

## 28945 - Sistemas de riego y drenaje

### Información del Plan Docente

**Año académico:** 2020/21

**Asignatura:** 28945 - Sistemas de riego y drenaje

**Centro académico:** 201 - Escuela Politécnica Superior

**Titulación:** 437 - Graduado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

583 - Graduado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

**Créditos:** 6.0

**Curso:** 4

**Periodo de impartición:** Primer semestre

**Clase de asignatura:** 583 - Optativa

437 - Obligatoria

**Materia:** ---

## 1. Información Básica

### 1.1. Objetivos de la asignatura

**La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

En esta asignatura se proporcionan los conocimientos para el diseño cálculo y gestión de los sistemas de riego y drenaje.

Los objetivos formativos particulares que se pretenden conseguir con el desarrollo de esta asignatura son los siguientes:

- Saber determinar las necesidades hídricas y calendario de riegos de cultivos.
- Saber proyectar y gestionar sistemas de riego en parcela.
- Saber proyectar y sistemas de drenaje zonal y parcelario.
- Saber dimensionar y proyectar pequeñas obras hidráulicas (balsas, acequias, desagües, colectores, etc.).

#### **Alineación con los ODS:**

Estos planteamientos y objetivos están alineados con los [Objetivos de Desarrollo Sostenible](#) (ODS) de la Agenda 2030 siguientes, contribuyendo en cierta medida a su logro:

- [Objetivo 2:](#) Hambre cero
- [Objetivo 6:](#) Agua limpia y saneamiento

y, en concreto, con las metas:

- *Meta 2.4:* Para 2030, asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad del suelo y la tierra
- *Meta 6.4:* De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua

### 1.2. Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La práctica totalidad de la producción agrícola requiere la aplicación de riego para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos.

Algunos de los principales campos de trabajo del graduado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural son la realización de proyectos técnicos dentro de su campo de aplicación, entre ellos los de cálculo de sistemas de riego y drenaje, así como la gestión de los recursos hídricos en comunidades de regantes, Confederaciones hidrográficas y resto de la Administración.

Los conceptos y métodos de cálculo explicados en esta asignatura se fundamentan en los conceptos expuestos en cursos anteriores en asignaturas como *Geología*, *Edafología* y *Climatología*, *Fitotecnia* e *Hidráulica*. A su vez, sirve de base a la asignatura de *Redes de riego*.

### 1.3. Recomendaciones para cursar la asignatura

Es aconsejable para seguir el desarrollo de la asignatura haber superado las asignaturas de *Química, Física, Matemáticas, Geología Edafología y Climatología, Fitotecnia e Hidráulica* del primer, segundo y tercer curso de este Grado.

Así mismo, se obtiene mayor rendimiento en el aprendizaje si se invierte periódicamente un tiempo en el estudio de la asignatura y se asiste a todas sus clases, teóricas o prácticas.

## 2. Competencias y resultados de aprendizaje

### 2.1. Competencias

**Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

**Competencias transversales (CB2 y CB3):**

- Aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.
- Tener la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.

**Competencias específicas (CE24c):**

- Conocer, comprender y utilizar los principios de la ingeniería de las explotaciones agropecuarias: sistemas y tecnología del riego y drenaje.
- Adquisición de conocimientos y sistemática para el diseño, cálculo y gestión de las instalaciones de riego y drenaje

### 2.2. Resultados de aprendizaje

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados:**

- Describir y sintetizar el estado actual del regadío y discutir su posible evolución futura.
- Interpretar la legislación de aguas.
- Identificar y evaluar las propiedades más relevantes del suelo y del agua para determinar su aptitud para el riego.
- Seleccionar el método más adecuado para estimar la evapotranspiración de las plantas, en función de los datos disponibles y aplicarlo.
- Pronosticar las necesidades hídricas de los distintos cultivos para fijar el caudal de diseño de un sistema de riego y planificar el calendario de riego más adecuado a cada cultivo, contribuyendo así al uso eficiente de los recursos hídricos y asegurando la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua (en línea con la meta 6.4 de los ODS).
- Calcular el balance de agua en el suelo.
- Describir y comprender los fundamentos del riego por superficie.
- Describir los elementos de las redes de riego presurizadas, clasificar los distintos sistemas de riego por aspersión en parcela y compararlos.
- Comprender los fundamentos del riego por localizado y utilizarlos para el diseño agronómico e hidráulico de casos prácticos.
- Capacidad para explicar y expresar los principios del movimiento del agua en el suelo. Capacidad para resolver las ecuaciones y cuantificar la incertidumbre de datos y resultados. Proyectar sistemas de drenaje parcelario y zonal.
- Interpretar los principios del comportamiento del agua en la superficie para proyectar pequeñas obras hidráulicas.

