

**Universidad Pública de Navarra**

*Nafarroako Unibertsitate Publikoa*

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS AGRÓNOMOS**

*NEKAZARITZAKO INGENIARIEN  
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA*

***"TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE  
ASPERSIÓN EN LA PARCELA 1891 DEL POLIGONO N° 16 DEL  
TÉRMINO MUNICIPAL DE OLITE (NAVARRA)"***

presentado por

MARÍA MUGUERZA MAS-*k*

aurkeztua

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

*GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAN*

JUNIO 2014

2014ko ekaina

## **RESUMEN**

---

El presente proyecto fin de grado tiene como objetivo la transformación de secano en regadío de la parcela 1891 del polígono N° 16 del término municipal de Olite (Navarra), de 5 hectáreas de superficie.

En la actualidad dicha parcela está dedicada a cultivos de secano, por lo que aprovechando la instalación del Canal de Navarra en la zona, sería interesante realizar una transformación que permitiese la implantación de una rotación de cultivos adecuados a las condiciones ambientales del lugar y con los que se alcancen mayores rendimientos.

Con el fin de obtener una adecuada uniformidad del riego, se ha empleado un sistema de riego por aspersión que adopta una disposición triangular de 15,6 metros de separación entre los distintos ramales y de 18 metros entre aspersores pertenecientes al mismo ramal.

Conjuntamente, y con objeto de llevar a cabo la correcta realización del presente proyecto, se han realizado diversos estudios referentes a la climatología de la zona, edafología, necesidades hídricas de los cultivos, calidad del agua, estrategia de riego, red de distribución y estudio de viabilidad económica.

## **PALABRAS CLAVE**

---

Secano, Regadío, Canal de Navarra, Riego, Aspersión

Pamplona, 14 de junio de 2014

María Muguerza Mas

## **ÍNDICE**

DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA Y ANEJOS

DOCUMENTO Nº 2. PLANOS

DOCUMENTO Nº 3. PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO Nº 4. PRESUPUESTO

# DOCUMENTO N° 1: MEMORIA Y ANEJOS

# MEMORIA

## ÍNDICE

1. OBJETO DEL PROYECTO	1
2. LOCALIZACIÓN	2
3. SUPERFICIE REGABLE Y UNIDADES DE RIEGO	2
4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA	2
4.1. EDAFOLOGÍA	3
4.2. CLIMATOLOGÍA	3
4.3. CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO	4
5. ROTACIÓN DE CULTIVOS PROPUESTA	5
6. BALANCE HÍDRICO	5
6.1 CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ET <sub>0</sub> )	5
6.2 DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE CULTIVO (K <sub>c</sub> )	6
6.3 CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE AGUA DE LOS CULTIVOS	7
7. SISTEMA Y ESTRATEGIA DE RIEGO ADOPTADA	8
8. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS	9
9. ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO	10
10. PRESUPUESTO	10

## **1. OBJETO DEL PROYECTO**

---

El presente proyecto fin de grado tiene como objetivo la transformación de secano en regadío de la parcela 1891 del polígono N° 16 del término municipal de Olite (Navarra), de 5 hectáreas de superficie.

En la actualidad dicha parcela está dedicada a cultivos de secano, por lo que aprovechando la instalación del Canal de Navarra en la zona, sería interesante realizar una transformación que permitiese la implantación de una rotación de cultivos adecuados a las condiciones ambientales del lugar y con los que se alcancen mayores rendimientos.

En este sentido y atendiendo a dichas particularidades, se realiza el diseño de una red de distribución de agua dentro de la parcela compuesta por tuberías compuesta por tuberías principales y secundarias de PVC, tuberías porta-aspersores de PE, además de los diferentes aspersores y demás elementos necesarios para asegurar una correcta distribución del agua (valvulería, piezas especiales, etc.).

Con el fin de obtener una adecuada uniformidad del riego, se ha empleado un sistema de riego por aspersión que adopta una disposición triangular de 15,6 metros de separación entre los distintos ramales y de 18 metros entre aspersores pertenecientes al mismo ramal.

Conjuntamente, y con objeto de llevar a cabo la correcta realización del presente proyecto, se han realizado diversos estudios referentes a la climatología de la zona, edafología, necesidades hídricas de los cultivos, calidad del agua, estrategia de riego, red de distribución y estudio de viabilidad económica.

## **2. LOCALIZACIÓN**

---

La superficie objeto del presente proyecto se encuentra ubicada en el término municipal de Olite (Navarra) (Plano Nº 1). En concreto, está situada a 1 km al sureste de dicho municipio (Plano Nº 2), lindando con el Río Cidacos y con el Camino de la Planilla.

El término municipal de Olite posee los siguientes límites:

- Norte: Término municipal de Tafalla.
- Sur: Términos municipales de Marcilla y Caparroso.
- Este: Términos municipales de San Martín de Unx, Beire, Pitillas y Murillo el Cuende.
- Oeste: Términos municipales de Tafalla y Falces.

## **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 objeto de asegurar la viabilidad económica de la transformación, la parcela objeto de transformación cumple con el requisito de alcanzar la superficie mínima por unidad de riego de 5 hectáreas.

## **4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA**

---

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

#### **4.1. EDAFOLOGÍA**

Con objeto de asegurar la viabilidad del proyecto, se ha realizado 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 alternativa como para la aptitud al riego de los mismos.

Tras el mismo, podemos concluir que nos encontramos ante un suelo cuya textura es franca fina presentando asimismo una estructura poliédrica subangular. En referencia a los diversos análisis realizados, el suelo a estudio ha quedado clasificado como medianamente básico, muy ligeramente pedregoso hasta una profundidad de 65 cm y muy pedregoso a partir de esa profundidad, con un grado de presencia de caliza calificado como alto y una capacidad de intercambio catiónico evaluada como media o normal.

Las características edafológicas de las parcelas a estudio quedan expuestas con mayor detalle en el Anejo I- "Estudio edafológico".

#### **4.2. CLIMATOLOGÍA**

El estudio climático de la zona ha sido realizado a partir de los datos climáticos de la estación automática termo-pluviométrica de Tafalla, perteneciente al Gobierno de Navarra. Del mismo modo, para este punto a tratar se ha consultado el Estudio Agroclimático de Navarra.

La zona objeto del proyecto posee un clima "Mediterráneo templado" con una precipitación media anual de 504.7 mm y una temperatura media anual aproximada de 13,5 °C. El mes más cálido es julio con una temperatura media de 22,93°C y el mes más frío enero con una temperatura media de 5,3°C. Respecto a las precipitaciones, los meses más lluviosos corresponden a abril, mayo y noviembre, mientras que los menos lluviosos son los meses de julio y agosto. El periodo libre de heladas queda comprendido entre el 19 de Abril al 30 de Octubre.

Atendiendo a la clasificación climática de Papadakis, la zona afectada por la transformación pertenece a la Zona agroclimática V, posee un clima denominado "Mediterráneo templado", un régimen de humedad "Mediterráneo seco", un tipo de invierno av (Avena fresco) y un tipo de verano O (Arroz), siendo por tanto la fórmula climática la siguiente: AvOMe.

Los cultivos propuestos en la alternativa: maíz grano, guisante verde, brócoli y tomate para industria, no presentan excesivas limitaciones agroclimáticas, adaptándose perfectamente a las condiciones climáticas existentes en la zona.

El conjunto de toda esta información queda recogida en el Anejo II- "Estudio climático".

#### **4.3. CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO**

El agua que abastecerá la totalidad de las parcelas será obtenida a partir del Canal de Navarra aprovechando su paso por las cercanías del término municipal de Olite. Los diferentes resultados analíticos de la misma (físico-químicos y biológicos) han sido proporcionados por la Confederación Hidrográfica del Ebro y son los correspondientes al día 17 de Diciembre del 2013.

Existen gran variedad de 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, iones específicos) y segundo grado (coeficiente alcalinimétrico, S.A.R., carbonato sódico residual, dureza del agua). Del mismo modo, se han empleado normas combinadas con objeto de interpretar la calidad de las aguas 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 denominado "Estudio de la calidad del agua de riego", se ha llegado a la conclusión de que el agua analizada es calificada como APTA para el riego.

## **5. ROTACIÓN DE CULTIVOS PROPUESTA**

---

Con la transformación de la parcela a regadío se pretende lograr un incremento en la productividad de los cultivos. La alternativa propuesta en este estudio incluye una rotación de maíz grano, guisante verde, brócoli y tomate para industria.

En el Anejo IV, “Rotación de cultivos propuesta”, se describen las características de cada cultivo utilizado en la rotación, los periodos de siembra/plantación y recolección de los mismos y el calendario de riego a lo largo del año.

## **6. BALANCE HÍDRICO**

---

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 cada uno de los cultivos propuestos en la alternativa.

Estos cálculos se realizan en base a una metodología que se resume brevemente a continuación:

1. Cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_0$ ) mediante las metodologías propuestas por Penman – Monteith.
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  $ET_0$ , coeficientes de cultivo ( $K_c$ ), precipitación efectiva ( $P_{ef}$ ) y eficiencia del riego ( $E_a$ ).

### **6.1 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 representativos de la zona a estudio. Posteriormente, ambos procedimientos han sido comparados con los datos publicados por el Gobierno de Navarra en el denominado “Estudio agroclimático de Navarra” del año 2001.

<b>Estudio Agroclimático ET<sub>0</sub> (mm/mes)</b>	
Enero	29,56
Febrero	43,34
Marzo	79,37
Abril	102,69
Mayo	140,75
Junio	181,67
Julio	210,93
Agosto	190,83
Septiembre	128,00
Octubre	78,14
Noviembre	38,73
Diciembre	26,63
	<b>1250,65</b>

Tabla.1. Cuadro resumen de los resultados obtenidos

## 6.2 DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE CULTIVO (K<sub>c</sub>)

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 sentido, mientras la  $ET_0$  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 denominado "Necesidades hídricas". A continuación se detallan los valores de  $K_c$  utilizados para cada cultivo propuesto:

	<b>Fases del desarrollo</b>				Total días	<b>K<sub>c</sub></b>		
	Inicial	Desarrollo	Mediados	Final		$K_c$ ini	$K_c$ Med	$K_c$ Fin
Maíz	29	40	50	30	<b>150</b>	<b>0,7</b>	<b>1,2</b>	<b>0,35</b>
Guisante	20	30	35	15	<b>100</b>	<b>0,5</b>	<b>1,15</b>	<b>1,1</b>
Brócoli	26	33	30	11	<b>100</b>	<b>0,7</b>	<b>1,05</b>	<b>0,95</b>
Tomate	30	40	45	30	<b>145</b>	<b>0,6</b>	<b>1,05</b>	<b>0,8</b>

Tabla.2. Fases de desarrollo y coeficientes de cultivo ( $K_c$ ).

### 6.3. 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, ( $ET_0$ ) 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 termopluviométrica automática de Tafalla durante el periodo de tiempo comprendido entre 2003 y 2013.

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 en cada estación del año, puede apreciarse como el maíz es el cultivo que demanda una mayor cantidad de agua siendo ésta de 175,43 mm y correspondiendo al mes de Julio. Dicho valor se utilizará posteriormente para el óptimo diseño de la red de distribución. Seguidamente se muestran resumidas las necesidades de cada cultivo (Tabla 3) y las necesidades globales de la rotación propuesta (Tabla. 4):

	Mz	Abr	My	Jn	Jul	Ago	Sept	Oct
Maíz			42,06	104,71	175,43	162,26	36,03	
Guisante	-3,05	39,2	89,05	9,65				
Brócoli					48,12	100,72	74,88	3,06
Tomate			15,88	54,29	134,51	156,31	67,06	

Tabla.3. Necesidades Hídricas de los cultivos

AÑO 1 (Maíz)	AÑO 2 (Guisante y Brócoli)	Año 3 (Tomate)
520,49	358,57	428,05

Tabla.4. Necesidades hídricas (mm) de la rotación

## 7. SISTEMA Y ESTRATEGIA DE RIEGO ADOPTADA

Para la realización del presente proyecto se ha elegido un sistema de riego por aspersión cuya eficiencia de aplicación es del 75%. Con el fin de obtener una adecuada uniformidad del riego, se ha empleado un sistema de riego que adopta una disposición triangular de 15,6 metros de separación entre los distintos ramales y de 18 metros entre aspersores pertenecientes al mismo ramal. Los aspersores circulares utilizados emiten un caudal de 1.960 l/h (0.558 l/s), mientras que los aspersores de tipo sectorial arrojan un caudal de 1.390 l/h (0.371 l/s). Ambos trabajan con una presión de funcionamiento de 3,5 kg/cm<sup>2</sup> (35 m.c.a.). En el Anejo VI – “Diseño y dimensionamiento de la red de distribución” se muestra con detalle el motivo de elección de cada tipo de aspersor.

En referencia a la estrategia de riego adoptada, cabe señalar que en la actualidad se tiende a dimensionar las instalaciones de riego colectivo para que trabajen a la demanda, hecho que supone un ahorro importante de agua y de comodidad de manejo. En este proyecto de transformación de secano a regadío se va a establecer dicha forma de riego ya que permite la libre disponibilidad del agua por parte del agricultor (en una probabilidad del 98%) en condiciones de presión y caudal adecuadas, contribuyendo a conseguir un uso más eficiente de la misma. De esta forma, 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 los mimos.

Este aspecto se encuentra ampliamente desarrollado en el Anejo VI – “Diseño y dimensionamiento de la red de distribución”, del presente proyecto.

## **8. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS**

---

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

### **8.1. TUBERÍAS PRIMARIAS**

Este tipo de conducciones fabricadas en PVC son las encargadas de transportar el agua desde el hidrantes hasta la cabecera de cada sector, punto de conexión con las tuberías secundarias. Esta tuberías primarias abastecerá a 8 sectores de riego. En el Plano N°4 se puede observar el trazado en planta.

### **8.2. TUBERÍAS SECUNDARIAS**

Fabricadas en PVC (Policloruro de vinilo) permiten transportar el agua desde la cabecera de cada sector hasta las tuberías porta-aspersores. En el Planos N°4 se puede observar la distribución que seguirán en cada sector de riego. Los diámetros internos variarán entre 36 y 132 mm. En el Anejo VI – “Diseño y dimensionamiento de la red de distribución” se explica con detalle el proceso seguido para el óptimo dimensionamiento de las mismas.

### **8.3. TUBERÍAS PORTA-ASPERSORES**

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 observarse con detalle la ubicación de cada una de ellas en cada sector de riego.

## **9. ESTUDIO ECONOMICO-FINANCIERO**

---

Previo a la realización de cualquier proyecto es imprescindible 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 del presente proyecto, los índices de rentabilidad utilizados muestran los siguientes valores:

- Valor Actual Neto (VAN) para una Tasa de Actualización del 5 %: 39.930,08 €
- Tasa Interna de Rendimiento (TIR): 14 %
- Plazo de recuperación de la inversión: 8 años

Atendiendo a lo mostrado en el Anejo VII – “Evaluación Económica y Financiera”, se observa como la totalidad de los indicadores estudiados ponen de manifiesto que el presente proyecto es viable desde un punto de vista económico-financiero.

## **10. PRESUPUESTO**

---

A continuación se expone el presupuesto de ejecución material y de ejecución por contrata del presente proyecto. El presupuesto completo que incluye el presupuestos parciales y el presupuesto general configura el Documento Nº4 denominado “PRESUPUESTO”.

CAPÍTULO 1. RED DE DISTRIBUCION	14.269,55 €
CAPÍTULO 2. MECANISMOS Y AUTOMATIZACIÓN	5.521,11 €
CAPÍTULO 3. SEGURIDAD Y SALUD	12.065,65 €
CAPÍTULO 4. MEDICINA PREVENTIVA	87,56 €
CAPÍTULO 5. INCENDIOS	78,97 €
CAPÍTULO 6. MAQUINARIA	30.000,00 €
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL:</b>	<b>62.022,84 €</b>

6% Beneficio Industrial	1.187,44 €
13 % Gastos Generales	2.594,43 €
21 % IVA	13.024,80 €

**TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA: 78.829,51 €**

El presupuesto general asciende a la expresada cantidad de:

SETENTA Y OCHO MIL OCHOCIENTOS VEINTINUEVE EUROS CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS.

En Pamplona, a 16 de Junio de 2014

Fdo. María Muguerza Mas

## BIBLIOGRAFÍA

---

"Análisis de la Economía de los sistemas de producción. Año 2012". Consultado en <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/B349318A-7D3D-4C9C-8B35-B08CF3D5DCA7/275383/analisisdelaeconomiadelossistemasdeproduccionanno2.pdf>

"Análisis químico de suelos y aguas". Marín García, M.L. (2003). Editorial UPV

"Aproximación a los Criterios de Calidad para el Agua de Riego". Illa Gómez, F. J. Consultado en <http://www.ivia.es/sdta/pdf/revista/tecnologia/19tema41.pdf>

"Caracterización Agroclimática de Navarra". 1986. Elias Castillo, F. y Ruiz Beltrán, L. Ministerio de Agricultura, pesca y Alimentación.

"Confederación Hidrográfica del Ebro". Consultado en <http://www.datossuperficiales.chebro.es:81/WCASF/?rvn=1>

"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". FAO Estudio nº 56.

"Meteorología y climatología de Navarra". Consultado en <http://meteo.navarra.es/estaciones/estacion.cfm?IDEstacion=9>

"Muestreo y descripción de suelos". Hodgson, J.

"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. Ed. Mundi-Prensa. Ministerio de Agricultura, pesca y Alimentación.

"Tratado de Fitotecnia General". Urbano Terrón, P. 1995. 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

## **ÍNDICE**

1. INTRODUCCIÓN	1
2. EDAFOLOGÍA DEL TERRENO	1
2.1. CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL	2
3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	7

## **1. INTRODUCCIÓN**

---

Se ha realizado un estudio edafológico referente a la parcela objeto de la transformación, con el fin de descartar la existencia de factores edáficos que resulten limitantes tanto para los cultivos propuestos en la alternativa como para la aptitud al riego de los mismos.

## **2. EDAFOLOGÍA DEL TERRENO**

---

Con el fin de realizar el estudio edafológico se han utilizado información proporcionada por la Sección de Edafología y Climatología del Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local del Gobierno de Navarra.

Conforme a la Clasificación Soil Taxonomy, nos encontramos ante suelos del tipo Fluventic Haploxerepts. Son suelos profundos, bien estructurados. Se localizan en ambas márgenes del río Cidacos. Su principal característica es la presencia de un epipedón óchrico en superficie con elevado contenido en materia orgánica, para la zona de estudio, en torno al 2%. El descenso en contenido de materia orgánica puede ser más o menos irregular, pero generalmente se mantienen niveles altos en profundidad (en torno al 1% a 1,25 m). La pedregosidad suele ser escasa o nula.

Los horizontes subsuperficiales suelen ser cámbicos, si bien no es extraña la presencia de horizontes que cumplen para cálcico, con visibles acumulaciones de carbonatos secundarios (en forma de precipitados en poros y caras) y eflorescencias.

La familia textural en la sección control es generalmente la limosa fina. La clase textural en el horizonte superficial es principalmente la franco limosa también se da la franco arcillo limosa.

La familia mineralógica en la sección control es generalmente mixta, con unos contenidos medios en carbonatos de un 30% a un 40%. El horizonte superficial también es mixto, con unos porcentajes en carbonatos similares a los de la sección control.

La fertilidad de estos suelos, bien dotados de nutrientes, con alta capacidad de reserva de agua y con mucho suelo explorable por las raíces, se puede considerar alta.

Producción media de cereal estimada: 4.500 Kg/ha.

## **2.1. CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL**

En la parcela objeto de la transformación se realizó la calicata 350, el cual posee las características que se describen a continuación:

### **DATOS GENERALES:**

Clasificación: Fluventic Haploxerept, Franca fina, Mixta, Profunda

Geomorfología: Terraza baja

Material de partida: Gravas y materiales finos aluviales

Fecha de la Observación: 13/09/1989

Localización: X = 612684Y = 4703332 Hoja = 206-2

Pendiente: 1%

Altitud: 372m

Erosión: Nula

Pedregosidad Superficial: 7% de cantos rodados, de 6 cm tamaño medio, con recubrimiento parcial de carbonatos y otros limpios.

Alcalinidad: Libre

### **DESCRIPCIÓN DEL PERFIL**

**Ap** 0-35cm.

**Color :** 10YR4/4, Pardo amarillento oscuro.

**Humedad/Consistencia:** Seco. Duro.

**Elementos Gruesos:** No.

**Estructura:** Masiva

**Estructura Secundaria:** Bloques subangulares Tamaño fino Débil

**Poros:** Tubulares Tamaño fino y muy fino Mucha cantidad

**Poros Secundarios:** Tubulares Tamaño medio Poca cantidad

**Raíces:** Frecuente cantidad Tamaño fino y muy fino

**Textura:** Franco limosa

**Caracoles:** Poca cantidad

**Observaciones:** Lombrices.

**Límite:** Neto y plano

**Bw** 35-65cm.

**Color :** 2,5Y5/6, Pardo oliva claro.

**Humedad/Consistencia:** Poco húmedo. Friable.

**Elementos Gruesos:** 2% Rodados 2cm Parcial y limpios

**Estructura:** Bloques angulares Tamaño medio Moderada

**Poros:** Tubulares Tamaño fino y muy fino Mucha cantidad

**Poros Secundarios:** Tubulares Tamaño medio Poca cantidad

**Raíces:** Frecuente cantidad Tamaño fino y muy fino

**Textura:** Franco limosa

**Canales Lombrices:** Poca cantidad

**Caracoles:** Poca cantidad

**Observaciones:** Lombrices. Canales rellenos.

**Límite:** Gradual y ondulado

**Bk** 65-85cm.

**Color :** 2,5Y4/4, Pardo oliva.

**Humedad/Consistencia:** Poco húmedo. Friable.

**Elementos Gruesos:** 50% Cantos Rodados y subangulares, de 2cm tamaño medio con recubrimiento Total de carbonato.

**Estructura:** Bloques subangulares Tamaño muy fino Moderada

**Poros:** Tubulares Tamaño fino y muy fino Mucha cantidad

**Poros Secundarios:** Tubulares Tamaño medio Poca cantidad

**Raíces:** Frecuente cantidad Tamaño fino y muy fino

**Textura:** Franca

**Caracoles:** Poca cantidad

**Observaciones:** Lombrices.

**Límite:** Neto y plano

**Ck** 85-120cm.

**Color :** 2,5Y4/4, Pardo oliva.

**Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Friable.

**Elementos Gruesos:** 70% Cantos rodados de 3cm de tamaño medio y recubrimiento total de carbonato.

**Estructura:** Impedida

**Poros:** Tubulares Tamaño fino y muy fino Mucha cantidad

**Poros Secundarios:** Tubulares Tamaño medio Poca cantidad

**Raíces:** Frecuente cantidad Tamaño fino y muy fino

**Textura:** Franco arcillo arenosa

**Observaciones:** También hay frecuentes poros intersticiales muy finos.

**Límite:** Neto y plano

**CR** 120-165cm.

**Elementos Gruesos:** 90% Cantos Rodados

**Estructura:** Masiva

**Poros:** Poca cantidad

**Raíces:** No hay

**Observaciones:** La cementación varía por zonas. Parece caliza.



**RESULTADOS ANALÍTICOS**

<b>Horizonte</b>	<b>Ap</b>	<b>Bw</b>	<b>Bk</b>	<b>Ck</b>	<b>CR</b>
<b>Profundidad</b>	<b>0-35</b>	<b>35-65</b>	<b>65-85</b>	<b>85-120</b>	<b>120-165</b>
<b>Análisis físico</b>					
Arena (2-0,2)mm		2,89	2,45	29,11	28,73
Arena (0,2-0,1)mm		6,51	5,08	8,89	10,54
Arena (0,1-0,05)mm		6,51	5,08	8,89	10,54
Arena (0,05-0,02)mm		19,94	18,63	8,41	8,17
Limo (0,02-0,002)mm		41,13	45,75	20,66	17,75
Arcilla (<0,002)mm		23,03	23,02	24,03	24,24
<b>Análisis Químico</b>					
Caliza Total %		39,60	36,60	42,60	42,20
Caliza Activa %		10,83			
Mat. Org. Oxidable %		1,48	1,01	1,15	0,98
Nitrógeno Total ‰		0,11			
Fósforo asimi. ‰		140,00			
Potasio asimi. ‰		170,00			
Relación C/N		8,04			
pH en agua (1:2,5)		8,42	8,60	8,56	8,62
pH en CIK (1:2,5)		7,68	7,70	7,72	7,78
C.E. (1:1) (dS/m)		0,53	0,39	0,44	0,48
Yeso %					

### **3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

---

Como paso previo a la interpretación de los resultados analíticos obtenidos, se han de enumerar en primer lugar los factores edáficos significativos que han de tenerse en cuenta en toda transformación de un suelo a regadío. Éstos se describen brevemente a continuación:

- Textura
- Drenaje superficial e interno
- Profundidad efectiva para de desarrollo de las raíces
- pH
- Pedregosidad
- Salinidad / Sodicidad
- Presencia de caliza (CaCO<sub>3</sub>)
- Materia orgánica
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

En base a estos factores se ha realizado la siguiente valoración:

#### **TEXTURA**

Describe la abundancia relativa de diversas fracciones de la fase sólida del suelo establecidas según diversos criterios. Cada termino 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 la posibilidad de ser un soporte que permita un buen desarrollo radicular y un adecuado nivel de nutrientes.

Para separar las distintas fracciones granulométricas anteriormente mencionadas es necesario establecer los límites entre cada una de ellas, siendo los criterios adoptados algo arbitrarios. Los más comunes en edafología 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 (Tabla.1) se muestra la clasificación granulométrica propuesta por este último departamento (USDA):

Clasificación	Fracciones	
	Denominación	Diámetro (micras)
USDA Simple	Arena	50-2000
	Limo	2-50
	Arcilla	< 2

Tabla.1. Clasificación granulométrica según el 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 prácticamente nula.
- Limos: Proporcionan, aun siendo escasa, una mayor capacidad de almacenamiento de agua.
- Arcilla: Fracción muy activa por su carácter coloidal y elevada superficie específica. Posee la capacidad de retener en su superficie elementos (cationes y aniones) esenciales para los cultivos. Además, el agua queda fuertemente retenida en su superficie formando de esta forma una fina capa.

Para representar las distintas clases texturales se ha construido el triángulo de textura o diagrama triangular que se presenta en la Fig.2 para la clasificación proporcionada por el United States Department of Agriculture (USDA).

Estos triángulos de textura se suelen dividir en tres zonas que poseen un comportamiento agronómico similar en cuanto a:

- Propiedades del complejo de cambio
- Propiedades en relación a la retención y movimiento del agua (infiltración y drenaje)
- Erosionabilidad
- Porosidad

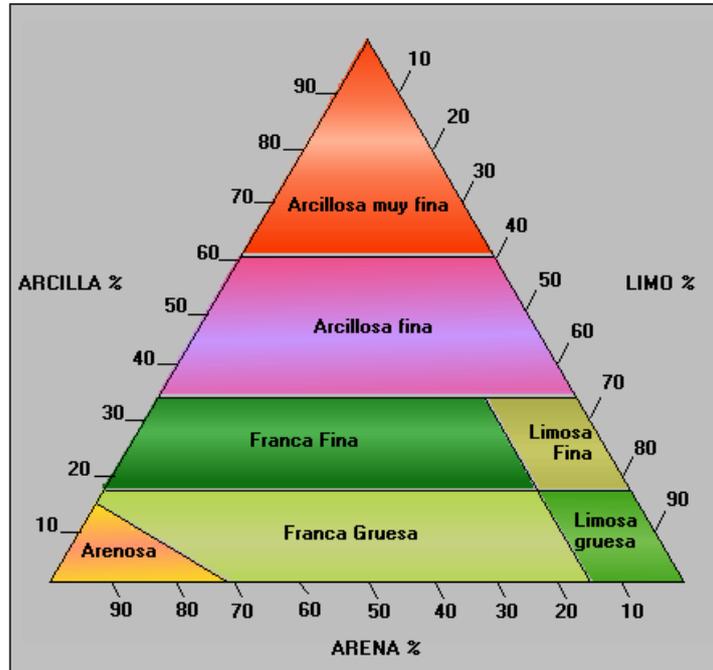


Fig.2. Triángulo de texturas. Clasificación USDA.

