

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

*NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA*

***TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO
DE LA PARCELA DE MENDIGORRÍA
POLÍGONO 6, PARCELA 199***

presentado por

LEIRE ELORZ ALDEA-k

aurkeztua

**INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA EN EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS
NEKAZARITZAKO INGENIARI TEKNIKOA NEKAZARITZA ETA ABELTZAINZA
USTIAPENAK BEREZITASUNA**

FEBRERO 2016
2016ko OTSAILA

RESUMEN

El objetivo de este proyecto fin de carrera es la transformación de secano a regadío de la parcela 199 del polígono 6 del término municipal de Mendigorria (Navarra) que tiene una superficie de 13,41 hectáreas.

La parcela elegida está dentro del Sector II.2 del Canal de Navarra, pero sin la instalación en parcela hecha por lo que se dedica a cultivos de secano. Sería interesante realizar la transformación en regadío para poder implantar cultivos con mayor rendimiento y mejores agrónomicamente, ya que se podrá pensar en una rotación de cultivos adecuada a las condiciones ambientales de la zona.

Con el fin de obtener una adecuada uniformidad del riego, se ha empleado un sistema de riego por aspersión que adopta una disposición de 15 metros entre líneas de aspersores y 18 metros entre aspersores de la misma línea.

Con el objetivo de la correcta realización de este proyecto, se han realizado diferentes estudios referentes a la climatología del lugar, edafología, necesidades hídricas de cultivos, calidad del agua de riego, estrategia de riego, diseño de la red de distribución y estudio de viabilidad económica.

ÍNDICE

1. DOCUMENTO 1: MEMORIA Y ANEJOS
2. DOCUMENTO 2: PLANOS
3. DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES
4. DOCUMENTO 4: PRESUPUESTO

DOCUMENTO 1: MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

INDICE

1. OBJETO DEL PROYECTO
2. LOCALIZACIÓN
3. SUPERFICIE REGABLE Y UNIDADES DE RIEGO
4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA
 - a. EDAFOLOGÍA
 - b. CLIMATOLOGÍA
 - c. CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO
5. ROTACIÓN DE CULTIVOS PROPUESTA
6. BALANCE HÍDRICO
 - a. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ET₀)
 - b. DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE CULTIVO (K_c)
 - c. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE AGUA DE LOS CULTIVOS
7. SISTEMA Y ESTRATEGIA DE RIEGO ADOPTADA
8. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS
9. ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO
10. PRESUPUESTO

1. OBJETO DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto fin de carrera es la transformación de secano a regadío de la parcela 199 del polígono 6 del término municipal de Mendigorriá (Navarra), que tiene una superficie de 13,41 hectáreas.

La parcela elegida está dentro del Sector II.2 del Canal de Navarra, pero sin la instalación en parcela hecha por lo que se dedica a cultivos de secano. Sería interesante realizar la transformación en regadío para poder implantar cultivos con mayor rendimiento y mejores agrónomicamente, ya que se podrá pensar en una rotación de cultivos adecuada a las condiciones ambientales de la zona.

Con el fin de obtener una adecuada uniformidad del riego, se ha empleado un sistema de riego por aspersión que adopta una disposición de 15 metros entre líneas de aspersores y 18 metros entre aspersores de la misma línea.

Se realiza el diseño de la red de distribución de agua, compuesta por tuberías principales y secundarias de PVC, tuberías porta-aspersores de PE, aspersores circulares y sectoriales y demás elementos necesarios para asegurar una correcta distribución del agua por la parcela.

Con el objetivo de la correcta realización de este proyecto, se han realizado diferentes estudios referentes a la climatología del lugar, edafología, necesidades hídricas de cultivos, calidad del agua de riego, estrategia de riego, diseño de la red de distribución y estudio de viabilidad económica.

2. LOCALIZACIÓN

La parcela objeto de este proyecto está ubicada en el término municipal de Mendigorriá, provincia de Navarra (Plano N° 1). Está situada entre los municipios de Mendigorriá y Artajona, lindando con la carretera que une dichos municipios.

El término municipal de Mendigorriá limita con:

Al norte: Términos municipales de Obanos, Puente la Reina y Mañeru.

Al sur: Término municipal de Larraga.

Al este: Término municipal de Artajona

Al oeste: Términos municipales de Cirauqui, Villatuerta y Oteiza.

3. SUPERFICIE REGABLE Y UNIDADES DE RIEGO

De acuerdo con las directrices expuestas en la Ley Foral de Reforma de Infraestructuras Agrícolas de marzo de 2002, y con el objeto de asegurar la viabilidad económica de la transformación, la parcela elegida para la transformación de secano a regadío, cumple con el requisito de alcanzar la superficie mínima por unidad de riego de 5 hectáreas.

La parcela objeto de transformación pertenece al Sector II.2 del Canal de Navarra, tiene una superficie de 13,41 hectáreas y 2 hidrantes de donde abastecerse, el H376A y H376B.

4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

A fin de comprobar la existencia de unas condiciones apropiadas para la transformación en regadío de la parcela objeto del proyecto, se han analizado diversos aspectos de interés tales como:

a. EDAFOLOGÍA

Con objeto de asegurar la viabilidad del proyecto, se ha hecho un estudio edafológico referente a la zona objeto de la transformación. De este modo, se busca descartar la existencia de factores edáficos que resulten limitantes tanto para los cultivos propuestos en la rotación de cultivos como para la aptitud al riego de los mismos.

Nos encontramos ante un suelo cuya textura es franco-arcillo-limosa. Según los análisis el suelo a estudio ha quedado clasificado como básico, con un grado de presencia de caliza calificado como normal y una capacidad de intercambio catiónico normal.

Las características edafológicas de la parcela a estudio queda expuesta con mayor detalle en el “Anejo I: Estudio edafológico”

b. CLIMATOLOGÍA

El estudio climático de la zona ha sido realizado a partir de los datos de la estación automática de Artajona, perteneciente al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Para este punto también se ha consultado el “Estudio Agroclimático de Navarra”.

La zona a estudio tiene una precipitación media anual de 453,38 mm y una temperatura media anual de 12,91°C. el mes más cálido es julio con una temperatura media de 21,81°C y el mes más frío es el de diciembre, con una temperatura media de 4,89°C.

Respecto a las precipitaciones se ha visto que los meses más lluviosos son marzo, abril, mayo y octubre, siendo los meses menos lluviosos los de julio y agosto. El periodo libre de heladas está comprendido entre el 20 de abril y el 31 de octubre.

Según la clasificación climática de Papadakis, la zona afectada por este proyecto de transformación es perteneciente a la Zona Agroclimática V, poseyendo un clima “Mediterráneo templado”, un régimen de humedad “Mediterráneo seco”, un tipo de invierno av (avena fresco) y un tipo de verano O (arroz), siendo su fórmula climática: avOMe.

Los cultivos propuestos en la rotación de cultivo para esta transformación es: espinaca, cebada, maíz dulce, habas, maíz semilla y trigo, no presentando limitaciones agroclimáticas por lo que estos cultivos se adaptan perfectamente a las condiciones climáticas de la zona.

La información sobre la climatología de la zona viene recogida en el “Anejo II: Estudio Climático”.

c. CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

El agua de la que regará la parcela será la transportada por el Canal de Navarra. Los resultados analíticos de la misma han sido facilitados por Canal de Navarra S.A. y son los recogidos el 15 de mayo de 2013.

Hay muchos factores capaces de limitar el uso del agua para regadío. Los parámetros más importantes utilizados para evaluar la calidad del agua han sido los índices de primer grado (pH, contenido en sales, conductividad eléctrica e iones específicos) y segundo grado (coeficiente alcalinimétrico, S.A.R., carbonato sódico residual y dureza del agua). Se han utilizado normas combinadas con el objetivo de interpretar la calidad del agua de riego, cuya metodología se rige según las directrices de la F.A.O., así como normas combinadas postuladas por Wilcox y H. Green.

Tal y como se observa en el “Anejo III: Estudio de la calidad del agua de riego”, se ha llegado a la conclusión de que el agua de riego es calificado como apta para el riego.

5. ROTACIÓN DE CULTIVOS PROPUESTA

La rotación de cultivos es la técnica agrícola basada en la sucesión ordenada de cultivos en una misma parcela, así el objetivo será el desarrollo de sistemas de producción diversificados que aseguren la sostenibilidad del suelo promoviendo cultivos que se alternen en el tiempo para obtener ventajas tanto agronómicas como económicas.

Con la transformación de la parcela a regadío se pretende lograr un incremento en la productividad de los cultivos. Para ello se ha implantado un sistema de riego por aspersión cuya eficiencia de aplicación está cercana al 75% y que permitirá cumplir con los objetivos.

La alternativa propuesta incluye una rotación de espinacas, cebada, maíz dulce, habas, maíz semilla y trigo.

En el “Anejo IV: Rotación de cultivos propuesta”, se describen las características de cada cultivo utilizados en la rotación, los periodos de siembra y cosecha de estos cultivos y el calendario de riego.

6. BALANCE HÍDRICO

Con objeto de determinar los caudales necesarios en la red de distribución y poder dimensionar la misma, se hace indispensable realizar en primer lugar el cálculo de las necesidades hídricas de cada uno de los cultivos propuestos en la alternativa.

Estos cálculos se realizan en base a:

1. Cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia, ET_0 .
2. Determinación de los diferentes coeficientes de cultivo, K_c .
3. Cálculo de las necesidades de agua de los cultivos a partir de los valores de ET_0 , coeficiente de cultivo (K_c), precipitación efectiva (P_{ef}) y eficiencia del riego (E_a).

a. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ET_0)

El cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_0) ha sido realizado mediante las metodologías propuestas por Penman-Monteith a partir de datos climatológicos obtenidos de la estación meteorológica de Artajona.

	ET ₀ (mm/mes)
Enero	25,36
Febrero	41,39
Marzo	71,74
Abril	95,40
Mayo	133,37
Junio	174,25
Julio	201,66
Agosto	173,55
Septiembre	116,10
Octubre	71,73
Noviembre	34,30
Diciembre	22,13

b. DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE CULTIVO (K_c)

Este término hace referencia al tipo de cultivo seleccionado, a la fase de desarrollo en que se encuentre y a las condiciones climáticas que predominen en la zona. En este aspecto, mientras la ET₀ representa un indicador de la demanda climática, el valor de coeficiente de cultivo K_c varía principalmente en función de las características particulares del cultivo, variando únicamente en una pequeña proporción en función del clima. Normalmente se distinguen cuatro etapas de crecimiento del cultivo que se muestran con detalle en el “Anejo V: Necesidades hídricas”. A continuación se detallan los valores de K_c utilizados, proporcionados por INTIA, para cada cultivo propuesto:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ESPINACA								0,50	0,99	0,16		
CEBADA	0,33	0,39	0,69	1,01	0,92	0,29					0,29	0,33
MAÍZ DULCE						0,13	0,74	1,05	0,61			
HABA	0,50	0,71	0,89	1,00	1,00					0,10	0,29	0,32
MAÍZ SEMILLA					0,39	0,67	1,07	1,10	0,64	0,35		
TRIGO	0,33	0,39	0,69	1,01	0,92	0,29					0,29	0,33

c. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE AGUA DE LOS CULTIVOS

De acuerdo con el enfoque del coeficiente del cultivo, la evapotranspiración del cultivo, ET_c, se calcula como el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia, (ET₀) y el coeficiente del cultivo (K_c). El valor de ET_c hace referencia a las necesidades mensuales totales de agua que requiere cada cultivo, que deberán ser cubiertas ya sea por medio de lluvia, o bien mediante la aplicación en este caso, de riego por aspersión.

Respecto a la precipitación efectiva (P_{ef}), se ha considerado como precipitación esperable mensual la correspondiente a un nivel de probabilidad de ocurrencia del 75%. Los valores medios de precipitación han sido obtenidos a partir de las mediciones recogidas en la estación meteorológica de Artajona durante el periodo de tiempo comprendido entre 2004 y 2014.

Asimismo, se ha seleccionado la eficiencia de aplicación de riego por aspersión (%) según la altura de agua aplicada (mm), la evapotranspiración máxima (mm/día) y la velocidad media del viento (km/h). En este caso se ha consultado la Tabla.4 (Consultar: “Anejo V: Necesidades hídricas”) y se acuerda aplicar una eficiencia del riego por aspersión del 75%.

De esta forma, el conjunto de cálculos desarrollados dan como resultado unas necesidades de riego brutas para cada cultivo y mes del año. Tras los cálculos efectuados acerca de las necesidades hídricas de cada cultivo, puede apreciarse como el maíz semilla es el cultivo que demanda una mayor cantidad de agua siendo ésta de 151,38 mm y correspondiendo al mes de julio. Dicho valor se utilizará posteriormente para el óptimo diseño de la red de distribución.

7. SISTEMA Y ESTRATEGIA DE RIEGO ADOPTADA

Para realizar este proyecto se ha adoptado un marco de riego triangular denominado comúnmente al tresbolillo. Resulta una disposición satisfactoria debido a su alta uniformidad de riego y a su gran versatilidad. Posee una distancia entre ramales de 15 metros, mientras que la separación entre aspersores del mismo ramal es de 18 metros.

Este marco de riego permite que la maquinaria que se posee para los cultivos de secano, se puedan seguir utilizando para el regadío.

Los aspersores elegidos trabajan a una presión de funcionamiento de 3,5 kg/cm², emitiendo un caudal de 1.790 l/h los aspersores circulares, mientras que los aspersores sectoriales emiten un caudal de 1.100 l/h.

8. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

El conjunto de obras necesarias para la realización de este proyecto comprende las relativas a la red de distribución.

Está previsto realizar las obras de instalación del riego en abril, una vez terminado el periodo de lluvias.

a. TUBERÍAS PRIMARIAS

Este tipo de conducciones fabricadas en PVC son las encargadas de transportar el agua desde los hidrantes hasta la cabecera de cada sector, punto de conexión con las tuberías secundarias. En este caso, al haber 2 hidrantes, de cada uno de ellos sale una tubería primaria, y cada una de estas tuberías primarias abastecerá a 7 sectores de riego. En el Plano N° 4 se puede observar el trazado en planta.

b. TUBERÍAS SECUNDARIAS

Fabricadas en PVC permiten transportar el agua desde la cabecera de cada sector hasta las tuberías porta-aspersores. En el Plano N° 4 se puede ver la distribución que seguirán en cada sector de riego. Los diámetros internos variaran entre 40 y 125 mm. En el “Anejo VI: Diseño y dimensionamiento de la red de distribución” se explica el proceso seguido para el óptimo dimensionamiento de las mismas.

c. TUBERÍAS PORTA-ASPERORES

Son las encargadas de transportar el agua desde las tuberías secundarias hasta cada uno de los aspersores. Todas ellas tendrán un diámetro de 32 mm y estarán fabricadas en PEAD (Polietileno de alta densidad). En el Plano N° 4 puede verse la ubicación de cada una de ellas en cada sector de riego.

9. ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO

Previo a la realización de cualquier proyecto es indispensable analizar la viabilidad económica del mismo. De esta forma, en un proyecto de estas características que precisa de una inversión inicial importante, es de vital importancia el realizar un análisis pormenorizado con el fin de justificar el plazo en que se recuperará la inversión, momento a partir del cual comenzará a ser rentable la instalación.

Por los motivos anteriormente expuestos, se ha realizado un estudio económico-financiero considerando una serie de indicadores de rentabilidad. En el caso de este proyecto, los índices de rentabilidad utilizados muestran los siguientes valores:

- Valor Anual Neto (VAN) para una Tasa de Actualización del 5%: 35.939,31€
- Tasa Interna de Rendimiento (TIR): 11%
- Plazo de recuperación de la inversión: 10 años

Atendiendo a lo mostrado en el “Anejo VII: Evaluación Económica y Financiera”, se observa que el presente proyecto es viable desde el punto de vista económico-financiero.

10. PRESUPUESTO

A continuación se expone el presupuesto que configura el Documento Nº 4 Presupuesto.

RED DE DISTRIBUCIÓN	38.225,27 €
MECANISMOS Y AUTOMATIZACIÓN	5.425,91 €
SEGURIDAD Y SALUD	938,70 €
MAQUINARIA	45.000,00 €
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	89.589,88 €
6% Beneficio Industrial	5.375,39 €
13% Gastos Generales	11.646,68 €
21% IVA	18.813,87 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA	125.425,83 €

BIBLIOGRAFÍA

“*Análisis de la Economía de los sistemas de producción. Año 2013*”. Consultado en <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/B349318A-7D3D-4C9C-8B35-B08CF3D5DCA7/305818/analisisdelaeconomiadelosistemasdeproduccion2013.pdf>

“*Análisis químico de suelos y aguas*”. Marín García, M.L. (3). Editorial UPV.

“*Caracterización Agroclimática de Navarra*”. 1986. Elías Castillo, F. y Ruiz Beltrán, L. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

“*Evaluación financiera de inversiones agrarias*”. Romero, C. 1998, Mundi-Prensa.

“*Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*”. Estudio FAO Riego y Drenaje – Estudio nº56. Consultado en <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf>.

“*Meteorología y climatología de Navarra*”. Consultado en <http://meteo.navarra.es/estaciones/estacion.cfm?IDEstacion=264>

“*Normas combinadas y directrices para evaluar la calidad del agua*”. Consultado en <http://mie.esab.upc.es/arr/T29E.htm>

“*Técnicas de riego*” 4ª Edición. Fuentes Yagüe, J.L., 2003. Editorial Mundi-Prensa. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

“*Tratado de Fitotecnia General*”. Urbano Terrón, P. 1995. Editorial Mundi-Prensa.

ANEJOS

ÍNDICE

ANEJO I: ESTUDIO EDAFOLÓGICO

ANEJO II: ESTUDIO CLIMÁTICO

ANEJO III: ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

ANEJO IV: ROTACIÓN DE CULTIVOS PROPUESTA

ANEJO V: NECESIDADES HÍDRICAS

ANEJO VI: DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

ANEJO VII: EVALUACIÓN ECONÓMICO-FINANCIERA

ANEJO I:

ESTUDIO EDAFOLÓGICO

INDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. EDAFOLOGÍA DEL TERRENO
3. INTERPRETACION DE RESULTADOS

1. INTRODUCCIÓN

Desde la Cooperativa Agrícola Caja Rural de Artajona se ha proporcionado un análisis de suelo de unas parcelas cercanas a la elegida para este proyecto, con el objetivo de descartar la existencia de factores edáficos que resulten limitantes tanto para los cultivos de la rotación propuesta como para la aptitud al riego de los mismos.

En la siguiente foto se localizan la parcela elegida en este proyecto y las parcelas del análisis proporcionado, polígono 6, parcelas 154,155, 156 y 157 del término municipal de Mendigorria.



2. EDAFOLOGÍA DEL TERRENO

Para el estudio edafológico se ha utilizado información proporcionada por la Cooperativa Agrícola Caja Rural de Artajona y por el Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA).

RESULTADOS ANALÍTICOS

ANÁLISIS QUÍMICO		
Mat. Org. Oxidable	2,15	%
Fósforo asimilable	25,4	mg/kg
Potasio asimilable	207,1	mg/kg
Calcio asimilable	2625	mg/kg
Magnesio asimilable	194,2	mg/kg
Cloruros	0	meq/l
Relación K/Mg	0,3	
Relación Ca/Mg	8,2	
pH en agua (1:2,5)	8,4	
Conductividad eléctrica	0,53	dS/m
Yeso	0	%

Tabla 1. Resultados del análisis químico.

En los análisis proporcionados por la Cooperativa de Artajona, no aparecen los porcentajes de arena, limo y arcilla en el suelo por lo que este dato se obtiene mediante los análisis que INTIA realiza para hacer mapas de suelos en Navarra.

Según los datos de INTIA la textura de suelo de la parcela objeto de este proyecto es franco-arcillo-limosa. También aparece la relación C/N que es de 8,46.

A continuación se exponen los principales factores edáficos que han de tenerse en cuenta en las transformaciones de una parcela a regadío.

- Textura.
- Drenaje superficial e interno.
- Profundidad efectiva para el desarrollo de las raíces.
- pH.
- Pedregosidad.
- Salinidad / Sodicidad.
- Presencia de caliza (CaCO_3).
- Materia orgánica.
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

TEXTURA

Describe la abundancia relativa de diversas fracciones de la fase sólida del suelo establecidas según diversos criterios. Cada término textural corresponde con una determinada composición cuantitativa de arena, limo y arcilla. De esta forma, se considera que un suelo presenta buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen, brindan a la planta un soporte que permita un buen desarrollo radicular y un adecuado nivel de nutrientes.

Para separar las distintas fracciones granulométricas anteriormente citadas es necesario establecer los límites entre cada una de ellas, siendo los criterios adoptados algo arbitrarios. Los más comunes son los propuestos por la Sociedad Internacional de Ciencias del Suelo (ISSS) y los sugeridos por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA).

A continuación se muestra la Tabla 2 con la clasificación granulométrica propuesta por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA):

Clasificación	Fracciones	
	Denominación	Diámetro (micras)
USDA Simple	Arena	50 - 2.000
	Limo	2 - 50
	Arcilla	< 2

Tabla 2. Clasificación granulométrica según criterio USDA.

Las combinaciones posibles de los porcentajes de arena, limo y arcilla pueden agruparse en unas pocas clases de tamaños o clases texturales. Cada clase textural implica determinadas propiedades agronómicas del suelo:

- Arenas: Factor de porosidad. Facilitan el drenaje y la aireación. Aportan una capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes nula.
- Limos: Proporcionan, aun siendo escasa, una mayor capacidad de almacenamiento de agua.
- Arcillas: Fracción muy activa por su carácter coloidal y elevada superficie específica. Posee la capacidad de retener en su superficie elementos esenciales para los cultivos, como son los cationes y los aniones. Además, el agua queda fuertemente retenida en su superficie constituyendo de esta forma una fina capa.

Para representar las diferentes clases texturales se ha construido el triángulo de textura, representado en la figura 1 para la clasificación proporcionada por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos.

Estos triángulos de textura se suelen dividir en zonas que poseen un comportamiento agronómico parecido en cuanto a las propiedades del complejo de cambio, las propiedades en relación a la retención y movimiento del agua (infiltración y drenaje), erosionabilidad y porosidad.

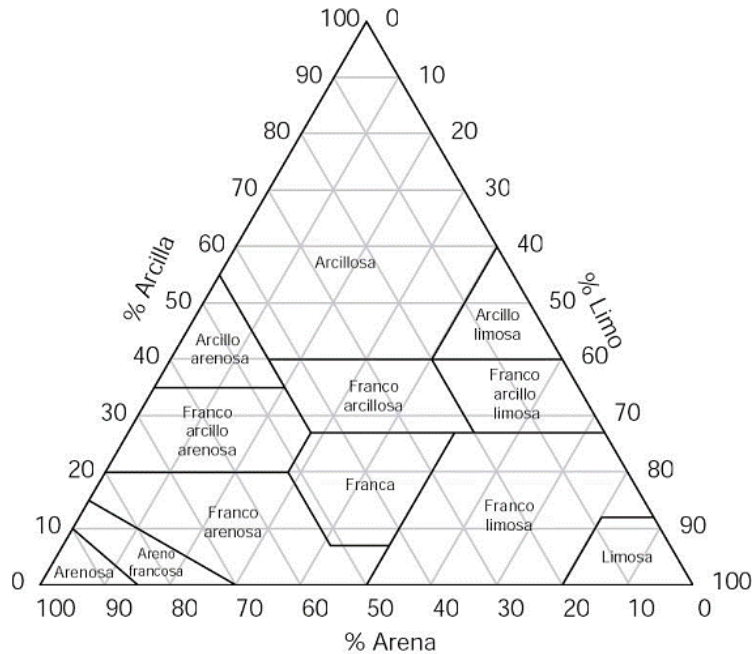


Figura 1. Triángulo de texturas, Clasificación USDA.

Podemos concluir que nos encontramos ante un suelo cuya textura es franco-arcillo-limosa.

DRENAJE

Se ha de considerar tanto el drenaje superficial como el drenaje interno. El principal objetivo ha de ser siempre el conseguir identificar la presencia de capas impermeables. Como criterios útiles para valorar las necesidades de drenaje destacan:

- Conductividad hidráulica del suelo.
- Profundidad de la capa impermeable y freática.
- Topografía (relieve y pendiente).
- Salinidad y alcalinidad del suelo.
- Localización de desagües.

La conductividad hidráulica es una medida de la resistencia al flujo ofrecida por los poros presentes en el suelo. Está influenciada por la textura y estructura del suelo, siendo mayor en suelos altamente porosos, fracturados o agregados y menor en suelos densos y compactados.

Respecto al contenido en materia orgánica, hay que destacar como a medida que se incrementa el porcentaje de la misma en el suelo, la conductividad hidráulica incrementa su valor. Dicha materia orgánica contribuye a la formación de estructura en el suelo, disminuyendo la compactación y mejorando la macroporosidad del mismo. De esta manera se facilita la entrada y movimiento del agua en el suelo y por ende la conductividad hidráulica del mismo.

En muchos casos la conductividad hidráulica no es una condición permanente y presenta variaciones a lo largo del tiempo a medida que el agua penetra y fluye en el suelo.

La conductividad eléctrica es de 0,53 dS/m y al ser menor de 1 dS/m podemos concluir que no hay necesidad de crear ningún sistema de drenaje.

PROFUNDIDAD EFECTIVA

Se define como la zona del suelo accesible por el sistema radicular del cultivo implantado. Puede estudiarse a través de las características propias del suelo y de la distribución de las raíces en el mismo. Respecto a las limitaciones pueden encontrarse varios tipos: horizontales o capas duras, variaciones en la porosidad, horizontes con escasa capacidad de retención de agua (CRA) y capas con escasa aireación.

Según la clasificación de INTIA el suelo es moderadamente profundo, por lo tanto es apto para la futura puesta en regadío.

pH

En el caso de los iones de hidrogeno H⁺, su concentración en la solución del suelo se expresa a través del pH:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

El pH tiene la capacidad de influir en las propiedades físicas, químicas y biológicas tal y como se detalla seguidamente:

- Propiedades físicas: los pH neutros son los más adecuados para las propiedades físicas de los suelos. Con pH muy ácidos existe una intensa alteración de minerales y la estructura del suelo se vuelve inestable. Con pH básicos, la arcilla se dispersa y se destruye la estructura del suelo. El pH de suelo más idóneo desde el punto de vista agronómico es entre 6 y 7.
- Propiedades químicas: la asimilación de nutrientes del suelo está influenciada por el pH. Asimismo, el pH puede afectar a la solubilidad de las sustancias químicas del suelo.

pH	Evaluación	Efectos esperables
< 4,5	Extremadamente ácido	Condiciones muy desfavorables
4,5 - 5,0	Muy fuertemente ácido	Posible toxicidad por Al
5,1 - 5,5	Fuertemente ácido	Exceso de Co, Cu, Fe, Mn, Zn Deficiencia de Ca, K, N, Mg, Mo, P, S Actividad bacteriana escasa
5,6 - 6,0	Medianamente ácido	intervalo adecuado para la mayoría de cultivos
6,1 - 6,5	Ligeramente ácido	Máxima disponibilidad de nutrientes
6,6 - 7,3	Neutro	Mínimos efectos tóxicos Por debajo de pH = 7 no hay carbonato cálcico en el suelo
7,4 - 7,8	Medianamente básico	Suelos generalmente con CaCO ₃
7,9 - 8,4	Básico	Disminuye la disponibilidad de P y B Deficiencia decreciente de Co, Cu, Fe, Mn, Zn Clorosis férrica
8,5 - 9,0	Ligeramente alcalino	En suelos con carbonatos, puede deberse a MgCO ₃ si no hay sodio intercambiable
9,1 - 10,0	Alcalino	Presencia de carbonato sódico
> 10	Fuertemente alcalino	Elevado porcentaje de NA intercambiable Toxicidad por Na, B Actividad bacteriana escasa Micronutrientes poco disponibles, excepto Mo

Tabla 3. Clasificación de los suelos según su pH. USDA, 1971.

El pH del análisis proporcionado por la Cooperativa Agrícola Caja Rural de Artajona es de 8,4 por lo que nos encontramos ante un suelo básico. Por lo tanto, habrá que hacer análisis del suelo periódicamente por si aumentase el pH, hacer una enmienda caliza.

PEDREGOSIDAD

La presencia de elementos gruesos, de diámetro aparente superior a 2 mm, en el perfil modifica la capacidad de retención de agua y nutrientes. Del mismo modo, puede suponer una importante restricción en el uso de maquinaria agrícola.

En cambio, la presencia de elementos gruesos en la superficie puede reducir las pérdidas por evaporación y la erosión hídrica y/o eólica. La presencia de cantidades limitadas de grava puede ser útil para algunos cultivos ya que favorece la aireación y la filtración del agua.

En la Tabla 4, se muestra una clasificación que evalúa el tipo de suelo atendiendo al volumen porcentual de elementos gruesos.

EG (%)	CALIFICACIÓN
< 1	No pedregoso
1 - 5	Muy ligeramente pedregoso
5 - 15	Ligeramente pedregoso
15 - 35	Moderadamente pedregoso
35 - 70	Muy pedregoso
> 70	Extremadamente pedregoso

Tabla 4. Clasificación de los suelos según la presencia de EG (%).
Fuente: "Muestreo y descripción de suelos" J. Hodgson.

SALINIDAD / ALCALINIDAD

La acumulación de sales solubles en el suelo es una de las principales causas que determinan su pérdida de productividad. Se hace necesario distinguir entre dos conceptos:

- **SALINIDAD:** Se define como la presencia de sales solubles en concentraciones elevadas.
- **ALCALINIDAD:** Presencia específica de sales de Na predominando sobre otras sales de Ca o Mg.

Se trata de dos procesos diferentes, pero perfectamente pueden producirse en circunstancias análogas y de forma simultánea.

Los métodos oficiales de análisis de suelos determinan la prueba previa de salinidad midiendo la conductividad eléctrica (CE) de una suspensión suelo-agua (1/5) a 25°C. Al aumentar la concentración de sales, aumenta la CE. Se mide en el extracto de saturación a 25°C (CE_e). En este caso la valoración es la siguiente:

CE _e mmho/cm	Influencia sobre los cultivos
0 - 2	Inapreciable (todos los cultivos pueden soportarla)
2 - 4	Ligera (sólo afecta a cultivos muy sensibles)
4 - 8	Media (tomar precauciones con toda clase de cultivos sensibles)
8 - 16	Intense (sólo deben cultivarse especies resistentes)
16 - 20	Muy intensa (sólo podrán tolerarla cultivos excepcionalmente resistentes)

Tabla 5. Influencia de la salinidad del suelo en los cultivos. Fuente: Urbano Terrón, P. (1995)

Podemos concluir que estamos ante un suelo normal, no tiene salinidad ni alcalinidad ya que no llega a tener 1dS/m de conductividad.

