

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR
D'INGINYERIA AGRONÒMICA I DEL MEDI
NATURAL



PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO PARA UNA PLANTACIÓN DE ALMENDRO INTENSIVO EN EL T.M DE VILLAR DEL ARZOBISPO (VALENCIA)

***TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERIA
AGROALIMENTARIA Y MEDIO RURAL***

*Autor: Hernández Ríos, Ramsés
Tutor: Palau Estevan, Carmen Virginia
Curso académico: 2017/2018*

Valencia, noviembre de 2017

Transformación y diseño de un sistema de riego localizado para una plantación de almendro intensivo en el T.M de Villar del Arzobispo.

En ingles: Project of transformation and modernization of a plantation in the municipality of Villar del Arzobispo (Valencia)

En valenciano: Projecte de transformació i modernització agrària d'una finca en el Terme Municipal de Villar del Arzobispo (València)

RESUMEN DEL PROYECTO (máximo 5000 caracteres):

En castellano:

El objetivo de este proyecto final de grado es el diseño de una explotación intensiva de almendros en el término municipal de Villar del Arzobispo (Valencia). Para ello se ha realizado una concentración parcelaria, llegando a una superficie de 15,6 ha.

El almendro es un cultivo que en regadío logra mayores rendimientos productivos, ya que en riego localizado permite marcos de plantación más reducidos, consiguiendo un mejor aprovechamiento del terreno.

El proyecto albergará tanto la selección de la variedad adecuada, como las labores para adecuar el terreno a así como sus condiciones de cultivo. También se estimarán las necesidades hídricas de acuerdo a las condiciones de la zona y las características de la especie. Para abastecer estas necesidades se diseñará un sistema de riego localizado, alimentado desde el hidrante perteneciente a la comunidad de regantes de El Llano.

En ingles:

The aim of this end of degree project is the development and implementation of a plantation irrigation for the production of almond trees in the municipality of Villar del Arzobispo (Valencia). For this it is necessary to make reparceling to reach 15,6 hectares.

The almond tree is a crop that in irrigation achieves better performance. As a result the planting flame is smaller, achieving a better use of the land.

The project will contain the selection of appropriate variety as the work to adapt the land to as well as its growing conditions. Water requirements are also estimated according to the conditions of the area and the characteristics of the species. To supply these needs, a localized irrigation system will be designed, fed from the hydrant belonging to the community of irrigators of El Llano.

PALABRAS CLAVE DEL PROYECTO:

En castellano:

Cultivo, almendro, necesidades hídricas, riego localizado, subunidad, red, bombeo, almacén, cabezal de riego.

En ingles:

Crop, almond, tree, water requirements, localized irrigation, subunit, network, pumping, shed, irrigation head.

Autor: D. Ramsés Hernández Ríos

Tutor académico: Prof. Dña. Carmen Virginia Palau Estevan

Localidad y fecha: Valencia, noviembre 2017

Dedicatorias o agradecimientos:

A mis compañeros, por su amistad y su compañía, que han hecho posible que yo llegara hasta aquí y que acabara a tiempo este proyecto.

En especial a mi tutora Virginia, por su inagotable paciencia, sus consejos y su ayuda constante. Y por supuesto, por no haberme dejado realizar la chapuza que tenía en mente.

En especial a Laura, por su apoyo, su energía y por haber estado conmigo en todo momento. No solo por todo lo que me has ayudado, sino, por haberme dejado ayudarte.

Por supuesto, a Manuel, por sacar tiempo de donde no lo hay para ayudar a los demás y por lograr cosas que los demás no pueden lograr.

Muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL DEL PROYECTO:

DOCUMENTO N°1.	MEMORIA
DOCUMENTO N°1.	ANEJOS DE LA MEMORIA
Anejo 1.	Datos de partida
Anejo 2.	Diseño agronómico
Anejo 3.	Diseño de subunidades
Anejo 4.	Diseño de la red de transporte
Anejo 5	Diseño del cabezal de riego
DOCUMENTO N°2.	PLANOS
Plano 1.	Plano situación
Plano 2.	Plano localización
Plano 3.	Superficie regable
Plano 4.	Diseño de subunidades
Plano 5.	Plano sectorización
Plano 6.	Plano red: Sectores 1,2 y 5
Plano 7.	Plano red: Sectores 3 y 4
Plano 8.	Plano red: Sectores 6 y 7
Plano 9.	Plano cabezal de riego
DOCUMENTO N°3.	PLIEGO DE CONDICIONES
DOCUMENTO N°4	PRESUPUESTO
DOCUMENTO N°5.	ESTUDIO BÁSICO DE SEUGURIDAD Y SALUD

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'INGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO PARA UNA PLANTACIÓN DE ALMENDRO INTENSIVO EN EL T.M DE VILLAR DEL ARZOBISPO (VALENCIA)

DOCUMENTO Nº1. MEMORIA

*Autor: Hernández Ríos, Ramsés
Tutor: Palau Estevan, Carmen Virginia
Curso académico: 2017/2018*

Valencia, noviembre de 2017

Índice:

