



Trabajo Fin de Grado

Instalación de una plantación de pistachos con riego
localizado en la localidad de Bolea. (Huesca)

Autor/es

Aitor J. Usúa Lafuente

Director/es

Jesús Guillén Torres

Escuela Politécnica Superior de Huesca
2016



e s c u e l a
p o l i t é c n i c a
s u p e r i o r
d e h u e s c a



UNIVERSIDAD DE
ZARAGOZA

PROYECTO- TRABAJO FIN DE GRADO

**Instalación de una plantación de pistachos
con riego localizado en la localidad de Bolea
(Huesca)**

DOCUMENTO 1: MEMORIA

INDICE

INDICE.....	1
1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL PROYECTO	6
1.1. Objeto.....	6
1.2. Antecedentes	6
1.3. Explotación actual	6
1.4. Explotación futura	6
1.5. Riegos	7
2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA	7
3. EL SECTOR DEL PISTACHO	8
3.1. Distribución en el mundo	8
3.2. Distribución en España	8
3.3. Perspectivas de futuro	9
4. FISIOLOGIA Y BOTÁNICA.....	9
4.1. Características generales.....	9
4.2. Ciclo vegetativo interanual.....	9
4.3. Ciclo vegetativo anual	10
5. PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	10
5.1. Sistemas de lucha contra plagas y enfermedades	10
5.1.1. MÉTODO DIRECTO.....	10
5.1.2. MÉTODO INDIRECTO	11
5.2. Factores en los tratamientos contra plagas y enfermedades	11
5.3. Plagas del pistacho	11
5.3.1. VERTEBRADOS	11
5.4. Enfermedades del pistacho.....	12
5.5. Aflatoxinas.....	12

6. ELECCIÓN DEL PATRÓN Y LA VARIEDAD.....	12
6.1. Principales portainjertos	12
6.2. Principales variedades de pistacho	13
6.3. Elección del patrón.....	14
6.4. Elección de las variedades.....	15
7. ESTUDIO CLIMÁTICO	16
7.1. Elementos del clima	16
7.1.1. TEMPERATURA.....	16
7.1.2. Nº HORAS FRIO Y UNIDADES CALOR.....	16
7.1.3. RÉGIMEN DE HELADAS	16
7.1.4. PRECIPITACIONES	17
7.1.5. HUMEDAD RELATIVA.....	17
7.1.6. EL VIENTO	17
7.2. Caracterización de las condiciones climáticas.....	17
7.2.1. ÍNDICE DE LANG	17
7.2.2. ÍNDICE DE MARTONNE	17
7.2.3. ÍNDICE DE DANTIN Y REVENGA	17
7.2.4. CRITERIO UNESCO-FAO	17
7.3. Clasificaciones climáticas	17
7.3.1. CLASIFICACION AGROCLIMÁTICA DE PAPADAKIS	17
7.3.2. CLASIFICACION CLIMÁTICA DE KÖPPEN	18
7.4. Cálculo de la evapotranspiración	18
7.4.1. EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ET ₀)	18
7.4.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO (ET _C).....	18
8. ESTUDIO EDAFOLÓGICO.....	19
8.1. Caracterización del suelo	19

8.2. Conclusiones del estudio realizado	20
9. ANÁLISIS CALIDAD AGUA DE RIEGO	21
9.1. Resultados del análisis.	21
9.1.1. EL pH.....	21
9.1.2. CONTENIDO TOTAL DE SALES.....	21
9.2. Índices de segundo grado	21
9.2.1. RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO (SAR O RAS).	21
9.2.2. RELACIÓN DE CALCIO.	21
9.2.3. RELACIÓN DE SODIO.....	21
9.2.4. DUREZA DEL AGUA.	22
9.2.5. ÍNDICE DE EATON O CARBONATO SÓDICO RESIDUAL (CSR).....	22
9.3. Normas combinadas para la calidad de las aguas.....	22
9.3.1. NORMAS RIVERSIDE.	22
9.3.2. NORMAS H GREENE.	22
9.3.3. NORMAS DE WILCOX.....	22
9.4. Conclusiones calidad del agua.....	22
10. DISEÑO Y MANEJO DE LA PLANTACIÓN	22
10.1. Diseño.....	22
10.2. Riego.....	23
10.2.1. RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO	23
10.2.3. CALENDARIO DE RIEGO	23
10.3. Plantación.....	24
10.4. Injerto	24
10.5. Mantenimiento del suelo.....	25
10.6. La poda	26
10.6.1 ARBOLES MASCULINOS.	26

10.6.2. ARBOLES FEMENINOS	26
10.6.3. PODA DE PRODUCCIÓN	27
10.6.4. PODA DE REJUVENECIMIENTO	27
10.7. Fertilización	27
10.7.1. MACRONUTRIENTES	27
10.7.2. MICRONUTRIENTES	28
10.7.3. PROGRAMA DE ABONADO	28
10.8. Polinización	29
10.8.1. POLINIZACIÓN ARTIFICIAL	29
10.9. Cosecha	29
10.9.1. RECOLECCIÓN	29
11. ESTUDIO AGRONÓMICO E HIDRÁULICO	30
11.1. Calculo necesidades hídricas	30
11.2. Dimensionado del riego localizado	30
11.3. Cálculo del caudal ficticio continuo	32
12. CALCULO HIDRAULICO	32
12.1. Cálculo tolerancia de presiones	32
12.2. Cálculo pérdidas de carga en ramales portagoteros	32
12.3. Presión necesaria al inicio del lateral	34
12.4. Calculo tuberías primarias	34
12.5. Movimiento de tierras	35
13. INSTALACION DE BOMBEO, DISEÑO CABEZAL HIDRAULICO Y ESTUDIO DEL POZO	35
13.1. Cálculo instalación de bombeo	35
13.2. Potencia necesaria en la instalación de bombeo	36
13.3. Elección del equipo de bombeo	36
13.4. Estudio de cavitación	37

13.5. Cálculo del golpe de ariete en la instalación de bombeo	38
14. DISEÑO CABEZAL DE RIEGO.....	39
14.1. Cálculo filtros de arena.....	39
14.2. Cálculo filtros de malla	39
14.3. Cálculo contador de agua.....	40
14.4. Perdida de carga total en el cabezal	40
15. ESTUDIO DEL POZO	40
16. ESTUDIO VIABILIDAD	40
17. BIBLIOGRAFÍA.....	43
17.1. Páginas web visitadas.....	44

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.1. Objeto

Se redacta este proyecto: "Instalación de una explotación de pistachos con riego localizado en la localidad de Bolea"

El principal objetivo de este proyecto es conocer la viabilidad de una explotación de pistachos en la Hoya de Huesca, como alternativa a los cultivos tradicionales. Otros objetivos son el estudio y dimensionamiento del riego por goteo, el manejo de una plantación del pistacho y el cálculo del aforo del pozo.

La parcela donde se va a proceder a la plantación es la siguiente:

Municipio	Agregado	Zona	Polígono	Parcela	Superficie	Cultivo actual
La Sotonera	0	1	5	37	4,0132	Cereal secano

Tabla 1. Paraje de la parcela

1.2. Antecedentes

El incremento de plantaciones de pistacho en España en general, se corresponde a la buena rentabilidad del cultivo, su rusticidad y a su consumo, que aumenta cada año. Las perspectivas de futuro es que el consumo siga al alza. Los frutos producidos en la península son de calidad. Son más grandes que el pistacho turco, más sabrosos que el pistacho estadounidense y con mayores garantías sanitarias que el pistacho iraní.

1.3. Explotación actual

Actualmente no hay plantaciones de pistacho en Bolea al no ser un cultivo tradicional, pero existen pequeñas pruebas experimentales a nivel particular. En localidades próximas, varios agricultores se han interesado por él y han puesto en marcha diversas plantaciones con un total de 16 ha de superficie. En la comarca de la hoyada de Huesca, existen muy pocas plantaciones, muy jóvenes, y en su mayoría experimentales para valorar en un futuro su instalación.

1.4. Explotación futura

Con la puesta en marcha de la plantación, se pretende obtener un producto de calidad, alternativo a los productos tradicionales de la zona, destinado a consumo directo como snack o a su procesado en la industria.

Al instalar riego por goteo las condiciones de la plantación mejorarán y con ello la producción y la calidad del fruto. Nos permitirá aportar agua en momentos críticos del desarrollo del árbol y del fruto. También nos permitirá reducir el número de frutos vacíos y aumentar el número de frutos abiertos.

1.5. Riegos

La elección del modelo de riego será por goteo, lo que nos permitirá ahorrar en el consumo de agua y evitar facilitar las condiciones ambientales favorables para la reproducción de hongos, como ocurriría con el riego de aspersión. También nos ayudará a aportar agua en los meses de máxima exigencia, cuando las precipitaciones sean mínimas, para poder obtener un correcto desarrollo del árbol y un fruto de calidad.

El agua la obtendremos de un pozo subterráneo, bombeándola mediante una bomba hasta un depósito colocado en la superficie de la plantación. Desde el depósito, el agua se distribuirá a toda la parcela.

2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

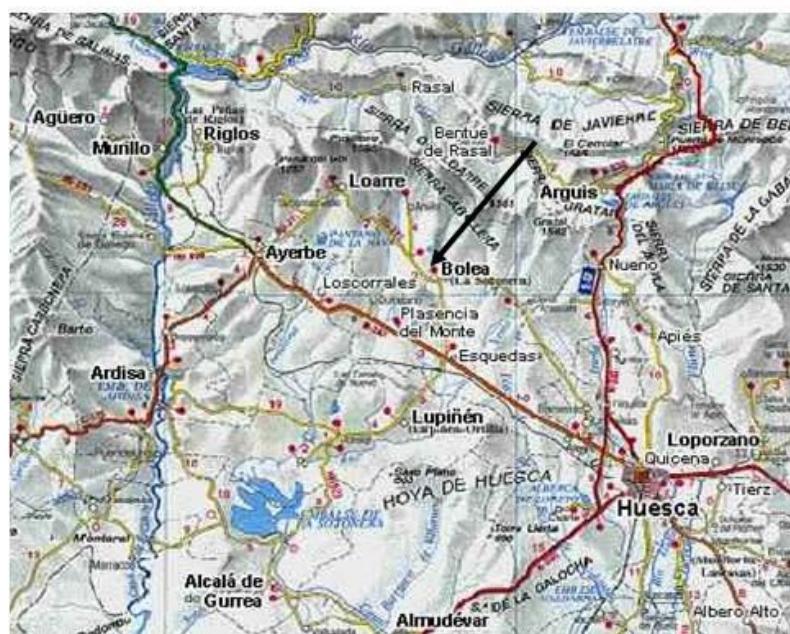


Figura 2. Mapa de situación.

La villa de Bolea se encuentra situada en la comarca de la Hoya de Huesca y ejerce la capitalidad del municipio de La Sotonera. Está situado a faldas de las sierras de Caballera y Gratal, a 20 kilómetros noroeste de la Ciudad de Huesca.

