

**Universidad Pública de Navarra**

*Nafarroako Unibertsitate Publikoa*

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

*NEKAZARITZAKO INGENIARIEN  
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO*

**"TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE  
ASPERSIÓN DE LA PARCELA 180 DEL POLIGONO Nº11 DEL  
TÉRMINO MUNICIPAL DE TORRES DE ELORZ  
(NAVARRA)"**

presentado por

**ASIER CIA URDIAIN**

*aurkeztua*

**GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL  
GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAN**

**Septiembre, 2018**

## **Resumen**

El presente proyecto fin de grado tiene como objetivo la transformación de secano en regadío de la parcela 180 del polígono N°11 del término municipal de Torres de Elorz (Navarra), de 7.17 hectáreas de superficie.

En la actualidad dicha parcela está dedicada a cultivos de secano, por lo que, aprovechando la cercanía del Canal de Navarra a la parcela, podría llegar a ser económicamente viable 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 productivos y económicos.

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 metros de separación entre los distintos ramales y de 18 metros entre aspersores pertenecientes al mismo ramal, más comúnmente conocido como al tresbolillo.

Con el objetivo de llevar a cabo la correcta realización del presente proyecto, se han realizado diversos estudios referentes a la edafología de la zona, climatología, calidad del agua de riego, análisis de alternativas, rotación de cultivos, necesidades hídricas, dimensionado de la red de tuberías y evaluación financiera.

## **Palabras clave**

- Secano
- Regadío
- Transformación
- Riego
- Aspersión

# ÍNDICE

DOCUMENTO N. ° 1. MEMORIA

DOCUMENTO N. ° 2. ANEJOS

DOCUMENTO N. ° 3. PLANOS

DOCUMENTO N. ° 4. PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO N. ° 5. MEDICIONES

DOCUMENTO N. ° 6. PRESUPUESTO

# Documento 1

# Memoria



## Contenido

1.	Objeto .....	3
2.	Alcance.....	3
3.	Antecedentes.....	3
4.	Normas y referencias .....	4
4.1.	Disposiciones legales .....	4
4.2.	Programas de cálculo.....	5
4.3.	Plan de gestión de la calidad aplicado durante la redacción del proyecto .....	5
4.4.	Bibliografía .....	6
5.	Definiciones y abreviaturas.....	7
6.	Requisitos de diseño .....	8
6.1.	Condicionantes internos.....	8
6.2.	Topografía .....	8
6.3.	Clima .....	8
6.4.	Suelo .....	8
6.5.	Fecha de plantación .....	9
6.6.	Condicionantes externos .....	9
6.6.1.	Población.....	9
6.6.2.	Empleo y mano de obra .....	10
7.	Análisis de soluciones .....	10
8.	Resultados finales .....	11
8.1.	Edafología .....	11
8.2.	Climatología .....	12
8.3.	Calidad del agua .....	12
8.4.	Rotación de cultivos.....	13
8.5.	Balance hídrico.....	13
8.6.	Sistema y estrategia de riego.....	16
8.7.	Descripción de las obras .....	16
9.	Estudio económico financiero .....	17
10.	Presupuesto .....	18
11.	Planificación .....	19
12.	Orden de prioridad entre los documentos .....	19

## 1. Objeto

El objetivo de este proyecto es facilitar al cliente la información necesaria para la toma de la decisión sobre si continuar adelante o no con el proyecto de transformación de secano a regadío de la parcela 108 del polígono 11 del municipio de Noain (Valle de Elorz).

La justificación del proyecto es el estudio y análisis de las condiciones de esta, de manera que se puedan ejecutar correctamente todas las acciones necesarias para conseguir la máxima eficiencia de la actividad en relación tanto con el terreno, como con la productividad y rentabilidad del mismo.

## 2. Alcance

En este proyecto se tiene como objetivo la transformación de secano a regadío de una parcela del municipio de Noain (Valle de Elorz). Para ello, se precisa el estudio del estado de la parcela en cuanto al clima, suelo, calidad de agua, rotación de cultivos, necesidades hídricas y viabilidad económica el acondicionamiento de esta, así como el diseño del marco de plantación. A su vez, será necesario definir el sistema de riego.

En este proyecto no se llevará a cabo el diseño de ningún acceso adicional al ya existente en la parcela, así como ninguna obra complementaria para el abastecimiento de agua del sistema de riego.

## 3. Antecedentes

La ubicación donde se va a llevar a cabo el proyecto pertenece a la localidad de Noain (Comunidad Foral de Navarra) en la parcela 108 del polígono número 11. Esta parcela está dividida en dos subparcelas destinadas a pasto arbustivo. Dicha parcela es propiedad del promotor del proyecto, Jesús Garralda Pérez de Oña.

Se trata de una parcela de 7,17 ha y una pendiente media de 1,5%.

En cuanto a las comunicaciones, el único acceso a la parcela está ya construido. Este acceso, situado al sur de la parcela, es un camino de grava que lleva directamente a la parcela, por lo tanto, en este proyecto no se considerará la necesidad de construir una vía de acceso adicional ya que ésta va a ser suficiente para la actividad de la maquinaria en la parcela.

Para la transformación de secano a regadío en las parcelas, ya se instalaron una serie de hidrantes entre las mismas de manera que, para la implantación del riego en este proyecto, resultará ventajoso el tener que empalmar únicamente las tuberías al hidrante correspondiente.

## 4. Normas y referencias

- Asociación Española de Normalización (2014). UNE 157001: Criterios generales sobre la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico. Madrid: AENOR Norma UNE 68-075-86 Material de riego. Emisores. Requisitos generales y métodos de ensayo.
- Norma UNE 68-075-89 Equipos para riego. Sistemas de tuberías-emisoras. Características generales y métodos de ensayo.
- UNE 53131:1990.Plásticos. Tubos de polietileno para conducciones de agua a presión. Características y métodos de ensayo.
- UNE 155000:2008 Frutas y hortalizas frescas. Producción controlada. Requisitos generales.

### 4.1. Disposiciones legales

#### **A nivel Europeo:**

Reglamento (UE) No 1308/2013 del parlamento europeo y del consejo de 17 de diciembre de 2013 por el que se crea la organización común de los productos agrarios y por el que se derogan los Reglamentos (CEE) n°922/72, (CEE) n°234/79, (CE) n°1037/2001 y (CE) n° 1234/2007.Diario Oficial de la Unión Europea (2013).

#### **A nivel Estatal:**

- Real Decreto 1244/2008, de 18 de julio, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

#### **A nivel Autonómico:**

- NAVARRA, 2002. Ley Foral 1/2002, de 7 de marzo, por la que se regula las Infraestructuras Agrícolas.

#### 4.2. Programas de cálculo

A la hora de la realización del proyecto, con sus correspondientes planos, cálculo de presupuesto y rentabilidad y la organización de tareas, se ha hecho uso de una serie de programas informáticos. Estos son:

- AutoCAD 2018
- Word
- gvSIG
- Qgis
- Microsoft excel

#### 4.3. Plan de gestión de la calidad aplicado durante la redacción del proyecto

Se presentan una serie de criterios generales básicos para la correcta elaboración del anteproyecto, los cuales darán calidad al mismo, basándose en aspectos de ordenación, distribución, planteamiento y en su redacción, con un lenguaje claro y preciso. De esta manera se podrá garantizar cierta calidad en el trabajo desarrollado.

Por eso, debe de haber una estructura global del anteproyecto que se basa en presentar índice, memoria, anexos, planos, pliego de condiciones, mediciones y presupuesto. A su vez, cada uno de estos volúmenes debe presentar su propia portada indicando claramente de cuál de ellos se trata y especificando en todo momento el título.

Deberá incluirse la fecha de redacción y todas las páginas y planos han de estar numeradas.

Además, se precisa seguir un riguroso plan de actuación para la correcta elaboración del proyecto, donde se establecen unos requisitos mínimos y restricciones impuestas previamente por los proyectistas, así como los plazos señalados. Es necesario el cumplimiento de los mismos para asegurar una adecuada gestión de los recursos utilizados.

Por lo tanto, los pasos dispuestos a continuación muestran el orden de actuación que se debe seguir para la realización del proyecto.

##### **Estudio del terreno**

- Buen acondicionamiento del terreno en base a su correspondiente estudio topográfico, edafológico y climatológico.
- Adecuada accesibilidad a la parcela desde el exterior.

### **Elección de la rotación**

- Adaptación del tipo de cultivo a la climatología de la zona.
- Límite mínimo de producción.

### **Realización de los planos**

- Utilización software gvSIG, Qgis y AutoCAD
- Planos de la parcela, situación, localización, parcela y diseño del sistema de riego.

### **Diseño del sistema de riego**

- Utilización software AutoCAD
- Dimensionamiento de la red de tuberías
- Garantía de la utilización de materiales normalizados.
- Empalme de las tuberías con el hidrante.

#### **4.4. Bibliografía**

- Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA)
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018)
- Sistema de Información Territorial de Navarra. (2018). Geoportal de Idena. Disponible en: <http://sitna.navarra.es/geoportal>
- “Caracterización Agroclimática de Navarra”, 1986. Elias Castillo, F. y Ruiz Beltrán, L. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Meteorología y climatología de Navarra, 2018.
- VICENTE, A. M.; DONEZAR, M. 2004. Memoria del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra 1/200.000. Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
- Memoria de la red se calidad de aguas superficiales”, 2015. Sección de Recursos Hídricos. Servicio de Agua. Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración local. Gobierno de Navarra.
- PALOMA BESCANSÁ, 2016. Asignatura de Suelos y Agronomía. Apuntes de asignatura, Universidad Pública de Navarra (UPNA).
- Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua

de los cultivos". FAO Estudio nº 56.

- GIMENEZ RAFAEL, 2016. Asignatura de Riegos y Drenajes. Apuntes de asignatura, Universidad Pública de Navarra (UPNA).
- ESTUDIO CLIMÁTICO DE NAVARRA, 2018. Gobierno de Navarra. Plataforma sigAGROasesor, 2018. Proyecto life agointegra
- "Coyuntura Agraria". 2010-2018. Disponible en: <http://navarra.es>
- Aspersión. Selección de aspersores.
- Instituto Navarro para las Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA).
- Sociedad Cooperativa Agraria Orvalaiz. Informe económico del ejercicio 2015/2016. Torres de Elorz.
- Muguerza Mas, María, junio de 2014. "Transformación de secano a regadío mediante aspersión en la parcela 1891 del polígono N°16 del término municipal de Olite (Navarra)" Trabajo final de Grado. Universidad Pública de Navarra (UPNA).

## 5. Definiciones y abreviaturas

**AENOR:** Asociación Española de Normalización

**FAO:** Food and Agriculture Organization of the United Nations

**dS/m:** deciSiemens por metro (medida de conductividad)

**h:** hora

**ha:** hectárea

**kg:** kilogramo

**l:** Litros

**m:** metros

**PVC:** Policloruro de vinilo

**PE:** Polietileno

**m<sup>2</sup>:** Metros cuadrados

**MAPAMA:** Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente

**mm:** milímetros

**s:** segundo

**TIR:** Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión.

**UNE:** Una norma española

**VAN:** Valor Actual Neto

## 6. Requisitos de diseño

### 6.1. Condicionantes internos

Los condicionantes internos, son aquellos que derivan de los factores intrínsecos de la propia parcela y de su ubicación. Referido básicamente a los factores de tipo edáfico y climático.

### 6.2. Topografía

A pesar de que la pendiente de la parcela sea de 1,5 % no será necesaria una nivelación ya que el diseño del riego se va a realizar a favor de la disposición de la parcela.

### 6.3. Clima

Es un clima mediterráneo templado-húmedo, según Papadakis, cuya temperatura media es de 12,53°C. También, hay que tener en cuenta, que existe un periodo de heladas entre octubre y abril, por lo que se recomienda al cliente contratar un seguro de heladas.

La precipitación media anual asciende hasta los 677 mm, por lo que entra dentro de los límites de pluviosidad para la producción de cultivos agrícola, pero como cada vez llueve menos, se considera necesaria la instalación de un sistema de riego para cubrir las necesidades hídricas que tiene el cultivo ya que las precipitaciones del lugar no son capaces de abastecerlas.

La probabilidad de granizo en la zona es baja, pero a pesar de ello, debido a las grandes pérdidas que puede ocasionar el granizo, se recomienda al cliente contratar un seguro para cubrir las pérdidas que pueda ocasionar.

El clima de la localidad de Noain, se encuentra desarrollado en su totalidad en el anexo 2.

### 6.4. Suelo

Para el estudio del suelo se ha empleado un análisis de suelo que realizó el propietario de la parcela varios años atrás, a través del Servicio de INTIA. Se realizó en los dos primeros horizontes.

#### *Características físicas:*

- Estructura: subangular, por lo que es apta para el cultivo debido a su porosidad y a la adecuada retención de agua y nutrientes.
- Textura: franco arcillo limosa
- Humedad: buenas condiciones de humedad y alta capacidad de retención de agua.

*Características químicas:*

- Materia orgánica: alrededor de 2,17 %, es correcto, pero será necesario el abonado.
- pH: el pH es de 8, por tanto, es un suelo básico
- Conductividad eléctrica: alrededor de 0,38 dS/m
- Contenido en carbonatos, 7,41%

## 6.5. Fecha de plantación

La siembra y plantación de los distintos cultivos se realizarán en las fechas y condiciones descritas en la tabla inferior.

Tabla 1. Periodo de siembra/plantación y recolección de los distintos cultivos de la rotación propuesta

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Maíz					Siem					Reco		
Guisante			Siem			Reco						
Brócoli							Plan			Reco	Reco	
Espárrago (año 1)				Plan								
Espárrago (año 2)						Reco	Reco					
Espárrago (>año 2)					Reco	Reco	Reco	Reco	Reco			

Donde,

- Siem → Siembra del grano
- Plan → Plantación de la planta
- Reco → Recolección del cultivo

## 6.6. Condicionantes externos

## 6.6.1. Población

En lo que se refiere a demografía, Valle de Elorz cuenta en la actualidad con 8.012 habitantes con una densidad de 12,14 habitantes por Km<sup>2</sup>. Pero la parcela se encuentra en los alrededores del municipio y, por tanto, se encuentra en una zona rural en la que la mayoría de las parcelas están destinadas a cultivos extensivos.



#### 6.6.2. Empleo y mano de obra

La explotación va a contar con gran necesidad de mano de obra especialmente en los cultivos hortícola, brócoli y esparrago.

### 7. Análisis de soluciones

En este análisis se han estudiado las alternativas que se han considerado para la toma de decisiones del proyecto. El proceso seguido queda detallado en el Anexo 4.

Las fases que se han seguido son las siguientes:

1. Se exponen los puntos clave que se deben tener en cuenta a la hora de realizar el proyecto de transformación de secano a regadío.
2. Se presentan los criterios y las tablas de valoración utilizados para la puntuación de cada alternativa.
3. Se realiza la calificación de cada solución respecto a cada criterio.
4. Se calcula la puntuación media de cada alternativa.

Los puntos clave que se han considerado en este análisis han sido:

- El cultivo: Se han valorado distintos sistemas de cultivo tales como la combinación del cultivo herbáceo y hortícola, el cultivo leñoso y el pastícola.
- Necesidades de agua: estudiando los cultivos que se van a implantar en la rotación, debido a sus necesidades de agua y puesto que las precipitaciones de la zona no las cubren se ha decidido la implantación del regadío
- Sistema de riego: se ha considerado tanto el riego por aspersión y por goteo, como el riego por inundación La ventaja del riego por goteo es que, por un lado, el aporte de agua se puede ajustar a las necesidades del cultivo y, por otro, el riesgo por enfermedades es muy reducido.
- Captación de agua: Se han valorado dos opciones, la captación mediante una bomba o directamente por gravedad.
- Necesidad de nutrientes: se han considerado las opciones de no abonar, utilizar abono orgánico o utilizar abono inorgánico de manera que la estructura del suelo no se vea tan perjudicada a largo plazo. Sin embargo, se ha optado por emplear abono inorgánico, e.

- Laboreo: se han planteado hacer laboreo tradicional, hacer mínimo laboreo o no realizar laboreo y se ha decidido hacer este último, de manera que el suelo se ve menos afectado a largo plazo y se reducen los tiempos de laboreo, pero se contribuye a formar una buena estructura para el desarrollo de las plantas.

Los criterios para la calificación de las alternativas han sido, el económico, el medioambiental, el funcional y la eficiencia.

Después de puntuarlas y calculadas las medias de las alternativas presentadas, se ha llegado a la conclusión de que la mejor solución es la de implantación de una combinación de cultivo hortícola y herbáceo, en regadío por aspersión con captación de agua por gravedad. Para la fertilización se utilizará abono inorgánico y se realizará el mínimo laboreo.

De esta manera se espera realizar un aprovechamiento máximo de la parcela y del cultivo obteniendo buenos resultados en la producción, en la rentabilidad y en la conservación del medio.

## 8. Resultados finales

Para la implantación del sistema de riego propuesto en la parcela 108 del polígono 11 del municipio de Noain (Valle de Elorz), localización y situación la cual se aprecia en los Planos nº 1 y nº2, se ha necesitado hacer una serie de estudios previos. Por ejemplo, el análisis del clima de la zona en primer lugar para ver las necesidades del terreno, así como el estudio de la idoneidad del suelo. Los datos de dicho estudio están detallados en el Anejo 1.

### 8.1. Edafología

El primero de los estudios realizados fue el estudio edafológico. El objetivo de dicho estudio es que los cultivos elegidos para la rotación sean aptos para la parcela elegida, así como para validar que el suelo es de aptitud regable.

Los datos utilizados en este estudio edafológico han sido proporcionados por el propietario de la parcela.

En base a estos datos, se puede concluir que el suelo tiene una textura es Franco arcillo-limosa. Por otro lado, en base a los análisis químicos del suelo, podemos concluir que no tendremos problemas ni con el pH ni con la salinidad del suelo.

En el anexo 1 del presente proyecto, se encuentra el estudio edafológico realizado con todos los detalles de este.

## 8.2. Climatología

El estudio climático de la zona ha sido realizado mediante los datos climáticos de la estación meteorológica de la ETSIA, Pamplona (Upna).

Por un lado, se estudiaron las características térmicas y pluviométricas. En base a estos datos podemos decir que la precipitación media anual es de 677mm, con una temperatura media de 12,53°C y con un periodo libre de heladas que está comprendido entre mediados de abril y finales de octubre.

Por otro lado, mediante los datos térmicos y pluviométricos de la zona, se hizo la clasificación Papadakis.

Los resultados obtenidos de esta clasificación fueron que el clima analizado, es un clima mediterráneo templado húmedo. Esto es debido a que dispone de unos inviernos de tipo avena fresca (Av), unos veranos de Oryza (O) y un régimen hídrico Mediterráneo húmedo (Me). Esto se puede observar en la siguiente Tabla resumen:

Tabla 2. Clasificación Papadakis. Fuente: estación meteorológica Aoiz MAN

<b>Grupo climático</b>	Meth: Mediterráneo templado húmedo
<b>Tipo de invierno</b>	Avena fresco (Av)
<b>Tipo de verano</b>	Oryza (O)
<b>Régimen hídrico</b>	Mediterráneo húmedo (ME)
<b>Formulación climática</b>	AvOME

Respecto a la climatología, no se encuentran restricciones en los cultivos elegidos para la rotación. Para más información sobre los datos climáticos de la parcela, toda la información está presente en el anejo 2 “estudio climático”.

## 8.3. Calidad del agua

El agua que abastecerá la parcelas será obtenida a partir del Canal de Navarra aprovechando su paso por las cercanías de la parcela (a escasos 500m). Los diferentes resultados analíticos de la

misma (físico-químicos y biológicos) han sido proporcionados por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, más concretamente por el departamento del desarrollo rural.

Existen gran variedad de factores capaces de limitar el uso del agua para riego. 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 3 “estudio de la calidad del agua de riego” se llega a la conclusión de que el agua analizada es calificada como APTA para el riego.

#### 8.4. Rotación de cultivos

La rotación de cultivos es la técnica basada en la sucesión de cultivos en una misma parcela. Gracias a una buena rotación, mejoramos las condiciones agronómicas para el cultivo y con ello conseguimos un mayor beneficio económico.

La rotación de cultivos está formada por maíz, guisante, brócoli y esparrago. El calendario de rotación, y manejo de cada uno de los cultivos está especificado en el anejo 5 “rotación de cultivos”.

#### 8.5. 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. Esto se puede observar en el anejo 6 “Necesidades hídricas”

Para ello, a continuación, se explican resumidamente los conceptos que han sido utilizados para hacer el estudio de necesidades hídricas de los cultivos.

1. Cálculo de la Evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_0$ ) mediante la metodología de Blaney-Criddle.
2. Determinación de los diferentes coeficientes de cultivo ( $K_C$ )

3. Cálculo de las necesidades de agua del cultivo a partir de los valores  $ET_0$  y coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) y necesidades de riego mediante la precipitación efectiva ( $P_e$ ) y eficiencia de riego ( $E_a$ ).

### Determinación de la evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ).

El cálculo de la evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) ha sido realizado mediante la metodología propuesta por Blaney-Criddle a partir de los datos climatológicos representativos de la zona a estudio. Los datos obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 3: Evapotranspiración de referencia de cada mes ( $ET_0$ )

	<b><math>ET_0</math> (mm/mes)</b>
Enero	69,37
Febrero	71,44
Marzo	100,50
Abril	120,15
Mayo	147,20
Junio	170,30
Julio	188,29
Agosto	172,44
Septiembre	136,39
Octubre	111,90
Noviembre	79,05
Diciembre	67,42

### Determinación de los coeficientes de cultivo ( $k_c$ ).

Los datos de coeficiente de cultivos para los cultivos seleccionados en el anejo 5, son los siguientes:

Tabla 4: coeficientes de cultivo ( $K_c$ )

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Maíz					0,50	0,70	1,10	1,10	1,10	0,65		
Guisante			0,50	0,80	1,10	1,05						
Brócoli							0,70	0,88	1,05	0,95		
Esparrago				0,50	0,75	0,95	0,95	0,95	0,30	0,30		

En el anexo de necesidades hídricas de los cultivos (anejo 6), aparece de manera más detallada como se obtienen los coeficientes de cultivo.

### Determinación de las necesidades de agua

La evapotranspiración del cultivo  $ET_c$  se calcula como el producto entre la  $ET_0$  y el coeficiente de cultivo  $K_c$ . El valor obtenido de  $ET_c$  nos permite saber la cantidad de agua mensual que se pierde del suelo, ya sea por evaporación o por la transpiración de las plantas, la cual tendremos que añadir al cultivo.

Por otro lado, se calcula la cantidad de agua de lluvia presente en la zona, ya que esta habrá que descontarla de las necesidades de riego, ya que es absorbida por el cultivo. Para ello, se utiliza el concepto de precipitación efectiva ( $P_e$ ), que es la precipitación esperable mensual correspondiente a un nivel de probabilidad de ocurrencia del 75%.

De esa forma, el conjunto de cálculos desarrollados da como resultado las necesidades de riego brutas para cada uno de los cultivos seleccionados. Los cuales se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Necesidades de riego para cada cultivo y mes (mm).

	Maíz	Guisante	Brócoli	Esparrago
Enero				
Febrero				
Marzo		-7,68		
Abril		43,53		16,49
Mayo	22,60	88,85		50,20
Junio	57,89	102,60		89,82
Julio	144,07		87,58	122,89
Agosto	132,23		103,13	112,83
Septiembre	98,21		93,10	16,38
Octubre	32,72		57,89	3,34
Noviembre				
Diciembre				

Como se aprecia en la tabla, el cultivo de maíz es el que mayor demanda de agua tiene, siendo el valor máximo en el mes de Julio con un valor de 144,07 litros por metro cuadrado. Dicho valor será utilizado para poder hacer un buen dimensionamiento de la red de distribución. En el anejo numero 6 están presentes todos los detalles de las necesidades hídricas.

## 8.6. Sistema y estrategia de riego

Para nuestra parcela, se ha seleccionado un marco triangular o más comúnmente llamado al tresbolillo. La distancia entre aspersores del mismo ramal será de 18 m mientras que la distancia entre ramales será de 15m. Se ha elegido este marco, ya que es el más adecuado para el tipo de cultivos que va a tener la finca.

Teniendo en cuenta la tasa de infiltración de nuestro suelo y que la presión de trabajo es de 35m.c.a, los aspersores seleccionados son los siguientes:

- Aspersor total 1.960 l/h
- Aspersor sectorial 1.390 l/h.

## 8.7. Descripción de las obras

La descripción de las obras necesarias para la puesta en funcionamiento del presente proyecto comprende las relativas a la red de distribución.

### **Tubería principal**

Este tipo de conducciones fabricadas en PVC son las encargadas de transportar el agua desde el hidrante hasta la cabecera de cada sector, punto de conexión con las tuberías secundarias. Esta tubería primaria abastecerá a 10 sectores de riego.

En el Plano N°4 se puede observar el trazado en planta.

### **Tubería secundaria**

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 desde 36mm hasta 103,8mm. En el anexo 8 “Diseño y dimensionamiento de la red de distribución” se explica con detalle el proceso seguido para el óptimo dimensionamiento de estas.

### **Tubería porta-aspersores**

Son las tuberías empleadas para transportar el agua desde la tubería secundaria hasta cada uno de los aspersores dispuestos en la red de distribución.

Las tuberías porta aspersores tendrán un único diámetro, de 32mm, y estarán fabricadas en PVC. En el plano N°4 puede observarse con detalle la ubicación de cada una de ellas en cada sector.

## 9. Estudio económico 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, 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 distintas Tasas de Actualización:

*Tabla 6. VAN obtenido con las distintas tasas de actualización empleadas*

r %	VAN (u.m.)
3	29.685,74 €
5	17.381,08 €
7	7.231,93€

- Tasa Interna de Rendimiento (TIR) → 8,70%
- Plazo de recuperación de la inversión para distintas Tasas de Actualización:

*Tabla 7. Año en el que se recupera la inversión en función de las distintas tasas de actualización empleadas*

r %	h (años)
3	Año 9
5	Año 9
7	Año 10

En el anejo 9 “Evaluación económico-financiera”, se puede observar los datos usados para el cálculo de los distintos indicadores, así como un desarrollo extenso de este apartado de la memoria.



## 10. Presupuesto

A continuación, se expone el presupuesto de ejecución material y de ejecución por contrata del presente proyecto. El presupuesto completo que incluye los presupuestos parciales y el presupuesto general se incluye dentro del Documento N°6 “Presupuesto”.

### **RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

1- MOVIMIENTO DE TIERRAS		5.489,64 €
2- ASPEROSRES Y TUBERÍAS		12.674,66 €
3- VALVULERÍA Y DESAGÜES		2.655,00 €
4- PROGRAMADORES		714,42 €
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)</b>		<b>21.533,72 €</b>
5- GASTOS GENERALES	13,00%	2.799,38€
6- BENEFICIOS INDUSTRIALES	6,00%	1.292,02 €
7- IVA (PEM+GG+BI)	21,00%	5.381,28 €
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEP)</b>		<b>31.006,41 €</b>
8- PERMISOS		250,00 €
9- HONORARIOS DEL PROYECTO		3.500,00 €
<b>PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DEL PROMOTOR (PCP)</b>		<b>34.756,41 €</b>

El presupuesto total para llevar a cabo la transformación de secano a regadío de la parcela asciende a 34.756,41 €.

En Pamplona, a 12 de junio de 2018

Fdo: Asier Cia Urdiain

## 11. Planificación

Para llevar a cabo el proyecto de transformación de secano a regadío, en primer lugar, se deben adquirir las autorizaciones previas a su ejecución. A partir de ello, se llevará a cabo la contratación del contratista y el encargo del material necesario para la ejecución.