Atendiendo a los resultados, podemos concluir que nos encontramos ante un suelo cuya textura es FRANCA FINA.

### 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, es reseñable destacar cómo a medida que se incrementa el porcentaje de la misma en el suelo, la conductividad hidráulica incrementa su valor. Dicha materia orgánica contribuye considerablemente a la formación de estructura en el suelo, disminuyendo la compactación y mejorando la macroporosidad del mismo. De esta forma 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 (que se expresa en m/día) no es una condición permanente y presenta variaciones a lo largo del tiempo a medida que el agua penetra y fluye en el suelo.

Al no llegar a tener 1 dS/m de conductividad eléctrica, podemos concluir que no existe la necesidad de implantar ningún sistema de drenaje.

### **PROFUNDIDAD EFECTIVA**

Se define como la zona del suelo accesible a la exploración radicular. 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: horizontes o capas duras, variaciones en la porosidad, horizontes con escasa capacidad de retención de agua (CRA) y capas con escasa aireación.

Atendiendo a los resultados que desprende el análisis realizado sobre el perfil, podemos concluir que presenta una profundidad efectiva adecuada (actualmente existen raíces finas en los cuatro primeros horizontes para los cultivos que se desean implantar, siendo por tanto el suelo apto para la futura puesta en regadío.

### **pH:**

En el caso de los iones de hidrógeno H<sup>+</sup>, 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 como se detalla a continuación:

- 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. En presencia de pH alcalino, la arcilla se dispersa y se destruye la estructura del suelo. El pH más idóneo, desde el punto de vista agronómico, se encuentra 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 Exceso de Co, Cu, Fe, Mn, Zn
5,1-5,5	Fuertemente ácido	Deficiencia de Ca, K, N, Mg, Mo, P, S Actividad bacteriana escasa
5,6-6,0	Medianamente ácido	Intervalo adecuado para la mayoría de los 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 <sub>3</sub>
7,9-8,4	Básico	Disminuye disponibilidad de P y B Deficiencia creciente de Co, Cu, Fe, Mn, Zn Clorosis Férrica
5,5-9,0	Ligeramente alcalino	En suelos con carbonatos, puede deberse a MgCO <sub>3</sub> 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 microbiana escasa Micronutrientes poco disponibles, excepto Mo

Tabla.2. Clasificación de los suelos según su pH. USDA, 1971

Según el valor obtenido en las determinaciones realizadas (pH en torno a 7.6 en los dos primeros horizontes Bw y Bk) podemos concluir que nos encontramos ante un suelo MEDIANAMENTE BÁSICO.

## **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 cotidiano de maquinaria agrícola.

En cambio, la existencia 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 infiltración del agua.

A continuación (Tabla.3) se muestra una clasificación que evalúa el tipo de suelo atendiendo al volumen porcentual de elementos gruesos:

<b>EG (%)</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
<b>&lt; 1</b>	No pedregoso
<b>1-5</b>	Muy ligeramente pedregoso
<b>5-15</b>	Ligeramente pedregoso
<b>15-35</b>	Moderadamente pedregoso
<b>35-70</b>	Muy pedregoso
<b>&gt;70</b>	Extremadamente pedregoso

Tabla.3. Clasificación de los suelos según la presencia de EG (%)

Fuente: "Muestreo y descripción de suelos" J. Hodgson

Por lo que puede concluirse que no existen problemas de pedregosidad clasificándose el terreno como MUY LIGERAMENTE PEDREGOSO, hasta una profundidad de 65 cm y MUY PEDREGOSO a partir de esa profundidad.

Esto podría considerarse hasta positivo porque nos facilita y mejora el drenaje en profundidad mientras que en superficie no tenemos pedregosidad que limite la fertilidad ni dificulte el laboreo.

## **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 ó 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 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 (CEe). En este caso la valoración es la siguiente:

<b>CEes mmho/cm</b>	<b>Influencia sobre los cultivos</b>
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	Intensa (sólo deben cultivarse especies resistentes)
16-20	Muy intensa (sólo podrán tolerarla cultivos excepcionalmente resistentes)

*Tabla 4: Influencia de la salinidad del suelo en los cultivo. Fuente: Urbano Terrón, P. (1995)*

Conforme a los datos del perfil, podemos concluir, que estamos ante un suelo normal, NO TIENE SALINIDAD NI ALCALINIDAD, al no llegar a tener 1 dS/m de conductividad.

## **PRESENCIA DE CALIZA (CaCO<sub>3</sub>):**

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, pudiendo presentarse como horizontes continuos (costras), discontinuos, concreciones blandas o de forma difusa. Afecta directamente a la penetración de las raíces, a la transmisión de agua y puede provocar bloqueos nutricionales de hierro (Fe) y fósforo (P).

<b>CaCO<sub>3</sub></b>	<b>Nivel</b>
0-5	Muy bajo
5,1-10	Bajo
10,1-20	Normal
20,1-40	Alto
> 50	Muy alto

Tabla.4. Clasificación de los suelos según la presencia de CaCO<sub>3</sub> (%). Fuente: Marín García. M.L. (2003)

Atendiendo a los resultados del análisis físico-químico expuesto con anterioridad (39,60% de CaCO<sub>3</sub> en el horizonte de 35 - 65 cm de profundidad), puede concluirse que la presencia de caliza en el suelo reporta al mismo una calificación de: ALTO.

### **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: la materia orgánica fresca (materia orgánica no humificada), productos intermedios y el humus estable. El humus es una sustancia químicamente muy compleja. Posee un alto peso molecular con una estructura amorfa. 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.

Esta relación es casi una constante de cada tipo de suelo ya que es un reflejo de las condiciones de temperatura y humedad del mismo. A continuación (Tabla.5 y Tabla.6) 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:

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

Tabla.5. Grado de descomposición de la m.o. en función de la relación C/N.

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

Tabla.6. Clasificación de los suelos según su contenido en materia orgánica (%).

Observando los resultados del análisis físico-químico expuesto con anterioridad en este anejo (contenido en M.O: 1,48% y relación C/N: 8,04 en el horizonte Bw), puede concluirse que estamos ante un suelo con escasa vegetación (CLIMA CÁLIDO) y con 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 (iones con carga eléctrica positiva) son atraídos y retenidos 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 ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ) e hidrógeno ( $\text{H}^+$ ).

De todos ellos, los cuatro primeros actúan como nutrientes y se encuentran involucrados directamente con el crecimiento de las plantas.

El valor de la capacidad de intercambio 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.

Para la caracterización de este parámetro se va a tomar como referencia el siguiente cuadro (Tabla.7):

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

Tabla.7. Diagnóstico de la CIC según Balland & Gagnard (1988).

Debido a que no llega a 1dS/m de conductividad, no se analiza el extracto de saturación y no tenemos el dato de CIC, pero suelos analizados en Olite por parte del Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local, están en un rango entre 9-19, por lo que consideramos que estamos ante un suelo con una CIC MEDIA O NORMAL.

# ANEJO II. ESTUDIO CLIMÁTICO

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS	2
3. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA	6
3.1 TIPO DE INVIERNO	6
3.2 TIPO DE VERANO	7
3.3 RÉGIMEN DE HUMEDAD	8
4. LIMITACIONES AGROCLIMÁTICAS DE LOS CULTIVOS	10
5. CONCLUSIONES	12

## **1. INTRODUCCIÓN**

---

Para este punto a tratar se ha consultado el Estudio Agroclimático de Navarra y se han obtenido datos de la estación termo-pluviométrica de Tafalla, perteneciente al Gobierno de Navarra. El Término Municipal de Olite también cuenta con una estación, pero ésta última tiene la consideración de manual, mientras que la ubicada en Tafalla es automática. La diferencia existente entre ambos tipos de estaciones radica, principalmente, en los parámetros recogidos en una u otra estación. Dado que las estaciones automáticas ofrecen mayor número de datos termo-pluviométricos y que la poca distancia existente entre ambos Municipios induce a suponer que no habrá muchas diferencias climáticas entre ambos, se decide tomar los datos ofrecidos por la Estación termo-pluviométrica de Tafalla.

A continuación se muestran los detalles de dicha estación recogidos en el portal web [www.meteo.navarra.es](http://www.meteo.navarra.es) propiedad del Gobierno de Navarra:

Coordenada UTM (Coordenadas en el sistema de referencia ETRS89, proyección UTM huso 30)

X: 607987

Y: 4708448

Altitud: 430 m

## 2. CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS

A continuación se detallan los datos referentes a la temperatura y precipitación tomados de la mencionada estación meteorológica.

### ○ 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 (2003-2013), datos referentes a la temperatura media, temperatura media de máximas y mínimas 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	21,00	9,60	5,30	1,00	-4,80	-11,00
Febrero	25,00	11,60	6,70	1,80	-3,90	-11,60
Marzo	29,20	15,00	9,60	4,20	-1,60	-7,50
Abril	34,00	17,30	11,80	6,40	0,70	-3,00
Mayo	38,20	21,40	15,60	9,70	3,50	-0,20
Junio	41,00	25,90	19,60	13,20	7,70	3,00
Julio	42,00	29,20	22,30	15,40	10,60	7,00
Agosto	42,60	29,00	22,10	15,30	10,20	5,50
Septiembre	40,80	25,60	19,40	13,10	7,30	4,00
Octubre	33,00	19,90	14,50	9,10	2,70	-3,00
Noviembre	29,80	13,80	9,20	4,60	-1,60	-7,50
Diciembre	21,00	10,00	6,00	1,90	-4,10	-11,90
<b>Año</b>	<b>31,13</b>	<b>19,00</b>	<b>13,50</b>	<b>8,00</b>	<b>2,30</b>	<b>-11,90</b>

Tabla 1. Relación de datos referentes a la temperatura. (2003-2013)

A raíz de los datos obtenidos se observa cómo para la zona estudiada el mes más cálido es Julio con una temperatura media de 22,30°C y el mes más frío Enero con una temperatura media de 5,30°C.

Se trata por tanto, de una zona con unos veranos calurosos, cuya temperatura media de máximas está cercana a los 30 °C, y con unos inviernos fríos, especialmente en el periodo de diciembre a febrero, donde la temperatura media de mínimas se aproxima a 1,5°C.

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

En 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	13.2	9.1	4.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	3.7	9.7	40.8

Tabla 2. Número de días con helada según el mes del año (2003-2013)

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 18 de Abril. Por tanto, el periodo libre de heladas se sitúa desde el 20 de Abril al 30 de Octubre.

○ **Características hídricas**

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

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
<b>Precipitación media (mm)</b>	40,60	32,60	39,10	52,80	55,30	44,40	24,80	27,00	40,00	50,80	53,90	43,40	504,70
<b>Precipitación máxima 24 horas (mm)</b>	45,00	33,50	40,60	61,50	55,50	57,00	55,40	65,00	66,00	86,50	86,50	50,30	86,50
<b>Días de lluvia</b>	9,30	8,40	9,60	10,30	9,90	6,50	3,70	4,40	5,90	9,60	10,30	10,00	97,80
<b>Días de nieve</b>	1,80	1,50	0,80	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	1,10	6,00
<b>Días de granizo</b>	0,10	0,20	0,20	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10	0,00	0,00	0,00	1,60
<b>ETP: Evapotranspiración potencial, índice de Thornthwaite (mm)</b>	10,10	14,40	30,60	45,30	76,80	109,00	133,80	123,40	88,20	52,70	22,90	11,60	719,00

Tabla 3. Datos de precipitación obtenidos (2003-2013)

Puede observarse como las precipitaciones son escasas e irregulares, siendo la media anual de la zona de 504,7 litros/m<sup>2</sup>. Los meses más lluviosos corresponden a abril, mayo y noviembre, mientras que los menos lluviosos son los meses de julio y agosto. Por otro lado, cabe indicar que la precipitación máxima en 24 horas alcanzó valores de 86,50 mm.

Asimismo, es importante señalar que la gran parte de las precipitaciones se presentan en forma líquida (98 días al año), aunque también puede nevar (6 días al año) o granizar (2 días al año).

La combinación de ambos parámetros, temperaturas y precipitaciones, se encuentra representada mediante el diagrama ombrotérmico que se expone en el siguiente apartado.

## 2.1 DIAGRAMA OMBROTÉRMICO

A continuación (Fig.1) se muestra el diagrama Ombrotérmico que relaciona la precipitación acumulada mensual junto con las temperaturas media, mínima y máxima mensuales.

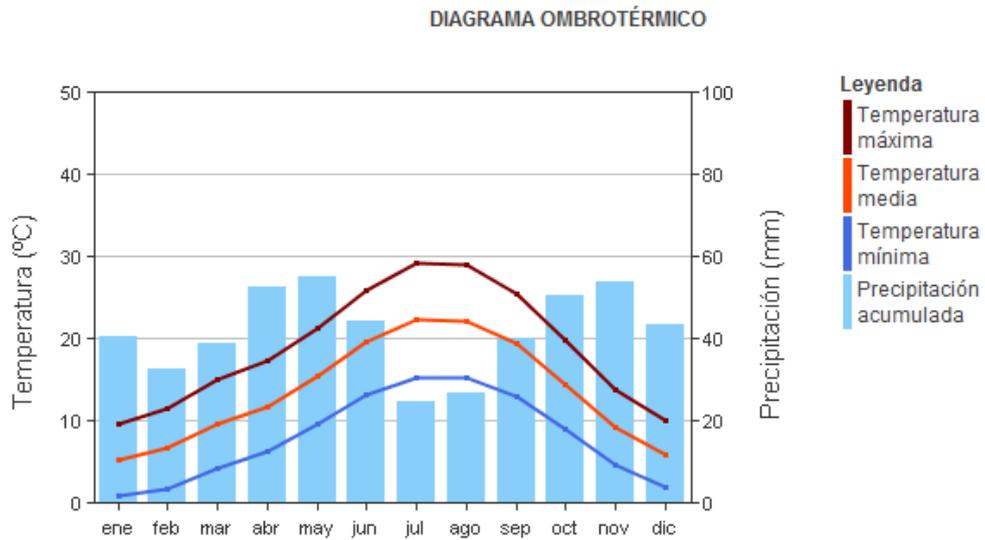


Fig.2. Diagrama Ombrotérmico.

### 3. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

A partir de los datos anteriormente mencionados 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 estival (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.

#### 3.1 TIPO DE INVIERNO

Los diferentes tipos de inviernos, según sus límites térmicos, vienen reflejados en el siguiente cuadro:

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)
<b>Ecuatorial</b>	<b>Ec</b>	>7	> 18	
<b>Tropical</b>	<b>Tp (Cálido)</b>	>7	13 a 18	> 21
	<b>tP (Medio)</b>	>7	8 a 13	> 21
	<b>tP (Fresco)</b>	>7		< 21
<b>Citrus</b>	<b>Ct (Tropical)</b>	-2,5 a 7	> 8	> 21
	<b>Ci (Citrus)</b>	-2,5 a 7		10 a 21
<b>Avena</b>	<b>Av (Cálido)</b>	-10 a -2,5	> 4	> 10
	<b>av (Fresco)</b>	> -10		5 a 10
<b>Triticum</b>	<b>Tv (Trigo-Avena)</b>	-29 a -10		> 5
	<b>Ti (Cálido)</b>	> -29		0 a 5
	<b>ti (Fresco)</b>	> -29		< 0
<b>Primavera</b>	<b>Pr</b>	< -29		> -17,8
	<b>pr</b>	< -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).

### 3.2 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]			
Maiz	M	Disponible > 4,5	> 21 [6]			
Triticum	T	Disponible > 4,5	< 21 [6] y > 17 [4]			
	t	Disponible: 2,5 a 4,5	> 17 [n = 4]			
Polar	P	Disponible > 2,5	> 10 [4]			> 5
	p	Disponible > 2,5	> 6 [2]	>0		
Frigido	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

Donde:

$t_x$  = Media de la temp. media de las máximas de los (n) meses más cálidos

$T_m$  = Media de las temp. 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 temp. mínimas de los 2 meses más cálidos (°C)

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

### 3.3 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
<b>Húmedo</b> ( $L_n > 0,20$ ETP)	Permanente	HU	Todos los meses húmedos
	No permanente	Hu	No todos los meses húmedos
<b>Mediterráneo</b> (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
<b>Monzónico</b>	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
<b>Estepario</b>		St	Primavera no seca; Latitud $> 20^\circ$
<b>Desértico</b>	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 abril y mayo
	Isohigro	di	Ninguno de los anteriores
<b>Isohigro semiárido</b>		si	Muy seco para estepario y muy húmedo para desértico

Tabla 6. Régimen de humedad

(\*) Ln: 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.

De forma resumida, la clasificación climática para la zona a estudio quedaría como sigue:

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

Tabla 7. Clasificación climática de Olite

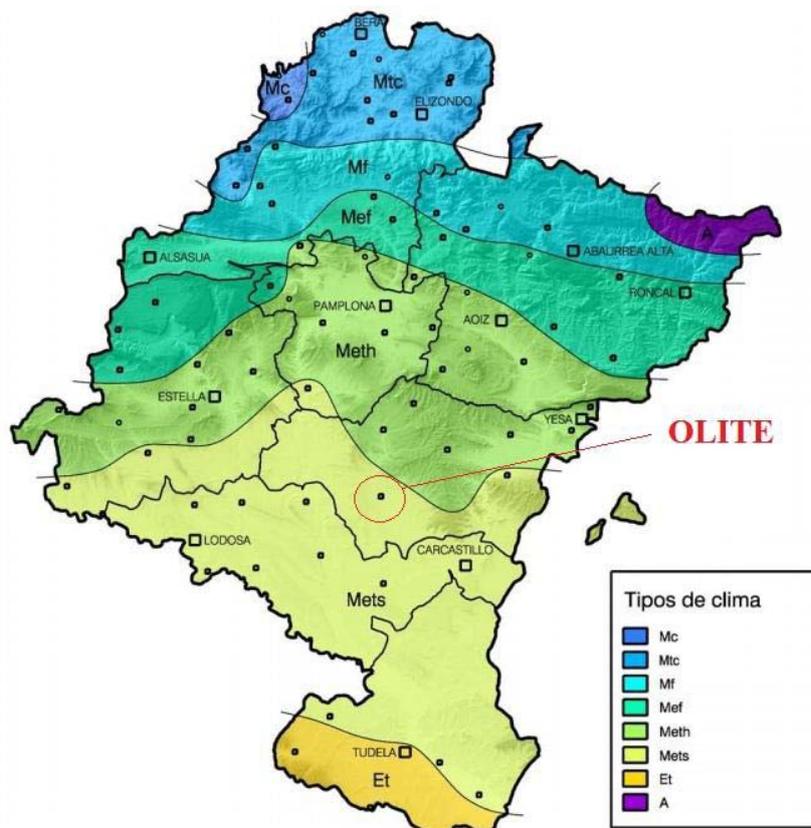


Fig.3. Clasificación climática de Navarra según el modelo de Papadakis.

#### 4. LIMITACIONES AGROCLIMÁTICAS DE LOS CULTIVOS

En este apartado se van a exponer las posibles limitaciones a nivel de clima que pueden afectar a los diferentes cultivos propuestos en la rotación. Estas exigencias han sido obtenidas a partir de la publicación "Caracterización Agroclimática de Navarra" (Instituto Navarro del Suelo, 1986) y se resumen brevemente a continuación:

Cultivo	Tipo Invierno	Tipo Verano	Régimen de Humedad	Observaciones
<b>Maíz (grano)</b>		M o más cálidos e incluso T		<ul style="list-style-type: none"> <li>- El periodo de crecimiento no debe ser seco. En caso contrario el rendimiento disminuye.</li> <li>- Días largos y noches frescas son favorables. Por ello ofrece mayores rendimientos en su límite polar.</li> <li>- Temperaturas superiores a 35 °C destruyen el polen.</li> <li>- Periodo crítico en el mes que precede a la formación del grano.</li> </ul>
<b>Guisante</b>	Ti o más suaves	t o más cálidos	Me, o más húmedos, o bien riego	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Su resistencia a los inviernos depende de variedades, exigiendo algunas de ellas inviernos Ci (Citrus) o próximos a él.</li> <li>- Menos resistente a la sequía que los cereales de invierno.</li> <li>- Las temperaturas altas provocan el amarilleamiento de la planta y detiene el crecimiento.</li> </ul>
<b>Brócoli</b>	av, o más suaves	T, o más cálidos		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Con menos exigencias que la coliflor ya que la posibilidad de no floración es más improbable.</li> </ul>
<b>Tomate</b>		Casi T, o más cálidos		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Surgen problemas con altas temperaturas (entre 30 y 35<sup>a</sup>) acompañadas de excesiva humedad.</li> <li>- Exigen noches frescas.</li> <li>- En climas sin heladas vegeta incluso en invierno.</li> <li>- Es preferible tiempo seco y regar.</li> </ul>

Tabla 8. Limitaciones climáticas para los cultivos propuestos

Abreviaturas utilizadas:

- Tipos de Invierno:
  - *Ti*: Trigo cálido
  - *av*: Avena fresco
- Tipos de Verano:
  - *M*: Maíz
  - *T*: Trigo más cálido
  - *t*: Trigo menos cálido
- Régimen de humedad:
  - *Me*: Mediterráneo seco

Seguidamente (Tabla.9) se muestra la *Valoración agronómica* según el tipo de cultivo y las zonas agroclimática correspondiente al estudio:

Cultivo	Zona Agroclimática V
Maíz (grano)	2 <sup>e</sup> , p, r
Guisante	2, p, r
Brócoli	2, pv, r
Tomate	2, p, r

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

Códigos utilizados a la hora de realizar la valoración agronómica:

- 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: Temperatura superiores a 35°C destruyen el polen
- h: Temperaturas superiores a 35°C limitan la producción

Con todo ello, se puede concluir que la zona objeto de proyecto, perteneciente a la **Zona Agroclimática V**, es adecuada para la implantación de los cultivos anteriormente expuestos.

## 5. CONCLUSIONES

---

Una vez realizado el estudio climático se exponen brevemente a continuación las principales conclusiones obtenidas:

La zona objeto del proyecto posee un clima "Mediterráneo templado" con una precipitación media anual de 504.7 mm y una temperatura media anual aproximada de 13.6 °C. El mes más cálido es julio con una temperatura media de 22.93°C y el mes más frío diciembre con una temperatura media de 4.95°C.

Respecto a las precipitaciones, los meses más lluviosos corresponden a abril, mayo y noviembre, mientras que los menos lluviosos son los meses de julio y agosto. El periodo libre de heladas comprende desde el 20 de Abril al 30 de Octubre.

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

Los cultivos propuestos en la alternativa: maíz grano, guisante, brócoli y tomate no presentan excesivas limitaciones agroclimáticas, adaptándose perfectamente a las condiciones climáticas existentes en la zona. Con todo ello, se puede concluir que la zona objeto de proyecto, perteneciente a la Zona Agroclimática V, es adecuada para la implantación de los cultivos anteriormente expuestos.

# ANEJO III.

## ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

## **ÍNDICE**

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 FACTORES LIMITANTES	1
1.2 RESULTADOS ANALÍTICOS	2
2. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	3
3. CONCLUSIONES	10

## 1. INTRODUCCIÓN

---

El agua necesaria va a ser obtenida del Canal de Navarra aprovechando su paso por las cercanías del término municipal de Olite. Los diferentes resultados analíticos han sido proporcionados por la Confederación Hidrográfica del Ebro.

### 1.1 FACTORES LIMITANTES

Existen gran variedad de factores capaces de limitar el uso del agua para regadío. A continuación se exponen algunos de ellos:

- Salinidad: La acumulación de sales solubles en el suelo reduce la disponibilidad del agua para las plantas. De este modo la productividad de los cultivos se ve afectada de forma negativa. Dicha salinidad se mide en términos de conductividad eléctrica y representa la cantidad de sales inorgánicas disueltas en el agua.

Seguidamente se muestra un cuadro que clasifica la calidad del agua de riego según la conductividad eléctrica:

<u>Conductividad Eléctrica</u>	<u>Calidad del Agua</u>	<u>Peligro de Salinidad</u>
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: Los altos niveles en el agua de riego de sodio y bajos de calcio y magnesio alteran el complejo de cambio del suelo. Debido a esto se produce un deterioro de la estructura del suelo y la disminución de la permeabilidad.

- Toxicidad de iones específicos: Los iones cloro, sodio y boro pueden acumularse en los cultivos en concentraciones elevadas, pudiendo causar daños y reduciendo el rendimiento de los cultivos.

## 1.2 RESULTADOS ANALÍTICOS

A continuación (Tabla.2), se exponen los resultados físico-químicos obtenidos en este estudio:

Parámetro	Unidad	Valor	Unidad	Valor
Amonio total	<0.13	mg/L NH4	0,0071	mEq/L
Aspecto	2	--		
Cloruros	<7.0	mg/L Cl	0.197	mEq/L
Conductividad a 20 °C	193.8	µS/cm		
DBO5	<3.0	mg/L O2		
Demanda química de oxígeno	<5.0	mg/L O2		
Fosfatos	<0.05	mg/L PO4	0.0015	mEq/L
Nitratos	1.2	mg/L NO3	0.024	mEq/L
Oxígeno disuelto	12.1	mg/L O2		
Oxígeno disuelto (% sat.)	109.0	% sat.		
pH	8.3	--		
Sodio	<3.0	mg/L Na	0,13	mEq/L
Calcio	43,6	mg/L Ca	2,18	mEq/L
Magnesio	3.5	mg/L Mg	0,292	mEq/L
Bario	0,018	mg/L		
Boro	0,010	mg/L		
Cádmio	0,001	mg/L		
Cromo	0,002	mg/L		
Cobre	0,002	mg/L		
Hierro	0,014	mg/L		
Mercurio	0,0002	mg/L		
Manganeso	0,005	mg/L		
Plomo	0,0005	mg/L		
Zinc	0,006	mg/L		
Carbonatos (CO3)	0,00	mg/L CO3	0,00	mEq/L
Bicarbonatos (CO3H)	156,10	mg/L CO3H	2,560	mEq/L
Sólidos en suspensión	<5	mg/L		
Sulfatos	5.4	mg/L SO4	0.111	mEq/L
Temperatura del agua	8.3	°C		
Temperatura del aire	7.8	°C		

Tabla.2. Resultados de los análisis físico-químicos

Estos resultados han sido extraídos de la base de datos perteneciente a la Confederación Hidrográfica del Ebro y son los correspondientes al día 17 de Diciembre del 2013.

## **2. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

---

Una vez obtenidos los parámetros más importantes para medir la calidad del agua, éstos se han de valorar mediante los índices de primer y segundo grado. Todos ellos se muestran a continuación:

- **pH**: Se consideran adecuados los valores entre 6,5 y 8,5. En este caso, y a partir de los resultados del boletín de análisis presentado anteriormente, el agua destinada al riego posee un valor medio de pH de 8,3, por lo que se puede considerar aceptable desde este punto de vista.

- **Contenido total en sales**: Evalúa el riesgo de que un alto contenido en sales disueltas en el suelo disminuya el potencial osmótico, exigiendo por tanto un sobreesfuerzo a las raíces para absorber agua. En tal caso se produciría una reducción del rendimiento de los cultivos, de una forma prácticamente lineal respecto a la concentración de dichas sales.