EL municipio de La Sotonera consta de una extensión de 165'5 Km. Actualmente su población es de 532 en la localidad de Bolea. Las localidades más cercanas son: Esquedas a 7 Km por la A-1206 y Puibolea a 4'3 Km por la HU-V-3141.

La mayoría de la superficie de Bolea está dedicada al cereal, con unos rendimientos medios de 4500 Kg/Ha para el trigo y 4200 Kg/Ha para la cebada. También se cultivan leguminosas para evitar el monocultivo. Otros cultivos con importancia son el almendro, el olivo y el cerezo.



3. EL SECTOR DEL PISTACHO

3.1. Distribución en el mundo

Su hábitat y desarrollo para ser productivo y rentable a largo plazo, se sitúa en pocas zonas climáticas. Es tradicional en países de Oriente y surasia. También se desarrolla en Estados Unidos, la cuenca mediterránea (tanto en África como en Europa) y Australia.

La superficie del cultivo a nivel mundial supera las 600.000 ha (2013) siendo Irán el país con mayor superficie de cultivo y hasta hace poco el mayor productor, superado por Estados Unidos (280.000t en 2012).

La distribución en el mundo es la siguiente:

PAÍS	SUPERFICIE CULTIVADA (Hectáreas)	PRODUCCIÓN (Toneladas)
GRECIA	5.000	3.000
ITALIA	3.000	2.000
TURQUIA	55.000	50.000
IRÁN	300.000	160.000
ESTADOS UNIDOS	93.000	203.000

Tabla 3. Superficie cultivada regulada y producción del pistacho en el año 2011.

En términos económicos, el país más importador es China seguido de Alemania, producto que utilizan para la transformación y posterior venta. Las mayores exportaciones provienen de Estados Unidos e Irán.

3.2. Distribución en España

Aunque el pistacho no es un cultivo tradicional de la península, anteriormente estuvo muy presente. Fue introducido por los romanos y muchos años después, debido al desconocimiento del manejo de la especie, prácticamente desapareció.

En la década de los 80 se retoma el interés por el cultivo con numerosas investigaciones y en los años 90 comienzan las primeras plantaciones comerciales. A día de hoy, la mayoría de las plantaciones se encuentran en las provincias de Toledo y Ciudad Real, pero el cultivo está presente en muchas otras zonas como Castilla León, Cataluña, Andalucía, etc. En la siguiente tabla podemos observar la situación actual de las plantaciones en España:

España	Hectáreas		Rendimiento medio (Kg/ha)	Producción (toneladas)
	En producción	Total		
Secano	3.486	5.286	703	-
Regadío	1.131	2.048	1.415	-
Total	4.617	7.334	-	4052

Tabla 4. Situación del pistacho en España año 2014

Instalación de una plantación de pistachos con riego localizado en la localidad de Bolea (Huesca)



El sector del pistacho en España está creciendo conforme crecen las plantaciones jóvenes. En Castilla La Mancha, el pistacho facturó en el año 2015 unos 10 millones de euros. Existen pocos distribuidores grandes que comercialicen el pistacho, debido al escaso volumen de producción. La mayoría de producto lo compran empresas tostadoras medianas a mayoristas. Las escasas exportaciones españolas se venden en Italia y Francia excepto ciertas producciones ecológicas y gourmets, que se dirigen a los mercados más exigentes del mundo.

3.3. Perspectivas de futuro

El pistacho es el fruto seco en cáscara que más ha incrementado su consumo en la última década (14%). Existe un aumento de la demanda mundial frente al estancamiento de la producción, dando lugar a un crecimiento sostenido de los precios.

El cultivo en España es muy esperanzador si tenemos en cuenta las condiciones climáticas, la calidad del fruto y la situación mundial. Es uno de los pocos países de la Unión Europea donde se puede cultivar y el más indicado para ampliar su producción gracias al clima y la disponibilidad de terreno. Solo para abastecer la demanda nacional, se necesitarían 140.000 ha más. En cuanto a su fruto, el pistacho español es mejor que los obtenidos en las zonas productoras más importantes del mundo. Este hecho no pasa desapercibido y numerosos países se interesan por el producto español, pero el volumen de producción todavía es muy reducido para hacer frente a todas las demandas.

4. FISIOLOGIA Y BOTÁNICA

4.1. Características generales

El pistachero (*Pistacia vera L.*) pertenece a la familia de las anacardiáceas. Todas las plantas de esta familia tienen las flores pequeñas dispuestas en panícula y su fruto es una drupa o samara. El género *Pistacia* se extiende por muchas zonas del mundo como la cuenca mediterránea, Oriente, sur de Asia, África y América central.

El pistachero es un árbol dioico con una gran dominancia apical. Su desarrollo es lento, sufre vecería y tiene un periodo juvenil improductivo largo. El tiempo estimado de vida en producción es de 50 años, pudiéndose ampliar mediante un buen manejo de la plantación. La planta del pistacho que es cultivada en plantaciones comerciales, está compuesta por un patrón, que desarrolla el sistema radicular, y una parte aérea que será otra variedad injertada en el patrón.

Como aspectos más relevantes, la flor femenina es más grande que la masculina pero no tiene nectarios, por lo que las abejas solo se ven atraídas por las flores masculinas. Tanto las flores masculinas como las femeninas son flores pequeñas y sin pétalos. La polinización es anemófila.

4.2. Ciclo vegetativo interanual

1.- Estado joven. Crecimiento y formación del pistachero hasta su forma adulta. Finaliza a los siete años tras el injerto, aunque la planta empieza antes a producir.

2.- Estado adulto. Periodo productivo donde se estabilizan las producciones, pudiendo llegar a más de 50 años según el manejo realizado en la plantación.

3.- Periodo de envejecimiento. El pistachero se encuentra en su última etapa productiva. Es difícil saber cuando comienza exactamente debido a la multitud de factores que actúan.

4.3. Ciclo vegetativo anual

A lo largo del año se producen en la planta una serie de procesos fisiológicos que originan y configuran la forma y las características de la planta en cada momento. Existen dos períodos generales denominados período de reposo y período de actividad, que a su vez se dividen en una serie de fases.

El período de actividad se inicia en la primavera y se prolonga hasta el otoño, con una parada estival. En la primera fase, tras la floración, se produce un crecimiento vegetativo muy rápido, iniciándose a finales del mes de abril hasta la parada estival. Tras esta parada, a finales de julio o agosto, comienza un nuevo crecimiento vegetativo no tan pronunciado hasta septiembre. El crecimiento vegetativo en el pistacho es alternante, de un año a otro se ve reducido.

La época de floración depende de la variedad del cultivo entre otros factores y se extiende desde marzo hasta abril en las variedades más tardías. Los frutos se pueden observar una semana después de la floración

5. PLAGAS Y ENFERMEDADES

5.1. Sistemas de lucha contra plagas y enfermedades

El conocimiento de las plagas y enfermedades que pueden afectar a nuestro cultivo es fundamental para poder afrontar los ataques de estos patógenos con ciertas garantías. Existen diferentes modos y sistemas de lucha contra plagas y enfermedades y en general, la solución no pasa por la aplicación de una sola medida sino la combinación de varias.

El pistacho es un cultivo minoritario en España, por lo que no existe una guía de gestión integrada de plagas y enfermedades. No son muchos los patógenos de los que se conocen ataques al pistachero, pero hay diversos que están presentes en cultivos muy extendidos por toda la península.

Los métodos para hacerles frente se pueden clasificar en dos grandes grupos: métodos directos y métodos indirectos.

5.1.1. MÉTODO DIRECTO

Engloba a todos los métodos que suponen actuar directamente contra el patógeno. Se compone de métodos físicos, métodos químicos y métodos biológicos.

Los métodos físicos se componen de medidas físicas (desinfección del suelo mediante calor) y medidas mecánicas (evitar contacto con los agentes causantes.)

Los métodos químicos son el empleo de sustancias químicas de síntesis como los herbicidas, insecticidas, nematicidas o fungicidas.

Los métodos biológicos combaten al patógeno con otros seres vivos que se alimentan de ellos o los destruyen.

5.1.2. MÉTODO INDIRECTO

Son estrategias y acciones que engloban a los métodos legislativos (normas y leyes para garantizar la protección), los métodos genéticos (mejora genética de especies) y los métodos culturales (prácticas agronómicas).

5.2. Factores en los tratamientos contra plagas y enfermedades

- Conocer la plaga o enfermedad que tenemos presente y el estado en el que se encuentra para poder actuar
- Conocer y aplicar en el momento adecuado.
- Un único producto no vale para todas las plagas.
- Aplicar la dosis que indique el fabricante.
- Emplear maquinaria adecuada
- Los tratamientos han de realizarse por gente preparada.

5.3. Plagas del pistacho

Brevipalpus lewisi M. (Acaro de la roña)

Chaetoptelius vestitus F. (Barrenillo taladrador)

Vesperus xatarti M. (Castañeta)

Labidostomis lusitánica G. (Escarabajillo)

Megastigmus pistaciae W.

Saissetia oleae (Cochinilla negra)

Nezara viridula L. (Chinche verde)

Plodia interpunctella H. (Polilla de la harina)

Género: *Capnodis*

Género: *Meloidogyne*

5.3.1. VERTEBRADOS

Oryctolagus cuniculus (Conejo)

Lepus granatensis (Liebre)

Pica pica L. (Urraca)

Sturnus unicolor T. (Estornino)

5.4. Enfermedades del pistacho

Alternaria alternata (Alternaria)

Armillaria mellea (Podredumbre blanca)

Botrytis cinerea/Botryotina fuckeliana B. (Botritis)

Botryosphaeria obtusa (Botriosfera)

Nematospora Coryli P. /Eremothecium coryli K.

Pileolaria terebinthi (Roya)

Verticillium dahliae K. (Verticilosis)

Xanthomonas translucens V. (Rayado bacteriano)

Género: *Aspergillus*

Género: *Septoria* (Septoriosis)

Género: *Phytophthora*

5.5. Aflatoxinas

Las aflatoxinas son un tipo de micotoxinas, que son, metabolitos secundarios producidos y secretados por hongos (género *Aspergillus*) durante el proceso de degradación de la materia orgánica, como mecanismo de defensa frente a otros microorganismos.

Se conoce la existencia de 20 tipos, pero solo cuatro de ellas son consideradas perjudiciales para la salud humana y animal, por la contaminación de productos agrícolas. Estas son las B1, B2, G1 y G2.

6. ELECCIÓN DEL PATRÓN Y LA VARIEDAD

La estrategia de producción a seguir para el pistacho es producir unos pistachos de calidad y no cantidad, ya que como ha sucedido en otras áreas productoras en el mundo, el aumento de cantidad ha reducido considerablemente la calidad organoléptica del fruto y con ello su valor se ha reducido.

6.1. Principales portainjertos

Cornicabra (P. Terebinthus L.)