PRESENCIA DE CALIZA (CaCO₃)

La caliza es una sal de baja solubilidad que es herencia directa de la roca madre o bien puede deberse a reacciones de precipitación. Actúa como modificador textural y está presente en todos los suelos neutros y básicos. Afecta directamente a la penetración de las raíces, a la transmisión de agua y puede provocar bloqueos nutricionales de hierro y fósforo.

CaCO ₃	Nivel
0 - 5	Muy bajo
5,1 - 10	Bajo
10,1 - 20	Normal
20,1 - 40	Alto
> 40	Muy alto

Tabla 6. Clasificación de suelos según presencia de CaCO₃ (%). Fuente: Marín García M.L. (2003).

En el análisis proporcionado, se indica que siempre que el pH en agua 1:2,5 sea inferior a 7, consecuencia de la ausencia de carbonatos y caliza activa, se analizarán adicionalmente el pH en KCl (acidez potencial), la diferencia entre pHs, la acidez intercambiable y su relación con el aluminio de cambio responsable de importantes toxicidades y que exige un consejo de enmienda caliza. Al no cumplirse el requisito de que el pH en agua 1:2,5 sea inferior a 7 no se mide la caliza activa por lo que podríamos decir que el nivel es normal.

MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica del suelo está formada por una acumulación de residuos en distintos grados de descomposición debido a la acción de los microorganismos del suelo. Se puede dividir en tres grandes grupos:

- Materia orgánica fresca: Materia orgánica no humificada.
- Productos intermedios.
- Humus estable.

El humus es una sustancia químicamente muy compleja, posee un alto peso molecular con una estructura amorfa y sus componentes esenciales son los ácidos fúlvicos, los ácidos húmicos y la humina.

La materia orgánica influye en las propiedades del suelo actuando como agente cementante e incrementando el agua disponible. Favorece el aprovechamiento de elementos nutritivos liberando diversos nutrientes en forma asimilable (N, P, K).

El contenido en materia orgánica del suelo puede medirse a través del contenido orgánico fácilmente oxidable o bien mediante la relación C/N. Dicha relación proporciona información sobre la velocidad de mineralización de la materia orgánica (actividad de los microorganismos en el suelo). De esta forma, los residuos vegetales proporcionan un humus de mejor calidad cuanto menor es la relación C/N, situación que se traduce en una mayor riqueza de nitrógeno en el suelo, elemento habitualmente deficitario.

Seguidamente se muestran las Tablas 7 y 8 donde se muestran dos cuadros que nos van a servir de base para realizar una valoración del grado de descomposición de la materia orgánica en el suelo:

Relación C/N	Observaciones
10 - 20	Descomposición rápida
> 20	Descomposición lenta

Tabla 7. Grado de descomposición de la materia orgánica en función de la relación C/N.

% MO	Clasificación	Observaciones
< 2,5	Débilmente húmifero	Escasa vegetación o clima cálido.
2,5 - 5	Moderadamente húmifero	Vegetación abundante con rápida descomposición de residuos o vegetación media con descomposición lenta (pinar).
5 - 10	Fuertemente húmifero	Vegetación abundante con descomposición lenta (bosque de coníferas clima templado-frío).
10 - 20	Muy fuertemente húmifero	Grave problema de descomposición de residuos en climas fríos y/o de gran acidez.
> 20	Exageradamente húmifero	Generalmente asociado a fenómenos de encharcamiento (turberas).

Tabla 8. Clasificación de los suelos según su contenido en materia orgánica (%).

Por los análisis físico-químicos expuestos, podemos concluir que estamos ante un suelo débilmente húmifero con escasa vegetación (Clima cálido) y un grado de descomposición rápido.

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)

Se define como la cantidad máxima de cationes que puede retener un suelo de forma intercambiable. Se expresa en miliequivalentes por 100 gramos de tierra y su valor varía en función del contenido y tipo de arcilla presente en el suelo, del pH y del contenido en materia orgánica.

La capacidad de intercambio catiónico es una medida importante de la fertilidad y la productividad potencial de los suelos. Gracias a su estructura química, las partículas de arcilla y la materia orgánica del suelo tienen carga negativa neta.

Esto significa que los cationes son atraídos sobre la superficie de estos materiales del suelo. De esta forma, los cationes de la solución del suelo están en equilibrio dinámico con los cationes adsorbidos sobre la superficie de la arcilla y la materia orgánica.

Los cationes de mayor importancia en relación al crecimiento de los cultivos son el calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+), sodio (Na^+) e hidrogeno (H^+)

Los cuatro primeros actúan como nutrientes y se encuentran involucrados directamente con el crecimiento de las plantas.

El valor de la capacidad de cambio catiónico del suelo puede obtenerse mediante la siguiente expresión:

$$\text{CIC SUELO} = ((\text{CIC Arc.} \cdot \% \text{Arc.}) + \text{CIC m.o.} \cdot \% \text{m.o.}) / 100$$

Es necesario destacar que la capacidad de intercambio catiónico de numerosos suelos agrícolas está comprendida entre 5 y 30 meq/100g y no suele superar los 50 meq/100g.

A continuación se expone la Tabla 9 con la caracterización de este parámetro:

CIC meq/100g	Calificativo
< 6	Muy débil
6 - 10	Débil
10 - 20	Media o normal
20 - 30	Elevada
> 30	Muy elevada

Tabla 9. Diagnóstico de la CIC según Balland & Gagnard (1988)

Debido a que la conductividad eléctrica es menor a 1 dS/m no se analiza el extracto de saturación y no tenemos el dato de CIC, por lo que consideramos el suelo con una CIC normal.

ANEJO II: ESTUDIO CLIMÁTICO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS
3. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA
 - a. TIPO DE INVIERNO
 - b. TIPO DE VERANO
 - c. RÉGIMEN DE HUMEDAD
4. LIMITACIONES AGROCLIMÁTICAS DE LOS CULTIVOS
5. CONCLUSIONES

1. INTRODUCCIÓN

Para tratar este punto se ha consultado el Estudio Agroclimático de Navarra y se han obtenido datos de la estación climática de Artajona, perteneciente al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Esta estación meteorológica es de tipo automática y los detalles de la estación, las coordenadas UTM son:

X: 599221 (*)

Y: 4715278 (*)

Altitud: 353 m

Fecha de instalación: 2 de marzo de 2004.

*Coordenadas en sistema de referencia ETRS-89, proyección UTM Huso 30

Esta información se ha recogido de la web del Gobierno de Navarra, www.meteo.navarra.es.

Se ha elegido la estación meteorológica de Artajona ya que es la más cercana a la parcela elegida para la transformación de secano a regadío. Existe otra estación meteorológica en Puente la Reina, siendo ésta una estación manual por lo que, aparte de estar más lejana que la de Artajona, hay menos datos termo-pluviométricos.

2. CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS

Seguidamente se detallan los datos referentes a la temperatura y precipitación tomados de la estación meteorológica elegida.

- Características térmicas

Con objeto de realizar posteriormente la clasificación climática según el modelo de Papadakis, se han recogido para la serie de años a estudio (2004-2014), datos referentes a la temperatura media, temperatura media máxima y mínima y temperaturas máximas y mínimas absolutas.

Parámetro \ Mes	Temperatura máxima absoluta (°C)	Temperatura media de máximas (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura media de mínimas (°C)	Temperatura media de mínimas absolutas (°C)	Temperatura mínima absoluta (°C)
Enero	18,39	9,80	5,06	0,57	-5,69	-8,73
Febrero	20,26	10,87	5,41	0,08	-5,21	-9,21
Marzo	26,41	14,71	8,44	2,22	-3,59	-10,53
Abril	30,30	17,91	11,52	5,14	0,09	-1,96
Mayo	32,90	21,88	15,01	8,03	2,33	-0,39
Junio	38,26	27,18	19,65	12,31	6,81	4,02
Julio	38,98	29,60	21,81	14,20	8,97	7,02
Agosto	40,31	29,28	21,29	13,90	8,32	6,16
Septiembre	36,56	26,01	18,58	11,66	5,34	0,54
Octubre	30,35	20,91	14,49	8,61	0,23	-2,43
Noviembre	22,92	13,42	8,79	4,41	-3,57	-8,80
Diciembre	19,13	9,52	4,89	0,56	-5,60	-9,13
Año	40,31	19,26	12,91	6,81	0,70	-10,53

Tabla 1. Relación de datos referentes a la temperatura (2004-2014)

De los datos obtenidos se observa cómo para la zona de estudio el mes más cálido es julio, con una temperatura media de 21,81°C, y el mes más frío es diciembre, con una temperatura media de 4,89°C.

Por lo tanto, se trata de una zona con veranos calurosos, cuya temperatura media de máximas está cercana a los 30°C, y con inviernos fríos, especialmente en el periodo de diciembre a marzo, donde la temperatura media de mínimas es próxima a 1°C.

Otro aspecto importante que hay que analizar es la frecuencia y el periodo habitual de las heladas. Dichas heladas, por su repercusión sobre los cultivos agrícolas, es factor a considerar pues condiciona la duración del periodo vegetativo del cultivo implantado.

En la siguiente tabla, la Tabla 2, se detalla la frecuencia con la que ocurren las heladas en los distintos meses del año.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
Días de helada	12,0	12,9	9,1	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	4,1	14,9	55,2

Tabla 2. Número de días con helada según el mes del año (2004-2014)

Se ha considerado la fecha de la primera helada (fecha antes de la cual la probabilidad de helada es del 10%) en torno al 31 de Octubre, mientras que la fecha de la última helada se ha situado en torno al 20 de Abril. Por lo tanto, el periodo libre de heladas se sitúa desde el 20 de Abril al 31 de Octubre.

- Características hídricas

En la Tabla 3 se muestran los datos referentes a la pluviometría de la zona:

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
Precipitación media (mm)	35,31	29,47	54,23	56,65	52,72	38,74	18,58	11,97	24,73	52,26	49,05	29,68	453,38
Precipitación máxima 24 horas (mm)	24,40	15,80	39,80	50,20	58,60	33,00	26,00	18,60	35,20	34,10	31,80	16,20	58,60
Días de lluvia	13,80	11,90	12,18	12,64	11,45	8,55	4,91	5,09	6,18	13,27	16,00	15,36	131,34
ETP: Evapotranspiración Potencial, índice de Thornthwaite (mm)	14,28	15,64	28,63	43,71	62,65	90,36	104,13	100,77	83,74	59,71	30,26	13,63	729,42

Tabla 3. Datos de precipitación obtenidos (2004-2014)

Se observa como las precipitaciones son escasas e irregulares, siendo la media anual de 453,38 l/m². Los meses más lluviosos son marzo, abril, mayo y octubre, mientras que los menos lluviosos son los meses de julio y agosto. Por otro lado, hay que indicar que la precipitación máxima en 24 horas se logró en mayo y alcanzó un valor de 58,60 mm. Hay que tener en cuenta que faltan datos de la estación meteorológica de Artajona por diversas causas.

La combinación de los parámetros de temperatura y precipitación se encuentran representados en el diagrama ombrotérmico. A continuación, en la Figura 1, se muestra el diagrama ombrotérmico que relaciona la precipitación acumulada mensual junto con las temperaturas media, máxima y mínima mensuales.

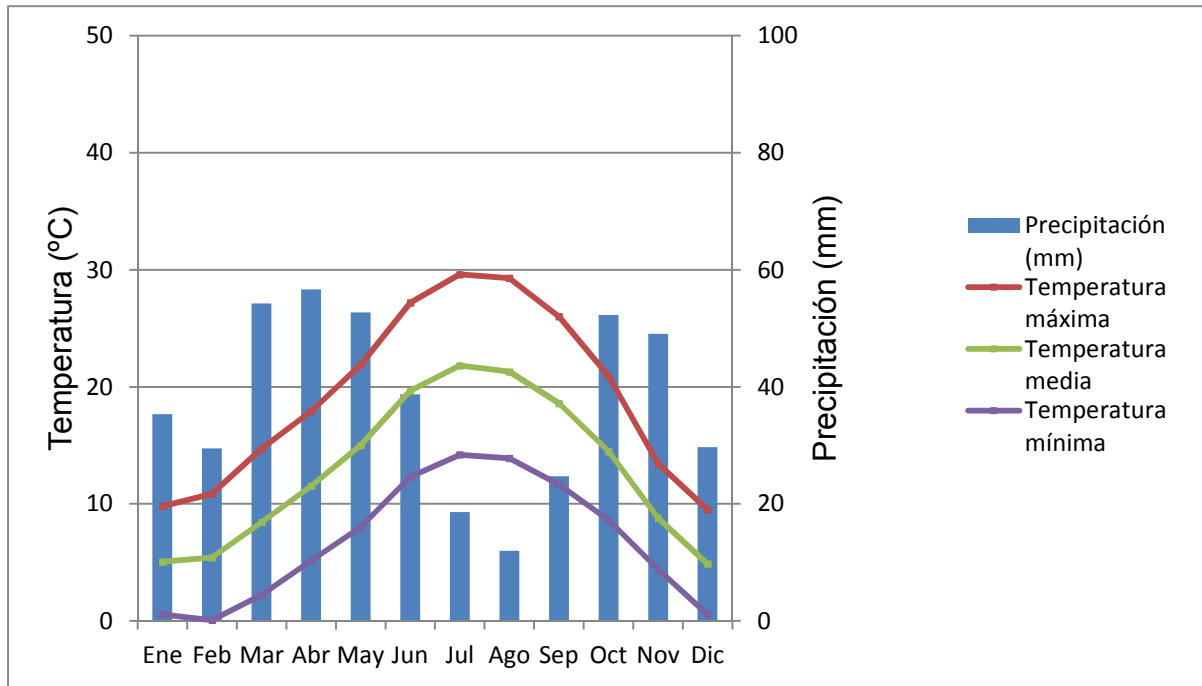


Figura 1. Diagrama ombrotérmico.

3. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

A partir de los datos anteriores se realiza la clasificación climática según el modelo de Papadakis.

Papadakis considera que las características principales de un clima desde el punto de vista de la ecología de los cultivos, son: el rigor invernal (también considerado tipo de invierno), calor del verano (tipo de verano), aridez y variación estacional.

Este modelo utiliza preferentemente valores extremos de temperaturas, que son más representativos para delimitar y definir las zonas aptas para determinados cultivos. De este modo, emplea la temperatura media de las máximas y mínimas, la temperatura media de las mínimas absolutas y la precipitación mensual.

a. TIPO DE INVIERNO

Los diferentes tipos de invierno, según los límites térmicos, vienen reflejados en la siguiente tabla, la Tabla 4:

Tipo de invierno		Tª media de las mínimas absolutas del mes más frío (°C)	Tª media de las mínimas del mes más frío (°C)	Tª media de las máximas del mes más frío (°C)
Ecuatorial	Ec	> 7	> 18	
Tropical	Tp (Cálido)	> 7	13 a 18	> 21
	tP (Medio)	> 7	8 a 13	> 21
	tp (Fresco)	> 7		< 21
Citrus	Ct (Tropical)	-2,5 a 7	> 8	> 21
	Ci (Citrus)	-2,5 a 7		10 a 21
Avena	Av (Cálido)	-10 a -2,5	> 4	> 10
	av (Fresco)	> -10		5 a 10
Triticum	Tv (Trigo-Avena)	-29 a -10		> 5
	Ti (Cálido)	> -29		0 a 5
	ti (Fresco)	> -29		< 0
Primavera	Pr	< -29		> -17,8
	pr	< -29		< -17,8

Tabla 4. Clasificación de los diferentes tipos de invierno

Atendiendo a esta clasificación nos encontramos ante un Tipo de Invierno: av (Avena Fresco).

b. TIPO DE VERANO

Los tipos de verano vienen determinados por los límites térmicos y por la duración de la estación libre de heladas. Se establece la siguiente clasificación:

Tipo de verano		Duración estación libre de heladas (meses)	t_x	T_m	t_m	t_2
Algodón	G	Mínima > 4,5	> 25 [n=6]	> 33,5	> 20	
	g	Mínima > 4,5	> 25 [6]	< 33,5	< 20	
Cafeto	C	Mínima > 12	> 21 [6]	< 33,5		
Oryza	O	Mínima > 4	> 21 a 25 [6]			
Maíz	M	Disponibile > 4,5	> 21 [6]			
Triticum	T	Disponibile > 4,5	< 21 [6] y > 17 [4]			
	t	Disponibile: 2,5 a 4,5	> 17 [n=4]			
Polar	P	Disponibile > 2,5	> 10 [4]			> 5
	p	Disponibile > 2,5	> 6 [2]	> 0		
Frígido	F		< 6 [2]	< 0		
	f					
Andino-Alpino	A	< 2,5 (D) y > 1 (M)	> 10 [4]			
	a	< 1 (M)	< 10 [4]			

Tabla 5. Clasificación de los diferentes tipos de verano.

Dónde:

T_x = Media de la temperatura media de las máximas de los (n) meses más cálidos.

T_m = Media de las temperaturas máximas del mes más cálido (°C).

t_m = Media de las temperaturas mínimas del mes más cálido (°C).

T_2 = Media de las medias de las temperaturas mínimas de los 2 meses más cálidos (°C).

Atendiendo a esta clasificación nos encontramos ante un Tipo de Verano: O (Arroz).

c. RÉGIMEN DE HUMEDAD

Para caracterizar un clima desde el punto de vista hídrico se tiene en cuenta la cantidad de agua disponible para las plantas así como su distribución estacional.

Régimen de humedad		Características	
Húmedo ($L_n > 0,20$ ETP)	Permanente	HU	Todos los meses húmedos
	No permanente	Hu	No todos los meses húmedos
Mediterráneo (Latitud $> 20^\circ$; Precipitación: Invernal $>$ Estival)	Húmedo	ME	$L_n > 0,25$ ETP
	Seco	Me	$L_n < 0,25$ ETP
	Semiárido	me	Más seco que el anterior
Monzónico	Húmedo	MO	$L_n > 0,25$ ETP
	Seco	Mo	$L_n < 0,25$ ETP
	Semiárido	mo	La lluvia cubre menos del 44% de la ETP anual
Estepario		St	Primavera no seca; Latitud $> 20^\circ$
Desértico	Absoluto	da	Todos los meses son áridos. La lluvia cubre menos del 9% de la ETP
	Mediterráneo	de	Lluvia invernal mayor que estival
	Monzónico	do	Julio y agosto menos secos que los anteriores
	Isohigro	di	Ninguno de los anteriores
Isohigro semiárido		si	Muy seco para estepario y muy húmedo para desértico

Tabla 6. Régimen de humedad.

L_n : Excedente estacional de lluvia: Es la diferencia entre precipitación y ETP (sólo en los meses húmedos).

Atendiendo a esta clasificación, nos encontramos ante un clima Mediterráneo seco (Me).

Resumiendo, la clasificación climática para la zona de estudio es:

Tipo de Invierno	<i>av</i> (Avena fresco)
Tipo de Verano	<i>O</i> (Arroz)
Régimen de Humedad	<i>Me</i> (Mediterráneo seco)
Grupo climático	<i>Mediterráneo templado</i>
Fórmula climática	<i>avOMe</i>

Tabla 7. Clasificación climática Artajona.

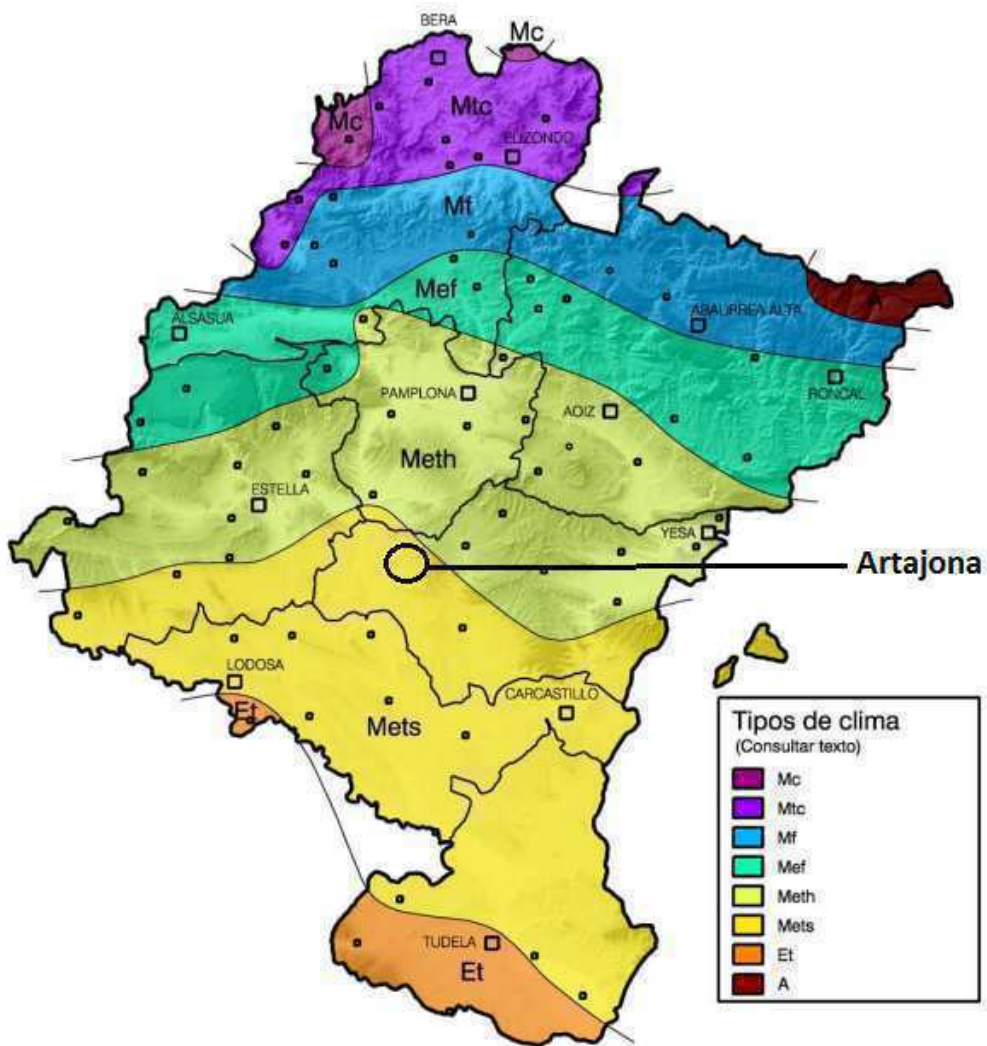


Figura 2. Clasificación climática de Navarra según modelo Papadakis.

4. LIMITACIONES AGROCLÍMICAS DE LOS CULTIVOS

A continuación se exponen las posibles limitaciones a nivel de clima que pueden afectar a los diferentes cultivos propuestos en la rotación. Estas exigencias se han obtenido a partir de la publicación “Caracterización Agroclimática de Navarra” y se resumen a continuación:

Cultivo	Tipo de Invierno	Tipo de verano	Régimen de Humedad	Observaciones
Espinaca	av o más suaves	P o más cálidos		<ul style="list-style-type: none"> - Tan resistente a heladas como las variedades más resistentes de avena. - Soporta heladas de hasta -7°C, e incluso más en estado joven. - Requiere tiempo fresco y húmedo. - Los excesos de humedad no son buenos en la recolección.
Cebada	Tv o más suaves	t o más cálidos e incluso P o A	Me o más húmedo, o bien riego	<ul style="list-style-type: none"> - En su resistencia al invierno, es intermedia entre el trigo y la avena. - Exigencias en calor más bajas que las del trigo, por lo que penetra un poco en climas con verano P (Polar cálido-taiga) o A (alpino bajo). - Un poco más resistente a la sequía que el trigo y la avena.
Maíz		M o más cálido e incluso T		<ul style="list-style-type: none"> - El periodo de crecimiento no debe ser seco. En caso contrario el rendimiento disminuye. - Días largos y noches frescas son favorables. Por ello ofrece mayores rendimientos en su límite polar. - Temperaturas superiores a 35°C destruyen el polen. - Periodo crítico en el mes que precede a la formación del grano.
Habas	Casi Ci o más suaves	t o más cálidos	Me o más húmedo, o bien riego	<ul style="list-style-type: none"> - Soporta heladas de hasta -4°C. - Exigencias en frío comparables a las de variedades de trigo con menos exigencias. - Menos resistente a la sequía que los cereales de invierno.
Trigo	ti o más suaves	t o más cálidos	Me o más húmedo, o bien riego	<ul style="list-style-type: none"> - Para su siembra en otoño exige inviernos ti (MAM > -29°C) o más suaves. - Cuando es más frío (Pr o pr) se siembra en primavera. Se cultiva en climas con inviernos Ct (Citrus tropical) o tP (Tropical medio), pero en estos casos los rendimientos son bajos y requiere alta fertilización. - Necesita humedad abundante durante el mes que precede y los días que siguen a su espigazón.

Tabla 8. Limitaciones climáticas para los cultivos propuestos en la rotación.

Abreviaturas utilizadas:

- Tipos de invierno:
 - av: Avena fresco.
 - Tv: Trigo-avena.
 - Ci: Cítrus.
- Tipos de verano:
 - P: Polar cálido.
 - t: Trigo menos cálido.
 - A: Alpino bajo.
 - M: Maíz.
- Régimen de humedad:
 - Me: Mediterráneo seco.

En la Tabla 9 se muestra la *Valoración Agronómica* según el tipo de cultivo y las zonas agroclimáticas correspondientes al estudio:

Cultivo	Zona Agroclimática V
Espinaca	2 ^k , opv, r
Cebada	2, op, s
Maíz	2 ^e , p, r
Habas	2, p, r
Trigo	2, o, s

Tabla 9. Valoración agronómica según la zona agroclimática y el tipo de cultivo.

Los códigos utilizados para realizar la valoración agronómica son:

2: Cumple con los requisitos exigidos por el cultivo.

1: Cumple con los requisitos, pero con ciertas limitaciones.

0: No se cumplen los requisitos exigidos por el cultivo.

p: Siembra en primavera.

v: Siembra en verano.

o: Siembra en otoño.

i: Siembra en invierno.

T: Siembra en cualquier estación del año.

s: Cultivo de secano.

r: Cultivo de regadío.

e: Temperaturas superiores a 35°C destruyen el polen.

k: Con temperaturas medias de las mínimas absolutas anuales (MAM) > -7°C, en siembra otoñal.

5. CONCLUSIONES

Una vez realizado el estudio climático se exponen brevemente a continuación las conclusiones.

La zona objeto del proyecto tiene un clima “Mediterráneo templado” con una precipitación anual de 453,38 mm y una temperatura media anual aproximada de 12,91°C. El mes más cálido es julio con una temperatura media de 21,81°C y el mes más frío es diciembre con una temperatura media de 4,89°C.

Respecto a las precipitaciones, los meses más lluviosos corresponden a marzo, abril, mayo y octubre, mientras que los meses menos lluviosos son julio y agosto. El periodo libre de heladas comprende desde el 20 de abril al 31 de octubre.

Se trata por lo tanto, según la clasificación climática de Papadakis, de una zona con unos inviernos fríos designados como av (avena fresco), y con unos veranos calurosos, designados como O (arroz). Respecto al régimen de humedad, la zona a estudio se encuentra bajo un clima Mediterráneo seco.

La rotación de cultivos propuesta, espinaca-cebada-maíz dulce-habas-maíz semilla-trigo, no presenta excesivas limitaciones agroclimáticas, adaptándose a las condiciones climáticas de la zona. Los cultivos de cebada y trigo indican que son cultivos de secano, pero al instalarlos en una parcela de regadío se asegura una buena cosecha si las precipitaciones no son las suficientes. Con todo ello, se puede concluir que la zona objeto del proyecto, perteneciente a la Zona Agroclimática V, es adecuada para la implantación de los cultivos elegidos.

ANEJO III:

ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL

AGUA DE RIEGO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
 - a. FACTORES LIMITANTES
 - b. RESULTADOS ANALÍTICOS
2. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS
3. CONCLUSIONES

1. INTRODUCCIÓN

El agua de riego que se va a utilizar se va a obtener del Canal de Navarra y los resultados analíticos han sido proporcionados por Canal de Navarra S.A., empresa que gestiona dicho canal.

a. FACTORES LIMITANTES

Hay gran variedad de factores capaces de limitar el uso del agua para riego. Seguidamente se exponen algunos de ellos:

- **Salinidad:** La disponibilidad del agua para las plantas se ve reducida por la acumulación de sales solubles en el suelo, así la productividad de los cultivos se ve afectada de forma negativa. La salinidad se mide en términos de conductividad eléctrica y representa la cantidad de sales inorgánicas disueltas en el agua. A continuación se expone la Tabla 1 que clasifica la calidad del agua de riego según su conductividad eléctrica:

Conductividad eléctrica	Calidad del agua	Peligro de salinidad
0 – 1	Excelente a buena	Bajo a medio
1 – 3	Buena a marginal	Alto
>3	Marginal a inaceptable	Muy alto

Tabla 1. Clasificación de la calidad del agua

- **Permeabilidad:** Se expresa mediante la relación de absorción de sodio (S.A.R.), parámetro que representa la posible influencia del ion sodio, presente en el agua de riego, sobre el suelo. Los niveles altos de sodio en el agua de riego y los bajos niveles de calcio y magnesio alteran el complejo de cambio del suelo. Debido a esto se produce un deterioro de la estructura del suelo y con ello la disminución de la permeabilidad.
- **Toxicidad de iones específicos:** los iones de cloro, sodio y boro pueden acumularse en los cultivos en concentraciones elevadas, pudiendo causar daños y reduciendo el rendimiento de los cultivos.

b. RESULTADOS ANALITICOS

En la Tabla 2 se exponen los resultados fisico-químicos proporcionados por Canal de Navarra S.A.:

Parámetro	Resultado	Unidad	ANÁLISIS GEOQUÍMICO. DATOS INFORMATIVOS					
Amonio	0,04	mg/l	Macroconstituyentes			Otros datos de interés		
Anhídrido silícico	2,47	mg/l	mg/l	meq/l	% meq/l	Punto de congelación	-0,01 °C	
Bicarbonatos	190,78	mg/l	Cloruros	9,85	0,28	6,86	Sólidos disueltos	312,45 mg/l
Boro	0,06	mg/l	Sulfatos	23,68	0,49	12,17	CO ₂ libre	5,16 °Francés
Calcio	60,05	mg/l	Bicarbonatos	190,78	3,13	77,19	Dureza total	16,86 mg/l de CO ₃ Ca
Carbonatos	< 5	mg/l	Carbonatos	0,00	0,00	0,00	Dureza total	168,56 mg/l de CO ₃ Ca
Cloruros	9,85	mg/l	Nitratos	9,50	0,15	3,78	Dureza permanente	12,18 mg/l de CO ₃ Ca
Conductividad 20°C	343	µS/cm	Sodio	10,18	0,44	11,52	Alcalinidad de bicarbonatos	156,47 mg/l de CO ₃ Ca
Fosfatos	< 0,16	mg P-PO ₄ ³⁻ /l	Magnesio	4,52	0,37	9,68	Alcalinidad de carbonatos	0,00 mg/l de CO ₃ Ca
Hidróxidos	0,00	mg/l	Calcio	60,05	3,00	77,97	Alcalinidad de hidróxidos	0,00 mg/l de CO ₃ Ca
Hierro	< 0,05	mg/l	Potasio	1,25	0,03	0,83	Alcalinidad total	156,47 mg/l de CO ₃ Ca
Magnesio	4,52	mg/l						
Manganeso	< 0,02	mg/l						
Nitratos	9,50	mg/l						
Nitritos	< 0,1	mg/l						
pH	7,77	ud. de pH						
Potasio	1,25	mg/l						
Sodio	10,18	mg/l						
Sulfatos	23,68	mg/l						

Tabla 2. Resultados de los análisis fisico-químicos

2. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Con los datos proporcionados por Canal de Navarra S.A., se pasa a valorar los parámetros más importantes para medir la calidad del agua de riego.

