

PLAN DE ESTUDIOS

Curso 2014-2015

mihma
máster en ingeniería
hidráulica y medio ambiente



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA

Índice

| | |
|---|----|
| OBJETIVOS GENERALES DEL MÁSTER | 4 |
| ESTRUCTURA DEL MÁSTER | 5 |
| CUATRIMESTRE A (TRONCALIDAD) | 10 |
| MATERIA: INGENIERÍA HIDRÁULICA | 11 |
| Hidrología superficial y subterránea..... | 12 |
| Hidráulica avanzada..... | 18 |
| Sistemas de recursos hídricos | 23 |
| MATERIA: CALIDAD DE AGUAS | 28 |
| Calidad y contaminación de aguas..... | 29 |
| Bases limnológicas para la gestión de ecosistemas acuáticos | 33 |
| CUATRIMESTRE B | 38 |
| INTENSIFICACIÓN: ANÁLISIS DE SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS | 39 |
| MATERIA: GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS | 40 |
| Gestión integrada de sistemas de recursos hídricos | 41 |
| Incidencia del cambio climático en los sistemas de recursos hídricos..... | 45 |
| Economía de sistemas de recursos hídricos..... | 51 |
| MATERIA: MODELOS MATEMÁTICOS EN HIDROLOGÍA | 55 |
| Modelos de calidad de aguas superficiales | 56 |
| Modelación matemática de flujo y transporte en el subsuelo | 60 |
| Modelación hidrológica y ambiental distribuida..... | 63 |
| Hidrología estocástica..... | 67 |
| Contaminación de suelos y acuíferos | 71 |
| INTENSIFICACIÓN: HIDRÁULICA URBANA | 74 |
| MATERIA: EVACUACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS | 77 |
| Tecnologías de tratamientos del agua..... | 78 |
| Redes de saneamiento | 82 |

| | |
|---|-----|
| MATERIA: DISEÑO Y ANÁLISIS DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA A PRESIÓN | 86 |
| Planificación y diseño de redes de distribución de agua | 87 |
| Análisis y modelación de redes de distribución de agua | 91 |
| MATERIA: GESTIÓN TÉCNICA Y OPERACIÓN DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA A PRESIÓN | 96 |
| Gestión técnica de abastecimientos de agua urbanos sostenibles | 97 |
| Fenómenos transitorios, regulación y protección de redes de distribución de agua | 100 |
| INTENSIFICACIÓN: TRATAMIENTO DE AGUAS | 103 |
| MATERIA: TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS | 104 |
| Tratamientos físico-químicos de aguas | 105 |
| Tratamientos biológicos de aguas residuales | 108 |
| MATERIA: EXPERIMENTACIÓN EN CALIDAD DE AGUAS | 111 |
| Laboratorio de calidad de aguas | 112 |
| MATERIA: MODELOS MATEMÁTICOS EN CALIDAD DE AGUAS | 115 |
| Simulación y diseño de estaciones de tratamiento de aguas residuales | 116 |
| Modelación de la calidad del agua en el medio natural | 120 |
| INTENSIFICACIÓN: ORDENACIÓN Y RESTAURACIÓN DE CUENCAS | 124 |
| MATERIA: ORDENACIÓN Y RESTAURACIÓN DE CUENCAS | 125 |
| Restauración fluvial | 126 |
| La ingeniería en los procesos de desertificación | 131 |
| Ordenación y restauración de cuencas torrenciales | 135 |
| Establecimiento de repoblaciones forestales en cuencas protectoras | 139 |
| MATERIA: PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE CUENCAS | 145 |
| Modelos de calidad de aguas superficiales en la gestión de cuencas | 146 |
| Incidencia del cambio climático en la gestión de cuencas hidrográficas | 150 |
| Planificación del regadío y manejo agrícola del agua | 156 |

| | |
|--|-----|
| Gestión integral de cuencas hidrográficas | 162 |
| OPTATIVIDAD | 166 |
| Redes neuronales en ingeniería hidráulica y medioambiental..... | 167 |
| Ingeniería fluvial avanzada | 171 |
| Geoestadística..... | 175 |
| Análisis de riesgos de inundación, incluyendo evaluación de seguridad de presas | 179 |
| Sistemas de información geográfica | 184 |
| Impactos ambientales | 189 |
| COMPETENCIAS TRANSVERSALES COMPLEMENTARIAS | 193 |
| Seminarios..... | 193 |
| TRABAJO FIN DE MÁSTER | 195 |
| Trabajo Fin de Máster | 196 |
| COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS POR MATERIA | 197 |

OBJETIVOS GENERALES DEL MÁSTER

El programa Máster que se propone tiene como principal objetivo formar a los alumnos en todos aquellos aspectos relacionados con la Ingeniería del Agua, incluyendo los ambientales, económicos, de gestión etc., en sintonía con lo dispuesto en la Directiva Marco del Agua. Los objetivos generales del mismo son:

- Formar a los alumnos sobre diversos aspectos de la Ingeniería Hidráulica y el Medio Ambiente relacionado con el recurso agua, de manera que adquiera una visión global sobre estas temáticas y:
 - Se complete la formación profesional en aquellos aspectos no desarrollados suficientemente en la formación de grado.
 - Se introduzca a los alumnos en metodologías de investigación aplicada.
 - Los alumnos desarrollen las habilidades y capacidades necesarias para su adaptación a la innovación tecnológica y su transferencia a la sociedad.
- Dar una formación tecnológica avanzada que permita su vez la puesta al día de profesionales y/o su incorporación a actividades investigadoras.

Todo ello desde el respeto a los Derechos humanos, los principios democráticos, de igualdad, de solidaridad y de protección medioambiental.

Las competencias que adquirirá el egresado deben responder a los descriptores de Dublín que también recoge el MECES (Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior) en forma de categorías y que aparecen publicadas en el punto 3.3 del Anexo I del RD 1393/2007, reformado por el RD 861/2010 de 2 de julio.

A su vez se debe distinguir entre competencias Generales (transversales), transferibles a multitud de funciones y tareas y cuyo desarrollo no se limita a un campo disciplinar, asignatura o módulo de estudios concreto y las Específicas que son las relacionadas directamente con el título.

A destacar que dado que el Máster cuenta con cuatro intensificaciones, no todas las competencias específicas podrán ser adquiridas por todos los alumnos, sino que estos adquirirán las que son propias a la intensificación que cursen.

ESTRUCTURA DEL MÁSTER

Distribución del plan de estudios en créditos ECTS por tipo de materia

| Formación básica | |
|--------------------------|-----------|
| Obligatorias | 30 |
| Optativas | 30 |
| Trabajo de fin de máster | 15 |
| Total | 75 |

Explicación general de la planificación del plan de estudios

La estructura adoptada para definir este plan de estudios es la de módulos y materias. Cada una de las materias está formada por una serie de asignaturas de las que el alumno deberá matricularse. Para completar un Módulo, el alumno deberá matricularse de todas las asignaturas del mismo, salvo en el caso del Módulo “Optatividad”, en el que la oferta de asignaturas es superior a las que deberá superar el alumno, por lo que deberá elegir entre las propuestas. En lo que respecta al Módulo de “Competencias transversales complementarias”, el alumno deberá matricularse de la asignatura “Seminarios” y elegir aquellas actividades, de entre las ofertadas, y que se desarrollen a lo largo de todo el curso, que le permitan superar la asignatura.

En lo que a temporalidad se refiere, el Máster se estructura en dos periodos de docencia (dos cuatrimestres consecutivos que conforman un curso completo), más un periodo de realización del Trabajo de Fin de Máster (TFM), que tiene una carga de 15 ECTS. Para la defensa ante un tribunal del TFM es necesario haber superado los 60 ECTS que corresponden al periodo de docencia.

La tabla siguiente recoge, a modo de resumen, la planificación temporal y la asignación de créditos a cada uno de los periodos:

| Curso | Cuatrimestre | Módulo | ECTS |
|-------------------|--------------|--|-----------|
| 1º | A | Troncalidad | 28 |
| | B | Intensificación | 24 |
| | | Optatividad | 6 |
| | Anual | Competencias transversales complementarias | 2 |
| 2º | | Trabajo Fin de Máster | 15 |
| TOTAL ECTS | | | 75 |

Cuatrimestre A

Durante el cuatrimestre A los alumnos cursarán materias incluidas en el módulo de Troncalidad hasta completar los 28 ECTS de este módulo obligatorio. Además, podrán completar alguno de los 2 ECTS correspondientes al módulo Competencias Transversales Complementarias (asignatura “Seminarios”), en función de la programación de actividades de esta asignatura. Si bien la asignatura es obligatoria, la oferta de actividades será superior a los 2 ECTS de la asignatura, por lo que el alumno podrá optar por realizar unas u otras actividades hasta completar los 2 ECTS necesarios a lo largo de todo el primer curso.

Las materias que forman parte del módulo Troncalidad son dos:

- Ingeniería Hidráulica. 19 ECTS.
- Calidad de Aguas. 9 ECTS.

En los esquemas adjuntos se detallan las asignaturas que conforman estas materias.

Cuatrimestre B

Durante el cuatrimestre B el alumno cursará:

- 24 ECTS de las materias propias del módulo de intensificación que haya elegido el alumno (tiene que elegir uno de ellos obligatoriamente). Los módulos ofertados son:
 - BRRHH: Intensificación Análisis de Sistemas de Recursos Hídricos
 - BHU: Intensificación Hidráulica Urbana
 - BTA: Intensificación Tratamientos de aguas
 - BGC: Intensificación Ordenación, Restauración y Gestión de Cuencas.
- Los ECTS del módulo Competencias Transversales Complementarias (asignatura “Seminarios”) no cursados en el cuatrimestre A, hasta completar los 2 ECTS del módulo.
- 6 ECTS del Módulo Optatividad, que está formado por varias asignaturas de 3 ECTS cada una. El alumno deberá cursar dos de ellas, a elegir.

Cada uno de los módulos de intensificación de este cuatrimestre tiene las siguientes materias:

Hidráulica urbana (24 ECTS)

- Evacuación y tratamiento de aguas. 8 ECTS.
- Gestión Técnica y Operación de sistemas de distribución de agua a presión. 8 ECTS.
- Diseño y Análisis de sistemas de distribución de Agua a Presión. 8 ECTS.

Tratamiento de aguas (24 ECTS)

- Modelos matemáticos en calidad de aguas. 10 ECTS.
- Técnicas de tratamiento de aguas. 8 ECTS.
- Experimentación en calidad de aguas 6 ECTS.

Ordenación, restauración y gestión de cuencas (24 ECTS)

- Planificación y gestión de cuencas. 12 ECTS.
- Ordenación y restauración de cuencas. 12 ECTS.

Análisis de sistemas de recursos hídricos (24 ECTS)

- Modelos matemáticos en Hidrología. 15 ECTS.
- Gestión de Recursos Hídricos. 9 ECTS.

De esta manera, se conforman cuatro itinerarios diferentes, de manera que cada alumno puede elegir el que desee (debe de elegir solo una obligatoriamente). La diferencia entre uno u otro itinerario está en el módulo de Intensificación elegido. En las Tablas siguientes se recogen las asignaturas que forman parte de cada una de las materias.

Cabe recordar que en cualquier momento del curso, en función de la programación propuesta a su inicio, el alumno podrá cursar los 2 ECTS correspondientes al módulo de Competencias Transversales Complementarias.

Trabajo de Fin de Máster

El alumno deberá confeccionar un Trabajo de Fin de Máster de 15 créditos ECTS, relacionado preferentemente con la temática de la intensificación cursada, el cual constituye un módulo más de la estructura del Plan de Estudios. Su objetivo es realizar un trabajo individual bien de tipo profesional, bien de tipo investigador, en el ámbito de la Ingeniería Hidráulica y el Medio ambiente. No se exige un periodo determinado obligatorio para entregar el trabajo, si bien se estima y recomienda una duración aproximada de 4 meses.

Esquemas adjuntos

En el siguiente esquema se puede ver la estructura del Máster:

| | | | | | | | | |
|-------|---|--------------|---|---|-----------------------------|-----------------------------|--|---|
| Curso | 1 | Cuatrimestre | A | Troncalidad (28 ECTS) | | | | Competencias transversales complementarias (2 ECTS) |
| | | | B | Optatividad (6 ECTS) | | | | |
| | | | Intensificación 1 (24 ECTS) | Intensificación 2 (24 ECTS) | Intensificación 3 (24 ECTS) | Intensificación 4 (24 ECTS) | | |
| | 2 | | Análisis de sistemas de recursos hídricos | Ordenación, restauración y gestión de cuencas | Hidráulica urbana | Tratamientos de aguas | | |
| | | | | Trabajo de fin de máster (15 ECTS) | | | | |

En la siguiente tabla aparecen reflejados los diferentes itinerarios y la ubicación temporal de los distintos módulos:

| PLAN DE ESTUDIOS DEL MÁSTER EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y MEDIO AMBIENTE | | | | |
|---|---|------|--|------|
| Módulos | Materias | ECTS | Asignaturas | ECTS |
| CURSO 1º - ANUALES | | | | |
| COMPETENCIAS TRANSVERSALES COMPLEMENTARIAS | SEMINARIOS | 2 | Seminarios | 2 |
| CURSO 1º - CUATRIMESTRE A | | | | |
| TRONCALIDAD | INGENIERÍA HIDRÁULICA | 19 | Hidrología superficial y subterránea | 6 |
| | | | Hidráulica avanzada | 7 |
| | | | Sistemas de recursos hídricos | 6 |
| | CALIDAD DE AGUAS | 9 | Calidad y contaminación de aguas | 6 |
| | | | Bases limnológicas para la gestión de ecosistemas acuáticos | 3 |
| CURSO 1º - CUATRIMESTRE B | | | | |
| ANÁLISIS DE SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS | GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS | 9 | Gestión integrada de sistemas de recursos hídricos | 3 |
| | | | Incidencia del cambio climático en sistemas de recursos hídricos | 3 |
| | | | Economía de los recursos hídricos | 3 |
| | MODELOS MATEMÁTICOS EN HIDROLOGÍA | 15 | Modelos de calidad de aguas superficiales | 3 |
| | | | Modelación matemática de flujo y transporte en el subsuelo | 3 |
| | | | Modelación hidrológica y ambiental distribuida | 3 |
| | | | Hidrología estocástica | 3 |
| | | | Contaminación de suelos y acuíferos | 3 |
| HIDRÁULICA URBANA | EVACUACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS | 8 | Tecnologías de tratamiento de aguas | 3 |
| | | | Redes de saneamiento | 5 |
| | DISEÑO Y ANÁLISIS DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA A PRESIÓN | 8 | Planificación y diseño de redes de distribución de agua | 4 |
| | | | Análisis y modelación de redes de distribución de agua | 4 |
| | GESTIÓN TÉCNICA Y OPERACIÓN DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA A PRESIÓN | 8 | Gestión técnica de abastecimientos de agua urbanos sostenibles | 4 |
| | | | Fenómenos transitorios, regulación y protección de redes de distribución de agua | 4 |
| TRATAMIENTOS DE AGUAS | TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS | 8 | Tratamientos físico-químicos de aguas residuales | 4 |
| | | | Tratamientos biológicos de aguas residuales | 4 |
| | EXPERIMENTACIÓN EN CALIDAD DE AGUAS | 6 | Laboratorio de calidad de aguas | 6 |

| | | | | |
|---|---|----|--|----|
| | MODELOS MATEMÁTICOS EN CALIDAD DE AGUAS | 10 | Simulación y diseño de estaciones de tratamiento de aguas residuales | 7 |
| | | | Modelación de la calidad de agua en el medio ambiente | 3 |
| ORDENACIÓN, RESTAURACIÓN Y GESTIÓN DE CUENCAS | ORDENACIÓN Y RESTAURACIÓN DE CUENCAS | 12 | Restauración fluvial | 3 |
| | | | La ingeniería en los procesos de desertificación | 3 |
| | | | Ordenación y restauración de cuencas torrenciales | 3 |
| | | | Establecimiento de repoblaciones forestales en cuencas protectoras | 3 |
| | PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE CUENCAS | 12 | Modelos de calidad de aguas superficiales en la gestión de cuencas | 3 |
| | | | Incidencia del cambio climático en la gestión de cuencas hidrográficas | 3 |
| | | | Planificación del regadío y manejo agrícola del agua | 3 |
| | | | Gestión integral de cuencas hidrográficas | 3 |
| OPTATIVIDAD | OPTATIVIDAD | 6 | | |
| | | | Redes neuronales en ingeniería hidráulica y medioambiental | 3 |
| | | | Ingeniería fluvial avanzada | 3 |
| | | | Geoestadística | 3 |
| | | | Análisis de riesgos de inundación incluyendo la evaluación de la seguridad de presas | 3 |
| | | | Sistemas de información geográfica | 3 |
| Impactos ambientales | 3 | | | |
| CURSO 2º | | | | |
| TRABAJO DE FIN DE MÁSTER | TRABAJO DE FIN DE MÁSTER | 15 | Trabajo de fin de máster | 15 |

CUATRIMESTRE A (TRONCALIDAD)

Este módulo constituye el tronco del máster, y en él se da una formación al alumno para que adquiera unas competencias avanzadas en el campo de la Ingeniería Hidráulica y el Medio Ambiente acuático de carácter general. La adquisición de estas competencias permitirá al estudiante cursar, con los conocimientos necesarios, cualquiera de las intensificaciones que se ofertan en los módulos correspondientes de especialización. Estos módulos de especialización aparecen reflejados en el epígrafe "Explicación general de la planificación del plan de estudios".

MATERIA: INGENIERÍA HIDRÁULICA

Descripción de la materia

El agua como recurso natural. La cuenca como unidad de gestión. La información hidrológica. Modelos hidrológicos de simulación de balance. Modelos estocásticos. Las aguas subterráneas como componentes de un sistema de recursos hídricos. La ingeniería en los procesos de desertificación. Planificación del regadío y gestión agrícola del agua. Manejo de la vegetación en cuencas hidrológicas. Restauración hidrológico-forestal y ordenación de cuencas. Tipos de problemas en ingeniería de recursos hídricos. Garantía en la gestión de sistemas de recursos hídricos. Gestión de embalses. Métodos de optimización en recursos hídricos. Sistemas soporte de decisión para planificación y gestión de recursos hídricos. Aspectos legales y sociales en la administración del agua.

El ciclo hidrológico. La precipitación. La evapotranspiración. La producción de escorrentía superficial. La propagación. El método racional. Los acuíferos o embalses subterráneos. Principios del flujo de agua subterránea. Ecuaciones del flujo de agua subterránea. Hidráulica de pozos. Identificación de parámetros. Acuíferos costeros. Contaminación de las aguas subterráneas. Transporte de masa en medio saturado.

Ecuaciones fundamentales del flujo a presión en conductos. Elementos de almacenamiento, regulación y control. Aducciones por gravedad. Redes de transporte de fluidos a presión. Máquinas hidráulicas. Introducción al flujo transitorio en sistemas a presión. Ecuaciones fundamentales del flujo en lámina libre. El flujo permanente en canales. Estructuras y dispositivos de transición, control y aforo. Introducción al flujo transitorio en canales.

Hidrología superficial y subterránea

Descripción general de la asignatura

Esta asignatura está dividida en dos partes interrelacionadas entre sí y, en ambos casos, con una fuerte carga práctica a través de los problemas planteados y de las clases en aula informática. En la parte de Hidrología Superficial se analiza el ciclo hidrológico correspondiente a la fase superficial del mismo, enfatizando la aplicación de los conocimientos teóricos a problemas reales de Hidrología relacionados con la estimación del riesgo de las crecidas y con la evaluación de los recursos hídricos. La parte de Hidrología Subterránea sitúa las aguas subterráneas dentro del ciclo hidrológico y las relaciones con las aguas superficiales. Proporciona herramientas matemáticas para caracterizarlas, simular y gestionar el comportamiento de los acuíferos, solos o conjuntamente con las aguas superficiales. Analiza los mecanismos de contaminación de los acuíferos y el transporte de solutos en el subsuelo.

Conocimientos recomendados

Álgebra, Cálculo, Probabilidades y Estadística.

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. El ciclo hidrológico y la cuenca.

- 1.1. La Hidrología como ciencia.
- 1.2. El ciclo hidrológico.
- 1.3. La cuenca.
- 1.4. Almacenamientos y procesos.
- 1.5. El balance hídrico.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. La precipitación.

- 2.1. Introducción.
- 2.2. Cálculo de cuantiles y riesgo.
- 2.3. Variables empleadas. Hietograma y pluviograma.
- 2.4. Análisis de la distribución temporal: curvas IDF, hietogramas de diseño.
- 2.5. Análisis de la distribución espacial: interpolación y extrapolación, factor de reducción areal.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Producción de escorrentía superficial.

- 3.1. Introducción.
- 3.2. Elementos del hidrograma, escorrentía superficial y lluvia neta.
- 3.3. Abstracciones hidrológicas: abstracciones iniciales, infiltración.
- 3.4. Mecanismos de producción a las escalas del punto, la ladera y la cuenca.
- 3.5. Modelos de producción. Horton. Green y Ampt. Soil Conservation Service.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Propagación de la escorrentía superficial.

- 4.1. Introducción.
- 4.2. Las crecidas.
- 4.3. Esquemas de modelación.
- 4.4. Modelos hidráulicos de propagación: ecuaciones de Saint-Venant, Onda Cinemática de cauce y ladera.
- 4.5. Modelos hidrológicos de propagación: Embalse Lineal, Muskingum, Muskingum-Cunge, Puls.
- 4.6. Propagación agregada con Hidrograma Unitario.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. El método racional.

- 5.1. Introducción.
- 5.2. Crecidas en pequeñas cuencas.
- 5.3. Método Racional: fundamentos, aplicación en cascada, límites de validez.
- 5.4. Método de Témez: características, ecuaciones versión 1991, límites de validez.

UNIDAD DIDÁCTICA 6. Modelación hidrológica.

- 6.1. Introducción.
- 6.2. Los modelos hidrológicos.
- 6.3. Tipologías de modelos: continuos y de evento; probabilísticos y determinísticos; agregados, pseudo-distribuidos y distribuidos. Modelos globales distribuidos.
- 6.4. Modelos de evento: planteamientos de diseño.
- 6.5. Modelación agregada frente a distribuida. Criterios, planteamientos, esquemas de modelación.

UNIDAD DIDÁCTICA 7. Principios del flujo de agua subterránea.

- 7.1. Introducción.
- 7.2. Distribución vertical del agua en el suelo.
- 7.3. Acuífero, acuicludo, acuitardo y acuífugo.
- 7.4. Tipos de acuíferos.
- 7.5. La porosidad.
- 7.6. La energía mecánica.
- 7.7. Movimiento del agua.
- 7.8. La ley de Darcy.
- 7.9. Transmisividad y almacenamiento.

UNIDAD DIDÁCTICA 8. Ecuación del flujo de agua subterránea.

- 8.1. Introducción
- 8.2. Ecuaciones del flujo de agua subterránea. Ecuación del flujo subterráneo en acuíferos confinados. Ecuación del flujo subterráneo en acuíferos libres.
- 8.3. Condiciones inicial y de contorno. Condición inicial. Condiciones de contorno.
- 8.4. Solución de las ecuaciones de flujo subterráneo. Soluciones analíticas sencillas.

UNIDAD DIDÁCTICA 9. Flujo de agua subterránea a pozos.

- 9.1. Introducción.
- 9.2. Conceptos fundamentales.
- 9.3. Aproximaciones al estudio de flujo en pozos.
- 9.4. Cálculo de los descensos producidos por un bombeo. Flujo estacionario. Flujo transitorio. Resumen.
- 9.5. Identificación de los parámetros de un acuífero. Ensayo de bombeo en régimen estacionario. Ensayo de bombeo en régimen transitorio.

UNIDAD DIDÁCTICA 10. Interacción entre las aguas superficiales y subterráneas.

- 10.1. Introducción.
- 10.2. Relaciones entre ríos y agua subterránea.
- 10.3. Cambios en las relaciones aguas superficiales y aguas subterráneas.
- 10.4. Relaciones entre lagos y agua subterránea.
- 10.5. Relaciones entre humedales y agua subterránea.
- 10.6. Conclusiones.

UNIDAD DIDÁCTICA 11. Acuíferos costeros.

- 11.1. Introducción.
- 11.2. Definiciones previas.
- 11.3. Interfase y zona de mezcla.
- 11.4. Mecanismos de salinización de acuíferos costeros.
- 11.5. Posición de la cuña de agua salada.
- 11.6. Explotación de acuíferos costeros.
- 11.7. Métodos de prevención y control de la intrusión marina.
- 11.8. Efectos antrópicos en la relación agua dulce/salada.
- 11.9. Cálculo aproximado de la interfase.

UNIDAD DIDÁCTICA 12. Contaminación de las aguas subterráneas.

- 12.1. Introducción
- 12.2. Fuentes de la contaminación de los acuíferos. Ejemplos.
- 12.3. Naturaleza de la contaminación.

UNIDAD DIDÁCTICA 13. Transporte de masa en medio saturado.

- 13.1. Introducción.
- 13.2. Transporte por advección.
- 13.3. Transporte por dispersión hidrodinámica. Transporte por difusión molecular. Transporte por dispersión mecánica. Dispersión hidrodinámica.
- 13.4. Ecuación general del transporte de masa.
- 13.5. Condiciones inicial y de contorno. Condición inicial. Condiciones de contorno.
- 13.6. Solución de la ecuación del transporte de masa.
- 13.7. Retardo.

UNIDAD DIDÁCTICA 14. Recuperación de suelos y acuíferos contaminados.

- 14.1. Introducción.
- 14.2. Acciones de contención.
- 14.3. Acciones de traslado.
- 14.4. Acciones de tratamiento in situ

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula | Práctica informática |
|---|----------------|-------------------------|
| Introducción | 4 | -- |
| Ciclo hidrológico | 4 | -- |
| La precipitación | 2 | 2 |
| La evapotranspiración | 4 | -- |
| La producción de escorrentía superficial | 4 | -- |
| La propagación | 4 | -- |
| El método racional | 1 | 3 |
| Principios del flujo de agua subterránea | 4 | -- |
| Ecuaciones del flujo de agua subterránea | 4 | -- |
| Hidráulica de pozos | 4 | -- |
| Identificación de parámetros | 4 | -- |
| Acuíferos costeros | 2 | 2 |
| Relación entre las aguas subterráneas y las aguas superficiales | 4 | -- |
| Contaminación de las aguas subterráneas | 4 | -- |
| Transporte de masa en medio saturado | 1 | 3 |
| Total horas: | 50 | 10 |

Evaluación

| Nombre | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|---|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 4 | 70% |
| Caso | Supone el análisis y la resolución de una situación planteada que presenta problemas de solución múltiple, a través de la reflexión y el diálogo para un aprendizaje grupal, integrado y significativo. | 2 | 30% |

Se evalúan las partes de Hidrología Superficial y de Hidrología Subterránea por separado. La nota final de la asignatura será la media aritmética de las notas de cada parte.

Hidrología Superficial:

1. Dos pruebas parciales que constituyen el 35 % de la nota final cada una. La nota mínima para considerar aprobada cada prueba es 5.0. Si la nota es menor que 5.0 la prueba se puede recuperar con una similar en fecha que se indicará.
2. Un trabajo final que constituye el 30 % de la nota final. La nota mínima a obtener para considerar el trabajo aprobado es 5.0. Si nota es menor que 5.0 se hacen las correcciones indicadas y se redacta la nueva memoria a entregar en fecha que se indicará.

Hidrología Subterránea:

1. Idem punto 1 de Hidrología Superficial.
2. Prácticas de aula que constituyen el 30 % de la nota final. Se trata de resolver y corregir ejercicios.

Bibliografía

Anderson, M. P. y Woessner, W. W. (1992). *Applied Groundwater Modeling. Simulation of Flow and Advective Transport*. Academic Press.

Batu, V. (2006). *Applied Flow and Solute Transport Modeling in Aquifers. Fundamental Principles and Analytical and Numerical Methods*. Taylor and Francis.

Batu, V. (1998). *Aquifers Hydraulics. A Comprehensive Guide to Hydrogeologic Data Analysis*. Wiley Interscience.

Brutsaert, W. (2005). *Hydrology: an introduction*. Cambridge University Press.

Charbeneau, R. J. (2000). *Groundwater Hydraulics and Pollutant Transport*. Prentice Hall.

Chin, D. (2000). *Water-Resources Engineering*. Prentice Hall.

Chow, V. T., Maidment, D. R. y Mays, L. W. (1994). *Hidrología Aplicada*. McGraw Hill.

- Custodio, E. y Llamas, M. R. (1996). *Hidrología Subterránea* (segunda edición corregida). Ediciones Omega.
- Dingman, S. L. (1994). *Physical Hydrology*. Prentice Hall.
- Domenico, P. A. y Schwartz, F. W. (1998). *Physical and Chemical Hydrogeology* (segunda edición). Wiley.
- Fetter, Ch. W. (2001). *Applied Hydrogeology* (cuarta edición). Prentice Hall.
- Fetter, Ch. W. (1999). *Contaminant Hydrogeology* (segunda edición). Prentice Hall.
- Fitts, Ch. R. (2002). *Groundwater Science*. Academic Press.
- Freeze, R. A. y Cherry, J. A. (1979). *Groundwater*. Prentice Hall.
- Ingebritsen, S. E., Sanford, W. E. y Neuzil, C. (2006). *Groundwater in Geologic Processes* (segunda edición). Cambridge University Press.
- Roscoe Moss Company (1990). *Handbook of Ground Water Development*. Wiley.
- Schwartz, F. W. y Zhang H. (2003). *Fundamentals of Ground Water*. Wiley.
- Todd, D. K. y Mays, L. W. (2005). *Groundwater Hydrology* (tercera edición). Wiley.
- Viessman, W. y Lewis, G. L. (2003). *Introduction to Hydrology* (quinta edición). Prentice Hall.
- Zheng, Ch. y Bennett, G. D. (2002). *Applied Contaminant Transport Modeling* (segunda edición). Wiley-Interscience.

Hidráulica avanzada

Descripción general de la asignatura

La Hidráulica, es la parte de la mecánica que estudia el equilibrio y el movimiento de los fluidos, y por lo tanto una disciplina de obligado conocimiento dentro de los contenidos de cualquier plan de estudios relacionado con Ingeniería Hidráulica. Tanto el flujo de agua a través de tuberías y canales, como en superficie o en medios porosos, está gobernado por las leyes de la Hidráulica, por lo que el conocimiento de esta disciplina resulta imprescindible.

Se trata de una asignatura troncal que tiene como objetivo lograr que todos los alumnos del máster tengan unos conocimientos de hidráulica avanzada (tanto a presión, incluyendo turbomaquinaria, como en lámina libre) suficientes para poder desarrollar proyectos de transporte de agua. Asimismo, sirve de base para poder seguir profundizando, en el segundo cuatrimestre, en las asignaturas de intensificación relacionadas.

Esta asignatura resulta básica, en mayor o menor medida, para cualquiera de las intensificaciones a cursar.

En ella se estudian ecuaciones fundamentales del flujo a presión en conductos, elementos de almacenamiento, regulación y control, aducciones por gravedad, redes de transporte de fluidos a presión, máquinas hidráulicas, introducción al flujo transitorio en sistemas a presión, ecuaciones fundamentales del flujo en lámina libre, el flujo permanente en canales, las estructuras y dispositivos de transición, control y aforo, e introducción al flujo transitorio en canales.

Conocimientos recomendados

No es necesario cursar de manera simultánea ninguna materia del máster. Es necesario tener conocimientos previos de matemáticas (resolución de ecuaciones diferenciales, resolución de sistemas de ecuaciones no lineales), mecánica de fluidos básica, hidráulica básica y máquinas hidráulicas.

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Ecuaciones básicas.

- 1.1. Estática de fluidos.
- 1.2. La ecuación de Euler y la ecuación de Bernoulli.
- 1.3. Ecuaciones integrales de la mecánica de fluidos: ecuación de conservación de la masa, ecuación de conservación de la cantidad de movimiento, ecuación de conservación del momento de la cantidad de movimiento y ecuación de conservación de la energía.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Principios básicos del flujo a presión en conductos.