Conocido también como terebinto, crece de manera natural en toda la región mediterránea. La mayoría de las plantaciones españolas están injertadas sobre este pie.

Instalación de una plantación de pistachos con riego localizado en la localidad de Bolea (Huesca)

Atlántica (*P. atlántica* desf.)

Originario del norte de África, Islas Canarias, Oriente medio y Grecia, es un pie muy utilizado en determinadas zonas por su buen comportamiento productivo

Integerrima (*P. integerrima* Stewart)

Es natural en países asiáticos como China e India. Está muy extendido por Estados Unidos donde se ha convertido en el portainjerto más utilizado por su resistencia a *Verticillium* y su gran vigor.

Pistachero (*P. vera* L.)

Es el pie franco del pistachero. Crece en Oriente medio de forma natural y se utiliza en varias zonas productoras de esa zona por su bajo coste de obtención y su fácil manejo. En secano se obtienen buenas producciones, pero su utilización en regadío está limitada por un mayor problema con los patógenos.

UCB1

Es el resultado de una hibridación de polinización cerrada entre un árbol femenino de *P. atlántica* y otro masculino de *P. integerrima* S. Las semillas resultantes de este cruce originaron las plantas UCB1. Se considera el pie más vigoroso y productivo de todos los patrones del pistacho.

PGII (Pioneer gold II)

Es un híbrido interespecífico de *P. integerrima* y *P. atlántica* de polinización abierta. Su uso se limita a California y es bastante inferior a otros patrones utilizados en la zona.

6.2. Principales variedades de pistacho

El pistachero tiene numerosos cultivares femeninos y masculinos. En cada zona productora del mundo, se cultivan unos u otros dependiendo de sus características, como la productividad, la resistencia al frío, la calidad del fruto o cantidad de polen entre otras.

Variedades femeninas

- Aegina: es el cultivar más importante de Grecia, de donde es originario. Semivigoroso, de floración temprana, rápida entrada en producción, con una alta productividad y vecería moderada.

- Avdat: su uso en plantaciones se limita a las situadas en Israel. Es muy vigoroso, de floración temprana, un periodo juvenil medio y una productividad y vecería media

- Ashoury: También denominado Red Aleppo, por el color rojo del pellejo y la ciudad de procedencia en Siria, donde es el cultivar más común. Es vigorosa, con una lenta entrada en producción, moderada vecería y una floración temprana

- Golden Hills: obtenida en 2005 en Estados Unidos. Tiene unas características similares a Kerman pero con algunas diferencias. Tiene una floración y maduración algo más temprana.

- Kastel: variedad de floración tardía. Es semivigoroso, con una productividad y una vecería media y un periodo juvenil medio antes de entrar en producción.

• Kerman: variedad de floración tardía. Fue desarrollado en California mediante selección de un grupo de plantas en polinización abierta a partir de semillas procedentes de Irán. Es utilizado en casi la totalidad de las plantaciones de California y en muchas españolas.

• Larnaka: es la principal variedad en Chipre. Se considera un excelente cultivar por todas sus características: semivigoroso, de floración temprana, vejería media, precocidad en la entrada en producción y alta producción.

• Mateur: es la base de la industria del pistacho en Túnez. Es un cultivar seleccionado, muy vigoroso, con una entrada en producción lenta, una floración temprana, una productividad alta y una vejería media.

• Napoletana: conocido también como Bianca, es originario de Sicilia. Es semivigoroso, con una entrada en producción muy lenta, vejería moderada, una floración media en el tiempo y una producción baja.

• Sirora: tras treinta años de estudios, fue desarrollado en Australia, donde se adapto mejor que Kerman gracias a su menor necesidad de horas frío.

Variedades masculinas

Existen innumerables polinizadores masculinos por todo el mundo, pero los de mas uso e importancia son aquellos que coinciden en floración con las variedades más importantes.

- Nazar
- Mateur M.
- M-38.
- Askar
- C- especial
- Egino
- Peters
- Randy
- Chaparrillo

6.3. Elección del patrón

La elección del patrón se basa en su capacidad para adaptarse a las condiciones del medio en el que se va a desarrollar. Para ello hay que valorar las características agronómicas de cada patrón, como la resistencia al frío, la resistencia a enfermedades, la eficiencia nutricional, la afinidad al injerto, el vigor, la rusticidad y la precocidad en la entrada en producción.

Elegiremos el portainjerto *P. terebinthus* para nuestra plantación, por ser el que mejor se adapta a nuestras exigencias. Es la especie más resistente al frío, la de mayor eficiencia nutricional, tiene en términos generales la mejor resistencia a plagas y

enfermedades aunque sea sensible a verticilosis, una alta rusticidad, está disponible en los viveros a un precio económico y es autóctono de la península

6.4. Elección de las variedades

Para seleccionar las variedades adecuadas para cualquier plantación a medio y largo plazo, han de tenerse en cuenta tanto factores agrícolas para una correcta producción, como factores económicos para obtener una buena rentabilidad.

Existen varios factores agrícolas que resultan limitantes en la elección de las variedades de pistachos, como son las heladas tardías, las horas frío y las unidades de calor. La demanda del mercado y el destino de la producción son factores económicos a tener en cuenta.

La mayor parte de la plantación (60%) será de la variedad tardía Kerman y el resto optaremos por la variedad Sirora. Al seleccionar dos variedades rompemos la uniformidad de la plantación en caso de presencia de plagas y enfermedades y conseguimos una diversificación de oferta de producto y conseguimos disminuimos el riesgo por accidentes climáticos.

La variedad Kerman (tardía) se selecciona por su posible adaptación a la zona y su mayor rentabilidad frente a otras variedades, ya que su fruto es de los más grandes y tiene una gran blancura de cáscara, por lo que se destina a consumo directo.

Dada la posibilidad de que existan años en que las unidades calor no cubren las necesarias para un correcto desarrollo de la variedad Kerman, nos aseguramos una producción en la plantación con la variedad Sirora (media-tardía), ya que sus necesidades de unidades calor son inferiores.

La elección de la variedad Sirora también se debe a una estrategia de adaptación necesaria debida a los cambios climáticos que se están produciendo en el mundo. Los estudios llevados a cabo no pueden dar una predicción exacta de lo que ocurrirá en un futuro pero lo que es un hecho demostrable, es que la temperatura aumenta globalmente y con ello, se reduce el número de horas frío. Por lo tanto, al ser una variedad media-tardía cuyas necesidades de horas frío son menores que las de Kerman, se seleccionará para su instalación en su parcela.

Las variedades masculinas son seleccionadas en función de las variedades femeninas elegidas, para que exista una sincronización floral correcta. Se recomienda instalar un 10% de machos al inicio de la plantación.

Al disponer de dos variedades femeninas separadas en la plantación y con una floración distinta pero cercana, seleccionamos variedades masculinas que completen el periodo floral de ambas variedades. Las variedades elegidas son: Mateur M., C. Especial, Peter y Chaparrillo.

VARIEDAD	MATEUR M.	C. ESPECIAL	PETER	CHAPARRILLO
SIRORA	Temprana	Buena	Tardía	--
KERMAN	--	Temprana	Buena	Tardía

Tabla 5. Sincronización floral entre variedades masculinas y femeninas.

7. ESTUDIO CLIMÁTICO

Es necesario realizar un estudio climático de la zona para conocer el clima de la zona y poder diseñar la instalación de riego, dependiendo también del cultivo de la parcela.

Los datos climáticos para la realización del estudio climatológico se han obtenido del Atlas Climático de Aragón (1970-2000) para la localización de la parcela y completados con los datos de la estación meteorológica de Nueno (2008-2016), al ser la más cercana y la más representativa geográficamente.

7.1. Elementos del clima

7.1.1. TEMPERATURA

El clima se considera mediterráneo continental con unas temperaturas medias anuales de 13.6°C. Las temperaturas medias en los meses más fríos y más cálidos son superiores a 5°C y 23°C respectivamente. El periodo de frío es de larga duración, de 5 a 7 meses, pero con poca intensidad. El mes más cálido es julio y el más frío enero.

7.1.2. Nº HORAS FRÍO Y UNIDADES CALOR.

Para la determinación del número de horas frío, se toman como referencia varios criterios de los que se obtienen los siguientes resultados:

- Según Mota, el número de horas frío es de 1.170.
- Según Tabuenca, el número de horas frío es de 1.638.
- Según la correlación de Weinberg, el número de horas frío es de 1.350.

Para el cálculo del valor de las unidades de calor se utiliza la fórmula de Ferguson L., la cual nos da un resultado de 3495 unidades de calor.

7.1.3. RÉGIMEN DE HELADAS

El régimen de heladas se calcula según Emberger y según Papadakis, cuyo número mínimo de días libres de heladas es de 199 y 206 días respectivamente. A continuación se muestran las tablas del estudio del régimen de heladas:

Periodo	T ^a < 0°C	T ^a < 2°C	T ^a < 7°C
Máximo	21Nov/26Mar(126dias)	28Oct/12Abril (194dias)	27Sep/26Mayo (241dias)
Medio	20Dic/25Feb (67dias)	20Nov/15Mar(115dias)	12Nov/ 20Abril (159dias)
Libre	298 días	250 días	206 días

Riesgo	T ^a (°C)	INICIO	FIN	Nº DIAS
Seguro	T ^a < 0°C	-	-	-
Muy probable	0 °C < T < 3°C	Diciembre	Marzo	91
Poco	3°C < T < 7°C	Noviembre	Abril	75

Frecuente				
Ninguno	$T > 7^{\circ}\text{C}$	Abril	Octubre	199

7.1.4. PRECIPITACIONES

Las precipitaciones se producen normalmente en otoño y primavera, siendo el verano seco y el invierno lluvioso algunos años. La precipitación media anual es de 596.86mm. Cabe indicar que las precipitaciones de verano son de carácter tormentoso. El mes con una mayor pluviometría media es mayo con 65.87mm y el menos lluvioso julio, con una precipitación media de 26.4mm.

7.1.5. HUMEDAD RELATIVA

Se observa que la humedad relativa anual está por encima del 50%, siendo los meses de mayor y menor humedad relativa media, enero (66'1%) y agosto (52'4%).

7.1.6. EL VIENTO

El viento predominante es el cierzo y en menor medida el bochorno. Debido a la posición geográfica, el viento en la zona suele estar presente muchos días del año.

7.2. Caracterización de las condiciones climáticas

7.2.1. ÍNDICE DE LANG

La caracterización según el índice de Lang dice que nos encontramos en una zona húmeda de estepa y sabana, próxima al límite de zona árida, ya que el resultado obtenido se sitúa en el intervalo $40 \leq \text{ILang} \leq 60$

7.2.2. ÍNDICE DE MARTONNE

El resultado se encuentra entre los valores de $20 < \text{Imartonne} < 30$, lo que según las zonas climáticas de Martonne se cataloga dentro de regiones de olivo y de cereales.