El contenido total en sales puede obtenerse midiendo la conductividad eléctrica (CE). De este modo, se establece una relación tal que, a mayor conductividad, 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:

$$C = 193,8 \cdot 0,64 = 124,032 \text{ ppm} = 0,124 \text{ g/l}$$

El contenido de sales límite considerado peligroso se establece en 1 g/l. En este caso, la concentración de sales totales alcanza un valor de 0,124 g/l, valor significativamente inferior a 1g/l, por lo que es un considerado un valor aceptable.

- Iones: En un análisis representativo para establecer si un determinado agua es apta para el riego es muy común analizar los parámetros que se muestran a continuación:

- Cloruro: Su presencia puede provocar clorosis foliares que pueden degenerar en necrosis. El límite de tolerancia para aguas de riego se sitúa en 0.5 g/l. En este caso la concentración obtenida del análisis físicoquímico es de 0,007 g/l, por lo que puede considerarse un valor adecuado.
- Potasio: De importancia desde el punto de vista de su aportación como nutriente al suelo.
- Sodio: Capaz de producir toxicidad en los cultivos. Su concentración no debe sobrepasar los 0.3 g/l. En este caso obtenemos valores de 0,003 g/l, por lo que tampoco se considera un factor limitante.
- Sulfato: Su presencia puede producir corrosión en conducciones que contienen cemento. El límite de tolerancia se establece en 300 mg/l, alcanzando valores de 5,4 mg/l en este estudio. De esta forma, se puede concluir que no existen problemas.

- Relación de absorción de Sodio (S.A.R.): Parámetro que refleja la posible influencia del ion sodio sobre las propiedades del suelo, ya que tiene efectos dispersantes sobre los coloides del suelo y afecta directamente a la permeabilidad. De este modo, nos proporciona una idea del riesgo de degradación de la estructura del suelo, ya que hace referencia a la proporción relativa en que se encuentran el ion sodio y los iones calcio y magnesio.

Puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$S.A.R. = \frac{|Na^+|}{\sqrt{\frac{1}{2}(|Ca^{++}| + |Mg^{++}|)}} \quad (1)$$

(1) Concentraciones expresadas en meq/l.

En este caso:

$$S. A. R. = \frac{0,13}{\sqrt{\frac{1}{2}(2,18 + 0,292)}} = 0,117 \text{ meq/l}$$

A continuación se muestra una clasificación (Tabla.2) que valora el tipo de riesgo según el índice SAR obtenido. En este caso, se puede observar CÓMO NO EXISTEN RESTRICCIONES EN EL USO DEL AGUA.

Valoración	Valor SAR	Observaciones
Ninguno	< 3	Sin restricciones en el uso del agua
Ligero a moderado	3-9	De 3-6 ciertos cuidados a tener en cuenta en cultivos vulnerables De 6-8 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 l agua es causante de un incremento de sodio
Agudo	> 9	Daño severo. No conforme

Tabla.3. Índice SAR en aguas de regadío

- Coficiente 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 las especies vegetales más sensibles.

El cálculo de este índice se basa en tres axiomas que se muestran a continuación:

- Si  $Na^+ - 0,65 Cl^- \leq 0$  ,

$$K = \frac{2049}{Cl^-}$$

- Si  $0 < Na^+ - 0,65 Cl^- < 0,48 SO_4^{2-}$  ,

$$K = \frac{6620}{Na^+ + 2,6 Cl^-}$$

- Si  $0 < Na^+ - 0,65 Cl^- > 0,48 SO_4^{2-}$  ,

$$K = \frac{662}{Na^+ - 0,32 Cl^- - 0,48 SO_4^{2-}}$$

En este caso nos encontramos ante el primer axioma:

$3 - (0,65*7) = -1,55 \leq 0$ ; por lo que el coeficiente K se calcularía:

$$K = 2049 / 7 = 292,71$$

A continuación (Tabla.4) se muestra la clasificación de la Calidad del Agua atendiendo a los distintos valores de K:

Calidad del agua	Valores de K
Buena (no es necesario tomar precauciones)	> 18
Tolerable (emplear con precauciones)	6-18
Mediocre (utilizarla solo en suelos con muy buen drenaje)	1,2-6
Mala (agua no utilizable)	< 1,2

Tabla 4. Interpretación del Coeficiente alcalimétrico (K).

Fuente: Cánovas Cuenca, J. (1986) "Calidad agronómica de las aguas de riego".

Como el valor obtenido de  $K = 292,71$ , la calidad del agua puede ser calificada como Buena, por lo que no es necesario tomar precauciones.

- Carbonato sódico residual (Índice de Eaton): Predice la acción degradante del agua sobre las plantas y suelos. Se puede calcular mediante la siguiente expresión (las concentraciones deben expresarse en meq/l):

$$\text{C.S.R.} = (|\text{CO}_3^{2-}| + |\text{CO}_3\text{H}^-|) - (|\text{Ca}^{2+}| + |\text{Mg}^{2+}|)$$

En este caso:

$$\text{C.S.R.} = (0 + 2,56) - (2,18 + 0,292) = 0,088 \text{ meq/l}$$

Según Urbano Terrón, P. (1995): No son buenas las aguas que contienen más de 2.5 meq/l, son dudosas las que presentan un contenido entre 1,25 y 2,5 meq/l, y se consideran buenas si este contenido es inferior a 1,25 meq/l.

Atendiendo a la clasificación anterior, desde el punto de vista del carbonato sódico residual, se trata de un AGUA BUENA.

- Dureza del agua: El grado de dureza permite clasificar el agua de riego en función del catión calcio. En general, las aguas muy duras son poco recomendables en suelos fuertes y compactos. Este índice se mide en grados hidrométricos franceses (°F) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Dureza} = \frac{|\text{Ca}^{2+}| \cdot 2,5 + |\text{Mg}^{2+}| \cdot 4,12}{10}$$

En este caso:

$$\text{Dureza} = [(43,06 * 2,5) + (3,5 * 4,12)] / 10 = 12,207 \text{ °F}$$

Seguidamente se muestra (Tabla.5) la clasificación del agua en función de los °F:

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

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

Nos encontramos por tanto ante un agua clasificada como: DULCE.

### **NORMAS COMBINADAS**

A continuación se muestran las principales normas utilizadas en la valoración de las aguas de riego en las que intervienen más de un parámetro de medida:

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 (C.E.) de dichas aguas, según se observa en la siguiente Tabla.6:

**TABLA – DIRECTRICES PARA INTERPRETAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS PARA EL RIEGO RESPECTO A PELIGRO DE REDUCCION DE INFILTRACION (FAO, 1987)**

RAS	GRADO DE RESTRICCIÓN DE USO DEL AGUA DE RIEGO EN FUNCION DE LA RAS Y LA CE		
	NINGUNO	LIGERO A MODERADO	SEVERO
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA [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, puede concluirse que para un valor de S.A.R. de 0.117 (meq/l) y un valor de C.E. de 0,1938 mmhos/cm (193,8  $\mu$ 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: "Severo".

Normas H. Green (F.A.O.): Esta norma toma como base la concentración total de sales expresadas 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 Fig.1 se muestran a continuación:

- Na / Total Cationes (Expresado en %) = 0.17  $\rightarrow$  17%
- [ $\Sigma$ Sales Totales] = [ $\Sigma$ Cationes ]+ [ $\Sigma$ Aniones] =5,503 meq/l

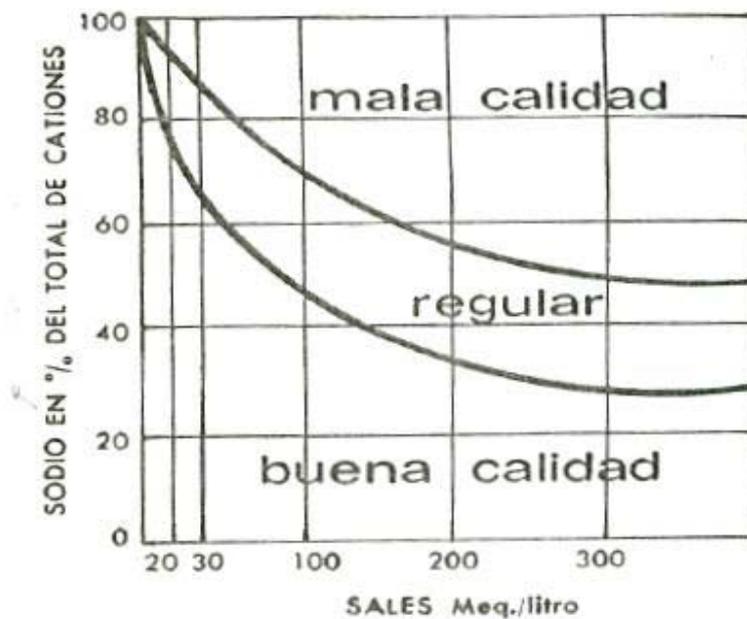


Fig.1. Diagrama para la interpretación de la calidad de un agua de riego.

Una vez introducidos ambos 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 (C.E). La siguiente Fig.2 recoge el diagrama utilizado para dicha interpretación.

C.E. = 193,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$

Na / Total Cationes (Expresado en %) = 0.17

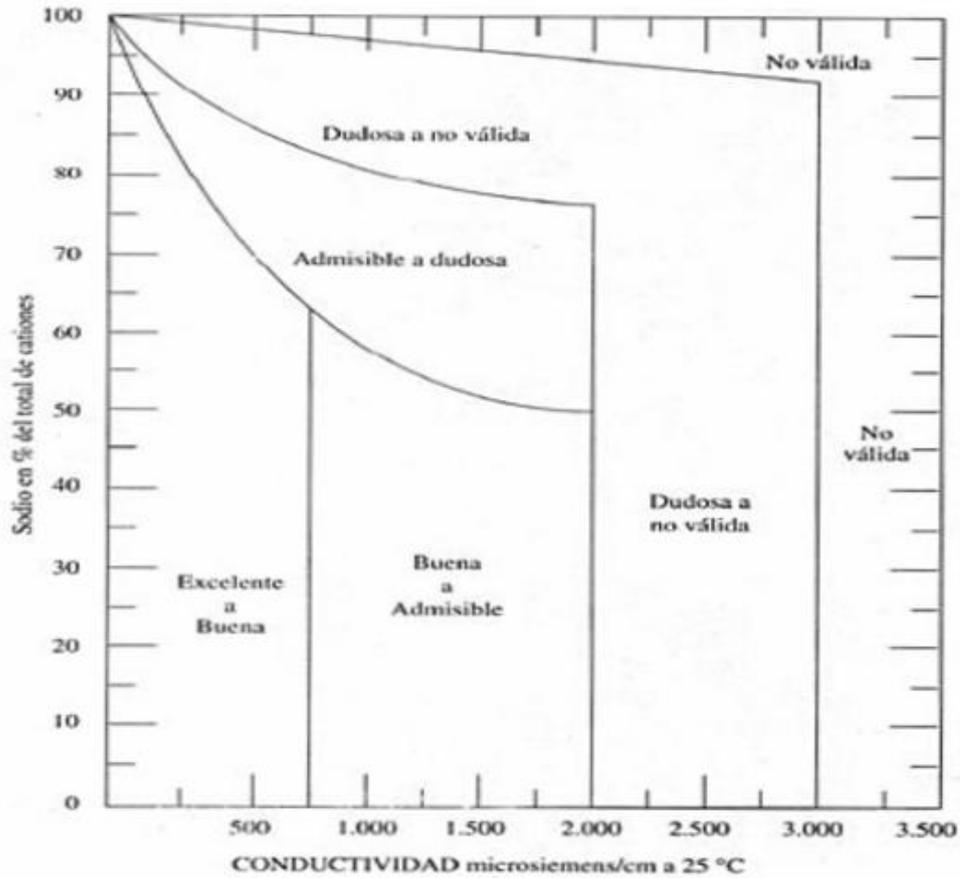


Fig.2. Diagrama para la interpretación de la calidad de un agua de riego.

Una vez consultado el diagrama, se obtiene una clasificación del agua como: EXCELENTE A BUENA

### 3. CONCLUSIONES

Reunidos todos los datos obtenidos a partir de los distintos índices y normas para la clasificación del agua, 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	1
2. CARACTERÍSTICAS DE LOS CULTIVOS DE LA ROTACIÓN	2



## **2. CARACTERÍSTICAS DE LOS CULTIVOS DE LA ROTACIÓN**

---

### **MAÍZ**

Cereal de cultivo anual.

Posee una gran versatilidad de adaptación a distintas zonas climáticas y fechas de siembra. A la hora de sembrar y según las condiciones del terreno tendremos que tener en cuenta la densidad de siembra a elegir, para que en recolección podamos contar con el suficiente número de plantas que sean capaz de darnos una buena producción. La densidad de siembra media en nuestras parcelas es de aproximadamente unas 90.000 plantas por hectárea. Si tenemos en cuenta que en un saco de maíz entran unas 50.000 semillas, sabremos que utilizaremos aproximadamente 1,8 sacos de semilla por hectárea.

La temperatura óptima de germinación de la semillas de maíz es por encima de 10° C en suelo; por debajo de esta temperatura no germina bien. El momento de la siembra lo marca la temperatura del suelo, a partir de los 12°/13° C podemos sembrar pero lo ideal es de 15°/16° C, pues entonces las nascencias se producen en 7/9 días.

En este caso realizamos la siembra el 1 de mayo, y la recolección el 26 de septiembre, cuando la humedad del grano esté próxima a los 23 °C.

En un cultivo como el maíz, con elevada demanda de nutrientes, ajustar las dosis de fertilización a las necesidades reales es imprescindible para reducir costes, manteniendo o incrementando la producción, y también para garantizar el mejor aprovechamiento de los fertilizantes. La pérdida de elementos por lavado (nitratos) o por arrastre (fosfatos) supone una pérdida económica y un daño ambiental considerable.

Aunque la extracción comienza tras la nascencia, la extracción más fuerte de nutrientes se produce a partir de las 4-5 semanas (estado 8 hojas), en que se inicia el crecimiento vegetativo más intenso.

Es recomendable aplicar en torno a 1/3 del total de nitrógeno en fondo, junto al fósforo y el potasio (antes de sembrar), y el resto en una cobertera, cuando el maíz tiene 40 cm de altura (8 hojas). Si se hacen dos coberteras, la segunda será con el maíz a 1 m de altura, dividiendo en dos partes el nitrógeno que se aporta en cobertera.

El maíz es un cultivo muy sensible a la presencia de malas hierbas, sobre todo en los primeros estados de desarrollo, que pueden llegar a producir pérdidas de cosecha superiores al 50%. Por eso se requiere el uso de herbicidas adecuados a cada situación

En todos los casos conviene que el maíz, sobre todo en sus primeros estados de desarrollo, se mantenga libre de la competencia de las malas hierbas.

- Herbicida de preemergencia (después de sembrar el maíz y antes de su nascencia):
- Herbicida de postemergencia (cuando el maíz esta con 6 hojas y si hay hierba):

Hay numerosas plagas que pueden afectar al maíz aunque finalmente no son tantas las que están presentes en los maíces sembrados en nuestro entorno.

En el caso de que sufra un ataque de taladro, habría que añadir uno o dos tratamientos con un plaguicida que incrementaría el gasto, tanto por el coste de la materia activa propiamente dicha, como el coste de su aplicación sobre el cultivo.

El maíz es un cultivo exigente en agua, en el orden de unos 5 mm al día. Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo, cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua pero sí mantener una humedad constante, en la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración. Durante la fase de floración es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se aconsejan riegos que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización y cuajado, por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada.

El itinerario de labores a realizar es el siguiente:

1º- La preparación del terreno: es el paso previo a la siembra, se pretende que el terreno quede esponjoso y suelto, sobre todo la capa superficial donde se va a producir la siembra, para tener cierta capacidad de captación de agua sin encharcamientos y que el terreno este limpio de restos de plantas (rastros).

Las labores a realizar suelen ser varias: Trituradora, 2 pases de chisel, aplicación del abono de fondo y rotovator.

2º- Sembrar con una sembradora monograno o de precisión.

3º- Aplicar un tratamiento herbicida, con un producto residual en preemergencia.

4º- Durante el periodo de cultivo se hará la aportación del abono de cobertera.

5º- Pase con la sulfatadora en caso de tratamientos fitosanitarios, necesarios para controlar posibles ataques de taladro.

6º- La recolección del cultivo

7º- El transporte con camión hasta secadero

LG 34.90 es una variedad con un potencial productivo extraordinario y una humedad de cosecha muy baja. Las propiedades que más destacan:

- Variedad líder en producción de grano y silo en su ciclo
- Aptitud mixta grano-ensilado
- Mazorca compacta con granos muy profundos y muy poco zuro
- Gran calidad de fibras, silos de alta digestibilidad y elevada concentración energética.

Para cosechar el grano húmedo debemos esperar a que el grano tenga el punto negro. Este aparece cuando el maíz ha alcanzado su madurez fisiológica y el grano contiene el máximo de almidón, es decir, cuando el grano está entre el 60 y el 70 % de contenido en materia seca.

## **GUISANTE**

El guisante no requiere labores demasiado profundas, pero sí que la tierra quede suelta, bien aireada y mullida. Para ello se llevan a cabo 1 ó 2 labores de vertedera según las necesidades que presente el terreno; posteriormente un pase de grada de discos con el que se enterrarán los abonos minerales, otro de cultivador y para finalizar un pase de tabla, que dejará la capa superficial del suelo formada por pequeños agregados.

La siembra tras maíz conviene hacerla con sembradora de discos para evitar los tocones del maíz. La siembra se realiza a a chorrillo y con densidad de 100-200 kg/ha, según el grosor de las semillas.

Este cultivo en óptimas condiciones de humedad del suelo necesita pocos riegos. No necesita mucha humedad y los riegos han de ser moderados. Como épocas importantes, en cuanto a la necesidad de humedad, hay que considerar la de floración y cuando las vainas están a medio engrosar.

Al ser un cultivo poco exigente en materia orgánica no es conveniente estercolar. El cultivo es

capaz de fijar y usar nitrógeno del aire para su desarrollo, por lo que no es necesario aportar nitrógeno en cobertera, pero se aconseja una aporte mínimo de nitrógeno.

Es también poco exigente en abonos minerales. Es aconsejable echar antes de la siembra unos 25 gramos por metro cuadrado de abono complejo 8-15-15.

Cuando las plantas tengan de 10 a 15 cm de altura se destruyen las malas hierbas que hubieran nacido mediante tratamientos herbicidas.

Las épocas de recolección están ligadas a las fechas de siembra, a las características climáticas de la zona y a la precocidad de la variedad. El momento de la recolección será cuando las vainas estén llenas pero no dejando que los granos se endurezcan; como síntomas se utilizan el que los tegumentos se desprendan fácilmente al presionar los granos y que tanto éstos como las vainas mantengan exteriormente su color verde característico.

Acertar con el momento de la recolección es muy importante, porque en cuestión de 24 / 48 horas el guisante pierde su máxima calidad (ternura y contenido azúcares).

En nuestro caso, la siembra se realiza el 1 de marzo febrero y la recolección hacia el 8 de junio, por lo que la duración del ciclo ronda los 100 días.

## **BRÓCULI**

Cultivo hortícola anual. Se adapta a muchos tipos de suelos, siempre que el drenaje del agua de riego y lluvia sea bueno, tanto por características naturales como por laboreos profundos. Funciona perfectamente tras guisante.

El brócoli se siembra en semillero. La semilla se cubre ligeramente con una capa de tierra de 1-1.5 cm y con riegos frecuentes para conseguir una planta desarrolla en unos 45-55 días. La nascencia tiene lugar aproximadamente 10 días después de la siembra.

En general, la cantidad de semilla necesaria para una hectárea de plantación es de 250 a 300 gramos, en función del marco de plantación y de la variedad que se plante.

Si el semillero está muy espeso es conveniente aclararlo para que la planta se desarrolle de forma vigorosa y evitar el ahilamiento.

La planta tiene que ser vigorosa y estar bien desarrollada, con 18-20 cm de altura y 6-8 hojas definitivas, lo que tiene lugar a los 50 días de la siembra.

Para la plantación se realizarán caballones separados entre sí de 0.8 a 1 m, según el desarrollo de la variedad que se va a cultivar. Normalmente se emplean unas densidades de 12.000-30.000 plantas/ha, que en marcos de plantación sería 0.80-1 m entre líneas y 0.40-0.80 m entre plantas, El cultivo tiene de ciclo desde los 75/90 días a los 120/135 días de plantación a recolección en plantaciones de verano y a los 70/100 días en plantaciones de final de invierno a primavera.

Para un desarrollo normal de la planta es necesario que las temperaturas durante la fase de crecimiento oscilen entre 20 y 24°C; para poder iniciar la fase de inducción floral necesita entre 10 y 15°C durante varias horas del día.

Se dará una labor de subsolador a unos 50 cm, seguido de una de vertedera de 40 cm. Posteriormente se darán unas labores complementarias de grada o cultivador, para dejar de este modo el suelo bien mullido.

Se deberán eliminar las plantas débiles y las que tengan la yema terminal abortada, particularmente importante en las variedades de pella.

El riego debe ser abundante y regular en la fase de crecimiento.

En la fase de inducción floral y formación de pella, conviene que el suelo esté sin excesiva humedad, pero sí en estado de tempero.

Es un cultivo que requiere un alto nivel de materia orgánica, que se incorporará un mes o dos antes de la plantación del orden de 4 kg/ha de estiércol bien fermentado. Si es un cultivo de relleno, último en la alternativa anual, no es necesario hacer estercoladura

Los bróculis deben cosecharse con el número de hojas exteriores necesario para su protección. La recolección comienza cuando la longitud del tallo alcanza 5 ó 6 cm, posteriormente se van recolectando a medida que se van produciendo los rebrotes de inflorescencias laterales.

El brócoli de buena calidad debe tener las inflorescencias cerradas y de color verde oscuro brillante, compacta (firme a la presión de la mano) y el tallo bien cortado y de la longitud requerida.

Nuestra plantación se realiza el 15 de julio, realizándose la recolección en otoño, a finales de octubre.

## **TOMATE INDUSTRIA**

Cultivo hortícola de carácter anual. Nuestra plantación se realiza el 1 de mayo, realizándose la recolección a finales de septiembre.

La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30°C durante el día y entre 1 y 17°C durante la noche; temperaturas superiores a los 30-35°C afectan a la fructificación, por mal

desarrollo de óvulos y al desarrollo de la planta en general y del sistema radicular en particular. Temperaturas inferiores a 12-15°C también originan problemas en el desarrollo de la planta. A temperaturas superiores a 25°C e inferiores a 12°C la fecundación es defectuosa o nula. La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10°C así como superiores a los 30°C originan tonalidades amarillentas.

El marco de plantación se establece en función del porte de la planta, que a su vez dependerá de la variedad comercial cultivada. El más frecuentemente empleado es de 1,5 metros entre líneas y 0,5 metros entre plantas.

El tutorado es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y sobre todo los frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales (destallado, recolección, etc.). Todo ello repercute en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades.

# ANEJO V. NECESIDADES HÍDRICAS

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. LA EVAPOTRANSPIRACIÓN	1
3. PRECIPITACIÓN EFECTIVA (Pef)	16
4. EFICIENCIA DE APLICACIÓN DE RIEGO (Ea)	17
5. NECESIDADES HÍDRICAS DE LOS CULTIVOS	18
6. NECESIDADES HÍDRICAS DE LA ALTERNATIVA	20

## 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 mismas, se necesita:

- Calcular la evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_0$ ): Este cálculo se realizará 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 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 este cubre totalmente el suelo, la transpiración se convierte en el proceso principal.

El concepto de evapotranspiración incluye dos definiciones: evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_0$ ) y evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar ( $ET_c$ ).

### EVAPOTRANSPIRACIÓN 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  $ET_0$  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 (ETC)

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 óptimas condiciones 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  $ET_c / ET_0$  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  $ET_0$  de manera que:

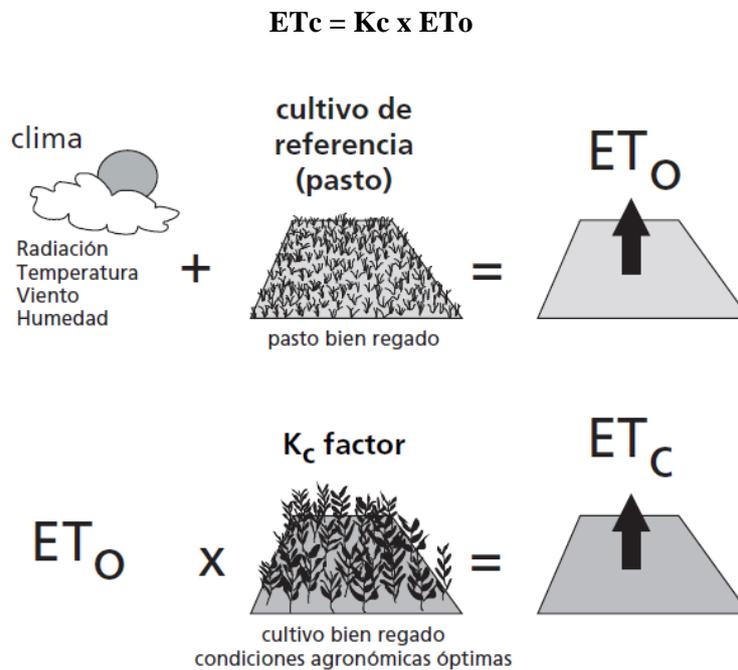


Fig.1. Evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_0$ ), bajo condiciones estándar ( $ET_c$ )

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 muestra a continuación:

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

Donde:

$ET_0$  = Evapotranspiración de referencia (mm/día).

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

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

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

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

$\gamma$  = Constante psicrométrica ( $kPa/^{\circ}C$ ).

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

$e_a$  = Presión de saturación del vapor media diaria a la temp. del aire (kPa)

$e_d$  = Presión de saturación del vapor a la temp. 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 la Temperatura del aire, la Radiación Solar, la Humedad Relativa y la Velocidad del viento.

Los datos meteorológicos con los que se han realizado los cálculos se han obtenido de los registros de la Estación Meteorológica de Tafalla, propiedad del Gobierno de Navarra, durante el periodo 2003-2013, calculando para ello, los valores promedios diarios durante el periodo considerado.

