



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural

Diseño de una red de riego localizado para una plantación
de almendros de 15.4 ha en el término municipal de la Font
de la Figuera (Valencia)

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Agronómica

AUTOR/A: Biosca Micó, María

Tutor/a: Manzano Juarez, Juan

Cotutor/a externo: CANO MARTINEZ, LUIS

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

**DISEÑO DE UNA RED DE RIEGO LOCALIZADO PARA
UNA PLANTACIÓN DE 15,4 HA DE ALMENDROS
SITUADA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE FONT DE
LA FIGUERA (VALENCIA)**



TRABAJO FIN DE MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

Autora: Maria Biosca Micó

Tutor: Juan Manzano Juarez

Cotutor: Luis Cano Martinez

Curso 2021-2022

Valencia, septiembre de 2022

Título:

Diseño de una red de riego localizado para una plantación de almendros de 14 ha situada en el término municipal de la Font de la Figuera (valencia)

Resumen:

El almendro es un cultivo que se sitúa habitualmente en zonas frías y de secano, aunque en la actualidad se está dando un incremento del uso del agua en estas plantaciones, ya que aumenta la producción del cultivo notablemente.

En el presente proyecto se lleva a cabo el diseño y dimensionado de una red de riego localizado para una explotación de almendros en secano situada en el municipio de La Font de la Figuera, Valencia. Para ello se tienen en cuenta las características edáficas del suelo, la climatología de la zona y las necesidades del cultivo. La plantación de almendros actual está compuesta por una superficie de 14,2 hectáreas siendo las variedades autoestériles Ferragnes y Ferraduel las principales, con un marco de plantación de 6x6.

La red de riego es alimentada a través de la extracción mediante una bomba del agua de un pozo, empleando para ello energía solar, y es transportada hasta una balsa dónde se almacena. Desde ese punto se reparte a los diferentes sectores que componen la instalación de riego de la explotación. En el proyecto se aborda tanto el diseño agronómico como el dimensionado de las instalaciones hidráulicas, además del diseño y dimensionado del cabezal de riego.

En último lugar, se presenta una propuesta de plantación con vistas al futuro de almendros en intensivo para incrementar el número de árboles por superficie garantizando un uso adecuado de los recursos disponibles.

Palabras clave: red riego, almendros, fotovoltaica

AUTORA: Maria Biosca Micó

TUTOR: Juan Manzano Juarez

COTUTOR: Luis Cano Martinez

Valencia, 12 de septiembre del 2022

Title:

Desing of a drip irrigation network for a 15,4 ha almond plantation in the municipality of Font de la Figuera (Valencia)

Abstract:

The almond tree is a crop that is usually located in cold and dry areas. However, at the present moment, there is an increase in the use of water for these plantations because it increases the production of the crop significantly

In this project, the design and dimensioning of a localized irrigation network is carried out for a dry almond field located in La Font de la Figuera, Valencia. For this, the edaphic characteristics of the soil, the climatology of the area and the needs os the crop are taken into account. The current almond plantation corves an area of 14,2 hectares, the self-sterile varieties Ferragnes and Ferraduel being the main onesm with a 6x6 planting frame.

The irrigation canal is fed through the extraction of water from a well employing a pump, using solar energy, and being relocated into a pond where it is stored. From that point, it is distributed to the different sectors that create the irrigation installation. The project addresses both the agronomic design and the dimensioning of the hydraulic installations, as well as the design and dimensioning of the irrigation head.

Finally, a proposal is presented with a view to the future of intensive almond trees to increase the number of trees per area, guaranteeing an adequate use of the available resources.

Key words: drip irrigation, almond, photovoltaic

AUTHOR: Maria Biosca Micó

TUTOR: Juan Manzano Juarez

COTUTOR: Luis Cano Martinez

Valencia, 12th of September of 2022

Títol:

Disseny d'una xarxa de reg localitzat per a una plantació d'ametlers de 15,4 ha en el terme municipal de la Font de la Figuera (València)

Resumen:

L'ametler és un cultiu que se situa habitualment en zones fredes i de secà, encara que en l'actualitat s'està donant un increment de l'ús de l'aigua en aquestes plantacions, ja que augmenta la producció del cultiu notablement.

En el present projecte es du a terme el disseny i dimensionat d'una xarxa de reg localitzat per a una explotació d'ametlers en secà situada en el municipi de La Font de la Figuera, València. Per aquest motiu es tenen en compte les característiques edàfiques del sòl, la climatologia de la zona i les necessitats del cultiu. La plantació d'ametlers actual està formada per una superfície de 14,2 hectàrees sent les varietats autoestèrils Ferragnes i Ferraduel les principals, amb un marc de plantació de 6x6.

La xarxa de reg és alimentada a través de l'extracció mitjançant una bomba de l'aigua d'un pou, emprant per a això energia solar, i és transportada fins a una bassa on s'emmagatzema. Des d'aqueix punt es reparteix als diferents sectors que componen la instal·lació de reg de l'explotació. En el projecte s'aborda tant el disseny agronòmic com el dimensionament de les instal·lacions hidràuliques, a més del disseny i dimensionament del capçal de reg.

En últim lloc, es presenta una proposta de plantació amb vista al futur d'ametlers en intensiu per a incrementar el nombre d'arbres per superfície garantint un ús adequat dels recursos disponibles.

Paraules clau: xarxa de reg, ametlers, fotovoltaica

AUTORA: Maria Biosca Micó

TUTOR: Juan Manzano Juarez

COTUTOR: Luis Cano Martinez

València, 12 de setembre del 2022

Documento N°1. Memoria

DISEÑO DE UNA RED DE RIEGO LOCALIZADO PARA UNA PLANTACIÓN DE 15,4 HA DE ALMENDROS SITUADA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE FONT DE LA FIGUERA (VALENCIA)

Maria Biosca Micó

Septiembre 2022

ÍNDICE

1.	OBJETO DEL PROYECTO	1
2.	DATOS DE PARTIDA	1
2.1.	SITUACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN	1
2.2.	ANTECEDENTES	2
2.3.	PUNTO DE ABASTECIMIENTO	2
2.4.	ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO	4
2.5.	PLANTEAMIENTO URBANÍSTICO.....	4
3.	LIMITACIONES Y CONDICIONANTES	4
3.1.	TÉCNICOS.....	4
3.2.	LEGALES.....	4
3.3.	ADMINISTRATIVOS	4
3.4.	AMBIENTALES.....	4
4.	SOLUCIÓN DE LA RED DE RIEGO	5
4.1.	DISEÑO AGRONÓMICO.....	5
4.1.1.	Datos de partida	5
4.1.2.	Necesidades de riego totales.....	5
4.1.3.	Número de emisores	6
4.1.4.	Tiempo de riego.....	6
4.1.5.	Número de sectores	7
4.2.	DISEÑO Y DIMENSIONADO DE LAS SUBUNIDADES	7
4.2.1.	Datos de partida	8
4.2.2.	Características técnicas de las subunidades	9
4.2.3.	Dimensionado de las subunidades	9
4.3.	DISEÑO Y DIMENSIONADO DE LA RED DE TRANSPORTE	10
4.4.	TRAMO ENTRE EL POZO Y LA Balsa	14
4.4.1.	Dimensionado de la bomba de impulsión	14
4.4.2.	Balsa de riego	16
4.4.3.	Elementos de valvulería.....	17
5.	SUMINISTRO ELÉCTRICO	17
5.1.	DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN	17
5.1.1.	Potencia del generador	17
5.1.2.	Módulos fotovoltaicos.....	18
5.1.3.	Variador de velocidad.....	18
5.1.4.	Configuración final.....	19
5.2.	CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS.....	19