7.2.3. ÍNDICE DE DANTIN Y REVENGA

Según el valor del índice de Dantin y Revenga, comprendido entre $2 < \text{Idr} < 4$, nos hallamos en una zona con clima semiárido.

7.2.4. CRITERIO UNESCO-FAO

Según el criterio Unesco-Fao, nuestro clima se corresponde a un clima templado medio, ya que la temperatura media del mes más frío es 5.6°C .

7.3. Clasificaciones climáticas

7.3.1. CLASIFICACION AGROCLIMÁTICA DE PAPADAKIS

Combinando el tipo de invierno y el tipo de verano, puede decirse que la zona tiene un clima templado cálido. Respecto al régimen de humedad, nos encontramos en un régimen mediterráneo, porque la precipitación invernal es mayor que la estival.



7.3.2. CLASIFICACION CLIMÁTICA DE KÖPPEN

Según la clasificación climática de Köppen, nos encontramos en un clima mediterráneo de veranos cálidos, con lluvias estacionales y temperaturas cálidas en verano (Csa).

7.3.4. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE

Se basa en la consideración de la eficacia térmica, con la ETP del mismo autor, y la humedad disponible expresada como índice de humedad y de aridez en base al balance hídrico. La ETP total anual mediante el método de Thornthwaite es 759,62 mm/año.

La clasificación del clima se basa en una fórmula compuesta de cuatro letras y unos subíndices. Las dos primeras letras, mayúsculas, corresponden al índice de humedad y a la eficacia térmica de la zona. Las dos últimas letras, minúsculas, corresponden a la variación estacional de la humedad y a la concentración térmica en verano.

En consecuencia con los datos obtenidos, el clima puede representarse por la siguiente fórmula climática y su correspondiente descripción:

C₁ B₂' s a'

“Clima seco subhúmedo, segundo mesotérmico con exceso de agua invernal moderado y alta concentración de la eficacia térmica en verano”

7.4. Cálculo de la evapotranspiración

7.4.1. EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ET₀)

La evapotranspiración de referencia se calcula mediante el método FAO Penman-Monteith. Este método se recomienda como el único método estándar para el cálculo de la evapotranspiración de referencia y se corresponde con la siguiente fórmula:

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

El resultado es de 1084 mm/año.

7.4.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO (ET_c)

Para el cálculo de la ET_c del cultivo, se utiliza la ET₀ que se ha calculado anteriormente por el método de FAO Penman-Monteith y el coeficiente del cultivo, con un resultado final de 832,12 mm/año

$$ET_c = K_c \cdot ET_0$$

Mes	K _c	ET _c (mm/mes)
Enero	0,1	3,59
Febrero	0,1	4,45
Marzo	0,1	7,564



Abril	0,25	22,2
Mayo	0,8	97,34
Junio	1,13	159,6
Julio	1,19	206,46
Agosto	1,16	183,83
Septiembre	0,93	91,8
Octubre	0,56	35,4
Noviembre	0,35	16,5
Diciembre	0,1	3,38

8. ESTUDIO EDAFOLÓGICO

Conocer las características y propiedades del suelo es un hecho fundamental para poder utilizarlo de forma adecuada, ya que es el medio de sustento de la planta. En el posterior estudio, se ha realizado un análisis de los resultados de las muestras tomadas en la finca colindante a la del proyecto.

Nos hallamos entre el comienzo de la depresión del Ebro y las sierras exteriores según las unidades morfoestructurales surpirenaicas, conocidos como somontanos u hoyas.

Según el libro de itinerarios edáficos por el Alto Aragón y clasificándolo según la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo, nos encontramos en una zona de suelos calcisoles. Los calcisoles se caracterizan por tener una acumulación de carbonato cálcico a cierta profundidad.

8.1. Caracterización del suelo

MUESTREO

Para conocer las características del suelo se tomaron muestras en tres puntos distintos de la parcela alejados de los bordes, a 30 cm de profundidad.

RESULTADOS OBTENIDOS

- Carácter físicos del perfil edáfico.

Resultados según el USDA.

GRANULOMETRÍA	
Elementos gruesos(> 2 mm)	8%
Arena gruesa (0,5 - 2 mm)	15%

Arena fina (0,05-0,5 mm)	37%
Limo (0,002 - 0,05 mm)	26%
Arcilla (< 0,002 mm)	23%

- Caracteres químicos.

FERTILIDAD	
pH (H ₂ O) 1:2,5	8,2
Materia orgánica (%)	2
Nitrógeno total (%)	0,11
Salinidad (CE en dS/m)	1,40
Carbonatos totales (%)	20,8
Relación C/N	13
Fósforo Olsen (ppm)	9
Magnesio (meq/100g)	1,4
Sodio (meq/100g)	7,5
Potasio (meq/100g)	125,4

8.2. Conclusiones del estudio realizado

- CARACTERES FÍSICOS

Teniendo en cuenta la granulometría y la estructura del suelo, se obtiene que es un suelo aceptable para el cultivo, con una estructura Franco-Arcillo-Arenosa.

La profundidad del suelo no va a presentar problemas para el cultivo ya que permite cualquier desarrollo de raíz.

- CARACTERES QUÍMICOS

- **pH:** el valor del pH obtenido es alcalino. Esto se debe a la cantidad de carbonatos que hay en el suelo. Es un valor aceptable.

- **Materia orgánica:** el valor se sitúa en 2, que es un valor bueno.

- **Nitrógeno total:** se sitúa en un valor medio, por lo que no es necesario ningún aporte adicional.

- **Salinidad:** medida en el extracto de pasta saturada se calcula midiendo la conductividad eléctrica (en dS/m). El valor obtenido ha sido de 1.4 dS/m, el cual es bajo y por lo tanto el suelo es no salino. Además el pistacho es muy tolerante a la salinidad, solo se ve afectado en valores superiores a 6 dS/m.

- **Relación C/N:** el resultado es 13, considerado un valor normal.

- **El fósforo:** se sitúa en 9 ppm, un poco por debajo del rango óptimo situado entre 12 y 18.

- **El potasio:** es un valor que se encuentra en un nivel alto, entre 90-150.
- **Cationes solubles:** Tanto los niveles de magnesio y sodio se encuentran en el rango de valores aceptables para el desarrollo de las plantas.

9. ANÁLISIS CALIDAD AGUA DE RIEGO

El agua es un elemento principal para la nutrición de la planta y contiene disueltas diversas sustancias. Es imprescindible realizar un análisis de la calidad del agua que vamos a emplear en el riego, para conocer su composición y cualidades.

Los métodos realizados para realizar el análisis son los más utilizados, que son los que más se aproximan a un criterio adecuado. En general, todos se basan en el contenido de sales solubles para determinar la calidad del agua, sin considerar la relación entre el agua y el suelo.

9.1. Resultados del análisis.

Los datos del análisis de agua han sido tomados de los obtenidos en la parcela colindante que también se riega con agua de pozo. Los resultados obtenidos se recogen en el anexo correspondiente.

9.1.1. EL pH.

El intervalo óptimo para el agua de riego se sitúa entre 7 y 8. Nuestro pH es de 7'8, un resultado que se encuentra dentro del rango de valores óptimos.

9.1.2. CONTENIDO TOTAL DE SALES.

El límite máximo del contenido total de sales es de 1 gramo/litro. En nuestro caso el contenido total de sales es de 0'514 gramos/litro.

9.2. Índices de segundo grado

9.2.1. RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO (SAR O RAS).

La relación de adsorción de sodio hace referencia a la concentración del ion sodio y los iones calcio y magnesio. Se considera problemática cuando supera valores mayores de 10. El agua se considera óptima para el riego ya que el resultado es de 0'1028.

9.2.2. RELACIÓN DE CALCIO.

La relación de calcio nos indica la proporción del contenido de calcio respecto a los restantes cationes. Se obtiene un valor de la relación de calcio de 0'72 meq/litro.

9.2.3. RELACIÓN DE SODIO.

La relación de sodio nos indica la cantidad de sodio que hay en el agua en relación a otros cationes. Concentraciones superiores a 0'2 gramos/litro, pueden dar lugar a toxicidades. El valor obtenido es 0'00092 gramos/litro.

9.2.4. DUREZA DEL AGUA.

Hace referencia al contenido de calcio que hay en el agua. El resultado es un valor de 32'72, lo que la clasifica en agua dura.

9.2.5. ÍNDICE DE EATON O CARBONATO SÓDICO RESIDUAL (CSR).

Indica la peligrosidad del sodio una vez que han reaccionado los cationes de calcio y magnesio con los aniones carbonato y bicarbonato. El valor obtenido es inferior a 1'25 meq/litro, por lo que el agua es apta para el riego.

9.3. Normas combinadas para la calidad de las aguas

9.3.1. NORMAS RIVERSIDE.

Relaciona la conductividad eléctrica y el SAR. Indica un riesgo medio de salinización del suelo y muy bajo de alcalinización.

9.3.2. NORMAS H GREENE.

Relaciona el porcentaje de sodio con la concentración total de cationes y aniones. Según esta relación, se dispone de agua de buena calidad para el riego.

9.3.3. NORMAS DE WILCOX.

Utiliza la conductividad eléctrica y el porcentaje de sodio respecto al total de cationes. Su clasificación es agua de excelente a buena.

9.4. Conclusiones calidad del agua

Se obtiene la conclusión de que esta agua no causará ningún problema sobre el desarrollo del cultivo ni sobre el medio, ya que reúne todos los requisitos mínimos de calidad. Se puede afirmar que el agua del pozo para el riego es apta.

10. DISEÑO Y MANEJO DE LA PLANTACIÓN

10.1. Diseño

Un buen diseño de la plantación es importante para el correcto desarrollo a medio y largo plazo.

El marco de plantación elegido será de 7 x 7 m dando como resultado 204 plantas por hectárea, y un total de 816 árboles en la plantación. Elegimos este marco amplio debido a que la humedad relativa durante los meses de verano, es próxima al límite que se asocia a posibles problemas de enfermedades en el futuro, por lo que al reducir la densidad de la plantación, conseguimos reducir la humedad ambiental.

La colocación de las variedades femeninas estará repartida del siguiente modo:



Imagen1. Emplazamiento variedad

Imagen2. Emplazamiento variedad Sirora

- La proporción de árboles macho y árboles hembra será 1:8.
- Las variedades masculinas serán Mateur M., Peter, C. especial y Chaparrillo.

10.2. Riego

Aunque este cultivo se ha seleccionado como alternativa de secano en muchas zonas de la península por su facilidad para tomar agua, la respuesta al riego es muy buena. En condiciones de regadío adecuadas y unos mínimos cuidados, consigue una excelente calidad de fruto y una alta rentabilidad y productividad.

Desde un principio la ventaja de disponer de riego en la parcela es evidente, consiguiendo reducir el periodo improductivo del pistachero. Otro aspecto que se beneficia con el riego es la cantidad de kilos producidos por árbol y el mayor porcentaje de frutos abiertos.