El procedimiento del cálculo consiste en los siguientes pasos:

1. Derivación de algunos parámetros climáticos de las temperaturas máximas y mínimas diarias ( $T_{\max}$  y  $T_{\min}$ ), de la altitud ( $z$ ) y de la velocidad media del viento ( $U_2$ )
2. Calculo del déficit de la presión del vapor ( $e_s - e_a$ ). La presión de saturación de vapor ( $e_s$ ) se deriva de  $T_{\max}$  y  $T_{\min}$ , mientras que la presión real del vapor ( $e_a$ ) se puede derivar de la temperatura del punto de rocío ( $T_{\text{rocío}}$ ), de la humedad relativa máxima y mínima ( $HR_{\max}$  y  $HR_{\min}$ ), de la humedad relativa máxima solamente ( $HR_{\max}$ ), o de la humedad relativa promedio ( $HR_{\text{media}}$ ).
3. Determinación de la radiación neta ( $R_n$ ) como la diferencia entre la radiación neta de onda corta ( $R_{ns}$ ) y la radiación neta de onda larga ( $R_{nl}$ ). En la ecuación FAO Penman- Monteith, la radiación neta, expresada en MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>, se convierte a mm día<sup>-1</sup> (evaporación equivalente) usando 0,408 como el factor de la conversión dentro de la ecuación.
4. La  $ET_0$  se obtiene combinando los resultados de los pasos anteriores.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla.1.:

DIA	FECHA	Media T min (°C)	Media T máx (°C)	Media T media (°C)	Media HR max (%)	Media HR min (%)	RS (MJ/m2,d)	V media (m/s)	ET <sub>0</sub>
1	01-ene	2,95	10,80	6,56	93,10	65,10	5,93	2,19	0,79
2	02-ene	4,05	9,90	6,97	89,91	65,00	4,79	2,85	0,94
3	03-ene	2,50	9,22	5,81	89,82	60,45	6,16	2,78	0,94
4	04-ene	1,88	10,15	5,72	90,55	62,73	6,59	2,36	0,85
5	05-ene	2,93	10,86	6,77	91,45	60,45	6,49	2,62	0,96
6	06-ene	3,44	11,36	7,13	88,64	58,73	6,91	2,83	1,08
7	07-ene	2,41	8,26	5,16	88,45	68,82	4,97	2,47	0,79
8	08-ene	2,45	8,23	5,21	90,73	68,82	4,76	2,55	0,79
9	09-ene	1,42	7,92	4,83	92,73	69,18	5,54	2,11	0,68
10	10-ene	1,66	8,18	4,58	92,36	68,64	5,73	2,19	0,71
11	11-ene	1,05	8,28	4,26	91,36	66,64	5,97	2,05	0,73
12	12-ene	0,84	7,83	4,12	92,82	73,00	4,80	2,07	0,65
13	13-ene	1,35	8,69	4,55	94,00	67,82	6,12	2,48	0,77
14	14-ene	1,91	8,63	5,13	91,91	66,82	5,47	2,44	0,82
15	15-ene	0,77	8,27	4,09	93,36	69,18	6,53	2,05	0,70
16	16-ene	2,13	8,61	5,18	94,55	71,36	5,27	1,95	0,68
17	17-ene	1,82	9,35	5,02	94,82	66,55	5,88	1,76	0,73
18	18-ene	2,44	10,79	6,34	95,18	69,45	5,96	2,38	0,83

*"Transformación de Secano a Regadío mediante aspersión de la Parcela 1891 del Polígono nº 16 del Término Municipal de Olite (Navarra) "*

19	19-ene	4,62	12,23	8,51	90,45	63,55	6,62	3,45	1,21
20	20-ene	3,23	10,48	6,75	91,91	61,82	5,95	2,76	1,05
21	21-ene	2,94	10,65	6,40	87,82	56,64	7,69	2,91	1,21
22	22-ene	2,73	9,60	6,15	87,73	62,73	6,83	3,04	1,09
23	23-ene	3,34	10,10	6,42	87,73	62,09	6,21	2,99	1,13
24	24-ene	2,07	8,99	5,39	90,70	63,30	7,31	3,79	1,13
25	25-ene	0,75	8,30	4,18	88,20	52,80	8,29	3,22	1,23
26	26-ene	0,41	7,95	3,95	88,90	56,60	9,19	4,27	1,29
27	27-ene	1,06	7,43	3,96	83,60	54,60	8,15	3,69	1,30
28	28-ene	0,23	8,42	4,07	87,09	56,27	7,28	3,02	1,18
29	29-ene	0,62	8,71	3,98	90,09	58,91	7,72	2,71	1,08
30	30-ene	0,82	7,75	4,38	88,91	62,45	6,48	3,15	1,07
31	31-ene	3,10	9,13	5,81	89,20	62,10	7,71	3,30	1,18
32	01-feb	2,14	8,83	5,33	91,00	62,70	7,72	2,96	1,09
33	02-feb	0,83	7,74	4,02	88,27	62,09	8,17	3,50	1,15
34	03-feb	0,21	8,54	4,28	87,27	55,45	9,71	3,70	1,36
35	04-feb	1,38	8,99	5,33	89,64	59,18	8,15	3,37	1,25
36	05-feb	2,08	10,08	5,77	90,45	58,27	7,87	3,05	1,28
37	06-feb	2,33	9,87	5,80	87,27	59,09	8,34	3,19	1,32
38	07-feb	1,61	9,95	5,41	88,45	53,36	10,15	2,86	1,38
39	08-feb	0,78	9,45	4,81	90,00	56,64	8,86	2,73	1,26
40	09-feb	1,00	10,47	5,46	88,64	54,18	10,59	2,94	1,43
41	10-feb	1,41	10,85	5,64	85,45	43,36	11,74	2,99	1,72
42	11-feb	0,88	10,17	5,23	84,27	45,45	9,79	3,06	1,65
43	12-feb	1,96	9,67	5,66	85,82	48,64	10,72	3,76	1,70
44	13-feb	1,01	10,21	5,72	83,36	47,82	10,30	3,22	1,67
45	14-feb	2,15	9,85	5,77	85,73	52,64	9,51	3,61	1,62
46	15-feb	1,34	9,33	5,11	85,91	54,45	10,26	3,26	1,51
47	16-feb	1,39	10,06	5,52	85,09	49,45	10,85	3,66	1,75
48	17-feb	1,72	9,24	5,55	84,91	53,73	10,55	3,62	1,61
49	18-feb	2,38	10,16	6,07	84,64	49,91	10,95	3,42	1,74
50	19-feb	3,41	9,80	6,40	88,64	57,91	7,43	3,43	1,46
51	20-feb	1,80	9,79	5,49	91,09	56,73	9,36	2,57	1,37
52	21-feb	2,19	10,00	5,81	89,82	55,18	9,30	2,44	1,40
53	22-feb	2,45	10,99	6,67	88,18	51,91	10,53	3,30	1,73
54	23-feb	3,24	11,31	6,88	83,73	49,82	11,83	3,34	1,90
55	24-feb	3,36	10,64	6,86	87,09	50,45	10,20	3,25	1,76
56	25-feb	3,15	10,73	6,75	88,82	56,91	8,73	3,19	1,58
57	26-feb	4,10	10,61	7,02	85,73	55,45	10,38	3,27	1,71
58	27-feb	2,79	11,83	6,89	87,73	49,36	13,28	3,68	2,04
59	28-feb	2,05	10,39	6,04	86,27	48,55	12,71	3,39	1,90
60	01-mar	2,40	11,85	6,91	86,00	44,00	13,82	2,86	2,04
61	02-mar	2,73	12,37	7,56	85,18	44,82	13,43	2,94	2,10
62	03-mar	3,37	12,83	7,74	85,82	47,18	12,39	2,82	2,04
63	04-mar	4,08	12,43	8,10	87,36	52,18	11,33	3,37	1,98
64	05-mar	3,23	11,13	6,82	89,09	54,09	9,71	3,73	1,83
65	06-mar	3,25	10,67	6,80	88,64	47,18	12,77	3,03	1,94
66	07-mar	2,72	11,25	6,85	85,09	48,64	12,81	3,74	2,12
67	08-mar	3,95	11,51	7,58	82,45	48,45	14,04	3,86	2,27
68	09-mar	3,38	12,03	7,45	83,27	45,36	14,49	3,54	2,33
69	10-mar	2,66	12,70	7,18	83,55	39,73	15,51	3,50	2,54
70	11-mar	2,74	12,63	7,65	84,64	42,18	13,99	3,65	2,45

*"Transformación de Secano a Regadío mediante aspersión de la Parcela 1891 del Polígono nº 16 del Término Municipal de Olite (Navarra) "*

71	12-mar	3,17	13,88	8,32	84,00	47,36	16,16	3,32	2,49
72	13-mar	4,45	15,60	9,65	84,00	40,45	15,22	2,97	2,70
73	14-mar	4,56	16,25	9,90	85,91	42,73	15,42	3,11	2,75
74	15-mar	5,06	17,35	10,57	84,64	40,18	17,03	2,44	2,81
75	16-mar	4,95	17,50	11,00	80,09	38,18	15,71	3,13	3,09
76	17-mar	4,75	16,21	10,54	82,00	35,27	15,85	3,36	3,09
77	18-mar	4,84	16,82	10,39	80,64	37,82	15,80	2,92	2,99
78	19-mar	3,96	15,58	9,64	82,00	40,64	14,76	3,42	2,88
79	20-mar	5,66	14,98	9,99	81,64	39,73	16,85	3,38	2,97
80	21-mar	4,77	15,10	9,59	82,27	40,00	17,31	3,37	2,98
81	22-mar	5,14	14,19	9,33	85,73	41,64	13,72	3,47	2,68
82	23-mar	4,14	14,41	9,25	86,73	47,27	16,03	3,04	2,59
83	24-mar	4,89	13,93	9,32	87,82	44,73	14,84	3,31	2,60
84	25-mar	4,97	14,65	9,71	87,36	46,27	15,21	3,07	2,62
85	26-mar	5,65	16,98	11,08	85,73	41,73	16,84	2,73	2,97
86	27-mar	6,08	15,30	10,54	84,73	44,73	15,14	3,03	2,76
87	28-mar	5,92	14,34	9,85	87,09	51,00	13,48	2,45	2,31
88	29-mar	6,66	15,82	10,82	85,36	48,73	15,78	2,98	2,76
89	30-mar	5,93	15,00	10,71	86,27	49,36	13,65	2,83	2,51
90	31-mar	6,48	17,20	11,62	84,27	41,55	18,28	2,80	3,18
91	01-abr	6,54	16,32	11,25	85,82	44,45	16,45	2,97	2,96
92	02-abr	6,14	15,30	10,65	87,18	50,27	13,77	3,56	2,68
93	03-abr	6,09	15,65	10,67	86,82	45,82	17,10	3,38	2,99
94	04-abr	5,60	15,13	10,11	86,00	47,27	16,90	3,81	2,98
95	05-abr	6,03	16,97	10,95	84,27	38,82	20,09	3,35	3,52
96	06-abr	6,60	17,83	11,82	86,55	43,82	19,03	3,29	3,40
97	07-abr	6,88	15,59	10,95	83,36	47,09	18,15	3,44	3,13
98	08-abr	5,72	15,10	10,50	87,55	46,55	18,27	3,00	2,96
99	09-abr	5,82	16,85	10,88	86,64	44,91	18,35	3,39	3,26
100	10-abr	5,74	15,45	10,46	84,91	45,64	16,85	3,54	3,07
101	11-abr	6,26	14,80	10,41	84,73	46,45	15,24	4,11	3,00
102	12-abr	5,49	14,19	9,74	83,82	47,18	17,85	3,83	3,04
103	13-abr	5,77	17,05	11,12	85,18	38,82	21,38	3,32	3,66
104	14-abr	6,13	16,29	10,87	83,91	45,18	16,64	3,53	3,19
105	15-abr	6,88	15,84	10,96	86,91	46,27	17,15	2,78	2,99
106	16-abr	6,05	17,24	11,48	88,09	43,64	20,01	2,76	3,36
107	17-abr	6,73	17,43	12,00	86,55	42,91	18,59	3,21	3,43
108	18-abr	6,65	17,36	11,82	84,18	42,91	20,48	3,39	3,63
109	19-abr	6,52	16,86	11,35	87,55	43,36	18,05	3,11	3,30
110	20-abr	6,82	16,14	11,53	87,82	45,18	18,12	3,10	3,20
111	21-abr	8,27	18,56	13,15	86,91	45,55	19,30	2,93	3,53
112	22-abr	9,02	18,52	13,24	88,64	49,09	17,68	2,85	3,30
113	23-abr	8,18	19,60	13,61	87,27	38,64	21,09	2,55	3,84
114	24-abr	8,90	20,82	14,51	84,82	39,36	21,21	2,60	4,03
115	25-abr	8,75	19,65	14,05	87,18	43,73	21,62	3,29	3,99
116	26-abr	8,98	20,47	14,52	85,09	40,09	20,48	3,63	4,23
117	27-abr	8,18	20,85	14,30	86,09	37,09	23,47	3,05	4,40
118	28-abr	8,75	20,49	14,42	84,64	38,36	21,71	3,57	4,38
119	29-abr	9,24	18,23	13,36	86,27	46,64	16,99	3,32	3,45
120	30-abr	7,75	19,03	13,02	86,09	41,45	20,15	2,95	3,80
121	01-may	7,67	17,71	12,41	83,73	43,82	19,33	3,07	3,60
122	02-may	7,90	19,21	13,45	86,18	41,55	21,79	3,06	4,00

*"Transformación de Secano a Regadío mediante aspersión de la Parcela 1891 del Polígono nº 16 del  
Término Municipal de Olite (Navarra) "*

123	03-may	7,32	19,51	13,73	85,73	40,36	24,59	3,05	4,29
124	04-may	8,75	19,10	14,02	83,73	43,64	21,97	3,86	4,19
125	05-may	9,17	18,67	13,42	86,09	42,45	18,07	3,61	3,79
126	06-may	8,93	18,75	13,53	84,64	44,64	19,89	3,89	3,96
127	07-may	8,78	19,90	14,02	87,00	43,36	18,70	3,05	3,80
128	08-may	9,45	20,52	14,75	88,18	39,91	21,99	2,94	4,22
129	09-may	9,62	21,51	15,08	87,27	41,64	20,55	2,90	4,17
130	10-may	10,07	21,71	15,65	86,73	39,45	23,13	2,68	4,44
131	11-may	9,89	21,65	15,59	87,64	43,09	21,20	2,95	4,23
132	12-may	10,75	21,41	15,85	86,36	45,36	21,86	3,08	4,28
133	13-may	10,45	20,85	15,37	86,18	45,00	22,60	3,52	4,39
134	14-may	8,55	18,28	13,53	88,27	44,73	22,23	3,76	4,03
135	15-may	8,25	18,61	13,23	82,55	40,64	23,30	3,37	4,26
136	16-may	7,49	20,11	13,85	87,18	37,45	23,32	2,98	4,36
137	17-may	9,34	21,95	15,52	85,55	39,09	22,82	2,89	4,54
138	18-may	10,15	22,42	16,31	84,18	39,27	23,72	3,17	4,80
139	19-may	10,53	22,61	16,08	84,73	38,82	23,87	2,75	4,72
140	20-may	10,62	22,35	16,50	84,00	38,55	21,73	3,13	4,64
141	21-may	9,90	22,78	16,30	85,45	39,09	21,10	2,92	4,52
142	22-may	10,45	22,87	16,69	81,91	37,91	24,69	3,52	5,15
143	23-may	11,37	22,15	16,65	83,64	41,27	21,54	3,04	4,53
144	24-may	10,72	22,91	16,62	86,00	39,55	25,14	3,56	5,11
145	25-may	10,82	24,20	17,31	83,36	31,55	25,01	3,03	5,38
146	26-may	10,64	22,40	16,42	83,55	38,73	23,05	3,51	4,91
147	27-may	10,82	22,93	16,45	80,36	38,36	25,98	3,44	5,28
148	28-may	10,05	22,56	16,44	84,64	35,18	25,76	3,34	5,20
149	29-may	10,26	24,19	17,36	82,00	34,55	25,14	3,04	5,33
150	30-may	12,04	23,94	17,75	83,73	38,64	23,99	3,39	5,21
151	31-may	12,33	22,78	17,14	80,73	37,09	25,04	3,85	5,39
152	01-jun	11,43	23,14	17,11	83,00	35,30	24,27	3,70	5,33
153	02-jun	12,84	23,74	18,07	79,60	39,40	25,36	3,71	5,48
154	03-jun	12,01	25,27	18,30	79,70	32,30	26,53	4,03	6,16
155	04-jun	12,20	24,07	17,80	84,30	38,30	25,11	3,65	5,44
156	05-jun	11,73	25,19	18,49	84,00	34,30	27,27	3,47	5,88
157	06-jun	12,63	25,40	18,67	83,40	35,60	25,45	3,37	5,69
158	07-jun	12,95	26,00	19,53	83,30	34,10	24,38	2,93	5,54
159	08-jun	13,13	24,41	18,56	83,40	37,30	21,32	3,18	5,03
160	09-jun	12,46	24,29	18,37	82,50	37,40	23,62	3,42	5,32
161	10-jun	13,56	26,15	19,60	83,20	35,50	23,41	2,67	5,33
162	11-jun	14,33	26,16	20,27	85,70	39,00	22,76	2,39	5,04
163	12-jun	14,82	28,46	21,26	82,70	33,50	25,22	2,66	5,92
164	13-jun	14,77	26,86	20,57	82,20	34,80	26,87	3,38	6,16
165	14-jun	13,94	26,02	20,02	81,60	31,30	24,34	3,20	5,80
166	15-jun	13,60	27,11	20,33	77,80	30,70	27,75	3,51	6,51
167	16-jun	14,30	25,77	19,84	84,70	41,60	22,71	3,61	5,38
168	17-jun	14,44	26,89	19,91	85,20	39,80	22,89	3,55	5,60
169	18-jun	14,26	25,93	19,96	82,60	38,00	25,81	3,79	5,94
170	19-jun	14,08	26,49	19,99	85,30	36,40	25,63	3,43	5,88
171	20-jun	14,52	25,81	19,88	83,70	39,10	23,68	3,14	5,43
172	21-jun	14,72	27,85	20,89	81,30	33,40	26,96	3,19	6,30
173	22-jun	14,27	28,23	21,28	78,10	33,20	29,33	3,69	6,87
174	23-jun	14,80	28,80	21,58	78,20	28,00	27,94	3,45	6,90

*"Transformación de Secano a Regadío mediante aspersión de la Parcela 1891 del Polígono nº 16 del Término Municipal de Olite (Navarra) "*

175	24-jun	14,36	28,82	21,27	79,90	30,40	25,30	3,36	6,47
176	25-jun	15,03	29,65	22,07	82,30	28,80	27,35	3,27	6,81
177	26-jun	16,36	29,79	22,75	78,20	31,80	28,13	3,64	7,09
178	27-jun	16,59	30,88	23,22	83,30	29,50	25,88	3,56	7,01
179	28-jun	16,59	30,26	22,60	79,50	30,00	26,82	3,74	7,15
180	29-jun	15,85	28,73	21,98	79,80	34,10	29,50	4,20	7,17
181	30-jun	15,12	30,42	22,20	80,60	29,40	28,14	3,30	7,05
182	01-jul	15,80	30,36	22,84	78,30	27,00	28,89	3,42	7,30
183	02-jul	15,86	29,57	22,46	78,20	30,30	26,99	3,67	6,98
184	03-jul	15,73	28,34	21,37	80,60	33,00	25,89	3,60	6,50
185	04-jul	14,94	26,97	20,69	77,80	35,20	28,91	4,05	6,70
186	05-jul	14,50	29,21	21,24	77,70	29,70	28,91	3,77	7,17
187	06-jul	15,70	26,59	20,50	81,00	40,90	27,74	4,15	6,30
188	07-jul	14,50	26,53	19,97	79,90	36,80	26,99	3,72	6,20
189	08-jul	15,00	29,19	22,05	79,30	28,30	27,59	3,39	6,85
190	09-jul	15,93	28,07	21,67	76,00	32,30	28,24	3,46	6,71
191	10-jul	15,67	30,66	22,65	79,90	28,10	27,83	3,01	6,92
192	11-jul	16,23	31,20	23,60	82,10	29,20	26,69	3,34	7,01
193	12-jul	16,86	29,92	22,83	78,22	33,56	26,57	3,68	6,89
194	13-jul	15,58	28,87	21,72	80,78	33,67	24,21	3,51	6,30
195	14-jul	15,58	29,80	22,08	78,70	27,20	26,98	3,41	6,95
196	15-jul	16,01	30,07	22,64	79,10	27,70	28,01	3,35	7,05
197	16-jul	15,76	30,41	22,59	79,40	28,90	27,47	3,09	6,84
198	17-jul	15,07	28,43	21,51	80,00	29,70	26,91	3,42	6,58
199	18-jul	15,54	30,09	22,74	77,50	27,40	27,74	2,90	6,75
200	19-jul	16,33	30,40	22,85	78,60	28,10	26,87	3,39	6,99
201	20-jul	16,07	31,40	22,91	82,70	30,50	26,52	3,40	6,99
202	21-jul	16,58	28,94	22,51	81,40	35,20	25,70	3,80	6,52
203	22-jul	16,47	27,76	21,72	79,00	35,10	26,86	4,27	6,68
204	23-jul	16,09	28,88	21,98	77,30	30,00	27,74	3,88	7,01
205	24-jul	15,86	30,05	22,71	79,50	28,10	26,40	3,28	6,76
206	25-jul	17,34	30,69	23,53	77,60	32,00	25,35	3,39	6,74
207	26-jul	17,33	31,48	24,57	78,10	29,60	26,69	3,31	7,01
208	27-jul	17,54	29,08	23,12	77,40	33,00	24,11	4,13	6,68
209	28-jul	16,35	29,30	22,34	82,60	30,70	26,04	3,48	6,57
210	29-jul	15,37	29,37	21,83	80,20	30,90	26,76	3,67	6,76
211	30-jul	16,05	28,67	21,73	78,40	32,60	27,15	3,89	6,76
212	31-jul	15,81	31,87	23,56	80,00	23,90	28,22	3,42	7,44
213	01-ago	17,08	32,07	24,22	72,80	28,70	25,23	3,92	7,43
214	02-ago	17,63	29,55	23,00	75,90	31,10	23,38	3,91	6,66
215	03-ago	16,59	28,96	22,29	76,60	33,50	25,95	3,64	6,55
216	04-ago	16,73	30,57	23,27	77,30	31,70	25,92	3,48	6,77
217	05-ago	17,26	30,24	23,04	79,40	30,60	25,62	3,51	6,72
218	06-ago	16,64	29,95	22,33	80,20	31,60	23,41	3,70	6,49
219	07-ago	16,00	30,21	22,56	77,00	28,70	25,87	3,68	6,90
220	08-ago	16,51	28,50	22,27	77,70	35,10	23,83	3,55	6,10
221	09-ago	16,57	27,74	21,99	78,10	34,90	23,59	3,74	6,04
222	10-ago	15,90	30,59	22,90	76,30	27,90	24,18	3,22	6,51
223	11-ago	16,82	32,01	23,80	73,30	23,90	25,85	3,03	6,96
224	12-ago	16,84	31,01	23,31	77,70	30,10	23,68	3,14	6,39
225	13-ago	16,84	28,96	22,32	75,00	29,90	24,77	3,56	6,47
226	14-ago	15,86	28,72	21,94	77,30	27,90	23,86	3,32	6,20

*"Transformación de Secano a Regadío mediante aspersión de la Parcela 1891 del Polígono nº 16 del  
Término Municipal de Olite (Navarra) "*

227	15-ago	16,03	29,22	22,35	80,10	32,40	22,60	3,24	5,91
228	16-ago	16,08	29,80	22,37	80,20	30,10	19,84	2,68	5,44
229	17-ago	16,16	30,08	22,62	80,50	33,80	20,70	2,44	5,29
230	18-ago	17,07	30,83	23,40	80,40	27,80	20,72	2,73	5,76
231	19-ago	17,05	31,08	23,73	74,40	28,50	22,00	3,47	6,47
232	20-ago	17,14	29,61	22,78	78,00	30,80	21,97	3,52	6,13
233	21-ago	16,48	30,63	23,10	76,30	25,70	23,36	2,99	6,25
234	22-ago	16,79	31,49	23,66	76,70	25,90	23,08	3,05	6,38
235	23-ago	16,65	30,86	23,09	80,30	30,80	23,35	3,23	6,22
236	24-ago	16,66	28,24	21,78	80,00	34,30	21,46	3,72	5,78
237	25-ago	14,72	28,74	21,47	81,30	30,00	21,81	3,52	5,86
238	26-ago	15,95	27,25	21,09	79,30	37,50	21,40	3,71	5,48
239	27-ago	15,10	27,79	21,03	80,30	29,70	22,84	3,41	5,76
240	28-ago	15,50	27,32	21,10	80,30	36,50	21,18	3,35	5,28
241	29-ago	15,53	27,83	20,98	79,40	33,80	21,84	3,35	5,52
242	30-ago	15,37	28,14	21,33	79,80	31,00	21,90	3,44	5,68
243	31-ago	15,39	27,99	21,13	78,80	31,90	19,13	3,55	5,45
244	01-sep	15,95	27,80	20,94	80,80	37,80	19,01	3,39	5,10
245	02-sep	16,04	27,48	21,13	83,70	34,90	18,21	2,76	4,69
246	03-sep	15,27	28,04	21,45	79,50	31,30	19,43	2,76	4,99
247	04-sep	15,82	27,48	21,10	81,00	34,90	18,54	3,12	4,92
248	05-sep	15,22	27,18	20,92	81,10	36,30	19,69	2,90	4,80
249	06-sep	15,45	29,22	21,75	80,10	30,10	19,00	2,70	5,06
250	07-sep	16,03	26,25	20,60	86,20	39,70	15,46	2,82	4,10
251	08-sep	14,62	26,14	20,03	86,20	37,90	17,30	2,42	4,07
252	09-sep	14,83	27,71	21,03	79,50	33,60	18,35	3,05	4,87
253	10-sep	15,23	27,88	21,08	84,20	31,50	18,84	2,96	4,88
254	11-sep	15,02	26,45	20,27	82,30	36,50	18,20	3,02	4,55
255	12-sep	15,18	25,52	19,55	84,00	41,00	17,83	3,39	4,41
256	13-sep	14,03	24,76	18,76	83,80	41,50	18,90	3,32	4,32
257	14-sep	13,81	24,33	18,53	83,30	39,70	17,02	3,00	4,04
258	15-sep	13,34	24,28	18,41	77,80	35,60	19,12	3,28	4,48
259	16-sep	13,29	23,25	17,82	80,00	40,40	16,73	3,34	4,03
260	17-sep	12,30	23,49	17,40	80,00	39,60	17,68	3,40	4,14
261	18-sep	12,12	22,56	17,20	78,60	39,10	17,17	3,35	3,99
262	19-sep	11,88	23,41	17,31	82,30	38,80	16,40	3,16	3,90
263	20-sep	12,77	23,77	18,19	82,90	42,00	19,15	3,57	4,18
264	21-sep	12,53	26,20	18,95	82,40	32,40	19,16	3,16	4,60
265	22-sep	13,72	26,07	19,14	83,30	36,20	18,46	3,19	4,43
266	23-sep	13,54	25,03	18,81	83,20	41,70	15,88	2,91	3,81
267	24-sep	13,49	24,31	18,14	82,80	38,40	15,32	3,04	3,84
268	25-sep	12,72	23,09	17,63	84,60	42,80	16,56	3,09	3,63
269	26-sep	12,48	22,86	17,41	81,70	37,50	17,09	3,06	3,79
270	27-sep	12,50	23,99	17,67	81,50	33,10	16,25	2,79	3,84
271	28-sep	12,24	24,21	17,55	83,10	35,30	16,92	2,79	3,82
272	29-sep	11,79	23,97	17,48	82,80	35,80	15,25	2,16	3,32
273	30-sep	12,82	23,23	17,67	85,40	41,90	13,99	3,00	3,39
274	01-oct	12,92	23,05	17,66	83,60	42,40	15,85	2,94	3,46
275	02-oct	11,87	23,31	17,50	83,50	40,70	15,53	2,91	3,46
276	03-oct	11,49	23,28	16,87	83,70	39,30	13,78	3,60	3,69
277	04-oct	10,77	21,65	16,05	84,40	40,00	14,55	2,97	3,23
278	05-oct	10,37	22,28	16,24	85,00	39,70	15,55	2,99	3,33

*"Transformación de Secano a Regadío mediante aspersión de la Parcela 1891 del Polígono nº 16 del Término Municipal de Olite (Navarra) "*