5.3.	PRODUCCIÓN ENERGÉTICA	20
6.	FERTIRRIGACIÓN	20
7.	CABEZAL DE RIEGO	21
7.1.	FILTRACIÓN	21
7.2.	VALVULERÍA Y AUTOMATIZACIÓN	22
7.3.	ELEMENTOS DEL CABEZAL	23
8.	PROPUESTA DE MEJORA	23
9.	RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO	24
9.1.	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	24
9.2.	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Referencia catastral de las parcelas que componen la explotación de almendros.	2
Tabla 2. Coordenadas de la ubicación del pozo.....	2
Tabla 3. Coordenadas de la parcela dónde se localiza la balsa de riego.....	3
Tabla 4. Datos de partida de la explotación	5
Tabla 5. Necesidades netas y totales del cultivo. Fuente: DISAGRO.....	6
Tabla 6. Características y número de emisores. Fuente: DISAGRO	6
Tabla 7. Tiempo de riego mensual y intervalo entre riegos. Fuente: DISAGRO	7
Tabla 8. Dimensionado de las subunidades. Fuente: DimSub	9
Tabla 9. Dimensionado del diámetro de las terciarias de cada subunidad. Fuente: DimSub	10
Tabla 10. Topología de la red de distribución.	12
Tabla 11. Dimensionado de la red de distribución. Fuente: RGWin	13
Tabla 12. Coste de la red de distribución. Fuente: RGWin	13
Tabla 13. Caudal y altura manométrica que debe suministrar la bomba sumergida	14
Tabla 14. Características de la bomba hidráulica del modelo SP 46-19 de Grundfos o similar. Fuente: Catálogo de Grundfos	14
Tabla 15. Elementos de valvulería del tramo entre el pozo y la balsa	17
Tabla 16. Características eléctricas del modelo A-325P GS de Atersa o similar. Fuente: Catálogo de Atersa	18
Tabla 17. Especificaciones mecánicas del modelo A-325P GS de Atersa o similar. Fuente: Catálogo de Atersa	18
Tabla 18. Configuración final de la instalación solar. Fuente: Elaboración propia	19
Tabla 19. Características del generador fotovoltaico. Fuente: Elaboración propia	19
Tabla 20. Producción energética (kWh) para los meses de diseño. Fuente: SISIFO.....	20
Tabla 21. Plan de fertirrigación para el cultivo del almendro. Fuente: “Manual Técnico del Almendro”. Manuel Muncharaz Pou	20
Tabla 22. Cantidad necesaria de cada abono para toda la explotación en 1 campaña.	20
Tabla 23. Momento de aplicación del abono en el almendro. Fuente: Manual Técnico del Almendro de Manuel Muncharaz Pou.	21
Tabla 24. Cantidad de abono que se aplica cada mes en el cultivo del almendro.	21
Tabla 25. Características del filtro Azud Helix Automatic o similares. Fuente: Catálogo de Azud	22
Tabla 26. Resumen de los elementos que componen el cabezal y la red	23

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización de las parcelas.	1
Ilustración 2. Parcela dónde se localiza el pozo, el cabezal de riego y la instalación fotovoltaica. Fuente: SigPac	3
Ilustración 3. Parcela dónde se localiza la balsa de riego. Fuente: SigPac	3
Ilustración 4. Subunidades del Sector 1 y Sector 2. Fuente: Elaboración propia	8
Ilustración 5. Subunidades del Sector 3 y Sector 4. Fuente: Elaboración propia	8
Ilustración 6. Esquema de la red de distribución. Fuente: Epanet	11
Ilustración 7. Parcela dónde se ubica la balsa de la red de riego. Fuente: SigPac	16

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curva de rendimiento de la bomba SP 46-19 de Grundfos o similares. Fuente: Grundfos	15
Gráfico 2. Curva de NPSH de la bomba SP 46-19 de Grundfos o similares. Fuente: Grundfos ...	15
Gráfico 3. Curva de la intensidad de la corriente eléctrica del motor de la bomba SP 46-19 de Grundfos o similares. Fuente: Grundfos.....	15
Gráfico 4. Curva de la potencia del motor de la bomba SP 46-19 de Grundfos o similares. Fuente: Grundfos	16

1. OBJETO DEL PROYECTO

La finalidad del presente proyecto es el diseño y dimensionado de una red de riego para una explotación de almendros con una superficie de 15,4 hectáreas localizada en el término municipal de Font de la Figuera (Valencia). La red de riego se abastece desde una balsa, la cual acumula el agua bombeada desde el pozo. Para ello, se emplea una instalación solar fotovoltaica que será la encargada de suministrar la energía eléctrica a la bomba de impulsión.

Durante el proyecto se detallará el cultivo y sus necesidades, además de abarcar el diseño y dimensionado de cada una de las subunidades, de la red de riego y la instalación fotovoltaica. Por último, se presentará una propuesta de mejora con la finalidad de aumentar la rentabilidad de la explotación.

2. DATOS DE PARTIDA

2.1. SITUACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN

El proyecto de la red de riego se realiza en base a una explotación de almendros ya existente en el termino municipal de Font de la Figuera. La finca está formada por un total de 15,4 hectáreas y se localiza a 9,3 km del municipio de Font de la Figuera, a 8 km de la Autovía A-33 y para llegar se debe acceder mediante un camino que se dirige a la zona de “Els Juncarejos” el cual está conectado con el Polígono Industrial San Cristóbal. En el plano 1 y 2 se presenta con más detalle la ubicación de la explotación, pero a continuación en la ilustración 1 se muestra la localización.

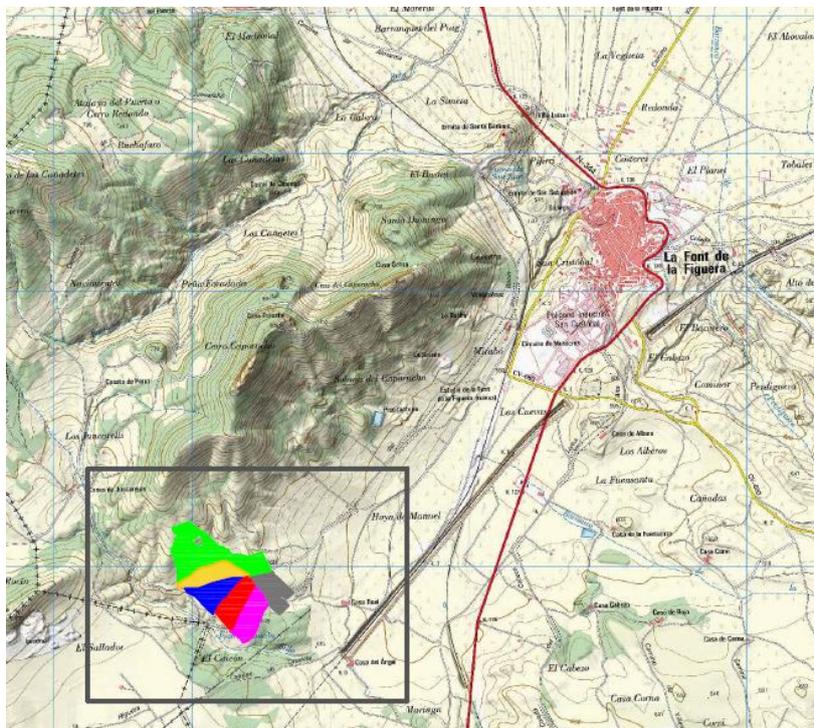


Ilustración 1. Localización de las parcelas.

La superficie objeto del proyecto está compuesta por un total de 8 parcelas, en el Anejo 2. Datos de partida se desarrolla más detalladamente las características de las parcelas, pero seguidamente se presenta en la tabla 1 la referencia catastral de cada una.

Tabla 1. Referencia catastral de las parcelas que componen la explotación de almendros.

POLÍGONO	PARCELA	SUBPARCELA	REFERENCIA CATASTRAL
15	20	a	46130A015000200000WU
15	20	b	46130A015000200000WU
15	22	a	46130A015000220000WW
15	27	b	46130A015000270000WQ
15	27	a	46130A015000270000WQ
15	371	a	46130A015003710000WD
16	372	0	46130A015003720000WX
16	373	0	46130A015003730000WI

Además de las parcelas dónde se ubica la plantación de almendros, hay 2 parcelas más que también forman parte del proyecto debido a que en ellas se localiza el pozo, la balsa, la instalación fotovoltaica y el cabezal. Estas parcelas son la parcela 370 del polígono 16 y la parcela 359 de polígono 16, ambas del municipio de Font de la Figuera.

2.2. ANTECEDENTES

La explotación objeto del presente proyecto está formada por 15,4 hectáreas del cultivo del almendro, con un marco de plantación de 6x6, es decir, 6 metros entre filas y 6 metros entre árboles. Las variedades que se encuentran actualmente son Ferragnes y Ferraduel, en una proporción de 1/3, debido a que se trata de variedades autoestériles, y plantadas en forma cuadrada.

En la actualidad, la explotación no dispone de una red de riego, pero sí que se dispone de un pozo con suficiente cantidad de agua para poder abastecer a toda la explotación. Por ello, con la intención de mejorar el rendimiento del cultivo se diseña y dimensiona la red de riego.