- pH: Se consideran adecuados los valores entre 6,5 y 8,5. En este caso, el valor de pH es de 7,77, por lo que se considera el agua destinada a riego aceptable desde éste punto de vista.
- Contenido en sales: La acumulación de sales solubles en el suelo reduce la disponibilidad del agua para las plantas, ya que las raíces tienen que hacer un sobreesfuerzo para absorber el agua (debido a que disminuye el potencial osmótico del suelo). Esto produce una reducción del rendimiento de los cultivos, de una forma prácticamente lineal respecto a la concentración de dichas sales.

El contenido total en sales se obtiene midiendo la conductividad eléctrica. De este modo se establece una relación tal que, a mayor conductividad eléctrica, mayor es el contenido de sales disueltas en el agua.

El contenido en sales y la conductividad eléctrica están relacionados por la siguiente expresión:

$$C = 0,64 \cdot CE$$

Donde C: Contenido en sales total (ppm)

CE: Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

En este caso:

$$C = 0,64 \cdot 343 = 219,52 \text{ ppm} = 0,220 \text{ g/l}$$

El contenido de sales considerado peligroso se establece en 1g/l. En este caso, la concentración de sales totales es de 0,220g/l, valor inferior al límite de 1g/l, por lo tanto se considera que el agua para riego tiene un valor aceptable.

- Iones: En un análisis representativo para establecer si un determinado agua es apta para el riego, es común analizar los siguientes parámetros:
 - Cloruro: Su presencia puede provocar clorosis foliares pudiendo degenerar en necrosis. El límite para aguas de riego se sitúa en 0,5g/l. En este caso la concentración obtenida del análisis es de 0,00985 g/l, por lo que se considera un valor aceptable.
 - Potasio: Importante desde el punto de vista de su aportación como nutriente al suelo.
 - Sodio: Su concentración no debe superar los 0,3 g/l ya que en concentraciones elevadas puede producir toxicidad en los cultivos. En este caso el valor obtenido es 0,0102 g/l, por lo que se considera un valor aceptable.

- Sulfato: Su concentración no debe superar los 0,3 g/l. en el caso que nos ocupa alcanza un valor de 0,0237 g/l, por lo que es un valor aceptable.
- Relación de absorción de Sodio (S.A.R.): Parámetro que representa la posible influencia del ion sodio, presente en el agua de riego, sobre el suelo. Una elevada proporción relativa de sodio respecto a los iones calcio y magnesio en el agua de riego puede inducir cambios de estos iones por los de sodio en los suelos, provocando la degradación del mismo con la consiguiente pérdida de estructura y permeabilidad.

Puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$S.A.R. = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{1}{2}([Ca^{++}] + [Mg^{++}])}} \quad (\text{Concentraciones expresadas en meq/l})$$

En este caso:

$$S.A.R. = \frac{0,44}{\sqrt{\frac{1}{2}(3+0,37)}} = 0,339 \text{ meq/l}$$

En la Tabla 3 se muestra una clasificación que valora el riego según el índice S.A.R. obtenido.

Valoración riesgo	Valor S.A.R.	Observaciones
Ninguno	<3	Sin restricciones en el uso del agua de riego.
Ligero a moderado	3 - 9	De 3 a 6, ciertos cuidados a tener en cuenta en cultivos vulnerables
		De 6 a 8 se debe usar yeso. No utilizar cultivos sensibles. Los suelos deben ser sometidos a muestreo y análisis cada uno o dos años para determinar si el agua es causante de un incremento de sodio.
Agudo	>9	Daño severo. No conforme.

Tabla 3. Índice S.A.R. en aguas de regadío.

- Coeficiente alcalimétrico (Índice de Scott): Este índice valora la calidad agronómica del agua en función de las concentraciones de ion cloruro, sulfato y sodio, pudiendo definirse como la altura del agua expresada en pulgadas (1 pulgada = 2,54 cm) que, después de la evaporación, dejaría álcali suficiente para imposibilitar el desarrollo normal de los cultivos más sensibles.

El cálculo de este índice se basa en tres axiomas:

$$1. \text{ Si } Na^+ - 0,65 \cdot Cl^- \leq 0, \quad K = \frac{2049}{Cl^-}$$

Sustituyendo, $10,18 - (0,65 \cdot 9,85) \leq 0$. No cumple.

$$2. \text{ Si } 0 < Na^+ - 0,65Cl^- < 0,48 SO_4^{2-}, \quad K = \frac{6620}{Na^+ + 2,6Cl^-}$$

Sustituyendo, $0 < 10,18 - (0,65 \cdot 9,85) < (0,48 \cdot 23,68$.

$0 < 3,77 < 11,37$. Si cumple

$$3. \text{ Si } 0 < Na^+ - 0,65Cl^- > 0,48 SO_4^{2-} \quad K = \frac{662}{Na^+ - 0,32Cl^- - 0,48SO_4^{2-}}$$

En este caso estamos ante el segundo axioma, por lo tanto el coeficiente K se calcularía:

$$K = \frac{6620}{10,18 + 2,6 \cdot 9,85} = 184,97$$

En la Tabla 4 se muestra la clasificación de la calidad del agua atendiendo a los valores de K:

Valores de K	Calidad del agua
>18	Buena, no hace falta tomar precauciones
$6 < K < 18$	Tolerable, emplear con precauciones
$1,2 < K < 6$	Mediocre, utilizarla solo en suelos con muy buen drenaje
<1,2	Mala, agua no utilizable

Tabla 4. Interpretación del coeficiente alcalímetro (K). Fuente: Urbano Terrón P.(1995)

El valor obtenido de K es de 184,97, por lo tanto la calidad del agua es buena, por lo que no hace falta tomar precauciones.

- Carbonato sódico residual (Índice de Eaton): Predice la acción degradante del agua sobre los cultivos y suelos. Se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$C.S.R = ([CO_3^{2-}] + [CO_3H^-]) - ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])$$

(Concentraciones expresadas en meq/l)

En este caso,

$$C.S.R = (0 + 3,13) - (3 + 0,37) = 0,24 \text{ meq/l}$$

Según Urbano Terrón P. (1995), no son buenas las aguas que contienen más de 2,5 meq/l, son dudosas si presentan un contenido entre 1,25 y 2,50 meq/l, y se consideran buenas si este contenido es inferior a 1,25 meq/l.

Por lo tanto, desde el punto de vista del carbonato sódico residual, se puede decir que esta agua es buena.

- Dureza del agua: El grado de dureza permite clasificar el agua de riego en función del catión calcio. Las aguas muy duras son poco recomendables en suelos fuertes y compactos. Este índice se mide en grados hidrométricos franceses (°F). Según el análisis proporcionado por Canal de Navarra S.A, indica que la dureza total es de 16,86°F, por lo tanto, nos encontramos ante un agua medianamente dulce según se muestra en la Tabla 5.

Grados Hidrométricos Franceses (F°)	Tipo de agua
< 7	Muy dulce
7 - 14	Dulce
14 - 22	Medianamente dulce
22 - 32	Medianamente dura
32 - 54	Dura
> 54	Muy dura

Tabla 5. Clasificación del agua en función de los °F

NORMAS COMBINADAS

Las principales normas utilizadas en la valoración de aguas de riego en las que intervienen más de un parámetro de medida son:

Directrices para interpretar la calidad de las aguas de riego (FAO):

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO – 1987), en sus directrices para interpretar la calidad de las aguas de riego, considera el peligro de reducción de infiltración (peligro de permeabilidad) estableciendo grados de restricción de uso en función de rangos de S.A.R. vinculados a la conductividad eléctrica de dichas aguas, según se observa en la Tabla6.

RAS	GRADO DE RESTRICCIÓN DE USO DEL AGUA DE RIEGO EN FUNCIÓN DE LA RAS Y LA CE		
	NINGUNO	LIGERO A MODERADO	SEVERO
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (mmhos/cm)		
0 - 3	> 0,7	0,7 - 0,2	< 0,2
3 - 6	> 1,2	1,2 - 0,3	< 0,3
6 - 12	> 1,9	1,9 - 0,5	< 0,5
12 - 20	> 2,9	2,9 - 1,3	< 1,3
20 - 40	> 5,0	5,0 - 2,9	< 2,9

Tabla 6. Interpretación de la calidad de las aguas para el riego (FAO, 1987)

A partir de dicha tabla, se puede concluir que para un valor de S.A.R. de 0,339 meq/l y un valor de conductividad eléctrica de 0,343 mmhos/cm (343 μ S/cm), se obtiene un grado de restricción de uso del agua para el riego, respecto a riesgo de reducción de la infiltración, calificado como “ligero a moderado”.

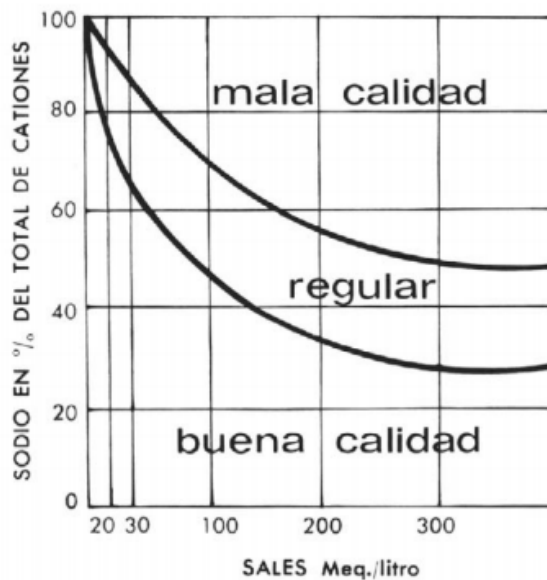
Normas H. Greene (FAO):

Esta norma toma como base la concentración total de sales expresada en meq/l con relación al porcentaje de sodio presente en el agua (este porcentaje se calculará respecto al contenido total de cationes expresados en meq/l).

De este modo, los datos que han de introducirse en la Figura 1 son:

$$\text{Na}^+ / \text{total cationes (expresado en \%)} = 0,44 / (0,44+0,37+3+0,03) = 0,11, 11\%$$

$$[\Sigma \text{ Sales Totales}] = [\Sigma \text{ Cationes}] + [\Sigma \text{ Aniones}] = 3,84 + 4,05 = 7,89 \text{ meq/l}$$



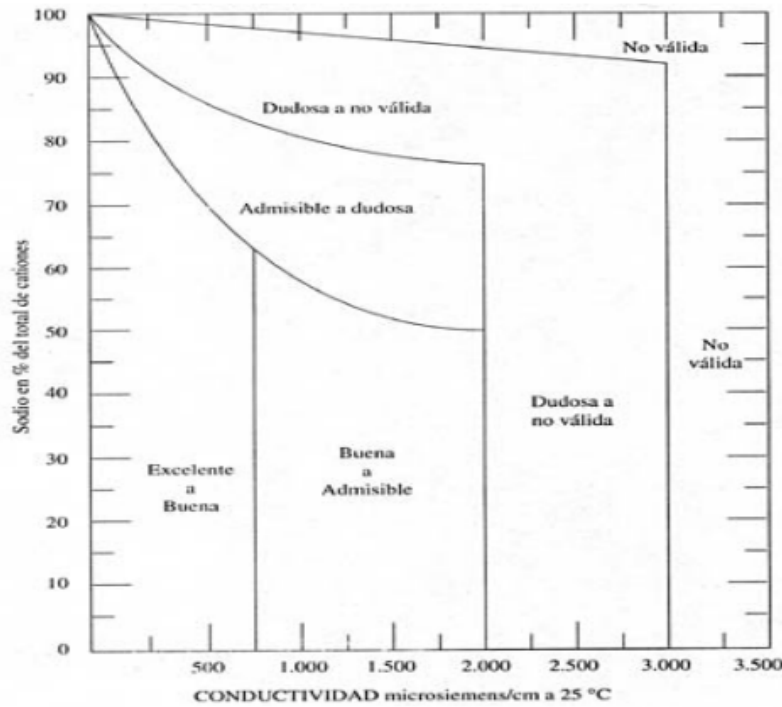
Una vez introducidos los dos valores en el diagrama, se obtiene una calificación para el agua a estudio de “buena calidad”.

Normas Wilcox:

Esta norma considera como índices para la clasificación de las aguas para riego el porcentaje de sodio respecto al de cationes, así como la conductividad eléctrica. En la Figura 2 se recoge el diagrama utilizado para dicha interpretación.

La conductividad eléctrica es de 343 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Porcentaje de sodio respecto al de cationes es de 11%.



Una vez introducidos los datos en el diagrama, se obtiene una clasificación del agua de riego de “excelente a buena”.

3. CONCLUSIONES

Con todos los datos obtenidos a partir de los distintos índices y normas para la clasificación del agua de riego, se llega a la conclusión de que el agua analizada es calificada como APTA para el riego.

ANEJO IV: ROTACIÓN DE CULTIVOS PROPUESTA

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DE LA ROTACIÓN
2. CARACTERÍSTICAS DE LOS CULTIVOS DE LA ROTACIÓN

1. DESCRIPCIÓN DE LA ROTACIÓN

La rotación de cultivos es la técnica agrícola basada en la sucesión ordenada de cultivos en una misma parcela, así el objetivo será el desarrollo de sistemas de producción diversificados que aseguren la sostenibilidad del suelo, promoviendo cultivos que se alternen en el tiempo para obtener ventajas tanto agronómicas como económicas.

Una balanceada rotación de cultivos brindará a la explotación cantidad y calidad de rastrojos y cobertura superficial, que aportarán nutrientes y materia orgánica, enriqueciendo el perfil productivo del suelo, además de lo que se pueda complementar con un plan de fertilización.

Los sistemas radiculares de los distintos cultivos incluidos en la rotación se desarrollan en diferentes niveles del perfil, explorando los variados recorridos radiculares y generando aportes fundamentales para la estructura física del suelo: aumento de la aireación, capacidad de infiltración del agua y retención de humedad.

Una rotación de cultivos genera una extracción compensada de micronutrientes y macronutrientes a través de cada ciclo de los distintos cultivos implantados, muy diferente a la situación que podría presentarse con un monocultivo, el cual genera importantes desequilibrios físico-químicos en la naturaleza del suelo.

Con la transformación de la parcela a regadío se pretende lograr un incremento en la productividad de los cultivos. Para ello se ha implantado un sistema de riego por aspersión cuya eficiencia de aplicación está cercana al 75% y que permitirá cumplir con los objetivos.

La alternativa propuesta incluye una rotación de espinacas (Hudson), cebada (Meseta), maíz dulce (Challenger), habas (Bianca), maíz semilla (LG34.90) y trigo (Chambo). De esta manera tenemos 6 cultivos en 3 años.

ROTACIÓN	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1								ESPINACAS			CEBADA	
2		CEBADA					MAÍZ DULCE			HABAS		
3		HABAS				MAÍZ SEMILLA					TRIGO	
4		TRIGO										

Tabla 1. Periodos de siembra y recolección de los diferentes cultivos.

A continuación, se exponen las características principales de los cultivos de la rotación.

ESPINACAS

El cultivo de espinaca se puede diferenciar en función de la época de recolección, por lo tanto:

- Ciclo de primavera: se siembra de primeros de noviembre a marzo y se recolecta de mediados de marzo a mediados de junio.
- Ciclo de otoño: la siembra se hace en agosto y se recolecta de mediados de septiembre a mediados de noviembre.

Para la rotación de cultivo propuesta, se elige el ciclo de otoño para poder sembrar a continuación cebada. La siembra se hará el 1 de agosto y se cosechará el 20 de septiembre.

1º Laboreo: El cultivo de espinaca necesita una cama de siembra con granulometría pequeña y homogénea, sin zonas hundidas. Para ello, con el objetivo de enterrar los restos del cultivo anterior se hará un laboreo profundo con subsolador, chisel y vertedera. Para conseguir una granulometría pequeña y homogénea del terreno se hará un laboreo superficial con una rastra más molón y un pase de grada rotativa.

2º Fertilización: El estiércol se incorporará antes y para obtener una buena producción se hará un abonado de fondo y otro abonado de cobertera para aplicar nitrógeno.

3º Siembra: La homogeneidad de la nascencia es esencial para que el cultivo sea rentable ya que los costes de la semilla son altos. Normalmente la siembra la realiza la empresa contratante con maquinaria especializada. Se siembra a una profundidad de 2 cm y las hileras distan entre si 30 cm. Después de la siembra se pasa el molón para que la semilla se adhiera al terreno y se da un pequeño riego para asegurar una buena nascencia. La dosis de siembra es de 35-40 kg/ha.

4º Tratamientos fitosanitarios: Se hace una aplicación de herbicida de hoja ancha después de sembrar y antes de la nascencia. Para gramíneas, se hará una aplicación de un antigramíneo antes del ahijado de éstas.

5º Recolección: La recolección, al igual que la siembra, la realiza la empresa contratante con cosechadoras autopropulsadas.

El riego asegura la nascencia en su tiempo con pequeñas aportaciones, si esto no es así descende el número de plantas por m² por lo que se escalona la nascencia y se pierde homogeneidad en la recogida. A partir de cubrir el suelo, el riego tiene que ser constante, teniéndolo siempre entre tempero y capacidad de campo. Los riegos se espaciaron varios días con el fin de evitar enfermedades al estar las plantas continuamente mojadas. Por lo tanto, los riegos serán cortos y frecuentes, especialmente en las últimas fases del cultivo.

CEBADA

La cebada, en cuanto a tipos y variedades, tiene gran versatilidad de adaptación a nuestra zona climática y a fechas de siembra. Se pueden diferenciar las cebadas de tipo invierno, que se siembran en octubre ya que no se adelantan en invierno y las cebadas de tipo primavera, que se siembran de principios de noviembre a principios de enero porque son más sensibles al frío invernal.

En la rotación de cultivos propuesta, se elige la variedad de cebada Meseta. Es una variedad de invierno, de talla baja, con una capacidad de ahijamiento bastante elevada y con un comportamiento medianamente resistente al encamado. Además, muestra una resistencia media a la mayoría de las enfermedades foliares.

La fecha de siembra, al ser una variedad de invierno, será el 1 de noviembre y se cosechará el 15 de junio.

1º Laboreo: Las labores para preparar el terreno serán, una pasada con la grada de discos para incorporar los restos del cultivo anterior de espinacas. Posteriormente se hace un pase con cultivador y un pase con el rodillo para dejar el lecho de siembra mullido y migajoso formando pequeños agregados.

2º Fertilización: Antes de la siembra se aplicará un abonado de fondo no muy exigente ya que el cultivo de espinaca se ha fertilizado generosamente. En el abonado de cobertera se aportará el nitrógeno para obtener una buena cosecha.

3º Siembra: La siembra se hace con sembradora a chorrillo para garantizar que queden depositadas un número constante de semillas, así como una dosis de siembra adecuada. La dosis de siembra es de 180 kg/ha.

4º Tratamientos fitosanitarios: En el caso de observar algún ataque, se procederá a tratar específicamente con el producto adecuado.

5º Recolección: La cosechadora tiene que estar bien regulada para evitar que el grano se parta. Normalmente se cosecha con un índice de humedad de menos del 15% para no tener penalizaciones en el precio.

La cebada es un cultivo poco exigente en riego pero es fundamental para una buena nascencia y asegurar una densidad de plantación adecuada. Cuando el grano se está llenando, también es una etapa en la que el agua es importante para tener una buena producción.

MAÍZ

El maíz es un cereal de cultivo anual.

La temperatura óptima de germinación de la semilla de maíz es por encima de 10°C en el suelo, y por debajo de esa temperatura la semilla no germina bien. Es por esto que la fecha de siembra la determina la temperatura del suelo, siendo de 15º/16°C la temperatura óptima de siembra, ya que la nacencia se producirá en 7/9 días.

En el cultivo del maíz, ajustar las dosis de fertilización a las necesidades reales es imprescindible para reducir costes pero manteniendo la producción. La pérdida de elementos por lavado (nitratos) o por arrastre (fosfatos) supone una pérdida económica y un daño ambiental importante.

La extracción de nutrientes, comienza tras la nascencia, aunque la extracción más fuerte se produce en el estado de 8 hojas, a las 4/5 semanas, ya que se inicia el crecimiento vegetativo más intenso.

Es recomendable aplicar una tercera parte de las necesidades totales de nitrógeno en abonado de fondo (antes de la siembra), junto al fosforo y el potasio, y el resto se aplicará en una cobertera cuando el maíz está con 8 hojas (unos 40cm). Si se hacen 2 coberteras, la segunda será cuando el maíz tiene 100cm.

El maíz es un cultivo muy sensible a la presencia de malas hierbas, sobre todo en los primeros estados de desarrollo, por esto se requiere el uso de herbicidas.

- Herbicida de preemergencia, después de sembrar el maíz y antes de su nascencia.
- Herbicida de postemergencia, en el caso de que exista competencia de malas hierbas, cuando el maíz esta con 6 hojas.

Hay numerosas plagas que pueden afectar al maíz aunque no son tantas las que están presentes en la zona de la parcela elegida.

El taladro es una de estas plagas, y en caso de sufrir un ataque habría que hacer un tratamiento específico, aunque incrementaría el gasto, por la compra del producto y por el gasto de su aplicación.

El maíz es un cultivo exigente en agua, cerca de los 5mm al día. Las necesidades hídricas varían a lo largo del desarrollo del cultivo, cuando comienza a nacer se requiere menos cantidad de agua manteniendo una humedad constante, en la fase de crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua necesita. La floración es la fase más crítica ya que de ella dependerá el cuajado y la producción que se obtendrá, por lo tanto habrá que hacer riegos para mantener la humedad y así permitir una eficaz polinización y cuajado. Por último, para el engrosamiento y la maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua a aplicar.

MAÍZ DULCE

El maíz dulce es un cultivo de ciclo corto, normalmente de unos 90-100 días.

En la siembra, según las condiciones del terreno, tendremos que tener en cuenta la densidad de siembra a elegir, para que en recolección contemos con el número suficiente de plantas para conseguir una buena producción. La densidad de siembra para el maíz dulce es de 0,75 m entre líneas y 0,20 m entre semillas, lo que nos da unas 66.600 semillas por hectárea, de las que obtendremos 64.000 plantas. Si tenemos en cuenta que en un saco de maíz entran unas 50.000 semillas, sabemos que aproximadamente necesitamos 1,3 sacos por hectárea.

En el caso del maíz dulce, la siembra se realiza el 20 de junio y se cosechará hacia el 30 de septiembre, cuando el grano está en estado lechoso (en este estado está aproximadamente 1 semana).

El orden de labores a realizar para el maíz dulce son las siguientes:

1º Elección de la parcela: la única restricción que hay es que el cultivo precedente no sea maíz semilla, que en este caso no lo es. Esto se debe a que así se evita la posibilidad de obtener maíz fuera de tipo.

2º. Preparación del terreno: paso previo a la siembra. Con esta labor se pretende que el terreno quede suelto y esponjoso, sobre todo la capa más superficial ya que es donde se deposita la semilla con la siembra. Se realizan 2 pases de chisel, se aplica el abono de fondo y se pasa el rotavator.

3º Siembra: se realiza con una sembradora monograno. La profundidad de siembra debe ser uniforme de unos 2-2,5 cm.

3º Tratamiento herbicida: se aplica el herbicida de preemergencia.

4º Durante el desarrollo vegetativo (estado de 8 hojas), se aplica el abono de cobertera.

5º En caso de que se identifique ataque de taladro, se hará un pase con la sulfatadora para controlar la plaga.

6º Recolección del cultivo en estado lechoso.

7º Transporte hasta la conservera para su procesado.

El tempero en el suelo no debe faltar en ningún momento, y es de especial importancia el riego desde el inicio de formación de la mazorca y la recolección para así lograr mazorcas completas de granos y bien formados.

MAÍZ PARA SEMILLA

La producción de semillas de maíz consiste en sembrar dos líneas puras (semilla base) que se cruzan para producir un híbrido comercial. Las hembras son las plantas que reciben el polen y se cosechan y los machos son los que producen el polen y se destruyen después de haberlo emitido.

La densidad de siembra del maíz semilla es de 0,75 m entre líneas y 0,20 m entre semillas, lo que nos da unas 66.600 semillas por hectárea, de las que obtendremos 64.700 plantas. Si tenemos en cuenta que en un saco de maíz entran unas 50.000 semillas, sabemos que aproximadamente necesitamos 1,3 sacos por hectárea.

La siembra del maíz semilla se hace el 20 de mayo y se cosechará a mitades de octubre, cuando el grano tiene aproximadamente un 35% de humedad.

En el caso del maíz semilla, las labores a realizar son las siguientes:

1º Elección de la parcela: Acción muy importante ya que tiene que existir aislamiento respecto a otras parcelas de maíz para así obtener una pureza varietal perfecta y no exista contaminación de polen extraño. La norma oficial en España define una distancia mínima de 220 m entre parcelas de una variedad de maíz semilla y otros campos de maíz.

2º Preparación del terreno: Con esta labor se pretende que el terreno quede suelto y esponjoso, sobre todo la capa más superficial ya que es donde se deposita la semilla con la siembra. Se realizan 2 pases de chisel, se aplica el abono de fondo y se pasa el rotavator.

3º Siembra: se realiza con una sembradora monograno. La profundidad de siembra debe ser uniforme de unos 2-2,5 cm. Se siembran machos y hembras en dos veces para que, en la floración, la emisión de polen de los machos coincida con la aparición de las sedas de las hembras. Se alternan 4 filas de hembras con 2 filas de machos (levantando los cuerpos de la sembradora según se esté sembrando las hembras o los machos). La siembra de la hembra se realiza en una pasada y los machos se siembran, el primero cuando el coleoptilo de la hembra tenga 2 cm y el segundo macho, cuando la hembra tenga 2,5 hojas.

3º Tratamiento herbicida: se aplica el herbicida de preemergencia.

4º Durante el desarrollo vegetativo (estado de 8 hojas), se aplica el abono de cobertera.

5º Castración: Es la operación de cortar la flor masculina, la panícula, a las hembras antes de que florezcan, para que no emitan polen. La castración se hace con maquinaria especial, la castradora, que está equipada con cuchillos que cortan la panícula. 36-48 horas más tarde, se da la vuelta a la tabla con los cuchillos de la castradora para que trabajen los rodillos arrancando lo que queda de panícula. La castración se completa con un equipo de gente que va quitando lo que haya dejado la castradora.

6º Destrucción de los machos: Después de la floración, las filas de los machos se destruyen con un quad, una mula mecánica o un tractor pequeño para evitar que se cosechen sus mazorcas.

7º En caso de que se identifique ataque de taladro, se hará un pase con la sulfatadora para controlar la plaga.

8º Recolección: Se cosechan las mazorcas enteras de las hembras. Se hace con el grano húmedo, con el 35% de humedad.

9º Transporte hasta la planta donde pasan por una mesa de selección para quitar mazorcas enfermas o fuera de tipos. De aquí van al secadero.

HABAS

Las habas para verdeo tienen un ciclo de 190-220 días y se siembran a principios de octubre y se recolecta en mayo. En nuestro caso, se ha elegido la variedad Bianca y se sembrará el 8 de octubre y se recolectará el 10 de mayo.

1º Laboreo: Las habas son poco exigentes en cuanto a texturas de suelo. Se hará un laboreo profundo de unos 30 cm de profundidad para favorecer el desarrollo de la raíz pivotante con un pase de subsolador. Después se hará otro laboreo superficial que dejará un lecho de siembra de granulometría pequeña y homogénea, aireado y sin compactar. Al ir tras un cultivo de maíz hay que trabajar más la parcela para trocear muy bien los rastrojos y para ello se harán varios pases con el cultivador y el molón.

2º Fertilización: Las habas, al ser una leguminosa, es capaz de fijar y usar el nitrógeno del aire por la acción de las bacterias del genero *Rhizobium*. Se hará un abonado de fondo de equilibrio 1-2-3 (N-P-K) y si se ve falta de actividad en la nodulación del *Rhizobium* se hará un abonado de cobertera para aportar nitrógeno. Con abonos foliares se puede favorecer el desarrollo y mejorar el cuajado en la floración si se dan condiciones climáticas adversas.

3º Siembra: Para una buena homogeneidad de la nascencia la siembra será precisa en cantidad y en profundidad. Se siembra con sembradora monograno a una profundidad de 3-4 cm y después se pasará el molón. La variedad Bianca se siembra a dosis de 155 kg/ha con marco de 70-75 cm entre líneas y 8-10 cm entre plantas. Más cantidad de semilla causa problemas de malas floraciones, encamados y enfermedades y menos semilla provoca que la producción se vea afectada.

4º Tratamientos fitosanitarios: después de la siembra y antes de la nascencia, se aplica un herbicida para hoja ancha y un pequeño riego. Para hoja estrecha se aplica un antigramíneo en postemergencia. Si se observa presencia de pulgón negro del haba o de sitona (suelen aparecer en diciembre-enero), hacer tratamientos hasta la primavera para

que la producción no se vea afectada.

5º Recolección: Se encarga la empresa contratante. El inicio de la cosecha lo marca la cantidad de granos babys ya que en función del porcentaje de babys el precio varía. El cultivo debe llegar a recolección bien hidratado.

Una vez hecha la siembra se dará un riego para hinchar las semillas e incorporar el herbicida y se darán pequeños riegos hasta la nascencia. Durante el otoño y el invierno se regará en función de la climatología. Entre floración y llenado de vainas es muy sensible a la falta de agua por lo que se aportará la necesaria ya que si no la producción se verá afectada.

TRIGO

La fecha de siembra, al ser una variedad de invierno, será el 20 de noviembre y se cosechará el 10 de julio.

1º Laboreo: Las labores para preparar el terreno serán, una pasada con el subsolador para incorporar los restos del cultivo anterior de maíz semilla. Posteriormente se hace un pase con cultivador y un paso con el rodillo para dejar el lecho de siembra mullido y migajoso formando pequeños agregados.

2º Fertilización: Antes de la siembra se aplicará un abonado de fondo para reponer los nutrientes extraídos en el cultivo anterior. En el abonado de cobertera se aportará el nitrógeno para obtener una buena cosecha.

3º Siembra: La siembra se hace con sembradora a chorrillo para garantizar que queden depositadas un número constante de semillas, así como una dosis de siembra adecuada. La dosis de siembra es de 220 kg/ha. Se siembra a una profundidad de 4 o 5 cm y los surcos están separados unos 17-20 cm.

