tramos, que son los que van de la estación de bombeo hasta las parcelas, hemos colocado un diámetro comercial de 400 para ganar algo de presión al final, ya que tenemos diferencias de cotas favorables en ambos y con esto conseguimos llegar con una presión suficiente para el resto de la red.

A partir de ahí ya vamos tomando un diámetro menor, de 315, el cual mantenemos hasta el tramo 8 inclusive, y la presión en cada toma sigue siendo aceptable.

En los dos últimos tramos, volvemos a seleccionar el diámetro de 400, ya que son de mayor longitud y las pérdidas se harían demasiado grandes para mantener la presión que queremos.

Con este diseño nos aseguramos que no hay ninguna toma en la que llegue menos de 30 m.c.a y por lo tanto tendremos margen para seleccionar las tuberías secundarias y laterales, para un correcto funcionamiento.

Tramo	Presion ini.	Dif. Cotas	Pérdidas	Presion fin
0	20	13	0,63	33,63
1	33,63	16	-6,9	42,73
2	42,73	4	-2,47	44,26
3	44,26	-3	-4,44	36,82
4	44,26	2	-6,85	39,41
5	39,41	1	-3,13	37,28
6	37,28	-1	-1,3	34,98
7	37,28	1	-3,33	34,95
8	34,95	4	-5,55	33,4
9	33,4	3	-2,84	33,56
10	33,56	4	-3,26	34,3

Tabla 11.4

Tramo	Longitud	Q acumulado	D (mm)	Tub.comercial	K	$\mu$	v	Re	f	HR
0	106	726000	376,6	400 PN 6	0,02	1,14E-06	1,810437794	598079,7134	0,013543969	0,63685377
1	1148	726000	376,6	400 PN 6	0,02	1,14E-06	1,810437794	598079,7134	0,013543969	6,89724649
2	139	690000	296,6	315 PN 6	0,02	1,14E-06	2,774050834	721739,8925	0,013446498	2,471625595
3	274	657000	296,6	315 PN 6	0,02	1,14E-06	2,641378838	687221,8976	0,013522377	4,442166499
4	385	690000	296,6	315 PN 6	0,02	1,14E-06	2,774050834	721739,8925	0,013446498	6,845869454
5	176	690000	296,6	315 PN 6	0,02	1,14E-06	2,774050834	721739,8925	0,013446498	3,129540322
6	93	607000	296,6	315 PN 6	0,02	1,14E-06	2,440360661	634921,9054	0,013648919	1,299029702
7	187	690000	296,6	315 PN 6	0,02	1,14E-06	2,774050834	721739,8925	0,013446498	3,325136592
8	312	690000	296,6	315 PN 6	0,02	1,14E-06	2,774050834	721739,8925	0,013446498	5,547821479
9	520	690000	376,6	400 PN 6	0,02	1,14E-06	1,720664019	568422,8681	0,013634841	2,840967517
10	665	651000	376,6	400 PN 6	0,02	1,14E-06	1,623409096	536294,619	0,013741353	3,259325899

Tabla11.5

#### 4.3) CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN LATERALES:

La parcela destinada al riego localizado se divide en 15 posturas de unas superficies aproximadamente iguales y en torno a las 14 hectáreas. Son en total quince módulos alimentados por una primaria cada uno.

Para calcular la presión necesaria a la entrada de cualquiera de los módulos de los que está compuesta la parcela, se debe calcular en primer lugar la presión necesaria a la entrada de uno de los ramales porta goteros que componen dicho módulo.

La longitud de los laterales o ramales van variando dependiendo del contorno de la parcela.

Los datos necesarios para el cálculo hidráulico de las pérdidas de carga en los laterales son:

- La presión mínima de trabajo de estos goteros autocompensantes es de 3mca.
- La presión máxima de trabajo de estos goteros autocompensantes es de 40 mca.
- La presión nominal de funcionamiento se toma como referencia en 20 mca.
- La separación entre laterales ( $S_o$ ) es de 0,8 m. La separación entre emisores ( $S_e$ ) es de 0,4 m.
- El diámetro nominal es de 25 mm y diámetro interior 22,4 mm.
- El caudal del emisor es de 1,2 l/h

##### 4.3.1) PERDIDAS DE CARGA EN LOS RAMALES PORTAGOTEROS:

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 secundaria suministradora. En cada módulo tenemos que ver cuál es el lateral más desfavorable y realizar los cálculos en torno a él.

Describiremos con detalle los cálculos realizados para el primer módulo y todos los demás los calcularemos mediante una hoja Excel.

En el primer módulo tenemos una parcela de XXXX hectáreas, en la cual el lateral más desfavorable tiene una longitud de 230 metros de longitud, tiene insertados 460 emisores y el caudal que ha de transportar es de 1610 L/h.

Una vez determinado dicho lateral, se pasan a determinar las pérdidas de carga unitaria mediante la fórmula propuesta por Cruciani para tuberías de polietileno.

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

Donde:

- Q: caudal del lateral, en L/h.
- D: diámetro del lateral, en mm.

De esta forma se obtiene la pérdida de carga unitaria:

$$J = 0,592 \cdot \frac{1610^{1,75}}{26,2^{4,75}} = 0,044 \text{ m/m}$$

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. A efectos de cálculo, las conexiones se pueden sustituir por una longitud equivalente de tubería ( $L_{eq}$ ).

Esta longitud se calcula con la expresión dada por Montalvo, que es:  $L_{eq} = 18,91 \cdot d^{-1,87}$ . Sustituyendo en la anterior resulta un valor de 0,09.

Así pues, la pérdida de carga unitaria incluido el efecto de las conexiones ( $J'$ ) se obtiene mayorando la que se produciría de no existir conexiones ( $J$ ), según la siguiente expresión:

$$J' = J \cdot \frac{S + L_{eq}}{S}$$

Sustituyendo los valores correspondientes en la expresión anterior da un resultado de  $J' = 0,052 \text{ m/m}$ .

La pérdida de carga en el lateral, de mayor longitud, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$h_f = J' \cdot F \cdot L$$

Donde:

- $J'$ : Pérdida de carga unitaria.
- L: Longitud del ramal.
- F: Factor de Christiansen. Valor tabulado en función del número de emisores, la relación entre la separación entre laterales y emisores y en función del coeficiente m. En este caso  $F = 0,364$ .

De esta forma el resultado es:

$$h_f = 0,052 \cdot 0,364 \cdot 230 = \underline{\underline{4.38 \text{ mca.}}}$$

4.3.2) PRESIÓN NECESARIA AL INICIO DEL LATERAL:

Se obtiene a partir de la expresión:

$$P_0 = P_n + \alpha Z_{lat} + \beta h_{f\ lat}$$

Donde:

- $P_n$ : Presión media en el lateral, en mca.
- $\alpha$  y  $\beta$ : Coeficientes adimensionales, dados por:

$$\circ \quad \alpha = \frac{n+1}{2n} \quad \beta = \frac{m+1}{m+2}$$

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

Así pues:

$$P_0 = 20 + 0,514*(0) + 0,73 \cdot 4.38 = \mathbf{23.2 \text{ mca.}}$$

A continuación procedemos a hacer lo mismo para los siguientes 14 módulos. Con lo que tendremos unos valores de presión mínima a la entrada del lateral, para cada parcela.

ZONA	LATERAL (m)	SECUNDARIA (m)	n (emisores)	Q lateral (l/h)	J' (m/m) lateral	hf ( mca)	P inicial (mca) necesaria
ZONA 1	230	211	460	1610	0,052386317	4,38578243	23,20162117
ZONA 2	317	262	634	2219	0,09184338	10,597624	27,73626549
ZONA 3	226	352	452	1582	0,050802364	4,17920564	23,05082012
ZONA 4	360	263	720	2520	0,114742294	15,0358301	30,97615601
ZONA 5	360	478	720	2520	0,114742294	15,0358301	30,97615601
ZONA 6	313	302	626	2191	0,0898249	10,2339305	27,47076925
ZONA 7	293	235	586	2051	0,080022568	8,53456696	26,23023388
ZONA 8	321	380	642	2247	0,093881054	10,9694379	28,00768965
ZONA 9	360	461	720	2520	0,114742294	15,0358301	30,97615601
ZONA 10	316	462	632	2212	0,091336958	10,5059423	27,66933788
ZONA 11	237	305	474	1659	0,055208221	4,76270284	23,47677307
ZONA 12	364	178	728	2548	0,116982681	15,4997374	31,31480827
ZONA 13	303	154	606	2121	0,084863072	9,35971796	26,83259411
ZONA 14	370	154	740	2590	0,120378012	16,2125107	31,83513279
ZONA 15	370	252	740	2590	0,120378012	16,2125107	31,83513279

Tabla 11.6

**4.4) PÉRDIDAS DE CARGA EN TUBERÍA SECUNADARIA:**

Una vez tenemos ya la presión inicial que tenemos que aportar en cada lateral más desfavorable de cada módulo y la presión que nos aporta la tubería primaria, podemos sacar las pérdidas de carga admisibles en la tubería secundaria.

ZONA	P inicial (mca) necesaria	P inicial (mca) obtenida	hf para TS(mca)
ZONA 1	23,20162117	34,3	11,0983788
ZONA 2	27,73626549	34,3	6,56373451
ZONA 3	23,05082012	33,56	10,5091799
ZONA 4	30,97615601	34,3	3,32384399
ZONA 5	30,97615601	33,56	2,58384399
ZONA 6	27,47076925	33,4	5,92923075
ZONA 7	26,23023388	33,4	7,16976612
ZONA 8	28,00768965	35	6,99231035
ZONA 9	30,97615601	35	4,02384399
ZONA 10	27,66933788	39,41	11,7406621
ZONA 11	23,47677307	39,41	15,9332269
ZONA 12	31,31480827	36,82	5,50519173
ZONA 13	26,83259411	42,75	15,9174059
ZONA 14	31,83513279	42,75	10,9148672
ZONA 15	31,83513279	36,82	4,98486721

Tabla 11.7

Y cuando tenemos las pérdidas de carga para cada tramo, sacamos el diámetro correspondiente mediante la fórmula de Cruciani, tal como hemos hecho antes para calcular las perdidas mediante un diámetro pero al contrario:

Primero sacamos la J mediante las pérdidas que hemos obtenido de la resta entre la necesaria y la obtenida, y la distancia de cada una de las secundarias.

A continuación con los datos del caudal (Q) y la pérdidas (J), tenemos el diámetro que se ajustara exactamente a las necesidades que teníamos.

	SECUNDARIA (m)	J (m/m) TS	Q TS (l/h)	φ SECUNDARIA (mm)	φ TS comercial
ZONA 1	211	0,14450	621000	181,67	200
ZONA 2	262	0,06883	634000	215	225
ZONA 3	352	0,08202	690000	215	225
ZONA 4	263	0,03472	460000	221	250
ZONA 5	478	0,01485	335800	235	250
ZONA 6	302	0,05394	446000	200	225
ZONA 7	235	0,08382	501400	190	200
ZONA 8	380	0,05055	588000	216	225
ZONA 9	461	0,02398	607200	246	280
ZONA 10	462	0,06982	621000	209	225
ZONA 11	305	0,14352	575000	177	200
ZONA 12	178	0,08497	607200	191	225
ZONA 13	154	0,28396	331200	126	140
ZONA 14	154	0,19471	400000	146	160
ZONA 15	252	0,05434	657000	229	250

Tabla 11.8

## 5) MOVIMIENTO DE TIERRAS:

Toda instalación de riego fija y permanente, conlleva consigo un movimiento de tierra para enterrar las tuberías primarias y secundarias, ya que en este caso los laterales de riego no irán enterrados al ser un riego por goteo y no por aspersion.

Para enterrar la tubería haremos una zanja, y la acondicionaremos para después colocar la tubería. La dimensión de la zanja dependerá del diámetro de la tubería a colocar y de la longitud de esta.

### 5.1) DEFINICIÓN DE LAS 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 correspondientes se muestran en la siguiente tabla:

Diámetro exterior de la tubería (mm)	Anchura de la zanja (m)	Profundidad de la zanja (m)
∅ ≤ 200	∅ (m) + 0,6	∅ (m) + 1
∅ > 200	∅ (m) + 0,7	∅ (m) + 1

Tabla 11.9

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 rellenará con material seleccionado de tamaño menor de 2 cm. La parte superior se rellena con material procedente de la excavación.

**5.2) EXCAVACIÓN DE LA ZANJA TUBERÍA PRIMARIA:**

Tramo	Longitud (m)	Tubería	Anchura (m)	Profundidad (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
0	106	400 PN 6	1.1	1.4	163.24
1	1148	400 PN 6	1.1	1.4	1790.9
2	139	315 PN 6	1	1.3	180.7
3	274	315 PN 6	1	1.3	356
4	385	315 PN 6	1	1.3	500.5
5	176	315 PN 6	1	1.3	228.8
6	93	315 PN 6	1	1.3	120.9
7	187	315 PN 6	1	1.3	243.1
8	312	315 PN 6	1	1.3	405.6
9	520	400 PN 6	1.1	1.4	811.2
10	665	400 PN 6	1.1	1.4	1037.4

Tabla 11.10

Total de m<sup>3</sup> excavados para la tubería primara: **5838 m<sup>3</sup>**

**5.3) EXCAVACIÓN DE LA ZANJA TUBERÍA SECUNDARIA:**

Zona	Longitud (m)	Tubería	Anchura (m)	Profundidad (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
ZONA 1	211	200	0.8	1.2	202.56
ZONA 2	262	225	0.9225	1.225	296
ZONA 3	352	225	0.9225	1.225	397.76
ZONA 4	263	250	0.925	1.25	304.1
ZONA 5	478	250	0.925	1.25	552.56
ZONA 6	302	225	0.9225	1.225	341.26
ZONA 7	235	200	0.8	1.2	225.6
ZONA 8	380	225	0.9225	1.225	429.4
ZONA 9	461	280	0.928	1.28	457.59
ZONA 10	462	225	0.9225	1.225	522
ZONA 11	305	200	0.8	1.2	292.8
ZONA 12	178	225	0.9225	1.225	201.14
ZONA 13	154	140	0.74	1.14	129.9
ZONA 14	154	160	0.76	1.16	135.76
ZONA 15	252	250	0.925	1.25	291.37

Tabla 11.11

Total de m<sup>3</sup> excavados para tubería secundaria: **4780 m<sup>3</sup>**

## **Anejo 12: Cálculo instalación de bombeo**

### **1) INTRODUCCIÓN:**

En este anejo se va a diseñar la instalación partiendo de la situación del mes de julio, por ser el de mayor evapotranspiración y de máximas necesidades del cultivo, y del tercer año de la plantación que es cuando alcanza su máxima evapotranspiración.

Se va a proceder regando cada parcela por separado para no sobredimensionar la instalación. Cada postura tiene un tiempo de riego de una hora y media por lo que al haber 15 posturas, tenemos las bombas funcionando todo el día excepto una hora y media que paran. Por lo que el tiempo de funcionamiento de las bombas para este mes será de 22,5 horas al día.

El caudal a bombear mayor es de 726 m<sup>3</sup>/h, que corresponde a la postura con mayor superficie, por lo tanto diseñaremos la estación de bombeo con respecto a este dato.

### **2) DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS**

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

- Arqueta de captación de agua del río Guatizalema y la tubería de toma.
- Filtro rotativo para el tamizado del agua bombeada.
- Foso para albergar tres grupos electrobombas. Las bombas serán centrífugas de eje horizontal.
- Cámara de carga ejecutada en hormigón armado conectada a la toma del río.
- Estructura de hormigón armado para la ejecución de los edificios que albergan la instalación, equipada con un puente grúa para el montaje y desmontaje de los equipos mecánicos y electromecánicos.
- Sistema de automatismo y control que determinará el funcionamiento de los grupos de bombeo y el filtro rotativo.

La arqueta de captación tiene unas dimensiones de 2 m de anchura, por 2 m de largo, por 0,8 m de altura (sin tener en cuenta el empotramiento), tapada por una reja de acero inoxidable de barras cuadradas de 1 cm<sup>2</sup> de sección, se une con la estación por medio de una tubería de 500 mm. de diámetro, en la cual se instala una llave de mariposa de 500 mm., que comanda el paso del agua a la estación de filtrado. Esta se compone por un foso en el cual el agua pasa primeramente por un foso de decantación, de 0,5 m. de profundidad por 3,5 m. de larga, dispuesta en la dirección del río, donde se depositarán los sólidos más pesados, y posteriormente el agua será tamizada en un filtro rotativo, el cual será accionado por medio de un motor eléctrico y un temporizador, que comandará el limpiado (mediante unas boquillas que lavaran a presión el tamiz del filtro, a la vez que este gira, tomando el agua de la tubería de impulsión) y giro simultáneamente, en determinados intervalos de tiempo.

Las dimensiones de la estación de filtrado son 4 m. de largo por 4 m. de ancho y una profundidad de 5 m. para proteger esta de posibles crecidas del río. Espesor de la pared de 0,3 m. y separado este por un muro de idénticas dimensiones para la instalación del filtro rotativo.

La estación de filtrado se conecta con la cámara de carga por medio de un paso en la parte inferior de la cámara de carga. La cámara de carga se construye dentro de la estación de bombeo, se hace en hormigón armado, y con unas dimensiones de 5 m. de larga por 1,6 m. de anchura y 4 m. de profundidad, al igual que el foso donde irán instaladas las bombas.

En el interior de la estación de bombeo las tuberías son de acero A-42-b de diámetro 315 mm estas se unen a otras de diámetro 200 mm que son las que comunican la cámara de carga con las bombas.

En la aspiración se ha proyectado la colocación de una válvula de mariposa y en la impulsión se coloca una válvula de retención, una válvula de mariposa servoasistida y un carrete de desmontaje.

Los colectores de aspiración e impulsión de cada bomba se enlazan mediante piezas troncocónicas para poder ajustar los diferentes diámetros.

En la unión de las tuberías se construyen anclajes de hormigón que eviten el desplazamiento de las piezas de la instalación.

### **3) CALCULO 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 cada grupo motobomba. Para ello se decide instalar tres grupos electrobombas, con uno en reserva por si acaeciese algún incidente. De esta manera el volumen que tendrá que impulsar cada grupo es de 242m<sup>3</sup>/h (0,067 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: 0,201 m<sup>3</sup>/s (726 m<sup>3</sup>/h).
- Densidad del agua (  $\rho$ ): 1000 Kg/m<sup>3</sup>
- Cota de aspiración: 380 m.s.n.m.
- Cota de descarga: 386 m.s.n.m.
- Longitud tubería aspiración: 2 m.
- Longitud tubería de impulsión: 0 m.
- Diámetro de la tubería de impulsión (D<sub>i</sub>): 400 mm.
- Temperatura de cálculo: 15 °C
- Velocidad media del agua en la tubería: 1,8 m/s

El primer paso para dimensionar la instalación es determinar la altura manométrica de elevación. Esta altura se expresa como:

$$H_{me} = H_a + h_a + H_i + h_i$$

Donde:

- $H_a$ : Altura geométrica de aspiración.
- $h_a$ : Pérdidas de carga producidas en la aspiración.
- $H_i$ : Altura geométrica de la impulsión.
- $h_i$ : Pérdidas de carga producidas en la impulsión.

Así pues, tenemos unas pérdidas de carga, producidas tanto en la aspiración como en la impulsión, totalmente insignificantes. Debido a que las longitudes son muy pequeñas y prácticamente no se producen pérdidas por rozamiento. Por lo que solo tendremos en cuenta las alturas geométricas a superar.

De esta forma, ahora se puede pasar a determinar la altura manométrica de elevación ( $H_{me}$ ), que resulta de:

$$H_{me} = H_a + h_a + H_i + h_i$$

$$H_{me} = 2 + 0 + 20 + 0 = 22 \text{ mca.}$$

Se adopta como altura manométrica de elevación de diseño el valor de 22 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  $m^3/s$ .
- $H_{me}$ : Altura manométrica de elevación, en m.
- $\rho$ : Densidad del agua, en  $Kg/m^3$ .

De esta forma:

$$N_u = \frac{1000 \cdot 0,067 \cdot 22}{75} = 19.6 \text{ CV}$$

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:

$$N_{\text{eje}} = \frac{N_u}{\eta_B} = \frac{19,6}{0,75} = 26.13 \text{ CV}$$

Para que el motor de accionamiento deje disponible una potencia en el eje igual a la calculada anteriormente, 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 ( $\eta_m$ ) y se calcula como:

$$N_{\text{motor}} = \frac{N_{\text{eje}}}{\eta_m} = \frac{26.13}{0,75} = 34.84 \text{ CV}$$

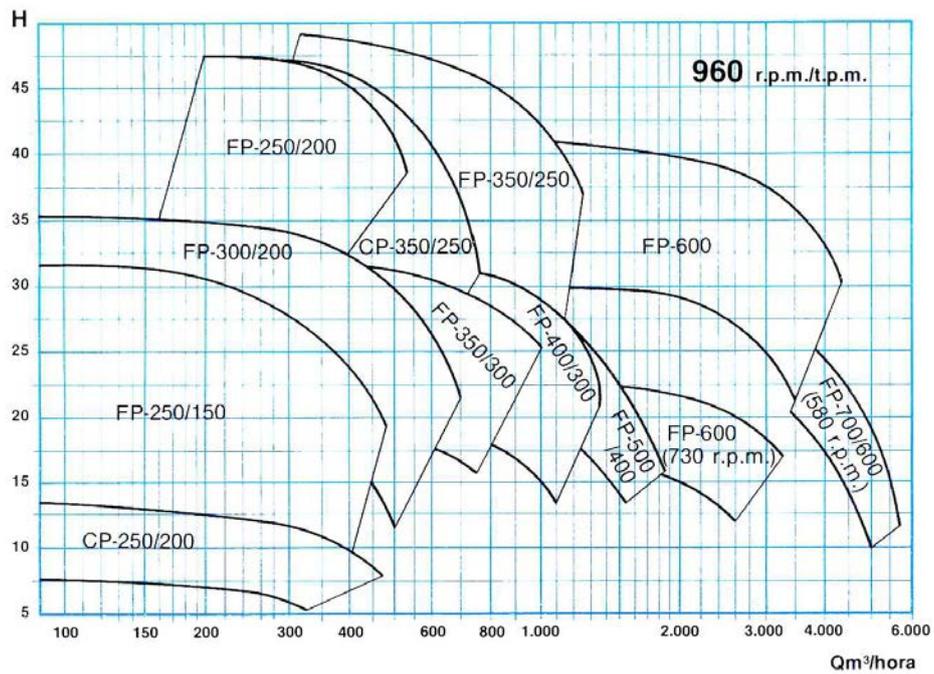
#### 4.2) ELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO.