10.2.1. RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO

Se pueden producir situaciones en las que aún teniendo agua de manera habitual, no dispongamos de ella en algún periodo de sequía (habitual en nuestra zona). El riego deficitario controlado (RCD) es una técnica que consiste en un aporte de agua menor al que la planta necesita en un momento fenológico concreto, pero sin apenas efecto sobre la cosecha.

En el desarrollo del fruto del pistachero se producen tres fases. La fase I determina el tamaño del fruto y es sensible al estrés hídrico. La fase II es la menos sensible al estrés hídrico, por lo que podemos disminuir al máximo el aporte del riego. La fase III, desarrollo del grano, es la más sensible al estrés hídrico y en la que debemos concentrar los aportes de agua en caso de no disponer de toda el agua necesaria.

10.2.3. CALENDARIO DE RIEGO

En la siguiente tabla se puede observar la cantidad de agua que es necesario aplicar en nuestra parcela en cada mes:

MES	Estado fenológico	Kc	Precipitación (mm)	Aporte Riego (m ³ /mes)
Enero	Reposo	0,1	42.81	-
Febrero	Reposo	0,1	35.46	-

Marzo	Reposo	0,1	31.32	-
Abril	Fase I	0,25	62.83	18,15
Mayo	Fase I/II	0,8	65.87	77,05
Junio	Fase II	1,13	58.01	130,57
Julio	Fase II/III	1,19	26.4	163,470
Agosto	Fase III	1,16	39.69	145,567
Septiembre	Fase III / Postcosecha	0,93	54.24	75,089
Octubre	Postcosecha	0,56	63.64	28,014
Noviembre	Postcosecha/ Reposo	0,35	60.17	13,48
Diciembre	Reposo	0,1	56.42	-

10.3. Plantación

La plantación se efectuará en noviembre cuando las condiciones climáticas sean favorables y la planta esté aclimatada, favoreciéndose de las lluvias de otoño invierno para su desarrollo radicular. Además, en la primavera siguiente se podrán reponer las marras de las plantas que no lleguen a brotar.

Antes de realizar la plantación, deberemos realizar varias operaciones de preparación y acondicionamiento del terreno. Entre dos y cinco meses antes de efectuar la plantación, debemos nivelar la parcela y realizar la operación de subsolado a una profundidad de 80 a 100 cm por toda la parcela.

Para la apertura de hoyos, se considera suficiente realizar un pase de vertedera sobre la línea de los árboles. Una vez retirada la estaca que señala la ubicación del árbol, procedemos a la plantación, mediante un plantador manual o de forma directa.

Tras la plantación, deberemos realizar un riego en las 48 horas posteriores a la plantación con unos 10 o 15 litros por árbol, así como realizar un control sobre las malas hierbas. También será necesario poner protectores ventilados de entre 60 o 70cm en los pies.

10.4. Injerto

El injerto es la técnica que nos permite la unión entre dos individuos, de la misma o diferente especie, como uno solo. Lo forman un patrón o portainjerto y un cultivar o variedad. El más utilizado para el pistachero a nivel mundial es el injerto de escudo, obteniéndose niveles de prendimientos superiores al 90% siempre que se den ciertas condiciones favorables. Por lo tanto será el tipo de injerto que utilicemos, realizándolo desde finales de junio hasta septiembre, cuando tanto la yema como la corteza del pie se despeguen sin dificultad y el resto de factores sean favorables.

A continuación se nombran los injertos más relevantes en el cultivo del pistacho.

Tipos

Instalación de una plantación de pistachos con riego localizado en la localidad de Bolea (Huesca)

- injerto de escudo
- injerto de chip.
- Injerto “mixto”.
- Injerto de anillo.
- Mini-injerto.
- Otros

Factores que influyen en el prendimiento

- Temperatura: Es el factor que más influye en el injerto. Si las temperaturas son extremas, el prendimiento es mucho menor.
- Humedad: La humedad ambiental es un factor de gran importancia. Una alta humedad aumenta la supervivencia de la yema.
- Riego: Los portainjerto regados consiguen amortiguar los efectos negativos de las temperaturas extremas y sus oscilaciones.
- Suelo: El laboreo disminuye la compactación del suelo y aumenta la eficiencia nutricional de la planta. En experiencias en campo se ha observado que eleva el porcentaje de prendimiento.
- Portainjerto: El diámetro del tronco del portainjerto es el factor interno de mayor influencia.
- Variedad: Dependiendo de la variedad, tienen mayor o menor facilidad para el prendimiento.
- Pie madre: La yema que se extrae tiene que estar suficientemente madura y que tenga un diámetro similar al portainjerto, sea cual sea la modalidad de injerto.
- Injertador.

Tras realizar el injerto debemos proceder a:

- El brote tierno procedente de la yema injertada se debe entutorar para evitar la rotura. El tutor ha de ser de unos dos metros de altura, rígido y resistente
- En función del estado de la yema injertada, procederemos a pinzar las ramas del pie.

10.5. Mantenimiento del suelo.

Los objetivos son la mejora de las propiedades del suelo y la nutrición del sistema radicular, evitando la competencia con otras plantas.

El sistema que utilizaremos para el mantenimiento del suelo es un ligero laboreo de la siguiente manera; en verano se pueden realizar de tres a seis pasadas ligeras removiendo el horizonte más superficial, y durante el otoño e invierno se puede dar un pase. Para las proximidades del tronco realizaremos una escarda mecánica para limpiar las malas hierbas.

10.6. La poda

El pistachero es relativamente vigoroso durante los primeros años. A partir del sexto o séptimo año después del injerto, su velocidad de crecimiento se reduce. Además sufre de una fuerte dominancia apical, lo que hace necesario un correcto manejo de la poda.

Al inicio, la poda de formación se debe realizar durante los primeros 4 a 6 años. El objetivo es consolidar una buena estructura del árbol equilibrada en todas las direcciones, que facilite una recolección mecanizada y una aireación e iluminación correcta. Para ello, la formación más recomendable es en vaso por pisos. En estos primeros años de formación aparecerán los primeros racimos de frutos que deben ser eliminados.

Cuando el brote procedente de la yema injertada tenga unos 30 cm de longitud, lo ataremos a su guía cuidadosamente. Aunque la guía sobrepase la altura de pinzamiento durante el verano, el despunte no ha de realizarse hasta el invierno siguiente.

A continuación se muestran los aspectos más relevantes de la poda de formación masculina y femenina.

10.6.1 ARBOLES MASCULINOS.

En estos árboles, se producirá el despunte a finales de invierno, cuando el árbol alcance unos 2 – 2'3 metros. En la siguiente primavera, cuando las yemas comiencen a hincharse, se eliminaran todas las que estén situadas por debajo de 1'7 – 1'8 metros

10.6.2. ARBOLES FEMENINOS.

- Primer año: Las ramas laterales deberán ser eliminadas para que pueda alcanzar la altura deseada para el despunte (1,8m).

- Segundo año: o una vez alcanzados los 1'8 metros, procederemos a despuntar durante el invierno y a eliminar todas las ramas laterales existentes. También deberán ser eliminadas las yemas de los primeros 120cm y los últimos 15cm antes de la brotación.

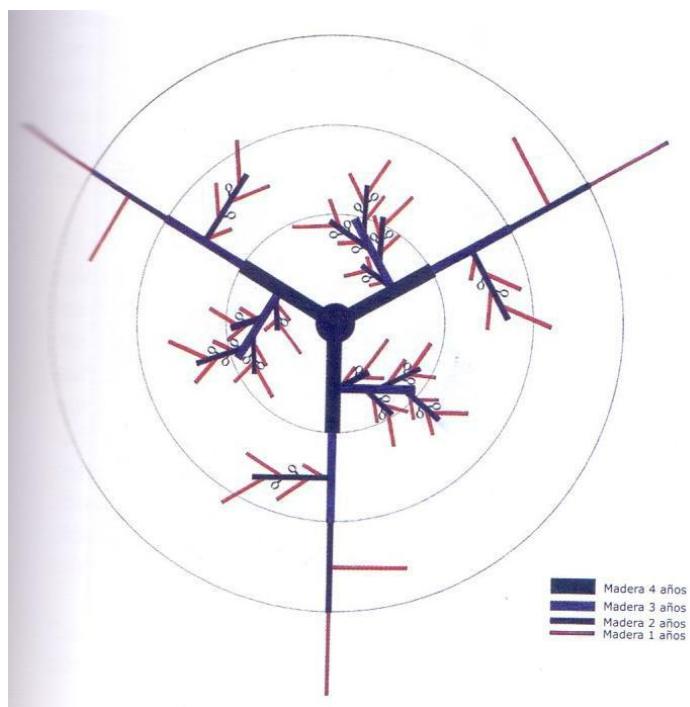
- Tercer año: elección de las tres ramas principales eliminando las demás.

- Cuarto año: el segundo despunte a unos 40 – 60cm y consolidación de cada piso.

- Quinto año: durante la parada vegetativa, se pinzarán las terceras prolongaciones y se elegirán las ramas de los segundos pisos con orientación opuesta a la de los primeros.

- Sexto año: podría quedar formado por tres prolongaciones o se podría despuntar una cuarta mientras se consolidan los segundos pisos.

A continuación se observa el croquis en planta de un árbol femenino idealmente formado.



10.6.3. PODA DE PRODUCCIÓN

La producción de pistacho se produce sobre madera de un año. Con la poda se producen importantes pérdidas de las reservas acumuladas en las ramas, por ello se recomienda que sea equilibrada, ligera y anual, realizada por un operario familiarizado con el comportamiento de la especie. En caso de podas bianuales, se realizará durante el invierno anterior al año con menor cosecha.

Si se eliminan una cantidad concreta de racimos el árbol lo compensa elevando el número de frutos de cada uno y si se dejan pocas ramas, el árbol genera más racimos por rama

10.6.4. PODA DE REJUVENECIMIENTO

El objetivo de esta técnica es regenerar el árbol agotado debido a su vejez. Se utiliza en la última etapa del árbol, aproximadamente a partir de los 40 o 50 años

10.7. Fertilización

Aunque el pistachero sea una especie muy rústica, responde bien a ciertas aplicaciones de abonado, sobre todo cuando el nivel de fertilidad del suelo es bajo.

Los factores que influyen en la fertilización son los siguientes: el pH, la textura del suelo, el marco de plantación, la profundidad del suelo, el portainjerto, el mantenimiento, la reserva de nutrientes y el clima.

10.7.1. MACRONUTRIENTES

- Nitrógeno: se considera el nutriente limitante para el crecimiento y rendimiento de los cultivos.

- Fósforo: incrementa la eficiencia en el uso del agua y mejora la calidad, el tamaño y la dehiscencia de los frutos entre otros

- Potasio: mejora la calidad de los frutos así como su maduración, favoreciendo el proceso de fructificación y crecimiento vegetativo.