En el mes de mayo de 2019 comenzará el movimiento de tierras y la preparación del terreno para la posterior instalación del sistema de riego. A continuación, se llevará a cabo la colocación de las tuberías y aspersores con sus respectivos desagües y válvulas.

Por último, se colocará el programador y se configurará para el correcto funcionamiento de la instalación de regadío.

## 12. Orden de prioridad entre los documentos

Cualquier elemento o afirmación de este proyecto que se contradiga entre sí en cualquiera de las diferentes partes que lo compone, se seguirá específicamente el orden de prioridad mostrado a continuación:

1. Planos
2. Pliego de condiciones
3. Presupuestos
4. Mediciones
5. Memoria

# Documento 2

## Anejos

## Índice general de los anejos

Anejo 1. Estudio edafológico	
1. Introducción.....	25
2. Edafología del terreno.....	25
3. Interpretación de los resultados.....	26
4. Conclusión .....	39
Anejo 2. Estudio climático	
1. Introducción.....	42
2. Características agroclimáticas .....	42
3. Clasificación climática.....	46
4. Limitaciones agroclimáticas de los cultivos.....	50
5. Conclusión .....	52
Anejo 3. Análisis del agua de riego	
1. Introducción .....	56
2. Interpretación de resultados .....	58
3. Conclusiones .....	65
Anejo 4. Análisis de alternativas	
1. Introducción.....	68
2. Objetivos .....	68
3. Métodos .....	68
4. Aspectos clave de la implantación de riego en una parcela.....	68
5. Alternativas para los aspectos clave.....	69
6. Criterios de valoración de las soluciones.....	75
7. Escalas de valoración de los criterios.....	75
8. Valoración de las soluciones .....	77
9. Conclusión .....	78
Anejo 5. Rotación de cultivos	
1. Descripción de la rotación .....	81
2. Características de los cultivos de la rotación.....	82

Anejo 6. Necesidades hídricas de la rotación de cultivos propuesta

1. Introducción.....	93
2. La evapotranspiración .....	93
3. Precipitaciones efectivas .....	102
4. Eficiencia de aplicación de riego.....	103
5. Necesidades hídricas de los cultivos .....	104
6. Necesidades hídricas de la alternativa.....	106

Anejo 7. Datos de la parcela

3. Cedula parcelaria .....	109
4. Detalles SIGPAC.....	110

Anejo 8. Diseño red de distribución

1. Introducción.....	113
2. Objetivos .....	113
3. Localización de los aspersores.....	115
4. Sectorización.....	115
5. Disposición de las tuberías.....	117
6. Diseño hidráulico de cada sector.....	118
7. Diseño de la tubería primaria.....	129

Anejo 9. Evaluación económica

1. Introducción .....	134
2. Situación inicial: Explotación de secano .....	135
3. Situación final: transformación en regadío .....	137
4. Valor Actual Neto (VAN) .....	139
5. Tasa Interna de Rendimiento (TIR) .....	140
6. Plazo de recuperación .....	141
7. Conclusiones .....	141

# ANEJO 1: ESTUDIO EDAFOLÓGICO

## Contenido

1.Introducción .....	25
2.Edafología del terreno.....	25
3.Interpretación de los resultados .....	26
4.Conclusión .....	39

## 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. El estudio se realizó con el método de evaluación de tierras para riego (Sistema USBR).

En la siguiente fotografía, se localiza la parcela elegida para realizar el estudio edafológico del terreno a estudiar. Se trata de la parcela 108 del polígono 11 del valle de Elorz.



*Figura 1. Visión global de la parcela a estudio*

## 2. Edafología del terreno

Los datos analíticos del suelo a estudiar para la transformación de secano a regadío de la parcela de Torres de Elorz se han obtenido a partir del titular de la parcela quien amablemente ha puesto a disposición los datos analíticos obtenidos por un estudio de suelo realizado por el Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA) en 2009.

Valiéndonos de estos datos, se realizará un estudio de tierras para riego necesario para poder realizar la transformación. Los datos analíticos son los que se encuentran en la tabla próxima (Tabla. 1).



Tabla 1. Resultados analíticos de la parcela 108 del polígono 11 de Torres de Elorz

Resultados Analíticos		
Determinación	Resultado	Unidades
Profundidad	120,00	cm
Pendiente	2,50	%
Humedad	2,89	%
Arena Gruesa (2-0,2 mm)	6,12	%
Arena Media (0,2-0,1 mm)	6,22	%
Arena Fina (0,1-0,05 mm)	8,44	%
Limos Gruesos (0,05-0,02 mm)	15,30	%
Limos Finos (0,02-0,002 mm)	31,09	%
Arcilla (<0,002 mm)	32,83	%
pH agua (1:2,5)	8,00	-
pH KCl 1M (1:2,5)	7,16	-
Materia Orgánica	2,17	%
Fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	61,18	mg/Kg
Potasio (K <sub>2</sub> O)	281,12	mg/Kg
Nitrógeno total	0,14	%
Relación C/N	8,80	-
Carbonatos Totales	7,41	%
Caliza activa	0,91	%
C.E. (1:1)	0,38	dS/m
Yeso	0,00	%

### 3. Interpretación de los resultados

A la hora de valorar y clasificar el suelo presente en el municipio Torres de Elorz, se ha basado fundamentalmente en el método de capacidades agrológicas de los suelos.

Se entiende la capacidad agrológica como la capacidad productiva de un suelo, teniendo en cuenta que no se produzca una pérdida de este. Es decir, se trata de un método que valora la capacidad productiva de un suelo, pero incluyendo el riesgo o la vulnerabilidad de ese suelo.

La forma de clasificar los suelos es a partir de una clase y subclase asignada a cada suelo.

- Clase: se define con números romanos y hace referencia a la capacidad productiva actual de un suelo y a las posibilidades de reducción de esta productividad en el futuro.
- Subclase: se define con letras minúsculas y hace referencia a la limitación que tiene un determinado suelo. La clase I no admite subclases.

La clase y subclase se asignan en función de una serie de criterios que servirán para detectar qué limitaciones tiene cada suelo.

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

- Profundidad
- Textura.
- Encharcamiento
- Riesgo de inundación
- Pedregosidad.
- Afloramiento rocoso
- Salinidad
- Pendiente
- Erosión
- Drenaje
- Presencia de caliza ( $\text{CaCO}_3$ )
- Materia orgánica
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC)
- pH

Profundidad: se tiene en cuenta la profundidad efectiva del suelo, en la cual los cultivos pueden enraizar. La profundidad puede verse limitada por horizontes endurecidos, suelas de labor gruesas, alto nivel freático, elevada cantidad de sales solubles, etc.

El método de la Capacidad Agrológica de las tierras considera varios intervalos de profundidad para evaluar, como se puede ver en la Tabla 2:

Tabla 2. Intervalos considerados en la valoración de la profundidad efectiva de un suelo. Fuente: Apuntes Ordenación del Territorio

Grado	1	2	3	4	5	6
Profundidad (cms) (H)	> 90	90-60	60-30	30-15	15	—
Denominación	Muy pro- fundo.	Profun- do.	Media	Escasa	Suelos Esque- léticos.	Varia- ble.

En el caso de que el suelo sea para cultivo lo que interesa son profundidades más o menos grandes para un buen enraizamiento. Si se destina para infraestructuras de cualquier tipo, la profundidad no es tan relevante, aunque podrían interesar suelos poco profundos donde la roca madre esté cerca de la superficie, garantizando una mejor estructura y ahorro en cimentaciones. En el caso a estudiar, el suelo tiene una profundidad de 120cm por lo que lo consideraríamos como un suelo de **clase I** sin limitaciones.

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

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

A continuación, se muestra la Tabla 3 con la clasificación granulométrica propuesta por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA):

Tabla 3. Clasificación granulométrica según criterio USDA.

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

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

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

Para representar las diferentes clases texturales se ha construido el triángulo de textura, representado en la figura 2 para la clasificación proporcionada por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos.

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

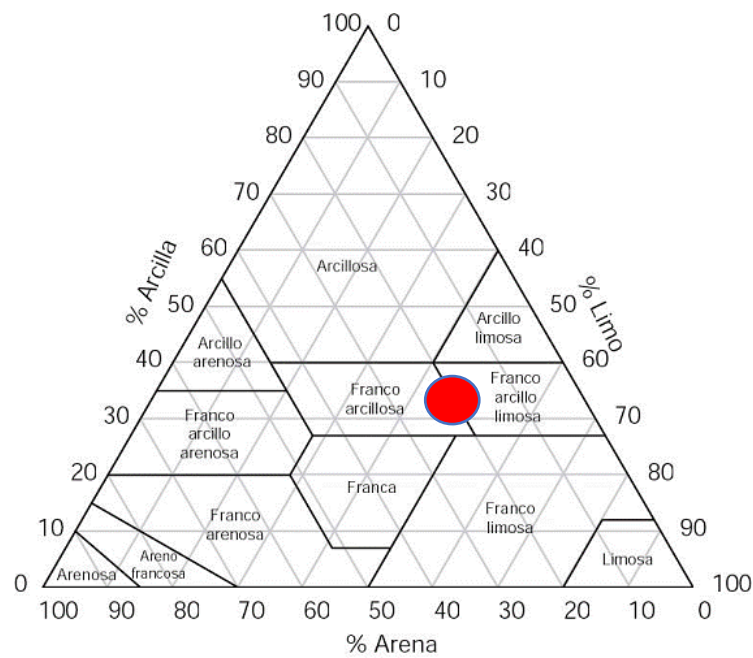


Figura 2. Triángulo de texturas, Clasificación USDA.

El suelo para estudiar se encuentre en el límite entre una textura franco-arcillosa y una textura franco-arcillo-limosa. Sin embargo, si nos fijamos en la Tabla 4, clasificaríamos nuestro suelo como de **clase I**, sin limitaciones ya que tiene un 20.78% de arcilla, 46.39% de limo y 32.83% de arena, por lo que podemos concluir que se trata de un suelo equilibrado.

Tabla 4. Clasificación de suelos según su textura

Grado		1	2a	2b	2c
Textura (T)	% Ar	< 85	> 85	-	-
	% L	< 80	-	> 80	-
	% Ac	< 50	-	-	> 50
Denominación		Equilibrada	No equilibrada		
		Arenosa	Limosa	Arcillosa	
Ar: Arena gruesa + Arena fina		L: Limo		Ac: Arcilla	

**Encharcamiento:** se evalúa a través de la conductividad hidráulica del suelo, aunque este proceso es costoso y se puede hacer una aproximación de la permeabilidad del suelo en función de su textura. También se puede realizar una evaluación a simple vista del suelo, como se puede ver en la tabla 5:

Tabla 5. Clasificación del suelo según su grado de encharcamiento

Grado	1	2	3
Encharcamiento (W)	No hay	Hay, pero no impide el laboero	Hay e impide el laboreo
Denominación	Nulo	Estacional	Permanente

En el caso de que el suelo sea para cultivo, lógicamente un suelo con encharcamiento es desfavorable debido a que impide el crecimiento radicular por la falta de oxígeno. Si se destina para infraestructuras, también es desfavorable ya que pone en riesgo la estabilidad de las estructuras. Sin embargo, el suelo es de **clase I**, ya que no presenta indicios de encharcamiento a lo largo del año, a pesar de que se encuentra pegado a un río.

Riesgo de inundación: en este factor se tienen en cuenta, mediante observación directa, la topografía del terreno o el nivel freático. El riesgo de inundación se define cualitativamente como se ve en la tabla 6, según la periodicidad de inundación del suelo:

Tabla 6. Clasificación del suelo según el riesgo de inundación.

GRADO	1	2	3	4
Peligro de inundación	Nunca	Excepcional	Ocasional	Frecuente

En el caso de que el suelo sea para cultivo dependerá qué tipo de cultivo ya que para algunos es aconsejable algún tipo de inundación, aunque en nuestro caso no es el caso. Si se destina para infraestructuras, la inundación de cualquier tipo es desfavorable puesto que pone en riesgo la estructura y estabilidad de las mismas. Tal y como hemos dicho, nos encontramos en una **clase I**, ya que no hay peligro de inundación.

Pedregosidad: Se cuantifica el recubrimiento superficial en base a la cantidad de gravas (2-25 cm) y piedras (>25 cm) que hay en el suelo. La evaluación se hace en función de la proporción de gravas y piedras que hay respecto del total de elementos gruesos, como se ve en las tablas 7 y 8:

Tabla 7. Clasificación del suelo en función de la proporción de gravas.

Grado	1	2	3	4	5
% Gravas ( $\phi < 25 \text{ cms}$ ) (G)	No hay	<20	20-50	50-90	>90
Denominación	Nulo	Escaso	Medio	Abundte.	Muy abte.

Tabla 8. Clasificación del suelo en función de la proporción de piedras.

Grado	1	2	3	4	5	6
% Piedras ( $\phi > 25 \text{ cms}$ ) (K)	No hay	0,01 - 0,1	0,1 - 3	3 - 15	15 - 90	>90
Denominación	Nulo	Escaso	Medio	Poco Abte.	Abte.	Muy Abte.

En el caso de que el suelo sea para cultivo, un alto grado de pedregosidad es desfavorable ya que dificulta el enraizamiento. Si se destina para infraestructuras interesa que haya cierta cantidad de piedras y gravas ya que garantiza una mejor estabilidad en cimentaciones y además tiene efecto drenante de agua. Nos encontraremos en una **clase I** ya que no hay presencia de rocosos ni gravas.

**Afloramientos rocosos:** se mide a través del porcentaje de superficie en el que aflora roca madre consistente y continúa. Se requiere de la observación en campo y la clasificación se hace siguiendo la tabla 9:

Tabla 9. Clasificación del suelo según la proporción de superficie con afloramientos rocosos.

Grado	1	2	3	4	5	6
% Rocosidad (R)	No hay	< 2	2-10	10-25	25-50	50-90
Denominación	Nulo	Escaso	Medio	Poco frecuente	Frecuente	Muy frecuente

En el caso de que el suelo sea para cultivo este parámetro será desfavorable si tiene gran porcentaje. Si se destina para infraestructuras, puede ser favorable si los afloramientos no son muy pronunciados y se puede hacer uso de ellos para forjar una mejor cimentación de las estructuras. Nos encontramos en una **clase I** ya que no hay presencia de afloramientos rocosos.

**Salinidad:** se puede hacer una evaluación de la tolerancia del cultivo, aunque también en base a la conductividad eléctrica, ambas relacionadas. La clasificación según estos criterios se recoge en las tablas 10 y 11:

Tabla 10. Clasificación del suelo según su salinidad, por el criterio de la tolerancia del cultivo.

Grado	1	2	3
Salinidad (S)	No hay	Restringe los cultivos	Impide el cultivo
Denominación	Nula	Ligera	Alta

Tabla 11. Clasificación del suelo según su salinidad, por el criterio de conductividad eléctrica.

GRADO	1	2	3	4	5
Salinidad (S) CE (dS/m)	< 2	< 4	< 8	< 16	cualquiera

En el caso de que el suelo sea para cultivo, la salinidad es un factor negativo en gran cantidad. Hay cultivos que son tolerantes a una salinidad ligera. Si se destina a infraestructuras, tampoco es aconsejable pues puede poner en riesgo la estabilidad de las estructuras en el caso de que entraría en contacto las sales con los aceros de cimentación. En el caso a estudio, los datos analíticos nos aportan una conductividad eléctrica de 0.38 dS/m por lo que nos encontramos en una **clase I**.

**Pendiente:** se evalúa por medio de observaciones en campo, obteniendo las pendientes medias y se clasifica según la tabla 12:



Tabla 12. Clasificación del suelo según su pendiente.

Grado	1	2	3	4	5	6	7
Pendiente % (P)	3	3-10	10-20	20-30	30-50	50	—
Denominación		suave	moderada	fuerte	muy fuerte	escarpada	variable

En el caso de que el suelo sea para cultivo, una pendiente pronunciada (20-30%) influye negativamente ya que limita la capacidad productiva y perjudica a la conservación del suelo. Si se destina a infraestructuras, en función de su pronunciación, su influencia podrá ser negativa o indiferente. Nos encontramos con una pendiente del 2,5% por lo que **clase I**.

**Erosión:** la evaluación se hace fundamentalmente por medio de observaciones en campo, en base a presencia de surcos, cárcavas, etc. Esta clasificación de la erosión se recoge en la tabla 13:

Tabla 13. Clasificación del suelo según su erosión aparente.

Grado	1	2	3
Erosión aparente (E)	No hay	Tamaño y Nº no impiden el empleo de maquinaria agrícola.	Tamaño y Nº impiden el empleo de maquinaria. Distancia entre cárcavas 30 mts.
Denominación	—	moderada	severa

En el caso de que el suelo sea para cultivo se valora negativamente ya que puede impedir la correcta utilización de maquinaria, afecta a la conservación del suelo, etc. Si se destina para infraestructuras, en principio no influye negativamente, aunque si lo puede hacer para el movimiento de maquinaria y personal. Se tratará de una **clase I** ya que no hay presencia de erosión en campo.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos podemos concluir que el suelo de la parcela se trata de una clase I, que son suelos con pocas limitaciones, aptos para un laboreo permanente del mismo. Las distintas clases de suelo se pueden observar en la figura próxima.

Tabla 14. Clases agrológicas según el sistema USBR

CLASE AGROLOGICA	CARACTERISTICAS
<b>I</b>	Suelos con pocas limitaciones. Apta para laboreo permanente
<b>II</b>	Suelos con algunas limitaciones que restringen la elección del cultivo o requieren prácticas moderadas de conservación. Apta para laboreo permanente
<b>III</b>	Suelos con limitaciones importantes que restringen la elección del cultivo o requieren prácticas especiales de conservación o ambas cosas. Apta para laboreo permanente
<b>IV</b>	Suelos con limitaciones muy importantes que restringen la elección del cultivo y requieren un manejo muy cuidadoso. Es una clase transicional que solo permite un laboreo ocasional
<b>V</b>	Suelos con poco o sin riesgo de erosión pero con otras limitaciones imposibles de eliminar en la práctica que limitan el uso a pastos o explotación forestal
<b>VI</b>	Suelos con limitaciones muy importantes que hacen de ellos impropios para el cultivo. Usos: pastos, forestal
<b>VII</b>	Suelos con limitaciones muy importantes, mas severas que para la clase VI debido a una o mas limitaciones continuas que no pueden ser corregidas, impropios para el cultivo. Usos: pastos, forestal
<b>VIII</b>	Suelos no aprovechables ni para uso agrícola, pastos, ni forestal. Rocas desnudas, arenales, zonas pantanosas etc.

Por otro lado, aunque no sean necesarios para el estudio son muy importantes también de conocer los siguientes aspectos del suelo:

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

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

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

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

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

La conductividad eléctrica es de 0,38 dS/m y al ser menor de 1 dS/m podemos concluir que no hay necesidad de crear ningún sistema de drenaje.

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

Tabla 15. Clasificación del suelo en función del % de  $\text{CaCO}_3$

$\text{CaCO}_3$ (%)	EVALUACION
0 - 5	muy bajo
5 - 10	bajo
10 - 20	normal
20 - 40	alto
> 40	muy alto

En el suelo se encuentra 7.41% de carbonatos, por lo que se trata de un suelo con presencia baja de carbonatos cálcicos.

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

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

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

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

El contenido en materia orgánica del suelo puede medirse a través del contenido orgánico fácilmente oxidable o bien mediante la relación C/N. Dicha relación proporciona información sobre la velocidad de mineralización de la materia orgánica (actividad de los microorganismos en el suelo). De esta forma, los residuos vegetales proporcionan un humus de mejor calidad cuanto menor es la relación C/N, situación que se traduce en una mayor riqueza de nitrógeno en el suelo, elemento habitualmente deficitario. La relación C/N del suelo será de 8.80% por lo que se producirá una descomposición rápida.

Por otro lado, nos encontramos con un 2.17% de materia orgánica, por lo que podemos concluir que estamos ante un suelo débilmente húmífero con escasa vegetación (Clima cálido) y un grado de descomposición rápido.

#### Capacidad de intercambio catiónico:

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

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

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

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

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

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

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

La capacidad de intercambio catiónico de los suelos se encuentra entre 10-30 cmol/kg, aunque puede llegar a valores más altos cuando el suelo tiene gran cantidad de compuestos orgánicos.

Tabla 16. Criterios de calificación del suelo en función del CIC

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

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

**pH:** En el caso de los iones de hidrogeno 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 tal y como se detalla seguidamente:

- **Propiedades físicas:** los pH neutros son los más adecuados para las propiedades físicas de los suelos. Con pH muy ácidos existe una intensa alteración de minerales y la estructura del suelo se vuelve inestable. Con pH básicos, la arcilla se dispersa y se destruye la estructura del suelo. El pH de suelo más idóneo desde el punto de vista agronómico es entre 6 y 7.

- Propiedades químicas: la asimilación de nutrientes del suelo está influenciada por el pH. Asimismo, el pH puede afectar a la solubilidad de las sustancias químicas del suelo.

Tabla 17. Clasificación de los suelos según su pH. USDA, 1971.

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

El pH del análisis es de 8,0 por lo que nos encontramos ante un suelo básico. Por lo tanto, habrá que hacer análisis del suelo periódicamente por si aumentase el pH.

#### 4. Conclusión

Finalmente podemos concluir que nos encontramos frente a un suelo profundo con textura franco arcilloso, con un pH básico, un buen drenaje, poca erosionabilidad y unas buenas propiedades agrológicas para el laboreo ya que en la evaluación realizada obtenemos un suelo de Clase I, apto para el laboreo permanente y con pocas limitaciones.

# ANEJO 2: ESTUDIO CLIMÁTICO

## Contenido

1.Introducción .....	42
2.Características agroclimáticas .....	42
2.1. Características térmicas .....	42
2.2. Características hídricas.....	44
2.3. Diagrama ombrotérmico.....	45
3.Clasificación climática .....	46
3.1. Tipo de invierno.....	46
3.2. Tipo de verano.....	47
3.3. Régimen de humedad .....	48
4.Limitaciones agroclimáticas de los cultivos .....	50
5.Conclusión .....	52



## 1. Introducción

Para este punto a tratar se ha consultado el Estudio Agroclimático de Navarra y se han obtenido datos de la estación automática de Pamplona, situada en la Upna (ETSIA), perteneciente al Gobierno de Navarra. El Término Municipal de Pamplona también cuenta con una estación, pero ésta última tiene la consideración de manual, mientras que la ubicada en el sario 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 ambas estaciones induce a suponer que no habrá muchas diferencias climáticas entre ambos, se decide tomar los datos ofrecidos por la Estación termo-pluviométrica de la ETSIA, además, de por qué se trata de la estación más cercana a la parcela en la que se va a llevar a cabo la transformación

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: 612019

Y: 4738655

Altitud: 433 m

Fecha de instalación: 01/04/2004

## 2. Características agroclimáticas

A continuación, se detallan los datos referentes a las temperaturas y precipitaciones tomados de la estación meteorológica de Pamplona (ETSIA).

### 2.1. 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 (2008-2017), datos referentes a la temperatura media, temperatura media máxima y mínima y temperaturas máximas y mínimas absolutas.

Tabla 1. Relación de datos referentes a la temperatura entre los años 2008-2017

Tª	Temperatura máxima absoluta (°C)	Temperatura media de máximas (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura media de mínimas (°C)	Temperatura mínima absoluta (°C)
Enero	17,35	9,18	5,06	0,94	-7,44
Febrero	19,47	10,26	5,64	1,01	-7,66
Marzo	25,93	13,77	8,43	3,09	-4,57
Abril	29,51	16,92	11,16	5,40	-1,73
Mayo	32,88	20,17	14,19	8,21	-0,60
Junio	37,92	24,57	18,20	11,83	3,76
Julio	37,64	27,39	20,71	14,03	6,67
Agosto	39,58	28,14	21,09	14,03	6,92
Septiembre	35,00	24,08	17,62	11,16	3,62
Octubre	29,85	19,96	13,97	7,97	-2,18
Noviembre	23,73	12,95	8,85	4,74	-6,01
Diciembre	17,73	9,62	5,52	1,41	-7,90
Año	28,88	18,08	12,53	6,99	-1,43

A raíz de los datos obtenidos se observa cómo para la zona estudiada el mes más cálido es agosto con una temperatura media de 21,09°C y el mes más frío enero con una temperatura media de 5,06°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 no supera los 1,5°C.

Otro aspecto importante que se debe analizar es la frecuencia y el periodo más habitual de las heladas. Dichas heladas, por su repercusión sobre los cultivos agrícolas, es un factor por 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.

Tabla 2. Número de días con heladas en función de cada mes entre los años 2008-2017

Días de helada	
Enero	8,20
Febrero	5,40
Marzo	1,20
Abril	0,70
Mayo	0
Junio	0
Julio	0
Agosto	0
Septiembre	0
Octubre	0,10
Noviembre	2,60
Diciembre	7,80
Año	26,00

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 30 de abril. Por tanto, el periodo libre de heladas se sitúa desde el 30 de abril al 30 de octubre.

## 2.2. Características hídricas

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

Tabla 3. Datos de precipitaciones entre los años 2008-2017

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
Precipitación media (mm)	96,53	90,49	80,65	50,78	57,95	56,03	20,04	17,83	25,44	38,82	93,10	49,54	677,19
Precipitación máxima 24 horas (mm)	62,80	48,70	40,20	36,70	53,30	59,20	54,80	38,20	22,20	59,20	56,90	39,40	47,63
Días de lluvia	13,90	13,10	13,10	12,40	12,10	9,40	6,30	5,70	7,70	8,60	14,90	12,10	129,30
Días de nieve	2,60	2,30	1,50	0,70	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,70	1,60	9,50
Días de granizo	0,10	0,20	0,40	0,50	0,40	0,30	0,30	0,30	0,10	0,10	0,10	0,00	2,80
ETP	12,00	15,30	31,40	43,50	74,20	103,80	126,10	119,20	82,40	51,80	23,90	13,30	696,70

Se observa como las precipitaciones son irregulares, siendo la media anual de 677.19 l/m<sup>2</sup>. Los meses más lluviosos son enero, febrero, marzo y noviembre, mientras que los menos lluviosos son los meses de julio, agosto y septiembre.

Por otro lado, hay que indicar que la precipitación máxima en 24 horas se logró en enero y alcanzó un valor de 62,80 mm y el más bajo en septiembre con unos valores de 22,20 mm.

Además, se obtuvo el número de días que llueve, nieva y graniza a lo largo del año que se sitúa en 129,30 días al año de lluvia, 9, 5 días de nieve y 2,8 días de granizo.

Por último, comentar que la Evapotranspiración Potencial según el índice de Thornthwaite nos dio unos valores de 696,70 mm que son las pérdidas de agua desde una superficie de suelo en condiciones definidas. Por lo que el suelo perderá 696,70 mm de agua.