Para cubrir las necesidades de la instalación tanto en caudal como en altura manométrica, se necesita una equipo de bombeo que proporcione un caudal total de 726 m<sup>3</sup>/h y una altura de 20 mca, así como un conjunto de motores que desarrolle aproximadamente 100 CV.

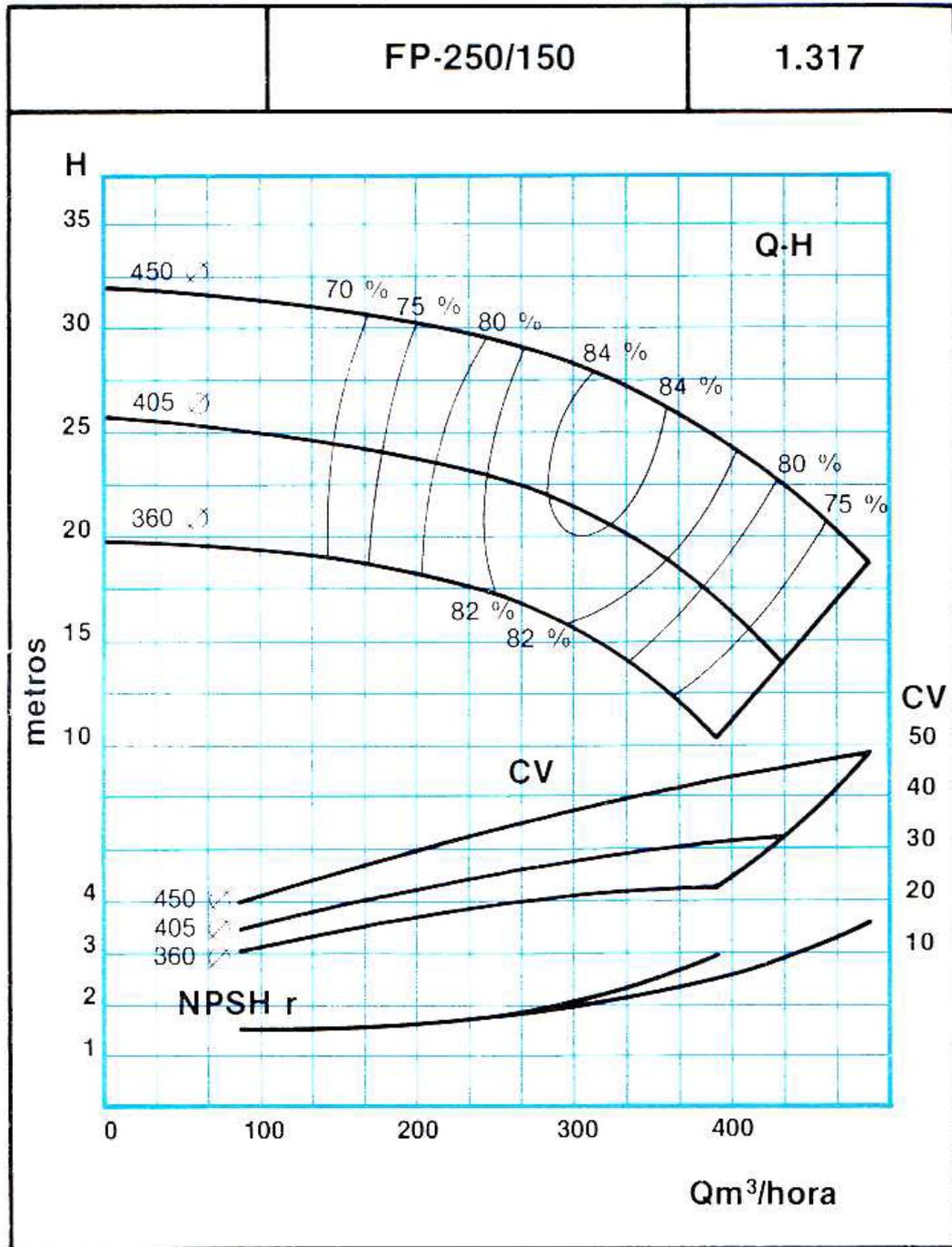
Con estos datos se elige de los diferentes catálogos comerciales un grupo electrobomba con las siguientes características:

- Régimen de revoluciones: 960 rpm.
- Diámetro del rodete: 360 mm.
- Rendimiento: 83%
- Modelo: FP-250/150

De esta forma se colocan tres grupos electrobombas de 242 m<sup>3</sup>/h cada uno, con las características detalladas. Las curvas de las diferentes bombas a seleccionar son las siguientes:



La curva característica de la bomba seleccionada, en la que se muestra el rendimiento y los caballos de vapor, dependiendo del caudal y la altura manométrica.



## 5) ESTUDIO DE LA CAVITACION.

### 5.1) CALCULO DE LA ALTURA NETA DE ASPIRACIÓN (NPSH).

Para realizar este cálculo se necesita conocer la temperatura máxima a la que se estima puede funcionar la bomba en servicio normal, se estima en 40°C.

Se calcula el NPSH(A) en la elevación:

$$\text{NPSH(A)} = \frac{P_{\text{atm}}}{\gamma} - H_a - h_a - h_v - h_t$$

Donde:

- $\frac{P_{\text{atm}}}{\gamma}$ : Presión atmosférica absoluta a nivel del mar, en mca.
- $H_a$ : Altura geométrica de aspiración, en m.
- $h_a$ : pérdidas de carga totales en aspiración, en mca.
- $h_v$ : Presión a la que se produce la evaporación del agua considerando la temperatura ambiente a la que funcionará la bomba.
- $h_t$ : Reducción de la presión atmosférica absoluta debido a la altitud sobre el nivel del mar.

Así pues:

$$\text{NPSH(A)} = 10 - 2 - 0 - 0,25 - 0,375 = 7,4 \text{ mca.}$$

Según la gráfica anterior, la bomba tiene un NPSH(R) de 4 mca. No existe cavitación en el caso de que  $\text{NPSH(A)} > \text{NPSH(R)}$ , que es este caso, por lo tanto no existe cavitación en las bombas.

## 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,  $C = 2$  ( $H_m/L > 0,2$ ).
- 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

Tabla 12.1

$$T = \frac{2 \cdot 1 \cdot 1,5}{9,81 \cdot 20} + 2 = 2,31 \text{ segundos.}$$

## 6.2) CÁLCULO DE LA CELERIDAD DE LA ONDA 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  $K=33,3$ .

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 33,3 \cdot \frac{376,6}{11,7}}} = 295,8 \text{ m/s}$$

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.

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  $\frac{2 \cdot 1}{380,11} = 0,007$  segundos, y  $T = 2,83$  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:

$$L_c = \frac{a \cdot T}{2} = \frac{295,8 \text{ m/s} \cdot 2,31 \text{ s}}{2} = 341,5 \text{ m}$$

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,  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

$$\Delta H = \frac{2 \cdot 1 \cdot 1,5}{9,81 \cdot 2,31} = 0,13 \text{ m.c.a.}$$

Con lo que la presión máxima que se produzca en la tubería cuando se paren las bombas será:

$$P_{\max} = H_{\text{me}} + \Delta H = 20 + 0,13 = 20,13 \text{ m.c.a.}$$

#### 6.4) ELECCION 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 0,6 MPa sería suficiente para que no hubiera problemas de fisuración causados por un exceso de presión. El timbraje anterior soporta presiones de hasta 60 metros de columna de agua, que es superior a la presión máxima de cálculo. Pero por razones de seguridad se adopta timbraje de 1.0 MPa.

#### 6.5) ABSORCIÓN DEL GOLPE DE ARIETE.

Para minimizar el golpe de ariete aunque este es pequeño, se instala una válvula de retención de 500mm de diámetro de disco partido, PN 10, en el comienzo de la tubería de impulsión. De esta forma se protege la conducción, siendo esta la medida de control más sencilla y económica se optará por la colocación de la misma, aunque no es necesaria, se asegura el funcionamiento de la instalación.

## Anejo 13: Diseño del cabezal de riego

### 1) INTRODUCCIÓN

El cabezal de riego es el elemento central de la instalación. Está formado por un conjunto de elementos que permiten realizar un tratamiento adecuado del agua de riego (filtrado, medición de caudal, control de presión, aplicación de fertilizantes, etc.).

El cabezal irá instalado en el edificio de control de mandos, los elementos que lo componen suelen ser (por orden):

**Equipo de tratamiento de agua.** Con frecuencia las aguas de riego presentan unos problemas para su aplicación en riegos localizados de alta frecuencia que no tienen importancia con otros sistemas de riego. Estos problemas están relacionados generalmente con las obturaciones de los emisores y la solución típica consiste en el filtrado del agua, pero hay situaciones en que el filtrado se debe complementar con un tratamiento periódico del agua.

El filtrado del agua procedente de canales abiertos, pantanos y ríos, se recomienda hacerlo a través de filtros de arena. Los filtros de arena son unos elementos típicos en los cabezales, que se usan sobre todo para eliminar las impurezas de tipo orgánico, tales como algas, restos de insectos, etc., y pequeñas partículas minerales. Conviene siempre instalar un mínimo de dos filtros, con objeto de que la limpieza por circulación inversa de un filtro utilice el agua previamente filtrada por el otro.

Los filtros de arena consisten en unos tanques metálicos de acero galvanizado, inoxidable o pintados y bobinados en poliéster o fibra de vidrio, que son capaces de resistir las presiones estáticas y dinámicas de la red de riego. Están llenos, como su propio nombre indica, por arena o grava tamizada de un determinado tamaño. Debe tenerse en cuenta que la calidad del filtrado depende del calibre de la arena, se recomienda un calibre de arena de 0.8 a 1.2 mm de diámetro.

Cuando los filtros de arena están limpios provocan una pérdida de carga del orden de uno a dos metros de columna de agua, y depende del tipo de arena y de la velocidad media del agua. A medida que se van colmatando, las pérdidas de carga aumentan y cuando se alcanzan valores en torno a cuatro y seis metros de columna de agua se debe proceder a su limpieza.

Para conocer el momento en que la limpieza es necesaria, se debe medir la presión antes y después del filtro. Para ello se hace conveniente la instalación de tomas para colocar manómetros de conexión rápida y utilizar el mismo manómetro para las lecturas antes y después, con objeto de que el descalibrado de los manómetros no afecte a la diferencia de lecturas, la limpieza se realiza en las tuberías de entrada y salida. Si la limpieza se realiza con agua que no ha sido filtrada, se corre el riesgo de que se acumulen las impurezas en la interfase agua-arena de aguas abajo, de manera que al funcionar de nuevo el filtro, esas impurezas se envían a la red de riego. Para evitar este inconveniente se colocan los filtros en paralelo con las conexiones necesarias para que cada filtro se pueda lavar con el agua limpia procedente del otro.

La limpieza de los filtros de arena se automatizará mediante preostatos diferenciales que comandan unas válvulas hidráulicas de contralavado, de forma que cuando se supera una pérdida de carga prefijada, se cierra la entrada normal de agua y se abre la salida de limpieza, situación que se mantiene durante un tiempo también prefijado, y a una velocidad de filtrado de ente 30 y 40 m<sup>3</sup>/ h. Para un buen funcionamiento de la filtración es recomendable seguir las siguientes instrucciones:

- En función de la suciedad que lleve el agua, la arena se debe reponer como mínimo una vez cada dos años.
- Se añadirá, en los elementos de cierre de las tapas, una pequeña cantidad de grasa, la cual facilitará la apertura y cierre del filtro.
- Se observará, antes de colocar la arena, el estado de los elementos internos para así evitar una mala colocación que pudiera provocar problemas posteriores.
- Se dejará el filtro completamente vacío de agua y limpio de impurezas, cuando vaya a estar un largo periodo de tiempo sin ser utilizado.
- El filtro de arena debe colocarse antes que el contador, aparato cuyo correcto funcionamiento exige que el agua no lleve impurezas. También debe ir antes del punto de inyección de los fertilizantes para evitar que estos favorezcan el desarrollo de microorganismos en el interior del filtro.

**Medición de caudal.** El caudal circulante se medirá por medio de un contador, el cual, como se ha indicado anteriormente, se colocará después de los filtros de arena y antes del filtro de mallas.

**Equipo de fertilización.** Consiste en un conjunto de depósitos para el abono líquido, (tantos como abonos se deseen aplicar) de polietileno, dado su bajo coste y resistencia a la corrosión de algunos ácidos. En esta red de riego no dispondremos de dicho equipo, ya que todos los fertilizantes se aplicarán directamente al suelo mediante la maquinaria correspondiente.

**Filtros de mallas automáticos.** Estos filtros de mallas irán instalados inmediatamente después del contador, para así evitar posibles granos de arena que pudieran escapar del filtro de arena.

El agua en los filtros automáticos, pasa a través de una malla de tamiz grueso cuya función es separar sólidos de mayor tamaño, y a continuación pasa a través de una malla fina que es la que define, propiamente, el grado de filtración. El tamaño de orificio de la malla deberá ser 1/8 del tamaño del mínimo paso de agua en el emisor, por lo que se opta por un filtro de 155 mesh. (Entiéndase como mesh el número de orificios por pulgada lineal) que equivale a un orificio de 0.1 mm de diámetro.

La limpieza de estos filtros es automática por medio de preostatos diferenciales, que conectados entre la entrada y salida del filtro, cuando hay una diferencia de presión de tres metros de columna de agua se activa el mecanismo de autolavado.

## **2) CALCULO DEL CABEZAL DE RIEGO.**

El cabezal de riego comprende un conjunto de mecanismos destinados a que el agua llegue a los ramales de riego en condiciones adecuadas de limpieza.

Los elementos que forman parte del cabezal de riego son los siguientes:

- Filtros de arena.
- Filtros de malla.
- Equipo de tratamiento de agua.
- Contador de agua.

### **2.1) CALCULO Y ELECCIÓN DE LOS FILTROS DE ARENA.**

Los filtros de arena se utilizan para separar del agua las pequeñas partículas minerales y cualquier impureza de tipo orgánico (algas, insectos, etc.) procedente del río.

Para diseñar los filtros de arena se determinan las siguientes características:

- Tipo de arena.
- Espesor de la capa o de las capas de arena.
- La superficie filtrante.
- Pérdidas de carga y limpieza.

#### **2.1.2 TIPO DE ARENA.**

La arena puede ser rodada, de río o de mar, o también procedente de machaqueo . Esta segunda suele presentar el inconveniente de contener demasiado polvo. Debe ser no friable, con objeto de que no se vaya dividiendo con el uso, y no atacable por los ácidos. El material más comúnmente empleado es la arena silícea.

Las arenas se definen por dos parámetros: El diámetro efectivo y el coeficiente de uniformidad.

El diámetro efectivo es la apertura del tamiz que retiene el 90% de la arena, permitiendo el paso del restante 10%.

El coeficiente de uniformidad es la relación entre las aperturas de los tamices que permiten el paso del 60% y del 10% de la arena. Debe estar comprendido entre 1.4 y 1.6.

El tamaño de las partículas que pueden atravesar los filtros es del orden de 1/10 a 1/12 del diámetro efectivo.

Se puede colocar toda la arena del mismo tipo o bien colocar una zona central de la granulometría necesaria, y encima y debajo de ella sendas capas de arena más gruesa, que debe presentar un espesor mínimo de 15 centímetros.

Con este segundo método se realiza un prefiltrado en el interior del tanque, lo que hace que la colmatación de la arena fina sea más lenta y en consecuencia la limpieza deba ser menos frecuente. Sin embargo, al cabo del tiempo ambos materiales se mezclan y a partir de ese momento el filtrado es más deficiente. Por tal razón se elige un solo tipo de arena.

### 2.2.2) ESPESOR DE LA CAPA DE ARENA.

En los filtros de arena se va a colocar una capa de arena de 60 centímetros de espesor.

### 2.2.3) SUPERFICIE FILTRANTE.

Los datos con los que se parte para el cálculo de la superficie filtrantes son:

- Caudal toma (Q): 20.1 L/seg → 726000 L/h
- Diámetro mínimo de paso del gotero: 0.8 mm.

Se adopta el criterio de que la velocidad media del agua no supere los 60 metros a la hora, es decir, 60 m<sup>3</sup>/h por m<sup>2</sup> de superficie de filtro, aunque si la velocidad es muy inferior a la indicada anteriormente, el filtro estará sobredimensionado y por lo tanto su coste será elevado.

Así pues:

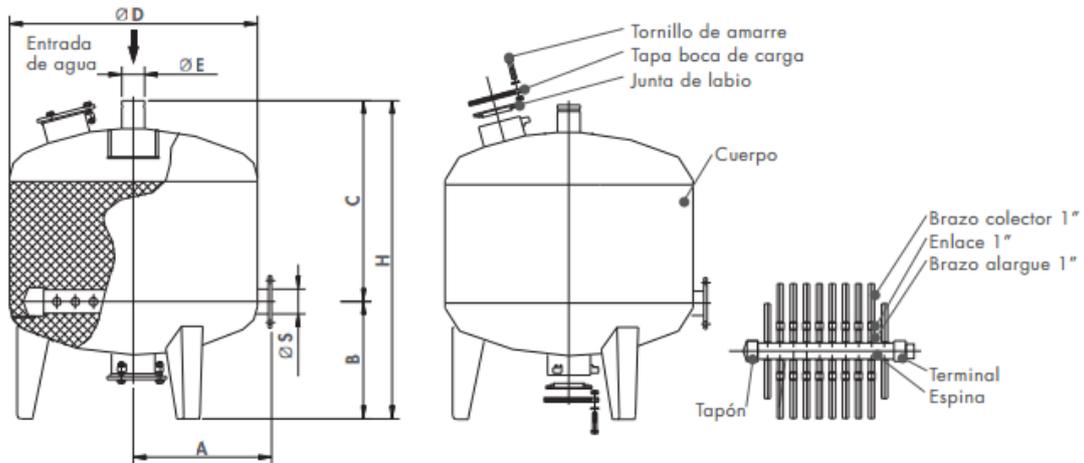
- $V = 60 \text{ m/h.}$
- $Q = \text{Sección} \times V \rightarrow \text{Sección} = \frac{726}{80} = 9.07 \text{ m}^2.$

De esta forma se van a instalar 4 filtros en batería para facilitar la limpieza de cada uno y la superficie y diámetro de cada uno es la siguiente:

- $S = \frac{9}{8} = 1.12 \text{ m}^2$
- $D = \left( \frac{4 \cdot 1,3}{\pi} \right)^{1/2} = 1.19 \text{ m} \rightarrow 1190 \text{ mm.}$

De acuerdo con los tamaños comerciales se colocan filtros de arena de 1200mm, modelo FAB-1200, cuyas características son:

Proyecto de explotación agrícola del cultivo de Paulownia para la obtención de biomasa en Alcalá del Obispo (Huesca)



Modelo	ØE	ØS	Dimensiones (mm)					Superficie filtrante (m <sup>2</sup> )	Peso vacío (kg.)	Arena (kg.)
			ØD	A	B	C	H			
FAB-500	Rosca H 1" 1/2	Rosca H 1" 1/2	500	285	350	567	917	0,2	46	100
FAB-700	Victaulic 2"	Rosca H 2"	700	380	350	586	936	0,38	63	225
FAB-950	Victaulic 3"	Brida 3"	950	530	450	770	1220	0,71	128	500
FAB-1200	Victaulic 4"	Brida 4"	1200	665	450	815	1265	1,13	189	800

Modelo	Caudales (m <sup>3</sup> /h)		
	Caudal máx.	Nominal	Lavado
FAB-500	15	10	8
FAB-700	25	19	15
FAB-950	45	35	28
FAB-1200	75	55	45



#### 2.2.4) PERDIDAS DE CARGA Y LIMPIEZA.

Cuando los filtros de arena están limpios provocan una pérdida de carga del orden de 1 a 2 metros de columna de agua (mca), dependiendo del tipo de arena y de la velocidad media del agua. A medida que se van colmatando, la pérdida de carga aumenta y cuando alcanza un valor del orden de 4-6 mca, se debe proceder a su limpieza, la cual es mandada por un presostato diferencial. Dicha pérdida de carga no será mayor de 3 mca dado que los presostatos se regularán para que estos actúen al llegar a 3 mca, de esta forma se ahorra energía en el caso de tener que bombear el agua.

Así pues se colocará un presostato diferencial por filtro.

Para el filtrado de los filtros se dispone de unas válvulas hidráulicas de contralavado de 3", cuyas características son:

<b>Conexión lineal a filtro</b>	Brida de 3"
<b>Conexión en derivación para salida del agua de lavado</b>	Rosca hembra 2"
<b>Caudal máximo</b>	60 m <sup>3</sup> /h
<b>Distancia ente conexiones</b>	282 mm.
<b>Altura total</b>	260 mm.
<b>Material del cuerpo</b>	Fundición.

Tabla 13.1

Por lo tanto se colocará una válvula por filtro de arena.

#### 2.3) CALCULO Y ELECCIÓN DE LOS FILTROS DE MALLA.

A diferencia de los filtros de arena, los filtros de malla efectúan una retención superficial de las impurezas, lo que hace que su colmatación sea más rápida. Por esta razón se suelen utilizar con aguas no muy sucias o como elemento de seguridad después de filtros de arena y equipos de fertirrigación.

En la elección de un filtro de malla hay que determinar la superficie de la malla y el tamaño de los orificios, es decir, su número de mesh. La superficie de malla se calcula en función del caudal Q, y en función de los valores aceptables de la velocidad real (velocidad a través de los orificios).

Estos límites de velocidad equivalen a un caudal por un área neta y por un área efectiva de malla.

De esta forma se procede al cálculo de los filtros de malla:

Tipo de malla: Para un caudal  $Q = 201.5 \text{ L/s} \rightarrow 726000 \text{ L/h}$  y goteros de diámetro mínimo de 0.8 mm, se elige una malla de acero de 150 mesh, con un tamaño de orificio menor que 125 micras.