- 2.1. Ecuaciones básicas con valores medios para flujos predominantemente unidimensionales.
- 2.2. Modelación matemática de elementos en sistemas de transporte de fluidos a presión: Cálculo de pérdidas por fricción y pérdidas localizadas. Curva característica de una bomba.
- 2.3. Cálculo de conducciones simples. Líneas piezométricas.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Elementos de almacenamiento, regulación y control.

- 3.1. Depósitos.
- 3.2. Válvulas: Tipología de Válvulas, Válvulas de operación, Válvulas de regulación, Válvulas de protección.
- 3.3. Dispositivos de medición de presión, nivel, velocidad y caudal/volumen.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Aducciones por gravedad.

- 4.1. Análisis y Diseño de aducciones.
- 4.2. Regulación de sistemas de transporte por gravedad.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Redes de transporte de fluidos a presión.

- 5.1. Tipología de Redes.
- 5.2. Cálculo de redes de distribución.

UNIDAD DIDÁCTICA 6. Maquinas hidráulicas.

- 6.1. Clasificación y tipologías de bombas.
- 6.2. Comportamiento hidráulico de bombas rotodinámicas.
- 6.3. Semejanza en bombas. Comportamiento en condiciones no nominales.
- 6.4. Cavitación en bombas.
- 6.5. Funcionamiento de bombas en impulsiones simples.

UNIDAD DIDÁCTICA 7. Flujo transitorio en sistemas a presión.

- 7.1. Introducción al flujo transitorio unidimensional a presión.

UNIDAD DIDÁCTICA 8. Principios básicos del flujo en lámina libre.

- 8.1. Introducción al flujo en lámina libre.

UNIDAD DIDÁCTICA 9. El flujo permanente en canales.

- 9.1. El flujo permanente uniforme.
- 9.2. El flujo permanente rápidamente variado. Concepto y aplicación de la energía específica. Régimen crítico.
- 9.3. El flujo permanente rápidamente variado. Resalto hidráulico.
- 9.4. El flujo permanente gradualmente variado. Curvas de remanso.
- 9.5. Casos prácticos. Ejemplos resueltos.

UNIDAD DIDÁCTICA 10. Estructuras y dispositivos de transición, control y aforo en canales.

10.1. El flujo permanente rápidamente variado. Estructuras y dispositivos de transición, control y aforo.

10.2. Obstáculos y perturbaciones en el flujo.

10.3. Estructuras hidráulicas complejas. Disipadores de energía.

10.4. Casos prácticos. Ejemplos resueltos.

UNIDAD DIDÁCTICA 11. Flujo transitorio en canales.

11.1. Introducción al flujo transitorio unidimensional en lámina libre.

Evaluación

| Nombre | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|--|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 2 | 88% |
| Caso | Supone el análisis y la resolución de una situación planteada que presenta problemas de solución múltiple, a través de la reflexión y el diálogo para un aprendizaje grupal, integrado y significativo | 1 | 12% |

La evaluación consiste en resolución de casos planteados a los alumnos que estos deben de entregar al profesor y pruebas escritas en la que se plantean tanto resolución de casos, como preguntas de desarrollo o de tipo test.

Nota flujo a presión (60 % de la nota de la asignatura): 80 % nota examen y 20 % nota casos resueltos. Nota flujo en lámina libre (40 % de la nota de la asignatura): 100 % nota examen. Para aprobar la asignatura es necesario sacar una nota media de 5 con una nota mínima de 3,5 puntos en cada una de las partes en las que se divide la asignatura.

Asimismo, la nota mínima en cada tipo de evaluación deberá ser de 3.5 puntos (en cada uno de los trabajos y en cada una de las pruebas escritas que se realicen) para poder compensar con el resto de calificaciones.

Hay una prueba escrita de Flujo a presión y otra de Flujo en Lámina libre. Los alumnos pueden recuperar ambas pruebas en un examen final.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría aula | Práctica aula | Práctica informática |
|--|-------------|---------------|----------------------|
| Ecuaciones básicas | 2 | -- | -- |
| Principios básicos del flujo a presión en conductos | 3 | 2 | -- |
| Elementos de almacenamiento, regulación y control | 4 | 3 | -- |
| Aducciones por gravedad | 2 | 2 | 3 |
| Redes de transporte de fluidos a presión | 2 | -- | 3 |
| Maquinas hidráulicas | 7 | 2 | 3 |
| Flujo transitorio en sistemas a presión | 2 | -- | -- |
| Principios básicos del flujo en lámina libre | 4 | 1 | -- |
| El flujo permanente en canales | 6 | 3 | 3 |
| Estructuras y dispositivos de transición, control y aforo en canales | 6 | 2 | 3 |
| Flujo transitorio en canales | 2 | -- | -- |
| Total horas: | 40 | 15 | 15 |

Bibliografía

Dvir, Y (1995). *Flow Control Devices*. Control Appliances Books para Bermad.

Pérez García, R., López Patiño, G., Martínez Solano, F. J. y López Jiménez, P. A. (2003). *Curso de estaciones de bombeo en hidráulica urbana*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.

García-Serra García, J., Fuertes Miquel, V. S., Iglesias Rey, P. L., Pérez García, R., López Patiño, G. y Martínez Solano, F. J. (2002). *Modelación y diseño de redes de abastecimiento de agua*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.

Cátedra de Mecánica de Fluidos (1995). *Curso de ingeniería hidráulica aplicada a los sistemas de distribución de agua* (septima edición). Editorial Universidad Politécnica de Valencia.

U.D. Mecánica de Fluidos (1997). *Las válvulas en los sistemas hidráulicos a presión*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.

López Patiño, G. y Martínez Solano, F. J. (1987). *Máquinas Hidráulicas, 2001-2010*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.

Chaudhry, M. H. (1987). *Applied hydraulic transients* (segunda edición). Van Nostrand Reinhold.

- Chaudhry, M. H. (2008). *Open-channel flow* (segunda edición). Springer.
- Chow, V. T. (1994). *Hidráulica de canales abiertos*. McGraw-Hill.
- French, R. H. (1988). *Hidráulica de canales abiertos*. McGraw-Hill.
- Chanson, H. (2002). *Hidráulica del flujo en canales abiertos*. McGraw-Hill/Interamericana.
- Henderson, F. M. (1966). *Open-channel flow*. Macmillan.
- Karassik, I. J. y Krutzsch, W. C. (1983). *Manual de bombas: Diseño, aplicación, especificaciones, operación y mantenimiento*. McGraw-Hill.
- Mataix, C. (1975). *Turbomáquinas hidráulicas: Turbinas hidráulicas, bombas, ventiladores*, 2009. ICAI.
- Naudascher, E. (2000). *Hidráulica de canales: diseño de estructuras*. Limusa.
- Sedille, M. (1967). *Turbo-machines hydrauliques et thermiques*. Masson, Paris.
- Tullis, J. P. (1989). *Hydraulics of pipelines: Pumps, valves, cavitation, transients*. John Wiley & Sons.
- Sulzer Brothers Winterthur (2010). *Sulzer centrifugal pump handbook*, (tercera edición). Butterworth-Heinemann.
- Wylie, E. B., Streeter, V. L. y Suo L. (1993). *Fluid transients in systems*. Prentice Hall.
- American National Standards Institute, Hydraulic Institute Parsippany, New Jersey (1994). *Pump standards*. Hydraulic Institute, Parsippany, N.J.
- Apuntes de la asignatura en la plataforma PoliformaT y transparencias en formato PDF.

Sistemas de recursos hídricos

Descripción general de la asignatura

El objetivo general es aportar conocimientos generales sobre la gestión de cuencas hidrográficas. Problemática y métodos de trabajo para el análisis y resolución de problemas relacionados con la gestión de una cuenca. Esta asignatura trata en términos generales el estudio del agua como recurso y considerada desde el punto de vista general de la cuenca hidrográfica (o sistema de recursos hídricos) como una unidad en que cualquier acción en una zona del sistema tiene consecuencias sobre la disponibilidad de agua en otras partes de la cuenca.

Aporta también una visión global de las materias en que se profundizará posteriormente en las intensificaciones de Análisis de Sistemas de Recursos Hídricos y de Restauración, Ordenación y Gestión de Cuencas.

Conocimientos recomendados

Hidrología general, conocimientos de cálculo numérico y nociones de inglés.

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. El agua como recurso natural.

- 1.1. Conceptos básicos de recursos hídricos.
- 1.2. Relación del recurso hídrico con otros aspectos.
- 1.3. El agua en el mundo: cifras globales.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. La cuenca como unidad de gestión.

- 2.1. El ciclo hidrológico.
- 2.2. La afección del hombre al ciclo hidrológico.
- 2.3. Elementos de gestión en una cuenca.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. La información hidrológica.

- 3.1. Datos hidrológicos.
- 3.2. Técnicas estadísticas para la validación y rellenado de datos.
- 3.3. Las bases de datos hidrológicas.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Modelos hidrológicos de simulación de balance. Modelos estocásticos.

- 4.1. Modelos de simulación continua.
- 4.2. Proceso de modelado y conceptos.
- 4.3. Modelos estocásticos y su aplicación.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Las aguas subterráneas como componentes de un sistema de recursos hídricos.

- 5.1. Conceptos básicos de las aguas subterráneas.
- 5.2. Uso conjunto y complementario de las aguas subterráneas.

UNIDAD DIDÁCTICA 6. La ingeniería en los procesos de desertificación.

- 6.1. Conceptos básicos sobre desertificación.
- 6.2. La Ecuación universal de pérdida de suelo.
- 6.3. Técnicas de lucha contra la desertificación.

UNIDAD DIDÁCTICA 7. Planificación del regadío y gestión agrícola del agua.

- 7.1. Importancia del regadío en los recursos hídricos.
- 7.2. Estimación de la demanda agraria.
- 7.3. Planificación y gestión del regadío.

UNIDAD DIDÁCTICA 8. Manejo de la vegetación en cuencas hidrológicas.

- 8.1. Conceptos básicos sobre la vegetación en cuencas.
- 8.2. Técnicas de manejo de vegetación en cuencas hidrológicas.

UNIDAD DIDÁCTICA 9. Restauración hidrológico-forestal y ordenación de cuencas.

- 9.1. Ordenación de cuencas y la influencia de la restauración hidrológico-forestal.
- 9.2. Posibilidades e impactos de la restauración hidrológico-forestal.

UNIDAD DIDÁCTICA 10. Recursos y demandas. Tipos de problemas en ingeniería de recursos hídricos.

- 10.1. Características de los tipos de demandas de agua.
- 10.2. Relaciones entre los recursos y las demandas.

UNIDAD DIDÁCTICA 11. Garantía en la gestión de sistemas de recursos hídricos.

- 13.1. Conceptos de garantía, vulnerabilidad y resiliencia.
- 13.2. Estimación de garantías en sistemas de recursos hídricos.

UNIDAD DIDÁCTICA 12. Gestión de embalses.

- 12.1. Reglas de operación en sistemas multiembalse.
- 12.2. Gestión de embalses en avenidas y sequías.

UNIDAD DIDÁCTICA 13. Métodos de optimización en recursos hídricos.

- 13.1. Conceptos de algoritmo, optimización y clasificación de técnicas.
- 13.2. Los algoritmos de Simplex y Hookes & Jeeves.
- 13.3. Factores que influyen en el uso de algoritmos
- 13.4. Ejemplos de aplicación de algoritmos en problemas de sistemas de recursos hídricos.

UNIDAD DIDÁCTICA 14. Gestión de las aguas subterráneas.

14.1. Manejo conjunto y optimización.

14.2. Limitaciones para la gestión conjunta superficial-subterránea.

UNIDAD DIDÁCTICA 15. Sistemas soporte de decisión para planificación y gestión de recursos hídricos.

15.1. Qué son los Sistemas Soportes de Decisión.

15.2. Elementos de los SSD.

15.3. Ejemplos de Sistemas Soporte a la Decisión.

UNIDAD DIDÁCTICA 16. La administración pública del agua. Legislación española y europea en materia de aguas.

16.1. Ejemplos de administración pública del agua. Problemas y retos.

16.2. La Directiva Marco en Política de Aguas.

16.3. Legislación española sobre el agua.

UNIDAD DIDÁCTICA 17. Aspectos sociales y económicos en la administración del agua.

17.1. Aspectos económicos relacionados con el agua en la legislación y la administración.

17.2. La recuperación de costes y el valor del agua: conceptos básicos.

17.3. Valoración económica de los servicios ecosistémicos del recurso hídrico.

Evaluación

| Nombre | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|---|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 2 | 60% |
| Proyecto | Es una estrategia didáctica en la que los estudiantes desarrollan un producto nuevo y único mediante la realización de una serie de tareas y el uso efectivo de recursos. | 1 | 40% |

La evaluación es única y consiste en tres pruebas parciales y una prueba práctica final. Adicionalmente existirá una prueba final para recuperar parte de asignatura.

Las pruebas parciales estarán compuestas por una parte teórica y/o otra parte práctica. Los exámenes se realizarán, sin fecha predefinida, cuando se finalice cada módulo.

La prueba práctica consiste en un examen de carácter práctico a desarrollar en el aula de informática. El alumno deberá de resolver uno de los trabajos que se irán proponiendo durante las clases.

La nota final se obtendrá haciendo una ponderación entre los exámenes parciales y la prueba práctica valiéndose esta un tercio de la nota final. Se debe sacar una nota mínima de 3.5 en cada parcial.

Recuperación de enero. En caso de que un alumno saque una nota inferior a 3.5 puntos en algún parcial o la nota final ser inferior a 5 podrá presentarse a la recuperación de enero. Al menos se debe tener un parcial aprobado para poder presentarse.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría aula | Práctica aula | Práctica informática |
|---|----------------|------------------|-------------------------|
| El agua como recurso natural | 2 | -- | -- |
| La cuenca como unidad de gestión | 2 | -- | -- |
| La información hidrológica | 2 | -- | -- |
| Modelos hidrológicos de simulación de balance. Modelos estocásticos. | 2 | -- | 3 |
| Las aguas subterráneas como componentes de un sistema de recursos hídricos. | 2 | -- | -- |
| La ingeniería en los procesos de desertificación | 2 | -- | -- |
| Planificación del regadío y gestión agrícola del agua | 2 | -- | -- |
| Manejo de la vegetación en cuencas hidrológicas | 1 | -- | -- |
| Restauración hidrológico forestal y ordenación de cuencas | 1 | -- | -- |
| Recursos y demandas. Tipos de problemas en ingeniería de recursos hídricos. | 4 | 2 | 3 |
| Garantía en la gestión de sistemas de recursos hídricos | 2 | -- | -- |
| Gestión de embalses. | 4 | 2 | -- |
| Métodos de optimización en recursos hídricos. | 2 | -- | -- |
| Gestión de las aguas subterráneas. | 2 | -- | -- |
| Sistemas soporte de decisión para planificación y gestión de recursos hídricos | 4 | 2 | 3 |
| La administración pública del agua. Legislación española y europea en materia de aguas. | 4 | 2 | 3 |
| Aspectos sociales y económicos en la administración del agua. | 2 | -- | -- |
| Total horas: | 40 | 8 | 12 |

Bibliografía

- Andreu, J. (1993). *Conceptos y Métodos para la Planificación Hidrológica*. Barcelona: Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería.
- Andreu, J. y Sala, J.D. (1986). *La Modelación en Planificación Hidráulica: Modelos de Simulación y Síntesis de Hidrología Superficial*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Balek, J., Jones, G.P., Skofteland, E. y Jones, G.P. (1989). *Notes de Cours de Formation pour techniciens en Hydrologie*. UNESCO.
- Biswas, A.K. (1976). *Systems approach to water management*. Mc Graw Hill.
- Buras, N. (1972). *Scientific allocation of water resources*. American Elsevier.
- Chaturvedi, M.C. (1987). *Water Resources Systems Planning and Management*. Tata McGraw Hill.
- Dyck, S. (1990). *Integrated planning and management of water resources*. UNESCO.
- Embid, A. (1993). *Legislación del Agua en las Comunidades Autónomas*. Tecnos, S.A.
- Godwin, R.B., Foxworthy, B.L. y Vladimirov, V.A. (1990). *Guidelines for water resource assessment of river basins*. UNESCO.
- Hall, W.A. y Dracup, J.A. (1970). *Water resources systems engineering*. Mc Graw-Hill.
- Haimés, Y. y J. Kindler (1980). *Water and related land resource systems*. Pergamon press.
- Helweg, O.J. (1985). *Water resources planning and management*. John Wiley & Sons.
- Heras, R. (1976). *Hidrología y recursos hidráulicos*. Centro de Estudios Hidrográficos, Madrid.
- Hufschmidt, M.M., y Kindler, J. (1991). *Approaches to integrated water resources management in humid tropical and arid and semiarid zones in developing countries*. UNESCO.
- Loucks, D.P., Stedinger, J.R. y Haith, D.A. (1981). *Water resource systems planning and analysis. Solutions Manual*. Prentice Hall inc.
- Major, D.C. y Lenton, R.L. (1979). *Applied water resource systems planning*. Prentice-Hall.
- McDonald, A.T., y Kay, D. (1988). *Water resources issues & strategies*. Longman.
- Sahuquillo, A., y Sánchez, A. (1983). *Metodología para la realización de estudios de Utilización Conjunta*. MOPU.
- Todd, D.K. (1970). *The water encyclopedia*. Water Information Center, Port Washington.
- Vallarino, E. (1980). *Planificación Hidráulica* (segunda edición). ETSICCP Madrid.
- Varela, M. (1983). *Utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas*. S.G.O.P., Madrid.

MATERIA: CALIDAD DE AGUAS

Descripción de la materia

Introducción al estudio de los medios acuáticos. El biotopo en los sistemas acuáticos continentales. Organismos y comunidades.

Flujos de materia en los ecosistemas acuáticos; descripción de sus alteraciones. Gestión de ecosistemas acuáticos.

Origen y efectos de la contaminación. Marco legislativo en contaminación y tratamiento de aguas. Contaminación puntual y difusa.

Balances de Materia y Energía. Introducción a los fenómenos de transporte. Mecanismos de transporte: molecular y turbulento. Transporte entre fases. Transporte advectivo y dispersivo en medio natural.

Principales mecanismos de transformación de contaminantes en suelo, agua y aire.

Calidad y contaminación de aguas

Descripción general de la asignatura

La asignatura "Calidad y Contaminación de Aguas" es una asignatura troncal de 6 créditos que se imparte en el primer cuatrimestre del "Máster Oficial en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente".

A partir de conceptos previos de ciencias básicas (física, química, biología, matemáticas) la asignatura introduce una serie de herramientas que permiten definir cuantitativamente problemas de carácter ambiental con la aplicación de las leyes de conservación mediante el planteamiento de balances de materia y de energía. En esta asignatura se pretende que el alumno adquiera los conocimientos y las habilidades básicas que le permitan identificar los principales contaminantes de las aguas y sus efectos medioambientales. Así como conocer y comprender los fundamentos de los principales tratamientos físico-químicos en Ingeniería ambiental y los mecanismos de transporte de contaminantes en las aguas.

Esta asignatura proporcionará a todos los alumnos una visión global sobre el tratamiento de aguas y para aquellos alumnos que cursen la Intensificación "Tratamiento de Aguas", los conceptos básicos en los que se fundamentan las asignaturas de dicha intensificación.

Conocimientos recomendados

Conocimientos básicos de ciencias (física, química, biología, matemáticas).

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Origen y efectos de la contaminación.

- 1.1. La contaminación del agua.
- 1.2. Principales problemas ambientales asociados a la contaminación del agua.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Características físicas, químicas y biológicas del agua.

- 2.1. Características físicas del agua.
 - 2.1.1. Turbidez.
 - 2.1.2. Sólidos.
 - 2.1.3. Color, sabor y olor.
 - 2.1.4. Temperatura.
- 2.2. Características químicas del agua.
 - 2.2.1. Materia orgánica.
 - 2.2.2. Nutrientes: nitrógeno y fósforo.
 - 2.2.3. Aniones y cationes.
 - 2.2.4. Conductividad y dureza.
 - 2.2.5. Alcalinidad y pH.
- 2.3. Características biológicas del agua.
 - 2.3.1. Principales microorganismos en el agua.

- 2.3.2. Patógenos. Caracterización de la contaminación fecal.
- 2.3.3. Test de toxicidad y bioensayos.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Balances de materia.

- 3.1. Introducción a los balances de materia.
- 3.2. Ecuación general de conservación de la materia.
 - 3.2.1. Transporte convectivo. Ecuación de Leopold y Madox. Ecuación de Manning.
 - 3.2.2. Transporte dispersivo. Primera ley de Fick. Transporte dispersivo en sistemas naturales.
 - 3.2.3. Términos fuente-sumidero.
- 3.3. Simplificaciones en sistemas naturales.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Principales transformaciones de contaminantes en el agua.

- 4.1. Cinética de los términos fuente-sumidero.
 - 4.1.1. Estequiometría.
 - 4.1.2. Expresiones cinéticas. Cinética de orden n, cinética de Michaelis-Menten y términos de Monod.
 - 4.1.3. Efecto de la temperatura.
- 4.2. Oxígeno disuelto, materia orgánica y nitrificación.
 - 4.2.1. Degradación de la materia orgánica.
 - 4.2.2. Reaireación superficial.
 - 4.2.3. Ecuación de Streeter-Phelps.
 - 4.2.4. Modificaciones de la ecuación de Streeter-Phelps. Anoxia. Sedimentación. Aplicación a estuarios.
 - 4.2.5. Fuentes-sumidero no puntuales. Demanda de oxígeno del sedimento.
 - 4.2.6. Nitrificación.
- 4.3. Eutrofización y nutrientes.
 - 4.3.1. Fitoplancton.
 - 4.3.2. Nutrientes.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Balances de energía.

- 5.1. Introducción a los balances de energía. Calor y temperatura.
- 5.2. Ecuación general de transporte de calor.
- 5.3. Intercambios de calor con la atmósfera.
 - 5.3.1. Radiación neta solar de onda corta.
 - 5.3.2. Radiación emitida por el agua.
 - 5.3.3. Radiación atmosférica neta de onda larga.
 - 5.3.4. Flujo de calor por evaporación.
 - 5.3.5. Flujo de calor por conducción.
- 5.4. Estratificación térmica en lagos.

UNIDAD DIDÁCTICA 6. Marco legislativo.

- 6.1. Aguas naturales. Directiva Marco de Aguas.
- 6.2. Aguas potables.
- 6.3. Aguas residuales. Ley de Saneamiento. Directiva Europea de Tratamiento de Aguas.
- 6.4. Reutilización de aguas.
- 6.5. Gestión de fangos

UNIDAD DIDÁCTICA 7. Introducción al tratamiento de aguas.

- 7.1. Tipologías de aguas residuales.
 - 7.1.1. Caudal.
 - 7.1.2. Calidad.
- 7.2. Procesos y esquemas de tratamiento de aguas potables y residuales.
- 7.3. Evacuación de aguas residuales. Emisarios Submarinos.
- 7.4. Aguas pluviales. Descargas de sistemas de saneamiento unitario. Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (calidad de aguas).

UNIDAD DIDÁCTICA 8. Tratamientos físico-químicos de aguas.

- 8.1. Aireación.
- 8.2. Sedimentación. Diseño de sedimentadores. Cálculo del fango producido.
- 8.3. Procesos de filtración. Membranas. Ósmosis inversa.
- 8.4. Adsorción.
- 8.5. Precipitación.
- 8.6. Coagulación-floculación.
- 8.7. Desinfección.

UNIDAD DIDÁCTICA 9. Tratamientos biológicos de aguas.

- 9.1. Fundamentos biológicos. Tipos de microorganismos y reacciones.
- 9.2. Cultivos en suspensión:
 - 9.2.1. Ecuaciones de diseño de reactores biológicos. Tiempo de retención celular. Carga másica. Sedimentabilidad del fango.
 - 9.2.2. Ejemplo de diseño. Cálculo de la calidad del agua a la salida.
 - 9.2.3. Reactores de flujo de pistón. Reactores discontinuos.
 - 9.2.4. Eliminación de nutrientes.
- 9.3.- Cultivos en soporte sólido.
 - 9.3.1. Filtros percoladores.
 - 9.3.2. Biodiscos.
 - 9.3.3. Humedales artificiales.
- 9.4. Procesos anaerobios.

UNIDAD DIDÁCTICA 10. Tratamiento de fangos.

- 10.1. Descripción de los fangos generados.
- 10.2. Procesos de tratamiento.
 - 10.2.1. Espesado.

- 10.2.2. Estabilización
 - 10.2.2.1. Química.
 - 10.2.2.2. Biológica.
- 10.2.3. Deshidratación.
- 10.2.4. Compostaje.
- 10.3. Reutilización de aguas.

Evaluación

| Nombre | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|--|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 2 | 60% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 1 | 40% |

La evaluación de la asignatura tiene dos partes diferenciadas. Una de las partes consiste en la realización de un trabajo y su correspondiente exposición y defensa. El trabajo (que los alumnos hacen en grupos a lo largo del curso) consiste en la preparación de un estado del arte sobre un tema concreto de contaminación de aguas. La otra parte de la evaluación consiste en la realización de un examen que puede incluir tanto preguntas teóricas como la resolución de un caso práctico.

El examen cuenta un 60% de la nota final, y la memoria y exposición del trabajo el 40 % restante. Para aprobar la asignatura es necesario sacar una nota media de 5 con una nota mínima de 4 puntos en la parte del examen escrito de la asignatura. Los alumnos pueden recuperar o subir nota del examen escrito en un examen final.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula |
|--|-------------|
| Origen y efectos de la contaminación. | 6 |
| Características físicas, químicas y biológicas del agua. | 6 |

| | |
|---|-----------|
| Marco legislativo. | 4 |
| Balances de Materia. | 5 |
| Principales transformaciones de contaminantes en el agua. | 12 |
| Balances de Energía. | 4 |
| Introducción al tratamiento de aguas. | 3 |
| Tratamientos físico-químicos de aguas. | 9 |
| Tratamientos biológicos de aguas. | 9 |
| Tratamiento de fangos. | 2 |
| Total horas: | 60 |

Bibliografía

Chapra, S. C. (1997). *Surface water-quality modeling*. Editorial McGraw-Hill.

Metcalf & Eddy, rev. de Tchobanoglous, G., Burton, F. L., Stensel, H. D. (2003). *Wastewater engineering: treatment and reuse*. Editorial McGraw-Hill.

Masters, G. (1997). *Introduction to environmental engineering and science*. Editorial Prentice Hall.

Calleja, G. (1999). *Introducción a la ingeniería química*. Editorial Síntesis.

Ferrer, J. (2012). *Tratamiento de Aguas. Tomo 1. Introducción a los Tratamientos de Aguas*. Editorial UPV.

Ferrer, J. (2014). *Tratamientos Físicos y Químicos de Aguas Residuales*. Editorial UPV.

Bases limnológicas para la gestión de ecosistemas acuáticos

Descripción general de la asignatura

Esta materia ofrece una formación básica en el conocimiento de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos continentales. Por otra parte también incide en los problemas que afectan a estos ecosistemas y en las relaciones que tienen estos con los procesos de utilización y depuración de aguas. También se estudian metodologías de control de la calidad de las aguas en el medio natural.

Conocimientos recomendados

Son recomendables para cursar esta asignatura, conocimientos básicos de biología y ecología. Sin embargo se tiene en cuenta que el perfil de los estudiantes potenciales del master tendrá una formación eminentemente técnica que no haya contemplado aspectos como los señalados. En este sentido la asignatura se plantea desde este supuesto, haciéndola accesible al perfil del de alumnado potencial.

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Introducción.

- 1.1. Introducción al estudio de los ecosistemas acuáticos.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. El biotopo en los sistemas acuáticos continentales.

- 2.1. Estructura geomorfológica.
- 2.2. Factores físicos y químicos en medios acuáticos.
- 2.3. Composición química de las aguas continentales.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Organismos y comunidades.

- 3.1. Relaciones interespecíficas e intraespecíficas.
- 3.2. Estructuración del hábitat, zonación y composición de comunidades en medios acuáticos.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Flujos de materia en los ecosistemas acuáticos.

- 4.1. Circulación de materia y energía en los ecosistemas acuáticos.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Alteraciones de los medios acuáticos.

- 5.1. Alteraciones de los medios acuáticos.
- 5.2. Indicadores de la calidad ambiental.

Evaluación

| Nombre | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|---|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 1 | 30% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 10 | 35% |
| Caso | Supone el análisis y la resolución de una situación planteada que presenta problemas de solución múltiple, a través de la reflexión y el diálogo para un aprendizaje grupal, integrado y significativo. | 10 | 35% |

Prueba escrita para valorar los conocimientos teóricos. 30 % de la calificación.

Valoración de trabajos académicos pautados por el profesor. Se propondrán actividades con unos objetivos. Se valorarán 10 trabajos académicos, de los que 1 corresponderá a las prácticas de laboratorio y otro a las prácticas de campo.

Análisis y discusión de casos. Corresponderán a trabajos pautados por el profesor con unos objetivos concretos, orientados al análisis y la discusión.

Se podrán recuperar los actos de trabajo académico y del estudio de casos prácticos, salvo las no asistencias a las prácticas de campo y laboratorio. La asistencia a estas dos actividades es obligatoria.

Después del periodo no lectivo se establecerá un plazo para la recuperación de las actividades académicas y del estudio de casos.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula |
|------------------|-------------|
| Introducción | 1 |

| | |
|--|-----------|
| El biotopo en los sistemas acuáticos continentales | 7 |
| Organismos y comunidades | 7 |
| Flujos de materia en los ecosistemas acuáticos | 5 |
| Alteraciones de los medios acuáticos | 10 |
| Total horas: | 30 |

Bibliografía

- Allan, J.D. (1995). *Stream ecology. Structure and function of running waters*. Chapman and Hall. [388 p.; disponible 1 ejemplar en biblioteca de ETSICCP.]
- Brönmark, Ch. y Hansson, L-A. (1998). *The biology of lakes and ponds*. Oxford University Press. [216 p.; Disponible 1 ejemplar en biblioteca de ETSICCP.]
- Giller, P.S. y Malmqvist, B. (1998). *The biology of streams and rivers*. Oxford University Press. [296 p.; disponible 1 ejemplar en biblioteca de ETSICCP.]
- Hauer, F.R., Lamberti, G.A. y Eds. (1996). *Methods in stream ecology*. Academic Press. [674 p.; disponible 1 ejemplar en biblioteca de ETSICCP.]
- Jeffries, M. y Mills, D. (1990). *Freshwater ecology. Principles and applications*. John Wiley and Sons. [283 p.; disponibles 3 ejemplares en la sala central de la biblioteca del Campus de Vera.]
- Kalff, J. (2002). *Limnology*. Prentice Hall. [592 p.; disponible 1 ejemplar en biblioteca de ETSICCP.]
- Lampert, W. y Sommer, U. (1997). *Limnoecology*. Oxford University Press. [382 p.; disponibles 3 ejemplares en la biblioteca de la ETSICCP.]
- Lewis, W. M. (1995). *Wetlands: Characteristics and boundaries*. National Academy Press. National Academy of Sciences. Washington. [306 p.]
- Maitland, P.S. y Morgan, N.C. (1997). *Conservation management of freshwaterhabitats*. Chapman and Hall. [231 p.; disponible 1 ejemplares en la sala central de la biblioteca del Campus de Vera.]
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Omega. [Disponible 1 ejemplare en la biblioteca de la ETSICCP.]
- Moss, B. (1998). *Ecology of freshwaters*. Blackwell Science. [557 p.; disponible 1 ejemplare en la biblioteca de la ETSICCP.]

Petts, G.E., Amoros, C. y Eds. (1996). *Fluvial Hydrosystems*. Chapman and Hall. [322 p. disponible 1 ejemplare en la biblioteca de la ETSICCP.]

Vidal-abarca, M.R., Suárez, R., Gómez, R. y Ramírez, L. (1994). *Ecología de aguas continentales: Prácticas de Limnología I*. Universidad de Murcia. [266 p.]

Wetzel, R.G. (2001). *Lake and river ecosystems*. Academic Press. [1006 p.; disponible 1 ejemplar en la biblioteca de la ETSICCP.]

CUATRIMESTRE B

INTENSIFICACIÓN: ANÁLISIS DE SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS

Descripción del módulo

Constituye uno de los cuatro módulos de intensificación que pueden cursar los alumnos (a elegir uno de ellos). En él los alumnos adquieren unas competencias avanzadas en el campo de los sistemas de recursos hídricos, tanto de aguas superficiales como subterráneas.