### 2.3. Diagrama ombrotérmico

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

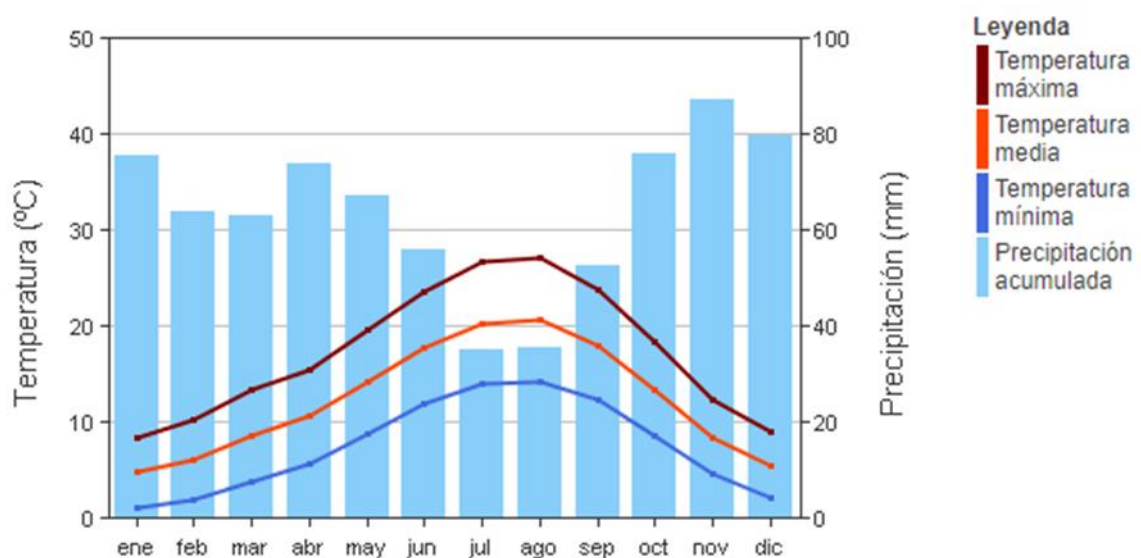


Figura 1. Diagrama ombrotérmico

### 3. Clasificación climática

A partir de los datos 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

En la Tabla 4. se muestran los diferentes tipos de inviernos, según los distintos límites térmicos que pueden tener:

Tabla 4. Clasificación de los diferentes tipos de invierno

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

Atendiendo a esta clasificación nos encontramos ante un tipo de invierno av (avena fresca).

## 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:

Tabla 5. Clasificación de los distintos tipos de veranos

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]			

Donde:

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

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

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

$t_2$  = Media de las medias de las temperaturas mínimas de los 2 meses más cálidos (°C)

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

### 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.

Tabla 6. Régimen de humedad

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

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

Atendiendo a esta clasificación nos encontramos ante un clima Mediterráneo húmedo (ME).

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

Tipo de Invierno	av (Avena fresco)
Tipo de Verano	O (Oryza)
Régimen de Humedad	ME (Mediterráneo húmedo)

Grupo climático	Mediterráneo templado húmedo
Fórmula climática	avOME

Tabla 7. Clasificación climática de Torres de Elorz

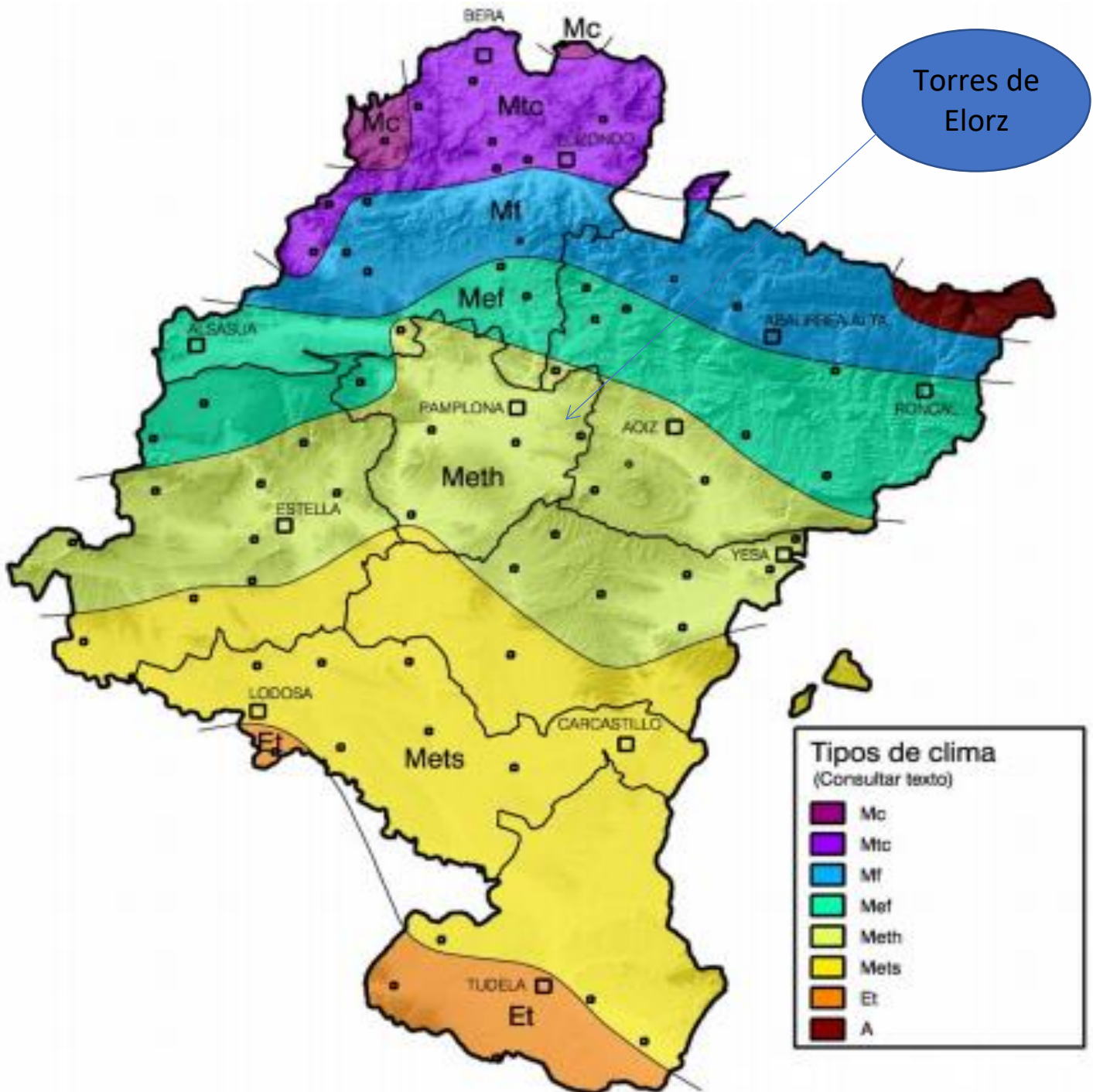


Figura 2. Clasificación climática de Navarra según el modelo de Papadakis



#### 4. Limitaciones agroclimáticas de los cultivos

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

Tabla 8. Limitaciones agroclimáticas de los cultivos

Cultivo	Tipo Invierno	Tipo Verano	Régimen de Humedad	Observaciones
<b>Maíz</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>Esparrago</b>				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se desarrolla bajo climas muy variados por lo que su área geográfica es muy extensa. Resiste tanto los fuertes calores, como las fuertes heladas invernales, que solo influyen en el momento de la recolección, retrasándola más o menos.</li> </ul>

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:

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

<b>Cultivo</b>	<b>Zona Agroclimática V</b>
<b>Maíz</b>	2 <sup>e</sup> , p, r
<b>Guisante</b>	2, p, r
<b>Brócoli</b>	2, pv, r
<b>Esparrago</b>	2, , r

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: Temperaturas 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. Conclusión

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 húmedo” con una precipitación media anual de 677,19 mm y una temperatura media anual aproximada de 12,53 °C. El mes más cálido es agosto con una temperatura media de 21,09°C y el mes más frío enero con una temperatura media de 5,06°C.

Respecto a las precipitaciones, meses más lluviosos son enero, febrero, marzo y noviembre, mientras que los meses menos lluviosos son los meses de julio, agosto y septiembre.

El periodo libre de heladas comprende desde el 30 de abril al 30 de octubre.

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

Los cultivos propuestos en la alternativa: maíz, guisante, brócoli y espárrago 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 3:  
ESTUDI DE LA CALIDAD  
DEL AGUA DE RIEGO**

## Contenido

1. Introducción .....	56
1.1. Factores limitantes .....	56
1.2. Resultados analíticos.....	57
2. Interpretación de los resultados .....	58
3. Conclusiones.....	65

## 1. Introducción

En este anejo, se va a proceder a estudiar el agua de riego con la que se regara la rotación de cultivos propuesta de la parcela. El agua necesaria va a ser obtenida del Canal de Navarra aprovechando su paso por las cercanías del término municipal de Torres de Elorz. Los diferentes resultados analíticos han sido proporcionados por el departamento de ingeniería rural de la UPNA.

### 1.1. Factores limitantes

Existen gran variedad de factores capaces de limitar el uso del agua para regadío. A continuación, se exponen los más importantes:

- **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:

*Tabla.1. Clasificación de la calidad del agua*

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

- **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, en la Tabla.2, se exponen los resultados físico-químicos obtenidos en este estudio:

Tabla.2. Resultados de los análisis físico-químicos

Resultados físico-químicos				
Parámetro	Unidad	Valor	Unidad	Valor
Amonio total	<0,13	mg/L NH <sub>4</sub>	0,0071	mEq/L
Aspecto	2	--		
Cloruros	<7,0	mg/L Cl	0,197	mEq/L
Conductividad a 20 °C	193,8	μS/cm		
DBO <sub>5</sub>	<3,0	mg/L O <sub>2</sub>		
Demanda química de oxígeno	<5,0	mg/L O <sub>2</sub>		
Fosfatos	<0,05	mg/L PO <sub>4</sub>	0,0015	mEq/L
Nitratos	1,2	mg/L NO <sub>3</sub>	0,024	mEq/L
Oxígeno disuelto	12,1	mg/L O <sub>2</sub>		
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		
Cadmio	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 (CO <sub>3</sub> )	0,00	mg/L CO <sub>3</sub>	0,00	mEq/L
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H)	156,1	mg/L CO <sub>3</sub> H	2,56	mEq/L
Sólidos en suspensión	<5	mg/L		
Sulfatos	5,4	mg/L SO <sub>4</sub>	0,111	mEq/L
Temperatura del agua	8,3	°C		
Temperatura del aire	7,8	°C		

Estos datos han sido proporcionados por el departamento de desarrollo rural de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la UPNA.



## 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 datos 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: La acumulación de sales solubles en el suelo reduce la disponibilidad del agua para las plantas, ya que las raíces tienen que hacer un sobreesfuerzo para absorber el agua (debido a que disminuye el potencial osmótico del suelo). Esto produce una reducción del rendimiento de los cultivos, de una forma prácticamente lineal respecto a la concentración de dichas sales.

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

El contenido en sales y la conductividad eléctrica están relacionados por la siguiente expresión:  $C = 0,64 \cdot CE$

Donde:

C: Contenido en sales total (ppm)

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

En este caso:

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

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 1 g/l, por lo que es un considerado un valor aceptable.

- Iones: En un análisis representativo para establecer si una determinada 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 físico-químico 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.3) 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.

Tabla.3. Índice SAR en aguas de regadío

Valoración	Valor SAR	Observaciones
Ninguno	<3	Sin restricciones en el uso del agua
Ligero a moderado	De 3 a 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 el agua es causante de un incremento de sodio
Agudo	>9	Daño severo

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

$3 - (0,65 \cdot 7) = -1,55 \leq 0$ ; 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:

Tabla 4. Interpretación del Coeficiente alcalimétrico (K).

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

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

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):

$$C.S.R. = (|CO_3^{2-}| + |CO_3 H^{-}|) - (|Ca^{2+}| + |Mg^{2+}|)$$

En este caso:

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

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.

Por tanto, desde el punto de vista del carbonato sódico residual, se trata de 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 en la Tabla.5 la clasificación del agua en función de los °F:

Tabla.5. 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

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

### **NORMAS COMBINADAS**

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

**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 FUNCIÓN 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

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 μS/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 → 17%
- [ΣSales Totales] = [ΣCationes]+ [ΣAniones] =5,503 meq/l

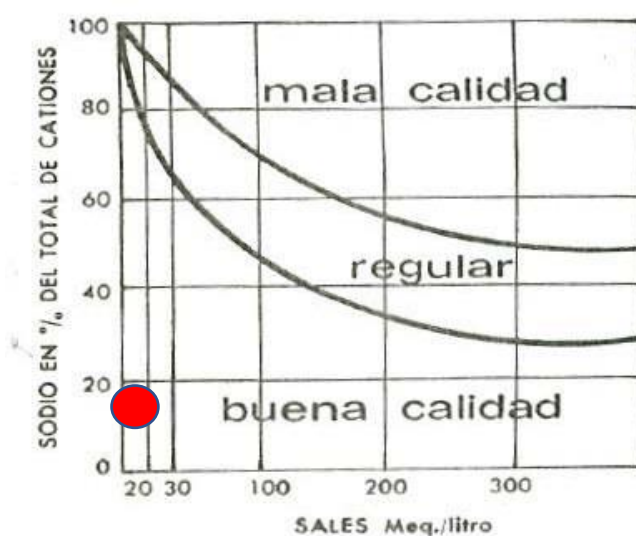


Fig.1. Diagrama para la interpretación de la calidad de un agua de riego.

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.

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

$$Na / Total Cationes (Expresado en \%) = 17\%$$

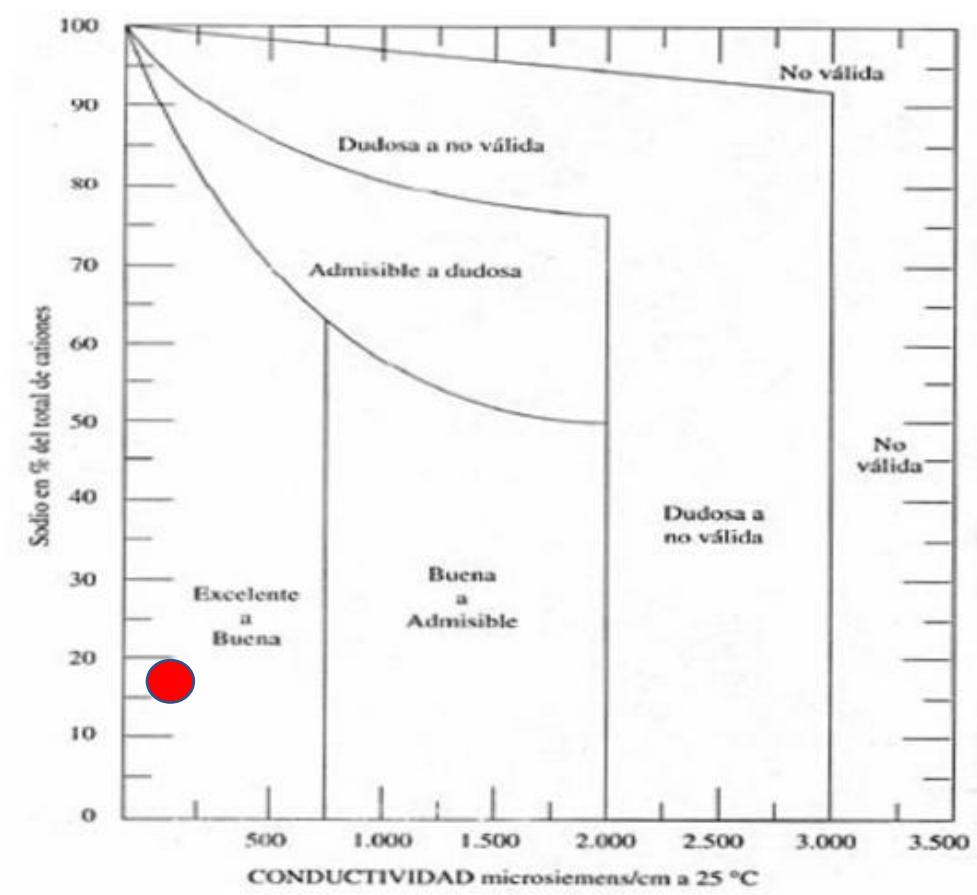


Fig.2. Diagrama para la interpretación de la calidad de un agua de riego.

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 4: ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

## Contenido

1.Introducción .....	68
2.Objetivos .....	68
3.Métodos .....	68
4.Aspectos clave de la implantación de riego en una parcela .....	68
5.Alternativas para los aspectos clave .....	69
5.1.Rotación de cultivos .....	69
5.2.Tipo de riego .....	70
5.3.Necesidad de nutrientes .....	71
5.4.Suelo.....	72
5.5.Acceso de la maquinaria .....	73
5.6.Prevenición de enfermedades y lucha contra plagas .....	74
6.Criterios de valoración de las soluciones .....	75
7.Escalas de valoración de los criterios.....	75
7.1.Ámbito económico .....	75
7.2.Ámbito técnico-funcional.....	76
7.3.Ámbito medioambiental .....	76
7.4.Adaptación al lugar .....	76
8.Valoración de las soluciones .....	77
9.Conclusión.....	78

## 1. Introducción

Mediante este análisis se pretenden resolver posibles problemas que se encontrarán a la hora de realizar un proyecto, en este caso la transformación de una parcela de secano a regadío. Se buscarán diferentes alternativas y, posteriormente se valorarán siguiendo una escala, con la cual se podrá visualizar cuál de ellas es la mejor alternativa para la realización del proyecto.

Para ello se tendrá en cuenta, entre otros, qué tipo de riego se quiere implantar, cuánta cantidad de agua va a hacer falta para satisfacer las necesidades de los cultivos, que rotación de cultivos se va a llevar a cabo y el destino de la producción.

## 2. Objetivos

El objetivo de este análisis es el de presentar una serie de alternativas para los puntos críticos de un proyecto de transformación de una parcela de secano a regadío para elegir las opciones más eficientes para la realización del proyecto

## 3. Métodos

El método utilizado para la evaluación de alternativas es la Escala de valoración. Mediante este método, se le asigna a cada alternativa considerada valores de entre 0 y 5 siendo el 5 el mejor valorado.

Para ello, se construye una matriz con las diferentes alternativas para cada punto crítico y se procede a la asignación de las diferentes escalas de cada opción en función de los criterios económicos, medioambientales, funcionales y de adaptación.

Una vez asignados a cada uno de los criterios las escalas de valoración, se puntúa cada alternativa, teniendo en cuenta que cada criterio tendrá mayor o menor importancia en la resolución del objetivo.

## 4. Aspectos clave de la implantación de riego en una parcela

Algunos de los aspectos más importantes a la hora de realizar una transformación de secano a regadío son:

- El tipo de cultivo que se quiera sembrar y la rotación de cultivos que se va a producir a lo largo de los años en esa parcela, ya que dependiendo del terreno se van a adaptar mejor unos cultivos u otras. Además, habrá que tener en cuenta el

cultivo más productivo de todos y el que mejor se adaptará a las condiciones climáticas de la zona.

- El tipo de riego que se va a utilizar, ya que en función del cultivo que vayamos a producir, el riego de la parcela será distinto.
- La necesidad de agua que tiene el cultivo, debido a que dependiendo de la pluviometría del lugar se necesitará aportar más cantidad o no.
- Las necesidades nutritivas del cultivo, ya que el cultivo también necesita de nutrientes provenientes del suelo y dependiendo de si este suelo es fértil o no, puede suponer un problema para el crecimiento del cultivo.
- El acceso de la maquinaria, ya que tendrán que poder llegar a la parcela tractores, aperos de labranza, cosechadora, etc.

## 5. Alternativas para los aspectos clave

Entre las alternativas más importantes para una buena transformación de una parcela de secano a regadío, destacan:

Tabla 1. Alternativas a los problemas planteados

Problemas	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Rotación de cultivo	Cereal	Hortícola anual	Hortícola plurianual
Riego	Por goteo	Por aspersión	A manta
Nutrientes	No abonado	Abono orgánico	Abono inorgánico
Suelo	Cubierta vegetal	Laboreo tradicional	Laboreo mínimo
Acceso maquinaria	Acceso	Mal acceso	
Prevención enfermedades	Control biológico	Plaguicidas/insecticidas	Nada

### 5.1. Rotación de cultivos

#### **Cereal**

Consiste en una rotación de cultivos en la parcela con cultivos cerealistas como el trigo, cebada y avena entre otros.

Ventajas: Cultivo muy productivo y que produce grandes ganancias económicas.

Desventajas: No tiene grandes necesidades hídricas, provoca la aparición de plagas y tienen gran necesidad de productos fitosanitarios perjudiciales para el medio ambiente.

### **Hortícola anual**

Consiste en una rotación de cultivos en la parcela con cultivos hortícolas anuales como el brócoli, maíz y guisante verde entre otros que tienen grandes necesidades hídricas.

Ventajas: Cultivo muy productivo, que produce grandes ganancias económicas y favorece la obtención de nitrógeno en el suelo.

Desventajas: La recolección en alguna de ellas es manual por la falta de maquinaria (cosechadoras) de ese cultivo.

### **Hortícola plurianual**

Consiste en una rotación de cultivos en la parcela con cultivos hortícolas plurianuales como el esparrago blanco y el esparrago verde entre otros que tienen grandes necesidades hídricas.

Ventajas: Cultivo productivo y que produce ganancias económicas.

Desventajas: En función del año puede dar pocas ganancias económicas por la poca productividad, debida a las condiciones meteorológicas adversas que se han tenido en el año.

## 5.2. Tipo de riego

### **Riego por goteo**

Método de riego moderno en el cual el agua es aplicada directamente a la zona radicular de la planta. En los sistemas de riego por goteo se utiliza emisores de caudales bajos y las presiones de operación son relativamente bajas.

Ventajas: Alta eficiencia de aplicación. No se pierde agua por escorrentías ni evaporaciones. El viento no afecta a la distribución. Reducción de enfermedades debido a una reducción de agua en la parte aérea de la planta y en el ambiente. Bajo mantenimiento. Costes de instalación más económicos que los otros sistemas. Facilidad para la aplicación de fertilizantes.

Desventajas: no se puede utilizar el sistema con posibilidad de lucha contra heladas, como se hace con la aspersión. Mayor riesgo de acidificación del suelo. Mayor riesgo del lavado de nutrientes.

### **Riego por aspersión**

Consiste en la implantación de un sistema de tuberías y aspersores a lo largo de toda la parcela para cubrir todas las zonas de ella.

Ventajas: puede regar con frecuencia zonas grandes, en menos tiempo y con poco esfuerzo. Los aspersores permiten la regulación del riego, se puede aplicar más o menos agua dependiendo de las necesidades y de las lluvias.

Desventajas: el gasto de agua es mayor, se mojan más las hojas y frutos haciendo que puedan coger más enfermedades producidas por hongos, el viento puede afectar a la uniformidad del riego.

### **Riego a manta**

Consiste en mojar toda la superficie del campo, para asegurarnos de esta forma que todo el suelo pueda beneficiarse del agua. Cuando el campo se queda cubierto de agua, esta se filtra en la tierra a dos niveles; en la superficie, siendo aprovechada por la planta y en la profundidad, siendo esta aprovechada por la propia tierra.

Ventajas: Requiere de una baja infraestructura y puede producir un lavado de sales acumuladas en exceso en el suelo, empujándolas a niveles más profundos.

Desventajas: Requiere de ciertas infraestructuras de canalización del agua hacia la parcela cómo sistemas de acequias y compuertas. También, de un trabajo importante de movimientos de tierra para nivelarla y la posibilidad de estar continuamente controlando la distribución del agua en la parcela y su buena ejecución.

## 5.3. Necesidad de nutrientes

### **No abonado**

Consiste en no aplicar ningún abono externo al suelo, ni orgánico, ni inorgánico.

Ventajas: reducción de los costes del manejo.

Desventajas: si se trata de un suelo con baja fertilidad, esto hará que disminuya la producción y la calidad, además que se irá empeorando la estructura del suelo al ir agotándose la materia orgánica que hay en el suelo.

### **Abonado orgánico**

Fertilizante que proviene de animales, humanos, restos vegetales de alimentos, restos de cultivos de hongos comestibles u otra fuente orgánica y natural.

Ventajas: permiten aprovechar residuos orgánicos. Recuperan la materia orgánica del suelo y permiten la fijación de carbono en el suelo, así como mejoran la capacidad de absorber agua y suelen necesitar menos energía para su elaboración.

Desventajas: pueden ser fuentes de patógenos si no están adecuadamente tratados.

### **Abono inorgánico**

Sustancias químicas sintetizadas, ricas en fósforo, calcio, potasio y nitrógeno, que son nutrientes que favorecen el crecimiento de las plantas.

Ventajas: es más barato que el abono orgánico y actúa más rápidamente.

Desventajas: daña el suelo por su mayor contenido en sal. Así, lo que en realidad sucede con los fertilizantes inorgánicos es que no consiguen enmendar el suelo, sino simplemente alimentar la planta.

## 5.4. Suelo

### **Cubierta vegetal**

Consiste en la implantación de vegetación en las calles para reducir la erosión del suelo provocada por las lluvias otoñales.

Ventajas: Aportar nutrientes y materia orgánica al suelo, controlar el rendimiento, pues compite con las malas plantas, reducir el apelmazamiento por el paso de la maquinaria, etc.

Desventajas: La competencia que ejerce por los nutrientes y el agua y que aumenta el riesgo de heladas.

### **Laboreo tradicional**

Técnica para el mantenimiento físico del suelo en el que se trabaja los primeros 30cm del suelo con un arado o vertedera normalmente.

Ventajas: Esta alternativa permite la oxigenación de los horizontes superiores, mejora la estructura del perfil superior, facilita la incorporación de fertilizantes y enmiendas, y permite un control temporal de las malas hierbas, entre otras cosas.

Desventajas: Aumenta el riesgo de heridas en el tronco e incluso desarraigo de las cepas, obliga a aportes regulares de materia orgánica (por acelerar la mineralización), provoca la degradación de la estructura debido a la formación de costra de labor y aumenta el riesgo de déficit hídrico al no aprovecharse las lluvias de baja cuantía.

### **Mínimo laboreo**

Consiste en la reducción de las actividades y tiempo de laboreo, se trabaja la capa superficial de la tierra (10cm) con un chisel normalmente.

Ventajas: Se reduce la pérdida de suelo y se conserva la humedad, se apelmaza menos el suelo y respeta más el medio ambiente.

Desventajas: Se trabaja más rápido y se deben emplear más herbicidas, por la presencia de mayo maleza.

## 5.5. Acceso de la maquinaria

### **Fácil acceso**

Se trata de la posibilidad de entrada de la maquinaria en la parcela para llevar a cabo las labores.

Ventajas: La buena realización de todas las labores que supondrán un aumento de la producción y por tanto un aumento en las ganancias económicas.

Desventajas: La contaminación ambiental de la maquinaria.

### **No acceso**

Se trata de la imposibilidad de entrada de la maquinaria en la parcela para llevar a cabo las labores.

Ventajas: La no necesidad de maquinaria, que supone un menor gasto económico.

Desventajas: El aumento del tiempo necesario para la realización de las labores necesarias en el cultivo, y su mala realización sin adecuadas maquinas. En definitiva la mala ejecución de todas las labores que supondrá una disminución de la producción.



## 5.6. Prevención de enfermedades y lucha contra plagas

### **Control biológico**

Técnicas para reducir o eliminar especies de animales o plantas indeseables, por métodos naturales como la intervención en alguna de las fases del ciclo biológico (por ejemplo, suelta masiva de machos estériles de una especie de insectos) o el control de las poblaciones por medio de depredadores.

Ventajas: Una vez que un programa de control biológico está en marcha, los aspectos de campo del programa son de bajo costo en comparación con otros métodos de control y que requieren poco esfuerzo humano. Los animales y plantas beneficiosas, así como las personas, en un área donde se utiliza el control biológico no son afectados por lo general por este método de control.

Desventajas: no todas las plagas pueden ser controladas por agentes biológicos, o una plaga puede ser tan similar o beneficiosa a una planta nativa o insecto que el riesgo de introducir el agente de control es mayor que cualquier beneficio y el control biológico no elimina la población de la plaga por entero.

### **Utilización de plaguicidas e insecticidas**

Se trata en la utilización de algunos tipos de insecticidas y plaguicidas para reducir los posibles efectos perjudiciales de insectos, nematodos y demás.

Ventajas: su forma económica y no directa de controlar las plagas, son rápidos y eficaces.

Desventajas: requieren mano de obra y son muy perjudiciales para el medio ambiente.