4º Tratamientos fitosanitarios: En el caso de observar algún ataque, se procederá a tratar específicamente con el producto adecuado. Aunque la variedad Chambo tiene alta resistencia a oídio, septoria y roya parda.

5º Recolección: La cosechadora tiene que estar bien regulada para evitar que el grano se parta. Normalmente se cosecha con un índice de humedad de menos del 15% para no tener penalizaciones en el precio.

El trigo es un cultivo poco exigente en riego pero es fundamental para una buena nascencia y asegurar una densidad de plantación adecuada. Con el espigado comienza un periodo de intensa asimilación de agua y de sustancias nutritivas, por lo que es preciso que la tierra contenga bastante humedad. Cuando el grano se está llenando, también es una etapa en la que el agua es importante para tener una buena producción.

ANEJO V:

NECESIDADES HÍDRICAS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. LA EVAPOTRANSPIRACIÓN
3. PRECIPITACION EFECTIVA (P_{ef})
4. EFICIENCIA DE APLICACIÓN DE RIEGO (E_a)
5. NECESIDADES HÍDRICAS DE LOS CULTIVOS
6. NECESIDADES HÍDRICAS DE LA ALTERNATIVA

1. INTRODUCCIÓN

Con objeto de poder determinar los caudales necesarios en la red de distribución y poder dimensionar la misma, se hace indispensable realizar en primer lugar el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos.

Para el cálculo de las necesidades hídricas, se necesita:

- Calcular la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_0) mediante el método Penman – Monteith.
- Determinar los diferentes coeficientes de cultivo (K_c).
- Calcular las necesidades de agua de los cultivos a partir de los valores de ET_0 , K_c , precipitación efectiva (P_{ef}) y eficiencia del riego (E_a).

2. LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

Se conoce como evapotranspiración (ET) la combinación de los dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo.

La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos. En las primeras etapas del cultivo, el agua se pierde principalmente por evaporación directa del suelo, pero con el desarrollo del cultivo y finalmente cuando éste cubre totalmente el suelo, la transpiración se convierte en el proceso principal.

El concepto de evapotranspiración incluye dos definiciones:

- Evaporación del cultivo de referencia (ET_0).
- Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET_c).

EVAPORACIÓN DE REFERENCIA (ET_0)

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina ET_0 . La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas. Los únicos factores que afectan a ET_0 son los parámetros climáticos. Por lo tanto, ET_0 es también un parámetro climático que puede ser calculado a partir de datos meteorológicos. ET_0 expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específicas, y no considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo.

EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO BAJO CONDICIONES ESTÁNDAR (ET_c)

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar se denomina ET_c, y se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo condiciones óptimas de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas reinantes.

La evapotranspiración del cultivo puede ser calculada a partir de datos climáticos e integrando directamente los factores de la resistencia del cultivo, el albedo y la resistencia del aire.

La relación ET_c / ET₀ que puede ser determinada experimentalmente para diferentes cultivos y es conocida como coeficiente del cultivo (K_c), y se utiliza para relacionar ET_c a ET₀ de manera que:

$$ET_c = K_c * ET_0$$

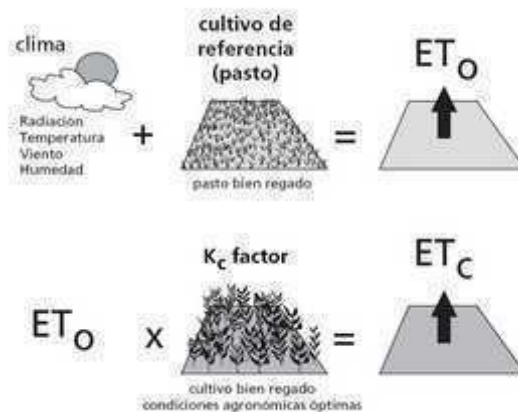


Fig.1. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET₀), bajo condiciones estándar (ET_c).

Las diferencias en la anatomía de las hojas, características de los estomas, las propiedades aerodinámicas, e incluso el albedo, ocasionan que la evapotranspiración del cultivo difiera de la evapotranspiración del cultivo de referencia bajo las mismas condiciones climáticas. Debido a variaciones en las características del cultivo durante los diferentes periodos de crecimiento, para un determinado cultivo, K_c cambia desde la siembra hasta la cosecha.

MÉTODO FAO PENMAN – MONTEITH

El método de FAO Penman-Monteith se recomienda como el único método para determinar la evapotranspiración de referencia ET_0 .

Se basa en la expresión que se expone a continuación:

$$ET_0 = \frac{0,408 \cdot \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1+0,34 \cdot U_2)}$$

Dónde:

ET_0 : Evapotranspiración de referencia (mm/día).

R_n : Radiación neta ($MJ \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$).

G : Densidad del flujo de calor en el suelo ($MJ \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$).

T : Temperatura media del aire a 2 m de altura ($^{\circ}C$).

Δ : Pendiente de la curva de saturación del vapor a la temperatura media diaria ($kPa/^{\circ}C$).

γ : Constante psicométrica. ($kPa/^{\circ}C$).

U_2 : Velocidad media del viento a 2 metros de altura (m/s).

e_a : Presión de saturación del vapor media diaria a la temperatura del aire (kPa).

e_d : Presión de saturación del vapor a la temperatura del punto del rocío (kPa).

$e_a - e_d$: Déficit de presión de vapor del aire (kPa).

Los factores meteorológicos que determinan la evapotranspiración son los componentes del tiempo que proporcionan energía para la vaporización y extraen vapor de agua de una superficie evaporante. Los principales parámetros meteorológicos que se deben considerar son:

- Temperatura del aire.
- Radiación solar.
- Humedad relativa.
- Velocidad del viento.

Los datos de ET_0 se muestran en la Tabla 1 y son los obtenidos en la estación meteorológica de Artajona durante el periodo de 2004-2014. Estos datos han sido proporcionados por INTIA.

Transformación de secano a regadío de la parcela de Mendigorria polígono 6, parcela 199

Fecha	ET ₀
1-ene	0,69
2-ene	0,84
3-ene	0,72
4-ene	0,75
5-ene	0,77
6-ene	0,84
7-ene	0,82
8-ene	0,85
9-ene	0,61
10-ene	0,52
11-ene	0,58
12-ene	0,56
13-ene	0,66
14-ene	0,74
15-ene	0,59
16-ene	0,65
17-ene	0,72
18-ene	0,71
19-ene	1,08
20-ene	0,94
21-ene	0,92
22-ene	0,92
23-ene	0,95
24-ene	1,06
25-ene	1,08
26-ene	0,96
27-ene	1,01
28-ene	0,95
29-ene	0,89
30-ene	0,98
31-ene	1,01

Fecha	ET ₀
1-feb	0,97
2-feb	1,02
3-feb	1,20
4-feb	1,18
5-feb	1,29
6-feb	1,32
7-feb	1,27
8-feb	1,18
9-feb	1,30
10-feb	1,38
11-feb	1,21
12-feb	1,62
13-feb	1,50
14-feb	1,64
15-feb	1,28
16-feb	1,57
17-feb	1,64
18-feb	1,60
19-feb	1,46
20-feb	1,35
21-feb	1,31
22-feb	1,52
23-feb	1,77
24-feb	1,65
25-feb	1,54
26-feb	1,52
27-feb	1,81
28-feb	1,63
29-feb	1,67

Fecha	ET ₀
1-mar	1,82
2-mar	1,93
3-mar	1,80
4-mar	1,70
5-mar	1,68
6-mar	1,84
7-mar	2,06
8-mar	2,02
9-mar	2,27
10-mar	2,20
11-mar	2,45
12-mar	2,10
13-mar	2,26
14-mar	2,42
15-mar	2,59
16-mar	2,82
17-mar	2,42
18-mar	2,43
19-mar	2,58
20-mar	2,84
21-mar	2,33
22-mar	2,48
23-mar	2,33
24-mar	2,34
25-mar	2,34
26-mar	2,68
27-mar	2,52
28-mar	2,34
29-mar	2,79
30-mar	2,37
31-mar	2,97

Fecha	ET ₀
1-abr	2,81
2-abr	2,82
3-abr	2,32
4-abr	3,05
5-abr	2,95
6-abr	3,05
7-abr	2,78
8-abr	3,05
9-abr	3,41
10-abr	2,81
11-abr	2,86
12-abr	2,85
13-abr	3,23
14-abr	3,14
15-abr	3,12
16-abr	3,09
17-abr	3,28
18-abr	3,29
19-abr	3,17
20-abr	3,04
21-abr	3,22
22-abr	3,07
23-abr	3,50
24-abr	3,96
25-abr	3,89
26-abr	3,34
27-abr	4,08
28-abr	3,02
29-abr	3,59
30-abr	3,61

Transformación de secano a regadío de la parcela de Mendigorriá polígono 6, parcela 199

Fecha	ET ₀
1-may	3,59
2-may	3,91
3-may	3,83
4-may	3,76
5-may	3,65
6-may	3,89
7-may	3,83
8-may	4,04
9-may	3,91
10-may	4,23
11-may	4,05
12-may	3,94
13-may	4,16
14-may	3,90
15-may	4,14
16-may	4,64
17-may	4,36
18-may	4,72
19-may	3,96
20-may	4,49
21-may	4,26
22-may	4,57
23-may	4,60
24-may	4,88
25-may	5,00
26-may	4,60
27-may	5,03
28-may	4,88
29-may	4,83
30-may	4,91
31-may	4,81

Fecha	ET ₀
1-jun	4,97
2-jun	5,21
3-jun	5,64
4-jun	5,42
5-jun	5,62
6-jun	5,43
7-jun	5,35
8-jun	5,17
9-jun	5,32
10-jun	4,40
11-jun	5,20
12-jun	6,00
13-jun	5,88
14-jun	5,82
15-jun	5,84
16-jun	5,32
17-jun	5,60
18-jun	5,80
19-jun	5,39
20-jun	5,66
21-jun	5,98
22-jun	6,76
23-jun	6,38
24-jun	6,16
25-jun	6,28
26-jun	6,54
27-jun	6,69
28-jun	6,88
29-jun	6,57
30-jun	6,97

Fecha	ET ₀
1-jul	6,23
2-jul	6,22
3-jul	6,31
4-jul	6,56
5-jul	6,71
6-jul	5,94
7-jul	6,28
8-jul	6,07
9-jul	6,30
10-jul	6,25
11-jul	6,25
12-jul	6,20
13-jul	6,70
14-jul	6,98
15-jul	7,22
16-jul	6,98
17-jul	6,82
18-jul	6,94
19-jul	6,34
20-jul	6,46
21-jul	6,27
22-jul	6,73
23-jul	6,78
24-jul	6,41
25-jul	6,25
26-jul	6,94
27-jul	6,49
28-jul	6,32
29-jul	6,28
30-jul	6,63
31-jul	6,82

Fecha	ET ₀
1-ago	6,57
2-ago	5,99
3-ago	6,15
4-ago	6,10
5-ago	6,25
6-ago	6,18
7-ago	6,30
8-ago	5,28
9-ago	5,38
10-ago	5,99
11-ago	6,36
12-ago	5,95
13-ago	5,62
14-ago	5,52
15-ago	5,46
16-ago	4,89
17-ago	5,26
18-ago	6,05
19-ago	5,12
20-ago	5,45
21-ago	5,36
22-ago	5,48
23-ago	5,46
24-ago	5,03
25-ago	5,00
26-ago	5,11
27-ago	5,39
28-ago	5,48
29-ago	5,32
30-ago	5,10
31-ago	4,95

Transformación de secano a regadío de la parcela de Mendigorriá polígono 6, parcela 199

Fecha	ET ₀	Fecha	ET ₀	Fecha	ET ₀	Fecha	ET ₀
1-sep	4,96	1-oct	3,02	1-nov	1,38	1-dic	0,72
2-sep	4,65	2-oct	3,17	2-nov	1,54	2-dic	0,69
3-sep	4,84	3-oct	3,12	3-nov	1,34	3-dic	0,72
4-sep	4,50	4-oct	2,74	4-nov	1,22	4-dic	0,86
5-sep	5,01	5-oct	2,99	5-nov	1,31	5-dic	0,85
6-sep	4,56	6-oct	2,76	6-nov	1,28	6-dic	0,82
7-sep	4,28	7-oct	2,64	7-nov	1,21	7-dic	0,75
8-sep	3,99	8-oct	3,04	8-nov	1,29	8-dic	0,95
9-sep	4,25	9-oct	2,68	9-nov	1,22	9-dic	0,88
10-sep	4,49	10-oct	2,14	10-nov	1,26	10-dic	0,73
11-sep	4,02	11-oct	2,65	11-nov	1,25	11-dic	0,53
12-sep	4,08	12-oct	2,44	12-nov	1,22	12-dic	0,67
13-sep	3,80	13-oct	2,23	13-nov	1,47	13-dic	0,84
14-sep	3,94	14-oct	2,17	14-nov	1,47	14-dic	0,71
15-sep	3,87	15-oct	2,06	15-nov	1,52	15-dic	0,75
16-sep	3,52	16-oct	2,41	16-nov	1,38	16-dic	0,71
17-sep	3,50	17-oct	2,48	17-nov	1,18	17-dic	0,77
18-sep	3,27	18-oct	2,68	18-nov	0,81	18-dic	0,69
19-sep	3,50	19-oct	2,17	19-nov	0,98	19-dic	0,74
20-sep	3,70	20-oct	2,26	20-nov	1,04	20-dic	0,76
21-sep	4,00	21-oct	1,88	21-nov	0,83	21-dic	0,78
22-sep	3,44	22-oct	1,89	22-nov	0,90	22-dic	0,56
23-sep	3,55	23-oct	2,06	23-nov	1,04	23-dic	0,56
24-sep	3,20	24-oct	2,14	24-nov	1,13	24-dic	0,78
25-sep	3,27	25-oct	1,86	25-nov	1,15	25-dic	0,85
26-sep	3,46	26-oct	1,92	26-nov	1,00	26-dic	0,63
27-sep	3,47	27-oct	1,72	27-nov	0,82	27-dic	0,47
28-sep	2,87	28-oct	1,49	28-nov	0,63	28-dic	0,56
29-sep	2,76	29-oct	1,69	29-nov	0,80	29-dic	0,54
30-sep	3,35	30-oct	1,53	30-nov	0,64	30-dic	0,64
		31-oct	1,71			31-dic	0,63

Tabla 1. Media ET₀ diaria del periodo comprendido entre 2004-2014.

EL COEFICIENTE DEL CULTIVO K_C

El coeficiente del cultivo integra los efectos de las características que distinguen a un cultivo típico de campo del pasto de referencia, el cual posee una apariencia uniforme y cubre completamente la superficie del suelo. En consecuencia, los distintos cultivos tendrán distintos valores de coeficiente del cultivo. Por otra parte, las características del cultivo que varían durante el crecimiento del mismo también afectarán al valor del coeficiente k_c .

A medida que el cultivo se desarrolla, tanto el área del suelo cubierta por la vegetación como la altura del cultivo y el área foliar variarán progresivamente. Debido a las diferencias en evapotranspiración que se presentan durante las distintas etapas de desarrollo del cultivo, el valor de k_c correspondiente a un cultivo determinado, también variará a lo largo del periodo de crecimiento del mismo. Este periodo de crecimiento puede ser dividido en cuatro etapas: inicial, de desarrollo del cultivo, de mediados de temporada y de final de temporada.

Etapas:
Etapas inicial: Esta etapa está comprendida entre la fecha de siembra y el momento que el cultivo alcanza aproximadamente el 10% de cobertura del suelo. Durante la etapa inicial, el área foliar es pequeña y la evapotranspiración ocurre principalmente como evaporación en el suelo. Por lo tanto, el valor de k_c ($k_{c\ ini}$) es alto cuando el suelo se encuentra húmedo debido al riego o la lluvia, y es bajo cuando la superficie del suelo se encuentra seca.

Etapas de desarrollo del cultivo: Esta etapa está comprendida desde el momento en que la cobertura del suelo es de un 10% hasta el momento de alcanzar la cobertura efectiva completa. A medida que el cultivo desarrolla y sombrea cada vez más suelo, la evaporación se verá cada vez más restringida y la transpiración gradualmente se convertirá en el proceso más importante. Durante la etapa de desarrollo del cultivo, el valor de k_c se corresponderá con la cantidad de la cobertura del suelo y el desarrollo de la planta.

Etapas de mediados de temporada: Esta etapa comprende el periodo de tiempo entre la cobertura completa hasta el comienzo de la madurez. El comienzo de la madurez está indicado generalmente por el comienzo de la vejez, amarilleamiento de las hojas, caída de las hojas o la aparición del color marrón en el fruto, hasta el grado de reducir la evapotranspiración del cultivo en relación con la ET_0 de referencia. Durante la etapa de mediados de temporada, el coeficiente k_c alcanza su valor máximo. El valor de k_c ($k_{c\ med}$) en esta etapa es relativamente constante para la mayoría de los cultivos.

Etapas de finales de temporada: Esta etapa comprende el periodo entre el comienzo de la madurez hasta el momento de la cosecha o la completa senescencia. Se asume que el cálculo de los valores de k_c y ET_c finaliza cuando es cosechado, secado al natural, alcanza la completa senescencia o experimenta la caída de las hojas.

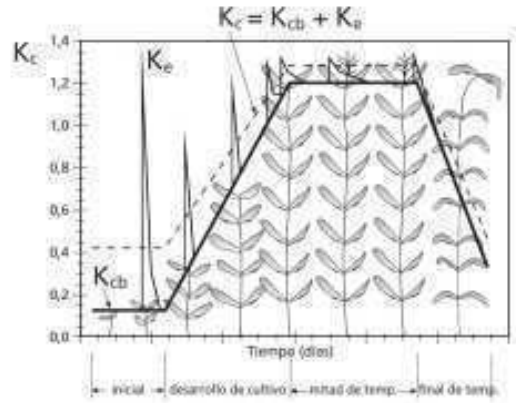


Figura 2. Curva generalizada del coeficiente de cultivo (k_c) para las 4 etapas de crecimiento.

A continuación se muestran los coeficientes de cultivo de la rotación propuesta:

ESPINACA

Crecim. Cultivo	Ago	Sep	Oct
K_c	0,50	0,99	0,16

CEBADA

Crecim. Cultivo	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
K_c	0,29	0,33	0,33	0,39	0,69	1,01	0,92	0,29

MAÍZ DULCE

Crecim. Cultivo	Jun	Jul	Ago	Sep
K_c	0,13	0,74	1,05	0,61

HABA

Crecim. Cultivo	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
K_c	0,10	0,29	0,32	0,50	0,71	0,89	1,00	1,00

MAÍZ SEMILLA

Crecim. Cultivo	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct
K_c	0,39	0,67	1,07	1,10	0,64	0,35

TRIGO

Crecim. Cultivo	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
K_c	0,29	0,33	0,33	0,39	0,69	1,01	0,92	0,29

EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO, ET_c

La evapotranspiración del cultivo ET_c se calcula como el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia, ET_0 , y el coeficiente del cultivo, k_c :

$$ET_c = k_c \times ET_0$$

Donde,

ET_c : Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

ET_0 : Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

k_c : Coeficiente del cultivo (adimensional).

El valor de ET_c hace referencia a las necesidades mensuales totales de agua que requiere cada cultivo, que deberán ser cubiertas, ya sea por medio de la lluvia, o bien mediante la aplicación de riego.

3. PRECIPITACIÓN EFECTIVA (P_{ef}).

Se considera como precipitación esperable mensual la correspondiente a un nivel de probabilidad de ocurrencia del 75%. Los valores medios de precipitación han sido obtenidos a partir de las mediciones recogidas en la estación meteorológica de Artajona durante el periodo comprendido entre 2004 y 2014.

En la Tabla 3 se muestran los valores de precipitación media y efectiva obtenidos durante dicho periodo:

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
Precipitación	35,31	29,47	54,23	56,65	52,72	38,74	18,6	11,97	24,73	52,26	49,05	29,7	453,38
Prec. Efectiva	26,48	22,10	40,67	42,48	39,54	29,05	13,94	8,98	18,55	39,20	36,78	22,26	340,04

Tabla 3. Precipitación efectiva (P_{ef}) en el periodo de tiempo de estudio.

4. EFICIENCIA DE APLICACIÓN DE RIEGO (E_a)

Se selecciona la eficiencia de aplicación de riego por aspersión (%) según la altura de agua aplicada (mm), la evapotranspiración máxima (mm/día) y la velocidad media del viento (km/h).

Se acuerda aplicar una eficiencia del riego por aspersión del 75%, ya que la evaporación máxima de referencia es de 7,22 mm/día, la velocidad del viento en la zona es menor a 6,5 km/h y la altura de agua aplicada es de 150 mm.

5. NECESIDADES HÍDRICAS DE LOS CULTIVOS

A continuación se expone el cálculo de las necesidades hídricas para cada uno de los cultivos de la rotación propuesta.

ESPINACA

Fecha de siembra: 1 de agosto.

Duración cultivo: 51 días.

	Ago	Sep
Eto	173,55	82,73
Kc	0,50	0,99
Etc	86,78	81,90
P	11,97	16,48
Pef	8,98	12,36
Nn=Etc - Pef	77,80	69,54
Nb (Ea: 75%)	58,35	52,15

Tabla 4. Necesidades hídricas (mm) correspondientes a la espinaca.

CEBADA

Fecha de siembra: 1 de noviembre.

Duración cultivo: 227 días.

	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Eto	34,30	22,13	25,36	41,39	71,74	95,40	133,37	81,27
Kc	0,29	0,33	0,33	0,39	0,69	1,01	0,92	0,29
Etc	9,95	7,30	8,37	16,14	49,50	96,35	122,70	23,57
P	49,05	29,68	35,31	29,47	54,23	56,65	52,72	19,37
Pef	36,78	22,26	26,48	22,10	40,67	42,48	39,54	14,53
Nn=Etc - Pef	-26,84	-14,96	-18,11	-5,96	8,83	53,87	83,16	9,04
Nb (Ea: 75%)	-20,13	-11,22	-13,59	-4,47	6,62	40,40	62,37	6,78

Tabla 5. Necesidades hídricas (mm) correspondientes a la cebada.

MAÍZ DULCE

Fecha de siembra: 20 de junio.

Duración cultivo: 102 días.

	Jun	Jul	Ago	Sep
Eto	70,87	201,66	173,55	116,10
Kc	0,13	0,74	1,05	0,61
Etc	9,21	149,23	182,23	70,82
P	12,91	18,58	11,97	24,73
Pef	9,68	13,94	8,98	18,55
Nn=Etc - Pef	-0,47	135,29	173,25	52,28
Nb (Ea: 75%)	-0,35	101,47	129,94	39,21

Tabla 6. Necesidades hídricas (mm) correspondientes al maíz dulce.

HABAS

Fecha de siembra: 8 de octubre.

Duración del cultivo: 214 días.

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Eto	51,31	34,30	22,13	25,36	41,39	71,74	95,40	38,63
Kc	0,10	0,29	0,32	0,50	0,71	0,89	1,00	1,00
Etc	5,13	9,95	7,08	12,68	29,39	63,85	95,40	38,63
P	38,78	49,05	29,68	35,31	29,47	54,23	56,65	17,01
Pef	29,08	36,78	22,26	26,48	22,10	40,67	42,48	12,75
Nn=Etc - Pef	-23,95	-26,84	-15,18	-13,80	7,28	23,18	52,92	25,88
Nb (Ea: 75%)	-17,96	-20,13	-11,38	-10,35	5,46	17,38	39,69	19,41

Tabla 7. Necesidades hídricas (mm) correspondientes a las habas.

MAÍZ SEMILLA

Fecha de siembra: 20 de mayo.

Duración del cultivo: 148 días.

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct
Eto	56,86	174,25	201,66	173,55	116,10	39,85
Kc	0,39	0,67	1,07	1,10	0,64	0,35
Etc	22,18	116,75	215,78	190,91	74,30	13,95
P	17,01	38,74	18,58	11,97	24,73	25,29
Pef	12,75	29,05	13,94	8,98	18,55	18,97
Nn=Etc - Pef	9,42	87,70	201,84	181,93	55,76	-5,02
Nb (Ea: 75%)	7,07	65,77	151,38	136,44	41,82	-3,76

Tabla 8. Necesidades hídricas (mm) correspondientes al maíz semilla.

TRIGO

Fecha de siembra: 20 de noviembre.

Duración del cultivo: 232 días.

	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Eto	9,97	22,13	25,36	41,39	71,74	95,40	133,37	174,25	62,86
Kc	0,29	0,33	0,33	0,39	0,69	1,01	0,92	0,29	0,29
Etc	2,89	7,30	8,37	16,14	49,50	96,35	122,70	50,53	18,23
P	16,35	29,68	35,31	29,47	54,23	56,65	52,72	38,74	5,99
Pef	12,26	22,26	26,48	22,10	40,67	42,48	39,54	29,06	4,49
Nn=Etc - Pef	-9,37	-14,96	-18,11	-5,96	8,83	53,87	83,16	21,48	13,74
Nb (Ea: 75%)	-7,03	-11,22	-13,59	-4,47	6,62	40,40	62,37	16,11	10,30

Tabla 9. Necesidades hídricas (mm) correspondientes al trigo.

A partir de los cálculos realizados, puede apreciarse como el maíz semilla es el cultivo que mayor cantidad de agua demanda, siendo de 151,38 mm y corresponde al mes de julio.

6. NECESIDADES HÍDRICAS DE LA ROTACIÓN

Una vez calculadas las necesidades hídricas de los diferentes cultivos, el siguiente paso será calcular las necesidades hídricas de la rotación propuesta. A continuación, en la Tabla 10, se exponen las necesidades hídricas de la rotación:

AÑO 1 (Trigo-Espinaca-Cebada)	AÑO 2 (Cebada-Maíz dulce-Habas)	AÑO 3 (Habas-Maíz semilla-Trigo)
246,31	386,79	484,42

Tabla 10. Necesidades hídricas (mm) de la rotación.

Puede verse como el tercer año de la rotación de cultivo presenta las necesidades hídricas mayores con 484,42 l/m².

Para comenzar la planificación de un periodo de riego el regante debe conocer la previsión de necesidades del cultivo para un determinado periodo de tiempo. Para ello, el Servicio de Asesoramiento al Regante de INTIA, prevé que en la zona de Artajona, los cultivos de la rotación necesitarán:

ESPINACA

litros/m ²	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
2004								75,8	119,1	0,0			194,9
2005								89,3	106,0	0,0			195,3
2006								83,5	40,8	0,0			124,3
2007								78,4	146,3	0,0			224,7
2008								88,6	109,8	0,0			198,4
2009								93,6	85,2	0,0			178,8
2010								92,8	113,6	0,0			206,4
2011								102,1	115,2	0,0			217,3
2012								100,2	106,1	0,0			206,3
2013								85,8	61,1	0,0			146,9
PROMEDIO								89,0	100,3	0,0			189,3

CEBADA Y TRIGO

litros/m ²	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
2004	0,0	0,0	0,0	0,0	97,7	40,9					0,0	0,0	138,6
2005	8,0	0,4	61,7	31,2	87,0	21,8					0,0	0,0	210,5
2006	6,0	9,1	39,3	0,0	109,2	0,0					0,0	0,0	157,5
2007	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0					7,3	0,0	8,0
2008	0,0	16,3	0,0	47,8	0,0	0,0					0,0	-	-
2009	-	0,0	61,4	38,5	118,1	0,0					0,0	0,0	-
2010	0,0	0,0	32,2	49,6	76,1	0,0					0,0	0,0	157,9
2011	0,0	17,8	4,7	110,0	100,0	0,0					0,0	0,0	232,5
2012	0,0	11,7	39,2	23,7	142,3	20,9					0,0	0,0	242,8
2013	0,0	0,0	0,0	15,1	38,6	0,0					0,0	0,0	53,7
PROMEDIO	1,6	5,5	23,9	31,6	77,0	8,4					0,7	0,0	150,2

MAIZ DULCE

litros/m ²	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
2004					0,0	153,3	210,5	134,9					498,7
2005					0,0	139,4	297,7	154,5					591,6
2006					0,0	81,2	243,2	141,5					465,9
2007					0,0	61,8	251,0	134,7					447,5
2008					0,0	59,7	216,9	149,4					426,0
2009					0,0	85,1	272,6	155,8					513,5
2010					0,0	65,2	220,3	146,0					431,5
2011					0,0	83,2	228,1	161,3					472,6
2012					8,1	96,2	236,3	157,3					497,9
2013					0,0	0,0	212,1	137,0					349,1
PROMEDIO					0,8	82,5	238,9	147,2					469,4

HABAS

litros/m ²	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
2004	0,0	0,0	0,0	0,0	126,5						0,0	0,0	126,5
2005	7,6	0,0	60,8	42,0	119,8						0,0	0,0	230,2
2006	0,0	6,4	38,5	0,0	142,0						0,0	0,0	186,9
2007	0,0	0,0	0,0	0,0	28,5						7,3	0,0	35,8
2008	0,0	14,0	0,0	59,9	0,0						0,0	-	-
2009	-	0,0	60,4	49,6	151,6						0,0	0,0	-
2010	0,0	0,0	31,3	61,6	103,6						0,0	0,0	196,5
2011	0,0	15,6	4,0	122,8	133,9						0,0	0,0	276,3
2012	0,0	30,6	59,5	27,9	155,9						0,0	0,0	273,9
2013	0,0	0,0	0,0	14,0	47,9						0,0	0,0	61,9
PROMEDIO	0,8	6,7	25,5	37,8	101,0						0,7	0,0	173,5

MAIZ SEMILLA

litros/m ²	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
2004					34,0	158,1	215,3	202,5	62,9				672,8
2005					14,4	144,4	303,4	228,9	51,9				743,0
2006					36,6	85,9	248,5	207,9	0,0				578,9
2007					0,0	65,6	255,8	199,0	91,6				612,0
2008					0,0	63,3	221,4	218,7	62,7				566,1
2009					43,8	89,1	277,8	226,9	38,1				675,7
2010					15,2	68,8	139,1	206,8	70,6				500,5
2011					25,0	87,3	232,5	228,9	68,3				642,0
2012					52,3	100,4	240,9	222,5	62,0				678,1
2013					0,0	0,0	216,5	195,5	20,1				432,1
PROMEDIO					22,1	86,3	235,1	213,8	52,8				610,1

Con el dato anterior, se debe calcular cuántas veces regar y cuánto tiempo debería durar cada riego. Todo ello considerando algunas restricciones como:

- La capacidad de campo, que representa la cantidad de agua que un suelo bien drenado retiene en contra de las fuerzas gravitatorias, o sea la cantidad de agua remanente en el suelo cuando el drenaje descendente ha disminuido significativamente.
- El punto de marchitez permanente, que es el contenido de humedad en el suelo en el cual las plantas se marchitan permanentemente.