- Magnesio: está presente en el centro de la molécula de la clorofila y actúa en la formación de frutos.

- Calcio: interviene directamente en el rendimiento productivo, al reducir la acidez del suelo.

10.7.2. MICRONUTRIENTES

- Hierro: se ha demostrado una relación entre el hierro y el peso final del fruto.

- Manganeso: el manganeso es esencial para la síntesis de la clorofila y numerosos procesos enzimáticos.

- Boro: aumenta los niveles de cuajado de frutos y el porcentaje de abiertos, como disminuye el de frutos vacíos.

- Cobre: está presente en varias enzimas y proteínas implicadas en los procesos de oxidación y de reducción

- Zinc: está directamente relacionado con el polen y el desarrollo de la semilla.

10.7.3. PROGRAMA DE ABONADO

En suelos de profundidades mayores a 80 cm el abonado de fondo ejerce una influencia positiva en el desarrollo del árbol y en su producción.

En plantaciones jóvenes, el abonado por regla general no será necesario hasta que los árboles tengan entre 5 y 7 años.

A partir del sexto o séptimo año se recomienda realizar análisis foliares en el mes de julio cada cuatro o cinco años, para conocer el estado nutricional del árbol.

AÑO	NITRÓGENO	FÓSFORO	POTASIO	ZINC	MANGANESO
5	10 -15	10	-	3	2
6	10 – 15	10	-	4	2
7	10 – 15	10	-	5	2
8 y +	40 - 50	25	15 - 30	7 - 10	2 - 4

Tabla 8. Programa de fertilización general de secano y orientativo en Kg/ha. Fuente: "El cultivo del pistacho"

Todas las cantidades de nutrientes expresadas en la tabla son orientativas y pueden modificarse en función de las deficiencias mostradas tras un análisis foliar, y en función de las características del suelo y del tipo de plantación.

10.8. Polinización

Es imprescindible la presencia en la plantación de árboles machos capaces de suministrar el polen a las flores de las variedades femeninas. El objetivo es conseguir la mayor sincronía de floración entre los cultivares masculinos y los femeninos.

El proceso de la polinización en el pistacho es anemófila, es decir, se produce por el efecto del viento. El empleo de abejas no es bueno porque solo son atraídas por las flores masculinas al no tener nectarios las femeninas.

10.8.1. POLINIZACIÓN ARTIFICIAL

Este proceso se realiza en previsión a que en determinados años no se pueda realizar la polinización natural por falta de polen debido a condiciones climatológicas (lluvias persistentes, heladas, etc.)

Deberemos disponer de cultivares machos tempranos de los cuales recogeremos el polen. La técnica empleada es proyectar mediante un fuelle o un dispositivo de aire comprimido hacia los arboles femeninos a favor del viento una cantidad entre 80-100g de mezcla por árbol.

10.9. Cosecha

Cada variedad tiene una fecha aproximada de maduración dependiendo de la genética del cultivar y de las condiciones térmicas de cada año. Para nuestras variedades, se encontrará entre mediados de septiembre e incluso hasta noviembre.

El momento óptimo de madurez de los frutos se puede saber cuando estos sufren los siguientes cambios relevantes:

- El color del epicarpo (capa más externa) es de color verde al principio y cuando está maduro pasa a ser rosa oscuro.
- El mesocarpo (pellejo) es fácil separarlo de la cáscara con los dedos.
- Si algunos frutos han caído al suelo es indicativo de que el momento óptimo de recolección ha pasado.

10.9.1. RECOLECCIÓN

Se suele iniciar cuando el 60 - 70% de los frutos llenos de un racimo se separan fácilmente de su cáscara y se recogerán los frutos de una sola vez, aunque su maduración es escalonada.

La recolección deberá llevarse a cabo en periodos secos ya que un exceso de humedad ambiental, aumenta la posibilidad de que los frutos se contaminen con hongos.

Se realizará una recolección mecánica con cualquier máquina para la cosecha como: un vibrador acoplado al tractor con una malla sobre el suelo, un vibrador de paraguas, un vibrador de ramas, máquinas autopropulsadas y otras posibles combinaciones.

Una vez cogido el fruto, se trasladará hasta una nave o almacén donde se debe proceder a su inmediato pelado antes de las 48 horas o a una planta de procesado.

11. ESTUDIO AGRONÓMICO E HIDRÁULICO

En este anexo se han realizado los cálculos del agua necesaria para la planta, así como el dimensionado de la instalación de riego por goteo.

11.1. Calculo necesidades hídricas.

Para el cálculo de las necesidades totales de los cultivos se tienen en cuenta las necesidades netas (Nn), la eficiencia de aplicación del sistema (Ea), las necesidades de lavado de sales (FL) y la falta de uniformidad de riego

También 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.

- Corrección por efecto de localización: Este método corrige la ET_c basándose en la fracción de área sombreada por la planta. El factor **K₁ es 0.355**.

- Corrección por variación climática: Se aplica este factor porque las necesidades calculadas serían un valor medio y por tanto, insuficiente la mayoría de los años. El factor **K₂ es 1.20**.

- Corrección por advección: Los efectos del movimiento de aire por advección, tienen un efecto considerable en el microclima que afecta al cultivo. Este factor vendrá en función de la naturaleza del cultivo y del tamaño de la superficie regada. El factor **K₃ es 0.96**.

MES	ET _c (mm)	ET _c corregida (mm)	P total (mm)	P efectiva (mm)	Nn (mm/mes)	Nt (mm/mes)
JUNIO	159,6	65,43	58.01	26,83	65,43	97,97
JULIO	206,46	84,64	26.4	16,78	84,64	126,74
AGOSTO	183,83	75,37	39.69	23,93	75,37	112,86
SEPTIEMBRE	91,8	37,63	54.24	26,10	37,63	56,34
OCTUBRE	35,4	14,51	63.64		14,51	21,72

11.2. Dimensionado del riego localizado

Consiste en un riego localizado de alta frecuencia, donde se aplican cantidades muy ajustadas de agua, impidiendo alguna posible acumulación de sales que produjera estrés hídrico a la planta. Para el mes más crítico, julio, las necesidades reales son de 126,74 mm, por lo que dimensionaremos la instalación para poder regar durante un determinado tiempo, todos los días de ese mes.

Dosis de riego

La dosis de riego se considera como las necesidades reales diarias del mes crítico, julio en nuestro caso, por lo que obtenemos el siguiente resultado: 4,08 mm/día

Porcentaje de superficie mojada

En la práctica del diseño, el concepto de porcentaje de suelo mojado se constituye por el “porcentaje de superficie mojada. Tomaremos el valor del 40%.

Área mojada por un emisor

El radio del bulbo húmedo del emisor se calcula mediante diferentes expresiones dependiendo de la textura del suelo, ya que esta influenciará en la forma del bulbo y por lo tanto su radio. Los emisores seleccionados para su instalación son mangueras de polietileno de alta calidad con el gotero incorporado y un caudal nominal de 4l/h.

Con caudal 4 l/hora $D = 1.14m$ $A_e = \pi \times r^2 = 1.02 \text{ m}^2$

Número mínimo de emisores

El resultado es de 16 emisores por árbol, los cuales colocaremos en dos mangueras para mejorar la eficiencia, colocando 8 emisores por manguera y dos mangueras por planta.

Separación entre emisores

Para establecer la separación entre los emisores dentro del lateral de riego, es necesario tener en cuenta el solape mínimo entre los bulbos húmedos. El resultado de la separación entre emisores es de 73 cm, que al no existir en términos comerciales, se situará en 75 cm.

Realizando la comprobación de solapamiento, podemos afirmar que a una separación entre emisores de 75 cm, el porcentaje de solapamiento cumple.

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.

En nuestros cálculos el intervalo entre riegos tomara un valor de 1.

Volumen emitido por el emisor

El volumen de agua emitido por cada emisor se calcula en función de las necesidades diarias, el intervalo entre riegos y el número de emisores por metro cuadrado. El resultado es 10,53 l/día.

Tiempo de riego

El tiempo de riego calculado es de 2 horas y 38 minutos para cada sector por lo que tendremos un tiempo total de riego de 5 horas y 15 minutos para toda la plantación.



11.3. Cálculo del caudal ficticio continuo

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:

$$q_c = \frac{N}{E} \cdot \frac{1}{8.64 \cdot N}$$

Aplicando la anterior formula, obtenemos un caudal característico de 0,52 l/s por hectárea.

12. CALCULO HIDRAULICO

Dividiremos la parcela en dos sectores para optimizar el diámetro de las tuberías y en caso de avería, que no pueda afectar a toda la parcela.

Para el trazado de la red de riego se ha tenido en cuenta el lugar de captación del agua y la colocación de las tuberías lo más rectas posibles para mantener las válvulas alineadas. Se ha intentado siempre que las tuberías vayan por los lindes de la parcela

Los materiales utilizados en la red de distribución son el policloruro de vinilo (PVC) y el polietileno (PE) de alta densidad.

La presión mínima necesaria en la red para el correcto funcionamiento del sistema es de 39,9 mca. Al no ser una presión excesivamente alta, colocaremos todas las tuberías de presión nominal 6 atmosferas para asegurarnos de un correcto funcionamiento de la red.

12.1. Cálculo tolerancia de presiones

Calculamos la tolerancia de presión en la subunidad de riego según Keller con la siguiente fórmula:

$$\Delta H = M (h_a - h_{ns})$$

Una vez conocida la tolerancia de presiones, se reparten por igual entre la tubería lateral y la tubería primaria, dando una pérdida de carga admisible en cada una de 11,25 mca.

12.2. Cálculo pérdidas de carga en ramales portagoteros

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 7 mca.

La presión máxima de trabajo de estos goteros autocompensantes es de 25 mca.

La presión nominal de funcionamiento se toma como referencia en 7

La separación entre laterales (S_0) es de 3,5 m. La separación entre emisores (S_e) es de 0,75 m.

El diámetro nominal es de 16 mm y diámetro interior 13,2 mm.

El caudal del emisor es de 4 l/h

Para el cálculo de las dimensiones de los ramales portagoteros, al ser una finca irregular donde los ramales no miden lo mismo, escogemos el ramal más desfavorable de cada sector, debido a su mayor número de emisores y por tanto mayor necesidad de agua. Para cada modulo tenemos que ver que lateral es el desfavorable y realizar los cálculos en torno a él.

Calcularemos el régimen hidráulico que tendrá la tubería mediante el número de Reynolds, para seleccionar la fórmula más adecuada para el cálculo de la pérdida de carga. El resultado obtenido es 13.901 lo que sitúa el régimen hidráulico en turbulento liso y por tanto utilizaremos la ecuación de Blasius para la perdida de carga unitaria.

El efecto de la conexión emisor-lateral ocasiona una pérdida de carga, que se calcula mayorando la pérdida de carga unitaria calculada por Blasius y cuyo resultado es 0,14 m/m.