### **No utilizar nada**

Consiste en no realizar nada, dejar que el cultivo crezca libremente sin aplicar ningún tipo de fitosanitario ni control.

Ventajas: resulta muy económico y respetuoso con el medio ambiente.

Desventajas: No se tratarían las enfermedades ni las plagas y, por tanto, la producción y calidad se verían afectadas.

## 6. Criterios de valoración de las soluciones

A continuación, se refleja las diferentes ponderaciones que se les va a atribuir a cada criterio de valoración:

Tabla 2. Porcentaje de cada criterio de valoración

Criterios de valoración	Porcentaje (%)
Económico	40%
Técnico	30%
Medioambiental	10%
Adaptación al lugar	20%

El criterio económico y el técnico tienen más peso en la ponderación que los otros dos criterios ya que para la implantación de un regadío, lo más importante es que resulte viable económicamente y después, que sea eficiente y dé la máxima producción para obtener los mayores beneficios posibles.

Después, el criterio de adaptación tiene mayor ponderación que el criterio medioambiental ya que es más importante que se adapten al terreno para poder dar los mejores resultados antes que respeten el medio ambiente.

## 7. Escalas de valoración de los criterios

Las soluciones se van a valorar en cuanto al ámbito económico, medioambiental, técnico-funcional y si se adaptan al terreno en el que se encuentran.

### 7.1. Ámbito económico

- 1 → Muy caro y poco viable económicamente.
- 2 → Caro pero viable económicamente.
- 3 → Precio medio y viable económicamente.
- 4 → Barato y viable económicamente.
- 5 → Muy barato y bastante viable económicamente.

### 7.2. Ámbito técnico-funcional

- 1 → El sistema no funciona, no da producción.
- 2 → El sistema da una producción baja.
- 3 → Correcta producción, pero lejos de la eficiencia deseada.
- 4 → Mejor producción y se acerca a la eficiencia esperada.
- 5 → Producción máxima y máxima eficiencia.

### 7.3. Ámbito medioambiental

- 1 → Alto riesgo de contaminación con consecuencias graves permanentes.
- 2 → Riesgo de contaminación sin consecuencias permanentes.
- 3 → Sin consecuencias dañinas ni favorables en el medioambiente.
- 4 → Permite la conservación del medioambiente.
- 5 → Ayuda en la conservación del equilibrio medioambiental.

### 7.4. Adaptación al lugar

- 1 → No se puede instalar.
- 2 → No se adapta al terreno.
- 3 → Se adapta bien pero no contribuye a una buena utilización de los recursos.
- 4 → Se adapta bien y contribuye a una buena utilización de los recursos.
- 5 → Se adapta perfectamente y contribuye a una perfecta utilización de los recursos.

## 8. Valoración de las soluciones

La tabla refleja la puntuación que obtienen las alternativas escogidas para cada proceso con respecto a cada criterio de valoración. Obteniendo la puntuación final de cada una de ellas, las cuales han sido calculadas mediante los criterios de ponderación anteriormente citados en el apartado 7.

Tabla 3. Las distintas alternativas propuestas puntuadas del 1 al 5

	Rotación de cultivo			Riego		
	Cereal	Hortícola anual	Hortícola plurianual	Por goteo	Por aspersión	A manta
Económico	2	5	5	3	5	1
Técnico	3	5	5	2	5	2
Medioambiental	3	3	3	3	3	3
De adaptación	3	4	4	2	4	1
Puntuación final	2,60	4,60	4,60	2,50	4,60	1,50

	Suelo			Acceso maquinaria	
	Cubierta vegetal	Laboreo tradicional	Laboreo mínimo	No acceso	Acceso
Económico	3	5	3	1	5
Técnico	3	5	4	1	4
Medioambiental	4	2	3	5	2
De adaptación	3	5	4	2	5
Puntuación final	3,10	4,70	3,50	1,60	4,40

	Nutrientes			Prevención de enfermedades		
	Abono orgánico	No abonado	Abono inorgánico	Control biológico	Plaguicidas/insecticidas	Nada
Económico	4	1	5	4	5	1
Técnico	3	1	5	3	4	1
Medioambiental	4	5	4	2	2	5
De adaptación	3	3	3	3	5	3
Puntuación final	3,50	1,80	4,50	3,30	4,40	1,80

## 9. Conclusión

El cultivo que mejor se va a adaptar a nuestras condiciones climáticas y a la rotación de cultivos va a ser un cultivo hortícola anual y plurianual, ya que combina muy bien con el riego por aspersión y nos va a aportar unos grandes beneficios económicos.

Por otro lado, el riego por aspersión es la mejor alternativa a la necesidad de agua ya que cada vez las precipitaciones son menores y, por lo tanto, es necesario un sistema de riego, y éste es más económico y efectivo que el de goteo o inundación.

En cuanto al suelo, la mejor opción será un laboreo tradicional con un subsolador para romper la suela de labor y un pase de vertedera para dejar la tierra fina y preparada para el cultivo.

El acceso de maquinaria a la parcela será una opción claramente mejor que la de la no utilización de maquinaria que nos supondrá una ventaja en la realización de las labores pertinentes.

Además, el abono inorgánico es la alternativa para solucionar la necesidad de nutrientes que mayor puntuación ha obtenido por las diversas ventajas que se han nombrado anteriormente.

Finalmente, el uso de insecticidas y plaguicidas será la mejor opción para hacer frente a las enfermedades del cultivo y las plagas que nos permitirá obtener una buena producción y por tanto un gran beneficio económico.

Por lo que, a modo de resumen, realizaremos una rotación de cultivos hortícola anual que se regarán por aspersión, con un suelo en el que se habrán llevado a cabo una serie de labores tradicionales con distinta maquinaria, con las que realizaremos aportaciones de abonos inorgánicos e insecticidas y plaguicidas para hacer frente a los enemigos naturales y plagas del cultivo.

# ANEJO 5: ROTACIÓN DE CULTIVOS

## Contenido

1.Descripción de la rotación.....	81
2.Características de los cultivos de la rotación .....	82
2.1. Maíz.....	82
2.2. Guisante verde .....	84
2.3. Brócoli .....	85
2.4. Espárrago.....	87
2.5. Ciclo de los cultivos .....	89

## 1. Descripción de la rotación

La rotación de cultivos es una práctica de manejo que busca maximizar la productividad por unidad de superficie, optimizando el uso de los recursos. La rotación de cultivos consiste en la sucesión de diferentes cultivos en el mismo suelo a través del tiempo. En el caso de Navarra, la sucesión es generalmente año a año, siendo común que se obtenga sólo una cosecha al año o temporada agrícola, acotándose la obtención de dos cosechas al año únicamente en la zona de riego.

En la actualidad la rotación de cultivos es considerado como un sistema que le da sustentabilidad a la producción. La inclusión de diferentes tipos de cultivos es el mejor y más efectivo control de enfermedades y plagas. Más recientemente, debido al aumento de los costos de energía se ha producido un renovado interés por la rotación de cultivos como una fuente de nitrógeno. Muchos efectos de la rotación se aprecian en el contenido de materia orgánica, estructura del suelo, erosión, enfermedades, plagas, disponibilidad de nutrientes y otros.

La importancia de la rotación de cultivos radica en varios aspectos, dentro los cuales se destacan:

- Control de plagas y enfermedades.
- Control de malezas.
- Aumento de los nutrientes residuales en el suelo.
- Aumento de la sustentabilidad agrícola.

Las parcelas objeto de este proyecto se encuentran en una zona de futuro regadío en la Zona Media de Navarra. Actualmente sobre dicha parcelas se cultivan cereales de invierno existiendo asimismo diversas zonas destinadas a pastos. Con la transformación de las parcelas a regadío se pretende lograr un incremento en la productividad de los cultivos. Para ello se ha implantado un sistema de riego por aspersión cuya eficiencia de aplicación está próxima al 75% y que permitirá cumplir dichos objetivos.

La alternativa propuesta incluye una rotación de Bróculi (Variedad “Decathlon”), Maíz (Variedad “LG 34.90”), Guisante verde (Variedad “Tristar”), y Esparrago (Variedad “Grolim”). De esta manera tenemos 4 cultivos en 10 años tal y como se ve en la Tabla 1.



Tabla 1. Rotación de cultivos propuesta

ROTACIÓN	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Año 1					Maíz							
Año 2			Guisante Verde				Brócoli					
Año 3				Espárrago								
Año 4	Espárrago											
Año 5	Espárrago											
Año 6	Espárrago											
Año 7	Espárrago											
Año 8	Espárrago											
Año 9	Espárrago											
Año 10	Espárrago											

Tal y como se puede observar la principal idea es la de implantar un cultivo de Espárrago, el cual tendrá una vida útil de 8 años y descansaremos la tierra con la implantación de un cultivo de Maíz en el primer año y un cultivo de Guisante verde y Brócoli en el segundo año.

## 2. Características de los cultivos de la rotación

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

### 2.1. Maíz

Se trata de un cereal de cultivo anual, que 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. Teniendo en cuenta que nuestra parcela tiene un total de 7.17 hectáreas, utilizaremos un total de 645.300 semillas.

La temperatura óptima de germinación de las 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 la primera semana de octubre, 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 un tercio 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 35 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.

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

El maíz es un cultivo exigente en agua. 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 regar el cultivo 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. Las labores a realizar suelen ser varias: Trituradora, 2 pases de chisel, aplicación del abono de fondo y rotavator.

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.

6º- Recolección del cultivo

7º- 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 un 20% de humedad más o menos. Esto ocurre 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.

## 2.2. Guisante verde

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 que deje todo el suelo liso y uniforme, 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 chorrillo y con densidad de 100-200 kg/ha, según el grosor de las semillas. Por lo que para 7.17 hectáreas necesitaremos 7170-143400 kg de semilla.

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 un 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). El momento óptimo de cosecha se suele medir con un tenderometro, que mide la ternura o dureza del guisante.

En nuestro caso, la siembra se realiza el 1 de marzo y la recolección hacia finales de junio.

### 2.3. Brócoli

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 desarrollada en unos 45-55 días. La nascencia tiene lugar aproximadamente 10 días después de la siembra.

En general, la densidad de plantación ronda entre las 35.000 - 45.000 plantas por hectárea, en función del marco de plantación y de la variedad que se plante. Por lo que se usaran entre 250.950 – 322.650 plantas.

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 35.000-45.000 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 30 cm. Posteriormente de 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 1 de julio, realizándose la recolección en otoño, a finales de octubre principios de noviembre.

#### 2.4. Espárrago

Se trata de una planta vivaz (plurianual) con una vida productiva de seis u ocho años. Son discos o cepas sobre el que se forman las yemas que darán lugar a los turiones o espárragos. Si se deja salir a los turiones a la superficie se forma la fronde, en cambio, si se recogen antes de que emerjan al exterior, tenemos los espárragos blancos.

Esta es una planta perene que crece mejor en suelos bien drenados con un pH casi neutro entre 6,5 y 7,5. La parte comestible de los espárragos es el brote o tallo joven, que emerge cuando la temperatura del suelo está arriba de los 10°C.

Sabiendo que el espárrago produce por mucho tiempo, es importante elegir la mejor variedad disponible según el área donde nos encontramos. Hay que tomar en cuenta si la zona en la que se encuentra la parcela tiene heladas en primavera o, por el contrario, es demasiado calurosa.

La distancia entre plantas depende del espacio que tenga y del tipo de acomodo. Teniendo en cuenta que las plantas de espárrago pueden llegar a tener una altura de 1.5m, habrá que considerar que puede llegar a sombrear otras plantas. La distancia entre plantas es de 40cm. Puede realizar la siembra en una sola hilera (60cm ancho de la cama) o doble hilera (90cm ancho de la cama).

El espárrago es un gran consumidor de fósforo, es importante abonarlo con unos 5cm composta antes del trasplante. Deben cavarse hoyos de 10cm de profundidad y 25cm de ancho en un suelo preparado, la distancia entre coronas o plantas es de 40cm. Se cubrirán las coronas con el suelo y se tratara de no pisar la cama de cultivo para no compactar.

Controlar la maleza durante las primeras dos temporadas es muy importante y deberá hacerse a mano. Es mejor retirar la maleza cuando es pequeña y hacerlo con frecuencia, puede utilizarse un mantillo vegetal para suprimir el crecimiento de maleza y mantener la humedad.

Al llegar el invierno, las plantas se dañan por las heladas, se deben cortar y abonar así evitando enfermedades e interrupciones en el ciclo de vida de los insectos. Se fertilizará la cama de cultivo con 2cm de compost y se cubrirá completamente con 7cm de paja, esto ayudará a que las plantas crezcan con fuerza en primavera. Habrá que volver a fertilizar las plantas después de la cosecha.

La temporada de cosecha en primavera puede variar unas semanas, debido a las temperaturas del suelo. Conviene cortar los espárragos cuando tengan una altura de 10 a 12cm de altura.

Las distintas labores llevadas a cabo en los distintos años serán las siguientes:

**Año 0:** labores previas

- Objetivo: preparación del terreno (septiembre-diciembre)
- Labrar/subsolar
- Labores superficiales
- Abono de fondo: Análisis suelos. Estercolado en cultivo precedente
- Apertura de zanjas (distancia entre líneas)

**Año 1:** Plantación

- Objetivo: acumulación de reservas en el rizoma
- Apertura zanjas en regadío
- Plantación (densidad)
- Fertilización nitrogenada
- Sanidad del cultivo
- Limpieza calles

- Riego
- Siega de frondes y laboreo

**Año 2:**

- Objetivo: acumulación de reservas en el rizoma
- Pequeña recolección en regadío
- Fertilización nitrogenada
- Sanidad del cultivo
- Limpieza calles
- Riego
- Siega de frondes y laboreo

**Año 3 y sucesivos:**

- Objetivo: recolección y reservas
- Fertilización de fondo
- Preparación del suelo, acaballonado
- Colocación del acolchado
- Recolección
- Coberteras de N
- Sanidad del cultivo
- Limpieza calles
- Riego
- Siega de frondes y laboreo

2.5. Ciclo de los cultivos

A continuación, en la Tabla.2, se muestran los periodos de siembra/plantación y recolección de los cultivos utilizados en esta alternativa:

Tabla 2. Periodo de siembra/plantación y recolección de los distintos cultivos de la rotación propuesta

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Maíz					Siem					Reco		
Guisante			Siem			Reco						
Brócoli							Plan			Reco	Reco	
Espárrago (año 1)				Plan								
Espárrago (año 2)						Reco	Reco					
Espárrago (>año 2)					Reco	Reco	Reco	Reco	Reco			



Donde,

- Siem → Siembra del grano
- Plan → Plantación de la planta
- Reco → Recolección del cultivo

Asimismo, en la siguiente Tabla.3 se muestra el calendario de riego anual:

Tabla 3. Calendario de riego de los distintos cultivos de la rotación propuesta

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Maíz					Riego	Riego	Riego	Riego	Riego			
Guisante			Riego	Riego	Riego	Riego						
Brócoli							Riego	Riego	Riego	Riego		
Espárrago (año 1)				Riego	Riego	Riego	Riego	Riego	Riego	Riego		
Espárrago (año 2)				Riego	Riego	Riego	Riego	Riego	Riego	Riego		
Espárrago (>año 2)				Riego	Riego	Riego	Riego	Riego	Riego	Riego		

Tal y como se observa en las dos tablas anteriores, el calendario de riego no coincide con los ciclos vegetativos de los cultivos planteados en la alternativa. Esto es debido a que las condiciones agroclimáticas de la zona permiten al suelo retener agua suficiente como para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos en los meses sin déficit hídrico. Como ejemplo podríamos citar el maíz, cultivo que deja de regarse en el mes de septiembre y sin embargo no se recolecta hasta octubre o noviembre.

# ANEJO 6: NECESIDADES HÍDRICAS

## Contenido

1. Introducción .....	93
2. La evapotranspiración .....	93
2.1. Evaporación de referencia ( $ET_0$ ) .....	93
2.2. Evaporación del cultivo bajo condiciones estándar ( $ET_c$ ) .....	94
2.3. Método Fao Penman-Monteith .....	95
2.4. Método de Blaney-Criddle .....	96
2.5. Coeficiente de cultivo $K_c$ .....	100
2.5. Evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ) .....	102
3. Precipitaciones efectivas .....	102
4. Eficiencia de aplicación de riego .....	103
5. Necesidades hídricas de los cultivos .....	104
5.1. Maíz .....	104
5.2. Brócoli .....	104
5.3. Guisante .....	105
5.4. Esparrago .....	105
6. Necesidades hídricas de la alternativa .....	106

## 1. Introducción

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

Para el cálculo de las necesidades hídricas, se necesita:

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

## 2. La evapotranspiración

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

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

El concepto de evapotranspiración incluye dos definiciones:

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

### 2.1. Evaporación de referencia ( $ET_0$ )

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina  $ET_0$ . La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con

características específicas. Los únicos factores que afectan a  $ET_0$  son los parámetros climáticos. Por lo tanto,  $ET_0$  es también un parámetro climático que puede ser calculado a partir de datos meteorológicos.  $ET_0$  expresa el poder evaporante de la atmosfera en una localidad y época del año específicas, y no considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo.

## 2.2. Evaporación del cultivo bajo condiciones estándar ( $ET_c$ )

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

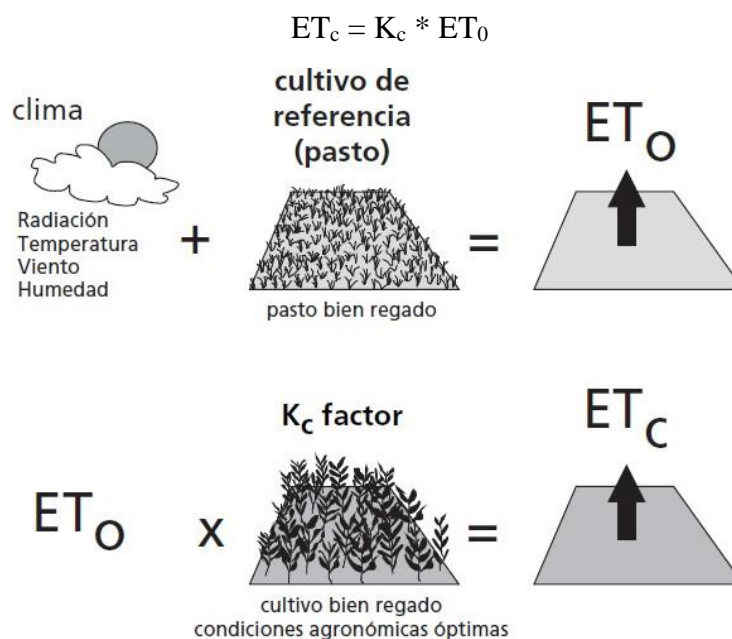


Figura 1. Evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_0$ ), bajo condiciones estándar ( $ET_c$ )

Fuente: estudio FAO riego y drenaje.

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.

### 2.3. Método Fao Penman-Monteith

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

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

Se basa en la expresión que se muestra a continuación:

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:

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

#### 2.4. Método de Blaney-Criddle

La evapotranspiración potencial de referencia mensual ( $ET_0$ ) la obtendremos a partir del consumo diario según el método de Blaney-Criddle.

$$f = p*(0.46*T+8.13)$$

Donde:

f = Consumo diario (mm).

p = Cociente entre las horas de sol medias para un mes determinado por las horas totales de sol para el año completo, es por tanto una función de latitud.

T = Temperatura media para un mes determinado (°C).

Los datos de  $ET_0$  se muestran en la Tabla 1 y son los obtenidos en la estación meteorológica de La UPNA durante el periodo de 2008-2017 mediante el método de Blaney-Criddle.

Tabla 1. Media  $ET_0$  diaria para el periodo comprendido entre 2008-2017 en Torres de Elorz

Fecha	$ET_0$	Fecha	$ET_0$	Fecha	$ET_0$	Fecha	$ET_0$
01-ene	2,28	01-feb	2,50	01-mar	3,13	01-abr	3,85
02-ene	2,28	02-feb	2,39	02-mar	3,25	02-abr	3,94
03-ene	2,24	03-feb	2,36	03-mar	3,19	03-abr	3,85
04-ene	2,28	04-feb	2,51	04-mar	2,99	04-abr	3,78
05-ene	2,22	05-feb	2,59	05-mar	2,93	05-abr	3,90
06-ene	2,34	06-feb	2,48	06-mar	3,14	06-abr	3,87
07-ene	2,37	07-feb	2,45	07-mar	3,12	07-abr	3,83
08-ene	2,33	08-feb	2,36	08-mar	3,17	08-abr	4,00
09-ene	2,24	09-feb	2,43	09-mar	3,12	09-abr	4,14
10-ene	2,27	10-feb	2,42	10-mar	3,09	10-abr	4,11
11-ene	2,20	11-feb	2,26	11-mar	3,28	11-abr	3,91
12-ene	2,16	12-feb	2,42	12-mar	3,24	12-abr	3,91
13-ene	2,15	13-feb	2,56	13-mar	3,22	13-abr	4,00
14-ene	2,18	14-feb	2,60	14-mar	3,17	14-abr	4,05
15-ene	2,18	15-feb	2,54	15-mar	3,32	15-abr	4,10
16-ene	2,25	16-feb	2,48	16-mar	3,26	16-abr	4,12
17-ene	2,22	17-feb	2,48	17-mar	3,33	17-abr	4,12
18-ene	2,18	18-feb	2,62	18-mar	3,22	18-abr	4,06
19-ene	2,35	19-feb	2,62	19-mar	3,33	19-abr	3,87
20-ene	2,15	20-feb	2,64	20-mar	3,32	20-abr	3,99
21-ene	2,15	21-feb	2,63	21-mar	3,23	21-abr	4,05
22-ene	2,15	22-feb	2,70	22-mar	3,14	22-abr	4,09
23-ene	2,33	23-feb	2,73	23-mar	3,01	23-abr	4,15
24-ene	2,32	24-feb	2,71	24-mar	3,15	24-abr	4,17
25-ene	2,14	25-feb	2,78	25-mar	3,17	25-abr	4,27
26-ene	2,16	26-feb	2,78	26-mar	3,38	26-abr	4,08
27-ene	2,20	27-feb	2,74	27-mar	3,41	27-abr	4,06
28-ene	2,22	28-feb	2,66	28-mar	3,57	28-abr	3,86
29-ene	2,26			29-mar	3,63	29-abr	4,00
30-ene	2,29			30-mar	3,51	30-abr	4,03
31-ene	2,31			31-mar	3,50		



Fecha	ET <sub>0</sub>	Fecha	ET <sub>0</sub>	Fecha	ET <sub>0</sub>	Fecha	ET <sub>0</sub>
01-may	4,33	01-jun	5,37	01-jul	6,09	01-ago	5,61
02-may	4,42	02-jun	5,46	02-jul	5,96	02-ago	5,60
03-may	4,54	03-jun	5,40	03-jul	6,07	03-ago	5,71
04-may	4,60	04-jun	5,33	04-jul	6,14	04-ago	5,64
05-may	4,65	05-jun	5,59	05-jul	6,09	05-ago	5,64
06-may	4,75	06-jun	5,57	06-jul	6,04	06-ago	5,58
07-may	4,78	07-jun	5,60	07-jul	5,97	07-ago	5,55
08-may	4,84	08-jun	5,50	08-jul	5,96	08-ago	5,29
09-may	4,82	09-jun	5,50	09-jul	6,08	09-ago	5,28
10-may	4,98	10-jun	5,56	10-jul	6,14	10-ago	5,40
11-may	4,90	11-jun	5,59	11-jul	6,16	11-ago	5,49
12-may	4,74	12-jun	5,73	12-jul	5,94	12-ago	5,52
13-may	4,76	13-jun	5,78	13-jul	5,97	13-ago	5,45
14-may	4,54	14-jun	5,74	14-jul	5,84	14-ago	5,48
15-may	4,39	15-jun	5,58	15-jul	5,93	15-ago	5,42
16-may	4,57	16-jun	5,49	16-jul	6,21	16-ago	5,50
17-may	4,70	17-jun	5,59	17-jul	6,21	17-ago	5,76
18-may	4,62	18-jun	5,52	18-jul	6,32	18-ago	5,74
19-may	4,56	19-jun	5,55	19-jul	6,25	19-ago	5,64
20-may	4,62	20-jun	5,84	20-jul	6,14	20-ago	5,67
21-may	4,72	21-jun	5,95	21-jul	6,06	21-ago	5,81
22-may	4,86	22-jun	5,96	22-jul	5,98	22-ago	5,74
23-may	4,85	23-jun	5,83	23-jul	5,99	23-ago	5,72
24-may	4,95	24-jun	5,72	24-jul	5,96	24-ago	5,48
25-may	5,06	25-jun	5,82	25-jul	6,01	25-ago	5,51
26-may	4,93	26-jun	6,00	26-jul	6,25	26-ago	5,69
27-may	4,92	27-jun	6,04	27-jul	6,07	27-ago	5,66
28-may	4,87	28-jun	6,03	28-jul	6,12	28-ago	5,59
29-may	4,91	29-jun	5,74	29-jul	6,07	29-ago	5,50
30-may	5,00	30-jun	5,94	30-jul	6,04	30-ago	5,45
31-may	5,01			31-jul	6,20	31-ago	5,33

Fecha	ET <sub>0</sub>	Fecha	ET <sub>0</sub>	Fecha	ET <sub>0</sub>	Fecha	ET <sub>0</sub>
01-sep	4,75	01-oct	3,80	01-nov	2,92	01-dic	2,06
02-sep	4,77	02-oct	3,87	02-nov	3,00	02-dic	2,03
03-sep	4,78	03-oct	3,86	03-nov	2,98	03-dic	2,11
04-sep	4,77	04-oct	3,79	04-nov	2,82	04-dic	2,19
05-sep	4,72	05-oct	3,84	05-nov	2,71	05-dic	2,29
06-sep	4,78	06-oct	3,86	06-nov	2,69	06-dic	2,30
07-sep	4,76	07-oct	3,83	07-nov	2,65	07-dic	2,40
08-sep	4,73	08-oct	3,80	08-nov	2,67	08-dic	2,39
09-sep	4,74	09-oct	3,69	09-nov	2,70	09-dic	2,15
10-sep	4,82	10-oct	3,67	10-nov	2,69	10-dic	2,13
11-sep	4,75	11-oct	3,68	11-nov	2,75	11-dic	2,13
12-sep	4,63	12-oct	3,68	12-nov	2,81	12-dic	2,11
13-sep	4,60	13-oct	3,61	13-nov	2,80	13-dic	2,12
14-sep	4,47	14-oct	3,54	14-nov	2,79	14-dic	2,20
15-sep	4,43	15-oct	3,49	15-nov	2,64	15-dic	2,15
16-sep	4,43	16-oct	3,63	16-nov	2,69	16-dic	2,17
17-sep	4,41	17-oct	3,67	17-nov	2,67	17-dic	2,13
18-sep	4,24	18-oct	3,69	18-nov	2,60	18-dic	2,12
19-sep	4,23	19-oct	3,61	19-nov	2,64	19-dic	2,19
20-sep	4,38	20-oct	3,52	20-nov	2,66	20-dic	2,23
21-sep	4,58	21-oct	3,42	21-nov	2,70	21-dic	2,26
22-sep	4,49	22-oct	3,34	22-nov	2,49	22-dic	2,24
23-sep	4,56	23-oct	3,49	23-nov	2,56	23-dic	2,10
24-sep	4,40	24-oct	3,58	24-nov	2,54	24-dic	2,23
25-sep	4,35	25-oct	3,69	25-nov	2,43	25-dic	2,18
26-sep	4,34	26-oct	3,59	26-nov	2,43	26-dic	2,07
27-sep	4,30	27-oct	3,38	27-nov	2,26	27-dic	2,11
28-sep	4,41	28-oct	3,35	28-nov	2,20	28-dic	2,16
29-sep	4,37	29-oct	3,34	29-nov	2,31	29-dic	2,16
30-sep	4,37	30-oct	3,29	30-nov	2,24	30-dic	2,11
		31-oct	3,30			31-dic	2,19

## 2.5. Coeficiente de cultivo $K_c$

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

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

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

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

Etapa de mediados de temporada: Esta etapa comprende el periodo de tiempo entre la cobertura completa hasta el comienzo de la madurez. El comienzo de la madurez está indicado generalmente por el comienzo de la vejez, amarilleamiento de las hojas, caída de las hojas o la aparición del color marrón en el fruto, hasta el grado de reducir la evapotranspiración del cultivo en relación con la  $ET_0$  de referencia. Durante la etapa de

mediados de temporada, el coeficiente  $k_c$  alcanza su valor máximo. El valor de  $k_c$  ( $k_{c\ med}$ ) en esta etapa es relativamente constante para la mayoría de los cultivos.