### 2.3. Importancia de los resultados de aprendizaje

Poder aplicar los métodos de cálculo, dimensionado y gestión de las instalaciones de riego y drenaje, de vital importancia en el trabajo profesional del graduado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural, conforme a criterios de sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicando prácticas agrícolas que aumenten la productividad y la producción y contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas (en línea con la meta 2.4 de los ODS).

## 3. Evaluación

### 3.1. Tipo de pruebas y su valor sobre la nota final y criterios de evaluación para cada prueba

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación:**

Realización de una prueba global presencial escrita al final del cuatrimestre de acuerdo con el programa de la asignatura (sesiones teóricas y problemas) y según la fecha programada en el calendario de exámenes de la EPS para las dos convocatorias oficiales.

La prueba final global consistirá en un examen presencial escrito que constará de 2 bloques distintos y de duración limitada.

- *Bloque 1*: 10 preguntas de contenido teórico-práctico cuya respuesta se llevará a cabo sin el apoyo de documentación.
- *Bloque 2*: resolución de 3-4 problemas relativos a los sistemas de riego, drenaje y obras hidráulicas para cuya resolución sí se podrá contar con el apoyo de documentación impresa aportada por el alumno.

La evaluación de esta asignatura no se realizará de forma continua.

#### **Crterios de evaluación:**

La prueba escrita se valorará favorablemente si son correctos: el planteamiento, los resultados, el orden, la presentación y la interpretación de los mismos. Cada bloque se calificará sobre 10 puntos.

Criterio para la nota final de la evaluación global:

- Si la calificación en alguno de los dos bloques es inferior a 5,00 la asignatura no se considera aprobada. No se guardará la nota obtenida en ninguno de los bloques para convocatorias posteriores.
- Si la calificación en los dos bloques es superior a 5,00, la calificación final sobre 10, será la obtenida aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Calificación final (CF)} = 30\% \text{ nota bloque 1} + 70\% \text{ nota bloque 2}$$

En el caso de que no se cumplan los requisitos anteriores, la calificación final se obtendrá de la manera siguiente:

- Si  $CF \geq 4$ , la calificación final será: Suspenso (4,0)
- Si  $CF < 4$ , la calificación final será: Suspenso (CF)

## **4. Metodología, actividades de aprendizaje, programa y recursos**

### **4.1. Presentación metodológica general**

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

Los métodos docentes son básicamente dos:

- *Sesiones teóricas* que consistirán, fundamentalmente, en lecciones magistrales dialogadas y participativas.
- *Sesiones prácticas*, durante las cuales se plantearán y resolverán cuestiones y problemas en aula, utilizando el cálculo numérico o herramientas *software*, y ensayos experimentales en campo (medición de caudales y ensayos de infiltración)

### **4.2. Actividades de aprendizaje**

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

- *Sesiones teóricas*: al comenzar cada tema, se le describe al alumno el contenido teórico que el profesor va a exponer en clase. Durante estas sesiones, con el objetivo de desarrollar la capacidad de razonamiento y extender las condiciones de estudio, los alumnos participarán en la resolución de cuestiones planteadas y no explicadas por el profesor.
- *Sesiones de problemas*: al comenzar cada tema, se le proporciona al alumno una colección de ejercicios y problemas. Algunos de ellos se resuelven en el aula, quedando el resto para trabajo no presencial del estudiante. Los problemas propuestos serán relativos tanto a cuestiones que contribuyan a facilitar el aprendizaje de los fundamentos teóricos explicados en las sesiones teóricas, como representativas de las que se pueden presentar durante el desarrollo de un proyecto o la gestión de un sistema de riego, drenaje u obra hidráulica real. En el caso de las prácticas con herramientas *software*, se facilitarán enlaces para su descarga (cuando se trate de herramientas de uso gratuito), guiones de las prácticas, manuales de los programas y video-tutoriales.
- *Prácticas de campo*. Se realizarán medidas de caudales y de velocidad de infiltración.
- *Sesiones de tutorización*. Se llevan a cabo tanto en grupo como de manera individual en el horario establecido, sea de forma presencial o telemática. Para un mayor aprovechamiento, resulta de gran ayuda el trabajo previo y la consulta de la bibliografía recomendada, tanto básica como complementaria.
- *Actividades no presenciales*. Las actividades no presenciales consisten, básicamente, en el refuerzo de lo trabajado en el aula, en la resolución de ejercicios o problemas propuestos y en la realización de informes de las prácticas de laboratorio.

