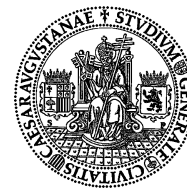




e s c u e l a  
p o l i t é c n i c a  
s u p e r i o r  
d e h u e s c a



Universidad  
Zaragoza



UNIVERSIDAD  
DE ZARAGOZA

**PROYECTO- TRABAJO FIN DE CARRERA**

**TRANSFORMACION EN REGADIO DE 42 HA  
EN EL TERMINO MUNICIPAL DE LUNA  
(ZARAGOZA) ORIENTADA A LA  
ALIMENTACION DE UNA EXPLOTACION  
OVINA YA EXISTENTE DE 1300 CABEZAS**

**AUTOR: JAVIER NOCITO PEREZ**

**ENSEÑANZA: INGENIERO AGRONOMO**

**DIRECTOR/ES: LUIS PARDOS CASTILLO**

**ANTONIO JAVIER GARCÉS TÉBAR**

**PONENTE:**

**FECHA: noviembre de 2017**

# ÍNDICE

(TOMO I)

1/ MEMORIA

2/ ANEJOS A LA MEMORIA

3/ PLANOS



Universidad  
Zaragoza



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



UNIVERSIDAD DE  
ZARAGOZA

PROYECTO- TRABAJO FIN DE CARRERA

**TRANSFORMACION EN REGADIO DE 42 HA  
EN EL TERMINO MUNICIPAL DE LUNA  
(ZARAGOZA) ORIENTADA A LA  
ALIMENTACION DE UNA EXPLOTACION  
OVINA YA EXISTENTE DE 1300 CABEZAS**

**DOCUMENTO 1: MEMORIA**

## Índice

1.	OBJETO Y SITUACIÓN .....	3
1.1	OBJETO DE PROYECTO.....	3
1.2	CONDICIONES DEL PROMOTOR.....	3
1.3	SITUACIÓN DE LA PARCELA.....	3
2.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.....	4
2.1	SITUACIÓN .....	4
2.2	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA. ....	6
2.3	DESCRIPCIÓN EDAFOLÓGICA. ....	6
2.4	DESCRIPCIÓN HIDROLÓGICA. ....	6
3.	ESTUDIO CLIMATICO .....	7
3.1	TEMPERATURAS .....	8
3.2	RÉGIMEN DE HELADAS .....	8
3.3	HORAS FRÍO .....	9
3.4	PRECIPITACIONES .....	9
3.5	VIENTO .....	10
3.6	HUMEDAD RELATIVA .....	10
3.7	ÍNDICES TERMOPLUVIOMÉTRICOS .....	10
3.8	DIAGRAMA OMBROTÉRMICO.....	11
3.9	CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ETO).....	11
3.10	CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO (ETC) 12	
4.	ESTUDIO EDAFOLÓGICO .....	15
4.1	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS.....	16
4.2	CONCLUSIONES DEL ESTUDIO REALIZADO .....	17
4.3	CALCULO DE LA ENMIENDA HÚMICA.....	18
5.	CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO .....	19
6.	ROTACIÓN DE CULTIVOS.....	20
7.	CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS .....	21

7.1	NECESIDADES DE RIEGO .....	21
7.2	DIMENSIONADO DEL RIEGO .....	22
8.	JUSTIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE RIEGO 27	
8.1	MARCO DE PLANTACIÓN DE ASPERSORES .....	28
8.2	CARACTERÍSTICAS DE LOS ASPERSORES.....	28
8.3	ORGANIZACIÓN DEL RIEGO .....	30
8.4	NÚMERO DE ASPERSORES POR MÓDULO.....	31
9.	CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA RED DE RIEGO .....	31
9.1	DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DE LA RED DE RIEGO.....	32
9.2	ELECCIÓN DE MATERIALES .....	33
9.3	CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA RED DE RIEGO.....	34
9.4	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	41
10.	ELEMENTOS SINGULARES DE LA RED RIEGO.....	43
11.	INSTALACIÓN DE BOMBEO .....	46
11.1	CÁLCULO DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN.....	47
11.2	DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN DE BOMBEO .....	47
11.3	POTENCIA NECESARIA EN LA INSTALACIÓN DE BOMBEO .	49
11.4	ELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO .....	50
11.5	CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE EN LA INSTALACIÓN .....	50
12.	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	54
13.	PRESUPUESTO .....	55
14.	VIABILIDAD ECONÓMICA.....	56

# 1. OBJETO Y SITUACIÓN

## 1.1 OBJETO DE PROYECTO

El objeto del presente proyecto es la transformación a riego por aspersión de una parcela de 53 hectáreas en el término municipal de Luna (Zaragoza).

Se trata de transformarla a regadío por aspersión con cobertura total enterrada con agua procedente del embalse de Yesa. Esta agua circula por el Canal de Las Bardenas

Mediante la transformación de la parcela, se pretende producir cultivos extensivos que permitan obtener un producto de mayor calidad, mayores rendimientos de manera más eficiente y en consecuencia aumentar la rentabilidad de la explotación, disminuyendo, en la medida de lo posible, los gastos y la mano de obra, además de suministrar alimento a la explotación ganadera de la propia finca.

## 1.2 CONDICIONES DEL PROMOTOR

El propietario de la finca exige ciertos condicionantes a la hora de realizar el proyecto, tales como un ajuste de los lindes con los agricultores vecinos colindantes lo que optimizará y aumentará la superficie de la parcela, entubar un cauce de agua que atraviesa la parcelas, reservar una zona de la parcela para la construcción de un almacén, la implantación en toda la finca de riego por aspersión con cobertura total enterrada y la dotación al sistema de riego de automatismos capaces de controlar todo el sistema en la totalidad de la finca.

## 1.3 SITUACIÓN DE LA PARCELA

La parcela a proyectar tiene una superficie de aproximadamente 53 hectáreas, las cuales están declaradas en la actualidad como secano.

En esta parcela se han cultivado tradicionalmente cereales de invierno y se decide transformarla a riego por aspersion debido a las ventajas que ello reporta: comodidad, mejora del rendimiento, ahorro de maquinaria y mano de obra, etc.

La parcela se sitúa en su totalidad en el término municipal de Luna, en la Comarca de Las Cinco Villas, provincia de Zaragoza. El término municipal de Luna está situado a 63 km de Zaragoza en dirección norte.

Se encuentra a unos 7 km de Luna, en el kilómetro 95 del Canal de Las Bardenas. La parcela se ubica en la finca denominada Corral de Ricla, en el paraje Valdeanias.

Las coordenadas geográficas de la parcela son 0° 8' 24 " Longitud W y 41° 53' 12" Latitud Norte, a una altitud de 361 metros sobre el nivel del mar.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

La Comarca de las Cinco Villas es la mayor comarca de Aragón y posee un variado paisaje que engloba a sus 29 pueblos que van desde la Sierra de Santo Domingo hasta el río Ebro.

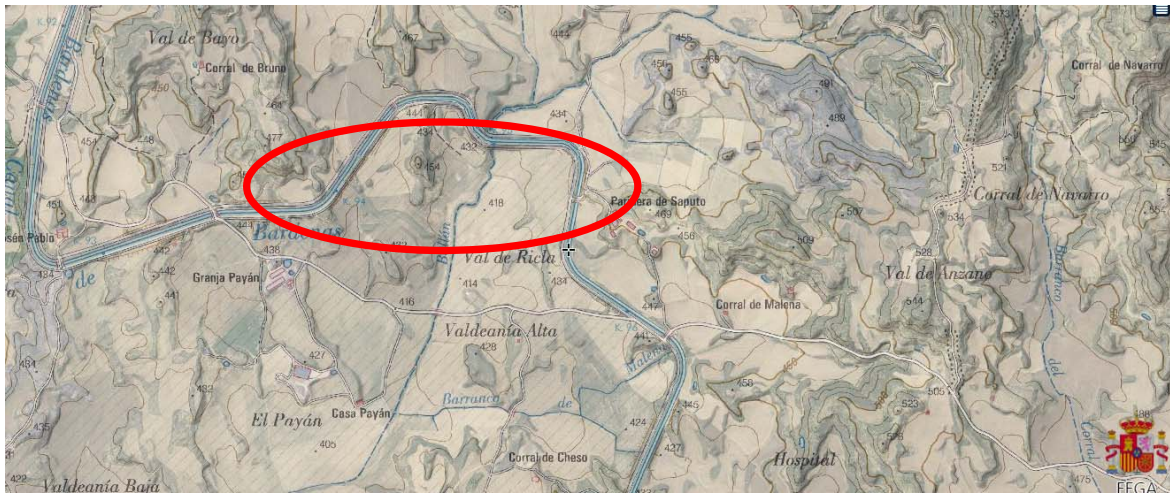
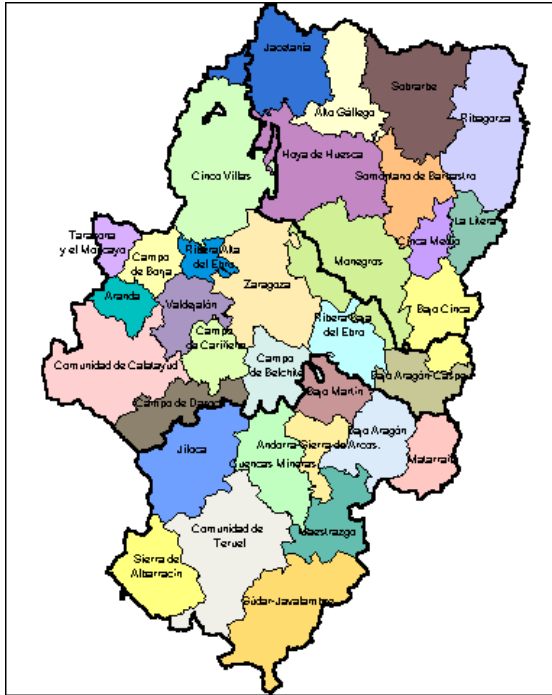
La agricultura y la ganadería siguen siendo, todavía, el motor de desarrollo de la zona que a su vez se divide en dos partes diferenciadas por una línea de agua que es el canal de Bardenas. El secano, en claro declive, se sitúa en la margen izquierda del canal. Los pueblos de la margen derecha del mismo, los que riegan con el agua de Yesa, tejen una barrera para atajar la despoblación del resto de municipios y fortalecer la economía de la comarca siendo punteros en la implantación de nuevos sistemas de riego y en la economía y uso racional del agua.

### 2.1 SITUACIÓN

El proyecto que se pretende desarrollar consistirá en la puesta en regadío de una parcela en la finca "Corral de Ricla", en el T.M. de Luna.

El término de Luna se encuentra situado en el noreste de la provincia de Zaragoza, cerca del límite con la provincia de Huesca.

El pueblo de Luna está situado en la provincia de Zaragoza, más concretamente en la Comarca de las Cinco Villas a una distancia de Zaragoza de 70 km y 73 de Huesca y a 27 km de Ejea de los Caballeros, capital de la comarca.





## 2.2 DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA.

Los terrenos que componen la finca Corral de Ricla son predominantemente llanos con alguna pendiente ligera, correspondientes mayoritariamente al glacis compuesto por gravas, arenas y limos.

La zona de Luna presenta un relieve con grandes diferencias donde podemos encontrar desde grandes llanuras agrícolas hasta grandes pendientes en la zona más norte del término municipal.

Los materiales aflorantes son exclusivamente terciarios y cuaternarios. Los materiales de los afloramientos terciarios son margas, arcillas, arenas, calizas y yesos con los cambios laterales y verticales de facies normales en este tipo de cuencas con régimen de sedimentación continental endorréico

## 2.3 DESCRIPCIÓN EDAFOLÓGICA.

Siguiendo las normas de la clasificación americana (Soil Taxonomy), los suelos que encontramos en la zona pertenecen a los Ordenes: ENTISOLS y INCEPTISOLS.

## 2.4 DESCRIPCIÓN HIDROLÓGICA.

En la actualidad, el esquema hidráulico del sistema de Bardenas está compuesto por el embalse de Yesa, como embalse de cabecera del sistema en el río Aragón, el Canal de Bardenas, sus Acequias Derivadas o Acequias Principales y sus colectores, así como los embalses de regulación interna.

El esquema del sistema hidráulico Yesa – Bardenas es el siguiente:



El diseño del Canal de Bardenas es telescópico, es decir, en origen cuenta con una sección capaz de transportar un caudal de 52 m<sup>3</sup>/s, reduciéndose progresivamente en sus 111 Km de longitud hasta los 30 m<sup>3</sup>/s. Por otra parte, del Canal principal se derivan otras acequias principales.

### 3. ESTUDIO CLIMATICO

El estudio climático es necesario para realizar cualquier modernización de un regadío, dado que influye en el cultivo, y por lo tanto en la instalación que se proyecte.

El conjunto de datos climáticos para la realización del estudio se han obtenido de diversas fuentes bibliográficas y de la estación de Ejea de los Caballeros (estación más cercana a Luna).

- Coordenadas geográficas de la estación: 1° 08' 28'' longitud W y 42° 07' 03'' latitud N
- Coordenadas UTM (Km x 10<sup>-1</sup>): Este-Oeste 6537, Norte-Sur 46643

### 3.1 TEMPERATURAS

En la zona de las Cinco Villas el clima se puede considerar como mediterráneo continental, con temperaturas medias anuales de unos 15° C, con unas temperaturas medias del mes más frío superiores a los 4° C y con unas temperaturas medias en los meses más cálidos de unos 24° C. El periodo frío es poco intenso pero de larga duración, alrededor de 5 a 7 meses, siendo enero el mes más frío y julio el mes más cálido.

#### RESUMEN DE LAS TEMPERATURAS (°C)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
tmm	4,9	6,9	10,7	12,7	17,6	21,7	24,2	24	19,2	14,5	8,5	5,9	14,2
Tm	9,7	12,5	17,1	19,2	23,8	28,6	31,6	30,7	24,8	20	13,5	9,3	20
tm	0,7	1,2	3,9	6,8	11	15	17,1	16,9	13,2	9,5	3,9	1,4	8,4
TMa	15,9	17,5	23,5	25,6	30,7	35,1	36,6	35,9	30,7	25,4	19,4	16,1	26
tma	-4,7	-4,2	-2	1,9	4,5	9,2	12,4	12,5	8,2	3,8	-1,5	-4,5	2,8

- tmm: temperatura media mensual
- Tm: temperatura media máxima
- tm: temperatura media mínima
- TMa: temperatura máxima absoluta
- tma: temperatura mínima absoluta

### 3.2 RÉGIMEN DE HELADAS

Según Emberger el riesgo de heladas en nuestra zona a partir de la serie de datos climática es el siguiente:

RIESGO	T. (°C)	INICIO	FIN	Nº DIAS
Seguro	$T < 0^{\circ}\text{C}$	Ninguno	Ninguno	0
Frecuente	$0^{\circ}\text{C} < T < 3^{\circ}\text{C}$	Diciembre	Febrero	90
Poco frecuente	$3^{\circ}\text{C} < T < 7^{\circ}\text{C}$	Noviembre	Marzo	151
Muy poco frec.	$T > 7^{\circ}\text{C}$	Octubre	Mayo	184

### 3.3 HORAS FRÍO

Calculando este parámetro por el método de Tabuenca, que es una adaptación del método de Mota a las condiciones del Valle del Ebro, el número mensual de horas por debajo de  $7^{\circ}\text{C}$  es el siguiente:

	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO
Tmed	8,5	5,9	4,9	6,9
HORAS FRÍO	<b>287,3</b>	<b>413,66</b>	<b>462,26</b>	<b>365,06</b>

La suma de los 4 meses nos da un total de **1.528,28 horas frío**.

### 3.4 PRECIPITACIONES

Los datos de precipitaciones de la zona se han tomado de la estación meteorológica que el Instituto Nacional de Meteorología tiene instalada en Luna, a escasos 2 km de distancia de nuestra parcela.

La precipitación media anual se sitúa en **368,7 mm**, siendo el mes de septiembre el más húmedo con 48 mm. Otros meses con precipitaciones altas son, octubre (43,1 mm), noviembre (43,8 mm) y diciembre (44,5 mm). Por otra parte el mes más seco es marzo con 13,2 mm. Otros meses con precipitaciones escasas son enero (20,2 mm), julio (21,6 mm) y agosto (21,7 mm).

### 3.5 VIENTO

Los vientos que predominan en esta zona son el *cierzo* y el *bochorno*. El primero actúa con dirección Oeste-Noroeste, mientras que la dirección del segundo es Este-Sureste.

### 3.6 HUMEDAD RELATIVA

Según la serie histórica de datos, la humedad relativa media anual está por encima del 55%.

Los meses que presentan mayor humedad relativa son los de invierno y otoño, más concretamente Enero 78,9% y Diciembre 82%. El menor valor de humedad relativa media corresponde al mes de Julio con un valor de 48%.

### 3.7 ÍNDICES TERMOPLUVIOMÉTRICOS

#### - ÍNDICE DE LANG

Según el índice Lang nos encontramos en una **zona árida**.

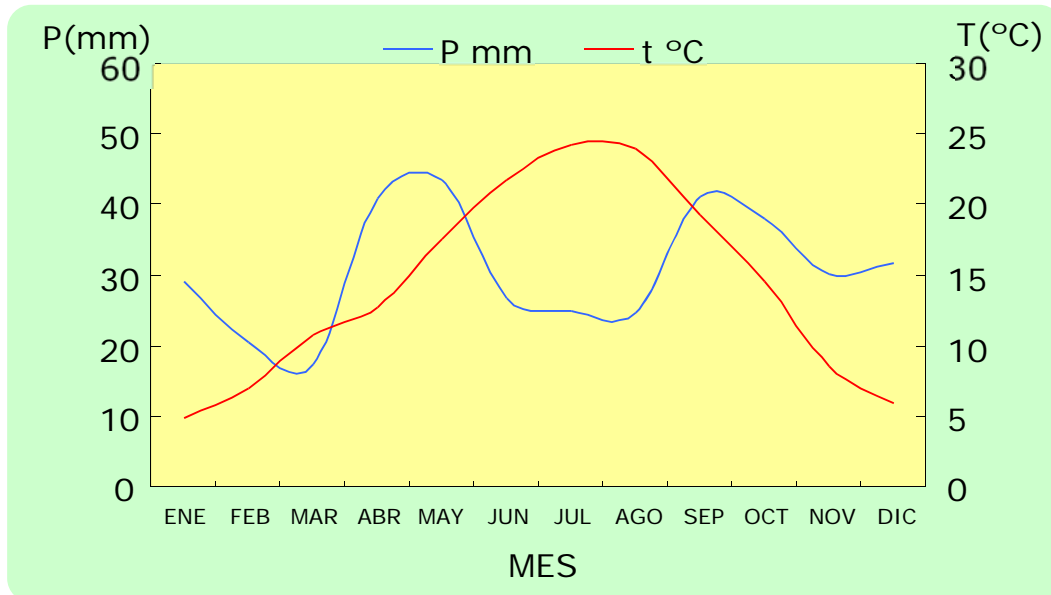
#### - ÍNDICE DE MARTONNE

Según Martone es un clima característico de **estepas y países secos mediterráneos**.

#### - ÍNDICE DE DANTIN CERECEDA Y REVENGA

Según este índice, nos encontramos en una **zona semiárida**.

### 3.8 DIAGRAMA OMBROTÉRMICO



Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
P (mm)	29,1	20,5	17,3	41	43,5	26,8	24,8	24,7	41,1	38	30,2	31,6
t (°C)	4,9	6,9	10,7	12,7	17,6	21,7	24,2	24	19,2	14,5	8,5	5,9

Se observa en el diagrama ombrotérmico un periodo seco en el que la curva pluviométrica está por debajo de la térmica, que lo comprenden los meses de junio, julio, agosto, y parte de mayo y septiembre. Por lo tanto el clima en la zona de estudio se define como **monoxerico**.

### 3.9 CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ET<sub>0</sub>)

Este método se basa en la ecuación formulada por Blaney-Criddle modificada por Doorembos y Pruitt (1977) para la FAO.

Se obtiene una ET<sub>0</sub> anual de **1238,7 mm**.

### 3.10 CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO (ETC)

Para el cálculo de la  $ET_c$  de cada cultivo se tiene en cuenta únicamente la  $ET_0$  del cultivo de referencia calculada anteriormente por el método de Blanney-Criddle dado que es la que más se ajusta a nuestra zona, no se ha tenido en cuenta ningún otro método de cálculo, por estar del lado de la seguridad.

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c$$

- $ET_0$  = la evapotranspiración del cultivo de referencia
- $K_c$  = es un parámetro adimensional que representa el llamado coeficiente de cultivo y es función de cada planta y del estado de desarrollo de ésta (a veces puede considerarse constante, como en la alfalfa).

Para los valores mensuales de  $ET_0$  y para los diferentes cultivos los resultados de  $ET_c$  mensual en mm se representan en las siguientes tablas:

#### CEBADA (*Hordeum vulgare*)

Siembra: 5 de noviembre		Recolección: 5 de junio	
MES	$ET_0$ (mm/mes)	$K_c$	$ET_c$ (mm/mes)
Noviembre	23,25	0,72	16,74
Diciembre	14,13	0,73	10,31
Enero	14,47	0,86	12,44
Febrero	33,62	1,02	34,29
Marzo	79,32	1,10	87,25
Abril	98,25	1,10	108,07
Mayo	147,10	0,86	126,50
Junio	25,56	0,29	7,41

**Total = 406 mm**

**TRIGO (Triticum aestivum)**

Siembra: 1 de diciembre		Recolección: 15 de junio	
MES	ET <sub>0</sub>	K <sub>c</sub>	ET <sub>c</sub>
Diciembre	14,13	0,74	10,45
Enero	14,47	0,79	11,43
Febrero	33,62	0,97	32,61
Marzo	79,32	1,09	86,45
Abril	98,25	1,10	108,07
Mayo	147,10	1,03	151,51
Junio	89,46	0,47	42,04

**Total = 442,56 mm**

**MAIZ (Zea mays)**

Siembra: 1 de mayo		Recolección: 5 de octubre	
MES	ET <sub>0</sub>	K <sub>c</sub>	ET <sub>c</sub>
Mayo	147,10	0,53	77,96
Junio	191,67	0,75	143,75
Julio	224,74	1,08	242,72
Agosto	203,98	1,11	226,41
Septiembre	128,42	0,96	123,28
Octubre	9,68	0,62	6

**Total = 820,12 mm**

**GIRASOL (Helianthus annuus)**

Siembra: 10 de mayo		Recolección: 20 de septiembre	
MES	ET <sub>0</sub>	K <sub>c</sub>	ET <sub>c</sub>
Mayo	95	0,51	48,45
Junio	191,67	0,71	136,08
Julio	224,74	1,00	224,74
Agosto	203,98	1,10	224,37
Septiembre	81,32	0,65	52,85

**Total = 686,49 mm**



**GUISANTE (Pisum sativum)**

Siembra: 15 de diciembre		Recolección: 10 de mayo	
MES	ET <sub>0</sub>	K <sub>c</sub>	ET <sub>c</sub>
Diciembre	6,9	0,73	5,03
Enero	14,47	0,78	11,28
Febrero	33,62	1,03	34,62
Marzo	79,32	1,09	86,45
Abril	98,25	1,09	107,09
Mayo	42,75	1,04	44,46

**Total = 288,57 mm**

**VEZA FORRAJERA (Vicia sativa)**

Siembra: 1 de octubre		Recolección: 15 de mayo	
MES	ET <sub>0</sub>	K <sub>c</sub>	ET <sub>c</sub>
Octubre	75,02	0,63	47,26
Noviembre	27,97	0,76	21,25
Diciembre	14,13	0,99	13,98
Enero	14,47	1,02	14,75
Febrero	33,62	1,02	34,29
Marzo	79,32	1,02	80,90
Abril	98,25	1,02	100,21
Mayo	66,5	0,98	65,17

**Total = 377,81 mm**

### ALFALFA (Medicago sativa)

Para el cultivo de alfalfa se considera un  $K_c$  constante durante todo el año ya que se trata de un cultivo herbáceo extensivo que una vez sembrado permanece en la parcela varios años.

MES	$ET_0$	$K_c$	$ET_c$
Enero	14,47	0,89	12,87
Febrero	33,62	0,89	29,92
Marzo	79,32	0,89	70,56
Abril	98,25	0,89	87,44
Mayo	147,10	0,89	130,92
Junio	191,67	0,89	170,58
Julio	224,74	0,89	200,01
Agosto	203,98	0,89	181,54
Septiembre	128,42	0,89	114,29
Octubre	75,02	0,89	66,76
Noviembre	27,97	0,89	24,89
Diciembre	14,13	0,89	12,57

**Total = 1102,32 mm**

## 4. ESTUDIO EDAFOLÓGICO

Las plantas absorben por las raíces el agua del suelo. La cantidad de agua contenida en el suelo y su absorción por la planta dependen mucho de algunas características para poder utilizarlo de forma adecuada.

El estudio realizado está basado en los análisis de suelo de la finca, para ello, se han analizado varias muestras de la zona a transformar en el laboratorio Agroambiental de la Diputación General de Aragón.

## 4.1 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS

### CARACTERES FÍSICOS

GRANULOMETRÍA	
Elementos gruesos (> 2mm)	6,00%
Arema gruesa (0,5- 2 mm)	10,10%
Arema fina (0,05- 0,5 mm)	12,10%
Limo (0,002- 0,05 mm)	44,40%
Arcilla (< 0,002 mm)	33,40%

ESTRUCTURA	
Profundidad (m)	6,00%
Densidad aparente (Tn/m <sup>3</sup> )	10,10%
Densidad real (Tn/m <sup>3</sup> )	12,10%
Porosidad (% volumen)	44,40%

### CARACTERES HÍDRICOS

Capacidad de Campo (CC)	26,12%
Punto de Marchitez (PM)	14,80%
Agua útil	11,00%
Velocidad de infiltración estable (mm/h)	22,00

### CARACTERES QUÍMICOS

FERTILIDAD	
Ph (agua)	8,20
Materia orgánica (%)	1,60
Nitrógeno total (%)	0,11
Fósforo Olsen (ppm)	9,00%
Relación C/N	12,60%
Salinidad. CE (ds/m)	0,67%
Carbonatos totales	20,80%

CACIONES SOLUBRES MÁS INTERCAMBIABLES	
Mg (meq/100 gr)	1,40
Na (meq/100 gr)	7,50
K (meq/100 gr)	125,40

## 4.2 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO REALIZADO

### - Conclusiones de carácter físico

Con lo que respecta a la granulometría y a la estructura del suelo, los valores recogidos indican que es un suelo aceptable para el cultivo, con una estructura franco-arcillo-arenosa. Además, la profundidad del suelo no va a presentar problemas ya que es suficiente para el desarrollo de nuestros cultivos. La densidad aparente y la densidad real, junto con la porosidad también son valores considerados como normales.

### - Conclusiones de carácter hídrico

En el estudio realizado sobre la velocidad de infiltración, el valor obtenido se encuentra en un intervalo de infiltración moderada, lo que hace al suelo adecuado para el riego. La capacidad de campo y el punto de marchitez obtenidos nos dan unos valores que permiten que la capacidad de retención de agua útil en el suelo sea aceptable.

### - Conclusiones de carácter químico

**pH al agua.** El pH obtenido es ligeramente básico debido a la presencia de carbonatos, dándole al suelo cierto carácter alcalino, el cual se encuentra en un nivel aceptable. Es típico de los suelos calcáreos.

**Contenido de MO (%).** Se considera que el nivel de MO hallado en el suelo se corresponde a un nivel medio bajo, ya que deberían alcanzarse porcentajes de 2 a 2,5%. Por ello, se deberá tener en cuenta aportes en forma de enmienda húmica a partir de estiércol animal, como se verá más adelante.

**Nitrógeno total.** El nitrógeno total obtenido se considera que corresponde a un nivel adecuado.

**Fósforo (ppm) asimilable.** Los niveles correctos de fósforo en un suelo, deben encontrarse entre los 20 y 35 ppm, por lo tanto, nos encontramos con que nuestro suelo tiene el mínimo de fósforo aconsejable.

**Relación C/N.** La relación obtenida de C/N permite una buena liberación de N por parte de la MO, dando lugar a un correcto mecanismo de mineralización sin riesgo de que exista inmovilización bacteriana de dicho nitrógeno.

**Prueba de la salinidad.** Se calcula midiendo la conductividad (ds/m). Según el criterio USSL (1960) hasta 4 dS/m no puede considerarse que un suelo sea salino. En nuestro caso la salinidad obtenida se considera inapreciable y soportable por todos los cultivos. Esta cantidad se verá reducida con la frecuencia de riego.

**Carbonatos totales (%).** El porcentaje de carbonatos obtenido es elevado y puede suponer un inconveniente para la implantación de algunos cultivos, dado que basifica el suelo. Típico de suelos calcáreos.

### 4.3 CALCULO DE LA ENMIENDA HÚMICA

El contenido óptimo en materia orgánica en un suelo de regadío se encuentra entre un 2% y un 3%, de lo contrario, el suelo no presenta las características adecuadas para ser soporte de la práctica agrícola.

Como hemos visto en los resultados de los análisis el contenido de materia orgánica en nuestro suelo no llega al óptimo, por lo que es necesario hacer una enmienda húmica de corrección para elevar el contenido.

La cantidad que se necesita de estiércol por hectárea para conseguir el equilibrio húmico se calcula de la forma siguiente:

$$C = \frac{\Delta MO}{k \times \%MS}$$

Donde:

- ✓ C: cantidad de estiércol por Ha
- ✓ M.S: porcentaje de materia seca del estiércol
- ✓ k: coeficiente isohúmico

Luego:

$$C = \frac{23,94}{0,5 \times 0,23} = 208,17 \frac{Tn}{Ha} \text{ de estiércol}$$

## 5. CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

El agua es el elemento principal para la nutrición de las plantas, como en ella se pueden encontrar diversas concentraciones de sustancias disueltas, y de estas concentraciones depende la calidad de la misma para su uso, es imprescindible un análisis de calidad.

Para realizar este análisis se han utilizado los resultados analíticos de las aguas del río Aragón en el embalse de Yesa, y de la estación nº 560 del Canal de Bárdenas en Ejea de la Confederación Hidrográfica del Ebro.

Los datos de la estación del Canal de Bardenas, que se presentan en la tabla, son tomados en diferentes meses y a diferentes horas. Para realizar los análisis y determinar los índices, se cogerán datos medios de toda la colección de que se dispone.

REG ICA. AGUAS SUPERFICIALES CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO RESULTADOS ANALÍTICOS

### ESTACION Nº 560. CANAL DE BARDENAS EN EJEA

Parámetro	Fecha Hora Unidad	26/04/00	20/07/00	18/09/00	20/12/00	21/01/01	20/02/01	18/04/01	24/07/01
		18:00	18:45	18:30	14:30	17:45	16:30	16:00	16:30
pH		8.3	8.3	8.3	8.4	8.3	8.3	8.6	8.0
Temperatura del aire	°C	17.0	32.6	25.2	12.9	11.1	14.6	18.1	29.6
Temperatura del agua	°C	13.0	17.1	21.9	7.2	7.7	7.6	12.9	18.9
Conductividad a 20 °C	µS/cm	320	300	330	290	340	330	310	280
Materias en suspensión	mg/L	4	11	4	13	4	32	7	10
Materia orgánica U.V.	mg/L O2	5.8	10.3	3.8	9.6	7.2	6.0	5.9	5.1
Aspecto		1	1	1	2	1	1	1	1
Oxígeno disuelto	mg/L O2	11.4	10.5	10.3	13.3	12.4	13.5	12.1	9.9
Oxígeno disuelto (% sat.)	% sat.	108	109	118	110	104	113	110	106
DBO5	mg/L O2	5.4	5.5	5.3	8.9	6.2	5.8	3.3	<2
Amonio total	mg/L NH4	ND	ND	ND	<0.13	<0.13	<0.13	<0.13	<0.13
Coliformes totales a 37°	NMP/100 mL		680	250					10
Coliformes fecales	NMP/100 mL		3	NR					3
Estreptococos fecales	NMP/100 mL			NR					
Salmonellas	NMP/1000 mL			NR					
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L N		1.08	<1.					<1.0
Cloruros	mg/L Cl	10.2	<7	24.6	14.5	9.0	9.1	<7.0	9.2
Sulfatos	mg/L SO4		15.2	25.7					16.8
Nitratos	mg/L NO3	2.0	1.8	1.1	1.9	2.9	4.4	2.9	2.3
Fosfatos	mg/L PO4	ND	0.06	<0.05	0.05	<0.05	0.11	0.05	0.05
Detergentes	mg/L L.A.S.		<0.08	ND					<0.08
Fenoles	mg/L C6H5OH		NR	NR					NR

Con todo lo expuesto en el anejo correspondiente, se llega a la conclusión de que esta agua es de excelente calidad y no causará problema alguno al desarrollo vegetal, dado que cumple con todos los requisitos mínimos de potabilidad. Siendo esto el principal paso para el desarrollo de este proyecto.

## 6. ROTACIÓN DE CULTIVOS

La rotación de cultivos propuesta, tiene la finalidad de obtener rendimientos crecientes y alcanzar la máxima rentabilidad de la actividad agrícola que se ha de llevar a cabo. Así pues, se necesita programar una alternativa y una rotación eficaz de cultivos.

La alternativa ha de presentar un carácter elástico, para poder reaccionar ante las fluctuaciones que se produzcan en el mercado en años venideros. Además ha de ser programada a largo plazo, no en cuanto al número de años, sino a la importancia de los cultivos.

Como ya se ha mencionado, gran parte de los cultivos van a servir para alimento para el ganado existente en la finca por lo que se intentara implantar los cultivos que mejor se adapten al manejo del ganado.

Los cultivos propuestos son aquellos que, por su gran extensión cultivada o por su importancia económica, son cultivos de relevancia importante en la zona o pueden llegar a adquirirla en breve tiempo.

Para la elección de los cultivos de la rotación se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- La capacidad de comercializar los productos.
- Cierta flexibilidad en la rotación para que se pueda introducir cultivos no previstos que interesen en un determinado momento.
- Adaptación de los cultivos al clima y suelo (cultivos de la zona).
- La condición mejoradora o esquilante de los cultivos sobre el suelo.
- La combinación de distintas especies para evitar la proliferación de malas hierbas y parásitos específicos.
- La capacidad del parque de maquinaria que se tiene para el manejo de su explotación.
- Las necesidades de la explotación ganadera.

Con los datos de permanencia de cada cultivo en campo, y teniendo en cuenta los requerimientos de cada cultivo y las condiciones nutricionales del suelo, se puede realizar una distribución de los cultivos a través de los años (alternativa).

Hay que combinar aquellos con altas necesidades nutricionales con otros menos exigentes y que además aporten una importante cantidad de materia vegetal tras la cosecha, e incluso aporten al suelo macronutrientes esenciales, como es el caso de las leguminosas (alfalfa, veza y guisante).

Para la rotación se va a dividir la parcela en dos partes, una de ellas estará durante 5 años con el cultivo de alfalfa implantado y la restante ira rotando con el resto de cultivos. Una vez

transcurridos los 5 años la parte que estaba de alfalfa pasara a sembrarse de los demás cultivos durante 5 años y la otra de alfalfa.

De esta forma se aprovecha de la manera más óptima la parcela para el ganado.

## 7. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS

Ahora se van a calcular las necesidades de agua para el sistema de riego por aspersión y para todo el período vegetativo de los cultivos elegidos en la rotación de cultivos.

Para conocer las cantidades de agua que hay que aportar, es necesario conocer las necesidades de la planta para que su desarrollo se lleve a cabo, y la cantidad de agua que puede aportar la lluvia durante el periodo de crecimiento. Estos datos han sido calculados en el anejo 2.

### 7.1 NECESIDADES DE RIEGO

Para el cálculo de las necesidades reales de los cultivos se tienen en cuenta las necesidades netas ( $N_n$ ), la eficiencia de aplicación del sistema ( $E_a$ ), y las necesidades de lavado de sales ( $FL$ ). En la eficiencia de aplicación se incluyen las pérdidas de agua por percolación profunda, evaporación y escorrentía, además del coeficiente de uniformidad del sistema de riego elegido.

La eficiencia de aplicación del riego para sistemas fijos de riego por aspersión con cobertura total enterrada, como es el caso, en climas de semiáridos a áridos, está en torno al 80%.

Los resultados obtenidos de las necesidades son los siguientes:



Cultivo	Mes máximas necesidades	Necesidades mensuales (mm)	Consumo anual (mm)
<b>Cebada</b>	Mayo	126,5	373,82
<b>Trigo</b>	Mayo	151,51	431,49
<b>Maíz</b>	Julio	242,72	939,21
<b>Alfalfa</b>	Julio	200,01	1073,98
<b>Girasol</b>	Julio	224,74	777,38
<b>Guisante</b>	Abril	107,09	283,62
<b>Veza</b>	Abril	100,21	328,91

## 7.2 DIMENSIONADO DEL RIEGO

Para el dimensionado se toma el cultivo más exigente en el riego de todos los propuestos en la rotación, que es el maíz, con una ETc de casi 243 mm en el mes de julio, y con una profundidad radicular media de unos 0,6 m aproximadamente.

### - DOSIS MÁXIMA DE RIEGO

La dosis máxima es el volumen de agua de riego por unidad de superficie y riego que es necesaria para elevar el contenido de humedad del suelo desde el punto de marchitez permanente (PM) hasta la capacidad de campo (CC).

Cultivo	Dm (mm/riego)
<b>Cebada</b>	<b>119,67</b>
<b>Trigo</b>	<b>196,38</b>
<b>Maíz</b>	<b>79,78</b>
<b>Alfalfa</b>	<b>159,57</b>
<b>Girasol</b>	<b>119,67</b>
<b>Guisante</b>	<b>53,19</b>
<b>Veza</b>	<b>66,48</b>

## - DOSIS ÚTIL DE RIEGO

Es la efectividad con la que la planta extrae agua del suelo y depende del contenido en humedad del mismo. A mayor contenido en humedad mayor es la efectividad en la extracción del agua. Por ello para evitar reducción en los rendimientos de los cultivos interesa mantener siempre el contenido de humedad del suelo muy por encima del punto de marchitez permanente, cercano a la capacidad de campo, y eso obliga a regar con dosis más pequeñas que la dosis máxima y a hacerlo con mayor frecuencia. De esta manera se evita un descenso del rendimiento de los cultivos.

Cultivo	Du (mm/ riego)
Cebada	<b>23,93</b>
Trigo	<b>21,27</b>
Maíz	<b>15,95</b>
Alfalfa	<b>31,91</b>
Girasol	<b>23,93</b>
Guisante	<b>10,63</b>
Veza	<b>13,29</b>

## - DOSIS REAL DE RIEGO

El agua aplicada en el riego no se aprovecha en su totalidad, ya que existen pérdidas por evaporación, percolación profunda y escorrentía. Esta dosis debe ser suficiente para dejar disponible la dosis útil en la zona radicular de las plantas y cubrir las pérdidas anteriormente citadas, además de compensar la falta de uniformidad en la aplicación del agua que sufren los sistemas de riego.

Cultivo	Dr (mm/ riego)
Cebada	29,91
Trigo	26,58
Maíz	19,93
Alfalfa	39,89
Girasol	29,91
Guisante	13,29
Veza	16,62

#### - INTERVALO ENTRE RIEGOS

Se define como el tiempo que ha de transcurrir entre dos riegos consecutivos en una misma parcela. El periodo de riego resulta del cociente entre la dosis útil y las necesidades netas.

Cultivo	Espaciamiento entre riegos (días)
Cebada	6
Trigo	4
Maíz	2
Alfalfa	5
Girasol	3
Guisante	3
Veza	4

#### - NÚMERO DE RIEGOS POR MES

Es el cociente entre los días del mes de máximas necesidades y el espaciamento entre riegos.

Cultivo	Número de riegos al mes
Cebada	5
Trigo	8
Maíz	15
Alfalfa	6
Girasol	10
Guisante	10
Veza	8

### - DENSIDAD DE ASPERSIÓN

Puede llamarse intensidad de lluvia, y es la cantidad de agua (caudal) aportada por un aspersor por unidad de superficie y hora. La intensidad de aspersión va referido a una superficie regada ( $S_a$ ) por un aspersor, y depende del caudal de éste.

Con los valores de caudal del aspersor elegido y del marco de plantación obtenemos una intensidad de lluvia de 6,09 mm/h, que se encuentra dentro del intervalo recomendado para no causar escorrentía.

### - DURACIÓN DEL RIEGO

La duración del riego puede definirse como el tiempo que debe funcionar un aspersor para aportar al suelo la dosis real de riego.

Cultivo	$i$ (mm/h)	$t_r$ (horas)	
Cebada	6,09	4,91133	4 h y 54 min
Trigo	6,09	4,364532	4 h y 21 min
Maíz	6,09	3,272578	3 h y 16 min
Alfalfa	6,09	6,550082	6 h y 33 min
Girasol	6,09	4,91133	4 h y 54 min
Guisante	6,09	2,182266	2 h y 10 min
Veza	6,09	2,729064	2 h y 43 min

Estos valores de duración de riego obtenidos se podrán ajustar en función de las necesidades del operador de riego, de forma que le sea más sencillo el usar los programadores de riego.

#### - CAUDAL CARACTERÍSTICO Y CAUDAL CONTINUO DE PARCELA

El caudal característico representa las necesidades reales de riego calculadas mes a mes (para todo el periodo de riegos), es decir, coincide con las necesidades reales de nuestro cultivo más exigente en el mes crítico, expresadas en forma de caudal continuo, es decir, en litros/segundo y hectárea.

$$q_c = N_r \cdot \frac{10.000 \text{ (m}^2\text{)}}{1 \text{ (ha)}} \cdot \frac{1 \text{ (día)}}{24 \text{ (h)}} \cdot \frac{1 \text{ (h)}}{3600 \text{ (s)}}$$

Aplicando la expresión anterior para el cultivo más exigente, que es el maíz en el mes de julio, se obtiene el siguiente valor:

$$q_c = 9,51 \cdot \frac{10.000 \text{ (m}^2\text{)}}{1 \text{ (ha)}} \cdot \frac{1 \text{ (día)}}{24 \text{ (h)}} \cdot \frac{1 \text{ (h)}}{3600 \text{ (s)}} = \mathbf{1,1 \text{ l/s y ha}}$$

El caudal continuo en parcela se obtiene multiplicando el caudal característico por la superficie de la parcela, y está directamente relacionado con el caudal en toma:

$$Q_c = S \cdot q_c = 50 \cdot 1,1 = \mathbf{55 \text{ l/s}}$$

Estos dos caudales continuos son ficticios y no se aplican realmente a través del sistema de riego. Si se hiciera así, la instalación tendría que estar regando de formas continua durante todo el mes crítico.

Para evitarlo, en el proyecto de la red colectiva se eligen las tomas de riego con un caudal tal que:

$$Q_t = 2 \cdot Q_c = 2 \cdot 55 = \mathbf{110 \text{ l/s}}$$

## 8. JUSTIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE RIEGO

Se ha elegido la aspersión con cobertura total enterrada como sistema de riego para esta transformación. Sus principales características son:

- Distribución del agua en forma de lluvia, de manera uniforme sobre el suelo.
- Permite el riego de terrenos con pendiente sin la necesidad de realizar nivelaciones en el terreno.
- Conducción del agua por el interior de tuberías a presión, sin ningún tipo de pérdidas en su distribución.
- Distribución del agua sobre el terreno a medida que se va infiltrando, pudiendo aplicar solo las dosis necesarias para el cultivo, con el consiguiente ahorro de agua.
- Se evitan las pérdidas de agua por escorrentía, así se evita la erosión del suelo fértil.
- Con el propio sistema de riego se pueden aplicar tratamientos fitosanitarios, y aporte de fertilizantes.
- Se adapta a la mayoría de los cultivos incrementando su producción respecto a los sistemas de riego tradicionales.
- La exigencia de mano de obra disminuye en comparación con los sistemas de riego tradicionales.
- La eficiencia de riego es más alta que en riegos tradicionales.

Pero el riego por aspersión también presenta ciertos inconvenientes:

- La mala compatibilidad del viento con la eficiencia de aplicación del riego, disminuyendo ésta considerablemente, con lo que deberá evitarse el riego en días con velocidades del viento considerables.
- El coste elevado de implantación, que se ve compensado con un aumento de la producción.

Además de las características antes citadas, la cobertura total enterrada evita infraestructuras superficiales que separan y enmarcan la parcela, y evita pérdidas en la superficie cultivada.

Principalmente se caracteriza por constar de:

- Un elemento filtrante que se instalará en el edificio de control de mandos y estará compuesto por filtros de mallas automáticos.
- Una válvula hidráulica en la entrada de cada módulo (conjunto de emisores de riego que funcionan al mismo tiempo) comandada por una llave de tres vías, la cual puede ser accionada manualmente con tres posiciones, la tercera se corresponde al modo automático.
- Una red de tuberías de distintos diámetros que variarán en función del caudal que transporten. Esta se encuentra totalmente enterrada a mayor profundidad que la de labor de los aperos, saliendo solo a superficie el porta-emisor, que puede ser de diferentes medidas, y el emisor o aspersor que también puede ser de diversos tipos.
- Un controlador de riego que controlará el conjunto del equipo de riego y estará instalado en el edificio de mandos.

## 8.1 MARCO DE PLANTACIÓN DE ASPERSORES

Se opta por la distribución del marco en forma triangular, en donde los aspersores ocupan los vértices de una red de triángulos, donde la distancia entre dos aspersores de un mismo lateral de riego será de 18 metros y la separación entre dos laterales contiguos será igualmente de 18 metros, lo que dará una red de triángulos equiláteros. Este tipo de disposición es el que mejor aprovecha el agua, pues la uniformidad de distribución del agua es mucho mejor cuando hay vientos dominantes.

La causa por la que se toma este marco de colocación de los aspersores es principalmente por la uniformidad, y en segundo plano, por la adaptabilidad a la gran mayoría de herramientas para las labores agrícolas, pues generalmente se trabaja con anchuras múltiples de tres metros.

## 8.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS ASPERSORES

### Aspersor circular:

- Caudal emitido por el aspersor: **1976 l/h**
- Presión nominal: **3 kg/cm<sup>2</sup>**.
- Boquilla aspersor: **3/16" (4,76 mm)**
- Boquilla pequeña con chorro lateral (ranura vertical): **3/32" (2,38 mm)**
- Alcance: **14,5 m**

- Velocidad rotación: **1.070 rpm**
- Coeficiente de uniformidad 18 x 18T: **81,76%**
- Grado de pulverización (índice de Tenda):  $K = 4,76 \text{ mm/ 30 mca} = \mathbf{0,1587}$
- Índice de Poggi:  $14.5 \text{ m/ 30 mca} = \mathbf{0,4833}$
- Densidad de aspersión: **7,04 mm/ h**

#### **Aspersor sectorial:**

- Caudal emitido por el aspersor: **1757 l/h**
- Presión nominal: **3 kg/cm<sup>2</sup>**
- Boquilla aspersor: **13/64" (5,15 mm)**
- Alcance: **15,2 m**
- Velocidad rotación: **0,54 rpm**
- Coeficiente de uniformidad 18 x 18T: **80,99%**
- Grado de pulverización (índice de Tenda):  $K = 5.15 \text{ mm/ 30 mca} = \mathbf{0,1716}$
- Índice de Poggi:  $15.2 \text{ m/ 30 mca} = \mathbf{0,5066}$
- Densidad de aspersión: **5,42 mm/ h**

#### **Porta-aspersores:**

Los porta-aspersores circulares tendrán una altura máxima de 2.5 metros.

Los porta-aspersores sectoriales tendrán una altura máxima de 2,5 metros y estarán dotados de un deflector, que consiste en una chapa atornillada en cabeza del porta-aspersor para evitar que vaya el agua a carreteras o caminos.

Se dotarán de válvulas de bola o grifos a aquellos porta-aspersores que los necesiten para cortar el caudal y realizar las reparaciones u operaciones que sean oportunas.

Los porta-aspersores serán de acero galvanizado de 3/4".



### 8.3 ORGANIZACIÓN DEL RIEGO

Como factores más importantes a tener en cuenta a la hora de organizar el riego hemos de considerar los siguientes:

- Cultivo más exigente (con mayores necesidades hídricas), que es el maíz.
- Periodo de tiempo crítico (con mayores necesidades hídricas), que es julio con 243 mm/mes.
- N° de riegos teóricos a aportar en dicho mes, que son 15.
- Dosis real de riego, 19,93 mm/riego.
- N° de horas por riego, 3,27 h/riego.

La pluviometría del aspersor es de 7,04 mm/h para los aspersores circulares y de 5,42 mm/h para los aspersores sectoriales. Con esto pasamos a calcular el número de horas de riego:

$$\text{N}^\circ \text{ de horas de riego } (t_r) = D_r / \text{intensidad de aspersion}$$

- Aspersores circulares (1976 l/h)  $\rightarrow 19,93 / 7,04 = 2,83$  h/riego
- Aspersores sectoriales (1757 l/h)  $\rightarrow 19,93 / 5,42 = 3,68$  h/riego.

En ambos casos se considerará una duración de la postura de riego de 3,68 horas, lo que equivales a 3 horas y 40 minutos aproximadamente.

El riego se organiza a la demanda, comenzando a regar en primer lugar por el módulo de riego más alejado, y una vez finalizado comenzará el siguiente, y así sucesivamente hasta el último.

Por lo tanto, según los cálculos teóricos, la postura del riego para el maíz es de 3,68 horas, suponiendo que se riega todo el día, regaremos al día unos 10 sectores y teniendo en cuenta que el espaciamiento entre riegos es de 2 días, tendríamos un total de 19 módulos en nuestra finca. Pero en la práctica esto no es factible, ya que tendría que estar, teóricamente, el riego en funcionando durante todo el mes crítico.

Así pues, en la práctica debido a la experiencia en otros proyectos de este tipo y a su buen funcionamiento, se opta por regar 8 horas en vez de 3, y así descansar durante 4 días, para volver a empezar de nuevo el período de riego. Con esto tenemos que regando 8 horas por módulo,

regaremos 3 módulos por día, por 4 días de riego, tendremos un total de 13 módulos de riego en nuestra finca (se considera una más para el buen funcionamiento de la instalación, ya que con el número de aspersores totales quedan mejor repartidos de esta manera).

#### 8.4 NÚMERO DE ASPERSORES POR MÓDULO

El sistema de riego a dimensionar debe poder permitir el funcionamiento individual de un módulo, y una vez acabado este módulo comenzará el siguiente módulo y así sucesivamente ya que se trata de un sistema de riego a la demanda.

Para establecer dicho número de aspersores por unidad de riego o módulo se calculará de forma que se puedan regar todos los sectores cubriendo todas las necesidades de cada cultivo.

Así pues, para saber el número de aspersores por módulo se establece una división entre el número de aspersores totales y el número de módulos o sectores de riego (calculado en el apartado anterior):

- N° de aspersores = 1439
- N° de módulos = 13

$1439/13 = 110,7$  aspersores por módulo.

Teniendo en cuenta la forma y geometría de la parcela, y también la división de los sectores de riego, no todos podrán tener el mismo número de aspersores, por lo que los módulos variaran entre 83 y 120 aspersores, como viene indicado en la tabla más adelante.

## 9. CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA RED DE RIEGO

El cálculo de las pérdidas de carga se realiza en primer lugar a nivel de sector o módulo de riego, para saber la presión necesaria en la entrada de dicho módulo. Posteriormente y con el caso más desfavorable o más exigente en presión o caudal, se han calculado las pérdidas de la red de tuberías secundarias hasta llegar al edificio de control que es donde se regulan las presiones.

La alimentación de la red de riego se va a realizar mediante bombeo desde el Canal de Las Bardenas, cuya cota no es suficiente para regar por presión natural, por lo que se va a realizar el cálculo de las pérdidas de carga en toda la red y así con ello poder establecer la presión y caudal necesarios para el bombeo.

## 9.1 DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DE LA RED DE RIEGO

Para establecer el número de aspersores por unidad de riego se calculará de forma que se pueda regar todos los sectores cubriendo las necesidades de cada cultivo.

El cultivo que requiere unas mayores necesidades es el maíz, que según lo expuesto en el anejo 6, tiene un intervalo entre riegos de 2 días, por lo que en teoría habrá que regar la totalidad de la finca en 2 días. Como ya se ha explicado en el apartado anterior, se aconseja tomar como intervalo entre riegos 4 días, ya que se sabe que tiene buen funcionamiento y además no se sobredimensiona la red de riego.

Por lo tanto con un intervalo de riego de 4 días, los aspersores que tenemos por módulo de riego y sus caudales son los siguientes:

Modulo	Nº aspersores total	Nº aspersores circulares	Caudal aspersor circular (l/h)	Nº aspersores sectoriales	Caudal aspersor sectorial (l/h)	Caudal total en sector (l/s)
A	111	86	1976	25	1757	59,4
B	97	86	1976	11	1757	52,57
C	112	101	1976	11	1757	60,8
D	115	109	1976	6	1757	62,75
E	112	99	1976	13	1757	60,68
F	83	77	1976	6	1757	45,19
G	116	101	1976	15	1757	62,75
H	116	109	1976	7	1757	63,24
I	112	105	1976	7	1757	61,05
J	114	107	1976	7	1757	62,14
K	116	110	1976	6	1757	63,3
L	120	112	1976	8	1757	65,38
M	115	93	1976	22	1757	61,78

Se puede observar que el sector que más caudal requiere es el módulo L, el cual necesita en total 65,38 l/s.

## 9.2 ELECCIÓN DE MATERIALES

Los materiales utilizados en la red de distribución son el polietileno (PE) de alta densidad para los laterales de riego, y el policloruro de vinilo (PVC) para las tuberías, tanto secundarias como para la primaria.

La elección de materiales plásticos como son el polietileno y el policloruro de vinilo para la red de riego se justifica por sus características:

- El polietileno presenta la ventaja de ser flexible, con lo que puede amoldarse a las curvas sin perder sección útil.
- El funcionamiento hidráulico de estos plásticos presenta coeficientes de fricción bajos, reduciendo los diámetros de las tuberías.
- Presentan una gran facilidad de reparación ya que existe una gran cantidad de piezas especiales en el mercado que facilitan estas operaciones.
- Las tuberías plásticas permiten el montaje fuera de zanja, con lo que el coste del mismo es mínimo.

### TIMBRADO DE LAS TUBERÍAS

La presión máxima que encontraremos en la red para el correcto funcionamiento del sistema el de 45 m.c.a. mientras que la presión mínima será de unos 30 m.c.a. en la base de los aspersores.

Por lo tanto el timbraje que se adopta para todas las tuberías es de 6 atm, es decir tuberías de presión nominal 0,6 MPa.

### UNIONES

Todas las series comerciales de tubería de PVC disponen de tres tipos de unión, junta elástica, adhesivo y unión roscada. En este caso optaremos por la unión mediante junta elástica.

Las tuberías de PE deberán ser unidas mediante soldadura por termofusión o por accesorios de ajuste mecánico. En caso de utilizar accesorios o uniones con junta elástica sin resistencia axial, debido al alto coeficiente de dilatación de la tubería, deberá preverse que no pueda producirse desacople de la unión.

### 9.3 CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA RED DE RIEGO

#### MÉTODO DE CÁLCULO UTILIZADO

Para el cálculo de las pérdidas de carga en la tubería por rozamiento continuo se utiliza la fórmula general propuesta por Darcy-Weisbach, que responde a la siguiente expresión:

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

Siendo:

- $h_r$ : Pérdidas de carga por rozamiento continuo, en m.c.a.
- J: Pérdida de carga unitaria, en m/m.
- L: Longitud de la conducción, en m.
- f: Factor de fricción.
- v: Velocidad del fluido dentro de la tubería, en m/s.
- D: Diámetro interior de la conducción, en m.
- g: Aceleración de la gravedad, en m/s<sup>2</sup>.

El factor de fricción “f” se ha calculado con la fórmula logarítmica de Jain para régimen turbulento en zona de transición:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{5,73}{Re^{0,9}} + \frac{K}{3,71 \times D} \right]$$

Donde:

- Re: número de Reynolds.
- K: rugosidad absoluta de la conducción que depende del tipo de material de que se trate, en mm (para PE  $K = 0,002$  mm y para PVC  $K = 0,02$  mm).
- D: diámetro de la conducción, en mm.

### **Pérdidas de carga accidentales o singulares**

Los elementos singulares dispuestos a lo largo de la red de distribución de agua provocan también una pérdida de carga en la conducción.

Ésta se denomina pérdida de carga singular ( $h_s$ ), para su cálculo se ha mayorado la pérdida de carga por rozamiento en un 20% (se ha tomado este valor basándose en la experiencia de otros proyectos).

## **CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN LOS LATERALES DE RIEGO Y EN LAS TUBERÍAS TERCIARIAS**

### **Cálculo en los módulos de riego**

Los módulos pertenecen a un sistema fijo de cobertura total enterrada, su dimensionado debe hacerse siguiendo la regla de Christiansen a todo el conjunto de tuberías que funcionan simultáneamente. Esta regla establece que *“la variación máxima de caudal entre dos aspersores de una unidad de riego ha de ser menor o igual al 10 % del caudal nominal del aspersor”*.

Esta regla llevada a la relación entre caudal y presión indica que la variación máxima de presión entre dos aspersores dentro de la misma unidad de riego no puede superar el 20% de la presión nominal aspersor.

Estos módulos están constituidos por una tubería central que es la tubería terciaria, que será de PVC, con tramos telescópicos en función del caudal a transportar de distancias variables según el caso.

A ambos lados lleva laterales de riego de PEBD  $\varnothing 32$  en los cuales se colocan los porta-aspersores (normalmente se colocan de 3 o 4)

Para calcular las pérdidas de carga en cada modulo se ha seguido el siguiente procedimiento:

1) Se aplica la regla de Christiansen indicada anteriormente, así se determina la variación máxima de presión admisible en la unidad de riego.