279	06-oct	10,86	23,37	16,86	80,60	34,60	16,20	2,68	3,50
280	07-oct	11,22	22,14	16,51	84,60	46,40	11,87	2,80	2,86
281	08-oct	11,91	22,40	16,79	88,20	47,30	12,41	3,00	2,91
282	09-oct	13,37	21,97	17,33	86,80	49,10	12,78	3,51	3,03
283	10-oct	12,32	21,81	16,72	85,30	47,50	12,54	2,97	2,87
284	11-oct	11,26	22,05	16,40	85,90	46,30	11,79	2,60	2,71
285	12-oct	11,58	21,05	15,83	87,50	46,20	12,68	3,13	2,83
286	13-oct	11,12	18,99	14,75	84,00	52,40	11,62	2,95	2,43
287	14-oct	10,03	20,14	14,60	84,90	45,90	13,26	2,08	2,38
288	15-oct	10,35	18,92	14,00	85,50	48,20	11,10	2,22	2,20
289	16-oct	9,96	19,04	13,93	83,30	46,60	12,37	2,75	2,49
290	17-oct	9,81	18,80	13,78	85,00	48,20	10,36	2,74	2,32
291	18-oct	10,53	19,16	14,33	83,50	47,80	10,94	3,09	2,51
292	19-oct	10,75	18,45	14,30	85,80	52,60	8,87	3,43	2,31
293	20-oct	10,79	18,28	14,09	90,60	58,30	7,76	2,86	1,89
294	21-oct	9,69	18,55	13,64	90,00	51,40	10,64	2,48	2,05
295	22-oct	10,17	18,07	13,70	91,00	62,00	7,28	2,80	1,73
296	23-oct	9,74	17,76	13,63	89,90	51,30	9,64	2,92	2,06
297	24-oct	8,27	18,38	13,50	88,50	50,20	11,13	3,28	2,27
298	25-oct	9,53	18,51	13,71	86,90	48,70	10,52	2,82	2,18
299	26-oct	9,15	17,91	13,43	88,10	52,00	8,54	3,06	2,05
300	27-oct	9,29	18,69	13,70	88,30	55,50	9,41	2,62	1,91
301	28-oct	9,20	17,94	13,10	92,20	56,20	8,12	3,17	1,89
302	29-oct	8,90	16,99	12,57	91,30	51,40	9,19	3,09	1,94
303	30-oct	7,96	17,17	12,14	90,89	50,67	9,62	2,79	1,89
304	31-oct	7,52	16,92	11,91	90,89	50,56	9,27	2,44	1,75
305	01-nov	8,69	16,03	12,03	91,00	59,33	8,06	2,59	1,54
306	02-nov	8,94	16,37	12,22	88,44	54,44	8,55	2,71	1,71
307	03-nov	8,48	15,78	12,03	91,33	59,11	7,23	2,57	1,48
308	04-nov	8,58	14,67	11,40	93,44	62,78	6,94	2,61	1,33
309	05-nov	7,10	14,96	11,13	92,10	62,70	7,70	2,82	1,39
310	06-nov	6,95	15,30	10,74	89,55	60,27	9,31	2,80	1,49
311	07-nov	6,55	14,77	10,31	90,36	55,73	8,10	2,52	1,45
312	08-nov	5,99	13,54	9,25	89,45	59,00	7,32	2,50	1,32
313	09-nov	6,94	14,25	10,30	92,00	57,00	7,85	2,77	1,42
314	10-nov	7,49	14,32	10,46	89,55	62,55	7,74	2,99	1,38
315	11-nov	6,52	15,31	10,35	92,00	59,91	7,96	2,35	1,30
316	12-nov	7,76	14,46	10,73	89,36	64,27	7,61	3,07	1,35
317	13-nov	7,18	13,80	10,35	85,18	56,45	7,89	3,73	1,65
318	14-nov	6,85	14,12	10,17	86,36	55,09	6,64	3,45	1,62
319	15-nov	5,43	12,60	9,17	87,91	55,73	8,30	3,73	1,52
320	16-nov	6,15	12,67	9,32	85,36	56,64	7,07	3,37	1,48
321	17-nov	5,63	12,46	8,73	83,82	58,55	7,75	3,30	1,42
322	18-nov	4,90	13,25	8,51	84,73	57,09	8,43	2,85	1,36
323	19-nov	4,75	12,81	8,79	91,55	60,45	6,40	2,59	1,15
324	20-nov	6,35	13,26	9,52	92,64	62,00	6,11	2,59	1,13
325	21-nov	6,28	13,41	9,81	90,18	63,00	6,67	2,45	1,10
326	22-nov	5,95	12,98	9,35	90,73	60,36	6,50	2,90	1,21
327	23-nov	5,64	12,32	8,79	87,91	59,73	7,00	3,05	1,24
328	24-nov	5,22	12,14	8,29	88,73	59,73	7,51	3,14	1,22
329	25-nov	3,66	11,14	7,12	89,45	60,27	6,41	3,44	1,21
330	26-nov	3,43	9,45	6,45	88,64	61,45	7,09	3,05	1,03

*"Transformación de Secano a Regadío mediante aspersión de la Parcela 1891 del Polígono nº 16 del  
Término Municipal de Olite (Navarra) "*

331	27-nov	2,19	8,28	5,05	86,73	63,45	6,18	2,86	0,95
332	28-nov	1,38	8,16	4,56	91,00	63,91	6,30	2,09	0,76
333	29-nov	1,61	7,61	4,75	91,18	70,09	5,59	2,63	0,75
334	30-nov	2,47	8,74	5,38	94,09	69,18	5,07	2,67	0,78
335	01-dic	1,83	8,02	4,85	92,27	63,64	6,43	2,52	0,80
336	02-dic	2,30	8,43	5,15	92,36	66,00	4,97	2,56	0,81
337	03-dic	2,63	9,88	6,15	91,36	62,27	6,38	2,16	0,82
338	04-dic	3,90	11,83	7,61	91,09	61,00	6,19	2,15	0,91
339	05-dic	4,69	10,95	7,84	90,73	65,36	4,92	2,85	0,97
340	06-dic	5,35	11,30	8,06	88,27	63,18	5,84	3,19	1,09
341	07-dic	3,95	11,55	7,55	91,45	65,45	5,79	2,04	0,80
342	08-dic	4,40	12,24	7,85	91,91	60,64	6,40	2,44	0,96
343	09-dic	3,76	10,50	7,00	91,55	66,18	5,91	2,75	0,87
344	10-dic	2,42	8,95	5,48	89,64	63,09	6,59	2,64	0,84
345	11-dic	0,62	7,20	3,73	92,73	72,09	6,09	2,31	0,60
346	12-dic	0,80	9,40	4,97	91,36	60,73	6,28	2,52	0,86
347	13-dic	1,06	9,05	4,81	86,55	57,45	5,73	2,53	0,95
348	14-dic	1,78	8,50	4,87	87,00	61,27	5,74	3,39	1,01
349	15-dic	1,14	6,41	3,79	87,91	64,18	5,90	3,35	0,86
350	16-dic	0,72	7,98	4,01	90,55	63,18	5,64	2,25	0,74
351	17-dic	1,68	8,07	4,84	91,18	64,45	4,27	2,52	0,81
352	18-dic	2,06	8,14	5,03	91,45	64,73	5,59	2,87	0,82
353	19-dic	2,02	8,15	5,05	89,45	64,36	5,15	2,64	0,82
354	20-dic	1,65	9,66	5,47	90,00	62,18	6,00	2,48	0,85
355	21-dic	2,95	9,76	6,17	89,82	65,18	4,97	3,01	0,93
356	22-dic	2,67	10,13	6,15	87,91	62,18	5,58	2,87	0,97
357	23-dic	0,57	8,98	4,45	92,27	63,36	6,14	2,45	0,78
358	24-dic	1,51	8,06	4,71	90,09	69,36	5,12	3,19	0,81
359	25-dic	0,18	7,56	3,69	88,82	61,73	6,51	2,68	0,81
360	26-dic	0,05	7,33	3,31	88,27	62,73	5,57	2,52	0,79
361	27-dic	-0,72	7,95	3,05	91,73	58,45	6,08	2,15	0,77
362	28-dic	-0,63	6,84	3,05	92,00	66,09	5,95	2,37	0,67
363	29-dic	0,82	7,65	3,98	93,73	70,09	4,52	1,91	0,61
364	30-dic	2,56	9,38	5,72	92,82	68,73	5,07	2,45	0,75
365	31-dic	4,13							1,55

Tabla.1. Media ETo diaria del periodo comprendido entre 2003-2013

## 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, distintos cultivos poseerán 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 período de crecimiento del mismo. Este período de crecimiento puede ser dividido en cuatro etapas: inicial, de desarrollo del cultivo, de mediados de temporada y de final de temporada.

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

Etapas de desarrollo del cultivo: La etapa de desarrollo del cultivo 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 se desarrolla y sombrea cada vez más el 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: La etapa de mediados de temporada comprende el período 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, amarillamiento o senescencia 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  $ET_o$  de referencia. Durante la etapa de mediados de temporada, el coeficiente  $K_c$  alcanza su valor máximo. El valor de  $K_c$  en esta etapa ( $K_{c \text{ med}}$ ) es relativamente constante para la mayoría de los cultivos

Etapa de finales de temporada: La etapa final o tardía de crecimiento comprende el período 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 el cultivo es cosechado, secado al natural, alcanza la completa senescencia o experimenta la caída de las hojas.

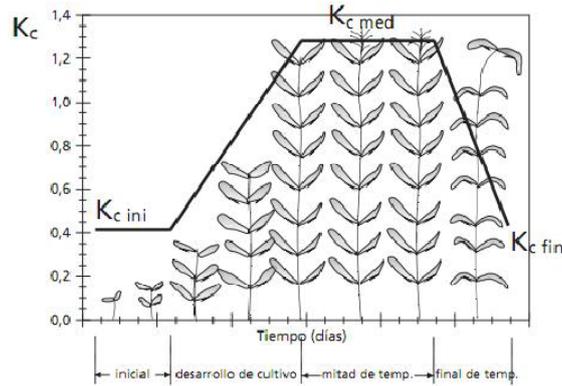


Fig.2. Curva generalizada del coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) para las cuatro etapas de crecimiento.

Los resultados obtenidos para cada cultivo se muestran en la siguiente tabla:

			Maíz	Guisante	Brócoli	Tomate
<b>Fases del Desarrollo</b>	Inicial	Duración	29	20	26	30
		Fechas	1-29 may	1-20 marzo	15 jul - 9 ago	1-30 may
	Desarrollo	Duración	40	30	33	40
		Fechas	30 may- 8 jul	21 mz -19 abr	10 ago-11 spt	31 may-9 jul
	Mediados	Duración	50	35	30	45
		Fechas	9 jul- 27 ago	20 abr- 24 my	12 spt-11 oct	10 jul-23 ago
	Final	Duración	30	15	11	30
		Fechas	28 ago - 26 sept	25 may- 8 jun	12 oct-22 oct	24 ago-22 spt
Total días			<b>150</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>145</b>
<b>Kc</b>	$K_c ini$		<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>
	$K_c Med$		<b>1,2</b>	<b>1,15</b>	<b>1,05</b>	<b>1,05</b>
	$K_c Fin$		<b>0,35</b>	<b>1,1</b>	<b>0,95</b>	<b>0,8</b>

Tabla.2.  $K_c$  en las etapas de crecimiento de los cultivos propuestos en la alternativa

Seguidamente se muestran las representaciones gráficas utilizadas para la determinación de los diferentes coeficientes de cultivo:

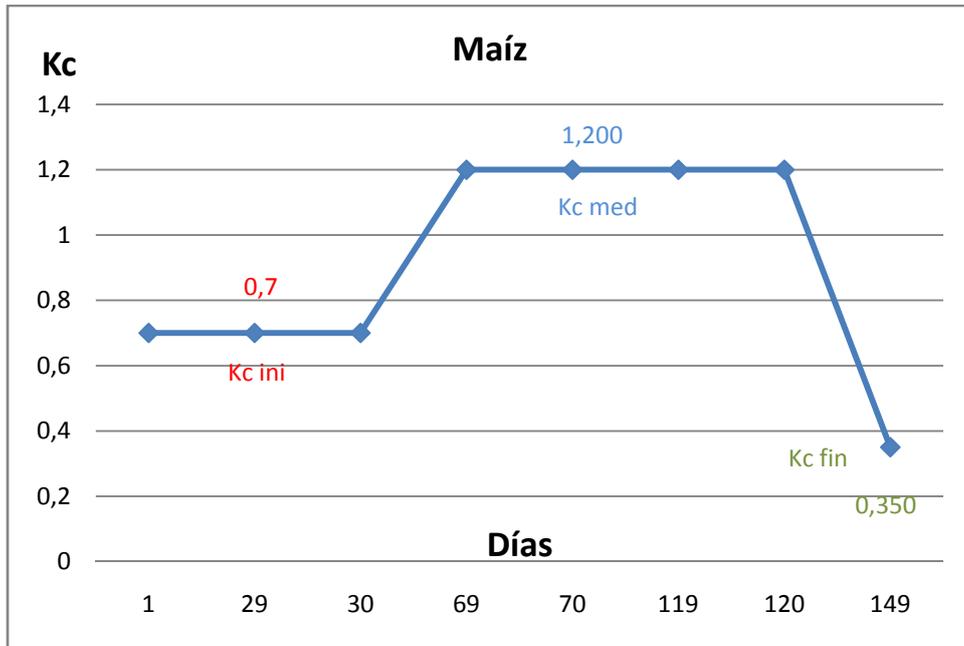


Fig.3. Representación de los coeficientes de cultivo del maíz

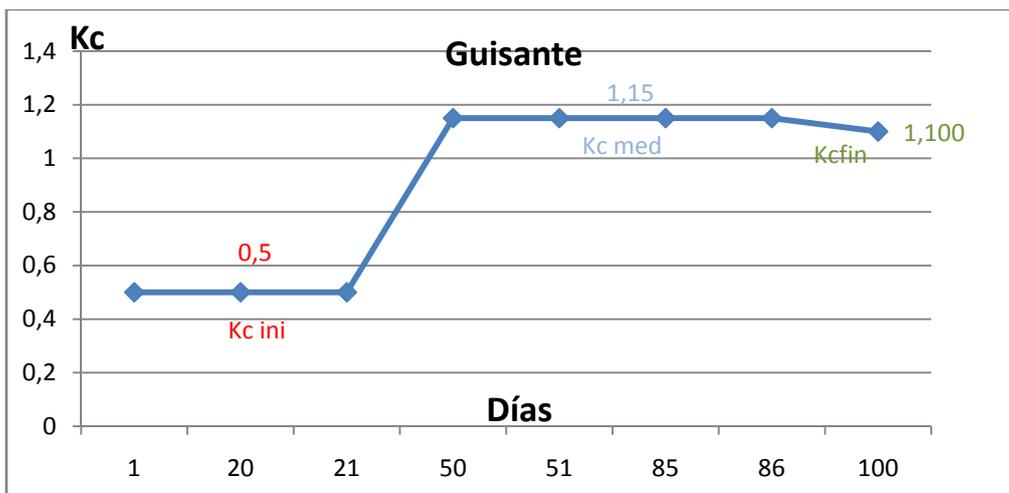


Fig.4. Representación de los coeficientes de cultivo del guisante

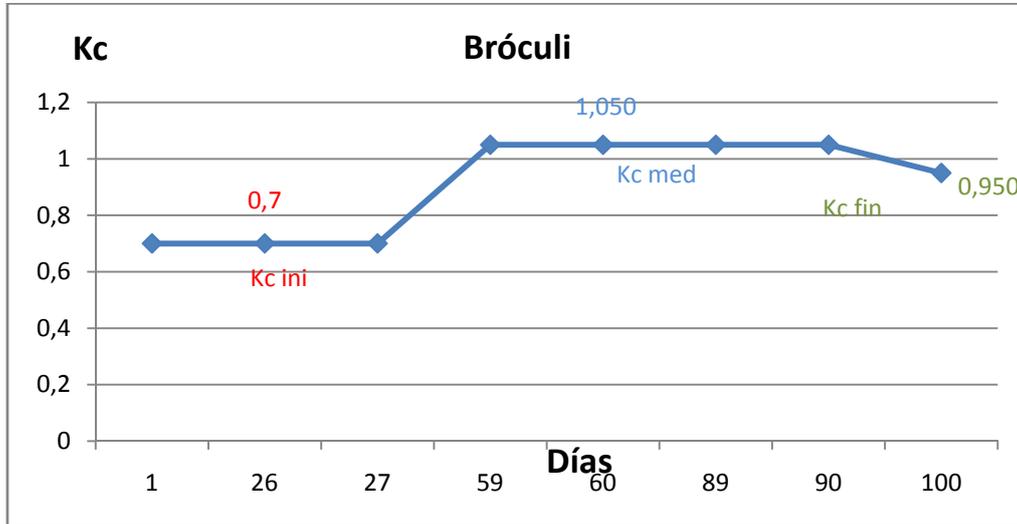


Fig.5. Representación de los coeficientes de cultivo del brócoli

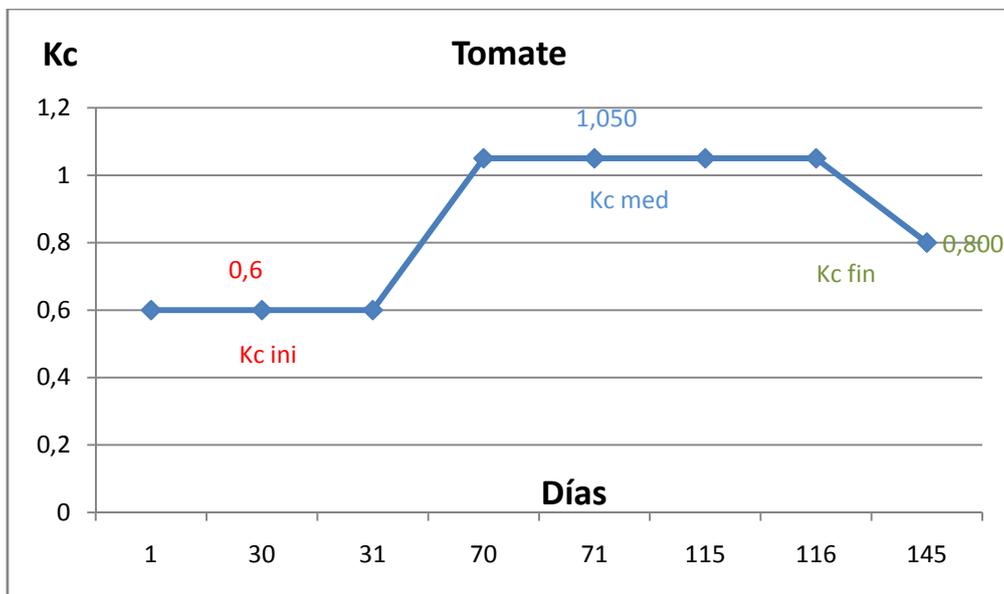


Fig.6. Representación de los coeficientes de cultivo del Tomate

### EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO, $ET_c$

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,  $ET_o$  y el coeficiente del cultivo  $K_c$ :

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

Donde:

$ET_c$ : Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

$ET_o$ : 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 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 termopluviométrica automática de Tafalla durante el periodo de tiempo comprendido entre 2003 y 2013.

A continuación (Tabla.3), se muestran los valores de precipitación media mensual y efectiva obtenidos durante dicho periodo:

	ene	feb	mar	abr	my	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Año
Precipitación	49,55	47,99	63,54	72,44	56,85	48,88	22,40	14,78	45,13	79,35	64,35	31,40	<b>596,66</b>
Prec. Efectiva	37,16	35,99	47,65	54,33	42,64	36,66	16,80	11,09	33,85	59,52	48,26	23,55	<b>447,49</b>

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

Una vez conocidos estos datos, se pueden calcular las necesidades de riego brutas a partir de las necesidades netas:

- Necesidades netas:  $N_n = ET_c - 0.75 \cdot P = ET_c - P_{ef}$
- Necesidades brutas:  $N_b = N_n / E_a$

Altura de agua aplicada [mm]	Evaporación máxima de referencia [mm / día]		
	< 5	5 a 7.5	> 7.5
Velocidad media del viento < 6,5 [km/h]			
25	68	65	62
50	70	68	65
100	75	70	68
150	80	75	70
Velocidad media del viento de 6,5 a 16 [km/h]			
25	65	62	60
50	68	65	62
100	70	68	65
150	75	70	68
Velocidad media del viento > 16 [km/h]			
25	62	60	53
50	65	62	60
100	68	65	62
150	70	68	65

Tabla.4. Eficiencia de aplicación de riego por aspersión convencional expresada en %.

Fuente: Mc. Cullock, Keller, Sherma y Mueller. (1979)

## 5. NECESIDADES HÍDRICAS DE LOS CULTIVOS

A continuación se expone el cálculo de las necesidades hídricas para cada uno de los cultivos propuestos en la rotación. Se encuentra marcado en negrita el mes de mayor necesidad hídrica:

### MAÍZ

- Fecha de siembra: 1 de abril
- Duración periodos vegetativos: 30 / 40 / 50 / 30 días. Total: 150 días

	My	Jn	Jul	Ago	Sept
<b>Eto</b>	140,75	192,28	210,93	190,83	113,64
<b>Kc</b>	0,7	0,91	1,19	1,19	1,93
<b>Etc</b>	98,72	176,27	250,7	227,43	81,89
<b>P</b>	56,85	48,88	22,40	14,78	45,13
<b>Pef</b>	42,64	36,66	16,80	11,09	33,85
<b>Nn = ETc - Pef</b>	56,08	139,61	233,90	216,35	48,04
<b>Nb (Ea: 75%)</b>	42,06	104,71	<b>175,43</b>	162,26	36,03

Tabla.5. Necesidades hídricas (mm) correspondientes al maíz (grano).

### GUISANTE

- Fecha de siembra: 1 de febrero
- Duración periodos vegetativos: 20 / 30 / 35 / 15 días. Total: 100 días

	mar	abr	may	jun
<b>Eto</b>	79,37	102,69	140,75	44,55
<b>Kc</b>	0,55	1,03	1,15	1,11
<b>Etc</b>	43,59	106,59	161,37	49,53
<b>P</b>	63,54	72,44	56,85	48,88
<b>Pef</b>	47,65	54,33	42,64	36,66
<b>Nn = ETc - Pef</b>	-4,06	52,26	118,73	12,87
<b>Nb (Ea: 75%)</b>	-3,05	39,20	<b>89,05</b>	9,65

Tabla.6. Necesidades hídricas (mm) correspondientes al guisante.

## BRÓCULI

- Fecha de siembra: 15 de julio
- Duración periodos vegetativos: 26 / 33 / 30 / 11 días. Total: 100 días

	jul	agos	sept	oct
<b>Eto</b>	116,14	185,38	128,00	60,21
<b>Kc</b>	0,70	0,78	1,03	1,02
<b>Etc</b>	80,96	145,38	133,69	63,60
<b>P</b>	22,40	14,78	45,13	79,35
<b>Pef</b>	16,80	11,09	33,85	59,52
<b>Nn = ETc - Pef</b>	64,16	134,30	99,84	4,08
<b>Nb (Ea: 75%)</b>	48,12	<b>100,72</b>	74,88	3,06

Tabla.7. Necesidades hídricas (mm) correspondientes al brócoli

## TOMATE

- Fecha de siembra: 1 de mayo
- Duración periodos vegetativos: 30 / 40 / 45 / 30 días. Total: 145 días

	may	jun	jul	ago	sept
<b>Eto</b>	140,75	181,67	210,93	190,83	98,57
<b>Kc</b>	0,60	0,79	1,04	1,04	0,89
<b>Etc</b>	63,82	109,04	196,15	219,50	123,26
<b>P</b>	56,85	48,88	22,40	14,78	45,13
<b>Pef</b>	42,64	36,66	16,80	11,09	33,85
<b>Nn = ETc - Pef</b>	21,18	72,38	179,35	208,42	89,41
<b>Nb (Ea: 75%)</b>	15,88	54,29	134,51	<b>156,31</b>	67,06

Tabla.8. Necesidades hídricas (mm) correspondientes al tomate

A partir de los cálculos realizados, puede apreciarse como el maíz es el cultivo que demanda una mayor cantidad de agua siendo ésta de 175,43mm y correspondiendo al mes de Julio.

## 6. NECESIDADES HÍDRICAS DE LA ROTACIÓN

Una vez calculadas las necesidades hídricas individuales de los diferentes cultivos, el siguiente paso será calcular las necesidades hídricas de la rotación propuesta. A continuación (Tabla.9) se exponen las necesidades hídricas de dicha rotación:

AÑO 1 (Maíz)	AÑO 2 (Guisante y Brócoli)	Año 3 (Tomate)
520,49	358,57	428,05

Tabla.9. Necesidades hídricas (mm) de la rotación

Puede observarse como el primer año de la rotación presenta las necesidades hídricas más elevadas con **520,49 l/m<sup>2</sup>**.

Para comenzar la planificación de un período de riego el regante debe conocer la previsión de necesidades del cultivo para un determinado período de tiempo. Por ejemplo, el Servicio de Asesoramiento al Regante prevé que en Olite, los cultivo de la rotación necesitarán:

### MAIZ

Litros/m <sup>2</sup>	May	Jun	Jul	Ago	Sep
2004	3,2	158,2	192,7	-	-
2005	0,0	106,1	284,6	241,4	65,7
2006	28,9	92,3	228,5	226,4	0,0
2007	12,3	111,9	263,7	198,7	62,2
2008	0,0	78,0	206,4	225,3	70,8
2009	24,6	77,6	261,8	211,5	32,6
2010	44,2	-	-	208,2	74,1
2011	26,4	88,0	234,6	247,6	97,5
2012	20,5	116,4	271,3	244,0	74,2
2013	0,0	0,0	163,6	217,3	68,4
<b>PROMEDIO</b>	<b>16,01</b>	<b>82,85</b>	<b>210,72</b>	<b>202,04</b>	<b>54,55</b>

Tabla.10. Efemérides de riego en Maíz en el T.M. de Olite

## GUISANTE

Litros/m2	Feb	Mar	Abr	May
2004	0,0	-	0,0	53,4
2005	0,0	32,9	50,9	35,5
2006	0,0	0,0	13,0	85,0
2007	0,0	0,0	0,0	61,5
2008	0,0	0,0	54,9	0,0
2009	0,0	9,2	26,6	82,1
2010	0,0	0,0	109,6	99,2
2011	0,0	0,0	93,9	83,6
2012	1,1	13,6	0,0	78,5
2013	0,0	0,0	32,1	22,3
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,11</b>	<b>5,57</b>	<b>38,10</b>	<b>60,11</b>

Tabla.11. Efemérides de riego en Guisante en el T.M. de Olite

## BRÓCULI

Litros/m2	Ago	Sep	Oct	Nov
2004	-	-	38,7	0,0
2005	36,5	67,3	0,0	0,0
2006	35,2	0,0	41,2	0,0
2007	13,2	63,7	0,0	16,1
2008	38,9	72,2	6,5	0,0
2009	11,6	34,1	55,4	0,0
2010	18,0	75,6	44,4	0,0
2011	44,8	99,0	98,3	0,0
2012	40,4	75,7	0,0	0,0
2013	32,3	69,8	12,1	0,0
<b>PROMEDIO</b>	<b>27,09</b>	<b>55,74</b>	<b>29,66</b>	<b>1,61</b>

Tabla.12. Efemérides de riego en Bróculi en el T.M. de Olite

TOMATE

Litros/m2	May	Jun	Jul	Ago	Sep
2004	5,7	162,8	178,7	-	-
2005	0,0	116,1	261,8	199,7	53,4
2006	29,1	102,6	211,1	187,4	0,0
2007	13,8	117,1	242,6	163,1	50,3
2008	0,0	86,7	190,6	186,8	58,3
2009	25,3	88,0	241,1	173,3	24,0
2010	44,5	-	-	171,1	61,2
2011	26,9	96,6	215,8	205,4	81,7
2012	21,7	124,1	249,6	202,2	61,0
2013	0,0	9,3	152,3	179,7	56,2
<b>PROMEDIO</b>	<b>20,29</b>	<b>100,37</b>	<b>215,96</b>	<b>185,41</b>	<b>49,57</b>

Tabla.13. Efemérides de riego en Tomate en el T.M. de Olite

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:

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

donde

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

$\Phi_{FC}$ : contenido de humedad a capacidad de campo [ $m^3 / m^{-3}$ ],

$\Phi_{WP}$ : contenido de humedad en el punto de marchitez permanente [ $m^3 / m^{-3}$ ],

Zr: profundidad de las raíces [m].