1.	Antecedentes	5
2.	Objeto y justificación del proyecto	5
3.	Datos generales	6
4.	Limitaciones y condicionantes	6
4.1.	Técnicas	6
4.2.	Legales	6
4.3.	Administrativos.....	6
4.4.	Medioambientales.....	6
5.	Estudios previos	7
5.1.	Cartografía básica y edafología.	7
5.2.	Cimatología.....	7
5.3.	Calidad del agua	8
5.4.	Eliminación de plantación anterior	8
6.	Almendro intensivo	8
6.1.	Riego subterráneo	9
7.	Alternativas estudiadas y justificación de la solución adoptada	10
7.1.	Cultivo.....	10
7.1.1.	Patrón y variedad a cultivar.....	10
7.1.2.	Plagas y enfermedades	11
7.1.3.	Plantación	11
7.2.	Necesidades hídricas.....	11
7.2.1.	Evapotranspiración de referencia	11
7.2.2.	Necesidades totales de riego.....	12
7.3.	Parámetros de riego	12

7.3.1.	Número de emisores y separación entre ellos	12
7.3.2.	Programación del riego	13
7.4.	Sectorización	13
7.5.	Subunidades de riego	14
7.5.1.	Características del lateral, del emisor y de la tubería terciaria	14
7.5.2.	Diseño de las subunidades de riego	14
7.5.3.	Resolución de las subunidades de riego.....	15
7.6.	Red de transporte	16
7.6.1.	Dimensionado de la red de transporte	16
7.7.	Cabezal de riego.....	17
7.7.1.	Dimensionado y timbraje de la red del cabezal.....	17
7.7.2.	Sistema de filtrado	18
7.7.3.	Elementos del cabezal	18
7.8.	Fertirrigación	19
7.8.1.	Depósitos de fertilizantes	19
7.8.2.	Sistema de inyección de fertilizantes	19
7.9.	Sistema de control y automatización	20
8.	Resumen del presupuesto.....	21

Índice de tablas:

Tabla 1. Parámetros climáticos.....	7
Tabla 2. Evapotranspiración de referencia y coeficiente de cultivo	11
Tabla 3. Resultados NRtotales.....	12
Tabla 4. Tiempo de riego mensual.....	13
Tabla 5. Caudal de riego y número de sectores.....	14
Tabla 6. Datos técnicos del gotero.....	14
Tabla 7, Resultados subunidades	15
Tabla 8. Resumen de diámetros Red de distribución.....	17
Tabla 9. Tubería principal del cabezal.....	17
Tabla 10. Tuberías de conexión a elementos de filtrado del cabezal.....	18
Tabla 11. Elementos del cabezal	19
Tabla 12. Elementos de control, regulación, protección y automatización.....	20

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Almendros sobre caballón.....	9
--	---

1. Antecedentes

Villar del Arzobispo es un municipio de la provincia de Valencia, situado en la comarca de Los Serranos. Dentro del término municipal se puede encontrar la rambla del Villar, que se une a la rambla Castellana para desembocar en el río Túria.

La actividad económica es principalmente agrícola, destacando las explotaciones de viñedos, olivo, cereales y almendro, habiendo explotaciones de algarrobo, higueras y legumbres. Estas explotaciones son, principalmente, de agricultura tradicional y en secano, siendo muchas de ellas improductivas y llegando en muchos casos al abandono.

2. Objeto y justificación del proyecto

El objeto del presente proyecto es la modernización y el diseño de una explotación intensiva de almendro de 15,6 hectáreas con riego localizado. En este proyecto se llevarán a cabo actuaciones como:

- Introducción general al cultivo y su cultivo en explotación de tipo intensiva (ver *Anejo 1 Datos de partida*).
- Cálculo de la evapotranspiración de cultivo a partir de los datos meteorológicos extraídos del Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (ver *Anejo 2 Diseño agronómico*).
- Determinación de las necesidades netas y totales de riego para el cultivo en la explotación (ver *Anejo 2 Diseño agronómico*).
- Determinación de los parámetros de riego y su diseño, así como la sectorización de las parcelas (ver *Anejo 2 Diseño agronómico*).
- Diseño y dimensionados de las subunidades de riego y su distribución en los sectores (ver *Anejo 3 Diseño de subunidades*).
- Diseño y dimensionado de la red de transporte (ver *Anejo 4 Diseño de la red de transporte*).
- Diseño y dimensionado del cabezal de riego. En este se aborda el sistema de filtrado y fertirrigación y todos los elementos necesarios para el control y la automatización (ver *Anejo 5 Diseño del cabezal de riego*).

El proyecto resulta interesante debido a:

- Buenas propiedades nutricionales de la almendra.
- Buenos precios actuales y perspectivas futuras positivas.
- Amplia capacidad de mejora respecto a las técnicas de cultivo tradicionales.
- Con poca agua se puede realizar un riego adecuado que mejora el rendimiento de cultivo.

3. Datos generales

El proyecto abarca una superficie de 15,6 ha, situada en el término municipal de Villar del Arzobispo.

En la actualidad, las parcelas que componen la futura explotación, tienen en cultivo olivo y vid mayoritariamente, y algunas almendro en seco.