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = 0,2 \cdot \frac{P_n}{\gamma} = 0,2 \cdot 30 \text{ mca} = 6 \text{ mca}$$

2) Se determinan las causas de la variación de presión en la unidad de riego. Las causas de la  $\Delta P$  son las pérdidas de carga y la diferencia de cotas pero en este caso al tratarse de una parcela llana, solo afecta a la variación de presión las pérdidas de carga. De esta forma se determinan las pérdidas de carga admisibles

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = (a \cdot h_r)_{UD}$$

En este caso se igualan las dos expresiones anteriores, y entonces la pérdida de carga total admisible en la unidad de riego es de:

$$(a \cdot h_r)_{UD} = 6 \text{ m.c.a.}$$

3) Se trasladan las pérdidas de carga admisibles en la unidad a las tuberías que forman los laterales de riego y la tubería terciaria.

$$(a \cdot h_r)_{UD} = (a \cdot h_r)_{TT} + (a \cdot h_r)_{LR} = 6 \text{ m.c.a.}$$

A partir de esta fórmula y una vez conocidas las pérdidas de carga en los laterales de riego obtenemos las pérdidas de carga admisibles en la tubería terciaria por rozamiento continuo.

Las pérdidas de carga en el lateral de riego vienen determinadas por el diámetro de la tubería de la instalación que es el PE Ø 32 con un diámetro interior de 28 mm. Estas pérdidas se calculan utilizando la ecuación de continuidad de donde se determina la velocidad del agua, calculando el número de Reynolds, y posteriormente se determina el factor de fricción mediante la fórmula logarítmica de Jain. Una vez conocido todo lo anterior se calculan las pérdidas de carga mediante la ecuación de Darcy-Weisbach.

4) Una vez determinadas las pérdidas de carga en el último lateral de riego y conocida la pérdida de carga admisible en la unidad, se obtienen las pérdidas de carga admisibles en la tubería terciaria.

5) Determinadas las pérdidas de carga máximas en la tubería terciaria y conociendo la longitud de cada módulo se calcula la pérdida de carga unitaria.

6) A partir de la pérdida de carga unitaria, se procede al cálculo hidráulico de la tubería terciaria tramo a tramo.

### **Pérdidas de carga en los laterales de riego y en los porta-aspersores**

Las pérdidas de carga en los porta-aspersores se calculan utilizando la fórmula de Scobey, que es la indicada en el caso de tuberías de acero y aluminio. De esta forma las pérdidas de carga que se presentan en un porta-aspersor son:

$$h_r = 0,717 \cdot K \cdot L \cdot \frac{Q^{1,9}}{D^{4,9}}$$

Donde:

- $h_r$ : Pérdida de carga, en m.c.a.
- K: Coeficiente para acero = 0,42
- D: Diámetro hidráulico, en mm.
- Q: Caudal, en l/h.
- L: Longitud de la tubería (en este caso del porta-aspersor) en m.

Sustituyendo los valores correspondientes en la expresión anterior:

$$h_r = 0,717 \cdot 0,42 \cdot 2,5 \cdot \frac{1976^{1,9}}{19^{4,9}} = 0,74 \text{ m.c.a.}$$

A este valor hay que sumarle la altura del porta-aspersor que es de 2 m por lo que las pérdidas de carga totales en los porta-aspersores es de:  **$h_r = 2,74\text{m}$** .



Los valores resultantes del cálculo de las pérdidas de carga en los últimos laterales de riego, las pérdidas de carga admisibles en la tubería terciaria, así como el valor de la pendiente hidráulica se pueden observar en las tablas del anejo 10.

### Cálculo de las tuberías terciarias

Para el cálculo de las tuberías terciarias de cada módulo, se ha tenido en cuenta el cumplimiento de la regla de Christiansen, por lo que la máxima pérdida de carga admisible en la unidad de riego no debe ser mayor del 20% de la presión nominal del aspersor.

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = 0,2 \cdot \frac{P_n}{\gamma} = 0,2 \cdot 30 \text{ mca} = 6 \text{ mca}$$

Se determinan las causas de la variación de presión en la unidad de riego. Las causas de la  $\Delta P$  son las pérdidas de carga y la diferencia de cotas, pero en este caso al tratarse de una parcela llana, solo afecta a la variación de presión las pérdidas de carga. De esta manera se determinan las pérdidas de carga admisibles en la unidad de riego.

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = (a \cdot h_r)_{UD}$$

En este caso se igualan las dos expresiones anteriores, y entonces la pérdida de carga total admisible en la unidad de riego es de:

$$(a \cdot h_r)_{UD} = 6 \text{ m.c.a.}$$

Se trasladan las pérdidas de carga admisibles en la unidad a las tuberías que forman los laterales de riego y la tubería terciaria.

$$(a \cdot h_r)_{UD} = (a \cdot h_r)_{TT} + (a \cdot h_r)_{LR} = 6 \text{ m.c.a.}$$

A partir de esta fórmula y una vez conocidas las pérdidas de carga en los laterales de riego obtenemos las pérdidas de carga admisibles en la tubería terciaria por rozamiento continuo.

$$(H_{r_{max}})_{TT} = (a \cdot h_r)/1,2 \quad (a = 1,2)$$

En el anejo 10 se adjuntan los resultados del cálculo de las pérdidas de carga por rozamiento continuo en cada uno de los módulos de riego.

### Resumen de las pérdidas de carga en los módulos de riego

La presión necesaria al comienzo de cada módulo se ha calculado sumando a la presión de funcionamiento de los aspersores (30 m.c.a.) las pérdidas de carga que se producen en el módulo (las del tramo más desfavorable), más las pérdidas de carga singulares (piezas especiales), y las del porta-aspersor.

Así pues en la siguiente tabla se muestran las pérdidas de carga que se producen en cada módulo y submódulo, así como la presión necesaria en el origen de cada uno de ellos, que será la del submódulo que tenga mayores pérdidas de carga y esa será la presión necesaria en el origen de la unidad de riego.

Módulo	Submódulo	$(a \cdot h_r)_{LR}$	$(a \cdot h_r)_{TT}$	$\left(\frac{P_n}{\gamma}\right)$	ha	$\left(\frac{P_o}{\gamma}\right)$
A	A1	2,28	3,41	30	2,74	38,43
	A2	1,42	3,69	30	2,74	37,85
	A3	1,26	4,27	30	2,74	38,12
	A4	0,14	5,44	30	2,74	38,32
	A5	0,71	5,31	30	2,74	38,76
	A6	0,29	5,59	30	2,74	38,62
B	B1	1,26	4,56	30	2,74	38,56
	B2	0,53	5,29	30	2,74	38,56
C	C1	2,15	3,66	30	2,74	38,55
	C2	0,33	5,43	30	2,74	38,50
D	D1	0,91	4,78	30	2,74	38,43
	D2	1,16	4,47	30	2,74	38,37
E	E1	0,94	5,36	30	2,74	39,04
	E2	2,01	4,03	30	2,74	38,78
F	F1	1,10	4,74	30	2,74	38,58
	F2	1,52	4,29	30	2,74	38,55
G	G1	2,79	5,68	30	2,74	41,21
	G2	1,71	4,14	30	2,74	38,59
H	H1	2,64	3,16	30	2,74	38,54
	H2	1,04	4,87	30	2,74	38,65
I	I1	0,87	4,81	30	2,74	38,42
	I2	1,89	3,87	30	2,74	38,50
J	J1	2,18	3,66	30	2,74	38,58
	J2	1,34	4,42	30	2,74	38,50
K	K1	1,00	4,77	30	2,74	38,51
	K2	2,45	3,32	30	2,74	38,51
L	L1	1,23	4,74	30	2,74	38,71

	<b>L2</b>	2,84	3,08	30	2,74	38,66
<b>M</b>	<b>M1</b>	1,14	4,46	30	2,74	38,34
	<b>M2</b>	0,33	4,23	30	2,74	37,40
	<b>M3</b>	1,14	2,89	30	2,74	36,77
	<b>M4</b>	1,74	4,15	30	2,74	<b>38,63</b>
	<b>M5</b>	0,46	5,25	30	2,74	38,45
	<b>M6</b>	0,79	2,59	30	2,74	36,12

### Cálculo de las tuberías secundarias

El cálculo de las tuberías secundarias se realiza a partir del dato conocido de la presión necesaria en un módulo de riego por aspersión.

Una vez dimensionadas estas tuberías y conociendo sus pérdidas de carga, sumadas a la presión necesaria en la entrada para cada módulo se puede calcular la presión a la que debe funcionar la red. Además, para el correcto dimensionado se deben tener en cuenta los diversos elementos singulares tales como válvulas, filtros, codos, derivaciones, etc.

El dimensionado de estas tuberías se realiza utilizando la fórmula empírica de Veronese, que es la que se utiliza para el PVC.

Para ello se parte de la condición de que en toma de riego debe haber una presión de 45 m.c.a. A partir de este dato, y conociendo la presión de los módulos (en este caso se toma la mayor) se conoce la pérdida de carga máxima para esa tubería secundaria.

Una vez conocida la pérdida de carga se establece la pérdida unitaria mínima que se puede presentar, y a partir de este dato se calcula el diámetro teórico (dependiente del caudal a transportar) de la tubería en cuestión. Una vez determinado este diámetro se ajusta al comercial. En este caso se adoptan tuberías de PVC PN 0,6 MPa.

El proceso seguido es el siguiente:

$$\text{Veronese} \rightarrow \frac{h_r}{L} = J = 0.365 \cdot \frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} \rightarrow D_{\text{teórico}} = \left( 0,365 \cdot \frac{Q^{1.8}}{J} \right)^{\frac{1}{4.8}} \rightarrow D_{\text{comercial}}$$

Una vez conocidas las máximas pérdidas que pueden darse, se procede a la determinación de la pendiente hidráulica J. Los resultados pueden verse en la siguiente tabla:

Tramo	Longitud (m)	Ho (m)	H (m)	J (m/m)
1	1035	41,21	3,79	0,003661836
2	283	38,63	6,37	0,022508834

Con los datos de la J de la tabla anterior se procede al dimensionado de las tuberías, cuyos resultados se pueden ver en la tabla siguiente:

Tramo	Longitud (m)	Q (l/s)	J (m)	D <sub>Teórico</sub> (mm)	D <sub>Comercial</sub> (mm)
1	1035	65,38	0,003661836	269,636718	<b>315</b>
2	283	61,78	0,022508834	180,822391	<b>200</b>

#### 9.4 MOVIMIENTO DE TIERRAS

La instalación de una red fija de tuberías en un riego por aspersión conlleva un movimiento de tierras. Los volúmenes de tierra a mover variaran en función de la tubería a colocar y de las longitudes de los tramos.

De este modo, los movimientos de tierra se calculan tramo a tramo para las tuberías colocadas en toda la finca.

##### Definición de zanjas

Para la colocación de las tuberías en el terreno se hace necesaria la excavación de una zanja y cuyas dimensiones varían en función del diámetro a colocar. Las dimensiones correspondientes son:

Diámetro exterior de la tubería (mm)	Anchura de la zanja (m)	Profundidad de la zanja (m)
$\varnothing \leq 200$	$\varnothing (m) + 0,6$	$\& (m) + 0,9$
$\varnothing > 200$	$\varnothing (m) + 0,7$	$\& (m) + 0,9$

La sección tipo de la tubería se compone de una cama de arena de espesor  $10 + \varnothing/10$  cm. Desde la generatriz inferior hasta 30 cm por encima de la generatriz superior, se rellenara con material seleccionado de tamaño menor de 5 cm. La parte superior se rellena con material procedente de la excavación.

### Excavación de la zanja de los laterales de riego

Se calculan los volúmenes de tierra a mover para cada parcela y para cada tipo de tubería. De la misma forma los laterales o ramales de riego que se componen en su totalidad por PEBD  $\varnothing 32$ , salvo en algunas esquinas donde ha sido mejor la instalación de tuberías de PVC, ha sido inyectado por medio de una oruga subsolador, a una profundidad de 0,9 metros. Los resultados son los siguientes:

Módulos	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Total
<b>Metros de PEBD <math>\varnothing 32</math> inyectados</b>	1240	1266	1332	1476	1431	1053	1509	1476	1440	1468	1486	1541	1314	<b>18.032</b>

### Excavación de la zanja de las tuberías terciarias

En la siguiente tabla se muestran los datos de los tipos de tubería empleados en las terciarias, así como el volumen de movimiento de tierras que han generado.

Tubería	Longitud (m)	Anchura (m)	Profundidad (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
PVC $\varnothing 40$	180	0,64	0,94	108,3
PVC $\varnothing 50$	297	0,65	0,95	298,6
PVC $\varnothing 63$	618	0,66	0,96	619,6
PVC $\varnothing 75$	626	0,68	0,98	627,66
PVC $\varnothing 90$	858	0,69	0,99	566,10
PVC $\varnothing 110$	792	0,71	1,01	568,00
PVC $\varnothing 125$	944	0,73	1,03	709,80
PVC $\varnothing 140$	1.279	0,74	1,04	984,30
PVC $\varnothing 160$	1.230	0,76	1,06	990,90
PVC $\varnothing 180$	906	0,78	1,08	763,20
PVC $\varnothing 200$	16	0,80	1,10	14,10
<b>TOTAL</b>				<b>6.250,5</b>

### Excavación de la zanja de las tuberías secundarias

Tubería	Longitud (m)	Anchura (m)	Profundidad (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
PVC Ø 200	283	0,80	1,10	249
PVC Ø 315	1035	1,015	1,215	1.010,8
<b>TOTAL</b>				<b>1.259,8</b>

### Excavación de la zanja de la tubería de impulsión

Tubería	Longitud (m)	Anchura (m)	Profundidad (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
PE Ø 250	190	0,98	1,15	214,13

### Resumen del movimiento de tierras

Los metros totales de PEBD Ø32 inyectados en la totalidad de la parcela son **18.032 m**, y los metros cúbicos que se han excavado de zanja en toda la finca son **7.689,5 m<sup>3</sup>**.

## 10. ELEMENTOS SINGULARES DE LA RED RIEGO

Los elementos singulares que se disponen a lo largo de la red de riego tienen la misión de control y regulación de los caudales circulantes así como el control y mantenimiento de la presión en la red de riego, el filtrado del agua y la evacuación de aire.

### VÁLVULAS

Las válvulas a instalar son de 4 tipos: hidráulicas, de esfera, de ventosa y de retención. La principal misión de éstas va a ser permitir e impedir el paso del agua.

### DESAGÜES FIN DE TRAMO

Al final de cada tramo de la tubería terciaria de cada módulo se colocará una prolongación de la misma con salida al exterior consistente en doble codo 90° con 1 m. de tubería de 50 mm de diámetro, con tape final macho roscado, todo en PVC. Esto permite la expulsión de elementos extraños en la red.

## **CODOS**

Los codos son piezas especiales destinadas a conseguir las alineaciones de la tubería deseadas. Dependiendo de la curva que describa la tubería se colocarán codos de 45 o 90°.

## **REDUCCIONES**

Los cambios de sección de la tubería a lo largo de la red se consiguen mediante la colocación de piezas tronco-cónicas que sirven de conexión entre las tuberías de distinto diámetro.

## **PIEZAS EN DERIVACIÓN**

La división de la vena líquida circulante por la tubería se consigue mediante la colocación de piezas en “T” e “Y” y cruces, dependiendo del diámetro y la posición pueden necesitar anclajes especiales. Estas piezas son del mismo material que la tubería que unen.

## **ANCLAJES**

En determinados puntos de la red como son los cambios de sección, cambios de dirección, derivaciones en té y tapones terminales se producen empujes en la tubería debido a la presión hidrostática. Para evitar el desplazamiento de la tubería en estos puntos, así como en los tramos con pendiente elevada, se han colocado macizos de hormigón que sirven de anclaje a la conducción.

## **FILTROS**

Para la elección del filtro, se optará por uno de 6”. La limpieza de estos filtros es automática por medio de presostatos diferenciales, que conectados entre la entrada y salida del filtro, cuando hay una diferencia de presión de 3 m.c.a. se activa el mecanismo de autolavado.

## **FERTIRRIGACIÓN**

Para el equipo de inyección de fertilizantes líquidos se opta por la bomba hidráulica. En nuestro caso, como el depósito de fertilizante es móvil (cubeta remolque) se utilizara una bomba que sea de fácil montaje.

Como el sistema de riego está automatizado la solución más idónea para controlar la cantidad del producto a inyectar es la de instalar un contador de productos químicos.

## **CONTADOR**

Como indicamos en el apartado de fertirrigación, para la automatización de ésta, es necesario un contador de productos químicos a la salida del inyector. Se elegirá un contador de transición magnética proporcional proporcional de 3”.

## **PROGRAMADOR DE RIEGO**

El programador de riego elegido permite realizar el control total de la red de riego, activando de forma automática cada uno de los sectores de riego, ya sea en base volumétrica o temporal. Asimismo, controla la fertilización y la apertura o cierre de la instalación.

## **GRUPO ELECTRÓGENO**

Tanto la bomba sumergida, la bomba inyectora como el programador de riego vienen alimentados por un grupo electrógeno. Se instalará un grupo electrógeno de gasoil que tenga una potencia de 120Kw (150 Kva).

## **AUTOMATISMO DE LA RED DE RIEGO**

Están formados por todo el conjunto de elementos que hacen que: las válvulas se abran y cierren de forma automática por medio de la orden del programador de riego, o la diferencia de



presión entre dos presostatos. Por lo tanto cada una de las válvulas necesitará estos tres elementos: llave de tres vías, solenoide y microtubos de comando.

## 11. INSTALACIÓN DE BOMBEO

En este apartado se va a diseñar y calcular la instalación de bombeo necesaria para la puesta en riego de la finca, la cual se realizara desde el Canal de las Bardenas.

Al no disponer este canal de cota necesaria para regar toda la superficie de la finca por presión natural, se hace necesario el bombeo de agua a las parcelas para poder llevar a cabo el riego, por lo tanto la transformación a regadío queda condicionada a la utilización del riego por bombeo.

El caudal de agua a impulsar es de 65,38 l/s, que corresponde al módulo de riego que requiere mayor caudal, que habrá que llevar desde el canal cuya cota es de 358 m y, hasta la entrada de la parcela situada a una cota de 361 m.

El bombeo se va a realizar desde una estructura de hormigón construido hace años por la Confederación Hidrográfica del Ebro para el vaciado y limpieza del canal. La instalación de la bomba se realizara a la cota de 358 m. Para ello se instalará una bomba sumergida que irá fijada en una plataforma, la cual mediante unas ruedas irá guiada sobre raíles compuestos por vigas de acero IPE 100 que irán ancladas al suelo mediante hormigón armado, de un metro de profundidad, donde irá soldada la viga. Además irá una sirga de acero desde la plataforma hasta la superficie, con el fin de poder retirar la bomba del fondo de la estructura si surgiera algún problema.

Para la impulsión se opta por poner una tubería de polietileno flexible debido al mejor manejo del PVC en caso de tener que retirar la bomba. La impulsión tendrá una longitud de 190 m.

Al inicio de la tubería de impulsión irá colocada una válvula de retención. Al final de la tubería de impulsión, que llegará al edificio de control de la instalación, habrá un filtro de malla.

## 11.1 CÁLCULO DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN

Se establece como buen criterio, que para tuberías de impulsión de longitud moderada (entre 100 y 250 metros) se puede trabajar con velocidades en torno a 2 m/s.

Teniendo en cuenta que el caudal a impulsar es de 0,06538 m<sup>3</sup>/s y la velocidad dentro de la tubería sea de 2m/s, aplicando la fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\Pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,06538}{\Pi \cdot 2}} = 0,204 \text{ m}$$

Se obtiene un diámetro teórico de 204 mm. Por lo que se usará una tubería de PEAD Ø 250 PN10 (diámetro interior de 220,40 mm).

La velocidad real con la tubería elegida será de 1,71 m/s.

## 11.2 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN DE BOMBEO

El primer paso para dimensionar la instalación es determinar la altura manométrica de elevación. Esta altura se expresa como:

$$H_{me} = H_a + h_a + H_i + h_i$$

Donde:

- $H_a$ : altura geométrica de aspiración.
- $h_a$ : pérdidas de carga producidas en la aspiración.
- $H_i$ : altura geométrica de la impulsión.
- $h_i$ : pérdidas de carga producidas en la impulsión.

Al tratarse de una bomba sumergida donde la cota de aspiración coincide con el eje de la bomba, tendremos una  $H_a = 0$  y por lo tanto las pérdidas de carga producidas por la aspiración se pueden despreciar.

$$H_i = 3 \text{ m.}$$

Conociendo que  $h_i$  es la suma de las pérdidas producidas por rozamiento continuo ( $h_{ri}$ ) y singulares ( $h_{si}$ ), se procede al cálculo de estas.

### Cálculo de $h_{ri}$

Se calcula el nº de Reynolds a partir de los datos de velocidad (2 m/s), diámetro de la tubería (0,2046 m) y de la viscosidad del agua a 15°C ( $1,14 \cdot 10^{-6}$ ):

$$R = \frac{D \cdot V}{\nu} = \frac{0,2204 \cdot 1,71}{1,14 \cdot 10^{-6}} = 330.600$$

Una vez calculado Reynolds, se procede al cálculo del factor de fricción ( $f$ ) mediante la fórmula logarítmica de Jain (para el polietileno,  $K = 0,002 \text{ mm}$ ):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{5,73}{R^{0,9}} + \frac{K}{3,71 \cdot D} \right) \Rightarrow f = 0,014$$

Ahora se pasa al cálculo de las pérdidas de carga por rozamiento continuo ( $h_{ri}$ ) mediante la fórmula universal de Darcy-Weisbach:

$$h_r = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} = 0,014 \cdot \frac{190}{0,2204} \cdot \frac{1,71^2}{2 \cdot 9,81} = 1,8 \text{ m.c.a.}$$

### Cálculo de $h_{si}$

Las pérdidas de carga singulares se estiman en un 10% de las pérdidas debidas al rozamiento continuo cuando la equidistancia media entre piezas singulares es menos que mil veces el diámetro de la tubería.

De esta forma tenemos unas  $h_{si} = 0,18 \text{ m.c.a.}$

Así pues las pérdidas de carga producidas por la impulsión son:

$$h_i = h_{ri} + h_{si} = 1,8 + 0,18 = 1,98 \text{ m.c.a.}$$

Ahora se puede pasar a determinar la altura manométrica de elevación ( $H_{me}$ ), que resulta de:

$$H_{me} = H_a + h_a + H_i + h_i = 0 + 0 + 3 + 1,98 = 4,98 \text{ m.c.a.}$$

A este dato hay que añadir los 45 m.c.a. que necesitamos para el buen funcionamiento de la instalación en la caseta de control de mandos, los 0,2 m.c.a. procedentes de las pérdidas de carga ocasionadas por la válvula de retención y los 4 m.c.a. procedentes de las pérdidas de carga ocasionadas por el equipo de filtración situado al final de la tubería de impulsión. Lo que nos da una altura manométrica de elevación total de:

$$H_{me} = 4,98 + 45 + 4 + 0,2 = 51,18 \text{ m.c.a.}$$

### 11.3 POTENCIA NECESARIA EN LA INSTALACIÓN DE BOMBEO

Lo primero a realizar es calcular la potencia útil del grupo electrobomba que viene dada por la siguiente expresión:

$$N_u = \frac{\rho \cdot Q \cdot H_{me}}{75}$$

Donde:

- $N_u$ : Potencia del grupo de bombeo, en C.V.
- $Q$ : Caudal a elevar por cada bomba, en  $\text{m}^3/\text{s}$ .
- $H_{me}$ : Altura manométrica de elevación, en m.
- $\rho$ : Densidad del agua, en  $\text{Kg}/\text{m}^3$ .

De esta forma:

$$N_u = \frac{1.000 \cdot 0,06538 \cdot 51,18}{75} = 44,6 \text{ CV}$$

Para que la bomba pueda aportar la potencia útil al flujo es necesario que reciba una potencia algo superior en su eje de accionamiento de tal manera que se puedan compensar los rendimientos. Así surge la potencia en el eje de la bomba, que es la que deja disponible el motor para ser aprovechada por la bomba a la hora de transmitir la potencia útil y vencer rozamientos y pérdidas de carga. De esta manera:

$$N_{\text{eje}} = \frac{N_u}{\eta_B} = \frac{44,6}{0,80} = 55,75 \text{ CV}$$

Para que el motor de accionamiento deje disponible una potencia en el eje igual a la calculada anteriormente, es necesario que absorba una potencia eléctrica superior de manera que se compensen los rozamientos mecánicos y las pérdidas eléctricas en ese motor. Esos rozamientos y pérdidas se evalúan a través del rendimiento del motor ( $\eta_m$ ) y se calcula como:

$$N_{\text{motor}} = \frac{N_{\text{eje}}}{\eta_m} = \frac{55,75}{0,75} = 74,3 \text{ CV}$$

#### 11.4 ELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO

Para cubrir las necesidades de la instalación tanto en caudal como en altura manométrica, se necesita una equipo de bombeo que proporcione un caudal total de 235,37 m<sup>3</sup>/h y una altura de 51,18 m.c.a., así como un conjunto de motores que desarrolle aproximadamente 75 CV.

Con estos datos se elige de los diferentes catálogos comerciales un grupo electrobomba con la siguiente potencia:

$$75 \text{ CV} / 0,736 = 102 \text{ KW} \rightarrow 102 \text{ KW} / 0,8 = 127,5 \text{ Kva}$$

#### 11.5 CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE EN LA INSTALACIÓN

Con la parada del grupo de impulsión, y el cierre violento de válvulas se produce en la tubería de impulsión una sobrepresión denominada golpe de ariete, para compensar esta sobrepresión deben dimensionarse mecanismos que lo amortigüen e instalar en lo posible elementos singulares que reduzcan la producción del mismo.

## CÁLCULO DEL TIEMPO DE PARADA DE LA BOMBA

Según la expresión de E. Mendiluce se define el tiempo de parada de la bomba como:

$$T = \frac{K \cdot L(m) \cdot V(m/s)}{g \cdot H_{me}(m)} + C$$

Donde:

- K: Coeficiente de ajuste que depende de la longitud de la tubería de impulsión.
- C: Coeficiente de ajuste que depende de la pendiente hidráulica de la impulsión.
- V: Velocidad del agua, en m/s.
- L: longitud de la tubería de impulsión, en m.
- g: aceleración de la gravedad, 9,81 m/s<sup>2</sup>.
- H<sub>me</sub>: altura manométrica de impulsión, en m.

K	Longitud tubería (m)
2	< 500
1,75	= 500
1,5	500 < L < 1500
1,25	= 1500
1	> 1500

$$T = \frac{2 \cdot 190 \cdot 1,71}{9,81 \cdot 51,18} + 0,6 = 1,89 \text{ segundos}$$

## CÁLCULO DE LA CELERIDAD DE LA ONDA Y DE LA LONGITUD CRÍTICA

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

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

Donde:

- D: Diámetro interior del tubo, en mm.
- e: Espesor del tubo, en mm.
- K: Coeficiente que depende del material de la tubería, para esta caso  $K=33,3$ .

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 33,3 \cdot \frac{220,4}{14,8}}} = 424,38 \text{ m/s}$$

Así pues:

- Si  $T < \frac{2L}{a}$ , siendo L la longitud de la tubería en m, se trata de un cierre rápido y se utiliza la fórmula de Allievi.
- Si  $T > \frac{2L}{a}$ , siendo L la longitud de la tubería en m, se trata de un cierre lento y se utiliza la fórmula de Michaud.

En este caso  $\frac{2 \cdot 190}{424,38} = 0,89$  segundos, y  $T = 1,89$  segundos, por lo tanto  $T > \frac{2L}{a}$  y se trata de un cierre lento por lo que se utiliza la fórmula de Michaud.

La longitud crítica de la onda viene dada por la siguiente expresión:

$$L_c = \frac{a \cdot T}{2} = \frac{424,38 \cdot 1,89}{2} = 401 \text{ m}$$

Se trata pues de una impulsión corta, ya que la longitud de la impulsión es menor que la longitud crítica.

## CÁLCULO DE LA SOBREPRESIÓN DEBIDA AL GOLPE DE ARIETE

Utilizando la fórmula de Michaud resulta:

$$\Delta H = \frac{2 \cdot L \cdot V}{g \cdot T}$$

Donde:

- L : longitud de la tubería de impulsión, en m.
- V: velocidad del agua, en m/s.
- T: tiempo de parada de la bomba.
- g: aceleración de la gravedad, 9,81 m/s<sup>2</sup>.

$$\Delta H = \frac{2 \cdot 190 \cdot 1,71}{9,81 \cdot 1,89} = 35 \text{ m.c.a.}$$

Con lo que la presión máxima que se produzca en la tubería cuando se paren las bombas será:

$$P_{\max} = H_{me} + \Delta H = 51,18 + 35 = \mathbf{86,18 \text{ m.c.a.}}$$

#### ELECCIÓN DEL TIMBRAJE

La válvula de retención se sitúa al inicio de la tubería de impulsión, por ello la presión estática máxima coincide con la diferencia de cota que ha de vencer la bomba. Disponiendo de un timbraje de 1 MPa sería suficiente para que no hubiera problemas de figuración causados por un exceso de presión, dado que la presión máxima que se produce en la tubería cuando se paren las bombas es de 86,18 m.c.a.

#### ABSORCIÓN DEL GOLPE DE ARIETE

Para minimizar el golpe de ariete aunque este es pequeño, se instala una válvula de retención de 250 mm de diámetro de disco partido, PN 10, en el comienzo de la tubería de impulsión a la salida de la bomba. De esta forma se protege la conducción contra las posibles sobrepresiones, siendo esta una medida de control sencilla y económica.



## 12. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

El Estudio de Seguridad y Salud requerido en el presente proyecto será la base para la redacción del Plan de Seguridad y Salud para cada uno de los ejecutores o contratistas.

De cualquier forma, cada uno de los suministradores, para cada fase de ejecución, elaborará un Plan de Seguridad y Salud adoptado a los medios y métodos que dispone para el montaje de la maquinaria, en base a lo que se dispone en el art. 11 del R. D. 1627/1997 por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.

### **Medidas preventivas y protecciones colectivas (grado de adopción)**

- Orden y limpieza de las vías de circulación de la obra. (Permanente)
- Orden y limpieza de los lugares públicos. (Permanente)
- Recubrimiento o distancia de seguridad (1m) a líneas eléctricas de B.T. (Permanente)
- No permanecer en el radio de acción de las máquinas. (Permanente)
- Vallas de limitación y protección. (Permanente)
- Señales de tráfico. (Permanente)
- Señales de seguridad. (Permanente)
- Cinta y conos de balizamiento (Alternativa la vallado)
- Topes de desplazamiento de vehículo. (Permanente)
- Jalones de señalización. (Ocasional)
- Balizamiento luminoso. (Permanente)
- Extintores de polvo seco. (Permanente)
- Interruptores diferenciales. (Permanente)
- Tomas de tierra. (Permanente)
- Evacuación de escombros. (Permanente)
- Información específica. (Para riesgos concretos)
- Cursos y charlas de formación. (Frecuente)

### **Equipos de protección individual (empleo)**

- Cascos de seguridad. (Permanente)
- Calzado protector. (Permanente)
- Ropa de trabajo. (Permanente)
- Ropa impermeable o de protección. (Con mal tiempo)



## 14. VIABILIDAD ECONÓMICA

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

Así de esta forma se va a calcular el VAN o Valor Actual Neto y el TIR o Tasa Interna de Rentabilidad. El primero es indicador de rentabilidad absoluta y el segundo es un indicador de rentabilidad relativa.

El VAN dice que una inversión es rentable y viable cuando es mayor de cero. El TIR es el tipo de interés que hace el VAN de una inversión igual a cero, representa las unidades monetarias que se ganan por cada unidad monetaria invertida y año.

Para calcular los índices señalados anteriormente, se considera una vida útil de la inversión de 20 años, sobre el cual se define la corriente de pagos y cobros analizando toda su superficie en conjunto.

La rotación de cultivos se repite cada 10 años, por lo tanto será de 2 ciclos.

Actualmente la finca objeto de modernización se viene cultivando en cereal de invierno, normalmente cebada, trigo y avena. Debido a las características de la zona, y la climatología de la misma, los rendimientos de estos cultivos son de tipo medio.

Como ya se ha ido explicando a lo largo de los diferentes anejos descritos con anterioridad, la explotación en su conjunto se puede considerar agro-ganadera, ya que además de la parcela agrícola a transformar y otras de secano también posee 1.300 ovejas para la producción de corderos.

Se ha realizado un estudio de las necesidades de alimento del rebaño y se necesitan un total de:

- 52.500 kg de concentrado al año
- 52.500 kg de alfalfa en rama al año

Los rebrotes de alfalfa serán aprovechados mediante pastoreo a diente por el resto del ganado que no esté con corderos desde el 1 de noviembre hasta el 1 de febrero.

Esta práctica de pastoreo de la alfalfa es beneficiosa para el cultivo ya que las ovejas hacen que disminuyan la cantidad de plagas, enfermedades y malas hierbas en el cultivo.

El flujo destruido es el valor de los rendimientos que se obtienen en la situación actual, es decir, para los cultivos de cebada, trigo y avena para su cálculo. Este flujo destruido se calcula a partir de los costes de producción y de los ingresos que se obtienen, y resulta de:

Cultivo	Costes (€/Ha)	Ingresos (€/Ha)	Flujo destruido (€/Ha)	Total flujo destruido (€)
Trigo	370	700	330	17.490

En el flujo destruido no se tendrá en cuenta ni la producción de paja ni las ayudas Pac, ya que se considera que en el caso de la paja si que se aumenta la producción pero como no existe posibilidad de venta en la zona no se tendrá en cuenta y en cuanto a la Pac, Luna pertenece a las Cinco Villas, y tras la última reforma de la Pac forma parte de una región de secano con un pago por hectárea de 120 euros, pero como el promotor tenía derechos de pago básico de los que también formaban parte la ganadería, estos eran mayores aunque con la convergencia han sido disminuidos.

La media del derecho del pago está en **150 euros por hectárea**.

Los costes de consumo de agua y energía se tienen en cuenta para cada cultivo como ya se ha explicado en el anejo 12.

Se resume a continuación mediante un cuadro, los gastos e ingresos a lo largo de los diez años que dura la rotación de cultivos recomendada:

Año	Cultivo	Ha	Necesid. agua (m <sup>3</sup> /ha)	Coste energía del agua (€/ha)	Costes (€/ha)	Costes (€)	Ingresos (€/ha)	Ingresos (€)
1	Alfalfa	26,5	10739,8	192	678,4	17.978	2.240	59.360
1	Veza	26,5	3289,1	59	320,58	8.495,37	540	14.310
1	Maíz	26,5	9392,1	169	864,88	22.919,32	2.160	57.240
<b>Costes totales</b>						<b>49.393</b>	<b>Ingresos totales</b>	<b>130.910</b>

Año	Cultivo	Ha	Necesid. agua (m <sup>3</sup> /ha)	Coste energía del agua (€/ha)	Costes (€/ha)	Costes (€)	Ingresos (€/ha)	Ingresos (€)
2	Alfalfa	26,5	10.739,8	192	678,4	17.978	2.240	59.360

2	Cebada	26,5	3738,2	67	489,31	12.966,7	975	25.837,5	
2	Girasol	26,5	7773,8	140	293	7.764,5	750	19.875	
						<b>Costes totales</b>	<b>38.709</b>	<b>Ingresos totales</b>	<b>105.073</b>

Año	Cultivo	Ha	Necesid. agua (m <sup>3</sup> /ha)	Coste energía del agua (€/ha)	Costes (€/ha)	Costes (€)	Ingresos (€/ha)	Ingresos (€)	
3	Alfalfa	26,5	10.739,8	192	678,4	17.978	2.240	59.360	
3	Guisante	26,5	2836,2	51	320,58	8.495,37	480	12.720	
3	Maiz	26,5	9392,1	169	864,88	22.919,32	2.160	57.240	
						<b>Costes totales</b>	<b>49.393</b>	<b>Ingresos totales</b>	<b>129.320</b>

Año	Cultivo	Ha	Necesid. agua (m <sup>3</sup> /ha)	Coste energía del agua (€/ha)	Costes (€/ha)	Costes (€)	Ingresos (€/ha)	Ingresos (€)	
4	Alfalfa	26,5	10.739,8	192	678,4	17.978	2.240	59.360	
4	Trigo	26,5	4314,9	77	510	13.515	1.200	31.800	
4	Girasol	26,5	7773,8	140	293	7.764,5	750	19.875	
						<b>Costes totales</b>	<b>39.258</b>	<b>Ingresos totales</b>	<b>111.035</b>

Año	Cultivo	Ha	Necesid. agua (m <sup>3</sup> /ha)	Coste energía del agua (€/ha)	Costes (€/ha)	Costes (€)	Ingresos (€/ha)	Ingresos (€)	
5	Alfalfa	26,5	10.739,8	192	678,4	17.978	2.240	59.360	
5	Cebada	26,5	3738,2	67	489,31	12.966,7	975	25.837,5	
5	Girasol	26,5	7773,8	140	293	7.764,5	750	19.875	
						<b>Costes totales</b>	<b>38.709</b>	<b>Ingresos totales</b>	<b>105.073</b>

A estos gastos debemos sumar 30 euros por hectárea y año del mantenimiento, que hacen unos costes anuales de **1.590 euros**.

Con lo expuesto anteriormente se realiza el estudio de rentabilidad económica y tras este estudio los resultados son:

A partir de los flujos de caja calculados en el apartado anterior se han calculado los índices de rentabilidad que se exponen a continuación:

- Valor Actual Neto (VAN): **218.503,58 €**

- Tasa Interna de Rentabilidad: **14,60**

Pay Back o Tasa de Recuperación con descuento (r=6%) de **9 años**

El valor total de la inversión es de 281.374 €. Desde el punto de vista del VAN se observa que la inversión es rentable. El TIR es superior al tipo de interés utilizado, por lo tanto la inversión también es rentable.

Además se debe de tener en cuenta que una de las principales finalidades de este proyecto es de suministrar alimento a la explotación ganadera existente en la finca. Con esta instalación de riego además de poder recolectar productos para el ganado con unos parámetros de gran calidad también se está suministrando al ganado un alimento en los meses de invierno mediante el pastoreo a diente de los restos de maíz y girasol además de los rebrotes de alfalfa que hacen que la explotación ganadera sea más viable.

Por lo tanto, en función de los resultados obtenidos se puede concluir que la inversión es rentable.

## 1. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL SIGUIENTE PROYECTO

### 1. MEMORIA

#### ANEJOS A LA MEMORIA

Nº 1. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO

Nº 2. DESCRIPCION DE LA ZONA

Nº 3. ESTUDIO CLIMATOLOGICO

Nº 4. ESTUDIO EDAFOLOGICO

Nº 5. CALIDAD DEL AGUA

Nº 6. ROTACION DE CULTIVOS

Nº 7. NECESIDADES DE AGUA

Nº 8. CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DE RIEGO

- Nº 9. ELEMENTOS SINGULARES DE LA RED DE RIEGO
- Nº 10. CALCULOS HIDRAULICOS
- Nº 11. CÁLCULO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO
- Nº 12. VIABILIDAD ECONÓMICA

## **2. PLANOS**

- Nº 1. SITUACIÓN
- Nº 2. TOPOGRÁFICO
- Nº 3. MÓDULOS DE RIEGO
- Nº 4. AUTOMATIZACIÓN (MICROTUBOS)
- Nº 5. DETALLE ASPERSORES
- Nº 6. DETALLE ZANJA
- Nº 7. DETALLES ANCLAJES
- Nº 8. DERIVACIÓN
- Nº 9. TOMA DE RIEGO TIPO
- Nº 10. DETALLE DE LA BOMBA DE IMPULSIÓN

## **3. PLIEGO DE CONDICIONES**

- CAPÍTULO I: CONDICIONES GENERALES
- CAPÍTULO II: CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA
- CAPÍTULO III: CONDICIONES DE LAS TUERIAS DE PE
- CAPÍTULO IV: CONDICIONES DE LA TUBERIAS DE PVC
- CAPÍTULO V: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA
- CAPÍTULO VI: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA
- CAPÍTULO VII: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL

## **4. PRESUPUESTO**

- 1. MEDICIONES
- 2. CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS
- 3. CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

4. PRESUPUESTO GENERAL

5. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

**5. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

Fdo. JAVIER NOCITO PEREZ

Ingeniero Técnico Agrícola Especialidad Explotaciones Agropecuarias

Huesca, Noviembre de 2017



## BIBLIOGRAFÍA

- Evapotranspiración y necesidades de riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón. (Antonio Martínez Cob, José María Faci González y Ángel Bercero Tercero).
- Sistemas agrícolas con rotaciones y alternativas de cultivos (Pedro Urbano-Rafael Moro).
- Cultivos herbáceos extensivos. (Andrés Guerrero).
- Manuales técnicos. Normas para proyectos de riegos por aspersión (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación).
- Manuales técnicos de fabricantes.
- [www.aragob.es](http://www.aragob.es) “Gobierno de Aragón”
- Apuntes de la carrera de Ingeniería Técnica Agrícola: Hidrología, Cultivos, Oficina, Ingeniería rural, Economía, Fitotecnia, etc.
- Lonja agropecuaria del Ebro. Disponible en <http://www.ebro.org>
- Portal de CHEbro. Confederación hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente y Medio rural y marino. Gobierno de España. Disponible en <http://www.chebro.es>
- SIGPAC: Sistema de información geográfica PAC. Gobierno de Aragón. Disponible en: <http://sigpac.aragon.es>
- Urbano, Terrón, P., 2002. Fitotecnia (Ingeniería de la producción vegetal); Ediciones Mundi-Prensa.
- Evolución de Recursos Agrarios (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación).



Universidad  
Zaragoza



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



UNIVERSIDAD DE  
ZARAGOZA

**PROYECTO- TRABAJO FIN DE CARRERA**

**TRANSFORMACION EN REGADIO DE 42 HA  
EN EL TERMINO MUNICIPAL DE LUNA  
(ZARAGOZA) ORIENTADA A LA  
ALIMENTACION DE UNA EXPLOTACION  
OVINA YA EXISTENTE DE 1300 CABEZAS**

**ANEJOS A LA MEMORIA**

# **ÍNDICE**

- **ANEJO 1: OBJETO Y SITUACIÓN**
- **ANEJO 2: ESTUDIO CLIMÁTICO**
- **ANEJO 3: ESTUDIO EDAFOLÓGICO**
- **ANEJO 4: CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO**
- **ANEJO 5: C ROTACIÓN DE CULTIVOS**
- **ANEJO 6: CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS**
- **ANEJO 7: JUSTIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE RIEGO**
- **ANEJO 8: CÁLCULO HIDRÁULICO**
- **ANEJO 9: ELEMENTOS SINGULARES DE LA RED DE RIEGO**
- **ANEJO 10: JUSTIFICACIÓN, PARÁMETROS Y ELEMENTOS DEL EMBALSE**
- **ANEJO 11: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE BOMBEO**
- **ANEJO 12: VIABILIDAD ECONÓMICA.**

# **ANEJO 1**

## **ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO**

## Índice

1.	ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO.....	2
1.1	OBJETO DEL PROYECTO .....	2
1.2	CONDICIONES DEL PROMOTOR.....	3
1.3	SITUACIÓN ACTUAL DE LA PARCELA.....	3

# 1. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO

## 1.1 OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es la transformación a riego por aspersión de una parcela de 53 hectáreas en el término municipal de Luna (Zaragoza).

Se trata de transformarla a regadío por aspersión con cobertura total enterrada con agua procedente del embalse de Yesa. Esta agua circula por el Canal de Las Bardenas.

Mediante la transformación de la parcela, se pretende producir cultivos extensivos que permitan obtener un producto de mayor calidad, mayores rendimientos de manera más eficiente y en consecuencia aumentar la rentabilidad de la explotación, disminuyendo, en la medida de lo posible, los gastos y la mano de obra, además de suministrar alimento a la explotación ganadera de la propia finca.

Para poder llevar a cabo la transformación es necesario diseñar las conducciones e instalaciones de las tuberías y los distintos elementos singulares a nivel de parcela.

Además, para el desarrollo del presente proyecto también es necesario realizar:

- Un estudio climatológico de la zona.
- Un estudio edafológico que nos permita determinar las características más relevantes del suelo en relación con el riego que se va a utilizar.
- Un estudio del análisis del agua de riego.
- El cálculo de las dosis de agua de riego necesarias para varios cultivos a implantar en la parcela.
- El diseño de la distribución de la red de riego.
- Un presupuesto que nos permita conocer el coste de la transformación y analizar la viabilidad económica de la misma.

## 1.2 CONDICIONES DEL PROMOTOR

El propietario de la parcela, antes de realizar la transformación a regadío, establece las siguientes condiciones:

- Antes de la transformación en regadío de la parcela, el promotor junto con los agricultores vecinos colindantes muestran interés en la realización de un ajuste de lindes de las parcelas mediante una concentración parcelaria entre particulares con el fin de optimizar la transformación en regadío así como su posterior manejo y reajustar la expropiación de la construcción del Canal de las Bardenas.
- El promotor comunica la decisión de entubar el cauce de agua que atraviesa la parcela para optimizar y aumentar la superficie de regadío y solucionar los problemas de salinidad que presenta la parcela en las partes más próximas a este. Para ello en la parte norte de la parcela se coloca un cuenco receptor de las aguas para su posterior entubado.
- El promotor pone como condicionante reservar una zona de la parcela para la construcción de una nave de almacenamiento de la maquinaria agrícola así como de las producciones agrícolas para poder venderlas en los meses en los que el mercado sea más favorable. Esta superficie estará en la zona oeste de la parcela.
- Toda la parcela se transforma a riego por aspersión con cobertura total enterrada, donde se procederá a la siembra de cultivos herbáceos extensivos propios de la zona.
- No es ningún problema el coste de la maquinaria o herramientas para los cultivos ya que el promotor posee toda la maquinaria necesaria para los cultivos extensivos, así como lugares de almacenaje para guardar tanto la maquinaria como el producto, antes de venderlo en los períodos en los que el precio es más elevado.
- La venta y comercialización del producto generado en la cosecha de los cultivos extensivos está garantizada y asegurada, ya que son productos propios de la zona. Además como la explotación cuenta con ganadería parte de estas producciones serán consumidas en la propia explotación.

## 1.3 SITUACIÓN ACTUAL DE LA PARCELA

La parcela a proyectar tiene una superficie de aproximadamente 53 hectáreas, las cuales están declaradas en la actualidad como secano.

En esta parcela se han cultivado tradicionalmente cereales de invierno y se decide transformarla a riego por aspersión debido a las ventajas que ello reporta: comodidad, mejora del rendimiento, ahorro de maquinaria y mano de obra, etc.

La parcela se sitúa en su totalidad en el término municipal de Luna, en la Comarca de Las Cinco Villas, provincia de Zaragoza. El término municipal de Luna está situado a 63 km de Zaragoza en dirección norte.

Se encuentra a unos 7 km de Luna, en el kilómetro 95 del Canal de Las Bardenas. La parcela se ubica en la finca denominada Corral de Ricla, en el paraje Valdeanias.

Las coordenadas geográficas de la parcela son  $0^{\circ} 8' 24''$  Longitud W y  $41^{\circ} 53' 12''$  Latitud Norte, a una altitud de 361 metros sobre el nivel del mar.



# **ANEJO 2**

## **DESCRIPCION DE LA ZONA**

## Índice

1.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA .....	2
1.1	INTRODUCCIÓN .....	2
1.2	SITUACIÓN .....	2
1.3	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA. ....	5
1.4	DESCRIPCIÓN EDAFOLÓGICA. ....	5
1.5	DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES AGROLÓGICAS. ....	6
1.6	DESCRIPCIÓN HIDROLÓGICA. ....	6

# 1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

## 1.1 INTRODUCCIÓN

La Comarca de las Cinco Villas es la mayor comarca de Aragón y posee un variado paisaje que engloba a sus 29 pueblos que van desde la Sierra de Santo Domingo hasta el río Ebro.

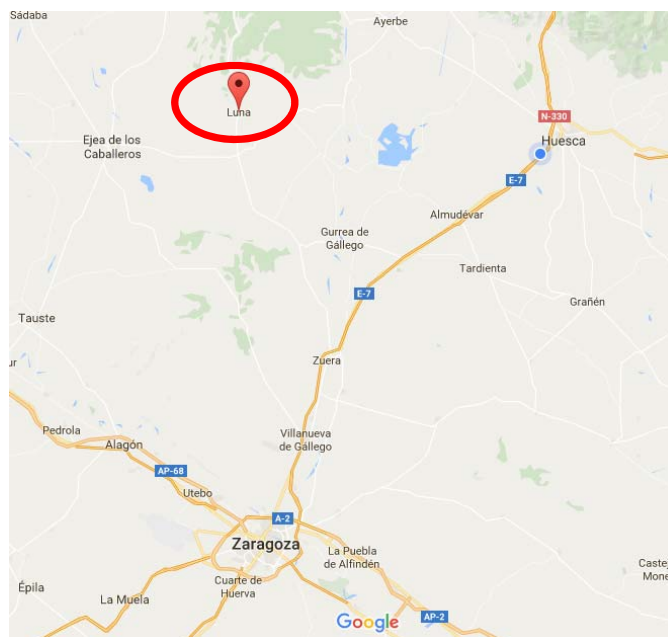
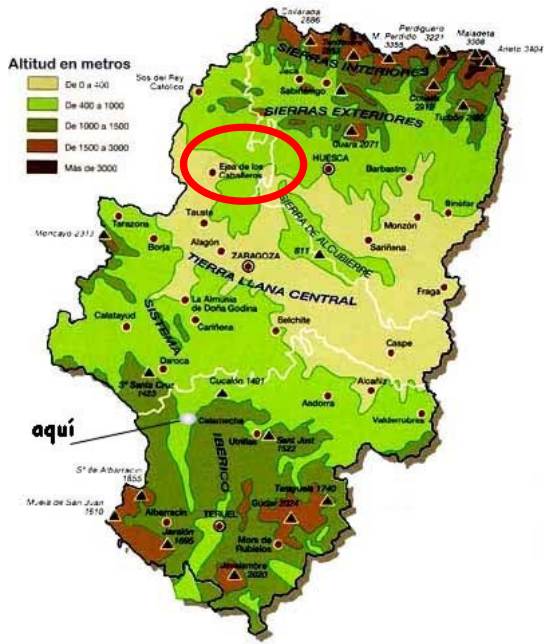
La agricultura y la ganadería siguen siendo, todavía, el motor de desarrollo de la zona que a su vez se divide en dos partes diferenciadas por una línea de agua que es el Canal de Bardenas. El secano, en claro declive, se sitúa en la margen izquierda del canal. Los pueblos de la margen derecha del mismo, los que riegan con el agua de Yesa, tejen una barrera para atajar la despoblación del resto de municipios y fortalecer la economía de la comarca siendo punteros en la implantación de nuevos sistemas de riego y en la economía y uso racional del agua.

## 1.2 SITUACIÓN

El proyecto que se pretende desarrollar consistirá en la puesta en regadío de una parcela en la finca “Corral de Ricla”, en el T.M. de Luna.

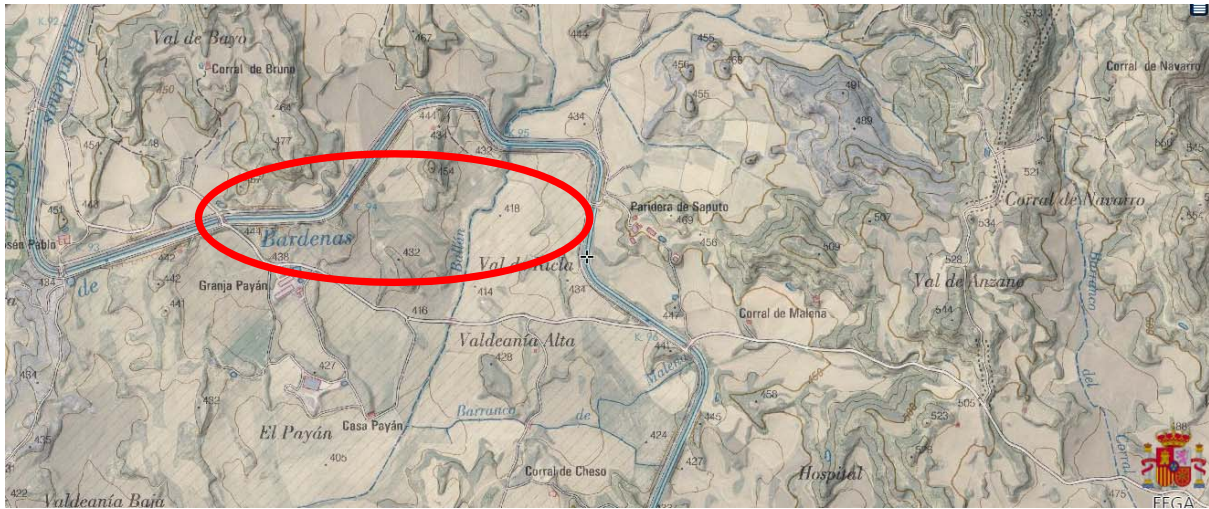
El término de Luna se encuentra situado en el noreste de la provincia de Zaragoza, cerca del límite con la provincia de Huesca.

El pueblo de Luna está situado en la provincia de Zaragoza, más concretamente en la Comarca de las Cinco Villas a una distancia de Zaragoza de 70 km y 73 de Huesca y a 27 km de Ejea de los Caballeros, capital de la comarca.



La parcela Se encuentra a unos 7 km de Luna, en el kilómetro 95 del Canal de Las Bardenas. La parcela se ubica en la finca denominada Corral de Ricla, en el paraje Valdeanias.

Las coordenadas geográficas de la parcela son 0° 8' 24 " Longitud W y 41° 53' 12" Latitud Norte, a una altitud de 351 metros sobre el nivel del mar.



*Finca de Corral de Ricla, objeto de estudio.*

### 1.3 DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA.

Los terrenos que componen la finca Corral de Ricla son predominantemente llanos con alguna pendiente ligera, correspondientes mayoritariamente al glacis compuesto por gravas, arenas y limos.

La zona de Luna presenta un relieve con grandes diferencias donde podemos encontrar grandes llanuras agrícolas hasta grandes pendientes en la zona más norte del término municipal.

Los materiales aflorantes son exclusivamente terciarios y cuaternarios. Los materiales de los afloramientos terciarios son margas, arcillas, arenas, calizas y yesos con los cambios laterales y verticales de facies normales en este tipo de cuencas con régimen de sedimentación continental endorréico

### 1.4 DESCRIPCIÓN EDAFOLÓGICA.

Siguiendo las normas de la clasificación americana (Soil Taxonomy), los suelos que encontramos en la zona pertenecen a los Ordenes: ENTISOLS y INCEPTISOLS. Así pues, los tipos de suelos que aparecen son:

- Orden ENTISOLES. Son los suelos menos evolucionados con un perfil tipo A/C, encontrando dos subórdenes bien diferenciados: FLUVENTS y ORTHENTS.
  - Suborden FLUVENTS. Son los suelos aluviales correspondientes a las vegas de los ríos Ebro y Arba, formados con sedimentos recientes de dichos ríos. Suelos profundos y de perfil poco diferenciado; agrícolamente bueno. En profundidad suelen existir gravas, pero en algunos casos hay arcillas. A nivel de Grupo se clasifican como XEROFLUVENTS.
  - Suborden ORTHENTS son suelos muy poco profundos, generalmente con un único horizonte sobre la roca madre. Situados en zonas de gran inclinación, están sometidos a continua erosión, pues ocupan las zonas más altas de los cerros y laderas. Suelos pobres, sin posibilidad de cultivo debido a su profundidad y pendiente. Se encuentran asociados con los INCEPTISOLS que ocupan las zonas más bajas y profundas. Se han desarrollado sobre materiales calizos y margas yesíferas en ciertos casos. A nivel de Grupo se clasifican como XERORTHENTS.

- Orden INCEPTISOLS. Está formado por suelos con perfil A/(B)/C en el que hay un horizonte CAMBICO (B) de desarrollo. Son los más frecuentes de la zona, estando en la mayoría asociados con los XERORTHENTS. Se han desarrollado sobre materiales calizos y a veces yesíferos; y suelen presentar abundante caliza en el perfil, que les proporciona un carácter alcalino. Suelos medianamente profundos, normalmente cultivados, siendo los típicos suelos pardo calizos. Los incluimos dentro del Grupo de los XEROCHREPTS.

## 1.5 DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES AGROLÓGICAS.

En toda la superficie encontramos la siguiente zona:

- CLASE III<sub>s</sub>: zona de margas continentales, alternando con calizas lacustres, correspondientes en mayoría a un suelo tipo pardo calizo. Se trata de suelos localizados en zonas llanas, en los que en ocasiones la caliza queda en superficie. La principal limitación en algunas zonas es la presencia de esta pedregosidad, así como la profundidad de los mismos, que no suele sobrepasar los 50 cm. Por otro lado, la salinidad, aunque no muy importante, si es suficiente como para restringir el tipo de cultivos sobre estas tierras. Cabe decir que en la finca objeto de estudio en la parte más cercana al barranco aparecen sales, pero con el riego más continuado en el tiempo y con drenajes se puede solucionar.

El aprovechamiento de estos terrenos será fundamentalmente trigo, cebada, alfalfa, veza, festuca, girasol y maíz.

## 1.6 DESCRIPCIÓN HIDROLÓGICA.

En la actualidad, el esquema hidráulico del sistema de Bardenas está compuesto por el embalse de Yesa, como embalse de cabecera del sistema en el río Aragón, el Canal de Bardenas, sus Acequias Derivadas o Acequias Principales y sus colectores, así como los embalses de regulación interna.

Las acequias principales son:

- Navarra o A-1.

- Cinco Villas o A-2,
- Cascajos o A-3.
- Saso o A-4.
- Sora o A-5.

La Comunidad General gestiona la distribución del agua en alta en dichas infraestructuras, mediante la firma de un convenio anual de encomienda de gestión con el Organismo de Cuenca.

Los embalses de regulación interna:

- El Ferial regulador de la Acequia de Navarra de 8 Hm<sup>3</sup> de capacidad.
- Malvecino regulador de la Acequia Cinco Villas de 7 Hm<sup>3</sup> de capacidad.
- Laverné regulador de la Acequia de Sora de 40 Hm<sup>3</sup> de capacidad.