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 14 se presentan valores típicos de capacidad de campo y punto de marchitez permanente para un suelo de textura Franca. En la Tabla 15 se presentan valores máximos de la profundidad radicular para los cultivos de la rotación.

Tipo de Suelo (USDA)	Características de la humedad del suelo	
	CC $\Phi_{FC}$ $m^3/m^{-3}$	PM $\Phi_{WP}$ $m^3/m^{-3}$
Franco	0,2-0,3	0,07-0,17

Tabla.14. Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez (PM) en suelo Franco

Fuente: FAO

Cultivo	Profundidad radicular máxima (m)
Maíz	1,0-1,7
Guisante	0,6-1,0
Brócoli	0,4-0,6
Tomate	0,7-1,5

Tabla.15. Rangos de profundidad máxima efectiva de las raíces (Zr)

Fuente: FAO

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

Cultivo	$ADT = 1000 * (\Phi_{FC} - \Phi_{WP}) * Zr$ (mm)
Maíz	175,5
Guisante	104
Brócoli	65
Tomate	143

Tabla.16. 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 de extraer.

Cuando el contenido de humedad del suelo este 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 comenzara a sufrir de 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:

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

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 las Tabla 17 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)
Maíz	0,55	<b>96,525</b>
Guisante	0,4	<b>41,6</b>
Brócoli	0,45	<b>29,25</b>
Tomate	0,4	<b>57,2</b>

Tabla.17. 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. Ahora bien, dependiendo de en qué etapa del desarrollo del cultivo se produzca el estrés hídrico los resultados serán distintos.

Es necesario conocer estas 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.

El maíz manifiesta una sensibilidad diferencial según la etapa del ciclo considerada, si la sequía ocurre alrededor de la floración, se produce mermas importantes en el rendimiento del grano (Shaw,1988). Consecuentemente esto puede verse más afectado que la producción de materia seca total aérea, reduciéndose significativamente el índice de cosecha Este comportamiento, unido al conocimiento de la disponibilidad hídrica del sistema, determina una estrategia de producción más adecuada (Doorenbos y Pruitt,1977). Por ello el rendimiento en grano del maíz se toma altamente dependiente de la disponibilidad hídrica en un periodo que se extiende desde 15 días antes hasta 21 días después de la floración (Robins y Domingo,1953 Shaw1988).

Dada la alta sensibilidad de maíz a la sequía en floración, es necesario evitar la coincidencia de esta etapa con los momentos de máxima demanda atmosférica, por que cuando aumenta ETP hay mayor probabilidad de déficit hídrico. (Totis de Zeljcovich y Rebella,1980)

En guisante, la aspersión nos asegura la nascencia con pequeños aportes de agua. Una vez nacido, la fase más importante para el riego comprende desde el inicio de la floración al llenado del grano: tenemos que conseguir muchas vainas por metro cuadrado con un alto peso de mil granos.

En brócoli, el riego debe ser abundante y regular en la fase de crecimiento. En la fase de inducción floral y formación de pella, conviene que el suelo esté sin excesiva humedad, pero sí en estado de tempero.

En tomate, la fase crítica en las que se debe evitar el déficit hídrico es la comprendida desde el transplante hasta el inicio de maduración del fruto (en torno a un 10% de fruto sano rojo), ya que comprende procesos fisiológicos fundamentales muy sensibles al estrés, como son el crecimiento vegetativo y floración y cuajado (Prieto, 1996). Desde este momento hasta recolección, es posible reducir sensiblemente el aporte de agua por debajo de las necesidades del cultivo sin sufrir pérdidas de cosecha y mejorando la concentración de sólidos solubles.

# ANEJO VI. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

## ÍNDICE

1.INTRODUCCIÓN	1
1.1 TIPO DE RIEGO	1
1.2 ELECCIÓN DEL MARCO DE RIEGO	3
1.3. ESTRATEGIA DE RIEGO ADOPTADA	5
2. NÚMERO DE ASPERSORES Y CÁLCULO DEL NÚMERO DE SECTORES	6
3. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE CONDUCCIÓN DE AGUA	7
3.1. DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERÍAS SECUNDARIAS	7
3.2. DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERÍAS PRIMARIAS	17
4. FRECUENCIA DE RIEGO	21

## 1.INTRODUCCIÓN

---

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

### 1.1 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.

Una instalación de riego por aspersión consta de los siguientes elementos:

- Un equipo de elevación encargado de proporcionar e agua a presión. Este equipo puede variar desde un simple grupo motobomba para grandes explotaciones, hasta una complicada instalación de gran potencia para grandes extensiones.
- Una red de tuberías principales que llevan el agua hasta los hidrantes.
- Una red de tuberías de distribución para conducir el agua por la parcela que se pretende regar. Hay que distinguir entre los *ramales de alimentación*, que distribuyen el agua por la parcela, y los *ramales laterales*, que derivan de los anteriores y conducen el agua hasta los dispositivos de aspersión.
- Dispositivos de aspersión, que son los elementos encargados de repartir el agua en forma de lluvia. Tendremos aspersores sectoriales y aspersores que funcionan a círculo completo.

La tasa de infiltración es uno de los principales factores a tener en cuenta en la elección del tipo de aspersor a utilizar. Por este motivo, el caudal de riego no debe sobrepasar en ningún caso la velocidad de infiltración en saturación del suelo a fin de evitar problemas de escorrentía superficial. Asimismo, las gotas proporcionadas por el aspersor han de tener el tamaño adecuado con el fin de no provocar una elevada erosión del terreno.

Seguidamente se muestran con detalle las principales ventajas e inconvenientes de este tipo de riego:

## 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 puede situarse en valores superiores al 75%.
- No necesita nivelaciones, adaptándose perfectamente 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 (de importancia en la nascencia).
- 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, bomba de impulsión, reducciones, 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 puede verse 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, máxime 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 el hidrante de la parcela hasta los aspersores; lo que comúnmente se denomina amueblado de la parcela.

Dicho hidrante aportará un caudal máximo de **14 l/s** y la presión a la salida del hidrante será de **50 m.c.a.**

La presión nomina de funcionamiento del aspersor será de **35 m.c.a.** y los caudales emitidos por cada uno de ambos tipos de aspersores son:

- Caudal aspersor círculo completo: **0,558 l/s**
- Caudal aspersor sectorial: **0,371 l/s**

## 1.2 ELECCIÓN DEL MARCO DE RIEGO

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 18m.
- 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 su gran versatilidad. Posee una distancia entre ramales de 15,6 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 les 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:

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

Donde:

$d$ : Distancia entre aspersores (m)

$R$ : Radio de alcance aspersor (m)

En este caso se cumpliría dicha limitación ya que:

- Aspersor de círculo completo ( $R=16.5\text{m}$ ):  $18 \text{ (m)} < 16.5 \text{ (m)} \cdot \sqrt{3} = 28.58$

- Aspersor sectorial ( $R=14.3\text{m}$ ):  $18 \text{ (m)} < 14.3 \text{ (m)} \cdot \sqrt{3} = 24.77$

Asimismo, las distancias recomendadas por el *U.S. Soil Conservation Service* para aspersores de presión de funcionamiento baja (1-2.1 kg/cm<sup>2</sup>) y media (2.1-4.2 kg/cm<sup>2</sup>) 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 ( $R=16.5\text{m}$ ):  $15.6 \text{ (m)} < 1,24 \cdot 16.5 \text{ (m)} = 20.46$

- Aspersor sectorial ( $R=14.3\text{m}$ ):  $15.6 \text{ (m)} < 1,24 \cdot 14.3 \text{ (m)} = 17.73$

La precipitación media suministrada por el sistema no debe superar en ningún caso 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 nº I), en los primeros centímetros el suelo posee una textura franca.

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 menor al 1 % y además suponemos que no hay cubierta vegetal.

Asumiendo que nuestros aspersores proporcionan una pluviometría media del sistema de 5 mm/h. Conforme a la Curva de Infiltración en suelo calculada mediante la Ecuación de Green-Ampt (Figura 1), nos da una saturación de nuestro suelo de 8 mm/h.

Dado que para una Textura Franca (Anejo I: Edafología), la conductividad en saturación es de 1,89 m/s, podemos concluir que no vamos a tener problemas de encharcamiento.

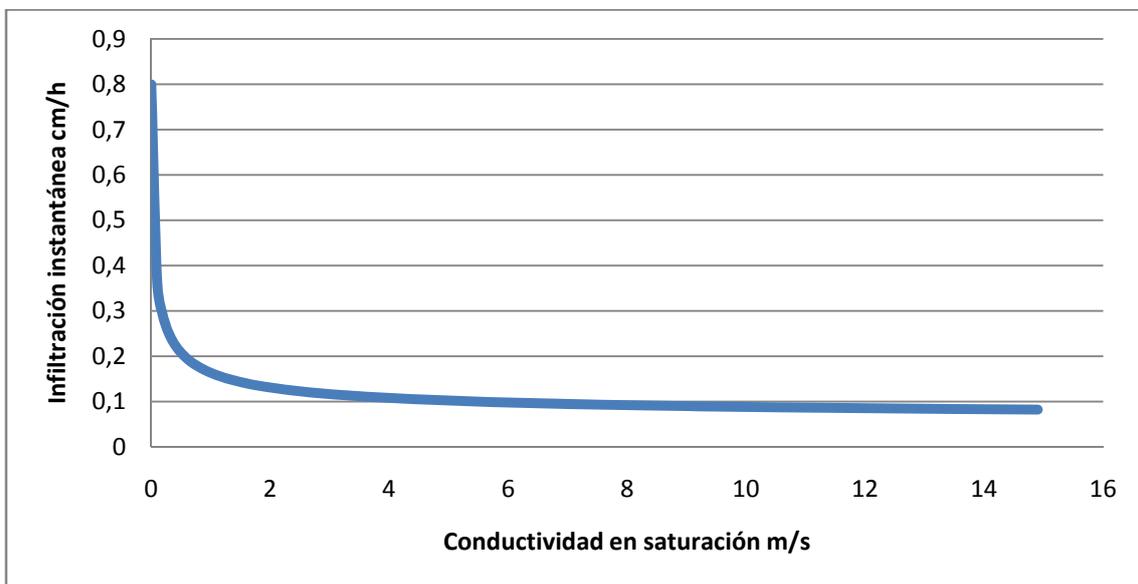


Figura 1. Curva de Infiltración

### 1.3. ESTRATEGIA DE RIEGO ADOPTADA

En la actualidad se tiende a dimensionar las instalaciones de riego colectivo para que trabajen a la demanda, hecho que supone un ahorro importante de agua y de comodidad de manejo. En este proyecto de transformación de secano a regadío se va a establecer dicha forma de riego ya que permite la libre disponibilidad del agua por parte del agricultor en condiciones de presión y caudal adecuadas, contribuyendo a conseguir un uso más eficiente de la misma.

De esta forma, 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 o subunidades de riego desde un ordenador central, o desde unidades autónomas de campo que controlan las válvulas hidráulicas de un mismo propietario o agrupación.

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 (14 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 15.6 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 estos aspersores.

A partir de dichos planos se conocerá el número exacto y tipo de aspersor existentes y, por tanto, el caudal total de agua emitido por los mismos. Seguidamente (Tabla 2) se muestran con detalle los datos obtenidos:

	Número	Caudal (l/s)	Caudal Total (l/s)
<b>COMPLETOS</b>	<b>153</b>	0,558	85,374
<b>SECTORIALES</b>	<b>53</b>	0,317	16,801
			<b>102,18 l/s</b>

Tabla 2. 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 **8 sectores**:

$$102,18 / 14 = 7,30 \longrightarrow 8 \text{ Sectores}$$

Se dividirá la parcela en 8 sectores de riego de modo que sólo podrá funcionar un sector dentro del cual todos los aspersores funcionarán simultáneamente sin sobrepasar el caudal máximo que aporta el hidrante (14 l/s). El resultado de la división es el siguiente:

ASPERSORES	COMPLETOS		SECTORIALES		Caudal Total Sector (l/s)
Sector 1	20	0,558	7	0,317	13,379
Sector 2	21	0,558	4	0,317	12,986
Sector 3	22	0,558	4	0,317	13,544
Sector 4	15	0,558	15	0,317	13,125
Sector 5	20	0,558	8	0,317	13,696
Sector 6	20	0,558	4	0,317	12,428
Sector 7	17	0,558	3	0,317	10,437
Sector 8	18	0,558	8	0,317	12,58
<b>Total</b>	<b>153</b>		<b>53</b>		<b>102,18</b>

Tabla 3. 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. En este sentido, se comenzará por dimensionar las tuberías secundarias para, posteriormente, realizar el mismo proceso con las conducciones de diámetro mayor. Las tuberías portaaspersores tendrán un único diámetro ( $\varnothing=32\text{mm}$ ) y estarán fabricadas en polietileno de alta densidad (PEAD).

#### 3.1. DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERÍAS SECUNDARIAS Y COMPROBACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DEL RIEGO

##### METODOLOGÍA

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

Como puede apreciarse en el Plano N°4, 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.

Seguidamente 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 sectorial) a los que abastecerá.
- b) 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)

$\Phi$  = 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)

$\Phi$  = 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)

$J$  = 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, entendiendo 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, y como puede observarse a continuación, al ser la presión media de funcionamiento de los aspersores (Pa) de 35 kg/cm<sup>2</sup> (35 m.c.a.), la diferencia entre el aspersor de máxima y mínima presión debe ser inferior a 7 m.c.a.:

$$P_{Máx} - P_{Mín} \leq 0.2 \cdot Pa$$

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

## 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.

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

$v$  = Velocidad del agua en el tramo expresado en m/s. Es función del  $\Phi_{Int}$  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 última 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 (Tabla.4 y Tabla.5) se muestran los resultados obtenidos para el Sector 1:

Nº TRAMO	Q (l/s)	$\Phi_{int}$	V (m/s)	$J_f$ (m/m)	L (m)	l.l L (m)	$H_f$ (m)
1	1,585	36	1,56	0,07445778	15,6	17,16	1,28
2	3,817	58,8	1,41	0,0347641	15,6	17,16	0,60
3	6,049	70,6	1,55	0,03346942	15,6	17,16	0,57
4	8,281	84,6	1,47	0,02481103	15,6	17,16	0,43
5	10,513	84,6	1,87	0,03860052	15,6	17,16	0,66
6	11,781	104	1,39	0,01743918	15,6	17,16	0,30
							<b>3,84</b>

Tabla.4. Cálculo del diámetro interno ( $\Phi$  Int.), velocidad (V) y pérdidas de carga (Hf) en el Sector 1

$Q_{total}$	$H_{fL}$	$H_{fS}$	Z	$H_{total}$	Criterio
11,781	1,28	3,84	0	5,11	< 7 <b>Cumple</b>

Tabla.5. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector1

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

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

$$\begin{aligned}
 P_{min} &= 33,5 \\
 \text{Pérdidas}_{PVC} &= 3,84 \\
 \text{Pérdidas}_{PE} &= 1,08 \\
 \text{Altura Caña} &= 2 \text{ m} \\
 P_{m\acute{a}x} &= \mathbf{38,42 \text{ m.c.a.}}
 \end{aligned}$$

 **SECTOR 2**

A continuación (Tabla.6 y Tabla.7) se muestran los resultados obtenidos para el Sector 2:

Nº TRAMO	Q (l/s)	$\Phi_{int}$	V (m/s)	$J_f$ (m/m)	L (m)	l.l L (m)	$H_f$ (m)
1	1,268	36	1,25	0,04925301	15,6	17,16	0,85
2	4,058	58,8	1,50	0,03893816	15,6	17,16	0,67
3	6,29	70,6	1,61	0,03598083	15,6	17,16	0,62
4	9,08	84,6	1,62	0,02942594	15,6	17,16	0,50
5	11,312	104	1,33	0,01617528	15,6	17,16	0,28
6	13,544	104	1,60	0,02257834	15,6	17,16	0,39
							<b>3,30</b>

Tabla.6. Cálculo del diámetro interno ( $\Phi$  Int.), velocidad (V) y pérdidas de carga (Hf) en el Sector 2

$Q_{total}$	$H_{fL}$	$H_{fS}$	$Z$	$H_{total}$	Criterio	
13,544	0,85	3,30	0	4,15	< 7	<b>Cumple</b>

Tabla.7. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector 2

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

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

$$\begin{aligned}
 P_{min} &= 33,5 \\
 \text{Pérdidas}_{PVC} &= 3,30 \\
 \text{Pérdidas}_{PE} &= 0,67 \\
 \text{Altura Caña} &= 2 \\
 \mathbf{P_{máx}} &= \mathbf{39,47 \text{ m.c.a.}}
 \end{aligned}$$

### SECTOR 3

A continuación (Tabla.8 y Tabla.9) se muestran los resultados obtenidos para el Sector 3:

Nº TRAMO	$Q$ (l/s)	$\Phi_{int}$	$V$ (m/s)	$J_f$ (m/m)	$L$ (m)	$l.l L$ (m)	$H_f$ (m)
1	1,268	36	1,25	0,04925301	15,6	17,16	0,85
2	3,5	58,8	1,29	0,02960708	15,6	17,16	0,51
3	5,732	70,6	1,46	0,03029376	15,6	17,16	0,52
4	7,964	84,6	1,42	0,02308078	15,6	17,16	0,40
5	10,196	84,6	1,81	0,03647266	15,6	17,16	0,63
6	12,986	104	1,53	0,0208859	15,6	17,16	0,36
							<b>3,25</b>

Tabla.8. Cálculo del diámetro interno ( $\Phi_{Int.}$ ), velocidad ( $V$ ) y pérdidas de carga ( $H_f$ ) en el Sector 3

$Q_{total}$	$H_{fL}$	$H_{fS}$	$Z$	$H_{total}$	Criterio	
12,986	0,85	3,25	0	4,10	< 7	<b>Cumple</b>

Tabla.9. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector 3

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

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

$$\begin{aligned}
 P_{min} &= 33,5 \\
 \text{Pérdidas}_{PVC} &= 3,25 \\
 \text{Pérdidas}_{PE} &= 0,67 \\
 \text{Altura Caña} &= 2 \\
 \mathbf{P_{máx}} &= \mathbf{39,42 \text{ m.c.a.}}
 \end{aligned}$$

 **SECTOR 4**

A continuación (Tabla.10 y Tabla.11) se muestran los resultados obtenidos para el Sector 4:

Nº TRAMO	$Q$ (l/s)	$\varnothing_{int}$	$V$ (m/s)	$J_f$ (m/m)	$L$ (m)	$l.l L$ (m)	$H_f$ (m)
1	1,268	36	1,25	0,04925301	15,6	17,16	0,85
2	2,46	46	1,48	0,05093664	15,6	17,16	0,87
3	3,411	58,8	1,26	0,02822789	15,6	17,16	0,48
4	5,085	58,8	1,87	0,05913333	15,6	17,16	1,01
5	7,634	70,6	1,95	0,05150237	15,6	17,16	0,88
6	9,625	84,6	1,71	0,03278035	15,6	17,16	0,56
7	11,375	104	1,34	0,01634251	15,6	17,16	0,28
8	12,808	104	1,51	0,0203588	15,6	17,16	0,35
							<b>3,58</b>

Tabla.10. Cálculo del diámetro interno ( $\varnothing Int.$ ), velocidad ( $V$ ) y pérdidas de carga ( $H_f$ ) en el Sector 4

$Q_{total}$	$H_{fL}$	$H_{fS}$	$Z$	$H_{total}$	Criterio
12,808	0,85	3,58	0	4,42	< 7 <b>Cumple</b>

Tabla.11. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector 4

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

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

$$\begin{aligned}
 P_{min} &= 33,5 \\
 \text{Pérdidas}_{PVC} &= 3,58 \\
 \text{Pérdidas}_{PE} &= 1,08 \\
 \text{Altura Caña} &= 2 \\
 \mathbf{P_{m\acute{a}x} &= 40,16 \text{ m.c.a.}}
 \end{aligned}$$

 **SECTOR 5**

A continuación (Tabla.12 y Tabla.13) se muestran los resultados obtenidos para el Sector 5:

Nº TRAMO	$Q$ (l/s)	$\varnothing_{int}$	$V$ (m/s)	$J_f$ (m/m)	$L$ (m)	$l.l L$ (m)	$H_f$ (m)
1	1,585	36	1,56	0,07445778	15,6	17,16	1,28
2	4,134	58,8	1,52	0,0402995	15,6	17,16	0,69
3	6,366	70,6	1,63	0,03679012	15,6	17,16	0,63
4	8,915	84,6	1,59	0,02844331	15,6	17,16	0,49
5	11,147	84,6	1,98	0,04302214	15,6	17,16	0,74
6	13,696	104	1,61	0,02304986	15,6	17,16	0,40
							<b>4,22</b>

Tabla.12. Cálculo del diámetro interno ( $\varnothing Int.$ ), velocidad ( $V$ ) y pérdidas de carga ( $H_f$ ) en el Sector 5

$Q_{total}$	$H_{fL}$	$H_{fS}$	$Z$	$H_{total}$	Criterio	
13,696	1,28	4,22	0	5,50	< 7	<b>Cumple</b>

Tabla.13. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector 5

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

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

$$\begin{aligned}
 P_{min} &= 33,5 \\
 \text{Pérdidas}_{PVC} &= 4,22 \\
 \text{Pérdidas}_{PE} &= 1,08 \\
 \text{Altura Caña} &= 2 \\
 \mathbf{P_{m\acute{a}x}} &= \mathbf{40,80 \text{ m.c.a.}}
 \end{aligned}$$

## SECTOR 6

A continuación (Tabla.14 y Tabla.15) se muestran los resultados obtenidos para el Sector 6:

Nº TRAMO	$Q$ (l/s)	$\Phi_{int}$	$V$ (m/s)	$J_f$ (m/m)	$L$ (m)	$l.l L$ (m)	$H_f$ (m)
1	1,268	36	1,25	0,04925301	15,6	17,16	0,85
2	3,5	58,8	1,29	0,02960708	15,6	17,16	0,51
3	5,732	70,6	1,46	0,03029376	15,6	17,16	0,52
4	7,964	84,6	1,42	0,02308078	15,6	17,16	0,40
5	10,196	84,6	1,81	0,03647266	15,6	17,16	0,63
6	12,428	104	1,46	0,0192543	15,6	17,16	0,33
							<b>3,23</b>

Tabla.14. Cálculo del diámetro interno ( $\Phi_{int}$ ), velocidad ( $V$ ) y pérdidas de carga ( $H_f$ ) en el Sector 6

$Q_{total}$	$H_{fL}$	$H_{fS}$	$Z$	$H_{total}$	Criterio	
12,428	0,85	3,23	0	4,07	< 7	<b>Cumple</b>

Tabla.15. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector 6

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

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

$$\begin{aligned}
 P_{min} &= 33,5 \\
 \text{Pérdidas}_{PVC} &= 3,23 \\
 \text{Pérdidas}_{PE} &= 0,67 \\
 \text{Altura Caña} &= 2 \\
 \mathbf{P_{m\acute{a}x}} &= \mathbf{39,40 \text{ m.c.a.}}
 \end{aligned}$$

 **SECTOR 7**

A continuación (Tabla.16 y Tabla.17) se muestran los resultados obtenidos para el Sector 7:

Nº TRAMO	$Q$ (l/s)	$\Phi_{int}$	$V$ (m/s)	$J_f$ (m/m)	$L$ (m)	$I.I L$ (m)	$H_f$ (m)
1	0,951	36	0,93	0,02890988	15,6	17,16	0,50
2	2,625	58,8	0,97	0,01737837	15,6	17,16	0,30
3	4,857	70,6	1,24	0,02229071	15,6	17,16	0,38
4	6,531	84,6	1,16	0,01598445	15,6	17,16	0,27
5	8,763	84,6	1,56	0,0275517	15,6	17,16	0,47
6	8,763	84,6	1,56	0,0275517	15,6	17,16	0,47
							<b>2,40</b>

Tabla.16. Cálculo del diámetro interno ( $\Phi Int.$ ), velocidad ( $V$ ) y pérdidas de carga ( $H_f$ ) en el Sector 7

$Q_{total}$	$H_{fL}$	$H_{fS}$	$Z$	$H_{total}$	Criterio	
8,763	0,50	2,40	0	2,89	< 7	<b>Cumple</b>

Tabla.17. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector 7

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

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

$$\begin{aligned}
 P_{min} &= 33,5 \\
 \text{Pérdidas}_{PVC} &= 2,40 \\
 \text{Pérdidas}_{PE} &= 0,67 \\
 \text{Altura Caña} &= 2 \\
 \mathbf{P_{m\acute{a}x} = 38,57 \text{ m.c.a.}}
 \end{aligned}$$

 **SECTOR 8**

A continuación (Tabla.18 y Tabla.19) se muestran los resultados obtenidos para el Sector 8:

Nº TRAMO	$Q$ (l/s)	$\Phi_{int}$	$V$ (m/s)	$J_f$ (m/m)	$L$ (m)	$I.I L$ (m)	$H_f$ (m)
1	1,585	36	1,56	0,07445778	15,6	17,16	1,28
2	4,134	58,8	1,52	0,0402995	15,6	17,16	0,69
3	6,125	70,6	1,57	0,03425237	15,6	17,16	0,59
4	8,357	84,6	1,49	0,02523439	15,6	17,16	0,43
5	10,348	84,6	1,84	0,03748603	15,6	17,16	0,64
6	12,58	104	1,48	0,0196927	15,6	17,16	0,34
							<b>3,97</b>

Tabla.18. Cálculo del diámetro interno ( $\Phi Int.$ ), velocidad ( $V$ ) y pérdidas de carga ( $H_f$ ) en el Sector 8

$Q_{total}$	$H_{fl}$	$H_{fs}$	$Z$	$H_{total}$	Criterio	
12,58	1,28	3,97	0	5,25	< 7	<b>Cumple</b>

Tabla.19. Comprobación de la uniformidad de riego en el Sector 8

Puede considerarse un sector con riego uniforme.

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

$$\begin{aligned}
 P_{min} &= 33,5 \\
 \text{Pérdidas}_{PVC} &= 3,97 \\
 \text{Pérdidas}_{PE} &= 1,08 \\
 \text{Altura Caña} &= 2 \\
 P_{m\acute{a}x} &= \mathbf{40,55 \text{ m.c.a.}}
 \end{aligned}$$

### 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)

$\Phi$  = 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)

$\Phi$  = 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.

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

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.20 muestra los resultados obtenidos relativos al Caudal y a la Presión Máxima en cada uno de los sectores.

Sector	Q (l/s)	P <sub>máx</sub> (m)
1	11,781	40,42
2	13,544	39,47
3	12,986	39,42
4	12,808	40,16
5	13,696	40,8
6	12,428	39,4
7	8,763	38,57
8	12,58	40,55

Tabla.20. Caudal y Presión Máxima en cada uno de los sectores.

Como puede observarse, en el Sector 5 nos encontramos tanto con la Presión máxima (40,80 m) como con el Caudal máximo que debe transportar (13,696 l/s).

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

Q (l/s)	Ø <sub>int</sub>	Ø <sub>ext</sub>	V (m/s)
13,696	104	110	1,61308559

Tabla.21. 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<sub>f</sub>) desde el hidrante a la cabecera de cada uno de los sectores.