2.3. PUNTO DE ABASTECIMIENTO

El pozo que abastece la balsa dónde se acumula el agua para su posterior distribución por la red, se localiza en la parcela 370 del polígono 16 a cota 680 m. En la misma parcela, también se localiza la instalación de los paneles fotovoltaicos y el cabezal de la instalación de riego. Las coordenadas de la ubicación del pozo se presentan en la tabla 2 y seguidamente se presenta la ilustración 2 de la parcela mencionada.

Tabla 2. Coordenadas de la ubicación del pozo.

COORDENADA X	COORDENADA Y	HUSO	LATITUD	LONGITUD
681.030,82	4.295.154,06	30	38° 47' 11,60"	0° 54' 56,61"



Ilustración 2. Parcela dónde se localiza el pozo, el cabezal de riego y la instalación fotovoltaica. Fuente: SigPac

Como se ha mencionado, el agua es bombeada desde el pozo hasta la balsa, que se localiza a una cota de 727 m, y se encuentra en la parcela 359 polígono 16 con una superficie de 0,2148 ha. Las coordenadas de su localización se presentan en la tabla 3 seguida de la ilustración 3 que muestra su ubicación.

Tabla 3. Coordenadas de la parcela dónde se localiza la balsa de riego.

COORDENADA X	COORDENADA Y	HUSO	LATITUD	LONGITUD
681.550,78	4.295.772,24	30	38° 47' 31,26"	0° 54' 34,48"



Ilustración 3. Parcela dónde se localiza la balsa de riego. Fuente: SigPac

2.4. ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Para poder diseñar y dimensionar correctamente la instalación de riego es necesario conocer la calidad del agua y la textura del suelo, además de los nutrientes que contiene, ya que posteriormente será de gran utilidad para diseñar el plan de fertirrigación.

En este caso, se trata de un agua de calidad media porque se acumula en una balsa que no está protegida frente a las adversidades climáticas.

Respecto al suelo, presenta una textura franca con un porcentaje de 42% de arenas, 40% de limos y 18% de arcillas y el contenido en materia orgánica es del 1%.

2.5. PLANTEAMIENTO URBANÍSTICO

Las parcelas que conforman la explotación están calificadas en el Visor Cartográfico de la Generalitat Valenciana (Visor GVA; <https://visor.gva.es/visor/>), basado en el Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España (SIOSE) del año 2015, como suelo agrícola y se localizan en un área prioritaria. A pesar de no afectar directamente a las parcelas, a pocos kilómetros se encuentra la zona ZEPA dels Alforins. En el Anejo 2. Datos de partida se adjuntan mapas obtenidos del visor dónde se puede observar los usos del suelo.

3. LIMITACIONES Y CONDICIONANTES

3.1. TÉCNICOS

A lo largo del presente proyecto se plantearán, detallarán y discutirán todas las limitaciones técnicas que puedan darse.

3.2. LEGALES

Todos los artículos de las disposiciones legales expuestos en el Pliego de Condiciones Técnicas Generales se aplican en el presente proyecto. También se cumple con la normativa de la Comunidad Valenciana, así como la normativa de carácter local o provincial.

3.3. ADMINISTRATIVOS

Por parte del Ayuntamiento de la Font de la Figuera no se presenta ninguna limitación que afecte a la ejecución del proyecto desarrollado.

3.4. AMBIENTALES

Las obras que se desarrollan en el presente proyecto se encuentran dentro de la legislación ambiental que se presenta a continuación:

- Ley 23/2013, del 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.
- Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.

4. SOLUCIÓN DE LA RED DE RIEGO

4.1. DISEÑO AGRONÓMICO

El diseño agronómico del proyecto consiste en calcular los requerimientos hídricos de la explotación de almendros para proceder a diseñar la red de distribución. Para ello, se ha empleado la aplicación DISAGRO que está implementada en Excel mediante VBA, de forma que se obtienen los resultados de parámetros como las necesidades de riego totales, el número de emisores por planta, el caudal por emisor, el tiempo de riego y el intervalo entre riegos. Esta aplicación ha sido diseñada y creada por Jaime Arviza, profesor del Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria de la Universitat Politècnica de València en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Natural.

Para el diseño agronómico es necesario conocer los datos meteorológicos de la estación más cercana para un periodo de 10 años que, en este caso, es la de Villena y se han obtenido del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Mediante estos valores medios para cada mes se realiza el cálculo de la evapotranspiración de cultivo que posteriormente será necesaria para el cálculo de las necesidades de riego totales. El procedimiento de los cálculos realizados se encuentra detallado en el Anejo 3. Diseño Agronómico.

4.1.1. Datos de partida

Los datos de partida para el diseño agronómico se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Datos de partida de la explotación

DATOS DE PARTIDA	
Cultivo	Almendros
Marco de plantación	6x6
Localización	Font de la Figuera (Valencia)
Textura del suelo	Franca

4.1.2. Necesidades de riego totales

El cálculo de las necesidades de riego totales se realiza en base al volumen máximo de agua necesario y la uniformidad de emisión, que en este caso es de 0,9. A través de la aplicación DISAGRO se ha realizado el cálculo de las necesidades de riego totales para cada mes del año. En la tabla 5 se presenta los resultados obtenidos, en los cuáles se puede observar que el mes de mayores necesidades es agosto.

Tabla 5. Necesidades netas y totales del cultivo. Fuente: DISAGRO

	Necesidades Netas (l/día/planta)	Necesidades Totales (l/día y planta)
ENERO	0,00	0,00
FEBRERO	0,00	0,00
MARZO	0,00	0,00
ABRIL	0,00	0,00
MAYO	15,90	19,70
JUNIO	29,10	35,90
JULIO	64,60	79,80
AGOSTO	69,10	85,30
SEPTIEMBRE	11,80	14,60
OCTUBRE	9,30	11,50
NOVIEMBRE	0,00	0,00
DICIEMBRE	0,00	0,00

4.1.3. Número de emisores

El número de emisores necesarios por planta se calcula en base al caudal por emisor, que en este caso es de 3,5 l/s por la textura del suelo, y al área mojada. El resultado de estos cálculos también ha sido obtenido mediante la aplicación DISAGRO y los valores se presentan en la tabla 6.

Tabla 6. Características y número de emisores. Fuente: DISAGRO

Caudal del emisor (l/s)	3,50
Diámetro mojado (m)	1,09
Superficie mojada (m²)	0,92
Separación máxima emisores (m)	1,00
Separación emisores adoptada (m)	1,00
Número de emisores por planta	12,00
Caudal por unidad de superficie (l/h/m²)	1,17
Caudal por planta (l/h)	42,00

Por tanto, la solución adoptada es un caudal de 3,5 l/s cada emisor con una separación máxima de 1 m entre emisores y 12 emisores por planta. El emisor seleccionado para poder seguir con el diseño y dimensionado de la instalación de riego es el modelo GU-G9-144 autocompensante o similar.

4.1.4. Tiempo de riego

Este parámetro se basa en las necesidades del cultivo para el mes más desfavorable, que en este caso se trata del mes de agosto con unas necesidades de riego totales de 85,30 l/día y planta. Los meses restantes se mantiene el tiempo de riego, pero se modifica el intervalo de tiempo entre riegos. En la tabla 7 se presenta el tiempo de riego mensual y el intervalo entre riegos obtenido mediante la aplicación informática DISAGRO.

Tabla 7. Tiempo de riego mensual y intervalo entre riegos. Fuente: DISAGRO

	Número de riegos por semana	Intervalo entre riegos	Tiempo de riego (horas)	Tiempo de riego mensual (horas)
ENERO	0,0	0,0	0,0	0,0
FEBRERO	0,0	0,0	0,0	0,0
MARZO	0,0	0,0	0,0	0,0
ABRIL	0,0	0,0	0,0	0,0
MAYO	2,0	3,5	1,64	14,53
JUNIO	3,0	2,33	2,0	25,66
JULIO	6,0	1,17	2,22	58,90
AGOSTO	6,0	1,17	2,37	62,98
SEPTIEMBRE	2,0	3,5	1,22	10,43
OCTUBRE	1,0	7,0	1,92	8,52
NOVIEMBRE	0,0	0,0	0,0	0,0
DICIEMBRE	0,0	0,0	0,0	0,0

4.1.5. Número de sectores

En base a todos los datos obtenidos anteriormente, se calcula el número de sectores en el que debe dividirse la explotación para garantizar el correcto funcionamiento de la red de riego. Este valor se obtiene en base al caudal requerido y el caudal disponible, y en este caso el número de sectores que se debe adoptar como mínimo es de 4.