La titularidad de la explotación de los embalses laterales de Malvecino y Laverné corresponde a la sociedad estatal AGUAS DE LA CUENCA DEL EBRO, S.A., si bien ha encomendado a la Comunidad General las tareas de operación y mantenimiento.

El embalse de San Bartolomé, propiedad del Ayuntamiento de Ejea de los Caballeros, ha funcionado como embalse regulador del Canal principal.

Así mismo, el embalse de Valdelafuen, propiedad de la Comunidad de Regantes nº IV de Bardenas, ha funcionado como embalse regulador del Canal principal.

El esquema del sistema hidráulico Yesa – Bardenas es el siguiente:





El diseño del Canal de Bardenas es telescópico, es decir, en origen cuenta con una sección capaz de transportar un caudal de 52 m<sup>3</sup>/s, reduciéndose progresivamente en sus 111 Km de longitud hasta los 30 m<sup>3</sup>/s. Por otra parte, del Canal principal se derivan otras acequias principales, cuyas longitudes y variación de capacidad de transporte son las siguientes:

- Acequia de Navarra: 32 km con 8 m<sup>3</sup>/s en origen.
- Acequia Cinco Villas: 53 km con 15 m<sup>3</sup>/s en origen.
- Acequia Cascajos: 22 km con 8 m<sup>3</sup>/s en origen.
- Acequia Saso: 11 km con 7 m<sup>3</sup>/s en origen.
- Acequia Sora: 56 km con 30 m<sup>3</sup>/s en origen y 4 m<sup>3</sup>/s en final.

Así pues, en función de estos datos sabemos que se puede implantar cualquier alternativa de cultivos ya que las dotaciones son superiores a las necesidades en cualquier momento del año.

# **ANEJO 3**

## **ESTUDIO CLIMATOLOGICO**

## Índice

Índice.....	i
1. INTRODUCCIÓN .....	2
2. FACTORES CLÍMICOS .....	2
2.1 TEMPERATURAS.....	2
2.1.1 Régimen de heladas .....	8
2.1.2 Cálculo del número de horas frío .....	9
Tmed .....	10
2.2 ELEMENTOS HÍDRICOS .....	10
2.2.1 Precipitaciones.....	10
2.3 VIENTO .....	10
2.4 HUMEDAD RELATIVA .....	11
2.5 RADIACIÓN SOLAR.....	13
3. ÍNDICES TERMOPLUVIOMÉTRICOS.....	13
3.1 ÍNDICE DE LANG.....	14
3.2 ÍNDICE DE MARTONNE .....	14
3.3 ÍNDICE DE DANTIN CERECEDA Y REVENGA .....	15
3.4 DIAGRAMA OMBROTÉRMICO.....	16
4. OTRAS CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS .....	17
4.1 CLASIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE PAPADAKIS.....	17
4.2 Clasificación Bioclimática de UNESCO-FAO .....	18
5. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN .....	18
5.1 EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE REFERENCIA.....	19
5.2 CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO (ETC)	20

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio climático es necesario para realizar cualquier modernización de un regadío, dado que influye en el cultivo, y por lo tanto en la instalación que se proyecte.

El conjunto de datos climáticos para la realización del estudio se han obtenido de diversas fuentes bibliográficas y de la estación de Ejea de los Caballeros (estación más cercana a Luna).

- Coordenadas geográficas de la estación: 1° 08' 28'' longitud W y 42° 07' 03'' latitud N
- Coordenadas UTM (Km x 10<sup>-1</sup>): Este-Oeste 6537, Norte-Sur 46643

## 2. FACTORES CLÍMICOS

Los elementos climáticos que influyen son: la temperatura, las precipitaciones, la humedad relativa, y el viento. Son los estudiados en este anejo.

### 2.1 TEMPERATURAS

La oscilación de las temperaturas influye en el tipo de vegetación que se desarrollará en la zona, del mismo modo que está relacionada con la cantidad de agua con la que va a disponer el cultivo, ya que, un aumento de temperatura conlleva una mayor evapotranspiración.

A continuación se mostrará en 5 tablas, los resultados de la serie climática de temperaturas, tomadas como referencia para realizar este anejo. Dichas tablas estarán referidas a cada mes.

TEMPERATURAS MEDIAS (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1989	5,5	7,8	12,4	11,7	18,1	21,7	25,2	24,9	19,5	13,8	7,1	9,4	14,8
1990	3,4	11	11,1	13,1	16,3	22,3	24,6	24,3	20,1	14,2	7,8	5,1	14,4
1991	3,9	6,4	8,6	11,9	14,9	20,5	24,3	25,2	18,2	12,4	9,2	6,2	13,5
1992	5,9	5,2	10	13,4	18,5	17,2	23,9	23,7	19,4	13,2	8,1	6,3	13,7
1993	4,5	5,7	11,5	11,9	18,1	21,4	22,4	24,6	18,1	12,4	7,8	6,6	13,8
1994	6,4	8,6	12,2	11,7	17,4	21,3	25,8	24,9	17,6	14,7	10,3	5,9	14,7
1995	6,4	8,7	9,9	13,3	17,3	20,7	24,7	23,1	17,9	16,9	10,7	6,6	14,7
1996	7,8	6,4	9,8	13	16,6	21,5	23,5	22,1	18,2	14,3	9,6	6,7	14,1
1997	6,7	8,8	12	14	17,3	20	22,9	23,4	20,2	16,7	9,3	6,6	14,8
1998	6,7	7,2	11,4	11,2	16,3	21,9	24	23,6	20,5	14,1	8,3	4,2	14,1
1999	5,7	6,7	10,7	12,4	18,7	21,5	25,2	25,2	17,9	15,5	5,8	4,7	14,2
2000	2,9	9,9	11,3	12,6	22,5	22,5	23,7	24,4	20,6	15,2	9,1	7,9	15,2
2001	4,2	7,6	12,1	13,4	18,6	22,2	23,8	23,9	18,8	13,7	7,7	8	14,5
2002	2,5	8,8	11,6	14,2	17,8	23,1	24,1	25,1	19,2	15,1	9,1	7,9	14,9
2003	5,5	5,7	11,1	13,6	16,9	25	25,1	26,1	18,7	12,7	8,4	4,2	14,4
2004	5,6	3,2	6,6	9,9	15,8	22,6	22,8	23,1	20,5	15	6,3	4,3	13,0
2005	1	2,3	9,7	12,2	17,9	23,6	24,2	22,7	19,2	15,5	8,3	1,8	13,2
2006	4	4,7	10,8	14,4	18,3	22	25,9	21,4	20,1	16,2	10,9	3	14,3
2007	4,7	5,6	10,2	13,4	16,9	21,8	26,1	23,4	20	15,8	10,5	3,2	14,3
2008	5,1	6,1	10,5	12,9	17,8	22,1	26	24,1	20,2	16,3	10,8	4,1	14,6
MEDIA	4,9	6,9	10,7	12,7	17,6	21,7	24,2	24,0	19,2	14,5	8,5	5,9	14,2

TEMPERATURAS MEDIAS MAXIMAS (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1989	10,5	14,5	16,8	16,8	25,1	28,3	30,9	29,4	22,6	22,1	13,5	12,5	20,3
1990	9,9	16,4	17,9	20,1	24,6	27,7	31,7	32,5	23,5	18,9	14,6	10,1	20,7
1991	8,5	11,5	18,2	16,4	21,2	24,6	31,3	32,4	22,9	20,1	12,6	8,9	19,1
1992	10,3	10,7	15,7	20,1	24,7	22,6	33,5	29,8	24,7	16,9	13,6	9,5	19,3
1993	9,1	11,5	16,1	19,4	23,7	27,7	29,2	30,1	23,2	16,4	11,6	10,3	19,0
1994	11,5	13,6	19,2	17,3	23,3	28,4	32,7	31,2	22,4	18,6	13,7	9	20,1
1995	11,6	14,6	16,5	20,2	23,3	26,8	31,5	29,5	23,6	22,9	15,5	10	20,5
1996	11	11,1	15,6	19	22,8	28,1	30,5	28,2	24,4	20,5	14,1	9,9	19,6
1997	11,5	15	20,1	20,7	23,4	25,5	32,5	29,8	26,5	23,1	14,3	11	21,1
1998	11,1	12,6	18,2	16,8	22,2	28,7	31,3	31,3	26	19,9	13,7	8,3	20,0
1999	10,4	12,5	16,4	24,7	23,6	30,8	33,1	29,7	25,7	19,5	10,4	9,5	20,5
2000	8,3	16,4	18,1	17,8	24,9	29,6	29,9	31,5	27,3	20,3	13,6	11,9	20,8
2001	7,5	13,5	17,5	19,8	25,3	29,7	30,6	31,6	25,2	18,9	13,1	5,1	19,8
2002	9,3	14,6	17,2	21	25,1	31,1	32,5	32,9	24,9	20,8	15,5	11,5	21,4
2003	10,1	10,5	17,7	19,9	22,6	33	32,9	34,2	24,7	17,7	13	8,2	20,4
2004	10,6	7,8	13	15,9	22,9	30,7	30,2	30,2	27,2	21	11,9	8,4	19,2
2005	5,1	8,9	16,8	17,9	24,5	31	31,7	29,5	25,5	20,3	12,7	6,2	19,2
2006	7,7	10,1	16,2	21	25,3	29,6	33,3	28,5	25,5	21,4	15,2	6,4	20,0
2007	8	10,5	16,8	20,8	25,4	29,1	32,8	29,1	24,9	20,1	15,1	7,2	19,9
2008	8,1	10,9	16,7	20,9	25,1	29,5	33	29,5	25,1	20,6	14,9	7,6	20,1
<b>MEDIA</b>	<b>9,7</b>	<b>12,5</b>	<b>17,1</b>	<b>19,2</b>	<b>23,8</b>	<b>28,6</b>	<b>31,6</b>	<b>30,7</b>	<b>24,8</b>	<b>20,0</b>	<b>13,5</b>	<b>9,3</b>	<b>20,0</b>

TEMPERATURAS MEDIAS MINIMAS (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1989	0,6	2,1	3,4	6,5	11	15	17,1	16,7	13,7	8,9	1,5	6,2	8,6
1990	1	5,7	4,2	7,8	10,9	16,7	16,9	18,5	12,7	9,3	4,8	0,5	9,1
1991	2,1	1,2	2,5	7,4	8,5	14,1	17,2	18,1	13,2	10,1	3,1	-0,7	8,1
1992	1,9	-3	4,2	6,8	12,3	11,9	18,1	17,8	14,1	9,4	2,3	3,1	8,2
1993	-0,8	0	3,9	7,1	12,6	15	15,5	16,9	13	8,3	3,9	2,8	8,2
1994	1,1	3,6	5,1	6	11,5	14,2	18,8	18,5	12,6	10,7	6,9	2,7	9,3
1995	1,1	2,8	3,3	6,2	11,1	14,4	17,9	16,7	12,1	10,9	5,9	3,2	8,8
1996	4,6	1,6	4	7	10,4	14,7	16,4	15,8	12	8,1	5,1	3,5	8,6
1997	1,8	2,6	4,6	7,5	11,5	14,5	16,5	17,5	14,3	11,4	5,2	2,7	9,2
1998	2,3	1,8	4,5	5,4	10,4	15	16,7	15,9	14,9	8,2	3	0	8,2
1999	1	0,8	4,9	6,9	12,7	14,9	16,9	15,8	13,1	9,4	1,2	-0,2	8,1
2000	-2,7	3,2	4,6	7,4	9,9	15,4	17,4	17,3	13,9	10,1	4,6	3,8	8,7
2001	0,1	1,6	3,1	7	11,7	14,6	17	18	12,2	7,9	2,2	-3,5	7,7
2002	-0,1	2,9	5,9	7,4	12,1	16,7	18,1	16,1	12,9	9,3	5,8	4,3	9,3
2003	0,8	0,9	4,4	7,2	10,2	17	17,3	17,9	12,5	7,7	3,9	0,2	8,3
2004	0,5	-1,4	0,3	3,8	8,6	14,5	15,3	16	13,5	8,8	0,7	0,1	6,7
2005	-3,2	-4,3	2,6	6,5	11,3	16,1	16,7	15,9	12,8	10,6	3,9	-2,6	7,2
2006	0,4	-0,8	5,3	7,7	11,3	14,4	18,4	14,3	14,6	11	6,6	-0,4	8,6
2007	0,7	0,9	4,1	6,8	11,4	15,2	17,9	14,9	13,6	11,2	5,3	0,5	8,5
2008	0,8	0,7	4,3	6,9	11,9	14,9	17,6	15,3	13,9	10,9	5,8	0,8	8,6
MEDIA	0,7	1,2	3,9	6,8	11,0	15,0	17,1	16,9	13,2	9,5	3,9	1,4	8,4

TEMPERATURAS MAXIMAS ABSOLUTAS (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1989	13,2	15,9	22,9	20,9	30,6	33,4	35	37	30,1	24,8	16,9	18	24,9
1990	14,5	21,5	26,4	23,1	32,1	39,7	37,5	36,4	29	22,2	21,1	15,9	26,6
1991	16,7	17,2	24,6	22,4	30,2	38,4	36	36,5	27,9	24	18,5	16,4	25,7
1992	11,5	16,3	22,6	28,3	31,8	29,3	38,5	37,2	31,2	23,6	19,3	15,1	25,4
1993	15,8	15,5	21,7	27,2	29,7	33,7	35,9	36,1	29,5	23,1	17,2	16,2	25,1
1994	16,3	18,1	24,1	27,7	29,6	35,3	35,5	35,9	30	22,3	19,6	16	25,9
1995	17,7	20,1	22,3	25,6	31,1	32,5	36	34,9	29,2	27,8	23,3	17,4	26,5
1996	14,4	15,4	21,4	24,2	30,3	33,6	36,2	32,9	29,4	26	20,4	17,5	25,1
1997	17,2	19,4	25,4	25,6	31,1	30,6	36,1	33,6	32,6	29,9	19,5	16	26,4
1998	16,7	19,2	22,8	23,5	26,6	34,1	35,8	36,2	32,5	24	21,2	15,7	25,7
1999	15,8	19,3	21,4	28,5	30,7	35,9	34,9	38,1	31,9	26,6	17,5	19,3	26,7
2000	17,4	19,6	23,7	26	30,3	35,2	38,5	35,4	32,7	25,7	18,4	15,5	26,5
2001	14,8	18,5	24,6	24,8	35,3	37,8	36,5	37,5	29,7	24,5	19,2	13,5	26,4
2002	13,7	18,3	27,7	30,1	31,6	37,5	38,1	38,4	29,9	25,3	22,6	16,8	27,5
2003	21,1	14,5	21,8	26,3	28,9	38,2	37,3	38,3	28,6	25,6	18	15,2	26,2
2004	17,3	13,3	21,6	23,1	29,2	36,5	36,4	35,7	32,1	29,2	17,3	13,1	25,4
2005	16,7	15,5	23,6	29	30	35,5	38,1	34,5	32,7	27,4	19,3	13,6	26,3
2006	15,3	16,9	24,2	24,7	33,5	34	36,4	32	33,6	25,9	19,9	18,1	26,2
2007	15,5	17,1	24,1	24,9	32,9	34,5	36,5	33,1	32,9	25,8	20,1	18,2	26,3
2008	15,8	17,4	24,2	25,3	33,1	34,8	36,3	33,5	33,1	25,7	19,9	18,3	26,4
MEDIA	15,9	17,5	23,5	25,6	30,7	35,1	36,6	35,9	30,7	25,4	19,4	16,1	26,0



TEMPERATURAS MINIMAS ABSOLUTAS (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1989	-0,7	-1,1	0,2	3	4,7	7,3	14,4	15,2	7,1	3,8	-2,1	-0,3	4,3
1990	-6	1,5	-3,2	2	3,4	6,2	10,8	12,9	12,3	4,6	-0,6	-3,9	3,3
1991	0	-5	-2,1	5	1,8	7,5	12,1	14,9	10,3	4,1	1,2	-4,3	3,8
1992	-1,1	-5,2	-1,6	2,7	4,7	8,8	13,5	11,8	11,7	2,9	-3,3	-3,9	3,4
1993	-5,4	-6,1	-3,1	3,1	2,1	10	11,1	12,1	6	0,9	-1,8	-0,2	2,4
1994	-6,7	-1,8	1,1	0,7	5,5	7,9	15,5	14,9	6,9	5	3,5	-5,8	3,9
1995	-5,3	-4	-1,6	1,1	3,6	8,9	12,1	10,5	5,3	7	-0,1	-3,4	0,3
1996	-0,8	-1,9	-1,4	-1,2	4,7	7,8	10	10,8	8,2	1,3	-2,5	-4,3	2,6
1997	-3,1	-2,4	1,1	3,6	4,2	10,2	12,7	11,6	11,1	2,8	-0,5	-4,1	3,9
1998	-4,4	-2,9	-2,2	-0,1	4,7	9,9	11,8	9,5	10,1	3,8	-6	-5	2,4
1999	-4,2	-7,7	1,3	2,7	9,5	8,8	11,3	14,1	9,5	3,2	-5,5	-6,7	3,0
2000	-6,8	-2	-0,7	1,3	3,8	9,6	14,2	12,9	7,8	4,3	-0,9	0	3,6
2001	-6,9	-2,3	-0,6	2	3	9,7	12,7	13,8	5,9	5,2	-3,2	-12,8	2,2
2002	-2,8	-2,2	-0,8	2,7	5,1	11,4	14,3	14,2	6,1	4,4	1	-0,8	4,4
2003	-6,5	-7,4	-0,8	-0,2	4,2	13,2	12,7	14,3	9,2	1,9	-0,6	-4	3,0
2004	-5,6	-5,8	-7,2	-0,7	2,5	9	9	10,3	6,8	2	-6,1	-6,7	0,6
2005	-13,1	-13,7	-10,7	2,6	7,4	12,1	11,9	10,5	4,9	4,4	-1,3	-8,3	0,6
2006	-5,6	-4,9	-4,1	3,8	5,9	6,6	13,9	10,6	8,7	7,3	1,7	-5,6	3,2
2007	-5,2	-4,5	-3,9	2,8	5,5	7,1	13,5	10,9	8,8	6,9	1,5	-4,2	3,3
2008	-4,9	-4,4	-3,1	2,9	5,8	7,9	14,2	11,4	9,1	6,5	1,2	-4,8	3,5
MEDIA	-4,7	-4,2	-2,0	1,9	4,5	9,2	12,4	12,5	8,2	3,8	-1,5	-6,2	2,8

### 2.1.1 Régimen de heladas

INTERVALO	PRIMERA HELADA	ULTIMA HELADA
89-90	22 noviembre	12 marzo
90-91	5 noviembre	21 marzo
91-92	3 noviembre	25 marzo
92-93	8 noviembre	25 abril
93-94	12 noviembre	22 febrero
94-95	3 diciembre	9 marzo
95-96	4 noviembre	4 abril
96-97	15 noviembre	17 febrero
97-98	11 noviembre	14 abril
98-99	1 noviembre	15 marzo
99-00	9 noviembre	4 abril
00-01	1 noviembre	15 marzo
01-02	9 noviembre	3 marzo
02-03	2 diciembre	4 abril
03-04	5 noviembre	23 abril
04-05	8 noviembre	13 marzo
05-06	3 noviembre	3 marzo
06-07	2 diciembre	18 marzo
07-08	5 noviembre	12 marzo

En esta serie el mayor periodo de helada queda comprendido entre el 1 de noviembre para la primera helada y el 25 de abril para la última helada, un total de 175 días con riesgo de heladas y 190 días sin riesgo de helada.

El periodo medio de heladas está comprendido entre el 18 de noviembre y el 20 de marzo, en total 122 días de riesgo de heladas y 243 días libre de heladas.

Con el fin de hacer una estimación de las épocas en que las bajas temperaturas podrían ser impedimento para el establecimiento de algún cultivo, se presenta un sencillo estudio del régimen de heladas siguiendo la propuesta de Emberger.

Esta clasificación divide el año en periodos según la posibilidad de producirse helada, utiliza la media de las temperaturas mínimas, con el siguiente criterio:

#### Régimen de heladas según Emberger

A). Período seguro de heladas: Se produce cuando la temperatura media de las mínimas es inferior a 0 °C.

B). Período frecuente de heladas: Cuando la temperatura media de las mínimas está comprendida entre 0 °C y 3 °C.

C). Período poco frecuente de heladas: Cuando la temperatura media de las mínimas está comprendida entre 3 °C y 7 °C.

D). Período con heladas muy poco frecuentes: Cuando la temperatura media de las mínimas es superior a 7 °C.

Con esto se puede deducir que:

RIESGO	T. (°C)	INICIO	FIN	Nº DIAS
Seguro	$T < 0^{\circ}\text{C}$	Ninguno	Ninguno	0
Frecuente	$0^{\circ}\text{C} < T < 3^{\circ}\text{C}$	Diciembre	Febrero	90
Poco frecuente	$3^{\circ}\text{C} < T < 7^{\circ}\text{C}$	Noviembre	Marzo	151
Muy poco frec.	$T > 7^{\circ}\text{C}$	Octubre	Mayo	184

### 2.1.2 Cálculo del número de horas frío

Existen distintos métodos para medir la cantidad de horas frío en una determinada zona. En este estudio se utilizan dos:

- correlación de Mota
- correlación de Tabuenca

Se va a calcular este parámetro por el método de Tabuenca, que es una adaptación del método de Mota a las condiciones del Valle del Ebro.

Se aplica la fórmula  $y = 700.4 - 48.6 x$  a los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo.

Donde la "x" es la temperatura media mensual y donde "y" es el número mensual de horas frío.

	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO
Tmed	8,5	5,9	4,9	6,9	10,7
HORAS FRÍO	287,3	413,66	462,26	365,06	180,38

## 2.2 ELEMENTOS HÍDRICOS

### 2.2.1 Precipitaciones

Los datos de precipitaciones de la zona, se han tomado de la estación meteorológica que el Instituto Nacional de Meteorología tiene instalado en Luna, a escasos 2 km de distancia de nuestra parcela.

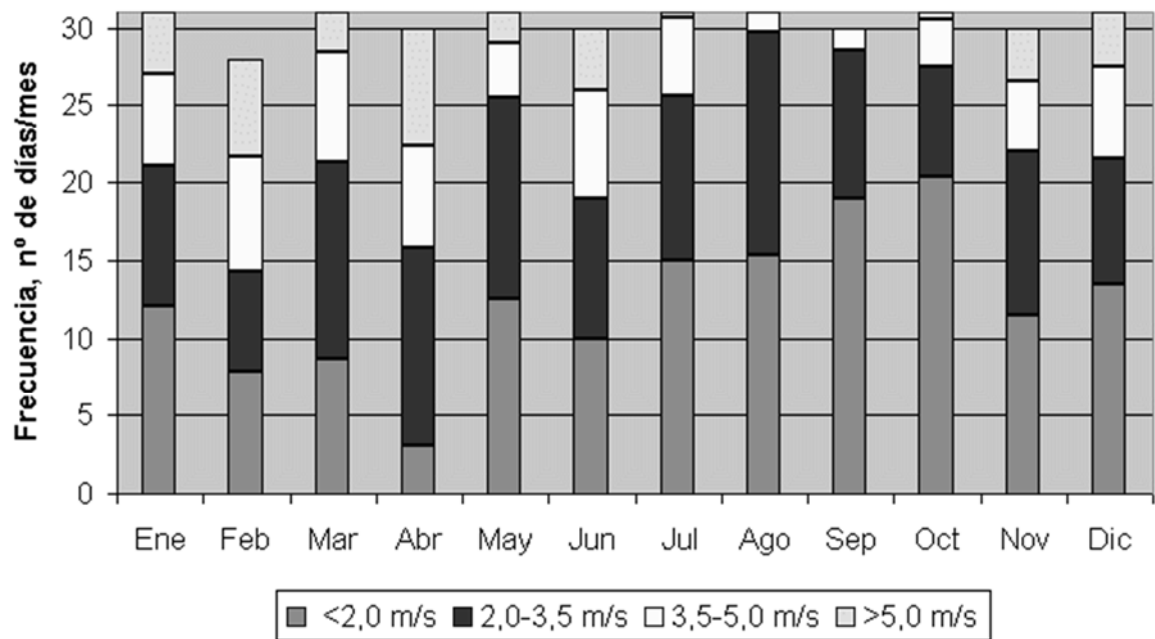
La precipitación media anual se sitúa en **368,7 mm**, siendo el mes de septiembre el más húmedo con 48 mm. Otros meses con precipitaciones altas son, octubre (43,1 mm), noviembre (43,8 mm) y diciembre (44,5 mm). Por otra parte el mes más seco es marzo con 13,2 mm. Otros meses con precipitaciones escasas son enero (20,2 mm), julio (21,6 mm) y agosto (21,7 mm).

## 2.3 VIENTO

Los vientos que predominan en esta zona son el *cierzo* y el *bochorno*. El primero actúa con dirección Oeste-Noroeste, mientras que la dirección del segundo es Este-Sureste.

A continuación se van a representar en una gráfica, las velocidades del viento en los distintos meses del año

### Velocidad del viento diaria



## 2.4 HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa es un dato meteorológico imprescindible a la hora de calcular la ETo, ya que interviene en la fórmula de cálculo de dicha evapotranspiración.

A continuación se muestran las humedades relativas medias mensuales, expresadas en %, de los años disponibles y recogidos en la estación meteorológica de Ejea de los Caballeros:

### HUMEDAD RELATIVA (%)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1989	84	65	55	62	51	44	45	53	59	59	80	80	61,4
1990	88	70	51	58	48	54	40	46	59	69	74	75	61,0
1991	70	67	71	56	45	43	38	41	58	65	74	79	58,9
1992	83	68	62	50	55	59	48	51	60	74	80	84	64,5
1993	87	66	62	54	59	47	43	48	55	71	82	81	62,9
1994	70	69	61	56	59	48	52	47	58	80	87	86	64,4
1995	65	68	55	51	53	52	45	51	55	62	71	85	59,4
1996	82	68	63	61	58	49	49	55	58	60	77	84	63,7
1997	82	68	57	60	62	58	62	57	60	67	82	80	66,3
1998	77	78	62	63	61	53	53	55	65	69	71	78	65,4
1999	75	69	60	61	56	51	45	53	57	68	74	78	62,3
2000	85	76	67	69	65	58	57	58	64	76	83	88	70,5
2001	81	73	74	59	58	44	52	51	60	69	70	84	64,6
2002	82	67	66	60	59	48	50	55	57	73	76	85	64,8
2003	75	74	62	61	59	45	47	48	65	76	84	81	64,8
2004	74	83	69	67	60	46	50	53	57	65	75	81	65,0
2005	78	61	57	57	47	42	43	50	52	69	77	81	59,5
2006	83	68	63	55	47	44	41	44	54	60	74	85	59,8
2007	81	72	58	56	49	46	48	51	56	62	76	86	61,7
2008	79	75	61	57	52	48	46	49	58	63	73	81	61,8
MEDIA	78,9	69,9	62,1	58,9	55,7	49,2	48	50,9	58,5	68,4	77,3	82	63,3

Se observa que la humedad relativa media anual está por encima del 55%.

Los meses que presentan mayor humedad relativa son los de invierno y otoño, más concretamente Enero 78,9% y Diciembre 82%. El menor valor de humedad relativa media corresponde al mes de Julio con un valor de 48%.

En el siguiente cuadro se recogen los valores de la humedad relativa mínima, media, y máxima de cada mes:

### HUMEDAD RELATIVA (%)

MES	MÍNIMA	MEDIA	MÁXIMA
ENERO	68,4	78,9	83,4
FEBRERO	61	69,9	81,7
MARZO	48,5	62,1	76,5
ABRIL	50,3	58,9	77,1
MAYO	47,2	55,7	75,9
JUNIO	40,7	49,2	70,3
JULIO	37,4	48	66,3
AGOSTO	38,3	50,9	67,9
SEPTIEMBRE	44,1	58,5	75,3
OCTUBRE	57,1	68,4	80,3
NOVIEMBRE	68,1	77,3	84,7
DICIEMBRE	71,8	82	86,5

## 2.5 RADIACIÓN SOLAR

En la tabla se especifica la radiación global diaria, media mensual sobre la horizontal. Los datos provienen de la estación meteorológica de Ejea de los Caballeros.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1,68	3	4,03	5,2	6,23	6,85	7,02	6,4	4,81	3,46	2,3	1,42

## 3. ÍNDICES TERMOPLUVIOMÉTRICOS

Tras estudiar la mayoría de factores que intervienen en el clima, se van a calcular unos índices que intentar caracterizar al clima en cuestión.

### 3.1 ÍNDICE DE LANG

Este índice se calcula con la fórmula:

$$IL = P/T,$$

donde IL es el índice de Lang, P la precipitación anual media en mm, y T la temperatura media anual en ° C.

Lang propone la siguiente clasificación:

- Si IL está entre 0 y 20, se clasifica como desierto.
- Si IL está entre 20 y 40, se clasifica la zona como árida.
- Si IL está entre 40 y 60, la zona es húmeda de estepa o sabana.
- Si IL está entre 60 u 100, es una zona húmeda de bosques.
- Si IL está entre 100 y 160, es una zona de bosques densos.
- Si IL supera el valor de 160, estamos en una zona muy húmeda de prados.

Calculado el índice de Lang en nuestra zona de estudio, resulta:

$$IL = 368,7 / 14,2 = 25,96$$

Se trata, por tanto, de una **zona árida** según el índice de Lang.

### 3.2 ÍNDICE DE MARTONNE



Se expresa por la fórmula:

$$IM = P / (T + 10),$$

donde IM es el índice de Martonne, P la precipitación anual media en mm, y T la temperatura media anual en ° C.

Martonne propone la siguiente clasificación:

- Si IM está entre 0 y 5, se clasifica como desierto.
- Si IM está entre 5 y 10, se clasifica la zona como semidesértica.
- Si IM está entre 10 y 20, la zona es estepas y países secos mediterráneos
- Si IM está entre 20 y 30, es una zona de regiones del olivo y de los cereales
- Si IM está entre 30 y 40, es una zona subhúmedas de prados y bosques
- Si IM supera el valor de 40, estamos en una zona de húmeda a muy húmeda.

Calculado el índice de Martonne en nuestra zona de estudio, resulta:

$$IM = 368,7 / (14,2 + 10) = 15,23$$

Se trata, por tanto, de una zona característica de estepas y países secos mediterráneos según el índice de Martonne.

### 3.3 ÍNDICE DE DANTIN CERECEDA Y REVENGA

Con objeto de destacar la importancia de la aridez de una zona climática, se propone utilizar otro índice termopluviométrico, que se define por la siguiente ecuación:

$$IDR = 100 * T / P,$$

donde IDR es el índice de Dantin Cereceda y Revenga, P la precipitación anual media en mm, y T la temperatura media anual en ° C.

El criterio que sigue es el siguiente:

- Si IDR es menor que 2, entonces implica zonas húmedas y subhúmedas
- Si IDR está entre 2 y 4, la zona se clasifica como semiárida.
- Si IDR es mayor que 4, entonces la zona se clasifica como árida

Calculado el índice de Dantin Cereceda y Revenga en nuestra zona de estudio, resulta:

$$\text{IDR} = 100 * 14,2 / 368,7 = 3,85$$

Se trata, por tanto, de una **zona semiárida** según el índice de Dantin Cereceda y Revenga.

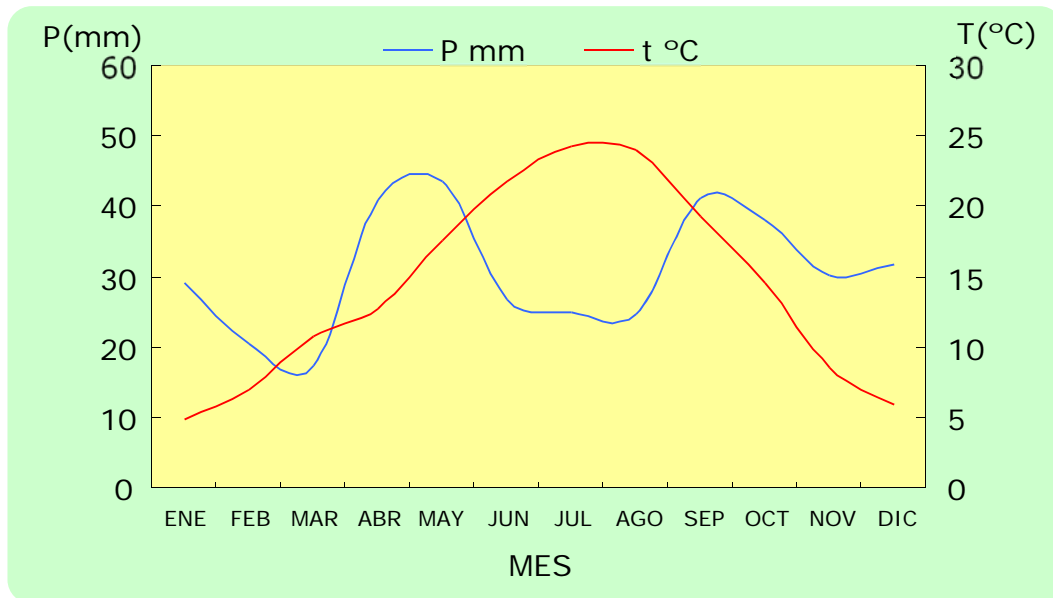
### 3.4 DIAGRAMA OMBROTÉRMICO

No es un índice como los demás, pero da una idea de en qué periodos hay sequía. Los meses se clasifican como secos si  $P < 2T$ , y como subsecos si  $2T < P < 3T$ . Representando las precipitaciones y las temperaturas (éstas a doble escala) obtenemos el diagrama ombrotérmico de la zona.

La aridez puede clasificarse mediante estos diagramas según el siguiente criterio:

- Axérico: la curva pluviométrica va siempre por encima de la térmica.
- Monoxérico: solamente aparece un periodo seco a lo largo del año.
- Bixérico: aparecen dos periodos secos a lo largo del año.

### DIAGRAMA OMBROTÉRMICO



Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
P (mm)	20,2	20,5	13,2	38,4	40	15,8	21,6	21,6	48	43,1	43,8	44,5
t (°C)	4,9	6,9	10,7	12,7	17,6	21,7	24,2	24	19,2	14,5	8,5	5,9

Se observa en el diagrama ombrotérmico un periodo seco en el que la curva pluviométrica está por debajo de la térmica, que lo comprenden los meses de junio, julio, agosto, y parte de mayo y septiembre. Por lo tanto el clima en la zona de estudio se define como monoxérico.

## 4. OTRAS CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS

### 4.1 CLASIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE PAPADAKIS

Esta clasificación relaciona los elementos del clima con la respuesta de los cultivos a éstos.  
Se basa fundamentalmente en:

- Rigor del invierno.
- Calor del verano.

Según el rigor del invierno es de tipo **avena fresco (av)**, ya que la temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío (enero)  $t$ , es  $t = -4,7^{\circ}\text{C} \geq -10^{\circ}\text{C}$  y la temperatura media de las máximas del mes más frío se encuentra entre 5 y  $10^{\circ}\text{C}$  ( $t=9,7^{\circ}\text{C}$ ).

Según el calor del verano corresponde al tipo Maíz, ya que la estación libre de heladas dura más de 4,5 meses y la temperatura media de las máximas del semestre más cálido (mayo - octubre) es de  $31,6^{\circ}\text{C} > 21^{\circ}\text{C}$ .

Así pues, la clase térmica es **avM, clima templado**.

## 4.2 Clasificación Bioclimática de UNESCO-FAO

Los factores climáticos que tiene en cuenta esta clasificación son la temperatura y la aridez.

Temperatura

Este método de clasificación del clima se basa en la temperatura media del mes más frío, de este modo tendremos que:

- $T^a > 15^{\circ}\text{C}$ : clima cálido
- $15^{\circ}\text{C} > T^a > 10^{\circ}\text{C}$ : clima templado-cálido
- $10^{\circ}\text{C} > T^a > 0^{\circ}\text{C}$ : clima templado-frío

Con esto se puede observar que el clima de la zona, donde se va a desarrollar el proyecto, es del tipo **templado-frío**.

## 5. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

La evapotranspiración de una comunidad vegetal incluye las pérdidas de agua a la atmósfera producidas en los procesos de transpiración de las plantas y los procesos de evaporación directa desde la superficie del suelo y desde las superficies vegetales, donde el agua se ha acumulado procedente del riego, niebla, rocío o lluvia.

## 5.1 EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE REFERENCIA

Existen numerosos métodos para el cálculo de la evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ). El método que se emplea y los consiguientes resultados se obtienen de un estudio que se publicó en el libro “Evapotranspiración y necesidades de riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón”.

En este estudio utilizan el método de Blaney-Criddle, por ser el más apropiado en Aragón.

La ecuación utilizada para calcular la  $ET_o$  es la siguiente:

$$ET_o = [ a + b p (0,46 \cdot T_m + 8,13) ] \quad \text{donde:}$$

$ET_o$  = media mensual de la evapotranspiración de referencia (mm/día)

$p$  = porcentaje diario de horas diurnas anuales

$a, b$  = coeficientes de calibración climática local

$T_m$  = media mensual de la temperatura media del aire ( $^{\circ}C$ )

El porcentaje diario de horas diurnas anuales,  $p$ , se obtuvo a partir de valores tabulados en función de la latitud de la estación y del mes (Doorenbos y Pruitt, 1977). El coeficiente de calibración climática,  $a$ , se calculó con la siguiente expresión (Doorenbos y Pruitt, 1977):

$$a = 4,3 \cdot E - 3 \cdot HR_n - n/N - 1,41 \quad \text{donde:}$$

$HR_n$  = media mensual de la humedad relativa del aire (%)

$n/N$  = media mensual de la razón entre la insolación real y la insolación máxima posible diaria

El coeficiente de calibración climática, b, se calculó mediante la siguiente expresión (Allen y Pruitt, 1991):

$$b = 0,81917 - 0,0040922 \cdot HR_{\min} + 1,0705 \cdot (n/N) + 0,065649 \cdot U_d - 0,0059684 \cdot HR_{\min} \cdot (n/N) - 0,0005967 \cdot HR_{\min} \cdot U_d.$$

Donde:

$U_{\text{dia}}$  = media mensual de la velocidad diurna diaria del viento a 2 m sobre el nivel del suelo (m/s)

Tabla de resultados:

MES	Tm	HR <sub>min</sub>	n/N	p	a	b	U <sub>d</sub>	Eto (mm/día)	Eto (mm/mes)
Ene	4,9	68,4	0,44	0,21	-1,6	0,9	3,9	0,47	14,47
Feb	6,9	61	0,53	0,24	-1,7	1,1	4,0	1,20	33,62
Mar	10,7	48,5	0,58	0,27	-1,8	1,2	4,3	2,56	79,32
Abr	12,7	50,3	0,57	0,3	-1,8	1,2	4,2	3,27	98,25
May	17,6	47,2	0,57	0,33	-1,8	1,2	3,8	4,75	147,10
Jun	21,7	40,7	0,65	0,34	-1,9	1,3	3,7	6,39	191,67
Jul	24,2	37,4	0,74	0,33	-2,0	1,5	3,7	7,25	224,74
Ago	24,0	38,3	0,73	0,31	-2,0	1,4	3,8	6,58	203,98
Sep	19,2	44,1	0,64	0,28	-1,9	1,3	3,5	4,28	128,42
Oct	14,5	57,1	0,58	0,25	-1,7	1,1	3,7	2,42	75,02
Nov	8,5	68,1	0,5	0,22	-1,6	1,0	3,6	0,93	27,97
Dic	5,9	71,8	0,41	0,21	-1,5	0,9	3,3	0,46	14,13

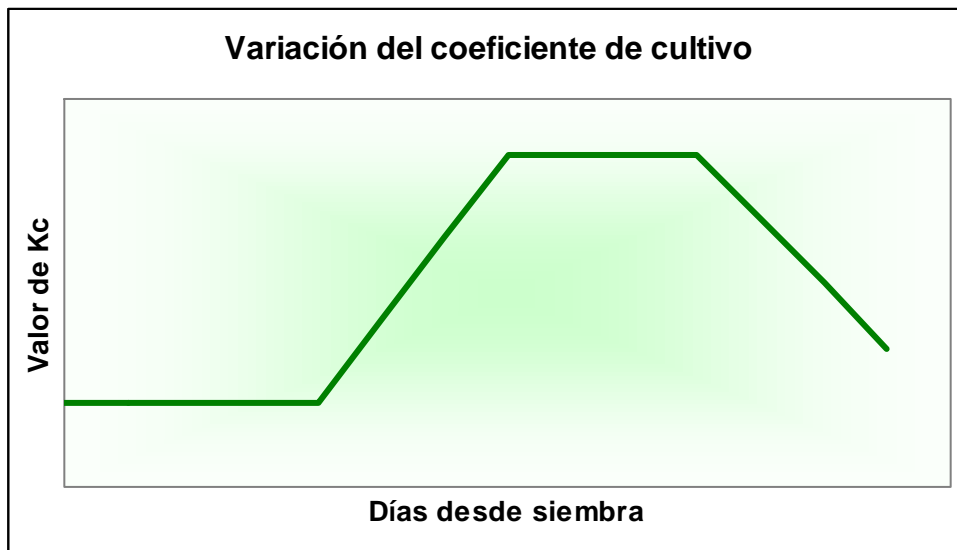
## 5.2 CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO (ETC)

Una vez se han obtenido los datos de la ET<sub>0</sub> para los distintos meses del año, se procede a calcular la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) para los diferentes cultivos que se pondrán en la finca (como se describen en el anejo 5 de rotación de cultivos), para la cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c$$

Donde:

-  $K_c$  = es un parámetro adimensional que representa el llamado coeficiente de cultivo y es función de cada planta y del estado de desarrollo de ésta (a veces puede considerarse constante, como en la alfalfa). A lo largo del tiempo, suele variar según el siguiente gráfico:



Los valores iniciales, máximos y finales de  $K_c$  para cada cultivo, y la duración de cada etapa, se encuentran tabulados por Faci en Evaporación y necesidades de riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón, donde se ha realizado un estudio por comarcas de las necesidades de riego y el cual sirve para la comarca de las Cinco Villas. Se ha empleado para su cálculo las fechas de siembra y recolección de cada cultivo.

A continuación se expone la evaporación mensual de cada cultivo en mm:

### **CEBADA (*Hordeum vulgare*)**

Para la cebada se establece la siembra el día 5 de noviembre y la recolección el día 5 de junio. Los periodos de nascencia, crecimiento, madurez, y agostamiento se valoran en 45-70-72-25 días, obteniendo una duración total del ciclo de 212 días.

MES	ET <sub>0</sub> (mm/mes)	K <sub>c</sub>	ET <sub>c</sub> (mm/mes)
Noviembre	27,97	0,72	20,13
Diciembre	14,13	0,73	10,31
Enero	14,47	0,86	12,44
Febrero	33,62	1,02	34,29
Marzo	79,32	1,10	87,25
Abril	98,25	1,10	108,07
Mayo	147,10	0,86	126,50
Junio	25,56	0,29	7,41

**Total = 406 mm**

### **TRIGO (*Triticum aestivum*)**

El trigo es muy parecido a la cebada, siendo la siembra el día el 1 de diciembre y la recolección el 15 de junio. Los periodos del ciclo vegetativo se distribuyen en 40-55-76-25 días, dando una duración total al ciclo de 196 días.

MES	ET <sub>0</sub>	K <sub>c</sub>	ET <sub>c</sub>
Diciembre	14,13	0,74	10,45
Enero	14,47	0,79	11,43
Febrero	33,62	0,97	32,61
Marzo	79,32	1,09	86,45
Abril	98,25	1,10	108,07
Mayo	147,10	1,03	151,51
Junio	89,46	0,47	42,04

**Total = 442,56 mm**

### **MAIZ (*Zea mays*)**



En el maíz actualmente se observa una tendencia a sembrar hasta un mes antes a fin de evitar posibles lluvias otoñales que impidan la cosecha hasta el invierno. Así pues se hará la siembra el 1 de mayo y el ciclo acabará el 5 de octubre, siendo los periodos de 30-40-62-25 días y acumulando una duración total de 157 días.

MES	ET <sub>0</sub>	K <sub>c</sub>	ET <sub>c</sub>
Mayo	147,10	0,53	77,96
Junio	191,67	0,75	143,75
Julio	224,74	1,08	242,72
Agosto	203,98	1,11	226,41
Septiembre	128,42	0,96	123,28
Octubre	9,68	0,62	6

**Total = 820,12 mm**

### **GIRASOL (Helianthus annus)**

Se considera su siembra el 10 de mayo y el fin del ciclo el 20 de septiembre. Los periodos característicos del cultivo se valoran en 25-35-48-25 días, sumando una duración total del ciclo de 133 días.

MES	ET <sub>0</sub>	K <sub>c</sub>	ET <sub>c</sub>
Mayo	95	0,51	48,45
Junio	191,67	0,71	136,08
Julio	224,74	1,00	224,74
Agosto	203,98	1,10	224,37
Septiembre	81,32	0,65	52,85

**Total = 686,49 mm**

### **GUISANTE (Pisum sativum)**

Se considera su siembra el 15 de diciembre y su recolección el 10 de mayo. Los periodos característicos del cultivo se valoran en 30-35-71-10 días, sumando una duración total del ciclo de 146 días.

MES	ET <sub>0</sub>	K <sub>c</sub>	ET <sub>c</sub>
Diciembre	6,9	0,73	5,03
Enero	14,47	0,78	11,28
Febrero	33,62	1,03	34,62
Marzo	79,32	1,09	86,45
Abril	98,25	1,09	107,09
Mayo	42,75	1,04	44,46

**Total = 288,57 mm**

### **VEZA FORRAJERA (*Vicia sativa*)**

Se considera su siembra el 1 de octubre y su recolección el 15 de mayo. Los periodos característicos del cultivo se valoran en 30-45-141-10 días, sumando una duración total del ciclo de 226 días.

MES	ET <sub>0</sub>	K <sub>c</sub>	ET <sub>c</sub>
Octubre	75,02	0,63	47,26
Noviembre	27,97	0,76	21,25
Diciembre	14,13	0,99	13,98
Enero	14,47	1,02	14,75
Febrero	33,62	1,02	34,29
Marzo	79,32	1,02	80,90
Abril	98,25	1,02	100,21
Mayo	66,5	0,98	65,17

**Total = 377,81 mm**

### **ALFALFA (*Medicago sativa*)**

Para el cultivo de alfalfa se considera un  $K_c$  constante durante todo el año ya que se trata de un cultivo herbáceo extensivo que una vez sembrado permanece en la parcela varios años.

MES	$ET_0$	$K_c$	$ET_c$
Enero	14,47	0,89	12,87
Febrero	33,62	0,89	29,92
Marzo	79,32	0,89	70,56
Abril	98,25	0,89	87,44
Mayo	147,10	0,89	130,92
Junio	191,67	0,89	170,58
Julio	224,74	0,89	200,01
Agosto	203,98	0,89	181,54
Septiembre	128,42	0,89	114,29
Octubre	75,02	0,89	66,76
Noviembre	27,97	0,89	24,89
Diciembre	14,13	0,89	12,57

**Total = 1102,32 mm**

Con los datos obtenidos en este estudio climatológico se calcularán las necesidades hídricas de cada cultivo y posteriormente se realizarán los cálculos hidráulicos de la red de riego, dependiendo de las necesidades de los cultivos y de las épocas del año más restrictivas.

Con los resultados obtenidos en este anejo podemos decir que en nuestra parcela no hay problemas climatológicos para los cultivos planteados.

# **ANEJO 4**

## **ESTUDIO EDAFOLOGICO**

## Índice

1.	INTRODUCCIÓN .....	2
2.	RESULTADOS OBTENIDOS .....	3
2.1	CARACTERES FÍSICOS DEL PERFIL EDÁFICO.....	3
2.1.1	Granulometría del terreno. Textura y elementos gruesos .	3
2.1.2	Estructura.....	4
2.2	CARACTERES HÍDRICOS DEL PERFIL EDÁFICO .....	5
2.3	CARACTERES QUÍMICOS .....	6
2.4	CALCULO DE LA ENMIENDA HÚMICA.....	7

## 1. INTRODUCCIÓN

Las plantas absorben por las raíces el agua del suelo. La cantidad de agua contenida en el suelo y su absorción por la planta dependen mucho de algunas características para poder utilizarlo de forma adecuada.

El uso del suelo en las zonas áridas o semiáridas, tal como es la zona donde se halla ubicada nuestra parcela, está limitado, con frecuencia, por el agua, ya que afecta directamente a la fisiología de las plantas. Los rendimientos son bajos y de ahí que se impongan los regadíos.

El cambio de una agricultura de secano a una de regadío, supone la necesidad de conocer el suelo a fondo para saber que prácticas deben realizarse o no sobre él, en previsión de que surjan problemas tales como la salinidad, que imposibilitaría el crecimiento de muchos cultivos y el posterior desuso y abandono del terreno.

Algunos aspectos importantes a tener en cuenta, ya que pueden ser determinantes para el desarrollo de nuestro proyecto, son:

- Suelos afectados por salinidad y sodicidad, el diagnóstico, recuperación y seguimiento de los problemas.
- Suelos con degradación estructural con referencia especial a la formación de costras superficiales.
- Mejora de la eficiencia del uso del agua en regadío: la tecnología del riego, reutilización del agua de drenaje y escurrentía.

El estudio detallado que se realiza en el presente anejo tiene por objeto determinar y mostrar las principales características agronómicas del suelo, de cara a demostrar la viabilidad de la transformación desde el punto de vista edáfico.

Para poder desarrollar este estudio, precisamos de una serie de datos, obtenidos mediante la realización de una serie de análisis de muestras.

En la toma de muestras de suelo para la realización de análisis, se divide la parcela total en subparcelas de una superficie aproximada de cinco hectáreas, tomando una muestra en el centro de cada subparcela. La muestra obtenida de cada subparcela es mezclada con la del resto lo más homogéneamente posible, y de la mezcla realizada se toma una muestra de aproximadamente tres kilos, que se lleva al laboratorio.

Los análisis del suelo de la parcela se han realizado en el Laboratorio Agroambiental del servicio de Investigación Agraria del Departamento de Agricultura de la Diputación General de Aragón.

Los resultados obtenidos, así como las conclusiones a las que se ha llegado son las que se muestran a continuación.

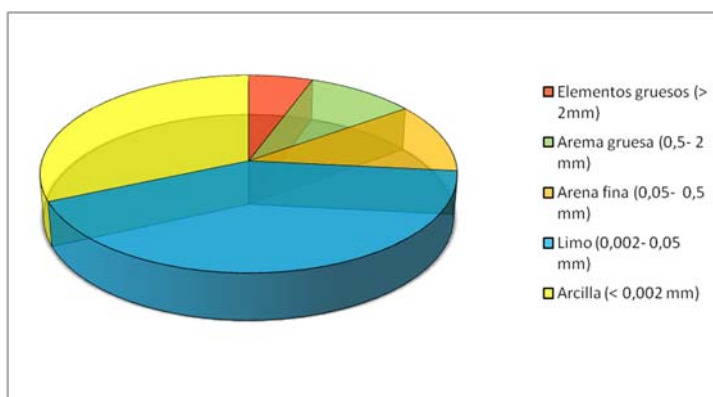
## 2. RESULTADOS OBTENIDOS

### 2.1 CARACTERES FÍSICOS DEL PERFIL EDÁFICO

#### 2.1.1 Granulometría del terreno. Textura y elementos gruesos

La textura es la proporción (porcentaje en peso) que existe en la fracción mineral del suelo (después de haber separado las partículas de tamaño mayor a 2 mm, elementos gruesos) de arena, limo y arcilla.

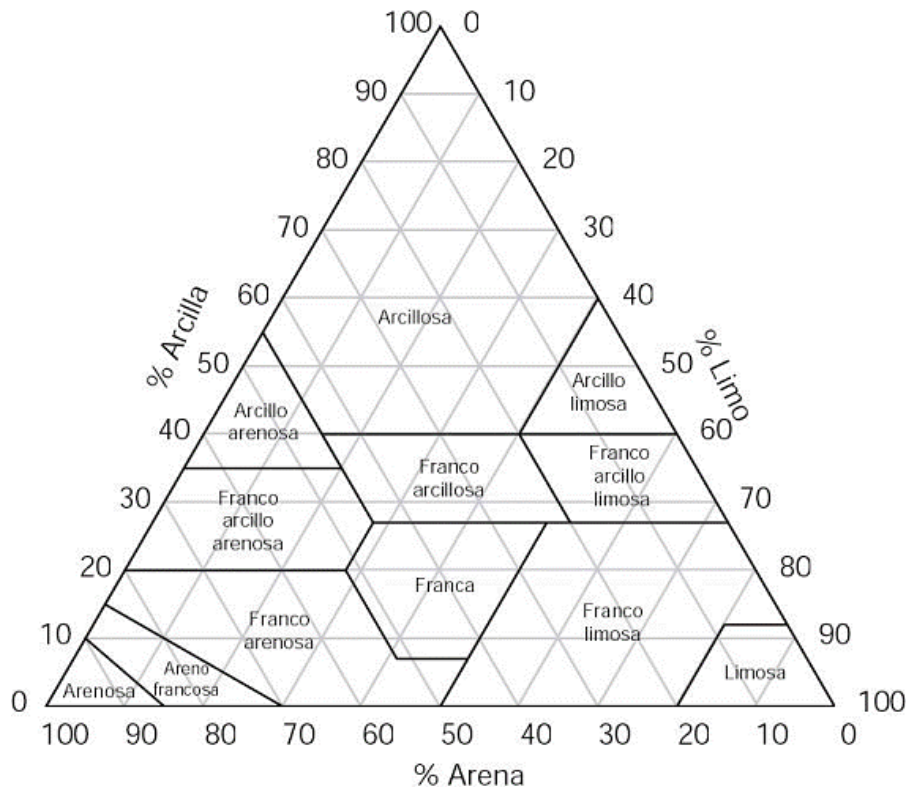
GRANULOMETRÍA	
Elementos gruesos (> 2mm)	6,00%
Arena gruesa (0,5- 2 mm)	10,10%
Arena fina (0,05- 0,5 mm)	12,10%
Limo (0,002- 0,05 mm)	44,40%
Arcilla (< 0,002 mm)	33,40%



A continuación añadimos el triángulo de texturas:

La clase textural del terreno en estudio, según el análisis por medio del gráfico triangular de texturas de U.S.D.A. y los datos obtenidos en el análisis, nos encontramos con un suelo de textura FRANCO ARCILLOSO.

La textura franca favorece el desarrollo radicular y el paso de agua y aire a través del suelo. Desde el punto de vista textural el suelo se puede dar como favorable para el cultivo.



### 2.1.2 Estructura

La estructura es una de las propiedades que muestra la ordenación y agregación de las partículas elementales del suelo y del espacio poroso dejado por éstos. La estructura viene definida por un sistema de poros o espacios huecos y unos agregados materiales.

La porosidad infiere en propiedades tales como la reserva de agua, circulación de fluidos (posibilidad de drenaje o encharcamientos), posibilidad de enraizamiento...

ESTRUCTURA	
Profundidad (m)	6,00%
Densidad aparente (Tn/m <sup>3</sup> )	10,10%
Densidad real (Tn/m <sup>3</sup> )	12,10%
Porosidad (% volumen)	44,40%

La profundidad del suelo permite el desarrollo de cualquier tipo de raíz.

Densidad real, densidad aparente y porosidad presentan valores normales para este tipo de suelos.



Por lo tanto, todos los parámetros obtenidos, en cuanto a estructura se refieren son aceptables para la implantación de cualquier tipo de cultivo, sin considerarse por lo tanto, factores limitantes.

## 2.2 CARACTERES HÍDRICOS DEL PERFIL EDÁFICO

La capacidad de campo (CC) es la cantidad de agua máxima que un suelo retiene una vez a finalizado el drenaje interno. Coincide sensiblemente con el máximo de agua capilar, que es agua retenida por fuerzas de tensión superficial. Este contenido en humedad se expresa en porcentaje de peso de suelo seco. Se obtiene por medio del método analítico.

- o La capacidad de campo (CC), con la fórmula:

$$CC = 0,48(\% \text{ arcilla}) + 0,162(\% \text{ limo}) + 0,023(\% \text{ arena}) + 2,62$$

Si el contenido en humedad del suelo desciende de un modo progresivo, las plantas encontrarán cada vez mayores dificultades para absorber el agua del suelo, llegando al punto en el que se iniciarán fenómenos de marchitez. Cuando el suelo posee esta cantidad de humedad que ya no es aprovechable por la planta, se dice que se encuentra en su punto de marchitez (PM). Se expresa en porcentaje de peso de suelo seco.

- o Punto de marchitez (PM), se obtiene:

$$PM = 0,302 (\% \text{ arcilla}) + 0,102 (\% \text{ limo}) + 0,0147 (\% \text{ arena})$$

El agua útil, es la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez, es decir el agua que puede ser asimilada por la planta.

La capacidad de campo obtenida es la propia de un suelo franco y el punto de marchitez obtenido es el típico de un suelo arcilloso. Los valores son aceptables para el desarrollo de cualquier cultivo, permitiendo que la capacidad de retención de agua útil en el suelo sea correcta.

Capacidad de Campo (CC)	26,12%
Punto de Marchitez (PM)	14,80%
Agua útil	11,00%
Velocidad de infiltración estable (mm/h)	22,00

## 2.3 CARACTERES QUÍMICOS

**pH al agua.** El pH obtenido es ligeramente básico debido a la presencia de carbonatos, dándole al suelo cierto carácter alcalino, el cual se encuentra en un nivel aceptable. Es típico de los suelos calcáreos.

**Contenido de MO (%).** Se considera que el nivel de MO hallado en el suelo se corresponde a un nivel medio bajo, ya que deberían alcanzarse porcentajes de 2 a 2,5%. Por ello, se deberá tener en cuenta aportes en forma de enmienda húmica a partir de estiércol animal, como se verá más adelante.

**Nitrógeno total.** El nitrógeno total obtenido se considera que es bajo, pero esto no es preocupante ya que sabemos que las plantas absorben en forma de nitratos y estos en su mayoría debemos suministrarlos.