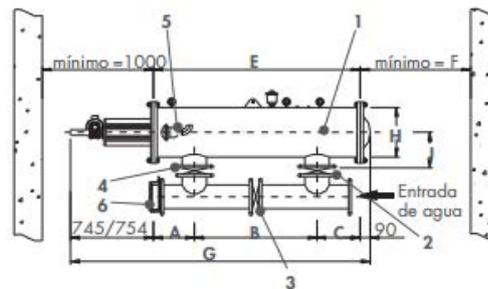
Superficie de filtro: Para un tamaño de orificio de 125 micras, la velocidad del agua debe estar comprendida entre 0,4 y 0,8 m/s. Aceptando 0,6 m/s se encuentra que el caudal debe ser de 746 m<sup>3</sup>/h por m<sup>2</sup> de área total de filtro. Por tanto, el filtro de malla deberá tener una superficie S:

$$S > \frac{726}{746} = 0,97 \text{ m}^2$$

El filtro escogido es el el FMA-2008 del modelo soporte PVC, ya que tiene una superficie filtrante de 9.800 cm<sup>2</sup>. A continuación se reflejan las medidas de dicho filtro y sus características más relevantes:



- Filtro Automático Serie 2000 1
- Válvula de mariposa de entrada 2
- Válvula de by-pass 3
- Válvula de mariposa de salida 4
- Válvula de limpieza de 2" 5
- Válvula de retención (opcional) 6



Modelo Soporte PVC	Conexión Ent./Sal.	Dimensiones (mm)									Superficie filtrante (cm <sup>2</sup> )	Consumo de agua por limpieza (l)	Peso (kg.)
		A	B	C	DN	E	F	G	H	J			
FMA-2003	3"	302	360	219	80	881	400	1625	457	325	2.450	35	245
FMA-2004	4"	314	770	220	100	1305	690	2140	457	325	4.900	70	280
FMA-2006	6"	340	1000	240	150	1580	970	2415	457	325	7.350	105	340
FMA-2008	8"	367	1100	388	200	1855	1240	2690	457	325	9.800	140	390
FMA-2010	10"	419	1370	341	250	2130	1520	2965	457	325	12.250	175	430
FMA-2012	12"	430	1100	325	300	1855	1240	2690	660	450	16.100	140	595
FMA-2014	14"	433	1370	327	350	2130	1520	2965	660	450	20.100	175	668

#### 2.4) ELECCIÓN DEL CONTADOR DE AGUA.

Se coloca después de los filtros de arena, para evitar que las impurezas del agua puedan afectar a la medición de caudal, y antes del inyector de fertilizantes para evitar cualquier corrosión por algún producto químico.

El funcionamiento del contador es el siguiente:

Un eje vertical transmite, por medio de un acoplamiento magnético, el movimiento rotatorio de la turbina a un registro herméticamente cerrado, produciendo una pérdida de carga mínima. El amplio espacio libre alrededor de la turbina evita el bloqueo de la misma por impurezas contenidas en el agua.

Gracias al sistema magnético, el registro se mantiene absolutamente aislado del agua y productos contenidos en ella, por lo que la corrosión del mismo se hace imposible.

Dada la existencia de contadores incorporados en las mismas válvulas hidráulicas, se tomará una válvula reguladora de presión y caudal, y con el caudalímetro incorporado.

### 2.6.- CALCULO DE LA PERDIDA DE CARGA TOTAL EN EL CABEZAL.

<b>Tipo de pérdida.</b>	<b>mca</b>
Pérdidas ocasionadas por los filtros de arena	3
Pérdidas ocasionadas por los filtros de malla	2
Pérdidas ocasionadas por la válvula reguladora	1
Pérdidas ocasionadas por el contador	0,3
Pérdidas ocasionadas por las válvulas de mariposa	0,5
<b>TOTAL</b>	<b>6,8</b>

Tabla 13.2

Las pérdidas de carga no deberán ser superiores a los valores indicados en la tabla anterior, ya que los preostatos están tarados para ese valor. De esta manera no se pierde energía.

### **3) PROGRAMADOR DE RIEGO.**

El programador de riego que se ha elegido permite realizar el control total de la red de riego activando de forma automática cada uno de los módulos de riego, ya sea en base volumétrica o temporal. También puede controlar la fertilización, apertura y cierre de los hidrantes.

- Las características principales del programador son:
- Control simultáneo de varias líneas principales definidas por el usuario.
- 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.
- Programas de riego independientes para cada válvula.
- Acumulación de las cantidades de agua y fertilizante aplicadas en cada válvula.
- 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.
- Permite controlar diferentes entradas para contadores de agua, presostatos, tensiómetros, etc.
- Autotest y programas de diagnóstico tanto para el hardware como para el software.
- Capacidad de comunicación con un ordenador central vía cable.

El programador se alimenta a 12 V.

## **Anejo 14: Cálculo estructural de la estación de bombeo.**

### **1) INTRODUCCIÓN**

Se proyecta la construcción de una nave que albergará todos los equipos necesarios para la elevación del agua de riego.

La edificación se compone de una captación en la margen derecha del río Alcanadre junto con un muro de protección, seguidamente una estación de filtrado, y en el interior de la nave, un foso que en el que se encuentra la cámara de carga y los tres grupos motobombas, en la parte superior y al mismo nivel que el terreno se encuentra una zona reservada como centro general de mando.

Parte de la estructura se proyecta en hormigón armado: la captación, el muro de protección, los muros de la sala de bombas, y la cámara de carga, la estructura de cerramiento en fábrica de bloque y la estructura de cubierta con pendiente a un agua compuesta por correas de perfiles IPE apoyados en zuncho perimetral o riostra de unión sobre muro de carga y chapa de acero lacada.

### **2) NORMATIVA**

Las normas que se han tenido en cuenta para el cálculo del edificio son la NBE-AE-88; la EHE-98; la NBE-EA-95 y la NTE-E.

### **3) CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO**

Se trata de una nave de planta cuadrada cuyas dimensiones son las siguientes:

- Altura máxima sobre nivel del suelo de la nave: 6 m.
- Altura mínima sobre nivel del suelo de la nave: 5 m.
- Altura foso para las bombas: 4 m.
- Longitud de la nave: 7 m.
- Anchura de la nave: 7 m.
- Separación entre correas: 1,4 m.

### 3.1) CALCULO DE LAS ACCIONES ACTUANTES SOBRE LA ESTRUCTURA

#### 3.1.1) CALCULO DE LAS CORREAS DE CUBIERTA.

Las acciones consideradas en el cálculo son las prescritas en la NBE AE-88, y estas son:

##### a) ACCIONES GRAVITATORIAS.

- Concargas:
  - Peso propio: -Correa IPE-140 ..... 12,90 Kg/m
  - Carga permanente: - Chapa TZ-32 ..... 7,5 Kg/m<sup>2</sup> x 1,40 m = 10,50 Kg/m
    - Total concargas: ..... 23,40 Kg/m
- Sobrecargas:
  - Uso: No se consideran, los trabajos de mantenimiento se harán en ausencia de nieve, con lo cual la sobrecarga de uso queda cubierta por la de nieve.
  - Nieve (50 Kg/m<sup>2</sup>): ..... 50 Kg/m<sup>2</sup> x 1,40 m = 70,0 Kg/m
    - Total sobrecargas: ..... 70,0 Kg/m.

#### 3.1.1.2) ACCIONES DE VIENTO.

La presión dinámica del viento (W), según AE-88 es de 50 Kg/m<sup>2</sup>.

- Presión de viento sobre cubierta:
  - Barlovento:  $P = c_1 \times W = -0.2 \times 50 = 10 \text{ Kg/m}^2$  a succión.
  - Sotavento:  $P = c_2 \times W = -0.4 \times 50 = 20 \text{ Kg/m}^2$  a succión.
- Acción de viento soportada por las correas:
  - Barlovento:  $10 \text{ Kg/m}^2 \times 1,40 \text{ m} = 14 \text{ Kg/m}$  a succión.
  - Sotavento:  $20 \text{ Kg/m}^2 \times 1,40 \text{ m} = 28 \text{ Kg/m}$  a succión.

#### 3.1.1.3) HIPÓTESIS DE CARGA.

Será de aplicación la NBE-EA-95, en este caso se aplica la hipótesis Ic a partir de las acciones características y de viento calculadas anteriormente:

- Carga x 1,33 = 23,40 x 1,33 = 31,12 Kg/m.
- Sobrecarga x 1,5 = 70,0 x 1,5 = 105,00 Kg/m.
- Viento a barlovento x 0 = 14 x 0 = 0,00 Kg/m.
- Viento a sotavento x 0 = 28 x 0 = 0,00 Kg/m.
  - Total ..... 136,12 Kg/m.

### 3.1.1.4) CALCULO DE ESFUERZOS EN LAS CORREAS.

Se descompone la carga de cálculo calculada mediante la hipótesis Ic 136 Kg/m según los ejes locales y-z de la correa, ya que está trabajando a flexión esviada, así pues:

$$q_y = 136 \times \cos 7,97 = 135 \text{ Kg/m.}$$

$$q_z = 136 \times \sin 7,97 = 19 \text{ Kg/m.}$$

Estas correas se montan en la práctica como biapoyadas sobre los pórticos, se observan cortes de la correa en cada pórtico y por lo tanto no se trata de vigas continuas.

#### Comprobación a resistencia:

Modelo para el cálculo de esfuerzos debidos a  $q_y = 136 \text{ Kg/m}$ :

- Viga biapoyada de 7 m de luz.

- El momento positivo se da en centro de vano:  $M_z = \frac{q_y \cdot l^2}{8} = \frac{136 \cdot 7^2}{8} = 826,87$   
mKp.

Modelo para el cálculo de esfuerzos debidos a  $q_z = 19 \text{ Kg/m}$ :

- Viga biapoyada de 6 m de luz.

- El momento positivo se da en centro de vano:  $M_y = \frac{q_z \cdot l^2}{8} = \frac{19 \cdot 7^2}{8} = 116,37$   
mKp.

La tensión que soporta cada correa es:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_{zz}} + \frac{M_y}{W_{yy}} = \frac{82687 \text{ cmKp}}{77,3 \text{ cm}^3} + \frac{11637 \text{ cmKp}}{12,3 \text{ cm}^3} = 1069 + 946 = 2015 \text{ Kp/cm}^2$$

$$\sigma < 2600 \text{ Kp/cm}^2 \rightarrow \text{CUMPLE.}$$

#### Comprobación a deformación:

Se considera solo la carga sin mayorar, y solo se va a comprobar la deformación debida a las cargas consideradas:

$$q_y = 93,4 \text{ Kg/m}$$

La flecha máxima bajo acciones características de 93,4 Kg/m resulta:

$$f_{\max} = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 0,934 \text{ Kg/cm} \cdot (700 \text{ cm})^4}{384 \cdot 2,1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 541 \text{ cm}^4} = 2,57 \text{ cm.}$$

$$f_{\text{adm}} = \frac{L}{250} = \frac{700 \text{ cm}}{250} = 2,8 \text{ cm}$$

$f_{\max} < f_{\text{adm}} \rightarrow$  CUMPLE a deformación.

Se adoptan como correas de cubierta 6 perfiles IPE-140, separados entre sí 1,4 metros.

### 3.2) CALCULO DE LOS PILARES.

Los pilares a colocar son encofrados de hormigón armado de 25 MPa de resistencia (tipo HA-25/B/20/IIa con armaduras B-500S, tienen una altura de 6 m y 5 m van empotrados en un muro o zapata corrida, de un metro de altura sobre el nivel del suelo, que rodea la estación de bombeo a modo de protección de posibles avenidas del río Alcanadre. Dicho muro es la prolongación del foso de bombas, y están sujetos a él mediante vainas de acero. Las dimensiones de estos pilares serán de 35x35 cm y se colocan 2 pilares de 5 m. en la parte más alta del edificio, y otros dos de 4 metros en la parte más baja del mismo.

El armado de estos pilares consiste en una armadura de montaje compuesta por 4  $\varnothing$  16 y estribos  $\varnothing$  8 cada 14 cm.

### 3.3) RIOSTRAS DE UNIÓN.

La unión entre los pilares se realiza mediante riostras de hormigón armado y armaduras del mismo tipo que el de los pilares, 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 iguales al espesor del cerramiento, es decir, 20x20 cm.

## **4) DIMENSIONADO DEL MURO DEL FOSO DE BOMBAS.**

El foso que alberga la instalación de bombeo está constituido por paredes y solera de hormigón armado. Dentro del mismo se encuentra la cámara de carga, formada también por paredes de hormigón armado unidas a la solera del foso y a las paredes del mismo foso, dado que se encuentra en la esquina superior izquierda de esta.

Al interior de la sala de bombas se accede mediante escaleras metálicas tal y como se indica en el plano correspondiente.

### 4.1) PREDIMENSIONADO DEL MURO.

Se parte de los siguientes datos:

- Altura del muro (H): 4 m.
- Coeficiente de rozamiento entre el terreno y el cimiento:  $\mu = \tan 30^\circ = 0,577$

- Ángulo de rozamiento interno del suelo a contener:  $\varphi = 35^\circ$
- Coeficiente de seguridad al vuelco:  $C_{sv} = 1,8$
- Coeficiente de seguridad al deslizamiento:  $C_{sd} = 1$
- Canto de cimentación:  $0,15 \times H = 0,6 \text{ m}$
- Longitud de la puntera:  $0,5 \times H = 2 \text{ m}$
- Ancho coronación:  $0,1 \times H = 0,4 \text{ m}$
- Tensión admisible por el terreno:  $2 \text{ Kg/cm}^2$

#### 4.2) CÁLCULO DEL EMPUJE SOBRE EL MURO.

Para el cálculo del empuje activo sobre el muro se tiene en cuenta lo prescrito en la norma NBE-AE-88, y son necesarios los siguientes datos:

- Tipo de relleno: Grava arenosa
- Peso específico seco de este material:  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- Ángulo de rozamiento interno:  $\varphi = 35^\circ$
- Ángulo de rozamiento entre el terreno y el muro:  $2\varphi/3$
- Ángulo de la línea que limita el relleno con la horizontal:  $B = 0^\circ$
- Ángulo  $\alpha$  del muro:  $\cot \alpha = 0$
- Coeficiente de empuje activo horizontal:  $\lambda_H = 0,22$
- Coeficiente de empuje activo vertical:  $\lambda_v = 0,10$

Sobre el terreno actúa además una carga uniformemente repartida debida al tránsito de vehículos cuyo valor es  $q = 5 \text{ kN / m}^2$ .

Los resultados obtenidos son:

- Componente horizontal del empuje:

$$E_h = \left( \frac{1}{2} H^2 \gamma + q \cdot H \right) \cdot \lambda_h = \left( 20 \text{ kN/m}^3 \frac{4^2 \text{ m}}{2} + 5 \text{ kN/m}^2 \cdot 4 \text{ m} \right) 0,22 = 39,6 \text{ kN/m}$$

- Componente vertical del empuje:

$$E_v = \left( \gamma \frac{H^2}{2} + q \cdot H \right) \lambda_v = \left( 20 \text{ kN/m}^3 \cdot \frac{4^2 \text{ m}}{2} + 5 \text{ kN/m}^2 \cdot 4 \text{ m} \right) 0,1 = 18 \text{ kN/m}$$

El valor total del empuje es:

$$E = \sqrt{E_h^2 + E_v^2} = 43,4 \text{ kN/m}$$

La profundidad de aplicación del empuje desde la coronación del muro es:

$$y = H \frac{(2 \cdot \gamma H) + 3 \cdot q}{(3 \cdot \gamma H) + 6 \cdot q} = 4 \text{ m} \times \frac{(2 \cdot 20 \text{ kN/m}^3 \cdot 4 \text{ m}) + (3 \cdot 5 \text{ kN/m}^2)}{(3 \cdot 20 \text{ kN/m}^3 \cdot 4 \text{ m}) + (6 \cdot 5 \text{ kN/m}^2)} = 2,6 \text{ m}$$

#### 4.3) COMPROBACIÓN DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO.

La comprobación se realiza para una rebanada de muro de ancho 1 metro. El deslizamiento es producido por el empuje horizontal. El empuje pasivo se desprecia.

De esta forma el coeficiente de seguridad al deslizamiento se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C_{sd} = \frac{(N' + E_v)\mu + E_p}{E_h}$$

Donde:

- $N'$ : Resultante de los pesos del muro, en kN.
- $E_v$ : Componente vertical del empuje.
- $E_h$ : Componente horizontal del empuje.
- $E_p$ : Empuje pasivo.
- $\mu$ : Coeficiente de rozamiento,  $\mu = \text{tg } \varphi$ . Donde  $\varphi$  es el ángulo de rozamiento interno.

Sustituyendo los valores correspondientes en la expresión anterior (despreciando el empuje pasivo), el coeficiente de seguridad al deslizamiento resulta de 1,19, que es mayor que 1; por lo tanto cumple la comprobación.

#### 4.4) COMPROBACIÓN DE SEGURIDAD AL VUELCO.

Se debe calcular la distancia horizontal desde el punto de aplicación del empuje vertical hasta el centro de la base de cimentación:

$$f = \frac{M}{N} = \frac{91,2}{64} = 1,43$$

Después se calcula la excentricidad de la resultante  $N'$  con respecto al punto medio de la base.

$$e_p = (B/2) - f = 1 - 1,43 = -0,43$$

El momento volcador es:

$$M_v = M_{Eh} - M_{Ev}$$

Toma un valor de 23,04 mkN.

El momento estabilizador es el que genera el peso del muro y los cimientos, y da un valor de 91,52 mkN.

De esta forma el coeficiente de seguridad al vuelco es:  $C_{sv} = \frac{91,52}{23,04} = 3,9 > 1,8$

Cumple comprobación a vuelco.

#### 4.5) COMPROBACIÓN DE LAS TENSIONES SOBRE EL TERRENO DE CIMENTACIÓN EN CONDICIONES DE SERVICIO.

La comprobación se realiza para una rebanada de muro de ancho unidad. La tensión del terreno se calcula mediante las siguientes expresiones:

$$\sigma_t = \frac{N_v}{2\left(\frac{B}{2} - |e_n|\right)} \quad ; \quad N_v = N' + E_v \quad ; \quad e_n = \frac{N'e_p + E_h h_e + E_v f}{N_v}$$

Donde:

- $\sigma_t$ : Tensión de compresión sobre el suelo.
- $N_v$ : Componente de las fuerzas normales a la base de contacto cimiento-suelo.
- B: Base del muro.
- $e_n$ : Excentricidad de  $N_v$  respecto al punto medio de la base.
- $E_v$ : Componente vertical del empuje.
- $E_h$ : Componente horizontal del empuje.
- $h_e$ : Altura desde la base de la cimentación al punto de aplicación del empuje.
- f: Distancia horizontal desde el punto de aplicación de  $E_v$  hasta el centro de la base de cimentación.

Sustituyendo los valores correspondientes en las expresiones anteriores se obtienen los siguientes resultados:

$$N_v = 82 \text{ kN}; e_n = 0,516 \text{ m}; \underline{\sigma_t = 84,72 \text{ kN/m}^2 \rightarrow 0,085 \text{ N/mm}^2}$$

Como puede observarse el resultado obtenido es menor que el admitido por el terreno ( $0,2 \text{ N/mm}^2$ ), es decir, que cumple esta comprobación.

#### 4.6) DIMENSIONADO DEL MURO COMO ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO.

Los datos de partida son:

Hormigón tipo: HA-250/B/20/IIa,  $f_{ck} = 25$  Mpa

- Coeficiente de minoración de resistencia para el hormigón:  $\gamma_c = 1,5$
- Armaduras de acero tipo B-500S,  $f_{yk} = 5100$  Kp/cm<sup>2</sup>
- Coeficiente de minoración de resistencia del acero  $\gamma_s = 1,15$
- Coeficiente de mayoración de acciones:  $\gamma_F = 1,6$

##### 4.6.1) ARMADURA DEL TRASDÓS.

###### **- Armadura vertical:**

###### **- Cálculo a flexión.**

El empuje horizontal que produce flexión en el alzado es de 39,6 kN, y a una distancia desde base de cimentación de 1,4 metros.

El momento flector que solicita a la sección de arranque del alzado es:

$$M_d = \gamma_f \times E_h \times h_e = 1,6 \times 39,6 \times 1,4 = 80,39 \text{ mkN}$$

Entrando en el ábaco adimensional (GT-12 de J. Calavera, Muros de contención y sótano) para flexión simple, se obtiene:

Momento minorado:

$$\mu = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{80,39 \text{ mkN}}{16,66 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2 \cdot 1\text{m} \cdot 0,37^2 \text{ m}^2} = 0,035$$

Donde :

- b: es el ancho de la sección
- d: es el canto útil de la sección
- $f_{cd}$ : es la resistencia de cálculo del hormigón minorada

La capacidad mecánica minorada es  $\omega = 0,05$  luego la capacidad mecánica necesaria será:

$$\omega = \frac{U_s}{f_{cd} \cdot b \cdot d}$$

$$U_s = \omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d = 0,05 \cdot 16,66 \cdot 1000 \cdot 370 = 308,21 \text{ kN}$$

A partir de la tabla de capacidad mecánica de las armaduras se dimensionan las mismas obteniendo:

- 10 Ø 10 por metro de muro, con una  $U_s = 313,5$  kN. La separación es de 10 cm.

- **Cálculo a esfuerzo cortante.**

Se debe cumplir (art.44.2.3 EHE):

$$V_d \leq V_{cu} = [0,12 \cdot \xi (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot d$$

Donde:

- $V_d$ : esfuerzo cortante producido por las acciones exteriores, N/mm.
- $V_{cu}$ : esfuerzo cortante absorbido por el hormigón, N/mm..
- $\rho_1$ : Cuantía geométrica de la armadura a flexión.
- $f_{ck}$ : Resistencia característica del hormigón, MPa.
- $d$ : canto útil, mm.
- $\xi = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}}$ , con  $d$  en mm.

Sustituyendo los valores correspondientes se obtiene un valor de  $V_{cu}$  de 133,98 kN.

Se calcula  $V_d$  que es:

$$V_d = \gamma_f \cdot E_h = 1,5 \cdot 39,6 = 59,4 \text{ kN}$$

Por lo tanto, se cumple lo establecido por la EHE y cumple a esta comprobación.

- **Armadura horizontal.**

Se considera el 20% de la vertical estrictamente considerada. De esta forma se hacen necesarios 4 Ø 10 por metro lineal de muro.

**4.6.2) ARMADURA DEL INTRADÓS.**

Se dispone una armadura para controlar la fisuración producida por la retracción y la contracción térmica, con cuantías geométricas del 1,6‰ en dirección horizontal y del 0,9‰ en dirección vertical.

Hay que tener en cuenta que la armadura total debe distribuirse entre las dos caras del muro, de forma que ninguna tenga menos de un tercio de la total.

De esta forma se adoptan 2 Ø 10 por metro lineal de muro en dirección vertical y 3 Ø 12 por metro lineal de muro en dirección horizontal.

En coronación del muro se disponen 2 Ø 12 como armadura, ya que la altura es menor de 5 metros.

La disposición de las armaduras en el muro, su recubrimiento y sus dimensiones se especifican en el plano de detalle.