4.2. DISEÑO Y DIMENSIONADO DE LAS SUBUNIDADES

Una vez realizado el diseño agronómico de la explotación se procede al diseño y dimensionado de las subunidades que conforman cada uno de los sectores. La herramienta empleada para esta labor es la aplicación informática DimSub creada por Jaime Arviza profesor del Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria de la Escuela Técnica de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Natural de la Universitat Politècnica de València.

Las subunidades diseñadas para la instalación se presentan en las ilustraciones 4 y 5, pero se pueden observar de forma más detallada en el plano 5.

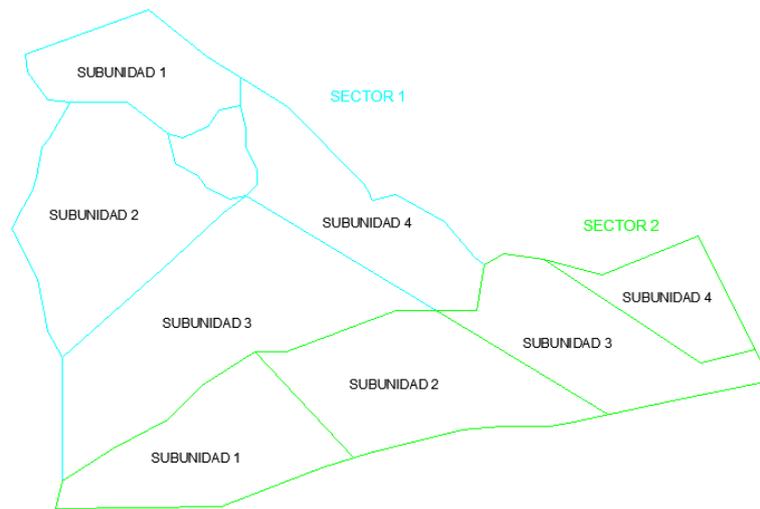


Ilustración 4. Subunidades del Sector 1 y Sector 2. Fuente: Elaboración propia

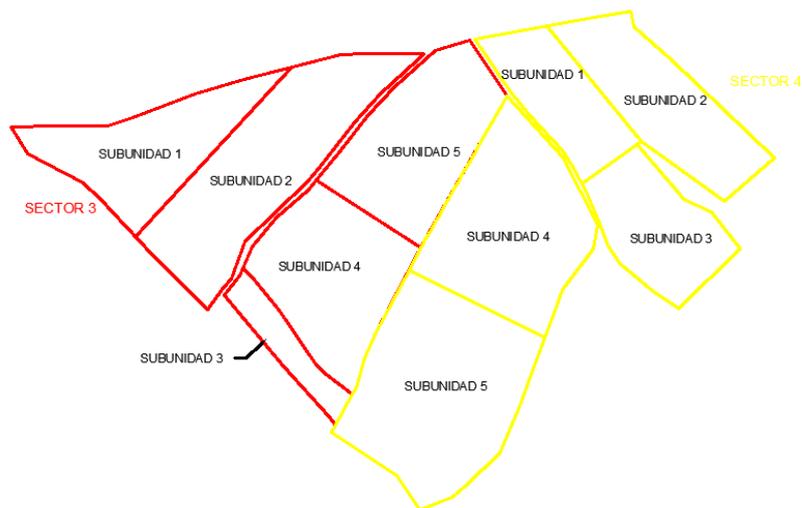


Ilustración 5. Subunidades del Sector 3 y Sector 4. Fuente: Elaboración propia

4.2.1. Datos de partida

Los datos de partida tomados para el diseño y dimensionado de las subunidades son los siguientes:

- **Marco de plantación:** 6 x 6 m
- **Caudal del emisor:** 3,5 l/h
- **Tipo de emisor:** Autocompensante integrado en tubería de PE
- **Presión mínima de trabajo:** 10 m.c.a.
- **Presión máxima de trabajo:** 20 m.c.a
- **Separación entre emisores del mismo lateral:** 1 m
- **Doble lateral por fila de plantas**
- **Separación entre laterales que alimentan la misma fila:** L1= 1m
- **Separación entre laterales que alimentan a filas adyacentes:** L2= 5m
- **Longitud equivalente:** $L_e = 0,3$ m
- **Coefficiente mayorante por pérdidas localizadas en terciaria:** $K_m = 1,3$
- **Temperatura del agua:** 20°C

4.2.2. Características técnicas de las subunidades

La forma de las subunidades, tal y como se puede apreciar en las ilustraciones 4 y 5, no es regular debido a la forma de las parcelas. Por tanto, esto implica que las longitudes de los laterales sean distintas y con ello, el dimensionado de las subunidades, que se realizará en base a la longitud más desfavorable, es decir, la de mayor tamaño.

Para poder realizar el dimensionado de las subunidades es necesario seleccionar las tuberías de los laterales y de las terciarias. En este caso, para los laterales se selecciona el lateral UniRAM, que es una tubería integral con emisores autocompensantes, pero sería válido cualquier otro lateral con características similares. El material seleccionado para la tubería terciaria es PE 40 UNE EN 12201. La alimentación de ambos elementos depende de las características de la subunidad en la que se localizan.

4.2.3. Dimensionado de las subunidades

El dimensionado de las subunidades se realiza en base a los parámetros de la variación máxima de caudal admisible en la subunidad, la pérdida de carga total en la subunidad, las pérdidas de carga localizadas y la presión necesaria al inicio de la tubería. Cada uno de estos parámetros se debe calcular para los laterales y las terciarias de cada subunidad, de modo que se obtiene el dimensionado de estas. En las tablas 8 y 9 se presentan los resultados obtenidos mediante la aplicación DimSub.

Tabla 8. Dimensionado de las subunidades. Fuente: DimSub

Sector	Subunidad	Caudal inicio (l/h)	Presión inicio (mca)	Diámetro lateral (mm)	Longitudes laterales (m)	Alimentación Laterales
1	1	6.732,41	28,8	14,2	1910,0	Extremo
	2	17.735,27	18,83	14,2	5065,0	P. medio
	3	7.704,41	20,29	14,2	2219,0	Extremo
	4	20.748,15	19,15	14,2	5910,0	Extremo
2	1	6.100,58	18,91	14,2	1725,0	Extremo
	2	12.986,25	19,34	14,2	3651,0	Extremo
	3	10.115,96	22,34	14,2	2864,0	Extremo
	4	2.029,25	2,93	14,2	562,0	Extremo
3	1	7.841,68	19,43	14,2	2220,0	Extremo
	2	14.508,40	19,49	14,2	4132,0	P. intermedio
	3	2.312,37	9,56	14,2	656,0	Extremo
	4	12.283,0	20,25	14,2	3483,0	Extremo
	5	12.485,76	19,06	14,2	3549,0	Extremo
4	1	9.141,61	26,59	14,2	2599,0	Extremo
	2	15.997,44	19,56	14,2	4563,0	P. intermedio
	3	8.367,56	26,29	14,2	2372,0	Extremo
	4	7.457,35	19,62	14,2	2112,0	Extremo
	5	19.591,85	23,84	14,2	5557,0	Extremo

Tabla 9. Dimensionado del diámetro de las terciarias de cada subunidad. Fuente: DimSub

Sector	Subunidad	Caudal inicio (l/h)	Presión inicio (mca)	Diámetro 1 terciaria (mm)	Longitud 1 terciaria (m)	Diámetro 2 terciaria (mm)	Longitud 2 terciaria (m)	Alimentación Terciaria
1	1	6.732,41	28,8	32	82,7			Extremo
	2	17.735,27	18,83	50	15,8	40	67,0	Extremo
	3	7.704,41	20,29	40	32,5	32	109,0	Extremo
	4	20.748,15	19,15	63	32,1	50	109,0	Extremo
2	1	6.100,58	18,91	32	92,2			Extremo
	2	12.986,25	19,34	50	12,2	40	115,0	Extremo
	3	10.115,96	22,34	40	36,2	32	91,0	Extremo
	4	2.029,25	2,93	32	80,5			Extremo
3	1	7.841,68	19,43	40	40,9	32	67,0	Extremo
	2	14.508,40	19,49	50	20,4	40	49,0	Extremo
	3	2.312,37	9,56	32	25,0			Extremo
	4	12.283,0	20,25	50	31,1	40	103,0	Extremo
	5	12.485,76	19,06	50	18,4	40	67,0	Extremo
4	1	9.141,61	26,59	32	50,2			Extremo
	2	15.997,44	19,56	50	21,6	40	37,0	Extremo
	3	8.367,56	26,29	32	46,1			Extremo
	4	7.457,35	19,62	40	38,9	32	91,0	Extremo
	5	19.591,85	23,84	50	42,4	40	61,0	Extremo

4.3. DISEÑO Y DIMENSIONADO DE LA RED DE TRANSPORTE

Tras realizar el diseño y dimensionado de las subunidades se procede a realizar el de la red de transporte empleando la aplicación informática RGWin creada por Jaime Arviza profesor del Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria de la Escuela Técnica de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Natural de la Universitat Politècnica de València. En el Anejo nº5. Dimensionado de la red de transporte, se detalla el procedimiento empleado para obtener el resultado.