**Fósforo (ppm) asimilable.** Los niveles correctos de fósforo en un suelo, deben encontrarse entre los 20 y 35 ppm, por lo tanto, nos encontramos con que nuestro suelo tiene el mínimo de fósforo aconsejable.

**Relación C/N.** La relación obtenida de C/N permite una buena liberación de N por parte de la MO, dando lugar a un correcto mecanismo de mineralización sin riesgo de que exista inmovilización bacteriana de dicho nitrógeno.

**Prueba de la salinidad.** Se calcula midiendo la conductividad (ds/m). Según el criterio USSL (1960) hasta 4 dS/m no puede considerarse que un suelo sea salino. En nuestro caso la salinidad obtenida se considera inapreciable y soportable por todos los cultivos. Esta cantidad se verá reducida con la frecuencia de riego.

**Carbonatos totales (%).** El porcentaje de carbonatos obtenido es elevado y puede suponer un inconveniente para la implantación de algunos cultivos, dado que basicifica el suelo. Típico de suelos calcáreos.

FERTILIDAD	
Ph (agua)	8,20
Materia orgánica (%)	1,60
Nitrógeno total (%)	0,11
Fósforo Olsen (ppm)	9,00%
Relación C/N	12,60%
Salinidad. CE (ds/m)	0,67%
Carbonatos totales	20,80%

**Magnesio (ppm) asimilable.** Se considera que la concentración de magnesio asimilable en la parcela se corresponde con un valor medio de lo aconsejable. Su origen es debido a los materiales formadores originarios.

**Sodio.** Traducido a porcentaje, el sodio representa menos de un 1%. Según el criterio USSL (1960), hasta un 15% el suelo puede considerarse **no sódico y no salino**.

**Potasio (ppm) asimilable.** Los niveles correctos de potasio asimilable se encuentran entre los 175 y 300 ppm, el valor determinado para nuestra parcela se encuentra por debajo de este intervalo y por lo tanto, se deberá tener en cuenta aportes futuros de potasio.

CATIONES SOLUBRES MÁS INTERCAMBIABLES	
Mg (meq/100 gr)	1,40
Na (meq/100 gr)	7,50
K (meq/100 gr)	125,40

## 2.4 CALCULO DE LA ENMIENDA HÚMICA

El contenido óptimo en materia orgánica en un suelo de regadío se encuentra entre un 2% y un 3%, de lo contrario, el suelo no presenta las características adecuadas para ser soporte de la práctica agrícola.

Como hemos visto en los resultados de los análisis el contenido de materia orgánica en nuestro suelo no llega al óptimo, por lo que es necesario hacer una enmienda húmica de corrección para elevar el contenido.

El nivel que se pretende alcanzar debe ser superior al 2 %, por ello se aumentará desde el 1,6 % de materia orgánica que tenemos hasta un 2,5 %, por lo tanto, se debe aumentar en un 0,9 % el contenido actual de materia orgánica.

La cantidad necesaria de materia orgánica de corrección o enriquecimiento se calcula por hectárea, y mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta MO = 10^4 \times p \times Da \times \frac{MO_f - MO_i}{100}$$

Donde:

- ✓  $\Delta MO$ : aporte de materia orgánica en Tn/ Ha
- ✓ p: profundidad de suelo considerada para elevar el % de MO, en metros
- ✓ Da: densidad aparente en Tn/ m<sup>3</sup>
- ✓ MO<sub>i</sub>: porcentaje de materia orgánica inicial
- ✓ MO<sub>f</sub>: porcentaje de materia orgánica final

La profundidad es la cual se pretende elevar el contenido de orgánica es de 20 cm. Así, la cantidad de humus a aplicar será:

$$\Delta MO = 10^4 \times 0,20 \times 1,33 \times \frac{2,5 - 1,6}{100} = 23,94 \text{ Tn/Ha}$$

Para realizar dicha corrección húmica se utiliza estiércol animal cuya composición aproximada es:

COMPOSICIÓN ESTIÉRCOL	
Materia seca	22,50%
Contenido en N	0,34%
Contenido en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,16%
Contenido en K <sub>2</sub> O	0,40%
Coefficiente isohúmico (K)	0,50

La cantidad que se necesita de estiércol por hectárea para conseguir el equilibrio húmico se calcula de la forma siguiente:

$$C = \frac{\Delta MO}{k \times \%MS}$$

Donde:

- ✓ C: cantidad de estiércol por Ha
- ✓ M.S: porcentaje de materia seca del estiércol
- ✓ k: coeficiente isohúmico

Luego:

$$C = \frac{23,94}{0,5 \times 0,23} = 208,17 \frac{\text{Tn}}{\text{Ha}} \text{ de estiércol}$$

Además de saber la cantidad de materia orgánica a aportar debemos tener en cuenta las siguientes consideraciones:

→**Época de aplicación:** al tratarse de estiércol ovino, cuya descomposición es lenta, lo aplicaremos con un plazo mínimo de tres o cuatro meses de anticipación a la siembra. Tampoco se recomienda su aportación antes de la siembra de cereal de invierno.

→**Frecuencia de los aportes:** depende de muchos factores (estado y clase de estiércol, clima, suelo y condiciones de cultivo). La duración del estiércol para este tipo de suelo (franco arcilloso, alcanino) será de tres años, y la cantidad de conservación será de 25 a 30 t/Ha., además de la corrección.

Para la corrección aportaremos el primer año el 60 % del total y el segundo año el resto, excepto en el cultivo de alfalfa, que aportaremos todo el primer año.

Se recomienda, para mantener la enmienda orgánica, una serie de actuaciones como pueden ser:

- Realizar una rotación de cultivos que combine especies de altas exigencias nutricionales con otras de exigencias menores, especies que aporten al suelo elementos nutritivos y cantidades importantes de materia seca como restos de cosecha, para que se vayan incorporando al complejo del suelo. Sería interesante incluir ciertas leguminosas (veza), que aportarán una importante cantidad de nitrógeno al suelo; incluso dejar sin cosechar e incorporarlo al suelo como enmienda húmica en verde.
- No retirar los restos de los cultivos y dejarlos en el terreno para que se descompongan y así incorporen nutrientes al suelo

Con este estudio de todos los análisis realizados y con las recomendaciones técnicas aportadas podemos decir que el suelo de nuestra parcela es el óptimo para los diferentes cultivos tradicionales de la zona.

# **ANEJO 5**

## **CALIDAD DEL AGUA**

## Índice

Índice.....	i
1. INTRODUCCIÓN .....	2
2. REPRESENTACIÓN DE LOS ANÁLISIS .....	2
3. ÍNDICES DE PRIMER GRADO .....	3
3.1 pH .....	3
3.2 Contenido total de sales.....	3
3.3 Iones .....	4
3.4 Comprobación del análisis .....	4
4. ÍNDICES DE SEGUNDO GRADO.....	5
4.1 S.A.R. ....	5
4.2 Relación de Calcio .....	5
4.3 Carbonato Sódico Residual (eaton) .....	6
4.4 Dureza del agua.....	6
4.5 Coeficiente alcalimétrico o índice de Scout .....	7
5. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL RIESGO DE ALCALINIZACIÓN DEL SUELO .....	8
6. NORMAS COMBINADAS MAS FRECUENTES .....	9
6.1 Normas Riverside .....	9
6.2 Normas H. Greene.....	10
6.3 Normas de L. V. Wilcox .....	12
7. CONCLUSIÓN FINAL.....	13

## 1. INTRODUCCIÓN

El agua es el elemento principal para la nutrición de las plantas, como en ella se pueden encontrar diversas concentraciones de sustancias disueltas, y de estas concentraciones depende la calidad de la misma para su uso, es imprescindible un análisis de calidad.

Se van a seguir los métodos más utilizados, que son por otra parte, los que más pueden ayudar a formar un criterio acertado. En general todos basan la calidad del agua en su contenido en sales solubles, sin considerar las relaciones que se establecen entre ésta y el medio en el que será consumida, aun siendo un tema a tener en cuenta no le vamos a dar importancia por generar poca variación.

## 2. REPRESENTACIÓN DE LOS ANÁLISIS

Para realizar este análisis se han utilizado los resultados analíticos de las aguas del río Aragón, en el embalse de Yesa y de la estación nº 560 del Canal de Bárdenas en Ejea de la Confederación Hidrográfica del Ebro.

Los datos de la estación del Canal de Bardenas, que se presentan en la tabla, son tomados en diferentes meses y a diferentes horas. Para realizar los análisis y determinar los índices, se cogerán datos medios de toda la colección que se disponen.

RED ICA. AGUAS SUPERFICIALES CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO RESULTADOS ANALÍTICOS

### ESTACION Nº 560. CANAL DE BARDENAS EN EJEA

Parámetro	Fecha Hora Unidad	26/04/00	20/07/00	18/09/00	20/12/00	21/01/01	20/02/01	18/04/01	24/07/01
		18:00	18:45	18:30	14:30	17:45	16:30	16:00	16:30
pH		8.3	8.3	8.3	8.4	8.3	8.3	8.6	8.0
Temperatura del aire	°C	17.0	32.6	25.2	12.9	11.1	14.6	18.1	29.6
Temperatura del agua	°C	13.0	17.1	21.9	7.2	7.7	7.6	12.9	18.9
Conductividad a 20 °C	µS/cm	320	300	330	290	340	330	310	280
Materias en suspensión	mg/L	4	11	4	13	4	32	7	10
Materia orgánica U.V.	mg/L O2	5.8	10.3	3.8	9.6	7.2	6.0	5.9	5.1
Aspecto		1	1	1	2	1	1	1	1
Oxígeno disuelto	mg/L O2	11.4	10.5	10.3	13.3	12.4	13.5	12.1	9.9
Oxígeno disuelto (% sat.)	% sat.	108	109	118	110	104	113	110	106
DBO5	mg/L O2	5.4	5.5	5.3	8.9	6.2	5.8	3.3	<2
Amonio total	mg/L NH4	ND	ND	ND	<0.13	<0.13	<0.13	<0.13	<0.13
Coliformes totales a 37°	NMP/100 mL		680	250					10
Coliformes fecales	NMP/100 mL		3	NR					3
Estreptococos fecales	NMP/100 mL			NR					
Salmonellas	NMP/1000 mL			NR					
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L N		1.08	<1.					<1.0
Cloruros	mg/L Cl	10.2	<7	24.6	14.5	9.0	9.1	<7.0	9.2
Sulfatos	mg/L SO4		15.2	25.7					16.8
Nitratos	mg/L NO3	2.0	1.8	1.1	1.9	2.9	4.4	2.9	2.3
Fosfatos	mg/L PO4	ND	0.06	<0.05	0.05	<0.05	0.11	0.05	0.05
Detergentes	mg/L L.A.S.		<0.08	ND					<0.08
Fenoles	mg/L C6H5OH		NR	NR					NR



### 3. ÍNDICES DE PRIMER GRADO

#### 3.1 pH

El intervalo óptimo de pH se encuentra entre 7 y 8, en nuestro caso el pH es de 8 en el mes de julio y la media de los datos se encuentra en un pH de 8,3, es un valor que se puede considerar dentro del intervalo dado que la desviación es mínima.

#### 3.2 Contenido total de sales

Este contenido suele ser peligroso cuando pasa de 1 gr./litro.

La cantidad de sales disueltas e ionizadas en el agua es proporcional a la cantidad de corriente que pasará a través de ésta, según la siguiente relación:

$$S.T. = C.E. \cdot K$$

En la que:

S.T. = Concentración de sales totales, en ppm.

C.E. = Conductividad eléctrica a 20 °C. en  $\mu\text{mhos/cm}$ .

K = Constante de proporcionalidad. (0,64) si la conductividad se expresa en  $\mu\text{mhos/cm}$ .

Se obtiene que:

$$S.T. = 330 \cdot 0,64 = 211,2 \text{ ppm.} \Rightarrow 0,211 \text{ gr./litro.}$$

$$0,211 \text{ gr./litro} < 1 \text{ gr /litro. CUMPLE}$$

También se puede saber la presión osmótica que ejerce el agua de riego mediante la relación:

$$P_o = 0,36 \cdot C.E.$$

En la que:

P<sub>o</sub> = Presión osmótica en atmósferas.

C.E. = Conductividad eléctrica a 20 °C. en milimhos/cm.

$$P_o = 0,36 \cdot 0,330 = 0,1188 \text{ at.}$$

### 3.3 Iones

A continuación los iones más frecuentes expresados en Meq / l, obtenidos de los análisis del embalse de Yesa

CATIONES	mg/l	meq/l
Ca <sup>2+</sup>	55	2,74
Mg <sup>2+</sup>	6,95	0,57
Na <sup>+</sup>	8,55	0,37
K <sup>+</sup>	1	0,025
		<b>3,70</b>

ANIONES	mg/l	meq/l
Cl <sup>-</sup>	9,9	0,28
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	17,65	0,37
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	146,16	2,39
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	0
		<b>3,04</b>

### 3.4 Comprobación del análisis

Para comprobar que no hay errores en la toma de datos, se tiene en cuenta dos criterios, que:

1.º - La suma de aniones ha de coincidir, aproximadamente, con la de cationes, ambas expresadas en meq/l.

$$\text{Suma de cationes} = 3,70$$

$$\text{Suma de aniones} = 3,04$$

$$\text{Diferencia} = 0,66$$

La diferencia es despreciable

2.º - La suma de cationes, expresada en meq/l multiplicada por un coeficiente que oscila entre 80 y 110, es igual al valor numérico de la conductividad eléctrica, por lo tanto:

Conductividad eléctrica a 20 °C. en  $\mu\text{mhos/cm}$ . = 330

Suma de cationes = 3,70

Dividiendo se obtiene  $330 / 3,70 = 89,19$  CUMPLE

## 4. ÍNDICES DE SEGUNDO GRADO

### 4.1 S.A.R.

Es la relación de adsorción de sodio. Hace referencia a la proporción relativa en que se encuentra el ion sodio y los iones calcio y magnesio.

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$S.A.R. = \frac{|Na^+|}{\sqrt{1/2 \cdot (|Ca^{++}| + |Mg^{++}|)}} = \frac{0,37}{\sqrt{1/2 \cdot (2,74 + 0,57)}} = 0,28 \text{ meq/l}$$

Cuando al analizar un agua se encuentran valores del S.A.R. superiores a 10, podemos decir que es alcalinizante, siendo mayor este riesgo cuanto mayor sea aquel valor.

**0,28 meq/l.** < 10 meq/l. CUMPLE

### 4.2 Relación de Calcio

$$R. Ca. = \frac{|Ca^{++}|}{(|Ca^{++}| + |Na^+| + |Mg^{++}|)} = \frac{2,74}{(2,74 + 0,37 + 0,57)} = 0,74 \text{ meq/l}$$

#### 1.1. Relación de Sodio

$$R. Na. = \frac{|Na^+|}{(|Ca^{++}| + |Na^+| + |Mg^{++}|)} = \frac{0,37}{(2,74 + 0,37 + 0,57)} = 0,1 \text{ meq/l}$$

### 4.3 Carbonato Sódico Residual (eaton)

Otro índice que nos indica la acción degradante del agua es el denominado carbonato sódico residual (C.S.R.):

$$C.S.R. = \left( |CO_3^{=}| + |CO_3H^{-}| \right) - \left( |Ca^{++}| + |Mg^{++}| \right)$$

$$C.S.R. = (0 + 2,39) - (2,74 + 0,57) = -0,92 \text{ meq/l}$$

Siendo aguas recomendables las que tienen un valor de C.S.R. inferior a 1,25 meq/l.

CUMPLE

### 4.4 Dureza del agua

Otro índice que se suele encontrar en los estudios de aguas, está referido al contenido en calcio que hay en estas, y se expresa en grados franceses.

$$\text{Grados hidrotimétricos franceses} = \frac{(mg/l Ca^{++} \cdot 2,5) + (mg/l Mg^{++} \cdot 4,12)}{10}$$

$$\text{Grados} = \frac{(55 \cdot 2,5) + (6,95 \cdot 4,12)}{10} = 16,6$$

Escala de dureza del agua:

TIPO DE AGUA	GRADOS FRANCESES
Muy dulce	Menos de 7
Dulce	7 – 14
Medianamente dulce	14 – 22
Medianamente dura	22 – 32
Dura	32 – 54
Muy dura	Más de 54

El agua que se estudia es un agua **medianamente dulce**.

#### 4.5 Coeficiente alcalimétrico o índice de Scout

Se define como la altura del agua, en pulgadas, que después de la evaporación dejaría en un terreno vegetal, de cuatro pies de espesor, álcali suficiente para imposibilitar el desarrollo normal de las especies vegetales más sensibles.

El cálculo del mismo se diferencia según los siguientes casos:

**1º**– Hay en el agua más cloruro del que se necesitaría para, compensando con todos los iones sodio, producir la sal del cloruro sódico.

$|Na^+| - 0,65 \cdot |Cl^-|$  es cero o negativo adquiere el valor de:

$$K = \frac{2040}{Cl^-}$$

**2º**– Si  $|Na^+| - 0,65 \cdot |Cl^-|$  es positivo, pero no mayor que  $0,48 |SO_4^{=}|$ , el coeficiente métrico tiene el siguiente valor:

$$K = \frac{6620}{\left(|Na^+| + 2,6 \cdot |Cl^-|\right)}$$

**3º**– Si  $|Na^+| - 0,65 \cdot |Cl^-| - 0,48 \cdot |SO_4^{=}|$  es positivo, el valor del coeficiente alcalimétrico será:

$$K = \frac{662}{\left(|Na^+| - 0,32 \cdot |Cl^-| - 0,43 \cdot |SO_4^{=}| \right)}$$

Entonces se obtiene un valor correspondiente al 2º caso y por lo tanto un valor de K:

$$K = \frac{6620}{\left(|Na^+| + 2,6 \cdot |Cl^-|\right)} = \frac{6620}{8,55 + (2,6 \cdot 9,9)} = 193$$

Escala:

CALIDAD DEL AGUA	VALORES DE K
Buena	Mayor de 18
Tolerable	18 – 6
Mediocre	6 – 1,2
mala	Menor de 1,2

Se trata de un **agua buena**, utilizable para el riego.

CUMPLE

## 5. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL RIESGO DE ALCALINIZACIÓN DEL SUELO

La influencia sobre la permeabilidad del suelo que tiene un agua de riego no depende sólo de la relación entre sodio, calcio y magnesio, sino que está relacionada también con la presencia en la composición del agua de iones bicarbonato<sub>7</sub> y carbonato cuya actividad da lugar a la precipitación del agua de iones magnesio y, en consecuencia, a la disminución de la concentración de estos elementos en beneficio de la acción degradante del sodio.

Para evaluar esto, Rhoades (1972) (consultar libro “Calidad agronómica de las aguas de riego”) desarrolló el índice S.A.R. ajustado, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$\text{S.A.R. ajustado} = \text{S.A.R.} [ 1 + (8,4 - \text{pHc}) ] \quad \text{en la que:}$$

- $\text{pHc} = (\text{pK}'2 - \text{pK}'c) + \text{p}(\text{Ca} + \text{Mg}) + \text{p}(\text{AlK})$  donde:
- $\text{pK}'2 - \text{pK}'c$  = Un valor obtenido en una tabla tras interpolar la suma de las concentraciones de  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  y  $\text{Na}^+$  expresadas en meq/l.
- $\text{p}(\text{Ca} + \text{Mg})$  = Un valor obtenido en una tabla tras interpolar la suma de las concentraciones de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  expresadas en meq/l.
- $\text{p}(\text{AlK})$  = Un valor obtenido en una tabla tras interpolar la suma de las concentraciones de  $\text{CO}_3=$  y  $\text{CO}_3\text{H}^-$  expresadas en meq/l.

Posteriormente con el valor del S.A.R. ajustado y la C.E. a 20 °C se entra en otra tabla donde se obtendrá el resultado final. Con lo que se obtiene que:

$$|\text{Ca}^{++}| + |\text{Mg}^{++}| + |\text{Na}^+| = 3,68$$

$$\text{pK}'2 - \text{pK}'c = 2,2$$

$$|\text{Ca}^{++}| + |\text{Mg}^{++}| = 3,31$$

$$\text{p}(\text{Ca} + \text{Mg}) = 2,77$$

$$|\text{CO}_3^{2-}| + |\text{CO}_3\text{H}^-| = 2,39$$

$$p(\text{AlK}) = 2,62$$

$$p\text{Hc} = 2,2 + 2,77 + 2,62 = 7,59$$

$$\text{S.A.R. ajustado} = 0,28 \cdot [1 + (8,4 - 7,59)] = 0,5$$

Tabla para valores de C.E. menores a 400 micromhos/cm:

S.A.R. ajustado	Calificación
Menor de 6.....	No hay riesgo de alcalinización.
Entre 6 y 9.....	Moderado riesgo de alcalinización.
Mayor de 9.....	Grave riesgo de alcalinización.

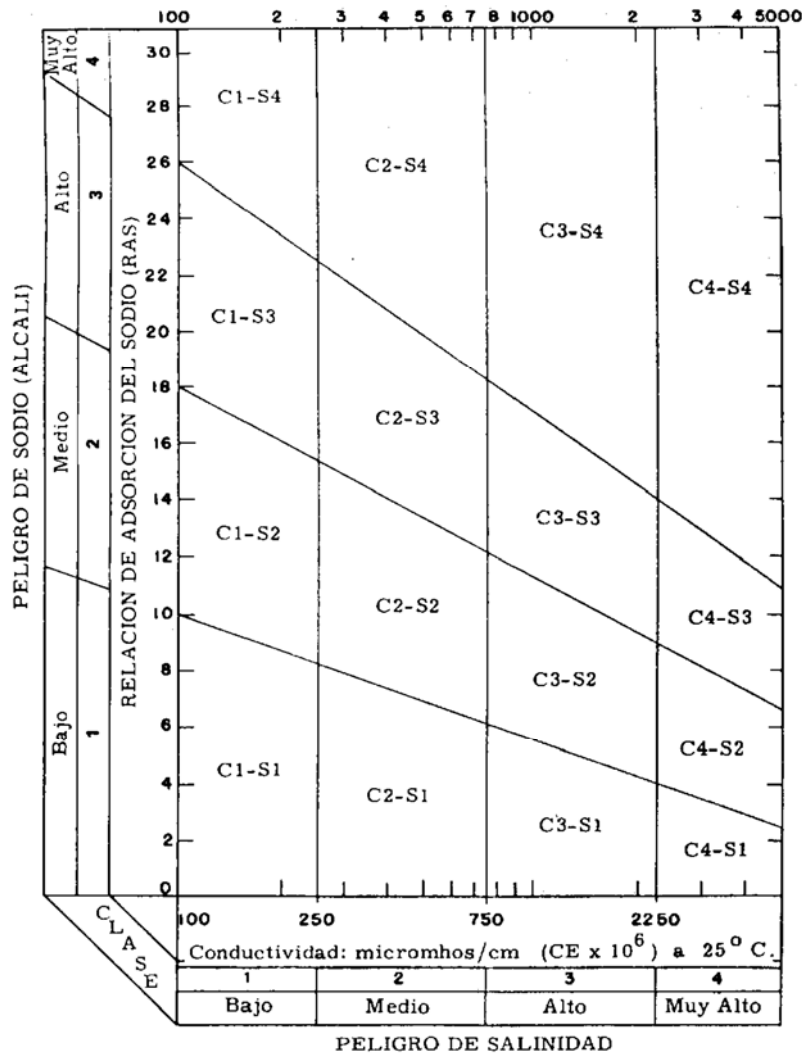
Con este valor del S.A.R. ajustado se obtiene en la siguiente tabla que no hay riesgo de alcalinización.

## 6. NORMAS COMBINADAS MAS FRECUENTES

### 6.1 Normas Riverside

Tienen en cuenta la conductividad eléctrica y el S.A.R. Según estos dos índices, se establecen categorías de aguas enunciadas según las letras C y S, afectadas de un subíndice numérico cuyo valor aumenta acorde con el del índice respectivo, varía entre 1 y 4.

Entrando en el ábaco con un valor del S.A.R. de 0,28 y una C.E. a 20 ° C de 330 micromhos / cm.



Normas de Riverside. Diagrama para la clasificación de aguas de riego. (U. S. Soil Salinity Laboratory).

Obtenemos una calificación del agua de C2 S1 que indica riesgo medio de salinización del suelo y bajo de alcalinización.

### 6.2 Normas H. Greene

En éstas se toma como base la concentración total de las aguas expresada en miliequivalentes por litro con relación al porcentaje de sodio, expresado respecto al contenido total de cationes en meq/l.

CATIONES:

Calcio: 2,74 meq / l



Magnesio: 0,57 meq / l  
Sodio: 0,37 meq / l  
Potasio: 0,025 meq / l

Total 3,70 meq / l

**ANIONES:**

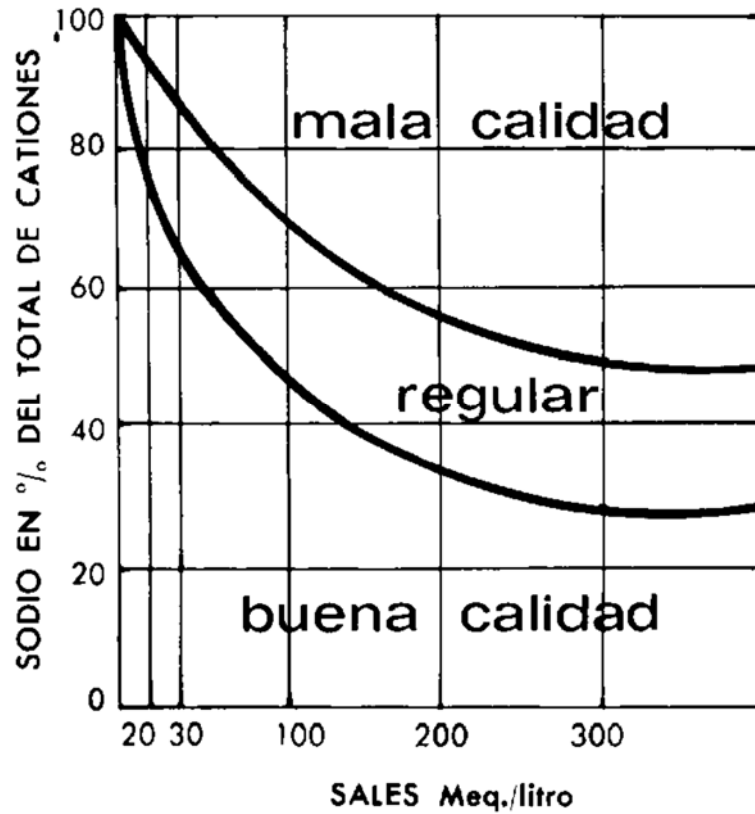
Cloruro: 0,28 meq / l  
Sulfato: 0,37 meq / l  
Bicarbonato: 2,39 meq / l  
Carbonato: 0 meq / l

Total 3,04 meq / l

El porcentaje de Na<sup>+</sup> sobre cationes:  $(0,37 / 3,70) \cdot 100 = 10 \%$

Concentración total (cationes + aniones): **6,74 meq / l**

Estos valores se interpolan en el gráfico correspondiente y se obtiene un agua de **buena calidad** para el riego.



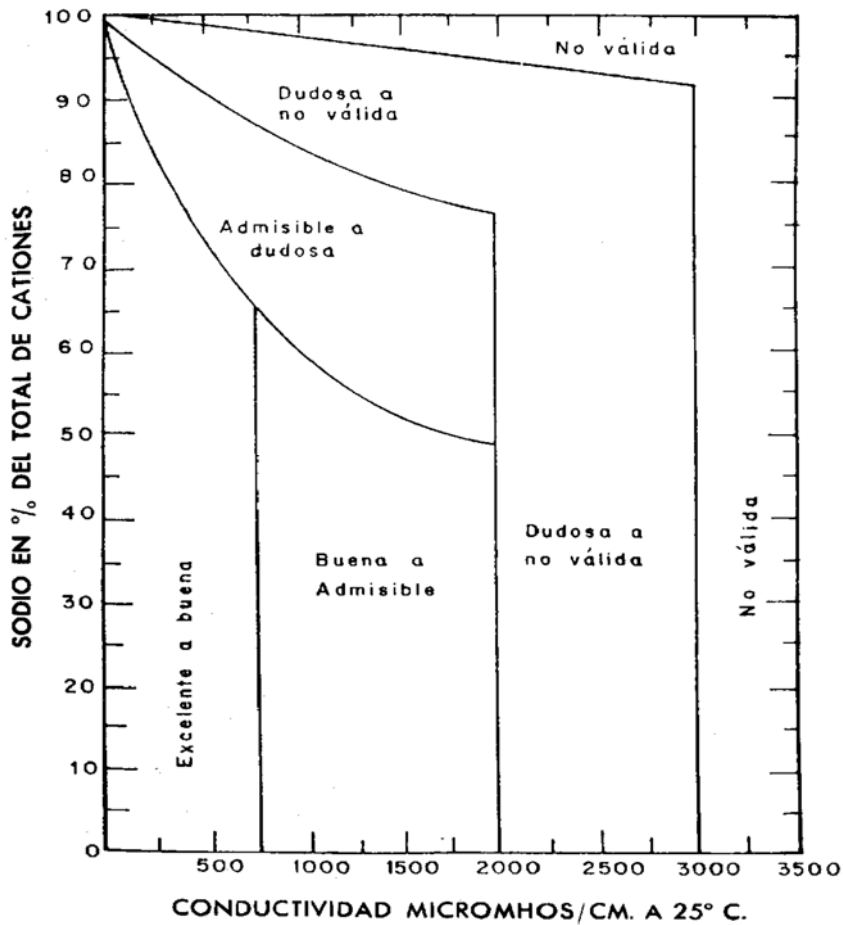
### 6.3 Normas de L. V. Wilcox

Se considera como índices para la calificación de las aguas el porcentaje de sodio respecto al total de cationes y la conductividad eléctrica.

Tenemos que la C.E. en micromhos a 20 °C es de **330**

El porcentaje de Na<sup>+</sup> sobre cationes:  $(0,37 / 3,70) \cdot 100 = 10 \%$

Por lo tanto entrando en el gráfico correspondiente se obtiene un agua de **excelente a buena**.



## 7. CONCLUSIÓN FINAL

Con todo lo expuesto en este anejo, se llega a la conclusión de que esta agua es de excelente calidad y no causará problema alguno al desarrollo vegetal, dado que cumple con todos los requisitos mínimos de potabilidad. Siendo esto el principal paso para el desarrollo de este proyecto.

Con lo cual se aconseja el desarrollo del presente proyecto.

# **ANEJO 6**

## **ROTACION DE CULTIVOS**

## Índice

1.	INTRODUCCION .....	2
2.	CULTIVOS PROPUESTOS PARA LA ROTACIÓN. ....	2
3.	PARÁMETROS DE ROTACIÓN Y DE LA ALTERNATIVA. ....	4
4.	ROTACIÓN DE CULTIVOS.....	5

## 1. INTRODUCCION

El contenido del presente anejo pretende proponer unas pautas para organizar la distribución de los cultivos, y elegir los más aptos para la zona y el nuevo sistema de riego que se va a implantar en la parcela.

La rotación de cultivos propuesta, tiene la finalidad de obtener rendimientos crecientes y alcanzar la máxima rentabilidad de la actividad agrícola que se ha de llevar a cabo. Así pues, se necesita programar una alternativa y una rotación eficaz de cultivos.

La alternativa ha de presentar un carácter elástico, para poder reaccionar ante las fluctuaciones que se produzcan en el mercado en años venideros. Además ha de ser programada a largo plazo, no en cuanto al número de años, sino a la importancia de los cultivos.

Como ya se ha mencionado en anejos anteriores gran parte de los cultivos van a servir para alimento para el ganado existente en la finca por lo que se intentara implantar cultivos que mejor se adapten al manejo del ganado.

## 2. CULTIVOS PROPUESTOS PARA LA ROTACIÓN.

Los cultivos propuestos son aquellos que, por su gran extensión cultivada o por su importancia económica, son cultivos de relevancia importante en la zona o pueden llegar a adquirirla en breve tiempo.

Estos cultivos son aquellos para los cuales se ha calculado sus necesidades de riego en el anejo 3, indicando en éste sus fechas de siembra y recolección, pero que se vuelven a indicar en este anejo, así pues, estos cultivos son:

CULTIVO	SIEMBRA	RECOLECCION
Cebada	noviembre	junio
Trigo	noviembre	junio
Maíz	mayo	octubre
Alfalfa	septiembre	varias
Girasol	mayo	septiembre
Veza	septiembre	abril
Guisante	diciembre	mayo

El hecho de que se reflejen estos cultivos en la rotación, no quiere decir que se deba cumplir dicha rotación, sólo se propone una rotación que se aproxime lo máximo posible a lo que se pueda realizar una vez se realice la transformación y se comience a cultivar la finca.

Para la elección de los cultivos de la rotación se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- La capacidad de comercializar los productos.
- Cierta flexibilidad en la rotación para que se pueda introducir cultivos no previstos que interesen en un determinado momento.
- Adaptación de los cultivos al clima y suelo (cultivos de la zona).
- La condición mejoradora o esquilante de los cultivos sobre el suelo.
- La combinación de distintas especies para evitar la proliferación de malas hierbas y parásitos específicos.
- La capacidad del parque de maquinaria que se tiene para el manejo de su explotación.
- Las necesidades de la explotación ganadera.

### 3. PARÁMETROS DE ROTACIÓN Y DE LA ALTERNATIVA.

Con los datos de permanencia de cada cultivo en campo, y teniendo en cuenta los requerimientos de cada cultivo y las condiciones nutricionales del suelo, se puede realizar una distribución de los cultivos a través de los años (alternativa).

Hay que combinar aquellos con altas necesidades nutricionales con otros menos exigentes y que además aporten una importante cantidad de materia vegetal tras la cosecha, e incluso aporten al suelo macronutrientes esenciales, como es el caso de las leguminosas (alfalfa, veza y guisante).

Para la rotación se va a dividir la parcela en dos partes, una de ellas estará durante 5 años con el cultivo de alfalfa implantado y la restante ira rotando con el resto de cultivos. Una vez transcurridos los 5 años la parte que estaba de alfalfa pasara a sembrarse de los demás cultivos durante 5 años y la otra de alfalfa.

De esta forma se aprovecha de la manera más óptima la parcela para el ganado.



## 4. ROTACIÓN DE CULTIVOS.

La rotación que se propone sigue el siguiente diagrama y se podrá modificar según sea conveniente:

Parcela 1:

AÑO 1												AÑO 2												AÑO 3												AÑO 4												AÑO 5											
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ALFALFA																																																											

Parcela 2:

AÑO 1												AÑO 2												AÑO 3												AÑO 4												AÑO 5											
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
				MAÍZ					GUISANTE				GIRASOL					CEBADA					VEZA				MAÍZ				TRIGO					ALFALFA																							

# **ANEJO 7**

## **NECESIDADES DE AGUA**

## Índice

1.	INTRODUCCIÓN. ....	2
2.	NECESIDADES DE AGUA DE RIEGO. ....	2
2.1	NECESIDADES NETAS. ....	2
2.2	NECESIDADES REALES. ....	4
-	Cebada .....	5
3.	DIMENSIONADO DEL RIEGO .....	8
3.1	DOSIS MÁXIMA DE RIEGO. ....	9
3.2	DOSIS ÚTIL. ....	9
3.3	DOSIS REAL DE RIEGO .....	10
3.4	CÁLCULO DEL RIEGO. ....	11
3.4.1	Intervalo entre riegos .....	12
3.4.2	Número de riegos por mes .....	13
3.4.3	Densidad de aspersion .....	13
3.4.4	Duración del riego .....	14
3.4.5	Caudal característico y caudal continuo de parcela .....	15

## 1. INTRODUCCIÓN.

En el presente anejo, se van a calcular las necesidades hídricas para el sistema de riego a diseñar, riego por aspersión; y para todo el periodo vegetativo de los cultivos de la rotación elegida.

Las precipitaciones son parte del agua necesaria para cubrir las necesidades de los cultivos, que en nuestro caso con un clima árido, no son suficientes. Por lo tanto se hace necesario un aporte de agua mediante el riego, el cual se diseñará y dimensionará a partir de los datos obtenidos de este anejo.

Para conocer la cantidad de agua que hay que aportar, se hace necesario conocer las necesidades de la planta para que lleve a cabo su desarrollo, y la cantidad de agua que puede aportar la lluvia durante el periodo de crecimiento. Los datos han sido calculados en el anejo del estudio climático. En este anejo se calcula pues el caudal necesario para la parcela a transformar.

## 2. NECESIDADES DE AGUA DE RIEGO.

Se parte de la disposición del agua que es necesaria diariamente en el canal, la cual presenta una calidad determinada y que es óptima para el riego como se observó en el anejo 5.

### 2.1 NECESIDADES NETAS.

Las expresiones complejas que recogen los balances hídricos de agua del suelo no se utilizan en la práctica para establecer necesidades de agua de riego. Así las necesidades serían:

$$N = (ET_c + P_p) - (P_e + C_a + \Delta\theta)$$

Donde :

- $ET_c$  : Evapotranspiración del cultivo.
- $P_p$ : Percolación profunda.
- $P_e$ : Precipitación efectiva.
- $C_a$ : Aporte ascenso capilar.

- $\Delta\theta$ : Variación humedad del suelo.

Frente a este cálculo de necesidades establecido mediante un balance de cinco variables, las necesidades netas de agua de riego pueden calcularse con la expresión sencilla siguiente:

$$N_n = ET_c - P_e$$

Donde, la  $ET_c$  es el agua útil almacenada en la zona radicular y consumida por la evapotranspiración; y la  $P_e$  es el agua útil procedente de la precipitación natural, por lo tanto  $N_n$  constituye el agua utilizada en el proceso de  $ET_c$ .

Así pues, las necesidades netas para un mes determinado son:

$$N_n = ET_c - P_e$$

Donde:

- $N_n$  = Necesidades netas mensuales.
- $P_e$  = Precipitación efectiva.
- $ET_c$  = Evapotranspiración mensual del cultivo.

La precipitación efectiva, desde un punto de vista agronómico, es la proporción de lluvia que sirve para satisfacer las necesidades de consumo de agua del cultivo, y depende de varios factores como la intensidad de la precipitación, del contenido de humedad del suelo, la infiltración del mismo, etc. Se obtiene mediante la fórmula:

$$P_e = 0,7 \cdot P_{\text{Total}} \cdot f.c.$$

Donde:

- f.c.= factor de corrección en función de la Evapotranspiración.

$ET_0$ (mm/día)	f.c.
< 3	0,60 - 0,70
3 - 5	0,70 - 0,84
5 - 7	0,84 - 0,96
> 7	0,96 - 1,00

## 2.2 NECESIDADES REALES.

Para el cálculo de las necesidades reales de los cultivos se tienen en cuenta las necesidades netas ( $N_n$ ), la eficiencia de aplicación del sistema ( $E_a$ ), y las necesidades de lavado de sales ( $F_L$ ). En la eficiencia de aplicación se incluyen las pérdidas de agua por percolación, evaporación y escorrentía, además del coeficiente de uniformidad del sistema de riego elegido.

La eficiencia de aplicación del riego para sistemas de riego por aspersión con cobertura total enterrada en climas de semiáridos a áridos, como es nuestro caso, esta en torno al 80%.

La fracción o necesidad de lavado se calcula como  $(1 - F_L)$ , y solo se aplica fuera de los meses de máximas necesidades, para no sobredimensionar la red de riego, y no causar de esta manera un gasto innecesario en la instalación.

De esta forma, las necesidades reales pueden calcularse como:

$$N_r = \frac{N_n}{E_a \cdot (1 - F_L)}$$

Donde:

- $N_r$  = Necesidades reales.
- $N_n$  = Necesidades netas.
- $E_a$  = Eficiencia de aplicación.
- $F_L$  = Fracción de lavado de sales.

La fracción de lavado se calcula de la siguiente forma:

El análisis de suelos nos indica que no existe problema de salinidad, aun así es necesario calcular la fracción de lavado debido a la concentración de sales del agua, para evitar el depósito de las mismas. La fracción de lavado se calcula mediante las siguientes expresiones:

a) Para riegos por gravedad y aspersión de baja frecuencia:

$$F_L = \frac{CE_w}{5 \cdot CE_e - CE_w}$$

Siendo:

FL = necesidad de lavado en tanto por uno.

CEw = Conductividad eléctrica del agua de riego (mmhos/cm).

CEe = Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo

Así pues, aplicando para cada cultivo considerado la fórmula anterior, se obtienen los siguientes valores de necesidades de lavado:

Cultivo	CE <sub>w</sub> (mmhos/cm)	CE <sub>e</sub> (mmhos/cm)	F <sub>L</sub>
Cebada	0,348	8	0,009
Trigo	0,348	6	0,012
Maíz	0,348	1,7	0,043
Alfalfa	0,348	2	0,036
Girasol	0,348	1,5	0,049
Veza forrajera	0,348	1	0,024
Guisante	0,348	1	0,075

Una vez que se han calculado las necesidades de lavado se pasa a calcular las necesidades reales para cada cultivo durante su periodo vegetativo.

### CEBADA

Mes	P <sub>Total</sub> (mm)	PE (mm)	ET <sub>c</sub> (mm/mes)	N <sub>n</sub> (mm/mes)	N <sub>r</sub> (mm/mes)
Noviembre	30,2	13,74	20,13	3,00	<b>3,78</b>
Diciembre	31,6	14,38	10,31	-4,07	<b>0,00</b>
Enero	29,1	13,24	12,44	-0,80	<b>0,00</b>
Febrero	20,5	9,33	34,29	24,96	<b>31,49</b>
Marzo	17,3	7,87	87,25	79,38	<b>100,12</b>
Abril	41,0	22,10	108,07	85,97	<b>108,44</b>
Mayo	43,5	23,45	126,5	103,05	<b>129,99</b>
Junio	26,8	16,88	7,41	-9,47	<b>0,00</b>

**Total = 373,82**

### TRIGO

Mes	P <sub>Total</sub> (mm)	PE (mm)	ET <sub>c</sub> (mm/mes)	N <sub>n</sub> (mm/mes)	N <sub>r</sub> (mm/mes)
Diciembre	31,6	14,38	10,45	-3,93	<b>0,00</b>
Enero	29,1	13,24	11,43	-1,81	<b>0,00</b>
Febrero	20,5	9,33	32,61	23,28	<b>29,46</b>
Marzo	17,3	7,87	86,45	78,58	<b>99,42</b>
Abril	41,0	22,10	108,07	85,97	<b>108,77</b>
Mayo	43,5	23,45	151,51	128,06	<b>162,02</b>
Junio	26,8	16,88	42,04	25,16	<b>31,83</b>

**Total = 431,49**

### MAIZ

Mes	P <sub>Total</sub> (mm)	PE (mm)	ET <sub>c</sub> (mm/mes)	N <sub>n</sub> (mm/mes)	N <sub>r</sub> (mm/mes)
Mayo	43,5	23,45	77,96	54,51	<b>71,20</b>
Junio	26,8	16,88	143,75	126,87	<b>165,71</b>
Julio	24,8	17,01	242,72	225,71	<b>294,81</b>
Agosto	24,7	15,56	226,41	210,85	<b>275,40</b>
Septiembre	41,1	22,15	123,28	101,13	<b>132,09</b>
Octubre	38,0	17,29	6	-11,29	<b>0,00</b>

**Total = 939,21**

### GIRASOL

Mes	P <sub>Total</sub> (mm)	PE (mm)	ET <sub>c</sub> (mm/mes)	N <sub>n</sub> (mm/mes)	N <sub>r</sub> (mm/mes)
Mayo	43,5	23,45	48,45	25,00	<b>32,86</b>
Junio	26,8	16,88	136,08	119,20	<b>156,67</b>
Julio	24,8	17,01	224,74	207,73	<b>273,04</b>
Agosto	24,7	15,56	224,37	208,81	<b>274,46</b>
Septiembre	41,1	22,15	52,85	30,70	<b>40,35</b>

**Total = 777,38**



**GUISANTE**

Mes	P <sub>Total</sub> (mm)	PE (mm)	ET <sub>c</sub> (mm/mes)	N <sub>n</sub> (mm/mes)	N <sub>r</sub> (mm/mes)
Diciembre	31,6	14,38	5,03	-9,35	<b>0,00</b>
Enero	29,1	13,24	11,28	-1,96	<b>0,00</b>
Febrero	20,5	9,33	34,62	25,29	<b>34,18</b>
Marzo	17,3	7,87	86,45	78,58	<b>106,19</b>
Abril	41,0	22,10	107,09	84,99	<b>114,85</b>
Mayo	43,5	23,45	44,46	21,01	<b>28,40</b>

**Total = 283,62**

**VEZA FORRAJERA**

Mes	P <sub>Total</sub> (mm)	PE (mm)	ET <sub>c</sub> (mm/mes)	N <sub>n</sub> (mm/mes)	N <sub>r</sub> (mm/mes)
Octubre	38,0	17,29	47,26	29,97	<b>38,38</b>
Noviembre	30,2	13,74	21,25	7,51	<b>9,62</b>
Diciembre	31,6	14,38	13,98	-0,40	<b>0,00</b>
Enero	29,1	13,24	14,75	1,51	<b>1,93</b>
Febrero	20,5	9,33	34,29	24,96	<b>31,97</b>
Marzo	17,3	7,87	80,90	73,03	<b>93,53</b>
Abril	41,0	22,10	100,21	78,11	<b>100,04</b>
Mayo	43,5	23,45	65,17	41,72	<b>53,44</b>

**Total = 328,91**

**ALFALFA**

Mes	P <sub>Total</sub> (mm)	PE (mm)	ET <sub>c</sub> (mm/mes)	N <sub>n</sub> (mm/mes)	N <sub>r</sub> (mm/mes)
Enero	29,1	13,24	12,87	-0,37	<b>0,00</b>
Febrero	20,5	9,33	29,92	20,59	<b>26,70</b>
Marzo	17,3	7,87	70,56	62,69	<b>81,29</b>
Abril	41,0	22,10	87,44	65,34	<b>84,73</b>
Mayo	43,5	23,45	130,92	107,47	<b>139,35</b>
Junio	26,8	16,88	170,58	153,70	<b>199,30</b>
Julio	24,8	17,01	200,01	183,00	<b>237,29</b>
Agosto	24,7	15,56	181,54	165,98	<b>215,22</b>
Septiembre	41,1	22,15	114,29	92,14	<b>119,48</b>
Octubre	38,0	17,29	66,76	49,47	<b>64,15</b>
Noviembre	30,2	13,74	24,89	11,15	<b>14,46</b>
Diciembre	31,6	14,38	12,57	-0,37	<b>0,00</b>

**Total = 1073,98**

### 3. DIMENSIONADO DEL RIEGO

En este caso, dimensionaremos el sistema de riego elegido, que es riego por aspersión con cobertura total enterrada para toda la parcela.

Las tablas anteriores no se tendrán en cuenta para los meses críticos, por lo que de ahora en adelante se realizarán los cálculos para el cultivo más exigente en el mes de máximas necesidades, para poder dimensionar el proyecto de tal forma que se pueda regar sin problemas en el mes más desfavorable de todos, o lo que es lo mismo, en el de máximas necesidades hídricas.

El cultivo más exigente de todos que hemos propuesto en la rotación de cultivos es el maíz en el mes de julio con unas necesidades reales de 294,81 mm y una ET<sub>c</sub> de casi 243 mm, con una profundidad radicular media de 0,6 m.

### 3.1 DOSIS MÁXIMA DE RIEGO

La dosis máxima de riego hace referencia a la máxima cantidad de agua que admite el suelo en la zona radicular.

Se calcula mediante:

$$Dm = 10.000 \cdot p \cdot \frac{CC - PM}{100} \cdot Da$$

Donde:

- Dm = dosis máxima en m<sup>3</sup>/ ha y riego.
- p = profundidad radicular del cultivo en m.
- CC = capacidad de campo en % de peso.
- PM = punto de marchitez en % de peso.
- Da = densidad aparente del suelo en Tm / m<sup>3</sup>.

En nuestro caso se obtienen los siguientes resultados:

Cultivo	p (m)	CC (%)	PM (%)	Da (Tm/m <sup>3</sup> )	Dm (m <sup>3</sup> /ha, riego)	Dm (mm/riego)
Cebada	0,9	21,36	11,51	1,35	<b>1196,77</b>	<b>119,67</b>
Trigo	0,8	21,36	11,51	1,35	<b>1063,8</b>	<b>196,38</b>
Maíz	0,6	21,36	11,51	1,35	<b>797,85</b>	<b>79,78</b>
Alfalfa	1,2	21,36	11,51	1,35	<b>1595,7</b>	<b>159,57</b>
Girasol	0,9	21,36	11,51	1,35	<b>1196,77</b>	<b>119,67</b>
Guisante	0,4	21,36	11,51	1,35	<b>531,9</b>	<b>53,19</b>
Veza	0,5	21,36	11,51	1,35	<b>664,87</b>	<b>66,48</b>

### 3.2 DOSIS ÚTIL

Es la efectividad con la que la planta extrae agua del suelo y depende del contenido en humedad del mismo. A mayor contenido en humedad mayor es la efectividad en la extracción del agua. Por ello para evitar reducción en los rendimientos de los cultivos interesa mantener siempre el contenido de humedad del suelo muy por encima del punto de marchitez, y eso obliga a regar

con dosis más pequeñas que la dosis máxima y a hacerlo con una frecuencia elevada. Así se evita este descenso de rendimiento en los cultivos.

La dosis útil se representa por:

$$Du = a \cdot Dm$$

Siendo:

- Du = dosis útil de riego en  $m^3/ha$  y riego.
- a = factor reductor que toma el valor de 0,2 para sistemas fijos.
- Dm = dosis máxima en  $m^3/ha$  y riego.

Por lo tanto, se obtiene una dosis útil para los cultivos de:

Cultivo	Dm ( $m^3/ha$ , riego)	a	Du ( $m^3/ha$ , riego)	Du (mm/ riego)
Cebada	1196,77	0,2	<b>239,35</b>	<b>23,93</b>
Trigo	1063,8	0,2	<b>212,76</b>	<b>21,27</b>
Maíz	797,85	0,2	<b>159,57</b>	<b>15,95</b>
Alfalfa	1595,7	0,2	<b>319,14</b>	<b>31,91</b>
Girasol	1196,77	0,2	<b>239,35</b>	<b>23,93</b>
Guisante	531,9	0,2	<b>106,38</b>	<b>10,63</b>
Veza	664,87	0,2	<b>132,97</b>	<b>13,29</b>

### 3.3 DOSIS REAL DE RIEGO

El agua aplicada en el riego no se aprovecha en su totalidad, ya que tenemos diferentes tipos de pérdidas que pueden ser por evaporación, percolación o escorrentía, pero en nuestro caso solo van a aparecer las pérdidas por evaporación ya que en riegos por aspersión se pueden considerar nulas las pérdidas por escorrentía y percolación, por consiguiente hay que suministrar una cantidad de agua superior a la dosis útil para compensar dichas pérdidas por evaporación.

La relación entre la dosis útil y la real es la eficiencia de aplicación de riego, que ya hemos visto en este apartado que tiene un valor para nuestro caso del 80%, por lo tanto la dosis real queda expresada por:

$$Dr = Du / Ea$$

Siendo:

- Dr= dosis real de riego en m<sup>3</sup>/ ha y riego.
- Du= dosis útil de riego en m<sup>3</sup>/ ha y riego.
- Ea= eficiencia de aplicación para riego por aspersión (80% en nuestro caso).

Así pues, tenemos que la dosis real de riego a aplicar es:

Cultivo	Du (m <sup>3</sup> /ha, riego)	Ea	Dr (m <sup>3</sup> /ha, riego)	Dr (mm/ riego)
Cebada	239,35	0,80	<b>299,18</b>	<b>29,91</b>
Trigo	212,76	0,80	<b>265,95</b>	<b>26,58</b>
Maíz	159,57	0,80	<b>199,46</b>	<b>19,93</b>
Alfalfa	319,14	0,80	<b>398,92</b>	<b>39,89</b>
Girasol	239,35	0,80	<b>299,18</b>	<b>29,91</b>
Guisante	106,38	0,80	<b>132,97</b>	<b>13,29</b>
Veza	132,97	0,80	<b>166,21</b>	<b>16,62</b>

### 3.4 CÁLCULO DEL RIEGO

Para el cálculo de las necesidades netas mensuales se desprecia la precipitación, ya que hay que ponerse siempre en el caso más desfavorable, y así el dimensionamiento de la instalación queda del lado de la seguridad.

Las necesidades del mes crítico para cada cultivo son las siguientes:

	Mes crítico	Necesidades (mm/mes)	Días del mes crítico	Necesidades (mm/día)
Cebada	Mayo	126,5	31	<b>4,08</b>
Trigo	Mayo	151,51	31	<b>4,88</b>
Maíz	Julio	242,72	31	<b>7,83</b>
Alfalfa	Julio	200,01	31	<b>6,45</b>
Girasol	Julio	224,74	31	<b>7,25</b>
Guisante	Abril	107,09	30	<b>3,56</b>
Veza	Abril	100,21	30	<b>3,34</b>

### 3.4.1 Intervalo entre riegos

Se define como el tiempo que transcurre entre dos riegos consecutivos, se denomina por  $T$  y se expresa en días:

$$T = Du / Nn$$

Donde:

- $Du$ = dosis útil almacenada en cada riego en mm/riego.
- $Nn$ = necesidades netas diarias consumidas en el proceso de  $ET_p$  para el cultivo más exigente en el mes de máximas necesidades en mm/día.

Se obtiene de esta manera el tiempo entre riegos de los diferentes cultivos:

Cultivo	$Du$ (mm/ riego)	Necesidades (mm/día)	$T$ (días)
Cebada	23,93	4,08	<b>6</b>
Trigo	21,27	4,88	<b>4</b>
Maíz	15,95	7,83	<b>2</b>
Alfalfa	31,91	6,45	<b>5</b>
Girasol	23,93	7,25	<b>3</b>
Guisante	10,63	3,56	<b>3</b>
Veza	13,29	3,34	<b>4</b>

### 3.4.2 Número de riegos por mes

Se calcula con la siguiente expresión:

$$n = M / T$$

Donde:

- M = los días del mes de máximas necesidades
- T = el intervalo entre riegos.

Así pues, los riegos por mes para cada cultivo son:

Cultivo	Días del mes crítico	T (días)	n (riegos/mes)
Cebada	31	6	5
Trigo	31	4	8
Maíz	31	2	15
Alfalfa	31	5	6
Girasol	31	3	10
Guisante	30	3	10
Veza	30	4	8

### 3.4.3 Densidad de aspersión

Puede llamarse intensidad de lluvia, y es la cantidad de agua (caudal) aportada por un aspersor por unidad de superficie y hora. La intensidad de aspersión va referido a una superficie regada ( $S_a$ ) por un aspersor. La densidad de aspersión se calcula como:

$$i = q / S_a$$

Donde:

- q = caudal nominal del aspersor en l/h.

-  $S_a$  = superficie asignada a cada aspersor en  $m^2$ .

La superficie regada ( $S_a$ ) es:

$$S_a = S_m \times S_l$$

Se opta por un marco de plantación de los aspersores de 18x18 m, y se obtiene una superficie regada del aspersor:

$$S_a = 18 \cdot 18 = 324 \text{ m}^2$$

El caudal del aspersor es de 1976 L/h, elegido en el anejo de justificación y características del sistema de riego. Por lo tanto la densidad de aspersión en nuestro caso es:

$$i = 1976/324 = 6,09 \text{ mm/h}$$

Que se encuentra dentro del intervalo recomendado para no causar escorrentía.

#### 3.4.4 Duración del riego

La duración del riego puede definirse como el tiempo que debe funcionar un aspersor para aportar al suelo la dosis real de riego. El cálculo de la duración del riego se hace mediante la siguiente expresión:

$$t_r = Dr/i$$

Donde:

- $t_r$  = duración de riego en horas.
- $Dr$  = dosis real de riego en mm/riego.
- $i$  = densidad de aspersión en mm/h.



Así pues obtenemos una duración de riego para los diferentes cultivos de:

Cultivo	Dr (mm/ riego)	i (mm/h)	t <sub>r</sub> (horas)	
Cebada	<b>29,91</b>	6,09	<b>4,91133</b>	<b>4 h y 54 min</b>
Trigo	<b>26,58</b>	6,09	<b>4,364532</b>	<b>4 h y 21 min</b>
Maíz	<b>19,93</b>	6,09	<b>3,272578</b>	<b>3 h y 16 min</b>
Alfalfa	<b>39,89</b>	6,09	<b>6,550082</b>	<b>6 h y 33 min</b>
Girasol	<b>29,91</b>	6,09	<b>4,91133</b>	<b>4 h y 54 min</b>
Guisante	<b>13,29</b>	6,09	<b>2,182266</b>	<b>2 h y 10 min</b>
Veza	<b>16,62</b>	6,09	<b>2,729064</b>	<b>2 h y 43 min</b>

Estos valores de duración de riego obtenidos se podrán ajustar en función de las necesidades del operador de riego, de forma que le sea más sencillo el usar los programadores de riego.

Son tiempos teóricos, ya que la densidad de aspersion calculada es también teórica, y no será la misma que la del propio aspersor que elijamos para la puesta en riego, que vendrá dada por el fabricante.

### 3.4.5 Caudal característico y caudal continuo de parcela

El caudal característico representa las necesidades reales de riego calculadas mes a mes (para todo el periodo de riegos), es decir, coincide con las necesidades reales de nuestro cultivo más exigente en el mes crítico, expresadas en forma de caudal continuo, es decir, en litros/ segundo y hectárea.

Simplemente haciendo un cambio de unidades para N<sub>r</sub> sacamos q<sub>c</sub>:

$$q_c = N_r \cdot \frac{10.000 \text{ (m}^2\text{)}}{1 \text{ (ha)}} \cdot \frac{1 \text{ (día)}}{24 \text{ (h)}} \cdot \frac{1 \text{ (h)}}{3600 \text{ (s)}}$$

Aplicando la expresión anterior para el cultivo más exigente, que es el maíz en el mes de julio, se obtiene el siguiente valor:

$$q_c = 9,51 \cdot \frac{10.000 \text{ (m}^2\text{)}}{1 \text{ (ha)}} \cdot \frac{1 \text{ (día)}}{24 \text{ (h)}} \cdot \frac{1 \text{ (h)}}{3600 \text{ (s)}} = 1,1 \text{ l/s y ha}$$

El caudal continuo en parcela se obtiene multiplicando el caudal característico por la superficie de la parcela, y está directamente relacionado con el caudal en toma:

$$Q_c = S \cdot q_c = 50 \cdot 1,1 = 55 \text{ l/s}$$

Se ha tomado la superficie de la parcela 50 hectáreas después de la concentración entre particulares.