## 5) DIMENSIONADO DEL DEPÓSITO QUE CONSTITUYE LA CÁMARA DE CARGA.

Para el abastecimiento de las bombas se dispone una cámara de carga que será un depósito de hormigón armado cuyas dimensiones son 1,6 m de ancho; 5 m de largo y 4m de altura.

En sus paredes irán alojadas las tuberías de aspiración de las bombas tal como se indica en el plano. Deberá conseguirse la estanqueidad de estas uniones mediante juntas con el fin de que no existan filtraciones que puedan perjudicar al edificio.

### 5.1) PREDIMENSIONADO DE LA CAMARA DE CARGA.

Se adopta como espesor uniforme de las paredes el valor de  $0,1 \times H$ , siendo H la altura del muro. Como solera se utiliza la construida para el foso de bombas con un espesor de 40 cm. Los datos de partida son:

- Hormigón tipo: HA-250/B/20/IIa,  $f_{ck} = 25$  Mpa
- Coeficiente de minoración de resistencia para el hormigón:  $\gamma_c = 1,5$
- Armaduras de acero tipo B-500S,  $f_{yk} = 5100$  Kp/cm<sup>2</sup>
- Coeficiente de minoración de resistencia del acero  $\gamma_s = 1,15$
- Coeficiente de mayoración de acciones:  $\gamma_F = 1,6$

#### - Modelo de cálculo para los flexores y cortantes:

Para el cálculo del depósito las paredes se consideran como placas empotradas entre sí y con el borde superior libre, sometidas a presiones hidrostáticas.

#### - Máxima presión hidrostática:

$$P = \gamma \cdot h = 1000 \text{ Kg/m}^3 \times 4 \text{ m} = 4000 \text{ Kg/m}^2$$

#### - Comprobación a esfuerzo cortante:

Según la instrucción se debe cumplir lo siguiente:

$$\gamma_F \cdot V_{\text{máx}} < 0,5 \cdot f_{vd} \cdot (1,6 - d) \cdot (1 - 50 \rho) \cdot d$$

Siendo:

- $\gamma_F = 1,6$
- $f_{vd} = 0,5 \cdot (f_{cd})^{1/2}$
- $\alpha = 1,6 - d < 1$
- d: canto útil, en metros.
- $\rho$ : cuantía geométrica de la armadura longitudinal  $\rho=0,002$

$$\gamma_F \cdot V_{\text{máx}} < 0,5 \cdot 64,5 \text{ T/m}^2 \cdot (1,6 - 0,37) \cdot (1 - 50 \cdot 0,002) \cdot 0,37 = 13,2 \text{ T/m}^2$$

Según Jiménez-Montoya "Hormigón Armado":

$$V_{\text{máx}} = \alpha \cdot q \cdot h$$

Entrando en la tabla con  $h/b = 0,3 \Rightarrow \alpha = 0,45$

$$V_{\text{máx}} = 0,45 \times 4 \text{ T/m}^2 \times 4 \text{ m} = 7,2 \text{ T}$$

$$1,6 \cdot 7,2 \text{ T} = 10,24 \text{ T} < 13,2 \text{ T} \rightarrow \text{CUMPLE.}$$

- Momento para armadura vertical en empotramiento:

$$m_{ve} = \alpha \cdot q \cdot h^2 = 0,102 \cdot 4 \text{ T/m}^2 \cdot 4^2 = 6,53 \text{ m} \cdot \text{T}$$

- Momento para armadura vertical en medio del vano:

$$m_{vm} = \alpha \cdot q \cdot h^2 = 0,003 \cdot 4 \text{ T/m}^2 \cdot 4^2 = 0,192 \text{ m} \cdot \text{T}$$

- Momento para armadura horizontal en empotramiento:

$$m_{he} = \alpha \cdot q \cdot h^2 = 0,052 \cdot 4 \text{ T/m}^2 \cdot 4^2 = 3,328 \text{ m} \cdot \text{T}$$

- Momento para armadura horizontal en medio del vano:

$$m_{hm} = \alpha \cdot q \cdot h^2 = 0,03 \cdot 4 \text{ T/m}^2 \cdot 4^2 = 1,92 \text{ m} \cdot \text{T}$$

Para determinar la armadura necesaria en cada placa del depósito se hace por el método de la cuantía geométrica mínima.

La cuantía mínima de armadura establecida es del 0,2% en cada cara, por lo tanto:

- Cuantía geométrica necesaria de armadura vertical:

$$A_s = 0,002 \cdot A_c = 0,002 \cdot 40 \cdot 100 = 8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Qué se resuelve con 8  $\emptyset$  12 por metro lineal de muro en cada cara, separados entre sí 12,5 cm.

- Cuantía geométrica necesaria de armadura horizontal:

$$A_s = 0,002 \cdot A_c = 0,002 \cdot 40 \cdot 100 = 8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Qué se resuelve con 8  $\emptyset$  12 por metro lineal de muro en cada cara, separados entre sí 12,5 cm.

La armadura se realiza igual en todas las placas, la disposición de las armaduras en las placas, el recubrimiento y sus dimensiones se describen en el plano de detalle.

Para las operaciones de limpieza y mantenimiento de la cámara de carga se accede al interior a través de escalerillas metálicas.

En el caso de ser necesario el vaciado de la cámara de carga se dispondrá de una motobomba que desaguará en el mismo río.

## 6) cálculo de la viga carril del puente grúa.

Para el montaje, desmontaje y mantenimiento de la instalación de bombeo se instalará una viga carril dispuesta a lo largo del eje que una las tres bombas.

### 6.1) CARACTERÍSTICAS DE LA VIGA CARRIL.

El puente grúa a colocar en la estación de bombeo debe ser capaz de levantar 1Tm (1000 Kg), esta capacidad de levantamiento se hace necesaria para poder montar y desmontar el conjunto de bombas y piezas que componen la estación.

Sus características son:

- Presión máxima en ruedas: 1050 Kp.
- Presión mínima en ruedas: 500 Kp.
- Luz del puente: 7 m.
- Distancia entre ruedas: 1800 mm.
- Motor eléctrico de 1 KW.

### 6.2) CÁLCULO DE LA VIGA CARRIL.

Lo primero es determinar los valores máximos de los momentos flectores, tanto en los apoyos como en los vanos. Para ello hace falta conocer:

$$\frac{a}{L} = \frac{1,8 \text{ m}}{7 \text{ m}} = 0,25$$

Con este valor de 0,25 se obtienen los momentos flectores máximos y reacciones máximas de los apoyos:

En los apoyos		En los vanos	
apoyo 1	apoyo 2	vano 1	vano 2
0.192PL	0.159PL	0.304PL	0.243PL

Tabla 14.1

### 6.3) ESFUERZOS A SOPORTAR POR LA VIGA CARRIL.

El momento flector máximo que tiene que soportar es 0.304 PL:

$$M_z = 0.304 P \cdot L = 0.304 \times 1050 \times 7 = 2234,4 \text{ mKp}$$

$$M_y = 0.304 \frac{P}{10} \cdot L = 0.304 \times \frac{1050}{10} \times 7 = 223,44 \text{ mKp}$$

$$N = \frac{P}{7} = \frac{1050}{7} = 150 \text{ Kp}$$

### 6.3.1) PONDERACIÓN DE ESFUERZOS DEBIDOS A LA CARGA DE IMPACTO.

Todos estos esfuerzos hay que ponderarlos en un 25% más, esto se debe cuando las cargas son de impacto, de esta forma:

$$M_z = 2793 \text{ mKp}$$

$$M_y = 279,3 \text{ mKp}$$

$$N = 187,5 \text{ Kp}$$

### 6.3.2) PREDIMENSIONADO DE LA VIGA CARRIL.

Se va a hacer una aproximación, para ello se supone N y  $M_y$  nulos, es decir, solo actúa  $M_z$ , de esta forma se calcula un  $W_{zz}$  mínimo. Así pues:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_{zz}} = \frac{279300}{W_{zz}} \leq 2600 \quad \rightarrow \quad W_{zz} \geq 107,42 \text{ cm}^3$$

Ahora se prueba con un tipo de perfil determinado, así se opta por probar con el perfil IPN-160 + UPN-120, cuyo  $W_{zz} = 133 \text{ cm}^3$ .

#### **-Cargas verticales.**

Estas cargas son soportadas por el IPN y el UPN; y son debidas a  $M_z$ .

$$\sigma = \frac{M_z}{W_{zz}} = \frac{279300}{133} = 2100 \leq 2600 \rightarrow \text{Cumple.}$$

#### **-Cargas horizontales.**

##### 1) Comprobación a resistencia.

Estas cargas son soportadas por el UPN; y son debidas al  $M_y$ , al esfuerzo axial (N), además de  $M_z$ .

$$\sigma = \frac{M_z}{I_{zz}} \cdot c + \frac{M_y}{W_{yy}^{UPN}} + \frac{N}{A^{UPN}} = \frac{279300}{1470} \cdot (16 + 0,7 - 11) + \frac{27930}{60,7} + \frac{187,5}{17} = 1554,16 < 2600$$

## 2) Comprobación a pandeo.

El pandeo en la viga carril se determina aplicando la siguiente expresión:

$$\sigma = \left( \frac{M_z}{W_{zz}} + \frac{M_y}{W_{yy}} \right) + \frac{N}{A} \cdot \omega$$

Para la determinación del coeficiente  $\omega$  de pandeo, se debe determinar primero la esbeltez. Para ello  $\beta = 1$ ,  $i_y (\text{UPN-120}) = 4,62 \text{ cm}$ ,  $L = 700 \text{ cm}$ ; así pues:

$$\lambda = \frac{L \cdot \beta}{i_y} = \frac{700 \cdot 1}{4,62} = 151,51$$

Por lo tanto el valor de la esbeltez es menor que 200, que es lo que prescribe la EA-95.

Una vez conocido el valor de la esbeltez se determina el coeficiente  $\omega$  de pandeo:

$$\omega (\lambda = 152) = 4,05$$

Con el valor de  $\omega = 2,29$  se comprueba la tensión que soporta la viga carril:

$$\sigma = \left( \frac{M_z}{W_{zz}} + \frac{M_y}{W_{yy}} \right) + \frac{N}{A} \cdot \omega = (1083 + 460) + (11,03 \cdot 4,05) = 1588 \text{ Kp/cm}^2.$$

$$1588 < 2600 \text{ Kp/cm}^2 \rightarrow \text{Cumple.}$$

Por lo tanto la viga carril adoptada está formada por un perfil IPN-160 y un perfil UPN -120.

## 7) MACIZOS DE ANCLAJE.

Dentro del foso de bombas se dispondrán macizos de anclaje en los puntos en los que se prevé se pueden producir desplazamientos de la tubería de impulsión.

El hormigón armado utilizado en estos elementos será del tipo HA-25/B/20/IIa. La localización y sus dimensiones se especifican en los planos de detalle correspondientes.

## 8) CERRAMIENTOS.

El cerramiento de la estación de bombeo se ejecutará en fábrica de bloque de hormigón de 20 x 20 x 40 cm. Se colocan 3 ventanas para la refrigeración de los grupos motobombas. Las dimensiones de estas y la puerta aparecen en los planos de detalle.

Además los cerramientos exteriores se enfoscarán con mortero de cemento 1:3 y en el interior se utilizará pintura al blanca al temple.

## 9) SOLERA.

En el interior del edificio se dispondrá una solera de hormigón en masa H-20/B/20/I, de  $f_{ck} = 20$  MPa, de 20 cm de espesor mínimo.

## 10) PAREDES DE CARGA.

### 10.1) DATOS PARA EL CALCULO.

- Peso debido a la cubierta que soporta un metro lineal de pared:

$$q = \frac{136 \cdot 7}{2} = 476 \text{ Kg}$$

$$q = \frac{476}{1,4} = 340 \text{ Kg/m}$$

- Peso que soporta la sección pésima de la pared debido a los bloques de hormigón:

$$1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,2 \text{ m} \cdot 6 \text{ m} \cdot 1 \text{ m.} = 1200 \text{ Kg.}$$

- Peso que soporta la sección pésima de la pared debido a las riostras de unión:

$$2500 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,2 \text{ m} \cdot 0,2 \text{ m.} \times 1 \text{ m.} = 100 \text{ Kg.}$$

- Carga total en la sección pésima de la pared: 1640 Kg.

### 10.2) COMPROBACIÓN DE LA SECCION PESIMA DE LA PARED DE CARGA.

La carga mayorada es de:  $Q^* = 1,5 \cdot 1640 = 2460 \text{ Kp.}$

La resistencia de la pared se establece en  $16 \text{ Kg/cm}^2$ , de esta forma se calcula si soporta la tensión que provoca la carga antes calculada:

$$\frac{2460 \text{ Kg.}}{100 \text{ cm} \cdot 20 \text{ cm.}} = 1,23 \text{ Kg/cm}^2 < 16 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

## 11) ZAPATA CORRIDA.

### 11.1) DATOS DE PARTIDA.

La resistencia admisible por el terreno a una profundidad de 50 cm en terrenos con cohesión y arenoso grueso es de 2.5 Kg /cm<sup>2</sup> y metro lineal de suelo, dado que la dimensión de la zapata es 0,4 m. la resistencia admisible del terreno resulta:

$$2,5 \text{ Kg /cm}^2 * 0,4 = 1 \text{ Kg /cm}^2$$

Las dimensiones de la zapata corrida son 40x40 cm<sup>2</sup>, el hormigón utilizado es el que se ha usado tanto en pilares, como en la cámara de carga, etc.

De esta forma el peso del metro lineal de zapata es:

$$0,4\text{m} \cdot 0,4\text{m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ T/m}^3 = 0,4 \text{ T}$$

Asi pues, el peso de un metro de muro es de:

$$1 \text{ m} \cdot 1\text{m} \cdot 0,4 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ T} = 1 \text{ T}$$

### 11.2) COMPROBACION DE LA PRESION ADMISIBLE POR EL TERRENO.

El peso total por metro lineal que soporta el terreno es:

$$1640 \text{ Kg} + 400 \text{ Kg} + 1000 \text{ Kg} = 3040.$$

La carga mayorada es:

$$3040 \cdot 1,5 = 4560 \text{ Kg.}$$

$$\frac{4560 \text{ Kg/ ml}}{100 \text{ cm} \cdot 40 \text{ cm.}} = 1,14 \text{ Kg/cm}^2 < 1,25 \text{ Kg/cm}^2$$

Por tanto, la zapata corrida cumple con la condición de presión admisible por el terreno.

## 12) CAPTACIÓN DE AGUA DEL RÍO GUATIZALEMA

La captación del agua del río Guatizalema hasta la cámara de carga de la estación de bombeo se realiza mediante una arqueta instalada en la base del río, una tubería de acero inoxidable 1,2 m de longitud, D = 500 mm. comandada por una llave de mariposa del mismo diámetro, pasa el agua a un foso de decantación, y posteriormente atraviesa un filtro rotativo de 3 m. de diámetro accionado por medio de una motor de 1,5 CV, para entrar en la cámara de carga donde ceba las bombas por su peso, por lo que estas trabajan en carga.

Los elementos de entrada y tratamiento del agua del río se encuentran en un foso construido en hormigón armado de 25 MPa con armaduras B-500S. De

dimensiones 4x4 metros, y una profundidad de 5 metros, se encuentra entre el muro de protección y la estación de bombeo.

El muro de protección tiene unas dimensiones de 15m. de longitud por 6 m. de altura y 0,5 metros de espesor, construido en hormigón armado HA-25/B/20/IIa con armaduras de acero B-500S.

La toma del río se hace mediante un depósito de hormigón armado con paredes de 30 cm de espesor y mallas electrosoldadas de acero B-500S formadas por redondos de  $\varnothing 8$  mm en cuadrados de 15x15 cm. La solera de este depósito en el que se toma el agua se encuentra 1m por debajo de la solera del río.

Levantando 0,9 metros por encima de la solera, en la parte superior se colocará una reja conformada por barras de acero inoxidable para evitar la entrada de elementos extraños procedentes de los arrastres del río.

El filtro rotativo realiza la función de limpieza del agua de riego. Las dimensiones del filtro y sus características se indican en el plano de detalle.

## **Anejo 15: Elementos singulares**

### **1) INTRODUCCIÓN**

Los elementos singulares que se disponen a lo largo de la red de riego tienen la misión de control y regulación de los caudales circulantes así como el control y mantenimiento de la presión en la red de riego, el filtrado y la evacuación de aire.

### **2) ELEMENTOS SINGULARES DE LA RED DE RIEGO**

#### **2.1) 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 evacua 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.

#### **2.1.1) DIMENSIONADO DE LA VÁLVULA 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

Tabla 15.1

Los criterios que se han tenido en cuenta para la localización de las ventosas son los siguientes:

- 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.

## 2.2) TOMAS DE RIEGO.

La conexión de la red general fija con el sistema de riego utilizado en la parcela se realiza mediante tomas de riego.

La presión necesaria para el correcto funcionamiento del sistema es de 40 m.c.a.

La toma de riego tipo que abastece a cada parcela está compuesta por:

- Válvula hidráulica, la cual consta de:
  - Regulador mecánico de presión
  - Limitador mecánico de caudal
  - Contador o caudalímetro incorporado.
  
- Carrete de ajuste
  
- Válvula de mariposa

Todo el conjunto de piezas va alojado en una arqueta prefabricada de hormigón.

El diámetro de la válvula elegida para cada tipo de toma es:

- Toma 1 – 172.5 l/s = 8"
- Toma 2 – 176.3 l/s = 10"
- Toma 3 – 191.6 l/s = 10"
- Toma 4 – 175.6 l/s = 8"
- Toma 5 – 180.5 l/s = 10"
- Toma 6 – 189.1 l/s = 10"
- Toma 7 – 185.2 l/s = 10"
- Toma 8 – 163.3 l/s = 8"
- Toma 9 – 168.6 l/s = 8"
- Toma 10 – 172.5 l/s = 8"
- Toma 11 – 159.7 l/s = 8"
- Toma 12 – 168.6 l/s = 8"
- Toma 13 – 153.3 l/s = 8"
- Toma 14 – 201.5 l/s = 10"
- Toma 15 – 182.7 l/s = 10"

### 2.3) VALVULAS DE MARIPOSA.

Se han colocado válvulas de mariposa en el edificio de control de mandos, todas las necesarias para poder dirigir el agua de riego en cada momento a la parcela necesaria, en las tomas anteriormente descritas, de igual modo para dejar aislado un tramo de la red de distribución con objeto de aislar los ramales de la red para así poder regar en caso de avería.

Las válvulas de mariposa se colocarán del mismo diámetro al que corresponda la tubería en las cuales se han de colocar. Las válvulas van alojadas en arquetas prefabricadas de hormigón.

### 2.4) VÁLVULAS HIDRÁULICAS.

Una de las principales funciones va a ser poder abrir y cerrar el paso del agua a un módulo de riego determinado, para lo cual se ha de instalar una válvula en cada conexión de cada módulo con la tubería primaria.

Se ha elegido la válvula hidráulica con diafragma integral, con cuerpo de hierro fundido con recubrimiento de poliéster, que abre y cierra la válvula mediante la presión del agua existente en la red. Su simplicidad de construcción elimina prácticamente el mantenimiento.

Algunas ventajas de estas válvulas son:

- Mínima pérdida de carga
- Fácil instalación y mantenimiento.
- Cierre gradual y hermético, sin provocar golpes de ariete.
- Pocos componentes.
- Diversas alternativas de control: manual, hidráulico, eléctrico, regulación de presión, regulación de caudal, regulación de nivel, medición de caudal.

<b>Características técnicas de válvulas hidráulicas de hierro fundido.</b>			
<b>Pulgadas</b>	<b>3"</b>	<b>6"</b>	<b>10"</b>
<b>Presión máxima de trabajo (atm)</b>	16	16	16
<b>Presión mínima de trabajo (atm)</b>	1	1	1
<b>Q máximo (m<sup>3</sup>/h)</b>	90	300	800
<b>Q mínimo (m<sup>3</sup>/h)</b>	20	50	80
<b>Longitud (mm)</b>	282	387	535
<b>Altura (mm)</b>	192	280	410
<b>Conexión</b>	Bridas 3"	Bridas 6"	Bridas 10"
<b>Pérdidas de carga (mca)</b>	0.6	0.5	0.5

Tabla 15.2

### 2.5) VÁLVULAS DE RETENCION.

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

Las características de estas válvulas son las siguientes:

- 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 pérdidas de carga.
- Materiales internos de alta resistencia a la corrosión.

Se instalarán válvulas de 6" e irán instaladas justo después de cada grupo moto-bomba. Por lo tanto serán 4 válvulas de retención de 6" y una de 10" en la tubería de impulsión (para evitar el golpe de ariete). La pérdida de carga esta entorno a los 0,2 m.c.a. para cada una.

## 2.6) VÁLVULAS DE ESFERA.

Válvulas de esfera metálicas. Fabricadas en latón niquelado, se colocarán una delante de cada válvula de ventosa y otra en cada aspersor que por algún motivo requiera su cierre temporal, (proximidad a caminos, edificaciones, etc. ). Al igual que las anteriores son de accionamiento manual.

## 2.7) DESAGÜES.

### 2.7.1.- DESAGÜES DE LA RED DE RIEGO.

Para el vaciado de la red o de tramos aislados se han colocado desagües a lo largo de la red de distribución y a la salida de la estación d bombeo. En su colocación se ha tenido en cuenta que estuvieran situados en los puntos terminales de los perfiles de las tuberías descendentes y en los "mínimos" de dicho perfil. También se tiene en cuenta que exista una zona para su desagüe por gravedad. Con la colocación de desagües se permite el vaciado y limpiado de la tubería mediante el escape violento de agua a través de estas válvulas.

Las dimensiones dependen del diámetro de la tubería y están compuestos por una válvula de esfera y una arqueta tal como se indica en plano.

### 2.7.2.- DESAGÜES FIN DE TRAMO.

Al final de cada tramo de la tubería secundaria de cada módulo se colocará una prolongación de la misma con salida al exterior consistente en doble codo 90° con 1 m. de tubería de 50 mm. de diámetro, con tape final macho roscado; todo en PVC.

Este desagüe permite la expulsión de elementos extraños en la red durante los primeros riegos al comenzar la campaña de riego para evitar obturaciones en los emisores, al igual que el vaciado de la red en caso de ser necesario. Ver plano detalles de la red de riego.

## 2.8) CODOS.

Los codos son piezas especiales destinadas a conseguir las alineaciones de la tubería deseadas. Dependiendo de la curva que describa la tubería se colocarán codos de 45 o 90°.

### 2.9) 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 tiene que ser lo mayor posible para reducir las pérdidas de carga singulares en estos elementos.