Sector	$Q$ (l/s)	$\varnothing_{int}$	$V$ (m/s)	$J_f$ (m/m)	$L$ (m)	$l.l L$ (m)	$H_f$ (m)
H-S1	11,781	104	1,39	0,01743918	15,6	17,16	0,30
H-S2	13,544	104	1,60	0,02257834	15,6	17,16	0,39
H-S3	12,986	104	1,53	0,0208859	15,6	17,16	0,36
H-S4	12,808	104	1,51	0,0203588	15,6	17,16	0,35
H-S5	13,696	104	1,61	0,02304986	15,6	17,16	0,40
H-S6	12,428	104	1,46	0,0192543	15,6	17,16	0,33
H-S7	8,763	104	1,03	0,01008068	15,6	17,16	0,17
H-S8	12,58	104	1,48	0,0196927	15,6	17,16	0,34

Tabla.22. Pérdidas de carga por fricción por sector

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

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

Dado que no existe desnivel entre el hidrante y la cabecera de cada sector, las pérdidas de carga total en cada sector coincidirán con las pérdidas de carga por fricción en las tuberías principales.

Sector	$Q$ (l/s)	$H_T$ (m)
H-S1	11,781	0,30
H-S2	13,544	0,39
H-S3	12,986	0,36
H-S4	12,808	0,35
H-S5	13,696	0,40
H-S6	12,428	0,33
H-S7	8,763	0,17
H-S8	12,58	0,34

Tabla.23. 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
H-S1	50	0,30	49,70	40,42	CUMPLE
H-S2	50	0,39	49,61	39,47	CUMPLE
H-S3	50	0,36	49,64	39,42	CUMPLE
H-S4	50	0,35	49,65	36,58	CUMPLE
H-S5	50	0,40	49,60	40,80	CUMPLE
H-S6	50	0,33	49,67	39,40	CUMPLE
H-S7	50	0,17	49,83	38,57	CUMPLE
H-S8	50	0,34	49,66	40,55	CUMPLE

Tabla.24. Presión que suministra el hidrante en cada sector

Por lo tanto, la presión que suministrará el hidrante en cada sector será más que suficiente. Por ello, se acepta el diámetro exterior de 110 mm de PVC para la tubería principal.

La presión que el hidrante suministra en cada sector es considerablemente superior a la necesaria por lo que se plantea una reducción de la presión de salida del hidrante, con el fin de adaptarse a las necesidades reales de la instalación y optimizar así el funcionamiento general 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	AFA (mm)
Maíz	96,525
Guisantes	41,6
Brócoli	29,25
Tomate	57,2

Tabla.25. 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,

$\Sigma Et$  es la evapotranspiración de todo el período de desarrollo del cultivo (mm)

E es la eficiencia de riego (adimensional) 75%

En la Tabla 26. se muestra el resultado para nuestros cultivos:

	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct
Maíz			131,63	235,03	334,27	303,24	109,19	
Guisante	43,59	106,59	161,37	49,53				
brócoli					107,95	193,84	178,25	84,80
Tomate			85,09	145,39	261,53	292,67	164,35	

Tabla.26. 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<sub>tmax</sub> es la evapotranspiración del mes más crítico (mes con mayor Et) (mm)

En la Tabla 27. se muestra el resultado para nuestros cultivos:

	AFA	Mes crítico	Etc max	Icr
Maíz	96,525	Julio	8,93	10,8 ≈ <b>10 días</b>
Guisante	41,6	Mayo	6,17	6,7 ≈ <b>6 días</b>
Brócoli	29,25	Agosto	5,41	5,4 ≈ <b>5 días</b>
Tomate	57,2	Agosto	7,53	7,6 ≈ <b>7 días</b>

Tabla.27. Frecuencia de riego durante el período de mayor demanda de agua

Los aspersores anteriormente seleccionados emiten pluviometría de  $P = 5\text{mm/h}$ , valor inferior a la velocidad de infiltración de un suelo franco ( $V_i: 8\text{ mm/h}$ )

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

Cultivo	AFA (mm)	Pluviometría de los aspersores mm/h	Horas de riego
Maíz	96,525	5	19,31
Guisante	41,6	5	8,32
Brócoli	29,25	5	5,85
Tomate	57,2	5	11,44

Tabla.28. 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	1
2.-SITUACIÓN DE PARTIDA: EXPLOTACIÓN EN SECANO	2
3.- SITUACIÓN FINAL: EXPLOTACIÓN TRANSFORMADA EN REGADÍO	5
3.1-FINANCIACIÓN	5
3.2.-CUANTIFICACIÓN DE LOS COBROS	7
3.3.-CUANTIFICACIÓN DE LOS PAGOS	9
3.4.-FLUJO DE CAJA	16
4.-VARIACIÓN EN LOS FLUJOS DE CAJA	17
5.-VALOR ACTUAL NETO, V.A.N.	18
6.-TASA INTERNA DE RENDIMIENTO, T.I.R.	19

## 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
- Cobros extraordinarios

$$\text{Cobros} = \text{Cobros ordinarios} + \text{Cobros extraordinarios}$$

$$C = C_o + C_e$$

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

- Pagos ordinarios
- Pagos extraordinarios

$$\text{Pagos} = \text{Pagos ordinarios} + \text{Pagos extraordinarios}$$

$$P = P_o + P_e$$

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 2012.*" 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.

### 5.1.- 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.

#### 1. Cobros percibidos de la venta directa del producto

Cultivo	Superficie (ha)	Rendimiento		Cobros	
		Rendimiento unitario Kg/ha	Total Kg	Precio unitario €/Kg	Total €
Trigo	5	2.982	14.910	0,24	3.578,40 €

Tabla. 1. Cobros percibidos por la venta del producto

#### 2. 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 este caso coincide con el nº 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 **774,15 €**

Por lo que la totalidad de los Cobros ordinarios se recoge, a continuación, en la Tabla 2:

AÑO	COBROS VENTA PRODUCTO	SUBVENCIÓN PAC	TOTAL COBROS ORDINARIOS
1-15	3.578,40 €	774,15 €	<b>4.352,55 €</b>

Tabla. 2. Totalidad de los Cobros ordinarios

### 5.1.- Cobros extraordinarios

Como cobros extraordinarios se entienden 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.

### 5.3.- 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	5	71,11	355,55
Fertilizantes	5	194,24	971,2
Fitosanitarios	5	69,8	349
			<b>1.675,75 €</b>
Maquinaria	ha	€/ha	€
Trabajos Contratados	5	69,78	348,9
Carburantes y Lubricantes	5	78,47	392,35
Reparaciones y repuestos	5	57,04	285,2
			<b>1.026,45 €</b>
Mano de Obra	ha	€/ha	€
Mano de obra asalariada y cargas sociales	5	53,8	269
			<b>269,00 €</b>
			<b>TOTAL: 2.971,20 €</b>

Tabla. 3. Pagos ordinarios del Trigo en Secano

#### 5.4.-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 el proyecto.

<b>SECANO</b>			
	<b>Cobros</b>	<b>Pagos</b>	
<b>Años</b>	<b>Ordinarios</b>	<b>Ordinarios</b>	<b>Flujo de caja</b>
1 a 15	4.352,55 €	2.971,20	<b>1.381,35 €</b>

Tabla. 15. Flujo de caja en secano

### 3.-SITUACIÓN FINAL: EXPLOTACIÓN TRANSFORMADA EN REGADÍO

---

#### 3.1.-FINANCIACIÓN

Tal y como se detalla en el Documento nº 4 "Presupuesto", el mismo asciende a 78.829,51 €, el cual se desglosa a continuación:

CAPÍTULO 1. RED DE DISTRIBUCION	14.269,55 €
CAPÍTULO 2. MECANISMOS Y AUTOMATIZACIÓN	5.521,11 €
CAPÍTULO 3. SEGURIDAD Y SALUD	12.065,65 €
CAPÍTULO 4. MEDICINA PREVENTIVA	87,56 €
CAPÍTULO 5. INCENDIOS	78,97 €
CAPÍTULO 6. MAQUINARIA	30.000,00 €
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL:</b>	<b>62.022,84 €</b>
6% Beneficio Industrial	1.187,44 €
13 % Gastos Generales	2.594,43 €
21 % IVA	13.024,80 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA:</b>	<b>78.829,51 €</b>

Tabla. 4. Resumen del Presupuesto

Dado que la cuantía de la inversión es una cantidad considerablemente elevada, el promotor para su pago tiene que recurrir a la solicitud de un crédito bancario.

El importe solicitado habrá de devolverse en un determinado plazo, con sus intereses correspondientes.

Puesto que el promotor cuenta con buena parte del dinero necesario para el pago de la inversión únicamente se pedirá un préstamo del **40%** del presupuesto del proyecto:

$$78.829,51 \text{ €} \times 0,40 = 31.531,80 \text{ €}$$

Este crédito tendrá un tipo de interés del 7% y se pagará en 10 años, mediante cuotas constantes, de modo que se pagará una anualidad de:

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

Donde:

- a = cuota anual o anualidad

- C = Capital ( 40% del presupuesto) = 31.531,80 €

- n = nº de cuotas a pagar (años) = 8

- i = interés = 7%

$$a = 4.489,42 \text{ €}$$

En 10 años, devolvemos el total del crédito solicitado, con una anualidad de 4.489,42 €

### 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.

#### 1.- Cobros ordinarios.

##### Cobros percibidos de la venta directa del producto

Tomamos por cobros ordinarios aquellos que se producen anualmente derivados de la venta de los productos cosechados:

- Maíz: se vende el grano a la cooperativa de la zona a un precio de 0,228 €/kg.
- Guisante: se venden las vainas por un precio de 0,249 €/kg.
- Brócoli: se venden las pellas a un precio de 0,419 €/kg.
- Tomate: se venden las bayas por un precio de 0,094 €/kg.

En las Tabla 5 se muestra los cobros ordinarios por la venta directa del producto.

Cultivo	Superficie (ha)	Rendimiento		Cobros	
		Rendimiento unitario Kg/ha	Total Kg	Precio unitario €/Kg	Total €
Maíz	5	10.500	52.500	0,228	11.970,00 €
Guisante	5	5.600	28.000	0,249	6.972,00 €
Brócoli	5	11.120	55.600	0,419	23.296,40 €
Tomate	5	82.620	413.100	0,094	38.831,40 €

Tabla. 5 Cobros ordinarios para cada cultivo

##### Cobros percibidos por el Pago Único

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 este caso coincide con el nº de hectáreas sembradas, por el valor medio del Derecho de Pago Único en Regadío en Navarra: 254 €/ha. Por lo que cada año percibirá de Subvención PAC **1.270 €**

Totalidad cobros ordinarios

Teniendo en cuenta ambos conceptos, la totalidad de los Cobros ordinarios viene recogido en la Tabla 6:

AÑO	CULTIVO	COBROS VENTA PRODUCTO	TOTAL	SUBVENCIÓN PAC	TOTAL COBROS ORDINARIOS
1	Maíz	11.970,00 €	11.970,00 €	1.270,00 €	13.240,00 €
2	Guisante	6.972,00 €	30.268,40 €	1.270,00 €	31.538,40 €
	Brócoli	23.296,40 €			
3	Tomate	38.831,40 €	38.831,40 €	1.270,00 €	40.101,40 €

Tabla. 6. Cobros ordinarios de la rotación trienal

2.- Cobros extraordinarios

Como cobros extraordinarios se entienden cobros que suponen una entrada de dinero en caja de una manera aperiódica. Dentro de este grupo situamos el préstamo solicitado para financiar la puesta en marcha de la explotación (Año 0), 31.531,80 €

### 3.3.-CUANTIFICACIÓN DE LOS PAGOS

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

#### 1.- Coste de las materias primas

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

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

<b>AÑO 1</b>			
<b>MAIZ</b>			
Materias Primas	ha	€/ha	€
Semillas y plantas	5	185,74	928,70
Fertilizantes	5	369,28	1.846,40
Fitosanitarios	5	50,1	250,50
<b>TOTAL AÑO 1:</b>			<b>3.025,60 €</b>
<b>AÑO 2</b>			
<b>GUISANTE</b>			
Materias Primas	ha	€/ha	€
Semillas y plantas	5	320,53	1.602,65
Fertilizantes	5	159,15	795,75
Fitosanitarios	5	98,76	493,80
<b>TOTAL AÑO 2:</b>			<b>9.647,00 €</b>
<b>AÑO 3</b>			
<b>TOMATE</b>			
Materias Primas	ha	€/ha	€
Semillas y plantas	5	1.069,20	5.346,00
Fertilizantes	5	389,92	1.949,60
Fitosanitarios	5	179	895,00
<b>TOTAL AÑO 3:</b>			<b>8.190,60 €</b>

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

## 2.- Coste de las labores y de la mano de obra

En las Tablas 8 y 9 se detallan, respectivamente, los Pagos derivados de las labores de maquinaria y de la mano de obra por cada cultivo de la rotación.

### AÑO 1

#### MAIZ

Pagos Maquinaria	ha	€/ha	€
Trabajos Contratados	5	82,09	410,45
Carburantes y Lubricantes	5	104,05	520,25
Reparaciones y repuestos	5	84,72	423,60
<b>TOTAL AÑO 1:</b>			<b>1.354,30 €</b>

### AÑO 2

#### GUISANTE

Pagos Maquinaria	ha	€/ha	€
Trabajos Contratados	5	14,42	72,10
Carburantes y Lubricantes	5	130,35	651,75
Reparaciones y repuestos	5	100,14	500,70
<b>TOTAL AÑO 2:</b>			<b>4.146,70 €</b>

### AÑO 3

#### TOMATE

Pagos Maquinaria	ha	€/ha	€
Trabajos Contratados	5	531,73	2.658,65
Carburantes y Lubricantes	5	154,65	773,25
Reparaciones y repuestos	5	233,36	1.166,80
<b>TOTAL AÑO 3:</b>			<b>4.598,70 €</b>

Tabla. 8. Pagos derivados de las labores de maquinaria

### AÑO 1

#### MAIZ

Pagos Mano de Obra	ha	€/ha	€
Mano de obra asalariada y cargas sociales	5	226,45	1.132,25
<b>TOTAL AÑO 1:</b>			<b>1.132,25 €</b>

### AÑO 2

#### GUISANTE

Pagos Mano de Obra	ha	€/ha	€
Mano de obra asalariada y cargas sociales	5	132,20	661,00

### BRÓCULI

Pagos Mano de Obra	ha	€/ha	€
Mano de obra asalariada y cargas sociales	5	469,63	2.348,15
<b>TOTAL AÑO 2:</b>			<b>3.009,15 €</b>

### AÑO 3

#### TOMATE

Pagos Mano de Obra	ha	€/ha	€
Mano de obra asalariada y cargas sociales	5	1.127,73	5.638,65
<b>TOTAL AÑO 3:</b>			<b>5.638,65 €</b>

Tabla.9. Pagos derivados de la mano de obra

### 3.- Coste del agua y del canal de riego

En primer lugar se ha de realizar una inversión inicial por las obras. Dicha inversión se realiza en forma de pago único antes del inicio de las mismas y corresponde a la parte de la inversión que los regantes financian de la concentración parcelaria y de la transformación en regadío. Ronda los 650-750 euros/ha, por lo que se considera un valor medio de **700 €** Esa aportación es la que les convierte en socios de su Comunidad de Regantes.

Una vez que son miembros de la Comunidad de Regantes deben llevar a cabo una serie de pagos anuales, que se corresponden a los siguientes conceptos:

- Itoiz: Los usuarios agrícolas con concesión de agua para riego desde el Canal de Navarra deben abonar en concepto de Canon de Regulación del Embalse de Itoiz a Confederación Hidrográfica del Ebro **34,65 euros por hectárea** (según publicación

BON 5/5/11). Esta cifra disminuye aproximadamente cada año un **2%** ya que se amortiza en 50 años.

- Canal de Navarra: en concepto de Construcción y Explotación del Canal de Navarra los usuarios pagan a CANASA una parte fija de **77,24 euros por hectárea** (se riegue o no) y una parte variable de **0,023 euros por metro cúbico** que es función del volumen de agua consumida.
- Zona Regable: en concepto de Operación, Conservación, Mantenimiento y Reposición de la zona regable durante 30 años, los usuarios pagan a AGUACANAL (concesionario de la zona regable) un fijo de **21 euros/ha** se riegue o no.

A las cifras de CANASA y AGUACANAL se aplica un 8% y un 18% de IVA respectivamente.

A los valores anteriores hay que añadir los Pagos que cada Comunidad de base apruebe y los que establezca la Comunidad General. A día de hoy de forma orientativa son los siguientes:

Comunidad de base: Oscila entre 2,50 y 4,00 €/ha. Se considera el valor intermedio de **3,25 €**

Comunidad General: **2,00 €/ha** (de gestión) + **2,00 €/ha** (aprovisionamiento de fondos para la Comunidad General de Regantes del Canal de Navarra)

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

ITOIZ: 34,65 €/ha descontando un 2% anual

AÑO	€
1	173,25 €
2	172,56 €
3	171,86 €
4	171,17 €
5	170,48 €
6	169,79 €
7	169,09 €
8	168,40 €
9	167,71 €
10	167,01 €
11	166,32 €
12	165,63 €
13	164,93 €
14	164,24 €
15	163,55 €

Tabla. 10. Pago del Canon de Regulación del Embalse de Itoiz

CANASA:  $(77,24 \text{ €ha fijo} + 0,023 \text{ €m}^3) * 8\% \text{ IVA}$

Para el cálculo de la parte variable, nos fijamos en el Anejo 6, en el que se indican las necesidades hídricas de los cultivos :

		l/m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>
Año 1	Maíz	520,49	26.024,50
Año 2	Guisante	134,85	18.081,50
	Brócoli	226,78	
Año 3	Tomate	428,05	21.402,50

Tabla. 11. Necesidades hídricas de los cultivos de la rotación

AÑO	€				
	€FIJO	VARIABLE	subtotal	IVA	total
1	386,2	598,56	984,76	78,78	1.063,54 €
2	386,2	415,87	802,07	64,17	866,24 €
3	386,2	492,26	878,46	70,28	948,73 €
4	386,2	598,56	984,76	78,78	1.063,54 €
5	386,2	908,72	1294,92	103,59	1.398,51 €
6	386,2	492,26	878,46	70,28	948,73 €
7	386,2	598,56	984,76	78,78	1.063,54 €
8	386,2	908,72	1294,92	103,59	1.398,51 €
9	386,2	492,26	878,46	70,28	948,73 €
10	386,2	598,56	984,76	78,78	1.063,54 €
11	386,2	908,72	1294,92	103,59	1.398,51 €
12	386,2	492,26	878,46	70,28	948,73 €
13	386,2	598,56	984,76	78,78	1.063,54 €
14	386,2	908,72	1294,92	103,59	1.398,51 €
15	386,2	492,26	878,46	70,28	948,73 €

Tabla. 12. Pago en concepto de Construcción y Explotación del Canal de Navarra

AGUACANAL: un fijo de 21 euros/ha y un 18% de IVA

AÑO	€FIJO	IVA	TOTAL
1 a 15	21	3,78	24,78

Tabla. 13. Pago en concepto de Operación, Conservación, Mantenimiento y Reposición

Por lo tanto, teniendo en cuenta todos los conceptos anteriores, el Coste Total del Agua de riego se refleja en la siguiente tabla:

AÑO	Hacerse socios de la Comunidad de Regantes	Pagos Comunidad de Base	Pagos Comunidad General	ITOIZ	CANASA	AGUACANAL	TOTAL COSTE AGUA RIEGO
0	700						<b>700,00 €</b>
1		3,25	4	173,25 €	1.063,54 €	24,78	<b>1.268,82 €</b>
2		3,25	4	172,56 €	866,24 €	24,78	<b>1.070,83 €</b>
3		3,25	4	171,86 €	948,73 €	24,78	<b>1.152,63 €</b>
4		3,25	4	171,17 €	1.063,54 €	24,78	<b>1.266,75 €</b>
5		3,25	4	170,48 €	1.398,51 €	24,78	<b>1.601,02 €</b>
6		3,25	4	169,79 €	948,73 €	24,78	<b>1.150,55 €</b>
7		3,25	4	169,09 €	1.063,54 €	24,78	<b>1.264,67 €</b>
8		3,25	4	168,40 €	1.398,51 €	24,78	<b>1.598,94 €</b>
9		3,25	4	167,71 €	948,73 €	24,78	<b>1.148,47 €</b>
10		3,25	4	167,01 €	1.063,54 €	24,78	<b>1.262,59 €</b>
11		3,25	4	166,32 €	1.398,51 €	24,78	<b>1.596,86 €</b>
12		3,25	4	165,63 €	948,73 €	24,78	<b>1.146,39 €</b>
13		3,25	4	164,93 €	1.063,54 €	24,78	<b>1.260,51 €</b>
14		3,25	4	164,24 €	1.398,51 €	24,78	<b>1.594,78 €</b>
15		3,25	4	163,55 €	948,73 €	24,78	<b>1.144,31 €</b>

Tabla. 14. Pagos del agua

Los Pagos totales en los que incurrirá la explotación teniendo en cuenta todos los conceptos anteriores figuran a continuación en la Tabla 15:

AÑO	Materias Primas	Maquinaria	Mano de Obra	Agua	TOTAL
				700,00 €	<b>700,00 €</b>
1	3.025,60 €	1.354,30 €	1.132,25 €	1.268,82 €	<b>6.780,97 €</b>
2	9.647,00 €	4.146,70 €	3.009,15 €	1.070,83 €	<b>17.873,68 €</b>
3	8.190,60 €	4.598,70 €	5.638,65 €	1.152,63 €	<b>19.580,58 €</b>
4	3.025,60 €	1.354,30 €	1.132,25 €	1.266,75 €	<b>6.778,90 €</b>
5	9.647,00 €	4.146,70 €	3.009,15 €	1.601,02 €	<b>18.403,87 €</b>
6	8.190,60 €	4.598,70 €	5.638,65 €	1.150,55 €	<b>19.578,50 €</b>
7	3.025,60 €	1.354,30 €	1.132,25 €	1.264,67 €	<b>6.776,82 €</b>
8	9.647,00 €	4.146,70 €	3.009,15 €	1.598,94 €	<b>18.401,79 €</b>
9	8.190,60 €	4.598,70 €	5.638,65 €	1.148,47 €	<b>19.576,42 €</b>
10	3.025,60 €	1.354,30 €	1.132,25 €	1.262,59 €	<b>6.774,74 €</b>
11	9.647,00 €	4.146,70 €	3.009,15 €	1.596,86 €	<b>18.399,71 €</b>
12	8.190,60 €	4.598,70 €	5.638,65 €	1.146,39 €	<b>19.574,34 €</b>
13	3.025,60 €	1.354,30 €	1.132,25 €	1.260,51 €	<b>6.772,66 €</b>
14	9.647,00 €	4.146,70 €	3.009,15 €	1.594,78 €	<b>18.397,63 €</b>
15	8.190,60 €	4.598,70 €	5.638,65 €	1.144,31 €	<b>19.572,26 €</b>

Tabla. 15. 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 el proyecto.

Año	Cobros Ordinarios	Cobros Extraord.	Pagos Ordinarios	Pagos Extraord.	Flujo de Caja Regadío
0	0,00	31.531,80	700,00	0,00	30.831,80
1	13.240,00	0,00	6.780,97	4.489,42	1.969,61
2	31.538,40	0,00	17.873,68	4.489,42	9.175,30
3	40.101,40	0,00	19.580,58	4.489,42	16.031,40
4	13.240,00	0,00	6.778,90	4.489,42	1.971,68
5	31.538,40	0,00	18.403,87	4.489,42	8.645,11
6	40.101,40	0,00	19.578,50	4.489,42	16.033,48
7	13.240,00	0,00	6.776,82	4.489,42	1.973,76
8	31.538,40	0,00	18.401,79	4.489,42	8.647,19
9	40.101,40	0,00	19.576,42	4.489,42	16.035,56
10	13.240,00	0,00	6.774,74	4.489,42	1.975,84
11	31.538,40	0,00	18.399,71	0,00	13.138,69
12	40.101,40	0,00	19.574,34	0,00	20.527,06
13	13.240,00	0,00	6.772,66	0,00	6.467,34
14	31.538,40	0,00	18.397,63	0,00	13.140,77
15	40.101,40	0,00	19.572,26	0,00	20.529,14

Tabla. 16. 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	30.831,80	0,00	30.831,80 €
1	1.969,61	1.381,35	588,26 €
2	9.175,30	1.381,35	7.793,95 €
3	16.031,40	1.381,35	14.650,05 €
4	1.971,68	1.381,35	590,33 €
5	8.645,11	1.381,35	7.263,76 €
6	16.033,48	1.381,35	14.652,13 €
7	1.973,76	1.381,35	592,41 €
8	8.647,19	1.381,35	7.265,84 €
9	16.035,56	1.381,35	14.654,21 €
10	1.975,84	1.381,35	594,49 €
11	13.138,69	1.381,35	11.757,34 €
12	20.527,06	1.381,35	19.145,71 €
13	6.467,34	1.381,35	5.085,99 €
14	13.140,77	1.381,35	11.759,42 €
15	20.529,14	1.381,35	19.147,79 €

Tabla. 17. Variación en los Flujos de Caja

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

---

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

La expresión general de este criterio es:

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

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 VAN, para una Tasa de Actualización del 5%, da un resultado de 39.930,08 € 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 VAN (Valor Actual Neto) es cero. Es decir, dicha tasa es una medida de la rentabilidad de una inversión, capaz de mostrar cuál 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:  $\text{coste del capital} < \text{TIR}$ : 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:  $\text{coste del capital} > \text{TIR}$ : 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 (TIR) ofrece un valor de **14 %**. 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 recupera la inversión, en la situación transformada se sitúa en el año **8**.

Por lo tanto llevar a cabo una transformación a regadío en esta explotación **ES VIABLE DESDE UN PUNTO DE VISTA ECONÓMICO-FINANCIERO** y proporciona más beneficios que en la misma explotación sin transformar.

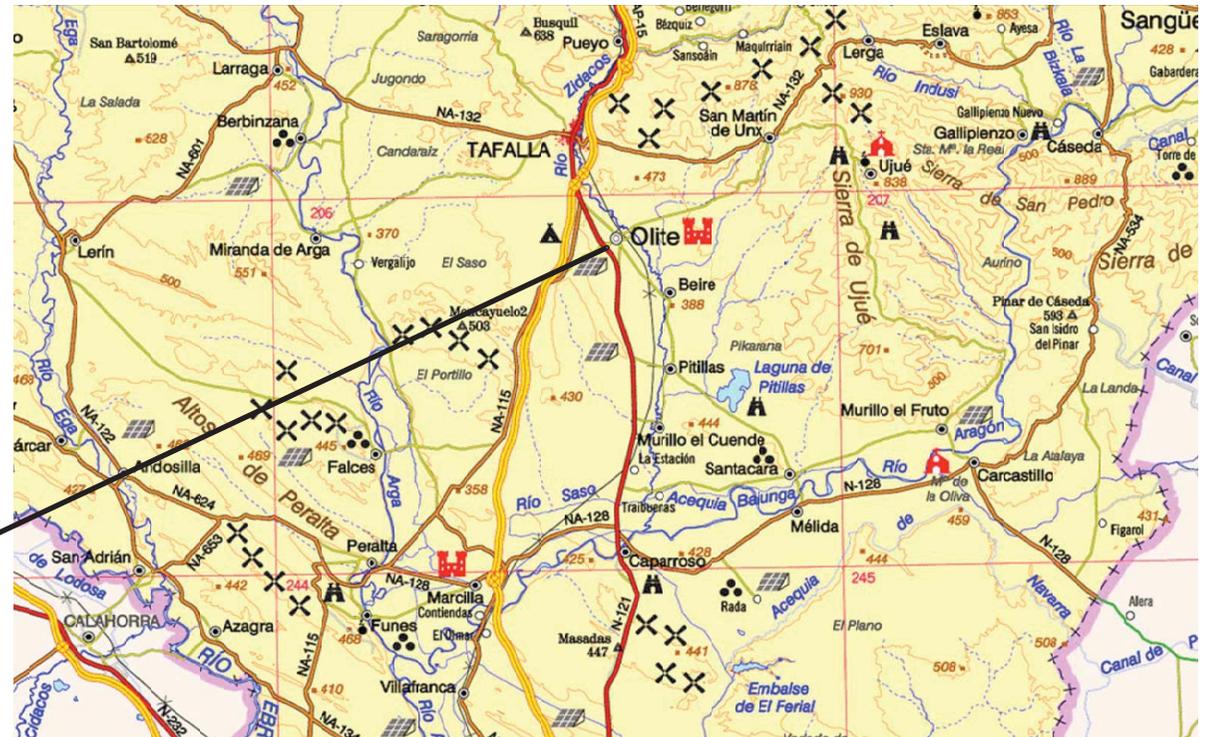
# DOCUMENTO N° 2: PLANOS



Ubicación de Olite en España.