Estos dos caudales continuos son ficticios y no se aplican realmente a través del sistema de riego. Si se hiciera así, la instalación tendría que estar regando de forma continua durante todo el mes crítico.

Para evitarlo, en el proyecto de la red colectiva se eligen las tomas de riego con un caudal tal que:

$$Q_t = 2 \cdot Q_c = 2 \cdot 55 = 110 \text{ l/s}$$

Por lo tanto las necesidades quedan cubiertas en menos de la mitad del tiempo del mes crítico.

# **ANEJO 8**

## **CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DE RIEGO**

## Índice

1.	INTRODUCCIÓN. ....	2
1.1	RENDIMIENTO DE LA COSECHA .....	2
1.2	EDAFOLOGÍA.....	2
1.3	AGUA DE RIEGO .....	2
2.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL RIEGO POR ASPERSIÓN. ....	3
2.1	COBERTURA TOTAL ENTERRADA. ....	4
2.1.1	2.1.1. Ventajas e inconvenientes.....	4
2.1.2	Elección del marco de colocación de los aspersores. ....	5
2.1.3	Elección del aspersor. ....	6
2.1.4	Características de los aspersores. ....	6
3.	ORGANIZACIÓN DEL RIEGO .....	7
4.	NÚMERO DE ASPERSORES POR MÓDULO DE RIEGO .....	9

# 1. INTRODUCCIÓN.

En este anejo se van a explicar las ventajas y los inconvenientes que presenta el sistema de riego elegido a implantar en la finca a transformar. Asimismo se indican las características de los elementos que constituyen el sistema elegido, cobertura total.

La transformación a regadío de una parcela de secano, con posibilidades de desarrollo, queda siempre justificada; siempre y cuando se puedan obtener de ella una rentabilidad acorde con la inversión que se ha de efectuar; y que estará condicionada por los siguientes factores:

## 1.1 RENDIMIENTO DE LA COSECHA

Para obtener un máximo rendimiento de cosecha es fundamental un buen aporte hídrico, tanto en cantidad como en homogeneidad. Este aporte debe estar bien repartido a lo largo del ciclo vegetativo del cultivo para lograr una buena producción. El buen reparto del agua de riego y la homogeneidad a nivel de parcela va a estar condicionada por el sistema de riego que se elija, y de ello dependerá el rendimiento de la cosecha que se vaya a obtener de la parcela.

## 1.2 EDAFOLOGÍA

Se trata de un suelo en general fértil, con una profundidad suficiente para los cultivos que se pretende implantar.

Nuestro suelo posee una textura franco-arcillosa, sin problemas de drenaje ni de salinidad.

Respecto a la velocidad de infiltración, el valor obtenido en la práctica resulta ser de aproximadamente 22 mm/h, se encuentra en un intervalo de infiltración correcto, lo que hace al suelo adecuado para el riego, mejorándose este aspecto con el riego por aspersion ya que las cantidades que se aplican en cada riego son inferiores a las aplicadas en el riego por inundación.

## 1.3 AGUA DE RIEGO

El agua de riego proviene del embalse de Yesa, llegando a la finca a través del Canal de Las Bardenas.

Tras el estudio realizado en el anejo 5, no se observan problemas de ningún tipo, siendo el agua empleada de buena calidad.

## 2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL RIEGO POR ASPERSIÓN.

Se ha elegido la aspersión como sistema de riego, ya que es el sistema más adecuado para el riego de los cultivos que queremos implantar. Las principales características que definen el riego por aspersión son:

- Distribución del agua en forma de lluvia, de manera uniforme sobre el suelo.
- Permite el riego de terrenos con pendiente sin la necesidad de realizar nivelaciones en el terreno.
- Conducción del agua por el interior de tuberías a presión, sin ningún tipo de pérdidas en su distribución.
- Distribución del agua sobre el terreno a medida que se va infiltrando, pudiendo aplicar solo las dosis necesarias para el cultivo, con el consiguiente ahorro de agua.
- Se evitan las pérdidas de agua por escorrentía en gran medida, así se evita la erosión del suelo fértil.
- Con el propio sistema de riego se pueden aplicar tratamientos fitosanitarios, y aporte de fertilizantes. Con esto se conseguirá un gran ahorro económico.
- Se adapta a la mayoría de los cultivos incrementando su producción respecto a los sistemas de riego tradicionales.
- La exigencia de mano de obra disminuye en comparación con el sistema actual.
- La eficiencia de riego es más satisfactoria que en riegos tradicionales.

Las características indicadas anteriormente son las ventajas del riego por aspersión, pero éste también presenta ciertos inconvenientes, los cuales son:

- La mala compatibilidad del viento con la eficiencia en la aplicación del riego, disminuyendo esta considerablemente, con lo que deberá evitarse el riego en días con velocidades de viento elevadas.
- El coste elevado de implantación, que se ve compensado con un aumento de producción considerable.

## 2.1 COBERTURA TOTAL ENTERRADA.

### 2.1.1 2.1.1. Ventajas e inconvenientes.

Además de las características antes citadas, la cobertura total enterrada evita infraestructuras superficiales que separan y enmarcan la parcela, y evita pérdidas en la superficie cultivada, con lo cual podremos eliminar gran parte de estas que atraviesan actualmente la finca y dificultan el trabajo en ella. Como es el caso del cauce fluvial (barranco) que el promotor desea entubar, así como numerosas zonas improductivas que pasaran a ser tierra arable aumentando la superficie de cultivo.

Principalmente se caracteriza por constar de:

- Un equipo de bombeo, el cual constará de los grupos moto-bomba y demás elementos que sean necesarios.
- Elementos filtrantes que se instalarán en el lugar de control para el caso del agua bombeada y en campo para el agua que no requiere bombeo. Todos ellos serán filtros de malla autolimpiantes del diámetro que sea necesario.
- Una válvula hidráulica en la entrada de cada módulo (conjunto de emisores de riego que funcionan al mismo tiempo) comandada por una llave de tres vías, la cual puede ser accionada manualmente con tres posiciones, la tercera se corresponde al modo automático. Estas válvulas estarán automatizadas vía radio, por lo que la instalación constará de todos los elementos necesarios para el correcto funcionamiento de este sistema. Con este sistema nos evitamos la instalación enterrada de microtubos por toda la superficie de la finca, reduciéndose así el riesgo de mal funcionamiento de las válvulas por rotura de estos.
- Una red de tuberías de distintos diámetros que variarán en función del caudal que transporten. Esta se encuentra totalmente enterrada a mayor profundidad que la de labor de los aperos, saliendo solo a superficie en el porta-aspersor y en los puntos en los que haya una válvula hidráulica.
- Un controlador de riego o programador que controlará el conjunto del equipo de riego y estará instalado en el edificio de mandos. Como se ha comentado, las señales las emitirá vía radio.

### 2.1.2 Elección del marco de colocación de los aspersores.

El marco de colocación de los aspersores en red viene dado por las distancias existentes, por un lado entre dos ramales contiguos de aspersores, y por otro lado por la distancia entre dos aspersores consecutivos dentro de un mismo ramal. Es muy importante la distribución de los aspersores, que se suelen colocar siguiendo generalmente tres disposiciones: en rectángulo, en cuadrado y en triángulo o tresbolillo.

Se opta por la distribución que tiene una distribución del marco en forma triangular, en donde los aspersores ocupan los vértices de una red de triángulos. Este tipo de disposición es el que mejor aprovecha el agua, pues la uniformidad de distribución del agua es mucho mejor cuando hay vientos dominantes, como es el caso del cierzo en nuestra zona.

Para la distribución triangular la distancia entre dos aspersores de un mismo lateral de riego será de 18 metros y la separación entre dos laterales contiguos será de 18 metros, lo que dará una red de triángulos equiláteros.

La causa por la que se toma este marco de colocación de los aspersores es principalmente por la uniformidad, y en segundo plano, por la adaptabilidad a la gran mayoría de herramienta, pues generalmente se trabaja con anchuras múltiples de tres metros.

Otra condición que se debe tener en cuenta es que los extremos de las parcelas coinciden normalmente con distancias irregulares de los aspersores a las márgenes de las mismas, por lo que se tomará la medida de retirar el aspersor hacia la parte interna de la parcela hasta una distancia de 12 metros, y se colocará un aspersor más en la margen de la parcela (para no perder uniformidad en el riego) siguiendo la trayectoria del ramal de aspersores, si la distancia se encuentra entre 9 y 12 metros de la margen. Si la distancia a la margen es inferior a 9 metros, este aspersor será retirado hacia la margen siguiendo la trayectoria del ramal de aspersores del cual se alimenta, de esta manera se consigue que las cabeceras de las parcelas tengan mayor maniobrabilidad, quedando una anchura asegurada de 12 metros.



### 2.1.3 Elección del aspersor.

Los factores que se han tenido en cuenta para la elección del aspersor han sido los siguientes:

- Un tipo de aspersor con cuyo caudal se redujeran costes, adaptándose al marco exigido por el promotor, en el ancho de las calles.
- La densidad de aspersión debe estar por debajo de la infiltración del suelo de la parcela.
- La presión de funcionamiento del aspersor ha de ser la necesaria para que haya una buena uniformidad del riego.
- El recubrimiento del aspersor deberá estar comprendido entre el 55 y 65%.
- El coeficiente de uniformidad debe estar por encima del 80% con vientos de hasta 2.5 m/seg., según la regla de Christiansen.
- El grado de pulverización debe tener un valor comprendido entre 0.1 y 0.3. Para medir el grado de pulverización se usa el índice de Tenda ( $K = D/h$ , donde D es el diámetro de la boquilla y h la presión de trabajo en metros de columna de agua).
- La eficiencia del aspersor, es la relación entre el alcance en metros, y la presión en la boquilla también en metros. Debe estar por debajo del valor de 0.7 para las gotas finas (según fórmula de Poggi).

En función de todas las características técnicas del aspersor anteriormente descritas, y teniendo en cuenta el aspecto económico, se definen los aspersores que se van a colocar.

### 2.1.4 Características de los aspersores.

- **Aspersor circular.**
  - o Caudal emitido por el aspersor: **1976 l/h**
  - o Presión nominal: **3 kg/cm<sup>2</sup>.**
  - o Boquilla aspersor: **3/16'' (4,76 mm)**
  - o Boquilla pequeña con chorro lateral (ranura vertical): **3/32'' (2,38 mm)**
  - o Alcance: **14,5 m**
  - o Velocidad rotación: **1.070 rpm**
  - o Coeficiente de uniformidad 18 x 18T: **81,76%**
  - o Grado de pulverización (índice de Tenda):  $K = 4,76 \text{ mm} / 30 \text{ mca} = \mathbf{0,1587}$
  - o Índice de Poggi:  $14.5 \text{ m} / 30 \text{ mca} = \mathbf{0,4833}$
  - o Densidad de aspersión: **7,04 mm/ h**

- **Aspersor sectorial:**

- Caudal emitido por el aspersor: **1757 l/h**
- Presión nominal: **3 kg/cm<sup>2</sup>**
- Boquilla aspersor: **13/64'' (5,15 mm)**
- Alcance: **15,2 m**
- Velocidad rotación: **0,54 rpm**
- Coeficiente de uniformidad 18 x 18T: **80,99%**
- Grado de pulverización (índice de Tenda):  $K = 5.15 \text{ mm} / 30 \text{ mca} = \mathbf{0,1716}$
- Índice de Poggi:  $15.2 \text{ m} / 30 \text{ mca} = \mathbf{0,5066}$
- Densidad de aspersión: **5,42 mm/ h**

- **Porta-aspersores:**

- Los porta-aspersores circulares tendrán una altura máxima de 2,5 metros.
- Los porta-aspersores sectoriales tendrán una altura máxima de 2,5 metros y estarán dotados de un deflector, que consiste en una chapa atornillada en cabeza del porta-aspersor para evitar que vaya el agua a carreteras, caminos, explotaciones ganaderas,...
- Se dotarán de válvulas de bola o grifos a aquellos porta-aspersores que los necesiten para cortar el caudal y realizar las reparaciones u operaciones que sean oportunas.
- Los porta-aspersores serán de acero galvanizado de 3/4".

### 3. ORGANIZACIÓN DEL RIEGO

Como factores máximos a tener en cuenta a la hora de organizar el riego hemos de considerar los siguientes:

Cultivo más exigente (con mayores necesidades hídricas), que es el maíz.

- Periodo de tiempo crítico (con mayores necesidades hídricas), que es julio con 243 mm/mes.
- Nº de riegos teóricos a aportar en dicho mes, que son 15.
- Dosis real de riego, 19,93 mm/riego.

- Nº de horas por riego, 3,27 h/riego.

La pluviometría del aspersor es de 7,04 mm/h para los aspersores circulares y de 5,42 mm/h para los aspersores sectoriales. Con esto pasamos a calcular el número de horas de riego:

$$\text{Nº de horas de riego (t}_r\text{)} = \text{Dr} / \text{intensidad de aspersión}$$

- Aspersores circulares (1976 l/h)  $\rightarrow 19,93 / 7,04 = 2,83$  h/riego
- Aspersores sectoriales (1757 l/h)  $\rightarrow 19,93 / 5,42 = 3,68$  h/riego.

En ambos casos se considerará una duración de la postura de riego de 3,68 horas, lo que equivales a 3 horas y 40 minutos aproximadamente.

El riego se organiza a la demanda, comenzando a regar en primer lugar por el módulo de riego más alejado, y una vez finalizado comenzará el siguiente, y así sucesivamente hasta el último.

Por lo tanto según los cálculos teóricos, la postura del riego para el maíz es de 3,68 horas, suponiendo que se riega todo el día, regaremos al día unos 10 sectores y teniendo en cuenta que el espaciamiento entre riegos es de 2 días, tendríamos un total de 19 módulos en nuestra finca. Pero en la práctica esto no es factible, ya que tendría que estar, teóricamente, el riego en funcionando durante todo el mes crítico.

Así pues, en la práctica debido a la experiencia en otros proyectos de este tipo y a su buen funcionamiento, se opta por regar 8 horas en vez de 3, y así descansar durante 4 días, para volver a empezar de nuevo el período de riego. Con esto tenemos que regando 8 horas por módulo, regaremos 3 módulos por día, por 4 días de riego, tendremos un total de 13 módulos de riego en nuestra finca (se considera una más para el buen funcionamiento de la instalación, ya que con el número de aspersores totales quedan mejor repartidos de esta manera).

## 4. NÚMERO DE ASPERSORES POR MÓDULO DE RIEGO

El sistema de riego a dimensionar debe poder permitir el funcionamiento individual de un módulo, y una vez acabado este módulo comenzará el siguiente módulo y así sucesivamente ya que se trata de un sistema de riego a la demanda.

A la hora de determinar el número máximo de aspersores por unidad de riego, se considerará como unidad de riego el conjunto de todos los aspersores abastecidos por una misma toma de riego. Para establecer dicho número de aspersores por unidad de riego o módulo se calculará de forma que se puedan regar todos los sectores cubriendo todas las necesidades de cada cultivo.

Así pues, para saber el número de aspersores por módulo se establece una división entre el número de aspersores totales y el número de módulos o sectores de riego (calculado en el apartado anterior):

- N° de aspersores = 1439
- N° de módulos = 13

$1439/13 = 110,7$  aspersores por módulo.

Teniendo en cuenta la forma y geometría de la parcela, y también la división de los sectores de riego, no todos podrán tener el mismo número de aspersores, por lo que los módulos variaran entre 83 y 120 aspersores, como viene indicado en la tabla siguiente:

Módulo	Nº aspersores circulares	Nº de aspersores sectoriales	Nº de aspersores totales
A	86	25	111
B	86	11	97
C	101	11	112
D	109	6	115
E	99	13	112
F	77	6	83
G	101	15	116
H	109	7	116
I	105	7	112
J	107	7	114
K	110	6	116
L	112	8	120
M	93	22	115

**ANEJO 9**

**ELEMENTOS  
SINGULARES DE  
LA RED DE  
RIEGO**

## Índice

1.	INTRODUCCIÓN .....	2
2.	VÁLVULAS .....	2
2.1	VÁLVULAS HIDRAULICAS .....	2
2.2	VÁLVULAS DE ESFERA .....	4
2.3	VÁLVULAS DE VENTOSA.....	4
2.4	VÁLVULAS DE RETENCIÓN .....	6
3.	FILTROS.....	7
3.1	PROCESO DE FILTRACIÓN.....	7
3.2	CARÁCTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL FILTRO ELEGIDO.....	8
4.	Codos .....	8
5.	Reducciones.....	8
6.	Piezas EN derivación .....	9
7.	Anclajes .....	9
8.	Desagües .....	12
8.1	DESAGÜES FIN DE TRAMO .....	12
9.	FERTIRRIGACIÓN .....	13
9.1	EQUIPO DE INYECCIÓN.....	13
9.2	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	14
9.3	ELEMENTOS ACCESORIOS.....	14
9.4	AUTOMATIZACIÓN .....	14
10.	CONTADORES .....	15
11.	PROGRAMADOR DE RIEGO.....	16
12.	GRUPO ELECTRÓGENO .....	17
13.	AUTOMATISMOS DE LA RED DE RIEGO .....	17

# 1. INTRODUCCIÓN

Los elementos singulares que se disponen a lo largo de la red de riego tienen la misión de control y regulación de los caudales circulantes así como el control y mantenimiento de la presión en la red de riego, el filtrado del agua y la evacuación de aire.

En este anejo se va a describir y calcular los siguientes elementos singulares de la red de riego:

- Válvulas
- Filtros
- Codos
- Reducciones
- Piezas de derivación
- Anclajes

Además se van a tratar otros elementos como desagües, elementos de fertirrigación y otros automatismos necesarios para el funcionamiento de la red de riego.

## 2. VÁLVULAS

### 2.1 VÁLVULAS HIDRAULICAS

Una de las principales funciones va a ser poder abrir y cerrar el paso del agua a un módulo de riego determinado, para lo cual se ha de instalar una válvula en cada conexión de cada módulo con la tubería secundaria.



Se ha elegido la válvula hidráulica con diafragma de caucho natural, con cuerpo de hierro fundido con recubrimiento de poliéster, que abre y cierra la válvula mediante la presión del agua existente en la red. Su simplicidad de construcción elimina prácticamente el mantenimiento.

Algunas ventajas de estas válvulas son:

- Mínima pérdida de carga
- Fácil instalación y mantenimiento
- Cierre gradual y hermético, sin provocar golpes de ariete
- Pocos componentes
- Diversas alternativas de control manual, hidráulico, eléctrico, regulación de presión, regulación de caudal, regulación de nivel, medición de caudal.

Estas válvulas se encuentran en una amplia gama, diferenciándose en una serie de características. Se presenta como ejemplo las características técnicas de una válvula de 4", 6" y 10",

<b>Características técnicas de válvulas hidráulicas de hierro fundido.</b>			
	<b>4"</b>	<b>6"</b>	<b>10"</b>
Presión máxima de trabajo (atm)	16	16	16
Presión mínima de trabajo (atm)	1	1	1
Q máximo (m <sup>3</sup> /h)	150	300	800
Q mínimo (m <sup>3</sup> /h)	30	50	80
Longitud (mm)	305	387	535
Altura (mm)	230	280	410
Conexión	Bridas 4"	Bridas 6"	Bridas 10"
Pérdidas de carga (m.c.a.)	0,4	0,5	0,5

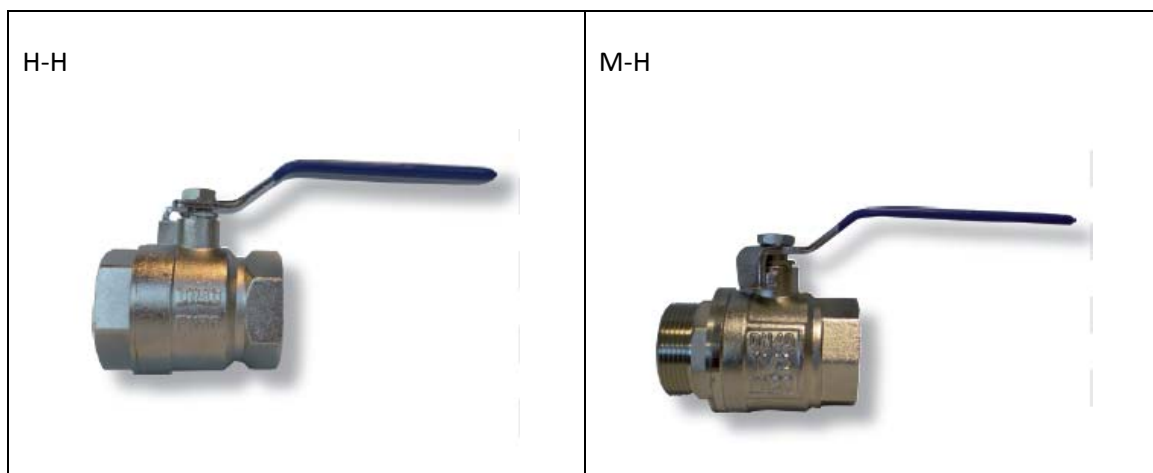
Se elegirán 13 válvulas hidráulicas de 6", ya que el sector con mayor caudal de todos necesita 235 m<sup>3</sup>/h y el menos exigente requiere 162 m<sup>3</sup>/h.

## 2.2 VÁLVULAS DE ESFERA

Se instalan válvulas de esfera de dos materiales:

- Válvulas de esfera de PVC, para la instalación de fertirrigación, serán necesarias una por cada depósito y además las necesarias para dirigir el fertilizante por las tuberías correspondientes. Están fabricadas en PVC y son de accionamiento manual. Se podrán instalar válvulas hidráulicas de 2" en caso de necesidad de automatismo total en el cabezal de riego.

- Válvulas de esfera metálicas, fabricadas en latón niquelado, se colocarán una delante de cada válvula de ventosa y otra en cada aspersor que por algún motivo requiera su cierre temporal (proximidad a caminos, edificaciones, etc). Al igual que las anteriores son de accionamiento manual.



## 2.3 VÁLVULAS DE VENTOSA

Son piezas destinadas a realizar el control de la presencia de aire en las conducciones hidráulicas. El tipo de válvula ventosa elegido es la válvula de doble efecto o trifuncional.

Este tipo de ventosas poseen dos orificios para la evacuación y admisión de aire y uno o dos flotadores. Durante el llenado de las tuberías el agua va empujando al aire que se evacua a la

atmósfera a través del orificio grande. El otro orificio, mucho más pequeño, permanece cerrado durante este proceso.

Cuando la tubería se llena completamente, los dos orificios se cierran por la acción del agua sobre él o los flotadores. Una vez la instalación ha alcanzado la presión normal de trabajo, el aire que se acumula en la válvula ventosa va siendo evacuado a través del orificio más pequeño.

El orificio mayor permanece cerrado completamente y no se vuelve a abrir hasta que el sistema es drenado o aparece una presión negativa. En tal caso el flotador del orificio mayor caerá inmediatamente, abriendo el orificio y permitiendo la entrada de aire a la tubería.

En este momento la válvula ventosa está nuevamente lista para evacuar aire otra vez. Este ciclo se repetirá tantas veces como sea necesario.

Para la elección del diámetro de la ventosa se tiene en cuenta el diámetro de la tubería, el caudal trasegado por la misma, la presión de funcionamiento y la función a realizar. Relacionando el diámetro de la tubería con el diámetro de la ventosa se tiene:

Diámetro tubería (mm)	Diámetro ventosa (pulgadas)
<100	$\frac{3}{4}$
100-150	1
150-250	1 $\frac{1}{2}$
250-400	3

Los criterios que se han tenido en cuenta para la localización de las ventosas son los siguientes:

- En los puntos de la red en los que la línea de corriente varía respecto a la línea piezométrica de la tubería.
- En los “picos” o “puntos convexos” de la red.
- Puntos finales de tubería en alto.
- A la entrada de instrumentos de medición (contadores).
- Depresiones en la línea de corriente.

- En cada una de las piezas especiales en derivación para las válvulas hidráulicas de los diferentes sectores.

Para la correcta instalación de las válvulas ventosa se recomienda la colocación de una válvula manual de bola antes de la misma para poder desmontar la ventosa en caso de reparación o comprobación sin afectar al funcionamiento de la instalación.

## 2.4 VÁLVULAS DE RETENCIÓN

La función de estas válvulas es permitir el flujo de agua en una única dirección, impidiendo la inversión del mismo.

Las características de estas válvulas son las siguientes:

- El cuerpo es de hierro fundido
- Eje de acero inoxidable.
- Brazo de bronce.
- Disco de bronce.
- Junta de caucho.
- Retén de la junta de acero.
- Eje del disco de acero inoxidable.
- Arandela del asiento de bronce.
- Presión máxima de trabajo 16 atm.
- Tamaño reducido, fácil de instalar.
- Bajas pérdidas de carga.
- Materiales internos de alta resistencia a la corrosión.

Se instalarán válvulas de 6" e irán instaladas justo después del grupo moto-bomba (para evitar el golpe de ariete). La pérdida de carga esta en torno a los 0,2 m.c.a.

### 3. FILTROS

En los sistemas de riego por aspersión uno de los principales problemas que suele aparecer es la obturación de los aspersores. Para la prevención de dichas obturaciones será necesario la instalación de los correspondientes elementos de filtrado.

Se ha elegido filtros de mallas autolimpiables que realizan un tamizado superficial del agua, reteniendo las partículas mayores que los orificios de la malla y evitándose así la obturación de las boquillas, y serán instalados en cada hidrante.

Hemos elegido filtros autolimpiables (automatizados) porque presentan las siguientes ventajas:

- No necesitan energía externa para su funcionamiento.
- La limpieza se efectúa de forma automática mediante un comandamiento de un presostato diferencial.
- Control del tiempo de autolavado, evitando ciclos innecesarios.
- No se interrumpe el proceso de filtración durante el autolavado.
- Las pérdidas de carga dependerán del grado de impurezas del agua a filtrar. En este caso como el agua procede del Canal de Las Bardenas es relativamente buena en cuanto a impurezas, podemos instalar este tipo de filtrado.

Para la elección del filtro, se optará por uno de 6". La limpieza de estos filtros es automática por medio de presostatos diferenciales, que conectados entre la entrada y salida del filtro cuando hay una diferencia de presión de 3 m.c.a., se activa el mecanismo de autolavado.

#### 3.1 PROCESO DE FILTRACIÓN

El agua fluye a través de la malla de tamiz cuya función es separar los sólidos de mayor tamaño y a continuación a través de una malla fina que es la que define realmente el grado de filtración.

El nivel de suciedad en el filtro viene controlado por un preostato diferencial conectado entre la entrada y la salida del filtro. Cuando la diferencia de presión excede de los 5 m.c.a., se activa el mecanismo de autolavado.

### 3.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL FILTRO ELEGIDO

#### FILTRO DE 6"

- Área filtrante: 8410 cm<sup>2</sup>
- Conexión entrada y salida por bridas
- Malla filtrante: Acero inoxidable 304
- Tipo de malla: Cilindro perforado acero inoxidable
- Presión mínima de trabajo durante el lavado: 2 atm
- Caudal de lavado: 300m<sup>3</sup>/h

#### MATERIALES CONSTITUTIVOS

- Cuerpo del filtro: acero inoxidable con recubrimiento "epoxi"
- Tapa: aluminio
- Malla: acero inoxidable 304
- Tamiz estándar de 120 mesh

## 4. Codos

Los codos son piezas especiales destinadas a conseguir las alineaciones de la tubería deseadas. Dependiendo de la curva que describa la tubería se colocarán codos de 45 o 90°.

## 5. Reducciones

Los cambios de sección de la tubería a lo largo de la red se consiguen mediante la colocación de piezas tronco-cónicas que sirven de conexión entre las tuberías de distinto diámetro.

La relación entre la longitud de la pieza y la diferencia entre los diámetros de las tuberías tiene que ser lo mayor posible para reducir las pérdidas de carga singulares en estos elementos.

## 6. Piezas EN derivación

La división de la vena líquida circulante por la tubería se consigue mediante la colocación de piezas en “T” e “Y” y cruces, dependiendo del diámetro y la posición pueden necesitar anclajes especiales.

Las piezas en “T”, “Y” y cruces utilizadas en la red de riego son del mismo material que las tuberías en las que van colocadas.

## 7. Anclajes

En determinados puntos de la red como son los cambios de sección, cambios de dirección, derivaciones en T y tapones terminales se producen empujes en la tubería debido a la presión hidrostática. Para evitar el desplazamiento de la tubería en estos puntos, así como en los tramos con pendiente elevada, se han colocado macizos de hormigón que sirven de anclaje a la conducción.

Para el diseño de los anclajes según su finalidad se ha seguido la norma NTE relacionada con las instalaciones de abastecimiento. La fuerza de reacción del agua es la que debe calcularse para establecer las dimensiones de los macizos de hormigón que impidan los desplazamientos de la tubería. Los macizos son de hormigón HA-250 armado con acero B-500S.

Los puntos de la red en los que se prevén desplazamientos de la tubería son:

- Codos y reducciones
- Llaves de paso
- Piezas especiales en T

En la norma relativa a los anclajes para las tuberías se describen las dimensiones de los mismos para diámetros de la tubería  $\leq 400$  mm. Para el resto de los diámetros, en este caso 500, 560 y 600 se utiliza la fórmula siguiente para el cálculo del empuje:

$$F = K \cdot P \cdot S$$

Siendo:

- F = empuje en Kp.
- K = coeficiente según la dirección.
- P = presión interior de prueba 1,4 (Presión de trabajo en Kp/cm<sup>2</sup>)
- S = sección interna del tubo en cm<sup>2</sup>.

Las dimensiones del elemento de anclaje se obtienen a partir de la siguiente fórmula:

$$F = A \cdot \rho$$

Siendo:

- F = empuje en Kg.
- A = superficie del anclaje en contacto con el terreno en la dirección del empuje en cm<sup>2</sup>.
- $\rho$  = Resistencia del terreno en Kg/cm<sup>2</sup> ( Kg/cm<sup>2</sup>).

Las dimensiones de los elementos de anclaje son las siguientes:

### Codo y reducción

Para cambiar la alineación de una tubería se coloca un codo. De esta forma el agua circulante experimenta una variación en la dirección de su vector velocidad. El cambio de dirección se establece por la fuerza ejercida por el codo sobre el fluido, este responde con una fuerza de igual dirección e intensidad pero de sentido contrario.

En los cambios de sección debidos a las reducciones se produce un empuje cuya dirección es la del eje de la conducción, en el sentido de circulación del agua.

Las dimensiones de los elementos necesarios para el anclaje son la que se indican en la siguiente tabla:

Pieza	Diámetro de la tubería (mm)	Dimensiones en cm		
		A	B	C
Codo 45°	63 a 225	30	40	15
	250 a 400	50	60	25
Codo 90°	63 a 225	50	40	20
	250 a 400	65	60	20
Reducción	63 a 225	40	30	15
	250 a 400	50	40	25



### Llaves de paso

Las dimensiones de los anclajes de hormigón y la disposición de las armaduras necesarias son las que se indican en la siguiente tabla

Diámetro (mm)	Dimensiones en cm				Posición de las armaduras		
	A	B	C	E	1( $\emptyset$ )	2(n- $\emptyset$ )	3(n- $\emptyset$ )
90	50	15	30	15	6	2-12	5-6
110	60	20	35	15	6	4-12	5-6
125	70	25	35	15	6	4-12	5-6
140	70	25	35	15	6	4-12	5-6
160	80	30	40	15	6	6-12	5-6
180	90	30	40	15	6	6-12	5-6
200	100	35	40	15	8	8-12	5-8
250	120	40	50	15	8	5-16	5-8
315	140	50	60	15	8	6-16	5-8
355	140	50	65	15	8	8-16	5-8
400	160	65	70	15	10	6-20	5-10
500	210	80	75	25	12	6-22	8-10
560	240	90	75	25	12	8-22	8-12
600	260	95	80	25	14	10-22	8-14

### Piezas especiales en T

Las dimensiones de los anclajes de hormigón y la disposición de las armaduras necesarias son las que se indican en la siguiente tabla:

Diámetro (mm)	Dimensiones en cm				Posición de las armaduras	
	A	B	C	E	1(Ø)	2(n-Ø)
90	60	40	30	15	10	2-10
110	70	45	30	15	10	4-10
125	80	50	35	15	10	4-10
140	80	50	35	15	10	4-10
160	90	60	35	15	10	4-10
180	100	65	40	15	10	4-10
200	110	65	40	15	12	4-12
250	140	70	40	15	12	6-12
315	150	80	45	15	12	8-12
355	160	90	50	25	12	8-12
400	170	95	55	25	12	10-12
500	220	105	60	25	12	12-12
560	250	105	60	25	14	12-14
600	270	110	65	25	14	12-14

## 8. Desagües

### 8.1 DESAGÜES FIN DE TRAMO

Al final de cada tramo de la tubería terciaria de cada módulo se colocará una prolongación de la misma con salida al exterior consistente en doble codo 90° con 1 m. de tubería de 50 mm de diámetro, con tape final macho roscado, todo en PVC.

Este desagüe permite la expulsión de elementos extraños en la red durante los primeros riegos al comenzar la campaña de riego para evitar obturaciones en los emisores, al igual que el vaciado de la red en caso de ser necesario

## 9. FERTIRRIGACIÓN

La gran mayoría de los fertilizantes se pueden aplicar en forma sólida mediante abonadoras, salvo los cultivos que por su naturaleza o por su porte no permiten la entrada al cultivo con maquinaria en el momento de aplicar la dosis necesaria.

Una de las principales ventajas que presentan los riegos por aspersión, es la posibilidad de aportar los nutrientes que precisan las plantas, disueltos en agua de riego. A estas técnicas se las conoce con el nombre de fertirrigación. Pero no solo consiste en el aporte de abonos junto con el agua de riego, sino también en el fraccionamiento y aplicación de los mismos en los momentos más idóneos para el desarrollo de las plantas.

La aplicación de fertilizantes con el agua de riego puede abaratar en gran medida los costes de la explotación, reduciendo la mano de obra para su aplicación

Para ello es necesario disponer de aparatos que permitan la inyección de abonos en la red de tuberías posibilitando el control de las cantidades de abono aplicadas y de la automatización del proceso.

En nuestro caso, el propietario de la finca es socio de una cooperativa, por lo que en vez de instalar unos depósitos de fertilizante, este será llevado a la finca mediante cubetas que le proporciona la cooperativa.

### 9.1 EQUIPO DE INYECCIÓN

Ante las distintas posibilidades existentes en el mercado (inyectores Venturi, bombas dosificadoras eléctricas, bombas dosificadoras hidráulicas), se opta por la bomba hidráulica. En nuestro caso, como el depósito de fertilizante es móvil (cubeta remolque) se utilizara una bomba que sea de fácil montaje.

Las ventajas de este equipo inyector de fertilizantes y productos químicos son:

- Va accionado por un motor hidráulico que funciona con la propia presión hidráulica del sistema de riego.
- El inyector es resistente a los productos químicos usuales en agricultura.
- La cantidad a inyectar es fácilmente regulable.
- El inyector realiza su función de inyección en cualquier diámetro de la tubería
- Su puesta en marcha y detención puede realizarse de forma manual o automática.

## 9.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Caudal de inyección: según la presión en la tubería de alimentación del motor hidráulico.
- Presión de inyección: Doble de la presión del agua que hace funcionar el motor hidráulico.
- Presión máxima de trabajo: 8 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Presión mínima de trabajo: 1kg/cm<sup>2</sup>.
- Consumo de agua: 3 veces el producto inyectado.
- Peso bruto: 5 Kg.

## 9.3 ELEMENTOS ACCESORIOS

- Dado que el caudal es proporcional a la presión de agua en la tubería de alimentación del motor eléctrico, este caudal se ajustará regulando dicha presión mediante una válvula manual de  $\frac{3}{4}$ " , instalada en la tubería de alimentación mencionada.
- Válvula de purga de aire. Asegura que el aire que se acumula en la cámara de la bomba entre los ciclos de fertilización no perjudicara la operación normal de bombeo.
- Contador de productos químicos.
- Electroválvula instalada en la tubería de alimentación del motor hidráulico del inyector.

## 9.4 AUTOMATIZACIÓN

Como el sistema de riego está automatizado, la solución más idónea para controlar la cantidad del producto a inyectar es la de instalar un contador de productos químicos. Este transmitirá la información al programa de riego, el cual tendrá fijada en una base de datos la cantidad de producto químico a inyectar. Una vez fijada dicha cantidad, el programador actuará

sobre la electroválvula instalada en la tubería de alimentación del motor hidráulico del inyector, cerrándola, con lo que finalizará la inyección.

## 10. CONTADORES

Como indicamos en el apartado de fertirrigación, para la automatización de esta, es necesario un contador de productos químicos a la salida del inyector.

Las características hidráulicas para el contador proporcional de 3" o de diámetro de 3/4" de transmisión magnética son:

- Caudal nominal: 2.500 l/h.
- Caudal máximo: 5.000 l/h.
- Caudal mínimo: 200 l/h.
- Error caudal mínimo < caudal < caudal de transición (%):  $\pm 5$ .
- Caudal de transición < caudal < caudal de máximo (%):  $\pm 2$ .
- Presión nominal: 10 atm.
- Temperatura máxima: 40 °C.

Las características técnicas son:

- Cuerpo de PVC.
- Turbina y partes internas de polipropileno.
- Emisor de pulsos: Además de acumular datos de volumen de líquido, es necesario el envío de una señal eléctrica al programador para procesar la información concerniente a los caudales. El contador elegido puede dotarse de emisores de pulsos que proporciona un pulso cada 1 litro, 10 litros o 100 litros. Las características del emisor son: Carga máxima 2 VA, intensidad máxima 50 mA y voltaje máximo 28 V.

## 11. PROGRAMADOR DE RIEGO

El programador de riego elegido permite realizar el control total de la red de riego, activando de forma automática cada uno de los sectores de riego, ya sea en base volumétrica o temporal. Asimismo, controla la fertilización y la apertura o cierre de la instalación.

El programa almacena los diferentes parámetros de riego, tanto actuales como acumulados.

Las principales características de este programador son:

- Control simultáneo de varias líneas principales definidas por el usuario.
- Operación simple y fácil, mediante teclado numérico y funcional y con pantalla de cristal líquido.
- La aplicación de agua y fertilizantes puede realizarse en base temporal o volumétrica.
- Menú de ayuda con información e instrucciones de funcionamiento en pantalla, accesible desde cualquier punto del programa.
- Acumulación de cantidades de agua y fertilizantes aplicadas en cada válvula.
- Programas de riego independientes para cada válvula.
- Capacidad de actuación de las válvulas de forma manual.
- Batería auxiliar de mantenimiento de programas e información en el caso de fallo de la tensión de alimentación.
- Condiciones de arranque, paro y espera independientes para cada sistema de riego.
- Autotest y programa de diagnóstico, tanto para el hardware como para el software.
- Capacidad de comunicación con un ordenador central vía cable o vía radio.

El modelo de programador elegido es el "AGRONIC 2000", que posee 6, 12, 18 hasta 26 salidas configurables para sectores de riego, limpieza de hasta 9 filtros, 2 fertilizantes, 2 agitadores y una salida para más 5 de entradas condicionales. Permite la posibilidad de enlace al ordenador personal. Dado que para la instalación de riego que se proyecta, que posee 36 submódulos de riego además de válvulas de los hidrantes, necesitaremos un programador, descrito en el punto anterior.

Este programador se alimenta a 110/120 V AC y opcionalmente a 12 V DC. Se colocará en una caseta prefabricada, por lo que se hace necesaria la colocación de una placa solar.

## 12. GRUPO ELECTRÓGENO

Tanto la bomba sumergida, la bomba inyectora como el programador de riego vienen alimentados por un grupo electrógeno, que necesitara la siguiente potencia:

- Grupo electrobomba: 95,4 Kw
  - Bomba inyectora: 0,59Kw
  - Programador de riego: 0,12 Kw
- Total potencia necesaria: 96,11 Kw.

Potencia necesaria grupo electrógeno:  $N_n = N_u / \eta_g = 96,11 / 0,8 = 120,13$  Kw

Se instalará un grupo electrógeno de gasoil que tenga una potencia de 120Kw (150 Kva).

## 13. AUTOMATISMOS DE LA RED DE RIEGO

Están formados por todo el conjunto de elementos que hacen que: las válvulas se abran y cierren de forma automática por medio de la orden del programador de riego, o la diferencia de presión entre dos presostatos.

Por lo que por cada válvula se necesitan los siguientes elementos:

- Llave de tres vías, conecta el diafragma de la válvula hidráulica con la atmósfera (comando manual) o con el solenoide de control de la misma, (comando automático)
- Solenoide, llave de respuesta sí o no, en función del impulso que le llega del ordenador, es un electroimán que actúa sobre un eje longitudinal, a la vez que este envía el paso de agua o vaciado a la llave de tres vías, la cual actúa sobre la válvula.
- Microtubos de comando, tubos de polietileno de 8 mm que conectan las válvulas, llaves y solenoides entre sí para las distintas funciones antes descritas, (llenado y vaciado del diafragma de las válvulas hidráulicas) por ellos circula agua de la misma red de riego. Se instalan a la vez que las tuberías, en las mismas zanjas y se cubren a la vez que estas.

# **ANEJO 10**

## **CALCULOS HIDRAULICOS**



## Índice

1.	INTRODUCCIÓN .....	2
2.	DISTRIBUCION DE CAUDALES Y NÚMERO DE MÓDULOS EN LA RED DE RIEGO .....	2
3.	ELECCIÓN DE MATERIALES .....	4
3.1	DIAMETROS COMERCIALES .....	4
3.2	TIMBRADO DE LAS TUBERÍAS .....	7
3.3	UNIONES .....	7
3.4	SOBREPRESIONES EN LA RED DE RIEGO.....	7
4.	CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA RED DE RIEGO .....	8
4.1	MÉTODO DE CÁLCULO UTILIZADO.....	9
4.2	CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN LOS LATERALES DE RIEGO Y EN LAS TUBERÍAS TERCIARIAS .....	10
4.2.1	CÁLCULO EN LOS MÓDULOS DE RIEGO .....	10
4.2.2	PÉRDIDAS DE CARGA EN LOS LATERALES DE RIEGO Y EN LOS PORTA-ASPERSORES .....	13
4.2.3	CÁLCULO DE LAS TUBERIAS TERCIARIAS (TT) .....	29
4.2.4	CÁLCULO DE LA TUBERÍAS SECUNDARIAS.....	53
5.	MOVIMIENTO DE TIERRAS .....	55
5.1	DEFINICIÓN DE ZANJAS .....	55
5.2	EXCAVACIÓN DE LA ZANJA DE LOS LATERALES DE RIEGO..	56
5.3	EXCAVACIÓN DE LA ZANJA DE LAS TUBERÍAS TERCIARIAS	56
5.4	EXCAVACIÓN DE LA ZANJA DE TUBERÍAS SECUNDARIAS ..	57
5.5	EXCAVACIÓN DE LA ZANJA DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN.	57
5.6	RESUMEN DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	57

## 1. INTRODUCCIÓN

En este anejo se va a proceder al cálculo de las pérdidas de carga que existen en la red de riego, así como el dimensionado de la red. Para llevar a cabo este propósito, estas pérdidas de carga y la elección de los diámetros de las tuberías, se calcularán mediante una hoja de cálculo creada para tal efecto.

El cálculo de las pérdidas de carga se realiza en primer lugar a nivel de sector o módulo de riego, para saber la presión necesaria en la entrada de dicho módulo. Posteriormente y con el caso más desfavorable o más exigente en presión o caudal, se han calculado las pérdidas de la red de tuberías secundarias hasta llegar al punto de control que es donde se regulan las presiones.

La alimentación de la red de riego se va a realizar mediante bombeo desde una estructura creada próxima a una toma de agua del canal, una estructura de hormigón que ya se construyó hace unos años por parte de la Confederación Hidrográfica del Ebro para el vaciado total del canal en las labores de limpieza. Por lo que se va a realizar el cálculo de las pérdidas de carga en toda la red y así con ello poder establecer la presión y caudal necesarios para el bombeo.

## 2. DISTRIBUCION DE CAUDALES Y NÚMERO DE MÓDULOS EN LA RED DE RIEGO

El sistema de riego a dimensionar debe permitir el funcionamiento individual de un módulo, y una vez que ha acabado éste comience el siguiente módulo y así sucesivamente, ya que se trata de un riego con cobertura total a la demanda.

Para establecer el número de aspersores por unidad de riego se calculará de forma que se pueda regar todos los sectores cubriendo las necesidades de cada cultivo.

El cultivo que requiere unas mayores necesidades es el maíz, que según lo expuesto en el anejo 7, tiene un intervalo entre riegos de 2 días, por lo que en teoría habrá que regar la totalidad de la finca en 2 días. Debido a la experiencia en otros proyectos con estos cultivos y en la zona en cuestión (como ya se ha explicado en el anejo anterior), se aconseja tomar como intervalo entre riegos 4 días, ya que se sabe que tiene buen funcionamiento y además no se sobredimensiona la red de riego.

Por lo tanto con un intervalo de riego de 4 días, los aspersores que tenemos por módulo de riego y sus caudales son los siguientes:

Modulo	Nº aspersores total	Nº aspersores circulares	Caudal aspersor circular (l/h)	Nº aspersores sectoriales	Caudal aspersor sectorial (l/h)	Caudal total en sector (l/s)
A	111	86	1976	25	1757	59,4
B	97	86	1976	11	1757	52,57
C	112	101	1976	11	1757	60,8
D	115	109	1976	6	1757	62,75
E	112	99	1976	13	1757	60,68
F	83	77	1976	6	1757	45,19
G	116	101	1976	15	1757	62,75
H	116	109	1976	7	1757	63,24
I	112	105	1976	7	1757	61,05
J	114	107	1976	7	1757	62,14
K	116	110	1976	6	1757	63,3
L	120	112	1976	8	1757	65,38
M	115	93	1976	22	1757	61,78

Se puede observar que el sector que más caudal requiere es el módulo L, el cual necesita en total 65,38 l/s.

Una vez conocido el número de módulos de riego, es conveniente denominarlos de alguna forma para los posteriores cálculos de pérdidas de carga. De esta forma se usará para la nomenclatura de los módulos la letra correspondiente que aparece en la tabla superior, y los submódulos se designarán con el número que corresponda.

### **3. ELECCIÓN DE MATERIALES**

Los materiales utilizados en la red de distribución son el polietileno (PE) de alta densidad para los laterales de riego, y el policloruro de vinilo (PVC) para las tuberías, tanto terciaria como para la secundaria.

La elección de materiales plásticos como son el polietileno y el policloruro de vinilo para la red de riego se justifica por sus características:

- El polietileno presenta la ventaja de ser flexible, con lo que puede amoldarse a las curvas sin perder sección útil.

- El funcionamiento hidráulico de estos plásticos presenta coeficientes de fricción bajos, reduciendo los diámetros de las tuberías.

- Presentan una gran facilidad de reparación ya que existe una gran cantidad de piezas especiales en el mercado que facilitan estas operaciones.

- Las tuberías plásticas permiten el montaje fuera de zanja, con lo que el coste del mismo es mínimo.

#### **3.1 DIAMETROS COMERCIALES**

Los diámetros comerciales existentes de tubería de P.V.C. según la norma U.N.E. 53-112 son:

PVC	Serie de Presiones Nominales			
	0,4 MPa	0,6 MPa	1,0 MPa	1,6 MPa
Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro interior (mm)
16	-	-	-	13,60
20	-	-	-	17,00
25	22,60	22,60	22,00	21,20
32	29,60	29,20	20,40	27,20
40	37,20	36,40	36,00	34,00
50	47,20	46,40	45,20	42,60
63	59,40	59,20	57,00	53,60
75	71,40	70,60	67,80	63,80
90	86,40	86,60	81,40	76,60
110	105,60	103,60	99,40	93,60
125	120,00	117,60	113,00	106,40
140	134,40	131,80	126,60	119,20
160	153,60	150,60	144,60	136,20
180	172,80	169,40	162,80	153,20
200	192,00	188,20	180,80	170,40
250	240,20	235,40	226,20	213,00
315	302,60	296,60	285,00	268,20
400	384,20	376,60	361,80	340,60
500	480,40	470,80	452,20	425,80

Los diámetros comerciales existentes de tubería de P.E. son:

PE	Serie de Presiones Nominales			
	0,4 MPa	0,6 MPa	1,0 MPa	1,6 MPa
Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro interior (mm)
25	-	-	21,00	20,40
32	-	-	28,00	26,20
40	-	36,00	35,20	32,60
50	-	46,00	44,00	40,80
63	-	58,20	55,40	51,40
75	-	69,20	66,00	61,40
90	-	83,00	79,20	73,60
110	-	101,60	96,80	90,00
125	118,80	115,40	110,20	102,20
140	133,00	129,20	123,40	114,60
160	152,00	147,60	141,00	127,60
180	171,20	166,20	158,60	150,80
200	190,20	184,60	176,20	163,60
225	118,00	207,80	198,20	184,00
250	237,60	230,80	220,40	204,60
280	266,20	258,60	246,80	229,20
315	299,60	290,80	277,60	257,80
355	337,60	327,80	312,80	290,40
400	380,40	369,40	352,60	327,20
450	428,00	415,60	396,60	368,00
500	475,40	461,80	440,80	409,00
560	532,60	517,20	493,60	458,20
630	599,20	581,80	555,20	515,40
710	675,20	655,60	626,00	-
800	760,80	738,80	705,20	-
900	856,00	830,60	794,20	-
1000	951,20	923,00	882,40	-
1200	1141,40	1107,60	-	-

### 3.2 TIMBRADO DE LAS TUBERÍAS

La presión máxima que encontraremos en la red para el correcto funcionamiento del sistema es de 45 m.c.a., mientras que la presión mínima será de unos 30 m.c.a. en la base de los aspersores.

Por lo tanto el timbrado que se adopta para todas las tuberías es de 6 atm, es decir tuberías de presión nominal 0,6 MPa.

Con este timbrado se pretende, por un lado hacer frente a posibles sobrepresiones en la red, y por otro evitar el problema de que se produzcan deformaciones de las tuberías como consecuencia de la presión que el terreno ejerce en las tuberías (este problema se suele dar con tubos de 4 atm).

### 3.3 UNIONES

Todas las series comerciales de tubería de PVC disponen de tres tipos de unión, junta elástica, adhesivo y unión roscada. En este caso optaremos por la unión mediante junta elástica.

Las tuberías de PE deberán ser unidas mediante soldadura por termofusión o por accesorios de ajuste mecánico. En caso de utilizar accesorios o uniones con junta elástica sin resistencia axial, debido al alto coeficiente de dilatación de la tubería, deberá preverse que no pueda producirse desacople de la unión.

### 3.4 SOBREPRESIONES EN LA RED DE RIEGO

La presión de servicio de las tuberías debe resistir la presión estática de la red más las sobrepresiones que se originen. Éstas se producen principalmente por las siguientes causas:

- Cierre de válvulas de mariposa que aíslan los ramales.
- Cierre de un hidrante.
- Acumulación de aire en la red.
- Llenado de la red.

Las medidas que se toman para evitar o reducir las posibles sobrepresiones son las siguientes:

- Para evitar la sobrepresión por el cierre rápido de las válvulas (golpe de ariete) se colocan válvulas de cierre lento.
- Para evitar las acumulaciones de aire en las conducciones se colocan ventosas en los puntos más altos de la conducción.
- Para evitar fuertes sobrepresiones en el llenado de la red, el caudal se limitará a 1/10 del caudal nominal.

## 4. CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA RED DE RIEGO

En primer lugar se fija la velocidad del agua circulante por las tuberías en 2 m/s obteniendo de esta forma un diámetro de predimensionado mediante la ecuación de continuidad:

$$Q = A \times V = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot V$$

Siendo:

- Q = caudal
- D = diámetro de la conducción
- V = velocidad del fluido



Con ese diámetro se elige el diámetro comercial de la tubería cuyo diámetro interior se ajuste al obtenido en el predimensionado.

A partir de aquí se calculan las pérdidas de carga por rozamiento continuo en la tubería.

#### 4.1 MÉTODO DE CÁLCULO UTILIZADO

Para el cálculo de las pérdidas de carga en la tubería por rozamiento continuo se utiliza la fórmula general propuesta por Darcy-Weisbach, que responde a la siguiente expresión:

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

Siendo:

- $h_r$ : Pérdidas de carga por rozamiento continuo, en m.c.a.
- $J$ : Pérdida de carga unitaria, en m/m.
- $L$ : Longitud de la conducción, en m.
- $f$ : Factor de fricción.
- $v$ : Velocidad del fluido dentro de la tubería, en m/s.
- $D$ : Diámetro interior de la conducción, en m.
- $g$ : Aceleración de la gravedad, en  $m/s^2$ .

El factor de fricción “ $f$ ” se ha calculado con la fórmula logarítmica de Jain para régimen turbulento en zona de transición:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{5,73}{Re^{0,9}} + \frac{K}{3,71 \times D} \right]$$

Donde:

- Re: número de Reynolds.
- K: rugosidad absoluta de la conducción que depende del tipo de material de que se trate, en mm (para PE  $K = 0,002$  mm y para PVC  $K = 0,02$  mm).
- D: diámetro de la conducción, en mm.

### **Pérdidas de carga accidentales o singulares**

Los elementos singulares dispuestos a lo largo de la red de distribución de agua provocan también una pérdida de carga en la conducción.

Ésta se denomina pérdida de carga singular ( $h_s$ ), para su cálculo se ha mayorado la pérdida de carga por rozamiento en un 20% (se ha tomado este valor basándose en la experiencia de otros proyectos).

## **4.2 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN LOS LATERALES DE RIEGO Y EN LAS TUBERÍAS TERCIARIAS**

### **4.2.1 CÁLCULO EN LOS MÓDULOS DE RIEGO**

Los módulos pertenecen a un sistema fijo de cobertura total enterrada, su dimensionado debe hacerse siguiendo la regla de Christiansen a todo el conjunto de tuberías que funcionan simultáneamente. Esta regla establece que *“la variación máxima de caudal entre dos aspersores de una unidad de riego ha de ser menor o igual al 10 % del caudal nominal del aspersor”*.

Esta regla llevada a la relación entre caudal y presión indica que la variación máxima de presión entre dos aspersores dentro de la misma unidad de riego no puede superar el 20% de la presión nominal del aspersor.

Estos módulos están constituidos por una tubería central que es la tubería terciaria, que será de PVC, con tramos telescópicos en función del caudal a transportar de distancias variables según el caso.

A ambos lados lleva laterales de riego de PEAD Ø 32 en los cuales se colocan los porta-aspersores (normalmente se colocan de 2 o 3)

Algún módulo está realizado en parte mediante tuberías de PVC y sobre ellas se colocan los aspersores. Este método se ha adoptado porque permite una mejor instalación de la cobertura para la resolución de los módulos que caen en esquinas o módulos que por su longitud el sistema de inyección de polietileno resulta inviable.

Para calcular las pérdidas de carga en cada módulo se ha seguido el siguiente procedimiento:

1) Se aplica la regla de Christiansen indicada anteriormente, así se determina la variación máxima de presión admisible en la unidad de riego.

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = 0,2 \cdot \frac{P_n}{\gamma} = 0,2 \cdot 30 \text{ mca} = 6 \text{ mca}$$

2) Se determinan las causas de la variación de presión en la unidad de riego. Las causas de la  $\Delta P$  son las pérdidas de carga y la diferencia de cotas pero en este caso al tratarse de una parcela llana, solo afecta a la variación de presión las pérdidas de carga. De esta forma se determinan las pérdidas de carga admisibles

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = (a \cdot h_r)_{UD}$$

En este caso se igualan las dos expresiones anteriores, y entonces la pérdida de carga total admisible en la unidad de riego es de:

$$(a \cdot h_r)_{UD} = 6 \text{ m.c.a.}$$

Tomando  $z$  positiva cuando la pendiente es ascendente y  $z$  negativa cuando la pendiente es descendente.

3) Se trasladan las pérdidas de carga admisibles en la unidad a las tuberías que forman los laterales de riego y la tubería terciaria.

$$(a \cdot h_r)_{UD} = (a \cdot h_r)_{TT} + (a \cdot h_r)_{LR} = 6 \text{ m.c.a.}$$

A partir de esta fórmula y una vez conocidas las pérdidas de carga en los laterales de riego obtenemos las pérdidas de carga admisibles en la tubería terciaria por rozamiento continuo.

Las pérdidas de carga en el lateral de riego vienen determinadas por el diámetro de la tubería de la instalación que es el PE AD 32 con un diámetro interior de 28 mm. Estas pérdidas se calculan utilizando la ecuación de continuidad de donde se determina la velocidad del agua, calculando el número de Reynolds, y posteriormente se determina el factor de fricción mediante la fórmula logarítmica de Jain. Una vez conocido todo lo anterior se calculan las pérdidas de carga mediante la ecuación de Darcy-Weisbach.

4) Una vez determinadas las pérdidas de carga en el último lateral de riego y conocida la pérdida de carga admisible en la unidad, se obtienen las pérdidas de carga admisibles en la tubería terciaria.

5) Determinadas las pérdidas de carga máximas en la tubería terciaria y conociendo la longitud de cada módulo se calcula la pérdida de carga unitaria.

6) A partir de la pérdida de carga unitaria, se procede al cálculo hidráulico de la tubería terciaria tramo a tramo.

#### 4.2.2 PÉRDIDAS DE CARGA EN LOS LATERALES DE RIEGO Y EN LOS PORTA-ASPERSORES

Las pérdidas de carga en los porta-aspersores se calculan utilizando la fórmula de Scobey, que es la indicada en el caso de tuberías de acero y aluminio. De esta forma las pérdidas de carga que se presentan en un porta-aspersor son:

$$h_r = 0,717 \cdot K \cdot L \cdot \frac{Q^{1,9}}{D^{4,9}}$$

Donde:

- $h_r$ : Pérdida de carga, en m.c.a.
- K: Coeficiente para acero = 0,42
- D: Diámetro hidráulico, en mm.
- Q: Caudal, en l/h.
- L: Longitud de la tubería (en este caso del porta-aspersor) en m.