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

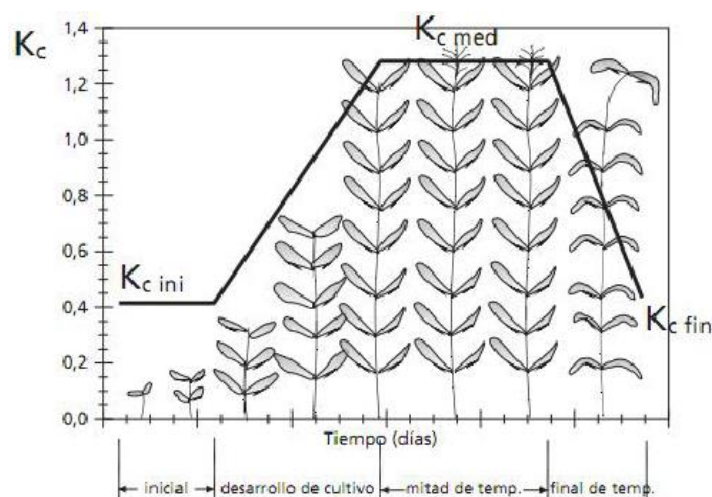


Figura 2. Curva generalizada del coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) para las 4 etapas del crecimiento

A continuación, se muestran los coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) propuestos para cada cultivo de la rotación.

Tabla 2. Coeficiente de cultivo del Maíz

Maíz	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
$K_c$	0,50	0,70	1,10	1,10	1,10	0,65

Tabla 3. Coeficiente de cultivo del Brócoli

Brócoli	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
$K_c$	0,70	0,88	1,05	0,95

Tabla 4. Coeficiente de cultivo del Guisante

Guisante	Marzo	Abril	Mayo	Junio
$K_c$	0,50	0,80	1,10	1,05

Tabla 5. Coeficiente de cultivo del Esparrago

Esparrago	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
$K_c$	0,50	0,75	0,95	0,95	0,95	0,30	0,30

## 2.5. 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. Precipitaciones efectivas

Se considera como precipitación esperable mensual la correspondiente a un nivel de probabilidad de ocurrencia del 75%. Los valores medios de precipitación han sido obtenidos a partir de las mediciones recogidas en la estación meteorológica de la UPNA durante el periodo de tiempo comprendido entre 2008 y 2017.

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

Tabla 6. Precipitaciones efectivas entre 2008-2017 en Torres de Elorz

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Año
Precipitaciones	96,53	90,49	80,65	50,78	57,95	56,03	20,04	17,83	25,44	38,82	93,10	49,54	677,19
Preci. efectivas	72,40	67,87	60,49	38,09	43,46	42,02	15,03	13,37	19,08	29,12	69,82	37,16	507,89

#### 4. Eficiencia de aplicación de riego

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

Se acuerda aplicar una eficiencia del riego por aspersión del 75%, ya que la evaporación máxima de referencia es de 6,32 mm/día, la velocidad del viento en la zona es menor a 6,5 km/h y la altura de agua aplicada es de 150 mm.

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:  $N_b = N_n / E_a$

Tabla 7. Eficiencia de aplicación de riego por aspersión convencional expresada en

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

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

## 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:

### 5.1. Maíz

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

Maíz	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
ETo	69,37	71,44	100,50	120,16	147,20	170,30	188,29	172,44	136,39	111,90	79,05	67,42
Kc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,70	1,10	1,10	1,10	0,65	0,00	0,00
Etc	0,00	0,00	0,00	0,00	73,60	119,21	207,12	189,68	150,02	72,74	0,00	0,00
P	96,53	90,49	80,65	50,78	57,95	56,03	20,04	17,83	25,44	38,82	93,10	49,54
P <sub>efectiva</sub>	72,40	67,87	60,49	38,09	43,46	42,02	15,03	13,37	19,08	29,12	69,82	37,16
Nece. Netas	0,00	0,00	0,00	0,00	30,14	77,19	192,09	176,31	130,95	43,62	0,00	0,00
Nece. Brutas	0,00	0,00	0,00	0,00	22,60	57,89	<b>144,07</b>	132,23	98,21	32,72	0,00	0,00

Se puede observar como el cultivo de maíz tiene necesidades de agua que habrá que cubrir entre los meses mayo y octubre, siendo el mes de Julio el que mayor demanda de agua tiene con 144mm.

### 5.2. Brócoli

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

Brócoli	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
ETo	69,37	71,44	100,50	120,16	147,20	170,30	188,29	172,44	136,39	111,90	79,05	67,42
Kc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,88	1,05	0,95	0,00	0,00
Etc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	131,80	150,89	143,20	106,31	0,00	0,00
P	96,53	90,49	80,65	50,78	57,95	56,03	20,04	17,83	25,44	38,82	93,10	49,54
P <sub>efectiva</sub>	72,40	67,87	60,49	38,09	43,46	42,02	15,03	13,37	19,08	29,12	69,82	37,16
Riego (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	116,78	137,51	124,13	77,19	0,00	0,00
Nece. Brutas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	87,58	<b>103,13</b>	93,10	57,89	0,00	0,00

Se puede observar como el cultivo de brócoli tiene necesidades de agua que habrá que cubrir entre los meses de julio y octubre, siendo el mes de agosto el que mayor demanda de agua tiene con 103mm.

## 5.3. Guisante

Tabla 10. Necesidades hídricas (mm) correspondientes al Guisante.

Guisante	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
ETo	69,37	71,44	100,50	120,16	147,20	170,30	188,29	172,44	136,39	111,90	79,05	67,42
Kc	0,00	0,00	0,50	0,80	1,10	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Etc	0,00	0,00	50,25	96,13	161,92	178,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P	96,53	90,49	80,65	50,78	57,95	56,03	20,04	17,83	25,44	38,82	93,10	49,54
P <sub>efectiva</sub>	72,40	67,87	60,49	38,09	43,46	42,02	15,03	13,37	19,08	29,12	69,82	37,16
Riego (mm)	0,00	0,00	-10,24	58,04	118,46	136,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nece. Brutas	0,00	0,00	-7,68	43,53	88,85	<b>102,60</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Se puede observar como el cultivo de guisante tiene necesidades de agua que habrá que cubrir entre los meses de abril y junio, siendo el mes de junio el que mayor demanda de agua tiene con 103mm.

## 5.4. Esparrago

Tabla 11. Necesidades hídricas (mm) correspondientes al Esparrago.

Esparrago	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
ETo	69,37	71,44	100,50	120,16	147,20	170,30	188,29	172,44	136,39	111,90	79,05	67,42
Kc	0,00	0,00	0,00	0,50	0,75	0,95	0,95	0,95	0,30	0,30	0,00	0,00
Etc	0,00	0,00	0,00	60,08	110,40	161,79	178,88	163,82	40,92	33,57	0,00	0,00
P	96,53	90,49	80,65	50,78	57,95	56,03	20,04	17,83	25,44	38,82	93,10	49,54
P <sub>efectiva</sub>	72,40	67,87	60,49	38,09	43,46	42,02	15,03	13,37	19,08	29,12	69,82	37,16
Riego (mm)	0,00	0,00	0,00	21,99	66,94	119,76	163,85	150,45	21,84	4,46	0,00	0,00
Necesidades brutas	0,00	0,00	0,00	16,49	50,20	89,82	122,89	112,83	16,38	3,34	0,00	0,00

Se puede observar como el cultivo de Esparrago tiene necesidades de agua que habrá que cubrir entre los meses de abril y septiembre, siendo el mes de julio el que mayor demanda de agua tiene con 123mm.



## 6. Necesidades hídricas de la alternativa

Una vez calculadas las necesidades hídricas de los diferentes cultivos, el siguiente paso será calcular las necesidades hídricas de la rotación propuesta. A continuación, en la Tabla 12, se exponen las necesidades hídricas de la rotación:

Tabla 12. Necesidades hídricas de cada cultivo (mm).

Necesidades hídricas de cada cultivo (mm)		
AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
Maíz	Guisante y Brócoli	Espárrago
487,72	569,00	411,96

Se puede observar en la Tabla 12, como las mayores necesidades de agua se producen en el segundo año de la rotación con el cultivo de guisante y brócoli. Sin embargo, si observamos individualmente cada cultivo propuesto, se puede observar como el mes de Julio, cuando tenemos un cultivo de Maíz, es el que mayores necesidades de agua tiene con 144,07mm.

Tabla 13. Necesidades hídricas de cada cultivo (mm) por meses.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Maíz	0,00	0,00	0,00	0,00	22,60	57,89	144,07	132,23	98,21	32,72	0,00	0,00	487,72
Brócoli	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	87,58	103,13	93,10	57,89	0,00	0,00	341,71
Guisante	0,00	0,00	-7,68	43,53	88,85	102,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	227,29
Espárrago	0,00	0,00	0,00	16,49	50,20	89,82	122,89	112,83	16,38	3,34	0,00	0,00	411,96

Tal y como hemos dicho el mes de Julio será el que presente unas mayores necesidades hídricas con 144,07 l/m<sup>2</sup> al mes.

# ANEJO 7: DATOS DE LA PARCELA

## Contenido

1.Cedula parcelaria.....	109
2.Detalles SIGPAC.....	110

# 1. Cedula parcelaria



## CÉDULA PARCELARIA / LURZATI ZEDULA

Referencia Catastral provisional del Bien Inmueble 310000000002258227LY

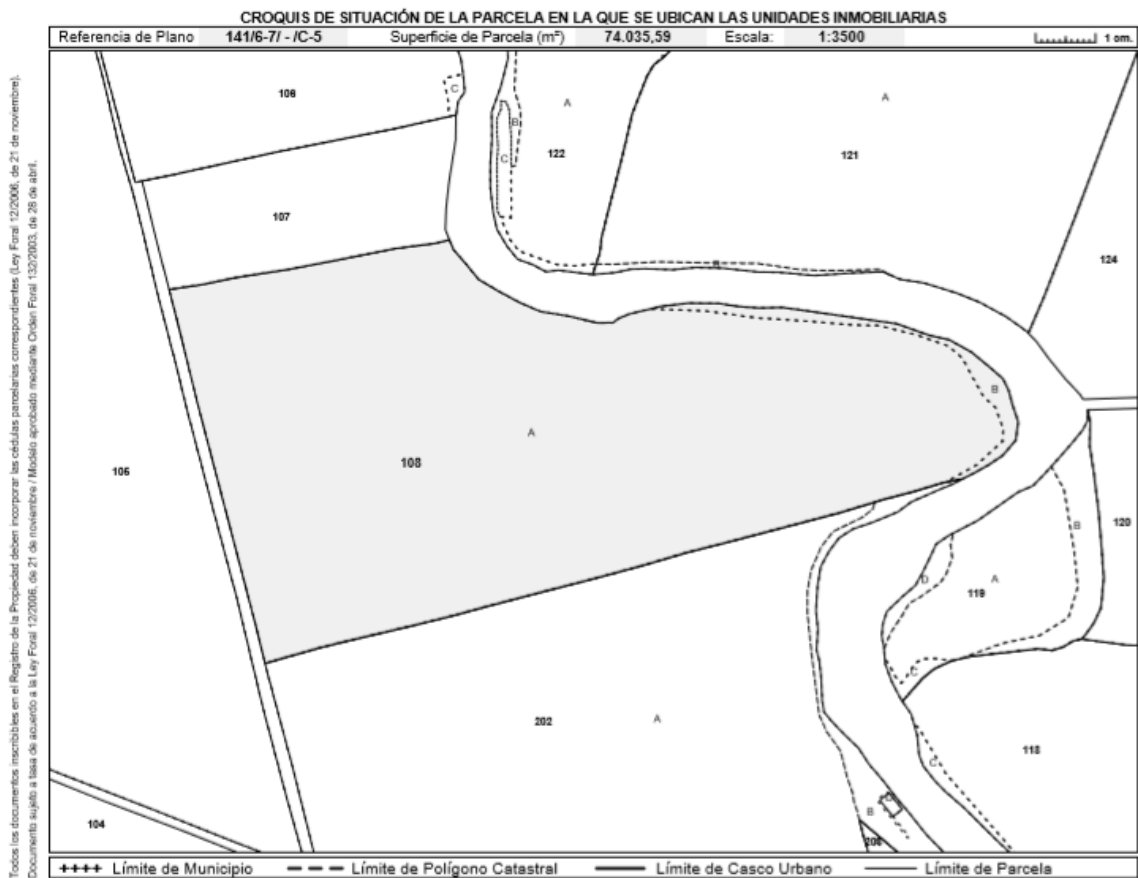
Municipio NOÁIN (VALLE DE ELORZ) Entidad OTANO

Expedida el 3 de marzo de 2018 vía Internet <https://catastro.navarra.es>

Código Seguridad: T/Y2EPLSK45V

### REFERENCIAS IDENTIFICADORAS Y DATOS DESCRIPTIVOS

REFERENCIAS IDENTIFICADORAS (*)	DIRECCIÓN O PARAJE	SUPERFICIES (m <sup>2</sup> )		USO, DESTINO O CULTIVO
		Principal	Común	
11 108 A	La Ripa	72.422,37		T. LABOR SECANO
11 108 B	La Ripa	1.613,22		PASTOS



Todos los documentos inscribibles en el Registro de la Propiedad deben incorporar las cédulas parcelarias correspondientes (Ley Foral 12/2006, de 21 de noviembre).  
 Documento sujeto a tasa de acuerdo a la Ley Foral 12/2006, de 21 de noviembre / Modelo aprobado mediante Orden Foral 130/2003, de 28 de abril.

Conforme a lo dispuesto en el artículo 41 de la Ley Foral 12/2006, de 21 de noviembre, la titularidad y el valor catastral son datos protegidos. Los titulares pueden acceder a sus datos previa identificación, en las oficinas del Servicio de Riqueza Territorial o por otros medios, utilizando cualquiera de los códigos de seguridad legalmente establecidos.

(\*) Las referencias identificadoras se componen de Polígono, Parcela, Subárea o Subparcela Rústica y Unidad Urbana.

## 2. Detalles SIGPAC

**SIGPAC Navarra****Datos de parcela**

Código de Municipio	88	Municipio	NOÁIN (VALLE DE ELORZ)	Polígono	11	Parcela	108
Superficie catastral							7,40 Ha


**Información SIGPAC 2018**

Recinto	Uso 2018	Región	Tipo riego	Coefficiente admisibilidad	Coefficiente automático	Superf. (Ha/m <sup>2</sup> )	Pendiente (%)
1	TIERRA ARABLE	0901	SECANO	-	-	7,17	2,50
2	PASTO ARBUSTIVO	0503	SECANO	0	85	0,16	13,90
3	PASTO ARBUSTIVO	0901	SECANO	100	-	0,07	11,00

Información publicada de acuerdo a la [Orden Foral 90/2015 de 10 de marzo](#).

# ANEJO 8: DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

## Contenido

1.	Introducción .....	113
2.	Tipo de riego.....	113
2.1.	Estrategia de riego adoptada .....	114
3.	Localización de los aspersores .....	115
4.	Sectorización .....	115
4.1.	Nº aspersores y cálculo del Nº de sectores.....	116
4.2.	Disposición de los sectores .....	116
5.	Disposición de las tuberías .....	117
5.1.	Tuberías primarias.....	117
5.2.	Tuberías secundarias.....	117
5.3.	Tuberías terciarias .....	118
6.	Diseño hidráulico de cada sector .....	118
6.1.	Dimensionado de la tubería secundaria .....	118
6.2.	Determinación de la uniformidad de riego .....	122
6.3.	Determinación de la presión de cabecera .....	127
7.	Diseño de la tubería primaria.....	129
7.1.	Determinación del diámetro .....	129
7.2.	Determinación de la presión de llegada .....	130

## 1. Introducción

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

## 2. 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.
- 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.
- 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.

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. Dicho hidrante aportará un caudal máximo de **16 l/s** y la presión a la salida del hidrante será de **50 m.c.a.**

La presión nominal 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**

En resumen, el objetivo fundamental de este anejo será realizar un buen diseño de riego por aspersión de una parcela, en donde tendremos como objetivos fundamentales:

- Diseño de la tubería primaria, secundaria y ramales porta aspersores.
- Que la velocidad en el interior de las tuberías no sea superior a 2 m/s.
- Obtener un diámetro de tubería idóneo para el paso del agua.
- No tener grandes pérdidas entre nuestra parcela.
- Que la P\_llegada sea mayor que la P\_cabecera.
- Que el caudal en cada sector no supere los 16 l/s.

### 2.1. 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 (16 l/s). Por ello, hay que dividir la parcela en un determinado número de sectores de riego.

### 3. Localización de los aspersores

Por lo general los marcos pequeños presentan como ventajas un riego más uniforme y pequeñas presiones de trabajo, pero el costo de instalación de los mismos es mucho mayor que los que tienen marcos más grandes.

Estos son los marcos más habituales para el riego por aspersión:

- Marco cuadrangular: La distancia entre aspersores y ramales es idéntica. Los marcos más utilizados son: 12 x 12m; 15 x 15m; 18 x 18 m.
- Marco rectangular: Existe una separación mayor entre aspersores que entre ramales. Los marcos más utilizados son: (12x 15m; 12 x 18m, 15 x 18m).
- Marco triangular: Se forman triángulos sensiblemente equiláteros. Los marcos más utilizados son: 18 x 15m; 21 x 18m.

Para nuestra parcela se ha seleccionado un marco triangular o, más conocido como, al tresbolillo. La distancia entre aspersores del mismo ramal será de 18 m mientras que la distancia entre ramales será de 15m. Se ha elegido este marco ya que es el más corriente para los cultivos seleccionados en el anejo 5, *rotación de cultivos*. Con este marco nos aseguramos una buena disposición de riego con una gran versatilidad. Decir también, que el tipo de marco elegido tiene una eficiencia de riego del 75% para las condiciones de la parcela.

Tal y como se ha dicho, las tuberías porta aspersores irán colocadas en líneas cada 15m en la todos los sectores, puesto que de esa forma se utilizan menos tuberías de este tipo.

Una vez que tengamos los aspersores ya definidos en nuestra parcela procederemos a decidir si serán aspersores sectoriales o totales. Todos los aspersores que estén más próximos al linde serán considerados sectoriales ( $Q=0.317l/s$ ) y todos los demás aspersores serán totales ( $Q=0.558l/s$ ).

### 4. Sectorización

Consiste en dividir nuestra parcela en distintos sectores a los que llevar el agua del hidrante mediante la tubería primaria y distribuirlo en el sector gracias a una tubería secundaria.

#### 4.1. Nº aspersores y cálculo del Nº de sectores

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

En el Plano N°4, se puede apreciar la ubicación concreta de cada uno de 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 1) se muestran con detalle los datos obtenidos:

Tabla 1. Aspersores necesarios en la parcela

	Número	Caudal (l/s)	Caudal Total (l/s)
<b>COMPLETOS</b>	<b>235</b>	0,558	131,13
<b>SECTORIALES</b>	<b>71</b>	0,317	22,057
			<b>153,187 l/s</b>

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 10 sectores:

$$153,187 / 16 = 9,6 \rightarrow 10 \text{ Sectores}$$

#### 4.2. Disposición de los sectores

Se dividirá la parcela en 10 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 (16 l/s). El resultado de la división es el siguiente:

Tabla 2. Disposición de los sectores en la parcela

ASPERSORES	COMPLETOS		SECTORIALES		Caudal Total Sector (l/s)
<b>Sector 1</b>	21	0,558	14	0,317	16,156
<b>Sector 2</b>	24	0,558	8	0,317	15,928
<b>Sector 3</b>	25	0,558	6	0,317	15,852
<b>Sector 4</b>	25	0,558	6	0,317	15,852
<b>Sector 5</b>	26	0,558	4	0,317	15,780
<b>Sector 6</b>	17	0,558	13	0,317	13,610
<b>Sector 7</b>	23	0,558	2	0,317	13,450
<b>Sector 8</b>	26	0,558	4	0,317	15,776
<b>Sector 9</b>	27	0,558	3	0,317	16,010
<b>Sector 10</b>	21	0,558	11	0,317	15,763
<b>Total</b>	<b>235</b>		<b>71</b>		<b>153,187</b>

## 5. Disposición de las tuberías

Una vez que ya sabemos el caudal que va a recorrer por cada sector, tendremos que dimensionar nuestras tuberías (primaria, secundaria y terciaria) para llevar el agua desde el hidrante hasta los aspersores pasando por la tubería primaria hacia la tubería secundaria y a los ramales que desembocaran en los aspersores.

### 5.1. Tuberías primarias

Esta tubería primaria se encarga de llevar el agua desde el hidrante hasta los 10 sectores que llevamos. Esta tubería transporta una gran cantidad de agua a los sectores por lo que tendrá que tener un diámetro elevado y estar hecha de un material resistente a grandes presiones y fuerzas como puede ser el polietileno.

### 5.2. Tuberías secundarias

Esta tubería secundaria se encargará de transportar el agua desde la tubería primaria a todo el sector. Esta tubería en sus inicios transportara una gran cantidad de agua, pero poco a poco ira transportando cada vez menos por lo que los diámetros de esta tubería secundaria van disminuyendo desde su desembocadura en la tubería primaria hasta el final de la tubería secundaria. También, deberá estar hecha de materiales resistentes a presiones y fuerzas, pero menores que en la tubería primaria.

### 5.3. Tuberías terciarias

Esta tubería terciario o ramales porta aspersores se encargan de transportar el agua desde la tubería secundaria hasta cada aspersor del sector. El agua que pueden transportar es menor que en los dos casos anteriores y las presiones y fuerzas que son ejercidas contra ella también.

## 6. Diseño hidráulico de cada sector

Consiste en diseñar la tubería secundaria de cada sector para que lleve correctamente el agua a cada ramal porta aspersores.

### 6.1. Dimensionado de la tubería secundaria

Trataremos de determinar los diámetros que va a tener nuestra tubería secundaria, el diámetro será mayor a la entrada y a medida que discurre el agua el diámetro va disminuyendo ya que el caudal que circula por la tubería va disminuyendo.

El cálculo de los diámetros de la tubería secundaria lo realizaremos con la siguiente formula:

$$V = Q / A = Q / ((\pi * \varnothing^2) / 4)$$

De esta forma iremos dándole valores al diámetro para que la velocidad no supere los 2 m/s. Los valores que le dimos fueron los siguientes, y obtuvimos los siguientes datos en cada sector:

Tabla 3. Dimensionado del Sector 1

SECTOR 1	Q (l/m)	Q (m3/s)	∅int (mm)	∅ int (m)	V (m/s)
1A	1,674	0,001674	36	0,036	1,644601079
2A	3,424	0,003424	48	0,048	1,892175435
3A	5,973	0,005973	70,6	0,0706	1,525784614
4A	9,08	0,00908	84,6	0,0846	1,615307617
1B	0,634	0,000634	36	0,036	0,622865641
2B	2,701	0,002701	48	0,048	1,492630213
3B	5,25	0,00525	58,8	0,0588	1,933369085
4B	7,799	0,007799	70,6	0,0706	1,99223074

Tabla 4. Dimensionado del Sector 2

SECTOR 2	Q (l/m)	Q (m3/s)	∅int (mm)	∅ int (m)	V (m/s)
1A	1,268	0,001268	36	0,036	1,245731283
2A	2,942	0,002942	48	0,048	1,625811953
3A	5,174	0,005174	58,8	0,0588	1,905381266
4A	7,406	0,007406	70,6	0,0706	1,891840089
5A	9,08	0,00908	84,6	0,0846	1,615307617
1B	1,268	0,001268	36	0,036	1,245731283
2B	2,942	0,002942	48	0,048	1,625811953
3B	4,616	0,004616	58,8	0,0588	1,699891752
4B	6,848	0,006848	70,6	0,0706	1,749300693

Tabla 5. Dimensionado del Sector 3

SECTOR 3	Q (l/m)	Q (m3/s)	∅int (mm)	∅ int (m)	V (m/s)
1A	0,951	0,000951	36	0,036	0,934298462
2A	2,625	0,002625	48	0,048	1,450630992
3A	4,299	0,004299	58,8	0,0588	1,583153085
4A	5,973	0,005973	70,6	0,0706	1,525784614
5A	7,647	0,007647	70,6	0,0706	1,953402804
1B	1,509	0,001509	36	0,036	1,482498822
2B	3,183	0,003183	48	0,048	1,758993694
3B	4,857	0,004857	58,8	0,0588	1,788642599
4B	6,531	0,006531	70,6	0,0706	1,668324011
5B	8,205	0,008205	84,6	0,0846	1,459647467

Tabla 6. Dimensionado del Sector 4

SECTOR 4	Q (l/m)	Q (m3/s)	∅int (mm)	∅ int (m)	V (m/s)
1A	2,067	0,002067	36	0,036	2,030699181
2A	3,741	0,003741	58,8	0,0588	1,377663571
3A	5,415	0,005415	58,8	0,0588	1,994132114
4A	7,089	0,007089	70,6	0,0706	1,810863407
5A	8,763	0,008763	84,6	0,0846	1,558914169
1B	0,951	0,000951	36	0,036	0,934298462
2B	2,625	0,002625	48	0,048	1,450630992
3B	3,741	0,003741	58,8	0,0588	1,377663571
4B	5,415	0,005415	58,8	0,0588	1,994132114
5B	7,089	0,007089	70,6	0,0706	1,810863407

Tabla 7. Dimensionado del Sector 5

SECTOR 5	Q (l/m)	Q (m3/s)	∅int (mm)	∅ int (m)	V (m/s)
1A	2,067	0,002067	36	0,036	2,030699181
2A	3,183	0,003183	58,8	0,0588	1,172174057
3A	4,299	0,004299	58,8	0,0588	1,583153085
4A	5,973	0,005973	70,6	0,0706	1,525784614
5A	7,647	0,007647	70,6	0,0706	1,953402804
6A	8,763	0,008763	84,6	0,0846	1,558914169
1B	1,433	0,001433	36	0,036	1,40783354
2B	2,549	0,002549	48	0,048	1,408631771
3B	4,223	0,004223	58,6	0,0586	1,565798844
4B	5,339	0,005339	58,6	0,0586	1,979587977
5B	7,013	0,007013	70,6	0,0706	1,791449439

Tabla 8. Dimensionado del Sector 6

SECTOR 6	Q (l/m)	Q (m3/s)	∅int (mm)	∅ int (m)	V (m/s)
1A	0,634	0,000634	36	0,036	0,622865641
2A	2,067	0,002067	48	0,048	1,142268289
3A	3,5	0,0035	48	0,048	1,934174656
4A	5,174	0,005174	58,8	0,0588	1,905381266
5A	6,607	0,006607	70,6	0,0706	1,687737979
6A	8,04	0,00804	84,6	0,0846	1,43029441
1B	0,634	0,000634	36	0,036	0,622865641
2B	2,067	0,002067	48	0,048	1,142268289
3B	3,5	0,0035	48	0,048	1,934174656
4B	4,933	0,004933	58,8	0,0588	1,816630419
5B	5,808	0,005808	70,6	0,0706	1,483635868

Tabla 9. Dimensionado del Sector 7

SECTOR 7	Q (l/m)	Q (m3/s)	∅int (mm)	∅ int (m)	V (m/s)
1A	1,192	0,001192	36	0,036	1,171066001
2A	2,308	0,002308	48	0,048	1,27545003
3A	3,982	0,003982	58,8	0,0588	1,466414419
4A	5,098	0,005098	58,8	0,0588	1,877393447
5A	6,214	0,006214	70,6	0,0706	1,587347329
1B	1,674	0,001674	36	0,036	1,644601079
2B	2,79	0,00279	48	0,048	1,541813511
3B	4,464	0,004464	58,8	0,0588	1,643916114
4B	6,138	0,006138	70,6	0,0706	1,567933361
5B	7,254	0,007254	70,6	0,0706	1,853012154

Tabla 10. Dimensionado del Sector 8

SECTOR 8	Q (l/m)	Q (m3/s)	∅int (mm)	∅ int (m)	V (m/s)
1A	2,308	0,002308	48	0,048	1,27545003
2A	4,299	0,004299	58,8	0,0588	1,583153085
3A	5,973	0,005973	70,6	0,0706	1,525784614
4A	7,647	0,007647	70,6	0,0706	1,953402804
5A	9,321	0,009321	84,6	0,0846	1,65818087
1B	1,116	0,001116	36	0,036	1,096400719
2B	2,232	0,002232	48	0,048	1,233450809
3B	3,348	0,003348	48	0,048	1,850176213
4B	5,022	0,005022	58,8	0,0588	1,849405628
5B	6,696	0,006696	70,6	0,0706	1,710472757

Tabla 11. Dimensionado del Sector 9

SECTOR 9	Q (l/m)	Q (m3/s)	∅int (mm)	∅ int (m)	V (m/s)
1A	2,067	0,002067	48	0,048	1,142268289
2A	3,741	0,003741	58,8	0,0588	1,377663571
3A	5,415	0,005415	58,8	0,0588	1,994132114
4A	7,089	0,007089	70,6	0,0706	1,810863407
5A	8,763	0,008763	84,6	0,0846	1,558914169
1B	2,232	0,002232	48	0,048	1,233450809
2B	3,906	0,003906	58,8	0,0588	1,438426599
3B	5,58	0,00558	70,6	0,0706	1,425393964
4B	7,254	0,007254	70,6	0,0706	1,853012154

Tabla 12. Dimensionado del Sector 10

SECTOR 10	Q (l/m)	Q (m3/s)	∅int (mm)	∅ int (m)	V (m/s)
1A	1,509	0,001509	36	0,036	1,482498822
2A	2,942	0,002942	48	0,048	1,625811953
3A	4,375	0,004375	58,8	0,0588	1,611140904
4A	6,366	0,006366	70,6	0,0706	1,626175265
5A	7,799	0,007799	70,6	0,0706	1,99223074
1B	2,549	0,002549	48	0,048	1,408631771
2B	3,982	0,003982	58,8	0,0588	1,466414419
3B	5,973	0,005973	70,6	0,0706	1,525784614
4B	7,406	0,007406	70,6	0,0706	1,891840089



## 6.2. Determinación de la uniformidad de riego

Para calcular si un sector era uniforme o no, calculábamos las pérdidas de carga totales que se producían en cada sector, y si esas pérdidas de carga totales eran inferiores a 7 entonces teníamos un sector uniforme.