En este proyecto se va a implementar un sistema de riego localizado subterráneo. Por esto, la explotación obtendrá el de agua de riego desde un hidrante perteneciente a la Comunidad de Regantes El Llano, garantizando en la toma un caudal de $50 \frac{m^3}{h}$ a una altura de presión de 30 mca.

4. Limitaciones y condicionantes

4.1. Técnicas

Serán planteadas en el *Documento N°1 Anejos de la Memoria* este proyecto, adoptando la solución más eficiente.

4.2. Legales

Son específicos del presente proyecto los condicionantes legales y normativas de aplicación expuestos en el *Documento N°3 Pliego de Condiciones*.

4.3. Administrativos

El Excmo. Ayuntamiento de Villar del Arzobispo no presenta ninguna limitación que pueda afectar al desarrollo y ejecución del presente proyecto

El Ayuntamiento tampoco prevé ninguna remodelación su Plan General de Ordenación Urbana que pueda afectar a la clasificación del suelo, que actualmente es de uso preferentemente agrícola

4.4. Medioambientales

El proyecto se va a llevar a cabo en la Comunitat Valenciana, por lo que la normativa a aplicar es la LEY 5/2014 del 25 de julio, de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje de la Comunidad Valenciana. Tal y como indica en las especificaciones de los anejos I, II y III de este marco legal, el presente proyecto no precisa de ninguna autorización ambiental integrada, licencia ambiental, declaración ambiental o comunicación de actividad inocua y no cuenta con ningún impedimento de carácter medioambiental.

5. Estudios previos

5.1. Cartografía básica y edafología.

La zona de desarrollo del proyecto está situada entre dos cordilleras de poca altura, lo que le da una pendiente muy ligera en dirección de este a oeste, pero con cierta inclinación en dirección norte a sur, ya que coincidiría con la dirección del canal de desagüe de las laderas.

Para el estudio de la cartografía de la zona se han utilizado los planos:

- 2-Plano de localización.
- 3-Plano topográfico.

En cuanto al suelo, se compone de gravas, arenas, arcillas y limos, procedentes de ladera ya que, como se ha indicado antes, la zona de la explotación estaría cercana al canal de desagüe de dicha las laderas. La textura del suelo es franco arenosa y de profundidad media. Tratándose de un suelo con buena aireación y de difícil encharcamiento, adecuado para el almendro.

5.2. Cimatología

Villar del Arzobispo presenta el clima habitual mediterráneo, considerándose mediterráneo seco, con más precipitaciones en invierno que en verano siendo la precipitación media aproximada de 428 mm, y cuya temperatura media anual es de 14,4 grados centígrados.

Los parámetros climáticos que se utilizarán en *el Anejo 2. Diseño agronómico* se han sido obtenidos del Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (red SIAR), procedentes de la estación meteorológica más cercana a la explotación, la de Chulilla.

Estación de Chulilla:

Periodo analizado: Enero 2009- Diciembre 2016

Tabla 1. Parámetros climáticos.

Fecha	ETo (mm/mes)	Pe (mm/mes)
Enero	59,64	11,92
Febrero	68,69	3,62
Marzo	95,39	25,72
Abril	105,81	20,21
Mayo	144,4	17,49
Junio	162,93	15,7
Julio	174,19	6,12
Agosto	152,5	5,46
Septiembre	104,88	15,87
Octubre	79,85	21,26
Noviembre	56,72	28,62
Diciembre	48,5	11,75

5.3. Calidad del agua

El agua de riego proviene del Canal Principal del Túria que abastece a todos los sectores de la Comunidad de Regantes El Llano. La Comunidad de Regantes a través de su red de distribución proporciona agua hasta el hidrante desde donde se suministra a las parcelas del proyecto. Esta toma de agua de la red garantiza un caudal de $50 \frac{m^3}{h}$ a 30 mca de presión.

Según la Comunidad de Regantes la conductividad eléctrica del agua a 20°C es de 1,2 dS/m, siendo apto para el uso en el cultivo de almendro.

5.4. Eliminación de plantación anterior

El diseño de la nueva plantación implica la modernización de las técnicas de cultivo utilizadas anteriormente en la zona. Esto implica tener en cuenta los siguientes puntos, a la hora de ejecutar el diseño de la plantación:

- Eliminar las raíces del cultivo anterior. Se levanta y airea el suelo antes del verano para usar el sol como desinfectante.
- Se retiran restos orgánicos y se realiza un desfonde para eliminar piedras.
- Se analiza el suelo para fertilizar en consecuencia.
- Se aporta materia orgánica al suelo.
- Se planta tras las lluvias de otoño, utilizando plantones de vivero de 1 a 2 años

6. Almendro intensivo

En el presente proyecto se va a diseñar una plantación de almendros en intensivo, con el fin del alcanzar la máxima rentabilidad.

La explotación en intensivo tiene las siguientes características:

- Marco de plantación reducido.
- Mecanización de la cosecha mediante cosechadoras cabalgantes.
- Poda del almendro para dar forma de seto a las filas
- Planta adaptada al sistema de cultivo.
- Variedades autofértiles adaptadas al a zona y el clima, y de floración tardía
- Mecanización integral.
- Riego localizado subterráneo.
- Entutorización.