La red de distribución se inicia en la balsa, en la cual se acumula el agua impulsada por la bomba, pasando por el cabezal hasta llegar a cada una de las subunidades que conforman la red de riego. En la ilustración 6 se presenta un esquema de la red de transporte realizado con el programa informático Epanet.

Tabla 10. Topología de la red de distribución.

Línea	Nudo (+)	Nudo (-)	Tipo línea	Longitud (m)	Cota nudo (-)	Sector Riego	Consumo nudo (-) (m ³ /h)	Presión requerida (m)
LN3-4	3	4	1	413,2	727	0	-	-
CABEZAL	4	5	3	0,0	680	0	-	-
LN5-11	5	11	1	7,5	679	1	6,73	28,80
LN11-12	11	12	1	213,4	674	1	17,74	18,83
LN12-31	12	31	1	224,9	653	3	7,84	19,43
LN31-32	31	32	1	114,0	647	3	14,51	19,49
LN32-33	32	33	1	87,0	643	3	2,31	9,56
LN33-34	33	34	1	22,5	641	3	12,28	20,25
LN34-35	34	35	1	78,6	640	3	12,49	19,06
LN5-13	5	13	1	150,6	663	1	7,70	20,29
LN13-14	13	14	1	10,2	663	1	20,75	19,15
LN13-22	13	22	1	137,6	655	2	12,99	19,34
LN22-21	22	21	1	115,1	655	2	6,10	18,91
LN22-23	22	23	1	14,5	655	2	10,12	22,34
LN23-24	23	24	1	184,0	651	2	2,03	2,93
LN22-41	22	41	1	138,1	642	4	9,14	26,59
LN41-42	41	42	1	50,0	641	4	16,00	19,56
LN41-43	41	43	1	124,1	635	4	8,37	26,29
LN41-44	41	44	1	46,1	638	4	7,46	19,62
LN44-45	44	45	1	137,2	636	4	19,59	23,84

El material empleado en las tuberías de la red de transporte es PVC y cumple con la norma UNE EN 1452 para Sistemas de Canalización en materiales plásticos para conducción de agua y para saneamiento enterrado o aéreo con presión.

Definida la topología de la red de distribución, con ayuda de la aplicación RGWin se procede a realizar el dimensionado de la misma, el cual se presenta de forma resumida en la tabla 11, pero se puede consultar de forma detallada en el Anejo nº5. Dimensionado de la red de transporte.

Tabla 11. Dimensionado de la red de distribución. Fuente: RGWin

Línea	Longitud (m)	Tipo de línea	Caudal línea (m ³ /h)	Diámetro interior teórico (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro nominal (mm)	Presión de trabajo (MPa)
LN3-4	413,17	TUBERÍA	60,56	193,8	237,6	250	0,60
CABEZAL	-	FILTRO	60,56	193,8	-	-	-
LN5-11	7,5	TUBERÍA	49,43	173,0	190,2	200	0,60
LN11-12	213,4	TUBERÍA	49,43	173,0	190,2	200	0,60
LN12-31	224,9	TUBERÍA	49,43	173,0	190,2	200	0,60
LN31-32	114,0	TUBERÍA	41,59	159,6	171,2	180	0,60
LN32-33	87,0	TUBERÍA	27,08	128,7	133,0	140	0,60
LN33-34	22,5	TUBERÍA	24,77	123,6	133,0	140	0,60
LN34-35	78,6	TUBERÍA	12,49	87,4	104,6	110	0,60
LN5-13	150,6	TUBERÍA	60,56	193,8	237,6	250	0,60
LN13-14	10,2	TUBERÍA	20,75	112,8	118,6	125	0,60
LN13-22	137,6	TUBERÍA	60,56	193,8	237,6	250	0,60
LN22-21	115,1	TUBERÍA	6,10	61,8	70,4	75	0,60
LN22-23	14,5	TUBERÍA	12,15	87,4	104,6	110	0,60
LN23-24	184,0	TUBERÍA	2,03	35,7	36,2	40	1,00
LN22-41	138,1	TUBERÍA	60,56	193,8	237,6	250	0,60
LN41-42	50,0	TUBERÍA	16,00	100,9	104,6	110	0,60
LN41-43	124,1	TUBERÍA	8,37	71,4	84,8	90	0,60
LN41-44	46,1	TUBERÍA	27,05	128,7	133,0	140	0,60
LN44-45	137,2	TUBERÍA	19,59	110,0	118,6	125	0,60

Por último, a través de la herramienta empleada para el dimensionado de la red de distribución se obtiene un cálculo aproximado del coste que supone. En la tabla 12 se adjuntan los resultados.

Tabla 12. Coste de la red de distribución. Fuente: RGWin

Diámetro nominal (mm)	Presión Nominal (MPa)	Material	Longitud	Coste unitario (€/m)	Coste total (€)
40	1	PVC	184	1,13	207,92
75	0,6	PVC	115,10	2,82	324,58
90	0,6	PVC	124,10	3,99	495,16
110	0,6	PVC	143,10	4,42	632,50
125	0,6	PVC	147,40	5,80	854,92
140	0,6	PVC	155,60	7,41	1.153,00
180	0,6	PVC	114	11,92	1.358,88
200	0,6	PVC	445,20	14,34	6.393,06
250	0,6	PVC	839,50	22,94	19.258,13

4.4. TRAMO ENTRE EL POZO Y LA BALSA

Este tramo de la red de riego no está contemplado en el diseño y dimensionado de la red de distribución, por ello, se ha realizado de forma separada.

4.4.1. Dimensionado de la bomba de impulsión

Toda instalación de riego necesita una bomba hidráulica, bien para impulsar el agua directamente a la red o bien para impulsarla a una balsa, entre otros casos posibles. En el diseño de esta red de riego la función principal de la bomba es impulsar el agua desde el pozo hasta la balsa dónde se acumula hasta ser empleada.

La elección de la bomba hidráulica se realiza en base al caudal total necesario que debe impulsar en el mes de máximas necesidades y a la altura manométrica. En el Anejo nº 6 se detallan los cálculos realizados, pero a continuación se presenta una tabla con los valores de los parámetros mencionados.

Tabla 13. Caudal y altura manométrica que debe suministrar la bomba sumergida

Caudal (m³/h)	48,84
Altura manométrica (m)	151,08

Conocidos ambos valores, se procede a la elección de la bomba, que para esta red de riego se ha selecciona el modelo SP 46-19 de Grundfos o similar. Seguidamente, se presentan en la tabla 14 las características del modelo seleccionado o similar y la curva de rendimiento y NPSH, además de las curvas del motor.

Tabla 14. Características de la bomba hidráulica del modelo SP 46-19 de Grundfos o similar. Fuente: Catálogo de Grundfos

Caudal (m³/h)	49,58
Altura manométrica (m)	150,1
Rendimiento hidráulico (%)	74,5
Potencia requerida por la bomba (kW)	30
Caudal mínimo (m³/h)	4,5
Caudal máximo (m³/h)	60
Velocidad (rpm)	2.880
Frecuencia (Hz)	50