MATERIA: GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Descripción de la materia

Fundamentos de microeconomía y aplicación a la gestión de recursos hídricos. Valor económico, precio y coste de los servicios del agua. Economía de recursos naturales y ambientales. Ingeniería económica de proyectos Hidráulicos. La directiva marco europea del agua y el análisis económico de los usos y servicios del agua. Simulación y optimización económica de la gestión de sistemas de recursos hídricos. Análisis financiero.

El cambio climático y su impacto en los sistemas de recursos hídricos. Modelos climáticos de circulación general. Modelos climáticos regionales. Modelos y evaluación del impacto del cambio climático en el ciclo hidrológico a escala de cuenca.

Modelos y evaluación de los impactos ambientales y químicos del cambio climático en las cuencas hidrográficas. Modelos y evaluación del impacto del cambio climático en sistemas de recursos hídricos.

Tipología de uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas. Herramientas, métodos y objetivos para el análisis de sistemas de recursos hídricos. Modelación de aguas subterráneas. Gestión de embalses. Modelos de utilización conjunta.

Solución práctica de problemas no lineales. Casos reales de gestión de cuencas en España. Gestión institucional del agua.

Gestión integrada de sistemas de recursos hídricos

Descripción general de la asignatura

El objetivo de la asignatura es especializar al alumno en las técnicas de análisis de la gestión de sistemas de recursos hídricos, considerando integradas todas las aguas disponibles en el sistema: aportes naturales, aguas subterráneas, reutilización, desalación, intercambios entre cuencas, etc. Los objetivos del uso conjunto pueden ser: el aumento de las disponibilidades de agua, mejorar las garantías de satisfacer las demandas, mitigar sequías, disminuir la sobreexplotación de un acuífero o aliviar problemas de drenaje. Se analizan los distintos tipos de uso conjunto y experiencia reales aprendidas de distintos sistemas de gestión, sobre todo los españoles, pero también de otros países. Se consideran las ventajas operacionales y económicas de las distintas alternativas y se definen los análisis que es preciso realizar en cada tipo de utilización conjunta. Se profundiza en el análisis del uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas aprovechando las técnicas de superposición y métodos de cálculo avanzados como la aplicación del método de los autovalores desarrollado en el DIHMA para el análisis del uso conjunto alternante. También se analizan diversas herramientas informáticas diseñadas para la ayuda en el desarrollo de estudios de planificación hidrológica incluyendo utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas.

Conocimientos recomendados

| Asignatura | Impartida |
|--------------------------------------|-----------|
| HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA | Previa |
| SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS | Previa |

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Introducción.

- 1.1. El ciclo hidrológico.
- 1.2. Cuencas hidrográficas y sistemas de recursos hídricos.
- 1.3. Planificación y gestión de sistemas de recursos hídricos.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Tipología de uso conjunto.

- 2.1. Las aguas subterráneas.
- 2.2. La explotación de aguas subterráneas.
- 2.3. Alternativas de uso conjunto.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Herramientas, métodos y objetivos para el análisis de sistemas de recursos hídricos.

- 3.1. Sistemas de recursos hídricos complejos.

- 3.2. La modelación de sistemas.
- 3.3. Herramientas de ayuda en el análisis de sistemas de recursos hídricos.
- 3.4. Los escenarios de planificación.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Modelación de aguas subterráneas.

- 4.1. La explotación de aguas subterráneas.
- 4.2. Datos disponibles y objetivos en el estudio de las aguas subterráneas.
- 4.3. Modelos agregados y modelos distribuidos de flujo de aguas subterráneas.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Gestión de embalses.

- 5.1. Función de los embalses en la gestión de cuencas.
- 5.2. La regulación de recursos en embalses.
- 5.3. Dimensionamiento de la capacidad de embalses.

UNIDAD DIDÁCTICA 6. Modelos de utilización conjunta.

- 6.1. La simulación de la gestión de sistemas.
- 6.2. Comparación entre embalses y acuíferos.
- 6.3. La gestión conjunta de embalses acuíferos.
- 6.4. Otras fuentes de recursos en sistemas de recursos hídricos.

UNIDAD DIDÁCTICA 7. Solución práctica de problemas no lineales.

- 7.1. Los programas informáticos en el análisis de sistemas.
- 7.2. Datos. Datos medidos, datos estimados y precisión de los datos.
- 7.3. Interpretación de resultados de los modelos de análisis de la gestión de cuencas.

UNIDAD DIDÁCTICA 8. Casos reales de gestión de cuencas en España.

- 8.1. Historia de la planificación hidrológica en España.
- 8.2. Situación actual.
- 8.3. Perspectivas futuras.

UNIDAD DIDÁCTICA 9. Gestión institucional del agua.

- 9.1. Legislación en materia de gestión del agua.
- 9.2. Autoridades competentes.
- 9.3. El proceso de planificación de cuencas.

Evaluación

| Nombre | Descripción | Actos | Peso |
|--------|-------------|-------|------|
|--------|-------------|-------|------|

| | | | |
|-------------------------------------|---|---|-----|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 1 | 30% |
| Proyecto | Es una estrategia didáctica en la que los estudiantes desarrollan un producto nuevo y único mediante la realización de una serie de tareas y el uso efectivo de recursos. | 1 | 70% |

La evaluación consiste principalmente en el desarrollo de un proyecto que se llevará a cabo a lo largo de todo el curso, con presentaciones parciales al profesor y se finalizará con una presentación y explicación final del proyecto en el aula.

Además la evaluación se completa con una prueba escrita en que se valorará los conocimientos generales adquiridos sobre la materia.

Para superar la asignatura el alumno deberá al menos haber hecho 2 presentaciones parciales del proyecto al profesor durante el primer y segundo tercio respectivamente del calendario de clases y obtener una valoración positiva en la presentación final del proyecto. En la prueba escrita debe obtener al menos una calificación de 3 sobre 10.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula |
|---|----------------|
| Introducción | 3 |
| Tipología de uso conjunto | 3 |
| Herramientas, métodos y objetivos para el análisis de sistemas de recursos hídricos | 3 |
| Modelación de aguas subterráneas | 6 |
| Gestión de embalses | 3 |
| Modelos de utilización conjunta | 3 |
| Solución práctica de problemas no lineales | 3 |
| Casos reales de gestión de cuencas en España | 3 |
| Gestión institucional del agua | 3 |
| Total horas: | 30 |

Bibliografía

- Andreu, J. (2007). Ejercicios de Sistemas de Recursos Hídricos. Editorial UPV. [[Ejercicios de Sistemas de Recursos Hídricos Resueltos con Aquatool \(Andreu Álvarez, Joaquín\)\]](#)
- Andreu, J., Solera, A., Capilla, J. y Ferrer, J. (2007). *Modelo Simges para Simulación de Cuencas. Manual de Usuario. V.3* Editorial UPV.
- MAGRAMA (online) Planes hidrológicos en vigor y proceso de planificación. <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/>
- A. Sahuquillo, E. Cassiraga, A. Solera, J.M. Murillo (2010). " Modelos de uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas" Libro ed. IGME ISBN 978-84-7840-852-8
- Solera, A., Paredes J. and Andreu, J. (2007). "Aquatoolma SSD para planificación de cuencas" Book. Ed. Universidad Politécnica de Valencia. ISBN. 978-84-8363-171-3
- Solera, A., Paredes J., Andreu y Pedro-Monzonís, M. (2014) Aplicaciones de Sistemas Soporte a la Decisión en Planificación y Gestión Integradas de Cuencas Hidrográficas. Ed. MARCOMBO, S.A.

Incidencia del cambio climático en los sistemas de recursos hídricos

Descripción general de la asignatura

El objetivo es dar conocimientos de las metodologías y modelos existentes y la adquisición de capacidades y habilidades para la evaluación de la incidencia del Cambio Climático (CC) en los Sistemas de Recursos Hídricos (SRRHH), incluyendo su relación con la Planificación y Gestión de RRHH.

En la asignatura se revisan los conceptos básicos de los Modelos climáticos (MC) de circulación general, los MC regionales y de las Técnicas de bajada escala, con el objeto de dar una visión crítica de los escenarios climáticos existentes y facilitar su selección. También, se analizan los principales impactos del CC en los ecosistemas fluviales, en las condiciones de calidad del agua y en sectores económicos, como la agricultura. Concretamente, se abordan los modelos de simulación del ciclo hidrológico con calidad del agua y los modelos de gestión de SRRHH, con aplicaciones prácticas en la determinación de la incidencia del CC en los RRHH, en la sostenibilidad de los SRRHH y la calidad del agua.

Conocimientos recomendados

- Conocimientos de los procesos que forman el ciclo hidrológico: las aguas superficiales, las aguas subterráneas y de su interacción.
- Conocimiento de los procesos básicos de la calidad química del agua.
- Conocimiento de los fundamentos de los sistemas de información geográfica.

| <u>Asignatura</u> | <u>Impartida</u> |
|---|-------------------|
| HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA | Previa |
| SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS | Previa |
| SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA | Simultánea |

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Introducción al cambio climático y su impacto en los sistemas de recursos hídricos.

- 1.1. Introducción al cambio climático.
- 1.2. Factores que influyen en el estudio del cambio climático.
- 1.3 Efectos en los sistemas de recursos hídricos y su análisis.
- 1.4. Gases de efecto invernadero en la atmósfera.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Modelos climáticos de circulación general.

- 2.1. Introducción a los modelos climáticos de circulación general.
- 2.2. Escenarios climáticos y características.
- 2.3. Selección de escenarios y resultados para España.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Modelos climáticos regionales y técnicas de bajada de escala.

- 3.1. Introducción a los modelos climáticos regionales.
- 3.2. Técnicas de bajada de escala.
- 3.3. Escenarios climáticos regionales.
- 3.4. Resultados de los escenarios climáticos para España y el área mediterránea.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Modelos y evaluación del impacto del cambio climático en el ciclo hidrológico a escala de cuenca.

- 4.1. Introducción de los efectos del Cambio Climático en los recursos hídricos
- 4.2. Metodología para la evaluación de los escenarios climáticos en los recursos hídricos
- 4.3. Modelos hidrológicos
- 4.4. Otros cambios hidrológicos: sucesos extremos sequías e inundaciones
- 4.5. Relación entre el Cambio Climático y las series hidrológicas recientes

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Modelos y evaluación de los impactos ambientales y químicos del cambio climático en las cuencas hidrográficas.

- 5.1. Impactos en los ecosistemas naturales
- 5.2. Impactos en las condiciones químicas del agua

UNIDAD DIDÁCTICA 6. Modelos y evaluación del impacto del cambio climático en sistemas de recursos hídricos.

- 6.1. Introducción de los efectos del cambio climático en los sistemas de recursos hídricos.
- 6.2. Efectos en la agricultura y la vegetación.
- 6.3. Incorporación de los escenarios climáticos en la Planificación Hidrológica
- 6.4. Modelos de gestión de sistemas de recursos hídricos complejos.
- 6.5. Evaluación de los impactos del cambio climático en los Sistemas de Recursos Hídricos.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|---|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 2 | 30% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 1 | 30% |
| Proyecto | Es una estrategia didáctica en la que los estudiantes desarrollan un producto nuevo y único mediante la realización de una serie de tareas y el uso efectivo de recursos. | 3 | 30% |
| Observación | Estrategia basada en la recogida sistemática de datos en el propio contexto de aprendizaje: ejecución de tareas, prácticas. | 1 | 10% |

Evaluación final el promedio ponderado de las calificaciones de 4 métodos de evaluación puntuados de 0 a 10:

1. Realización de 2 pruebas escritas de respuesta abierta. Peso 30%. Prueba recuperable en examen final.
2. Realización de 3 prácticas en aula informática y elaboración de 3 informes escritos por equipos de hasta 2 alumnos con los resultados obtenidos. Peso 30%. Prueba recuperable en examen final.
3. Realización de un trabajo de tema libre, dentro de los aspectos relacionados con el curso, basado en la búsqueda de al menos 3 artículos científicos en revistas de reconocido prestigio internacional y presentación al resto de compañeros de clase. Individual o por equipos de hasta 2 alumnos. Peso 30%. Prueba no recuperable.
4. Participación activa durante el desarrollo del curso, formulando preguntas al resto de compañeros tras la presentación de los trabajos en clase. Peso 10%. Prueba no recuperable.

El aprobado se conseguirá cuando el valor ponderado sea de 5 puntos o superior.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula | Práctica informática |
|---|----------------|-------------------------|
| Introducción al cambio climático y su impacto en los sistemas de recursos hídricos | 3 | -- |
| Modelos climáticos de circulación general | 2 | 2 |
| Modelos climáticos regionales y técnicas de bajada de escala | 4 | -- |
| Modelos y evaluación del impacto del cambio climático en el ciclo hidrológico a escala de cuenca | 4 | 2 |
| Modelos y evaluación de los impactos ambientales y químicos del cambio climático en las cuencas hidrográficas | 6 | 1 |
| Modelos y evaluación del impacto del cambio climático en sistemas de recursos hídricos | 5 | 1 |
| Total horas: | 24 | 6 |

Bibliografía

IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report. An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf

Aemet (2008). *Generalización de escenarios regionalizados de cambio climático para España.* Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/cambio_climat/datos_diarios/Informe_Escenarios.pdf

COM (2009). *Libro Blanco Adaptación al Cambio Climático. Hacia un marco europeo de actuación.* "Comisión Europea" [COM.] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0147:FIN:Es:PDF>

CHJ (2004). *Júcar Pilot River Basin, Provisional Article 5. Report Pursuant to the Water Framework Directive.* "Ministerio de Medio Ambiente". http://www.chj.es/es-es/ciudadano/participacion_publica/Documents/Plan%20Hidrol%C3%B3gico%20de%20Ocuena/Jucar_pilot_river_basin_Parte_1.pdf

- CHJ (2005). *Informe para la Comisión Europea sobre los artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua. Demarcación hidrográfica del Júcar*. "Confederación Hidrográfica del Júcar". https://circabc.europa.eu/webdav/CircaBC/env/wfd/Library/framework_directive/implementation_documents_1/wfd_reports/member_states/spain/article_5/jucar/InformeArt_5_6JucarFinal.pdf
- Maidment, D.R. (1992). *Hanbook of Hydrology*. MacGraw-Hill.
- IPCC (2002). *Informe Especial de Escenarios de Emisiones del IPCC para Responsables de Políticas*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). [ISBN: 92-9169-413-4] <https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf>
- Singh, V.P. y Eds. (1995). *Computer Models of Watershed Hydrology*. Water Resources Publications. [Card number 94-61748. U.S. Library of Congress Catalog.]
- Loucks, D.P., Stedinger, J.R. and Haith, D.A. (1981). *Water resource systems planning and analysis*. Prentice Hall inc.
- Loucks, D.P., Stedinger, J.R. and Haith, D.A. (1981). *Haith, Water resource systems planning and analysis. Solutions Manual*. Prentice Hall inc.
- España Ministerio de Medio Ambiente, España Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas y España Secretaria de Estado de Aguas y Costas (2000). *Libro blanco del agua en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, Secretaría de Estado de Aguas y Costas, Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. [[Libro blanco del agua en España \(España. Ministerio de Medio Ambiente; España. Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas; España. Secretaria de Estado de Aguas y Costas\)\]](#)]
- Singh. V.P. (1995). *Computer models of watershed hydrology*. Baton Rouge: Water Resources Publications. [[Computer models of watershed hydrology \(Singh, Vijay P.\)](#)]
- Hernández, L. (2007). *Efectos del cambio climático en los sistemas complejos de recursos hídricos. Aplicación a la cuenca del Júcar*. Tesis doctoral. [[Efectos del cambio climático en los sistemas complejos de recursos hídricos. Aplicación a la cuenca del Júcar. \(Hernández Barrios, Leonardo\)](#)]
- España Ministerio de Medio Ambiente (2006). *Cuarta Comunicación Nacional de España. Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente. [[Cuarta Comunicación Nacional de España. Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático \(España. Ministerio de Medio Ambiente\)](#)]
- Chirivella, V. (2011). *Caracterización de los futuros escenarios climáticos en la Comunidad Valenciana: propuestas de mejora para la evaluación de la oferta y demanda de recursos hídricos*. Universitat Politècnica de Valencia.
- Chirivella V, Capilla JE, Pérez MA. 2014. Modelling Regional Impacts of Climate Change on Water Resources: the Jucar Basin, Spain. *Hydrological Sciences Journal*. doi: 10.1080/02626667.2013.866711

Estrela T, Pérez-Martín MA, Vargas E. 2012. Impacts of Climate Change on Water Resources in Spain. Hydrological Sciences Journal. 57(6):1154-1167. doi:10.1080/02626667.2012.702213.

Economía de sistemas de recursos hídricos

Descripción general de la asignatura

La naturaleza interdisciplinar de los problemas del agua requiere métodos para integrar los aspectos técnicos, económicos, ambientales, legales y sociales en un marco coherente que permita el desarrollo de estrategias eficientes en la gestión del agua. Esta asignatura permite dar al ingeniero especialista en hidráulica y medio ambiente un complemento en conceptos, métodos, y herramientas de Economía aplicada a la ingeniería hidráulica y ambiental y a la gestión de recursos hídricos que les permitan adaptarse e innovar dentro de un nuevo paradigma de realidad y un nuevo entorno de trabajo más interdisciplinario, complejo y dinámico.

Conocimientos recomendados

| Titulación | Asignatura |
|--|--------------------------------------|
| MÁSTER EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y MEDIO AMBIENTE | HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA |
| MÁSTER EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y MEDIO AMBIENTE | SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS |

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Fundamentos de microeconomía. Aplicación a economía del agua.

- 1.1. Introducción.
- 1.2. El mecanismo de mercado. Competencia perfecta e imperfecta.
- 1.3. La oferta y la demanda.
- 1.4. Valor marginal. La paradoja del agua y el diamante.
- 1.5. La demanda y la teoría del consumidor.
- 1.6. La oferta y conducta de los productores.
- 1.7. Los mercados del agua

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Valor económico, precio y coste de los servicios del agua.

- 2.1. Componentes del coste total de los servicios del agua.
- 2.2. Valor económico del agua. Enfoque normativo y positivo.
- 2.3. Valor, precio y costes del agua en la agricultura.
- 2.4. Curvas de demanda del agua en el uso urbano.
- 2.5. El valor económico del agua en la industria.
- 2.6. El valor económico del agua en los usos ambientales y recreativos.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Economía de recursos naturales y ambientales.

- 3.1. Concepto y tipología de recursos naturales.
- 3.2. Caracterización económica de la contaminación.
- 3.3. Métodos de valoración de activos ambientales.
- 3.4. Recursos no renovables. La tragedia de los comunes. El principio de Hotelling.
- 3.5. Particularidades de las aguas subterráneas.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Ingeniería económica de proyectos hidráulicos.

- 4.1. Introducción a la ingeniería económica. Valor del dinero en el tiempo. Fórmulas de interés.
- 4.2. Métodos de selección de alternativas.
- 4.3. Fundamentos del análisis coste-beneficio.
- 4.4. Diseño económicamente óptimo de infraestructura hidráulica.
- 4.5. Análisis financiero.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. La directiva marco europea del agua y el análisis económico de los usos y servicios del agua.

- 5.1. Objetivos y principios de la DMA.
- 5.2. Costes financieros, del recurso y ambientales.
- 5.3. Análisis coste-eficacia del programa de medidas.

UNIDAD DIDÁCTICA 6. Simulación y optimización económica de la gestión de sistemas de recursos hídricos.

- 6.1. Herramientas y métodos para planificación y gestión de RR.HH
- 6.2. Modelos hidro-económicos de simulación y de optimización

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|--|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 1 | 35% |
| Pruebas objetivas (tipo test) | Examen escrito estructurando con diversas preguntas o ítems en los que el alumno no elabora la respuesta; sólo ha de señalarla o completarla con elementos muy precisos. | 1 | 35% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 1 | 20% |

| | | | |
|------------|---|---|-----|
| Portafolio | Conjunto documental elaborado por un estudiante que muestra la tarea realizada durante el curso en una materia determinada. | 1 | 10% |
|------------|---|---|-----|

Se realizarán 2 pruebas escritas durante el curso (parciales) que se valorarán con un 35% de la nota final, siendo 5 la nota mínima para aprobarlas, recuperables (prueba final de recuperación). Se requerirá un trabajo académico (proyecto) por grupos de hasta 2 en un tema a elegir por el alumno (se proporciona lista de trabajos sugeridos), que se evaluarán con base en una Memoria y la defensa del trabajo, y se valorará con un 20% de la nota final, no recuperable. Por último, se evaluará un portafolio de la asignatura con hasta un 10%, donde se incluirá la entrega de las soluciones a las relaciones de problemas resúmenes críticos de artículos entregados a lo largo del curso, y participación en los debates en clase. La calificación final de la asignatura se obtiene como promedio ponderado de las calificaciones parciales de cada acto de evaluación; una nota final superior a 5 sobre 10 se considera aprobado.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula |
|--|----------------|
| Fundamentos de microeconomía. Aplicación a economía del agua. | 8 |
| Valor económico, precio y coste de los servicios del agua | 6 |
| Economía de recursos naturales y ambientales | 6 |
| Ingeniería económica de proyectos hidráulicos | 4 |
| La directiva marco europea del agua y el análisis económico de los usos y servicios del agua | 2 |
| Simulación y optimización económica de la gestión de sistemas de recursos hídricos | 4 |
| Total horas: 30 | |

Bibliografía

Griffin, R.C. (2006). *Water resource economics: the analysis of scarcity, policies, and projects*. Cambridge: MIT Press. [\[Water resource economics: the analysis of scarcity, policies, and projects \(Griffin, Ronald C.\)\]](#)

Young, R.A. (2004). *Determining the economic value of water: concepts and methods*. Washington: Resources for the Future. [[Determining the economic value of water : concepts and methods \(Young, Robert A.\)](#)]

James, L.D. (1971). *Economics of water resources planning*. McGraw-Hill. [[Economics of water resources planning \(James, L. Douglas\)](#)]

Azqueta, D. (2007). *Introducción a la economía ambiental* (segunda edición). McGraw-Hill. [[Introducción a la economía ambiental \(Azqueta Oyarzun, Diego\)](#)]

MATERIA: MODELOS MATEMÁTICOS EN HIDROLOGÍA

Descripción de la materia

Variabilidad y modelación del ciclo hidrológico. Aplicación de los modelos de elevación digital. Escala en Hidrología.

Conceptualización distribuida de la producción y propagación de esorrentía. Estimación y calibración de parámetros en modelos distribuidos. El programa TETIS. Acoplamiento ambiental.

Normativa de calidad de aguas en sistemas naturales. El medio físico como receptor de aguas residuales. Metodología del desarrollo y empleo de modelos de calidad de aguas. Modelación de procesos biológicos. Términos de reacción. Aplicaciones en ríos, lagos, embalses, zonas costeras. Técnicas prácticas para la mejora de la calidad del agua en sistemas naturales.

Gestión de los recursos hídricos para la modelación de la calidad del agua a escala de cuenca. Software para la modelación de la calidad del agua en lagos, embalses, ríos y estuarios.

Transporte de masa en medios porosos saturados. Transformación, retardo y atenuación de solutos. Flujo y transporte en la zona vadosa. Flujo multifásico. Transporte en la atmósfera. Transporte en aguas superficiales. Transporte turbulento.

Legislación sobre contaminación de suelos y acuíferos. Fuentes de contaminación de suelos y acuíferos. Contaminación de origen industrial, agropecuario y por actividad humana. Diseño de vertederos. Técnicas de recuperación de suelos y acuíferos Procesos estadísticos de punto. Series temporales. Procesos estocásticos.

Modelos de calidad de aguas superficiales

Descripción general de la asignatura

La asignatura Modelos de Calidad de Aguas Superficiales es una asignatura obligatoria dentro de la Intensificación Análisis de sistemas de recursos hídricos, que se imparte en el segundo cuatrimestre del Máster. Con ella se pretende que el alumno adquiera los conocimientos básicos que le permitan abordar el análisis de problemas de contaminación de aguas en el medio natural y plantear y desarrollar soluciones para los mismos. Esta asignatura aborda el problema de la contaminación del agua tanto en la modelación como en su relación con la gestión de los recursos hídricos. La asignatura tiene un carácter multidisciplinar dado que abarca aspectos de naturaleza física, química y biológica y en la que una sólida formación matemática resulta imprescindible.

Gran parte de los conocimientos adquiridos en la asignatura troncal Calidad y Contaminación de Aguas sirven de fundamento para consolidar los conceptos desarrollados en ésta, por lo que al impartirse en el primer cuatrimestre están adecuadamente coordinadas.

De igual modo, la asignatura troncal Sistemas de Recursos Hídricos es la base necesaria para entender los aspectos de gestión de recursos hídricos necesarios para su posterior aplicación y avance en esta asignatura. Todas las asignaturas en las que se estudian aspectos relacionados con el tratamiento de aguas tienen en ésta su referente de procesos en el medio natural.

Conocimientos recomendados

| Asignatura | Impartida |
|---|-----------|
| CALIDAD Y CONTAMINACIÓN DE AGUAS | Previa |
| BASES LIMNOLÓGICAS PARA LA GESTIÓN DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS | Previa |
| HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA | Previa |
| SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS | Previa |

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Introducción. Conceptos y definiciones generales.

- 1.1. El medio físico como receptor de aguas residuales: condicionantes geomorfológicos. Condicionantes térmicos. Balances de materia. Transporte dispersivo en medio natural. Estimación de coeficientes. Transporte advectivo. Determinación del campo de velocidades. Contaminación difusa. Cinética química y equilibrio químico.
- 1.2. Metodología del desarrollo y empleo de modelos de calidad de aguas: definición del problema, planteamiento de las ecuaciones, trabajo de campo, calibración y validación.

1.3. Métodos numéricos de resolución de ecuaciones diferenciales. Problemas de dispersión e inestabilidad numérica. Análisis de sensibilidad.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Balances de energía. Modelación de procesos físicos, químicos y biológicos. Términos de reacción (sustancias no conservativas). Aplicaciones en ríos, lagos, embalses, zonas costeras.

- 2.1. Balances de energía. Importancia de la estratificación térmica.
- 2.2. Balance de oxígeno disuelto/DBO/nitrificación. Anoxia hipolimnética en embalses.
- 2.3. Ciclo de nutrientes/fitoplancton. Eutrofización. Modelos a escala temporal horaria y diaria.
- 2.4. Contaminación por metales pesados y compuestos orgánicos tóxicos.
- 2.5. Contaminación por microorganismos patógenos. Vertidos al mar. Vertidos de salmueras.
- 2.6. Interacciones columna de agua/sedimentos. Sedimentación y resuspensión. Modelos de demanda de oxígeno y transferencia de nutrientes.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|---|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 3 | 40% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 1 | 35% |
| Proyecto | Es una estrategia didáctica en la que los estudiantes desarrollan un producto nuevo y único mediante la realización de una serie de tareas y el uso efectivo de recursos. | 1 | 25% |

La evaluación tiene tres partes:

- Una parte teórica repartida en dos exámenes parciales de una hora de duración; exámenes basados en preguntas a desarrollar.
 - Para compensar ambos parciales hay que sacar un valor mínimo de cuatro puntos. Un valor igual superior a cuatro permite promediar con las otras dos partes; un valor inferior obliga a presentarse a la recuperación de la parte no superada.
 - El porcentaje sobre la nota final es del 40%.

- Una parte asociada a las prácticas informáticas.
 - La duración será de dos horas.
 - Para promediar con el resto de las pruebas hay que sacar un valor mínimo de tres puntos.
 - El porcentaje sobre la nota final es del 25%.
- Una parte basada en la resolución de un ejercicio práctico.
 - Para promediar con el resto de las pruebas hay que sacar un valor mínimo de tres puntos.
 - El porcentaje sobre la nota final es del 35%.

Existirá una prueba final de una hora de duración para recuperar la parte de la evaluación correspondiente a los exámenes parciales.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula |
|---|----------------|
| Introducción. Conceptos y definiciones generales. | 8 |
| Balances de Energía. Modelación de procesos físicos, químicos y biológicos. Términos de reacción (sustancias no conservativas). Aplicaciones en ríos, lagos, embalses, zonas costeras. | 22 |
| Total horas: | 30 |

Bibliografía

- Ambrose, R.B. y Barnwell, T. O (1987). *Processes, Coefficients, and Models for Simulating Toxic Organics and Heavy Metals in Surface Waters*. U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia. EPA/600/3-87/015.
- Barnwell, T. O. y col. (1985). *Rates, Constants, and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling*. U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia. EPA/600/3-85/040.
- Chapra, S.C. (1997). *Surface Water Quality Modelling*. Mc-Graw Hill. New York.
- Ambrose, R.B. y col. (1988). *WASP4, A Hydrodynamic and Water Quality Model*. U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia. EPA/600/3-87/039.
- Biswas, A. K. Ed. (1981). *Models for Water Quality Management*. McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Clark, Mark M. (1996). *Transport Modeling for Environmental Engineers and Scientist*. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.

Di Toro, D. (2001). *Sediment Flux Modeling*. John Wiley & Sons, Inc., Wiley-Interscience. New York (USA).

Falconer, R.A. (Ed.) (1992). *Water Quality Modelling*. Ashgate Publishing Ltd.

Fischer H.B. y col. (1979). *Mixing in Inland and Coastal Waters*. Academic Press, Inc. London. UK.

Melli, P., Zannetti P. (Ed.) (1992). *Environmental Modelling*. Computational Mechanics Publications. Southampton, UK.

Nemerow, N.L. (1974). *Scientific Stream Pollution Analysis*. McGraw-Hill Series in Water Resources.

Paredes, J., Solera, A. y Martín, M. (2011). *Ejercicios de modelación de la calidad del agua: elaborados con el programa GESCAL del entorno de ayuda a la decisión AQUATOOL*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. [Ref.: 2011.153]

Modelación matemática de flujo y transporte en el subsuelo

Descripción general de la asignatura

En la asignatura se proporcionará al estudiante una perspectiva amplia de las técnicas utilizadas para resolver problemas prácticos de contaminación de suelos y aguas subterráneas mediante la resolución de las ecuaciones del flujo y del transporte de masa.

El contenido de la asignatura se desarrolla mediante la impartición de clases teóricas, propuestas de ejercicio, prácticas informáticas y desarrollo de un ejercicio final de aplicación con exposición en una prueba oral final. Los bloques temáticos cubiertos son:

- Introducción al uso de modelos matemáticos en aguas subterráneas
- La ecuación del Flujo
- Métodos numéricos de resolución de la ecuación del flujo
- La ecuación del transporte
- Fuentes de contaminación del suelo y de las aguas subterráneas
- Métodos de resolución de la ecuación del transporte
- Temas avanzados de movimiento de contaminantes en el subsuelo

Se aborda el uso de los modelos MODFLOW y MT3D mediante interfaces gráficas de usuario de dominio público.

Conocimientos recomendados

| | |
|--------------------------------------|------------|
| Asignatura | Impartida |
| CONTAMINACIÓN DE SUELOS Y ACUÍFEROS | Previa |
| GEOESTADÍSTICA | Previa |
| HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA | Previa |
| CALIDAD Y CONTAMINACIÓN DE AGUAS | Simultánea |

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Introducción.

1.1. Introducción a la modelización.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Modelación del flujo.

2.1. La ecuación del flujo.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Métodos numéricos de resolución de la ecuación del flujo.

- 3.1. El método de diferencias finitas.
- 3.2. El método de elementos finitos.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Modelación del transporte.

- 4.1. Fuentes de contaminación del suelo y de las aguas subterráneas.
- 4.2. Modelación del transporte de contaminantes en las aguas subterráneas.
- 4.3. Métodos de resolución de la ecuación del transporte. El método de las características. Random walk. Método de trayectorias aleatorias de partículas.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Temas avanzados.