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

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

Siendo:

- 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 nuestro caso $F = 0,368$.

Este proceso se repite con el lateral más desfavorable del sector dos y en ambos casos, las pérdidas de carga son menores que las admisibles por lo que cumplen. A continuación se resumen los resultados de estos cálculos en la tabla.

SECTOR	REYNOLDS	J	J'	h_f
1	13.901	0,11	0,14	5,47
2	17.785	0,17	0,22	10,63

12.3. Presión necesaria al inicio del lateral

Al ser laterales alimentados por un extremo y en terrenos horizontales, la presión al inicio del lateral se calcula a partir de la expresión:

$$h_m = h_a + 0,733 h_f$$

Donde:

- h_m = Presión inicial
- h_a = Presión media
- h_f = Perdida de carga por rozamiento.

12.4. Calculo tuberías primarias

Una vez calculada la presión inicial que tenemos que aportar en el lateral más desfavorable de cada modulo, podemos calcular las pérdidas de carga admisibles en la tubería primaria.

Para el cálculo de las pérdidas de carga en la tubería por rozamiento se utiliza la formula general propuesta por Darcy – Weisbach, que corresponde a la siguiente expresión:

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

Donde:

- h_r = Perdida de carga por rozamiento continuo (mca)
- J = Perdida de carga unitaria (m/m)
- L = longitud de la conducción (m)
- f = factor de fricción.
- v = velocidad del fluido en el interior de la tubería (m/s).
- D = Diámetro interior de la conducción (m)
- g = aceleración de la gravedad (m/s^2)

El factor de fricción se ha calculado mediante el diagrama de Moody, el cual nos da un valor de fricción si conocemos el número de Reynolds y la rugosidad relativa.

Para riegos localizados se recomienda que la velocidad media no sobrepase 1,5 m/s.

Realizamos el cálculo de las pérdidas de carga para distintos diámetros interiores, de los cuales seleccionamos los siguientes:

- Para el sector 1: un diámetro interior de 103,6 mm. El resultado de las pérdidas de carga es de 10,01 mca que cumple con las pérdidas de carga admisibles.
- Para el sector 2: un diámetro interior de 103,6 mm. El resultado de las pérdidas de carga es de 10,14 mca, que cumple con las pérdidas de carga admisibles.

En la siguiente tabla podemos observar los valores y resultados para cada sector.

SECTOR	1	2
LONGITUD	180	190
Q ACUMULADO (l/h)	28.288	30.624
f	0,05	0,048
D. interior (mm)	103,6	103,6
TUB. COMERCIAL	110 PN 6	110 PN 6
HR (mca)	10,01	10,14
Presión inicial (mca)	30,01	33,9

12.5. Movimiento de tierras

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

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

La sección tipo de la tubería se compone de una cama de arena de espesor 10 + /10 (cm). Desde la generatriz inferior hasta 30 cm por encima de la generatriz superior, se llenará con material seleccionado de tamaño menor de 2 cm. La parte superior se rellena con material procedente de la excavación.

Total de m^3 excavados para la tubería primaria: 291,6 m^3

13. INSTALACION DE BOMBEO, DISEÑO CABEZAL HIDRAULICO Y ESTUDIO DEL POZO

13.1. Cálculo instalación de bombeo

Para calcular los elementos que constituyen la instalación de bombeo se hace necesario conocer:

- Caudal a impulsar: $0,0085 m^3/s$ ($30,63 m^3/h$).
- Densidad del agua: $1000 Kg/m^3$
- Cota de aspiración: 595 m.s.n.m.
- Cota de descarga: 600 m.s.n.m.
- Longitud tubería aspiración: 5 m

- Longitud tubería de impulsión: 0 m.
- Diámetro de la tubería de impulsión (D_i): 90 mm.
- Temperatura de cálculo: 15 °C
- Velocidad media del agua en la tubería: 1,5 m/s

Debemos conocer la altura manométrica de elevación para poder dimensionar la instalación. El resultado es de 39,9mca.

13.2. 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.
- ρ : Densidad del agua, en Kg/m^3 .

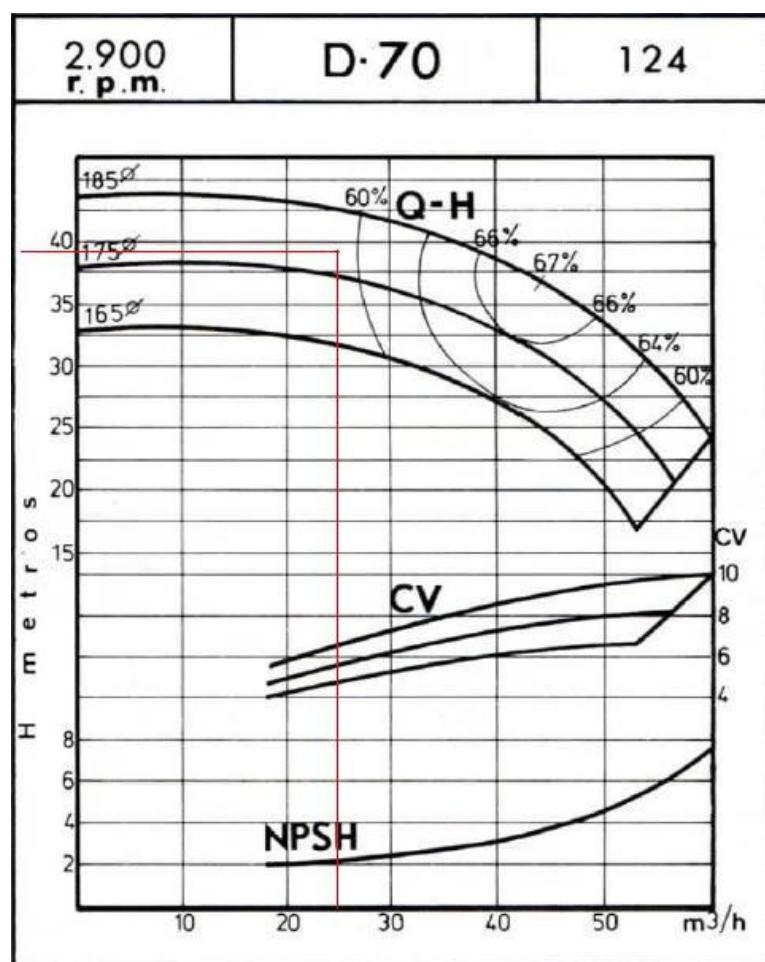
Para que la bomba pueda aportar la potencia útil al flujo es necesario que reciba una potencia mayor para compensar los rendimientos, las perdidas eléctricas y por rozamientos del motor.

Por lo tanto el resultado final es que nuestra bomba necesita una potencia de 8 CV.

13.3. Elección del equipo de bombeo

Para cumplir con las necesidades de la instalación tanto en caudal como en altura manométrica, se necesita un equipo de bombeo que suministre un caudal total de $30'63 m^3/h$ y una altura de 39,9 mca, así como un motor que desarrolle aproximadamente 8 CV.

Consultando los diferentes catálogos comerciales, se opta por la instalación de la siguiente electrobomba cuya curva característica es la siguiente:



Se establece como punto de funcionamiento de la bomba el que resulta de la intersección de las dos rectas, por lo que se exigirá al fabricante de la bomba, un recorte de rolete a 180mm.

13.4. Estudio de cavitación

Para realizar este cálculo se necesita conocer la temperatura máxima a la que se estima que puede funcionar la bomba en servicio normal, estableciéndose en 40°C.

Calcularemos la altura neta de aspiración, con la siguiente fórmula:

$$NPSH(A) = \frac{P_{atm}}{\gamma} - H_a - h_a - h_v - h_t$$

Cuyo resultado es 4,19 mca. Según la grafica anterior la bomba tiene un NPSH(R) de 3 mca. No se producirá cavitación porque se cumple que $NPSH(A) > NPSH(R) + 0,5m$.

13.5. 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.

- CÁLCULO DEL TIEMPO DE PARADA DE LA BOMBA.

Se calcula según la expresión de E. Mendiluce. El resultado obtenido del tiempo de parada de la bomba es 0,29 segundos.

-CÁLCULO DE LA CELERIDAD DE LA ONDA Y DE LA LONGITUD CRÍTICA.

La celeridad de onda o velocidad a la cual se propaga se define con la siguiente expresión:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48'3 + K \frac{D}{e}}}$$

Siendo:

- D = diámetro interior del tubo (mm).
- e = espesor del tubo, (mm).
- K = coeficiente que depende del material de la tubería. Para PVC, $K = 33'3$

Cuyo resultado es 330,65 m/s. En este caso nos encontramos en la siguiente situación: $T > \frac{2L}{a}$, siendo L la longitud de la tubería en m, se trata de un cierre lento y se utiliza la fórmula de Michaud.

-CÁLCULO DE LA SOBREPRESIÓN DEBIDA AL GOLPE DE ARIETE

Utilizamos la fórmula de Michaud cuyo resultado es de 5,27 mca, con lo que la presión máxima que se produce en las tuberías cuando se para la bomba es de 10,27 mca.

-ELECCION DEL TIMBRAJE

Disponiendo de un timbraje de 0,6 MPa sería suficiente para que no hubiera problemas de fisuración causados por un exceso de presión. Este timbraje soporta presiones de hasta 60 metros de columna de agua, con presión de rotura por norma a 240 mca que es superior a la presión máxima de cálculo.

14. DISEÑO CABEZAL DE RIEGO

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, etc.). El cabezal irá instalado en la caseta prefabricada de hormigón.

Los elementos que forman parte del cabezal de riego son los siguientes:

- Filtros de arena.
- Filtro de malla.
- Contador de agua.

14.1. Cálculo filtros de arena

Es necesario determinar las siguientes características:

- Tipo de arena: Para seleccionar la arena se recomienda que solo se elija de un tipo. Se recomienda evitar que sea friable (para que no se vaya dividiendo con el uso) y no atacable por los ácidos.

- Espesor de la capa: se recomienda no colocar una capa de arena menor de 50 cm de espesor, por lo que nuestra capa será de 60cm.

- Superficie filtrante: Se adoptará el criterio de que la velocidad media del agua no supere los $60 \text{ m}^3/\text{h}$ por m^2 de superficie de filtro. Estableceremos 2 filtros de arena en paralelo, para que cada filtro se pueda lavar con agua limpia procedente del otro. Por lo tanto tendremos una superficie de 0.305 m^2 . De acuerdo a los tamaños comerciales, colocaremos filtros de arena de 700 mm, modelo FAB-700.

- 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). Dicha perdida de carga no superará los 3 mca dado que instalaremos presostatos que actuarán llegados a esa carga, para ahorrar energía en el bombeo de agua.

14.2. Cálculo filtros de malla

Para seleccionar el filtro de malla, tenemos que elegir el tipo de malla y la superficie del filtro.