### 2.10) PIEZAS DE DERIVACIÓN.

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

Las piezas en "T", "Y" y cruces utilizadas en la red de riego son del mismo material que las tuberías en las que van colocadas.

## **3) Anclajes.**

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

Para el diseño de los anclajes según su finalidad se ha seguido la norma NTE relacionada con las instalaciones de abastecimiento. 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 HA-250 armado con acero B-500S.

Los puntos de la red en los que se prevén desplazamientos de la tubería son:

- Codos y reducciones
- Llaves de paso
- Piezas especiales en T

En la norma relativa a los anclajes para las tuberías se describen las dimensiones de los mismos para diámetros de la tubería  $\leq 400$  mm

### 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, este 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 la que se indican en la siguiente tabla:

Pieza	Diámetro de la tubería (mm)	Dimensiones en cm		
		A	B	C
Codo 45°	63 a 225	30	40	15
	250 a 400	50	60	25
Codo 90°	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

Tabla 15.3

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(Ø)	2(n-Ø)	3(n-Ø)
90	50	15	30	15	6	2-12	5-6
110	60	20	35	15	6	4-12	5-6
125	70	25	35	15	6	4-12	5-6
140	70	25	35	15	6	4-12	5-6
160	80	30	40	15	6	6-12	5-6
180	90	30	40	15	6	6-12	5-6
200	100	35	40	15	8	8-12	5-8
250	120	40	50	15	8	5-16	5-8
315	140	50	60	15	8	6-16	5-8
355	140	50	65	15	8	8-16	5-8
400	160	65	70	15	10	6-20	5-10
500	210	80	75	25	12	6-22	8-10
560	240	90	75	25	12	8-22	8-12
600	260	95	80	25	14	10-22	8-14

Tabla 15.4

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	E	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
315	150	80	45	15	12	8-12
355	160	90	50	25	12	8-12
400	170	95	55	25	12	10-12
500	220	105	60	25	12	12-12
560	240	90	75	25	12	8-22
600	260	95	80	25	14	10-22

Tabla 15.5

#### 4) FILTROS.

El cálculo y elección de los filtros a instalar en cada parcela para el filtrado del agua de riego se recogen en el anejo 13 "Diseño del cabezal de riego".

Aunque son elementos singulares, este apartado se detalla en el otro anejo ya que el filtrado se hará en la propia estación de bombeo, saliendo así el agua de riego filtrada hacia cada parcela.

## Anejo 16: Estudio de viabilidad económica

### 1) INTRODUCCIÓN:

Con el objeto de analizar si este proyecto es viable económicamente, 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. Los dos primeros son indicadores de rentabilidad absoluta y el tercero es un indicador 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.

La rotación de cultivos se repite cada 24 años, por lo tanto será de un ciclo.

### 2) SITUACIÓN ACTUAL:

Actualmente la finca objeto de la transformación se viene cultivando de cereal de invierno de secano, normalmente cebada y ocasionalmente trigo. Debido a las características de la zona los rendimientos medios de estos cultivos son bajos.

Por estos motivos se plantea la necesidad de transformar a regadío 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 de los propietarios de las mismas.

### 3) DATOS CONSIDERADOS PARA EL ESTUDIO ECONÓMICO:

#### 3.1) RENDIMIENTOS DEL CEREAL DE SECANO.

Estos datos se considerarán a la hora de calcular el flujo destruido. Los rendimientos medios que se vienen obteniendo son:

CULTIVO	GRANO (Tm/Ha)	PAJA (Tm/Ha)
CEBADA	3	1.6

Tabla 16.1

### 3.2 SUBVENCIONES DE LA PAC.

La parcela en la cual vamos a realizar la transformación a riego por aspersión está en el término municipal de La Cartuja de Monegros, perteneciente a la comarca de los Monegros. La subvención que está recibiendo dicha parcela es el pago único que engloba una media de la subvención recibida en los años 2000, 2001 y 2002, más el desacoplamiento que estos años te pagaban. En conclusión la subvención es siempre la misma indistintamente del cultivo que se siembre. Siendo los cultivos energéticos compatibles con el pago único de la PAC, teniendo también una ayuda para cultivos energéticos de 31,65€/ha

Con lo cual el pago único depende de lo que la parcela estuviera sembrada esos tres años 2000, 2001, 2002. Como no sabemos la cifra exacta ponemos un pago único de 200€/ha.

### 3.3 PRECIOS DE LAS PRODUCCIONES DE LOS CULTIVOS.

Paulownia - 70€/Tm

Cebada - 170€/Tm de grano - 48€/Tm paja

## **4) COSTES DE PRODUCCIÓN DE LOS CULTIVOS.**

### 4.1) COSTES DE UNA HECTÁREA DE CEBADA.

Labor	€/Ha.
Labor subsolador/arado vertedera	60
Labor grada discos	30
Labor cultivador- molón	28
Semilla (200 Kg/Ha a 0.24 Euros/Kg)	48
Siembra con sembradora	18
Herbicida y aplicación	27
Abono (300 Kg/Ha a 0.28 Euros/Kg)	84
Urea 46% (150 Kg/Ha a 0.2 Euros/Kg)	30
Aplicación abono y urea	9
Recolección	60
Transporte	5
Impuestos, I.B.I. rústica, seguros, etc.	18.8
<b>TOTAL</b>	<b>417.8</b>

Tabla 16.2

#### 4.2) COSTES DE UNA HECTÁREA DE PAULOWNIA.

##### Costes de implantación:

Labor	€/ha
Preparación del terreno	450€/24años= 18.75€
Coste de la planta	1666 x 1,5€/planta = 2500€/24 = 104€
Coste implantación planta	1666 x 1,1€/planta = 1832€/24 = 76€

Tabla 16.3

##### Costes de mantenimiento:

Labor	€/ha
Fitosanitarios y abonos	150€
Laboreo	100€
Cosecha	25€/Tm astillada en plata= 40Tmx25€=1000€
Total	1448€
Riego	187.2€

Tabla 16.4

### **5) INGRESOS ANUALES.**

Los ingresos anuales se deben a la venta de la producción del cultivo y a las subvenciones de la PAC. El precio de los productos puede variar de un año a otro, por eso se ha tomado un precio que sea razonable teniéndose en cuenta los precios de años anteriores.

$$\text{Ingresos} = 40 \text{ Tm/ha y año} \times 70\text{€/Tm} = 3200 \text{ €/ha y año}$$

### **6) FLUJO DESTRUIDO.**

Es el valor de los rendimientos que se obtienen en la situación actual. Este flujo destruido se calcula a partir de los costes de producción y de los ingresos que se obtienen. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Cultivo	Coste (€/ha)	Ingresos (€/ha)	Flujo destruido (€/ha)
Cebada	427,8	790	362.2

Tabla 16.5

## **7) COSTE DEL AGUA DE RIEGO.**

Los costes derivados del consumo de agua de riego son los que se derivan del consumo por las necesidades de los cultivos.

Se paga un total de 0,024€/m<sup>3</sup> incluyendo los gastos del bombeo hasta el hidrante.

$$\text{Consumo anual} = 780\text{mm} = 7.800 \text{ m}^3$$

$$\text{Gasto anual} = 7.800\text{m}^3 \times 0.024\text{€/m}^3 = 187.2\text{€}$$

## **8) ESTUDIO DE RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN.**

### 8.1) CONSIDERACIONES PREVIAS.

El presupuesto total de la inversión asciende a 2.242.000 €, sin incluir los honorarios del ingeniero.

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 74.975 €. El coste de la mano de obra no se tiene en cuenta, ya que la explotación en principio se establece que va a ser dirigida y trabajada por el propietario y por su familia.

Se estima una vida útil de la instalación de 24 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 tres millones y medio de euros a 24 años a un tipo de interés del 5,5%.

Con lo expuesto anteriormente se realiza el estudio de rentabilidad económica.

AÑO	Cobros ordinarios	Cobros financieros	Pagos ordinarios	Pagos extraordinarios	Pagos financieros	Flujo destruido	Pagos inversión	Flujo de caja
0		2.000.000€					2.242.000€	-242.000€
1			10.051€	109.986€	152.071€	74.975€		-347.083€
2			20.102€	109.986€	152.071€	74.975€		-357.134€
3	662.400€		99.153€	109.986€	152.071€	74.975€		226.255€
4	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
5	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
6	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
7	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
8	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
9	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
10	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
11	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
12	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
13	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
14	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
15	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
16	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
17	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
18	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
19	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
20	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
21	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
22	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
23	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€
24	662.400€		99.153€		152.071€	74.975€		336.241€

### 8.3) ESTUDIO DE VIABILIDAD.

A partir de los flujos de caja calculados en el apartado anterior se han calculado los índices de rentabilidad que se exponen a continuación:

Valor Actual Neto (VAN): 656753,82 €

Tasa Interna de Rentabilidad: 11,9%.

## **9) CONCLUSIONES.**

El valor total de la inversión es de 2.242.000 €. Desde el punto de vista del VAN se observa que la inversión es rentable. El TIR es superior al tipo de interés utilizado, por lo tanto la inversión también es rentable.

Téngase en cuenta que aunque la inversión resulte rentable desde el punto de vista de estos índices, afrontarla sin ninguna ayuda por parte de la Administración es prácticamente inviable.

Por lo tanto, en función de los resultados obtenidos se puede concluir que la inversión es rentable.

## Anejo 17: Instalación eléctrica

### 1) INTRODUCCIÓN:

La instalación eléctrica de este proyecto se concentra en la estación de bombeo. Dentro de esta instalación hay dos partes diferenciadas, que son alumbrado y fuerza.

La instalación de alumbrado se destina a la iluminación del local y de los exteriores. La de fuerza se destina a la alimentación de los grupos electrobomba, al motor del puente grúa y al motor de la motobomba.

### 2) INSTALACIÓN DE ALUMBRADO.

Para el alumbrado interior de las instalaciones se distinguen dos zonas: una de servicios (centro de control y mando y oficina) y otra el foso de bombas, para la estación de bombeo.

En la estación de bombeo se colocan 3 luminarias formadas por 2 lámparas fluorescentes de 36 W cada una. Se obtiene un total de 144W.

En el cálculo de las secciones de cable a colocar se tiene en cuenta dos puntos:

- Comprobación por calentamiento, a partir de la potencia instalada se calcula la intensidad circulante por cada línea según la fórmula:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi}$$

Siendo:

-I, intensidad en Amperios

-P, potencia en W

-V, potencial en Voltios

-cos  $\varphi$  = 0,9 Factor de potencia

Con la intensidad máxima calculada y mediante las tablas del Reglamento Electrotécnico para baja tensión se eligen las diferentes secciones de cable a instalar.

La intensidad para la estación de bombeo de 3,85 A. Por lo tanto, mediante las tablas I y II de la MIE BT 017 se obtiene que para dichas instalaciones los circuitos estarán formados por:

RV 0.5/1 KV 1x1,5 mm<sup>2</sup> + 1x1,5N + 1x1,5T

- Comprobación por caída de tensión, se comprueba que la caída de tensión máxima entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor del 5% de la tensión nominal. Se aplica la fórmula:

$$\Delta V = \frac{\rho \cdot 2 \cdot I \cdot L}{s \cdot V} < 5\%$$

Siendo:

- $\rho = 0,018 \Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$
- I, la intensidad en A
- L, la longitud de la línea en m
- s, la sección del cable en mm<sup>2</sup>
- V potencial en Voltios

Los resultados obtenidos se indican en el diagrama unifilar.

### 3) INSTALACIÓN DE FUERZA.

En la instalación para fuerza se incluyen los motores de las bombas y los motores para el puente grúa y el filtro rotativo.

La potencia de los motores a instalar es la siguiente:

En la estación de elevación:

- 3 bombas de 35 CV (25.7KW)
- Puente grúa: 1,5 KW

La potencia total es de 27.3 KW.

Para el cálculo de la intensidad circulante por las líneas de fuerza se aplica la siguiente fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi}$$

Siendo:

- I, intensidad en Amperios

-P, potencia en W

-V, potencial en Voltios

-cos  $\varphi$  = 0,8 Factor de potencia

Una vez obtenida la sección de cable a instalar se comprueba que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor del 5% de la tensión nominal. Para ello se aplica la fórmula:

$$\Delta V = \frac{\rho \cdot 2 \cdot I \cdot L}{s \cdot V} < 5\%$$

Siendo:

-  $\rho$  = 0,018  $\Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$

- I, la intensidad en A

- L, la longitud de la línea en m

- s, la sección del cable en  $\text{mm}^2$

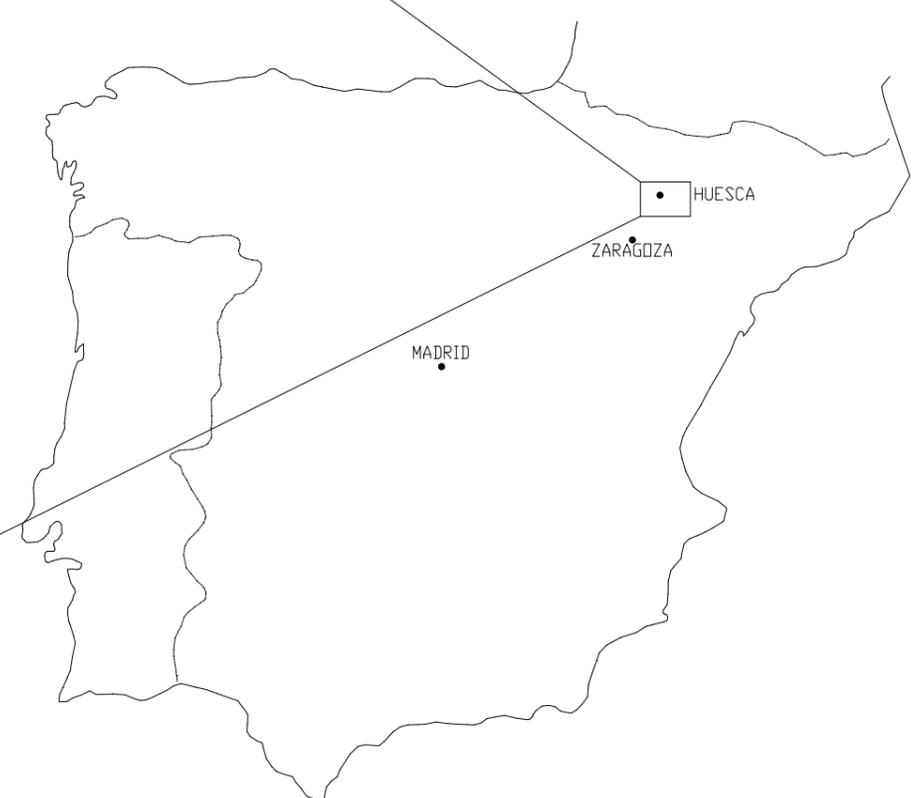
- V potencial en Voltios

La intensidad circulante será:

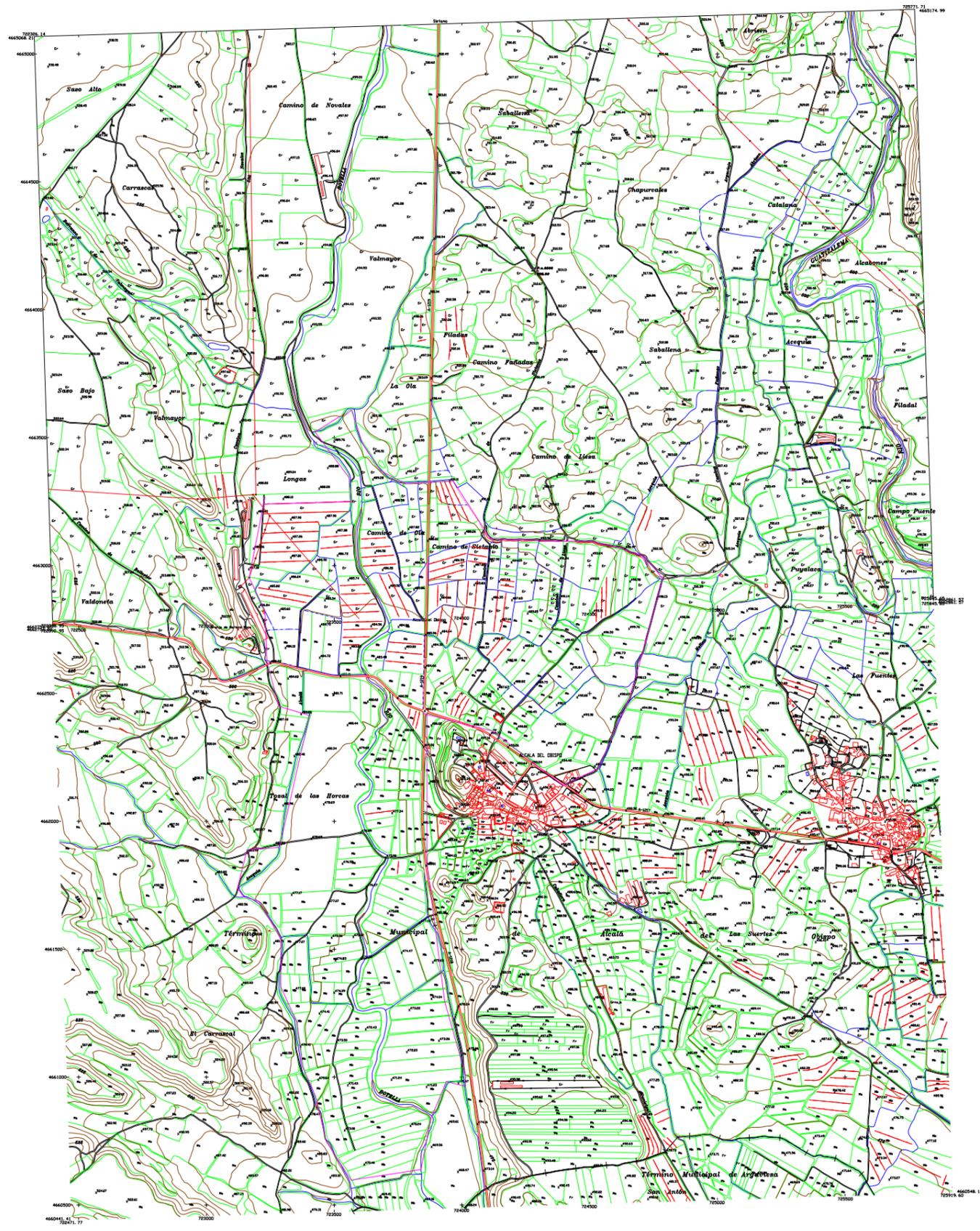
Estación de bombeo.

- 22,34 A para cada bomba
- 2.68 A para el puente.

La sección de cables a colocar así como su distribución se indican en el diagrama unifilar.



El ALUMNO :	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA. PROYECTO FINAL de CARRERA.		
Ibo Esco Boned	INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA en EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS.		
Proyecto de explotación agrícola del cultivo de Paulownia para la obtención de biomasa en Alcalá del obispo (Huesca)	Nº.PLANO	ESCALA	
	1	S/E	
PLANO de: Situación		NOMBRE	FECHA
	Dibujado.	I.E.B	O-2013
	Comprob.	J.G.T.	A-2014



El ALUMNO :

Ibo Esco Boned

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA.  
PROYECTO FINAL de CARRERA.

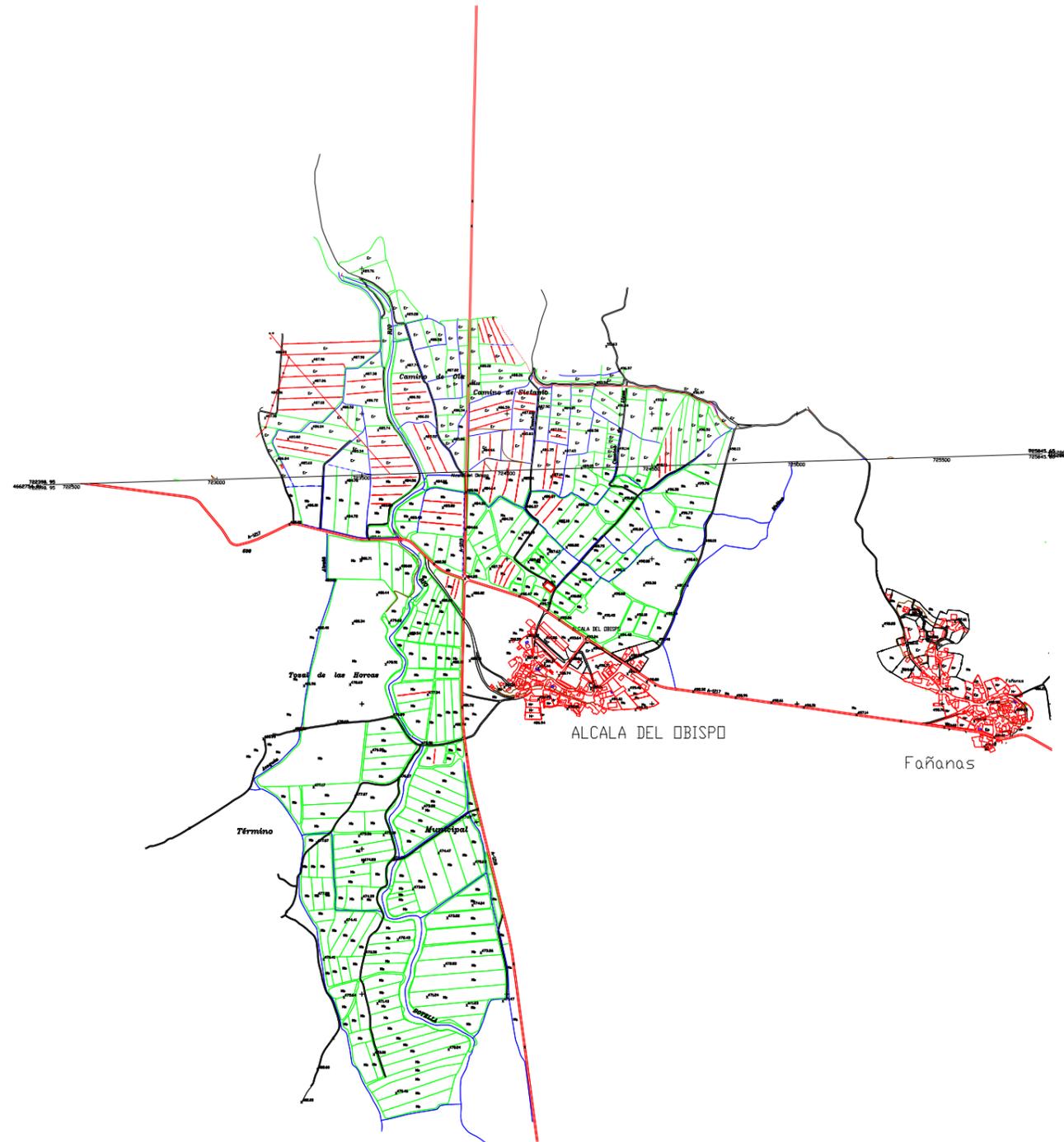
INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA  
en EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS.