El régimen intensivo presenta las siguientes ventajas:

- Permitir la mecanización total de la cosecha. Se reducen los costes de la cosecha.

- Reducir la mano de obra mediante la mecanización integral.
- Mejorar la entrada en producción.
- Producciones más elevadas y uniformes en poco tiempo (2-3 años).
- Mejorar la calidad del producto.

En este proyecto el marco de plantación será de 3,5 x 1,5 m y dando forma de seto a las filas de plantas. Las filas además, se dispondrán sobre caballones que mejoran el drenaje del agua de lluvia, facilitan la instalación del riego subterráneo, favorecen la verticalidad de las raíces de los almendros. La plantación en caballón permite visualizar de la humedad del bulbo en caso de obturación del gotero y facilita la el paso de la maquinaria para la recolección de la almendra.

A continuación se muestra una fotografía tomada en una plantación de almendros en régimen intensivo. En esta se pueden ver los caballones sobre los cuales se disponen los almendros. También se puede observar el entutorado de los árboles jóvenes que además de cuidar su verticalidad, los protege de daños ya sea de la maquinaria o de animales.

Ilustración 1. Almendros sobre caballón.



6.1. Riego subterráneo

En este proyecto se ha optado por el sistema de riego localizado por goteo subterráneo. La principal ventaja de este sistema de riego es el ahorro de agua, ya que al estar enterrado no se producen pérdidas por evaporación superficial ni escorrentía, y facilita el aprovechamiento del agua por la planta.

Además, el riego subterráneo presenta las siguientes ventajas a tener en cuenta:

- Disminuye la aparición de malas hierbas en la zona de riego, al no mojar la superficie del terreno.
- Mejora la nutrición de la planta ya que se aplica el agua directamente en el sistema radicular.
- La tubería está protegida de los daños que pudiera causar la maquinaria utilizada durante las labores del cultivo por pisoteo o por enredo.
- La aplicación de agua subterránea contribuye a mantener la estructura del suelo y una buena aireación.
- Beneficioso para el sistema radicular del almendro, favoreciendo la verticalidad y el desarrollo de las raíces adventicias.

7. Alternativas estudiadas y justificación de la solución adoptada

7.1. Cultivo

La explotación objeto de este proyecto es una explotación de almendros (*Prunus dulcis*), especie arbórea capaz de alcanzar los 6 metros de altura, con flores vistosas y un único tronco de corteza lisa.

La importancia del almendro reside en su semilla, que recibe el nombre de almendra. Esta se emplea en gran cantidad de repostería, como condimento o directamente, ya sea crudas tostadas o fritas. También se puede obtener aceite de almendra y leche de almendra, que podría tener un importante futuro comercial.

Como se ha comentado anteriormente, en las explotaciones de tipo intensivo, el almendro adquiere forma de seto con alta densidad de árboles por hectárea, debido a su pequeño marco de plantación, y mecanizado tanto en poda como en recolección. De esta forma la plantación será lo más eficiente posible, asegurando siempre un coste económico reducido.

7.1.1. Patrón y variedad a cultivar

El patrón a utilizar para esta explotación es un patrón enanizante que permite:

- Incrementar la densidad de plantación. Alcanzando el marco de plantación propuesto.
- Acelerar la entrada en producción.
- Facilitar la mecanización ya que se pueden utilizar cosechadoras cabalgantes que son más eficientes, y reducen mano de obra en sistemas intensivos.
- Mejora la calidad del fruto. En ningún momento la almendra toca el suelo.
- Aumenta la eficiencia de los tratamientos fitosanitarios y del manejo.

Se utilizará la variedad Guara, debido a su vigorosidad y su auto-fertilidad de floración tardía, que permite evitar las heladas. Además, entra rápidamente en producción con elevados potenciales de cultivo, con una producción elevada y un rendimiento medio-alto.

7.1.2. Plagas y enfermedades

Las plagas y enfermedades más importantes a tener en cuenta en una explotación de almendros son las siguientes:

- Pulgones.
- Falso tigre o chinche del almendro (*Monostera unicostata*).
- Orugeta del almendro (*Aglaope infastuosa*, lepidóptero).
- Barrenadores de la madera.
- Podredumbre del cuello, producida por el hongo *Phytophthora cactorum*.
- Podredumbre de la raíz, producida por el hongo *Armillaria mellea*.

7.1.3. Plantación

La plantación se llevará a cabo tras las lluvias de otoño, utilizando plantones de vivero de 1 a 2 años.

7.2. Necesidades hídricas

7.2.1. Evapotranspiración de referencia

Los datos de la evapotranspiración de referencia (ET_0) se extraen de la red SIAR, provenientes de la estación de Chulilla. Los datos mostrados a continuación son la media de los meses desde enero de 2007 a diciembre de 2016:

Tabla 2. Evapotranspiración de referencia y coeficiente de cultivo

Fecha	ET ₀ (mm)	Kc
Enero	59,64	0
Febrero	68,69	0,3
Marzo	95,39	0,4
Abril	105,81	0,4
Mayo	144,40	0,4
Junio	162,93	0,45
Julio	174,19	0,45
Agosto	152,50	0,45
Septiembre	104,88	0
Octubre	79,85	0
Noviembre	56,72	0
Diciembre	48,50	0

La red SIAR también proporciona a los regantes la necesidades de cultivo por mes, semanal o diaria. En el caso del presente proyecto, se ha optado por el cálculo de las necesidades netas de riego. Para ello, se han tenido en cuenta los coeficientes del cultivo del almendro y las condiciones de plantación y organización del riego que se establecen en el Anejo 2 Diseño agronómico (ver tabla 2).