### **4.3. Programa**

**Programa de teoría:**

1. Introducción
  - El riego en el mundo, en España y en Aragón

## 1. Propiedades del suelo y agua relacionadas con el riego

- *Sesión 1. Relaciones agua-suelo-planta (I).* Sistema suelo. Fases del suelo, formas de cuantificación de las fases del suelo, propiedades de los suelos. La fase sólida. Fase líquida: humedad gravimétrica, humedad volumétrica, relación de volumen de agua, grado de saturación. Expresión de la humedad en términos de profundidad. Medición del contenido de humedad. Estado energético del agua del suelo. Medición del potencial del agua del suelo y unidades usadas en la medida de potencial. Curvas características suelo-humedad. Relación planta-suelo-atmósfera.
- *Sesión 2. Relaciones agua-suelo-planta (II).* Retención de agua por el suelo. Estados del agua en el suelo: tensión capilar y relación con las formas de agua en el suelo, puntos notables. Agua útil y fácilmente utilizable. Factores que condicionan la capacidad de retención del agua disponible. Flujo de agua en el suelo: velocidad de filtración del agua, su medida y su variación. Circulación del agua a través de la planta. Balance hídrico de la planta. Intervenciones para aumentar la producción vegetal
- *Sesión 3. Necesidades hídricas de los cultivos.* Evapotranspiración. Cálculo de las necesidades de agua de los cultivos. Métodos de Blaney-Criddle, de la radiación, de Penman, de Thornthwaite y de la cubeta evaporimétrica. Coeficiente de cultivo. Corrección de la ETo y determinación del coeficiente de cultivo.
- *Sesión 4. Programación del riego.* Necesidades netas de riego. Cálculo de la precipitación efectiva. Probabilidades de lluvia. Necesidades totales. Eficiencia de la aplicación. Dosis de riego e intervalo entre riegos. Caudal necesario. Métodos de programación de riegos. Medición del estado hídrico de la planta. Medición del estado hídrico del suelo. Valoración del balance hídrico. Los servicios de asesoramiento de riegos. Repercusión de la dotación de riego en la producción, aplicación a la programación del riego.
- *Sesión 5. Salinidad y calidad del agua de riego.* La salinidad y su evaluación. Tratamiento de los problemas de salinidad. Problemas de infiltración. Evaluación de los problemas de infiltración. Toxicidad y otros efectos. Nutrientes en el agua de riego. Riesgo de obstrucción en riego localizado. Análisis de aguas.

## 1. Conducciones y riego por superficie

- *Sesión 1. Conducciones abiertas.* Datos para el diseño de conducciones abiertas. Fórmulas experimentales para conducciones abiertas. Cálculo de conducciones abiertas. Acequias de tierra. Acequias de hormigón. Aforo del caudal en conducciones abiertas.
- *Sesión 2. Riego por superficie.* Tipos de riego por superficie. Bases del riego por superficie. Técnicas de mejora del riego por superficie. Riego por surcos: sección, separación, pendiente y longitud; práctica de riego; regulación del flujo de agua a los surcos. Riego por escurrimiento: pendiente y longitud de las fajas, caudal y ensayos para su determinación. Riego por inundación, tamaño de los compartimentos. Automatización del riego a pie.

## 1. Riego por aspersión

- Situación actual del riego por aspersión. Ventajas e inconvenientes. Dispositivos de aspersión y características de funcionamiento. Sistemas de riego por aspersión. Disposición de las tuberías en los sistemas estacionarios. Información previa para el diseño del sistema de riego. Diseño agronómico: necesidades de agua de los cultivos y determinación de los parámetros de riego. Diseño hidráulico: cálculo de laterales, portlaterales, tuberías secundarias y principales. Sistemas mecanizados de riego por aspersión: cañones de riego, pivots y laterales de riego. Riego por aspersión antihelada. Fertirrigación.

## 1. Riego localizado

- El riego localizado en las relaciones suelo-agua-planta. Ventajas e inconvenientes del riego localizado. Componentes de la instalación. Obstrucciones: prefiltrado, filtrado, y tratamiento químico del agua. Emisores: goteros, tuberías emisoras y microaspersión. Diseño agronómico. Diseño hidráulico. Aparatos de control. Automatización

## 1. Drenaje.

- Introducción. Tipos de problemas de drenaje agrícola. Causas y efectos. Información necesaria para identificar problemas de drenaje. Objetivos del drenaje agrícola, beneficios y desventajas. Sistemas de drenaje superficial. Sistemas de drenaje subterráneo. Diseño del sistema de drenaje. Procedimientos de implementación y maquinaria empleada.