El tipo de malla depende del caudal y el número de aperturas que contiene. Siguiendo el criterio de que el tamaño del orificio sea 1/7 el diámetro de paso del gotero, elegiremos una malla de acero de 150 mesh.

La superficie del filtro se calcula en función del caudal, incrementándolo un 20% por márgenes de seguridad. El resultado es de $0,082 \text{ m}^2$. El filtro seleccionado es un filtro automático de acero inoxidable de 3", cuya área de filtrado es de 1140 cm^2 .

14.3. Cálculo contador de agua

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, con una pérdida de carga de 0,8 mca.

14.4. Perdida de carga total en el cabezal

Las pérdidas de carga no deberán ser superiores a los valores indicados, ya que los preostatos están tarados para ese valor para no perder energía. La perdida de carga total en el cabezal es de 6 mca.

15. ESTUDIO DEL POZO

Para el caudal que necesitamos en la plantación, hemos trabajado durante todo el aforo con un caudal de extracción de 8,6 l/s, ya que nuestro objetivo es obtener **31.000 l/hora** para el sector más exigente.

Conforme avanza el tiempo de extracción de agua del pozo, el nivel del pozo desciende. En el comienzo presenta un descenso equilibrado (en la primera hora desciende 1,29m) lo que indica que mantiene bien la extracción de agua.

A partir de la hora y media de funcionamiento de la extracción, el nivel dinámico ha disminuido con mayor pendiente hasta llegar a los 4,19m a las 3 horas y 20 minutos.

Esta disminución ha continuado hasta alcanzar los 6 m aproximadamente, cuando el pozo se ha estabilizado y el nivel dinámico no ha variado, por lo que hemos concluido el estudio de aforo de este pozo con un descenso de 6,49 m.

También se ha realizado un estudio de recuperación del pozo, el cual afirma que le cuesta recuperarse aproximadamente 2 horas, por lo que nos hallamos ante un pozo de buenas características.

16. ESTUDIO VIABILIDAD

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

El estudio de rentabilidad económica:



	Pago de inversión (€)	Pagos ordinario (€)	Pagos extraordinario (€)	Cobros ordinario (€)	Cobros extraordinario (€)	Flujo de caja anual (€)
AÑO 0	44.044,67	0		0		-44.044,67
AÑO 1		3560		0		-3.560,00
AÑO 2		3208		0		-3.208,00
AÑO 3		2856		0		-2.856,00
AÑO 4		2808		0		-2.808,00
AÑO 5		3496		0		-3.496,00
AÑO 6		4764		0		-4.764,00
AÑO 7		6032		4200		-1.832,00
AÑO 8		6072		11200		5.128,00
AÑO 9		6928		14000		7.072,00
AÑO 10		7704		18200		10.496,00
AÑO 11		7704		25200		17.496,00
AÑO 12		7704		25200		17.496,00
AÑO 13		7704		25200		17.496,00
AÑO 14		7704		25200		17.496,00
AÑO 15		7704		25200		17.496,00
AÑO 16		7704		25200		17.496,00
AÑO 17		7704		25200		17.496,00
AÑO 18		7704		25200		17.496,00
AÑO 19		7704		25200		17.496,00
AÑO 20		7704		25200		17.496,00
AÑO 21		7704		25200		17.496,00
AÑO 22		7704		25200		17.496,00
AÑO 23		7704		25200		17.496,00
AÑO 24		7704		25200		17.496,00
AÑO 25		7704		25200		17.496,00
AÑO 26		7704		25200		17.496,00
AÑO 27		7704		25200		17.496,00
AÑO 28		7704		25200		17.496,00
AÑO 29		7704		25200		17.496,00
AÑO 30		7704		25200		17.496,00
AÑO 31		7704		25200		17.496,00
AÑO 32		7704		25200		17.496,00
AÑO 33		7704		25200		17.496,00
AÑO 34		7704		25200		17.496,00
AÑO 35		7704		25200		17.496,00
AÑO 36		7704		25200		17.496,00

AÑO 37		7704		25200		17.496,00
AÑO 38		7704		25200		17.496,00
AÑO 39		7704		25200		17.496,00
AÑO 40		7704		25200		17.496,00
TOTAL		278.548		806.400		483.807,33

Valores calculados mediante una hoja Excel con los siguientes resultados:

- Valor Actual Neto (3%)= 285.522
- Tasa Interna de Rentabilidad: 11%.

Observando los parámetros analizados en la evaluación financiera, podemos afirmar que el proyecto es rentable y se puede autofinanciar con los ingresos generados por el mismo.

17. BIBLIOGRAFÍA

- ACAR, I. AK, B.E. KUZDERE, H. "An investigation on artificial pollination facilities in pistachios by using an atomizer". *Cahiers Options Méditerranéennes*. (2001)
- ALLEN, R.G. PEREIRA, L.S. RAES, D. SMITH, M. *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Estudio FAO. Riego y drenaje. (2006)
- ARZANI, K. GHASEMI, M. YADOLLAHI, A. HOKMABADI, H. "Study of foliar epidermal anatomy of four pistachio rootstocks under water stress" *Idesia*. Vol.31 nº 1. (2013).
- BATLLE, I. ROMERO, M.A. VARGAS, F.J. (2000). *Posibilidades del cultivo del pistachero en España*. IRTA
- COUCEIRO LÓPEZ, J.F. et all. "Pistacho ecológico: el oro verde" *La fertilidad de la tierra*. Nº 32 (2008).
- COUCEIRO LÓPEZ, J.F. et all. (2013). *El cultivo del pistacho*. Madrid: Mundiprensa.
- DOTER, M.A. MICHAILIDES, T.J. GOLDHAMER, D.A. MORGAN, D.P. "Insufficient spring irrigation increases abnormal splitting of pistachio nuts" *California agriculture*. Vol. 55, Num. 4 (2001).
- FONTANET, X. VILA, A. (2014). *Plagas y enfermedades en hortalizas y frutales ecológicos. Prevenir, identificar y tratar con métodos ecológicos*. Estella: La fertilidad de la tierra.
- GIJÓN LÓPEZ, M.C. MORIANA, A. GUERRERO VILLASEÑOR, J. COUCEIRO LÓPEZ, J.F. "La variación del diámetro del tronco en la programación de riego de pistacho ¿una nueva herramienta?" *Fruticultura profesional*. Nº 169. (2007).
- GIJÓN LÓPEZ, M.C. et all. "Riego deficitario controlado en olivo y pistachero". *Agricultura*. Junio (2010).
- GUERRERO VILLASEÑOR, J. MORIANA ELVIRA, A. COUCEIRO LÓPEZ, J.F. "La operación de injerto en pistachero (*Pistacia vera L.*). Condicionantes en Castilla La Mancha. *Fruticultura profesional*. Nº 140. (2004).
- GUERRERO VILLASEÑOR, J. et all. "El pistacho ecológico de Castilla-La Mancha". *Agricultura*. Pág. 482–487 (2004).
- GUERRERO VILLASEÑOR, J. et all. "El pistachero: elección de variedad y portainjerto en Castilla La Mancha" *Fruticultura profesional*. Nº 150. (2005)
- GUERRERO VILLASEÑOR, J. et all. "Requerimientos edafoclimático y material vegetal para el cultivo del pistachero" *Agricultura*. Julio (2010).
- GUERRERO, J. et all. "Regulated deficit irrigation and the recovery of water relations in pistachio trees" *Tree physiology*. 26, 87-92. (2005)
- GOLDHAMER, D.A. MICHAILIDES, T.J. MORGAN, D.P. "Buried drip irrigation reduces fungal disease in pistachio orchards" *California agriculture*. Julio-agosto (2002).
- HERRADÓN, E. NUÑEZ, J.P. "El pistachero: interesante alternativa de cultivo en España". IV Congreso de estudiantes universitarios de ciencia, tecnología e ingeniería agronómica. (2011)
- LACASTA, C. VADILLO, J.R. GÓMEZ, G. COUCEIRO, J.F. "El pistachero I: Estudio de variedades en secano y manejo ecológico". *VI Congreso SEAE*. (2004).

- LACASTA, C. VADILLO, J.R. MAYO, F. COUCEIRO, J.F. "El pistachero II: Estudio fenológico y económico. *VI Congreso SEAE*. (2004)
- LACASTA, C. VADILLO, J.R. (2008). *El pistachero, una alternativa de cultivo en los ambientes semiáridos españoles para el cambio climático*. CSIC.
- LUEDELING, E. "Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production: A review" *Scientia horticulturae*. 144, (2012).
- MARTÍNEZ BURGOS, E. MEMMI, H. PÉREZ LÓPEZ, D. "Rentabilidad del cultivo del pistachero". *Vida rural*. Abril (2015).
- MELGAREJO NÁRDIZ, P. et all. *Patógenos de plantas descritos en España*. Ministerio de medio Ambiente y medio rural y marino. Gobierno de España.
- MICHAILIDES, T.J. MORGAN, D.P. "Effects and wetness duration on infection of pistachio by *Botryosphaeria dothidea* and management of disease by reducing duration of irrigation". *Phytopathology*. Vol. 82, nº12. (1992).
- PIZARRO CABELLO, F. (1996). *Riegos localizados de alta frecuencia*. Madrid: Mundi-Prensa.
- RODRIGO LÓPEZ, J. HERNÁNDEZ ABREU, J.M., PÉREZ REGALADO A., GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, J.F. (1992). *Riego localizado*. Madrid: Mundi-prensa.
- ROLANDO HERNANDEZ, S. et all. "Fertilización orgánica complementada con inorgánica en pistacho: efecto sobre la dinámica nutricional foliar y rendimiento". *Revista mexicana de ciencias agrícolas* Vol. 5, Num.4, (2014).
- ZHANG, J. TAYLOR, C. "The dynamic model provides the best description of the chill process on 'sirora' pistachio trees in Australia". *Hortscience*. 46, 3 (2011).

17.1. Páginas web visitadas

- <http://www.fao.org/docrep/w9474t/w9474t06.htm>
- <http://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/index.cfm?whichLanguage=Spanish>
- <http://catalogo.rebiun.org/rebiun/search?start=0&rows=12&q=pistacia+vera>
- http://www.actahort.org/members/showpdf?booknrnr=726_52
- <http://pagina.jccm.es/agricul/chaparrillo/chaparrillo.htm>
- <http://chil.org/produccion-vegetal/group/pistacho/document/el-riego-deficitario>
- <http://nt.ars-grin.gov/taxadescrptions/factsheets/pdfPrintFile.cfm?thisApp=Pileolariaterebrinthi>
- <http://link.springer.com/article/10.1007/s10658-005-3120-9#page-1>
- <http://link.springer.com/article/10.1071/AP09044#/page-1>
- <http://www.mapress.com/zoosymposia/content/2011/v6/f/v006p180-192.pdf>
- <http://www.catalogueoflife.org/>
- <http://www.mapama.gob.es/>
- <http://www.golfdeguara.es/contenidos/index.php/el-club/meteorologia>