- 5.1. Modelación inversa estocástica
- 5.2. Aplicaciones prácticas.
 - 5.2.1. Aplicación de un modelo de flujo por diferencias finitas para determinar el efecto de los bombeos sobre niveles piezométricos y caudales de aguas superficiales: modelo MODFLOW.
 - 5.2.2. Aplicación de un modelo de flujo con densidad variable para el análisis de acuíferos costeros: modelo SUTRA.
 - 5.2.3. Aplicación de un modelo de transporte a un problema de contaminación de suelos y acuíferos: MT3D.
 - 5.2.4. Aplicación de un modelo de arrastre de partículas a un problema sintético: RANDOM WALK, PMPATH.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------|--|-------|------|
| Examen oral | Método imprescindible para medir los objetivos educacionales que tiene que ver con la expresión oral. | 1 | 50% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 3 | 40% |
| Observación | Estrategia basada en la recogida sistemática de datos en el propio contexto de aprendizaje: ejecución de tareas, prácticas. | 1 | 10% |

Evaluación continua basada en:

- Seguimiento de la asistencia a clases y prácticas (10%).

- Realización de dos ejercicios cortos propuestos y de uno más amplio que abarca la mayor parte del temario y del que se efectúa presentación oral (10+10+20=40%).
- Presentación oral de ejercicio amplio de aplicación de conocimientos de la asignatura (50%).

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula |
|--|----------------|
| Modelos matemáticos de aguas subterráneas | 3 |
| La ecuación del flujo | 3 |
| Métodos numéricos de resolución de la ecuación del flujo | 6 |
| Fuentes de contaminación del suelo y de las aguas subterráneas | 3 |
| Modelación del transporte de contaminantes en las aguas subterráneas | 5 |
| Métodos de resolución de la ecuación del transporte | 5 |
| Aplicaciones prácticas | 5 |
| Total horas: | 30 |

Bibliografía

Coates, D.R. (1981). *Environmental Geology*. Ed. Wiley.

Ward, A.D. (1995). *Environmental Hydrology*. Lewis Publishers.

Montgomery, C.W. (1989). *Environmental Geology*. Wm. C. B. Publishers.

Freeze, R.A. (1998). Groundwater contamination and remediation. Curso impartido en la UPV.

Domenico, P.A. y Schwartz, F.W. (1990). *Physical and chemical hydrogeology*. Wiley & Sons.

Fetter, C.W. (1992). *Contaminant Hydrogeology*. Macmillan Publishers.

Freeze, R.A. (2000). *The environmental pendulum*. Univ. of California Press.

Clark, M. (1996). *Transport modeling for environmental engineers and scientists*. Wiley & Sons.

Chiang, W. y Kinzelbach, W. (2001). *3D-Groundwater modeling with PMWIN*. Springer.

Zheng, C., y Bennett, G.D. (1995). *Applied contaminant transport modeling*. Van Nostrand Reinhold.

Douglas, J. y Burden R. (2004). *Métodos Numéricos*. Thompson.

Modelación hidrológica y ambiental distribuida

Descripción general de la asignatura

El principal objetivo de la asignatura es enmarcar la modelación hidrológica y ambiental dentro de la modelación espacialmente distribuida de los procesos físicos.

Para ello, en primer lugar se tratarán las herramientas básicas necesarias en la modelación distribuida (SIG, interpolación espacial, efectos de escala, estimación de parámetros,...). En segundo lugar se presentará la visión moderna del ciclo hidrológico. Por último, se abordará el acoplamiento entre los modelos de erosión, calidad y de ecosistemas vegetales con los modelos hidrológicos distribuidos. El resultado de dicho acoplamiento es la reproducción tanto de la variabilidad espacio-temporal existente como de las interacciones entre el ciclo hidrológico y los procesos ambientales.

Para fortalecer el aspecto práctico de la asignatura, en todo momento se hará referencia y se utilizarán los modelos desarrollados y/o utilizados por los grupos de investigación del departamento.

Conocimientos recomendados

| Asignatura | Impartida |
|--------------------------------------|-----------|
| HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA | Previa |

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Variabilidad y modelación del ciclo hidrológico.

- 1.1. Los modelos hidrológicos. Tipos de modelos según el grado de agregación.
- 1.2. La variabilidad del Ciclo Hidrológico. Parámetros efectivos. La REA.
- 1.3. Modelos globales distribuidos.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Aplicación de los MED.

- 2.1. Los SIG en Hidrología.
- 2.2. Tipos de MED.
- 2.3. Delimitación de la cuenca.
- 2.4. La red hidrográfica.
- 2.5. Caracterización de la cuenca.
- 2.6. Caracterización de la red hidrográfica.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Efectos de escala y escalabilidad en Hidrología.

- 3.1. Teoría fractal y ejemplos.
- 3.2. Escalas en Hidrología.

3.3. Implicaciones de la escalabilidad.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Conceptualización distribuida de la producción.

- 4.1. Conceptualización general de TETIS.
- 4.2. Almacenamientos en ladera.
- 4.3. Almacenamiento subterráneo.
- 4.4. Fusión de nieve.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Conceptualización distribuida de la propagación.

- 5.1. Modelos hidráulicos.
- 5.2. Onda cinemática de ladera.
- 5.3. El Hidrograma Unitario Distribuido.
- 5.4. La Onda Cinemática Geomorfológica.
- 5.5. Sobre la no-linealidad.

UNIDAD DIDÁCTICA 6. Estimación y calibración de parámetros en modelos distribuidos.

- 6.1. Estructura de parámetros de un modelo distribuido.
- 6.2. Estimación inicial.
- 6.3. Calibración y validación de modelos distribuidos.

UNIDAD DIDÁCTICA 7. El programa TETIS.

UNIDAD DIDÁCTICA 8. Acoplamiento ambiental.

- 8.1. Conceptualización distribuida de la vegetación. Interacciones vegetación-ciclo hidrológico. La vegetación de ribera.
- 8.2. Conceptualización distribuida de la erosión. Transporte de sedimentos. Erosión en cuenca.
- 8.3. Conceptualización distribuida de la calidad. Procesos cinéticos. Transporte de masa.

Evaluación

| Nombre | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|--|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 3 | 60% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 3 | 40% |

La evaluación de esta asignatura se basará en 3 pruebas escritas y 3 trabajos prácticos, a realizar a lo largo del curso. Para aprobar la asignatura es necesario tener aprobados cada uno de los trabajos prácticos.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula | Práctica Informática |
|--|----------------|-------------------------|
| Variabilidad y modelación del Ciclo Hidrológico | 2 | -- |
| Aplicación de los MED | 4 | 3 |
| Efectos de escala y escalabilidad en Hidrología | 2 | -- |
| Conceptualización distribuida de la producción | 2 | -- |
| Conceptualización distribuida de la propagación | 2 | -- |
| Estimación y calibración de parámetros en modelos distribuidos | 2 | 1 |
| El programa TETIS | 4 | 3 |
| Acoplamiento ambiental | 5 | -- |
| Total horas: | 23 | 7 |

Bibliografía

Beven, K.J. *Rainfall-Runoff Modelling: The Primer*. Willey, 2001.

Olaya Ferrero, V. *Hidrología computacional y MDT*. En la web, 2004.

GIHMA. *Descripción del modelo conceptual distribuido de simulación hidrológica TETIS v8.3*. En la web, 2014.

B.E. Vieux. *Distributed Hydrologic Modeling Using GIS*. Water Science and Technology Library, 2004.

V.P. Singh y D.K. Frevert (eds.). *Watershed Models*. CRC Press, 2006.

K.J. Beven. *Environmental Modelling: An Uncertain Future?*. Taylor & Francis Group, 2009.

- K.J. Beven e I.D. Moore (eds.). *Terrain Analysis and Distributed Modelling in Hydrology*. John Wiley & Sons, 1992.
- S. Sorooshian, H.V. Gupta y J.C. Rodda (eds.). *Land Surface Processes in Hydrology*. Springer-Verlag, 1993.
- K. Kovar y H.P. Nachtnebel (eds.). *Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management*. IAHS 211, 1993.
- R. Rosso, A. Peano, I. Becchi y G. A. Bemporad (eds.). *Advances in Distributed Hydrology*. Water Resources Publications, 1994.
- V.P. Singh y M. Fiorentino (eds.). *Geographical Information Systems in Hydrology*. Kluwer Academic Publishers, 1996.
- M.B. Abbott y J.C. Refsgaard (eds.). *Distributed Hydrological Modelling*. Kluwer Academic Publishers, 1996.
- V. Olaya. *Sistemas de Información Geográfica*. 2011. http://wiki.osgeo.org/wiki/Libro_SIG
- Llamas, J. *Hidrología general: principios y aplicaciones*. Servicio Editorial del País Vasco, 1993.
- Pedraza Gilsanz, J. *Geomorfología: Principios, Métodos y Aplicaciones*. Editorial Rueda, 1996.
- Beven, K. y M.J. Kirkby (eds.). *Channel Network Hydrology*. John Wiley & Sons, 1993.
- Beven, K. y I.D. Moore (eds.). *Terrain Analysis and Distributed Modeling in Hydrology*. John Wiley & Sons, 1993.
- S.N.Lane, K.S.Richards and J.H.Chandler (eds.). *Landform Monitoring, Modelling and Analysis*. Wiley, Chichester, 1998.
- Gupta, V.K. et al. (eds.). *Scale problems in Hydrology*. Water Science and Technology Library, 1986.
- Feddes, R.A. (ed.). *Space and Time Variability and Interdependencies in Hydrological Processes*. Cambridge University Press, 1995.
- Kalma, J.D. y Sivapalan, M. (ed). *Scale issues in hydrological modelling*. Willey, 1995.
- Rodriguez-Iturbe, I. y G. Rinaldo. *Fractal river basins*. Cambridge University Press, 1997.
- Goodchild, F. y Quattrochi, D. (eds.). *Scale in remote sensing and GIS*. Lewis, 1997.
- Sposito, G. (ed.). *Scale dependence and scale invariance in Hydrology*. Cambridge University Press, 1998.

Hidrología estocástica

Descripción asignatura

La asignatura proporciona una panorámica amplia de las técnicas Estadísticas avanzadas, de Procesos Estocásticos, y Series Temporales aplicables en Hidrología. Se pretende fundamentalmente describir las posibilidades y limitaciones del máximo número de técnicas, sin profundizar en ninguna, para que el alumno profundice en aquellas que le pudieran interesar. Es un curso claramente dedicado a la preparación del Doctorado.

La docencia se organiza en 3 bloques. En un primer bloque se repasan las técnicas estadísticas avanzadas correspondientes a procesos estadísticos de punto. El segundo bloque se dedica al estudio de las Series Temporales Hidrológicas en simulación y en predicción. Por último, se analizan las técnicas de Procesos Estocásticos.

Conocimientos recomendados

Imprescindible un curso de Estadística a nivel de Ingeniería Superior. Conocimiento profundo de matemáticas aplicadas avanzadas, Teoría de Sistemas, y Álgebra. Conocimientos de Hidrología Física.

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Procesos estadísticos de punto.

- 1.1. Introducción. Funciones de distribución y densidad. Estadísticos. Distribuciones derivadas.
- 1.2. Funciones de distribución. Binomial, normal y de Poisson. Distribuciones de uso en hidrología. Exponencial, lognormal, Gamma, Beta, Pareto, Goodrich. Distribuciones extremales. Gumbel, GEV, SQRT-Etmax, Efecto de separación de sesgo. Distribuciones de dos componentes.
- 1.3. Distribuciones empíricas. Métodos no paramétricos. Estimación de parámetros.
- 1.4. Análisis multivariado. El modelo lineal La distribución normal multivariada. Distribución de Nagao-Kadoya. Distribuciones muestrales de la media, coeficiente de correlación, T2 de Hotelling, Wishart. Componentes principales. Correlación canónica.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Series temporales.

- 2.1. Series Temporales Hidrológicas. Simulación estadística. Procesos estacionarios y ergódicos. Autocorrelación. Proceso estadístico lineal. Procesos autorregresivos, de media móvil y ARMA. Función de autocorrelación parcial. Estacionariedad e invertibilidad.
- 2.2. Proceso de análisis de una serie. Validación de los modelos. Tamaño efectivo de una serie temporal. Generación sintética de series. Normalización.
- 2.3. Series no estacionarias. Tendencias. Series periódicas. Análisis de Fourier. Test de Fisher. Modelos PARMA.

2.4. Series temporales multivariadas. Función de correlación cruzada. Matrices de autorregresión. Modelos ARMA multivariados. Modelos más complejos. Modelos CARMA. Modelos de Desagregación.

2.5. Procesos estocásticos continuos. Función de autocorrelación con dos argumentos. Transformación de procesos estocásticos. Operadores lineales. Análisis espectral de procesos estocásticos. Espectro de potencia y espectro de coherencia.

2.6. Modelos de Predicción. Modelos ARIMA. Modelos ARMAX y Funciones de Transferencia. Función Impulso Respuesta. Ecuaciones de Yule-Walker. Identificación y estimación. Predicción con modelos ARMAX. Intervalos de confianza.

2.7. Filtro de Kalman. Sistemas Dinámico Estocásticos. Extensión y aplicaciones. Modelos autocalibrantes. Filtro de Kalman extendido. Control óptimo estocástico.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Procesos estocásticos.

3.1. Procesos estocásticos elementales. Cadenas de Markov. Análisis de primer paso. Estados absorbentes. Distribución límite.

3.2. Procesos de punteo. Proceso de Poisson. Proceso de Poisson marcado. Proceso de Poisson compuesto. Cadenas de Markov continuas.

3.3. Procesos estocásticos continuos. Autocorrelación con dos argumentos. Transformación de procesos. Análisis Espectral, Procesos continuos más comunes.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|--|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 2 | 50% |
| Observación | Estrategia basada en la recogida sistemática de datos en el propio contexto de aprendizaje: ejecución de tareas, prácticas. | 15 | 50% |

La asistencia a clase es obligatoria, siendo necesario asistir al 75% de las clases para poder examinarse. El 50% de la nota corresponde a la asistencia, y el resto a dos pruebas teóricas, con 10 preguntas cortas de concepto.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula |
|--------------------------------|----------------|
| Procesos estadísticos de punto | 8 |
| Series Temporales | 16 |
| Procesos Estocásticos | 6 |
| Total horas: | 30 |

Bibliografía

Kottegoda, N.T. y Rosso, R. (1997). *Probability, Statistics and Reliability for Civil and Environmental Engineers*. McGraw- Hill.

Yevjevich, V. (1972). *Probability and Statistics in Hydrology*. WRP.

Anderson, T.W. (1958). *An Introduction to Multivariate Statistical Analysis*. Wiley Publication in Mathematical Statistics.

Yevjevich, V. (1972). *Stochastic Processes in Hydrology*. WRP.

Bras, R.L. y Rodriguez – Iturbe, I. (1984). *Random Functions and Hydrology*. Addison-Wesley.

Salas, J.D., Delleur, J.W., Yevjevich, V. y Lane, W.L. (1985). *Applied Modeling of Hydrologic Time Series* (segunda edición). WRP.

Box, G.E.P. y Jenkins, G.M. (1976). *Time Series Analysis: Forecasting and Control* (segunda edición). Holden-Day.

Marco, J.B., Harboe, R. y Salas, J.D. (1989). *Stochastic Hydrology and its Use in Water Resources Systems Simulation and Optimization*. Kluwer.

Papoulis, A. (1991). *Probability, Random Variables and Stochastic Processes* (tercera edición). McGraw-Hill.

Karlin, S. y Taylor, H. (1975). *An Introduction to Stochastic Processes*. Academic Press.

Bartlett, M.B. (1978). *An Introduction to Stochastic Processes* (tercera edición). Cambridge University Press.

Cox, D. R. y Isham, V. (1980). *Point Processes*. Chapman and Hall.

Stoyan, D., Kendall, W.S. y Mecke, J. (1995). *Stochastic Geometry and its Applications* (segunda edición). Wiley.

Vanmarke, E. (1983). *Random Fields. Analysis and Syntesis*. M.I.T. Press.

Contaminación de suelos y acuíferos

Descripción general de la asignatura

La contaminación de suelos es un problema grave que ha empezado a abordarse muy recientemente. Sin embargo, los asentamientos urbanos y casi todas las actividades humanas (agrícolas, ganaderas e industriales) generan residuos potencialmente peligrosos que pueden alcanzar el suelo y las aguas subterráneas. Con la promulgación de distintas normativas ambientales se ha impulsado notablemente la investigación en multitud de disciplinas asociadas a este tipo de problemas y ha generado una importante demanda de formación específica en este campo.

En la asignatura se tratan los aspectos fundamentales relativos a la modelación matemática del movimiento y destino de contaminantes, así como las distintas técnicas disponibles de descontaminación de suelos y acuíferos. Una parte fundamental de la asignatura se dedica a la descripción de actuaciones y problemas prácticos donde se hayan aplicado estas técnicas.

La asignatura se organiza prestando atención a las particularidades acerca de la gestión de cada tipo de residuos sólidos de acuerdo con la legislación vigente: residuos inertes, industriales, agropecuarios y residuos sólidos urbanos.

Conocimientos recomendados

| Asignatura | Impartida |
|--|-----------|
| MODELACIÓN MATEMÁTICA DE FLUJO Y TRANSPORTE EN EL SUBSUELO | Previa |
| GEOESTADÍSTICA | Previa |
| HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA | Previa |
| TRATAMIENTOS FÍSICO-QUÍMICOS DE AGUAS | Previa |

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Presentación e introducción.

- 1.1. Concepto de contaminación de suelos y aguas subterráneas.
- 1.2. Ejemplos introductorios.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Legislación.

- 2.1. Legislación básica europea, estatal y autonómica.
- 2.2. La Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados.
- 2.3. La legislación holandesa sobre suelos contaminados.
- 2.4. El RD 1481/2001 sobre depósito de residuos en vertedero.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. El suelo.

- 3.1. Definiciones. Conceptos básicos.
- 3.2. Propiedades físicas del suelo.
- 3.3. Propiedades químicas del suelo.
- 3.4. Propiedades biológicas del suelo.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Fuentes de contaminación del suelo y de las aguas subterráneas.

- 4.1. Mecanismos de contaminación.
- 4.2. Clasificación de las fuentes de contaminación según USEPA.
- 4.3. Contaminantes prioritarios.
- 4.4. Los vertederos de residuos.
- 4.5. Contaminantes radioactivos.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Modelación matemática del flujo y transporte de contaminantes en el subsuelo.

- 5.1. La ecuación del flujo en medios porosos saturados.
- 5.2. La ecuación del flujo en medios porosos no saturados.
- 5.3. La ecuación del transporte de masa.
- 5.4. Métodos numéricos de resolución: Diferencias Finitas y Elementos Finitos.
- 5.5. Aplicación del modelo MODFLOW.
- 5.6. Aplicación del modelo MT3D.

UNIDAD DIDÁCTICA 6. Contaminación originada por actividades agropecuarias.

- 6.1. Contaminación por fertilizantes.
 - 6.1.1. Fertilizantes orgánicos de origen natural: purines, gallinaza y alpechín.
 - 6.1.2. Contaminación por nitratos.
- 6.2. Contaminación por pesticidas.
 - 6.2.1. El modelo PESTAN.

UNIDAD DIDÁCTICA 7. Contaminación originada por actividades industriales.

- 7.1. Contaminación por compuestos orgánicos volátiles (VOC).
- 7.2. Contaminación por metales pesados.
- 7.3. Contaminación por combustibles (BTEX).
- 7.4. Contaminación por disolventes orgánicos clorados.
- 7.5. El modelo VLEACH.

UNIDAD DIDÁCTICA 8. Vertederos de residuos sólidos.

- 8.1. Selección del emplazamiento.
- 8.2. Requisitos técnicos para el diseño de proyectos de vertederos.
 - 8.2.1. Impermeabilización de fondo y taludes.
 - 8.2.2. Explotación de vertederos.
 - 8.2.3. Captación y tratamiento de lixiviados. El modelo VHELP. El modelo de la ecuación de balance.
 - 8.2.4. Captación y gestión del biogás. El modelo de generación por descomposición completa de la materia orgánica.
 - 8.2.5. Sellado y restauración ambiental.

UNIDAD DIDÁCTICA 9. Técnicas de descontaminación de suelos.

- 9.1. Técnicas in situ.
- 9.2. Técnicas ex situ.

UNIDAD DIDÁCTICA 10. Ejemplos.

Evaluación

| Nombre | Descripción | Actos | Peso |
|-----------------------------|--|-------|------|
| Prueba objetiva (tipo test) | Examen escrito estructurando con diversas preguntas o ítems en los que el alumno no elabora la respuesta; sólo ha de señalarla o completarla con elementos muy precisos. | 2 | 60% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 1 | 40% |

Dos exámenes tipo test donde se plantearán tanto preguntas teóricas como prácticas. Se evaluará la realización de un trabajo académico sobre un tema escogido por el alumno de entre los planteados por el profesor. Dicho trabajo deberá ser además expuesto en clase y defendido frente al resto de alumnos.

Se valorará además la participación en clase así como la asistencia regular a la misma, aunque este último requisito no es obligatorio.

Es necesario obtener al menos una puntuación de 4 puntos en un examen para poder promediar con los demás.

Se podrán recuperar aquellos exámenes con nota inferior a 4 puntos.

Para aprobar la asignatura es necesario obtener una calificación global igual o superior a 5 puntos, considerando la siguiente ponderación:

Nota final = 0,6 x(Nota media de exámenes) + 0,3 x(Nota trabajo académico) + 0,1 x (Nota participación y asistencia)

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula |
|--|----------------|
| Legislación | 2 |
| El suelo | 2 |
| Fuentes de contaminación del suelo y de las aguas subterráneas | 4 |
| Modelación matemática del flujo y transporte de contaminantes en el subsuelo | 4 |
| Contaminación originada por actividades agropecuarias | 4 |
| Contaminación originada por actividades industriales | 6 |
| Vertederos de residuos sólidos | 4 |
| Técnicas de descontaminación de suelos | 4 |
| Total horas: | 30 |

Bibliografía

Allen, H., Perdue, E. And Brown, D. 1993) *Metals in groundwater*. Lewis Publishers.

Anderson, M. P. y Woessner, W. W. (1992). *Applied Groundwater Modeling. Simulation of Flow and Advective Transport*. Academic Press.

Appelo, C.A.J. and Postma, D. (2013). *Geochemistry, groundwater and pollution*. CRC Press.

Batu, V. (1998). *Aquifers Hydraulics. A Comprehensive Guide to Hydrogeologic Data Analysis*. Wiley Interscience.

Batu, V. (2006). *Applied Flow and Solute Transport Modeling in Aquifers. Fundamental Principles and Analytical and Numerical Methods*. Taylor and Francis.

Bear, j. And Verruijt, A. (1987). *Modeling groundwater flow and pollution*. Reidel Publishing Company.

Brutsaert, W. (2005). *Hydrology: an introduction*. Cambridge University Press.

Castillo Rodríguez, F. et al (2005) *Bioteconología ambiental* Ed. Tébar.

Charbeneau, R. J. (2000). *Groundwater Hydraulics and Pollutant Transport*. Prentice Hall.

- Chow, V. T., Maidment, D. R. y Mays, L. W. (1994). *Hidrología Aplicada*. McGraw Hill.
- Custodio, E. y Llamas, M. R. (1996). *Hidrología Subterránea (segunda edición corregida)*. Ediciones Omega.
- Domenico, P. A. y Schwartz, F. W. (1998). *Physical and Chemical Hydrogeology (segunda edición)*. Wiley.
- Fetter, Ch. W. (1999). *Contaminant Hydrogeology (segunda edición)*. Prentice Hall.
- Harnung, S. E. And Johnson, M.S. (2012) *Chemistry and the environment*. Cambridge University Press.
- Hillel, D. (2008). *Soil in the environment*. Academic Press.
- Kuo, J. (2014) *Practical design calculations for groundwater and soil remediation*. CRC Press.
- Orozco, C. et al. (2011). *Contaminación ambiental. Una visión desde la química*. Ed. Paraninfo.
- Pepper, I.L. et al. (2006) *Environmental and pollution science*. Academic Press.
- Peris, E. (1988) *Contaminación química. 4 criterios de evaluación en agua*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Rodrigo-Illarri, J. (2014) *Alternativas de valorización y eliminación de residuos sólidos urbanos*. ENTORNOS.
- Schwartz, F. W. y Zhang H. (2003). *Fundamentals of Ground Water*. Wiley.
- Sparks, D. L. (2003). *Environmental Soil Chemistry*. Academic Press.
- Tchobanoglous, G. (1996). *Gestión integral de residuos sólidos*. McGraw-Hill.
- Van der Perk, M. (2012) *Soil and water contamination*. CRC Press.
- Wade, L.G. (2004) *Química Orgánica*. Pearson Prentice Hall.
- Zheng, Ch. y Bennett, G. D. (2002). *Applied Contaminant Transport Modeling (segunda edición)*. Wiley-Interscience.

INTENSIFICACIÓN: HIDRÁULICA URBANA

Descripción del módulo

Constituye uno de los cuatro módulos de intensificación que pueden cursar los alumnos (a elegir uno de ellos). En él los alumnos adquieren unas competencias avanzadas en el campo la hidráulica urbana, tanto en lo que se refiere al abastecimiento de agua, como a su evacuación a través de sistemas de saneamiento.

MATERIA: EVACUACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS

Descripción de la materia

Hidrología Urbana. Diseño Hidráulico. Sistemas de Bombeo. Hidráulica Computacional y Modelación. Calidad de Aguas.

Gestión de Sistemas de Saneamiento.

Tecnologías de tratamiento de aguas. Tratamientos físicos y químicos. Tratamientos biológicos de aguas residuales.

Tratamientos de membrana, desalación. Técnicas para la reutilización.

Tecnologías de tratamientos del agua

Descripción general de la asignatura

La asignatura "Tecnologías de tratamientos del agua" es una asignatura obligatoria de 4 créditos del bloque de intensificación en "Hidráulica Urbana" que se imparte a lo largo del segundo cuatrimestre del "Máster Oficial en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente".

A partir de los conceptos básicos introducidos en la asignatura de "contaminación y calidad de aguas", se presentan y analizan distintos esquemas de operación para la potabilización de las aguas así como para tratamiento de las mismas una vez utilizadas. La asignatura se centra en el estudio de las distintas configuraciones que se pueden plantear en función del objetivo perseguido de calidad del agua final, y en el análisis y discusión de los problemas operacionales que pueden aparecer en cada caso, así como las posibles soluciones tecnológicas a los mismos.

En esta asignatura se pretende que el estudiante adquiera los conocimientos y destrezas necesarias para el pre-diseño de instalaciones de tratamiento de agua para consumo humano o suministro a instalaciones de distribución de agua así como de los tratamientos físicos y químicos aplicados en la depuración de aguas residuales urbanas e industriales.

Esta asignatura proporcionará a los alumnos de la intensificación en "Hidráulica Urbana" una visión global sobre las configuraciones básicas para tratamiento de aguas tanto en relación a la potabilización como a su depuración tras su utilización.

Conocimientos recomendados

| Asignatura | Impartida |
|----------------------------------|-----------|
| CALIDAD Y CONTAMINACIÓN DE AGUAS | Previa |

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Introducción al tratamiento de aguas.

- 1.1. Ciclo del agua en el entorno urbano.
- 1.2. Caracterización de las aguas.
- 1.3. Métodos de tratamiento de aguas.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Tratamientos químicos de las aguas.

- 2.1. Coagulación/Floculación.
- 2.2. Precipitación.
- 2.3. Adsorción.
- 2.4. Cambio Iónico.

- 2.5. Oxidación.
- 2.6. Desinfección.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Tratamientos de membrana.

- 3.1. Desalación.
- 3.2. Ósmosis Inversa.
- 3.3. Electrodiálisis.
- 3.4. Aplicaciones de los procesos de membrana.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Otros tratamientos físicos de las aguas.

- 4.1. Desbaste.
- 4.2. Homogeneización.
- 4.3. Mezclado.
- 4.4. Sedimentación.
- 4.5. Flotación.
- 4.6. Aireación.
- 4.7. Filtración.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Tratamientos biológicos de aguas residuales.

- 5.1. Organismos implicados.
- 5.2. Proceso de fangos activados.
- 5.3. Eliminación de nitrógeno.
- 5.4. Eliminación de fósforo.

Evaluación

| Nombre | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|--|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 3 | 60% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 1 | 40% |

La evaluación de la asignatura tiene dos partes diferenciadas. Una de las partes consiste en la realización de un trabajo y su correspondiente exposición y defensa. El trabajo (que los alumnos hacen en grupos a lo largo del curso) consiste en la preparación de un estado del arte sobre una tecnología concreta de tratamiento del agua. La otra parte de la evaluación consiste en la realización de exámenes escritos que pueden incluir tanto preguntas teóricas como la resolución de un caso práctico.

La nota media de los exámenes escritos cuenta el 60% de la nota final, y la memoria del trabajo junto con su exposición y defensa el 40 % restante.

Para aprobar la asignatura es necesario sacar una nota media mayor o igual de 5 con una nota mínima de 4 puntos en la parte de exámenes escritos de la asignatura. Los alumnos pueden recuperar o subir la nota de los exámenes escritos en un examen final.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula |
|---|-------------|
| Introducción al tratamiento de aguas | 2 |
| Tratamientos físicos de las aguas | 7 |
| Tratamientos químicos de las aguas | 7 |
| Tratamientos biológicos de aguas residuales | 8 |
| Tratamientos de membrana. | 6 |
| Total horas: | 30 |

Bibliografía

Ferrer, J. (2014). *Tratamientos Biológicos de Aguas Residuales*. Publicaciones UPV. [[Tratamientos Biológicos de Aguas Residuales \(Ferrer Polo, José\)\]](#)]

Metcalf & Eddy, Tchobanoglous, G., Burton, F. L. y Stensel, H. D. (2002). *Wastewater engineering: treatment and reuse*. Mc Graw-Hill. [[Wastewater engineering: treatment and reuse \(Metcalf & Eddy; Tchobanoglous, George; Burton, Franklin L \(1927-\); Stensel, H. David\)\]](#)]

Lyonnaise des Eaux, AWWA Research Foundation y Water Research Commission of South Africa (1998). *Tratamiento del agua por procesos de membrana: principios, procesos y aplicaciones*. Mc Graw-Hill. [[Tratamiento del agua por procesos de membrana: principios, procesos y aplicaciones \(Lyonnaise des Eaux; AWWA Research Foundation; Water Research Commission of South Africa\)\]](#)]

Medina, J.A. (1999). *Desalación de aguas salobres de mar*. Mundi Prensa Editorial. [[Desalación de aguas salobres y de mar: ósmosis inversa \(Medina San Juan, José Antonio\)\]](#)]

Lora, J.; Sancho, M; Soriano, E, (2006). *Desalación de Aguas*. Publicaciones UPV. [[Desalación de Aguas \(Lora García, Jaime\)\]](#)]

- Cervantes, F.J. (2009). *Environmental technologies to treat nitrogen pollution*. IWA Publishing [\[Environmental technologies to treat nitrogen pollution \(Cervantes, Francisco J.\)\]](#)
- Bratby, J. (2006). *Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment*. IWA Publishing. [\[Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment \(Bratby, John\)\]](#)
- International Water Association y Stuetz, R. (2009). *Principles of water and wastewater treatment processes*. IWA Publishing. [\[Principles of water and wastewater treatment processes \(International Water Association; Stuetz, R\)\]](#)
- American Water Works Association y Edzwald, J. K. (2011). *Water quality & treatment: a handbook on drinking water*. Mc Graw-Hill. [\[Water quality & treatment: a handbook on drinking water \(American Water Works Association; Edzwald, James K.\)\]](#)
- American Society of Civil Engineers y Water Environment Federation (2010). *Design of municipal wastewater treatment plants*. Volume 2, Liquid treatment processes. Mc Graw-Hill. [\[Design of municipal wastewater treatment plants \(American Society of Civil Engineers; Water Environment Federation\)\]](#)
- Varma, R. S., Virkutyte, J. y Jegatheesan, V. (2010). *Treatment of micropollutants in water and wastewater*. IWA Publishing. [\[Treatment of micropollutants in water and wastewater \(Varma, Rajender S.; Virkutyte, Jurate; Jegatheesan, Veeriah\)\]](#)
- Ferrer, J. (2014). *Tratamientos Físicos y Químicos de Aguas Residuales*. Publicaciones UPV. [\[Tratamientos Físicos y Químicos de Aguas Residuales \(Ferrer Polo, José\)\]](#)

Redes de saneamiento

Descripción general de la asignatura

La asignatura pretende cubrir por un lado las necesidades de diseño y proyecto de nuevas redes, tanto desde el punto de vista hidrológico como hidráulico, como por otra parte la explotación, gestión y mantenimiento de redes preexistentes tanto en sus aspectos cuantitativos como cualitativos. Se estructura en seis unidades docentes

Conocimientos recomendados

| Asignatura | Impartida |
|--------------------------------------|-----------|
| HIDRÁULICA AVANZADA | Previa |
| HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA | Previa |
| CALIDAD Y CONTAMINACIÓN DE AGUAS | Previa |

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Introducción.