Proyecto de explotación agrícola del cultivo de Paulownia para la obtención de biomasa en Alcalá del obispo (Huesca)

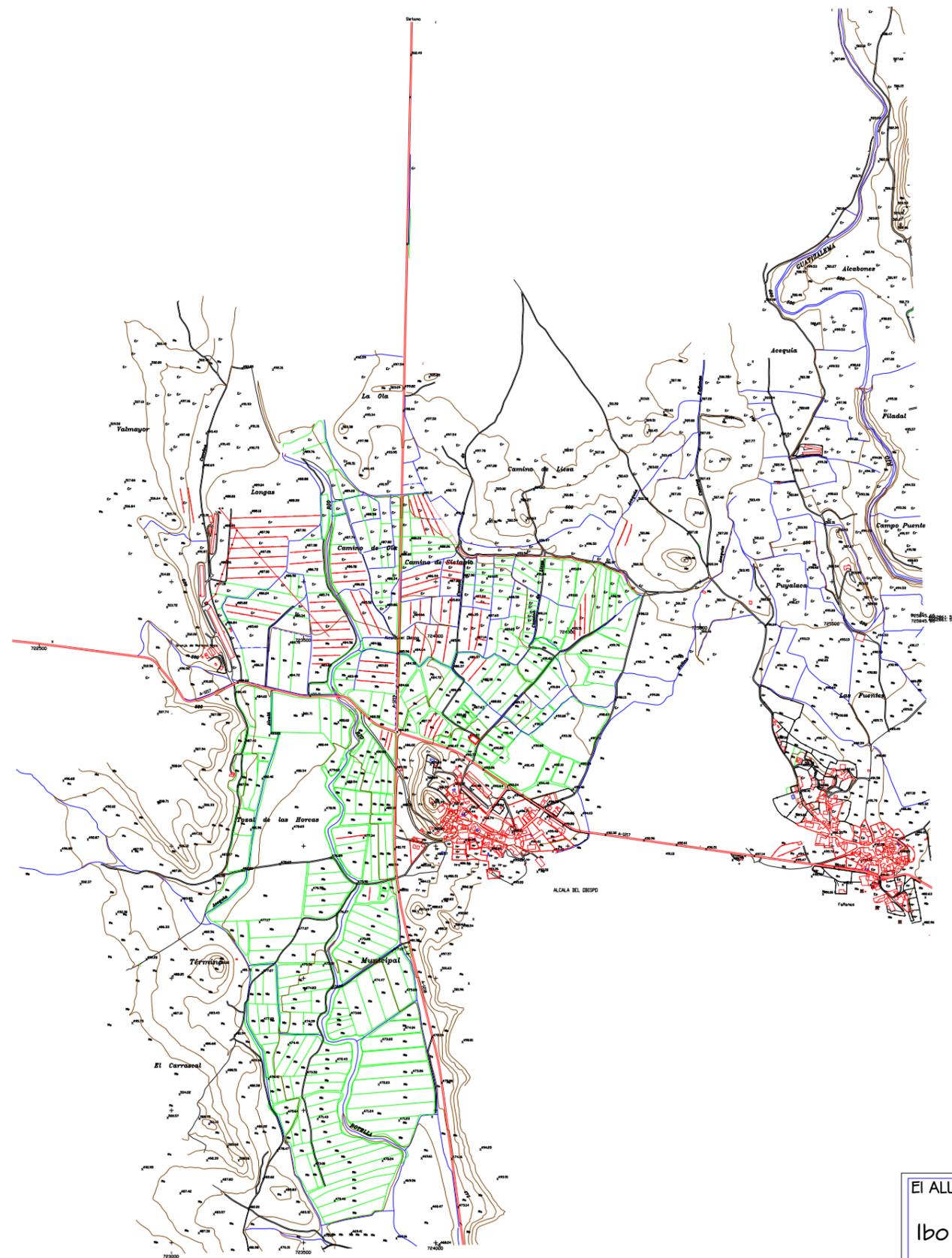
Nº. PLANO  
2 ESCALA  
1:100.000

PLANO de: Emplazamiento

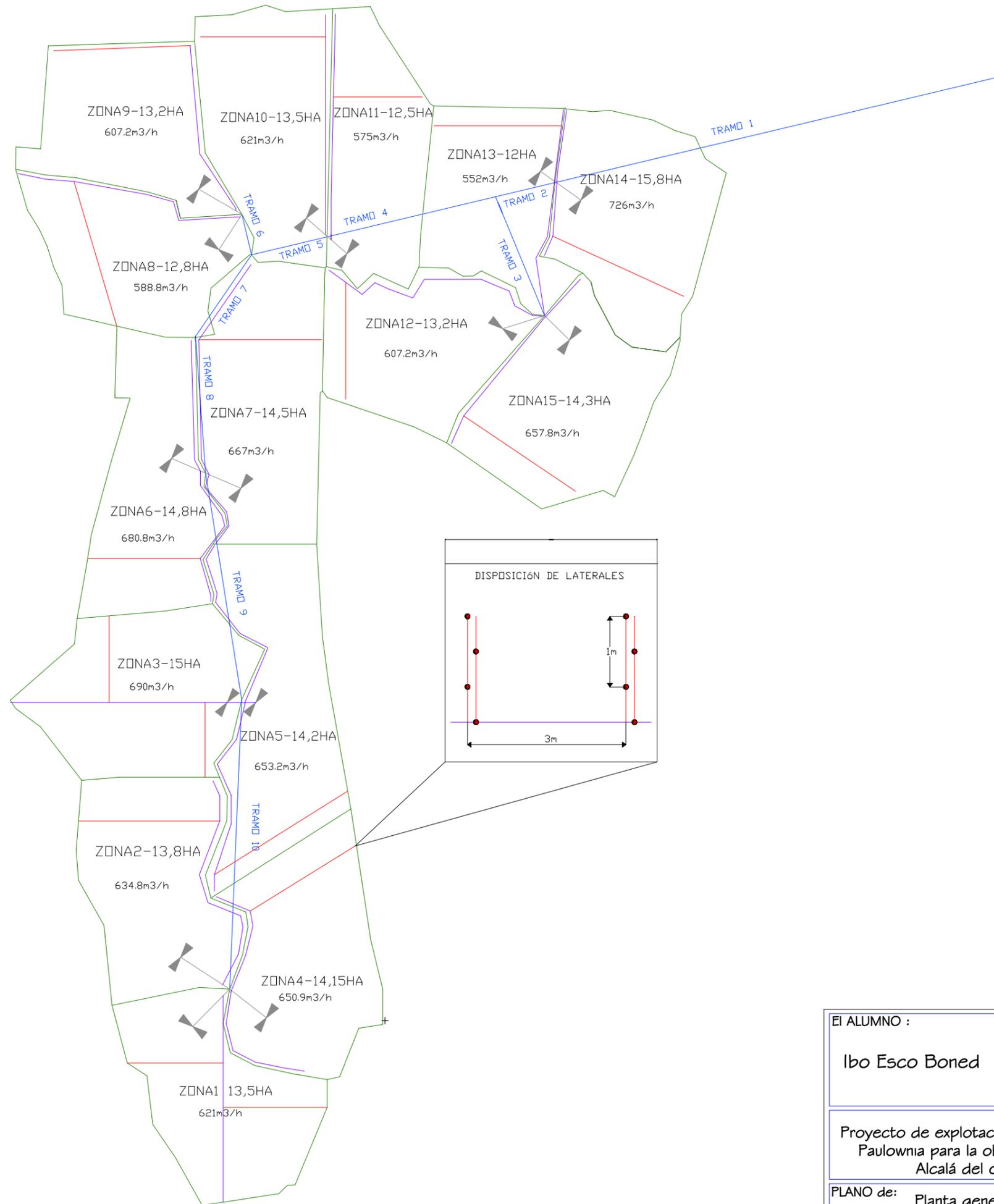
	NOMBRE	FECHA
Dibujado.	I.E.B	0-2013
Comprob.	J.G.T.	A-2014



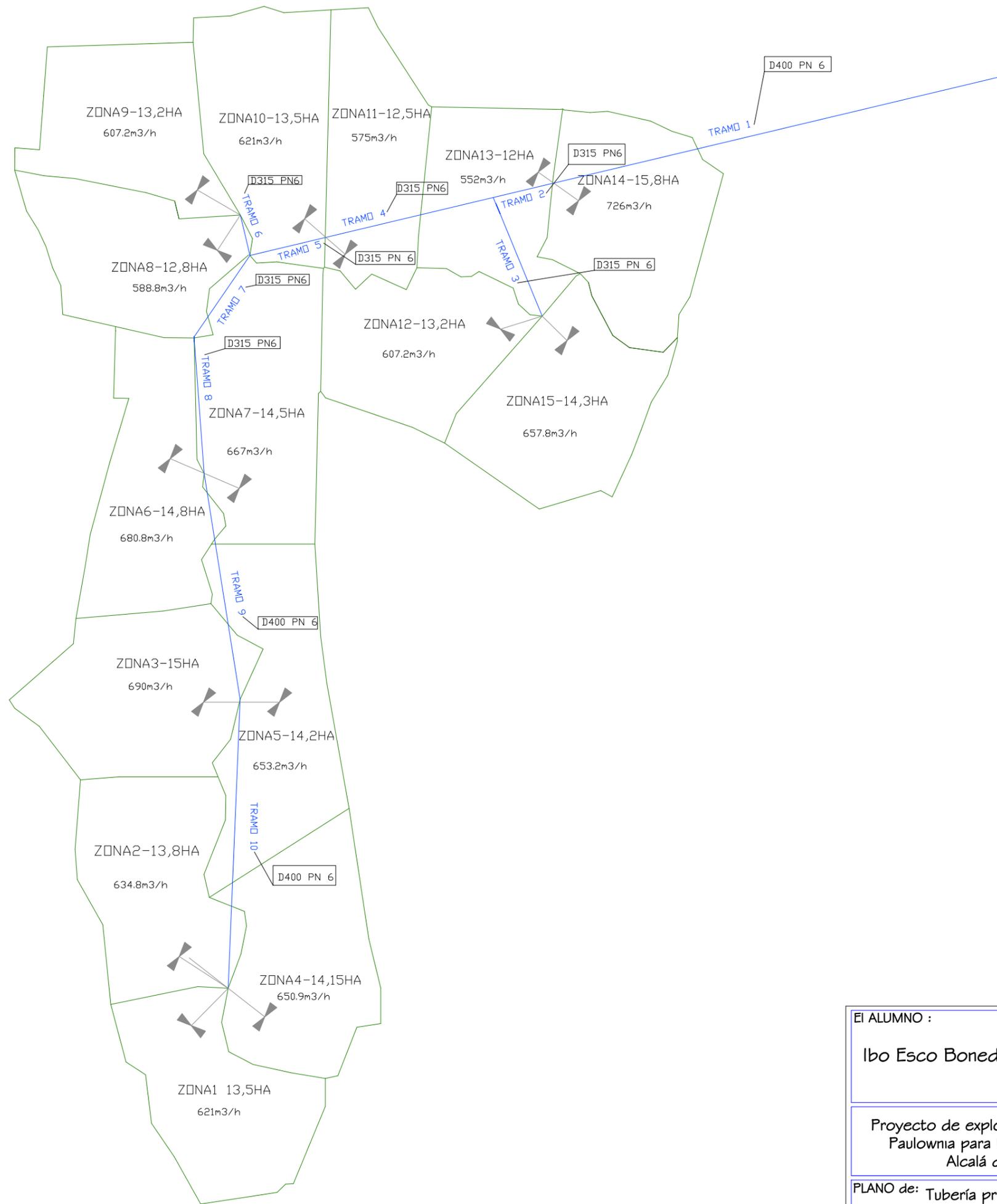
El ALUMNO :		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA. PROYECTO FINAL de CARRERA.	
Ibo Esco Boned		INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA en EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS.	
Proyecto de explotación agrícola del cultivo de Paulownia para la obtención de biomasa en Alcalá del obispo (Huesca)		Nº.PLANO	ESCALA
		3	1:100.000
PLANO de: Zona objeto de transformación		Dibujado.	FECHA
		I.E.B	O-2013
		Comprob.	FECHA
		J.G.T.	A-2014



El ALUMNO : <b>Ibo Esco Boned</b>		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA. PROYECTO FINAL de CARRERA.  INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA en EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS.	
Proyecto de explotación agrícola del cultivo de Paulownia para la obtención de biomasa en Alcalá del obispo (Huesca)		Nº.PLANO <b>4</b>	ESCALA 1:100.000
PLANO de: Topografía de la zona		Dibujado. I.E.B	FECHA O-2013
		Comprob. J.G.T.	A-2014



El ALUMNO :		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA. PROYECTO FINAL de CARRERA.	
Ibo Esco Boned		INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA en EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS.	
Proyecto de explotación agrícola del cultivo de Paulownia para la obtención de biomasa en Alcalá del obispo (Huesca)		Nº. PLANO	ESCALA
		5	1:50.000
PLANO de: Planta general con goteros		Dibujado.	FECHA
		I.E.B	O-2013
		Comprob.	FECHA
		J.G.T.	A-2014



El ALUMNO :  
**Ibo Esco Boned**

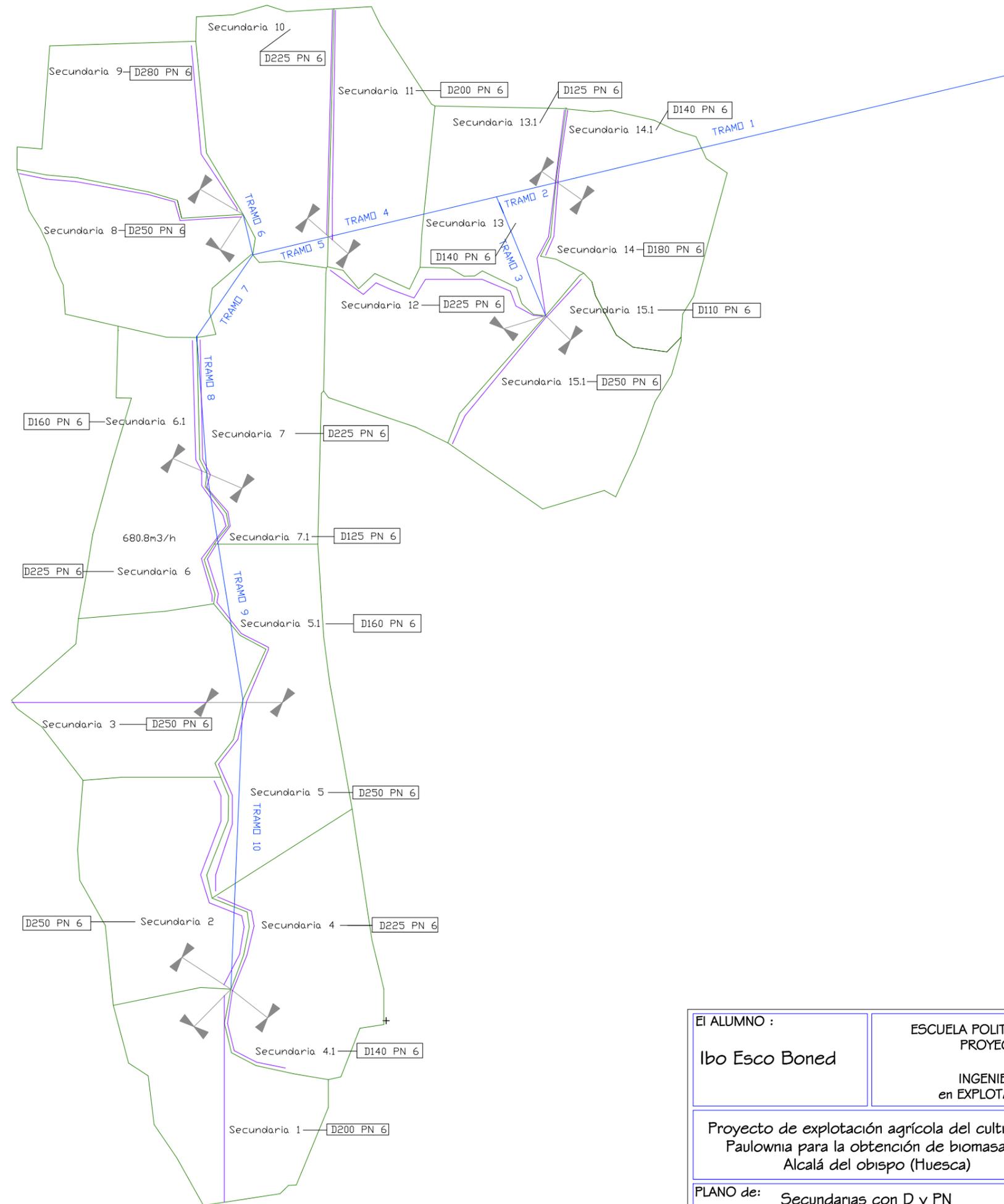
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA.  
PROYECTO FINAL de CARRERA.  
  
INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA  
en EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS.

Proyecto de explotación agrícola del cultivo de Paulownia para la obtención de biomasa en Alcalá del obispo (Huesca)

Nº. PLANO	ESCALA
6	1:50.000

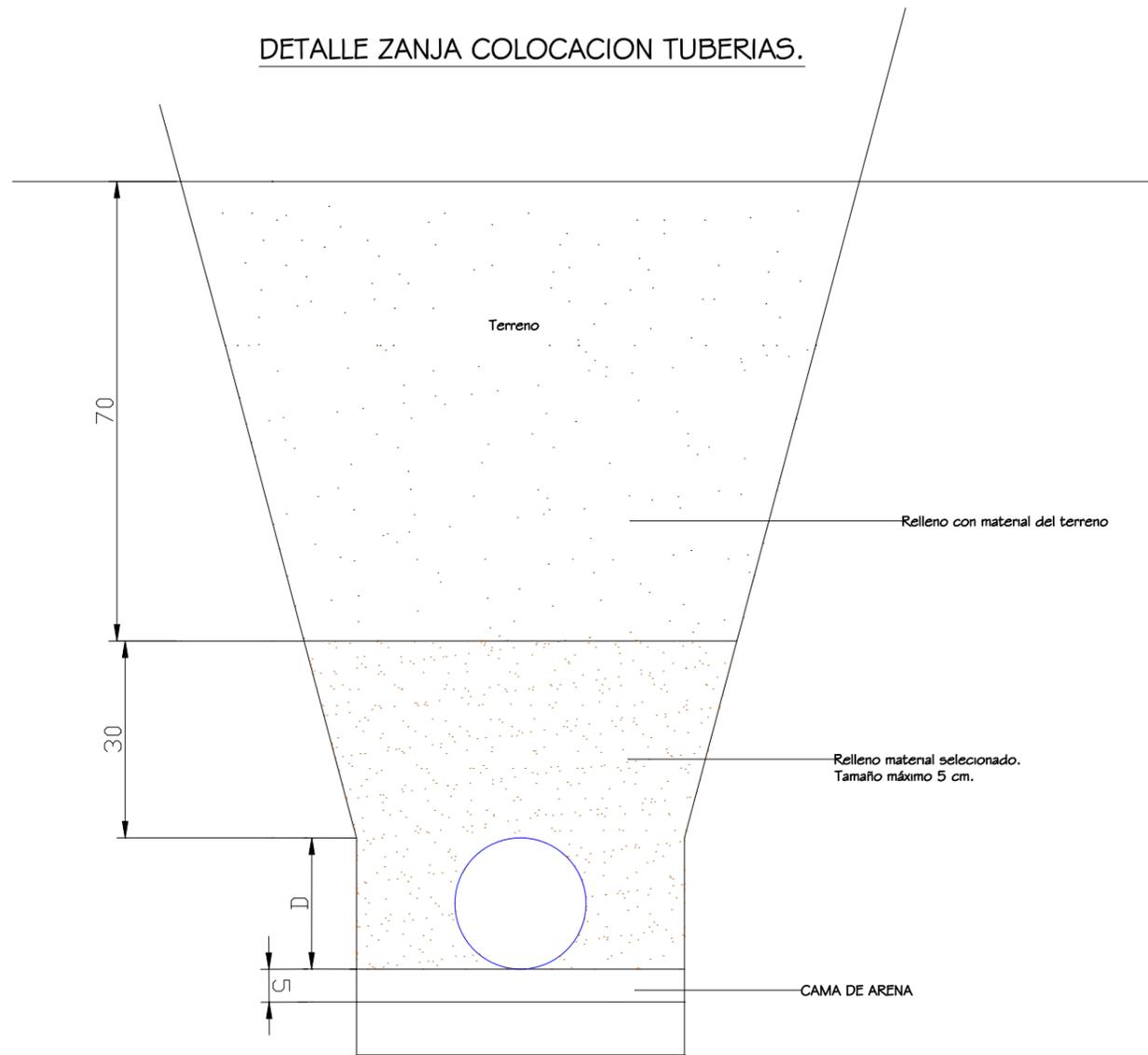
PLANO de: Tubería primaria con D y PN, y tomas

	NOMBRE	FECHA
Dibujado.	I.E.B	N-2013
Comprob.	J.G.T.	A-2014



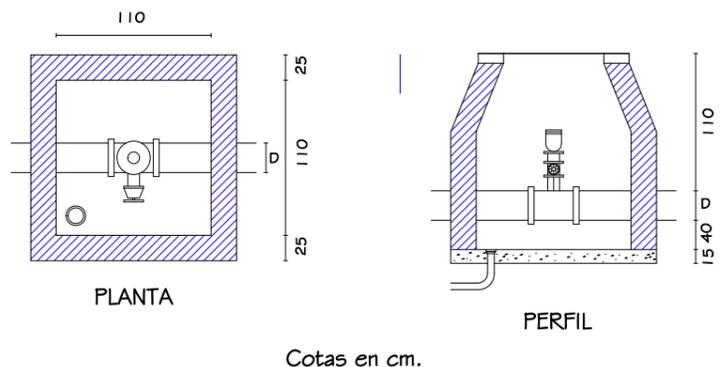
El ALUMNO :		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA. PROYECTO FINAL de CARRERA.	
Ibo Esco Boned		INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA en EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS.	
Proyecto de explotación agrícola del cultivo de Paulownia para la obtención de biomasa en Alcalá del obispo (Huesca)		Nº. PLANO	ESCALA
		7	1:50.000
PLANO de: Secundarias con D y PN		Dibujado.	FECHA
		I.E.B	N-2013
		Comprob.	FECHA
		J.G.T.	A-2014

DETALLE ZANJA COLOCACION TUBERIAS.