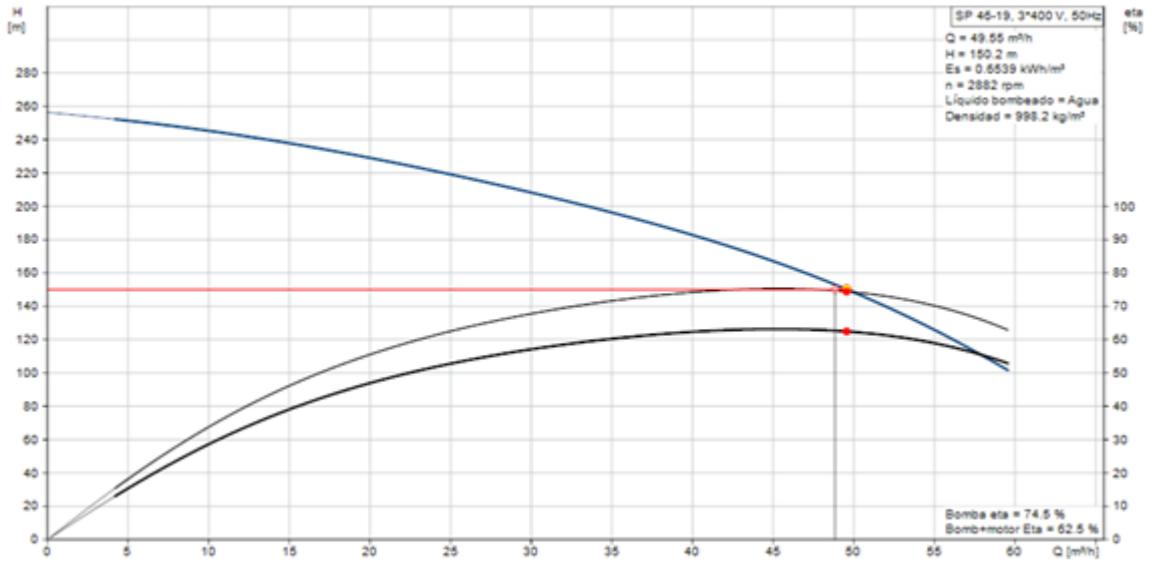


Gráfico 1. Curva de rendimiento de la bomba SP 46-19 de Grundfos o similares. Fuente: Grundfos

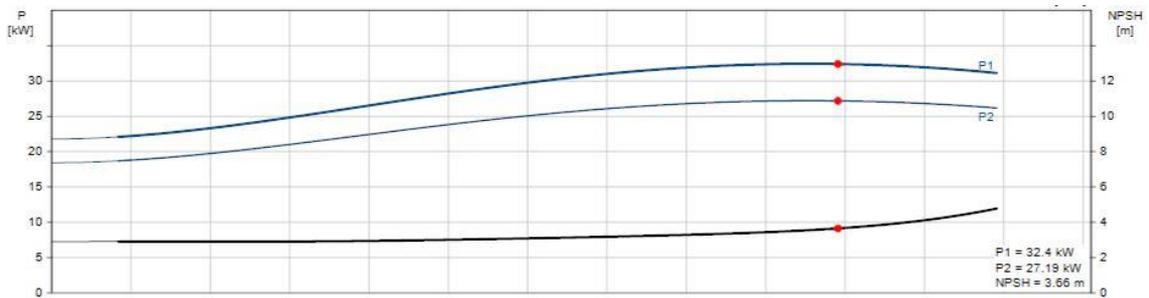


Gráfico 2. Curva de NPSH de la bomba SP 46-19 de Grundfos o similares. Fuente: Grundfos

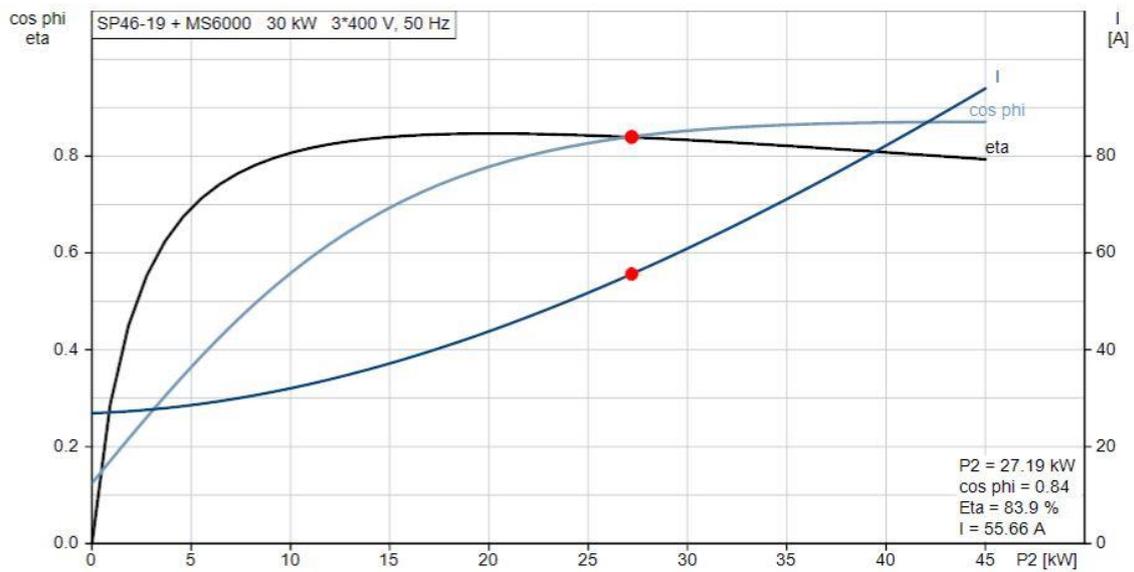


Gráfico 3. Curva de la intensidad de la corriente eléctrica del motor de la bomba SP 46-19 de Grundfos o similares. Fuente: Grundfos

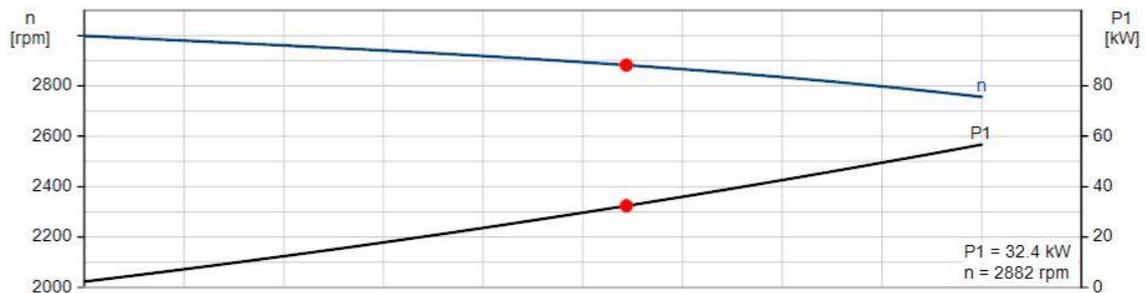


Gráfico 4. Curva de la potencia del motor de la bomba SP 46-19 de Grundfos o similares. Fuente: Grundfos

4.4.2. Balsa de riego

Este elemento es uno de los más importantes de la red, ya que en él se acumula el agua impulsada del pozo, para posteriormente llegar a las parcelas dónde se localizan los almendros por medio de las tuberías. El material de la balsa es acero galvanizado y es prefabricada.

Para el dimensionado de la balsa se han aplicado dos factores que influyen en su tamaño siendo estos el volumen necesario de agua para regar en 1 día y el tamaño dónde se localiza la parcela. Ambos parámetros están definidos de forma detallada en el Anejo nº6.

- **Factor 1: Volumen necesario para regar 1 día**

En base a las necesidades del cultivo para 1 días en el mes de máximas necesidades y conociendo el número total de plantas por unidad de superficie, el volumen necesario para regar en 1 día es de 293 m³. La balsa de riego debe tener una capacidad para almacenar el volumen de agua necesario para 4 días, por tanto, debe tener una capacidad mínima de 1,172 m³.

- **Factor 2: Tamaño de la parcela dónde se localiza**

La balsa de riego se localiza en una pequeña parcela situada a una cota de 724 m con unas dimensiones de 19 m de ancho y 88 m de largo. La profundidad de la balsa es de 3 m y las dimensiones seleccionadas es de 25 m de largo y 16 m de ancho, lo que conlleva que el volumen que puede albergar es de 1.200 m³, siendo superior al mínimo necesario.



Ilustración 7. Parcela dónde se ubica la balsa de la red de riego. Fuente: SigPac

4.4.3. Elementos de valvulería

En el cabezal de riego se localizan diversos elementos de valvulería, filtración y automatización, pero en ellos no se encuentran especificados los elementos que corresponden al tramo entre el pozo y la balsa. Seguidamente, en la tabla 15 se presenta un resumen de los elementos que lo conforman y se pueden ver de forma detallada en el Anejo nº 6.

Tabla 15. Elementos de valvulería del tramo entre el pozo y la balsa

ELEMENTO	UNIDADES	OBSERVACIONES
Válvula de control de bombeo	1	Modelo: 740Q de Bermad o similar
Válvula de mariposa	1	Modelo: Wafer Gaer AFRE o similar
Válvula de retención	1	Modelo: Gaer o similar
Válvula de llenado de la balsa	1	
Ventosas	1	Diámetro de 1"
Desagüe	-	Tuberías de PVC
Arqueta	1	

5. SUMINISTRO ELÉCTRICO

La instalación fotovoltaica será la encargada de suministrar la energía necesaria a la bomba hidráulica y otros elementos, para el correcto funcionamiento de la red de riego. Para diseñar y dimensionar la instalación es necesario conocer los datos climáticos que se han obtenido del Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica (PVGIS) y SISIFO. Todos los datos se encuentran detallados en el Anejo nº7.