1.1. Saneamiento de pluviales y unitario. Relaciones con el abastecimiento. Saneamiento y construcción. Concepción integral del saneamiento. Cantidad y calidad. Control y nuevas tecnologías.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Hidrología urbana.

2.1. La precipitación y su estructura fina. Curvas IDF. La lluvia como proceso estocástico. Modelación. La formación de la escorrentía urbana. Procesos de superficie. Producción. Teorías cinemáticas. Modelación. Modelos conceptuales. Diseño hidrológico. Asignación de áreas. Método racional. Modificaciones.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Diseño hidráulico.

3.1. Elección de la sección tipo. Geometría. Diseño y cálculo. Cambios de sección. Registros y conexiones. Tramos en carga. Disipadores de energía. Aliviaderos. El aliviadero lateral. Estaciones de bombeo. Tipología de bombas.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Modelación de colectores.

4.1. Bases teóricas del movimiento transitorio, Ecuaciones de Saint Venant.

4.2. Método de las características. Ondas de presurización. Esquemas numéricos de integración. El problema de la presurización. La rendija de Preissman. Principales modelos comerciales. SWMM, MOUSE, INFOWORKS.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Calidad de aguas.

5.1. Procesos de calidad. Sedimentación en colectores. El problema de las descargas de sistemas unitarios (DSU). Depósitos de retención. Dimensionamiento de depósitos. Tipología de depósitos. Equipamiento. Modelación de la calidad de aguas.

UNIDAD DIDÁCTICA 6. Gestión de saneamientos.

6.1. Gestión de la información. Bases de datos. Elementos puntuales. Elementos longitudinales. Sistemas de información en tiempo real (SCADA). Centros de control y telemando. Órganos de control.

6.2. Gestión de la calidad de aguas. Relaciones con la planta depuradora y el medio receptor. Gestión de los depósitos de retención y las DSU.

6.3. Mantenimiento de colectores. Plan de explotación. Operaciones de limpieza y desobstrucción. Procesos de degradación estructural e hidráulica. Métodos de reparación y rehabilitación.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|--|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 2 | 60% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 4 | 40% |

Se realizarán dos pruebas, una del temario de Planificación y Diseño y otra de Explotación. Cada una de ellas constará de ocho preguntas de tipo corto conceptual. Además se realizarán cuatro trabajos individuales de: Análisis de lluvias, Diseño Hidrológico, Diseño Hidráulico y Simulación.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula | Práctica Aula | Práctica Campo | Práctica Informática |
|--------------------------|----------------|------------------|-------------------|-------------------------|
| Introducción | 2 | - | - | - |
| Hidrología urbana | 10 | 2 | - | 2 |
| Diseño hidráulico | 10 | 2 | - | - |
| Modelación de colectores | 14 | 2 | - | 2 |
| Calidad de aguas | 8 | 2 | - | - |
| Gestión de saneamientos | 6 | - | 2 | - |
| Total horas: | 36 | 8 | 2 | 4 |

Bibliografía

- Agüera, J. (1996). *Mecánica de Fluidos Incompresibles y Turbomáquinas Hidráulicas*. Ciencia 3.
- ASCE (1992). *Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems*.
- Ayuntamiento de Valencia (2003). *Normativa para Obras de Saneamiento de la ciudad de Valencia*.
- Francés, F., Albentosa, E., Bellver, V. y Marco, J. (2002). *Hidrología Básica para Ingenieros*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Guo, J.C.Y. (1997). *Street Hydraulics and Inlet Sizing*. Water Resources Publications.
- Haestad Methods y Durrans, S.R. (2003). *Stormwater conveyance modeling and design*. Haestad Press.
- Hall, M.J. (1984). *Urban Hydrology*. Elsevier Applied Science Publishers.
- Hernández, A. (1986). *Saneamiento y Alcantarillado*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Hernández, A. y Hernández Lehmann, A. (2002). *Manual de Saneamiento Uralita*. Uralita.
- Maidment, D.R. (ed.) (1992). *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill.

Martín Monerris, M. y Marzal, P. (año). *Modelación de la Calidad del Agua*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.

Ministerio de Obras Públicas (1986). *Pliego de Prescripciones Técnicas para Tuberías de Saneamiento de Poblaciones, OM 15/9/1986*.

Nix, S.J. (1994). *Urban Stormwater Modeling and Simulation*. Lewis Publishers.

NTE (1973). *Alcantarillado*.

MATERIA: DISEÑO Y ANÁLISIS DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA A PRESIÓN

Descripción de la materia

Parámetros fundamentales de diseño. Principios del diseño de redes. Formulaciones matemáticas. Métodos funcionales de diseño. Métodos de diseño económico con diámetros continuos y con diámetros discretos (programación lineal y programación dinámica). La fiabilidad en el diseño de redes. Diseño de instalaciones de suministro de agua en edificios.

Comportamiento hidráulico de los componentes de una red. Formulaciones del problema de análisis estático y en periodo extendido: métodos de análisis numérico. Modelos de calidad del agua. Modelación de redes en servicio. Software de análisis: EPANET y otros programas.

Planificación y diseño de redes de distribución de agua

Descripción general de la asignatura

La asignatura se dedica al aprendizaje de la planificación y el diseño de sistemas de abastecimiento y distribución de agua para servicios de agua potable, de riego y agua industrial. Los contenidos desarrollan las particularidades de cada tipo de sistema (parámetros a tener en cuenta en el diseño), y sobre todo, las diferentes técnicas de diseño funcional y económico que permiten obtener soluciones de proyecto adecuadas.

- De forma sucinta, el contenido de la asignatura consiste en:
- Parámetros fundamentales de diseño.
- Principios del diseño de redes.
- Formulaciones matemáticas.
- Métodos funcionales de diseño.
- Métodos de diseño económico con diámetros continuos y con diámetros discretos.
- La fiabilidad en el diseño de redes.
- Diseño de instalaciones de suministro de agua en edificios.

Conocimientos recomendados

Es importante aunque no imprescindible un conocimiento previo de las Técnicas de la Programación Matemática (Optimización). El conocimiento de algunas técnicas tradicionales (Multiplicadores de Lagrange, Programación Lineal, Programación Dinámica) puede ser de gran ayuda para la buena asimilación de los temas.

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Introducción. Aspectos principales de la problemática del diseño de redes de distribución de agua.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. El problema del diseño desde la perspectiva hidráulica y económica. Técnicas de diseño funcional.

- 2.1. Métodos de velocidad.
- 2.2. Método de la pendiente uniforme.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Diseño económico. Estimación de costes. Clasificación de técnicas.

- 3.1. Estimación de costes en los elementos de una red de distribución de agua.
- 3.2. Costes de inversión y de operación. Base temporal de comparación. Factor de amortización.
- 3.3. Clasificación de técnicas de diseño económico.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Diseño económico. Formulaciones con diámetros continuos.

- 4.1. Método de la Serie Económica.
- 4.2. Método de Labye continuo.
- 4.3. Método de la Serie económica modificado.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Diseño económico. Formulaciones con diámetros discretos.

- 5.1. Modelo de Programación Lineal.
- 5.2. Modelo de Programación Dinámica.

UNIDAD DIDÁCTICA 6. La fiabilidad en las redes de distribución de agua.

- 6.1. Conceptos sobre fiabilidad.
- 6.2. Incorporación de la fiabilidad a los modelos de diseño.
- 6.3. Técnicas heurísticas de diseño de redes contemplando la fiabilidad.

UNIDAD DIDÁCTICA 7. Diseño de instalaciones interiores de agua.

- 7.1. Introducción. Materiales y tipologías.
- 7.2. Normativa.
- 7.3. Metodología de diseño de instalaciones interiores. Aplicaciones.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|---|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 1 | 10% |
| Pruebas objetivas (tipo test) | Examen escrito estructurando con diversas preguntas o ítems en los que el alumno no elabora la respuesta; sólo ha de señalarla o completarla con elementos muy precisos. | 1 | 15% |
| Caso | Supone el análisis y la resolución de una situación planteada que presenta problemas de solución múltiple, a través de la reflexión y el diálogo para un aprendizaje grupal, integrado y significativo. | 3 | 75% |

La evaluación se realiza mediante un total de 5 actos de evaluación:

Un examen final, compuesto por una parte tipo test (15% de la calificación final) y una o dos preguntas de desarrollo (respuesta abierta) (10% de la calificación final).

La resolución de tres casos prácticos de diseño de redes, que se proponen y resuelven en fechas determinadas a lo largo del desarrollo de la asignatura, y que son presentados por los

alumnos de forma individual o en grupo, según el caso tratado, su extensión y grado de dificultad. Cada uno de los casos resueltos aporta el 25% de la calificación de la asignatura.

La calificación final se obtiene como promedio ponderado de todos los actos de evaluación, siendo necesario obtener un mínimo de 5 sobre 10 para aprobar la asignatura, sin que exista una nota mínima obligatoria para cada uno de los actos de evaluación.

Hacia el final del curso se habilitará la posibilidad de recuperar aquellas partes (actos de evaluación) que hayan sido suspendidos.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula | Práctica Informática |
|---|----------------|-------------------------|
| Introducción. Aspectos principales de la problemática del diseño de redes de distribución de agua | 4 | - |
| El problema del diseño desde la perspectiva hidráulica y económica. Técnicas de diseño funcional | 2 | 4 |
| Diseño económico. Estimación de costes. Clasificación de técnicas | 4 | - |
| Diseño económico. Formulaciones con diámetros continuos | 2 | 6 |
| Diseño económico. Formulaciones con diámetros discretos | 2 | 4 |
| La fiabilidad en las redes de distribución de agua | 4 | - |
| Diseño de instalaciones interiores de agua | 2 | 6 |
| Total horas: | 20 | 20 |

Bibliografía

Mays, L. W. (2002). *Urban water supply handbook*. McGraw-Hill.

Mays, L. W., ed. (1989). *Reliability analysis of water distribution systems*. ASCE.

Bhave, P. R. (2006). *Analysis of water distribution networks*. Alpha Science.

Karmeli, D. (1986). *Irrigation systems: design and operation*. Oxford University Press.

Swamee, P. K. y Sharma, A. K. (2008). *Design of water supply pipe networks*. John Wiley & Sons.

Análisis y modelación de redes de distribución de agua

Descripción general de la asignatura

El análisis y la modelación de las redes de abastecimiento de agua es una de las herramientas fundamentales en la gestión técnica de las mismas. La asignatura proporciona las herramientas y metodologías necesarias para confeccionar modelos matemáticos fiables de los sistemas de distribución de agua y hacer uso de los mismos para mejorar la planificación y gestión diaria de estos sistemas. En ella se dedica especial atención al modelo hidráulico EPANET, al tratarse de una referencia de ámbito universal en el estudio de los sistemas de distribución de agua. La asignatura se ha estructurado en tres grandes bloques.

En el primero de ellos se abordan las diferentes técnicas de análisis de las redes de abastecimiento de agua tanto en régimen estático como en régimen dinámico. Para ello se analiza en profundidad las diferentes formulaciones del problema y los diferentes métodos numéricos de resolución existente.

El segundo bloque se dedica a la tarea específica de la modelación de las redes de abastecimiento de agua. En este punto se abordan los aspectos fundamentales en la confección de un modelo, centrándose fundamentalmente en la representación de los diferentes elementos de la red: consumos, depósitos, válvulas, etc. Asimismo se abordan las técnicas de simplificación, calibración y verificación de los modelos.

En el tercer y último bloque se abordan las aplicaciones derivadas del uso de los modelos, tanto en aspectos de tipo hidráulico como en aspectos relacionados con la calidad del agua.

Conocimientos recomendados

| Asignatura | Impartida |
|---|------------|
| SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA | Previa |
| HIDRÁULICA AVANZADA | Previa |
| PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA | Simultánea |
| GESTIÓN TÉCNICA DE ABASTECIMIENTOS DE AGUA URBANOS SOSTENIBLE | Simultánea |

Selección y estructuración de las Unidades Didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Introducción a las redes de abastecimiento.

- 1.1. Tipología de las redes de abastecimiento de agua.
- 1.2. Concepto de modelo matemático.

- 1.3. Fundamentos del análisis de redes.
- 1.4. Reglas de resolución del sistema de ecuaciones.
- 1.5. Posibilidades de cálculo mediante modelos de análisis.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Análisis de redes en régimen permanente.

- 2.1. ¿Qué es EPANET?
- 2.2. Características del modelo EPANET.
- 2.3. Introducción de una red de abastecimiento de agua.
- 2.4. Descripción del ejemplo.
- 2.5. Procedimiento a seguir en el desarrollo de un modelo en EPANET.
- 2.6 Análisis de resultados. Cuestiones a resolver.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Análisis dinámico de redes.

- 3.1. Análisis dinámico de redes con EPANET.
- 3.2. Concepto de curva de modulación.
- 3.3. Ejemplo de análisis dinámico.
- 3.4. Utilización de consignas variables en los elementos de la red.
- 3.5. Modelación de sistemas de control: controles simples y programados.
- 3.6. Desarrollo de un ejemplo de control simple de una bomba.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Modelación matemática de una red de abastecimiento de agua.

- 4.1. ¿Qué es un modelo matemático de una red?
- 4.2. Consideraciones previas al desarrollo del modelo matemático de una red.
- 4.3. Recopilación de la información necesaria.
- 4.4. Simplificación de las redes de abastecimiento.
- 4.5. Análisis de consumos.
- 4.6. Técnicas de asignación de demandas a los nudos.
- 4.7. Ejemplo de asignación de cargas de un modelo con EPANET.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Análisis de caudales para modelación de redes.

- 5.1. Tipos básicos de análisis en redes de abastecimiento.
- 5.2. Balance hídrico de un abastecimiento.
- 5.3. Tipos de consumos modelados en EPANET.
- 5.4. Modelación de consumos constantes.
- 5.5. Modelación de consumos variables en el tiempo.
- 5.6. Categorías de demanda.
- 5.7. Modelación de consumos dependientes de la presión.
- 5.8. Ejemplo de aplicación.

UNIDAD DIDÁCTICA 6. Estudio detallado de consumos, fugas y deficiencias del sistema.

UNIDAD DIDÁCTICA 7. Estudio detallado de depósitos.

- 7.1. Características de los embalses.
- 7.2. Características de los depósitos de nivel variable.

- 7.3. Representación de diferentes tipos de depósitos.
- 7.4. Depósitos de llenado superior.
- 7.5. Depósitos con válvulas de boya.
- 7.6. Depósitos con rebosadero.
- 7.7. Otros tipos de depósitos.

UNIDAD DIDÁCTICA 8. Estudio detallado de válvulas.

- 8.1. Clasificación de los diferentes tipos de válvulas.
- 8.2. Tipologías de válvulas en EPANET.
- 8.3. Caracterización hidráulica de las válvulas.
- 8.4. Cavitación en las válvulas.
- 8.5. Definición de las válvulas en EPANET.
- 8.6. Ejemplo 1. Control del grado de apertura de una válvula para realizar un control de presión.
- 8.7. Ejemplo 2. Diseño de la válvula sostenedora de presión necesaria en una instalación.

UNIDAD DIDÁCTICA 9. Estudio detallado de sistemas de bombeo.

- 9.1. Las bombas en EPANET.
- 9.2. Controles programados.
- 9.3. Regulación de estaciones de bombeo.
- 9.4. Ejemplos de regulación de una estación de bombeo.

UNIDAD DIDÁCTICA 10. Modelos de calidad del agua suministrada.

- 10.1. Desinfección del agua potable
- 10.2. Ecuaciones para el seguimiento de la calidad del agua en redes de distribución
- 10.3. Modelos de resolución.
- 10.4. Modelos de calidad del agua en EPANET.
- 10.5. Ejemplos de calidad del agua en EPANET.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|--|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 1 | 50% |
| Portafolio | Conjunto documental elaborado por un estudiante que muestra la tarea realizada durante el curso en una materia determinada. | 1 | 50% |

La evaluación incluye un portafolio en el que se recogerán las soluciones planteadas a distintos casos propuestos en clase al final de cada Unidad Temática que los alumnos deben de entregar al profesor en los plazos establecidos al respecto. Además se realizará una prueba escrita en la que se plantean tanto resolución de casos, como preguntas de desarrollo.

Para aprobar la asignatura es necesario sacar una nota media de 5.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula | Práctica Informática |
|---|----------------|-------------------------|
| Introducción a las redes de abastecimiento | 2 | 2 |
| Análisis de redes en régimen permanente | 2 | 2 |
| Análisis dinámico de redes | 2 | 2 |
| Modelación matemática de una red de abastecimiento de agua | 2 | 2 |
| Análisis de caudales para modelación de redes | 2 | 2 |
| Estudio detallado de consumos, fugas y deficiencias del sistema | 2 | 2 |
| Estudio detallado de depósitos | 2 | 2 |
| Estudio detallado de válvulas | 2 | 2 |
| Estudio detallado de sistemas de bombeo | 2 | 2 |
| Modelos de calidad del agua suministrada | 2 | 2 |
| Total horas: | 20 | 20 |

Bibliografía

Iglesias, P.L., López, P.A., López, G. y Martínez, F.J. (2004). *Epanet 2.0 vE. Manual de usuario*. GMMF-UPV.

García-Serra, J., Fuertes, V.S., Iglesias, P.L., Pérez, R., López, G. y Martínez, F.J. (2003). *Modelación y diseño de redes de abastecimiento de agua*. GMMF-UPV.

Cesario, L. (1995). *Modeling, analysis, and design of water distribution systems*. AWWA, Denver, Colorado.

MATERIA: GESTIÓN TÉCNICA Y OPERACIÓN DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA A PRESIÓN

Descripción de la Materia

Aspectos técnicos y económicos en la gestión de un abastecimiento. Estándares de calidad y el papel de una agencia reguladora. Los tres ejes de la sostenibilidad. Auditoría hídrica de redes. Discriminación de fugas. Medición de caudales y consumos. Optimización de aspectos económicos en el mantenimiento de una red. Eficiencia en consumos finales y gestión de la demanda. Indicadores de gestión y benchmarking. Principio de recuperación de costes. Directiva marco del agua.

Principios de tarifación y estructuras tarifarias.

La regulación en los sistemas de distribución de agua. Objetivos. Dispositivos y estrategias de regulación. Modelos de análisis de redes en régimen dinámico: modelo rígido y modelo elástico. Resolución. Diseño y cálculo de estrategias de protección frente a fenómenos transitorios. Fenómenos transitorios con presencia de aire atrapado.

Gestión técnica de abastecimientos de agua urbanos sostenibles

Descripción general de la asignatura

Los contenidos de esta asignatura se proponen cubrir los aspectos relativos a la gestión de abastecimientos de agua urbanos que hoy día son objeto de una mayor atención tanto por parte de las propias entidades gestoras como por parte de los organismos de investigación por lo que a investigación aplicada se refiere. Dichos aspectos enlazan con la actual perspectiva desde la sostenibilidad de los sistemas y se resumen en las diferentes aplicaciones específicas que encuentra el concepto de eficiencia:

- Eficiencia en la distribución (auditoría volumétrica y control de fugas)
- Eficiencia en la medición (contadores, precisiones y mantenimiento del parque)
- Eficiencia en el consumo (gestión de la demanda y tarifación)
- Eficiencia en la gestión interna de la entidad (benchmarking e indicadores de gestión)

Conocimientos recomendados

| Titulación | Asignatura |
|--|------------|
| HIDRÁULICA AVANZADA | Previa |
| ANÁLISIS Y MODELACIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA | Simultánea |
| PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DEL AGUA | Simultánea |

Selección y estructuración de las Unidades Didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Sostenibilidad y benchmarking.

- 1.1. El cambio climático y su impacto en la gestión de abastecimientos de agua.
- 1.2. Indicadores de gestión.
- 1.3. Benchmarking en la gestión de abastecimientos.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Auditoría hídrica de redes.

- 2.1. El balance IWA y el balance técnico.
- 2.2. Indicadores de pérdidas relativos y porcentuales.
- 2.3. El método de los flujos nocturnos.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Medición de volúmenes y caudales.

- 3.1. Contadores y caudalímetros.
- 3.2. El error de un parque de contadores.
- 3.3. Periodo óptimo de renovación de contadores.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Mejora de la eficiencia en la distribución y el consumo.

- 4.1. Optimización económica del Control Activo de Fugas.
- 4.2. Optimización económica de la renovación de tuberías.
- 4.3. Gestión de la demanda y tarifación.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|--|-------|------|
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 1 | 25% |
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 3 | 75% |

La asignatura se divide en cuatro partes independientes en cuanto a su evaluación:

- Una de las partes tendrá su evaluación mediante un trabajo académico en el que el alumno aplique los conocimientos adquiridos en la misma. Este trabajo se propondrá a los alumnos al finalizar dicha parte y se les dará de tiempo para hacerlo hasta la finalización de las clases.
- Las otras tres partes tendrán su evaluación mediante pruebas de respuesta abierta. Cada prueba abordará los contenidos que se hayan visto en la parte a la que corresponda, si bien el modo en que serán evaluados podrá variar desde varias preguntas conceptuales cortas a una única pregunta larga de desarrollo, interpretación, casos de estudio breves que exijan la resolución de una aplicación numérica.

Al terminar las clases de la asignatura, la recuperación de las partes que un alumno haya suspendido se realizará de forma igualmente independiente.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula |
|---|----------------|
| Sostenibilidad y benchmarking | 10 |
| Auditoría hídrica de redes | 10 |
| Medición de volúmenes y caudales | 10 |
| Mejora de la eficiencia en la distribución y el consumo | 10 |
| Total horas: | 40 |

Bibliografía

- ITA (2011). *Curso sobre reducción de pérdidas de agua en redes urbanas*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Arregui F., Cabrera E.Jr. y Cobacho R. (2008). *Gestión integral de contadores de agua*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.

Fenómenos transitorios, regulación y protección de redes de distribución de agua

Descripción general de la asignatura

El diseño, funcionamiento y gestión de las redes de abastecimiento no es posible abordarlo sin tener en cuenta dos aspectos fundamentales de las mismas. Por un lado, el comportamiento de las mismas a lo largo del tiempo y bajo determinadas circunstancias de operación especiales (arranques o paradas de bomba, cierres de válvulas, etc.). Por otro lado, es necesario conocer el comportamiento y funcionamiento de los dispositivos de regulación y protección de dichas instalaciones.

Conocimientos recomendados

Conocimientos académicos obligatorios:

- Mecánica de fluidos básica.
- Los conocimientos impartidos en la asignatura Hidráulica Avanzada.
- Máquinas Hidráulicas.
- Matemáticas (resolución de ecuaciones diferenciales, resolución de sistemas de ecuaciones no lineales).

Conocimientos académicos recomendados:

- Matemáticas avanzadas: conocimientos de algunas técnicas numéricas de resolución de sistemas de ecuaciones y de ecuaciones diferenciales.
- Conocimientos básicos sobre análisis y modelación de redes de abastecimiento de agua.

Selección y estructuración de las Unidades Didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Fenómenos transitorios en sistemas redes de distribución de agua.

- 1.1. Introducción al análisis de fluidos a presión en régimen transitorio.
- 1.2. El modelo inercial rígido.
- 1.3. Modelo elástico de análisis de redes hidráulicas a presión.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Regulación de sistemas de distribución de agua.

- 3.1. Fundamentos de la regulación de sistemas de distribución de agua.
- 3.2. Regulación mediante depósitos.
- 3.3. Regulación de estaciones de bombeo.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Protección de sistemas de distribución de agua.

- 3.1. Elementos de protección frente a transitorios. Modelación y dimensionado.
- 3.2. Dispositivos de protección directa.
- 3.3. Dispositivos de protección indirecta.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Fenómenos transitorios con presencia de aire atrapado.

- 4.1. El problema del aire atrapado.
- 4.2. Ventosas.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|---|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 2 | 50% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 1 | 10% |
| Caso | Supone el análisis y la resolución de una situación planteada que presenta problemas de solución múltiple, a través de la reflexión y el diálogo para un aprendizaje grupal, integrado y significativo. | 2 | 40% |

La evaluación consistirá en:

- Examen escrito sobre Regulación de Sistemas de distribución de agua (30 % de la nota). Mínimo aprobatorio = 4 puntos.
- Resolución de ejercicios de Regulación de Sistemas de distribución de agua (20 % de la nota).
- Examen escrito de Fenómenos transitorios en sistemas a presión (20 % de la nota). Mínimo aprobatorio = 4 puntos.
- Resolución de ejercicios de Fenómenos transitorios en sistemas a presión (20 % de la nota).
- Resolución de ejercicios de Fenómenos transitorios en presencia de aire atrapado (10 % de la nota).

Será posible recuperar los exámenes en un examen final.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula | Práctica Informática |
|--|----------------|-------------------------|
| Fenómenos transitorios en sistemas redes de distribución de agua | 2 | 5 |
| Regulación de sistemas de distribución de agua | 10 | -- |
| Protección de sistemas de distribución de agua | 3 | 10 |
| Fenómenos transitorios con presencia de aire atrapado | 10 | -- |
| Total horas: | 25 | 15 |

Bibliografía

Dvir, Y. (1995). *Flow Control Devices*. Control Appliances Books para Bermad.

Fuertes, V.S. (2001). *Transitorios hidráulicos con aire atrapado*. Tesis doctoral. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.

Iglesias, P.L. (2001). *Modelo general de análisis de redes hidráulicas a presión en régimen transitorio*. Tesis doctoral. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.

Iglesias, P.L., Fuertes, V.S. y Pérez, R. (2002). *Fluidos incompresibles. Flujo transitorio en conductos cerrados*. Colección Libro Docente. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.

Fuertes, V.S., Iglesias, P.L., Izquierdo, J., López, P.A., López, G., Martínez, J. y Pérez, R. (2003). *Ingeniería hidráulica en los abastecimientos de agua*. Ed. GMMF-UPV.

GMMF (2006). *Las válvulas en los sistemas de abastecimiento de agua*. [GMMF-UPV]

U.D. Mecánica de Fluidos (1996). *Curso de Ingeniería Hidráulica aplicada a los Sistemas de Distribución de Agua*. [UPV. Aguas de Valencia.]

U.D. Mecánica de Fluidos (1997). *Las válvulas en los sistemas hidráulicos a presión*. [UPV]

INTENSIFICACIÓN: TRATAMIENTO DE AGUAS

Descripción del Módulo

Constituye uno de los cuatro módulos de intensificación que pueden cursar los alumnos (a elegir uno de ellos). En él los alumnos adquieren unas competencias avanzadas en el campo los tratamientos de aguas residuales y contaminación de aguas en el medio natural.

MATERIA: TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS

Descripción de la Materia

Tratamientos físicos de las aguas: Desbaste. Homogeneización. Mezclado. Floculación. Sedimentación. Flotación. Aireación.

Filtración. Procesos de membrana.

Tratamientos químicos de las aguas: Precipitación. Coagulación. Adsorción. Oxidación. Cambio iónico. Desinfección.

Tratamientos físicos y químicos de fangos: Espesado. Estabilización. Deshidratación. Minimización.

Métodos biológicos de tratamientos de aguas residuales: Introducción. Microbiología de los procesos. Cinética y estequiometría de las reacciones.

Procesos biológicos de cultivo en suspensión: Fangos activados. Eliminación de materia orgánica. Nitrificación.

Desnitrificación. Eliminación biológica de fósforo. Plantas de tratamiento de aguas residuales para la eliminación biológica de nutrientes. Digestión aerobia de fangos. Tratamientos anaerobios de cultivo en suspensión. Digestión anaerobia de fangos.

Procesos biológicos de soporte sólido: Filtros percoladores. Contactores biológicos rotativos. Lechos de turba. Procesos anaerobios de biomasa fija.

Tratamientos físico-químicos de aguas

Descripción general de la asignatura

La asignatura Tratamientos físico-químicos de aguas es una materia obligatoria de la Intensificación de Tratamientos de Aguas que se imparte en el segundo cuatrimestre del Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. La asignatura, de 4 créditos ECTS, tiene un carácter teórico-práctico, por lo que los conocimientos teóricos básicos se complementan tanto con la resolución de cuestiones y problemas como con la realización de trabajos. La asignatura pretende dotar al estudiante de los conocimientos y habilidades necesarias para el prediseño de instalaciones de tratamiento de agua para consumo humano o suministro e instalaciones de tratamiento físico-químico de aguas residuales tanto urbanas como industriales. Así mismo, la asignatura guarda una estrecha relación con la asignatura Tratamientos biológicos de aguas residuales por lo que ambas materias se desarrollan simultáneamente en el segundo cuatrimestre en la misma intensificación.

Conocimientos recomendados

| Asignatura | Impartida |
|---|------------|
| CALIDAD Y CONTAMINACIÓN DE AGUAS | Previa |
| TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS DE AGUAS RESIDUALES | Simultánea |
| LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS | Simultánea |

Selección y estructuración de las Unidades Didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Introducción al tratamiento de aguas.

- 1.1. Caracterización de las aguas: características físicas, químicas y biológicas.
- 1.2. Métodos de tratamiento de las aguas.
- 1.3. Esquemas de tratamiento.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Tratamientos físicos de las aguas.

- 2.1. Desbaste.
- 2.2. Homogeneización.
- 2.3. Mezclado.
- 2.4. Floculación.
- 2.5. Sedimentación.
- 2.6. Flotación.

- 2.7. Aireación.
- 2.8. Filtración.
- 2.9. Procesos de membrana.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Tratamientos químicos de las aguas.

- 3.1. Precipitación.
- 3.2. Coagulación.
- 3.3. Adsorción.
- 3.4. Oxidación.
- 3.5. Cambio iónico.
- 3.6. Desinfección.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Tratamientos físicos y químicos de fangos.

- 4.1. Espesado.
- 4.2. Estabilización.
- 4.3. Deshidratación.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|--|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 2 | 50% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 2 | 50% |

La evaluación se basa 50% en pruebas escritas de respuesta abierta y 50% en un trabajo académico.

La prueba escrita de respuesta abierta es una prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se realizan dos pruebas escritas durante el cuatrimestre en el que se imparte la docencia. Las pruebas escritas no superadas se pueden recuperar en un examen final.

El trabajo académico consiste en el desarrollo de un proyecto de diseño de los tratamientos físicos y químicos de una estación depuradora de aguas residuales urbanas.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula |
|---|-------------|
| Introducción al tratamiento de aguas | 6 |
| Tratamientos físicos de las aguas | 23 |
| Tratamientos químicos de las aguas | 9 |
| Tratamientos físicos y químicos de fangos | 2 |
| Total horas: | 40 |

Bibliografía

- Ferrer, J. (2012). *Tratamiento de Aguas. Tomo 1. Introducción a los Tratamientos de Aguas*. Ed. UPV.
- Ferrer, J. (2012). *Tratamientos Físicos y Químicos de Aguas Residuales*. Ed. UPV.
- Metcalf & Eddy, Tchobanoglous, G., Burton, F.L., Stensel, H.D. (2004). *Wastewater engineering: treatment and reuse*. Ed. McGraw-Hill.
- Water Environment Federation (2010). *Design of Municipal Wastewater Treatment Plants. Volume 2, Liquid Treatment processes*. Ed. McGraw-Hill
- Water Environment Federation (2010). *Design of Municipal Wastewater Treatment Plants. Volume 3, Solids processing and management*. Ed. McGraw-Hill
- Hendricks, D.W. (2006). *Water treatment unit processes: physical and chemical*. Ed. CRC Taylor & Francis.