Conforme al estudio de la FAO "Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos" (Cuaderno nº56), debido a que contenidos de humedad por encima de capacidad de campo no pueden ser retenidos en contra de las fuerzas de gravedad y son drenados y debido a que contenidos de humedad por debajo del punto de marchitez permanente no pueden ser extraídos por las raíces de las plantas, el total de agua disponible en la zona radicular será la diferencia entre los contenidos de humedad a capacidad de campo y el punto de marchitez permanente:

$$ADT = 1000 * (\Phi_{FC} - \Phi_{WP}) * Z_r$$

Donde,

ADT: total de agua disponible en la zona radicular del suelo [mm],

Φ_{FC} : contenido de humedad a capacidad de campo [m³/ m-3],

Φ_{WP} : contenido de humedad en el punto de marchitez permanente [m³/ m-3],

Z_r: profundidad de las raíces.

La lamina ADT representa la cantidad de agua que un cultivo puede extraer de su zona radicular y cuya magnitud depende del tipo de suelo y la profundidad radicular.

En la Tabla 11 se presentan los valores típicos de capacidad de campo y punto de marchitez permanente para un suelo de textura franco-arcillo-arenoso.

Tipo de suelo (USDA)	Características de la humedad del suelo	
	CC Φ_{FC} m^3/m^3	PM Φ_{WP} m^3/m^3
Franco-arcillo-limoso	0,3 - 0,37	0,17 - 0,24

Tabla 11. Capacidad de campo (CC) y Punto de Marchitez (PM) en suelo franco-arcillo-limoso. Fuente FAO.

En la Tabla 12 se presentan los valores máximos de la profundidad radicular para los cultivos de la rotación.

Cultivo	Profundidad radicular máxima (m)
Espinaca	0,3 - 0,5
Cebada	1,0 - 1,5
Maíz dulce	0,8 - 1,2
Habas	0,5 - 0,7
Maíz semilla	1,0 - 1,7
Trigo	1,5 - 1,8

Tabla 12. Rangos de profundidad máxima efectiva de las raíces (Z_r). Fuente FAO.

Con los datos anteriores se calcula el agua disponible para los cultivos de la rotación:

Cultivo	$ADT = 1000 * (\Phi_{FC} - \Phi_{WP}) * Z_r$
Espinaca	52
Cebada	162,5
Maíz dulce	130
Habas	78
Maíz semilla	175,5
Trigo	214,5

Tabla 13. Agua disponible (ADT).

A medida que disminuya la cantidad de humedad en el suelo, el agua será retenida más fuertemente a la matriz del suelo y será más difícil extraer.

Cuando el contenido de humedad del suelo esté por debajo de cierto valor umbral, el agua del suelo no podrá ser transportada hacia las raíces con la velocidad suficiente para satisfacer la demanda transpiratoria y el cultivo comenzará a sufrir estrés. La fracción de ADT que un cultivo puede extraer de la zona radicular sin experimentar estrés hídrico es denominada agua fácilmente aprovechable en el suelo:

$$\text{AFA} = p * \text{ADT}$$

Donde,

AFA: agua fácilmente aprovechable (extraíble) de la zona radicular del suelo (mm).

p: fracción promedio del total de agua disponible en el suelo (ADT) que puede ser agotada de la zona radicular antes de presentarse estrés hídrico.

En la Tabla 14 se presenta los valores de la fracción de agotamiento así como el agua fácilmente aprovechable para cada cultivo de la rotación propuesta.

Cultivo	Fracción de Agotamiento p	AFA = p*ADT (mm)
Espinaca	0,2	10,40
Cebada	0,55	89,38
Maíz dulce	0,5	65,00
Habas	0,45	35,10
Maíz semilla	0,55	96,53
Trigo	0,55	117,98

Tabla 14. Valores de la Fracción de Agotamiento (p) y Agua fácilmente aprovechable. Fuente: FAO.

El valor de AFA se corresponde a la lámina de agua que se debe reponer en cada riego.

La respuesta directa de cualquier cultivo a la falta de agua puede ser una disminución de su rendimiento o, incluso, una peor calidad de la cosecha. Dependiendo de en qué etapa del desarrollo del cultivo se produzca el estrés hídrico los resultados serán distintos. Para ello es necesario conocer las etapas de máxima sensibilidad a la hora de planificar el riego. El conocimiento de las etapas de máxima sensibilidad a la falta de agua del cultivo puede permitir, en un escenario en el que la disponibilidad de agua de regadío es cada vez más limitada, poner en marcha estrategias de riego deficitario controlado. Empleando el agua disponible en las etapas de máxima sensibilidad al estrés hídrico del cultivo, lograremos obtener cosecha en cantidad y calidad suficiente para cubrir nuestros objetivos productivos, sin poner en peligro la viabilidad de la explotación.

ANEJO VI:

DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO

DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
 - a. TIPO DE RIEGO
 - b. ELECCIÓN DEL MARCO DE RIEGO
 - c. ESTRATEGIA DE RIEGO ADOPTADA
2. NÚMERO DE ASPERSORES Y CÁLCULO DEL NÚMERO DE SECTORES
3. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE CONDUCCIÓN DE AGUA
 - a. DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERÍAS SECUNDARIAS
 - b. DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERÍAS PRIMARIAS
4. FRECUENCIA DE RIEGO

1. INTRODUCCIÓN

Este anejo tiene por objeto realizar el diseño y dimensionamiento de la red de tuberías de distribución de agua en parcela.

a. TIPO DE RIEGO

La parcela objeto de esta transformación a regadío será regada mediante riego por aspersión. Este método proporciona una lluvia uniforme sobre el cultivo con el objetivo de obtener una infiltración del agua en el mismo punto donde queda depositada. Para ello se han utilizado diferentes dispositivos de emisión (aspersores de tipo circular y sectorial) en los que la propia presión disponible en el aspersor induce un caudal de salida determinado.

Las principales ventajas e inconvenientes de este tipo de riego son:

VENTAJAS

- La eficiencia de aplicación de riego por aspersión convencional varía en función de la altura de agua aplicada, la evaporación máxima de referencia y la velocidad media del viento en la zona. En este caso se sitúa en valores superiores al 75%.
- No necesita nivelaciones, adaptándose a topografías onduladas.
- Resulta especialmente útil para distintas clases de suelos ya que permite riegos frecuentes y poco abundantes en superficies poco permeables.
- Adaptable según la rotación de cultivos utilizada.
- Permite el reparto de fertilizantes y productos fitosanitarios.
- Dosifica de forma rigurosa los riegos ligeros, importante en la nascencia de los cultivos.
- Eficaz para el lavado de sales en suelos salinos.
- Permite un ahorro en la mano de obra ya que una vez puesto en funcionamiento el sistema no requiere especial atención. Existen en el mercado programadores equipados con electroválvulas capaces de activar el sistema según las necesidades previamente programadas.

INCONVENIENTES

- Inversión económica. En función del sistema de riego adoptado será necesaria una importante inversión económica inicial. El conjunto de tuberías, válvulas, programadores y demás equipamiento, junto con la intervención de técnicos en momentos puntuales en la fase de explotación hacen incrementar el gasto quedando la amortización a medio plazo prácticamente asegurada.
- En días con presencia excesiva de viento, el reparto uniforme del agua se ve afectado notablemente.
- Puede producirse un incremento de plagas y enfermedades debido al mojado total del cultivo.

- Impacto sobre el cultivo. La caída del agua de riego sobre las hojas puede producir en las mismas, si éstas son especialmente sensibles, daños a causa del depósito de sales sobre la superficie vegetal. Asimismo, el impacto del agua sobre las flores puede producir daños sobre las corolas.

En este proyecto se va a realizar el dimensionamiento de la red de tuberías de distribución desde los 2 hidrantes de la parcela hasta los aspersores.

Cada hidrante aportará un caudal de 20 l/s y la presión estática es de 129 m y la presión dinámica es de 110 m.

La presión de funcionamiento de los aspersores será de 35 m.c.a. y los caudales emitidos son:

- Caudal aspersor circular: 0,497 l/s
- Caudal aspersor sectorial: 0,306 l/s

b. ELECCIÓN DEL MARCO

El marco de riego está definido no solo por el tipo de disposición adoptado sino por la magnitud de la distancia entre los aspersores. En general los marcos pequeños presentan como ventajas un riego más uniforme y pequeñas presiones de trabajo. Como principal inconveniente, el hecho de conllevar una mayor inversión por hectárea.

Actualmente los marcos empleados con una mayor frecuencia en agricultura son los siguientes:

- Marco cuadrangular: La distancia entre aspersores y ramales es la idéntica. Adoptan disposiciones del tipo: 12 x 12m; 15 x 15m; 18 x 18 m.

- Marco rectangular: Existe una separación mayor entre ramales que entre aspersores (12 x 15m; 12 x 18m, 15 x 18m).

- Marco triangular: Se forman triángulos sensiblemente equiláteros. Adoptan disposiciones del tipo: 18 x 15m; 21 x 18m.

En este proyecto se ha seleccionado un marco de riego triangular denominado comúnmente al tresbolillo. Resulta una disposición satisfactoria debido a su alta uniformidad de riego y a su gran versatilidad. Posee una distancia entre ramales de 15 metros, mientras que la separación entre aspersores del mismo ramal es de 18 metros.

En cuanto a la uniformidad de riego son más favorables que los de marco rectangular debido a la simetría que la caracteriza.

Con respecto a la inversión en aspersores, se ha de tener en cuenta que la superficie dominada por cada aspersor es habitualmente mayor en la disposición triangular que en la cuadrangular y rectangular.

Respecto a la inversión en ramales laterales, las distancias entre ramales es mayor en el caso del marco triangular que en el marco cuadrangular. Por lo que la inversión en ramales será menor.

En dicha disposición, la separación entre los aspersores pertenecientes a un mismo ramal tradicionalmente se ha limitado del siguiente modo:

$$d < R \cdot \sqrt{3}$$

Dónde:

d: Distancia entre aspersores (m)

R: Radio de alcance aspersor (m)

En este caso se cumpliría dicha limitación ya que:

- Aspersor de círculo completo (R=16,5m): $18 \text{ (m)} < 16,5 \text{ (m)} \cdot \sqrt{3} = 28,58$

- Aspersor sectorial (R=14,3m): $18 \text{ (m)} < 14,3 \text{ (m)} \cdot \sqrt{3} = 24,77$

Asimismo, las distancias recomendadas por el U.S Soil Conservation Service para aspersores de presión de funcionamiento baja (1-2.1 kg/cm²) y media (2.1-4.2 kg/cm²) situados entre ramales contiguos, obedecen a la siguiente expresión:

$$d \text{ (m)} = 1,24 \cdot R \text{ (m)}$$

En este caso también se cumpliría dicha limitación ya que:

- Aspersor de círculo completo (R=16,5m): $15 \text{ (m)} < 1,24 \cdot 16,5 \text{ (m)} = 20,46$

- Aspersor sectorial (R=14,3m): $15 \text{ (m)} < 1,24 \cdot 14,3 \text{ (m)} = 17,73$

La precipitación media suministrada por el sistema no debe superar en ningún caso la conductividad hidráulica saturada del suelo, con el fin de evitar posibles encharcamientos, escorrentía superficial o una excesiva erosión.

La tasa de infiltración del suelo va a depender principalmente del tipo de textura que posea el suelo en su capa superficial y del contenido de humedad. Según el estudio edafológico realizado en el presente proyecto (Anejo nº1), el suelo posee una textura franco-arcillo-arenosa.

También va a depender de la pendiente del suelo, en cuanto mayor sea la pendiente, la velocidad de infiltración será menor. En nuestro caso la pendiente es de 4,8 % y además suponemos que no hay cubierta vegetal.

c. ESTRATEGIA DE RIEGO ADOPTADA

En el proyecto de Canal de Navarra se han dimensionado las redes para que trabajen a la demanda, hecho que supone un ahorro importante de agua y de comodidad en manejo. Por lo tanto, en este proyecto de transformación de secano a regadío se establece dicha forma de riego, permitiendo la libre disponibilidad del agua por parte del agricultor en condiciones de presión y caudal adecuados, contribuyendo a conseguir un uso más eficiente de la misma.

Así, cada agricultor puede programar sus riegos de acuerdo a las necesidades hídricas concretas de sus cultivos y según el estado fenológico en que se encuentren.

Con un nivel de automatización no muy elevado se puede realizar la apertura y cierre de las válvulas de cada uno de los sectores de riego desde un ordenador central, o desde unidades autónomas de campo que controlan las válvulas hidráulicas de un mismo propietario.

El riego a la demanda no permite regar la totalidad de la parcela al mismo tiempo. La superficie regada está limitada por el caudal máximo que aporta el hidrante (20 l/s). Por ello hay que dividir la parcela en un determinado número de sectores de riego.

2. NÚMERO DE ASPERSORES Y CÁLCULO DEL NÚMERO DE SECTORES

Una vez conocida la superficie y el caudal que debe suministrar cada hidrante, se va a proceder a ubicar los aspersores. Como se ha comentado anteriormente, la disposición adoptada será tal que permita una separación entre ramales porta-aspersores de 15 metros, siendo la separación entre aspersores del mismo ramal de 18 metros.

En el Plano N°4, se puede apreciar la ubicación concreta de cada uno de los aspersores.

A partir de dichos planos se conocerá el número exacto y tipo de aspersores existentes y, por tanto el caudal total de agua emitido por los mismos. Seguidamente en la Tabla 1 se muestra con detalle los datos obtenidos:

	Número	Caudal (l/s)	Caudal Total (l/s)
Completos	458	0,497	227,73
Sectoriales	89	0,306	27,19
			254,92 l/s

Tabla 1. Aspersores necesarios en la parcela.

Para calcular el número de sectores que tiene cada parcela de riego, deberemos dividir el caudal total de todos los aspersores entre el módulo, de forma que obtenemos 7 sectores:

$$254,92 / (20 * 2) = 6,37 \longrightarrow 7 \text{ sectores}$$

Se dividirá la parcela en 7 sectores de riego de modo que sólo podrá funcionar un sector dentro del cual los aspersores funcionarán simultáneamente sin sobrepasar el caudal máximo que aporta el hidrante (20 l/s). El resultado se muestra en la Tabla 2:

Aspersores	Completo		Sectoriales		Caudal Total (l/s)
	Nº	l/s	Nº	l/s	
Sector 1	29	0,50	15	0,31	19,00
Sector 2	33	0,50	3	0,31	17,33
Sector 3	33	0,50	3	0,31	17,33
Sector 4	33	0,50	3	0,31	17,33
Sector 5	35	0,50	3	0,31	18,32
Sector 6	37	0,50	3	0,31	19,31
Sector 7	27	0,50	17	0,31	18,62
Sector 8	32	0,50	14	0,31	20,19
Sector 9	33	0,50	4	0,31	17,63
Sector 10	33	0,50	4	0,31	17,63
Sector 11	38	0,50	3	0,31	19,81
Sector 12	35	0,50	2	0,31	18,01
Sector 13	32	0,50	4	0,31	17,13
Sector 14	28	0,50	11	0,31	17,28
Total	458		89		254,92

Tabla 2. Nº de aspersores por tipo y sector.

3. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE CONDUCCIÓN DE AGUA

Una vez fraccionada la totalidad de la superficie en diferentes sectores de riego se puede comenzar a dimensionar las tuberías que componen la red de distribución. Por lo tanto, se comenzará por dimensionar las tuberías secundarias para, posteriormente, realizar el mismo proceso con las conducciones de mayor diámetro. Las tuberías portaaspersores tendrán un único diámetro, de 32mm, y estarán fabricadas en polietileno de alta densidad (PEAD).

3.1. DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERIAS SECUNDARIAS Y COMPROBACION DE LA UNIFORMIDAD DE RIEGO

Metodología

Las tuberías secundarias actúan como elementos intermedios permitiendo suministrar el agua procedente de la tubería primaria a los ramales portaaspersores. Están construidas en policloruro de vinilo (PVC) pudiendo presentar diversos diámetros comerciales que oscilan generalmente entre 40mm y 160mm.

Como puede apreciarse en el Plano nº4, dichas tuberías secundarias se dividen en diferentes tramos, abasteciendo cada uno de ellos a un grupo concreto de aspersores.

De esta forma, en función del caudal transportado y del criterio de velocidad que será expuesto posteriormente, se seleccionará un diámetro concreto para cada tramo de tubería.

A continuación se detalla la metodología empleada para el correcto dimensionado de estas tuberías:

a) En primer lugar se ha de calcular el caudal requerido en cada tramo de la tubería en función del número de aspersores (de círculo completo y sectoriales) a los que abastecerá.

b) Aplicar el criterio de velocidad con objeto de conocer el diámetro comercial que más se adecue a las necesidades del proyecto. Se han de evitar velocidades superiores a 2 m/s en el interior de las conducciones. El proceso se realiza por tanteos, es decir, por aproximaciones sucesivas: se plantea una solución y se mejora en las siguientes, siempre teniendo en cuenta los diámetros comerciales existentes.

A continuación se muestra la expresión matemática que permite la elección del diámetro interno de la tubería una vez conocido el caudal que circula por ella y aplicando el mencionado criterio de velocidad:

$$v = \frac{\frac{q}{1000}}{\pi * \left[\frac{\Phi}{2000} \right]^2}$$

Dónde:

v = Velocidad del agua en el tramo (m/s)

q = Caudal de agua que circulará por el tramo (l/s)

Φ = Diámetro interno de la tubería en el tramo seleccionado (mm)

c) Una vez conocido el diámetro interno de cada tramo de tubería y el caudal de agua que circula en cada caso, procedemos a calcular las pérdidas de carga por metro lineal de tubería siguiendo la ecuación de Hazen y Williams:

$$J_f \text{ (m/m)} = 1,212 * 10^{10} * (q/145)^{1,852} * \Phi^{(-4,87)}$$

Dónde:

J_f = Pérdidas de carga por metro lineal de tubería (m/m)

q = Caudal de agua que circulará por el tramo (l/s)

Φ = Diámetro interno de la tubería en el tramo seleccionado (mm)

d) Con el fin de calcular las pérdidas de carga totales en cada uno de los tramos se deben multiplicar las pérdidas de carga por metro lineal de tubería anteriormente calculadas por la longitud del tramo en cuestión. Asimismo, se debe aplicar un coeficiente de mayoración del 1,1.

$$H_f(m) = J_f \cdot L \cdot 1,1$$

Dónde:

H_f = Pérdidas de carga totales en el tramo (m)

J_f = Pérdidas de carga por metro lineal de tubería (m/m)

L = Longitud del tramo (m)

e) Uniformidad de riego: En terrenos cuyo relieve es plano, no es posible conseguir la igualdad de precipitación a lo largo del ramal porta-aspersores, puesto que dicha situación requeriría que fuesen iguales las presiones en la boquilla en la totalidad de los aspersores. Este hecho no puede darse en la práctica, ya que a lo largo de los ramales se producen pérdidas de carga por rozamiento que reducen la disponibilidad de presión en las boquillas.

Aún es más desfavorable la situación, a efectos de igualdad de precipitación, al estar los ramales ubicados en terrenos con pendientes ascendentes. En tal caso, a la diferencia de presión causada por la pérdida por rozamiento, se añade la procedente de la variación de cota topográfica.

La igualdad de precipitación en todos los aspersores de un ala únicamente podría darse en terrenos de pendiente descendente en el cual se produjera el hecho, realmente singular, de que entre cada aspersor, las pérdidas de carga por rozamiento se compensasen con la ganancia debida a la variación de cota topográfica.

De esta forma, y dado que en la práctica no es posible conseguir la deseada igualdad de caudales, es necesario establecer un límite que asegure en cualquier caso una uniformidad de riego razonable.

El citado límite se establece comúnmente mediante la denominada “regla del 20%” cuya expresión postula que “la diferencia de presión entre dos aspersores cualesquiera (generalmente el de máxima y mínima presión) no debe superar el 20% de la presión media de funcionamiento (Pa) de los aspersores instalados”.

Esta regla debe aplicarse, por razones obvias, a las posiciones más desfavorables, entendiéndose por tales aquellas entre las que se exista una mayor diferencia de presión.

Asimismo, cabe señalar cómo ésta diferencia máxima de presión del 20% supone una tolerancia en cuanto a variaciones de caudal del 10%, lo que constituye una limitación ciertamente razonable.

En el caso que nos ocupa, al ser la presión media de funcionamiento de los aspersores (Pa) de 35 kg/cm² (35 m.c.a.), la diferencia entre el aspersor de máxima y mínima presión debe ser inferior a 7 m.c.a.:

$$P \text{ Máx} - P \text{ Mín} \leq 0.2 \cdot Pa$$

$$P \text{ Máx} - P \text{ Mín} \leq 0.2 \cdot 35 \text{ m.c.a.} = 7 \text{ m.c.a.}$$

Resolución

Tras conocer con detalle la metodología a emplear, se han de realizar los cálculos en cada uno de los sectores de las parcelas del proyecto, con el fin de obtener un correcto dimensionamiento de las tuberías secundarias de PVC.

Como puede observarse, para cada sector se han empleado dos tablas. En la primera se ha calculado el diámetro interno apropiado para cada tramo con sus correspondientes pérdidas de carga, comprobándose en la segunda la uniformidad del riego.

Seguidamente se describen los parámetros empleados en la primera tabla:

Q = Caudal de agua necesario (expresado en l/s) para abastecer al grupo de aspersores correspondientes.

Φ_{Int} = Diámetro interno seleccionado para el tramo de tubería (mm).

v = Velocidad del agua en el tramo expresado en m/s. Es función del Φ_{Int} elegido y del caudal de agua que transporta. La velocidad ha de ser inferior a 2 m/s.

J_f (m/m) = Pérdidas de carga por metro lineal de tubería según el diámetro interno escogido con anterioridad.

L = Longitud del tramo (m), la longitud del tramo se mayor a un 10 por ciento para tener en cuenta las pérdidas localizadas presentes en el tramo.

H_f = Pérdidas de carga totales en el tramo de tubería seleccionada (m).

$\Sigma H_f(m)$ = Suma de las pérdidas de carga de los tramos desde la cabecera de cada sector hasta la conexión con la tubería porta-aspersores de polietileno (PE) más alejada.

Establecidos los diámetros de las tuberías secundarias y calculadas las pérdidas por fricción en cada uno de los tramos, se comprobará la uniformidad de riego mediante la "regla del 20%"; es decir, las pérdidas de carga máximas entre el aspersor de máxima y el de mínima deberán ser inferiores a 7 m.c.a. A continuación se muestra la comprobación para cada uno de los sectores.

Las pérdidas de carga totales (H_{TOTAL}) en el sector resultará de la suma de:

- Las pérdidas de carga por fricción en las secundarias (H_{fS})
- Las pérdidas de carga por fricción en los laterales (H_{fL})
- Las pérdidas de carga debidas al desnivel entre el aspersor de máxima y de mínima (Z), que equivale a la altura de la caña del aspersor 2 m. Se deben de tener en cuenta para saber la presión en la entrada de la tubería secundaria y después en el hidrante. Para ver la uniformidad la altura de la caña del aspersor no importa porque se lo sumas tanto al aspersor de mínima como al de máxima, por lo que se anula.

Por último se determina la presión en cabecera en cada uno de los sectores de riego. Se considera una presión de trabajo 33,5 m.c.a. en el aspersor de mínima presión. Por lo tanto, la presión en cabecera será el resultado de la suma de la presión de trabajo del aspersor de mínima más las pérdidas de carga totales (H_{TOTAL}) del sector calculadas entre el aspersor de máxima (de cabecera) y el de mínima.

SECTOR 1

A continuación, en Tabla 3 y Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos para el Sector 1:

Nº Tramo	Q (l/s)	Φ_{Int}	V (m/s)	J_f (m/m)	L (m)	1.1 L (m)	H_f (m)
1	1,26115	46,4	0,75	0,01416861	15	16,5	0,23
2	3,05837	46,4	1,81	0,07308612	15	16,5	1,21
3	4,85560	59,2	1,76	0,05252469	15	16,5	0,87
4	6,65282	70,6	1,70	0,03991872	15	16,5	0,66
5	8,45004	86,6	1,43	0,02298685	15	16,5	0,38
6	9,75004	86,6	1,66	0,02996241	15	16,5	0,49
7	9,33336	86,6	1,58	0,02763423	15	16,5	0,46
8	7,53614	86,6	1,28	0,01859587	15	16,5	0,31
9	6,23614	70,6	1,59	0,03541229	15	16,5	0,58
10	4,43892	59,2	1,61	0,04448352	15	16,5	0,73
11	3,13892	59,2	1,14	0,02341414	15	16,5	0,39
12	1,34169	46,4	0,79	0,01588987	15	16,5	0,26
							6,57

Tabla 3. Cálculo del diámetro interno (Φ_{Int}), velocidad (V) y pérdidas de carga (H_f) en el Sector 1

Q _{total}	H _{FL}	H _{FS}	Z	H _{total}	Criterio	
19,0834	0,26	6,57	0	6,83	< 7	Cumple

Tabla 4. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector 1

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

Presión máxima: $P_{max} = P_{min} + Pérdidas_{PVC} + Pérdidas_{PE} + \text{Altura de la Caña}$

$$P_{min} = 33,5$$

$$Pérdidas_{PVC} = 6,57$$

$$Pérdidas_{PE} = 0$$

$$\text{Altura Caña} = 2 \text{ m}$$

$$P_{max} = 42,07 \text{ m.c.a.}$$

SECTOR 2

A continuación en la Tabla 5 y Tabla 6 se muestran los resultados obtenidos para el Sector 2:

Nº Tramo	Q (l/s)	Φ_{Int}	V (m/s)	J_f (m/m)	L (m)	1.1 L (m)	H_f (m)
1	0,91667	36,4	0,88	0,02559181	15	16,5	0,42
2	2,40833	46,4	1,42	0,04695109	15	16,5	0,77
3	3,90000	59,2	1,42	0,03500209	15	16,5	0,58
4	5,39167	59,2	1,96	0,06376662	15	16,5	1,05
5	6,88333	70,6	1,76	0,04251807	15	16,5	0,70
6	8,37500	86,6	1,42	0,02261022	15	16,5	0,37
7	8,95000	86,6	1,52	0,02556897	15	16,5	0,42
8	7,45833	70,6	1,91	0,04932905	15	16,5	0,81
9	5,96667	70,6	1,52	0,03263063	15	16,5	0,54
10	4,47500	59,2	1,63	0,04515554	15	16,5	0,75
11	2,98333	46,4	1,76	0,06979981	15	16,5	1,15
12	1,49167	36,4	1,43	0,06305586	15	16,5	1,04
							3,90

Tabla 5. Cálculo del diámetro interno (Φ Int.), velocidad (V) y pérdidas de carga (H_f) en el Sector 2

Q_{total}	H_{fL}	H_{fS}	Z	H_{total}	Criterio	
17,325	1,04	3,90	0	4,94	< 7	Cumple

Tabla 6. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector 2

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

Presión máxima: $P_{max} = P_{min} + Pérdidas_{PVC} + Pérdidas_{PE} + \text{Altura de la Caña}$

$$P_{min} = 33,5$$

$$Pérdidas_{PVC} = 3,90$$

$$Pérdidas_{PE} = 0$$

$$\text{Altura Caña} = 2 \text{ m}$$

$$P_{máx} = 39,4 \text{ m.c.a.}$$

SECTOR 3

A continuación en la Tabla 7 y Tabla 8 se muestran los resultados obtenidos para el Sector 3:

Nº Tramo	Q (l/s)	Φ_{Int}	V (m/s)	J_f (m/m)	L (m)	1.1 L (m)	H_f (m)
1	0,91667	36,4	0,88	0,02559181	15	16,5	0,42
2	2,40833	46,4	1,42	0,04695109	15	16,5	0,77
3	3,90000	59,2	1,42	0,03500209	15	16,5	0,58
4	5,39167	59,2	1,96	0,06376662	15	16,5	1,05
5	6,88333	70,6	1,76	0,04251807	15	16,5	0,70
6	8,37500	86,6	1,42	0,02261022	15	16,5	0,37
7	8,95000	86,6	1,52	0,02556897	15	16,5	0,42
8	7,45833	70,6	1,91	0,04932905	15	16,5	0,81
9	5,96667	70,6	1,52	0,03263063	15	16,5	0,54
10	4,47500	59,2	1,63	0,04515554	15	16,5	0,75
11	2,98333	46,4	1,76	0,06979981	15	16,5	1,15
12	1,49167	36,4	1,43	0,06305586	15	16,5	1,04
							3,90

Tabla 7. Cálculo del diámetro interno (Φ Int.), velocidad (V) y pérdidas de carga (H_f) en el Sector 3

Q _{total}	H _{FL}	H _{FS}	Z	H _{total}	Criterio	
17,325	1,04	3,90	0	4,94	< 7	Cumple

Tabla 8. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector 3

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

Presión máxima: $P_{max} = P_{min} + \text{Pérdidas}_{PVC} + \text{Pérdidas}_{PE} + \text{Altura de la Caña}$

$$P_{min} = 33,5$$

$$\text{Pérdidas}_{PVC} = 3,90$$

$$\text{Pérdidas}_{PE} = 0$$

$$\text{Altura Caña} = 2 \text{ m}$$

$$P_{m\acute{a}x} = 39,4 \text{ m.c.a.}$$

SECTOR 4

A continuación en la Tabla 9 y Tabla 10 se muestran los resultados obtenidos para el Sector 4:

Nº Tramo	Q (l/s)	Φ_{Int}	V (m/s)	J_f (m/m)	L (m)	1.1 L (m)	H_f (m)
1	0,91667	36,4	0,88	0,02559181	15	16,5	0,42
2	2,40833	46,4	1,42	0,04695109	15	16,5	0,77
3	3,90000	59,2	1,42	0,03500209	15	16,5	0,58
4	5,39167	59,2	1,96	0,06376662	15	16,5	1,05
5	6,88333	70,6	1,76	0,04251807	15	16,5	0,70
6	8,37500	86,6	1,42	0,02261022	15	16,5	0,37
7	8,95000	86,6	1,52	0,02556897	15	16,5	0,42
8	7,45833	70,6	1,91	0,04932905	15	16,5	0,81
9	5,96667	70,6	1,52	0,03263063	15	16,5	0,54
10	4,47500	59,2	1,63	0,04515554	15	16,5	0,75
11	2,98333	46,4	1,76	0,06979981	15	16,5	1,15
12	1,49167	36,4	1,43	0,06305586	15	16,5	1,04
							3,90

Tabla 9. Cálculo del diámetro interno (Φ Int.), velocidad (V) y pérdidas de carga (H_f) en el Sector 4

Q_{total}	H_{fL}	H_{fS}	Z	H_{total}	Criterio	
17,325	1,04	3,90	0	4,94	< 7	Cumple

Tabla 10. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector 4

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

Presión máxima: $P_{max} = P_{min} + Pérdidas_{pVC} + Pérdidas_{pE} + \text{Altura de la Caña}$

$$P_{min} = 33,5$$

$$Pérdidas_{pVC} = 3,90$$

$$Pérdidas_{pE} = 0$$

$$\text{Altura Caña} = 2 \text{ m}$$

$$P_{máx} = 39,4 \text{ m.c.a.}$$

SECTOR 5

A continuación en la Tabla 11 y Tabla 12 se muestran los resultados obtenidos para el Sector 5:

Nº Tramo	Q (l/s)	Φ_{Int}	V (m/s)	J_f (m/m)	L (m)	1.1 L (m)	H_f (m)
1	0,91667	36,4	0,88	0,02559181	15	16,5	0,42
2	2,90556	46,4	1,72	0,06646714	15	16,5	1,10
3	4,39722	59,2	1,60	0,04371282	15	16,5	0,72
4	5,88889	70,6	1,50	0,03184725	15	16,5	0,53
5	7,38056	70,6	1,89	0,04838058	15	16,5	0,80
6	8,87222	86,6	1,51	0,02515898	15	16,5	0,42
7	9,44722	86,6	1,60	0,02826182	15	16,5	0,47
8	7,95556	86,6	1,35	0,0205579	15	16,5	0,34
9	5,96667	70,6	1,52	0,03263063	15	16,5	0,54
10	4,47500	59,2	1,63	0,04515554	15	16,5	0,75
11	2,98333	46,4	1,76	0,06979981	15	16,5	1,15
12	1,49167	36,4	1,43	0,06305586	15	16,5	1,04
							3,56

Tabla 11. Cálculo del diámetro interno (Φ Int.), velocidad (V) y pérdidas de carga (H_f) en el Sector 5

Q_{total}	H_{fL}	H_{fS}	Z	H_{total}	Criterio	
18,3194444	1,04	3,56	0	4,60	< 7	Cumple

Tabla 12. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector 5

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

Presión máxima: $P_{max} = P_{min} + Pérdidas_{pVC} + Pérdidas_{pE} + \text{Altura de la Caña}$

$$P_{min} = 33,5$$

$$Pérdidas_{pVC} = 3,56$$

$$Pérdidas_{pE} = 0$$

$$\text{Altura Caña} = 2 \text{ m}$$

$$P_{máx} = 39,06 \text{ m.c.a.}$$

SECTOR 6

A continuación en la Tabla 13 y Tabla 14 se muestran los resultados obtenidos para el Sector 6:

Nº Tramo	Q (l/s)	Φ_{Int}	V (m/s)	J_f (m/m)	L (m)	1.1 L (m)	H_f (m)
1	0,91667	36,4	0,88	0,02559181	15	16,5	0,42
2	2,40833	46,4	1,42	0,04695109	15	16,5	0,77
3	3,90000	59,2	1,42	0,03500209	15	16,5	0,58
4	5,88889	70,6	1,50	0,03184725	15	16,5	0,53
5	7,38056	70,6	1,89	0,04838058	15	16,5	0,80
6	9,36944	86,6	1,59	0,02783242	15	16,5	0,46
7	9,94444	86,6	1,69	0,03107822	15	16,5	0,51
8	8,45278	86,6	1,44	0,02300064	15	16,5	0,38
9	6,96111	70,6	1,78	0,04341211	15	16,5	0,72
10	5,46944	59,2	1,99	0,06548068	15	16,5	1,08
11	3,48056	59,2	1,26	0,02835147	15	16,5	0,47
12	1,98889	46,4	1,18	0,03294073	15	16,5	0,54
							3,10

Tabla 13. Cálculo del diámetro interno (Φ Int.), velocidad (V) y pérdidas de carga (H_f) en el Sector 6

Q_{total}	H_{fL}	H_{fS}	Z	H_{total}	Criterio	
19,3138889	0,54	3,10	0	3,64	< 7	Cumple

Tabla 14. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector 6

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

Presión máxima: $P_{max} = P_{min} + Pérdidas_{PVC} + Pérdidas_{PE} + \text{Altura de la Caña}$

$$P_{min} = 33,5$$

$$Pérdidas_{PVC} = 3,10$$

$$Pérdidas_{PE} = 0$$

$$\text{Altura Caña} = 2 \text{ m}$$

$$P_{máx} = 38,6 \text{ m.c.a.}$$

SECTOR 7

A continuación en la Tabla 15 y Tabla 16 se muestran los resultados obtenidos para el Sector 7:

Nº Tramo	Q (l/s)	Φ_{Int}	V (m/s)	J_f (m/m)	L (m)	1.1 L (m)	H_f (m)
1	1,83333	46,4	1,08	0,0283289	15	16,5	0,47
2	3,63056	59,2	1,32	0,03065579	15	16,5	0,51
3	5,42778	59,2	1,97	0,06455984	15	16,5	1,07
4	6,72778	70,6	1,72	0,04075571	15	16,5	0,67
5	8,02778	86,6	1,36	0,02090487	15	16,5	0,34
6	9,32778	86,6	1,58	0,02760363	15	16,5	0,46
7	9,29167	86,6	1,58	0,02740604	15	16,5	0,45
8	7,99167	86,6	1,36	0,02073105	15	16,5	0,34
9	6,69167	70,6	1,71	0,0403515	15	16,5	0,67
10	4,89444	59,2	1,78	0,05330563	15	16,5	0,88
11	3,59444	59,2	1,31	0,03009348	15	16,5	0,50
12	1,79722	46,4	1,06	0,02730417	15	16,5	0,45
							3,06

Tabla 15. Cálculo del diámetro interno (Φ Int.), velocidad (V) y pérdidas de carga (H_f) en el Sector 7

Q_{total}	H_{fL}	H_{fS}	Z	H_{total}	Criterio	
18,6194444	0,47	3,06	0	3,52	< 7	Cumple

Tabla 16. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector 7

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

Presión máxima: $P_{max} = P_{min} + Pérdidas_{PVC} + Pérdidas_{PE} + \text{Altura de la Caña}$

$$P_{min} = 33,5$$

$$Pérdidas_{PVC} = 3,06$$

$$Pérdidas_{PE} = 0$$

$$\text{Altura Caña} = 2 \text{ m}$$

$$P_{máx} = 38,56 \text{ m.c.a.}$$

SECTOR 8

A continuación en la Tabla 17 y Tabla 18 se muestran los resultados obtenidos para el Sector 8:

Nº Tramo	Q (l/s)	Φ_{Int}	V (m/s)	J_f (m/m)	L (m)	1.1 L (m)	H_f (m)
1	2,29444	46,4	1,36	0,04292214	15	16,5	0,71
2	4,09167	59,2	1,49	0,03825442	15	16,5	0,63
3	6,38611	70,6	1,63	0,03700566	15	16,5	0,61
4	8,18333	86,6	1,39	0,02166126	15	16,5	0,36
5	10,47778	86,6	1,78	0,03423541	15	16,5	0,56
6	9,71111	86,6	1,65	0,02974123	15	16,5	0,49
7	7,91389	86,6	1,34	0,02035894	15	16,5	0,34
8	5,61944	70,6	1,44	0,02920131	15	16,5	0,48
9	3,82222	59,2	1,39	0,0337203	15	16,5	0,56
10	2,02500	46,4	1,20	0,03405694	15	16,5	0,56
11	1,22222	36,4	1,17	0,0436001	15	16,5	0,72
							2,87

Tabla 17. Cálculo del diámetro interno (Φ Int.), velocidad (V) y pérdidas de carga (H_f) en el Sector 8

Q_{total}	H_{fL}	H_{fS}	Z	H_{total}	Criterio	
20,1888889	0,71	2,87	0	3,58	< 7	Cumple

Tabla 18. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector 8

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

Presión máxima: $P_{max} = P_{min} + Pérdidas_{PVC} + Pérdidas_{PE} + \text{Altura de la Caña}$

$$P_{min} = 33,5$$

$$Pérdidas_{PVC} = 2,87$$

$$Pérdidas_{PE} = 0$$

$$\text{Altura Caña} = 2 \text{ m}$$

$$P_{máx} = 38,37 \text{ m.c.a.}$$

SECTOR 9

A continuación en la Tabla 19 y Tabla 20 se muestran los resultados obtenidos para el Sector 9:

Nº Tramo	Q (l/s)	Φ_{Int}	V (m/s)	J_f (m/m)	L (m)	1.1 L (m)	H_f (m)
1	1,49167	46,4	0,88	0,01933511	15	16,5	0,32
2	3,48056	59,2	1,26	0,02835147	15	16,5	0,47
3	4,97222	59,2	1,81	0,05488504	15	16,5	0,91
4	6,96111	70,6	1,78	0,04341211	15	16,5	0,72
5	8,45278	86,6	1,44	0,02300064	15	16,5	0,38
6	9,17778	86,6	1,56	0,02678717	15	16,5	0,44
7	7,18889	70,6	1,84	0,0460795	15	16,5	0,76
8	5,69722	70,6	1,46	0,02995424	15	16,5	0,49
9	3,70833	59,2	1,35	0,03188317	15	16,5	0,53
10	2,21667	46,4	1,31	0,04026648	15	16,5	0,66
11	1,22222	36,4	1,17	0,0436001	15	16,5	0,72
							3,23

Tabla 19. Cálculo del diámetro interno (Φ_{Int}), velocidad (V) y pérdidas de carga (H_f) en el Sector 9

Q_{total}	H_{fL}	H_{fS}	Z	H_{total}	Criterio	
17,6305556	0,32	3,23	0	3,55	< 7	Cumple

Tabla 20. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector 9

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

Presión máxima: $P_{max} = P_{min} + Pérdidas_{PVC} + Pérdidas_{PE} + \text{Altura de la Caña}$

$$P_{min} = 33,5$$

$$Pérdidas_{PVC} = 3,23$$

$$Pérdidas_{PE} = 0$$

$$\text{Altura Caña} = 2 \text{ m}$$

$$P_{max} = 38,73 \text{ m.c.a.}$$

SECTOR 10

A continuación en la Tabla 21 y Tabla 22 se muestran los resultados obtenidos para el Sector 10:

Nº Tramo	Q (l/s)	Φ_{Int}	V (m/s)	J_f (m/m)	L (m)	1.1 L (m)	H_f (m)
1	1,49167	36,4	1,43	0,06305586	15	16,5	1,04
2	2,98333	46,4	1,76	0,06979981	15	16,5	1,15
3	4,47500	59,2	1,63	0,04515554	15	16,5	0,75
4	5,96667	70,6	1,52	0,03263063	15	16,5	0,54
5	7,45833	70,6	1,91	0,04932905	15	16,5	0,81
6	8,95000	86,6	1,52	0,02556897	15	16,5	0,42
7	8,68056	86,6	1,47	0,02416167	15	16,5	0,40
8	7,18889	70,6	1,84	0,0460795	15	16,5	0,76
9	5,69722	70,6	1,46	0,02995424	15	16,5	0,49
10	4,20556	59,2	1,53	0,04024976	15	16,5	0,66
11	2,71389	46,4	1,60	0,05857591	15	16,5	0,97
12	1,22222	36,4	1,17	0,0436001	15	16,5	0,72
							4,71

Tabla 21. Cálculo del diámetro interno (Φ Int.), velocidad (V) y pérdidas de carga (H_f) en Sector 10

Q _{total}	H _{FL}	H _{FS}	Z	H _{total}	Criterio	
17,6305556	1,04	4,71	0	5,75	< 7	Cumple

Tabla 22. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector 10

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

Presión máxima: $P_{max} = P_{min} + Pérdidas_{PVC} + Pérdidas_{PE} + \text{Altura de la Caña}$

$$P_{min} = 33,5$$

$$Pérdidas_{PVC} = 4,71$$

$$Pérdidas_{PE} = 0$$

$$\text{Altura Caña} = 2 \text{ m}$$

$$P_{máx} = 40,21 \text{ m.c.a.}$$

SECTOR 11

A continuación en la Tabla 23 y Tabla 24 se muestran los resultados obtenidos para el Sector 11:

Nº Tramo	Q (l/s)	Φ_{Int}	V (m/s)	J_f (m/m)	L (m)	1.1 L (m)	H_f (m)
1	1,49167	36,4	1,43	0,06305586	15	16,5	1,04
2	2,98333	46,4	1,76	0,06979981	15	16,5	1,15
3	4,47500	59,2	1,63	0,04515554	15	16,5	0,75
4	5,96667	70,6	1,52	0,03263063	15	16,5	0,54
5	7,45833	70,6	1,91	0,04932905	15	16,5	0,81
6	8,95000	86,6	1,52	0,02556897	15	16,5	0,42
7	10,44167	86,6	1,77	0,03401721	15	16,5	0,56
8	9,36944	86,6	1,59	0,02783242	15	16,5	0,46
9	8,37500	86,6	1,42	0,02261022	15	16,5	0,37
10	6,88333	70,6	1,76	0,04251807	15	16,5	0,70
11	5,39167	59,2	1,96	0,06376662	15	16,5	1,05
12	3,90000	59,2	1,42	0,03500209	15	16,5	0,58
13	2,40833	46,4	1,42	0,04695109	15	16,5	0,77
14	0,91667	36,4	0,88	0,02559181	15	16,5	0,42
							4,71

Tabla 23. Cálculo del diámetro interno (Φ Int.), velocidad (V) y pérdidas de carga (H_f) en Sector 11

Q_{total}	H_{fL}	H_{fS}	Z	H_{total}	Criterio	
19,81111111	1,04	4,71	0	5,75	< 7	Cumple

Tabla 24. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector 11

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

Presión máxima: $P_{max} = P_{min} + \text{Pérdidas}_{PVC} + \text{Pérdidas}_{PE} + \text{Altura de la Caña}$

$$P_{min} = 33,5$$

$$\text{Pérdidas}_{PVC} = 4,71$$

$$\text{Pérdidas}_{PE} = 0$$

$$\text{Altura Caña} = 2 \text{ m}$$

$$P_{máx} = 40,21 \text{ m.c.a.}$$

SECTOR 12

A continuación en la Tabla 25 y Tabla 26 se muestran los resultados obtenidos para el Sector 12:

Nº Tramo	Q (l/s)	Φ_{Int}	V (m/s)	J_f (m/m)	L (m)	1.1 L (m)	H_f (m)
1	1,49167	36,4	1,43	0,06305586	15	16,5	1,04
2	2,48611	46,4	1,47	0,04979784	15	16,5	0,82
3	3,97778	59,2	1,45	0,03630585	15	16,5	0,60
4	4,97222	59,2	1,81	0,05488504	15	16,5	0,91
5	6,46389	70,6	1,65	0,03784468	15	16,5	0,62
6	7,45833	70,6	1,91	0,04932905	15	16,5	0,81
7	8,45278	86,6	1,44	0,02300064	15	16,5	0,38
8	9,56111	86,6	1,62	0,02889605	15	16,5	0,48
9	8,06944	86,6	1,37	0,02110626	15	16,5	0,35
10	7,07500	70,6	1,81	0,04473666	15	16,5	0,74
11	6,08056	70,6	1,55	0,03379349	15	16,5	0,56
12	4,58889	59,2	1,67	0,04730693	15	16,5	0,78
13	3,59444	59,2	1,31	0,03009348	15	16,5	0,50
14	2,10278	46,4	1,24	0,03651908	15	16,5	0,60
15	1,10833	36,4	1,07	0,036376	15	16,5	0,60
							4,81

Tabla 25. Cálculo del diámetro interno (Φ Int.), velocidad (V) y pérdidas de carga (H_f) en Sector 12

Q _{total}	H _{fL}	H _{fS}	Z	H _{total}	Criterio	
18,0138889	1,04	4,81	0	5,85	< 7	Cumple

Tabla 26. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector 12

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

Presión máxima: $P_{max} = P_{min} + Pérdidas_{PVC} + Pérdidas_{PE} + \text{Altura de la Caña}$

$$P_{min} = 33,5$$

$$Pérdidas_{PVC} = 4,81$$

$$Pérdidas_{PE} = 0$$

$$\text{Altura Caña} = 2 \text{ m}$$

$$P_{max} = 40,31 \text{ m.c.a.}$$

SECTOR 13

A continuación en la Tabla 27 y Tabla 28 se muestran los resultados obtenidos para el Sector 13:

Nº Tramo	Q (l/s)	Φ_{Int}	V (m/s)	J_f (m/m)	L (m)	1.1 L (m)	H_f (m)
1	0,99444	36,4	0,96	0,02975805	15	16,5	0,49
2	2,48611	46,4	1,47	0,04979784	15	16,5	0,82
3	3,48056	59,2	1,26	0,02835147	15	16,5	0,47
4	4,97222	59,2	1,81	0,05488504	15	16,5	0,91
5	5,96667	70,6	1,52	0,03263063	15	16,5	0,54
6	7,45833	70,6	1,91	0,04932905	15	16,5	0,81
7	8,95000	86,6	1,52	0,02556897	15	16,5	0,42
8	8,18333	86,6	1,39	0,02166126	15	16,5	0,36
9	6,69167	70,6	1,71	0,0403515	15	16,5	0,67
10	5,20000	59,2	1,89	0,05963216	15	16,5	0,98
11	3,70833	59,2	1,35	0,03188317	15	16,5	0,53
12	2,71389	46,4	1,60	0,05857591	15	16,5	0,97
13	1,41389	36,4	1,36	0,05710241	15	16,5	0,94
							3,22

Tabla 27. Cálculo del diámetro interno (Φ Int.), velocidad (V) y pérdidas de carga (H_f) en Sector 13

Q_{total}	H_{fL}	H_{fS}	Z	H_{total}	Criterio	
17,1333333	0,94	3,22	0	4,17	< 7	Cumple

Tabla 28. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector 13

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

Presión máxima: $P_{max} = P_{min} + \text{Pérdidas}_{PVC} + \text{Pérdidas}_{PE} + \text{Altura de la Caña}$

$$P_{min} = 33,5$$

$$\text{Pérdidas}_{PVC} = 3,22$$

$$\text{Pérdidas}_{PE} = 0$$

$$\text{Altura Caña} = 2 \text{ m}$$

$$P_{máx} = 38,72 \text{ m.c.a.}$$

SECTOR 14

A continuación en la Tabla 29 y Tabla 30 se muestran los resultados obtenidos para el Sector 14:

Nº Tramo	Q (l/s)	Φ_{Int}	V (m/s)	J_f (m/m)	L (m)	1.1 L (m)	H_f (m)
1	1,79722	46,4	1,06	0,02730417	15	16,5	0,45
2	3,59444	59,2	1,31	0,03009348	15	16,5	0,50
3	5,88889	70,6	1,50	0,03184725	15	16,5	0,53
4	8,18333	86,6	1,39	0,02166126	15	16,5	0,36
5	10,47778	86,6	1,78	0,03423541	15	16,5	0,56
6	6,80556	70,6	1,74	0,0416326	15	16,5	0,69
7	5,00833	59,2	1,82	0,05562554	15	16,5	0,92
8	3,21111	46,4	1,90	0,07998935	15	16,5	1,32
9	1,91111	36,4	1,84	0,09977619	15	16,5	1,65
10	0,61111	36,4	0,59	0,01207758	15	16,5	0,20
							5,32

Tabla 29. Cálculo del diámetro interno (Φ Int.), velocidad (V) y pérdidas de carga (H_f) en Sector 14

Q_{total}	H_{fL}	H_{fS}	Z	H_{total}	Criterio	
17,2833333	0,45	5,32	0	5,77	< 7	Cumple

Tabla 30. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector 14

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

Presión máxima: $P_{max} = P_{min} + \text{Pérdidas}_{PVC} + \text{Pérdidas}_{PE} + \text{Altura de la Caña}$

$$P_{min} = 33,5$$

$$\text{Pérdidas}_{PVC} = 5,32$$

$$\text{Pérdidas}_{PE} = 0$$

$$\text{Altura Caña} = 2 \text{ m}$$

$$P_{máx} = 40,82 \text{ m.c.a.}$$

3.2. DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERÍAS PRIMARIAS

METODOLOGÍA

Las tuberías primarias son las encargadas de transportar el agua desde cada hidrante a cada una de las tuberías secundarias existentes en cada parcela. Están construidas en policloruro de vinilo (PVC) siendo su diámetro dependiente de la velocidad y del caudal de agua que circule en cada uno de los tramos seleccionados. El proceso seguido para el cálculo del diámetro interno es similar al realizado para el cálculo de las pérdidas de carga en las tuberías secundarias, y se resume brevemente a continuación:

I. En primer lugar ha de calcularse el caudal requerido en cada tramo de tubería primaria en función del número de aspersores a los cuales abastecerá.

II. Aplicar el criterio de velocidad con objeto de conocer el diámetro comercial que más se adecúe a las necesidades del proyecto. Se han de evitar velocidades superiores a 2 m/s en el interior de las conducciones. El proceso se realiza por tanteos. Es decir, por aproximaciones sucesivas: se plantea una solución y se mejora en las siguientes, siempre teniendo en cuenta los diámetros comerciales existentes.

A continuación se muestra la expresión matemática que permite la elección del diámetro interno de la tubería una vez conocido el caudal que circula por ella y aplicando el mencionado criterio de velocidad:

$$v = \frac{\frac{q}{1000}}{\pi * \left[\frac{\Phi}{2000} \right]^2}$$

Dónde:

v = Velocidad del agua en el tramo (m/s)

q = Caudal de agua que circulará por el tramo (l/s)

Ø= Diámetro interno de la tubería en el tramo seleccionado (mm)

III. Una vez conocido el diámetro interno de cada tramo de tubería y el caudal de agua que circula en cada caso, ha de emplearse la siguiente expresión para poder conocer las pérdidas de carga por metro lineal de tubería primaria:

$$J_f \text{ (m/m)} = 1,212 * 10^{10} * (q/145)^{1,852} * \Phi^{(-4,87)}$$

Dónde:

J_f = Pérdidas de carga por metro lineal de tubería (m/m)

q = Caudal de agua que circulará por el tramo (l/s)

\emptyset = Diámetro interno de la tubería en el tramo seleccionado (mm)

IV. Con el fin de calcular las pérdidas de carga totales en cada uno de los tramos se deben multiplicar las pérdidas de carga por metro lineal de tubería por la longitud del tramo en cuestión. Asimismo, se debe aplicar un coeficiente de mayoración del 1,1.

$$H_f (m) = J_f \cdot L \cdot 1,1$$

Dónde:

H_f = Pérdidas de carga totales en el tramo (m)

J_f = Pérdidas de carga por metro lineal de tubería primaria (m/m)

L = Longitud del tramo (m)

V. Añadir a las pérdidas de carga calculadas en el apartado anterior, las pérdidas o ganancias de presión que suponga para el agua la diferencia de cota existente entre el hidrante y cada cabecera de sector.

RESOLUCIÓN

Tras conocer con detalle la metodología a emplear, se han de realizar los cálculos correspondientes para conocer el diámetro interno, velocidad y pérdidas de carga que se producen. La Tabla 31 muestra los resultados obtenidos relativos al Caudal y a la Presión Máxima en cada uno de los sectores.

Sector	Q (l/s)	P _{max} (m)
1	19,083	42,07
2	17,325	39,40
3	17,325	39,40
4	17,325	39,40
5	18,319	39,06
6	19,314	38,60
7	18,619	38,56
8	20,189	38,37
9	17,631	38,73
10	17,631	40,21
11	19,811	40,21
12	18,014	40,31
13	17,133	38,72
14	17,283	40,82

Tabla 31. Caudal y Presión Máxima en cada uno de los sectores.

Como puede observarse, en el Sector 1 nos encontramos con la presión máxima (42,07m) y en el Sector 8 el caudal máximo que debe transportar (20,189l/s).

En base al criterio de velocidad (< 2 m/s) se ha elegido la siguiente sección:

Q (l/s)	Φ_{Int}	Φ_{Ext}	V (m/s)
20,189	117,6	125	1,85869555

Tabla 32. Diámetro seleccionado.

A continuación se comprueba si, con la sección seleccionada, se satisfacen las demandas en cabecera de cada uno de los sectores. En primer lugar, se calcularán las pérdidas de carga por fricción (H_f) desde el hidrante a la cabecera de cada uno de los sectores.

Sector	Q (l/s)	Φ_{Int}	V (m/s)	J_f (m/m)	L (m)	1.1 L (m)	H_f (m)
1	19,083	117,6	1,76	0,02341746	15	16,5	0,39
2	17,325	117,6	1,60	0,0195789	15	16,5	0,32
3	17,325	117,6	1,60	0,0195789	15	16,5	0,32
4	17,325	117,6	1,60	0,0195789	15	16,5	0,32
5	18,319	117,6	1,69	0,02171096	15	16,5	0,36
6	19,314	117,6	1,78	0,02394397	15	16,5	0,40
7	18,619	117,6	1,71	0,02237401	15	16,5	0,37
8	20,189	117,6	1,86	0,02599164	15	16,5	0,43
9	17,631	117,6	1,62	0,02022321	15	16,5	0,33
10	17,631	117,6	1,62	0,02022321	15	16,5	0,33
11	19,811	117,6	1,82	0,02509808	15	16,5	0,41
12	18,014	117,6	1,66	0,02104507	15	16,5	0,35
13	17,133	117,6	1,58	0,01917964	15	16,5	0,32
14	17,283	117,6	1,59	0,01949178	15	16,5	0,32

Tabla 33. Pérdidas de carga por fricción por sector

Las pérdidas de carga totales (H_{total}) en cada sector resultarán de la suma de:

- Las pérdidas de carga por fricción en las tuberías principales (H_f)
- Las pérdidas de carga debidas al desnivel entre el hidrante y la cabecera (Z).

El desnivel entre el hidrante y la cabecera de cada sector, es generalmente descendente, menos en los sectores 1, 8 y 9. Por lo tanto las pérdidas de carga totales en cada sector son:

Sector	Q (l/s)	H_f (m)	Z (m)	H_T (m)
1	19,083	0,39	2	2,39
2	17,325	0,32	0	0,32
3	17,325	0,32	0	0,32
4	17,325	0,32	0	0,32
5	18,319	0,36	0	0,36
6	19,314	0,40	0	0,40
7	18,619	0,37	0	0,37
8	20,189	0,43	2	2,43
9	17,631	0,33	2	2,33
10	17,631	0,33	0	0,33
11	19,811	0,41	0	0,41
12	18,014	0,35	0	0,35
13	17,133	0,32	0	0,32
14	17,283	0,32	0	0,32

Tabla 34. Pérdidas de carga totales

Por último, se comprueba que la presión aportada en la cabecera de cada sector es superior a la demandada. Para ello, se restan las pérdidas de carga a la presión en el hidrante (P_h) para cada tramo obteniendo:

Sector	P_h (m)	H_T (m)	P_{cab} (m) aportada	P_{cab} (m) necesaria	Criterio
1	110	2,39	107,61	42,07	Cumple
2	110	0,32	109,68	39,40	Cumple
3	110	0,32	109,68	39,40	Cumple
4	110	0,32	109,68	39,40	Cumple
5	110	0,36	109,64	39,06	Cumple
6	110	0,40	109,60	38,60	Cumple
7	110	0,37	109,63	38,56	Cumple
8	110	2,43	107,57	38,37	Cumple
9	110	2,33	107,67	38,73	Cumple
10	110	0,33	109,67	40,21	Cumple
11	110	0,41	109,59	40,21	Cumple
12	110	0,35	109,65	40,31	Cumple
13	110	0,32	109,68	38,72	Cumple
14	110	0,32	109,68	40,82	Cumple

Tabla 35. Presión que suministra el hidrante en cada sector

Por lo tanto, la presión que suministrará el hidrante en cada sector será suficiente para el diámetro de tubería elegido para la tubería principal. Por lo tanto la tubería principal será de PVC y tendrá un diámetro exterior de 125 mm.

La presión que el hidrante surtirá en cada sector es muy superior a la necesaria por lo que se instalará un reductor de presión a la salida del hidrante con el fin de adaptarse a las necesidades reales de la instalación y así optimizar el funcionamiento del sistema.

4. FRECUENCIA DE RIEGO

Tal y como se ha calculado en el “Anejo V – Necesidades hídricas”, la lámina de agua que se debe reponer en cada riego para cada cultivo es:

Cultivo	Fracción de Agotamiento p	AFA = $p \cdot ADT$ (mm)
Espinaca	0,2	10,40
Cebada	0,55	89,38
Maíz dulce	0,5	65,00
Habas	0,45	35,10
Maíz semilla	0,55	96,53
Trigo	0,55	117,98

Tabla 36. Lámina de agua a reponer en cada riego

La Dosis total de riego (Dr) es la cantidad de agua que se requiere reponer durante el desarrollo del cultivo y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Dr = \Sigma Et / E$$

Donde,

ΣEt es la evapotranspiración de todo el período de desarrollo del cultivo (mm)

E es la eficiencia de riego (adimensional) 75%

En la Tabla 37 se muestra el resultado para nuestros cultivos:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Espinaca								115,70	109,20			
Cebada	11,16	21,52	66,00	128,47	163,60	31,42					13,26	9,74
Maíz dulce						12,28	198,97	242,97	94,43			
Habas	16,91	39,18	85,13	127,20	51,51					6,84	13,26	9,44
Maíz semilla					29,57	155,66	287,70	254,54	99,07	18,60		
Trigo	11,16	21,52	66,00	128,47	163,60	67,38					3,86	9,74

Tabla 37. Dosis de riego mensual para los cultivos propuestos en la rotación

Intervalo crítico de riego (Icr)

Este corresponde a la frecuencia de riego durante el período de mayor demanda de agua. El diseño de riego debe estar en función de esta frecuencia. El cálculo se hace a partir de la siguiente expresión:

$$Icr = AFA / E_{tmax}$$

Icr es el intervalo crítico de riego (días)

AFA es la lámina de riego a reponer (mm)

E_{tmax} es la evapotranspiración del mes más crítico (mes con mayor Et) (mm)

En la Tabla 38 se muestra el resultado para nuestros cultivos:

	AFA	Mes crítico	Etc max	Icr
Espinaca	1,35	Agosto	6,57	0,2 ≈ 1
Cebada	11,62	Mayo	5,03	2,3 ≈ 2
Maíz dulce	8,45	Agosto	6,57	1,3 ≈ 1
Habas	4,56	Abril	4,08	1,1 ≈ 1
Maíz semilla	12,55	Julio	7,22	1,7 ≈ 2
Trigo	15,34	Mayo	5,03	3,0 ≈ 3

Tabla 38. Frecuencia de riego durante el periodo de mayor demanda de agua

Los aspersores anteriormente seleccionados emiten pluviometría de $P = 6 \text{ mm/h}$, valor inferior a la velocidad de infiltración de un suelo franco-arcillo-limoso ($V_i: 8 \text{ mm/h}$).

Por lo que las horas de riego para cubrir las necesidades hídricas (h):

Cultivo	AFA (mm)	Pluviometría aspersores (mm/h)	Horas riego
Espinaca	1,35	6	0,23
Cebada	11,62	6	1,94
Maíz dulce	8,45	6	1,41
Habas	4,56	6	0,76
Maíz semilla	12,55	6	2,09
Trigo	15,34	6	2,56

Tabla 39. Horas de riego necesarias

A pesar de los resultados obtenidos, para el diseño de la estrategia de riego más adecuada es importante conocer la sensibilidad al déficit hídrico de cada una de las fases del cultivo, de forma que se extremen las precauciones en fases críticas y se pueda incluso reducir las aportaciones en fases no críticas, que permitan ahorrar agua e incluso mejorar la calidad de los diferentes cultivos.