Ubicación de Olite en Navarra.



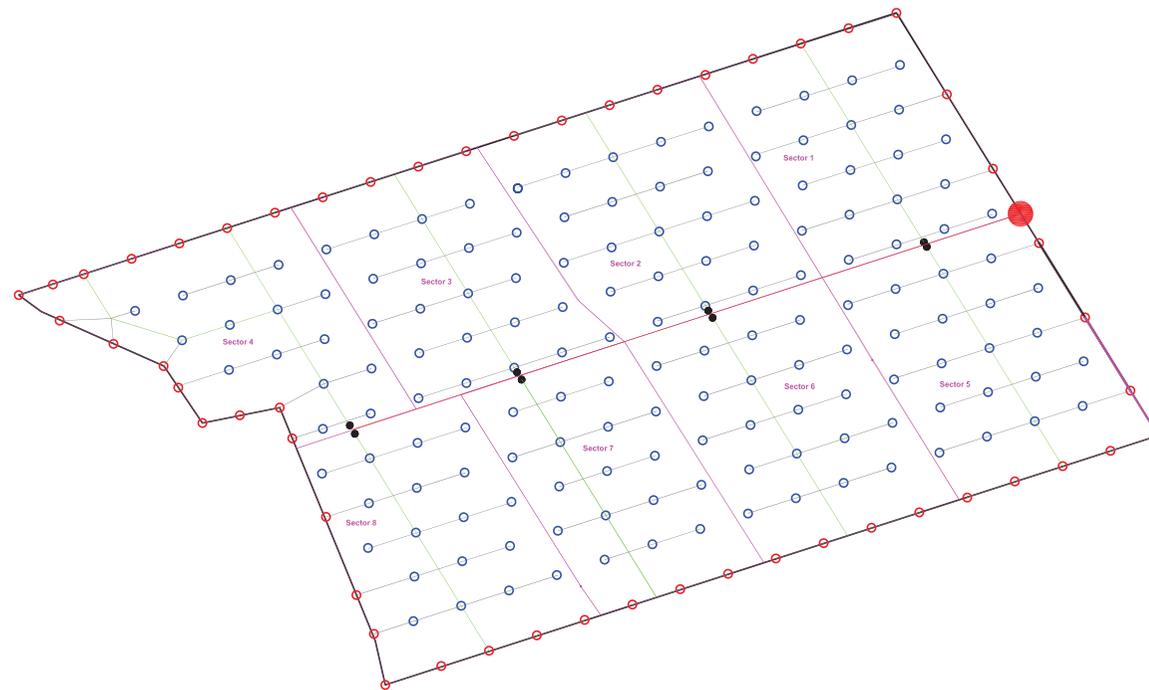
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.A.	DEPARTAMENTO:	
	GRADO ING. AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL	PROYECTOS E INGENIERIA RURAL	
PROYECTO: TRANSFORMACION DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN DE LA PARCELA 1891 DEL POLÍGONO Nº 16 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE OLITE (NAVARRA)		REALIZADO: MARIA MUGUERZA MAS	
PLANO: PLANO DE SITUACIÓN		FIRMA:	Nº PLANO: <b>1</b>
		FECHA: 6/14	



 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.A.</b> <b>GRADO</b> <b>ING. AGROALIMENTARIA</b> <b>Y DEL MEDIO RUAL</b>	DEPARTAMENTO: <b>PROYECTOS E INGENIERIA RURAL</b>
	PROYECTO: <b>TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN DE LA PARCELA 1891 DEL POLÍGONO Nº 16 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE OLITE (NAVARRA)</b>	REALIZADO: <b>MARIA MUGUERZA MAS</b>
PLANO: <b>PLANO DE EMPLAZAMIENTO</b>	FECHA: <b>6/14</b>	ESCALA: <b>1/10.000</b>
		Nº PLANO: <b>2</b>



 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.A.</b> <b>GRADO</b> <b>ING. AGROALIMENTARIA</b> <b>Y DEL MEDIO RUAL</b>		DEPARTAMENTO: <b>PROYECTOS E</b> <b>INGENIERIA RURAL</b>			
	PROYECTO: <b>TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE</b> <b>ASPERSIÓN DE LA PARCELA 1891 DEL POLÍGONO Nº 16 DEL</b> <b>TÉRMINO MUNICIPAL DE OLITE</b>			REALIZADO: <b>MARIA MUGUERZA MAS</b>		
PLANO: <b>PLANO DETALLE PARCELA</b>			FIRMA:	FECHA: <b>06/14</b>	ESCALA: <b>1/2500</b>	Nº PLANO: <b>3</b>



**LEYENDA**

- |  |  |
|--|--|
|  Tubería primaria         |  Aspersor Circular  |
|  Tubería secundaria       |  Aspersor Sectorial |
|  Tubería Porta-Aspersores |  Válvula            |
|  Límite Sectores          |  Hidrante           |



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.A.**  
GRADO  
ING. AGROALIMENTARIA  
Y DEL MEDIO RUAL

DEPARTAMENTO:  
**PROYECTOS E  
INGENIERIA RURAL**

PROYECTO:  
**TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE  
ASPERSIÓN DE LA PARCELA 1891 DEL POLÍGONO Nº 16 DEL  
TÉRMINO MUNICIPAL DE OLITE (NAVARRA)**

REALIZADO:  
**MARIA MUGUERZA MAS**

PLANO:  
**RED DE DISTRIBUCIÓN**

FECHA: <b>06/14</b>	ESCALA: <b>1/2500</b>	Nº PLANO: <b>4</b>
------------------------	--------------------------	-----------------------

# DOCUMENTO N° 3: PLIEGO DE CONDICIONES

## ÍNDICE

1.INTRODUCCIÓN	1
2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS	1
3. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	6

## **1.INTRODUCCIÓN**

---

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas tiene por objeto definir las obras correspondientes al proyecto de “ Transformación de secano en regadío de 5 Ha de superficie en el término municipal de Olite (Navarra)”.

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

## **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.

### **1.- DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO**

En el caso del sistema de riego por aspersión tendremos:

- Conexión del hidrante con la tubería primaria
- Tubería primaria de conducción de agua desde el hidrante a cada uno de los sectores de riego
- Tubería secundaria que conducirá el agua desde cada una de las electroválvulas hasta los tubería portaaspersores.
- Tubería portaaspersores que llevara el agua desde la tubería secundaria hasta cada uno de los aspersores.
- Aspersores, que expulsaran una pluviometría adecuada.
- Válvulas de desagüe.

### 1.1.- Conexión del hidrante con la tubería primaria

El hidrante controla el paso de agua desde la tubería general a la tubería primaria. Está colocado al inicio de la parcela y en la cota más elevada posible y su misión es permitir o cerrar el paso del agua a la parcela además de controlar y medir el paso de agua mediante un contador.

### 1.2.- Tubería primaria

Es la tubería encargada de alimentar a todas las tuberías secundarias. Va desde el hidrante hasta el inicio de cada uno de los sectores de riego. Son de PVC y una presión de trabajo de 6 atmósferas.

En los planos está reflejado su trazado y sus diámetros. Por lo general, la tubería primaria posee un diámetro exterior de 110 mm.

### 1.3.- Tubería secundaria

Esta tubería tiene 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 110 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 0,6 m 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.

#### 1.4.- Tubería terciaria:

Tienen como misión distribuir el agua desde las tuberías secundarias hasta los aspersores.

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 será necesario el concurso de una serie de piezas especiales como reducciones, collarines, codos, bridas, manguitos, tapones,... etc

#### 1.5.- Aspersores

El marco elegido para disponer los aspersores es de 18 x 15,6 m a marco real, es decir (18 metros de separación entre aspersores del mismo ramal y 15,6 metros de separación entre aspersores de distinto ramal). Los aspersores irán colocados sobre las tuberías terciarias o porta aspersores mediante "T" o codos de latón. Sobre la "T" o codo de latón se colocará la caña porta aspersor de diámetro ¾" y 2.5 m de longitud. Asimismo se colocará en la unión de la caña porta aspersor con la tubería terciaria el anclaje del aspersor con hormigón de masa de 125 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia característica.

Se tiene la posibilidad de suplementar más metros de caña de tubo doblemente roscado y con casquillo en uno de sus extremos.

Los aspersores podrán ser de círculo completo o sectorial y contarán con cuchara motriz y martillo de latón rígido, resorte impulsor y manguito protector, cojinete a prueba de arena y eje de acero inoxidable.

## 2.- AUTOMATIZACIÓN EN EL RIEGO POR ASPERSIÓN EN PARCELA

La automatización dentro la parcela se realiza de forma independiente. Se realiza por medio de válvulas hidráulicas que están colocadas en las tuberías a la entrada de cada uno de los sectores de riego. A su vez cada una de estas válvulas hidráulicas está comandada por unos solenoides de tipo latch que abren o cierran un conducto de tubos hidráulicos por los que discurre agua. Al abrir el conducto, el agua llega hasta una de las válvulas hidráulicas y hace que esta se abra y deje pasar el agua a la tubería secundaria, a los ramales y por último a los aspersores.

Los solenoides están dirigidos por los programadores de riego, dentro de los cuales se han introducido el programa de riego elegido.

En la parcela se ha colocado un programador del mismo número de 8 estaciones, el mismo número de sectores de dicha parcela. El programador se encuentra dentro de la arqueta junto a un panel en de solenoides.

Las arquetas están situadas en un punto medio dentro de la parcela para que todos los sectores de riego se encuentren equidistantes a esta.

## 3.- MANÓMETROS:

Miden la presión de la instalación en un punto determinado. Su instalación será clave en los siguientes puntos:

A la entrada y la salida de los filtros.

Al inicio de las subunidades de riego, después del regulador de presión.

También es interesante para regular los reguladores y para evaluar la instalación medir la presión al final de los laterales de riego.

## 4. -FILTROS DE MALLA

Los filtros de malla son imprescindibles en un sistema de riego por aspersión para evitar la obturación de los aspersores.

Existen dos parámetros comúnmente utilizados para evaluar la capacidad de retención de estos filtros:

- El número de mesh: número de orificios por pulgada lineal, contados a partir del centro del hilo. El número de mesh por tanto no se refiere al tamaño del orificio, sino al número. En igualdad de condiciones los filtros de acero tienen orificios más pequeños que los de plástico.
- Superficie neta de filtrado o área neta vacía. Se llama área total (At) de una malla a la superficie de la misma y área efectiva (Ae) a la ocupada por los orificios. Si llamamos "p" al porcentaje en superficie de los orificios, se cumple:

$$Ae = p At$$

Los fabricantes deben proporcionarnos el valor de "p", para mallas metálicas de entre 50 y 200 mesh es casi constante y vale 0,34.

Al área efectiva hay que descontar la superficie obturada por el soporte; la diferencia es el área neta efectiva (An), que es la que interviene en el diseño de un filtro de malla.

Elegimos una malla de orificio menor que 143 micras y nº de mesh 115.

Para nuestra instalación es suficiente la colocación de un filtro metálico de malla de 2" de Regaber.

## 5.- 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**

---

#### **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 material 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.

## 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, estas 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 aspersión 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 anchuras suficientes 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.

### 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 (10) 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 agotará 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 tapanán 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 tes de derivación de la red en planta, se anclarán mediante macizos de hormigón. La resistencia característica del hormigón será de 125 kg/cm<sup>2</sup> 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.

## 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 las 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.

## 5.-LIMPIEZA DE LAS OBRAS

Es obligación del Adjudicatario limpiar las obras y sus inmediaciones, de escombros, restos de materiales, etc. y de cualquier instalación provisional 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.

En Pamplona, a 16 de junio de 2014

María Mugerza Mas

# DOCUMENTO N° 4: PRESUPUESTO

## ÍNDICE

1. PRESUPUESTO PARCIAL	1
2. PRESUPUESTO GENERAL	8

## PRESUPUESTO PARCIAL

### 1. RED DE DISTRIBUCION

---

#### 1.-MOVIMIENTO DE TIERRAS

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
A01002	<b>m3 EXCAVACIÓN MECÁNICA ZANJA TUBERÍAS, TERRENO FRANCO</b> Excavación mecánica en zanjas para tuberías, con retroexcavadora en terreno franco, medido sobre el perfil.	1367,064	2,01	2747,79864
A01008	<b>m3 RELLENO, COMPACTADO MECÁNICO ZANJAS, MATERIAL GRANULAR, D&lt;= 3 Km</b> Relleno y compactado con medios mecánicos de zanjas con material granular, procedente de préstamos o de las propias excavaciones, transportados desde una distancia máxima de 3 Km .	1367,064	2	2734,128
<b>TOTAL MOVIMIENTO TIERRAS:</b>				<b>5.481,93 €</b>

#### 2.-TUBERÍAS

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
A08002	<b>m. TUBERÍA PEAD 100, Ø = 32 mm, 1,0 MPa, COLOCADA</b> Tubería de polietileno de alta densidad de 32 mm de diámetro y 1,0 MPa de presión de trabajo y unión por manguito; incluyendo piezas especiales, materiales a pie de obra y montaje, colocación y prueba.	2765,85	0,82	2267,997
U12TV215	<b>m. TUBERÍA PVC PN6 D=40 mm.</b> Tubería de PVC de unión encolada, para instalación enterrada de riego y una presión nominal de 6 kg./cm2, de 40 mm. de diámetro exterior, colocada en zanja, en el interior de zonas verdes, i/p.p. de elementos de unión, sin incluir la apertura ni el tapado de la zanja, instalada	124,8	2,49	310,752

*"Transformación de Secano a Regadío mediante aspersión de la Parcela 1891 del Polígono nº 16 del Término Municipal de Olite (Navarra) "*

	<b>m. TUBERÍA PVC PN6 D=50 mm.</b>			
<b>U12TV220</b>	Tubería de PVC de unión encolada, para instalación enterrada de riego y una presión nominal de 6 kg./cm <sup>2</sup> , de 50 mm. de diámetro exterior, colocada en zanja, en el interior de zonas verdes, i/p.p. de elementos de unión, sin incluir la apertura ni el tapado de la zanja, instalada.	15,6	3,14	48,984
	<b>m. TUBERÍA PVC, Ø = 63 mm., 0,6 MPa, junta goma o encolar, colocada</b>			
<b>A06001</b>	Tubería de PVC rígida de 63 mm de diámetro y 0,6 MPa de presión de servicio y unión por junta de goma o por encolado, incluyendo materiales a pie de obra, montaje, colocación y prueba.	140,4	2,03	285,012
	<b>m. TUBERÍA PVC, Ø = 75 mm., 0,6 MPa, junta goma o encolar, colocada</b>			
<b>A06004</b>	Tubería de PVC rígida de 75 mm de diámetro y 0,6 MPa de presión de servicio y unión por junta de goma o por encolado, incluyendo materiales a pie de obra, montaje, colocación y prueba	124,8	2,63	328,224
	<b>m. TUBERÍA PVC, Ø = 90 mm., 0,6 MPa, junta goma o encolar, colocada</b>			
<b>A06007</b>	Tubería de PVC rígida de 90 mm de diámetro y 0,6 MPa de presión de servicio y unión por junta de goma o por encolado, incluyendo materiales a pie de obra, montaje, colocación y prueba.	234	3,63	849,42
	<b>m. TUBERÍA PVC, Ø = 110 mm., 0,6 MPa, junta goma o encolar, colocada</b>			
<b>A06010</b>	Tubería de PVC rígida de 110 mm de diámetro y 0,6 MPa de presión de servicio y unión por junta de goma o por encolado, incluyendo materiales a pie de obra, montaje, colocación y prueba.	124,8	4,13	515,424
	<b>m. TUBERÍA PVC, Ø = 110 mm., 1,0 MPa, junta goma o encolar, colocada</b>			
<b>A06011</b>	Tubería de PVC rígida de 110 mm de diámetro y 1,0 MPa de presión de servicio y unión por junta de goma o por encolado, incluyendo materiales a pie de obra, montaje, colocación y prueba.	251,55	5,82	1464,021
				<b>TOTAL TUBERÍAS: 1.979,45 €</b>

*"Transformación de Secano a Regadío mediante aspersión de la Parcela 1891 del Polígono nº 16 del Término Municipal de Olite (Navarra) "*

3.-PIEZAS ESPECIALES

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
U06VEP052.3	<b>ud TAPÓN PVC J.PEG D=40 mm</b> Tapón de PVC de 40 mm. de diámetro, colocado en tubería de PVC de abastecimiento de agua, sin incluir el dado de anclaje, completamente instalado	8	2,20	17,6
U06VEP052.4	<b>ud TAPÓN PVC J.PEG D=50mm</b> Tapón de PVC de 50 mm. de diámetro, colocado en tubería de PVC de abastecimiento de agua, sin incluir el dado de anclaje, completamente instalado.	1	2,99	2,99
U06VEP052.5	<b>ud TAPÓN PVC J.PEG D=63mm</b> Tapón de PVC de 63 mm. de diámetro, colocado en tubería de PVC de abastecimiento de agua, sin incluir el dado de anclaje, completamente instalado.	9	3,48	31,32
U06VEP052.6	<b>ud TAPÓN PVC J.PEG D=75mm</b> Tapón de PVC de 75 mm. de diámetro, colocado en tubería de PVC de abastecimiento de agua, sin incluir el dado de anclaje, completamente instalado.	8	5,48	43,84
<b>TOTAL PIEZAS ESPECIALES:</b>				<b>95,75 €</b>

4.-ASPERSORES

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
U12RAA030	<b>ud ASPERSOR AÉREO METÁLICO SECTORIAL IMPACTO 3/4"</b> Aspersor aéreo de latón, con una boquilla de 3/16". caudal de 2250 l/h, presión media de funcionamiento de 30,92 mca y alcance de 16,2 metros. Con giro por brazo de impacto sector y alcance regulables, i/conexión a 3/4" de diámetro mediante collarín de toma de polipropileno de 32 mm. de diametro, incluido anclaje de hormigon HM-20/P/20/iib, de dimensiones 0,2x0,2x0,15m y pincho porta-aspersor de 2,5 m, colocado y probado.	53	34,07	1805,71

*"Transformación de Secano a Regadío mediante aspersión de la Parcela 1891 del Polígono nº 16 del Término Municipal de Olite (Navarra) "*

<b>U12RAA030.1</b>	<b>ud ASPERSOR AÉREO C.COMPLETO IMPACTO 3/4"</b> Aspersor aéreo de latón, con una boquilla de 3/16". caudal de 2250 l/h, presión media de funcionamiento de 30,92 mca y alcance de 16,2 metros. Con giro por brazo de impacto, i/conexión a 3/4" de diámetro mediante collarín de toma de polipropileno de 32 mm. de diametro, incluido anclaje de hormigon HM-20/P/20/iib, de dimensiones 0,2x0,2x0,15m y pincho portaaspersor de 2,5 m. colocado y probado.	153	32,07	4906,71
--------------------	---	-----	-------	---------

**TOTAL ASPERSORES: 6.712,42 €**

**TOTAL RED DE DISTRIBUCION: 14.269,55 €**

## **2. MECANISMOS Y AUTOMATIZACIÓN**

### **1.-VÁLVULAS HIDRÁULICAS**

<b>CÓDIGO</b>	<b>RESUMEN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>IMPORTE TOTAL</b>
<b>A10032</b>	<b>ud VÁLVULA HIDRÁULICA Ø 100 mm C/SOLENOIDE, INSTALADA</b> Válvula hidráulica de diafragma de diámetro 100 mm, con solenoide, reductora de presión y limitadora de caudal, embreada, presión de trabajo de hasta 1,0 MPa, cuerpo y cubierta de poliéster, retén de diafragma y muelle de acero inoxidable.	8	646,04	5168,32
<b>TOTAL VÁLVULAS HIDRÁULICAS:</b>				<b>5.168,32 €</b>

### **2.-PROGRAMADORES**

<b>CÓDIGO</b>	<b>RESUMEN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>IMPORTE TOTAL</b>
<b>U12SP140</b>	<b>ud PROG.ELECT.INTEMPERIE 8 ESTACIONES</b> Programador electrónico de intemperie, de 8 estaciones con memoria incorporada, tiempo de riego por estación de 2 s a 12 horas, programa de seguridad de 10 minutos por estación, memoria inmortal. 4 arranques por estación, alimentación mediante batería de 12 v. Conexión a válvulas hasta 50 mts. Modificación de todos los tiempos mediante porcentaje. toma para puesta en marcha de equipo de bombeo, incluso fijación, instalado.	1	352,79	352,79
<b>TOTAL PROGRAMADORES:</b>				<b>352,79 €</b>

**TOTAL MECANISMOS Y AUTOMATIZACIÓN: 5.521,11 €**

### 3. SEGURIDAD Y SALUD

---

#### 1.-SEÑALIZACIONES

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
<b>L01048</b>	<b>Ud CARTEL INDICATIVO DE RIESGO CON SOPORTE, COLOCADO</b> Cartel indicativo de riesgo normalizado de 0,3 x 0,3 m, con soporte metálico 2,5 n, colocado	1	17,86	17,86
<b>L01049</b>	<b>m CORDÓN BALIZAMIENTO, COLOCADO</b> Cordón de balizamiento, incluidos soportes de 2,5 m, colocado	1016,68	0,89	904,85
<b>TOTAL SEÑALIZACIONES:</b>				<b>922,71 €</b>

#### 2.-PROTECCIONES INDIVIDUALES

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
<b>L01066</b>	<b>CASCO DE SEGURIDAD ABS O PEAD SIN ANAGRAMAN, BLANCO</b> Casco de seguridad fabricado en ABS o PE de alta densidad, con atalaje de 6 cintas, bandas antisudor y agujeros de aireación; sin anagrama; color blanco. Norma UNE-EN 397.	5	2,46	12,3
<b>L01193</b>	<b>PANTALLA FACIAL CON VISOR DE POLICARBONATO INCOLORO CON CIERRE EN MENTONERA</b> Pantalla facial con visor de policarbonato incoloro con cierre en mentonera	5	11,2	56

*"Transformación de Secano a Regadío mediante aspersión de la Parcela 1891 del Polígono nº 16 del Término Municipal de Olite (Navarra) "*

	<b>GAFAS MONTURA UNIVERSAL, ADAPTABLE SOBRE GAFA CORRECTORA</b>			
	Gafas de montura universal. Campo de uso: líquidos; gotas; proyecciones; partículas mayores de 5 micras. Resistencia a impactos de baja energía (F); ocular de visión lateral ininterrumpida, con filtro de protección (3-1,2); Clase Óptica 1 (trabajos continuos); resistencia al deterioro superficial por partículas final (K); tratamiento antiempañamiento; patillas regulables en longitud y abatibles; posibilidad de anclaje para cordón de sujeción. Normas UNE-EN 166, UNE-EN 170.			
<b>L01087</b>		5	7,68	38,4
	<b>CHAQUETILLA Y PANTALÓN AZUL 100% ALGODÓN, CON ANAGRAMA</b>			
	Ropa de trabajo: chaquetilla y pantalón color azul, 100 % algodón, chaquetilla con cremallera de aluminio o botones, con anagrama en 7 colores.			
<b>L01092</b>		5	14,33	71,65
	<b>CHALECO ALTA VISIBILIDAD CLASE 2</b>			
	Chaleco alta visibilidad color amarillo fluorescente, de clase 2 como mínimo tanto en superficie mínima de materiales como el nivel de retroflexión de las bandas.			
<b>L01100</b>		5	2,86	14,3
	<b>GUANTE MALLA PROTECCIÓN CORTES POR IMPACTO</b>			
	Guante de malla para la protección de corte por impacto en la mano. Norma UNE-EN 1082-1			
<b>L01132</b>		5	50,56	252,8
	<b>BOTA DE SEGURIDAD. CATEGORIA S3 (SB+A+E+WRU+P)</b>			
	Bota de seguridad. Categoría c3 (SB+A+E+WRU+P)			
<b>L01198</b>		5	12,5	62,5
<b>TOTAL PROTECCIONES INDIVIDUALES:</b>				<b>315,30 €</b>

### 3.-PROTECCIONES COLECTIVAS

<b>CÓDIGO</b>	<b>RESUMEN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>IMPORTE TOTAL</b>
	<b>m RED SEGURIDAD PERIMENTRAL PUESTAS SUCESIVAS</b>			
<b>L01028</b>	Red de seguridad perimetral puestas sucesivas, formada por red de poliamida de hilo de 4 mm y malla de 50 x 50 mm y soportes dobles metálicos tipo ménsula, con sargentos de apriete y barra portarredes. Totalmente instalada.	1.016,68	10,65	10.827,64 €
<b>TOTAL PROTECCIONES COLECTIVAS:</b>				<b>10.827,64 €</b>

**TOTAL SEGURIDAD Y SALUD: 11.248,36 €**

#### 4. MEDICINA PREVENTIVA

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
L01059	Ud <b>BOTIQUÍ PORTÁTIL DE OBRA</b> Botiquín portátil de obra para primeros auxilios, conteniendo el material que especifica el RD 486/1997	1	59,53	59,53
L01060	Ud <b>REPOSICIÓN MATERIAL SANITARIO</b> Reposición material sanitario durante el transcurso de la obra.	1	28,03	28,03
<b>TOTAL MEDICINA PREVENTIVA:</b>				<b>87,56 €</b>

**TOTAL MEDICINA PREVENTIVA: 87,56 €**

#### 5. INCENDIOS

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
L01057	Ud <b>EXTINTOR PORTÁTIL ANHÍDRIDO CARBÓNICO 5 Kg, COLOCADO.</b> Extintor portátil de anhídrido carbónico de 5 kg de Co2 y eficacia extintora 34 B o C, instalado.	1	78,97	78,97
<b>TOTAL INCENDIOS:</b>				<b>78,97 €</b>

**TOTAL INCENDIOS: 78,97 €**

#### 6. COMPRA DE MAQUINARIA

	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
	<b>Tractor John Deere 7610</b>	1	30.000	30.000
<b>TOTAL MAQUINARIA:</b>				<b>30.000 €</b>

**TOTAL MAQUINARIA: 30.000 €**

## **PRESUPUESTO GENERAL**

CAPÍTULO 1. RED DE DISTRIBUCION	14.269,55 €
CAPÍTULO 2. MECANISMOS Y AUTOMATIZACIÓN	5.521,11 €
CAPÍTULO 3. SEGURIDAD Y SALUD	12.065,65 €
CAPÍTULO 4. MEDICINA PREVENTIVA	87,56 €
CAPÍTULO 5. INCENDIOS	78,97 €
CAPÍTULO 6. MAQUINARIA	30.000,00 €
<hr/>	
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL:	62.022,84 €
6% Beneficio Industrial	1.187,44 €
13 % Gastos Generales	2.594,43 €
21 % IVA	13.024,80 €
<hr/>	
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA:	<b>78.829,51 €</b>

El presupuesto general asciende a la expresada cantidad de:

SETENTA Y OCHO MIL OCHOCIENTOS VEINTINUEVE EUROS CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS.

En Pamplona, a 16 de Junio de 2014

Fdo. María Muguerza Mas