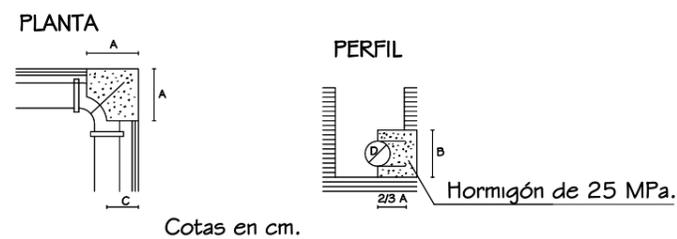


El ALUMNO :		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA. PROYECTO FINAL de CARRERA.	
Ibo Esco Boned		INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA en EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS.	
Proyecto de explotación agrícola del cultivo de Paulownia para la obtención de biomasa en Alcalá del obispo (Huesca)		Nº. PLANO	ESCALA
		8	1:10
PLANO de: Detalles de zanja		Dibujado.	FECHA
		I.E.B	E-2014
		Comprob.	
		J.G.T.	A-2014

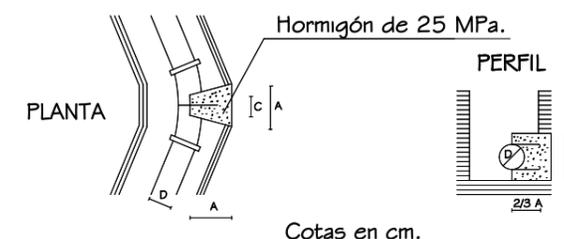
ANCLAJE VENTOSA .



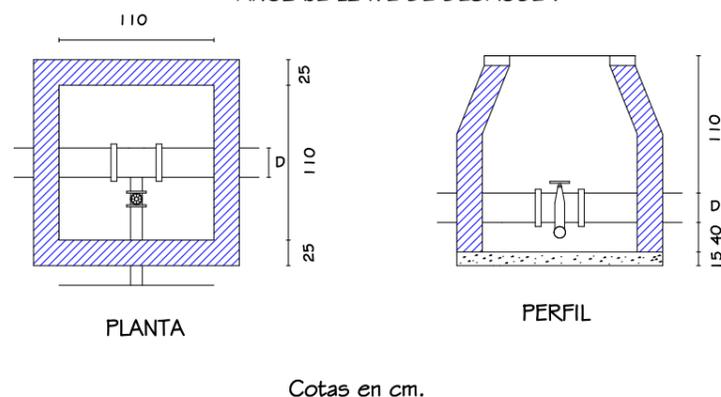
ANCLAJE CODO 90 .



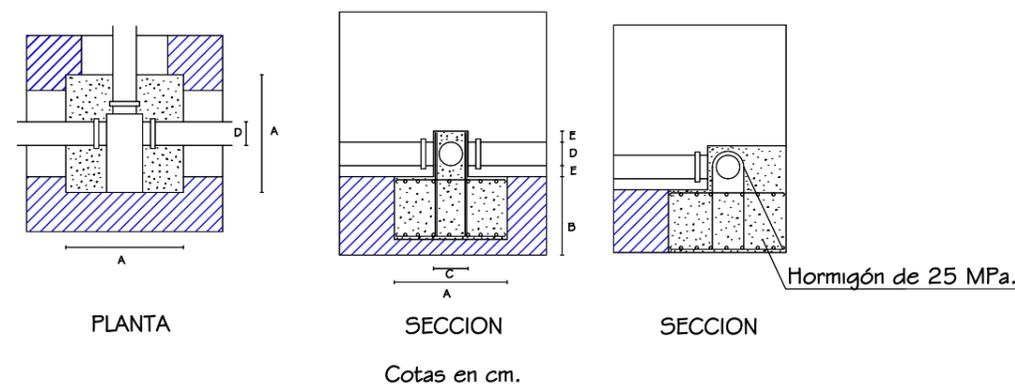
ANCLAJE CODO 45 .



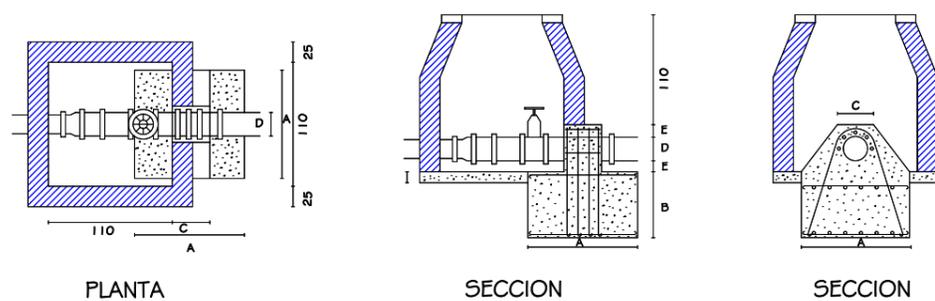
ANCLAJE LLAVE DE DESAGÜE .



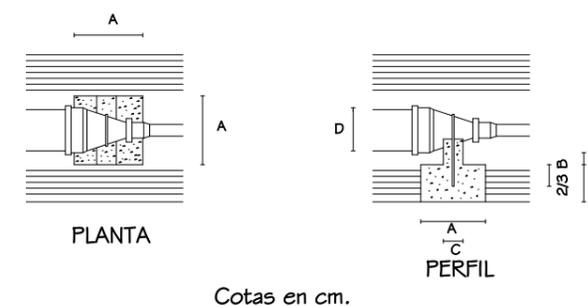
ANCLAJE PIEZA TIPO " T " .



ANCLAJE LLAVE DE PASO.



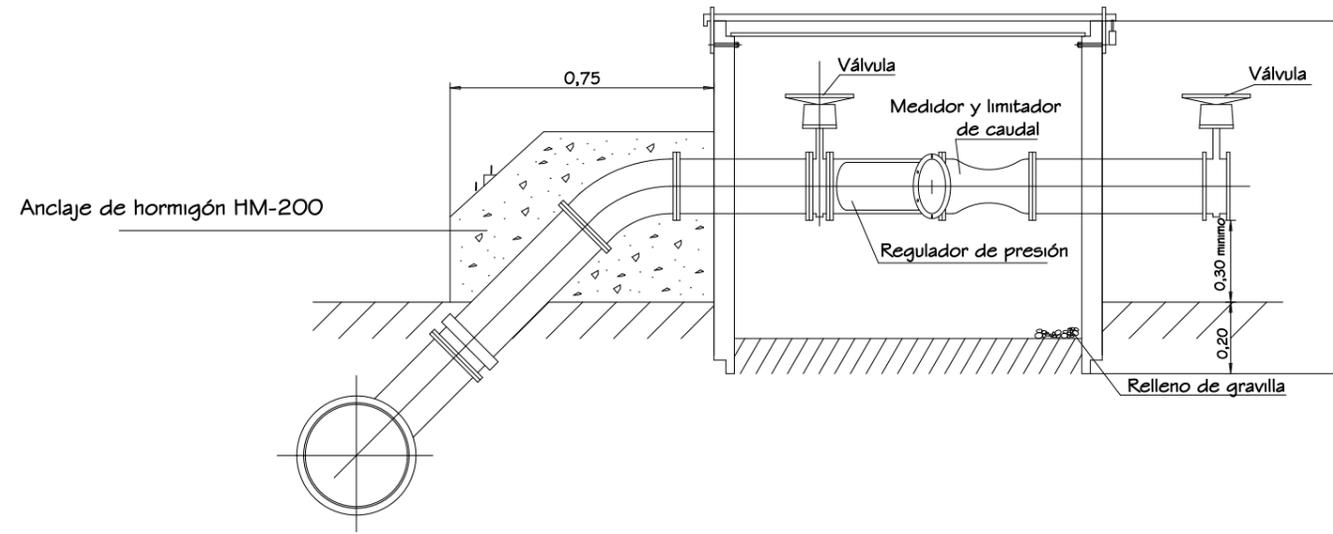
ANCLAJE REDUCCION.



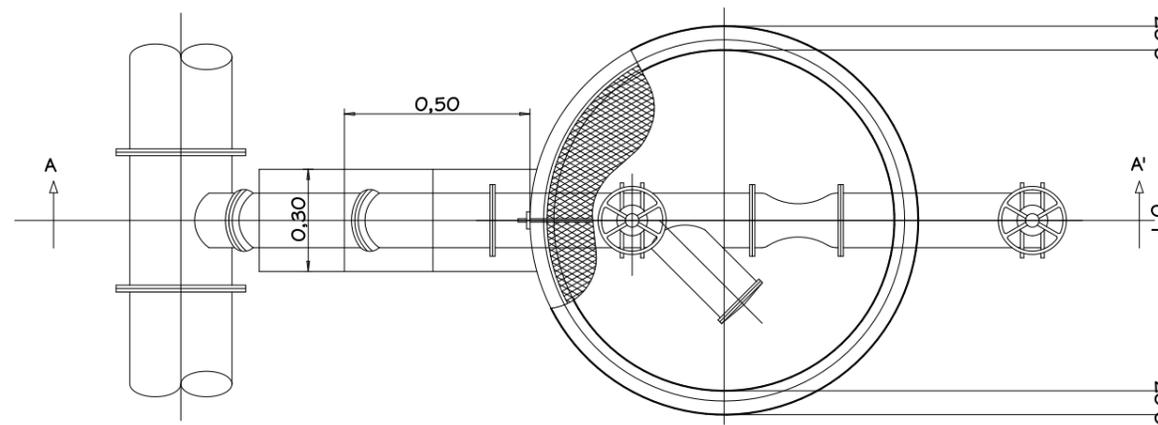
PIEZA	DIÁMETRO DE LA TUBERÍA (MM)	DIMENSIONES EN cm.		
		A	B	C
CODO 45º	63 A 225	30	40	15
	250 A 400	50	60	25
CODO 90º	63 A 225	50	40	20
	250 A 400	65	60	20
REDUCCION	63 A 225	40	30	15
	250 A 400	50	40	25

El ALUMNO :		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA. PROYECTO FINAL de CARRERA.	
Ibo Esco Boned		INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA en EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS.	
Proyecto de explotación agrícola del cultivo de Paulownia para la obtención de biomasa en Alcalá del obispo (Huesca)		Nº. PLANO	ESCALA
		9	1:50
PLANO de: Detalles de los anclajes		Dibujado.	FECHA
		I.E.B	F-2014
		Comprob.	
		J.G.T.	A-2014

# TOMA DE RIEGO TIPO



ALZADO SECCIÓN  
"A-A"



PLANTA

El ALUMNO :	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA. PROYECTO FINAL de CARRERA.		
Ibo Esco Boned	INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA en EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS.		
Proyecto de explotación agrícola del cultivo de Paulownia para la obtención de biomasa en Alcalá del obispo (Huesca)	Nº. PLANO	ESCALA	
	10	1:50	
PLANO de: Detalle de toma de riego	Dibujado.	I.E.B	F-2014
	Comprob.	J.G.T.	A-2014

ARQUETA  
DE HORMIGÓN

PATES

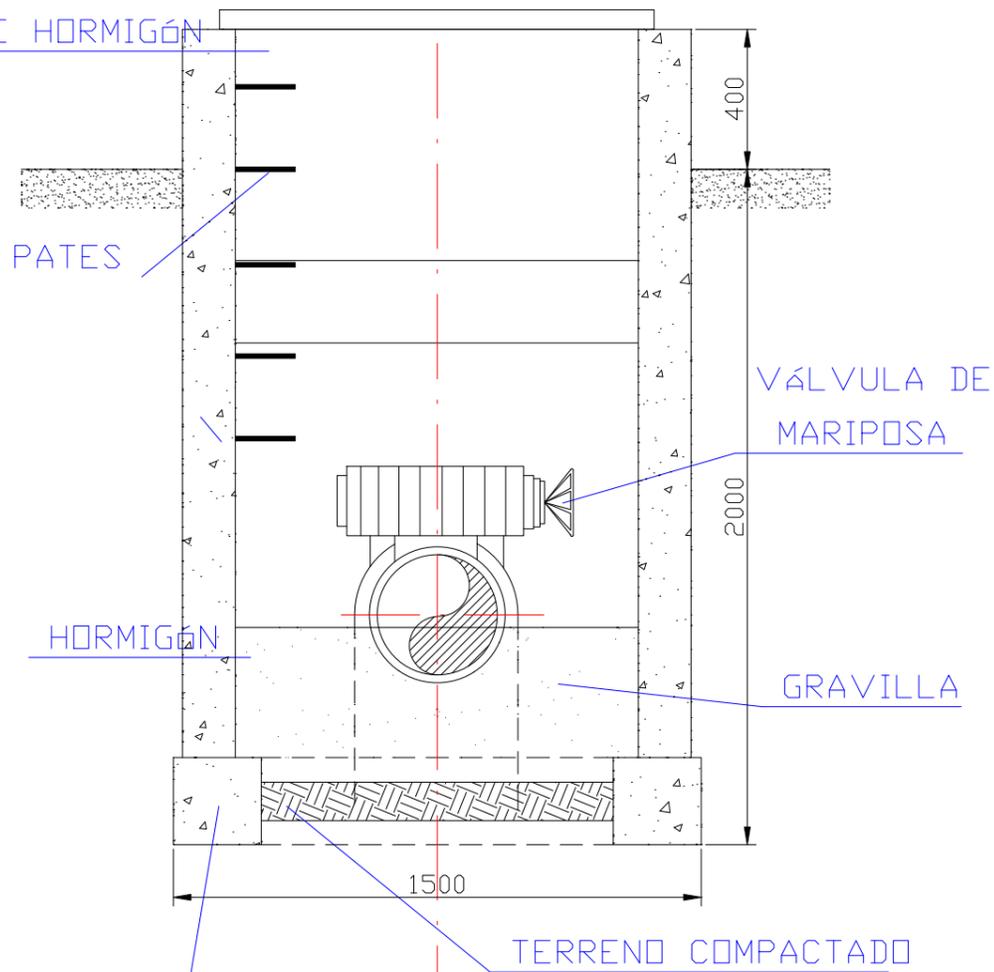
HORMIGÓN

VÁLVULA DE  
MARIPOSA

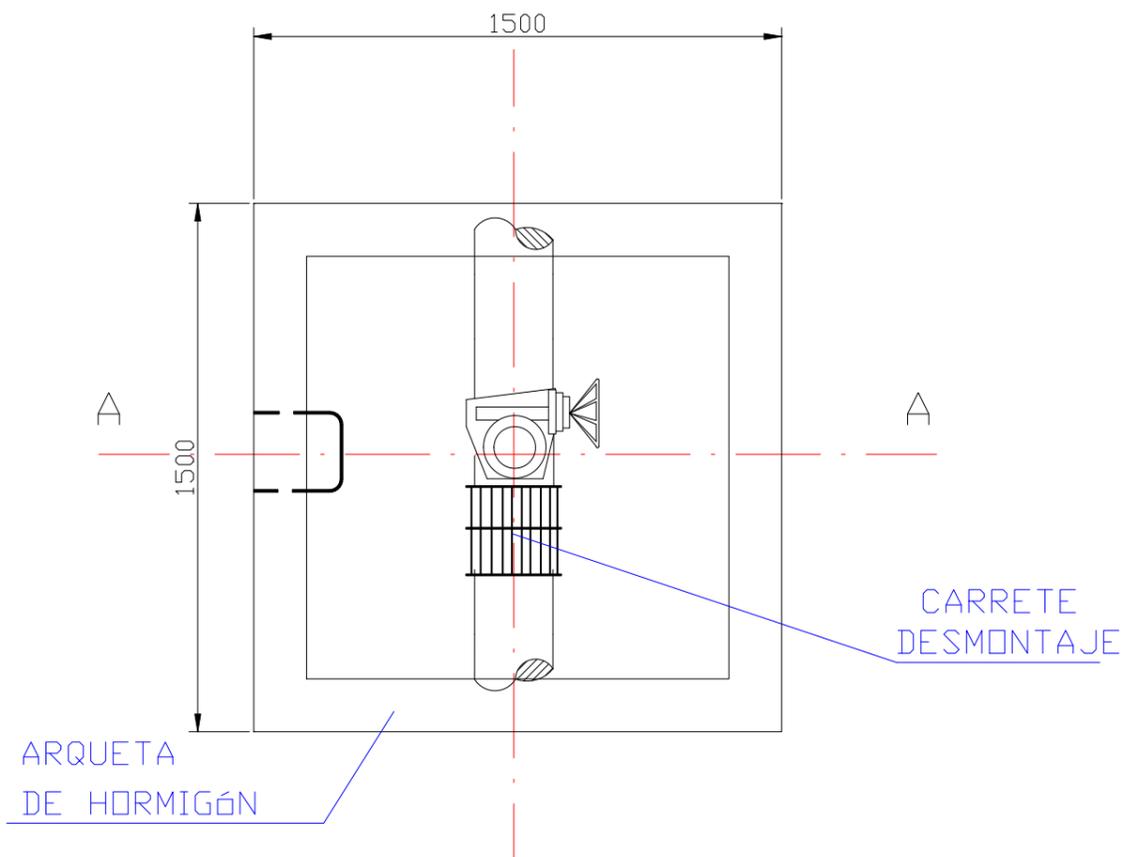
GRAVILLA

TERRENO COMPACTADO

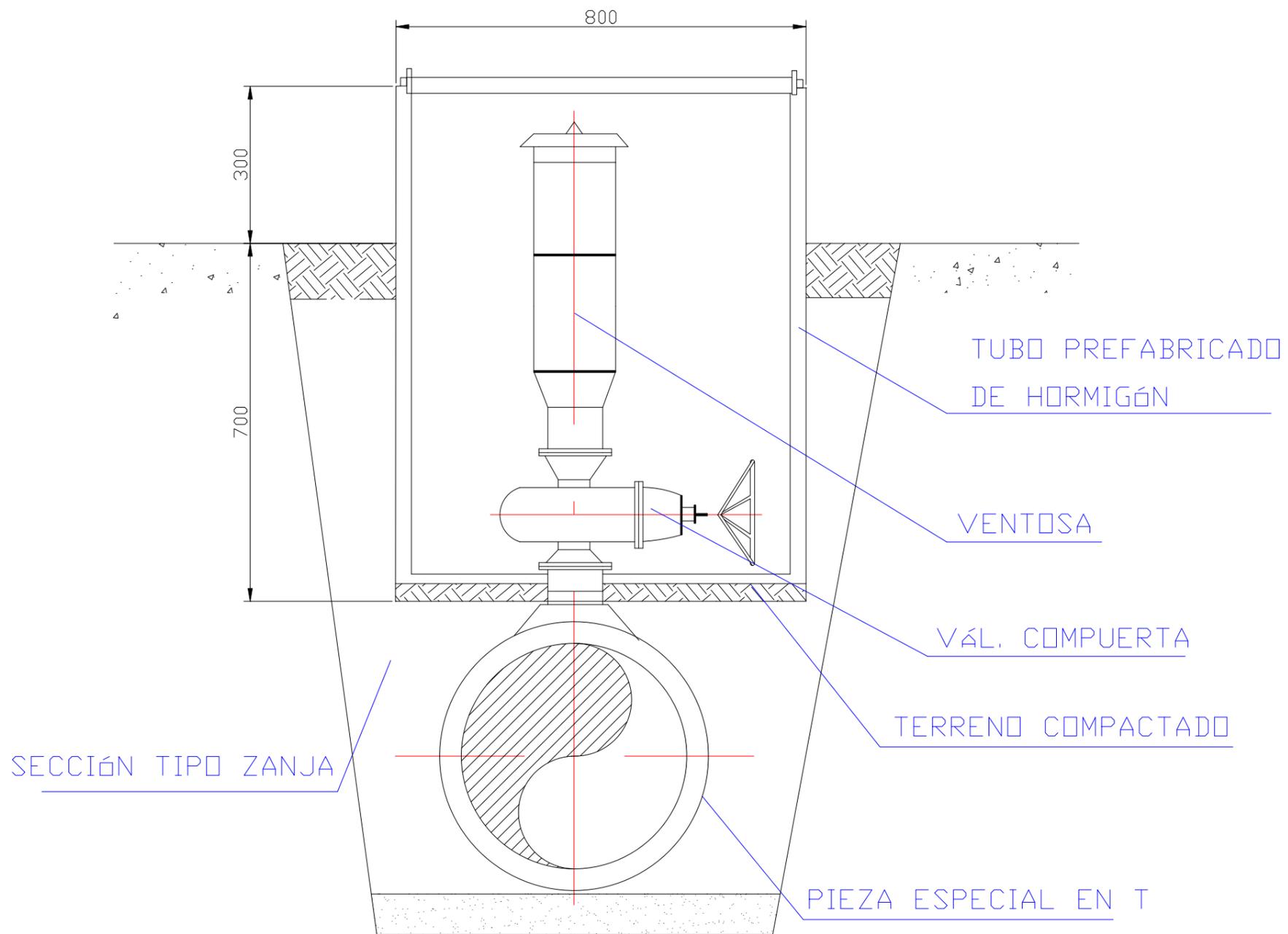
ALZADO - SECCIÓN A-A



PLANTA - SECCIÓN



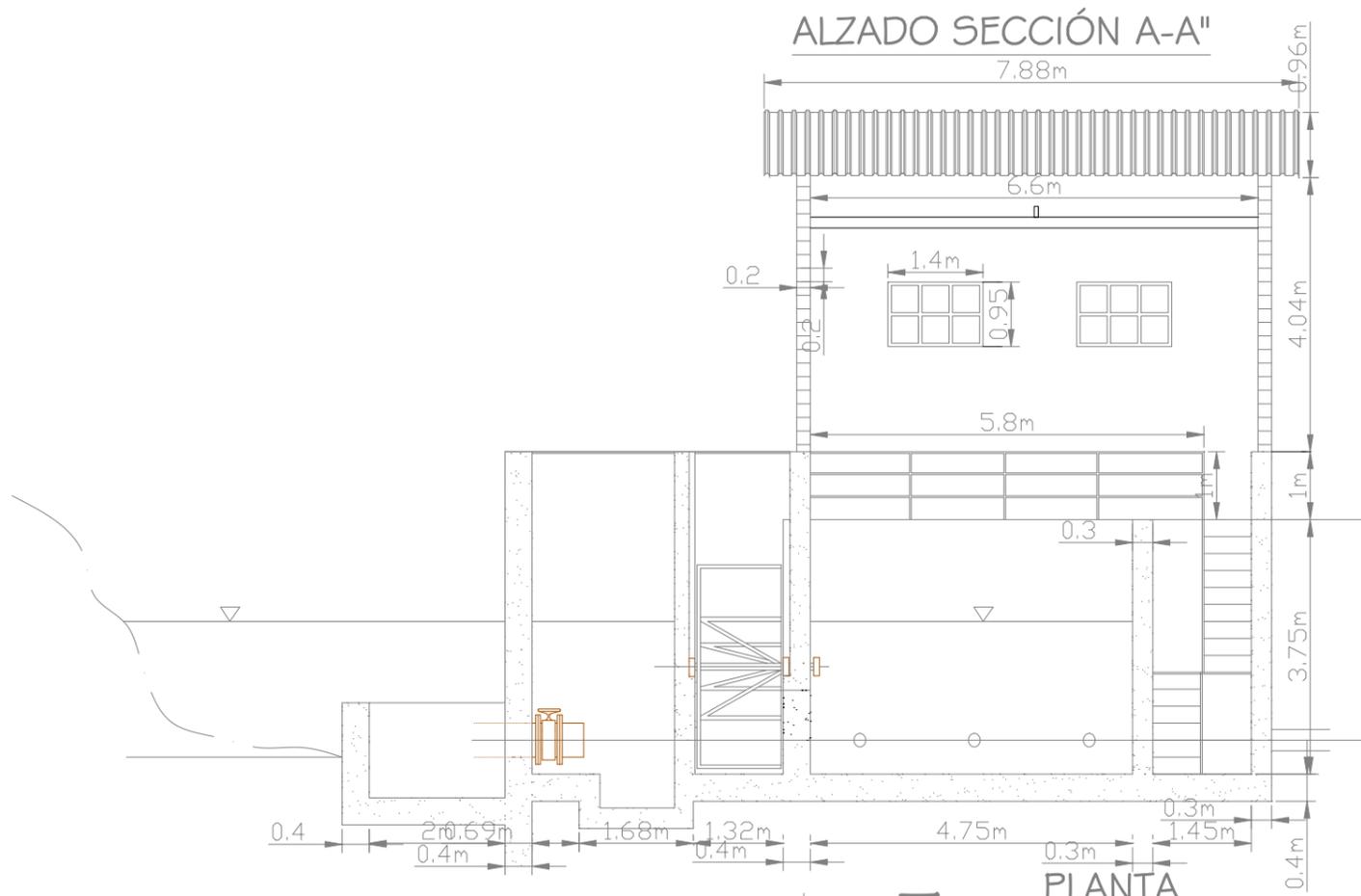
El ALUMNO :	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA. PROYECTO FINAL de CARRERA.		
Ibo Esco Boned	INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA en EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS.		
Proyecto de explotación agrícola del cultivo de Paulownia para la obtención de biomasa en Alcalá del obispo (Huesca)	Nº. PLANO	ESCALA	
	11	1/20	
PLANO de: Válvula de mariposa	Dibujado.	NOMBRE	FECHA
	I.E.B	J.G.T.	F-2014
	Comprob.	J.G.T.	A-2014