Es necesario conocer estas etapas de máxima sensibilidad a la hora de planificar el riego. En determinados momentos fenológicos muy sensibles de los cultivos, el límite de estrés hídrico puede variar y ello conllevar una frecuencia mayor de riego.

Empleando el agua disponible en las etapas de máxima sensibilidad al estrés hídrico del cultivo, lograremos obtener cosecha en cantidad y calidad suficiente para cubrir nuestros objetivos productivos, sin poner en peligro la viabilidad de la explotación.

ANEJO VII: EVALUACIÓN ECONÓMICO- FINANCIERA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. SITUACIÓN DE PARTIDA: EXPLOTACIÓN DE SECANO
3. SITUACIÓN FINAL: EXPLOTACIÓN TRANSFORMADA EN REGADÍO
 - a. FINANCIACIÓN
 - b. CUANTIFICACIÓN DE LOS COBROS
 - c. CUANTIFICACIÓN DE LOS PAGOS
 - d. FLUJO DE CAJA
4. VARIACIÓN DE LOS FLUJOS DE CAJA
5. VALOR ACTUAL NETO: V.A.N.
6. TASA INTERNA DE RENDIMIENTO: T.I.R.

1. INTRODUCCIÓN

En el siguiente documento se llevará a cabo el estudio de viabilidad económico-financiero de este proyecto, teniendo en cuenta la situación de partida, que es un cultivo de secano.

En este tipo de análisis se requieren una serie de factores a tener en cuenta. Los factores son el pago de la inversión, la vida útil del proyecto, los flujos de caja y la tasa de actualización, los cuales expondremos a continuación:

- Pago de la inversión: Se entiende como pago de la inversión, la cantidad de euros que es necesario desembolsar para que el proyecto comience a funcionar.
- Vida útil del proyecto: Se considera como vida útil del proyecto el número de años en que vamos a evaluar el proyecto sin que esto signifique que llegado a su fin el proyecto ya no sea viable. En este caso, se considera una vida útil de **15 años**.
- Flujos de caja: Para calcular los flujos de caja hay que contemplar las dos corrientes de signo opuesto que se dan en el mismo; estas dos corrientes son una de cobros y otra de pagos.

Los cobros son entradas de dinero en la caja de la empresa y se dividen también en:

- Cobros ordinarios (Co)
- Cobros extraordinarios (Ce)

Los pagos se desembolsan anualmente, resultado de la actividad de la empresa. Los pagos se dividen en:

- Pagos ordinarios (Po)
- Pagos extraordinarios (Pe)

Los flujos de caja se calculan según la fórmula siguiente:

Flujos de caja = Cobros – Pagos

$$F = C - P$$

Tasa de actualización: Se entiende como tasa de actualización la tasa que equipara cantidades de dinero presentes con cantidades de dinero futuras. Esta tasa servirá para actualizar los flujos de caja.

Se considera como tasa de actualización el interés anual de una inversión equiparable en el mercado financiero, esto es un 5%.

A continuación se calcula el cobro y pago por cada año de vida útil del proyecto. A partir del primer año, se considera que la explotación se encontrará a pleno funcionamiento, manteniéndose así en los sucesivos años.

Todos los datos que figuran a continuación han sido extraídos del documento "Análisis de la Economía de los Sistemas de Producción. Año 2013." publicada por el Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local del Gobierno de Navarra.

2. SITUACIÓN DE PARTIDA: EXPLOTACIÓN EN SECANO

En la situación en secano se da un monocultivo de trigo del que habrá de conocer tanto los cobros como los pagos.

Cobros ordinarios

Se debe considerar por un lado, los importes percibidos por la venta directa del producto, y por otro lado el importe que se perciba de la Subvención de la PAC.

- Cobros percibidos de la venta directa del producto

Cultivo	Superficie (ha)	Rendimiento		Cobros	
		Rto unitario (kg/ha)	Total kg	Precio unitario (€/kg)	Total €
Trigo	13,41	3.400,00	45.594,00	0,20	9.118,80

Tabla 1. Cobros percibidos por la venta del producto

- Cobros percibidos por la Subvención de la PAC

Para calcular los cobros debidos a las ayudas de la Política Agraria Común, se multiplica el nº de Derechos de Pago Único que posee, que en este caso coincide con el número de hectáreas sembradas, por el valor medio del Derecho de Pago Único en Navarra en Secano: 154,83 €. Por lo que cada año percibirá de Subvención PAC 2.076,27 €.

Por lo tanto, los cobros ordinarios se recogen en la siguiente tabla:

Año	Cobros venta producto	Subvención PAC	Total cobro ordinarios
1-15	9.118,80 €	2.076,27 €	11.195,07 €

Tabla 2. Totalidad de los cobros ordinarios.

Cobros extraordinarios

Como cobros extraordinarios son los cobros que suponen una entrada de dinero en caja de una manera aperiódica. En este caso serían nulos ya que la explotación está en marcha y no habría necesidad de solicitar ningún préstamo bancario.

Pagos ordinarios

Los pagos ordinarios responden a la compra de semillas y productos fitosanitarios, costes de las labores y mano de obra.

Los pagos totales de la explotación en secano teniendo en cuenta todos los conceptos anteriores figuran a continuación en la Tabla 3:

Materias Primas	ha	€/ha	€
Semillas y plantas	13,41	68,36	916,71
Fertilizantes	13,41	228,98	3.070,62
Fitosanitarios	13,41	89,69	1.202,74
			5.190,07 €
Maquinaria	ha	€/ha	€
Trabajos contratados	13,41	63,04	845,37
Carburantes y lubricantes	13,41	80,04	1.073,34
Reparaciones y repuestos	13,41	55,40	742,91
			2.661,62 €
Mano de obra	ha	€/ha	€
Mano de obra asalariada y cargas sociales	13,41	31,14	417,59
			417,59 €
			TOTAL: 8.269,28 €

Tabla 3. Pagos ordinarios del trigo en secano.

Flujo de caja

Con los cobros y pagos justificados en apartados anteriores, se procede a elaborar una tabla que los recoja y hallando su diferencia se calculan los flujos de caja para todos los años de vida útil del proyecto.

SECANO			
Años	Cobros ordinarios	Pagos ordinarios	Flujo de caja
1-15	11.195,07 €	8.269,28 €	2.925,79 €

Tabla 4. Flujo de caja en secano.

3. SITUACIÓN FINAL: EXPLOTACIÓN TRANSFORMADA EN REGADÍO

3.1. FINANCIACIÓN

En el Documento nº 4 Presupuesto, se detalla el presupuesto para transformar la explotación en regadío y éste asciende a 125.425,83 €.

Dado que la inversión que hay que realizar es elevada, el promotor recurre a un crédito bancario para su pago. Dicho crédito no se solicita para la totalidad de la inversión ya que el promotor cuenta con el 40% del presupuesto, por lo tanto la cuantía del préstamo será:

$$125.425,83 \text{ €} \times 0,60 = 75.255,50 \text{ €}$$

El préstamo tendrá un tipo de interés del 5% y se pagará en 10 años mediante cuotas constantes, pagándose anualmente:

$$a = C * \frac{i*(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Dónde:

a= cuota anual.

C= Capital; 75.255,50 €

n= número de cuotas a pagar (años); 10

i= interés; 5%

Por lo tanto, en 10 años devolvemos el préstamo solicitado, con unas anualidades de 9.745,93 €.

3.2. CUANTIFICACIÓN DE LOS COBROS

En el año 0 del proyecto no se produce ningún cobro puesto que el promotor no ha empezado la actividad.

Cobros ordinarios

- Cobros percibidos de la venta directa del producto

Los cobros ordinarios son aquellos que se producen anualmente derivados de la venta de los productos cosechados:

Espinaca: Se vende a la conservera a 0,13€/kg.

Cebada: se vende a la Cooperativa a un precio de 0,165€/kg.

Maíz dulce: Se vende a la conservera a 0,114€/kg.

Habas: Se vende a la conservera a 0,66€/kg.

Maíz semilla: se vende a la empresa productora a un precio de 1,10€/kg.

Trigo: se vende a la Cooperativa a un precio de 0,20€/kg.

En la Tabla 5 se muestran los cobros ordinarios de la venta del producto.

Cultivo	Superficie (ha)	Rendimiento		Cobros	
		Rto unitario (kg/ha)	Total kg	Precio unitario (€/kg)	Total €
Espinaca	13,41	15.000	201.150,00	0,130	26.149,50
Cebada	13,41	6.500	87.165,00	0,165	14.382,23
Maíz dulce	13,41	16.000	214.560,00	0,114	24.459,84
Habas	13,41	2.700	36.207,00	0,660	23.896,62
Maíz semilla	13,41	2.545	34.128,45	1,100	37.541,30
Trigo	13,41	7.500	100.575,00	0,200	20.115,00

Tabla 5. Cobros ordinarios para cada cultivo.

- Cobros percibidos por la subvención de la PAC

El valor medio del derecho de Pago Único en Regadío en Navarra es de 254 €/ha, por lo tanto, cada año se percibirá de la subvención de PAC: 3.406,14€.

Por lo tanto, la totalidad de los cobros ordinarios vienen en la Tabla 6:

Año	Cultivo	Cobros venta producto	Total	Subvención PAC	Total cobros ordinarios
1	Trigo	20.115,00 €	46.264,50 €	3.406,14 €	49.670,64 €
	Espinaca	26.149,50 €			
2	Cebada	14.382,23 €	38.842,07 €	3.406,14 €	42.248,21 €
	Maíz dulce	24.459,84 €			
3	Habas	23.896,62 €	61.437,92 €	3.406,14 €	64.844,06 €
	Maíz semilla	37.541,30 €			

Tabla 6. Cobros ordinarios de la rotación trienal.

Cobros extraordinarios

Como cobros extraordinarios se entienden cobros que suponen una entrada de dinero en caja de una forma aperiódica. Dentro de este grupo situamos el préstamo solicitado para financiar la puesta en marcha de la explotación (Año 0), 75.255,50 €.

3.3. CUANTIFICACIÓN DE LOS PAGOS

Los pagos ordinarios respondan a la compra de semillas y productos fitosanitarios, labores, mano de obra y agua de riego.

- Coste de las materias primas

Para calcular este coste se tiene en cuenta todos los insumos que se necesitan para el desarrollo de cada uno de los cultivos, es decir, semillas, fertilizantes y fitosanitarios.

En la Tabla 7 se presentan los gastos de materias primas en los 3 primeros años, que se sucederán durante la vida útil del proyecto:

AÑO 1

ESPINACA

Materias Primas	ha	€/ha	€
Semillas y plantas	13,41	444,40	5.959,40
Fertilizantes	13,41	416,00	5.578,56
Fitosanitarios	13,41	234,00	3.137,94

TRIGO

Materias Primas	ha	€/ha	€
Semillas y plantas	13,41	52,80	708,05
Fertilizantes	13,41	157,50	2.112,08
Fitosanitarios	13,41	80,70	1.082,19

TOTAL AÑO 1: 18.578,21

AÑO 2

CEBADA

Materias Primas	ha	€/ha	€
Semillas y plantas	13,41	46,20	619,54
Fertilizantes	13,41	157,50	2.112,08
Fitosanitarios	13,41	65,40	877,01

MAÍZ DULCE

Materias Primas	ha	€/ha	€
Semillas y plantas	13,41	238,10	3.192,92
Fertilizantes	13,41	440,00	5.900,40
Fitosanitarios	13,41	51,50	690,62

TOTAL AÑO 2: 13.392,57

AÑO 3

HABAS

Materias Primas	ha	€/ha	€
Semillas y plantas	13,41	248,00	3.325,68
Fertilizantes	13,41	340,00	4.559,40
Fitosanitarios	13,41	107,50	1.441,58

MAÍZ SEMILLA

Materias Primas	ha	€/ha	€
Semillas y plantas	13,41		0,00
Fertilizantes	13,41	421,00	5.645,61
Fitosanitarios	13,41	50,70	679,89

TOTAL AÑO 3: 15.652,15

Tabla 7. Gastos de materias primas durante la rotación propuesta.

- Coste de las labores y de la mano de obra

En la tabla 8 se detallan, los pagos derivados de las labores de maquinaria y de la mano de obra por cada cultivo de la rotación.

AÑO 1

ESPINACA

Pagos maquinaria y mano de obra	ha	€/ha	€
Maquinaria y mano de obra	13,41	330,50	4.432,01

TRIGO

Pagos maquinaria y mano de obra	ha	€/ha	€
Maquinaria y mano de obra	13,41	396,70	5.319,75

TOTAL AÑO 1: 9.751,75

AÑO 2

CEBADA

Pagos maquinaria y mano de obra	ha	€/ha	€
Maquinaria y mano de obra	13,41	376,20	5.044,84

MAÍZ DULCE

Pagos maquinaria y mano de obra	ha	€/ha	€
Maquinaria y mano de obra	13,41	335,80	4.503,08

TOTAL AÑO 2: 9.547,92

AÑO 3

HABAS

Pagos maquinaria y mano de obra	ha	€/ha	€
Maquinaria y mano de obra	13,41	386,50	5.182,97

MAÍZ SEMILLA

Pagos maquinaria y mano de obra	ha	€/ha	€
Maquinaria y mano de obra	13,41	1.013,70	13.593,72

TOTAL AÑO 3: 18.776,68

Tabla 8. Pagos derivados de las labores de maquinaria y mano de obra.

- Coste del agua y del canon de riego

En primer lugar hay que hacer una inversión inicial por las obras. Dicha inversión se realiza al inicio de las obras de transformación en regadío. En el Sector II.2 del Canal de Navarra esta primera inversión es de 586€/ha y con esta aportación se convierte en miembro de la Comunidad de Regantes del Sector II.2.

Una vez hecho este primer pago, las cuotas anuales de la Comunidad de Regantes son:

Canon de Regulación del embalse de Itoiz: se paga a la Confederación Hidrográfica del Ebro por la regulación del embalse, 31,50€/ha. Consideramos que esta cifra disminuye un 2% cada año ya que se amortiza en 50 años.

Canon Canal de Navarra: se paga a Canal de Navarra S.A. por la construcción y explotación del canal. Hay una parte fija (se riegue o no) de 90€/ha y una parte variable de 0,027€/m³ (IVA incluido) en función del volumen de agua consumida.

Concesionaria de la Zona Regable: en concepto de operación, conservación, mantenimiento y reposición de los elementos de la zona regable. Los regantes pagan a la concesionaria (AguaCanal) 26,83€/ha (IVA incluido).

Comunidad de Regantes del Sector II.2 y Comunidad General de Regantes: en concepto de gastos de facturación y de aprovisionamiento se cobran unos 5€/ha por cada Comunidad.

Considerando lo anterior, tenemos los siguientes gastos relativos al agua:

Canon de Regulación de Itoiz: 31,5 €/ha descontando un 2% anual.

Año	€
1	422,42
2	413,97
3	405,69
4	397,57
5	389,62
6	381,83
7	374,19
8	366,71
9	359,38
10	352,19
11	345,14
12	338,24
13	331,48
14	324,85
15	318,35

Tabla 9. Pago del Canon de Regulación de Itoiz.

Canon Canal de Navarra: 90 €/ha de cuota fija y 0,027 €/m³ de cuota variable (IVA incluido).

Para el cálculo de la cuota variable, vemos las necesidades hídricas de los cultivos calculadas en el Anejo VI – Diseño y dimensionamiento de la red de distribución.

	Cultivo	l/m ²	m ³
Año 1	Trigo	246,31	33.030,17
	Espinaca		
Año 2	Cebada	386,79	51.868,54
	Maíz dulce		
Año 3	Habas	484,42	64.960,72
	Maíz semilla		

Tabla 10. Necesidades hídricas de los cultivos de la rotación.

Año	€ Fijo	€ Variable	Total
1	1.206,90	891,81	2.098,71
2	1.206,90	1.400,45	2.607,35
3	1.206,90	1.753,94	2.960,84
4	1.206,90	891,81	2.098,71
5	1.206,90	1.400,45	2.607,35
6	1.206,90	1.753,94	2.960,84
7	1.206,90	891,81	2.098,71
8	1.206,90	1.400,45	2.607,35
9	1.206,90	1.753,94	2.960,84
10	1.206,90	891,81	2.098,71
11	1.206,90	1.400,45	2.607,35
12	1.206,90	1.753,94	2.960,84
13	1.206,90	891,81	2.098,71
14	1.206,90	1.400,45	2.607,35
15	1.206,90	1.753,94	2.960,84

Tabla 11. Pago a Canal de Navarra S.A.

Concesionaria Zona Regable: 26,83 €/ha (IVA inculido).

Año	Cuota €/ha	Total
1 - 15	26,83	359,79

Tabla 12. Pago a AguaCanal.

A continuación se muestra la Tabla 13 con un resumen de los costes del agua de riego.

Año	Hacerse socio de CCRR Sector II.2	Pago a CCRR Sector II.2	Pago a CGR	CHE	CANASA	Concesionaria	Total
0	7.858,26						7.858,26
1		67,05	67,05	422,42	2.098,71	359,79	3.015,02
2		67,05	67,05	413,97	2.607,35	359,79	3.515,21
3		67,05	67,05	405,69	2.960,84	359,79	3.860,42
4		67,05	67,05	397,57	2.098,71	359,79	2.990,18
5		67,05	67,05	389,62	2.607,35	359,79	3.490,86
6		67,05	67,05	381,83	2.960,84	359,79	3.836,56
7		67,05	67,05	374,19	2.098,71	359,79	2.966,80
8		67,05	67,05	366,71	2.607,35	359,79	3.467,95
9		67,05	67,05	359,38	2.960,84	359,79	3.814,10
10		67,05	67,05	352,19	2.098,71	359,79	2.944,79
11		67,05	67,05	345,14	2.607,35	359,79	3.446,38
12		67,05	67,05	338,24	2.960,84	359,79	3.792,97
13		67,05	67,05	331,48	2.098,71	359,79	2.924,08
14		67,05	67,05	324,85	2.607,35	359,79	3.426,09
15		67,05	67,05	318,35	2.960,84	359,79	3.773,08

Tabla 13. Pagos del agua.

Los pagos totales en los que incurrirá la explotación teniendo en cuenta todos los conceptos anteriores figuran en la siguiente tabla.

Año	Materias primas	Maquinaria y Mano de Obra	Agua	Total
			7.858,26	7.858,26
1	18.578,21	9.751,75	3.015,02	31.344,99
2	13.392,57	9.547,92	3.515,21	26.455,69
3	15.652,15	18.776,68	3.860,42	38.289,25
4	18.578,21	9.751,75	2.990,18	31.320,14
5	13.392,57	9.547,92	3.490,86	26.431,35
6	15.652,15	18.776,68	3.836,56	38.265,39
7	18.578,21	9.751,75	2.966,80	31.296,76
8	13.392,57	9.547,92	3.467,95	26.408,44
9	15.652,15	18.776,68	3.814,10	38.242,94
10	18.578,21	9.751,75	2.944,79	31.274,76
11	13.392,57	9.547,92	3.446,38	26.386,87
12	15.652,15	18.776,68	3.792,97	38.221,80
13	18.578,21	9.751,75	2.924,08	31.254,05
14	13.392,57	9.547,92	3.426,09	26.366,57
15	15.652,15	18.776,68	3.773,08	38.201,91

Tabla 14. Pagos totales en los que incurrirá la explotación.

3.4. FLUJO DE CAJA

Con los cobros y pagos justificados en apartados anteriores, se procede a elaborar una tabla que los recoja y hallando su diferencia se calculan los flujos de caja para todos los años de vida útil del proyecto.

Año	Cobros Ordinarios	Cobros Extraord.	Pagos Ordinarios	Pagos Extraord.	Flujo de Caja Regadío
0		75.255,50	7.858,26		67.397,24
1	49.670,64		31.344,99	9.745,93	8.579,72
2	42.248,21		26.455,69	9.745,93	6.046,58
3	64.844,06		38.289,25	9.745,93	16.808,87
4	49.670,64		31.320,14	9.745,93	8.604,57
5	42.248,21		26.431,35	9.745,93	6.070,93
6	64.844,06		38.265,39	9.745,93	16.832,73
7	49.670,64		31.296,76	9.745,93	8.627,95
8	42.248,21		26.408,44	9.745,93	6.093,84
9	64.844,06		38.242,94	9.745,93	16.855,19
10	49.670,64		31.274,76	9.745,93	8.649,95
11	42.248,21		26.386,87		15.861,33
12	64.844,06		38.221,80		26.622,25
13	49.670,64		31.254,05		18.416,59
14	42.248,21		26.366,57		15.881,63
15	64.844,06		38.201,91		26.642,14

Tabla 15. Flujo de caja en regadío

4. VARIACIÓN EN LOS FLUJOS DE CAJA

Teniendo en cuenta los flujos de caja en secano y en regadío, nuestro incremento del flujo de caja tras la intervención sería de:

Año	Flujo de Caja Regadío	Flujo de Caja Secano	Variación Flujo de Caja
0	67.397,24	0	67.397,24
1	8.579,72	2.925,79	5.653,93
2	6.046,58	2.925,79	3.120,79
3	16.808,87	2.925,79	13.883,08
4	8.604,57	2.925,79	5.678,77
5	6.070,93	2.925,79	3.145,13
6	16.832,73	2.925,79	13.906,94
7	8.627,95	2.925,79	5.702,15
8	6.093,84	2.925,79	3.168,04
9	16.855,19	2.925,79	13.929,39
10	8.649,95	2.925,79	5.724,16
11	15.861,33	2.925,79	12.935,54
12	26.622,25	2.925,79	23.696,46
13	18.416,59	2.925,79	15.490,80
14	15.881,63	2.925,79	12.955,84
15	26.642,14	2.925,79	23.716,35

Tabla 16. Variación en los flujos de caja

5. VALOR ACTUAL NETO, V.A.N.

El Valor Actual Neto, representa la rentabilidad de una inversión al comparar el pago de la misma con los flujos de caja convenientemente homogeneizados o actualizados, es decir, expresa la ganancia total o rentabilidad absoluta del proyecto.

La expresión general de este criterio es:

$$V.A.N. = \sum_{i=0}^n \frac{R_i}{(1+r)^i} - \sum_{j=0}^m \frac{K_j}{(1+r)^j}$$

Siendo,

R_i = Flujo de caja en el año i

n = vida útil del proyecto de inversión

r = tasa de actualización

K_j = pago de la inversión

m = años en los que tienen lugar los pagos de la inversión

El V.A.N., para una Tasa de Actualización del 5%, da un resultado de 35.939,31€, que al ser superior a 0, indica que el proyecto es económicamente rentable.

6. TASA INTERNA DE RENDIMIENTO, T.I.R.

La Tasa Interna de Rendimiento es la tasa de actualización para la que el Valor Actual Neto es cero. Es decir, dicha tasa es una medida de la rentabilidad de una inversión, capaz de mostrar cual sería la tasa de interés con la cual el proyecto no generaría ni pérdidas ni ganancias.

El criterio general para saber si es conveniente realizar un proyecto es el siguiente:

Si: $\text{coste del capital} < \text{T.I.R.}$: Se aceptará el proyecto. Esto se debe a que el proyecto ofrece una rentabilidad mayor que la rentabilidad mínima requerida (el coste de oportunidad).

Si: $\text{coste del capital} > \text{T.I.R.}$: Se rechazará el proyecto. Esto es debido a que el proyecto ofrece una rentabilidad menor que la rentabilidad mínima requerida.

En el caso del presente proyecto, la Tasa Interna de Retorno ofrece un valor de 11%. La inversión es viable dado que dicho valor es superior al coste del capital de inversiones alternativas, por lo que se considera económicamente interesante realizar la inversión para la transformación en regadío.

En cuanto al año en el que se recuperará la inversión, en la situación transformada se sitúa en el año 10.

Por lo tanto, podemos decir que la transformación a regadío en esta explotación es viable desde el punto de vista económico-financiero y proporciona más beneficios que la misma explotación sin transformar.

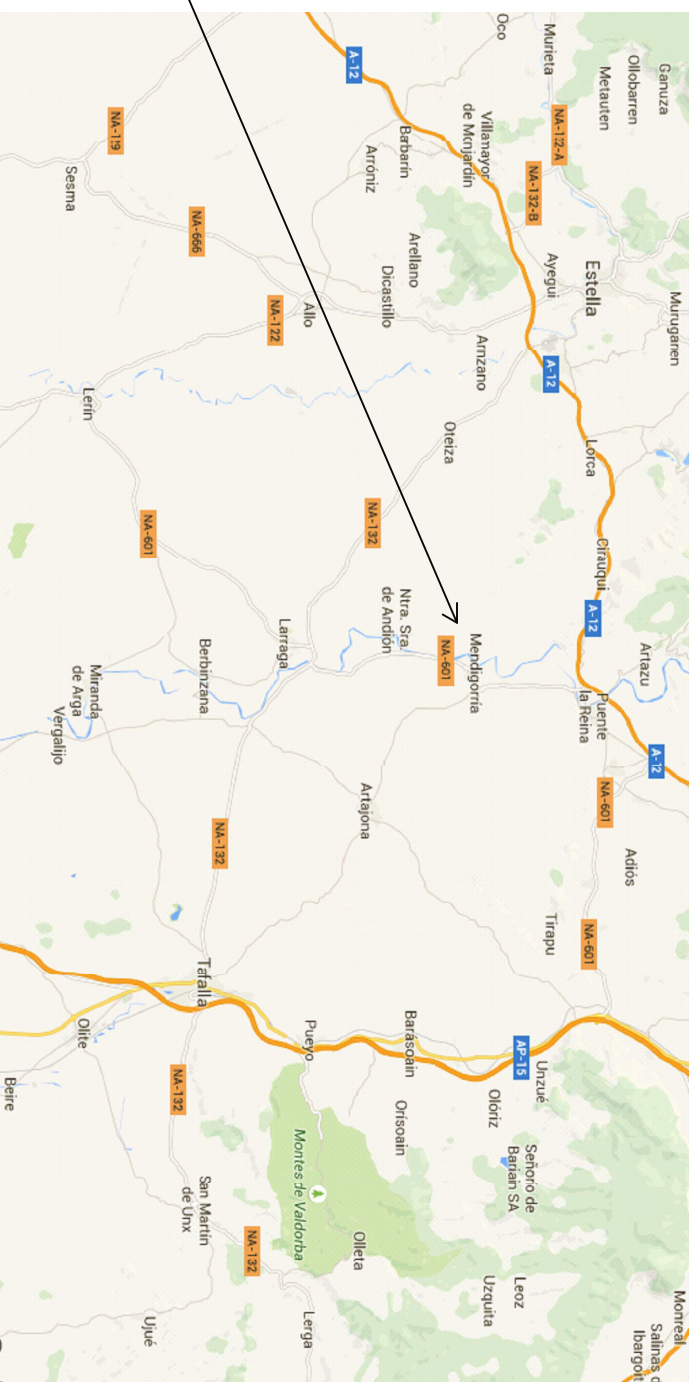
DOCUMENTO 2: PLANOS



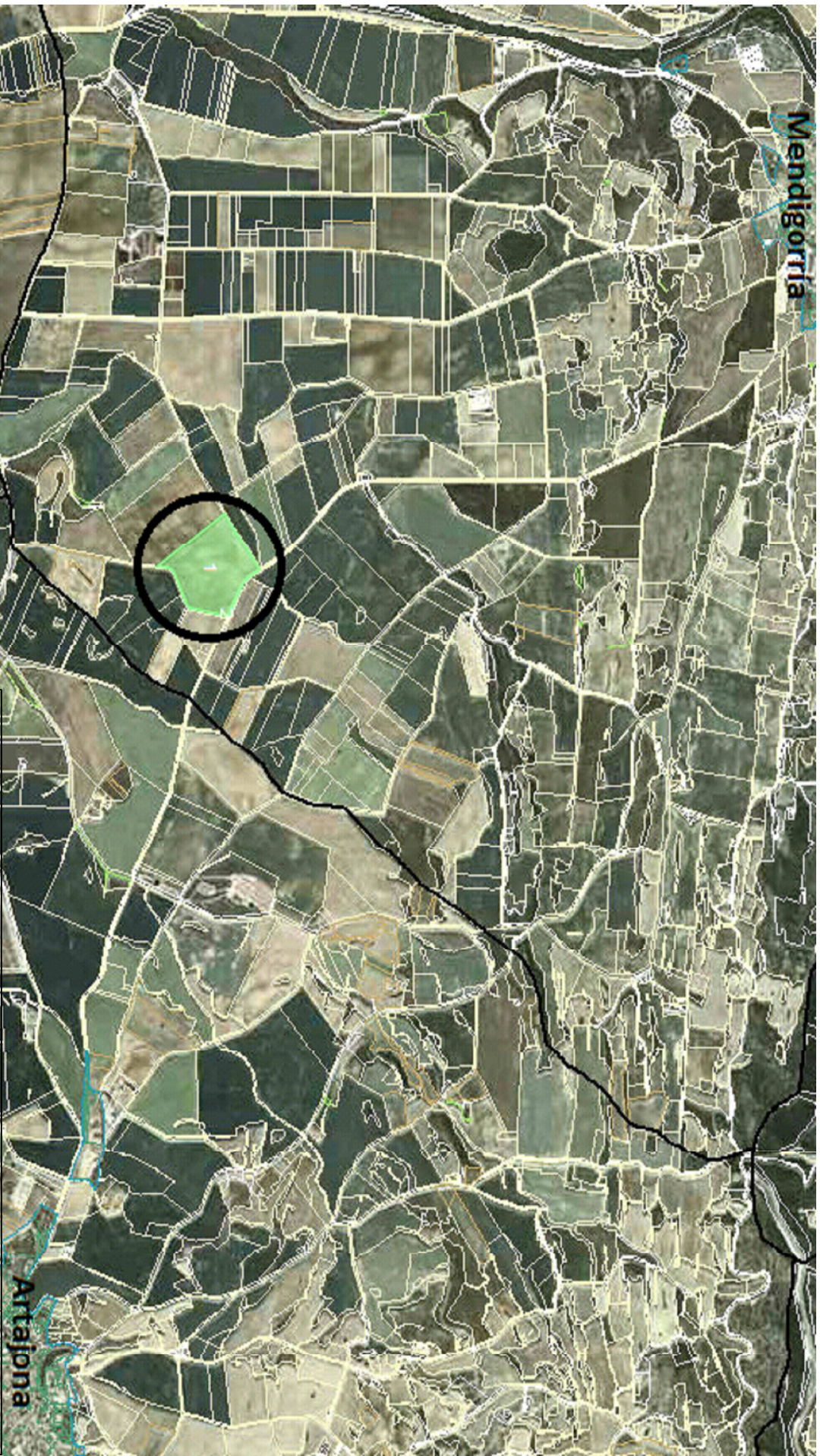
Ubicación de Mendigorria en España.



Ubicación de Mendigorria en Navarra.