Para calcular las pérdidas de carga (h), empleamos la ecuación siguiente:

$$V = 0.85 * C * R^{0.63} * I^{0.54}$$

Donde,

V: Velocidad (m/s)

C: Constante que tomaremos como valor 150

$R = \varnothing/4$

$I = h/L$ , donde L es la longitud que multiplicaremos por 1.1 la real por lo que  $L = 1.1 * L$

De esta forma realizamos los correspondientes cálculos en cada sector y obtuve las siguientes pérdidas totales en cada uno de ellos (si las pérdidas totales son inferiores a 7 el circuito está bien):

Tabla 13. Pérdidas de carga totales del Sector 1

SECTOR 1	Q (l/m)	Q (m3/s)	∅int (mm)	∅ int (m)	V (m/s)	L (m)	1,1*L (m)	C	h	
1A	0,951	0,000951	36	0,036	0,934298462	15	16,5	150	0,447148572	
2A	2,701	0,002701	48	0,048	1,492630213	15	16,5	150	0,761167047	
3A	5,25	0,00525	70,6	0,0706	1,341096472	15	16,5	150	0,398008721	h total sector A
4A	8,357	0,008357	84,6	0,0846	1,486687859	15	16,5	150	0,390050754	1,996375094
1B	0,634	0,000634	36	0,036	0,622865641	15	16,5	150	0,211036184	
2B	2,701	0,002701	48	0,048	1,492630213	15	16,5	150	0,761167047	
3B	5,25	0,00525	58,8	0,0588	1,933369085	15	16,5	150	0,969914211	h total sector B
4B	7,799	0,007799	70,6	0,0706	1,99223074	10	11	150	0,552200654	2,494318095
TRAMO 1	Q (l/m)	Q (m3/s)	D(m)	L(m)	V (m/s)	C	h	Total h		
1	0,317	0,000317	0,036	18	0,311432821	100	0,13513799	2,62945608	Uniforme	

Tabla 14. Perdas de carga totales del Sector 2

SECTOR 2	Q (l/m)	Q (m3/s)	∅int (mm)	∅ int (m)	V (m/s)	L (m)	1,1*L (m)	C	h	
1A	1,268	0,001268	36	0,036	1,245731283	12	13,2	150	0,609410407	
2A	2,942	0,002942	48	0,048	1,625811953	12	13,2	150	0,713357379	
3A	5,174	0,005174	58,8	0,0588	1,905381266	15	16,5	150	0,944073416	
4A	7,406	0,007406	70,6	0,0706	1,891840089	15	16,5	150	0,752669727	h total sector A
5A	9,08	0,00908	84,6	0,0846	1,615307617	15	16,5	150	0,454834532	3,474345461
1B	1,268	0,001268	36	0,036	1,245731283	15	16,5	150	0,761763008	
2B	2,942	0,002942	48	0,048	1,625811953	15	16,5	150	0,891696724	
3B	4,616	0,004616	58,8	0,0588	1,699891752	15	16,5	150	0,764234844	h total sector B
4B	6,848	0,006848	70,6	0,0706	1,749300693	15	16,5	150	0,651035289	3,068729866
TRAMO 2	Q (l/m)	Q (m3/s)	D(m)	L(m)	V (m/s)	C	h	Total h		
1	0,317	0,000317	0,036	18	0,311432821	100	0,13513799	3,74462144	Uniforme	
2	0,317	0,000317	0,036	18	0,311432821	100	0,13513799			

Tabla 15. Perdas de carga totales del Sector 3

SECTOR 3	Q (l/m)	Q (m3/s)	∅int (mm)	∅ int (m)	V (m/s)	L (m)	1,1*L (m)	C	h	
1A	0,951	0,000951	36	0,036	0,934298462	15	16,5	150	0,447148572	
2A	2,625	0,002625	48	0,048	1,450630992	15	16,5	150	0,72198099	
3A	4,299	0,004299	58,8	0,0588	1,583153085	15	16,5	150	0,669896423	
4A	5,973	0,005973	70,6	0,0706	1,525784614	15	16,5	150	0,505426251	h total sector A
5A	7,647	0,007647	70,6	0,0706	1,953402804	15	16,5	150	0,798654348	3,143106585
1B	1,509	0,001509	36	0,036	1,482498822	15	16,5	150	1,051391104	
2B	3,183	0,003183	48	0,048	1,758993694	15	16,5	150	1,031666523	
3B	4,857	0,004857	58,8	0,0588	1,788642599	15	16,5	150	0,839763562	
4B	6,531	0,006531	70,6	0,0706	1,668324011	15	16,5	150	0,596328939	h total sector B
5B	8,205	0,008205	84,6	0,0846	1,459647467	15	16,5	150	0,377014886	3,896165014
TRAMO 3	Q (l/m)	Q (m3/s)	D(m)	L(m)	V (m/s)	C	h	Total h		
1	0,317	0,000317	0,036	18	0,311432821	100	0,13513799	4,031303	Uniforme	

Tabla 16. Perdas de carga totales del Sector 4

SECTOR 4	Q (l/m)	Q (m3/s)	Øint (mm)	Ø int (m)	V (m/s)	L (m)	1,1*L (m)	C	h	
1A	2,067	0,002067	36	0,036	2,030699181	15	16,5	150	1,88287784	
2A	3,741	0,003741	58,8	0,0588	1,377663571	15	16,5	150	0,517837302	
3A	5,415	0,005415	58,8	0,0588	1,994132114	15	16,5	150	1,027118736	
4A	7,089	0,007089	70,6	0,0706	1,810863407	15	16,5	150	0,69409931	h total sector A
5A	8,763	0,008763	84,6	0,0846	1,558914169	15	16,5	150	0,425866748	4,547799936
1B	0,951	0,000951	36	0,036	0,934298462	15	16,5	150	0,447148572	
2B	2,625	0,002625	48	0,048	1,450630992	15	16,5	150	0,72198099	
3B	3,741	0,003741	58,8	0,0588	1,377663571	15	16,5	150	0,517837302	
4B	5,415	0,005415	58,8	0,0588	1,994132114	15	16,5	150	1,027118736	h total sector B
5B	7,089	0,007089	70,6	0,0706	1,810863407	15	16,5	150	0,69409931	3,40818491
TRAMO 4	Q (l/m)	Q (m3/s)	D(m)	L(m)	V (m/s)	C	h	Total h		
1	0,317	0,000317	0,036	18	0,311432821	100	0,13513799	5,00383415	Uniforme	
2	0,558	0,000558	0,036	15	0,54820036	100	0,32089623			

Tabla 17. Perdas de carga totales del Sector 5

SECTOR 5	Q (l/m)	Q (m3/s)	Øint (mm)	Ø int (m)	V (m/s)	L (m)	1,1*L (m)	C	h	
1A	2,067	0,002067	36	0,036	2,030699181	10	11	150	1,255251894	
2A	3,183	0,003183	58,8	0,0588	1,172174057	15	16,5	150	0,383958197	
3A	4,299	0,004299	58,8	0,0588	1,583153085	15	16,5	150	0,669896423	
4A	5,973	0,005973	70,6	0,0706	1,525784614	15	16,5	150	0,505426251	
5A	7,647	0,007647	70,6	0,0706	1,953402804	15	16,5	150	0,798654348	h total sector A
6A	8,763	0,008763	84,6	0,0846	1,558914169	15	16,5	150	0,425866748	4,039053861
1B	1,433	0,001433	36	0,036	1,40783354	15	16,5	150	0,955439288	
2B	2,549	0,002549	48	0,048	1,408631771	15	16,5	150	0,683749639	
3B	4,223	0,004223	58,6	0,0586	1,565798844	15	16,5	150	0,658975513	
4B	5,339	0,005339	58,6	0,0586	1,979587977	15	16,5	150	1,017325008	h total sector B
5B	7,013	0,007013	70,6	0,0706	1,791449439	15	16,5	150	0,680382038	3,995871486
TRAMO 5	Q (l/m)	Q (m3/s)	D(m)	L(m)	V (m/s)	C	h	Total h		
1	0,558	0,000558	0,036	18	0,54820036	100	0,38507547	4,49920599	Uniforme	
2	0,317	0,000317	0,036	10	0,311432821	100	0,07507666			

Tabla 18. Perdas de carga totales del Sector 6

SECTOR 6	Q (l/m)	Q (m3/s)	∅int (mm)	∅ int (m)	V (m/s)	L (m)	1,1*L (m)	C	h	
1A	0,634	0,000634	36	0,036	0,622865641	10	11	150	0,140690789	
2A	2,067	0,002067	48	0,048	1,142268289	12	13,2	150	0,371034429	
3A	3,5	0,0035	48	0,048	1,934174656	15	16,5	150	1,229967945	
4A	5,174	0,005174	58,8	0,0588	1,905381266	15	16,5	150	0,944073416	
5A	6,607	0,006607	70,6	0,0706	1,687737979	15	16,5	150	0,609243274	h total sector A
6A	8,04	0,00804	84,6	0,0846	1,43029441	15	16,5	150	0,363095166	3,658105019
1B	0,634	0,000634	36	0,036	0,622865641	15	16,5	150	0,211036184	
2B	2,067	0,002067	48	0,048	1,142268289	15	16,5	150	0,463793036	
3B	3,5	0,0035	48	0,048	1,934174656	15	16,5	150	1,229967945	h total sector B
4B	4,933	0,004933	58,8	0,0588	1,816630419	15	16,5	150	0,864259348	3,248931747
5B	5,808	0,005808	70,6	0,0706	1,483635868	15	16,5	150	0,479875235	
TRAMO 6	Q (l/m)	Q (m3/s)	D(m)	L(m)	V (m/s)	C	h	Total h		
1	0,317	0,000317	0,036	18	0,311432821	100	0,13513799	3,79324301	Uniforme	

Tabla 19. Perdas de carga totales del Sector 7

SECTOR 7	Q (l/m)	Q (m3/s)	∅int (mm)	∅ int (m)	V (m/s)	L (m)	1,1*L (m)	C	h	
1A	1,192	0,001192	36	0,036	1,171066001	15	16,5	150	0,679376661	
2A	2,308	0,002308	48	0,048	1,27545003	15	16,5	150	0,568878178	
3A	3,982	0,003982	58,8	0,0588	1,466414419	15	16,5	150	0,581304392	
4A	5,098	0,005098	58,8	0,0588	1,877393447	15	16,5	150	0,918553952	h total sector A
5A	6,214	0,006214	70,6	0,0706	1,587347329	15	16,5	150	0,543838896	3,29195208
1B	1,674	0,001674	36	0,036	1,644601079	15	16,5	150	1,274149094	
2B	2,79	0,00279	48	0,048	1,541813511	15	16,5	150	0,808264207	
3B	4,464	0,004464	58,8	0,0588	1,643916114	15	16,5	150	0,718286857	
4B	6,138	0,006138	70,6	0,0706	1,567933361	15	16,5	150	0,531585705	h total sector B
5B	7,254	0,007254	70,6	0,0706	1,853012154	15	16,5	150	0,724313168	4,056599031
TRAMO 7	Q (l/m)	Q (m3/s)	D(m)	L(m)	V (m/s)	C	h	Total h		
1	0,558	0,000558	0,036	18	0,54820036	100	0,38507547	4,4416745	Uniforme	

Tabla 20. Perdas de carga totales del Sector 8

SECTOR 8	Q (l/m)	Q (m3/s)	∅int (mm)	∅ int (m)	V (m/s)	L (m)	1,1*L (m)	C	h	
1A	2,308	0,002308	48	0,048	1,27545003	15	16,5	150	0,568878178	
2A	4,299	0,004299	58,8	0,0588	1,583153085	15	16,5	150	0,669896423	
3A	5,973	0,005973	70,6	0,0706	1,525784614	1515	1666,5	150	51,04805138	
4A	7,647	0,007647	70,6	0,0706	1,953402804	15	16,5	150	0,798654348	h total sector A
5A	9,321	0,009321	84,6	0,0846	1,65818087	15	16,5	150	0,477442766	53,56292309
1B	1,116	0,001116	36	0,036	1,096400719	15	16,5	150	0,601347245	
2B	2,232	0,002232	48	0,048	1,233450809	15	16,5	150	0,534675593	
3B	3,348	0,003348	48	0,048	1,850176213	15	16,5	150	1,132883584	
4B	5,022	0,005022	58,8	0,0588	1,849405628	15	16,5	150	0,893356524	h total sector B
5B	6,696	0,006696	70,6	0,0706	1,710472757	15	16,5	150	0,624528282	3,786791228
TRAMO 8	Q (l/m)	Q (m3/s)	D(m)	L(m)	V (m/s)	C	h	Total h		
1	0,317	0,000317	0,036	15	0,311432821	100	0,11261499	4,66955716	Uniforme	
2	0,558	0,000558	0,036	18	0,54820036	100	0,38507547			
3	0,558	0,000558	0,036	18	0,54820036	100	0,38507547			

Tabla 21. Perdas de carga totales del Sector 9

SECTOR 9	Q (l/m)	Q (m3/s)	∅int (mm)	∅ int (m)	V (m/s)	L (m)	1,1*L (m)	C	h	
1A	2,067	0,002067	48	0,048	1,142268289	8	8,8	150	0,247356286	
2A	3,741	0,003741	58,8	0,0588	1,377663571	15	16,5	150	0,517837302	
3A	5,415	0,005415	58,8	0,0588	1,994132114	15	16,5	150	1,027118736	
4A	7,089	0,007089	70,6	0,0706	1,810863407	15	16,5	150	0,69409931	h total sector A
5A	8,763	0,008763	84,6	0,0846	1,558914169	15	16,5	150	0,425866748	2,912278382
1B	2,232	0,002232	48	0,048	1,233450809	15	16,5	150	0,534675593	
2B	3,906	0,003906	58,8	0,0588	1,438426599	15	16,5	150	0,560925812	
3B	5,58	0,00558	70,6	0,0706	1,425393964	15	16,5	150	0,445574341	h total sector B
4B	7,254	0,007254	70,6	0,0706	1,853012154	15	16,5	150	0,724313168	2,265488914
TRAMO 9	Q (l/m)	Q (m3/s)	D(m)	L(m)	V (m/s)	C	h	Total h		
1	0,317	0,000317	0,036	18	0,311432821	100	0,13513799	3,22595548	Uniforme	
2	0,317	0,000317	0,036	12	0,311432821	100	0,09009199			
2	0,317	0,000317	0,036	12	0,311432821	101	0,08844711			

Tabla 22. Pérdidas de carga totales del Sector 10

SECTOR 10	Q (l/m)	Q (m3/s)	∅int (mm)	∅ int (m)	V (m/s)	L (m)	1,1*L (m)	C	h	
1A	1,509	0,001509	36	0,036	1,482498822	15	16,5	150	1,051391104	
2A	2,942	0,002942	48	0,048	1,625811953	15	16,5	150	0,891696724	
3A	4,375	0,004375	58,8	0,0588	1,611140904	15	16,5	150	0,691992496	
4A	6,366	0,006366	70,6	0,0706	1,626175265	15	16,5	150	0,568730035	h total sector A
5A	7,799	0,007799	70,6	0,0706	1,99223074	15	16,5	150	0,828300981	4,032111341
1B	2,549	0,002549	48	0,048	1,408631771	15	16,5	150	0,683749639	
2B	3,982	0,003982	58,8	0,0588	1,466414419	15	16,5	150	0,581304392	
3B	5,973	0,005973	70,6	0,0706	1,525784614	15	16,5	150	0,505426251	h total sector B
4B	7,406	0,007406	70,6	0,0706	1,891840089	15	16,5	150	0,752669727	2,523150009
TRAMO 10	Q (l/m)	Q (m3/s)	D(m)	L(m)	V (m/s)	C	h	Total h		
1	0,317	0,000317	0,036	12	0,311432821	100	0,09009199	4,33613415	Uniforme	
2	0,558	0,000558	0,036	10	0,54820036	100	0,21393082			

A modo de resumen:

Tabla 23. Resumen de las pérdidas de carga totales de los 10 sectores

	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Sector 6	Sector 7	Sector 8	Sector 9	Sector 10
	Uniforme	Uniforme	Uniforme	uniforme	Uniforme	Uniforme	Uniforme	Uniforme	Uniforme	Uniforme
h totales	2,63	3,75	4,03	5,00	4,50	3,79	4,44	4,67	3,23	4,34

Se observa como el sector con mayores pérdidas de carga es el sector 4 y el que menos pérdidas tienen el sector 1. Todos los sectores tienen pérdidas inferiores a 7 por lo que se consideran aptos y uniformes.

### 6.3. Determinación de la presión de cabecera

Para determinar la presión de cabecera en cada sector empleamos la siguiente fórmula:

$$P_{\text{cabecera}} = P_{\text{min}} + h_{\text{total}} + \Delta_{\text{cota}} + \text{altura caña} + h_{\text{caña}}$$

Donde,

$$P_{\text{min}} = 35 - (h_{\text{total}} / 4)$$

$h_{\text{total}}$  = Son las pérdidas totales ya calculadas anteriormente

$\Delta_{\text{cota}}$  = Diferencia de cota del sector

Altura<sub>caña</sub> = La altura de la caña que toma un valor de 2m

$h_{\text{caña}}$  = Las pérdidas de la caña que toma valores de 1m

De esta forma las  $P_{\text{cabeceras}}$  que obtuvimos en cada sector fue las siguientes:

Tabla 24. Resumen de las presiones de cabecera totales de los 10 sectores

SECTOR 1					
Presión cabecera	P min	h total	$\Delta$ cota	altura caña	h caña
42,57209206	34,342636	2,62945608	2,6	2	1
<b>Pcab=42,57 m</b>					

SECTOR 2					
Presión cabecera	P min	h total	$\Delta$ cota	altura caña	h caña
43,10846608	34,0638446	3,74462144	2,3	2	1
<b>Pcab=43,11 m</b>					

SECTOR 3					
Presión cabecera	P min	h total	$\Delta$ cota	altura caña	h caña
43,52347725	33,9921742	4,031303	2,5	2	1
<b>Pcab=43,52 m</b>					

SECTOR 4					
Presión cabecera	P min	h total	$\Delta$ cota	altura caña	h caña
42,35287561	33,7490415	5,00383415	0,6	2	1
<b>Pcab=42,35 m</b>					

SECTOR 5					
Presión cabecera	P min	h total	$\Delta$ cota	altura caña	h caña
41,8744045	33,8751985	4,49920599	0,5	2	1
<b>Pcab=41,87 m</b>					

SECTOR 6					
Presión cabecera	P min	h total	$\Delta$ cota	altura caña	h caña
41,54493226	34,0516892	3,79324301	0,7	2	1
<b>Pcab=41,55m</b>					

SECTOR 7					
Presión cabecera	P min	h total	$\Delta$ cota	altura caña	h caña
41,93125588	33,8895814	4,4416745	0,6	2	1
<b>Pcab=41,93 m</b>					

SECTOR 8					
Presión cabecera	P min	h total	$\Delta$ cota	altura caña	h caña
42,00216787	33,8326107	4,66955716	0,5	2	1
<b>Pcab=42,00 m</b>					

SECTOR 9					
Presión cabecera	P min	h total	$\Delta$ cota	altura caña	h caña
40,91946661	34,1935111	3,22595548	0,5	2	1
<b>Pcab=40,92 m</b>					

SECTOR 10					
Presión cabecera	P min	h total	$\Delta$ cota	altura caña	h caña
41,65210061	33,9159665	4,33613415	0,4	2	1
<b>Pcab=41,65 m</b>					

## 7. Diseño de la tubería primaria

Una vez que sabemos todo lo necesario sobre la tubería secundaria, procederemos al cálculo de la tubería primaria. Sobre esta, habrá que calcular el diámetro de su tubería y las presiones de llegada a cada sector.

### 7.1. Determinación del diámetro

Para el cálculo del diámetro de la tubería primaria realizaremos el mismo cálculo que para la tubería secundaria solo que esta vez no tendremos diámetros distintos para cada sector, sino que durante toda la tubería utilizaremos el mismo diámetro, que será el mayor de todos. Los cálculos obtenidos fueron los siguientes:



Tabla 25. Diámetro interior de la tubería primaria

Sector	Q (l/s)	Q (m3/s)	Øint (mm)	Øint (m)	V (m/s)
1	16,156	0,016156	103,8	0,1038	1,90919046
2	15,928	0,015928	103,8	0,1038	1,8822472
3	15,852	0,015852	103,8	0,1038	1,87326611
4	15,852	0,015852	103,8	0,1038	1,87326611
5	15,78	0,01578	103,8	0,1038	1,86475771
6	13,618	0,013618	103,8	0,1038	1,60926936
7	13,455	0,013455	103,8	0,1038	1,59000728
8	15,776	0,015776	103,8	0,1038	1,86428502
9	16,012	0,016012	103,8	0,1038	1,89217366
10	15,765	0,015765	103,8	0,1038	1,86298512

Para nuestra tubería primaria utilizaremos un diámetro de 103.8mm

## 7.2. Determinación de la presión de llegada

La presión de llegada en cada sector de la tubería primaria se calcula con la siguiente fórmula:

$$P_{\text{llegada}} = P_{\text{hidrante}} - h_{\text{total}} - \Delta \text{ cota H-Cab} + h_{\text{valvula}}$$

Donde,

$P_{\text{hidrante}}$  = Toma un valor de 50m

$h_{\text{total}}$  = Las pérdidas totales que se producen en la tubería primaria en función de la longitud nueva calculadas de la misma manera que las anteriores veces

$\Delta \text{ cota H-Cab}$  = La diferencia de cota entre el hidrante y la tubería primaria

$h_{\text{valvula}}$  = Toma un valor de 1m

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 26. Determinación de la presión de llegada

Sector	L (M)	1,1* L (m)	C	h_TP	Cota Cab	$\Delta$ cota H-Cab	P_llegada	P_cab	dif.
1	306	336,6	150	9,960599298	474,9	2,6	43,6394007	42,5720921	1,06730864
2	270	297	150	8,560459382	475,2	2,3	44,7395406	43,1084661	1,63107454
3	216	237,6	150	6,787977938	475,7	1,8	46,0120221	43,5234773	2,48854481
4	162	178,2	150	5,090983453	476,9	0,6	46,5090165	42,3528756	4,15614093
5	108	118,8	150	3,365496904	477	0,5	48,1345031	41,8744045	6,2600986
6	212,4	233,64	150	5,038173947	476,8	0,7	46,6618261	41,5449323	5,1168938
7	176,4	194,04	150	4,091972726	476,9	0,6	47,5080273	41,9312559	5,5767714
8	133,2	146,52	150	4,148831277	477	0,5	47,3511687	42,0021679	5,34900085
9	68,4	75,24	150	2,189876673	477	0,5	49,3101233	40,9194666	8,39065672
10	21,6	23,76	150	0,671914993	477,1	0,4	50,728085	41,6521006	9,07598439

Una vez obtenida la  $P_{llegada}$  le restamos la presión de cabecera que habíamos obtenido en cada sector, si esta resta era positiva indicaría que el trabajo realizado estaría bien y que nuestra distribución de las tuberías estaba bien hecha. Por contrario si esa resta nos diese negativo, tendríamos que realizar cambios en la distribución de las tuberías y volver a recalcular todo. En nuestro caso nos da positiva, lo que significa que los cálculos están bien realizados.

# ANEJO 9: EVALUACIÓN ECONÓMICO-FINANCIERA

## Contenido

1. Introducción .....	134
2. Situación inicial: Explotación de secano.....	135
2.1. Pagos ordinarios.....	135
2.2. Cobros ordinarios.....	136
2.3. Flujo de caja.....	136
3. Situación final, transformación en regadío .....	137
3.1. Pagos ordinarios.....	137
3.2. Cobros ordinarios.....	138
3.3. Cobros extraordinarios.....	139
3.4. Flujo de caja.....	139
4. Valor Actual Neto (VAN).....	139
5. Tasa Interna de Rendimiento (TIR).....	140
6. Plazo de recuperación .....	141
7. Conclusiones.....	141

## 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 y la situación final, que es la transformación de la parcela en regadío.

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, los cobros, los pagos 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. En este caso, la inversión inicial asciende hasta los 34.576,00€
- 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 **10 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 flujos de caja se calculan según la fórmula siguiente:  $\text{Flujos de caja} = \text{Cobros} - \text{Pagos}$
- Los cobros: Son entradas de dinero en la caja de la empresa y se dividen también en:
  - Cobros ordinarios (Co)
  - Cobros extraordinarios (Ce)
- Los pagos: se desembolsan anualmente, resultado de la actividad de la empresa. Los pagos se dividen en:
  - Pagos ordinarios (Po)
  - Pagos extraordinarios (Pe)
- 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. Para el estudio económico de este proyecto se van a tomar distintas tasas, de acuerdo con los tipos de interés actuales para cantidades similares.