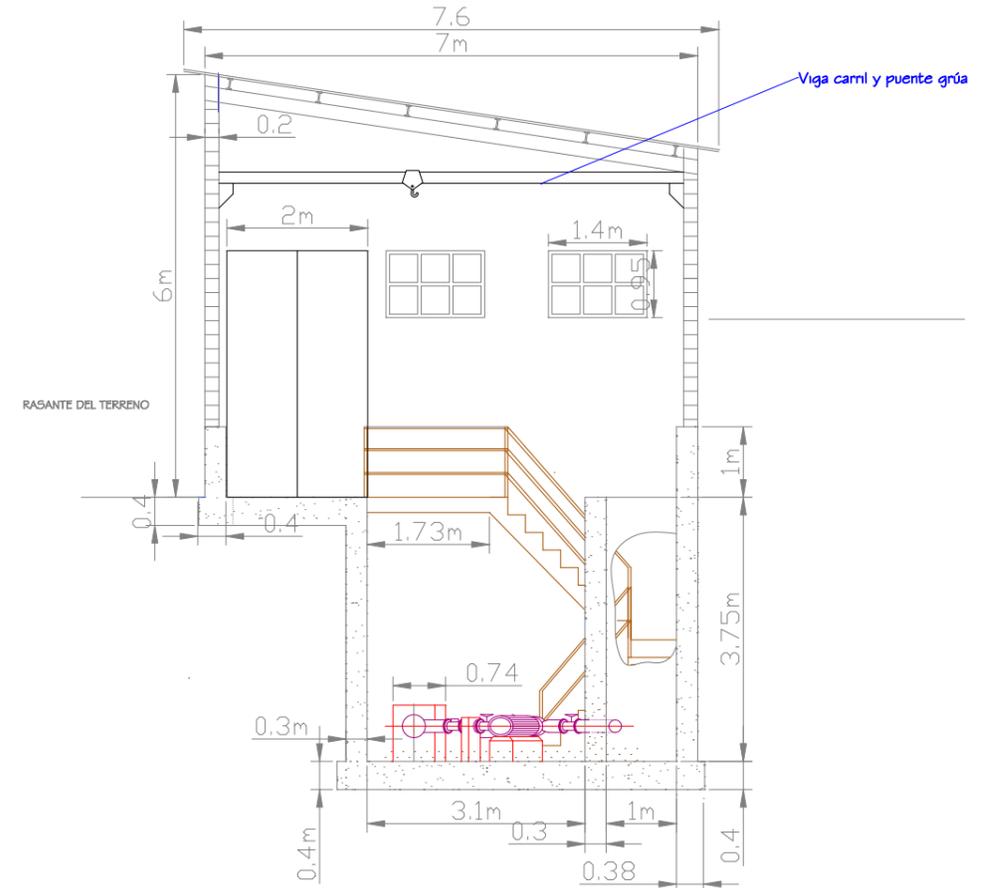
SECCIÓN D-D

El ALUMNO :	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA. PROYECTO FINAL de CARRERA.		
Ibo Esco Boned	INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA en EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS.		
Proyecto de explotación agrícola del cultivo de Paulownia para la obtención de biomasa en Alcalá del obispo (Huesca)	Nº. PLANO	ESCALA	
	12	1:10	
PLANO de: Válvula de ventosa	Dibujado.	NOMBRE	FECHA
	Comprob.	I.E.B	M-2014
		J.G.T.	A-2014

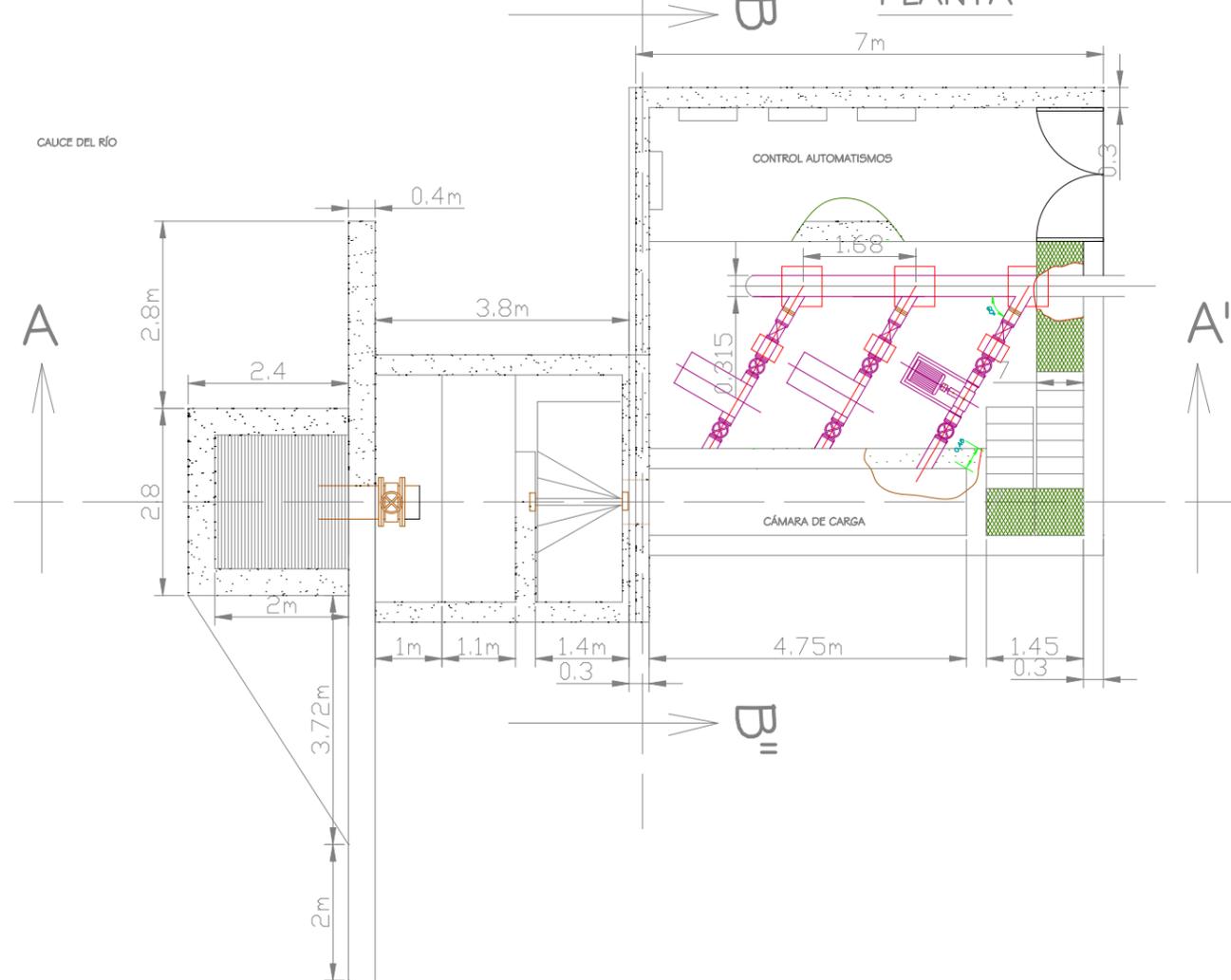
### ALZADO SECCIÓN A-A''



### PERFIL SECCIÓN B-B''

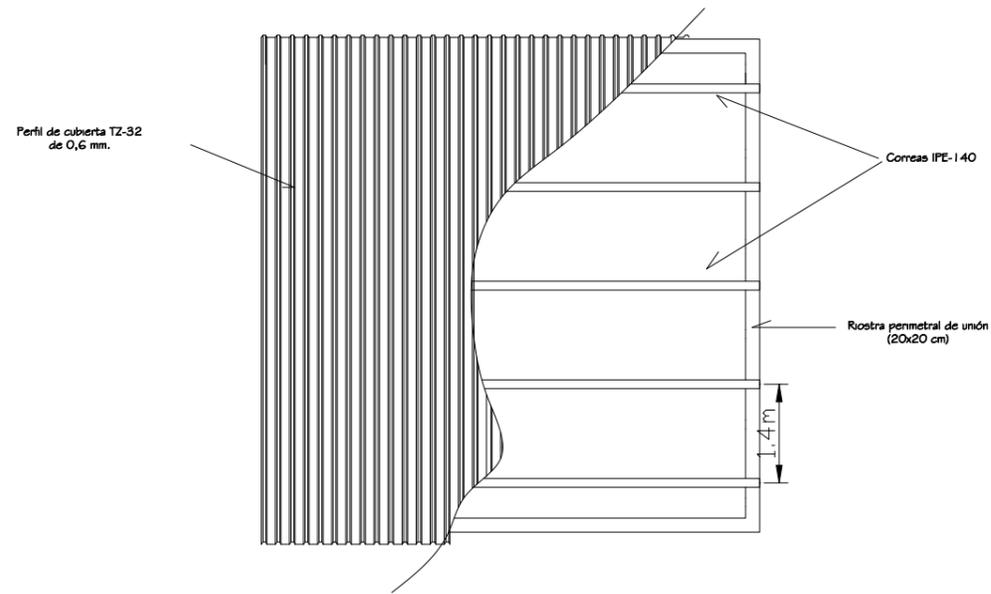


### PLANTA

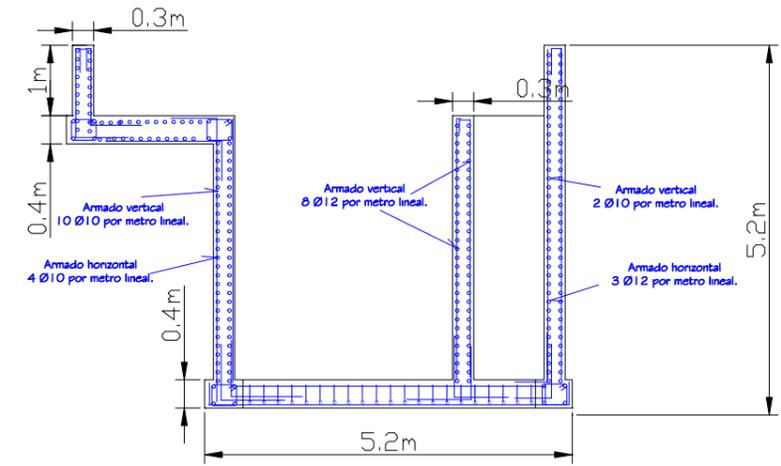


El ALUMNO : <b>Ibo Esco Boned</b>		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA. PROYECTO FINAL de CARRERA.	
Proyecto de explotación agrícola del cultivo de Paulownia para la obtención de biomasa en Alcalá del obispo (Huesca)		INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA en EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS.	
PLANO de: <b>Estación de bombeo</b>	Nº. PLANO	ESCALA	
	13	1:100	
	NOMBRE	FECHA	
Dibujado.	I.E.B	M-2014	
Comprob.	J.G.T.	A-2014	

**PLANTA DE CUBIERTA Y CORREAS**



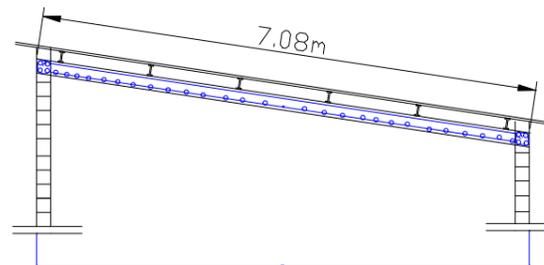
**SECCIÓN DE FOSO DE BOMBAS Y CÁMARA DE CARGA.**



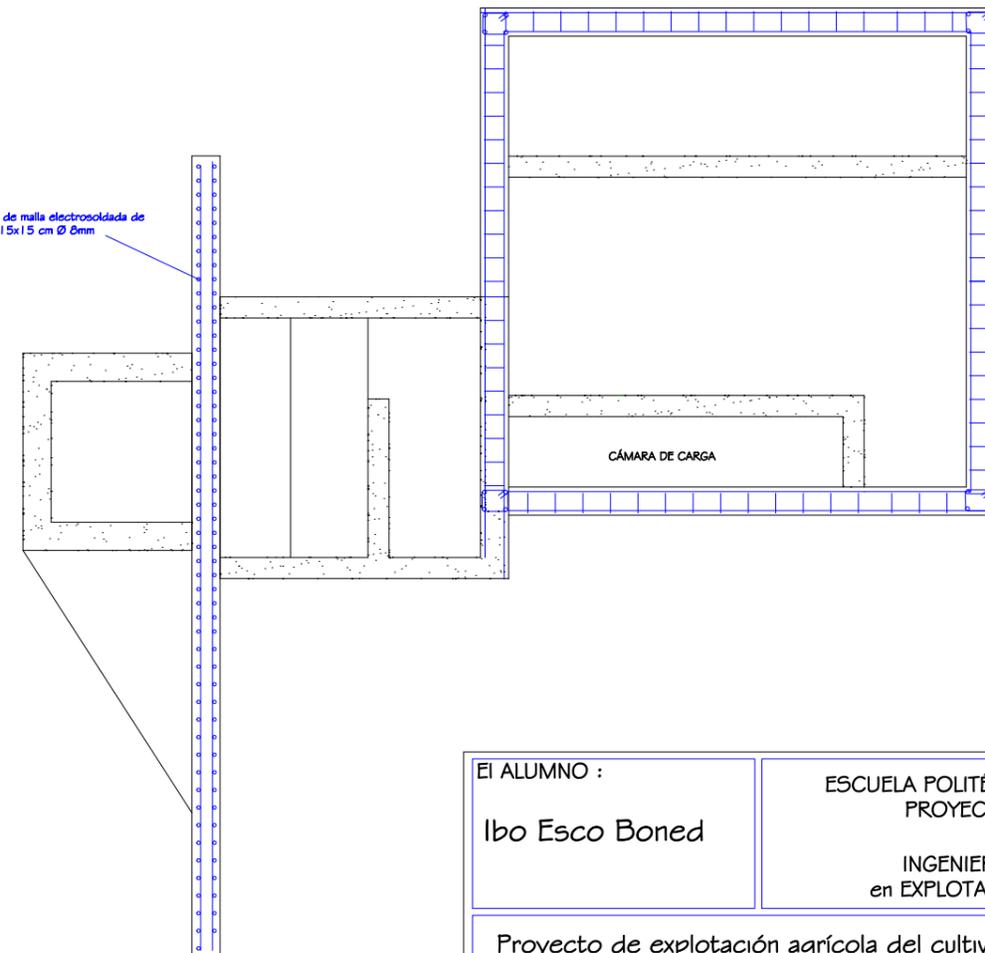
**PLANTA DE CIMENTACIÓN.**

Zapata comda 40 X 40 cm

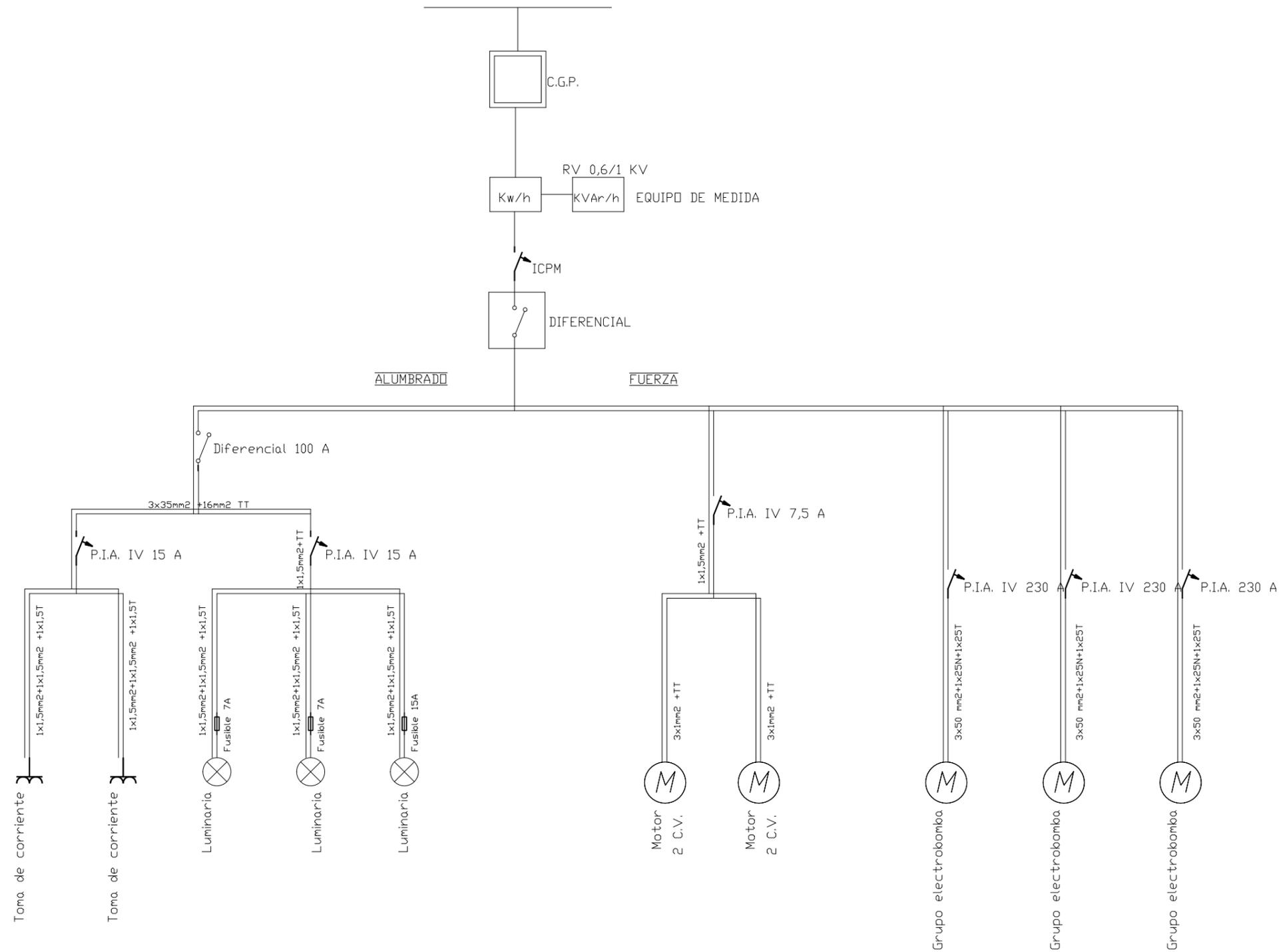
**RIOSTRA DE UNIÓN DE PILARES**



Armadura de malla electrosoldada de 15x15 cm Ø 8mm



El ALUMNO :		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA. PROYECTO FINAL de CARRERA.	
Ibo Esco Boned		INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA en EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS.	
Proyecto de explotación agrícola del cultivo de Paulownia para la obtención de biomasa en Alcalá del obispo (Huesca)		Nº. PLANO	ESCALA
		14	1:100
PLANO de: Planta de cimentación de la estación de bombeo		Dibujado.	FECHA
		I.E.B	M-2014
		Comprob.	FECHA
		J.G.T.	A-2014



El ALUMNO :		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA. PROYECTO FINAL de CARRERA.	
Ibo Esco Boned		INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA en EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS.	
Proyecto de explotación agrícola del cultivo de Paulownia para la obtención de biomasa en Alcalá del obispo (Huesca)		Nº. PLANO	ESCALA
		15	S/E
PLANO de: Diagrama unifilar		Dibujado.	FECHA
		I.E.B	M-2014
		Comprob.	
		J.G.T.	M-2014