Tratamientos biológicos de aguas residuales

Descripción general de la asignatura y líneas de investigación

La asignatura Tratamientos biológicos de aguas residuales es una materia obligatoria de carácter cuatrimestral si se elige la especialización en Tratamientos de Aguas del Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. La asignatura, de 4 créditos ECTS, tiene un carácter mixto teórico-práctico, por lo que los conocimientos teóricos básicos son complementados con la resolución de cuestiones y problemas y con la realización de trabajos. La asignatura pretende dotar al estudiante de los conocimientos y habilidades necesarias para el prediseño de instalaciones de tratamiento biológico de aguas residuales tanto urbanas como industriales. Así mismo, la asignatura guarda una estrecha relación con la asignatura Tratamientos físico-químicos de aguas por lo que ambas materias se desarrollan simultáneamente en el segundo cuatrimestre, en el que se imparte la especialización citada.

Conocimientos recomendados

| Asignatura | Impartida |
|--|------------|
| CALIDAD Y CONTAMINACIÓN DE AGUAS | Previa |
| SIMULACIÓN Y DISEÑO DE ESTACIONES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES | Simultánea |
| REDES DE SANEAMIENTO | Simultánea |
| TRATAMIENTOS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUAS | Simultánea |
| LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS | Simultánea |

Selección y estructuración de las Unidades Didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Métodos biológicos de tratamientos de aguas residuales.

- 1.1. Introducción. Microbiología de los procesos.
- 1.2. Cinética y estequiometría de las reacciones.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Procesos biológicos de cultivo en suspensión.

- 2.1. Fangos activados. Nitrificación.
- 2.2. Variantes del proceso de fangos activados.

- 2.3. Eliminación biológica de nitrógeno.
- 2.4. Eliminación biológica de fósforo.
- 2.5. Plantas de tratamiento de aguas residuales para la eliminación biológica de nutrientes.
- 2.6. Digestión aerobia de de fangos.
- 2.7. Tratamientos anaerobios de cultivo en suspensión.
- 2.8. Digestión anaerobia de fangos.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Procesos biológicos de soporte sólido.

- 3.1. Filtros percoladores.
- 3.2. Contactores biológicos rotativos.
- 3.3. Lechos de turba.
- 3.4. Tratamientos anaerobios de biomasa fija.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|--|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 2 | 50% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 1 | 50% |

La evaluación se basará 50% en la prueba escrita de respuesta abierta y 50% en el trabajo académico.

La Prueba escrita de respuesta abierta es una prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. Se realizará una recuperación final de las pruebas escritas no aprobadas.

El Trabajo académico consiste en el desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. Se realizará una recuperación final del trabajo académico no aprobado.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula |
|--|----------------|
| Métodos biológicos de tratamientos de aguas residuales | 6 |
| Procesos biológicos de cultivo en suspensión | 28 |
| Procesos biológicos de soporte sólido | 6 |
| Total horas: | 40 |

Bibliografía

Grady, C.P.L. (2011). Biological wastewater treatment. IWA Publishing.

Metcalf & Eddy, Tchobanoglous, G., Burton, F.L., Stensel, H.D. (2004). *Wastewater engineering: treatment and reuse*. Ed. McGraw-Hill.

Water Environment Federation (2010). *Design of Municipal Wastewater Treatment Plants. Volume 2, Liquid Treatment processes*. Ed. McGraw-Hill

Water Environment Federation (2010). *Design of Municipal Wastewater Treatment Plants. Volume 3, Solids processing and management*. Ed. McGraw-Hill

Ferrer, J. (2014). *Tratamientos Biológicos de Aguas Residuales*. Ed. UPV.

MATERIA: EXPERIMENTACIÓN EN CALIDAD DE AGUAS

Descripción de la Materia

Determinaciones analíticas en laboratorio: sólidos, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, cloruros, metales en aguas y fango deshidratado.

Estudio de Sedimentación de fangos secundarios. Velocidad de sedimentación zonal.

Caracterización de los fangos de una EDAR. Análisis de biogás.

Seguimiento de una Planta Piloto para el tratamiento biológico de aguas residuales.

Calibración de los parámetros del modelo matemático ASM2d.

Ensayos de Coagulación- Floculación y Precipitación Química (JAR TEST).

Laboratorio de calidad de aguas

Descripción general de la asignatura

La asignatura Laboratorio de Calidad de Aguas es una asignatura obligatoria que se imparte en el segundo cuatrimestre del Máster dentro de la Intensificación Tratamientos de Aguas. En esta asignatura se pretende que el alumno adquiera los conocimientos y las habilidades básicas para caracterizar experimentalmente los parámetros físico-químicos del agua y del fango de una EDAR. Además, ofrece al alumno el conocimiento, desde el punto de vista teórico y práctico, de las distintas técnicas analíticas existentes para la obtención de los parámetros necesarios para el diseño de algunos de los tratamientos más importantes de las aguas residuales.

Todas las asignaturas en la que se estudian aspectos relacionados con el tratamiento de aguas y gestión de aguas residuales, tienen en ésta su referente en cuanto a la metodología experimental utilizada para la caracterización físico-química del agua. Está relacionada con las asignaturas de Tratamientos físico-químicos de aguas y Tratamientos biológicos de aguas residuales, ya que en éstas se desarrollan los conocimientos sobre las bases teóricas del diseño de los tratamientos. La complejidad de muchos de estos tratamientos, hace necesario la utilización de modelos matemáticos que permitan reproducir el comportamiento de estos sistemas. En la asignatura Simulación y diseño de estaciones de tratamientos de aguas residuales, el alumno conocerá estos modelos y los distintos parámetros que los componen. Pero la correcta aplicación de estos modelos requiere el conocimiento de los valores de sus parámetros. Y esto último es parte del objetivo de la asignatura.

Conocimientos recomendados

| Asignatura | Impartida |
|--|------------|
| CALIDAD Y CONTAMINACIÓN DE AGUAS | Previa |
| SIMULACIÓN Y DISEÑO DE ESTACIONES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES | Simultánea |
| TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS DE AGUAS RESIDUALES | Simultánea |
| TRATAMIENTOS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUAS | Simultánea |

Selección y estructuración de las Unidades Didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1.

1.1. Determinación de cloruros en aguas. Relación con la conductividad.

- 1.2. Determinación de sólidos en aguas. Sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos disueltos y sólidos suspendidos volátiles. Sólidos sedimentables (V30, V60) e índice volumétrico de fangos.
- 1.3. Determinación de la materia orgánica en aguas. Demanda química de oxígeno y demanda biológica de oxígeno.
- 1.4. Determinación de nitrógeno en aguas. Nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, nitratos y nitritos.
- 1.5. Determinación del fósforo en aguas. Fósforo total, fósforo total soluble y ortofosfatos.
- 1.6. Sedimentación de fangos secundarios. Velocidad de sedimentación zonal.

UNIDAD DIDÁCTICA 2.

- 2.1. Seguimiento de una Planta Piloto para el tratamiento biológico de aguas residuales: repaso de los esquemas de tratamiento biológico de fangos activados; parámetros de operación en un reactor de fangos activados; seguimiento de la operación de una Planta Piloto.
- 2.2. Calibración de los parámetros del modelo matemático ASM2d. Metodologías de calibración. Respirometrías. Aplicación de la metodología off-line de calibración a un caso práctico.
- 2.3. Ensayos de Coagulación- Floculación y Precipitación Química (JAR TEST). Eliminación de turbidez. Eliminación de fósforo. Eliminación de metales.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|--|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 9 | 65% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 1 | 35% |

Nota I (35%): 1 prueba. Individual. Contenidos teórico-prácticos. Pruebas de respuesta abierta. Recuperables durante el periodo final de recuperaciones; obligada recuperación nota inferior a 4.0. Nota promedio del total de pruebas realizadas.

Nota II (65%): Trabajo grupal. Aplicación experimental. Realización de 9 informes de prácticas. Entrega definida durante el curso. No recuperables finalizado el plazo de entrega. La no asistencia tendrá un factor corrector en la nota final (n° sesiones asistidas/ n° sesiones

totales).

Distribución

| Unidad didáctica | Práctica Campo |
|---------------------|-------------------|
| UNIDAD DIDÁCTICA 1 | 30 |
| UNIDAD DIDÁCTICA 2 | 30 |
| Total horas: | 60 |

Bibliografía

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation y Franson, M.H. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Díaz de Santos, D.L.

Asociación Española de Normalización y Certificación (2005). *Calidad del agua*. EANOR, D.L. [Recurso electrónico-CD-ROM]

IWA Task Group on Respirometry in Control of the Activated Sludge Process, Copp, J.B., Spanjers, H. y Vanrolleghem, P.A. (2002). *Respirometry in control of the activated sludge process: benchmarking control strategies*. IWA Publishing.

Ferrer, J. (2008). *Tratamiento de Aguas. Tomo 1. Introducción a los Tratamientos de Aguas*. Editorial UPV.

Ferrer, J. (2007). *Tratamientos Biológicos de Aguas Residuales*. Editorial UPV.

Ferrer, J. (2007). *Tratamientos Físicos y Químicos de Aguas Residuales*. Editorial UPV.

MATERIA: MODELOS MATEMÁTICOS EN CALIDAD DE AGUAS

Descripción de la Materia

Transporte dispersivo en medio natural: estimación de coeficientes.

Transporte advectivo: determinación del campo de velocidades.

Metodología del desarrollo y empleo de modelos de calidad de aguas en el medio natural: definición del problema, planteamiento de las ecuaciones, trabajo de campo, calibración y validación.

Modelos matemáticos de representación de los distintos procesos biológicos, físicos y químicos en las aguas naturales y en los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Balance de oxígeno disuelto/DBO/nitrificación. Anoxia hipolimnética en embalses.

Ciclo de nutrientes/fitoplancton. Eutrofización. Modelos a escala temporal horaria y diaria.

Contaminación por microorganismos patógenos. Vertidos al mar.

Interacciones columna de agua/sedimentos. Modelos de flujo de demanda de oxígeno y transferencia de nutrientes.

Aplicación de modelos matemáticos para el diseño y la simulación de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales.

DESASS (Design and Simulation of Activated Sludge System).

Simulación y diseño de estaciones de tratamiento de aguas residuales

Descripción general de la asignatura

Simulación y diseño de estaciones de tratamiento de aguas residuales es una asignatura que se imparte en el segundo cuatrimestre dentro del módulo de intensificación en Tratamiento de Aguas del Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Esta asignatura consta de un total de 7 créditos repartidos en 3.5 de clases teóricas y 3.5 de prácticas informáticas.

Esta asignatura se plantea como una clara continuación de las asignaturas tratamientos biológicos de aguas residuales y tratamientos físico-químicos de aguas impartidas también en el módulo de intensificación en Tratamiento de Aguas. En la asignatura se estudiarán distintos modelos matemáticos que permitan representar los distintos procesos biológicos, físicos y químicos en el tratamiento de aguas residuales y se profundizará en la aplicación de estos modelos matemáticos para el diseño y la simulación de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales. Los alumnos se familiarizarán con la herramienta informática DESASS (DEsign and Simulation of Activated Sludge Systems). Se trata de una herramienta informática creada para el diseño, simulación y optimización del funcionamiento global de EDARs. DESASS incorpora un nuevo concepto de simulación de plantas de tratamiento basado en el uso de un único modelo para representar todos los procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en EDARs: el Biological Nutrient Removal Model No.1 (BNRM2, Barat et al. 2012). Este software es ampliamente utilizado a nivel nacional en universidades y empresas del sector.

Conocimientos recomendados

| Asignatura | Impartida |
|---|------------|
| CALIDAD Y CONTAMINACIÓN DE AGUAS | Previa |
| TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS DE AGUAS RESIDUALES | Simultánea |
| TRATAMIENTOS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUAS | Simultánea |

Esta asignatura se plantea como una clara continuación de las asignaturas tratamientos biológicos de aguas residuales y tratamientos físico-químicos de aguas impartidas también en el módulo de intensificación en Tratamiento de Aguas.

Selección y estructuración de las Unidades Didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Modelación avanzada del tratamiento de aguas residuales.

- 1.1. Introducción: Tipos de modelos. Revisión histórica de los modelos existentes. Importancia de la modelación.
- 1.2. Estructura de los modelos: Balance de materia. Componentes y procesos. Estequiometría y cinética. Aplicación.
- 1.3. Modelación de procesos de las bacterias heterótrofas: Metabolismo de las bacterias. Parámetros estequiométricos. Generación del modelo. Aplicación.
- 1.4. Modelación de procesos de las bacterias autótrofas: Metabolismo de las bacterias. Parámetros estequiométricos. Generación del modelo. Aplicación.
- 1.5. Modelación conjunta de los procesos de las bacterias heterótrofas y autótrofas: Unión de los modelos. desnitrificación. Aplicación.
- 1.6. Modelación de procesos de las bacterias acumuladoras de polifosfatos: Metabolismo de las bacterias. Parámetros estequiométricos. Generación del modelo. Aplicación.
- 1.7. Modelos ASM2d (Activated sludge model nº2d): Unión de los modelos de bacterias heterótrofas, autótrofas y acumuladoras de polifosfatos. Nuevas consideraciones: Hidrólisis, fermentación, desnitrificación de las bacterias PAOs, precipitación.
- 1.8. Modelación de la digestión anaerobia de fangos: Modelos ADM1. Modelo de digestión simplificado.
- 1.9. Modelación de los procesos químicos: Procesos gobernados por el equilibrio. Modelos de cálculo de pH. Modelo de precipitación.
- 1.10. Modelo global: Modelo BNRM1.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Aplicaciones con el software DESASS.

- 2.1. Introducción: Importancia de la utilización de modelos matemáticos en el campo de tratamiento de aguas residuales. Aplicaciones. Descripción del programa DESASS.
- 2.2. Eliminación de Materia orgánica y nitrificación: Esquemas de tratamiento para la eliminación de materia orgánica y nitrificación. Efecto del Tiempo de Retención Celular. Proceso de oxidación total. Efecto de la Temperatura. Cálculo de los sistemas de aireación.
- 2.3. Eliminación de Materia orgánica y nitrógeno: Esquemas de tratamiento. Efecto de la distribución de volúmenes. Efecto de la recirculación interna.
- 2.4. Eliminación de Materia orgánica y fósforo: Eliminación por precipitación química. Esquemas de tratamiento para la eliminación biológica de fósforo. Efecto del tiempo de retención celular. Importancia de los ácidos volátiles. Efecto de la distribución de volúmenes. Generación de ácidos volátiles por fermentación de fango primario.
- 2.5. Eliminación de Materia orgánica, nitrógeno y fósforo: Esquemas de tratamiento para la eliminación de Materia orgánica, nitrógeno y fósforo. Efecto del tiempo de retención celular. Efecto de la distribución de volúmenes.
- 2.6. Sedimentación: Importancia de los procesos de sedimentación en el rendimiento global de una EDAR. Fermentación de fango primario. Desnitrificación en el decantador secundario.

2.7. Digestión de fangos: Digestión aerobia de fangos. Efecto del tiempo de retención celular. Digestión anaerobia de fangos. Procesos de precipitación.

2.8. Diseño de una planta completa: Efecto de la recirculación de los sobrenadantes generados en el tratamiento de fangos.

2.9. Simulación de estaciones depuradoras de aguas residuales.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|---|-------|------|
| Examen oral | Método imprescindible para medir los objetivos educativos que tiene que ver con la expresión oral. | 1 | 8% |
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 3 | 35% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 1 | 10% |
| Caso | Supone el análisis y la resolución de una situación planteada que presenta problemas de solución múltiple, a través de la reflexión y el diálogo para un aprendizaje grupal, integrado y significativo. | 1 | 35% |
| Observación | Estrategia basada en la recogida sistemática de datos en el propio contexto de aprendizaje: ejecución de tareas, prácticas. | 5 | 12% |

Para la evaluación de la parte teórica los alumnos realizarán dos exámenes escritos (el 2º es recuperación del 1º). Además de estos exámenes, para la evaluación se considerarán los trabajos realizados a lo largo del curso junto con un trabajo final que los alumnos defenderán ante los profesores y responderán oralmente a cuestiones relacionadas con el trabajo. Para la evaluación de la parte de prácticas informáticas los alumnos realizarán un examen acerca de la utilización del programa DESASS y diseñarán una estación depuradora de aguas residuales con dicho programa.

Nota parte teórica (60% de la nota final): Nota exámenes 50% (nota mínima 4), nota trabajo final incluyendo la defensa 30% (nota mínima 4), nota trabajos realizados a lo largo del cuatrimestre 20%.

Nota parte práctica (40% de la nota final): Nota examen 20%, nota diseño de estación depuradora con el programa DESASS 80%.

Para aprobar la asignatura será necesario obtener una nota mínima de 5 en cada una de las partes.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula | Práctica aula | Práctica Informática |
|---------------------|----------------|------------------|-------------------------|
| UNIDAD DIDÁCTICA 1 | 20 | 20 | -- |
| UNIDAD DIDÁCTICA 2 | -- | - | 30 |
| Total horas: | 20 | 20 | 30 |

Bibliografía

IWA Task Group on Mathematical Modelling for Design and Operation of Biological Wastewater Treatment. Henze, M., Gujer, W., Mino, T. y Loosdrecht, M. (2000). *Activated sludge models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3*. IWA Publishing.

Grady, C.P. L. (2011). *Biological wastewater treatment*. IWA Publishing.

IWA Task Group for Mathematical Modelling of Anearobic Digestion Processes. Batstone, D.J., Keller, J., Angelidaki, I., Kalyuzhnyi, S., Pavlostathis, S.G., Rozzi, A., Sanders, W., Siegrist, H. and Vavilin, V. (2002). *Anaerobic digestion model n^o 1*. IWA Publishing.

Henze, M., Loosdrecht, M., Ekama, G.A. y Brdjanovic, D. (2008). *Biological wastewater treatment: principles, modeling, and design*. IWA Publishing. [[Biological wastewater treatment: principles, modeling, and design. \(Henze, Mogens; Loosdrecht, Mark van; Ekama, George A.; Brdjanovic, Damir\)](#)]

Modelación de la calidad del agua en el medio natural

Descripción general de la asignatura

La asignatura Modelación de la calidad del agua en el medio natural obligatoria dentro del módulo de Intensificación en Tratamientos de Aguas y la materia Modelos Matemáticos en Calidad de Aguas que se imparte en el segundo cuatrimestre del Máster. Con ella se pretende que el alumno adquiera los conocimientos básicos que le permitan abordar el análisis de problemas de contaminación de aguas en el medio natural y plantear y desarrollar soluciones para los mismos. Está asignatura aborda el problema de la contaminación del agua tanto en la modelación como en su relación con la gestión de los recursos hídricos. La asignatura tiene un carácter multidisciplinar dado que abarca aspectos de naturaleza física, química y biológica y en la que una sólida formación matemática resulta imprescindible.

Gran parte de los conocimientos adquiridos en la asignatura troncal Calidad y Contaminación de Aguas sirven de fundamento para consolidar los conceptos desarrollados en ésta, por lo que al impartirse en el primer cuatrimestre están adecuadamente coordinadas.

De igual modo, la asignatura troncal Sistemas de Recursos Hídricos es la base necesaria para entender los aspectos de gestión de recursos hídricos necesarios para su posterior aplicación y avance en esta asignatura.

Por último, la asignatura Laboratorio de Calidad de Aguas amplía y refuerza mediante la actividad práctica el desarrollo de actitudes y habilidades que son inherentes a esta asignatura.

Todas las asignaturas en las que se estudian aspectos relacionados con el tratamiento de aguas tienen en ésta su referente de procesos en el medio natural.

Conocimientos recomendados

| Asignatura | Impartida |
|---|-----------|
| CALIDAD Y CONTAMINACIÓN DE AGUAS | Previa |
| HIDRÁULICA AVANZADA | Previa |
| GESTIÓN INTEGRADA DE SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS | Previa |
| BASES LIMNOLÓGICAS PARA LA GESTIÓN DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS | Previa |

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Introducción. Conceptos y definiciones generales.

- 1.1. El medio físico como receptor de aguas residuales: condicionantes geomorfológicos. Condicionantes térmicos. Balances de materia. Transporte dispersivo en medio natural. Estimación de coeficientes. Transporte advectivo. Determinación del campo de velocidades. Contaminación difusa. Cinética química y equilibrio químico.
- 1.2. Metodología del desarrollo y empleo de modelos de calidad de aguas: definición del problema, planteamiento de las ecuaciones, trabajo de campo, calibración y validación.
- 1.3. Métodos numéricos de resolución de ecuaciones diferenciales. Problemas de dispersión e inestabilidad numérica. Análisis de sensibilidad.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Balances de energía. Modelación de procesos físicos, químicos y biológicos. Términos de reacción (sustancias no conservativas). Aplicaciones en ríos, lagos, embalses, zonas costeras.

- 2.1. Balances de energía. Importancia de la estratificación térmica.
- 2.2. Balance de oxígeno disuelto/DBO/nitrificación. Anoxia hipolimnética en embalses.
- 2.3. Ciclo de nutrientes/fitoplancton. Eutrofización. Modelos a escala temporal horaria y diaria.
- 2.4. Contaminación por metales pesados y compuestos orgánicos tóxicos.
- 2.5. Contaminación por microorganismos patógenos. Vertidos al mar. Vertidos de salmueras.
- 2.6. Interacciones columna de agua/sedimentos. Sedimentación y resuspensión. Modelos de demanda de oxígeno y transferencia de nutrientes.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|--|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 3 | 40% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 1 | 35% |

| | | | |
|------|---|---|-----|
| Caso | Supone el análisis y la resolución de una situación planteada que presenta problemas de solución múltiple, a través de la reflexión y el diálogo para un aprendizaje grupal, integrado y significativo. | 1 | 25% |
|------|---|---|-----|

La evaluación tiene tres partes:

- Una parte teórica repartida en dos exámenes parciales de una hora de duración; exámenes basados en preguntas a desarrollar.
 - Para compensar ambos parciales hay que sacar un valor mínimo de cuatro puntos. Un valor igual superior a cuatro permite promediar con las otras dos partes; un valor inferior obliga a presentarse a la recuperación de la parte no superada.
 - El porcentaje sobre la nota final es del 40%.
- Una parte asociada a las prácticas informáticas.
 - La duración será de dos horas.
 - Para promediar con el resto de las pruebas hay que sacar un valor mínimo de tres puntos.
 - El porcentaje sobre la nota final es del 25%.
- Una parte basada en la resolución de un ejercicio práctico.
 - Para promediar con el resto de las pruebas hay que sacar un valor mínimo de tres puntos.
 - El porcentaje sobre la nota final es del 35%.

Existirá una prueba final de una hora de duración para recuperar la parte de la evaluación correspondiente a los exámenes parciales.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula | Práctica Informática |
|---|----------------|-------------------------|
| Introducción. Conceptos y definiciones generales | 8 | -- |
| Balances de Energía. Modelación de procesos físicos, químicos y biológicos. Términos de reacción (sustancias no conservativas). Aplicaciones en ríos, lagos, embalses, zonas costeras | 17 | 5 |
| Total horas: | 25 | 5 |

Bibliografía

- Ambrose, R.B. y Barnwell, T. O (1987). *Processes, Coefficients, and Models for Simulating Toxic Organics and Heavy Metals in Surface Waters*. U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia. EPA/600/3-87/015.
- Barnwell, T. O. y col. (1985). *Rates, Constants, and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling*. U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia. EPA/600/3-85/040.
- Chapra, S.C. (1997). *Surface Water Quality Modelling*. Mc-Graw Hill. New York.
- Ambrose, R.B. y col. (1988). *WASP4, A Hydrodynamic and Water Quality Model*. U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia. EPA/600/3-87/039.
- Biswas, A. K. Ed. (1981). *Models for Water Quality Management*. McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Clark, Mark M. (1996). *Transport Modeling for Environmental Engineers and Scientist*. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.
- Di Toro, D. (2001). *Sediment Flux Modeling*. John Wiley & Sons, Inc., Wiley-Interscience. New York (USA).
- Falconer, R.A. (Ed.) (1992). *Water Quality Modelling*. Ashgate Publishing Ltd.
- Fischer H.B. y col. (1979). *Mixing in Inland and Coastal Waters*. Academic Press, Inc. London. UK.
- Melli, P., Zannetti P. (Ed.) (1992). *Environmental Modelling*. Computational Mechanics Publications. Southampton, UK.
- Nemerow, N.L. (1974). *Scientific Stream Pollution Analysis*. McGraw-Hill Series in Water Resources.
- Paredes, J., Solera, A. y Martín, M. (2011). *Ejercicios de modelación de la calidad del agua: elaborados con el programa GESCAL del entorno de ayuda a la decisión AQUATOOL*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. [Ref.: 2011.153]

INTENSIFICACIÓN: ORDENACIÓN Y RESTAURACIÓN DE CUENCAS

Descripción del Módulo

Constituye uno de los cuatro módulos de intensificación que pueden cursar los alumnos (a elegir uno de ellos). En él los alumnos adquieren unas competencias avanzadas en el estudio de cuencas hidrológicas.

MATERIA: ORDENACIÓN Y RESTAURACIÓN DE CUENCAS

Descripción de la Materia

Ordenación de cuencas hidrográficas con criterios de sostenibilidad. Concepto de cuenca torrencial. Restauración hidrológico forestal-medioambiental: el bosque en la restauración de cuencas, restauración de la cubierta vegetal en vertientes y en riberas. Corrección de cauces torrenciales.

La desertificación, factores y procesos. Escalas de la Desertificación (Subnacional, Subcontinental y Global). La erosión.

Influencia de la vegetación en la erosión. Incendios forestales. Cambio climático.

Calidad de planta forestal. Estaciones forestales. Diseño hidrológico de repoblaciones Forestales: MODIPÉ. Los microsítios. Cuidados culturales. Seguimiento, análisis y valoración de repoblaciones. Programas integrales de mejora del establecimiento.

Alteraciones de los medios acuáticos e indicadores de calidad ambiental. Restauración morfológica de ríos, orillas y riberas.

Restauración fluvial

Descripción general de la asignatura

La asignatura integra conocimientos de disciplinas como la hidráulica, la hidrología y la ecología acuática, para que el alumno conozca los estudios de diagnóstico y las técnicas necesarios para realizar un proyecto de restauración fluvial. Se tratan para ello las técnicas esenciales disponibles para la restauración fluvial, desde la escala de tramo hasta la escala mayor de red fluvial o cuenca hidrográfica.

Se tratan al comienzo conceptos y principios básicos de restauración fluvial, así como una caracterización o revisiones de proyectos a escala amplia. Después se tratan técnicas, desarrollando tanto las de muestreo de comunidades en el medio fluvial, como las técnicas de muestreo del hábitat acuático. Después se tratan los estudios del régimen ecológico de caudales (tanto metodologías, como la aplicación técnica real del método más aplicado), de gran importancia en este contexto. Después se tratan la restauración morfológica de ríos, técnicas de bioingeniería para la estabilización y revegetación, y técnicas de mejora del hábitat y pasos de peces.

La asignatura no trata de aspectos propios de la gestión o elaboración de proyectos, propios de ciertas asignaturas de grado.

Conocimientos recomendados

Son recomendables para cursar esta asignatura, conocimientos básicos de biología y ecología. Sin embargo se tiene en cuenta que el perfil de los estudiantes potenciales del máster tendrán una formación eminentemente técnica que no haya contemplado aspectos como los señalados. En este sentido la asignatura se plantea desde este supuesto, haciéndola accesible al perfil del de alumnado potencial, tanto de carreras de ciencias como de ingeniería.

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Conceptos y principios básicos de restauración fluvial.

- 1.1. Conservación y restauración. Por qué la restauración fluvial?
- 1.2. Qué es restauración fluvial. Presiones.
- 1.3. Variables clave en restauración fluvial.
- 1.4. Restauración fluvial en Europa, USA, España. Estrategia nacional de restauración de ríos.
- 1.5. La cuenca hidrográfica y los hábitats fluviales.
- 1.6. Principios básicos.
- 1.7 Síntesis de directrices en proyectos de restauración ecológica.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Técnicas de muestreo en ecosistemas acuáticos.

- 2.1. Clasificación de tramos de río para la Directiva Marco del Agua.
- 2.2. Estado de referencia ecológico.

- 2.3. Determinación del estado de las aguas en ríos.
- 2.4. Muestreo de macroinvertebrados. Técnicas de recolección.
- 2.5. Muestreo de comunidades piscícolas. Técnicas pasivas. Técnicas activas, pesca eléctrica.
- 2.6. Observación y seguimiento.
- 2.7. Ejemplo de trabajos a mesohabitat-escala.
- 2.8. Estructura y calidad de los hábitats de ribera.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Estudios del régimen ecológico de caudales.

- 3.1. Definiciones del régimen ecológico de caudales.
- 3.2. Métodos hidrológicos. Método de Tenand. Método caudal básico. Método del rango de variabilidad. Ventajas e inconvenientes.
- 3.3. Métodos hidrobiológicos. Metodología IFIM. Ventajas e inconvenientes.
- 3.4. Métodos holísticos. Ventajas e inconvenientes. El proceso de ELOHA.
- 3.5. Simulación de hábitat físico (PHABSIM). Trabajo de campo; planteamiento; equipos. Funciones de idoneidad de microhábitat.
- 3.6. Diseño de regímenes ecológicos de caudales.
- 3.7. Notas sobre la Instrucción de Planificación Hidrológica de España.
- 3.8. Herramientas de evaluación del hábitat.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Restauración morfológica de ríos.

- 4.1. Restauración del trazado. Necesidad y enfoques.
- 4.2. Restauración del trazado. Proceso general.
- 4.3. Diseño de un nuevo cauce fluvial.
- 4.4. Recomendaciones ecológicas básicas para la ingeniería fluvial.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Técnicas de mejora del hábitat y pasos de peces.

- 5.1. Mejoras del hábitat acuático. Generalidades.
- 5.2. Deflectores de corriente.
- 5.3. Pequeños azudes o estructuras transversales similares.
- 5.4. Disposición de piedras (bolos y berruecos) y otros elementos en el cauce.
- 5.5. Protección de orillas y de su vegetación.
- 5.6. Estructuras de paso de fauna en ríos. Pasos de estanques sucesivos. Pasos de ralentizadores. Ríos artificiales. Sistema de pre-presas. Tipo ascensor y sistema de esclusas.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|--|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 1 | 70% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 2 | 20% |
| Observación | Estrategia basada en la recogida sistemática de datos en el propio contexto de aprendizaje: ejecución de tareas, prácticas. | 2 | 10% |

Componentes de evaluación:

- 1ª Práctica Informática (Simulación del Hábitat en Ríos). Valoración: 5% de la nota final; asistencia obligatoria.
- Informe de la 1ª práctica Informática, valoración del 10% de la nota. La entrega de dicho informe es obligatoria e individual.
- 2ª Práctica Informática (Simulación del Hábitat en Ríos). La asistencia vale un 5%, la asistencia es obligatoria.
- Informe de la 2ª práctica (10% de la nota final). Entrega individual y obligatoria.
- Examen escrito (contenidos explicados en clase), 70% de la nota. Se debe aprobar (más de 5) para hacer promedio con los demás eventos. La fecha la establece la comisión académica del Máster.
- Se puede, voluntariamente, hacer un trabajo académico (sobre artículo científico, o caso práctico real). Este puede elevar la nota como máximo un 10 % de la nota final.
- El alumno que no apruebe la prueba escrita (si no obtiene 5 o más), tendrá la posibilidad de recuperarlo mediante otro examen de respuesta abierta.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula | Práctica informática |
|--|-------------|----------------------|
| Conceptos y principios básicos de restauración fluvial | 4 | - |
| Técnicas de muestreo en ecosistemas acuáticos | 7 | - |

| | | |
|---|-----------|----------|
| Estudios del régimen ecológico de caudales | 7 | 2 |
| Restauración morfológica de ríos | 7 | - |
| Técnicas de mejora del hábitat y pasos de peces | 3 | - |
| Total horas: | 28 | 2 |

Bibliografía

Esencial:

González, M. y García, D. (1998). *Restauración de Ríos y Riberas*. Fundación Conde del Valle de Salazar-Mundiprensa.

ITGME (1996). *Guía de Restauración de Graveras*. Editorial.

River Restoration Centre (año). Manual of River Restoration Techniques. "Editorial". [\[\(descarga gratuita\) http://www.therrc.co.uk/rrc_manual.php \(The River Restoration Centre\)\]](http://www.therrc.co.uk/rrc_manual.php)

U.S.D.A. (año). Stream Corridor Restoration. Principles, Processes and Practices. "Editorial". [\[\(descarga gratuita\) Stream Corridor Restoration Handbook \(Federal Interagency Stream Restoration Working Group \(FISRWG\)\)\]](#)

Schmidt, G. y Otaola-Urrutxi, M. (2002). *Técnicas de bioingeniería en la restauración de ríos y riberas*. Monografías CEDEX.