## 2. Situación inicial: Explotación de secano

Actualmente en la parcela se produce una rotación de cultivo de dos cereales en secano, trigo y cebada. Se alternan estos cereales uno cada año. Los cobros y pagos de estos dos cultivos son diferentes, por lo tanto, habrá que tener en cuenta cada uno de ellos por separado.

### 2.1. Pagos ordinarios

Son los pagos originados por las materias primas, mano de obra y demás elementos que forman parte del proceso de producción. En este caso serán los pagos que provocan la producción de trigo y cebada.

Tabla 1. Pagos ordinarios que genera el cultivo de trigo

	CULTIVO DE TRIGO SECANO		
	Ha	€/Ha	€
LABOREO	7,17	203,45	1458,73
SEMILLA	7,17	61,88	443,67
ABONADO	7,17	192,77	1382,16
FITOSANITARIO	7,17	98,26	704,52
AGUA	7,17	0	0
MANO DE OBRA FIJA	7,17	49,32	353,62
MANO DE OBRA EVENTUAL	7,17	0	0
<b>TOTAL (€)</b>			<b>4.342,72€</b>

Tabla 2. Pagos ordinarios que genera el cultivo de Cebada

	CULTIVO DE CEBADA SECANO		
	Ha	€/Ha	€
LABOREO	7,17	203,45	1458,73
SEMILLA	7,17	62,42	447,55
ABONADO	7,17	142,86	1024,30
FITOSANITARIO	7,17	71,38	511,79
AGUA	7,17	0	0
MANO DE OBRA FIJA	7,17	27,77	199,11
MANO DE OBRA EVENTUAL	7,17	0	0
<b>TOTAL (€)</b>			<b>3.641,49€</b>

## 2.2. Cobros ordinarios

Son los ingresos obtenidos por la venta de producto, en este caso por la venta del grano de trigo y cebada y por la venta de la paja obtenida en la producción de trigo y cebada respectivamente.

Tabla 3. Cobros ordinarios que genera el cultivo de trigo y cebada

CULTIVO	SUPERFICIE (Ha)	RENDIMIENTO UNITARIO (kg/Ha)	TOTAL KG	PRECIO UNITARIO (€/kg)	TOTAL (€)
GRANO DE TRIGO	7,17 €	6.000	43.020,00 €	0,1817	7.816,73 €
GRANO DE CEBADA	7,17 €	5.500	39.435,00 €	0,1645	6.487,06 €
PAJA DE TRIGO	7,17 €	3.500	25.095,00 €	0,03	752,85 €
PAJA DE CEBADA	7,17 €	3.500	25.095,00 €	0,03	752,85 €

## 2.3. Flujo de caja

Una vez sabemos los cobros y los pagos, podemos hacer el flujo de caja para nuestra parcela. El flujo de caja nos indicara los beneficios brutos que obtenemos por cada cultivo en cada año. Los resultados obtenidos fueron los que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4. Flujo de caja para la situación de secano

Año	COBROS SECANO	PAGOS SECANO	FLUJO DE CAJA
1	8.569,58 €	4.342,73 €	4.226,86 €
2	7.239,91 €	3.641,50 €	3.598,41 €
3	8.569,58 €	4.342,73 €	4.226,86 €
4	7.239,91 €	3.641,50 €	3.598,41 €
5	8.569,58 €	4.342,73 €	4.226,86 €
6	7.239,91 €	3.641,50 €	3.598,41 €
7	8.569,58 €	4.342,73 €	4.226,86 €
8	7.239,91 €	3.641,50 €	3.598,41 €
9	8.569,58 €	4.342,73 €	4.226,86 €
10	7.239,91 €	3.641,50 €	3.598,41 €

En la Tabla. 4, se puede observar como el flujo de caja para el año que se cultiva trigo es de 4.226,86€, mientras que para el año en el que se cultiva es cebada, el flujo de caja es de 3.598,41€.

### 3. Situación final, transformación en regadío

Una vez llevado el proyecto a la realidad, con la implantación del riego, la rotación de cultivo será distintita con el fin de sacarle mayor beneficio a la finca. La rotación de cultivo es la explicada en el anexo 4. Así pues, vamos ahora a analizar la situación planteada.

#### 3.1. Pagos ordinarios

Son los pagos originados por las materias primas, mano de obra y demás elementos que forman parte del proceso de producción. En este caso serán los pagos que provocan la producción de maíz, brócoli, guisante y espárrago.

Tabla 5. Pagos ordinarios que genera el cultivo de maíz

	CULTIVO DE MAÍZ REGADÍO		
	Ha	€/Ha	€
LABOREO	7,17	245,89	1763,03
SEMILLA	7,17	178,66	1280,99
ABONADO	7,17	384,57	2757,36
FITOSANITARIO	7,17	76,51	548,57
AGUA	7,17	600	4302
MANO DE OBRA FIJA	7,17	96,05	688,67
MANO DE OBRA EVENTUAL	7,17	32,56	233,45
<b>TOTAL (€)</b>			<b>11.574,10€</b>

Tabla 6. Pagos ordinarios que genera el cultivo de guisante

	CULTIVO DE GUISANTE REGADÍO		
	Ha	€/Ha	€
LABOREO	7,17	349,56	2506,34
SEMILLA	7,17	90,42	648,31
ABONADO	7,17	79,34	568,86
FITOSANITARIO	7,17	89,48	641,57
AGUA	7,17	350	2509,5
MANO DE OBRA FIJA	7,17	13,16	94,35
MANO DE OBRA EVENTUAL	7,17	84,72	607,44
<b>TOTAL (€)</b>			<b>7.576,39€</b>



Tabla 7. Pagos ordinarios que genera el cultivo de brócoli

	CULTIVO DE BRÓCULI REGADÍO		
	Ha	€/Ha	€
LABOREO	7,17	326,78	2343,01
PLANTAS	7,17	481,87	3455,01
ABONADO	7,17	478,13	3428,19
FITOSANITARIO	7,17	207,17	1485,40
AGUA	7,17	600	4302
MANO DE OBRA FIJA	7,17	260,37	1866,85
MANO DE OBRA EVENTUAL	7,17	472,02	3384,38
<b>TOTAL (€)</b>			<b>20.264,85€</b>

Tabla 8. Pagos ordinarios que genera el cultivo de espárrago

	CULTIVO DE ESPARRAGO SECANO		
	Ha	€/Ha	€
LABOREO	7,17	543,02	3893,45
PLANTAS	7,17	526,06	3771,85
ABONADO	7,17	418,27	2998,99
FITOSANITARIO	7,17	344,46	2469,77
AGUA	7,17	700	5019
MANO DE OBRA FIJA	7,17	1269,63	9103,24
MANO DE OBRA EVENTUAL	7,17	1322,08	9479,31
<b>TOTAL (€)</b>			<b>36.735,63€</b>

### 3.2. Cobros ordinarios

Son los ingresos obtenidos por la venta de producto, en este caso por la venta del maíz, guisante, brócoli y espárrago.

Tabla 9. Cobros ordinarios que genera la rotación de cultivos propuesta para regadío

CULTIVO	SUPERFICIE (Ha)	RENDIMIENTO UNITARIO (kg/Ha)	TOTAL KG	PRECIO UNITARIO (€/kg)	TOTAL (€)
MAIZ	7,17 €	11.000	78.870,00 €	0,1756	13.849,57 €
GUISANTE	7,17 €	5.000	35.850,00 €	0,2488	8.919,48 €
BROCULI	7,17 €	13.500	96.795,00 €	0,3088	29.890,30 €
ESPARRAGO	7,17 €	5.500	39.435,00 €	1,6399	64.669,46 €

### 3.3. Cobros extraordinarios

Se considera como cobros extraordinarios el valor de la instalación al final de los 10 años, la cual obtendrá un precio de un 10% de la inversión inicial, por lo tanto, en el año 10 obtendremos un cobro extraordinario de 3.458,00€

### 3.4. Flujo de caja

Una vez sabemos los cobros y los pagos, podemos hacer el flujo de caja para nuestra parcela. El flujo de caja nos indicara los beneficios que obtenemos por cada cultivo en cada año. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 10. Flujo de caja para la situación de regadío.

Año	COBROS SECANO	PAGOS SECANO	FLUJO DE CAJA
1	13.849,57 €	11.574,10 €	2.275,47 €
2	38.809,78 €	27.841,25 €	10.968,52 €
3	0,00 €	36.735,64 €	-36.735,64 €
4	16.167,36 €	36.735,64 €	-20.568,27 €
5	64.669,46 €	36.735,64 €	27.933,82 €
6	64.669,46 €	36.735,64 €	27.933,82 €
7	64.669,46 €	36.735,64 €	27.933,82 €
8	64.669,46 €	36.735,64 €	27.933,82 €
9	64.669,46 €	36.735,64 €	27.933,82 €
10	68.127,46 €	36.735,64 €	31.391,46 €

## 4. Valor Actual Neto (VAN)

El Valor Actual Neto expresa la ganancia total o rentabilidad absoluta del proyecto. Es la forma más intuitiva de evaluar la rentabilidad de una inversión y consiste en restar a la suma convenientemente actualizada de flujos de caja, el pago de la inversión del mismo modo actualizado. La expresión general de este criterio es:

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

$R^i$  = 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, al tomar un valor superior a 0 todas las tasas de actualización planteadas, indica que el proyecto es económicamente viable y que se puede seguir adelante con el proyecto.

El VAN obtenido para las distintas tasas de actualización es de:

Tabla 11. VAN obtenido con las distintas tasas de actualización empleadas

r %	VAN (u.m.)
3	29.685,74 €
5	17.381,08 €
7	7.231,93€

## 5. Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

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 relativa de una inversión.

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

- Si: coste del capital < 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: coste del capital > 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 rendimiento (TIR) ofrece un valor de 8,70%. Por lo que se considera económicamente interesante realizar la inversión para la transformación en regadío.

## 6. Plazo de recuperación

Este criterio nos da el periodo de tiempo (h), expresado en años, que se espera transcurra desde el momento en que se inicia la inversión hasta que la suma de los flujos de caja actualizados coincide con el pago de la inversión. O lo que es lo mismo, indica el momento de la vida de la inversión en el que el V.A.N. de la misma se hace igual a cero, si la inversión finalizara en ese momento el V.A.N. sería nulo. Es, por tanto, el tiempo que tarda en recuperarse el pago de la inversión.

$$\sum_{j=0}^m \frac{K_j}{(1+r)^j} \leq \sum_{i=0}^h \frac{R_i}{(1+r)^i}$$

En cuanto al año en el que se recupera la inversión, en función de la tasa de actualización elegida, obtendremos los siguientes casos:

Tabla 12. Año en el que se recupera la inversión en función de las distintas tasas de actualización empleadas

r %	h (años)
3	Año 9
5	Año 9
7	Año 10

## 7. Conclusiones

A modo de resumen de este anejo, cabe decir que la inversión desde un punto de vista económico-financiero es viable, según los resultados obtenidos mediante el VAN y la TIR. Por otro lado, decir que con una tasa de actualización del 5%, hasta el penúltimo/último año no se recuperaría el capital invertido.

Por todo ello, ante cualquier variación posible de producción o precios de insumos y productos, podrían cambiar las condiciones de viabilidad y la inversión podría dejar de ser viable, ya que el margen de ganancia es muy pequeño y el nivel de incertidumbre muy alto.

Esto puede deberse a varias variables como: la rotación de cultivos propuesta, el sistema de riego planteado, que el nivel de producción de secoano es alto y no paga la inversión de un regadío, etc.

No obstante, no se descarta que, mediante otra rotación de cultivos y otro sistema de riego, el cual, requiera una menor inversión inicial, la viabilidad del proyecto sea mejor que la actual.

Por lo tanto, teniendo en cuenta todo lo visto y dicho en el presente anejo, llevar a cabo una transformación de secoano a regadío en esta explotación **ES VIABLE DESDE UN PUNTO DE VISTA ECONÓMICO-FINANCIERO** y proporciona más beneficios que en la misma explotación en secoano.

## Bibliografía

### Anejo 1

- Calicata, 1988. Negociado de Suelos y Climatología del Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local.
- GERMAN EDUARDO CEL Y REYES, 2010. Determinación de parámetros de riego para el cultivo cebolla de bulbo en el distrito de riego del alto chicamocho. Facultad de agronomía, Universidad Nacional de Colombia.
- PALOMA BESCANSÁ, 2016. Asignatura de Suelos y Agronomía. Apuntes de asignatura, Universidad Pública de Navarra (UPNA).
- FRANCISCO JAVIER ARRIBITA, 2018. Asignatura de Clasificación y evaluación de suelos. Apuntes de asignatura, Universidad Pública de Navarra (UPNA).
- PALOMA BESCANSÁ, 2018. Asignatura de Clasificación y evaluación de suelos. Apuntes de asignatura, Universidad Pública de Navarra (UPNA).

### Anejo 2

- “Caracterización Agroclimática de Navarra”, 1986. Elías Castillo, F. y Ruiz Beltrán, L. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Meteorología y climatología de Navarra, 2017. Disponible en: [meteo.navarra.es](http://meteo.navarra.es)
- VICENTE, A. M.; DONEZAR, M. 2004. Memoria del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra 1/200.000. Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

### Anejo 3

- GIMENEZ RAFAEL, 2017. Asignatura de Riegos y Drenajes. Apuntes de asignatura, Universidad Pública de Navarra (UPNA).
- “Memoria de la red de calidad de aguas superficiales”, 2016. Sección de Recursos Hídricos. Servicio de Agua. Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración local. Gobierno de Navarra
- “Calidad del agua de riego”. Federación de centros de promoción rural, Escuelas Familiares Agrarias de Aragón (EFA), Fundación biodiversida.
- FAO, 1987. La calidad del agua en la agricultura, Estudio FAO de riego y drenaje

Nº 29.

- Blasco y de la Rubia, Laboratorio de suelos IRYDA, 1973.
- GÓMEZ, F. J. Aproximación a los Criterios de Calidad para el Agua de Riego".Illa

#### Anejo 4

- Meteorología y climatología de Navarra, 2017.Disponible en: [meteo.navarra.es](http://meteo.navarra.es)
- VICENTE, A. M.; DONEZAR, M. 2004. Memoria del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra 1/200.000. Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
- GIMENEZ RAFAEL, 2016. Asignatura de Riegos y Drenajes. Apuntes de asignatura, Universidad Pública de Navarra (UPNA).
- J. Mangado. 2001, "Costes de producción de los secanos de la Navarra Atlántica". Navarra Agraria, noviembre-diciembre, pp. 42-48.
- SIGPAC Navarra. Gobierno de Navarra.
- Abonos, Blogger templates (2009)

#### Anejo 5

- SILVA, P., VERGARA, W., & ACEVEDO, E. (2015). Rotación de cultivos. Rastrojo de Cultivos y Residuos Forestales, Programa de Transferencia de Prácticas Alternativas al Uso del Fuego en la Región del Biobío. Boletín INIA Nº308, 196p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile, 49-68.
- TOLEDO, H. (1995). Cultivo del brócoli (No. F01 T6 No. 5-S). Instituto Nacional de Investigación Agraria, Lima (Peru). Dirección General de Investigación Agraria; Proyecto Sistema Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agraria, Lima (Peru).
- REYES, C. (1990). El Maiz y su Cultivo.
- MANGADO, J.M; OIARBIDE, J; BARBERÍA, A; GRANADA, A. 2008, Maíz forrajero. Ensayo de variedades en Navarra. Navarra Agraria, Marzo-Abril, pp. 51-55.

## Anejo 6

- GIMENEZ RAFAEL, 2017. Asignatura de Riegos y Drenajes. Apuntes de asignatura, Universidad Pública de Navarra (UPNA).
- FAO, 2006. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO de riego y drenaje N° 56. ISSN: 0254-5293.
- Coeficientes de cultivo. Sección de Riegos, INTIA.
- ESTUDIO CLIMÁTICO DE NAVARRA, 2017. Gobierno de Navarra. Disponible en: [estudioclimatico.navarra.es](http://estudioclimatico.navarra.es)
- WWF, marzo 2005. Curso de riego para agricultores: proyecto de autogestión del agua en la agricultura.
- PAVÓN, A.B. Instalación de riego por goteo en una parcela de maíz: Anejo II: Suelo y agua.
- JOAN BALDRICH BADIA, El riego en el maíz, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- JOSE LUIS GUZMAN y PEREZ BENITO MUÑOZ MUÑOZ, Cultivo mecanizado del esparrago blanco en Navarra, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

## Anejo 7

- SIGPAC Navarra. Gobierno de Navarra.
- SITNA, Sistema de Información Territorial de Navarra.

## Anejo 8

- Murugarren, N. 2013, “Precios de la energía para la campaña 2012”. Navarra Agraria, Julio-Agosto, pp. 7-11.
- FAO, 2006. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO de riego y drenaje N° 56. ISSN: 0254-5293.
- GIMENEZ RAFAEL, 2017. Asignatura de Riegos y Drenajes. Apuntes de asignatura, Universidad Pública de Navarra (UPNA).



## Anejo 9

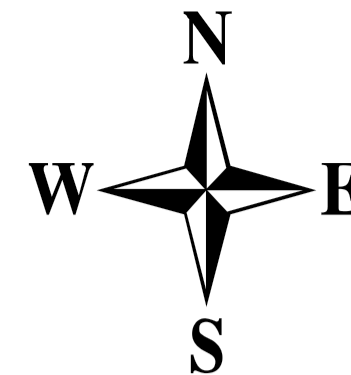
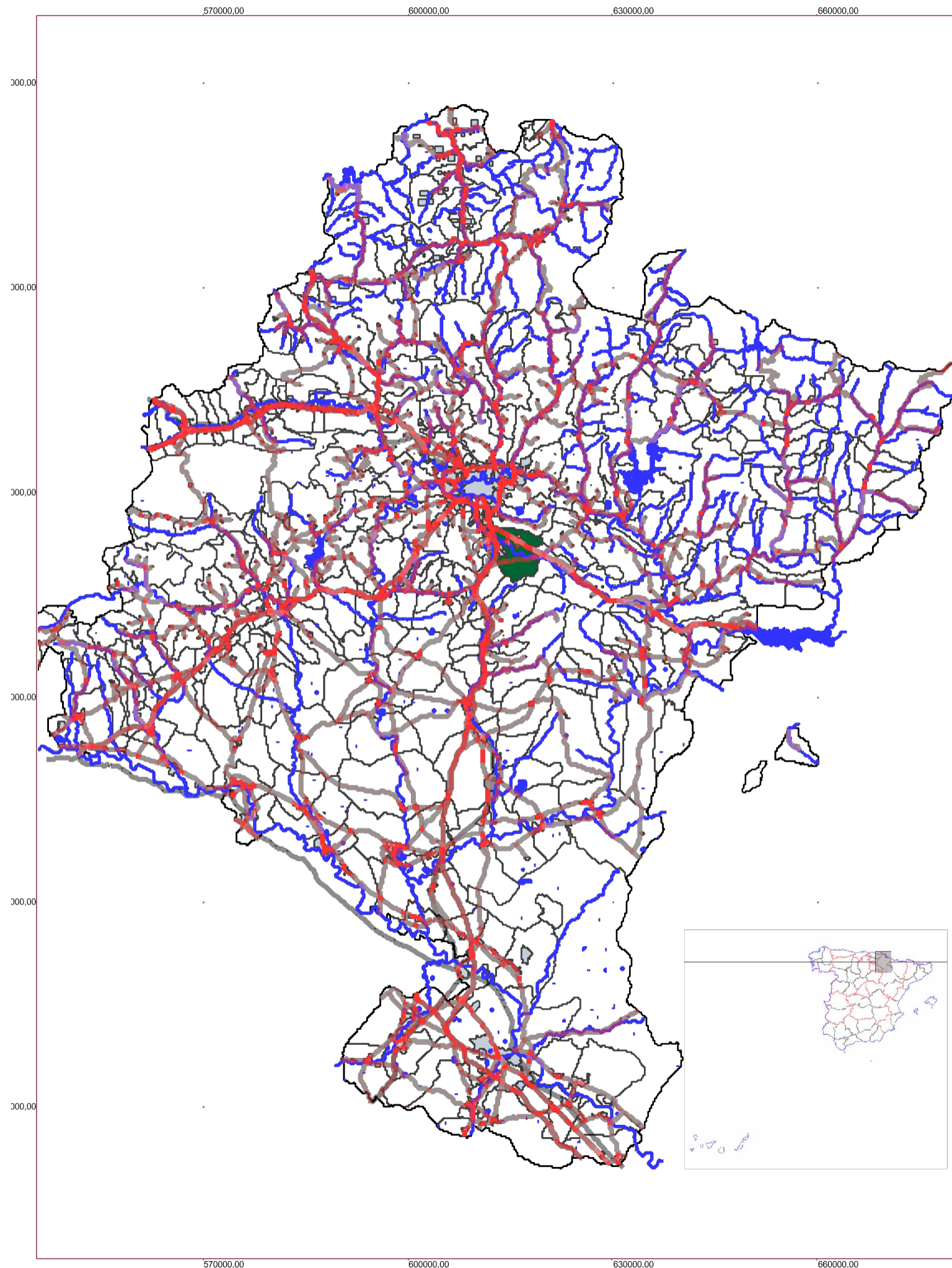
- Sociedad Cooperativa Agraria Orvalaiz. Informe económico del ejercicio 2015/2016. Torres de Elorz.
- Plataforma sigAGROasesor, 2017. Proyecto life agointegra Consultado en: [agroasesor.prodevelop.es](http://agroasesor.prodevelop.es)
- EDUARDO PRIETO, 2018. Asignatura de proyectos. Apuntes de asignatura, Universidad Pública de Navarra (UPNA).
- “Coyuntura Agraria”. 2010-2018. Disponible en: [navarra.es](http://navarra.es)

# Documento 3

## Planos

## Contenido

1. Plano de localización .....	149
2. Plano de situación .....	150
3. Plano de la parcela .....	151
4. Plano de diseño del sistema de riego.....	152
5. Plano de las curvas de nivel de la parcela .....	153

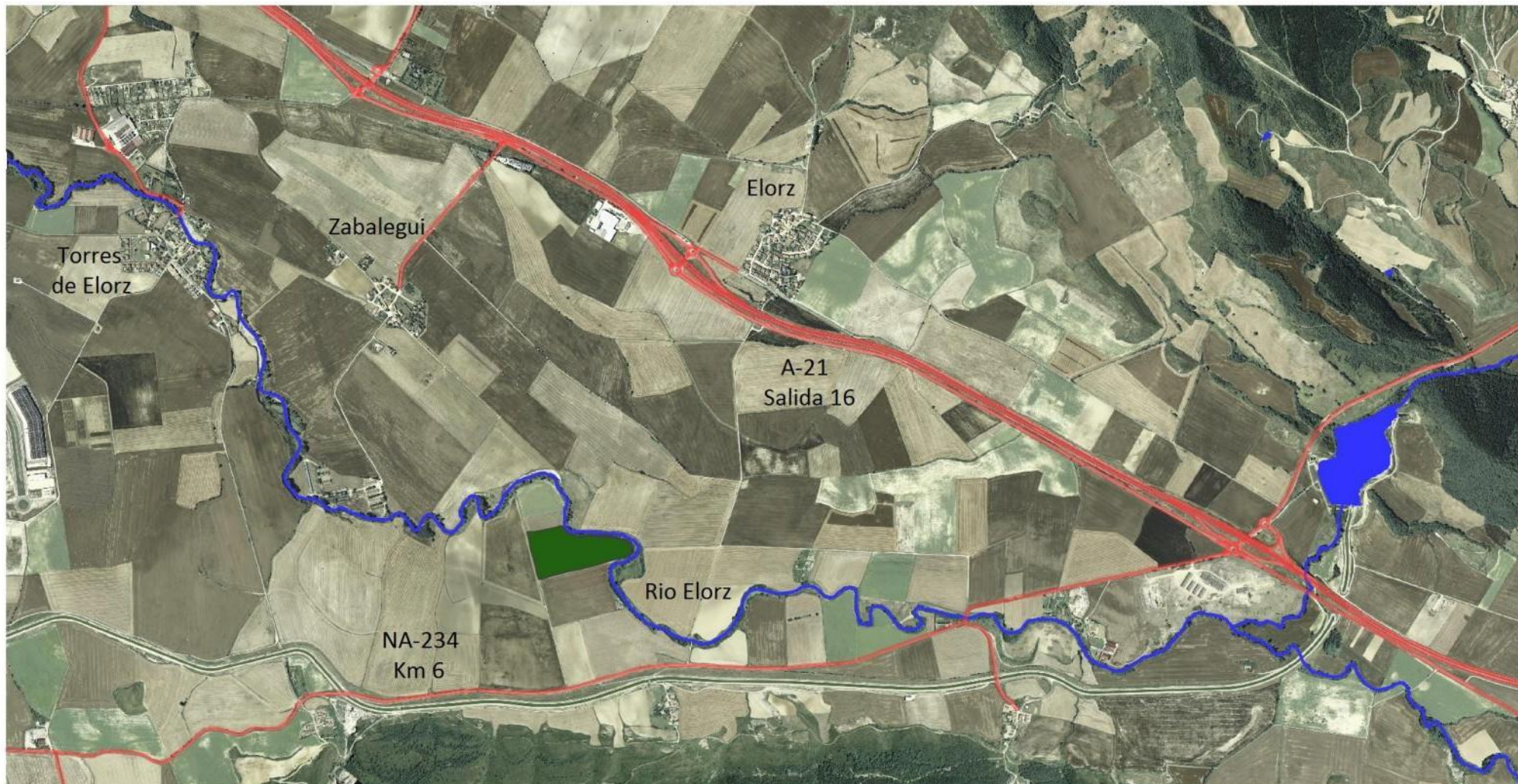


### LEYENDA:

-  Ejes de Carreteras
-  Superficies de Agua
-  Ríos
-  Zonas Urbanas
-  Ferrocarril
-  Limites de Navarra
-  Torres de Elorz

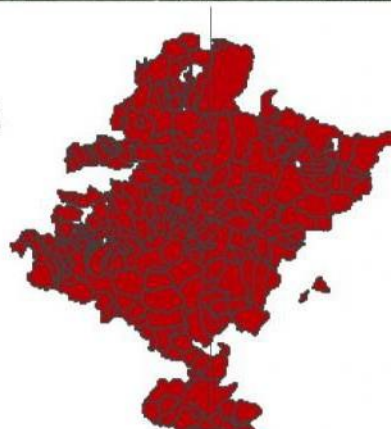
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		Escuela Técnica superior de Ingenieros Agrónomos			
DOCUMENTO BÁSICO PLANOS		CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN PLANO: TFG_Asier_Cia_Urdiain_Planos		REVISIÓN: 01	
<b>AUTOR:</b> Fdo: Asier Cia urdiain		PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO DE 7.17 ha EN EL MUNICIPIO DE NOAIN (VALLE DE ELORZ)			
		<b>PLANO DE: Localización</b>			
REFERENCIA TÉCNICA:		EDITADO (1ª vez): 05/05/2018		ESCALA/S:	
APROBADO POR:		EDITADO (vista actual): 05/09/2018		PLANO: <b>1/5</b>	





### LEYENDA:

-  parcela
-  INFRAE\_Lin\_CtraEje
-  HIDROG\_Pol\_SuperfiAgua
-  HIDROG\_Lin\_HidroEjeP
-  INFRAE\_Lin\_FFCCViaTraz
-  REFERE\_Lin\_Navarra  
o\_141\_12\_10M
-  DIADMI\_Pol\_Municipio