Sustituyendo los valores correspondientes en la expresión anterior (con los datos que nos facilita en fabricante del aspersor elegido en el anejo 7):

$$h_r = 0,717 \cdot 0,42 \cdot 2,5 \cdot \frac{1976^{1,9}}{19^{4,9}} = 0,74 \text{ m.c.a.}$$

A este valor hay que sumarle la altura del porta-aspersor que es de 2 m por lo que las pérdidas de carga totales en los porta-aspersores es de:  **$h_r = 2,74\text{m}$** .

Los valores resultantes del cálculo de las pérdidas de carga en los últimos laterales de riego, las pérdidas de carga admisibles en la tubería terciaria, así como el valor de la pendiente hidráulica se recogen en las siguientes tablas:

Diámetro interior 28 mm, sección transversal  $6,16E-04$ ,  $K P.E.= 0,002$ ,  $v$  agua ( $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) =  $1,14 E-06$ ,  $a = 1,2$

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
A1	1	10,46	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,31	0,38
	2	15,63	2	3514	0,00097611	1,58	38919,90	0,02222757	1,59	1,91
<b>TOTAL=</b>									<b>1,90</b>	<b>2,28</b>

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
A1	2,28	3,72	3,10	93,00	0,033

Diámetro interior 28 mm, sección transversal  $6,16E-04$ ,  $K P.E.= 0,002$ ,  $v$  agua ( $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) =  $1,14 E-06$ ,  $a = 1,2$

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
A2	1	9,00	1	1976	0,00054889	0,89	21885,52	0,02541446	0,33	0,40
	2	7,50	2	3733	0,00103694	1,68	41345,47	0,02193131	0,85	1,02
<b>TOTAL=</b>									<b>1,18</b>	<b>1,42</b>

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
A2	1,42	4,58	3,82	78,50	0,049

Diámetro interior 28 mm, sección transversal  $6,16E-04$ ,  $K P.E.= 0,002$ ,  $v$  agua ( $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) =  $1,14 E-06$ ,  $a = 1,2$

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
A3	1	18,00	1	1976	0,00054889	0,89	21885,52	0,02541446	0,66	0,79
	2	3,45	2	3733	0,00103694	1,68	41345,47	0,02193131	0,39	0,47
<b>TOTAL=</b>									<b>1,05</b>	<b>1,26</b>

$$a = 1,2$$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
<b>A3</b>	<b>1,26</b>	<b>4,74</b>	<b>3,95</b>	<b>65,50</b>	<b>0,060</b>

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
<b>A4</b>	1	3,15	1	1976	0,00054889	0,89	21885,52	0,02541446	0,12	0,14
<b>TOTAL=</b>									<b>0,12</b>	<b>0,14</b>

$$a = 1,2$$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
<b>A4</b>	<b>0,14</b>	<b>5,86</b>	<b>4,88</b>	<b>228,00</b>	<b>0,021</b>

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
<b>A5</b>	1	16,00	1	1976	0,00054889	0,89	21885,52	0,02541446	0,59	0,71
<b>TOTAL=</b>									<b>0,59</b>	<b>0,71</b>

$$a = 1,2$$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
<b>A5</b>	<b>0,71</b>	<b>5,29</b>	<b>4,41</b>	<b>154,50</b>	<b>0,029</b>

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

	Tramo LR	L (M)	NºAspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
<b>A6</b>	1	6,64	1	1976	0,00054889	0,89	21885,52	0,02541446	0,24	0,29
<b>TOTAL=</b>									<b>0,24</b>	<b>0,29</b>

a = 1,2

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
<b>A6</b>	<b>0,29</b>	<b>5,71</b>	<b>4,76</b>	<b>88,00</b>	<b>0,054</b>

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
<b>B1</b>	1	16,53	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,49	0,59
	2	5,47	2	3514	0,00097611	1,58	38919,90	0,02222757	0,56	0,67
<b>TOTAL=</b>									<b>1,05</b>	<b>1,26</b>

a = 1,2

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
<b>B1</b>	<b>1,26</b>	<b>4,74</b>	<b>3,95</b>	<b>302,00</b>	<b>0,013</b>

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
<b>B2</b>	1	11,90	1	1976	0,00054889	0,89	21885,52	0,02541446	0,44	0,53
<b>TOTAL=</b>									<b>0,44</b>	<b>0,53</b>



$$a = 1,2$$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
<b>B2</b>	<b>0,53</b>	<b>5,47</b>	<b>4,56</b>	<b>157,50</b>	<b>0,029</b>

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
<b>C1</b>	1	18,00	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,54	0,65
	2	12,33	2	3514	0,00097611	1,58	38919,90	0,02222757	1,25	1,50
<b>TOTAL=</b>									<b>1,79</b>	<b>2,15</b>

$$a = 1,2$$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
<b>C1</b>	<b>2,15</b>	<b>3,85</b>	<b>3,21</b>	<b>306,50</b>	<b>0,010</b>

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
<b>C2</b>	1	9,15	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,27	0,33
<b>TOTAL=</b>									<b>0,27</b>	<b>0,33</b>

$$a = 1,2$$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
<b>C2</b>	<b>0,33</b>	<b>5,67</b>	<b>4,73</b>	<b>265,00</b>	<b>0,018</b>

Diámetro interior 28 mm, sección transversal  $6,16E-04$ ,  $K P.E.= 0,002$ ,  $v$  agua ( $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) =  $1,14 E-06$ ,  $a = 1,2$

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
D1	1	18,00	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,54	0,65
	2	2,15	2	3514	0,00097611	1,58	38919,90	0,02222757	0,22	0,26
<b>TOTAL=</b>									<b>0,76</b>	<b>0,91</b>

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
D1	0,91	5,09	4,24	305,00	0,014

Diámetro interior 28 mm, sección transversal  $6,16E-04$ ,  $K P.E.= 0,002$ ,  $v$  agua ( $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) =  $1,14 E-06$ ,  $a = 1,2$

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
D2	1	18,00	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,54	0,65
	2	4,25	2	3514	0,00097611	1,58	38919,90	0,02222757	0,43	0,52
<b>TOTAL=</b>									<b>0,97</b>	<b>1,16</b>

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
D2	1,16	4,84	4,03	262,00	0,015

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
E1	1	18,00	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,54	0,65
	2	2,15	2	3733	0,00103694	1,68	41345,47	0,02193131	0,24	0,29
<b>TOTAL=</b>									<b>0,78</b>	<b>0,94</b>

a = 1,2

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
E1	0,29	5,71	4,76	296,00	0,016

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
E2	1	18,00	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,54	0,65
	2	11,16	2	3514	0,00097611	1,58	38919,90	0,02222757	1,13	1,36
<b>TOTAL=</b>									<b>1,67</b>	<b>2,01</b>

a = 1,2

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
E2	2,01	3,99	3,33	262,00	0,013

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
F1	1	18,00	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,54	0,65
	2	3,70	2	3514	0,00097611	1,58	38919,90	0,02222757	0,38	0,45
<b>TOTAL=</b>									<b>0,91</b>	<b>1,10</b>

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
<b>F1</b>	<b>1,10</b>	<b>4,90</b>	<b>4,09</b>	<b>142,00</b>	<b>0,029</b>

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002,  $v$  agua (15 °C) = 1,14 E-06,  $a = 1,2$

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
<b>F2</b>	1	9,60	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,29	0,34
	2	9,60	2	3514	0,00097611	1,58	38919,90	0,02222757	0,98	1,17
	3	6,00	2	5490	0,001525	2,48	60805,42	0,02018997	1,35	1,62
<b>TOTAL=</b>									<b>1,26</b>	<b>1,52</b>

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
<b>F2</b>	<b>1,52</b>	<b>4,48</b>	<b>3,74</b>	<b>262,00</b>	<b>0,014</b>

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002,  $v$  agua (15 °C) = 1,14 E-06,  $a = 1,2$

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
<b>G1</b>	1	9,60	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,29	0,34
	2	18,00	2	3733	0,00103694	1,68	41345,47	0,02193131	2,04	2,45
	3	1,50	2	5490	0,001525	2,48	60805,42	0,02018997	0,34	0,41
<b>TOTAL=</b>									<b>2,33</b>	<b>2,79</b>

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
<b>G1</b>	0,41	5,59	4,66	281,00	0,017

*Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2*

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
<b>G2</b>	1	18,00	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,54	0,65
	2	8,76	2	3514	0,00097611	1,58	38919,90	0,02222757	0,89	1,07
<b>TOTAL=</b>									<b>1,43</b>	<b>1,72</b>

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
<b>G2</b>	1,72	4,28	3,57	276,00	0,013

*Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2*

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
<b>H1</b>	1	18,00	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,54	0,65
	2	16,30	2	3514	0,00097611	1,58	38919,90	0,02222757	1,66	1,99
<b>TOTAL=</b>									<b>2,20</b>	<b>2,64</b>

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
<b>H1</b>	<b>2,64</b>	<b>3,36</b>	<b>2,80</b>	<b>269,50</b>	<b>0,010</b>

*Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2*

	Tramo LR	L (M)	Nº AspERS	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
<b>H2</b>	1	17,40	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,52	0,62
	2	3,42	2	3514	0,00097611	1,58	38919,90	0,02222757	0,35	0,42
<b>TOTAL=</b>									<b>0,87</b>	<b>1,04</b>

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
<b>H2</b>	<b>1,04</b>	<b>4,96</b>	<b>4,13</b>	<b>292,00</b>	<b>0,014</b>

*Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2*

	Tramo LR	L (M)	Nº AspERS	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
<b>I1</b>	1	18,00	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,54	0,65
	2	1,85	2	3514	0,00097611	1,58	38919,90	0,02222757	0,19	0,23
<b>TOTAL=</b>									<b>0,73</b>	<b>0,87</b>

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
<b>I1</b>	<b>0,87</b>	<b>5,13</b>	<b>4,27</b>	<b>263,00</b>	<b>0,016</b>

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002,  $v$  agua (15 °C) = 1,14 E-06,  $a = 1,2$

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
<b>I2</b>	1	18,00	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,54	0,65
	2	10,17	2	3514	0,00097611	1,58	38919,90	0,02222757	1,03	1,24
<b>TOTAL=</b>									<b>1,57</b>	<b>1,89</b>

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
<b>I2</b>	<b>1,89</b>	<b>4,11</b>	<b>3,43</b>	<b>300,00</b>	<b>0,011</b>

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002,  $v$  agua (15 °C) = 1,14 E-06,  $a = 1,2$

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
<b>J1</b>	1	18,00	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,54	0,65
	2	12,60	2	3514	0,00097611	1,58	38919,90	0,02222757	1,28	1,54
<b>TOTAL=</b>									<b>1,82</b>	<b>2,18</b>

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
<b>J1</b>	<b>2,18</b>	<b>3,82</b>	<b>3,18</b>	<b>261,00</b>	<b>0,012</b>

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002,  $v$  agua (15 °C) = 1,14 E-06,  $a = 1,2$

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
<b>J2</b>	1	26,90	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,80	0,97
	2	3,10	2	3514	0,00097611	1,58	38919,90	0,02222757	0,32	0,38
<b>TOTAL=</b>									<b>1,12</b>	<b>1,34</b>

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
J2	1,34	4,66	3,88	311,00	0,012

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
K1	1	18,00	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,54	0,65
	2	2,86	2	3514	0,00097611	1,58	38919,90	0,02222757	0,29	0,35
<b>TOTAL=</b>									<b>0,83</b>	<b>1,00</b>

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
K1	1,00	5,00	4,17	259,00	0,016

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspersors	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
K2	1	10,16	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,30	0,36
	2	18,00	2	3733	0,00103694	1,68	41345,47	0,02193131	2,04	2,45
	3	3,14	2	5490	0,001525	2,48	60805,42	0,02018997	0,71	0,85
<b>TOTAL=</b>									<b>2,04</b>	<b>2,45</b>

$a = 1,2$



	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
<b>K2</b>	<b>2,45</b>	<b>3,55</b>	<b>2,96</b>	<b>316,00</b>	<b>0,009</b>

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspersors	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
<b>L1</b>	1	18,00	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,54	0,65
	2	4,75	2	3514	0,00097611	1,58	38919,90	0,02222757	0,48	0,58
<b>TOTAL=</b>									<b>1,02</b>	<b>1,23</b>

a = 1,2

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
<b>L1</b>	<b>1,23</b>	<b>4,77</b>	<b>3,98</b>	<b>256,00</b>	<b>0,016</b>

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspersors	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
<b>L2</b>	1	18,00	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,54	0,65
	2	18,00	2	3514	0,00097611	1,58	38919,90	0,02222757	1,83	2,20
	3	4,36	2	5271	0,00146417	2,38	58379,85	0,02036224	0,91	1,10
<b>TOTAL=</b>									<b>2,37</b>	<b>2,84</b>

a = 1,2

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
<b>L2</b>	<b>2,84</b>	<b>3,16</b>	<b>2,63</b>	<b>327,00</b>	<b>0,008</b>

Diámetro interior 28 mm, sección transversal  $6,16E-04$ ,  $K P.E. = 0,002$ ,  $v$  agua ( $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) =  $1,14 E-06$ ,  $a = 1,2$

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspersors	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
M1	1	18,00	1	1976	0,00054889	0,89	21885,52	0,02541446	0,66	0,79
	2	2,30	2	3952	0,00109778	1,78	43771,04	0,02165799	0,29	0,35
<b>TOTAL=</b>									<b>0,95</b>	<b>1,14</b>

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
M1	1,14	4,86	4,05	119,00	0,034

Diámetro interior 28 mm, sección transversal  $6,16E-04$ ,  $K P.E. = 0,002$ ,  $v$  agua ( $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) =  $1,14 E-06$ ,  $a = 1,2$

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspersors	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
M2	1	9,10	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,27	0,33
<b>TOTAL=</b>									<b>0,27</b>	<b>0,33</b>

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
M2	0,33	5,67	4,73	64,00	0,074

Diámetro interior 28 mm, sección transversal  $6,16E-04$ ,  $K P.E.= 0,002$ ,  $v$  agua ( $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) =  $1,14 E-06$ ,  $a = 1,2$

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspersors	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
M3	1	7,42	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,22	0,27
	2	6,43	2	3733	0,00103694	1,68	41345,47	0,02193131	0,73	0,87
<b>TOTAL=</b>									<b>0,95</b>	<b>1,14</b>

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
M3	1,14	4,86	4,05	51,00	0,079

Diámetro interior 28 mm, sección transversal  $6,16E-04$ ,  $K P.E.= 0,002$ ,  $v$  agua ( $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) =  $1,14 E-06$ ,  $a = 1,2$

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspersors	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
M4	1	18,00	1	1976	0,00054889	0,89	21885,52	0,02541446	0,66	0,79
	2	6,32	2	3952	0,00109778	1,78	43771,04	0,02165799	0,79	0,95
<b>TOTAL=</b>									<b>1,45</b>	<b>1,74</b>

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
M4	1,74	4,26	3,55	260,00	0,014

Diámetro interior 28 mm, sección transversal  $6,16E-04$ ,  $K P.E.= 0,002$ ,  $v$  agua (15 °C) =  $1,14 E-06$ ,  $a = 1,2$

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspersors	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
M5	1	12,79	1	1757	0,00048806	0,79	19459,95	0,02615574	0,38	0,46
	2	5,80	2	3733	0,00103694	1,68	41345,47	0,02193131	0,66	0,79
<b>TOTAL=</b>									<b>0,38</b>	<b>0,46</b>

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
M5	0,46	5,54	4,62	118,00	0,039

Diámetro interior 28 mm, sección transversal  $6,16E-04$ ,  $K P.E.= 0,002$ ,  $v$  agua (15 °C) =  $1,14 E-06$ ,  $a = 1,2$

	Tramo LR	L (M)	Nº Aspersors	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (ROZ)	ahr LR (roz+sing)
M6	1	18,00	1	1976	0,00054889	0,89	21885,52	0,02541446	0,66	0,79
<b>TOTAL=</b>									<b>0,66</b>	<b>0,79</b>

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT <sup>a</sup>	hr TT <sup>a</sup>	L TT <sup>a</sup>	J (m/m)
M6	0,79	5,21	4,34	65,00	0,067

### 4.2.3 CÁLCULO DE LAS TUBERIAS TERCIARIAS (TT)

Para el cálculo de las tuberías terciarias de cada módulo, se ha tenido en cuenta el cumplimiento de la regla de Christiansen, por lo que la máxima pérdida de carga admisible en la unidad de riego no debe ser mayor del 20% de la presión nominal del aspersor.

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = 0,2 \cdot \frac{P_n}{\gamma} = 0,2 \cdot 30 \text{ mca} = 6 \text{ mca}$$

Se determinan las causas de la variación de presión en la unidad de riego. Las causas de la  $\Delta P$  son las pérdidas de carga y la diferencia de cotas, pero en este caso al tratarse de una parcela llana, solo afecta a la variación de presión las pérdidas de carga. De esta manera se determinan las pérdidas de carga admisibles en la unidad de riego.

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = (a \cdot h_r)_{UD}$$

En este caso se igualan las dos expresiones anteriores, y entonces la pérdida de carga total admisible en la unidad de riego es de:

$$(a \cdot h_r)_{UD} = 6 \text{ m.c.a.}$$

Se trasladan las pérdidas de carga admisibles en la unidad a las tuberías que forman los laterales de riego y la tubería terciaria.

$$(a \cdot h_r)_{UD} = (a \cdot h_r)_{TT} + (a \cdot h_r)_{LR} = 6 \text{ m.c.a.}$$

A partir de esta fórmula y una vez conocidas las pérdidas de carga en los laterales de riego obtenemos las pérdidas de carga admisibles en la tubería terciaria por rozamiento continuo.

$$(H_{r_{max}})_{TT} = (a \cdot h_r) / 1,2 \quad (a = 1,2)$$

A continuación se adjuntan los resultados del cálculo de las pérdidas de carga por rozamiento continuo en cada uno de los módulos:

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	$\mu$	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
A	A1	1	12,00	0,033	0,396	4	1757	7028	7028	50	46,4	0,020	0,00000114	1,155	46991,200	0,023	0,397	0,396	-0,001
		2	18,00	0,033	0,594	2	1976	3952	10980	63	59,2	0,020	0,00000114	1,108	57541,794	0,021	0,409	0,594	0,185
		3	18,00	0,033	0,594	3	1976	5928	16908	75	70,6	0,020	0,00000114	1,200	74300,255	0,020	0,381	0,594	0,213
		4	18,00	0,033	0,594	2	1976	3952	20860	75	70,6	0,020	0,00000114	1,480	91666,863	0,020	0,560	0,594	0,034
		5	18,00	0,033	0,594	3	1976	5928	26788	75	70,6	0,020	0,00000114	1,901	117716,775	0,019	0,889	0,594	-0,295
		6	9,00	0,033	0,297	2	1976	3952	30740	90	86,6	0,020	0,00000114	1,450	110125,714	0,019	0,210	0,297	0,087
																	<b>2,847</b>		<b>0,222</b>
	A2	1	15,50	0,049	0,760	4	1757	7247	7247	50	46,4	0,020	0,00000114	1,191	48455,496	0,022	0,543	0,760	0,217
		2	18,00	0,049	0,882	2	1976	3952	11199	63	59,2	0,020	0,00000114	1,130	58689,486	0,021	0,424	0,882	0,458
		3	18,00	0,049	0,882	3	1976	5928	17127	63	59,2	0,020	0,00000114	1,728	89755,766	0,020	0,925	0,882	-0,043
		4	18,00	0,049	0,882	3	1976	5928	23055	75	70,6	0,020	0,00000114	1,636	101312,537	0,019	0,674	0,882	0,208
		5	9,00	0,049	0,441	3	1976	5928	28983	75	70,6	0,020	0,00000114	2,057	127362,449	0,019	0,515	0,441	-0,074
																	<b>3,081</b>		<b>0,766</b>

A3	1	17,50	0,060	1,050	3	1757	5490	5490	50	46,4	0,020	0,00000114	0,902	36707,696	0,024	0,370	1,050	0,680
	2	21,00	0,060	1,260	4	1976	7685	13175	63	59,2	0,020	0,00000114	1,330	69044,913	0,021	0,666	1,260	0,594
	3	18,00	0,060	1,080	4	1976	7685	20860	63	59,2	0,020	0,00000114	2,105	109318,928	0,019	1,334	1,080	-0,254
	4	9,00	0,060	0,540	4	1976	7685	28545	63	59,2	0,020	0,00000114	2,881	149592,943	0,019	1,198	0,540	-0,658
																<b>3,568</b>		<b>0,362</b>

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	$\mu$	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
A4	1	21,00	0,021	0,441	2	1757	3514	3514	50	46,4	0,020	0,00000114	0,577	23495,600	0,026	0,199	0,441	0,242	
	2	18,00	0,021	0,378	2	1757	3514	7028	63	59,2	0,020	0,00000114	0,709	36830,941	0,023	0,182	0,378	0,196	
	3	18,00	0,021	0,378	3	1976	5709	12737	63	59,2	0,020	0,00000114	1,285	66749,529	0,021	0,537	0,378	-0,159	
	4	18,00	0,021	0,378	3	1976	5709	18446	75	70,6	0,020	0,00000114	1,309	81058,819	0,020	0,447	0,378	-0,069	
	5	18,00	0,021	0,378	3	1976	5928	24374	90	86,6	0,020	0,00000114	1,149	87319,589	0,020	0,274	0,378	0,104	
	6	18,00	0,021	0,378	2	1976	3952	28326	90	86,6	0,020	0,00000114	1,336	101477,586	0,019	0,361	0,378	0,017	
	7	18,00	0,021	0,378	3	1976	5928	34254	90	86,6	0,020	0,00000114	1,615	122714,581	0,019	0,513	0,378	-0,135	
	8	18,00	0,021	0,378	2	1976	3952	38206	90	86,6	0,020	0,00000114	1,802	136872,578	0,018	0,628	0,378	-0,250	
	9	18,00	0,021	0,378	3	1976	5928	44134	110	103,6	0,020	0,00000114	1,454	132164,952	0,018	0,339	0,378	0,039	
	10	18,00	0,021	0,378	2	1976	3952	48086	110	103,6	0,020	0,00000114	1,585	143999,725	0,018	0,398	0,378	-0,020	
	11	18,00	0,021	0,378	3	1976	5928	54014	125	117,6	0,020	0,00000114	1,381	142495,708	0,018	0,265	0,378	0,113	
	12	18,00	0,021	0,378	2	1976	3952	57966	125	117,6	0,020	0,00000114	1,482	152921,580	0,018	0,301	0,378	0,077	
	13	9,00	0,021	0,189	3	1976	5928	63894	140	131,8	0,020	0,00000114	1,301	150399,861	0,018	0,103	0,189	0,086	
																<b>4,546</b>		<b>0,242</b>	

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	$\mu$	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
A5	1	19,50	0,029	0,566	1	1757	1757	1757	50	46,4	0,020	0,00000114	0,289	11747,800	0,030	0,054	0,566	0,511	
	2	18,00	0,029	0,522	2	1976	3733	5490	50	46,4	0,020	0,00000114	0,902	36707,696	0,024	0,381	0,522	0,141	
	3	18,00	0,029	0,522	2	1976	3733	9223	63	59,2	0,020	0,00000114	0,931	48334,059	0,022	0,298	0,522	0,224	

		4	18,00	0,029	0,522	4	1976	7685	16908	63	59,2	0,020	0,00000114	1,706	88608,074	0,020	0,904	0,522	-0,382
		5	18,00	0,029	0,522	2	1976	3952	20860	75	70,6	0,020	0,00000114	1,480	91666,863	0,020	0,560	0,522	-0,038
		6	18,00	0,029	0,522	3	1976	5928	26788	75	70,6	0,020	0,00000114	1,901	117716,775	0,019	0,889	0,522	-0,367
		7	18,00	0,029	0,522	2	1976	3952	30740	90	86,6	0,020	0,00000114	1,450	110125,714	0,019	0,420	0,522	0,102
		8	18,00	0,029	0,522	3	1976	5928	36668	90	86,6	0,020	0,00000114	1,729	131362,709	0,018	0,582	0,522	-0,060
		9	9,00	0,029	0,261	2	1976	3952	40620	90	86,6	0,020	0,00000114	1,916	145520,706	0,018	0,352	0,261	-0,091
																	<b>4,439</b>		<b>0,042</b>

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	$\mu$	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
	<b>A6</b>	1	20,00	0,054	1,080	2	1976	3733	3733	50	46,4	0,020	0,00000114	0,613	24959,896	0,026	0,211	1,080	0,869
		2	20,00	0,054	1,080	2	1976	3733	7466	50	46,4	0,020	0,00000114	1,226	49919,793	0,022	0,740	1,080	0,340
		3	20,00	0,054	1,080	3	1976	5709	13175	50	46,4	0,020	0,00000114	2,164	88091,785	0,020	2,105	1,080	-1,025
		4	19,00	0,054	1,026	3	1976	5709	18884	63	59,2	0,020	0,00000114	1,906	98963,501	0,020	1,170	1,026	-0,144
		5	9,00	0,054	0,486	4	1976	7685	26569	75	70,6	0,020	0,00000114	1,885	116754,405	0,019	0,438	0,486	0,048
																	<b>4,665</b>		<b>0,087</b>

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	$\mu$	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
<b>B</b>	<b>B1</b>	1	6,00	0,013	0,078	4	1757	7028	7028	63	59,2	0,020	0,00000114	0,709	36830,941	0,023	0,061	0,078	0,017
		2	18,00	0,013	0,234	3	1976	5928	12956	75	70,6	0,020	0,00000114	0,919	56933,647	0,021	0,234	0,234	0,000
		3	18,00	0,013	0,234	4	1976	7904	20860	90	86,6	0,020	0,00000114	0,984	74730,722	0,020	0,206	0,234	0,028
		4	18,00	0,013	0,234	4	1976	7904	28764	110	103,6	0,020	0,00000114	0,948	86137,506	0,019	0,155	0,234	0,079
		5	18,00	0,013	0,234	4	1976	7904	36668	110	103,6	0,020	0,00000114	1,208	109807,052	0,019	0,241	0,234	-0,007
		6	18,00	0,013	0,234	4	1976	7904	44572	110	103,6	0,020	0,00000114	1,469	133476,599	0,018	0,346	0,234	-0,112
		7	18,00	0,013	0,234	4	1976	7904	52476	125	117,6	0,020	0,00000114	1,342	138438,272	0,018	0,251	0,234	-0,017





2	18,00	0,010	0,180	3	1976	5928	12956	75	70,6	0,020	0,00000114	0,919	56933,647	0,021	0,234	0,180	-0,054
3	18,00	0,010	0,180	4	1976	7904	20860	90	86,6	0,020	0,00000114	0,984	74730,722	0,020	0,206	0,180	-0,026
4	18,00	0,010	0,180	3	1976	5928	26788	110	103,6	0,020	0,00000114	0,883	80220,119	0,020	0,136	0,180	0,044
5	18,00	0,010	0,180	4	1976	7904	34692	110	103,6	0,020	0,00000114	1,143	103889,666	0,019	0,218	0,180	-0,038
6	18,00	0,010	0,180	3	1976	5928	40620	125	117,6	0,020	0,00000114	1,039	107160,656	0,019	0,157	0,180	0,023
7	18,00	0,010	0,180	4	1976	7904	48524	125	117,6	0,020	0,00000114	1,241	128012,400	0,018	0,217	0,180	-0,037
8	18,00	0,010	0,180	3	1976	5928	54452	140	131,8	0,020	0,00000114	1,109	128174,370	0,018	0,154	0,180	0,026
9	18,00	0,010	0,180	4	1976	7904	62356	140	131,8	0,020	0,00000114	1,270	146779,568	0,018	0,197	0,180	-0,017
10	18,00	0,010	0,180	3	1976	5928	68284	140	131,8	0,020	0,00000114	1,390	160733,466	0,017	0,233	0,180	-0,053
11	18,00	0,010	0,180	4	1976	7904	76188	160	150,6	0,020	0,00000114	1,188	156951,101	0,017	0,148	0,180	0,032
12	18,00	0,010	0,180	3	1976	5928	82116	160	150,6	0,020	0,00000114	1,281	169163,079	0,017	0,170	0,180	0,010
13	18,00	0,010	0,180	4	1976	7904	90020	160	150,6	0,020	0,00000114	1,404	185445,715	0,017	0,202	0,180	-0,022
14	18,00	0,010	0,180	3	1976	5928	95948	180	169,4	0,020	0,00000114	1,183	175721,656	0,017	0,128	0,180	0,052
15	18,00	0,010	0,180	4	1976	7904	103852	180	169,4	0,020	0,00000114	1,280	190197,246	0,017	0,148	0,180	0,032
16	18,00	0,010	0,180	3	1976	5928	109780	180	169,4	0,020	0,00000114	1,353	201053,939	0,017	0,164	0,180	0,016
17	18,00	0,010	0,180	4	1976	7904	117684	180	169,4	0,020	0,00000114	1,450	215529,530	0,016	0,186	0,180	-0,006
18	8,00	0,010	0,080	3	1976	5928	123612	200	188,2	0,020	0,00000114	1,234	203771,659	0,016	0,054	0,080	0,026
															<b>3,058</b>		<b>0,007</b>

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	día.co	diám	K	μ	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
	C2	1	21,00	0,018	0,378	2	1757	3514	3514	50	46,4	0,020	0,00000114	0,577	23495,600	0,026	0,199	0,378	0,179
		2	18,00	0,018	0,324	2	1976	3733	7247	63	59,2	0,020	0,00000114	0,731	37978,632	0,023	0,193	0,324	0,131
		3	18,00	0,018	0,324	3	1976	5709	12956	75	70,6	0,020	0,00000114	0,919	56933,647	0,021	0,234	0,324	0,090
		4	18,00	0,018	0,324	3	1976	5709	18665	90	86,6	0,020	0,00000114	0,880	66867,159	0,021	0,168	0,324	0,156
		5	18,00	0,018	0,324	4	1976	7685	26350	90	86,6	0,020	0,00000114	1,243	94398,587	0,019	0,316	0,324	0,008
		6	18,00	0,018	0,324	4	1976	7685	34035	110	103,6	0,020	0,00000114	1,122	101922,195	0,019	0,210	0,324	0,114
		7	18,00	0,018	0,324	4	1976	7904	41939	110	103,6	0,020	0,00000114	1,382	125591,741	0,018	0,309	0,324	0,015

8	18,00	0,018	0,324	3	1976	5928	47867	110	103,6	0,020	0,00000114	1,577	143343,901	0,018	0,394	0,324	-0,070
9	18,00	0,018	0,324	4	1976	7904	55771	125	117,6	0,020	0,00000114	1,426	147130,895	0,018	0,281	0,324	0,043
10	18,00	0,018	0,324	3	1976	5928	61699	125	117,6	0,020	0,00000114	1,578	162769,703	0,017	0,338	0,324	-0,014
11	18,00	0,018	0,324	4	1976	7904	69603	125	117,6	0,020	0,00000114	1,780	183621,446	0,017	0,423	0,324	-0,099
12	18,00	0,018	0,324	3	1976	5928	75531	125	117,6	0,020	0,00000114	1,932	199260,254	0,017	0,493	0,324	-0,169
13	18,00	0,018	0,324	4	1976	7904	83435	140	131,8	0,020	0,00000114	1,699	196397,351	0,017	0,338	0,324	-0,014
14	18,00	0,018	0,324	3	1976	5928	89363	140	131,8	0,020	0,00000114	1,819	210351,250	0,017	0,384	0,324	-0,060
15	10,00	0,018	0,180	4	1976	7904	97267	140	131,8	0,020	0,00000114	1,980	228956,447	0,016	0,250	0,180	-0,070
															<b>4,530</b>		<b>0,240</b>

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	μ	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
<b>D</b>	<b>D1</b>	1	9,00	0,014	0,126	3	1757	5271	5271	63	59,2	0,020	0,00000114	0,532	27623,206	0,025	0,054	0,126	0,072
		2	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	13175	75	70,6	0,020	0,00000114	0,935	57896,017	0,021	0,242	0,252	0,010
		3	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	19103	90	86,6	0,020	0,00000114	0,901	68436,289	0,020	0,176	0,252	0,076
		4	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	27007	90	86,6	0,020	0,00000114	1,274	96752,282	0,019	0,331	0,252	-0,079
		5	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	32935	110	103,6	0,020	0,00000114	1,085	98628,103	0,019	0,198	0,252	0,054
		6	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	40839	125	117,6	0,020	0,00000114	1,044	107738,406	0,019	0,158	0,252	0,094
		7	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	46767	125	117,6	0,020	0,00000114	1,196	123377,213	0,018	0,203	0,252	0,049
		8	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	54671	140	131,8	0,020	0,00000114	1,113	128689,874	0,018	0,155	0,252	0,097
		9	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	60599	140	131,8	0,020	0,00000114	1,234	142643,772	0,018	0,187	0,252	0,065
		10	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	68503	140	131,8	0,020	0,00000114	1,395	161248,969	0,017	0,235	0,252	0,017
		11	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	74431	140	131,8	0,020	0,00000114	1,515	175202,868	0,017	0,273	0,252	-0,021
		12	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	82335	140	131,8	0,020	0,00000114	1,676	193808,065	0,017	0,330	0,252	-0,078
		13	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	88263	160	150,6	0,020	0,00000114	1,376	181826,207	0,017	0,195	0,252	0,057
		14	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	96167	160	150,6	0,020	0,00000114	1,500	198108,844	0,017	0,228	0,252	0,024
		15	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	102095	160	150,6	0,020	0,00000114	1,592	210320,821	0,017	0,255	0,252	-0,003

		16	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	109999	160	150,6	0,020	0,00000114	1,715	226603,457	0,016	0,293	0,252	-0,041
		17	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	115927	160	150,6	0,020	0,00000114	1,808	238815,435	0,016	0,323	0,252	-0,071
		18	8,00	0,014	0,112	4	1976	7904	123831	160	150,6	0,020	0,00000114	1,931	255098,071	0,016	0,162	0,112	-0,050
																	<b>3,997</b>		<b>0,273</b>

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	$\mu$	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
	<b>D2</b>	1	18,00	0,015	0,270	3	1757	5271	5271	63	59,2	0,020	0,00000114	0,532	27623,206	0,025	0,109	0,270	0,161
		2	18,00	0,015	0,270	4	1976	7904	13175	75	70,6	0,020	0,00000114	0,935	57896,017	0,021	0,242	0,270	0,028
		3	18,00	0,015	0,270	3	1976	5928	19103	90	86,6	0,020	0,00000114	0,901	68436,289	0,020	0,176	0,270	0,094
		4	18,00	0,015	0,270	4	1976	7904	27007	90	86,6	0,020	0,00000114	1,274	96752,282	0,019	0,331	0,270	-0,061
		5	18,00	0,015	0,270	3	1976	5928	32935	110	103,6	0,020	0,00000114	1,085	98628,103	0,019	0,198	0,270	0,072
		6	18,00	0,015	0,270	4	1976	7904	40839	110	103,6	0,020	0,00000114	1,346	122297,650	0,018	0,294	0,270	-0,024
		7	18,00	0,015	0,270	3	1976	5928	46767	125	117,6	0,020	0,00000114	1,196	123377,213	0,018	0,203	0,270	0,067
		8	18,00	0,015	0,270	4	1976	7904	54671	125	117,6	0,020	0,00000114	1,398	144228,957	0,018	0,271	0,270	-0,001
		9	18,00	0,015	0,270	3	1976	5928	60599	125	117,6	0,020	0,00000114	1,550	159867,765	0,017	0,327	0,270	-0,057
		10	18,00	0,015	0,270	4	1976	7904	68503	140	131,8	0,020	0,00000114	1,395	161248,969	0,017	0,235	0,270	0,035
		11	18,00	0,015	0,270	3	1976	5928	74431	140	131,8	0,020	0,00000114	1,515	175202,868	0,017	0,273	0,270	-0,003
		12	18,00	0,015	0,270	4	1976	7904	82335	140	131,8	0,020	0,00000114	1,676	193808,065	0,017	0,330	0,270	-0,060
		13	18,00	0,015	0,270	3	1976	5928	88263	140	131,8	0,020	0,00000114	1,797	207761,963	0,017	0,375	0,270	-0,105
		14	18,00	0,015	0,270	4	1976	7904	96167	160	150,6	0,020	0,00000114	1,500	198108,844	0,017	0,228	0,270	0,042
		15	10,00	0,015	0,150	3	1976	5928	102095	160	150,6	0,020	0,00000114	1,592	210320,821	0,017	0,142	0,150	0,008
																	<b>3,732</b>		<b>0,198</b>

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	$\mu$	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
-----	-------	------	------	---	-------	--------	-------	-------	-------	--------	------	---	-------	---	----	---	----	-------	--------



5	18,00	0,013	0,234	4	1976	7904	34692	110	103,6	0,020	0,00000114	1,143	103889,666	0,019	0,218	0,234	0,016
6	18,00	0,013	0,234	3	1976	5928	40620	110	103,6	0,020	0,00000114	1,339	121641,826	0,018	0,291	0,234	-0,057
7	18,00	0,013	0,234	4	1976	7904	48524	125	117,6	0,020	0,00000114	1,241	128012,400	0,018	0,217	0,234	0,017
8	18,00	0,013	0,234	3	1976	5928	54452	125	117,6	0,020	0,00000114	1,393	143651,207	0,018	0,269	0,234	-0,035
9	18,00	0,013	0,234	4	1976	7904	62356	140	131,8	0,020	0,00000114	1,270	146779,568	0,018	0,197	0,234	0,037
10	18,00	0,013	0,234	3	1976	5928	68284	140	131,8	0,020	0,00000114	1,390	160733,466	0,017	0,233	0,234	0,001
11	18,00	0,013	0,234	4	1976	7904	76188	140	131,8	0,020	0,00000114	1,551	179338,664	0,017	0,285	0,234	-0,051
12	18,00	0,013	0,234	3	1976	5928	82116	160	152,6	0,020	0,00000114	1,247	166946,000	0,017	0,160	0,234	0,074
13	18,00	0,013	0,234	4	1976	7904	90020	160	152,6	0,020	0,00000114	1,367	183015,234	0,017	0,189	0,234	0,045
14	18,00	0,013	0,234	3	1976	5928	95948	160	152,6	0,020	0,00000114	1,457	195067,159	0,017	0,213	0,234	0,021
15	10,00	0,013	0,130	4	1976	7904	103852	160	150,6	0,020	0,00000114	1,619	213940,329	0,016	0,146	0,130	-0,016
															<b>3,367</b>		<b>0,039</b>

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	μ	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
F	F1	1	8,00	0,029	0,232	3	1757	5271	5271	63	46,4	0,020	0,00000114	0,866	35243,400	0,024	0,157	0,232	0,075
		2	18,00	0,029	0,522	2	1976	3952	9223	63	59,2	0,020	0,00000114	0,931	48334,059	0,022	0,298	0,522	0,224
		3	18,00	0,029	0,522	4	1976	7904	17127	75	70,6	0,020	0,00000114	1,215	75262,625	0,020	0,390	0,522	0,132
		4	18,00	0,029	0,522	3	1976	5928	23055	75	70,6	0,020	0,00000114	1,636	101312,537	0,019	0,674	0,522	-0,152
		5	18,00	0,029	0,522	4	1976	7904	30959	90	86,6	0,020	0,00000114	1,460	110910,279	0,019	0,425	0,522	0,097
		6	18,00	0,029	0,522	3	1976	5928	36887	90	86,6	0,020	0,00000114	1,740	132147,274	0,018	0,588	0,522	-0,066
		7	18,00	0,029	0,522	4	1976	7904	44791	90	86,6	0,020	0,00000114	2,112	160463,268	0,018	0,843	0,522	-0,321
		8	18,00	0,029	0,522	3	1976	5928	50719	110	103,6	0,020	0,00000114	1,671	151884,583	0,018	0,439	0,522	0,083
		9	8,00	0,029	0,232	4	1976	7904	58623	125	117,6	0,020	0,00000114	1,499	154654,829	0,018	0,137	0,232	0,095
															<b>3,951</b>		<b>0,167</b>		

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	$\mu$	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
	F2	1	18,00	0,014	0,252	4	1757	7247	7247	63	59,2	0,020	0,00000114	0,731	37978,632	0,023	0,193	0,252	0,059
		2	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	15151	75	70,6	0,020	0,00000114	1,075	66579,321	0,021	0,312	0,252	-0,060
		3	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	21079	90	86,6	0,020	0,00000114	0,994	75515,287	0,020	0,210	0,252	0,042
		4	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	28983	110	103,6	0,020	0,00000114	0,955	86793,329	0,019	0,157	0,252	0,095
		5	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	34911	110	103,6	0,020	0,00000114	1,150	104545,489	0,019	0,220	0,252	0,032
		6	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	42815	125	117,6	0,020	0,00000114	1,095	112951,341	0,018	0,173	0,252	0,079
		7	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	48743	125	117,6	0,020	0,00000114	1,247	128590,149	0,018	0,219	0,252	0,033
		8	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	56647	125	117,6	0,020	0,00000114	1,449	149441,893	0,018	0,289	0,252	-0,037
		9	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	62575	140	117,6	0,020	0,00000114	1,600	165080,700	0,017	0,347	0,252	-0,095
		10	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	70479	140	131,8	0,020	0,00000114	1,435	165900,269	0,017	0,247	0,252	0,005
		11	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	76407	140	131,8	0,020	0,00000114	1,556	179854,167	0,017	0,287	0,252	-0,035
		12	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	84311	140	131,8	0,020	0,00000114	1,717	198459,365	0,017	0,345	0,252	-0,093
		13	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	90239	160	150,6	0,020	0,00000114	1,407	185896,866	0,017	0,203	0,252	0,049
		14	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	98143	160	150,6	0,020	0,00000114	1,530	202179,503	0,017	0,237	0,252	0,015
		15	10,00	0,014	0,140	3	1976	5928	104071	160	150,6	0,020	0,00000114	1,623	214391,480	0,016	0,147	0,140	-0,007
																	<b>3,584</b>		<b>0,084</b>

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	$\mu$	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
<b>G</b>	<b>G1</b>	1	21,00	0,017	0,357	4	1757	7247	7247	63	59,2	0,020	0,00000114	0,731	37978,632	0,023	0,225	0,357	0,132
		2	18,00	0,017	0,306	4	1976	7685	14932	75	70,6	0,020	0,00000114	1,060	65616,951	0,021	0,303	0,306	0,003
		3	18,00	0,017	0,306	4	1976	7685	22617	90	86,6	0,020	0,00000114	1,067	81025,155	0,020	0,239	0,306	0,067
		4	18,00	0,017	0,306	4	1976	7685	30302	90	86,6	0,020	0,00000114	1,429	108556,584	0,019	0,409	0,306	-0,103
		5	18,00	0,017	0,306	4	1976	7685	37987	110	103,6	0,020	0,00000114	1,252	113756,968	0,019	0,257	0,306	0,049
		6	18,00	0,017	0,306	4	1976	7685	45672	110	103,6	0,020	0,00000114	1,505	136770,691	0,018	0,362	0,306	-0,056
		7	18,00	0,017	0,306	4	1976	7685	53357	125	117,6	0,020	0,00000114	1,365	140762,460	0,018	0,259	0,306	0,047
		8	18,00	0,017	0,306	4	1976	7685	61042	125	117,6	0,020	0,00000114	1,561	161036,454	0,017	0,332	0,306	-0,026
		9	18,00	0,017	0,306	4	1976	7685	68727	140	131,8	0,020	0,00000114	1,399	161776,242	0,017	0,236	0,306	0,070
		10	18,00	0,017	0,306	3	1976	5928	74655	140	131,8	0,020	0,00000114	1,520	175730,140	0,017	0,275	0,306	0,031
		11	18,00	0,017	0,306	4	1976	7904	82559	140	131,8	0,020	0,00000114	1,681	194335,338	0,017	0,331	0,306	-0,025
		12	18,00	0,017	0,306	3	1976	5928	88487	140	131,8	0,020	0,00000114	1,802	208289,236	0,017	0,377	0,306	-0,071
		13	18,00	0,017	0,306	4	1976	7904	96391	140	131,8	0,020	0,00000114	1,963	226894,434	0,016	0,442	0,306	-0,136
		14	18,00	0,017	0,306	3	1976	5928	102319	160	150,6	0,020	0,00000114	1,596	210782,272	0,017	0,256	0,306	0,050
		15	18,00	0,017	0,306	4	1976	7904	110223	160	150,6	0,020	0,00000114	1,719	227064,909	0,016	0,294	0,306	0,012
		16	8,00	0,017	0,136	3	1976	5928	116151	160	150,6	0,020	0,00000114	1,811	239276,886	0,016	0,144	0,136	-0,008
																	<b>4,740</b>		<b>0,037</b>

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	$\mu$	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
	<b>G2</b>	1	14,00	0,013	0,182	4	1757	7028	7028	63	59,2	0,020	0,00000114	0,709	36830,941	0,023	0,142	0,182	0,040
		2	18,00	0,013	0,234	4	1976	7904	14932	75	70,6	0,020	0,00000114	1,060	65616,951	0,021	0,303	0,234	-0,069
		3	18,00	0,013	0,234	3	1976	5928	20860	90	86,6	0,020	0,00000114	0,984	74730,722	0,020	0,206	0,234	0,028
		4	18,00	0,013	0,234	4	1976	7904	28764	110	103,6	0,020	0,00000114	0,948	86137,506	0,019	0,155	0,234	0,079



5	18,00	0,013	0,234	3	1976	5928	34692	110	103,6	0,020	0,00000114	1,143	103889,666	0,019	0,218	0,234	0,016
6	18,00	0,013	0,234	4	1976	7904	42596	125	117,6	0,020	0,00000114	1,089	112373,592	0,018	0,171	0,234	0,063
7	18,00	0,013	0,234	3	1976	5928	48524	125	117,6	0,020	0,00000114	1,241	128012,400	0,018	0,217	0,234	0,017
8	18,00	0,013	0,234	4	1976	7904	56428	125	117,6	0,020	0,00000114	1,443	148864,143	0,018	0,287	0,234	-0,053
9	18,00	0,013	0,234	3	1976	5928	62356	140	131,8	0,020	0,00000114	1,270	146779,568	0,018	0,197	0,234	0,037
10	18,00	0,013	0,234	4	1976	7904	70260	140	131,8	0,020	0,00000114	1,430	165384,765	0,017	0,246	0,234	-0,012
11	18,00	0,013	0,234	3	1976	5928	76188	140	131,8	0,020	0,00000114	1,551	179338,664	0,017	0,285	0,234	-0,051
12	18,00	0,013	0,234	4	1976	7904	84092	160	150,6	0,020	0,00000114	1,311	173233,738	0,017	0,178	0,234	0,056
13	18,00	0,013	0,234	3	1976	5928	90020	160	150,6	0,020	0,00000114	1,404	185445,715	0,017	0,202	0,234	0,032
14	18,00	0,013	0,234	4	1976	7904	97924	160	150,6	0,020	0,00000114	1,527	201728,352	0,017	0,236	0,234	-0,002
15	18,00	0,013	0,234	3	1976	5928	103852	160	150,6	0,020	0,00000114	1,619	213940,329	0,016	0,263	0,234	-0,029
16	10,00	0,013	0,130	4	1976	7904	105828	160	150,6	0,020	0,00000114	1,650	218010,988	0,016	0,151	0,130	-0,021
															<b>3,458</b>		<b>0,130</b>

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	día.co	diám	K	$\mu$	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
H	H1	1	9,50	0,010	0,095	4	1757	7028	7028	63	59,2	0,020	0,00000114	0,709	36830,941	0,023	0,096	0,095	-0,001
		2	18,00	0,010	0,180	4	1976	7904	14932	75	70,6	0,020	0,00000114	1,060	65616,951	0,021	0,303	0,180	-0,123
		3	18,00	0,010	0,180	3	1976	5928	20860	90	86,6	0,020	0,00000114	0,984	74730,722	0,020	0,206	0,180	-0,026
		4	18,00	0,010	0,180	4	1976	7904	28764	110	103,6	0,020	0,00000114	0,948	86137,506	0,019	0,155	0,180	0,025
		5	18,00	0,010	0,180	3	1976	5928	34692	110	103,6	0,020	0,00000114	1,143	103889,666	0,019	0,218	0,180	-0,038
		6	18,00	0,010	0,180	4	1976	7904	42596	125	117,6	0,020	0,00000114	1,089	112373,592	0,018	0,171	0,180	0,009
		7	18,00	0,010	0,180	3	1976	5928	48524	125	117,6	0,020	0,00000114	1,241	128012,400	0,018	0,217	0,180	-0,037
		8	18,00	0,010	0,180	4	1976	7904	56428	140	131,8	0,020	0,00000114	1,149	132825,670	0,018	0,164	0,180	0,016
		9	18,00	0,010	0,180	3	1976	5928	62356	160	150,6	0,020	0,00000114	0,972	128456,488	0,018	0,103	0,180	0,077

10	18,00	0,010	0,180	4	1976	7904	70260	160	150,6	0,020	0,00000114	1,096	144739,124	0,017	0,128	0,180	0,052
11	18,00	0,010	0,180	3	1976	5928	76188	160	150,6	0,020	0,00000114	1,188	156951,101	0,017	0,148	0,180	0,032
12	18,00	0,010	0,180	4	1976	7904	84092	160	150,6	0,020	0,00000114	1,311	173233,738	0,017	0,178	0,180	0,002
13	18,00	0,010	0,180	3	1976	5928	90020	160	150,6	0,020	0,00000114	1,404	185445,715	0,017	0,202	0,180	-0,022
14	18,00	0,010	0,180	4	1976	7904	97924	180	169,4	0,020	0,00000114	1,207	179340,553	0,017	0,133	0,180	0,047
15	18,00	0,010	0,180	3	1976	5928	103852	180	169,4	0,020	0,00000114	1,280	190197,246	0,017	0,148	0,180	0,032
16	8,00	0,010	0,080	4	1976	7904	111756	180	169,4	0,020	0,00000114	1,377	204672,837	0,016	0,075	0,080	0,005
															<b>2,645</b>		<b>0,050</b>

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	$\mu$	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
	<b>H2</b>	1	12,00	0,014	0,168	3	1757	5271	5271	63	59,2	0,020	0,00000114	0,532	27623,206	0,025	0,072	0,168	0,096
		2	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	13175	75	70,6	0,020	0,00000114	0,935	57896,017	0,021	0,242	0,252	0,010
		3	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	19103	90	86,6	0,020	0,00000114	0,901	68436,289	0,020	0,176	0,252	0,076
		4	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	27007	90	86,6	0,020	0,00000114	1,274	96752,282	0,019	0,331	0,252	-0,079
		5	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	32935	110	103,6	0,020	0,00000114	1,085	98628,103	0,019	0,198	0,252	0,054
		6	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	40839	110	103,6	0,020	0,00000114	1,346	122297,650	0,018	0,294	0,252	-0,042
		7	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	46767	125	117,6	0,020	0,00000114	1,196	123377,213	0,018	0,203	0,252	0,049
		8	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	54671	125	117,6	0,020	0,00000114	1,398	144228,957	0,018	0,271	0,252	-0,019
		9	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	60599	125	117,6	0,020	0,00000114	1,550	159867,765	0,017	0,327	0,252	-0,075
		10	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	68503	140	131,8	0,020	0,00000114	1,395	161248,969	0,017	0,235	0,252	0,017
		11	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	74431	140	131,8	0,020	0,00000114	1,515	175202,868	0,017	0,273	0,252	-0,021
		12	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	82335	140	131,8	0,020	0,00000114	1,676	193808,065	0,017	0,330	0,252	-0,078
		13	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	88263	160	150,6	0,020	0,00000114	1,376	181826,207	0,017	0,195	0,252	0,057
		14	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	96167	160	150,6	0,020	0,00000114	1,500	198108,844	0,017	0,228	0,252	0,024
		15	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	102095	160	150,6	0,020	0,00000114	1,592	210320,821	0,017	0,255	0,252	-0,003
		16	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	109999	160	150,6	0,020	0,00000114	1,715	226603,457	0,016	0,293	0,252	-0,041

		17	10,00	0,014	0,140	3	1976	5928	102095	160	150,6	0,020	0,00000114	1,592	210320,821	0,017	0,142	0,140	-0,002
																	<b>4,063</b>	<b>0,025</b>	

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	μ	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
<b>I</b>	<b>II</b>	1	21,00	0,016	0,336	3	1757	5271	5271	50	46,4	0,020	0,00000114	0,866	35243,400	0,024	0,413	0,336	-0,077
		2	18,00	0,016	0,288	4	1976	7904	13175	63	59,2	0,020	0,00000114	1,330	69044,913	0,021	0,571	0,288	-0,283
		3	18,00	0,016	0,288	3	1976	5928	19103	75	70,6	0,020	0,00000114	1,356	83945,929	0,020	0,476	0,288	-0,188
		4	18,00	0,016	0,288	4	1976	7904	27007	90	86,6	0,020	0,00000114	1,274	96752,282	0,019	0,331	0,288	-0,043
		5	18,00	0,016	0,288	3	1976	5928	32935	110	103,6	0,020	0,00000114	1,085	98628,103	0,019	0,198	0,288	0,090
		6	18,00	0,016	0,288	4	1976	7904	40839	125	117,6	0,020	0,00000114	1,044	107738,406	0,019	0,158	0,288	0,130
		7	18,00	0,016	0,288	3	1976	5928	46767	125	117,6	0,020	0,00000114	1,196	123377,213	0,018	0,203	0,288	0,085
		8	18,00	0,016	0,288	4	1976	7904	54671	140	131,8	0,020	0,00000114	1,113	128689,874	0,018	0,155	0,288	0,133
		9	18,00	0,016	0,288	3	1976	5928	60599	140	131,8	0,020	0,00000114	1,234	142643,772	0,018	0,187	0,288	0,101
		10	18,00	0,016	0,288	4	1976	7904	68503	140	131,8	0,020	0,00000114	1,395	161248,969	0,017	0,235	0,288	0,053
		11	18,00	0,016	0,288	3	1976	5928	74431	140	131,8	0,020	0,00000114	1,515	175202,868	0,017	0,273	0,288	0,015
		12	18,00	0,016	0,288	4	1976	7904	82335	140	131,8	0,020	0,00000114	1,676	193808,065	0,017	0,330	0,288	-0,042
		13	18,00	0,016	0,288	3	1976	5928	88263	160	150,6	0,020	0,00000114	1,376	181826,207	0,017	0,195	0,288	0,093
		14	18,00	0,016	0,288	4	1976	7904	96167	160	150,6	0,020	0,00000114	1,500	198108,844	0,017	0,228	0,288	0,060
		15	8,00	0,016	0,128	3	1976	5928	102095	180	169,4	0,020	0,00000114	1,258	186979,431	0,017	0,064	0,128	0,064
																	<b>4,016</b>	<b>0,192</b>	

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	$\mu$	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
	<b>I2</b>	1	20,00	0,011	0,220	4	1757	7028	7028	63	59,2	0,020	0,00000114	0,709	36830,941	0,023	0,202	0,220	0,018
		2	18,00	0,011	0,198	3	1976	5928	12956	75	70,6	0,020	0,00000114	0,919	56933,647	0,021	0,234	0,198	-0,036
		3	18,00	0,011	0,198	4	1976	7904	20860	90	86,6	0,020	0,00000114	0,984	74730,722	0,020	0,206	0,198	-0,008
		4	18,00	0,011	0,198	3	1976	5928	26788	110	103,6	0,020	0,00000114	0,883	80220,119	0,020	0,136	0,198	0,062
		5	18,00	0,011	0,198	4	1976	7904	34692	110	103,6	0,020	0,00000114	1,143	103889,666	0,019	0,218	0,198	-0,020
		6	18,00	0,011	0,198	3	1976	5928	40620	110	103,6	0,020	0,00000114	1,339	121641,826	0,018	0,291	0,198	-0,093
		7	18,00	0,011	0,198	4	1976	7904	48524	125	117,6	0,020	0,00000114	1,241	128012,400	0,018	0,217	0,198	-0,019
		8	18,00	0,011	0,198	3	1976	5928	54452	125	117,6	0,020	0,00000114	1,393	143651,207	0,018	0,269	0,198	-0,071
		9	18,00	0,011	0,198	4	1976	7904	62356	140	131,8	0,020	0,00000114	1,270	146779,568	0,018	0,197	0,198	0,001
		10	18,00	0,011	0,198	3	1976	5928	68284	160	150,6	0,020	0,00000114	1,065	140668,465	0,018	0,121	0,198	0,077
		11	18,00	0,011	0,198	4	1976	7904	76188	160	150,6	0,020	0,00000114	1,188	156951,101	0,017	0,148	0,198	0,050
		12	18,00	0,011	0,198	3	1976	5928	82116	160	150,6	0,020	0,00000114	1,281	169163,079	0,017	0,170	0,198	0,028
		13	18,00	0,011	0,198	4	1976	7904	90020	160	150,6	0,020	0,00000114	1,404	185445,715	0,017	0,202	0,198	-0,004
		14	18,00	0,011	0,198	3	1976	5928	95948	160	150,6	0,020	0,00000114	1,496	197657,693	0,017	0,227	0,198	-0,029
		15	18,00	0,011	0,198	4	1976	7904	103852	180	169,4	0,020	0,00000114	1,280	190197,246	0,017	0,148	0,198	0,050
		16	18,00	0,011	0,198	3	1976	5928	109780	180	169,4	0,020	0,00000114	1,353	201053,939	0,017	0,164	0,198	0,034
		17	10,00	0,011	0,110	4	1976	7904	103852	180	169,4	0,020	0,00000114	1,280	190197,246	0,017	0,082	0,110	0,028
																	<b>3,234</b>		<b>0,066</b>

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	$\mu$	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
<b>J</b>	<b>J1</b>	1	19,00	0,012	0,228	4	1757	7028	7028	63	59,2	0,020	0,00000114	0,709	36830,941	0,023	0,192	0,228	0,036