Bovee, K.D., Lamb, B.L., Bartholow, J. M., Stalnaker, C. B., Taylor, J. y Henriksen, J. (1998). *Stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology*. U. S. Geological Survey, Biological Resources Division Information and Technology Report. [USGS/BRD-1998-0004. VIII. Fort Collins, Colorado. 131 pp. Gratuito en Internet (USGS, USA)]

Complementaria:

Allan, J.D. (1995). *Stream ecology. Structure and function of running waters*. Chapman and Hall. [388. Disponible 1 ejemplar en biblioteca de ETSICCP.]

Briggs, M.K. (1996). *Riparian Ecosystem Recovery in Arid Lands. Strategies and References*. The University of Arizona Press.

Brookes, A. y Shields, F.D. (eds.) (1996). *River Channel Restoration. Guiding Principles for Sustainable Projects*. John Wiley and Sons.

Giller, P.S. y Malmqvist, B. (1998). *The biology of streams and rivers*. Oxford University Press. [296 p. disponible 1 ejemplar en biblioteca de ETSICCP.]

Hauer, F.R. y Lamberti, G.A. (eds.) (1996). *Methods in stream ecology*. Academic Press. [674 p. disponible 1 ejemplar en biblioteca de ETSICCP.]

Maitland, P.S. y Morgan, N.C. (1997). *Conservation management of freshwaterhabitats*. Chapman and Hall. [231 p. disponible 1 ejemplares en la sala central de la biblioteca del Campus de Vera.]

Petts, G.E. y Amoros, C. (eds.) (1996). *Fluvial Hydrosystems*. Chapman and Hall. [322 p. disponible 1 ejemplare en la biblioteca de la ETSICCP.]

Vídeos:

[\[Modelos de Idoneidad de Microhábitat para el estudio del Régimen Ecológico de Caudales \(Martínez Capel, Francisco\)\]](#)

[\[Medición de la sección transversal y del caudal en ríos vadeables \(Martínez Capel, Francisco\)\]](#)

[\[Modelos Conceptuales de Regeneración del Bosque de Ribera \(Martínez Capel, Francisco\)\]](#)

[\[La Gestión del agua y la Conservación de los bosques de ribera \(Martínez Capel, Francisco\)\]](#)

La ingeniería en los procesos de desertificación

Descripción general de la asignatura

España es el país de Europa más afectado por la desertificación y degradación del suelo. La ratificación de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CLD), ha puesto en marcha el Programa de Acción Nacional contra la Desertificación (PAND), como respuesta al problema medioambiental de la desertificación que se considera como el más grave que afecta al planeta, en gran medida es el resultado de la deforestación y consiguiente erosión de suelos.

Se persigue la lucha contra la desertificación con un conjunto de actividades que formen parte de un aprovechamiento integrado de la tierra en zonas áridas, semiáridas y sub-húmedas secas para un desarrollo sostenible.

La asignatura aborda el fenómeno de la desertificación, los procesos degradatorios que afectan al suelo, la vegetación y el agua y las estrategias de lucha contra este fenómeno. Se estudian los factores que influyen y los procesos que se desencadenan, analizando sus causas y efectos. El deterioro de los recursos naturales e impactos existentes se producen a escalas diferentes, de manera que son analizados los procesos de desertificación a Escala Global, Escala Subcontinental y Escala Subnacional. Para luchar contra la desertificación se identifican los procesos implicados y la escala a la que operan y se analizan las posibles estrategias y acciones a tomar que la ingeniería ofrece.

Conocimientos recomendados

| Asignatura | Impartida |
|--|------------|
| GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS | Previa |
| HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA | Previa |
| CONTAMINACIÓN DE SUELOS Y ACUÍFEROS | Previa |
| GESTIÓN INTEGRADA DE SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS | Previa |
| SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA | Previa |
| ECONOMÍA Y POLÍTICA DEL AGUA | Previa |
| RESTAURACIÓN FLUVIAL | Simultánea |
| ORDENACIÓN Y RESTAURACIÓN DE CUENCAS TORRENCIALES | Simultánea |
| ESTABLECIMIENTO DE REPOBLACIONES FORESTALES EN CUENCAS PROTECTORAS | Simultánea |
| IMPACTOS AMBIENTALES | Simultánea |

Selección y estructuración de las Unidades Didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. La desertificación.

- 1.1. Intrahistoria de la desertificación.
- 1.2. Procesos degradatorios.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Factores y procesos.

- 2.1. Introducción.
- 2.2. Evolución concepto de desertificación.
- 2.3. Factores que intervienen y procesos.
- 2.4. Factor escala.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Escala subnacional.

- 3.1. Factores, procesos, estrategias de lucha y desertificación en España.
- 3.2. La erosión.
- 3.3. Influencia de la vegetación en la erosión hídrica.
- 3.4. Incendios forestales y problemática.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Escala subcontinental.

- 4.1. Lluvia ácida.
- 4.2. Contaminación costera.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Escala global.

- 5.1. La desertificación a escala global.
- 5.2. Calentamiento global (temperaturas, gases efecto invernadero, deshielo y capa de ozono).
- 5.3. Cambio climático.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------|--|-------|------|
| Pruebas objetivas (tipo test) | Examen escrito estructurando con diversas preguntas o ítems en los que el alumno no elabora la respuesta; sólo ha de señalarla o completarla con elementos muy precisos. | 1 | 25% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos | 1 | 30% |

| | | | |
|-------------|---|---|-----|
| | cursos y de tesis doctorales. | | |
| Caso | Supone el análisis y la resolución de una situación planteada que presenta problemas de solución múltiple, a través de la reflexión y el diálogo para un aprendizaje grupal, integrado y significativo. | 1 | 25% |
| Observación | Estrategia basada en la recogida sistemática de datos en el propio contexto de aprendizaje: ejecución de tareas, prácticas. | 5 | 20% |

Prueba objetiva tipo test (25% de la nota), que consiste en un examen escrito estructurado con diversas preguntas o ítems en los que el alumno no elabora la respuesta.

Trabajo Académico que consistirá en el desarrollo de un proyecto que puede tener distinta amplitud y complejidad, que versará sobre un tema relacionado con la asignatura, el peso de este trabajo en la asignatura será del 30%.

Caso que supone el análisis y la resolución de una situación planteada que presenta problemas de solución múltiple, a través de la reflexión y el diálogo. Para este caso habrá una salida de campo para ver situaciones reales in situ. Este Caso valdrá el 25% de la nota de la asignatura.

Técnica de observación: estrategia basada en la recogida sistemática de datos en el propio contexto de aprendizaje (ejecución de tareas, prácticas), que valdrá el 20% de la nota.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula | Práctica Campo |
|-----------------------|-------------|----------------|
| La desertificación | 4 | 2 |
| Factores y procesos | 4 | 1 |
| Escala subnacional | 8 | 1 |
| Escala subcontinental | 5 | - |
| Escala global | 5 | - |

Bibliografía

López, F. (2002). *La ingeniería en los procesos de desertificación*. Editorial: ediciones Mundi-Prensa

López, F. (1988). *Mapas de estados erosivos: Cuenca hidrográfica del Segura*. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza.

Laureano, P. (2005). *Atlas de agua: los conocimientos tradicionales para combatir la desertificación*. Editorial: Laia

Ministerio de Industria y Energía y ITGME (1989). *Erosión y desertificación en España*. Editorial: Instituto Tecnológico GeoMinero de España

Thomas, D.S.G. y Middleton, N.J. (1997). *World atlas of desertification*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Thornes, J.B., Geeson, N. y Brandt, C.J. (2003). *Mediterranean desertification: a mosaic of processes and responses*. Editorial: N.A. Geeson, C.J.Brandt, J.B. Thornes

Feliu, Á. (2005). *La degradación y desertificación de los suelos en España*. Editorial: Fundación Gas natural.

Ordenación y restauración de cuencas torrenciales

Descripción general de la asignatura

El proceso de desertificación en España está catalogado como uno de los más intensos de toda el área mediterránea. Más de dos tercios del territorio español es susceptible de desarrollarlo. Actualmente un 40% se encuentra afectado y un 18%, que representa 9 millones de hectáreas presenta procesos graves (Programa de Acción Nacional contra la Desertificación, 2001).

Sus efectos se traducen en una degradación ecológica con la destrucción de la cubierta vegetal y con un enorme impacto en la calidad de vida dada la estrecha interrelación existente entre la presencia de áreas forestales, el equilibrio en el ciclo hidrológico y la defensa contra los procesos erosivos que afectan al suelo.

El ámbito de aplicación de la Restauración Hidrológico Forestal es la cuenca hidrográfica, concebida como un complejo interdisciplinario, sintetizado matemáticamente por el ciclo hidrológico y definido geográficamente por la cuenca vertiente, en la que cualquier acción o transformación le afecta (López Cadenas de Llano, 1994). Consiste en una conjunción de acciones biológicas y mecánicas e hidrotecnias armónicamente distribuidas entre la cuenca y sus cauces.

Los Objetivos de la asignatura de Restauración y Ordenación de Cuencas Torrenciales son:

- Dar una idea global de la Restauración Hidrológico Forestal como herramienta técnica para la conservación y restauración del agua, suelo y vegetación.
- Analizar el concepto de Cuenca Torrencial.
- Definir una metodología de proyecto de Restauración Hidrológico Forestal
Identificar las medidas correctoras: Biotecnias de restauración en cuencas, Hidrotecnias de corrección en cauces y Prácticas de conservación de suelo que tienen como objetivo eliminar en lo posible los efectos que produce la dinámica torrencial.
- Aplicar las técnicas de Restauración a casos concretos.

Conocimientos recomendados

| Asignatura | Impartida |
|--------------------------------------|-----------|
| SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA | Previa |
| HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA | Previa |

| | |
|--|------------|
| RESTAURACIÓN FLUVIAL | Simultánea |
| ESTABLECIMIENTO DE REPOBLACIONES FORESTALES EN CUENCAS PROTECTORAS | Simultánea |
| LA INGENIERÍA EN LOS PROCESOS DE DESERTIFICACIÓN | Simultánea |
| IMPACTOS AMBIENTALES | Simultánea |

Selección y estructuración de las Unidades Didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Introducción. Hidrología forestal.

- 1.1. Concepto hidrología forestal.
- 1.2. Concepto de restauración hidrológico forestal.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Metodología para proyectos de restauración hidrológico-forestal.

- 2.1. Índice proyecto.
- 2.2. Descripción física cuenca.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Restauración hidrológico-forestal. Biotecnias restauración.

- 3.1. Diseño de nuevas repoblaciones.
- 3.2. Elección de especie.
- 3.3. Métodos de repoblación.
- 3.4. Métodos preparación del suelo.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Restauración hidrológico-forestal. Hidrotecnias de corrección de cauces.

- 4.1. Objetivo y tipos de obra.
- 4.2. Características y tipos de diques.
- 4.3. Vertederos.
- 4.4. Protección contra las erosiones al pie de las obras de corrección.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Casos prácticos.

- 5.1. Cuenca río Jalón.
- 5.2. Cuenca torrente Arás.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------|---|-------|------|
| Pruebas objetivas (tipo test) | Examen escrito estructurando con diversas preguntas o ítems en los que el alumno no elabora la respuesta; sólo ha de señalarla o completarla con elementos muy precisos. | 1 | 25% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 1 | 30% |
| Caso | Supone el análisis y la resolución de una situación planteada que presenta problemas de solución múltiple, a través de la reflexión y el diálogo para un aprendizaje grupal, integrado y significativo. | 1 | 25% |
| Observación | Estrategia basada en la recogida sistemática de datos en el propio contexto de aprendizaje: ejecución de tareas, prácticas. | 1 | 20% |

La evaluación de la asignatura se realizará:

- Prueba objetiva tipo test (25% de la nota) que consistirá en un examen escrito estructurado con diversas preguntas o ítems en los que el alumno no elabora la respuesta, sólo ha de señalarla o completarla con elementos muy precisos.
- Trabajo Académico (30% de la nota): desarrollo de un proyecto sobre un tema relacionado con la asignatura, propuesto por el alumno y aprobado por el profesor.
- Caso (25% de la nota): análisis y resolución de una situación planteada que presenta problemas de solución múltiple. Para ello se realizará una salida de campo para ver situaciones reales in situ.
- Observación (20% de la nota): estrategia basada en la recogida sistemática de datos en el propio contexto de aprendizaje (ejecución de tareas, prácticas,..)

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría | Práctica Aula | Práctica Campo |
|------------------|--------|---------------|----------------|
|------------------|--------|---------------|----------------|

| | Aula | | |
|---|-----------|----------|----------|
| Introducción. Hidrología forestal | 2 | - | - |
| Metodología para proyectos de restauración hidrológico forestal | 4 | - | - |
| Restauración hidrológico-forestal. Biotecnias restauración | 7 | - | 2 |
| Restauración hidrológico-forestal. Hidrotecnias de corrección de cauces | 7 | - | 2 |
| Casos prácticos | - | 4 | 2 |
| Total horas: | 20 | 4 | 6 |

Bibliografía

- García, J.L. (2000). *Manual de Cálculo de Diques de Corrección Torrencial*. E.T.S.I. Montes.
- Nicolás, J. (2001). *Restauración Hidrológico Forestal de la cuenca del Torrente Arás*. [Grupo Tragsa-Tragsatec.]
- Ministerio de Medio Ambiente (2001). *VIII Curso Internacional de Restauración Hidrológico Forestal, Control de la Erosión y defensa contra la Desertificación*.
- López, F., Empresa de Transformación Agraria y Tecnologías y Servicios Agrarios (1998). *Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de la erosión: ingeniería medioambiental*. Ministerio de Medio Ambiente.
- López, F. 1988). *Corrección de torrentes y estabilización de cauces*. FAO
- Serrada, R. (1993). *Apuntes de repoblaciones forestales*. Fundación Conde del Valle Salazar
- González, M. (2001). *Restauración de ríos y riberas*. Fundación Conde del Valle Salazar. Mundi-Prensa
- Aranda, G. (1992). *Hidrología forestal y protección de suelos: Técnicas y experiencias en dirección de obras*. Mapa.

Establecimiento de repoblaciones forestales en cuencas protectoras

Descripción general de la asignatura

La asignatura Establecimiento de Repoblaciones Forestales en Cuencas Protectoras es una materia avanzada propia de la ciencia y la tecnología forestal que integra conocimientos de otras asignaturas, normalmente impartidas en el grado de Ingeniero Forestal y del Medio Natural, tales como Repoblaciones y Viveros Forestales, Restauración Hidrológico-Forestal, Ecología Forestal y Ecofisiología Forestal.

Trabajos previos de revisión han establecido que existe un porcentaje importante de mortalidad en las repoblaciones efectuadas en la Comunidad Valenciana. Aunque la dureza climática es en buena parte la responsable de las marras, también hay una cierta proporción correspondiente a causas antrópicas controlables.

La asignatura Establecimiento de Repoblaciones Forestales en Cuencas Protectoras tiene como objetivo principal dotar al alumno de un mayor conocimiento y comprensión de los factores que condicionan el éxito las repoblaciones forestales en el contexto de las restauraciones hidrológico forestales mediterráneas. Se tratan e integran los distintos aspectos que influyen en la supervivencia, crecimiento y estabilidad de las repoblaciones forestales en la restauración de cuencas y ecosistemas: la calidad del proyecto o planificación de la repoblación (elección de especies, mezclas, densidades, tratamientos culturales), la calidad de la ejecución del proyecto o de la obra (preparación del terreno, fechas de plantación, movimiento de planta en el monte, etc.), la calidad del material forestal de reproducción, la calidad de la estación forestal y la climatología de la campaña. Estos puntos se tratan desde un punto de vista práctico y específico para la cuenca mediterránea, con visitas de campo a obras y/o parcelas experimentales. Estos conocimientos permiten al alumno implementar *programas integrales de mejora* de las repoblaciones forestales.

Conocimientos recomendados

El enfoque de la asignatura es forestal y por ello son recomendables conocimientos básicos de la ciencia forestal: botánica forestal, eco-fisiología y ecología vegetal, repoblaciones y viveros, hidrología forestal, etc. Las primeras clases son de nivelación para alumnos provenientes de otras titulaciones.

| Asignatura | Impartida |
|----------------------------------|------------|
| RESTAURACIÓN FLUVIAL | Simultánea |
| LA INGENIERÍA EN LOS PROCESOS DE | Simultánea |

El enfoque de la asignatura es forestal y por ello son recomendables conocimientos básicos de la ciencia forestal: botánica forestal, eco-fisiología y ecología vegetal, repoblaciones y viveros, hidrología forestal, etc. Las primeras clases son de nivelación para alumnos provenientes de otras titulaciones.

Selección y estructuración de las Unidades Didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. El establecimiento de repoblaciones forestales.

- 1.1. Introducción. El contexto de las repoblaciones forestales.
 - 1.1.1. Definiciones y contexto de la restauración forestal.
 - 1.1.2. Objetivos y síntesis de la técnica.
 - 1.1.3. Desarrollo histórico de las repoblaciones forestales (la restauración hidrológico forestal, el plan Nacional de 1939 y el RD 378/93)
 - 1.1.4. Estadísticas.
 - 1.1.5. Marco de trabajo y fuentes de información básicas - Marco de trabajo y fuentes de información básicas.
- 1.2. El establecimiento de repoblaciones forestales.
 - 1.2.1. Análisis de los resultados de repoblaciones forestales en el contexto español y valenciano.
 - 1.2.2. Necesidad de estudiar y comprender el establecimiento. Terminología y conceptos relacionados: organización biológica de Margolis y Brand (1990): ¿Dónde ubicar los conocimientos de esta asignatura?
 - 1.2.3. Factores que intervienen en el establecimiento de repoblaciones forestales: el proyecto, el material forestal de reproducción, la ejecución de la obra y los factores ecológicos del sitio (suelo y atmósfera).
 - 1.2.4. Bases ecofisiológicas y ecológicas del establecimiento o arraigo en una plantación: La adquisición de los recursos por las plántulas o brinzales. El modelo de establecimiento de Burdett.
 - 1.2.5. Las diferentes estrategias de establecimiento de las especies empleadas en forestación.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. La calidad de estación o sitio, la climatología y el establecimiento.

- 2.1. Caracterización del sitio y su influencia en el establecimiento.
 - 2.1.1. El sitio: Caracterización y clasificación del sitio y de la calidad de estación. Factores más determinantes para el establecimiento de repoblaciones.
 - 2.1.2. La especie: El nicho de regeneración de una especie: Respuesta a los factores ambientales más determinantes en su reclutamiento.
 - 2.1.3. Sitio x especie: Hábitats centrales y marginales.

- 2.1.4. Calidad de estación en las principales especies empleadas en repoblación en la CV.
- 2.2. Caracterización y evaluación de la climatología de la campaña.
 - 2.2.1. Influencia de la climatología en el establecimiento.
 - 2.2.2. Intervalos y estaciones para el estudio.
 - 2.2.3. Tratamiento y extrapolación de los datos climáticos. Modelos útiles (MT-CLIM).
 - 2.2.4. Valoración teórica (modelo Elena Roselló) y práctica (modelos empíricos) de la influencia de la climatología sobre el establecimiento.
 - 2.2.5. Aplicación práctica de los diagramas bioclimáticos de Montero de Burgos y González-Rebollar.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. La técnica repobladora: facilitar el establecimiento.

- 3.1. Influencia de la técnica repobladora: La planificación (proyecto).
 - 3.1.1. Síntesis del proyecto de repoblación.
 - 3.1.2. Importancia de la discriminación en rodales (zonificación)
 - 3.1.3. Elección de especies y método de repoblación.
 - 3.1.4. El efecto de la preparación del terreno y la eliminación de la competencia.
 - 3.1.5. Influencia de los cuidados culturales en el establecimiento (Enmiendas orgánicas, protectores, hidrogeles, Tubos, Microcuencas,...).
- 3.2. Influencia de la técnica repobladora: La ejecución (obra).
 - 3.2.1. El transporte, aviverado y puesta en obra de los materiales.
 - 3.2.2. Ejecución de las preparaciones del suelo.
 - 3.2.3. Ejecución de la plantación. Fecha de plantación, tempero del suelo y respuesta de la planta.
 - 3.2.4. Ejecución de los cuidados culturales.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. El material forestal de reproducción y el establecimiento.

- 4.1. La calidad del Material Forestal de Reproducción.
- 4.2. Mejora de la calidad de planta.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Mejora integral del establecimiento de repoblaciones.

- 5.1. El control de calidad y seguimiento integral de repoblaciones forestales.
- 5.2. Práctica Campo: Visita a repoblaciones forestales ya ejecutadas y que serán analizadas.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------|--|-------|------|
| Examen oral | Método imprescindible para medir los objetivos educativos que tiene que ver con la expresión oral. | 1 | 10% |

| | | | |
|----------------------|--|---|-----|
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 1 | 30% |
| Preguntas del minuto | Son preguntas abiertas que se realizan al finalizar una clase (dos o tres). | 4 | 50% |
| Coevaluación | Coevaluación. | 1 | 10% |

Se consideran técnicas de observación y revisión de tareas, de interrogación o intercambios orales y pruebas tipo examen:

- Prueba de respuesta abierta (preguntas del minuto): 50%. Al término de cada módulo.
- Trabajo académico. Se desarrolla y presenta en grupos de 2-4 personas. Supone el 30% de la nota final. Pero el desarrollo de este trabajo lleva asociadas otras formas de evaluación (coevaluación y exposición).
- Coevaluación. 10% Al finalizar el primer plazo de entrega del trabajo los grupos intercambiarán sus trabajos para coevaluarlos.
- Exposición oral y debate. Cada alumno presentará oralmente, una revisión de un trabajo científico: 10%.

Habrá prueba de recuperación únicamente para las preguntas de respuesta abierta si no se aprueban conjuntamente.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula |
|--|-------------|
| El establecimiento de repoblaciones forestales | 4,5 |
| La calidad de estación o sitio, la climatología y el establecimiento | 3,15 |
| La técnica repobladora: facilitar el establecimiento | 3,6 |
| El material forestal de reproducción y el establecimiento | 5 |
| Mejora integral del establecimiento de repoblaciones | 11 |

Bibliografía

- Allue, J.L. (1990). *Atlas fitoclimático de España. Taxonomías*. Monografías INIA, 69. [MAPA-INIA. 221 pp.]
- Burdett, A.N. (1983). Quality control in the production of Forest planting stock. *The Forestry Chronicle*, (junio, 1983) 133-138.
- Burdett, A.N. (1990). Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. *Canadian Journal of Forest Research*, (20) 415-427.
- Pearcy, R.W. et al. (eds.) (1989). *Plant Physiological Ecology. Field methods and instrumentation*. Chapman & Hall.
- Duryea, M.L. y Brown, G.N. (eds.) (1984). *Seedling physiology and reforestation success*. The Hague: Martinus Nijhoff/Dr. Junk Pub. Dordrecht.
- Duryea, M.L. (ed.) (1985). *Proceedings: Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major test*. Forest Research Laboratory, Oregon State University. [143 p.]
- Duryea, M.L. y Dougherty, P.M. (eds.) (1991). *Forest Regeneration Manual*. Kluwer Academic Publishers.
- Gandullo, J.M. (1994). *Climatología y ciencia del suelo*. Fundación Conde del Valle de Salazar, ETSIM. [405 p.]
- Haase, D.L. y Rose, R. (eds.) (1997). *Forest seedling nutrition from the nursery to the field. Symposium Proceedings NTC*. Oregon State University. [pp: 69-83.]
- Hunt, R. y Cornelissen, J.H.C. (1997). Components of relative growth rate and their interrelations in 59 temperate plant species. *New Phytologist*, (135) 395-417.
- Kozłowski, T.T., Kramer, P.J. y Pallardy, S.G. (1991). *The physiological ecology of woody plants*. Academic Press. [657 p.]
- Landis, T.D. et al., 1989, 1990, 1992, 1994, 1998, 2011. *The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbk. 674*. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Vol 1-7. [[The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbk. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Vol 1-7 \(LANDIS, T.D. et al., 1989, 1990, 1992, 1994, 1998, 2011\)](#)]
- Larcher, W. (1977). *Ecofisiología vegetal*. Omega S.A. [305 p.]

- Lo Fullo, M.A. y Salleo, S. (1988). Different strategies of drought resistance in three mediterranean sclerophyllous trees growing in the same enviromental conditions. *New Phytologist*, (108) 267-276.
- Margolis, H.A. y Brand, D.G. (1990). An ecophysiological basis for understanding plantation establishment. *Canadian Journal of Forest Research*, (20) 375-390.
- Montero, J.L. y González, J.L. (1973). *Diagramas bioclimáticos*. ICONA. [380 p.]
- Nardini, A., Lo Gullo, M.A. y Salleo, S. (1999). Competitive strategies for water availability in two Mediterranean Quercus species. *Plant, Cell and Enviroment*, (22) 109-116.
- Lassoie, J.P. y Hinckley, T.M. (eds) (1991). *Techniques and Approaches in Forest Tree Ecophysiology*. CRC Press. [pp. 27-75.]
- Peman, J. y Navarro, R. (1998). *Replantaciones forestales*. Edicions de la Universitat de Lleida. [400 p.]
- Pritchett, W.L. (1985). *Properties and management of forest soils*. John Wiley and Sons. [495 p.]
- Rivas, S. (1987). *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. Serie técnica ICONA. MAPA. [268 p.]
- Van den Driessche, R. (1987). Importance of current photosyntate to new root growth in planted conifer seedling. *Canadian Journal of Forest Research*, (17) 776-782.
- Vallejo, V.R. (ed.) (1996). *La restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana*. CEAM.
- VV.AA. (1980). *New Zealand Journal of Forestry Science*, Vol. 10 nº 1.
- VV.AA. 1997. *New Forests*, Vol. 13.
- Alloza, J.A. (2003). *Análisis de repoblaciones forestales en la Comunidad Valenciana. Desarrollo de criterios y procedimientos de evaluación*. Tesis Doctoral. Universitat Politecnica de Valencia. [[Análisis de repoblaciones forestales en la Comunidad Valenciana. Desarrollo de criterios y procedimientos de evaluación \(Alloza Millán, José Antonio\)](#).]
- Serrada, R. (2000). *Apuntes de Repoblaciones Forestales*. FUCOVASA. [[Apuntes de Repoblaciones Forestales. FUCOVASA. Madrid \(Serrada\)](#)]
- Peñuelas, J.L., Cortina, J., Puértolas, J., Savé, R. y Vilagrosa, A. (2006). *Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos: estado actual de conocimientos*. Ministerio de Medio Ambiente, Organismo Autónomo Parques Nacionales D.L.

MATERIA: PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE CUENCAS

Descripción de la Materia

Relaciones suelo-agua-planta. Necesidades hídricas de los cultivos. Respuesta de la planta al riego: Los riegos deficitarios, riegos de apoyo y curvas de producción. La eficiencia en riego. Programación del riego. Nuevas tecnologías en programación de riegos. Fitomonitorio. Coste del agua de riego. Infraestructuras básicas. Modernización de regadíos.

Modelos de calidad de aguas superficiales en la gestión de cuencas

Descripción general de la asignatura

La asignatura Modelos de calidad de aguas superficiales en la gestión de cuencas es obligatoria dentro del módulo de Intensificación en Ordenación, restauración y gestión de cuencas y la materia Planificación y gestión de cuencas que se imparte en el segundo cuatrimestre del Máster. Con ella se pretende que el alumno adquiriera los conocimientos básicos que le permitan abordar el análisis de problemas de contaminación de aguas en el medio natural y sus consecuencias sobre la gestión de las cuencas y plantear y desarrollar soluciones para los mismos. Esta asignatura aborda el problema de la contaminación del agua tanto en la modelación como en su relación con la gestión de los recursos hídricos y las cuencas hidrográficas. La asignatura tiene un carácter multidisciplinar dado que abarca aspectos de naturaleza física, química y biológica y en la que una sólida formación matemática resulta imprescindible.

Gran parte de los conocimientos adquiridos en la asignatura troncal Calidad y Contaminación de Aguas sirven de fundamento para consolidar los conceptos desarrollados en ésta, por lo que al impartirse en el primer cuatrimestre están adecuadamente coordinadas.

De igual modo, la asignatura troncal Sistemas de Recursos Hídricos es la base necesaria para entender los aspectos de gestión de recursos hídricos necesarios para su posterior aplicación y avance en esta asignatura.

Conocimientos recomendados

| Asignatura | Impartida |
|---|-----------|
| CALIDAD Y CONTAMINACIÓN DE AGUAS | Previa |
| BASES LIMNOLÓGICAS PARA LA GESTIÓN DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS | Previa |
| SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS | Previa |

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Introducción. Conceptos y definiciones generales.

1.1. El medio físico como receptor de aguas residuales: condicionantes geomorfológicos. Condicionantes térmicos. Balances de materia. Transporte dispersivo en medio natural.

Estimación de coeficientes. Transporte advectivo. Determinación del campo de velocidades. Contaminación difusa. Cinética química y equilibrio químico.

1.2. Metodología del desarrollo y empleo de modelos de calidad de aguas: definición del problema, planteamiento de las ecuaciones, trabajo de campo, calibración y validación.

1.3. Métodos numéricos de resolución de ecuaciones diferenciales. Problemas de dispersión e inestabilidad numérica. Análisis de sensibilidad.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Balances de energía. Modelación de procesos físicos, químicos y biológicos. Términos de reacción (sustancias no conservativas). Aplicaciones en ríos, lagos, embalses, zonas costeras.

2.1. Balances de energía. Importancia de la estratificación térmica.

2.2. Balance de oxígeno disuelto/DBO/nitrificación. Anoxia hipolimnética en embalses.

2.3. Ciclo de nutrientes/fitoplancton. Eutrofización. Modelos a escala temporal horaria y diaria.

2.4. Contaminación por metales pesados y compuestos orgánicos tóxicos.

2.5. Contaminación por microorganismos patógenos. Vertidos al mar. Vertidos de salmueras.

2.6. Interacciones columna de agua/sedimentos. Sedimentación y resuspensión. Modelos de demanda de oxígeno y transferencia de nutrientes.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|---|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 3 | 40% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 1 | 35% |
| Proyecto | Es una estrategia didáctica en la que los estudiantes desarrollan un producto nuevo y único mediante la realización de una serie de tareas y el uso efectivo de recursos. | 1 | 25% |

La evaluación tiene tres partes:

- Una parte teórica repartida en dos exámenes parciales de una hora de duración; exámenes basados en preguntas a desarrollar.

- Para compensar ambos parciales hay que sacar un valor mínimo de cuatro puntos. Un valor igual superior a cuatro permite promediar con las otras dos partes; un valor inferior obliga a presentarse a la recuperación de la parte no superada.
- El porcentaje sobre la nota final es del 40%.
- Una parte asociada a las prácticas informáticas.
 - La duración será de dos horas.
 - Para promediar con el resto de las pruebas hay que sacar un valor mínimo de tres puntos.
 - El porcentaje sobre la nota final es del 25%.
- Una parte basada en la resolución de un ejercicio práctico.
 - Para promediar con el resto de las pruebas hay que sacar un valor mínimo de tres puntos.
 - El porcentaje sobre la nota final es del 35%.

Existirá una prueba final de una hora de duración para recuperar la parte de la evaluación correspondiente a los exámenes parciales.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula |
|---|----------------|
| Introducción. Conceptos y definiciones generales. | 8 |
| Balances de Energía. Modelación de procesos físicos, químicos y biológicos. Términos de reacción (sustancias no conservativas). Aplicaciones en ríos, lagos, embalses, zonas costeras. | 22 |
| Total horas: | 30 |

Bibliografía

- Ambrose, R.B. y Barnwell, T. O (1987). *Processes, Coefficients, and Models for Simulating Toxic Organics and Heavy Metals in Surface Waters*. U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia. EPA/600/3-87/015.
- Barnwell, T. O. y col. (1985). *Rates, Constants, and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling*. U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia. EPA/600/3-85/040.
- Chapra, S.C. (1997). *Surface Water Quality Modelling*. Mc-Graw Hill. New York.
- Ambrose, R.B. y col. (1988). *WASP4, A Hydrodynamic and Water Quality Model*. U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia. EPA/600/3-87/039.