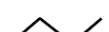




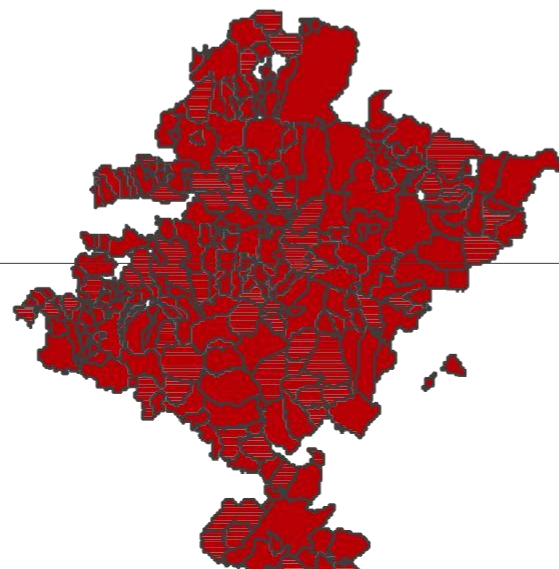
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		 Escuela Técnica superior de Ingenieros Agrónomos	
DOCUMENTO BÁSICO PLANOS		CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN PLANO: TFG_Asier_Cia_Urdiain_Planos	REVISIÓN: 01
<b>AUTOR:</b> Fdo: Asier Cia urdiain		PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO DE 7.17 ha EN EL MUNICIPIO DE NOAIN (VALLE DE ELORZ)	
		<b>PLANO DE:</b> <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">Situación</div>	
REFERENCIA TÉCNICA:	APROBADO POR:	EDITADO (1ª vez): 05/05/2018	ESCALA/S: 1/15.000
		EDITADO (vista actual): 05/09/2018	PLANO: <div style="font-size: 3em; font-weight: bold; text-align: center;">2/5</div>






## LEYENDA:

-  parcela
-  INFRAE\_Lin\_CtraEje
-  HIDROG\_Pol\_SuperfiAgua
-  HIDROG\_Lin\_HidroajeP
-  INFRAE\_Lin\_FFCCViaTraz
-  REFERE\_Lin\_Navarra
-  o\_141\_12\_10M
-  DIADMI\_Pol\_Municipio










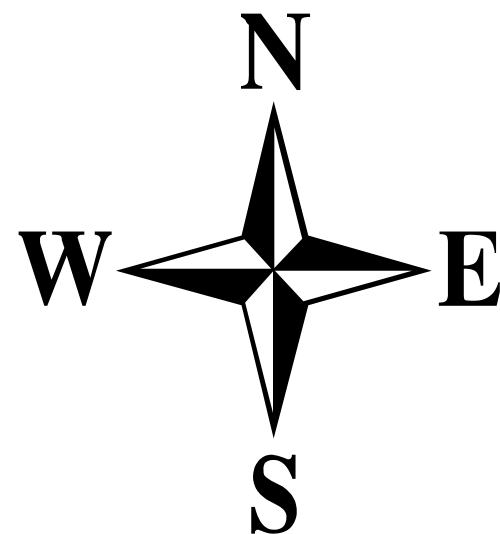
		Escuela Técnica superior de Ingenieros Agrónomos 	
<b>DOCUMENTO BÁSICO PLANOS</b>		CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN PLANO: TFG_Asier_Cia_Urdiain_Planos	REVISIÓN: 01
<b>AUTOR:</b> Fdo: Asier Cia urdiain		PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO DE 7.17 ha EN EL MUNICIPIO DE NOAIN (VALLE DE ELORZ)	
		<b>PLANO DE:</b> <span style="font-size: 1.5em; font-weight: bold;">Parcela</span>	
REFERENCIA TÉCNICA:	APROBADO POR:	EDITADO (1ª vez): 05/05/2018	ESCALA/S: <span style="font-size: 1.2em;">1/1.500</span>
		EDITADO (vista actual): 05/09/2018	PLANO: <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">3/5</span>



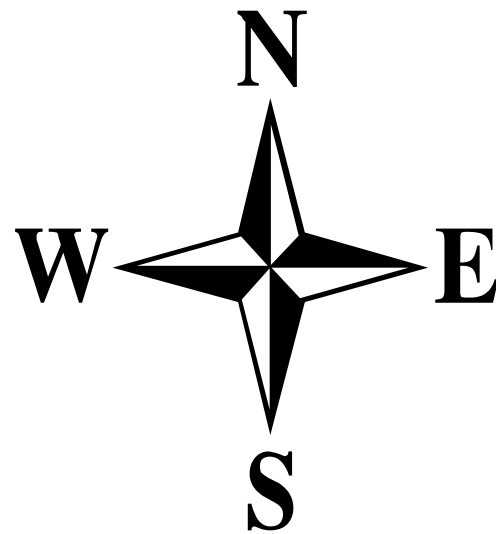
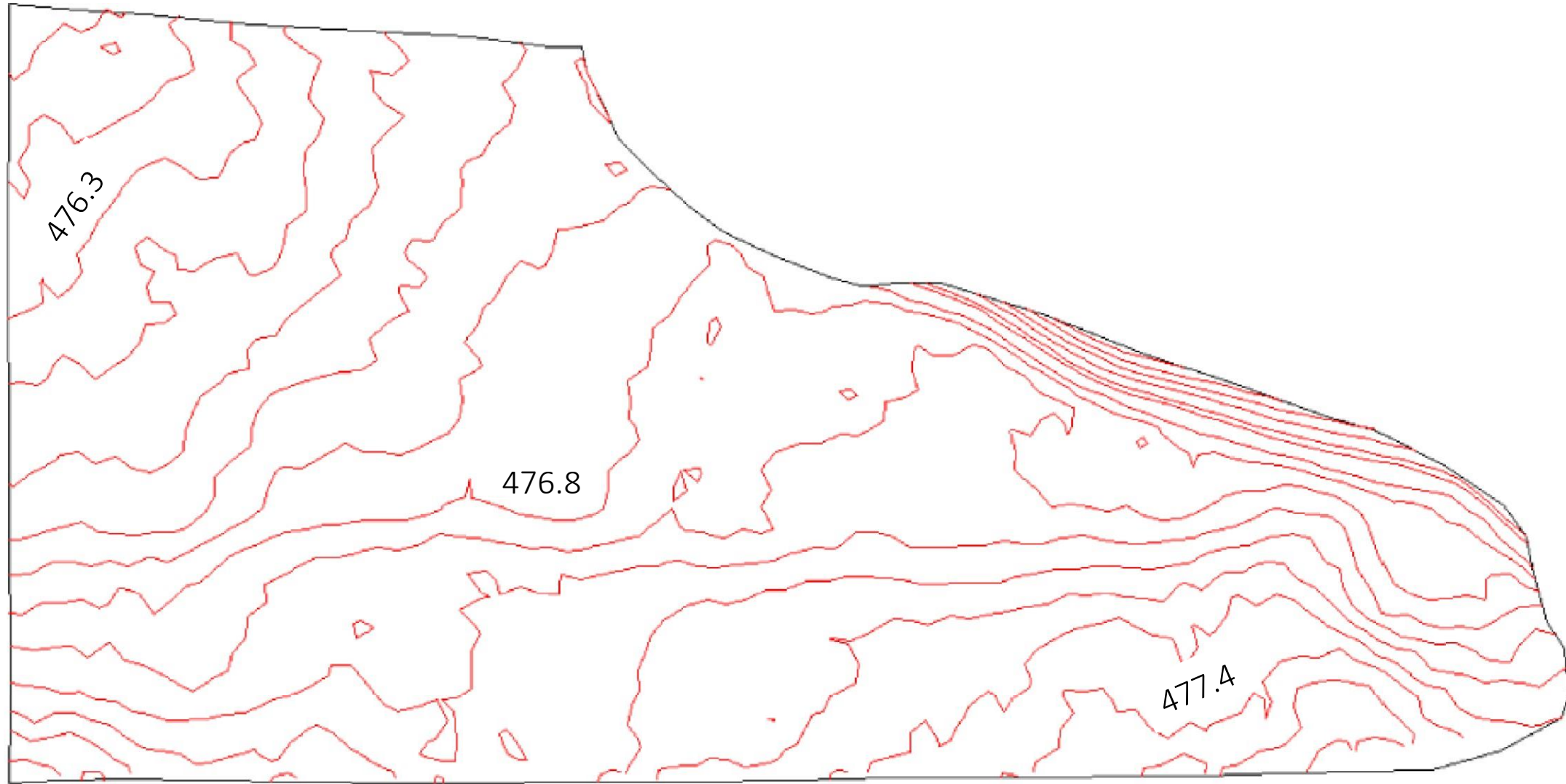



**LEYENDA**

-  Tubería primaria
-  Tubería secundaria
-  Ramales porta aspersión
-  Límite de sectores
-  Límite parcela
-  Hidrante
-  Aspersor



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		Escuela Técnica superior de Ingenieros Agrónomos 	
DOCUMENTO BÁSICO PLANOS		CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN PLANO: TFG_Asier_Cia_Urdiain_Planos	REVISIÓN: 01
<b>AUTOR:</b> Fdo: Asier Cia urdiain		PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO DE 7.17 ha EN EL MUNICIPIO DE NOAIN (VALLE DE ELORZ)	
		<b>PLANO DE:</b> <b>Diseño del sistema de riego</b>	
REFERENCIA TÉCNICA:	APROBADO POR:	EDITADO (1ª vez): 05/05/2018	ESCALA/S: 1/1.500
		EDITADO (vista actual): 05/09/2018	



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		Escuela Técnica superior de Ingenieros Agrónomos 	
DOCUMENTO BÁSICO PLANOS		CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN PLANO: TFG_Asier_Cia_Urdiain_Planos	REVISIÓN: 01
<b>AUTOR:</b> Fdo: Asier Cia urdiain		PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO DE 7.17 ha EN EL MUNICIPIO DE NOAIN (VALLE DE ELORZ)	
		<b>PLANO DE:</b> Curvas de nivel de la parcela	
REFERENCIA TÉCNICA:	APROBADO POR:	EDITADO (1ª vez): 05/05/2018	ESCALA/S: 1/1.500
		EDITADO (vista actual): 05/09/2018	
		PLANO: <b>5/5</b>	



# Documento 4

## Pliego de condiciones

## Contenido

1. Introducción .....	156
2. Descripción de las obras.....	156
2.1. Descripción del sistema de riego .....	156
2.1.1. Conexión del hidrante con la tubería primaria .....	157
2.1.2. Tubería primaria.....	157
2.1.3. Tubería secundaria.....	157
2.1.4. Tubería terciaria .....	158
2.1.5. Emisores de riego.....	158
2.2. Automatización del riego por aspersión en la parcela.....	158
2.3. Válvulas de drenaje .....	159
2.4. Manómetros.....	159
3. Ejecución de las obras.....	160
3.1. Normas generales e inicio de las obras.....	160
3.2. Replanteo de las obras.....	160
3.2.1. Acta de replanteo.....	160
3.2.2. Replanteo de las obras.....	161
3.3. Equipamiento de la parcela.....	162
3.3.1. Instalación de la tubería porta emisores y de las cañas porta aspersores .....	162
3.3.2. Excavación y tapado de zanjas .....	163
3.3.3. Instalación de tuberías de PVC.....	163
3.3.4. Anclajes de la tubería .....	164
3.3.5. Programadores y solenoides.....	164
3.4. Pruebas en la parcela .....	165
3.5. Limpieza de las obras .....	166

## 1. Introducción

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas tiene por objeto definir las obras correspondientes al proyecto de “transformación de secano a regadío de 7.17has en el municipio de noain (valle de elorz)”, fijar las condiciones técnicas que se deben cumplir en la ejecución de las distintas unidades de obra que las componen, determinar la calidad de los materiales que se van a emplear, establecer los criterios de medición y las bases económicas por las que se va a regular su abono, así como aquellas otras condiciones de carácter general que han de regir durante la ejecución de las mismas y hasta su entrega a la Propiedad.

Así mismo, este proyecto, para el objetivo propuesto, contempla la realización e implantación del equipamiento necesario en la parcela (tuberías, hidrantes, válvulas, aspersores, desagües...).

## 2. Descripción de las obras

El Proyecto contempla las obras necesarias para la distribución del agua en la parcela desde los hidrantes que abastecen a cada hidrante y estos a los aspersores.

Serán objeto de las normas y condiciones facultativas que se den en este Pliego de Prescripciones todas las obras incluidas en el Presupuesto, abarcando los oficios y materiales que en ellas se empleen.

Las obras se ajustarán a los planos, estados de mediciones y cuadros de precios. El director de la Obra interpretará y resolverá cualquier discrepancia que pudiera existir entre estos documentos.

### 2.1. Descripción del sistema de riego

Se trata de un equipamiento de aspersión con cobertura total de la parcela enterrada en todas las unidades de diseño.

Las disposiciones de la red de tuberías enterradas tendrán un marco de riego de 18x15m (dieciocho metros de separación entre los aspersores de un mismo ramal y quince metros de separación entre los aspersores de distintos ramales ya que la disposición es al tresbolillo).

La red en parcela se inicia en hidrante, mediante la unión del mismo con la tubería primaria. La tubería primaria, de PVC enterrada, transporta el agua hasta los 10 sectores de riego. Dentro de cada sector, una conducción secundaria de PVC y otra terciaria de polietileno de alta densidad transportaran el agua a cada aspersor

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

- 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 la tubería porta aspersores.
- Tubería porta aspersores que llevara el agua desde la tubería secundaria hasta cada uno de los aspersores.
- Aspersores, que expulsaran el agua adecuada y necesaria en cada caso.
- Válvulas de desagüe.

#### 2.1.1. Conexión del hidrante con la tubería primaria

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

#### 2.1.2. Tubería primaria

Es la tubería encargada de alimentar a todas las tuberías secundarias y también de llevar el agua hasta el inicio de cada uno de los sectores de riego. Es de PVC y tiene una presión de trabajo de 1 MPa. La dimensión exterior será de 110 mm mientras que la interior de 103.8 mm. La unión será mediante enchufe directo, con junta elástica para garantizar una correcta estanqueidad.

En el plano N°4 está reflejado su trazado y en el anexo 8 “diseño de la red de distribución” sus dimensiones.

#### 2.1.3. Tubería secundaria

Esta tubería tiene como misión conducir el agua desde la tubería primaria hasta las tuberías terciarias o porta aspersores. En los planos queda reflejado su trazado y diámetro, que irá descendiendo a medida que va abasteciendo a las tuberías porta aspersores. Estas tuberías serán telescópicas y tendrán diámetros exteriores de 40, 50,

63, 75 y 90mm, así como interiores de 36, 46, 58.8, 70.6 y 84.6mm. Serán de PVC y una presión de trabajo de 0,6 MPa y de junta pegada.

En el entronque entre las tuberías secundarias y las primarias se colocará una válvula hidráulica que independice cada sector de riego con el fin de regar cada sector de forma independiente. Estas válvulas quedarán protegidas por una arqueta.

La tubería secundaria estará compuesta por el número de piezas necesarias para cumplir su misión de conducir el agua hasta las tuberías terciarias.

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.

#### 2.1.4. Tubería terciaria

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

Las tuberías terciarias serán de PVC de alta densidad de 40 mm de diámetro exterior y de 36 mm de diámetro interior y trabajarán a 0,6 MPa de presión.

Para la colocación de las tuberías terciarias en cada sector serán necesarias una serie de piezas especiales como reducciones, collarines, codos, bridas, manguitos, tapones, etc.

#### 2.1.5. Emisores de riego

El marco elegido para disponer los aspersores es de 18 x 15 m al tresbolillo. Los aspersores irán colocados sobre las tuberías terciarias o porta aspersores mediante "Tés" o codos de latón. Sobre la "T" o codo de latón se colocará la caña porta aspersor de acero galvanizado. Asimismo, se colocará en la unión de la caña porta aspersor con la tubería terciaria el anclaje del aspersor.

Los aspersores serán de latón, de círculo completo o sectorial. El caudal emitido por los aspersores totales será de 1960 l/h. El caudal para los aspersores sectoriales será de 1390 l/h.

## 2.2. Automatización del riego por aspersión en la parcela

Consiste en la apertura y cierre automático de los sectores de riego, en los momentos y con la duración determinados previamente en un programador de riego.

Los elementos responsables de la automatización son las válvulas hidráulicas de sector, el programador de riego y los solenoides de tipo latch, actuando de la siguiente forma:

Los datos de inicio y duración del riego en cada sector se introducen en el programador.

Éste actúa sobre las válvulas hidráulicas, colocadas en las tuberías a la entrada de cada uno de los sectores de riego, a través de los solenoides, que reciben las señales eléctricas del primero y las transforman en ordenes hidráulicas a las válvulas, conectando para ello el hidrante con la cámara superior de la válvula de sector (cierre), o ésta con el solenoide (apertura), mediante microtubos de PEAD.

El programador se encuentra dentro de la arqueta junto a un panel de solenoides. La fuente de alimentación será una batería de 12 V y 45 amperios/hora.

Para proteger el programador, solenoides y batería de los agentes atmosféricos y de su manipulación por terceros, se instalarán en una arqueta de hormigón provista de tapa de chapa con herrajes, todo galvanizado y con candado. En el fondo de la arqueta se colocarán 10 cm de gravilla, para drenaje del agua que se pueda recoger en el interior de las mismas.

### 2.3. Válvulas de drenaje

Se colocan en los extremos de los laterales en la parte con menor cota y sirven para el vaciado de éstos al terminar el riego, con esto conseguimos evitar el desarrollo de bacterias, la formación de precipitados y los daños por heladas de las tuberías.

### 2.4. 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.

### 3. Ejecución de las obras

#### 3.1. Normas generales e inicio de las obras

El Contratista deberá someter, con tiempo suficiente, a la aprobación de la Dirección de Obra todos los equipos e instalaciones que vaya a emplear. La aprobación por parte de la Dirección de Obra debe entenderse, únicamente, en el aspecto de la aptitud técnica, no eximiendo al Contratista de ningún otro tipo de responsabilidad.

El Contratista deberá montar todas las instalaciones necesarias para realizar correctamente las obras.

En la ejecución de las obras el adjudicatario adoptará todas las medidas necesarias para evitar accidentes, para garantizar las condiciones de seguridad de las mismas y su buena ejecución, y se cumplirán todas las condiciones exigibles por la legislación vigente y las que sean impuestas por los Organismos competentes.

El adjudicatario está obligado al cumplimiento de las disposiciones vigentes en 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 aceptados 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.

#### 3.2. Replanteo de las obras

##### 3.2.1. 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.

### [3.2.2. 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 sí 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 o 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.

### 3.3. Equipamiento de la parcela

#### 3.3.1. Instalación de la tubería porta emisores y de las cañas porta aspersores

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.

#### 3.3.2. 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.

#### 3.3.3. 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 tapan 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 piezas 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.

#### 3.3.4. Anclajes de la 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.

#### 3.3.5. 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.

### 3.4. Pruebas en la 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 porta aspersores 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.

### 3.5. 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.

# Documento 5

# Mediciones

## Contenido

1	Mediciones .....	169
1.1.	Capítulo 01. Movimiento de tierras. ....	169
1.2.	Capítulo 02. Aspersores y tuberías.....	169
1.3.	Capítulo 03. Valvulería y desagües.....	170
1.4.	Capítulo 04. Programadores. ....	170

## 1 Mediciones

### 1.1. Capítulo 01. Movimiento de tierras.

Código	Concepto	Descripción	Cantidad	Unidad
<b>01.01</b>	Zanja	Apertura de zanja para introducir tubería PVC/PE en coberturas	5954,4	m
<b>01.02</b>	Hoyo	Hoyo para introducir aspersor	306	ud

### 1.2. Capítulo 02. Aspersores y tuberías.

Código	Concepto	Descripción	Cantidad	Unidad
<b>02.01</b>	Aspersor total	Aspersor VYR-60de giro completo de latón con caudal 2.000l/h y diámetro de aspersión de 30,6 m de boquillas 4,76 x 3,17 mm. Incluidas cañas y instalación en la parcela. Ref: 003501	235	ud
<b>02.02</b>	Aspersor sectorial	Aspersor VYR-35 sectorial de latón con caudal 1.158l/h y diámetro de aspersión de 26,2m de boquillas 4,36mm. Incluidas cañas e instalación en la parcela. Ref: 006003	71	ud
<b>02.03</b>	Placa anti-deriva	Placa metálica colocada en aspersores sectoriales para evitar la deriva de agua fuera de la parcela.	71	ud
<b>02.04</b>	Tubería 110mm	Tubería de PVC de 110mm y 1 Mpa mediada en proyección horizontal incluida parte proporcional de juntas y piezas especiales completamente colocada, fijada y probada.	518,4	m
<b>02.05</b>	Tubería 40mm	Tubería de PVC de 40mm y 0,6 Mpa mediada en proyección horizontal incluida parte proporcional de juntas y piezas especiales completamente colocada, fijada y probada.	3978	m
<b>02.06</b>	Tubería 50mm	Tubería de PVC de 50mm y 0,6 Mpa mediada en proyección horizontal incluida parte proporcional de juntas y piezas especiales completamente colocada, fijada y probada.	378	m



<b>02.07</b>	Tubería 63mm	Tubería de PVC de 63 mm y 0,6 Mpa mediada en proyección horizontal incluida parte proporcional de juntas y piezas especiales completamente colocada, fijada y probada.	468	m
<b>02.08</b>	Tubería 75mm	Tubería de PVC de 75mm y 0,6 Mpa mediada en proyección horizontal incluida parte proporcional de juntas y piezas especiales completamente colocada, fijada y probada.	468	m
<b>02.09</b>	Tubería 90mm	Tubería de PVC de 90mm y 0,6 Mpa mediada en proyección horizontal incluida parte proporcional de juntas y piezas especiales completamente colocada, fijada y probada.	144	m

### 1.3. Capítulo 03. Valvulería y desagües.

Código	Concepto	Descripción	Cantidad	Unidad
<b>03.01</b>	Desagüe	Desagües del sector colocados en los puntos bajos de la tubería secundaria, probada y instalada.	10	ud
<b>03.02</b>	Válvula hidráulica simple	Válvula hidráulica simple de 100mm para apertura y cierre de los sectores de riego instalada y probada.	10	ud

### 1.4. Capítulo 04. Programadores.

Código	Concepto	Descripción	Cantidad	Unidad
<b>04.01</b>	Programador	Programador electrónico hasta 12 sectores para bombas de riego.	1	ud

# Documento 6

# Presupuesto

## Contenido

1	Cuadro de precios unitarios .....	173
1.1	Capítulo 01. Movimiento de tierras. ....	173
1.2	Capítulo 02. Aspersores y tuberías. ....	173
1.3	Capítulo 03. Valvulería y desagües.....	174
1.4	Capítulo 04. Programadores. ....	174
2	Presupuesto .....	174
2.1	Capítulo 01. Movimiento de tierras. ....	174
2.2	Capítulo 02. Aspersores y tuberías. ....	174
2.3	Capítulo 03. Valvulería y desagües.....	175
2.4	Capítulo 04. Programadores .....	175
3	Resumen de presupuesto parciales (PEM).....	176
4	Presupuesto de ejecución por contrata (PEC).....	176
5	Presupuesto para conocimiento del promotor (PCP) .....	176

## 1 Cuadro de precios unitarios

### 1.1 Capítulo 01. Movimiento de tierras.

<b>Código</b>	<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>
<b>01.01</b>	Zanja	m	0,85
<b>01.02</b>	Hoyo	ud	1,40

### 1.2 Capítulo 02. Aspersores y tuberías

<b>Código</b>	<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>
<b>02.01</b>	Aspersor total	ud	17,82
<b>02.02</b>	Aspersor sectorial	ud	21,62
<b>02.03</b>	Placa antideriva	ud	3,65
<b>02.04</b>	Tubería 110mm	m	2,44
<b>02.05</b>	Tubería 40mm	m	0,69
<b>02.06</b>	Tubería 50mm	m	0,73
<b>02.07</b>	Tubería 63mm	m	1,05
<b>02.08</b>	Tubería 75mm	m	1,50
<b>02.09</b>	Tubería 90mm	m	2,10

## 1.3 Capítulo 03. Valvulería y desagües.

<b>Código</b>	<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>
<b>03.01</b>	Desagüe	ud	15,25
<b>03.02</b>	Válvula hidráulica simple	ud	250,25

## 1.4 Capítulo 04. Programadores.

<b>Código</b>	<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>
<b>04.01</b>	Programador	ud	714,42

## 2 Presupuesto

## 2.1 Capítulo 01. Movimiento de tierras.

<b>Código</b>	<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
<b>01.01</b>	Zanja	5954,40	m	0,85	5061,24
<b>01.02</b>	Hoyo	306,00	ud	1,4	428,40

El coste total del movimiento de tierras es de 5489,64 €

## 2.2 Capítulo 02. Aspersores y tuberías.

<b>Código</b>	<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
<b>02.01</b>	Aspersor total	235,00	ud	17,82	5061,24
<b>02.02</b>	Aspersor sectorial	71,00	ud	21,62	1535,02
<b>02.03</b>	Placa antideriva	71,00	ud	3,65	259,15

<b>02.04</b>	Tubería 110mm	518,40	m	2,44	1264,89
<b>02.05</b>	Tubería 36mm	3978,00	m	0,69	2744,82
<b>02.06</b>	Tubería 50mm	378,00	m	0,83	313,74
<b>02.07</b>	Tubería 63mm	468,00	m	1,05	491,40
<b>02.08</b>	Tubería 75mm	468,00	m	1,5	702,00
<b>02.09</b>	Tubería 90mm	144,00	m	2,1	302,40

El coste total de los aspersores y las tuberías es de 12.674,66 €

### 2.3 Capítulo 03. Valvulería y desagües.

<b>Código</b>	<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
<b>03.01</b>	Desagüe	10	ud	15,25	152,5
<b>03.02</b>	Válvula hidráulica simple	10	ud	250,25	2502,5

El coste total de las válvulas y los desagües es de 2.655 €

### 2.4 Capítulo 04. Programadores

<b>Código</b>	<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
<b>04.01</b>	Programador	1	ud	714,42	714,42

El coste total del programador es de 714,42 €

### 3 Resumen de presupuesto parciales (PEM)

Código	Concepto	Precio (€)	% PEM
01	Movimiento de tierras	5489,64	25,49
02	Aspersores y tuberías	12674,66	58,86
03	Valvulería y desagües	2655,00	12,33
04	Programadores	714,42	3,32
<b>Presupuesto total</b>		<b>21533,72</b>	

El presupuesto general de ejecución material de la transformación de secano a regadío de la parcela asciende a la cifra de 21.533,72 €

### 4 Presupuesto de ejecución por contrata (PEC)

<b>Presupuesto Ejecución por contrata (PEC)</b>	
<b>Presupuesto de ejecución material (PEM)</b>	21533,73
<b>Gastos generales (GG) (13% PEM)</b>	2799,38
<b>Beneficio Industrial (BI) (6% PEM)</b>	1292,02
<b>IVA (21% PEM+GG+BI)</b>	5381,28
<b>Total presupuesto de ejecución por contrata</b>	<b>31006,41</b>

El presupuesto de ejecución por contrata asciende a 31.006,41 €

### 5 Presupuesto para conocimiento del promotor (PCP)

<b>Presupuesto para conocimiento del promotor (PCP)</b>	
<b>Presupuesto de ejecución por contrata</b>	31006,41
<b>Permisos</b>	250
<b>Honorarios del proyecto</b>	3500
<b>Total presupuesto para conocimiento del promotor</b>	<b>34756,41</b>

En definitiva, el presupuesto para conocimiento del promotor es de 34.756,41 euros.

Pamplona, a 12 de junio de 2018.

Fdo: Asier Cia Urdiain.