7.2.2. Necesidades totales de riego

Para el cálculo de las necesidades totales de riego se tienen cuenta diversos factores como la salinidad del agua de riego, la eficiencia de aplicación y la uniformidad de emisión que mejoran el volumen que se debe aportar.

El desarrollo de esto se explica en el *epígrafe 2.6 Estimación de las necesidades de riego totales del Anejo 2*, dando los siguientes resultados:

Tabla 3. Resultados NRtotales

MES	NRnetas	LR	EA	UE	Ntotales max.
	l/día/planta				l/día/planta
Enero	0	0,075	0,95	0,90	0,0
Febrero	2,0	0,075	0,95	0,90	2,4
Marzo	0,1	0,075	0,95	0,90	0,1
Abril	1,6	0,075	0,95	0,90	1,9
Mayo	3,8	0,075	0,95	0,90	4,5
Junio	6,1	0,075	0,95	0,90	7,3
Julio	8,1	0,075	0,95	0,90	9,8
Agosto	7,1	0,075	0,95	0,90	8,5
Septiembre	0	0,075	0,95	0,90	0
Octubre	0	0,075	0,95	0,90	0
Noviembre	0	0,075	0,95	0,90	0
Diciembre	0	0,075	0,95	0,90	0

Siendo el periodo de máximas necesidad comprende de mayo a agosto, siendo el mes de máximas necesidades julio.

7.3. Parámetros de riego

Para la determinación de los parámetros de riego se necesita conocer el emisor que se va a utilizar. En este proyecto el emisor elegido es un emisor autocompensante integrado en el lateral, para el cual se va a realizar un estudio de alternativas con caudales de 1,6; 2,3 y 3,5 l/h, y el marco de plantación será de 3,5 x 1,5 m. El estudio mencionado se realizará en el *epígrafe 4 Parámetros de riego del Anejo 2*, por lo que en este documento se hablará de la opción elegida, con un caudal del emisor de 2,3 l/h

7.3.1. Número de emisores y separación entre ellos

El número de emisores depende del porcentaje mínimo mojado por el emisor, el marco de plantación y el área mojada por el mismo. Con el emisor elegido de caudal 2,3 l/h dispuesto en un suelo franco arenoso, se estima un número mínimo de 2,86 emisores por planta. Una vez obtenido el número de emisores se calcula el diámetro mojado y la separación entre ellos.

Con el diámetro mojado y el solape mínimo establecido en el 15% se puede calcular la separación máxima entre emisores y se escoge la separación comercial inmediata inferior, con la cual se recalcula el número de emisores por planta real.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el epígrafe 4.2 *Número y separación entre emisores de riego* del Anejo 2 se concluye que la plantación dispondrá de doble lateral por fila de plantas con una separación 0,7 metros entre emisores del mismo lateral y 4,29 emisores por planta, dando un caudal de 9,86 l/h por planta que corresponde a una caudal unitario de 1,88 l/h y m².

7.3.2. Programación del riego

El tiempo de riego depende de las necesidades del cultivo y del caudal aplicado a cada planta. De esta forma, a partir de los cálculos realizados en el epígrafe 4.3 *Tiempos de riego propuestos del Anejo 2*, se obtiene la siguiente programación de riego:

Tabla 4. *Tiempo de riego mensual*

MES	NR _{totales}	Nº riegos por semana	Tiempo de riego mensual (horas)
	l/día y planta		q _e = 2,30 l/h
Enero	0,0	1	0
Febrero	2,4	1	6,78
Marzo	0,1	1	0,39
Abril	1,9	1	5,75
Mayo	4,5	1	14,31
Junio	7,3	2	22,32
Julio	9,8	3	30,69
Agosto	8,5	2	26,80
Septiembre	0	1	0
Octubre	0	1	0
Noviembre	0	1	0
Diciembre	0	1	0
Totales			107

7.4. Sectorización

Con los resultados obtenidos se puede calcular el caudal de riego total y con él, el número de sectores. Estos resultados se muestran a continuación:

Tabla 5. Caudal de riego y número de sectores

Q emisor seleccionado (l/h)	2,3
Tiempo riego máximas necesidades (h)	2,31
Tiempo riego mes máximas necesidades (h)	107
Q por planta (l/h)	9,86
Q por unidad de superficie $\left(\frac{l}{m^2 \times h}\right)$	1,88
Q por unidad de superficie $\left(\frac{m^3}{ha \times h}\right)$	18,78
Q de riego total $\left(\frac{m^3}{h}\right)$	292,97
Q disponible $\left(\frac{m^3}{h}\right)$	50
Número mínimo de sectores	6

De esta forma, se establecerán un mínimo de seis sectores para repartir el riego de la explotación.