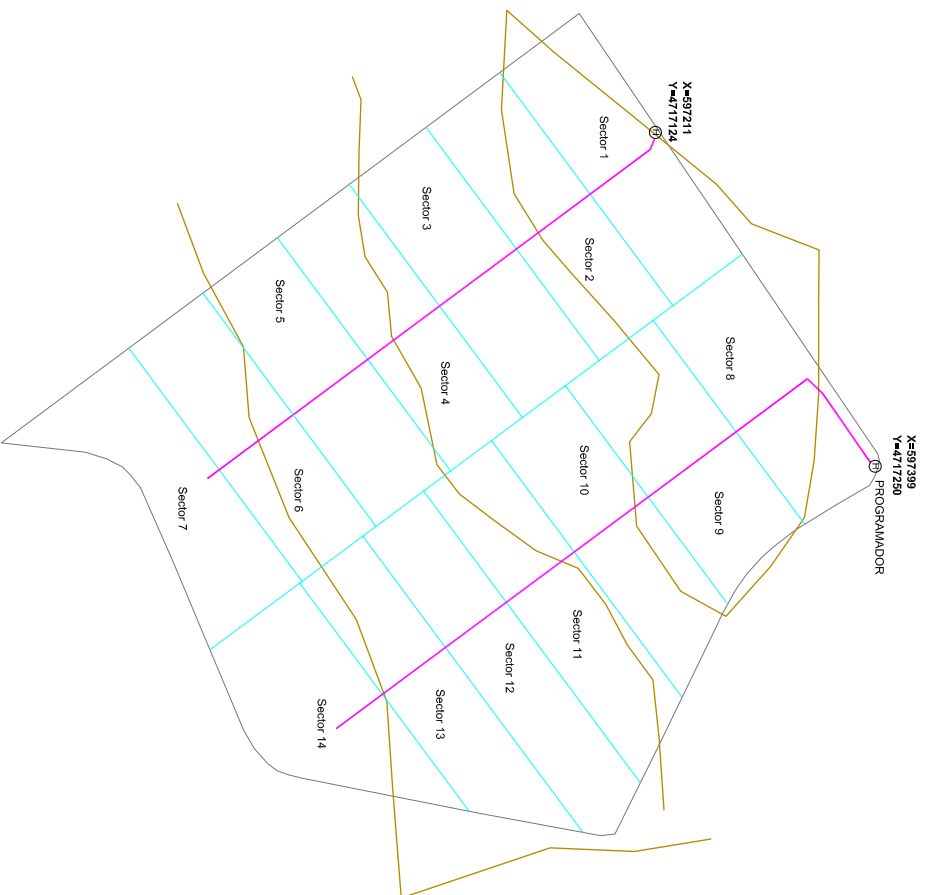
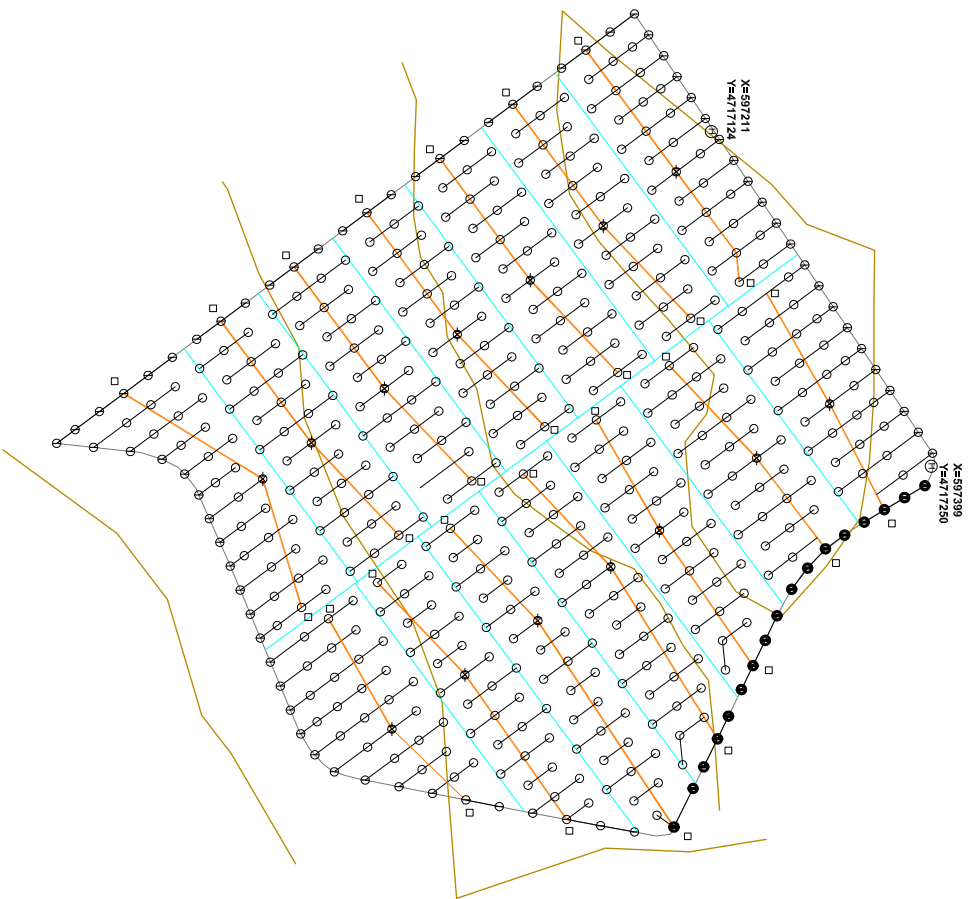
TÍTULO	TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO DE LA PARCELA DE MENDIORRIA, POLÍGONO 6 PARCELA 199	PLANO Nº	1
REALIZADO	LEIRE ELORZ ALDEA		
PLANO	PLANO DE SITUACIÓN	FIRMA	
FECHA	FEBRERO 2016		



TÍTULO	TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO DE LA PARCELA DE MENDIORRÍA, POLÍGONO 6 PARCELA 199	PLANO Nº	2
REALIZADO	LEIRE ELORZ ALDEA	ESCALA:	1/35.000
PLANO	PLANO DE EMPLAZAMIENTO	FIRMA	
FECHA	FEBRERO 2016		



TÍTULO TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO DE LA PARCELA DE MENDIORRÍA, POLÍGONO 6 PARCELA 199	PLANO N° <h1 style="text-align: center;">3</h1>
REALIZADO LEIRE ELORZ ALDEA	ESCALA: 1/5.000
PLANO RED DE DISTRIBUCIÓN	FIRMA
FECHA FEBRERO 2016	



LEYENDA

	ASPERSOR CIRCULAR
	ASPERSOR SECTORIAL
	HIDRANTE
	TUBERIA PRIMARIA
	TUBERIA SECUNDARIA
	LIMITE SECTORES
	ASPERSOR CON CHAPA
	VALVULA
	VENTOSA

TITULO	TRANSFORMACION DE SECANO A REGADIO DE LA PARCELA DE MENDIOSERRA, POLIGONO 6 PARCELA 199	PLANO Nº	4
REALIZADO	LEIRE ELORZ ALDEA	ESCALA:	1/2.500
PLANO	RED DE DISTRIBUCION	FIRMA	
FECHA	FEBRERO 2016		

DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS
3. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

1. INTRODUCCIÓN

El Pliego de Prescripciones Técnicas tiene por objeto definir las obras correspondientes al proyecto de transformación de secano a regadío de 13,41 hectáreas en el término municipal de Mendigorriá.

Este proyecto, para el objetivo propuesto, contempla la realización del equipamiento de la parcela (tuberías, aspersores, filtros, válvulas, desagües, etc.).

2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

El Proyecto contempla las obras necesarias para la distribución del agua en las parcelas desde los hidrantes que abastecen a cada una de ellas hasta los aspersores.

2.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION

El sistema de riego por aspersión consta de los siguientes componentes:

- Conexión de los hidrantes con las tuberías primarias.
- Tuberías primarias, desde los hidrantes a cada uno de los sectores de riego.
- Tuberías secundarias que conducirán el agua desde cada una de las electroválvulas hasta las tuberías portaaspersores.
- Tuberías portaaspersores que llevarán el agua desde la tubería secundaria hasta cada uno de los aspersores.
- Aspersores, que expulsarán una pluviometría adecuada.

2.1.1. Conexión de los hidrantes con las tuberías primarias

Los hidrantes controlan el paso de agua desde la tubería general a las tuberías primarias. Están colocados en la cota más elevada posible y su misión es permitir cerrar el paso del agua a la parcela además de controlar y medir el paso de agua mediante un contador.

Los hidrantes de la parcela se conectarán a las tuberías primarias de PVC mediante tubo acodado de acero. La unión entre dicha pieza de calderería y la primaria de PVC se realizará mediante manguito metálico con junta elástica para asegurar la estanqueidad.

2.1.2. Tubería primaria

Esta tubería tiene como misión alimentar a todas las tuberías secundarias, va desde el hidrante hasta cada sector de riego. La tubería será de PVC de 6 atmosferas de presión nominal. La unión será con junta elástica para asegurar la estanqueidad. En este proyecto la tubería primaria posee un diámetro exterior de 125 mm.

La conexión entre la tubería primaria y secundaria y la válvula hidráulica de sector se realizará mediante tubo acodado de acero, que dispondrá en el extremo para la conexión con la tubería de PVC de un manguito metálico con junta elástica. El otro extremo de la conexión con la válvula será embreadada.

Las tuberías se colocarán previa excavación de la zanja, de 0,60 metros de anchura y profundidad tal que la generatriz superior de la tubería, esté como mínimo a 0,90 metros de la superficie del terreno.

2.1.3. Tubería secundaria

Estas tuberías tienen como misión conducir el agua desde la tubería primaria hasta las tuberías terciarias o portaaspersores. En los planos está reflejado su trazado y diámetro, que irá descendiendo a medida que va abasteciendo a las tuberías portaaspersores, así el mayor diámetro será de 90 mm de diámetro y el menor de 40 mm de diámetro. Serán de PVC y una presión de trabajo de 6 atmósferas y de junta pegada.

En el entronque de la tubería secundaria con la tubería primaria se colocará una válvula hidráulica que independice cada sector de riego con el fin de regar cada sector de forma independiente.

Las válvulas quedarán protegidas por una arqueta formada con un tubo de hormigón vibro prensado.

La tubería secundaria estará dotada con el número de piezas especiales precisas para cumplir su misión de conducir el agua hasta las tuberías terciarias, que en el caso de las tuberías de PVC y PE quedan cuantificadas como parte proporcional de metro lineal de tubería.

Las tuberías secundarias de PVC se colocarán previa excavación de la zanja de 60 cm de ancho y profundidad tal que la generatriz superior de la tubería, esté como mínimo a 90 cm de la superficie del terreno, sobre un lecho de arena de 15 cm de espesor.

El relleno de la zanja se realizará hasta 30 cm de espesor sobre la generatriz superior del tubo con material seleccionado y el resto con material ordinario.

2.1.4. Tubería terciaria:

Tienen como misión distribuir el agua desde las tuberías secundarias hasta losaspersores.

Las tuberías terciarias serán de PE de alta densidad de 32 mm de diámetro y 4 atmósferas de presión de trabajo.

Para la colocación de las tuberías terciarias en cada sector serán necesarias una serie de

piezas especiales como reducciones, collarines, codos, bridas, manguitos, tapones,... etc.

2.1.5. Aspersores

El marco elegido para disponer los aspersores es de 18 x 15 m al tresbolillo, es decir (18 metros de separación entre aspersores del mismo ramal y 15 metros de separación entre aspersores de distinto ramal). Los aspersores irán colocados sobre las tuberías terciarias o portaaspersores mediante “T” o codos de latón. Sobre la “T” o codo de latón se colocará la caña portaaspersor de diámetro $\frac{3}{4}$ ” y 3 m de longitud. Asimismo se colocará en la unión de la caña portaaspersor con la tubería terciaria el anclaje del aspersor con hormigón de masa de 125 kg/cm^2 de resistencia característica.

Los aspersores serán de latón, de círculo completo o sectorial. El caudal emitido por los aspersores circulares será de 1.790 l/h, para la presión de trabajo de 0,35 MPa. El caudal para los aspersores sectoriales será de 1.100 l/h para la presión de trabajo de 0,35 MPa.

2.2. AUTOMATIZACIÓN EN EL RIEGO POR ASPERSIÓN EN PARCELA

Consiste en la apertura y cierre automático de los sectores de riego, en los momentos y con la duración determinados previamente en un programador de riego.

Los elementos responsables de la automatización son las válvulas hidráulicas de sector, el programador de riego y los solenoides de tipo latch, actuando de la siguiente forma:

Los datos de inicio y duración del riego en cada sector se introducen en el programador. Éste actúa sobre las válvulas hidráulicas, colocadas en las tuberías a la entrada de cada uno de los sectores de riego, a través de los solenoides, que reciben las señales eléctricas del primero y las transforman en ordenes hidráulicas a las válvulas, conectando para ello el hidrante con la cámara superior de la válvula de sector (cierre), o ésta con el solenoide (apertura), mediante microtubos de PEAD.

En la parcela se ha colocado un programador de 14 sectores de riego para la programación de apertura y cierre de las válvulas de sector. El programador se encuentra dentro de la arqueta junto a un panel de solenoides. La fuente de alimentación será una batería de 12 V y 45 amperios/hora.

Para proteger el programador, solenoides y batería de los agentes atmosféricos y de su manipulación por terceros, se instalarán en una arqueta de hormigón provista de tapa de chapa con herrajes, todo galvanizado y con candado. En el fondo de la arqueta se colocarán 10 cm de gravilla, para drenaje del agua que se pueda recoger en el interior de las mismas.

2.3. VÁLVULAS DE DRENAJE

Se colocan en los extremos de los laterales en la parte con menor cota y sirven para el vaciado de éstos al terminar el riego, con esto conseguimos evitar el desarrollo de bacterias, la formación de precipitados y los daños por heladas de las tuberías.

3. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

3.1 NORMAS GENERALES E INICIO DE LAS OBRAS

El Contratista deberá someter, con tiempo suficiente, a la aprobación de la Dirección de Obra todos los equipos e instalaciones que vaya a emplear. La aprobación por parte de la Dirección de Obra debe entenderse, únicamente, en el aspecto de la aptitud técnica, no eximiendo al Contratista de ningún otro tipo de responsabilidad.

El Contratista deberá montar todas las instalaciones necesarias para realizar correctamente las obras.

En la ejecución de las obras el adjudicatario adoptará todas las medidas necesarias para evitar accidentes, para garantizar las condiciones de seguridad de las mismas y su buena ejecución, y se cumplirán todas las condiciones exigibles por la legislación vigente y las que sean impuestas por los Organismos competentes.

El adjudicatario está obligado al cumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral de Seguridad Social y de Seguridad y Salud y será el único responsable de las consecuencias de las transgresiones de dichas disposiciones en las obras.

Como norma general, el adjudicatario deberá realizar todos los trabajos incluidos en el presente proyecto adoptando la mejor técnica constructiva que cada obra requiera para su ejecución, y cumpliendo para cada una de las distintas unidades de obras las disposiciones que se describen en el presente Pliego.

Los procedimientos constructivos serán, en general, los propuestos en el Programa de Trabajos aceptado por la Dirección de Obra. Podrá el Contratista proponer modificaciones en los procedimientos constructivos y ponerlos en práctica, sin más condiciones que la sujeción al presente Pliego.

Será obligación de la contrata la restitución de mojones y lindes de fincas que hubiere.

Todas las operaciones de marcado, reposición definitiva o provisional se efectuarán por indicación de la Dirección de Obra en el momento que estime necesario, y correrán por

cuenta del contratista.

Ajustándose a los meses de duración de las obras, el contratista propondrá un Plan de Obras que deberá ser aprobado por la Dirección de Obra y en ese momento podrá iniciar los trabajos necesarios.

1.2. REPLANTEO DE LAS OBRAS

- Acta de Replanteo

Antes de iniciar la ejecución de las obras se hará constar expresamente que se ha comprobado a plena satisfacción del Contratista la completa correspondencia entre las coordenadas referidas en los planos y la situación real del terreno. Debe quedar constancia de que con los planos de proyecto es suficiente para determinar perfectamente cualquier parte de la obra proyectada sin que haya lugar a duda sobre su interpretación.

En el caso que el Contratista desee situar señales sobre el terreno para precisar la definición general de la obra, éstas se colocarán antes de ser firmada el Acta de replanteo.

Una vez firmada el Acta por ambas partes, el Contratista quedará obligado a replantear las partes de la Obra que precise para su construcción, de acuerdo con los datos de los planos o los que proporcione la Dirección de Obra en caso de modificaciones aprobadas o dispuestas por la Administración. Para ello fijará en el terreno todas las señales y dispositivos necesarios para que quede perfectamente marcado el replanteo parcial de la obra a ejecutar.

La Dirección de Obra, puede realizar todas las comprobaciones que estime oportunas sobre estos replanteos parciales. Podrá también, si así lo estima conveniente, replantear directamente con asistencia del Contratista, las partes de la obra que desee, así como introducir las modificaciones precisas en los datos de replanteo del proyecto. Si alguna de las partes lo estima necesario, también se levantará acta de estos replanteos parciales y obligatoriamente de las modificaciones del replanteo general, debiendo quedar indicado en la misma, los datos que se consideren necesarios para la construcción y posterior medición de las obras ejecutadas.

- Replanteo de las Obras

En lo referente a la instalación de las coberturas en parcela, los trabajos deben comenzarse por el replanteo de las fincas, según las coordenadas que entregará la Dirección de Obra al inicio de la misma.

El replanteo interior de la finca con aspersion se realizará, de tal forma que pueda comprobarse perfectamente la situación de todos los aspersores existentes y su debida alineación, señalándolos, por tanto, de tal forma que su visibilidad no sea dificultosa.

Se añadirán cuantos sectoriales sean necesarios para asegurar el riego completo y

uniforme de los bordes. También podrán desplazarse aspersores circulares que estén a menos de 9 metros de los lindes de las parcelas con el fin de dejar anchura suficiente para permitir giros de maquinaria.

El Director de Obra podrá ejecutar por si mismo u ordenar cuantos replanteos parciales estime necesario durante el periodo de construcción y en sus diferentes fases, para que las obras se hagan con arreglo al proyecto general y a los parciales, o de detalle, que en lo sucesivo se redacten y obtengan la aprobación de la Dirección de Obra.

Una vez dada la conformidad de las partes al replanteo efectuado, será obligación del Contratista la custodia y reposición de las señales que se establezcan en el mismo. En el caso de que, sin dicha conformidad se inutilice alguna señal, la Dirección de Obra dispondrá que se efectúen los trabajos necesarios para reconstruirlas ó sustituirlas por otras.

La Dirección de Obra podrá suspender la ejecución de las partes de obra que queden indeterminadas a causa de la inutilización de una o varias señales hasta que queden sustituidas por otras.

Cuando el Contratista haya efectuado un replanteo parcial, para determinar cualquier parte de la obra general o de las auxiliares, deberá dar conocimiento de ello a la Dirección de Obra para su comprobación, si así lo cree conveniente y para que autorice el comienzo de esa parte de la Obra.

1.3. EQUIPAMIENTO EN PARCELA

- Instalación de la tubería portaemisores y de las cañas portaaspersores

Tras los trabajos de replanteo de lindes de parcelas y de los aspersores de la cobertura y realizado el despeje de la superficie de la parcela, se procederá al marcado de las trazas de polietileno y sus intersecciones con los aspersores.

A continuación se inyectará el polietileno con bulldozer dotado de un rejón de apertura.

Se pondrá el máximo cuidado en esta operación, empleando velocidades de avance que no dañen la tubería. Se dará al menos una pasada previa con rejón, sin inyectar, para abrir el terreno y asegurar, de este modo, que la tubería no sufra daños en la inyección, y que sea posible alcanzar la profundidad de enterramiento.

Se evitará, en cualquier caso, dañar con el rejón los caminos que lindan con las fincas.

Para ello, se colocarán los aspersores a una distancia de 1m del camino, y si fuera necesario, se excavará el tramo de arranque o final de inyección.

Tras la inyección se comenzará la apertura de hoyos para aspersores y la apertura de zanjas para PVC, con lo que no será necesario abrir hoyo donde haya zanja.

Esta apertura de hoyos deberá realizarse cada vez que se hayan inyectado 2,5 has, con el fin de controlar la existencia de polietilenos excesivamente superficiales, que habrán de ser introducidos nuevamente hasta alcanzar la profundidad mínima de 90 cm.

Las zanjas deben abrirse con una profundidad tal que la generatriz superior de la tubería de PVC quede a 90 cm de la superficie. Resulta especialmente importante que la profundidad de ambas tuberías, PVC secundario y polietileno terciario, sea la misma. En ningún caso debe quedar la primera colgando de la segunda mientras está abierta la zanja.

- Excavación y tapado de zanjas

Será responsabilidad del Contratista tener en cuenta la posible existencia de tuberías de distribución de agua o conducciones de cualquier índole, a la hora de realizar las excavaciones de las zanjas, debiendo realizarse éstas sin afectarles en ningún caso.

Cualquier daño causado a estas conducciones preexistentes deberá ser inmediatamente reparado siendo los gastos generados responsabilidad íntegra del Contratista.

- Instalación de tuberías de PVC

No se efectuará apertura de zanjas en longitud mayor de la que permita la instalación de la tubería en un plazo máximo de diez días, a efectos de evitar desprendimientos, encharcamientos y deterioro del fondo de la excavación.

Las tuberías y zanjas se mantendrán libres mediante los correspondientes desagües en la excavación y si fuera necesario se quitará el agua con bomba.

Los tubos y acoplamientos se tenderán a lo largo de la zanja y se procurará que la cantidad de tubos acopiados sea suficiente para una jornada de trabajo.

Antes de colocar los tubos se revisará el interior de cada uno eliminando todo objeto extraño.

Cuando se monte la instalación con altas temperaturas, la unión a puntos fijos o anclados debe realizarse en las horas más frescas del día para evitar el dejar en tensión permanente la tubería con fatiga del material debido a la contracción.

Al término de la jornada de trabajo se taparán los extremos libres de la tubería, para evitar la entrada de tierra, animales u objetos extraños que puedan obstruir la línea, se utilizarán bolsas de plástico o de papel, cubriéndolas con un poco de tierra.

Cuando la tubería deba instalarse en tramos inclinados, se asegurará la tubería contra posibles desplazamientos por medio de anclajes.

Cuando la tubería y piecerío especial (codos, conos de reducción, etc.) estén colocados, se procederá a la sujeción mediante los correspondientes bloques de anclaje de hormigón.

Los bloques de anclaje de hormigón se construirán de manera que no entorpezcan el

manejo de los accesorios para el caso de averías y mantenimiento.

Generalmente no se colocará más de un sector de riego sin proceder al relleno, al menos parcial, para evitar la posible flotación de los tubos en caso de inundación de la zanja y para protegerlos en lo posible de los golpes.

Es competencia de la Dirección de Obra realizar las pruebas fijadas en este Pliego.

Previamente a la realización de la prueba se realizará una limpieza de cada sector.

- Anclajes de tubería

Los cambios de alineación, tanto horizontales como verticales, así como las piezas especiales, tales como reducciones y “T”s de derivación de la red en planta, se anclarán mediante macizos de hormigón. La resistencia característica del hormigón será de 125 kg/cm² a los 28 días.

Todos los anclajes de la red se medirán y abonarán como parte proporcional del metro lineal de tubería en que se coloquen.

- Programadores y solenoides

La forma de conectar los solenoides al hidrante dependerá de la presión disponible en la red. En puntos de presión alta se conectará aguas arriba del hidrante el solenoide que comanda la apertura y cierre del hidrante. Los demás solenoides de la parcela se conectarán aguas abajo del hidrante, mediante una toma en el mismo, independiente de la empleada por el piloto regulador de presión en ese punto.

En los demás casos, todos los solenoides se conectarán en una toma única, aguas arriba del hidrante.

El drenaje, a través del solenoide, de la cámara de control de las válvulas hidráulicas de sector debe tener salida individual al exterior de la arqueta del programador. No se admitirá como alternativa la colocación de un colector común de mayor diámetro que el microtubo.

1.4. PRUEBAS EN PARCELA

Una vez finalizada completamente la instalación de todos los elementos que componen la cobertura enterrada para riego en parcela, cerradas las zanjas, y realizadas las conexiones al hidrante, se procederá a efectuar la prueba completa del funcionamiento de la parcela.

Esta prueba se realizará en cada uno de los sectores de riego en que se divide la parcela.

Antes de realizar las pruebas de presión, se procederá a la limpieza de las tuberías de PVC y PE así como de las cañas portaaspersores y aspersores.

Se comenzará introduciendo agua en la red de parcela, sin colocar aspersores. Cuando el agua salga suficientemente limpia a juicio del Director de Obras, se procederá a la colocación de los aspersores de cada sector, excepto los de la línea más alejada de la válvula hidráulica, para conseguir una limpieza del sector a presión.

Deberán probarse microtubos de mando hidráulico antes del tapado de zanjas. La prueba consistirá en:

1. Introducir agua desde el panel de solenoides y comprobar que discurre sin interrupciones.
2. Taponar el extremo final para que entre en carga el microtubo. En este momento se recorrerá la zanja para comprobar que no hay fugas. Se medirá la presión interior con un manómetro provisto de aguja.

A continuación se realizarán las pruebas que ordene la Dirección de Obra para confirmar las presiones en los aspersores más desfavorables de cada parcela, así como las necesarias para comprobar que la uniformidad en la distribución de la cobertura instalada es superior a lo acordado.

El Contratista deberá proporcionar todos los elementos precisos para efectuar las pruebas. La Dirección de Obra podrá comprobar, si lo estima conveniente, todos los equipos de medida o suministrar sus propios equipos.

El resultado de las pruebas, sea cual fuere, quedará reflejado en unas fichas elaboradas por la Dirección de Obra y que serán firmadas por ambas partes cada vez que finalice una prueba en parcela.

Se comprobará expresamente la correcta apertura y cierre de los sectores situados muy por encima o por debajo del programador o alejados de éste, en previsión de problemas topográficos.

También se realizarán, al menos, dos ciclos de apertura y cierre de los sectores controlados por cada programador. Estos ciclos se harán regando, aunque podrán realizarse otros adicionales comprobando inicialmente el funcionamiento de los solenoides.

1.5. LIMPIEZA DE LAS OBRAS

Es obligación del Adjudicatario limpiar las obras y sus inmediaciones, de escombros, restos de materiales, etc. una vez finalizado el cometido para el que se construyó. Estará obligado a adoptar las medidas pertinentes en cada caso para que las obras ofrezcan un buen aspecto a juicio de la Dirección de Obra y bajo las directrices y órdenes de ésta; conseguir la limpieza general de la obra a su terminación, retirando asimismo todo vestigio de instalaciones auxiliares.

DOCUMENTO 4: PRESUPUESTO

ÍNDICE

1. PRESUPUESTO PARCIAL
2. PRESUPUESTO GENERAL

Código / Descripción	Uds	Cantidad	Precio (€)	Total
Aspersor circular de 1.790 l/h de latón, incluidas boquillas, tapones, vainas, cañas portaaspersores de 3 m de longitud conectadas a PE con piezas especiales. Montados, alineados y probados	Uds	458	23,21	10.630,18 €
Aspersor circular de 1.000 l/h de latón, incluidas boquillas, tapones, vainas, cañas portaaspersores de 3 m de longitud conectadas a PE con piezas especiales. Montados, alineados y probados	Uds	89	27,38	2.436,82 €
Placa metálica de acero galvanizado en aspersor para impedir el riego. Completamente colocada	Uds	17	4,74	80,58 €
Colocación PEAD de laterales mediante inyección con rejón de apertura, tubo guía y tambor para enrollamiento de tubería incluidas pasadas de apertura de zanja	m	6.725	0,48	3.228,16 €
Excavación, apertura y cierre de zanjas para colocación de tuberías de PVC/PE	m	3.434	1,36	4.670,27 €
Programador electrónico de 1-14 sectores de riego para la programación de apertura y cierre de válvulas de sector incluida batería, conexiones, instalado y probado	Uds	1	1.268,19	1.268,19 €
Solenoides tipo Latch para control de válvulas hidráulicas mediante programador; alimentado por batería 12V, conectado, instalado y probado	Uds	14	82,98	1.161,72 €
Tubería PEAD 32 mm 0,6 Mpa para laterales de riego, medida en proyección horizontal parte proporcional de juntas y piezas, completamente colocada y probada	m	6.725	0,80	5.380,26 €
Tubería de PVC de 125 mm 0,6 Mpa medida en proyección horizontal incluida parte proporcional de juntas y piezas especiales completamente colocada, fijada y probada	m	745	4,47	3.329,21 €

Código / Descripción	Uds	Cantidad	Precio (€)	Total
Tubería de PVC de 90 mm 0,6 Mpa medida en proyección horizontal incluida parte proporcional de juntas y piezas especiales completamente colocada, fijada y probada	m	470	2,96	1.391,29 €
Tubería de PVC de 75 mm 0,6 Mpa medida en proyección horizontal incluida parte proporcional de juntas y piezas especiales completamente colocada, fijada y probada	m	679	2,13	1.446,76 €
Tubería de PVC de 63 mm 0,6 Mpa medida en proyección horizontal incluida parte proporcional de juntas y piezas especiales completamente colocada, fijada y probada	m	684	1,52	1.040,14 €
Tubería de PVC de 50 mm 0,6 Mpa medida en proyección horizontal incluida parte proporcional de juntas y piezas especiales completamente colocada, fijada y probada	m	492	2,70	1.327,86 €
Tubería de PVC de 40 mm 0,6 Mpa medida en proyección horizontal incluida parte proporcional de juntas y piezas especiales completamente colocada, fijada y probada	m	364	2,30	836,90 €
Complemento de válvula hidráulica para conexión rápida de red de riego por goteo	Uds	2	176,76	353,52 €
Conexión de hidrante con la red de riego incluyendo elementos para la posible conexión de manómetros y elementos de derivación de caudal filtrado	Uds	2	511,39	1.022,78 €
Desagüe de coberturas colocados en puntos bajos o finales de secundaria	Uds	28	22,23	622,44 €
Instalación para bomba inyectora de fertirrigación compuesta por válvula hidráulica de 1", enchufes rápidos, llaves esfera y racorería	Uds	2	107,05	214,10 €

Código / Descripción	Uds	Cantidad	Precio (€)	Total
Válvula hidráulica de diafragma de 80 mm polietileno enterrada para apertura y cierre de sectores de riego instalada y probada	Uds	14	214,00	2.996,00 €
Ventosa doble efecto para puntos altos	Uds	2	107,00	214,00 €
Seguridad y salud que incluye la señalización y protección para trabajadores				938,70 €
Compra de tractor		1	45.000,00	45.000,00 €
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL				89.589,88 €
6% Beneficio Industrial				5.375,39 €
13% gastos Generales				11.646,68 €
21% IVA				18.813,87 €
TOTAL PRESUPUESTO				125.425,83 €