2	18,00	0,012	0,216	3	1976	5928	12956	75	70,6	0,020	0,00000114	0,919	56933,647	0,021	0,234	0,216	-0,018
3	18,00	0,012	0,216	4	1976	7904	20860	90	86,6	0,020	0,00000114	0,984	74730,722	0,020	0,206	0,216	0,010
4	18,00	0,012	0,216	3	1976	5928	26788	110	103,6	0,020	0,00000114	0,883	80220,119	0,020	0,136	0,216	0,080
5	18,00	0,012	0,216	4	1976	7904	34692	110	103,6	0,020	0,00000114	1,143	103889,666	0,019	0,218	0,216	-0,002
6	18,00	0,012	0,216	3	1976	5928	40620	125	117,6	0,020	0,00000114	1,039	107160,656	0,019	0,157	0,216	0,059
7	18,00	0,012	0,216	4	1976	7904	48524	125	117,6	0,020	0,00000114	1,241	128012,400	0,018	0,217	0,216	-0,001
8	18,00	0,012	0,216	3	1976	5928	54452	140	131,8	0,020	0,00000114	1,109	128174,370	0,018	0,154	0,216	0,062
9	18,00	0,012	0,216	4	1976	7904	62356	140	131,8	0,020	0,00000114	1,270	146779,568	0,018	0,197	0,216	0,019
10	18,00	0,012	0,216	3	1976	5928	68284	140	131,8	0,020	0,00000114	1,390	160733,466	0,017	0,233	0,216	-0,017
11	18,00	0,012	0,216	4	1976	7904	76188	140	131,8	0,020	0,00000114	1,551	179338,664	0,017	0,285	0,216	-0,069
12	18,00	0,012	0,216	3	1976	5928	82116	140	131,8	0,020	0,00000114	1,672	193292,562	0,017	0,328	0,216	-0,112
13	18,00	0,012	0,216	4	1976	7904	90020	160	150,6	0,020	0,00000114	1,404	185445,715	0,017	0,202	0,216	0,014
14	18,00	0,012	0,216	3	1976	5928	95948	160	150,6	0,020	0,00000114	1,496	197657,693	0,017	0,227	0,216	-0,011
15	8,00	0,012	0,096	4	1976	7904	103852	180	169,4	0,020	0,00000114	1,280	190197,246	0,017	0,066	0,096	0,030
															<b>3,053</b>		<b>0,079</b>

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	día.co	diám	K	μ	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
	<b>J2</b>	1	10,00	0,012	0,120	3	1757	5271	5271	63	59,2	0,020	0,00000114	0,532	27623,206	0,025	0,060	0,120	0,060
		2	21,00	0,012	0,252	2	1976	3952	9223	75	70,6	0,020	0,00000114	0,654	40529,409	0,023	0,148	0,252	0,104
		3	18,00	0,012	0,216	4	1976	7904	17127	90	86,6	0,020	0,00000114	0,808	61357,290	0,021	0,144	0,216	0,072
		4	18,00	0,012	0,216	3	1976	5928	23055	90	86,6	0,020	0,00000114	1,087	82594,286	0,020	0,247	0,216	-0,031
		5	18,00	0,012	0,216	4	1976	7904	30959	110	103,6	0,020	0,00000114	1,020	92710,716	0,019	0,177	0,216	0,039
		6	18,00	0,012	0,216	3	1976	5928	36887	110	103,6	0,020	0,00000114	1,216	110462,876	0,019	0,244	0,216	-0,028
		7	18,00	0,012	0,216	4	1976	7904	44791	125	117,6	0,020	0,00000114	1,145	118164,277	0,018	0,187	0,216	0,029
		8	18,00	0,012	0,216	3	1976	5928	50719	125	117,6	0,020	0,00000114	1,297	133803,085	0,018	0,236	0,216	-0,020
		9	18,00	0,012	0,216	4	1976	7904	58623	140	131,8	0,020	0,00000114	1,194	137992,472	0,018	0,176	0,216	0,040
		10	18,00	0,012	0,216	3	1976	5928	64551	160	131,8	0,020	0,00000114	1,314	151946,371	0,017	0,210	0,216	0,006

11	18,00	0,012	0,216	4	1976	7904	72455	160	131,8	0,020	0,00000114	1,475	170551,568	0,017	0,260	0,216	-0,044
12	18,00	0,012	0,216	3	1976	5928	78383	160	131,8	0,020	0,00000114	1,596	184505,466	0,017	0,301	0,216	-0,085
13	18,00	0,012	0,216	4	1976	7904	86287	160	150,6	0,020	0,00000114	1,346	177755,548	0,017	0,187	0,216	0,029
14	18,00	0,012	0,216	3	1976	5928	92215	160	150,6	0,020	0,00000114	1,438	189967,525	0,017	0,211	0,216	0,005
15	18,00	0,012	0,216	4	1976	7904	100119	180	150,6	0,020	0,00000114	1,561	206250,162	0,017	0,246	0,216	-0,030
16	18,00	0,012	0,216	3	1976	5928	106047	180	150,6	0,020	0,00000114	1,654	218462,139	0,016	0,274	0,216	-0,058
17	18,00	0,012	0,216	4	1976	7904	113951	180	150,6	0,020	0,00000114	1,777	234744,776	0,016	0,313	0,216	-0,097
18	10,00	0,012	0,120	3	1976	5928	98143	180	169,4	0,020	0,00000114	1,210	179741,636	0,017	0,074	0,120	0,046
															<b>3,695</b>		<b>0,037</b>

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	μ	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
<b>K</b>	<b>K1</b>	1	17,00	0,016	0,272	3	1757	5271	5271	63	46,4	0,020	0,00000114	0,866	35243,400	0,024	0,334	0,272	-0,062
		2	18,00	0,016	0,288	4	1976	7904	13175	75	59,2	0,020	0,00000114	1,330	69044,913	0,021	0,571	0,288	-0,283
		3	18,00	0,016	0,288	3	1976	5928	19103	90	70,6	0,020	0,00000114	1,356	83945,929	0,020	0,476	0,288	-0,188
		4	18,00	0,016	0,288	4	1976	7904	27007	110	86,6	0,020	0,00000114	1,274	96752,282	0,019	0,331	0,288	-0,043
		5	18,00	0,016	0,288	3	1976	5928	32935	110	103,6	0,020	0,00000114	1,085	98628,103	0,019	0,198	0,288	0,090
		6	18,00	0,016	0,288	4	1976	7904	40839	125	117,6	0,020	0,00000114	1,044	107738,406	0,019	0,158	0,288	0,130
		7	18,00	0,016	0,288	3	1976	5928	46767	125	117,6	0,020	0,00000114	1,196	123377,213	0,018	0,203	0,288	0,085
		8	18,00	0,016	0,288	4	1976	7904	54671	140	131,8	0,020	0,00000114	1,113	128689,874	0,018	0,155	0,288	0,133
		9	18,00	0,016	0,288	3	1976	5928	60599	140	131,8	0,020	0,00000114	1,234	142643,772	0,018	0,187	0,288	0,101
		10	18,00	0,016	0,288	4	1976	7904	68503	140	131,8	0,020	0,00000114	1,395	161248,969	0,017	0,235	0,288	0,053
		11	18,00	0,016	0,288	3	1976	5928	74431	140	131,8	0,020	0,00000114	1,515	175202,868	0,017	0,273	0,288	0,015
		12	18,00	0,016	0,288	4	1976	7904	82335	140	131,8	0,020	0,00000114	1,676	193808,065	0,017	0,330	0,288	-0,042
		13	18,00	0,016	0,288	3	1976	5928	88263	160	150,6	0,020	0,00000114	1,376	181826,207	0,017	0,195	0,288	0,093
		14	18,00	0,016	0,288	4	1976	7904	96167	160	150,6	0,020	0,00000114	1,500	198108,844	0,017	0,228	0,288	0,060
		15	8,00	0,016	0,128	3	1976	5928	102095	160	150,6	0,020	0,00000114	1,592	210320,821	0,017	0,113	0,128	0,015

3,987

0,157

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	$\mu$	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
	K2	1	18,00	0,009	0,162	4	1757	7247	7247	75	70,6	0,020	0,00000114	0,514	31846,105	0,024	0,082	0,162	0,080
		2	18,00	0,009	0,162	4	1976	7904	15151	90	86,6	0,020	0,00000114	0,715	54278,292	0,021	0,115	0,162	0,047
		3	18,00	0,009	0,162	3	1976	5928	21079	90	86,6	0,020	0,00000114	0,994	75515,287	0,020	0,210	0,162	-0,048
		4	18,00	0,009	0,162	4	1976	7904	28983	110	103,6	0,020	0,00000114	0,955	86793,329	0,019	0,157	0,162	0,005
		5	18,00	0,009	0,162	3	1976	5928	34911	125	117,6	0,020	0,00000114	0,893	92099,598	0,019	0,119	0,162	0,043
		6	18,00	0,009	0,162	4	1976	7904	42815	125	117,6	0,020	0,00000114	1,095	112951,341	0,018	0,173	0,162	-0,011
		7	18,00	0,009	0,162	3	1976	5928	48743	125	117,6	0,020	0,00000114	1,247	128590,149	0,018	0,219	0,162	-0,057
		8	18,00	0,009	0,162	4	1976	7904	56647	140	131,8	0,020	0,00000114	1,153	133341,173	0,018	0,165	0,162	-0,003
		9	18,00	0,009	0,162	3	1976	5928	62575	140	131,8	0,020	0,00000114	1,274	147295,071	0,018	0,198	0,162	-0,036
		10	18,00	0,009	0,162	4	1976	7904	70479	160	150,6	0,020	0,00000114	1,099	145190,275	0,017	0,129	0,162	0,033
		11	18,00	0,009	0,162	3	1976	5928	76407	160	150,6	0,020	0,00000114	1,191	157402,252	0,017	0,149	0,162	0,013
		12	18,00	0,009	0,162	4	1976	7904	84311	160	150,6	0,020	0,00000114	1,315	173684,889	0,017	0,179	0,162	-0,017
		13	18,00	0,009	0,162	3	1976	5928	90239	160	150,6	0,020	0,00000114	1,407	185896,866	0,017	0,203	0,162	-0,041
		14	18,00	0,009	0,162	4	1976	7904	98143	180	169,4	0,020	0,00000114	1,210	179741,636	0,017	0,133	0,162	0,029
		15	18,00	0,009	0,162	3	1976	5928	104071	180	169,4	0,020	0,00000114	1,283	190598,329	0,017	0,148	0,162	0,014
		16	18,00	0,009	0,162	4	1976	7904	111975	180	169,4	0,020	0,00000114	1,380	205073,919	0,016	0,170	0,162	-0,008
		17	18,00	0,009	0,162	3	1976	5928	117903	180	169,4	0,020	0,00000114	1,453	215930,612	0,016	0,187	0,162	-0,025
		18	10,00	0,009	0,090	4	1976	7904	106047	180	169,4	0,020	0,00000114	1,307	194217,226	0,017	0,085	0,090	0,005
																	2,821		0,023

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	$\mu$	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
-----	-------	------	------	---	-------	--------	-------	-------	-------	--------	------	---	-------	---	----	---	----	-------	--------

L	L1	1	14,00	0,016	0,224	3	1757	5271	5271	63	46,4	0,020	0,00000114	0,866	35243,400	0,024	0,275	0,224	-0,051
		2	18,00	0,016	0,288	4	1976	7247	12518	75	59,2	0,020	0,00000114	1,263	65601,838	0,021	0,520	0,288	-0,232
		3	18,00	0,016	0,288	4	1976	7904	20422	90	70,6	0,020	0,00000114	1,449	89742,123	0,020	0,539	0,288	-0,251
		4	18,00	0,016	0,288	3	1976	5928	26350	110	86,6	0,020	0,00000114	1,243	94398,587	0,019	0,316	0,288	-0,028
		5	18,00	0,016	0,288	4	1976	7904	34254	110	103,6	0,020	0,00000114	1,129	102578,018	0,019	0,213	0,288	0,075
		6	18,00	0,016	0,288	3	1976	5928	40182	125	117,6	0,020	0,00000114	1,028	106005,157	0,019	0,154	0,288	0,134
		7	18,00	0,016	0,288	4	1976	7904	48086	125	117,6	0,020	0,00000114	1,230	126856,901	0,018	0,214	0,288	0,074
		8	18,00	0,016	0,288	3	1976	5928	54014	140	131,8	0,020	0,00000114	1,100	127143,364	0,018	0,151	0,288	0,137
		9	18,00	0,016	0,288	4	1976	7904	61918	140	131,8	0,020	0,00000114	1,261	145748,561	0,018	0,195	0,288	0,093
		10	18,00	0,016	0,288	3	1976	5928	67846	140	131,8	0,020	0,00000114	1,381	159702,459	0,017	0,230	0,288	0,058
		11	18,00	0,016	0,288	4	1976	7904	75750	140	131,8	0,020	0,00000114	1,542	178307,657	0,017	0,282	0,288	0,006
		12	18,00	0,016	0,288	3	1976	5928	81678	140	131,8	0,020	0,00000114	1,663	192261,555	0,017	0,325	0,288	-0,037
		13	18,00	0,016	0,288	4	1976	7904	89582	160	150,6	0,020	0,00000114	1,397	184543,413	0,017	0,200	0,288	0,088
		14	18,00	0,016	0,288	3	1976	5928	95510	160	150,6	0,020	0,00000114	1,489	196755,391	0,017	0,225	0,288	0,063
		15	8,00	0,016	0,128	4	1976	7904	103414	160	150,6	0,020	0,00000114	1,613	213038,027	0,016	0,116	0,128	0,012
																<b>3,955</b>		<b>0,141</b>	

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	μ	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
	L2	1	11,00	0,008	0,088	4	1757	7028	7028	75	70,6	0,020	0,00000114	0,499	30883,735	0,024	0,048	0,088	0,040
		2	18,00	0,008	0,144	4	1976	7904	14932	90	86,6	0,020	0,00000114	0,704	53493,727	0,021	0,112	0,144	0,032
		3	18,00	0,008	0,144	3	1976	5928	20860	110	103,6	0,020	0,00000114	0,687	62467,959	0,021	0,086	0,144	0,058
		4	18,00	0,008	0,144	4	1976	7904	28764	110	103,6	0,020	0,00000114	0,948	86137,506	0,019	0,155	0,144	-0,011
		5	18,00	0,008	0,144	3	1976	5928	34692	125	117,6	0,020	0,00000114	0,887	91521,848	0,019	0,117	0,144	0,027
		6	18,00	0,008	0,144	4	1976	7904	42596	125	117,6	0,020	0,00000114	1,089	112373,592	0,018	0,171	0,144	-0,027
		7	18,00	0,008	0,144	3	1976	5928	48524	140	131,8	0,020	0,00000114	0,988	114220,472	0,018	0,124	0,144	0,020
		8	18,00	0,008	0,144	4	1976	7904	56428	140	131,8	0,020	0,00000114	1,149	132825,670	0,018	0,164	0,144	-0,020





		4	10,00	0,074	0,740	3	1976	5928	5928	40	36,4	0,020	0,00000114	1,582	50525,379	0,023	0,797	0,740	-0,057
																	<b>3,534</b>		<b>1,202</b>

	<b>M3</b>	1	21,00	0,079	1,659	1	1757	1757	1757	40	36,4	0,020	0,00000114	0,469	14975,218	0,029	0,187	1,659	1,472
		2	20,00	0,079	1,580	3	1976	5709	5709	40	36,4	0,020	0,00000114	1,524	48658,804	0,023	1,488	1,580	0,092
		3	10,00	0,079	0,790	3	1976	5709	5709	40	36,4	0,020	0,00000114	1,524	48658,804	0,023	0,744	0,790	0,046
																	<b>2,419</b>		<b>1,610</b>

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	$\mu$	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
	<b>M4</b>	1	18,00	0,014	0,252	3	1976	5709	5709	63	46,4	0,020	0,00000114	0,938	38171,992	0,023	0,409	0,252	-0,157
		2	18,00	0,014	0,252	3	1976	5709	11418	75	59,2	0,020	0,00000114	1,152	59837,177	0,021	0,439	0,252	-0,187
		3	18,00	0,014	0,252	3	1976	5709	17127	90	70,6	0,020	0,00000114	1,215	75262,625	0,020	0,390	0,252	-0,138
		4	18,00	0,014	0,252	3	1976	5709	22836	110	86,6	0,020	0,00000114	1,077	81809,720	0,020	0,243	0,252	0,009
		5	18,00	0,014	0,252	3	1976	5709	28545	110	103,6	0,020	0,00000114	0,941	85481,682	0,019	0,153	0,252	0,099
		6	18,00	0,014	0,252	3	1976	5709	34254	125	117,6	0,020	0,00000114	0,876	90366,349	0,019	0,115	0,252	0,137
		7	18,00	0,014	0,252	4	1976	7685	41939	125	117,6	0,020	0,00000114	1,073	110640,344	0,019	0,166	0,252	0,086
		8	18,00	0,014	0,252	4	1976	7685	49624	140	131,8	0,020	0,00000114	1,010	116809,758	0,018	0,130	0,252	0,122
		9	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	57528	140	131,8	0,020	0,00000114	1,171	135414,956	0,018	0,170	0,252	0,082
		10	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	63456	140	131,8	0,020	0,00000114	1,292	149368,854	0,018	0,204	0,252	0,048
		11	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	71360	140	131,8	0,020	0,00000114	1,453	167974,052	0,017	0,253	0,252	-0,001
		12	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	77288	140	131,8	0,020	0,00000114	1,574	181927,950	0,017	0,293	0,252	-0,041
		13	18,00	0,014	0,252	4	1976	7904	85192	160	150,6	0,020	0,00000114	1,328	175499,793	0,017	0,182	0,252	0,070
		14	18,00	0,014	0,252	3	1976	5928	91120	160	150,6	0,020	0,00000114	1,421	187711,770	0,017	0,207	0,252	0,045
		15	8,00	0,014	0,112	4	1976	7904	99024	160	150,6	0,020	0,00000114	1,544	203994,407	0,017	0,107	0,112	0,005
																	<b>3,460</b>		<b>0,180</b>

mód	submó	Tram	Long	J	hr ad	n° asp	Q asp	Q par	Q acu	dia.co	diám	K	$\mu$	v	Re	f	HR	hr ad	exceso
	<b>M5</b>	1	18,00	0,039	0,702	1	1757	1757	1757	50	46,4	0,020	0,00000114	0,289	11747,800	0,030	0,050	0,702	0,652
		2	18,00	0,039	0,702	3	1976	5709	7466	50	46,4	0,020	0,00000114	1,226	49919,793	0,022	0,666	0,702	0,036
		3	18,00	0,039	0,702	3	1976	5709	13175	63	59,2	0,020	0,00000114	1,330	69044,913	0,021	0,571	0,702	0,131
		4	18,00	0,039	0,702	3	1976	5928	19103	63	59,2	0,020	0,00000114	1,928	100111,193	0,020	1,133	0,702	-0,431
		5	18,00	0,039	0,702	2	1976	3952	23055	75	70,6	0,020	0,00000114	1,636	101312,537	0,019	0,674	0,702	0,028
		6	18,00	0,039	0,702	3	1976	5928	28983	75	70,6	0,020	0,00000114	2,057	127362,449	0,019	1,029	0,702	-0,327
		7	10,00	0,039	0,390	2	1976	3952	32935	90	86,6	0,020	0,00000114	1,553	117989,278	0,019	0,265	0,390	0,125
																	<b>4,387</b>		<b>0,215</b>

	<b>M6</b>	1	18,50	0,067	1,240	1	1757	1757	1757	40	36,4	0,020	0,00000114	0,469	14975,218	0,029	0,165	1,240	1,075
		2	18,50	0,067	1,240	2	1976	3733	3733	40	36,4	0,020	0,00000114	0,996	31817,011	0,025	0,635	1,240	0,605
		3	18,00	0,067	1,206	2	1976	3733	3733	40	36,4	0,020	0,00000114	0,996	31817,011	0,025	0,617	1,206	0,589
		4	10,00	0,067	0,670	3	1976	5709	5709	40	36,4	0,020	0,00000114	1,524	48658,804	0,023	0,744	0,670	-0,074
																	<b>2,161</b>		<b>2,194</b>

La presión necesaria al comienzo de cada módulo se ha calculado sumando a la presión de funcionamiento de los aspersores (30 m.c.a.) las pérdidas de carga que se producen en el módulo (las del tramo más desfavorable), más las pérdidas de carga singulares (piezas especiales), y las del porta-aspersor.

Así pues en la siguiente tabla se muestran las pérdidas de carga que se producen en cada módulo y submódulo, así como la presión necesaria en el origen de cada uno de ellos, que será la del submódulo que tenga mayores pérdidas de carga y esa será la presión necesaria en el origen de la unidad de riego.

- $(a \cdot h_r)_{LR} \rightarrow$  pérdidas de carga en el último lateral de riego.
- $(a \cdot h_r)_{TT} \rightarrow$  pérdidas de carga en la tubería terciaria.
- $\left(\frac{P_n}{\gamma}\right) \rightarrow$  presión nominal de funcionamiento de los aspersores.
- $h_a \rightarrow$  pérdida de carga del porta-aspersor.
- $\left(\frac{P_o}{\gamma}\right) \rightarrow$  presión necesaria al comienzo de cada módulo.

Todas las unidades están en metros.

Módulo	Submódulo	$(a \cdot h_f)_{LR}$	$(a \cdot h_f)_{TT}$	$\left(\frac{P_n}{\gamma}\right)$	ha	$\left(\frac{P_o}{\gamma}\right)$
A	A1	2,28	3,41	30	2,74	38,43
	A2	1,42	3,69	30	2,74	37,85
	A3	1,26	4,27	30	2,74	38,12
	A4	0,14	5,44	30	2,74	38,32
	A5	0,71	5,31	30	2,74	38,76
	A6	0,29	5,59	30	2,74	38,62
B	B1	1,26	4,56	30	2,74	38,56
	B2	0,53	5,29	30	2,74	38,56
C	C1	2,15	3,66	30	2,74	38,55
	C2	0,33	5,43	30	2,74	38,50
D	D1	0,91	4,78	30	2,74	38,43
	D2	1,16	4,47	30	2,74	38,37
E	E1	0,94	5,36	30	2,74	39,04
	E2	2,01	4,03	30	2,74	38,78
F	F1	1,10	4,74	30	2,74	38,58
	F2	1,52	4,29	30	2,74	38,55
G	G1	2,79	5,68	30	2,74	41,21
	G2	1,71	4,14	30	2,74	38,59
H	H1	2,64	3,16	30	2,74	38,54
	H2	1,04	4,87	30	2,74	38,65
I	I1	0,87	4,81	30	2,74	38,42
	I2	1,89	3,87	30	2,74	38,50
J	J1	2,18	3,66	30	2,74	38,58
	J2	1,34	4,42	30	2,74	38,50
K	K1	1,00	4,77	30	2,74	38,51
	K2	2,45	3,32	30	2,74	38,51
L	L1	1,23	4,74	30	2,74	38,71
	L2	2,84	3,08	30	2,74	38,66
M	M1	1,14	4,46	30	2,74	38,34
	M2	0,33	4,23	30	2,74	37,40
	M3	1,14	2,89	30	2,74	36,77
	M4	1,74	4,15	30	2,74	38,63
	M5	0,46	5,25	30	2,74	38,45
	M6	0,79	2,59	30	2,74	36,12

#### 4.2.4 CÁLCULO DE LA TUBERÍAS SECUNDARIAS

El cálculo de las tuberías secundarias se realiza a partir del dato conocido de la presión necesaria en un módulo de riego por aspersión.

Las tuberías secundarias conducen el agua hasta la entrada de cada módulo de riego. En nuestro caso, las tuberías secundarias son dos, denominadas tramo 1 y tramo 2. La

correspondiente al tramo 1 alimenta a todos los módulos excepto al M, por lo que cruza toda la parcela por el centro siendo la tubería más larga de las dos. Por su parte, el tramo 2 solo alimenta al módulo M.

Una vez dimensionadas estas tuberías y conociendo sus pérdidas de carga, sumadas a la presión necesaria en la entrada para cada módulo se puede calcular la presión a la que debe funcionar la red. Además, para el correcto dimensionado se deben tener en cuenta los diversos elementos singulares tales como válvulas, filtros, codos, derivaciones, etc.

El dimensionado de estas tuberías se realiza utilizando la fórmula empírica de Veronese, que es la que se utiliza para el PVC.

Para ello se parte de la condición de que en toma de riego debe haber una presión de 45 m.c.a. A partir de este dato, y conociendo la presión de los módulos (en este caso se toma la mayor) se conoce la pérdida de carga máxima para esa tubería secundaria.

Una vez conocida la pérdida de carga se establece la pérdida unitaria mínima que se puede presentar, y a partir de este dato se calcula el diámetro teórico (dependiente del caudal a transportar) de la tubería en cuestión. Una vez determinado este diámetro se ajusta al comercial. En este caso se adoptan tuberías de PVC PN 0,6 MPa.

El proceso seguido es el siguiente:

$$\text{Veronese} \rightarrow \frac{h_r}{L} = J = 0.365 \cdot \frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} \rightarrow D_{\text{teorico}} = \left( 0,365 \cdot \frac{Q^{1.8}}{J} \right)^{\frac{1}{4.8}} \rightarrow D_{\text{comercial}}$$

Una vez conocidas las máximas pérdidas que pueden darse, se procede a la determinación de la pendiente hidráulica J. Los resultados pueden verse en la siguiente tabla:

Tramo	Longitud (m)	Ho (m)	H (m)	J (m/m)
1	1035	41,21	3,79	0,003661836
2	283	38,63	6,37	0,022508834

Con los datos de la J de la tabla anterior se procede al dimensionado de las tuberías, cuyos resultados se pueden ver en la tabla siguiente:

Tramo	Longitud (m)	Q (l/s)	J (m)	D <sub>Teórico</sub> (mm)	D <sub>Comercial</sub> (mm)
1	1035	65,38	0,003661836	269,636718	<b>315</b>
2	283	61,78	0,022508834	180,822391	<b>200</b>

## 5. MOVIMIENTO DE TIERRAS

La instalación de una red fija de tuberías en un riego por aspersión conlleva un movimiento de tierras. Los volúmenes de tierra a mover variaran en función de la tubería a colocar y de las longitudes de los tramos.

De este modo, los movimientos de tierra se calculan tramo a tramo para las tuberías colocadas en toda la finca.

### 5.1 DEFINICIÓN DE ZANJAS

Para la colocación de las tuberías en el terreno se hace necesaria la excavación de una zanja y cuyas dimensiones varían en función del diámetro a colocar. Las dimensiones correspondientes son:

Diámetro exterior de la tubería (mm)	Anchura de la zanja (m)	Profundidad de la zanja (m)
& ≤ 200	& (m) + 0,6	& (m) + 0,9
& > 200	& (m) + 0,7	& (m) + 0,9

La sección tipo de la tubería se compone de una cama de arena de espesor  $10 + \varnothing/10$  cm. Desde la generatriz inferior hasta 30cm por encima de la generatriz superior, se rellenara con

material seleccionado de tamaño menor de 5 cm. La parte superior se rellena con material procedente de la excavación.

## 5.2 EXCAVACIÓN DE LA ZANJA DE LOS LATERALES DE RIEGO

Se calculan los volúmenes de tierra a mover para cada parcela y para cada tipo de tubería. De la misma forma los laterales o ramales de riego que se componen en su totalidad por PEBD Ø32, salvo en algunas esquinas donde ha sido mejor la instalación de tuberías de PVC, ha sido inyectado por medio de una oruga subsolador, a una profundidad de 0,9 metros. Los resultados son los siguientes:

Módulos	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Total
<b>Metros de PEBD Ø32 inyectados</b>	1240	1266	1332	1476	1431	1053	1509	1476	1440	1468	1486	1541	1314	<b>18.032</b>

## 5.3 EXCAVACIÓN DE LA ZANJA DE LAS TUBERÍAS TERCIARIAS

En la siguiente tabla se muestran los datos de los tipos de tubería empleados en las terciarias, así como el volumen de movimiento de tierras que han generado.

Tubería	Longitud (m)	Anchura (m)	Profundidad (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
PVC & 40	180	0,64	0,94	108,3
PVC & 50	297	0,65	0,95	298,6
PVC & 63	618	0,66	0,96	619,6
PVC & 75	626	0,68	0,98	627,66
PVC & 90	858	0,69	0,99	566,10
PVC & 110	792	0,71	1,01	568,00
PVC & 125	944	0,73	1,03	709,80
PVC & 140	1.279	0,74	1,04	984,30
PVC & 160	1.230	0,76	1,06	990,90
PVC & 180	906	0,78	1,08	763,20
PVC & 200	16	0,80	1,10	14,10
<b>TOTAL</b>				<b>6.250,5</b>



#### 5.4 EXCAVACIÓN DE LA ZANJA DE TUBERÍAS SECUNDARIAS

Tubería	Longitud (m)	Anchura (m)	Profundidad (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
PVC & 200	283	0,80	1,10	249
PVC & 315	1035	1,015	1,215	1.010,8
<b>TOTAL</b>				<b>1.259,8</b>

#### 5.5 EXCAVACIÓN DE LA ZANJA DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN

Tubería	Longitud (m)	Anchura (m)	Profundidad (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
PE & 250	190	0,98	1,15	214,13

#### 5.6 RESUMEN DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS

Los metros totales de PEBD Ø32 inyectados en la totalidad de la parcela son **18.032 m**, y los metros cúbicos que se han excavado de zanja en toda la finca son **7.689,5 m<sup>3</sup>**.

# **ANEJO 11**

## **CALCULO DE LA INSTALACION DE BOMBEO**

## Índice

1.	INTRODUCCIÓN .....	2
2.	DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS.....	2
3.	CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN .....	3
4.	DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN DE BOMBEO .....	3
4.1	POTENCIA NECESARIA EN LA INSTALACIÓN DE BOMBEO.....	6
4.2	ELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO.....	7
5.	CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE EN LA INSTALACIÓN DE BOMBEO .....	7
5.1	CÁLCULO DEL TIEMPO DE PARADA DE LA BOMBA.....	7
5.2	CÁLCULO DE LA CELERIDAD DE LA ONDA Y DE LA LONGITUD CRÍTICA.....	8
5.3	CÁLCULO DE LA SOBREPRESIÓN DEBIDA AL GOLPE DE ARIETE .....	9
5.4	ELECCIÓN DEL TIMBRAJE.....	10
5.5	ABSORCIÓN DEL GOLPE DE ARIETE.....	10

## 1. INTRODUCCIÓN

Al no disponer el Canal de las Bardenas de cota necesaria para regar toda la superficie de la finca por presión natural, se hace necesario el bombeo de agua a las parcelas para poder llevar a cabo el riego, por lo tanto la transformación a regadío queda condicionada a la utilización del riego por bombeo.

En este apartado se va a diseñar y calcular la instalación de bombeo necesaria para la puesta en riego de la finca, la cual se realizara desde dicho canal.

El caudal de agua a impulsar es de 65,38 l/s, que corresponde al módulo de riego que requiere mayor caudal, que habrá que llevar desde la toma de riego en el canal cuya cota es de 358 m, hasta la entrada de la parcela situada a una cota de 361 m.

La longitud de la tubería de impulsión es de 190 m.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS

El bombeo se va a realizar desde una estructura de hormigón construido hace años por la Confederación Hidrográfica del Ebro para el vaciado y limpieza del canal. La instalación de la bomba se realizara a la cota de 358 m. Para ello se instalará una bomba sumergida que irá fijada en una plataforma, la cual mediante unas ruedas irá guiada sobre raíles compuestos por vigas de acero IPE 100 que irán ancladas al suelo mediante hormigón armado, de un metro de profundidad, donde irá soldada la viga. Además irá una sirga de acero desde la plataforma hasta la superficie, con el fin de poder retirar la bomba del fondo de la estructura si surgiera algún problema.

Para la impulsión se opta por poner una tubería de polietileno flexible debido al mejor manejo del PVC en caso de tener que retirar la bomba. La impulsión tendrá una longitud de 190 m.

Al inicio de la tubería de impulsión irá colocada una válvula de retención. Al final de la tubería de impulsión, que llegara al edificio de control de la instalación, habrá un filtro de malla.

### 3. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN

Se establece como buen criterio, que para tuberías de impulsión de longitud moderada (entre 100 y 250 metros) se puede trabajar con velocidades en torno a 2 m/s.

Teniendo en cuenta que el caudal a impulsar es de 0,06538 m<sup>3</sup>/s y la velocidad dentro de la tubería sea de 2m/s, aplicando la fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,06538}{\pi \cdot 2}} = 0,204 \text{ m}$$

Se obtiene un diámetro teórico de 204 mm. Por lo que se usará una tubería de PEAD & 250 PN10 (diámetro interior de 226,20 mm).

La velocidad real con la tubería elegida será de 1,71 m/s.

### 4. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN DE BOMBEO

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

- Caudal a impulsar: 0,06538 m<sup>3</sup>/s (235,368 m<sup>3</sup>/h).
- Densidad del agua ( $\rho$ ): 1.000 kg/m<sup>3</sup>.
- Cota de aspiración: 358
- Cota de descarga: 361
- Longitud de la tubería de impulsión: 190
- Diámetro de la tubería de impulsión (D): 226,20 mm.
- Temperatura de cálculo: 15°C.
- Velocidad media del agua: 1,71 m/s.
- Altura de presión necesaria en el punto de descarga: 45 m.c.a.

El primer paso para dimensionar la instalación es determinar la altura manométrica de elevación. Esta altura se expresa como:

$$H_{me} = H_a + h_a + H_i + h_i$$

Donde:

- $H_a$ : altura geométrica de aspiración.
- $h_a$ : pérdidas de carga producidas en la aspiración.
- $H_i$ : altura geométrica de la impulsión.
- $h_i$ : pérdidas de carga producidas en la impulsión.

Al tratarse de una bomba sumergida donde la cota de aspiración coincide con el eje de la bomba, tendremos una  $H_a = 0$  y por lo tanto las pérdidas de carga producidas por la aspiración se pueden despreciar.

$$H_i = 3 \text{ m.}$$

Conociendo que  $h_i$  es la suma de las pérdidas producidas por rozamiento continuo ( $h_{ri}$ ) y singulares ( $h_{si}$ ), se procede al cálculo de estas.

### Cálculo de $h_{ri}$

Se calcula el nº de Reynolds a partir de los datos de velocidad (1,71 m/s), diámetro de la tubería (0,2262 m) y de la viscosidad del agua a 15°C ( $1,14 \cdot 10^{-6}$ ):

$$R = \frac{D \cdot V}{\nu} = \frac{0,2262 \cdot 1,71}{1,14 \cdot 10^{-6}} = 330.600$$

Una vez calculado Reynolds, se procede al cálculo del factor de fricción ( $f$ ) mediante la fórmula logarítmica de Jain (para el polietileno,  $K = 0,002$  mm):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{5,73}{R^{0,9}} + \frac{K}{3,71 \cdot D} \right) \Rightarrow f = 0,014$$

Ahora se pasa al cálculo de las pérdidas de carga por rozamiento continuo ( $h_{ri}$ ) mediante la fórmula universal de Darcy-Weisbach:

$$h_r = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} = 0,014 \cdot \frac{190}{0,2262} \cdot \frac{1,71^2}{2 \cdot 9,81} = 1,8 \text{ m.c.a.}$$

### Cálculo de $h_{si}$

Las pérdidas de carga singulares se estiman en un 10% de las pérdidas debidas al rozamiento continuo cuando la equidistancia media entre piezas singulares es menos que mil veces el diámetro de la tubería.

De esta forma tenemos unas  $h_{si} = 0,18 \text{ m.c.a.}$

Así pues las pérdidas de carga producidas por la impulsión son:

$$h_i = h_{ri} + h_{si} = 1,8 + 0,18 = 1,98 \text{ m.c.a.}$$

Ahora se puede pasar a determinar la altura manométrica de elevación ( $H_{me}$ ), que resulta de:

$$H_{me} = H_a + h_a + H_i + h_i = 0 + 0 + 3 + 1,98 = 4,98 \text{ m.c.a.}$$

A este dato hay que añadir los 45 m.c.a. que necesitamos para el buen funcionamiento de la instalación en la caseta de control de mandos, los 0,2 m.c.a. procedentes de las pérdidas de carga ocasionadas por la válvula de retención y los 4 m.c.a. procedentes de las pérdidas de carga ocasionadas por el equipo de filtración situado al final de la tubería de impulsión. Lo que nos da una altura manométrica de elevación total de:

$$H_{me} = 4,98 + 45 + 4 + 0,2 = 51,18 \text{ m.c.a.}$$

#### 4.1 POTENCIA NECESARIA EN LA INSTALACIÓN DE BOMBEO

Lo primero a realizar es calcular la potencia útil del grupo electrobomba que viene dada por la siguiente expresión:

$$N_u = \frac{\rho \cdot Q \cdot H_{me}}{75}$$

Donde:

- $N_u$ : Potencia del grupo de bombeo, en C.V.
- $Q$  : Caudal a elevar por cada bomba, en  $m^3/s$ .
- $H_{me}$ : Altura manométrica de elevación, en m.
- $\rho$ : Densidad del agua, en  $Kg/m^3$ .

De esta forma:

$$N_u = \frac{1.000 \cdot 0,06538 \cdot 51,18}{75} = 44,6 \text{ CV}$$

Para que la bomba pueda aportar la potencia útil al flujo es necesario que reciba una potencia algo superior en su eje de accionamiento de tal manera que se puedan compensar los rendimientos. Así surge la potencia en el eje de la bomba, que es la que deja disponible el motor para ser aprovechada por la bomba a la hora de transmitir la potencia útil y vencer rozamientos y pérdidas de carga. De esta manera:

$$N_{eje} = \frac{N_u}{\eta_B} = \frac{44,6}{0,80} = 55,75 \text{ CV}$$

Para que el motor de accionamiento deje disponible una potencia en el eje igual a la calculada anteriormente, es necesario que absorba una potencia eléctrica superior de manera que se compensen los rozamientos mecánicos y las pérdidas eléctricas en ese motor. Esos rozamientos y pérdidas se evalúan a través del rendimiento del motor ( $\eta_m$ ) y se calcula como:



$$N_{\text{motor}} = \frac{N_{\text{eje}}}{\eta_m} = \frac{55,75}{0,75} = 74,3 \text{ CV}$$

## 4.2 ELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO

Para cubrir las necesidades de la instalación tanto en caudal como en altura manométrica, se necesita una equipo de bombeo que proporcione un caudal total de 235,37 m<sup>3</sup>/h y una altura de 51,18 m.c.a., así como un conjunto de motores que desarrolle aproximadamente 75 CV.

Con estos datos se elige de los diferentes catálogos comerciales un grupo electrobomba con la siguiente potencia:

$$75 \text{ CV} / 0,736 = 102 \text{ KW} \rightarrow 102 \text{ KW} / 0,8 = 127,5 \text{ Kva}$$

## 5. CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE EN LA INSTALACIÓN DE BOMBEO

Con la parada del grupo de impulsión, y el cierre violento de válvulas se produce en la tubería de impulsión una sobrepresión denominada golpe de ariete. Para compensar esta sobrepresión deben dimensionarse mecanismos que lo amortigüen e instalar en lo posible elementos singulares que reduzcan la producción del mismo.

### 5.1 CÁLCULO DEL TIEMPO DE PARADA DE LA BOMBA

Según la expresión de E. Mendiluce se define el tiempo de parada de la bomba como:

$$T = \frac{K \cdot L(m) \cdot V(m/s)}{g \cdot H_{me}(m)} + C$$

Donde:

- K: Coeficiente de ajuste que depende de la longitud de la tubería de impulsión.
- C: Coeficiente de ajuste que depende de la pendiente hidráulica de la impulsión.
- V: Velocidad del agua, en m/s.
- L: longitud de la tubería de impulsión, en m.
- g: aceleración de la gravedad, 9,81 m/s<sup>2</sup>.
- H<sub>me</sub>: altura manométrica de impulsión, en m.

K	Longitud tubería (m)
2	< 500
1,75	= 500
1,5	500 < L < 1500
1,25	= 1500
1	> 1500

$$T = \frac{2 \cdot 190 \cdot 1,71}{9,81 \cdot 51,18} + 0,6 = 1,89 \text{ segundos}$$

## 5.2 CÁLCULO DE LA CELERIDAD DE LA ONDA Y DE LA LONGITUD CRÍTICA

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

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

Donde:

- D: Diámetro interior del tubo, en mm.
- e: Espesor del tubo, en mm.
- K: Coeficiente que depende del material de la tubería, para esta caso K=33,3.

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 33,3 \cdot \frac{226,2}{23,8}}} = 424,38 \text{ m/s}$$

Así pues:

- Si  $T < \frac{2L}{a}$ , siendo L la longitud de la tubería en m, se trata de un cierre rápido y se utiliza la fórmula de Allievi.
- Si  $T > \frac{2L}{a}$ , siendo L la longitud de la tubería en m, se trata de un cierre lento y se utiliza la fórmula de Michaud.

En este caso  $\frac{2 \cdot 190}{424,38} = 0,89$  segundos, y  $T = 1,89$  segundos, por lo tanto  $T > \frac{2L}{a}$  y se trata de un cierre lento por lo que se utiliza la fórmula de Michaud.

La longitud crítica de la onda viene dada por la siguiente expresión:

$$L_c = \frac{a \cdot T}{2} = \frac{424,38 \cdot 1,89}{2} = 401 \text{ m}$$

Se trata pues de una impulsión corta, ya que la longitud de la impulsión es menor que la longitud crítica.

### 5.3 CÁLCULO DE LA SOBREPRESIÓN DEBIDA AL GOLPE DE ARIETE

Utilizando la fórmula de Michaud resulta:

$$\Delta H = \frac{2 \cdot L \cdot V}{g \cdot T}$$

Donde:

- L : longitud de la tubería de impulsión, en m.
- V: velocidad del agua, en m/s.

- T: tiempo de parada de la bomba.
- g: aceleración de la gravedad, 9,81 m/s<sup>2</sup>.

$$\Delta H = \frac{2 \cdot 190 \cdot 1,71}{9,81 \cdot 1,89} = 35 \text{ m.c.a.}$$

Con lo que la presión máxima que se produzca en la tubería cuando se paren las bombas será:

$$P_{\max} = H_{me} + \Delta H = 51,18 + 35 = \mathbf{86,18 \text{ m.c.a.}}$$

#### 5.4 ELECCIÓN DEL TIMBRAJE

La válvula de retención se sitúa al inicio de la tubería de impulsión, por ello la presión estática máxima coincide con la diferencia de cota que ha de vencer la bomba. Disponiendo de un timbraje de 1 MPa sería suficiente para que no hubiera problemas de figuración causados por un exceso de presión, dado que la presión máxima que se produce en la tubería cuando se paren las bombas es de 86,18 m.c.a.

#### 5.5 ABSORCIÓN DEL GOLPE DE ARIETE

Para minimizar el golpe de ariete aunque este es pequeño, se instala una válvula de retención de 250 mm de diámetro de disco partido, PN 10, en el comienzo de la tubería de impulsión a la salida de la bomba. De esta forma se protege la conducción contra las posibles sobrepresiones, siendo esta una medida de control sencilla y económica.

# **ANEJO 12**

## **VIABILIDAD ECONOMICA**

## Índice

1.	INTRODUCCIÓN .....	2
2.	SITUACIÓN ACTUAL .....	2
3.	DATOS CONSIDERANDOS PARA EL ESTUDIO ECONÓMICO .....	3
3.1	RENDIMIENTO DEL CEREAL DE SECANO .....	3
3.2	SUBVENCIONES DE LA PAC .....	3
3.3	PRECIOS DE LAS PRODUCCIONES DE LOS CULTIVOS .....	4
3.4	DATOS DE LA EXPLOTACIÓN GANADERA EXISTENTE EN LA FINCA .....	4
4.	COSTES DE PRODUCCIÓN DE LOS CULTIVOS .....	6
5.	INGRESOS ANUALES .....	9
6.	FLUJO DESTRUIDO .....	10
7.	COSTE DEL AGUA DE RIEGO .....	10
8.	ESTUDIO DE RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN .....	12
8.1	CONSIDERACIONES PREVIAS .....	12
8.2	ESTUDIO DE RENTABILIDAD .....	13
8.3	ESTUDIO DE VIABILIDAD .....	15
9.	CONCLUSIONES .....	15

## 1. INTRODUCCIÓN

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

Así de esta forma se va a calcular el VAN o Valor Actual Neto y el TIR o Tasa Interna de Rentabilidad. El primero es indicador de rentabilidad absoluta y el segundo es un indicador de rentabilidad relativa.

El VAN dice que una inversión es rentable y viable cuando es mayor de cero. El TIR es el tipo de interés que hace el VAN de una inversión igual a cero, representa las unidades monetarias que se ganan por cada unidad monetaria invertida y año.

Para calcular los índices señalados anteriormente, se considera una vida útil de la inversión de 20 años, sobre el cual se define la corriente de pagos y cobros analizando toda su superficie en conjunto.

La rotación de cultivos se repite cada 10 años, por lo tanto será de 2 ciclos, aunque es cierto que la parcela está dividida en 2, cada una de 26,5 hectáreas, una parte estará con el cultivo del alfalfa implantado durante 5 años y la otra mitad con el resto de cultivos descritos en la rotación, y cuando pasen los 5 años la parte de la parcela que estaba de alfalfa pasara a sembrarse del resto de cultivos y de alfalfa la otra, por lo que los ingresos y gastos se repetirán cada 5 años.

## 2. SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente la finca objeto de modernización se viene cultivando en cereal de invierno, normalmente cebada, trigo y avena. Debido a las características de la zona, y la climatología de la misma, los rendimientos de estos cultivos son de tipo medio.

Por los motivos expresados en el anejo 1 se plantea la necesidad de transformar la finca objeto de este proyecto, y así de esta forma, aumentar los rendimientos de la misma.

### 3. DATOS CONSIDERANDOS PARA EL ESTUDIO ECONÓMICO

#### 3.1 RENDIMIENTO DEL CEREAL DE SECANO

Estos datos se consideran a la hora de calcular el flujo destruido. Los rendimientos medios que se obtienen son:

Cultivo	Grano (Tm/Ha)
Cebada	3,5
Trigo	3,5
Avena	2,5

La paja del cereal en la actualidad no es vendida ya que es recogida para la explotación ganadera de la finca. Pero no toda, ya que la producción es mayor que lo que la ganadería consume y parte de ella se deja sobre el terreno para ser consumida mediante pastoreo o incorporada al suelo para aumentar la materia orgánica de este.

En la transformación en regadío la producción de paja también será mayor, pero como siendo seco la producida era mayor que la consumida no se tiene en cuenta en el balance económico de la transformación. Además la venta en la zona no está explotada por lo que es muy difícil obtener ingresos de ella.

#### 3.2 SUBVENCIONES DE LA PAC

Luna pertenece a las Cinco Villas, y tras la última reforma de la PAC forma parte de una región de seco con un pago por hectárea de 120 euros, pero como el promotor tenía derechos



de pago básico de los que también formaban parte la ganadería, estos eran mayores aunque con la convergencia han sido disminuidos.

La media del derecho del pago está en 150 euros por hectárea.

Con la transformación en regadío, los derechos no pasan a tener un valor de regadío, sino que se quedan con el valor que tenían, por lo que a la hora de realizar el flujo destruido no se tendrá en cuenta las ayudas PAC porque serán las mismas tras la transformación.

### 3.3 PRECIOS DE LAS PRODUCCIONES DE LOS CULTIVOS

Los valores medios de los últimos años de los precios de los cultivos son los siguientes:

- Trigo duro →	200 €/Tm.
- Cebada →	150€/Tm.
- Alfalfa →	160 €/Tm.
- Maíz →	180 €/Tm.
- Girasol →	240 €/Tm.
- Guisante →	240 €/Tm.
- Veza forrajera →	90 €/Tm.

### 3.4 DATOS DE LA EXPLOTACIÓN GANADERA EXISTENTE EN LA FINCA

Como ya se ha ido explicando a lo largo de los diferentes anejos descritos con anterioridad, la explotación en su conjunto se puede considerar agro-ganadera, ya que además de la parcela agrícola a transformar y otras de secano, también posee 1.300 ovejas para la producción de corderos.

Una de las finalidades de la transformación en regadío de la parcela es de mejorar la alimentación del ganado y disminuir la dependencia de recursos comprados, ya sea mediante la recolección de productos de alta calidad (maíz, cebada, veza o alfalfa), o mediante el pastoreo aprovechando los residuos de la agricultura (rastros de cebada, trigo, maíz o girasol) o de rebrotes de alfalfa en el periodo invernal cuando el alimento escasea en los secanos de la zona.

A continuación se van a describir las necesidades alimenticias de la explotación ganadera. Estas son las reales que se consumen por una parte del rebaño, solamente de las ovejas en lactación.

En la explotación se realizan 4 épocas de partos a los largo del año y en ellas se reparten las 1.300 ovejas:

La estimación de los que consume cada oveja en la época de lactación es:

- 0,5 kg de concentrado (maíz, cebada)/ oveja y día
- 0,5 kg de alfalfa en rama/ oveja y día

Épocas de partos:

- Septiembre:
  - 400 ovejas paridas
  - 2,5 meses estabuladas: 75 días
  - $400 \times 0,5 \times 75 = 15.000$  kg de concentrado
  - $400 \times 0,5 \times 75 = 15.000$  kg de alfalfa en rama
- Noviembre:
  - 300 ovejas paridas
  - 2,5 meses estabuladas: 75 días
  - $300 \times 0,5 \times 75 = 11.250$ kg de concentrado
  - $300 \times 0,5 \times 75 = 11.250$  kg de alfalfa en rama
- Enero:
  - 200 ovejas paridas
  - 2,5 meses estabuladas: 75 días
  - $300 \times 0,5 \times 75 = 7.500$  kg de concentrado
  - $300 \times 0,5 \times 75 = 7.500$  kg de alfalfa en rama
- Mayo:
  - 500 ovejas paridas
  - 2,5 meses estabuladas: 75 días
  - $500 \times 0,5 \times 75 = 18.750$  kg de concentrado

- $500 \times 0,5 \times 75 = 18.750$  kg de alfalfa en rama

Esto hace un total de kilos necesitados:

- 52.500 kg de concentrado al año
- 52.500 kg de alfalfa en rama al año

Los rebrotes de alfalfa serán aprovechados mediante pastoreo a diente por el resto del ganado que no esté con corderos desde el 1 de noviembre hasta el 1 de febrero.

Esta práctica de pastoreo de la alfalfa es beneficiosa para el cultivo ya que las ovejas hacen que disminuyan la cantidad de plagas, enfermedades y malas hierbas en el cultivo.

## 4. COSTES DE PRODUCCIÓN DE LOS CULTIVOS

Para el cálculo de los costes de la maquinaria se han utilizado las hojas de cálculo elaboradas por el Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

Son costes medios de las labores agrícolas con diferentes maquinarias automotrices y diferentes aperos.

Estos costes han sido contrastados con los precios reales de la zona y se pueden considerar reales.

### COSTES DE UNA HECTÁREA DE CEBADA

Labor	€/Ha
Labor de grada de discos	17
Cultivador de brazos	12
Rodillo	9,31
Semilla (200 Kg/Ha a 0.30 Euros/Kg)	60
Siembra con sembradora	30
Remolque esparcidor	30
Aplicación urea	5
Urea 46% (200 Kg/Ha a 0.30 Euros/Kg)	60
Aplicación nitrato	5
Nitrato n 27%	60
Aplicación herbicida	6
Herbicida preemergencia	30
Recolección	45
Impuestos, I.B.I. rústica, seguros, etc.	20
Cuota agua	100
<b>TOTAL</b>	<b>489,31</b>

En estas labores incluimos el remolque esparcidor de estiércol pero no se incluye el coste del estiércol, éste es de la propia explotación ganadera e igual que no se contará el precio de la paja para el ovino tampoco se tiene en cuenta en los costes el estiércol aportado.

### **COSTES DE UNA HECTÁREA DE TRIGO**

Los costes de producción de una hectárea de trigo son los mismos que para la cebada más un incremento de 20 euros/ hectárea ya que el valor de la semilla es mayor **TOTAL 510 euros**

### **COSTES DE UNA HECTÁREA DE GIRASOL**

<b>Labor</b>	<b>€/Ha</b>
Siembra con sembradora SD	60
Semilla (8 Kg/Ha a 6 Euros/Kg)	48
Herbicida y aplicación	30
Fertilizante N 32% 300 kg/ha	75
Recolección	60
Impuestos, I.B.I. rústica, seguros, etc.	20
<b>TOTAL</b>	<b>293</b>

### **COSTES DE UNA HECTÁREA DE MAIZ**

<b>Labor</b>	<b>€/Ha</b>
Sembradora monograno de SD	60
Abonadora suspendida	9,52
Semilla (90000 plantas/Ha x 2,4 €/1000 plantas)	216,36
Abono de fondo 400 kg/ha de 15-15-15	120
Abono de cobertera N 32%	150
Pulverizador barras	12
Herbicida preemergencia	60
Pulverizador barras	12
Herbicida postemergencia	30
Recolección	75
Impuestos, I.B.I. rústica, seguros, etc.	20
Cuota agua	100
<b>TOTAL</b>	<b>864,88</b>

### COSTES DE UNA HECTÁREA DE ALFALFA

Labor	€/Ha
Labor subsolador	37
Labor cultivador	12
Rotocultor	60
Rodillo	9
Remolque esparcidor	25
Semilla (40 Kg/Ha x 6 €/Kg)	240
Siembra con sembradora	25
Pulverizador	6
Herbicida primer año	100
Abono de mantenimiento (400 Kg/Ha x 4 años)	408
Aplicación abono	20
Siega (5 cortes/año x 5 años x 20 €/corte)	500
Hilerado (5 cortes/año x 5 años x 10 €/corte)	250
Remolque autocargador (4 viajes/año x 5 años x 40 €/corte)	800
Empacado 1 corte x 5 años x 40 euros/ha	200
Reparación y mantenimiento maquinaria	100
Impuestos	100
Pago agua 100 euros/ha x 5 años	500
<b>TOTAL</b>	<b>2878 (5 años)</b> <b>514 (1 año)</b>

En los años 2º,3º,4º y 5º no hay gastos de fitosanitarios, esto es gracias a que en invierno la alfalfa es pastoreada con el ganado y ésta queda limpia de plagas y malas hierbas.

El coste de implantación del alfalfa es de 514 euros, a esta cantidad le sumaremos los costes totales en los 5 años que son 2878 euros y todo ello lo dividiremos por los años de implantación (5 años).

Esto hace un coste de **678,4 euros/hectárea**

### COSTES DE UNA HECTÁREA DE VEZA

Labor	€/Ha
Labor de grada de discos	17
Cultivador de brazos	12
Rodillo	9,31
Siembra	30
Semilla 100 kg/ha a 0,6	60
Abonadora tolva grande	4,27
Fertilizante 300 kg/ha 0-10-10	72
Herbicida preemergencia	20
Pulverizador	6
Rastrillo hilerador + segadora	30
Empacadora	40
Impuestos, I.B.I. rústica, seguros, etc.	20
<b>TOTAL</b>	<b>320,58</b>

### COSTES DE UNA HECTÁREA DE GUISANTE

Los costes de producción de una hectárea de guisantes son similares a los de la veza total **320,58 euros**

En los costes calculados el coste del agua es anual, por ello ya que se hacen 2 cultivos en un año, en algunos cultivos no se tiene en cuenta porque ya ha sido calculado en el cultivo anterior.

## 5. INGRESOS ANUALES

Los ingresos anuales se deben a la venta de la producción del cultivo y a las subvenciones de la PAC. El precio de los productos puede variar de un año a otro, por eso se ha tomado un precio medio teniéndose en cuenta los precios de años anteriores.

Para los cultivos que se han tenido en cuenta en la rotación los ingresos que se obtienen son los siguientes:

Cultivo	Producción (Tm/Ha)	Precio (€/Tm)	Ingresos (€/Ha)	Ayuda PAC (€/Ha)	Total (€/Ha)
<b>CEBADA</b>	grano: 6,5	150	975	0	<b>975</b>
<b>TRIGO DURO</b>	grano: 6	200	1.200	0	<b>1.200</b>
<b>ALFALFA</b>	14	160	2240	0	<b>2.240</b>
<b>MAIZ</b>	12	180	2160	0	<b>2.160</b>
<b>GIRASOL</b>	3	250	750	0	<b>750</b>
<b>VEZA</b>	6	90	540	0	<b>540</b>
<b>GUISANTE</b>	2	240	480	0	<b>480</b>

## 6. FLUJO DESTRUIDO

Es el valor de los rendimientos que se obtienen en la situación actual, es decir, para los cultivos de cebada, trigo y avena para su cálculo. Este flujo destruido se calcula a partir de los costes de producción y de los ingresos que se obtienen, y resulta de:

Se han considerado los gastos e ingresos en el caso del trigo duro que es el que genera unos mayores ingresos.

Cultivo	Costes (€/Ha)	Ingresos (€/Ha)	Flujo destruido (€/Ha)	Total flujo destruido (€)
<b>Trigo</b>	370	700	330	<b>17.490</b>

## 7. COSTE DEL AGUA DE RIEGO

Los costes del consumo de agua de riego son los que se derivan del consumo de la energía necesaria para la impulsión del agua desde el Canal de las Bardenas y el precio del agua.

El precio del agua consumida como ya hemos explicado, es una cuota anual en el sector del Canal de Bardenas donde se encuentra la parcela. Esta cuota anual asciende a 100 euros/ha. Si esto lo tenemos en cuenta para el alfalfa y el maíz que son los cultivos más exigentes saldría a 10

euros por cada 1000 metro cúbicos. La cuota del agua lo tomamos como un gasto fijo, se riegue o no se riegue, y en este caso aunque realizaremos dos cultivos en un año solamente lo tendremos en cuenta en un cultivo, por ejemplo en el primer año se sembrara en la mitad de la parcela veza en octubre y maíz en primavera después de haber levantado el cultivo de la veza, solamente tendremos en cuenta el gasto de los 100 euros por hectárea en el maíz.