7.5. Subunidades de riego

7.5.1. Características del lateral, del emisor y de la tubería terciaria

Tal y como se ha desarrollado en el Anejo 3 de Diseño de Subunidades, se emplearán para los laterales tuberías de polietileno de baja densidad (PE 32 UNE 53367) de diámetro nominal de 16mm, con un diámetro interno de 14,2 mm y una presión máxima de trabajo de 3 bares.

El emisor será un gotero autocompensante integrado en la tubería, con pared gruesa, diseñado especialmente para el riego subterráneo y capaz de soportar aguas de mala calidad. Sus datos técnicos son los siguientes:

Tabla 6. Datos técnicos del gotero

Rango de presión de trabajo (bar)	Dimensiones paso de agua ancho-profundidad-largo (mm)	Área filtración (mm^2)	Constante K	Exponente X	Filtración recomendada
0,5-4,0	1,26 x 0,95 x 40	130	2,3	0	200/80

Las tuberías terciarias irán enterradas para evitar roturas por el paso de la maquinaria, estas serán de PVC UNE EN1452 PN6.

7.5.2. Diseño de las subunidades de riego

Asimismo, conforme a lo expuesto en el *Epígrafe 5.1 Variación máxima de presión admisible en la subunidad del Anejo 3*, se considerará que la presión mínima de

funcionamiento de la subunidad es 10 mca y la presión máxima 16 mca, teniendo una variación de presión admisible de 6 metros de columna de agua.

Tal como se muestra en el Epígrafe 5.2 Pérdidas de carga localizadas del Anejo 3, en este proyecto las pérdidas de carga para el cálculo de las subunidades serán de dos tipos:

- Para los emisores se ha optado por utilizar el método de la longitud equivalente, suponiendo que el emisor utilizado produce una pérdida de carga de 0,25 metros.
- Para la pérdida de carga producida por las conexiones de los laterales en la terciaria se ha optado por utilizar un coeficiente mayorante con valor de 1,1.

En el Epígrafe 5.3 *Pérdidas de carga continuas en laterales y terciarias del Anejo3*, se muestra el cálculo de las pérdidas de carga continuas, producidas durante el paso del agua por la propia tubería.

Con ambas pérdidas de carga se calcula la pérdida de carga total.

Tras esto se calcula la presión que necesitan las derivaciones para obtener el caudal deseado, tal y como se muestra en el Epígrafe 5.5 *Presión necesaria al inicio de la tubería terciarias del Anejo 3*.

7.5.3. Resolución de las subunidades de riego

Tras la explicación de los cálculos se procede al cálculo de las subunidades. A lo largo del *Epígrafe 6.2 Metodología de cálculo del Anejo3* se realiza el dimensionado de la subunidad 1.1, y se calculan el resto de las subunidades, dando los siguientes resultados:

Tabla 7, Resultados subunidades

Sector	Subunidad	Caudal sector ($\frac{m^3}{h}$)	Caudal subunidad ($\frac{m^3}{h}$)	Presión inicio subunidad (mca)
1	1.1	48,723	17,204	14,8
1	1.2		17,1948	14,6
1	1.3		14,3244	14,7
2	2.1	48,976	17,7606	14,1
2	2.2		15,6078	13,6
2	2.3		15,6078	13,6
3	3.1	46,198	15,4836	15,1
3	3.2		15,4054	15,1
3	3.3		15,3088	13,6
4	4.1	38,378	12,305	11,7
4	4.2		13,2756	12,2
4	4.3		12,7972	11,8

Sector	Subunidad	Caudal sector ($\frac{m^3}{h}$)	Caudal subunidad ($\frac{m^3}{h}$)	Presión inicio subunidad (mca)
5	5.1	43,976	13,2756	12,2
5	5.2		17,342	15,3
5	5.3		13,3584	12,4
6	6.1	49,514	15,0282	13,4
6	6.2		8,6296	13,5
6	6.3		13,892	14,4
6	6.4		11,9646	13,8
7	7.3	32,5864	12,7512	14,7
7	7.1		9,8532	15,41
7	7.2		9,660	13,34

7.6. Red de transporte

La red principal de distribución de la explotación está alimentada por un hidrante cuyo caudal y presión son conocidos. En este proyecto no será necesaria una bomba para impulsar el agua, ya que al estar situado el hidrante a la cota más alta de la finca y haber una ligera pendiente, el agua llega con suficiente presión a todos los puntos.

Por otro lado, las tuberías de transporte tendrán las mismas características que las terciarias, por tanto serán de PVC UNE EN 1452 con presión nominal de 0,6 MPa. Todas estarán enterradas en una zanja de 1 metro de profundidad y de 0,60m de anchura, colocadas sobre una cama de arena de 0,10 m de espesor.

Las tuberías de distribución seguirán los márgenes de los caminos y lindes entre parcelas, aprovechando, siempre que sea posible, las zanjas de los tramos comunes de la red. Todas las electroválvulas de la red se encontrarán en el cabezal de riego, al inicio del sector.