Para realizar correctamente el diseño es importante conocer el receptor, que en este caso es la bomba sumergible, modelo SP 46-19 de Grundfos o similar, con una potencia de 30 kW.

5.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN

El sistema de captación está compuesto por un generador solar fotovoltaico, un sistema de acondicionador de potencia, un grupo motobomba y baterías de almacenamiento, aunque en este caso no se van a considerar porque el bombeo del agua se realiza durante el día. El diseño del sistema se realiza en base al mes de dimensionado, que es aquel que genera mayor potencia en los meses de verano. Por ello, se calcula la potencia que se genera en cada mes y el resultado obtenido es que julio es el mes de dimensionado con un valor de 281,46 W, a pesar de no coincidir con el mes de máximas necesidades del cultivo.

5.1.1. Potencia del generador

El generador debe poder suministrar la potencia que necesitan los receptores, que en este caso es la bomba sumergida. La potencia pico máxima se calcula aplicando la siguiente expresión:

$$P_{\text{máx gen FV}} = \frac{P_{\text{bomba}}}{RtO_{mb}} \cdot (1 + \%p\acute{e}rdidas)$$

En este caso, el valor de la potencia máxima es de 55,20 kW, pero la potencia pico del generador debe cumplir con el requisito de potencia pico mínima del generador que se establece en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red, y que para este caso es de 33,75 kW. La expresión de cálculo de este parámetro es la siguiente:

$$P_{mp,min} = \frac{E_D \cdot G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot PR}$$

Por tanto, como el valor de la potencia pico mínima es menor que la potencia calculada para el generador se cumple con el requisito que se establece en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red.

5.1.2. Módulos fotovoltaicos

Para poder continuar con el diseño de la instalación de paneles fotovoltaicos es necesario seleccionar los módulos fotovoltaicos que formarán parte de esta. Para este caso, se selecciona el modelo A-325P GS de Atersa o similar, seguidamente se presenta en las tablas 16 y 17 las características y especificaciones mecánicas de los módulos.

Tabla 16. Características eléctricas del modelo A-325P GS de Atersa o similar. Fuente: Catálogo de Atersa

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	
Potencia nominal	325 W
Eficiencia	16,75%
Tensión en el Punto de Máxima Potencia (MPP)	37,30 V
Corriente en el Punto de Máxima Potencia (MPP)	8,72 A
Tensión de circuito abierto	45,90 V
Corriente de cortocircuito	9,26 A
Máxima tensión en el módulo	1000 V

Tabla 17. Especificaciones mecánicas del modelo A-325P GS de Atersa o similar. Fuente: Catálogo de Atersa

ESPECIFICACIONES MECÁNICAS	
Tipo de célula	Policristalino
Dimensiones	1956x992x40 mm
Área	1,94 m ²
Peso	21,50 kg

El número de módulos necesarios se calcula en base a la potencia nominal de los módulos solares y la potencia máxima del generador, por lo que son necesarios 170 módulos.

$$N^{\circ} \text{ módulos} = \frac{P_{\text{máx gen FV}}}{P_{\text{pico módulo}}} =$$

Además, se selecciona la estructura de soporte de los módulos solares que en este caso se trata del modelo 31V de Atersa o similar y sus características se encuentran detalladas en el Anejo nº7.

5.1.3. Variador de velocidad

La corriente continua producida por el generador debe de ser transformada en corriente alterna a la frecuencia que necesita el elemento de recepción, por ello es necesario un inversor en la instalación, ya que su función principal es transformar la corriente continua en alterna. La elección del inversor se basa en la potencia del generador fotovoltaico y en este caso se selecciona el modelo SD700 de Power Electronics o similar, para poder continuar con el diseño de la instalación fotovoltaica. Las características de este elemento se detallan en el Anejo nº7.

5.1.4. Configuración final

Para conocer la configuración final de la instalación fotovoltaica es necesario calcular los siguientes parámetros:

- Número máximo de módulos en serie por rama
- Número mínimo de módulos en serie por rama
- Número máximo de ramas conectadas en paralelo

Los datos obtenidos para cada uno de los parámetros anteriores se encuentran especificados en el Anejo nº7.

La configuración final de la instalación se presenta en la tabla 18 y la 19 se puede observar las características del generador fotovoltaico.

Tabla 18. Configuración final de la instalación solar. Fuente: Elaboración propia

Número de módulos en serie	17
Número de ramas en paralelo	10
Número total de módulos	170
Potencia pico del generador (kW)	55,25

Tabla 19. Características del generador fotovoltaico. Fuente: Elaboración propia

Número de módulos fotovoltaicos	170
Conexión de los módulos	17 s 10
Potencia pico del generador (kW)	55,25
Corriente punto de máxima potencia (PMP) (A)	87,20
Tensión punto de máxima potencia (PMP) (V)	634,10
Corriente en cortocircuito (A)	92,60
Tensión de circuito abierto (A)	780,30
Área del generador (m²)	329,80

5.2. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS

En la instalación fotovoltaica influyen ciertos factores que provocan que el generador no produzca toda la energía posible. Las pérdidas que se producen se deben a los siguientes factores:

- Orientación e inclinación
- Sombreado
- Temperatura
- Dispersión de parámetros
- Cableado
- Suciedad
- Inversor

El cálculo de las pérdidas causadas por los factores anteriores está detallado en el Anejo nº7 en el apartado 4.

5.3. PRODUCCIÓN ENERGÉTICA

Dependiendo de la irradiancia, la potencia instalada y el rendimiento total de la instalación, se obtendrá una producción de energía. Para el cálculo de este parámetro se emplea el simulador SISIFO y seguidamente, en la tabla 20, se presenta el resultado.

Tabla 20. Producción energética (kWh) para los meses de diseño. Fuente: SISIFO

	CC (kWh)	CA (kWh)	Hidráulica (kWh)
MAYO	7,37	6,82	4,49
JUNIO	8,17	7,62	5,06
JULIO	8,59	8,04	5,39
AGOSTO	7,83	7,4	4,93

6. FERTIRRIGACIÓN

La fertilización es una de las labores de cultivo más importante, ya que permite que el cultivo tenga disponibles elementos que no se encuentran en el suelo. Al tratarse de una red de riego, la fertilización del cultivo se realizará mediante fertirrigación. Para ello, es muy importante conocer las necesidades del almendro para cada uno de los elementos principales que son el nitrógeno, fósforo y potasio. En la tabla 21 se presenta un plan de fertirrigación obtenido del documento “Manual Técnico del Almendro” de Manuel Muncharaz Pou.

Tabla 21. Plan de fertirrigación para el cultivo del almendro. Fuente: “Manual Técnico del Almendro”. Manuel Muncharaz Pou

Edad (Años)	Dosis (gramos/árbol)			Fertilizante (gramos/árbol)			Coste del fertilizante por		Producción esperada	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Nitrato amónico 33,5%	Acido fosfórico (*) 54%	Nitrato Potásico 46%	Árbol	Hectárea	Kg Árbol	Kg Hectárea
1	20			60			0,014	2,9		
2	40			119			0,029	5,7		
3	43	14	40	116	26	87	0,083	16,7	1,5	300
4	85	28	80	231	52	174	0,167	33,3	3	600
5	128	42	120	347	78	261	0,250	50,0	4,5	900
6	170	56	160	462	104	348	0,333	66,7	6	1.200
7	213	70	200	578	130	435	0,417	83,3	7,5	1.500
8	255	84	240	693	156	522	0,500	100,0	9	1.800
9	298	98	280	809	181	609	0,583	116,7	10,5	2.100
10	340	112	320	924	207	696	0,667	133,3	12	2.400
11	383	126	360	1.040	233	783	0,750	150,0	13,5	2.700
12 y +12	425	140	400	1.156	259	870	0.833	166,6	15	3.000

En base a estos datos, se calcula las necesidades del cultivo para la explotación objeto de estudio. En el caso del nitrógeno se aplica mediante nitrato amónico, el fósforo con ácido fosfórico y el potasio con nitrato potásico. Para ello, en el Anejo nº8 se muestran los abonos seleccionados para poder realizar los cálculos que se presentan a continuación:

Tabla 22. Cantidad necesaria de cada abono para toda la explotación en 1 campaña.