Los consumos de agua por cada cultivo son:

Cultivo	Consumo anual (mm)	Consumo anual (m <sup>3</sup> /Ha)
Cebada	373,82	3738,2
Trigo	431,49	4314,9
Maíz	939,21	9392,1
Alfalfa	1073,98	10739,8
Girasol	777,38	7773,8
Veza	328,91	3289,1
Guisante	283,62	2836,2

Para el cálculo del coste de la energía eléctrica es necesario conocer el tiempo de funcionamiento de las bombas y del coste de la energía consumida. En este caso la energía eléctrica para el accionamiento de los equipos se realiza por medio de grupos electrógenos diésel, así por lo tanto, solo se tendrá en cuenta el consumo de combustible de estos.

De esta forma realizando un estudio de los consumos de combustible así como el mantenimiento de la estación de impulsión, resulta de 18 €/1000 m<sup>3</sup>. Este coste sí que se tendrá en cuenta para cada cultivo.



## 8. ESTUDIO DE RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN

### 8.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

El presupuesto total de la inversión asciende a 281.374 €, incluyendo el presupuesto de ejecución material, los gastos generales y el beneficio industrial, y el coste estimado de elaboración del proyecto y la dirección de obra.

Los beneficios anuales serán los calculados anteriormente y serán fijos. No se tendrá en cuenta la inflación.

No se considerará el valor residual de los elementos de la explotación.

El flujo destruido es de 17.490 €. El coste de la mano de obra no se tiene en cuenta, ya que la explotación en principio se establece que va a ser dirigida y trabajada por el propietario y por su familia que ya venían trabajando la explotación de secano y además con todos los automatismos instalados la mano de obra será similar a la ya invertida en secano.

Solamente se tiene en cuenta la mano de obra de mantenimiento de la instalación, este importe viene ya sumado en el mantenimiento junto con los materiales.

Se debe tener en cuenta el mantenimiento de la instalación de riego, como por ejemplo reparación de aspersores, tuberías... este valor junto con la mano de obra se estima en 30 euros hectárea/año.

Se estima una vida útil de la instalación de 20 años.

En un principio no se establece ningún tipo de ayudas a la conversión a regadío de la finca

Se resume a continuación mediante un cuadro, los gastos e ingresos a lo largo de los diez años que dura la rotación de cultivos recomendada:

Año	Cultivo	Ha	Necesid. agua (m <sup>3</sup> /ha)	Coste energía del agua (€/ha)	Costes (€/ha)	Costes (€)	Ingresos (€/ha)	Ingresos (€)	
1	Alfalfa	26,5	10739,8	192	678,4	17.978	2.240	59.360	
1	Veza	26,5	3289,1	59	320,58	8.495,37	540	14.310	
1	Maiz	26,5	9392,1	169	864,88	22.919,32	2.160	57.240	
						<b>Costes totales</b>	<b>49.393</b>	<b>Ingresos totales</b>	<b>130.910</b>

Año	Cultivo	Ha	Necesid. agua (m <sup>3</sup> /ha)	Coste energía del agua (€/ha)	Costes (€/ha)	Costes (€)	Ingresos (€/ha)	Ingresos (€)
2	Alfalfa	26,5	10.739,8	192	678,4	17.978	2.240	59.360
2	Cebada	26,5	3738,2	67	489,31	12.966,7	975	25.837,5
2	Girasol	26,5	7773,8	140	293	7.764,5	750	19.875
<b>Costes totales</b>						<b>38.709</b>	<b>Ingresos totales</b>	<b>105.073</b>

Año	Cultivo	Ha	Necesid. agua (m <sup>3</sup> /ha)	Coste energía del agua (€/ha)	Costes (€/ha)	Costes (€)	Ingresos (€/ha)	Ingresos (€)
3	Alfalfa	26,5	10.739,8	192	678,4	17.978	2.240	59.360
3	Guisante	26,5	2836,2	51	320,58	8.495,37	480	12.720
3	Maíz	26,5	9392,1	169	864,88	22.919,32	2.160	57.240
<b>Costes totales</b>						<b>49.393</b>	<b>Ingresos totales</b>	<b>129.320</b>

Año	Cultivo	Ha	Necesid. agua (m <sup>3</sup> /ha)	Coste energía del agua (€/ha)	Costes (€/ha)	Costes (€)	Ingresos (€/ha)	Ingresos (€)
4	Alfalfa	26,5	10.739,8	192	678,4	17.978	2.240	59.360
4	Trigo	26,5	4314,9	77	510	13.515	1.200	31.800
4	Girasol	26,5	7773,8	140	293	7.764,5	750	19.875
<b>Costes totales</b>						<b>39.258</b>	<b>Ingresos totales</b>	<b>111.035</b>

Año	Cultivo	Ha	Necesid. agua (m <sup>3</sup> /ha)	Coste energía del agua (€/ha)	Costes (€/ha)	Costes (€)	Ingresos (€/ha)	Ingresos (€)
5	Alfalfa	26,5	10.739,8	192	678,4	17.978	2.240	59.360
5	Cebada	26,5	3738,2	67	489,31	12.966,7	975	25.837,5
5	Girasol	26,5	7773,8	140	293	7.764,5	750	19.875
<b>Costes totales</b>						<b>38.709</b>	<b>Ingresos totales</b>	<b>105.073</b>

A estos gastos debemos sumar 30 euros por hectárea y año del mantenimiento, que hacen unos costes anuales de 1.590 euros.

Con lo expuesto anteriormente se realiza el estudio de rentabilidad económica.

## 8.2 ESTUDIO DE RENTABILIDAD.

Por medio de una hoja de cálculo se calcula los flujos de caja que se originan cada año, teniendo en cuenta los cobros los pagos que se originan de la explotación.

Año	Cobros ordinarios	Pagos ordinarios	Pagos energía	Mantenimiento	Flujo destruido	Pagos inversión	Flujo de caja
0						281.374	<b>-281.374</b>
1	130.910	49.393	11.130	1.590	17.490		<b>51.307</b>
2	105.073	38.709	10.574	1.590	17.490		<b>36.710</b>
3	129.320	49.393	10.920	1.590	17.490		<b>49.927</b>
4	111.035	39.258	10.839	1.590	17.490		<b>41.858</b>
5	105.073	38.709	10.574	1.590	17.490		<b>36.710</b>
6	130.910	49.393	11.130	1.590	17.490		<b>51.307</b>
7	105.073	38.709	10.574	1.590	17.490		<b>36.710</b>
8	129.320	49.393	10.920	1.590	17.490		<b>49.927</b>
9	111.035	39.258	10.839	1.590	17.490		<b>41.858</b>
10	105.073	38.709	10.574	1.590	17.490		<b>36.710</b>
11	130.910	49.393	11.130	1.590	17.490		<b>51.307</b>
12	105.073	38.709	10.574	1.590	17.490		<b>36.710</b>
13	129.320	49.393	10.920	1.590	17.490		<b>49.927</b>
14	111.035	39.258	10.839	1.590	17.490		<b>41.858</b>
15	105.073	38.709	10.574	1.590	17.490		<b>36.710</b>
16	130.910	49.393	11.130	1.590	17.490		<b>51.307</b>
17	105.073	38.709	10.574	1.590	17.490		<b>36.710</b>
18	129.320	49.393	10.920	1.590	17.490		<b>49.927</b>
19	111.035	39.258	10.839	1.590	17.490		<b>41.858</b>
20	105.073	38.709	10.574	1.590	17.490		<b>36.710</b>

### 8.3 ESTUDIO DE VIABILIDAD

A partir de los flujos de caja calculados en el apartado anterior se han calculado los índices de rentabilidad que se exponen a continuación:

- Valor Actual Neto (tasa de actualización del 6%): **218.503,58 €**
- Tasa Interna de Rentabilidad: **14,60 %**
- Pay Back o Tasa de Recuperación con descuento ( $r=6\%$ ) de 9 años

## 9. CONCLUSIONES

Desde el punto de vista del VAN se observa que la inversión es viable y rentable. El TIR es superior a la tasa de actualización utilizada, por lo tanto la inversión también es rentable.

Además se debe de tener en cuenta que una de las principales finalidades de este proyecto es de suministrar alimento a la explotación ganadera existente en la finca. Con esta instalación de riego además de poder recolectar productos para el ganado con unos parámetros de gran calidad también se está suministrando al ganado un alimento en los meses de invierno mediante el pastoreo a diente de los restos de maíz y girasol además de los rebrotes de alfalfa que hacen que la explotación ganadera sea más viable.

Por lo tanto, en función de los resultados obtenidos se puede concluir que la inversión es viable y rentable.



Universidad  
Zaragoza



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



UNIVERSIDAD DE  
ZARAGOZA

**PROYECTO- TRABAJO FIN DE CARRERA**

**TRANSFORMACION EN REGADIO DE 42 HA  
EN EL TERMINO MUNICIPAL DE LUNA  
(ZARAGOZA) ORIENTADA A LA  
ALIMENTACION DE UNA EXPLOTACION  
OVINA YA EXISTENTE DE 1300 CABEZAS**

**DOCUMENTO 2: PLANOS**


# **ÍNDICE DE PLANOS**

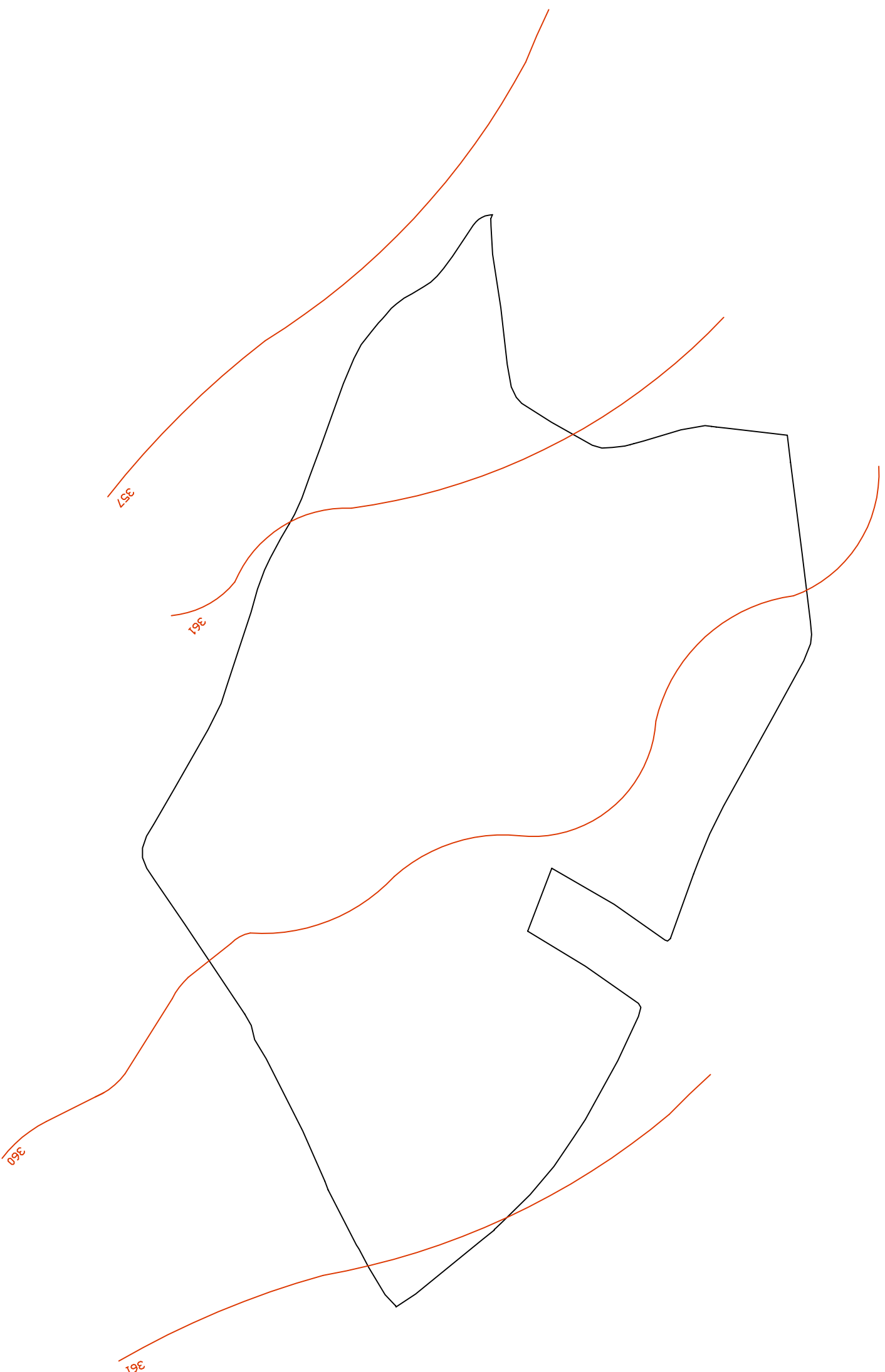
- **PLANO 1:** PLANO SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
- **PLANO 2:** PLANO TOPOGRÁFICO
- **PLANO 3:** PLANO MÓDULOS DE RIEGO
- **PLANO 4:** PLANO AUTOMATIZACIÓN (MICROTUBOS)
- **PLANO 5:** PLANO DETALLE ASPERSORES
- **PLANO 6:** PLANO DETALLE ZANJA
- **PLANO 7:** PLANO DETALLES ANCLAJES
- **PLANO 8:** PLANO DERIVACIÓN
- **PLANO 9:** PLANO TOMA DE RIEGO TIPO
- **PLANO 10:** PLANO DETALLE BOMBA IMPULSION



ESCALA: 1/10000



<p>JAVIER NOCITO PÉREZ</p>			
<p>TRANSFORMACIÓN EN REGADÍO DE 42 ha EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE LUNA ( ZARAGOZA) ORIENTADA A LA ALIMENTACIÓN DE UNA EXPLOTACIÓN OVINA YA EXISTENTE DE 1300 CABEZAS</p>			
<p>SITUACIÓN</p>		<p>PLANO Nº: 1 ESCALA: S/E</p>	



JAVIER NOCITO PÉREZ



Escuela Politécnica  
Superior - Huesca  
Universidad Zaragoza

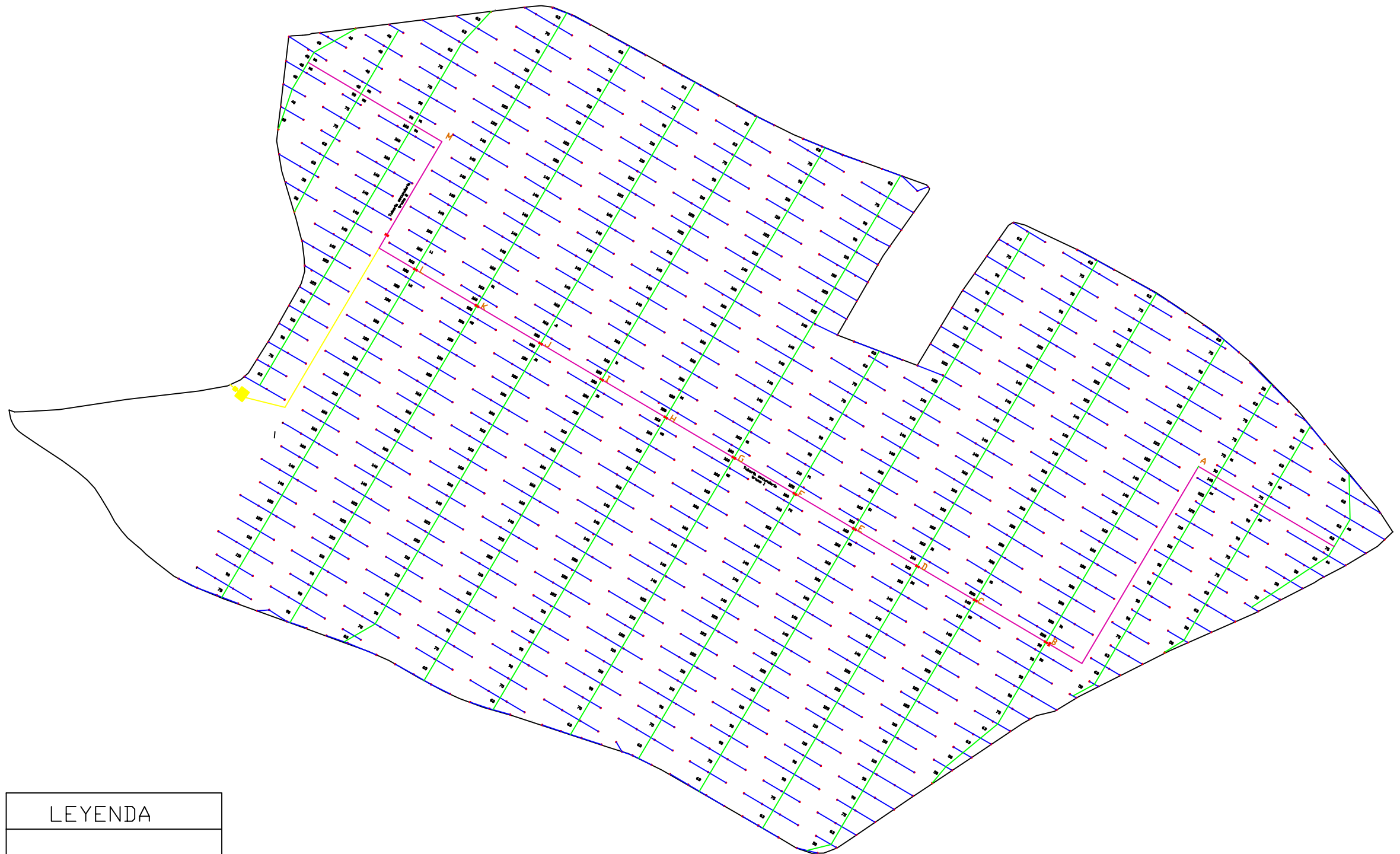
TRANSFORMACIÓN EN REGADÍO DE 42 ha EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE LUNA (ZARAGOZA)  
ORIENTADA A LA ALIMENTACIÓN DE UNA EXPLOTACIÓN OVINA YA EXISTENTE DE 1300 CABEZAS

PLANO TOPOGRÁFICO

PLANO Nº: 2

ESCALA: 1/10000





LEYENDA	
	ASPERSOR
	LATERAL DE RIEGO (PE 32mm)
	TUBERIA TERCIARIA
	TUBERIA SECUNDARIA
	TUBERIA DE IMPULSION
	LIMITE DE PARCELA
	VÁLVULA HIDRAULICA
	MÓDULO DE RIEGO

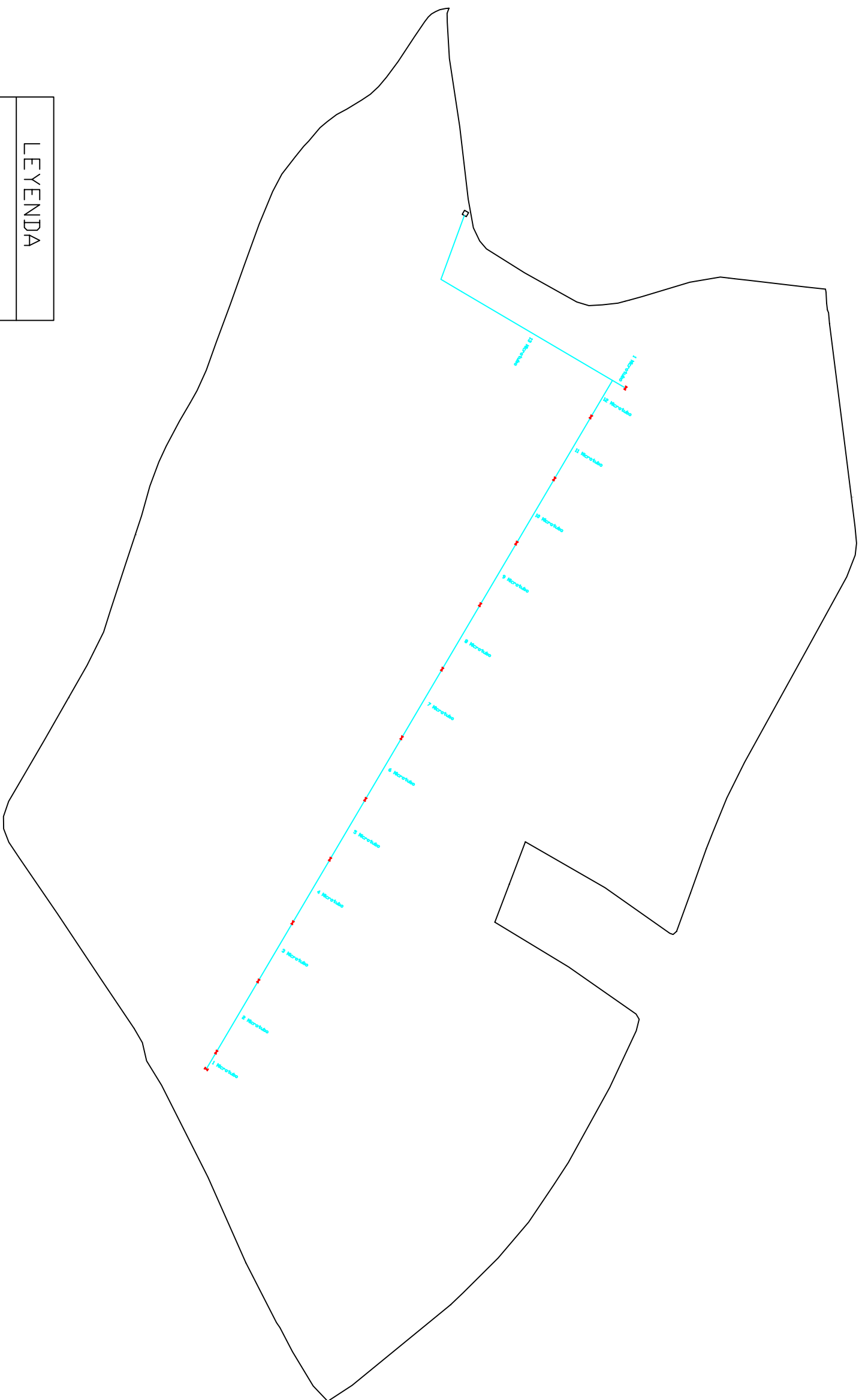
JAVIER NOCITO PÉREZ



TRANSFORMACIÓN EN REGADÍO DE 42 ha EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE LUNA ( ZARAGOZA)  
ORIENTADA A LA ALIMENTACIÓN DE UNA EXPLOTACIÓN OVINA YA EXISTENTE DE 1300 CABEZAS

### MÓDULOS DE RIEGO

PLANO Nº: 3  
ESCALA: 1/7500



LEYENDA	
	CASETA DE MANDOS
	MICROTUBO PE (6mm)
	LMITE DE PARCELA
	VALVULA HIDRAULICA

JAVIER NOCITO PÉREZ

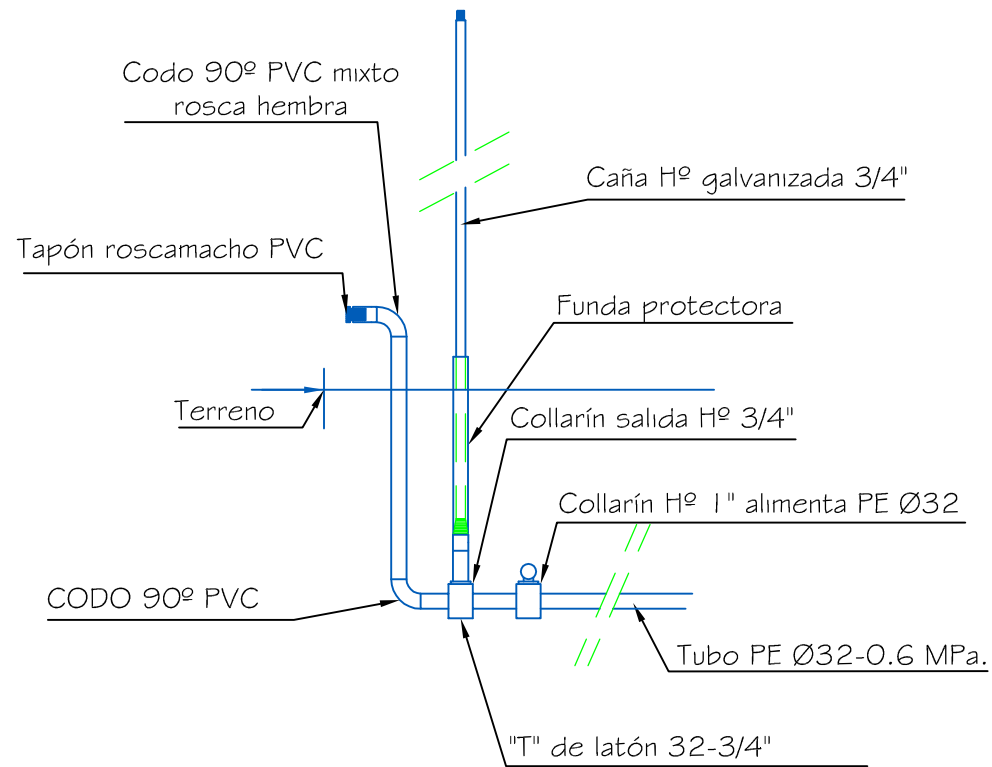


TRANSFORMACIÓN EN REGADÍO DE 42 ha EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE LUNA (ZARAGOZA)  
ORIENTADA A LA ALIMENTACIÓN DE UNA EXPLOTACIÓN OVINA YA EXISTENTE DE 1300 CABEZAS

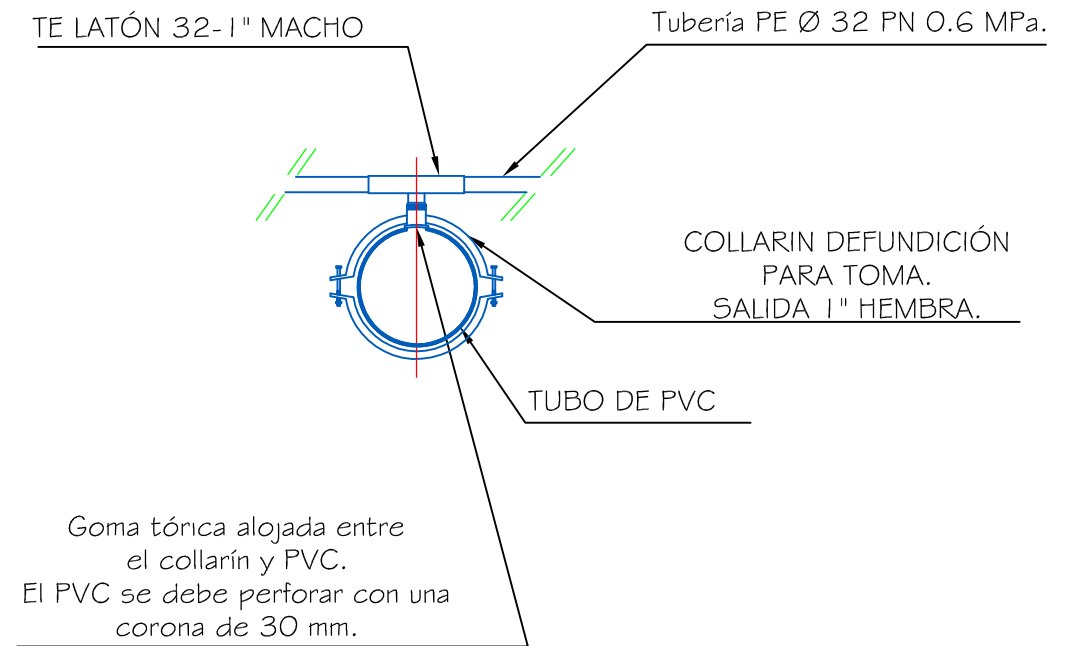
# AUTOMATIZACIÓN MICROTUBOS

PLANO Nº: 4  
ESCALA: 1/7500

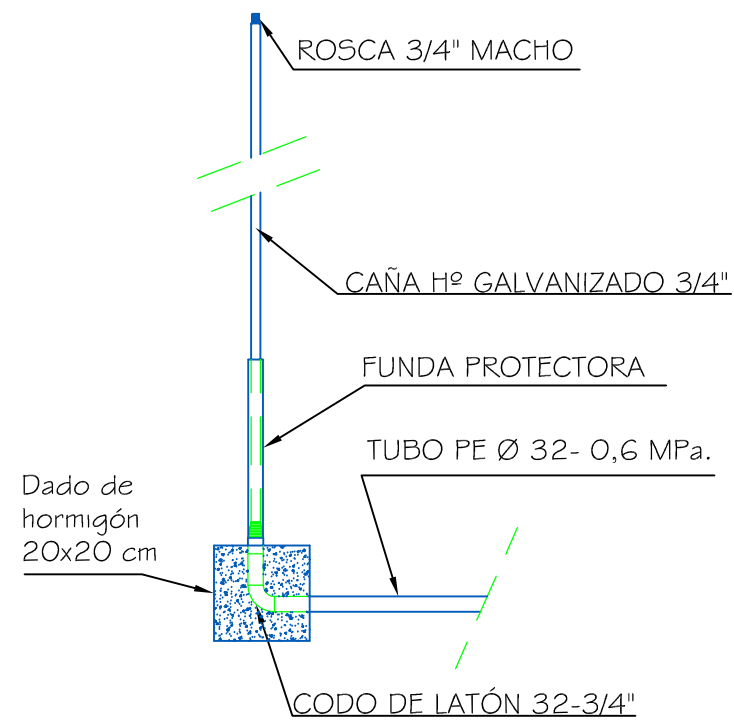
DETALLE FIN DE TRAMO



EMPALME TUBERÍA TERCIARIA CON LATERAL DE RIEGO



EMPALME FINAL DE CAÑA PORTA-ASPESOR CON LATERAL DE RIEGO



JAVIER NOCITO PÉREZ

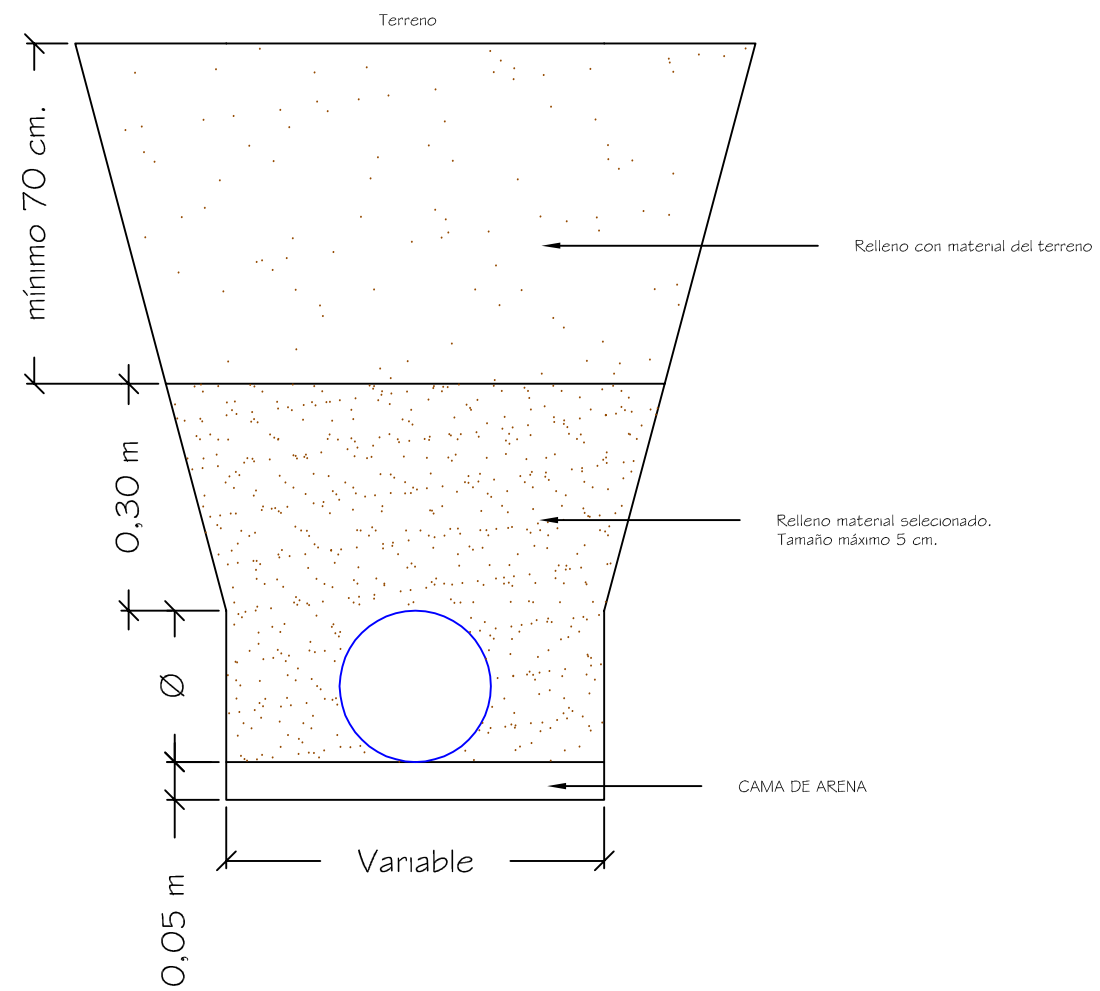


TRANSFORMACIÓN EN REGADÍO DE 42 ha EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE LUNA (ZARAGOZA)  
ORIENTADA A LA ALIMENTACIÓN DE UNA EXPLOTACIÓN OVINA YA EXISTENTE DE 1300 CABEZAS

DETALLE ASPERSORES

PLANO Nº: 5  
ESCALA: S/E

DETALLE ZANJA COLOCACION TUBERIAS.



JAVIER NOCITO PÉREZ

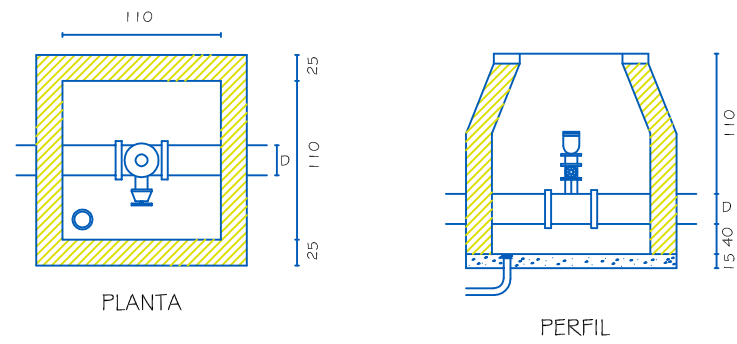


TRANSFORMACIÓN EN REGADÍO DE 42 ha EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE LUNA (ZARAGOZA)  
ORIENTADA A LA ALIMENTACIÓN DE UNA EXPLOTACIÓN OVINA YA EXISTENTE DE 1300 CABEZAS

DETALLE ZANJA

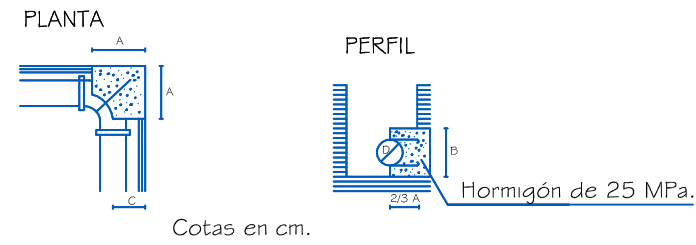
PLANO Nº: 6  
ESCALA: 1/1

ANCLAJE VENTOSA .



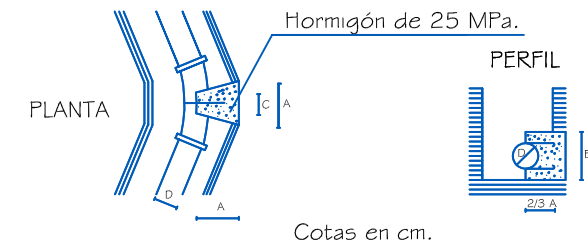
Cotas en cm.

ANCLAJE CODO 90 .



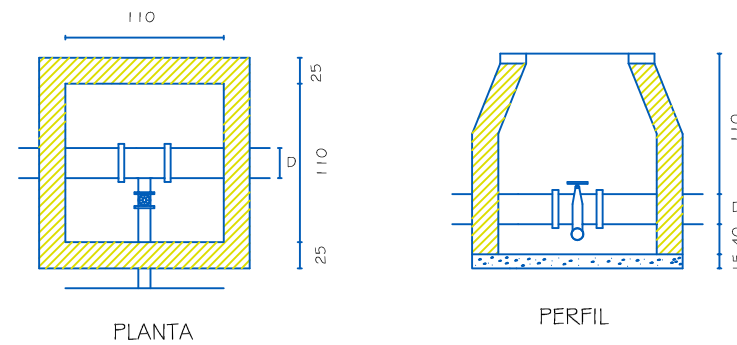
Cotas en cm.

ANCLAJE CODO 45 .



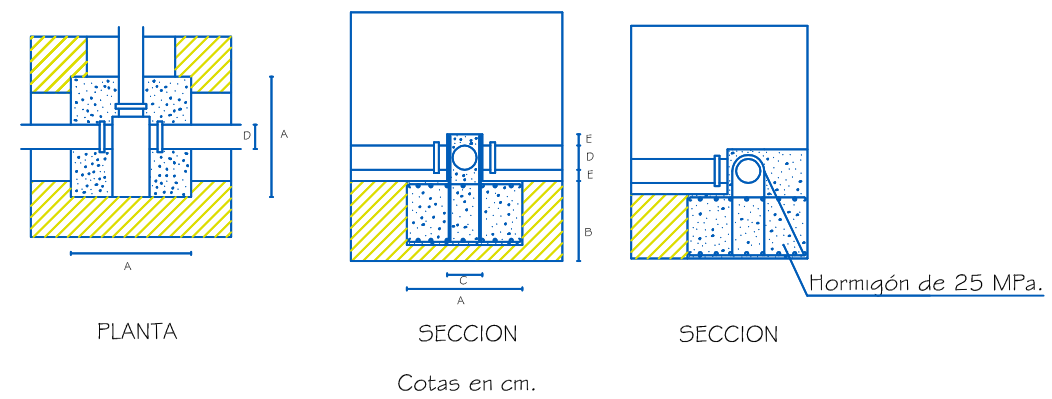
Cotas en cm.

ANCLAJE LLAVE DE DESAGÜE .



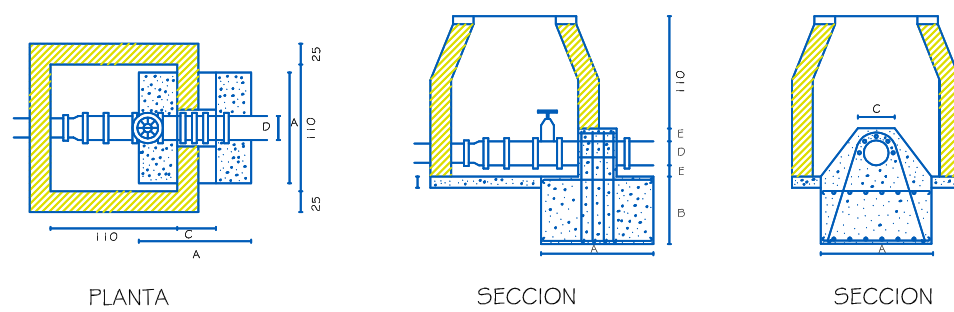
Cotas en cm.

ANCLAJE PIEZA TIPO " T " .

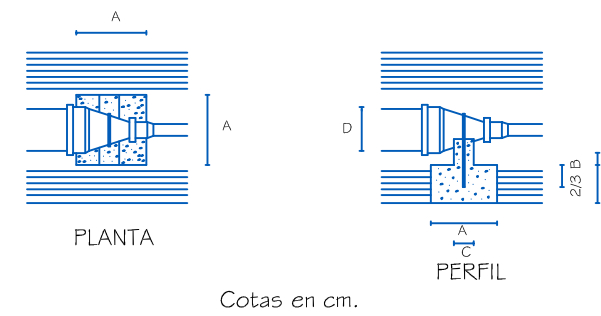


Cotas en cm.

ANCLAJE LLAVE DE PASO.



ANCLAJE REDUCCION.



Cotas en cm.

PIEZA	DIÁMETRO DE LA TUBERÍA (MM)	DIMENSIONES EN cm.		
		A	B	C
CODO 45°	63 A 225	30	40	15
	250 A 400	50	60	25
CODO 90°	63 A 225	50	40	20
	250 A 400	65	60	20
REDUCCIÓN	63 A 225	40	30	15
	250 A 400	50	40	25

JAVIER NOCITO PÉREZ

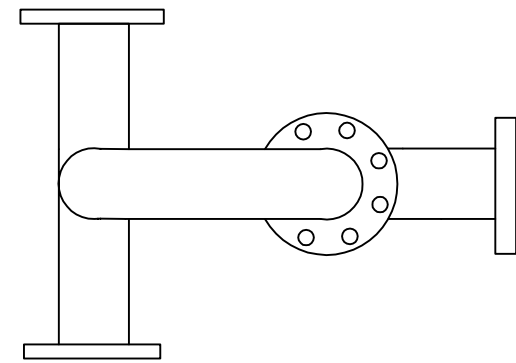
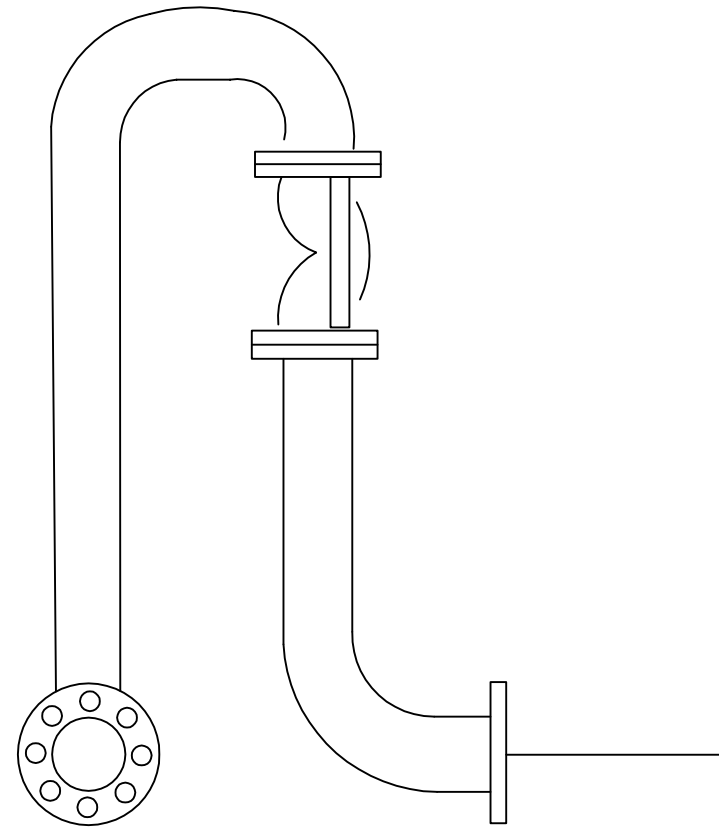


TRANSFORMACIÓN EN REGADÍO DE 42 ha EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE LUNA ( ZARAGOZA)  
ORIENTADA A LA ALIMENTACIÓN DE UNA EXPLOTACIÓN OVINA YA EXISTENTE DE 1300 CABEZAS

DETALLES ANCLAJES

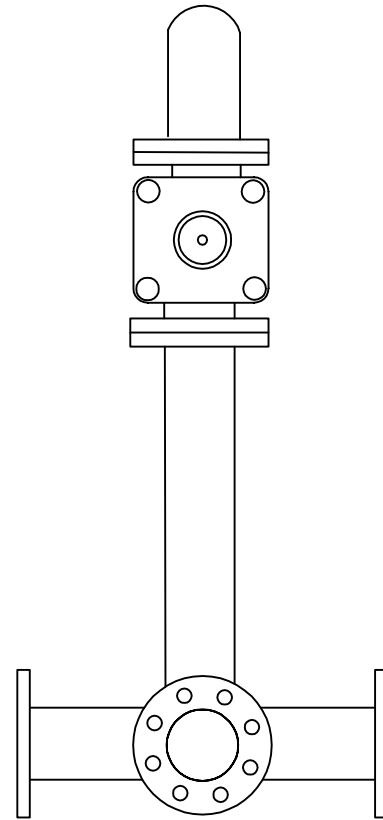
PLANO Nº: 7  
ESCALA: S/E

TOMA EN DERIVACIÓN SIMPLE, ALZADO

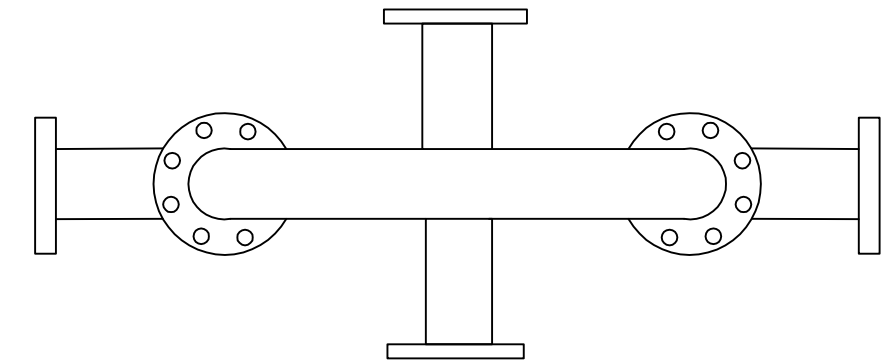
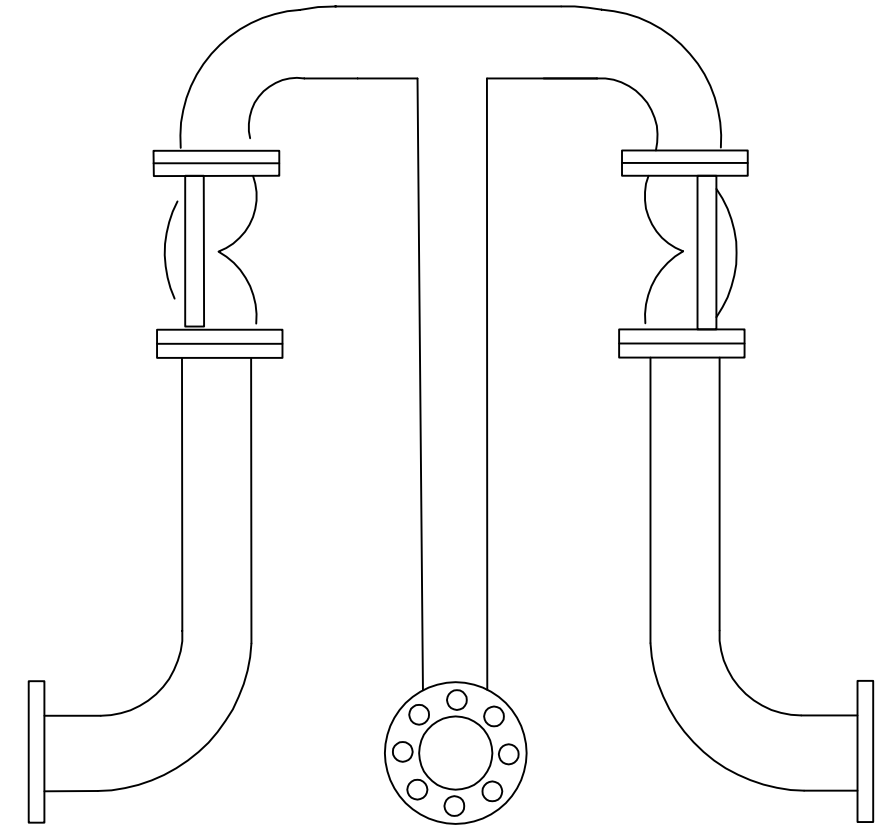


PLANTA

VISTA LATERAL DE LAS DERIVACIONES, ALZADO



TOMA EN DERIVACIÓN DOBLE, ALZADO



PLANTA

JAVIER NOCITO PÉREZ

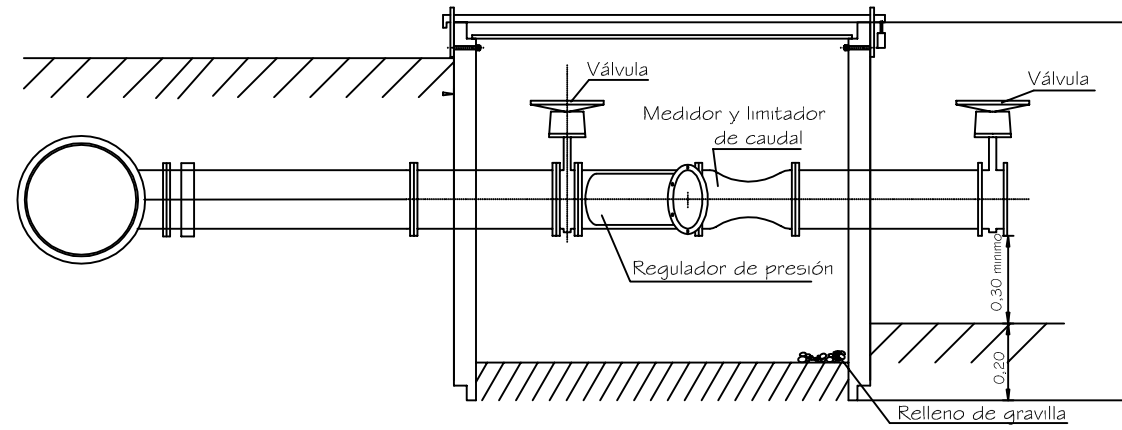


TRANSFORMACIÓN EN REGADÍO DE 42 ha EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE LUNA (ZARAGOZA)  
ORIENTADA A LA ALIMENTACIÓN DE UNA EXPLOTACIÓN OVINA YA EXISTENTE DE 1300 CABEZAS

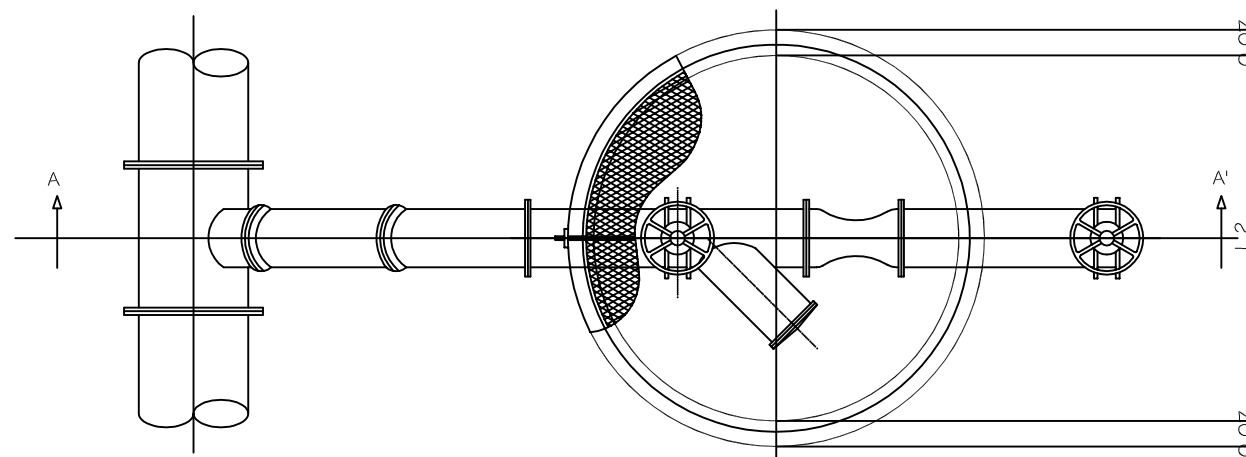
DERIVACIÓN

PLANO Nº: 8  
ESCALA: S/E

# TOMA DE RIEGO TIPO



# ALZADO SECCION "A-A"



# PLANTA

JAVIER NOCITO PÉREZ

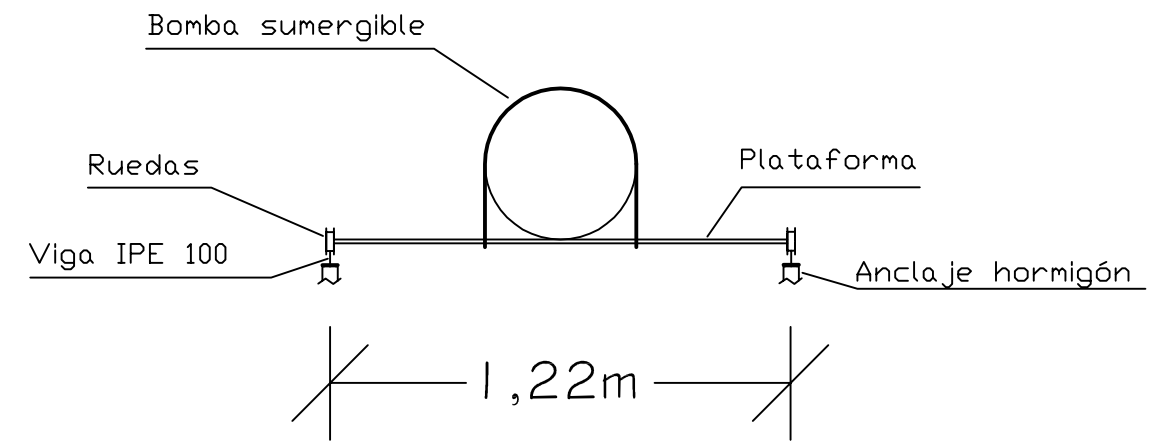
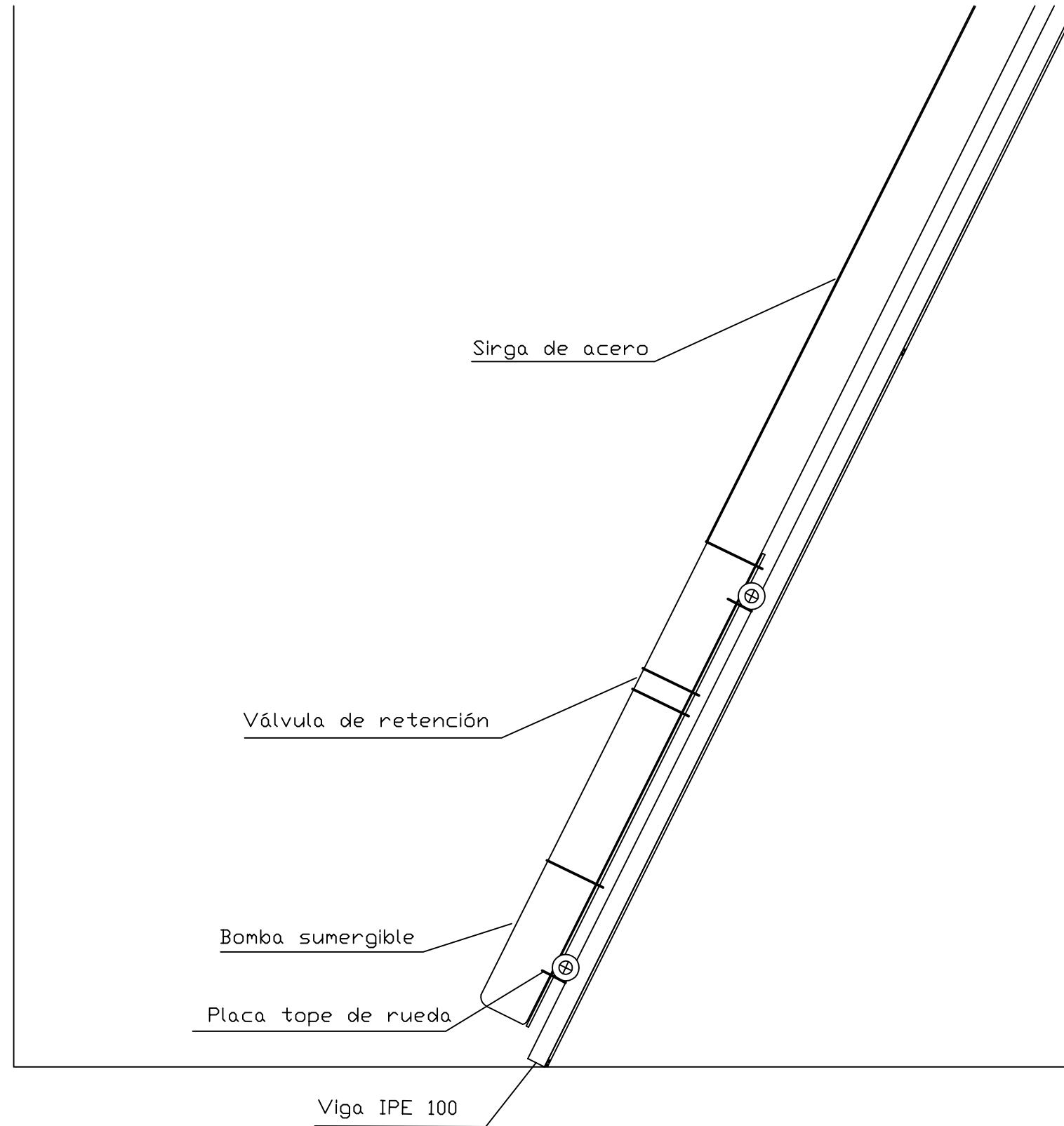


TRANSFORMACIÓN EN REGADÍO DE 42 ha EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE LUNA (ZARAGOZA)  
ORIENTADA A LA ALIMENTACIÓN DE UNA EXPLOTACIÓN OVINA YA EXISTENTE DE 1300 CABEZAS

TOMA DE RIEGO TIPO

PLANO Nº: 9  
ESCALA: 1/20

# Detalle bomba



JAVIER NOCITO PÉREZ



TRANSFORMACIÓN EN REGADÍO DE 42 ha EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE LUNA (ZARAGOZA)  
ORIENTADA A LA ALIMENTACIÓN DE UNA EXPLOTACIÓN OVINA YA EXISTENTE DE 1300 CABEZAS

DETALLE DE LA BOMBA DE IMPULSIÓN

PLANO Nº: 10  
ESCALA: 1/20