7.6.1. Dimensionado de la red de transporte

El dimensionado de la red de transporte se ha llevado a cabo en el *Anejo 4 Diseño de la red de transporte*. El cálculo de las dimensiones de la tubería se va a realizar a partir de una cota piezométrica conocida, utilizando la expresión empírica para el cálculo de pérdidas de carga de Veronesse Datei, hasta obtener el diámetro y la velocidad adecuados. Si la velocidad obtenida es excesiva, como criterio, se adopta un máximo en la red de 2 m/s, se realizará un redimensionado hasta obtener el diámetro con el que se produzca una velocidad comprendida entre 1 y 2 m/s.

Debido a la cantidad de líneas resultantes, los resultados se mostrarán en el *Epígrafe 3. Resultados de dimensionado de la red del Anejo 4*, para cada sector. Es necesario

mencionar que, se obtienen presiones elevadas en las tuberías de la red de distribución, por lo que será necesario la introducción de reguladores de presión en el cabezal de riego.

A continuación se muestra el resumen de las mediciones, con la longitud total para cada tubería de DN distinto necesaria:

Tabla 8. Resumen de diámetros Red de distribución

PVC PN6 DN	Longitud (m)
125	533,54
110	1840,94
90	344,02
75	48,52
63	1395,51
50	346,38

7.7. Cabezal de riego

El cabezal de riego del proyecto se va a situar en una caseta prefabricada de 9 metros de largo y 6 metros de ancho, localizada en la subunidad 2.1. El cabezal se va a diseñar para que sea capaz de suministra agua al sector con las necesidades de riego más altas. Las pérdidas de carga consideradas máximas para este cabezal serán de 10 mca.

El material elegido para las tuberías, así como las uniones entre los elementos de filtrado, valvulería y otros dispositivos del cabezal será PVC UNE EN 1452 PN10. Con el fin de prevenir las maniobras de arranque y parada de la instalación, las tuberías del cabezal tendrán una presión nominal de 1 MPa.

7.7.1. Dimensionado y timbraje de la red del cabezal

Como en el cabezal se encuentra un elevado número de elementos que producen perdidas de carga singulares, la red se dimensionará de forma que el agua que recorre las tuberías se mantenga con velocidades discretas, de entre 1,5 y 3 m/s.

En la red del cabezal se distinguirán dos tipos de tuberías:

- La tubería principal, dimensionada para soportar el caudal máximo de riego. Esta se calcula en el *Epígrafe 2.1 Tubería principal del Anejo 5*, dando los siguientes resultados:

Tabla 9. Tubería principal del cabezal

Q entrada cabezal ($\frac{l}{h}$)	Q entrada cabezal ($\frac{m^3}{s}$)	$V_{teórica} (\frac{m}{s})$	$D_{teórico} (mm)$	DN (mm)	$D_{interior} (mm)$	$V (\frac{m}{s})$
49514,4	0,01375	1,5	108,03	125	115,4	1,32

- Las tuberías de conexión a los elementos de filtrado, que soporta la mitad del caudal máximo de riego y conecta la tubería principal con los dos filtros de anillas del cabezal. Esta se calcula en el *Epígrafe 2.2 Tuberías de conexión a elementos de filtrado del Anejo 5*, dando los siguientes resultados:

Tabla 10. Tuberías de conexión a elementos de filtrado del cabezal

Q entrada cabezal ($\frac{l}{h}$)	Q tuberías de filtrado ($\frac{m^3}{s}$)	$V_{teórica} (\frac{m}{s})$	$D_{teórico} (mm)$	DN (mm)	$D_{interior} (mm)$	$V (\frac{m}{s})$
49514,4	0,00688	1,5	76,42	90	81,4	1.32

7.7.2. Sistema de filtrado

Como se ha mencionado anteriormente, el agua de la explotación proviene de la Comunidad de Regantes El Llano en Villar del Arzobispo. La comunidad de regantes pone a disposición el agua tras un filtrado mediante filtros de arena y filtros de anillas. Sin embargo, con el fin de garantizar el buen funcionamiento de la instalación, la red de riego dispondrá de un sistema de filtrado en el cabezal.

Para lograr una filtración correcta, se ha elegido un grado de filtración de $130 \mu m$ que corresponden a un número Mesh de 120, tal y como se explica en el *Epígrafe 3.1 Grado de filtración del Anejo 5*.

Según se explica en el *Epígrafe 3.2 Equipo de filtrado del Anejo 5*, se van a emplear dos filtros de anillas de 2" en paralelo, que filtrarán $25 m^3/h$ cada uno. Estos presentan los siguientes parámetros hidráulicos:

- Pérdida de carga con la totalidad del caudal: 4 mca.
- Presión mínima para limpieza por contralavado: 2,8 bar.
- Caudal mínimo requerido en el contralavado: 2,5 l/s.
- Superficie filtrante: $2984 cm^2$.
- Caudal de filtración máximo por filtro: $30 \frac{m^3}{h}$.
- Los colectores de entrada y salida tendrán un diámetro de 90 mm y se conectarán al cabezal mediante bridas.

Por último, tal y como se describe en el *Epígrafe 3.3 Mantenimiento del Anejo 5*, se comprobará de forma habitual que no se produzcan pérdidas de agua y la respuesta del contralavado automático al comando controlador, y una vez al año comprobar si hay residuos adheridos a las anillas.