## 1. Diseño de pequeñas obras hidráulicas

- Obras de captación y derivación. Estructuras de disipación. Estructuras para manejo de excedentes.

## Programa de prácticas

### Programa de prácticas con herramientas software

1. Cálculo de necesidades hídricas con CropWAT y ClimWAT.
2. Simulación de riego en superficie con SIRMOD.
3. Cálculo hidráulico de tuberías y vertederos con FlowMaster.
4. Cálculo hidráulico y simulación de distribución de uniformidad en aspersores y microaspersores con NaanCAT.
5. Diseño de sistemas de RLAf con AquaFlow / HydroCalc / DIDAS.
6. Diseño de módulos no rectangulares, tuberías principales y cabezal de riego con Aqua.
7. Práctica sobre estudio de cuencas hidrográficas con qGIS.

### Programa de prácticas en campo

1. Práctica sobre medición de caudales.
2. Práctica sobre infiltración de agua en el suelo.

## 4.4. Planificación de las actividades de aprendizaje y calendario de fechas clave

### Calendario de sesiones presenciales

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tipo de actividad / semana		14-20 sep	21-27 sep	28 sep-4 oct	5-11 oct	12-18 oct	19-25 oct	26 oct-1 nov	2-8 nov	9-15 nov	16-22 nov	23-29 nov	30 nov-6 dic	7-13 dic	14-20 dic	21-27 dic
Actividad presencial	Teoría	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Prácticas	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2
	Evaluación															
Actividad no presencial	Trabajo individual	4	4	6	6	4	6	6	6	6	6	6	6	4	6	6
	Total	8	8	10	10	6	10	10	10	10	10	10	10	6	10	10

### Distribución orientativa de los contenidos por sesiones

Semana	Martes (2 h)	Jueves (2 h)
1	Introducción	Introducción
2	Relaciones agua-suelo-planta (I)	Relaciones agua-suelo-planta (II)
3	Necesidades hídricas de los cultivos	Necesidades hídricas de los cultivos
4	CROPWAT y CLIMWAT	Programación del riego
5	-	Salinidad y calidad del agua de riego
6	Conducciones abiertas	Conducciones abiertas
7	Riego por superficie	Riego por superficie
8	SIRMOD	Medición de caudales

9	Riego por aspersión	Riego por aspersión
10	Riego por aspersión	<i>NaanCAT</i>
11	Riego localizado	Riego localizado
12	Riego localizado	<i>Aqua</i>
13	-	Drenaje
14	Drenaje	Infiltración de agua en suelo
15	Diseño de pequeñas obras hidráulicas	-
16	-	<i>FlowMaster</i>
17	<i>qGIS</i>	-

Las clases de teoría se desarrollan en el aula para todo el grupo de docencia. Los alumnos dispondrán de material de apoyo para el seguimiento de la asignatura, que se facilitará a través del Anillo Digital Docente. Así mismo, es aconsejable que tomen notas durante el desarrollo de las sesiones.

En las clases de problemas el profesor planteará diversos problemas a resolver, y tras una deliberación con los alumnos se resolverán y discutirán sus resultados.

La prueba global se realizará en la fecha asignada por la dirección de la EPS para las convocatorias de exámenes de esta asignatura.