ABONO	CANTIDAD (kg)
Nitrato amónico	3.075
Ácido fosfórico	924,8
Nitrato potásico	2.954,8

Por otra parte, la aplicación de los abonos no se debe realizar todas en el mismo momento, ya que el cultivo tiene unas necesidades distintas en cada una de sus fases fenológicas. Según el “Manual Técnico del Almendro” de Manuel Muncharaz Pou la mayor parte del abonado se debe aplicar en el mes de mayo, a continuación, se presenta una tabla con el momento de aplicación.

Tabla 23. Momento de aplicación del abono en el almendro. Fuente: Manual Técnico del Almendro de Manuel Muncharaz Pou.

Mes	Incorporación de abono %
Mayo	30
Junio	25
Julio	10
Agosto	20
Septiembre	15

Por tanto, la cantidad de abono que se aplica en cada mes en base a los conocimientos presentados es la siguiente:

Tabla 24. Cantidad de abono que se aplica cada mes en el cultivo del almendro.

	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Nitrato amónico (kg)	922,5	768,8	307,5	615	461,2
Ácido fosfórico (kg)	277,4	231,2	92,5	185	138,7
Nitrato potásico (kg)	886,4	738,7	295,5	591	443,2

Conocidos los valores de abono que se debe aplicar en cada mes, se selecciona el tamaño de los depósitos, que en este caso serán 3 depósitos de 500 litros para los elementos principales y 2 depósitos de 100 litros, unos para microelementos y otro de ácido para evitar obturaciones en los emisores. Además, es necesario introducir una bomba de inyección para cada depósito de modo que se inyecte el volumen de abono necesario. En este caso, el tiempo de inyección es de 1,15 horas y el caudal es de 50,10 l/h.

Por último, los elementos necesarios para la fertirrigación son los depósitos para los abonos, las bombas inyectoras y un filtro de malla a la salida de cada uno de los depósitos para evitar el paso de las posibles precipitaciones que se pueden generar. Tanto los elementos como los cálculos del tiempo de inyección y del caudal están explicados en el Anejo nº8.

7. CABEZAL DE RIEGO

En el cabezal de riego se localizan los elementos necesarios para que el agua llegue a la red de riego en tiempo y forma. La caseta del cabezal de riego se localiza en la misma parcela dónde se encuentra el pozo y la instalación fotovoltaica.

7.1. FILTRACIÓN

Uno de los principales elementos que se localiza en el cabezal de riego son los filtros, encargados de retener las partículas o elementos que puede llevar el agua de modo que se evite la obturación de la red. En primer lugar, es necesario conocer el diámetro de la tubería del cabezal y para ello se aplica la siguiente expresión:

$$D \geq \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}$$

Para una velocidad de 1,21 m/s y un caudal máximo que circulará de 60,56 m³/h el diámetro comercial de la tubería es de 140 mm y del material PVC. Los cálculos están detallados en el Anejo nº9 en el apartado 3.1.

La selección de los elementos de filtrado se realiza en base al caudal máximo que va a circular, que en este caso es de 60,56 m³/h, la calidad del agua que es media y el grado de filtración, que es de 130 µm. Con estos datos, se selecciona el modelo, que en este caso ha sido el filtro autolimpiante de discos Azud Helix Automatic Serie 200/300 DLP o similar, y seguidamente se calcula el número de filtros necesarios, que en este caso es de 3.

$$N^{\circ} \text{ filtros} = \frac{\text{Caudal a filtrar en la instalación}}{\text{Caudal máximo por filtro}}$$

Además, la pérdida de carga de este elemento se sitúa entre 1-2 m.c.a. según los datos facilitados por el fabricante y la velocidad de filtración se calcula en base al caudal del que circula por el filtro y la superficie de filtración. El resultado obtenido es de 121,60 m/h. Todos los cálculos están desarrollados en el Anejo nº9 en el apartado 3.2. Por último, se presenta una tabla con las características del filtro discos.

Tabla 25. Características del filtro Azud Helix Automatic o similares. Fuente: Catálogo de Azud

CARACTERÍSTICAS DEL FILTRO DE DISCOS	
Carcasa filtro	Poliamida reforzada con fibra de vidrio
Elemento filtrante	Discos MG: Polipropileno Discos WS: Polietileno de alta densidad
Elementos de sellado	NBR
Válvulas contralavado	Plástico técnico reforzado
Colectores equipo	Polietileno de alta densidad

7.2. VALVULERÍA Y AUTOMATIZACIÓN

Además de los filtros, el cabezal se compone por elementos de valvulería y automatización que permiten el paso o el cierre del agua por la tubería, además de la automatización de estos movimientos. Los elementos que forman parte de este apartado son:

- Electroválvulas
- Válvula de retención
- Válvula de mariposa
- Automatismos
- Manómetros
- Ventosas
- Contador volumétrico

Todos y cada unos de ellos, están explicados en el Anejo nº9 en el apartado 4.

7.3. ELEMENTOS DEL CABEZAL

Por último, para reflejar de forma más clara los elementos que forman parte del cabezal de riego y en que cantidad, se adjunta una tabla resumen con todos los datos.

Tabla 26. Resumen de los elementos que componen el cabezal y la red

ELEMENTO	UNIDADES	OBSERVACIONES
Tubería de filtrado	-	PVC DN 110 PN6
Válvula de mariposa	2	Modelo: Wafer Gaer AFRE o similar
Válvula de retención	3	Modelo: Wafer NR-010 o similar
Electroválvulas	23	Modelo: 3" HF de Regaber o similar
Filtro de discos	3	Modelo: Azud Helix Automatic o similar
Filtro de malla	5	Modelo: Filtro de malla manual o similar
Bomba dosificadora	5	Modelo: Bomba dosificadora Electromagnética TIMER o similar
Contador volumétrico	1	Modelo: Contador Woltman WP Gaer o similar
Programador de riego	1	Programador de riego SAPIR 2 o similar
Manómetros	17	
Ventosa	8	Ventosas trifuncionales
Depósito de fertirrigación	3	Capacidad de 500 litros
Depósito para ácido	2	Capacidad de 100 litros

8. PROPUESTA DE MEJORA

Con la finalidad de reducir los costes de la explotación de almendros actual, respecto a las labores manuales, e incrementar la producción por unidad de superficie, se propone realizar una transformación pasando de una plantación extensiva a superintensiva. De este modo se vería incrementado el número de árboles por unidad de superficie y con ello la producción. Además, haciendo un uso racional de los recursos disponibles, se podrían obtener muy buenos resultados. Por otra parte, se reducirían los costes en labores como la poda, ya que actualmente se debe realizar de forma manual, y la recolección.

Para el material vegetal se propone plantar es la variedad Makako con un marco de plantación de 3,5 m entre hileras y 1,2 m entre árboles, obteniendo una densidad de plantación de 2.143 árboles por hectárea. Todos los detalles sobre la propuesta de mejora están desarrollados en el Anejo nº 10.

Planteando esta propuesta para un futuro, sería necesario realizar un estudio de costes de la instalación de riego diseñada para saber con exactitud la variación de coste entre la instalación proyectada para la explotación actual y la que se proyectaría para la transformación. En este proyecto no se va a abordar el estudio de costes mencionado ya que no es uno de los objetivos principales del proyecto.

9. RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO

9.1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

RESUMEN POR CAPÍTULOS

CAPITULO ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	4.059,72
CAPITULO MOVIMIENTO DE TIERRAS	23.705,57
CAPITULO INSTALACIÓN DE HIDRÁULICA	34.425,17
CAPITULO INSTALACIÓN FOTOVOLTÁICA	95.343,46
CAPITULO Balsa de Riego	16.798,77
CAPITULO POZO	14.119,10
CAPITULO CABEZAL DE RIEGO	17.225,89
CAPITULO CIMENTACIONES	152.364,96
CAPITULO GESTIÓN DE RESIDUOS	211,14
CAPITULO SEGURIDAD Y SALUD	300,48
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.....	358.553,24

El presupuesto de ejecución material asciende a las expresadas TRESCIENTOS CINCUENTA Y OCHO MIL QUINIENTOS CINCUENTA TRES EUROS CON VEINTICUATRO CÉNTIMOS.

9.2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

Presupuesto ejecución material	358.553,24
13% de gastos generales	46.611,92
6% de beneficio industrial	21.513,19
Suma	426.678,35
21% IVA	89.602,45
Presupuesto de ejecución por contrata	516.280,80

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de QUINIENTOS DIECISEIS MIL DOSCIENTOS OCHENTA EUROS CON OCHENTA CÉNTIMOS.

Maria Biosca Micó

Valencia, 12 de septiembre de 2022