7.7.3. Elementos del cabezal

En el cabezal se encuentran tanto los elementos de la red del cabezal como los de la fertirrigación y los de automatización y control. Todos estos elementos se detallan en el Anejo 5 Diseño del cabezal de riego. Estos elementos se resumen a continuación:

Tabla 11. Elementos del cabezal

Tipo de elemento	Tamaño (Diámetro en mm)	Cantidad
Tubería	125	9,26 m
Tubería	90	1,9 m
Tubería	32	17,75m
Válvula mariposa	125	1
Válvula antirretorno	125	1
Válvula antirretorno	32	1
Válvula reductora hidráulica	125	1
Regulador de presión	125	1
Manómetro	125	3
Válvula de bola	32	6
Electroválvula	110	6
Electroválvula	125	1
Depósito fertilizante	1000	2
Depósito de ácido	400	1
Contador tipo Woltman	125	1

7.8. Fertirrigación

La explotación objeto del proyecto dispondrá de un sistema de fertirrigación, con el fin de conseguir una mayor eficiencia en el cultivo, tal y como se describe en *Anejo 5 Cabezal de riego*.

7.8.1. Depósitos de fertilizantes

El sistema de fertirrigación contará con tres depósitos para desempeñar su función:

- Para la disolución de abonos minerales NPK se instalarán dos depósitos con capacidad para 1000 l t de dimensiones de 1,10m de altura y 0,4 m de radio.
- Se va a colocar un depósito para ácido, con el fin de usarlo para la limpieza de posibles obturaciones en las tuberías. Este tendrá una capacidad de 100 l y unas dimensiones de 0,8 m de altura y 0,2 m de radio.

Cada depósito contará con un agitador mecánico y con una toma de agua regulada por una válvula de bola.

La red dispondrá de un filtro de malla de DN de ¾ pulgadas, por el que pasa el agua de los tres depósitos, para retener las impurezas.

7.8.2. Sistema de inyección de fertilizantes

Se instalará una bomba inyectora centrífuga de émbolo con capacidad de regulación de 1 a 15 l/h, para que inyecte la solución de los fertilizantes en el sistema de riego.

Además de la bomba de desplazamiento positivo, el sistema dispondrá de un contador para el agua de riego tipo Woltman DN125 y otro para el abonado.

7.9. Sistema de control y automatización

La automatización de la instalación se desarrolla en el Anejo 4 y 5. Se van a instalar los siguientes elementos para el control, regulación y automatización:

Tabla 12. Elementos de control, regulación, protección y automatización

Elemento	Componente	Uso	Cantidad
Control	Válvula de mariposa	Reduce o detiene el flujo de agua en caso de mantenimiento o avería	1
	Válvula de bola	Reduce o detiene el caudal. Se instalará en la toma de agua de los depósitos fertilizantes y al inicio de cada subunidad	13
	Electroválvula	Una válvula con regulación eléctrica, controlada por el programador y permite la automatización del sistema. Se instala a la salida del cabezal, en cada tubería de salida de los sectores.	7
	Contador de velocidad Woltman	Indica el volumen de agua que está entrando en el sistema de riego	1
	Manómetros	Indica la presión a la que están sometidos los elementos de riego. Se debe conocer la presión al inicio el cabezal, antes y después del filtrado y de la inyección de fertilizantes.	3
Protección	Válvula antirretorno	Cierra el flujo de agua en un sentido, dejándolo libre en el sentido opuesto, protegiendo la instalación contra el golpe de ariete. Se instalarán en las tuberías que abastecen a cada sector, después de la electroválvula al inicio del cabezal y antes de la bomba de la fertirrigación.	9
	Ventosa	Evita las depresiones y sobrepresiones en el sistema. Se instalarán la salida del cabezal a cada sector.	7
Regulación	Regulador de presión	Reduce la presión del agua en la red. Se instala entre la llave de mariposa y el sistema de filtrado.	1
	Válvula reductora	Limita las presiones que se producen en el interior de la tubería. Se coloca en la tubería principal, antes de la división a los sectores.	1
Automatización	Programador por tiempos	Regula de forma automática el riego y la fertilización de la plantación.	1

8. Resumen del presupuesto

Resumen del presupuesto

Capítulo	Importe (€)
1. Acondicionamiento del terreno.	29.874,00
2. Instalaciones hidráulicas.	189.047,14
3. Cabezal.	4.066,20
4. Preparación del terreno de cultivo.	3.456,80
5. Plantación.	77.256,40
6. Urbanización interior de la parcela.	2.286,88
7. Seguridad y salud.	41.914,58
Presupuesto de ejecución material (PEM)	347.902,00
0% de gastos generales	0,00
0% de beneficio industrial	0,00
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)	347.902,00

El presupuesto de ejecución material del proyecto: "PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO PARA UNA PLANTACIÓN DE ALMENDRO INTENSIVO EN EL T.M DE VILLAR DEL ARZOBISPO (VALENCIA)" asciende a la cantidad de TRESCIENTOS CUARENTA Y SIETE MIL NOVECIENTOS DOS EUROS.

Villar del arzobispo

Fdo: Ramsés Hernández Ríos

Graduado en Ingeniería Agroalimentaria y Medio Rural

Ramsés Hernández Ríos