#### 4.5. Bibliografía y recursos recomendados

- BB** Agua y agronomía / Obra dirigida y coordinada por Francisco Martín de Santa Olalla Mañas, Prudencio López Fuster, Alfonso Calera Belmonte . Madrid : Mundi-Prensa, 2005
- BB** Crop evapotranspiration : guidelines for computing crop water requirements / by Richard G. Allen ...[et al.] . Rome : FAO, 1998
- BB** Drainage Principles and Applications / H.P. Ritzema (editor-in-chief) . 2nd.ed[completely revised] Wageningen (Netherlands): ILRI,|C1994
- BB** Martínez Beltrán, Julián. Drenaje agrícola / Julián Martínez Beltrán . [Madrid] : Secretaría General Técnica, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1986
- BB** Monge Redondo, Miguel Ángel. Diseño agronómico e hidráulico de riegos agrícolas a presión / Miguel Ángel Monge Redondo . Madrid : Editorial Agrícola : Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2018
- BB** Paco López-Sánchez, José Luis de. Fundamentos del cálculo hidráulico en los sistemas de riego y drenaje / José Luis de Paco López-Sánchez . Madrid : Mundi-Prensa : MAPA-IRYDA, D.L. 1993
- BB** Pizarro Cabello, Fernando. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos / Fernando Pizarro . 2a ed. Madrid : Agrícola Española, 1985
- BB** Riego localizado / J. Rodríguez López...[et al.] . Madrid : IRYDA : Mundi-Prensa, D.L.1992
- BC** Castañón Lión, Guillermo. Ingeniería del riego : utilización racional del agua / Guillermo Castañón . Madrid : Paraninfo, D.L.2000
- BC** Chow, Ven Te. Hidráulica de canales abiertos / Ven Te Chow ; traducción , Juan G. Saldarriaga ; revisión técnica, Antonio Zuluaga Angel . [1a. ed.] Santafé de Bogotá : McGraw-Hill, cop. 1994
- BC** Escribá Bonafé, Domingo. Hidráulica para ingenieros / Domingo Escribá Bonafé . [1a. ed.] Madrid : Belliso, 1988
- BC** Fertirrigación : cultivos hortícolas, frutales y ornamentales / obra colectiva dirigida y coordinada por Carlos Cadahía . 3ª ed. rev., act. y ampl. Madrid [etc.] : Mundi-Prensa, 2005

- BC** Gómez Pompa, Pedro. Instalaciones de bombeo para riego y otros usos / Pedro Gómez Pompa . Madrid : Agrícola Española, D.L.1993
- BC** Losada Villasante, Alberto. El riego. II, Fundamentos de su hidrología y de su práctica / A. Losada Villasante . Madrid : Mundi-Prensa, 2005
- BC** Moya Talens, Jesús Antonio. Riego localizado y fertirrigación / Jesús Antonio Moya Talens ; esquemas y dibujos Pedro Sanz Roselló, M<sup>a</sup> Jesús Moya Carpio, Michèle Drummond. . 3<sup>a</sup> ed. rev. y amp. Madrid : Mundi-Prensa, 2002
- BC** Tarjuelo Martín-Benito, José M<sup>a</sup>. El riego por aspersión y su tecnología / José M<sup>a</sup> Tarjuelo Martín-Benito . 3<sup>a</sup> ed. rev. y amp. Madrid [etc.] : Mundi-Prensa, 2005

#### LISTADO DE URLs:

Brouwer, C., Prins, K., Kay, M., Heibloem, M. (1988). Irrigation water management: irrigation methods. Roma: FAO, Training manual 5 [english friendly]  
[\[http://www.fao.org/tempref/agl/AGLW/fwm/Manual5.pdf\]](http://www.fao.org/tempref/agl/AGLW/fwm/Manual5.pdf)

iAgua, revista online sobre el sector del agua.  
[\[https://www.iagua.es/\]](https://www.iagua.es/)

Kraatz, D.B., Mahajan, I.K. (1982). Small hydraulic structures (Vol. 1). Roma: FAO. Irrigation and Drainage Paper 26/1 [English friendly]  
[\[http://www.fao.org/3/a-f6268e.pdf\]](http://www.fao.org/3/a-f6268e.pdf)

Kraatz, D.B., Mahajan, I.K. (1982). Small hydraulic structures (Vol. 2). Roma: FAO. Irrigation and Drainage Paper 26/2 [English friendly]  
[\[http://www.fao.org/3/a-bl046e.pdf\]](http://www.fao.org/3/a-bl046e.pdf)

Repositorio FAO Water. Seleccionar "Irrigation & Drainage" en el campo "Series".  
[\[http://www.fao.org/land-water/outreach/publications/en/\]](http://www.fao.org/land-water/outreach/publications/en/)

Repositorio International Water Management Institute  
[\[https://www.iwmi.cgiar.org/publications/latest/\]](https://www.iwmi.cgiar.org/publications/latest/)

Van den Bosch, B.E., Snellen, W.B. (1993). Structures for water control and distribution. Roma: FAO, Irrigation Water Management Training Manual 8 [english friendly]  
[\[http://www.fao.org/3/a-ai586e.pdf\]](http://www.fao.org/3/a-ai586e.pdf)

La bibliografía actualizada de la asignatura se consulta a través de la página web:

<http://psfunizar10.unizar.es/br13/egAsignaturas.php?codigo=28945>