- Biswas, A. K. Ed. (1981). *Models for Water Quality Management*. McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Clark, Mark M. (1996). *Transport Modeling for Environmental Engineers and Scientist*. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.
- Di Toro, D. (2001). *Sediment Flux Modeling*. John Wiley & Sons, Inc., Wiley-Interscience. New York (USA).
- Falconer, R.A. (Ed.) (1992). *Water Quality Modelling*. Ashgate Publishing Ltd.
- Fischer H.B. y col. (1979). *Mixing in Inland and Coastal Waters*. Academic Press, Inc. London. UK.
- Melli, P., Zannetti P. (Ed.) (1992). *Environmental Modelling*. Computational Mechanics Publications. Southampton, UK.
- Nemerow, N.L. (1974). *Scientific Stream Pollution Analysis*. McGraw-Hill Series in Water Resources.
- Paredes, J., Solera, A. y Martín, M. (2011). *Ejercicios de modelación de la calidad del agua: elaborados con el programa GESCAL del entorno de ayuda a la decisión AQUATOOL*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. [Ref.: 2011.153]

Incidencia del cambio climático en la gestión de cuencas hidrográficas

Descripción general de la asignatura

El objetivo es dar conocimientos de las metodologías y modelos existentes y la adquisición de capacidades y habilidades para la evaluación de la incidencia del Cambio Climático (CC) en los Sistemas de Recursos Hídricos (SRRHH), incluyendo su relación con la Planificación y Gestión de RRHH.

En la asignatura se revisan los conceptos básicos de los Modelos climáticos (MC) de circulación general, los MC regionales y de las Técnicas de bajada escala, con el objeto de dar una visión crítica de los escenarios climáticos existentes y facilitar su selección.

También, se analizan los principales impactos del CC en los ecosistemas fluviales, en las condiciones de calidad del agua y en sectores económicos, como la agricultura.

Concretamente, se abordan los modelos de simulación del ciclo hidrológico con calidad del agua y los modelos de gestión de SRRHH, con aplicaciones prácticas en la determinación de la incidencia del CC en los RRHH, en la sostenibilidad de los SRRHH y la calidad del agua.

Conocimientos recomendados

| Asignatura | Impartida |
|--------------------------------------|-----------|
| HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA | Previa |
| SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS | Previa |
| SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA | Previa |

Conocimientos de los procesos que forman el ciclo hidrológico: las aguas superficiales, las aguas subterráneas y de su interacción.

Conocimiento de los procesos básicos de la calidad química del agua.

Conocimiento de los fundamentos de los sistemas de información geográfica.

Selección y estructuración de las Unidades Didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Introducción al cambio climático y su impacto en los sistemas de recursos hídricos.

- 1.1. Introducción al cambio climático.
- 1.2. Factores que influyen en el estudio del cambio climático.
- 1.3. Efectos en los sistemas de recursos hídricos y su análisis.
- 1.4. Gases de efecto invernadero en la atmósfera.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Modelos climáticos de circulación general.

- 2.1. Introducción a los modelos climáticos de circulación general.
- 2.2. Escenarios climáticos y características.
- 2.3. Selección de escenarios y resultados para España.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Modelos climáticos regionales y técnicas de bajada de escala.

- 3.1. Introducción a los modelos climáticos regionales.
- 3.2. Técnicas de bajada de escala.
- 3.3. Escenarios climáticos regionales.
- 3.4. Resultados de los escenarios climáticos para España y el área mediterránea.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Modelos y evaluación del impacto del cambio climático en el ciclo hidrológico a escala de cuenca.

- 4.1. Introducción de los efectos del Cambio Climático en los recursos hídricos.
- 4.2. Metodología para la evaluación de los escenarios climáticos en los recursos hídricos.
- 4.3. Modelos hidrológicos.
- 4.4. Otros cambios hidrológicos: sucesos extremos sequías e inundaciones.
- 4.5. Relación entre el Cambio Climático y las series hidrológicas recientes.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Modelos y evaluación de los impactos ambientales y químicos del cambio climático en las cuencas hidrográficas.

- 5.1. Impactos en los ecosistemas naturales.
- 5.2. Impactos en las condiciones químicas del agua.

UNIDAD DIDÁCTICA 6. Modelos y evaluación del impacto del cambio climático en sistemas de recursos hídricos.

- 6.1. Introducción de los efectos del cambio climático en los sistemas de recursos hídricos.
- 6.2. Efectos en la agricultura y la vegetación.
- 6.3. Incorporación de los escenarios climáticos en la Planificación Hidrológica.
- 6.4. Modelos de gestión de sistemas de recursos hídricos complejos.
- 6.5. Evaluación de los impactos del cambio climático en los Sistemas de Recursos Hídricos.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|---|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 2 | 30% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 1 | 30% |
| Proyecto | Es una estrategia didáctica en la que los estudiantes desarrollan un producto nuevo y único mediante la realización de una serie de tareas y el uso efectivo de recursos. | 3 | 30% |
| Observación | Estrategia basada en la recogida sistemática de datos en el propio contexto de aprendizaje: ejecución de tareas, prácticas. | 1 | 10% |

Evaluación final el promedio ponderado de las calificaciones de 4 métodos de evaluación puntuados de 0 a 10:

1. Realización de 2 pruebas escritas de respuesta abierta. Peso 30%. Prueba recuperable en examen final.
2. Realización de 3 prácticas en aula informática y elaboración de 3 informes escritos por equipos de hasta 2 alumnos con los resultados obtenidos. Peso 30%. Prueba recuperable en examen final.
3. Realización de un trabajo de tema libre, dentro de los aspectos relacionados con el curso, basado en la búsqueda de al menos 3 artículos científicos en revistas de reconocido prestigio internacional y presentación al resto de compañeros de clase. Individual o por equipos de hasta 2 alumnos. Peso 30%. Prueba no recuperable.
4. Participación activa durante el desarrollo del curso, formulando preguntas al resto de compañeros tras la presentación de los trabajos en clase. Peso 10%. Prueba no recuperable.

El aprobado se conseguirá cuando el valor ponderado sea de 5 puntos o superior.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula |
|---|----------------|
| Introducción al cambio climático y su impacto en los sistemas de recursos hídricos | 3 |
| Modelos climáticos de circulación general | 4 |
| Modelos climáticos regionales y técnicas de bajada de escala | 4 |
| Modelos y evaluación del impacto del cambio climático en el ciclo hidrológico a escala de cuenca | 6 |
| Modelos y evaluación de los impactos ambientales y químicos del cambio climático en las cuencas hidrográficas | 7 |
| Modelos y evaluación del impacto del cambio climático en sistemas de recursos hídricos | 6 |
| Total horas: | 30 |

Bibliografía

- IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report. An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf
- Aemet (2008). *Generalización de escenarios regionalizados de cambio climático para España.* Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/cambio_climat/datos_diarios/Informe_Escenarios.pdf
- COM (2009). *Libro Blanco Adaptación al Cambio Climático. Hacia un marco europeo de actuación.* “Comisión Europea” [COM.] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0147:FIN:Es:PDF>
- CHJ (2004). *Júcar Pilot River Basin, Provisional Article 5. Report Pursuant to the Water Framework Directive.* “Ministerio de Medio Ambiente”. http://www.chj.es/es-es/ciudadano/participacion_publica/Documents/Plan%20Hidrol%C3%B3gico%20de%20Cuenca/Jucar_pilot_river_basin_Parte_1.pdf

- CHJ (2005). *Informe para la Comisión Europea sobre los artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua. Demarcación hidrográfica del Júcar*. "Confederación Hidrográfica del Júcar". https://circabc.europa.eu/webdav/CircaBC/env/wfd/Library/framework_directive/implementation_documents_1/wfd_reports/member_states/spain/article_5/jucar/InformeArt_5_6JucarFinal.pdf
- Maidment, D.R. (1992). *Hanbook of Hydrology*. MacGraw-Hill.
- IPCC (2002). *Informe Especial de Escenarios de Emisiones del IPCC para Responsables de Políticas*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). [ISBN: 92-9169-413-4] <https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf>
- Singh, V.P. y Eds. (1995). *Computer Models of Watershed Hydrology*. Water Resources Publications. [Card number 94-61748. U.S. Library of Congress Catalog.]
- Loucks, D.P., Stedinger, J.R. and Haith, D.A. (1981). *Water resource systems planning and analysis*. Prentice Hall inc.
- Loucks, D.P., Stedinger, J.R. and Haith, D.A. (1981). *Haith, Water resource systems planning and analysis. Solutions Manual*. Prentice Hall inc.
- España Ministerio de Medio Ambiente, España Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas y España Secretaria de Estado de Aguas y Costas (2000). *Libro blanco del agua en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, Secretaría de Estado de Aguas y Costas, Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. [[Libro blanco del agua en España \(España. Ministerio de Medio Ambiente; España. Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas; España. Secretaria de Estado de Aguas y Costas\)\]](#)]
- Singh. V.P. (1995). *Computer models of watershed hydrology*. Baton Rouge: Water Resources Publications. [[Computer models of watershed hydrology \(Singh, Vijay P.\)](#)]
- Hernández, L. (2007). *Efectos del cambio climático en los sistemas complejos de recursos hídricos. Aplicación a la cuenca del Júcar*. Tesis doctoral. [[Efectos del cambio climático en los sistemas complejos de recursos hídricos. Aplicación a la cuenca del Júcar. \(Hernández Barrios, Leonardo\)](#)]
- España Ministerio de Medio Ambiente (2006). *Cuarta Comunicación Nacional de España. Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente. [[Cuarta Comunicación Nacional de España. Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático \(España. Ministerio de Medio Ambiente\)](#)]
- Chirivella, V. (2011). *Caracterización de los futuros escenarios climáticos en la Comunidad Valenciana: propuestas de mejora para la evaluación de la oferta y demanda de recursos hídricos*. Universitat Politècnica de Valencia.
- Chirivella V, Capilla JE, Pérez MA. 2014. Modelling Regional Impacts of Climate Change on Water Resources: the Jucar Basin, Spain. *Hydrological Sciences Journal*. doi: 10.1080/02626667.2013.866711

Estrela T, Pérez-Martín MA, Vargas E. 2012. Impacts of Climate Change on Water Resources in Spain. Hydrological Sciences Journal. 57(6):1154-1167. doi:10.1080/02626667.2012.702213.

Planificación del regadío y manejo agrícola del agua

Descripción general de la asignatura

El 80% de los recursos hídricos que se utilizan en una cuenca tienen como destino final el riego de los cultivos, de ahí la gran importancia que tiene la su correcta gestión.

En esta asignatura se aprende a definir las necesidades de riego y a realizar una correcta programación del mismo mediante las técnicas más sofisticadas como el fitomonitorio. Para ello será necesario conocer las relaciones suelo-agua-planta que permiten establecer las necesidades hídricas de los cultivos.

Por otro lado se analiza también la respuesta de la planta al riego (funciones de producción) y con ellas técnicas alternativas: Los riegos deficitarios y riegos de apoyo. En este sentido abordaremos las posibilidades que ofrecen los modelos de simulación de sistemas agrícolas.

Tampoco dejaremos al margen la gestión económica y coste del agua de riego, con cuestiones tan importantes como la eficiencia energética.

Para terminar la asignatura se tratarán las Infraestructuras básicas y la creación de nuevos regadíos así como la modernización de regadíos tradicionales.

Conocimientos recomendados

Se recomienda haber cursado en el primer cuatrimestre el módulo de formación básica.

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Documentos básicos en la planificación del regadío.

- 1.1. Importancia del regadío en España.
- 1.2. El proceso de planificación hidrológica.
 - 1.2.1. Plan Hidrológico de cuenca. Plan Hidrológico del Júcar.
 - 1.2.2. Estado de las masas de agua.
 - 1.2.3. Programa de medidas relacionadas con el regadío.
 - 1.2.4. Las dotaciones de agua para riego.
- 1.3. Plan Nacional de Regadíos.
 - 1.3.1. Antecedentes históricos de los planes de regadío.
 - 1.3.2. El plan de modernización de regadíos de 1993.
 - 1.3.3. El Plan nacional de regadíos Horizonte 2005.
 - 1.3.4. El Plan nacional de regadíos Horizonte 2008.
 - 1.3.5. Nuevas herramientas de gestión: Estrategia nacional para la modernización sostenible de los regadíos H-2015 y Planes de desarrollo rural.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Las concesiones de agua para riego.

- 2.1. Texto refundido de la Ley de Aguas y Reglamento del D.P.H.
- 2.2. Usos comunes y privativos.
- 2.3. Autorizaciones y concesiones.
- 2.4. La concesión de aguas en general y de riego en particular.
- 2.5. Procedimiento de concesión.
- 2.6. Modificación, revisión y extinción de las concesiones.
- 2.7. Alumbramiento y utilización de aguas subterráneas para riego.
- 2.8. El registro de aguas públicas y el catálogo de aguas privadas.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Necesidades hídricas de los cultivos.

- 3.1. El fenómeno de la evapotranspiración
 - 3.1.1. Evapotranspiración potencial y real. Evapotranspiración de referencia.
 - 3.1.2. Factores que afectan a la ET.
 - 3.1.3. Medida de la ET: Lisímetros, métodos micrometeorológicos, balance hídrico en el suelo, métodos fisiológicos.
 - 3.1.4. Métodos de estimación de la ET: Evaporímetro de cubeta, Blaney Criddle, Hargreaves, Método combinado de Penman-Monteith.
 - 3.1.5. Introducción al método micrometeorológico del Eddy-Covariance.
- 3.2. La evapotranspiración del cultivo
 - 3.2.1. El coeficiente de cultivo.
 - 3.2.2. Fases del cultivo.
 - 3.2.3. Cálculo de ET_c con el método FAO-56. Método del coeficiente único.
Método del coeficiente dual.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Relaciones suelo-agua-planta. Control del agua en el suelo.

- 4.1. Propiedades físicas de suelo en relación con su contenido hídrico.
- 4.2. Potencial de agua en el suelo.
- 4.3 Curva característica de humedad en el suelo.
- 4.4. Medida del contenido de agua del suelo.
 - 4.4.1. Método directos: método gravimétrico.
 - 4.4.2. Métodos indirectos. Sonda de neutrones. Constante dieléctrica del suelo: TDR y FDR. Resistencia eléctrica del suelo. Tensiómetros.
- 4.5. Las ecuaciones de edafotransferencia.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Respuesta de la planta al riego: Curvas de producción vs agua. Los riegos deficitarios y riegos de apoyo.

- 5.1. Método FAO-56. La ET_c ajustada.
- 5.2. Disponibilidad de agua en el suelo.
- 5.3. El coeficiente de estrés hídrico.
- 5.4. Drenaje subterráneo o percolación profunda.
- 5.5. Relación entre estrés hídrico y producción. Las funciones de rendimiento.

- 5.5.1. Modelo de Dorembos y Kassam. FAO-33.
- 5.5.2. Tipos de funciones de producción empleadas en agronomía.
- 5.6. Estrategias de riegos deficitarios y de riegos de apoyo.
- 5.7. Modelos de simulación agronómica como apoyo a la creación de funciones de producción.
- 5.8. Modelos específicos rendimiento vs agua. El modelo Aquacrop.

UNIDAD DIDÁCTICA 6. Programación del riego. Nuevas tecnologías en programación de riegos: El Fitomonitoreo como medio para conocer el estado hídrico de la planta.

- 6.1. Cálculo de las necesidades de riego netas.
- 6.2. El efecto de localización.
- 6.3. Las necesidades totales de riego.
- 6.4. Programación del riego.
 - 6.4.1. Programación a partir de variables climáticas.
 - 6.4.2. Programación a partir de variables climáticas y edafológicas.
 - 6.4.3. Programación con control del agua en el suelo.
- 6.5. El estado hídrico de la planta. Técnicas de fitomonitoreo.

UNIDAD DIDÁCTICA 7. La eficiencia en riego.

- 7.1. Concepto de eficiencia.
- 7.2. Eficiencia de aplicación en riego localizado.
- 7.3. Eficiencia de aplicación en riego por aspersión.
- 7.4. Eficiencia agronómica del uso del agua. WUE.
 - 7.4.1. WUE de biomasa.
 - 7.4.2. WUE de rendimiento.

UNIDAD DIDÁCTICA 8. Coste del agua de riego.

- 8.1. Mercado de la energía y tarifas eléctricas.
- 8.2. Estructura de la tarifa con liberalización del consumo.
 - 8.2.1. El término de potencia.
 - 8.2.2. El término de energía.
 - 8.2.3. Recargos por energía reactiva.
 - 8.2.4. Impuestos. Exenciones de impuestos en materia de riegos.
- 8.3. Organización de la prestación de servicios de distribución de agua de riego.
- 8.4. Cánones, tasas, tarifas, precios públicos y derramas en relación con la recuperación de costes de los servicios del agua.

UNIDAD DIDÁCTICA 9. Infraestructuras básicas Modernización de regadíos tradicionales.

- 9.1. Modernización de los sistemas de transporte.
- 9.2. Modernización de los sistemas de distribución.
 - 9.2.1. Modernización de la red de distribución.
 - 9.2.2. Modernización de estaciones de bombeo. Ahorro y eficiencia energética.
 - 9.2.3. Sistemas de almacenamiento y regulación. Tipologías y usos.

UNIDAD DIDÁCTICA 10. Creación de nuevos regadíos.

10.1. Clasificación agrológica de tierras. Capacidades de uso.

10.2. Aptitud de la tierra para el riego. Método USBR.

10.3. Creación de regadíos de carácter social.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------|---|-------|------|
| Pruebas objetivas (tipo test) | Examen escrito estructurando con diversas preguntas o ítems en los que el alumno no elabora la respuesta; sólo ha de señalarla o completarla con elementos muy precisos. | 1 | 34% |
| Caso | Supone el análisis y la resolución de una situación planteada que presenta problemas de solución múltiple, a través de la reflexión y el diálogo para un aprendizaje grupal, integrado y significativo. | 2 | 66% |

El sistema de evaluación consistirá en 3 pruebas. Las dos primeras será la entrega de dos casos prácticos similares a los desarrollados en las clases prácticas, y finalizados por el alumno de acuerdo a una nueva propuesta. La tercera será un examen tipo test general de toda la asignatura.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula | Práctica Informática |
|---|----------------|-------------------------|
| Documentos básicos en la planificación del regadío | 2 | - |
| Relaciones suelo-agua-planta. | 2 | 2 |
| Necesidades hídricas de los cultivos. | 2 | 2 |
| Respuesta de la planta al riego: Los riegos deficitarios, riegos de apoyo y curvas de producción. | 2 | 2 |
| La eficiencia en riego. | 2 | 2 |

| | | |
|--|-----------|-----------|
| Programación del riego. Nuevas tecnologías en programación de riegos. Fitomonitorio. | 2 | 2 |
| Coste del agua de riego. Eficiencia energética en el regadío. | 2 | 2 |
| Infraestructuras básicas. Modernización de regadíos tradicionales. | 2 | - |
| Creación de nuevos regadíos. | 2 | - |
| Total horas: | 18 | 12 |

Bibliografía

- Smith, M., Allen, R.G., Pereira, L.S. y Raes, D. (1998). *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [[Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements \(Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; Smith, Martin; Allen, Richard G.; Pereira, Luis S.; Raes, Dirk\).](#)]
- Smith, M. (1993). *CROPWAT: Programa de ordenador para planificar y manejar el riego*. Roma. FAO. [[CROPWAT: Programa de ordenador para planificar y manejar el riego \(Smith, Martin\)](#)]
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Abadía, R., Ruiz, A., Rocamora, C. (2008). *Protocolo de auditoría energética en comunidades de regantes*. Madrid. IDAE D.L. [[Protocolo de auditoría energética en comunidades de regantes \(Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía \(IDAE\); Abadía Sánchez, Ricardo; Ruiz Canales, Antonio; Rocamora Osorio, Carmen\)](#)]
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) (2008). *Ahorro y eficiencia energética en las comunidades de regantes*. Madrid. IDAE D.L. [[Ahorro y eficiencia energética en las comunidades de regantes \(Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía \(IDAE\)\)](#)]
- Luján, J. (1992). *Eficiencia del riego*. Madrid: CEDEX, D.L. [[Eficiencia del riego \(Luján García, Javier\)](#)]
- Martín de Santa Olalla, F.J. (2005). *Agua y agronomía*. Mundi-Prensa. [[Agua y agronomía \(Martín de Santa Olalla Mañas, Francisco José\)](#)]
- Porta, J. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi-Prensa. [[Edafología para la agricultura y el medio ambiente \(Porta Casanellas, Jaime\)](#)]

Caballer, V. (1998). Valoración económica del agua de riego. Mundi-Prensa. [\[Valoración económica del agua de riego \(Caballer Mellado, Vicente\)\]](#)

Gestión integral de cuencas hidrográficas

Descripción general de la asignatura

El objetivo de la asignatura es especializar al alumno en las técnicas de análisis de la gestión de sistemas de recursos hídricos, considerando integradas todas las aguas disponibles en el sistema: aportes naturales, aguas subterráneas, reutilización, desalación, intercambios entre cuencas, etc. Los objetivos del uso conjunto pueden ser: el aumento de las disponibilidades de agua, mejorar las garantías de satisfacer las demandas, mitigar sequías, disminuir la sobreexplotación de un acuífero o aliviar problemas de drenaje. Se analizan los distintos tipos de uso conjunto y experiencia reales aprendidas de distintos sistemas de gestión, sobre todo los españoles, pero también de otros países. Se consideran las ventajas operacionales y económicas de las distintas alternativas y se definen los análisis que es preciso realizar en cada tipo de utilización conjunta. Se profundiza en el análisis del uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas aprovechando las técnicas de superposición y métodos de cálculo avanzados como la aplicación del método de los autovalores desarrollado en el DIHMA para el análisis del uso conjunto alternante. También se analizan diversas herramientas informáticas diseñadas para la ayuda en el desarrollo de estudios de planificación hidrológica incluyendo utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas.

Conocimientos recomendados

| Asignatura | Impartida |
|--------------------------------------|-----------|
| SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS | Previa |
| HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA | Previa |

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Introducción.

- 1.1. El ciclo hidrológico.
- 1.2. Cuencas hidrográficas y sistemas de recursos hídricos.
- 1.3. Planificación y gestión de sistemas de recursos hídricos.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Tipología de uso conjunto.

- 2.1. Las aguas subterráneas.
- 2.2. La explotación de aguas subterráneas.
- 2.3. Alternativas de uso conjunto.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Herramientas, métodos y objetivos para el análisis de sistemas de recursos hídricos.

- 3.1. Sistemas de recursos hídricos complejos.
- 3.2. La modelación de sistemas.
- 3.3. Herramientas de ayuda en el análisis de sistemas de recursos hídricos.
- 3.4. Los escenarios de planificación.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Modelación de aguas subterráneas.

- 4.1. La explotación de aguas subterráneas.
- 4.2. Datos disponibles y objetivos en el estudio de las aguas subterráneas.
- 4.3. Modelos agregados y modelos distribuidos de flujo de aguas subterráneas.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Gestión de embalses.

- 5.1. Función de los embalses en la gestión de cuencas.
- 5.2. La regulación de recursos en embalses.
- 5.3. Dimensionamiento de la capacidad de embalses.

UNIDAD DIDÁCTICA 6. Modelos de utilización conjunta.

- 6.1. La simulación de la gestión de sistemas.
- 6.2. Comparación entre embalses y acuíferos.
- 6.3. La gestión conjunta de embalses acuíferos.
- 6.4. Otras fuentes de recursos en sistemas de recursos hídricos.

UNIDAD DIDÁCTICA 7. Solución práctica de problemas no lineales.

- 7.1. Los programas informáticos en el análisis de sistemas.
- 7.2. Datos. Datos medidos, datos estimados y precisión de los datos.
- 7.3. Interpretación de resultados de los modelos de análisis de la gestión de cuencas.

UNIDAD DIDÁCTICA 8. Casos reales de gestión de cuencas en España.

- 8.1. Historia de la planificación hidrológica en España.
- 8.2. Situación actual.
- 8.3. Perspectivas futuras.

UNIDAD DIDÁCTICA 9. Gestión institucional del agua.

- 9.1. Legislación en materia de gestión del agua.
- 9.2. Autoridades competentes.
- 9.3. El proceso de planificación de cuencas.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|---|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 1 | 30% |
| Proyecto | Es una estrategia didáctica en la que los estudiantes desarrollan un producto nuevo y único mediante la realización de una serie de tareas y el uso efectivo de recursos. | 1 | 70% |

La evaluación consiste principalmente en el desarrollo de un proyecto que se llevará a cabo a lo largo de todo el curso, con presentaciones parciales al profesor y se finalizará con una presentación y explicación final del proyecto en el aula.

Además la evaluación se completa con una prueba escrita en que se valorará los conocimientos generales adquiridos sobre la materia.

Para superar la asignatura el alumno deberá al menos haber hecho 2 presentaciones parciales del proyecto al profesor durante el primer y segundo tercio respectivamente del calendario de clases y obtener una valoración positiva en la presentación final del proyecto. En la prueba escrita debe obtener al menos una calificación de 3 sobre 10.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula |
|---|----------------|
| Introducción | 3 |
| Tipología de uso conjunto | 3 |
| Herramientas, métodos y objetivos para el análisis de sistemas de recursos hídricos | 3 |
| Modelación de aguas subterráneas | 6 |
| Gestión de embalses | 3 |

| | |
|--|-----------|
| Modelos de utilización conjunta | 3 |
| Solución práctica de problemas no lineales | 3 |
| Casos reales de gestión de cuencas en España | 3 |
| Gestión institucional del agua | 3 |
| Total horas: | 30 |

Bibliografía

- Andreu, J. (2007). *Ejercicios de Sistemas de Recursos Hídricos*. Editorial UPV. [[Ejercicios de Sistemas de Recursos Hídricos Resueltos con Aquatool \(Andreu Álvarez, Joaquín\)](#)]
- Andreu, J., Solera, A., Capilla, J. y Ferrer, J. (2007). *Modelo Simges para Simulación de Cuencas. Manual de Usuario. V.3* Editorial UPV.
- MAGRAMA (online) Planes hidrológicos en vigor y proceso de planificación. <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/>
- A. Sahuquillo, E. Cassiraga, A. Solera, J.M. Murillo (2010). *Modelos de uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas*. Libro ed. IGME ISBN 978-84-7840-852-8
- Solera, A., Paredes J. and Andreu, J. (2007). *"Aquatool para planificación de cuencas"* Book. Ed. Universidad Politécnica de Valencia. ISBN. 978-84-8363-171-3
- Solera, A., Paredes J., Andreu y Pedro-Monzonís, M. (2014) *Aplicaciones de Sistemas Soporte a la Decisión en Planificación y Gestión Integradas de Cuencas Hidrográficas*. Ed. MARCOMBO, S.A.

OPTATIVIDAD

Descripción de la materia

El alumno deberá cursar obligatoriamente este módulo, formado por una sola materia que constará de varias asignaturas, de manera que de entre las propuestas el alumno deberá cursar 6 ECTS. El objetivo es complementar la formación adquirida en el resto de módulos con temas muy específicos o con el uso de herramientas aplicables en cualquiera de las especialidades. Este módulo ayuda a reforzar la adquisición de competencias que se adquieren de manera más clara a través de materias de otros módulos.

Redes neuronales en ingeniería hidráulica y medioambiental

Descripción general de la asignatura

Esta asignatura tiene carácter complementario, por está incluida en el bloque de optatividad. Su desarrollo y contenido están orientados con un enfoque esencialmente práctico. Los requerimientos de conocimientos previos son mínimos (cálculo elemental), y está pensada para estudiantes procedentes de titulaciones muy diversas de grado medio y superior, incluyendo licenciados en medioambiente, biología, química, ingenierías, etc., con interés en el conocimiento de un nuevo enfoque de modelación para aplicaciones en ingeniería del agua, hidrología, problemas de calidad y medioambientales en general.

Toda la documentación de la asignatura se entrega a los estudiantes en soporte magnético al comienzo de curso. La evaluación se lleva a cabo principalmente a través de trabajos y ejercicios prácticos de curso. La asignatura presenta las técnicas basadas en redes neuronales artificiales (ANN), modernas herramientas de trabajo en el mundo de la ingeniería cuyas características más destacables son la potencia, eficiencia computacional, facilidad de manejo y versatilidad. La asignatura introduce los elementos, tipologías y operación de las ANN.

Con un enfoque muy práctico, se plantean y proponen distintas aplicaciones en el ámbito de la modelación hidrológica, recursos hidráulicos y gestión de cuencas, calidad de aguas, modelos de simulación y predicción en ingeniería hidráulica, aguas subterráneas, problemas de contaminación, optimización de la operación y control en depuradoras, hidráulica fluvial, meteorología, evolución de poblaciones (fitoplancton, zooplancton), hidráulica básica, etc.

Conocimientos recomendados

Son recomendables conocimientos básicos de hidrología general, así como nociones elementales de cálculo y estadística.

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Introducción a las redes neuronales artificiales.

- 1.1. Orígenes de las redes neuronales artificiales y panorama actual.
- 1.2. Estructura, componentes y operación de las redes neuronales artificiales.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Entrenamiento de las redes neuronales artificiales.

- 2.1. Entrenamiento de una red neuronal artificial: el algoritmo de retropropagación del error.
- 2.2. Algoritmos de entrenamiento avanzados.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. La modelación con redes neuronales artificiales.

- 3.1. Dimensión y prestaciones de una red neuronal artificial.

- 3.2. Evaluación del comportamiento de una red neuronal artificial.
- 3.3. Análisis exploratorio de variables y pre-proceso.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Redes neuronales artificiales de nodos radiales.

- 4.1. Generalidades sobre las redes RBF.
- 4.2. Self-organizing-maps (SOM).
- 4.3. Redes neuronales probabilísticas (PNN).
- 4.4. Redes neuronales de regresión generalizada (GRNN).

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Aplicaciones prácticas en ingeniería del agua y medio ambiente.

- 5.1. Aplicaciones en hidrología.
- 5.2. Otras aplicaciones.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------|--|-------|------|
| Examen oral | Método imprescindible para medir los objetivos educativos que tiene que ver con la expresión oral. | 1 | 40% |
| Pruebas objetivas (tipo test) | Examen escrito estructurando con diversas preguntas o ítems en los que el alumno no elabora la respuesta; sólo ha de señalarla o completarla con elementos muy precisos. | 1 | 30% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 1 | 30% |

Se prevén varios métodos de evaluación. El trabajo personal del alumno se desarrolla sobre la solución a un caso práctico determinado propuesto por el profesor, el cual conduce a un informe técnico elaborado por el alumno, explicando el planteamiento de la solución, los cálculos y métodos empleados, una síntesis de resultados y una discusión final. Este informe constituye un 30% de la nota final de la asignatura. En el tramo final del periodo lectivo, el alumno deberá hacer una presentación oral en el aula, exponiendo un tema de investigación o una aplicación de interés de las redes neuronales artificiales en el ámbito de la ingeniería del agua y medio ambiente. El alumno tiene libertad para la elección del tema, aunque debe contar con el visto bueno del profesor. Tras la presentación oral, se abre un breve debate en el aula. Este acto de evaluación supone un 40%. Adicionalmente, se prevé también la realización de un test y una prueba de respuesta abierta con un peso del 30%.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula |
|--|----------------|
| Orígenes de las redes neuronales artificiales y panorama actual | 1 |
| Estructura, componentes y operación de las redes neuronales artificiales | 3 |
| Entrenamiento de una red neuronal artificial | 3 |
| Algoritmos de entrenamiento avanzados | 1 |
| Dimensión y prestaciones de una red neuronal artificial | 2 |
| Evaluación del comportamiento de una red neuronal artificial | 1 |
| Análisis exploratorio de variables y pre-proceso | 2 |
| Redes RBF, SOM, PNN y GRNN | 3 |
| Aplicaciones en hidrología | 6 |
| Otras aplicaciones | 8 |
| Total horas: | 30 |

Bibliografía

Govindaraju, R. S. y Rao, A. R. (2000). *Artificial neural networks in hydrology*. Water Science and Technology Library, Vol. 36. Kluwer Academic Publishers, WSTL 36. ISBN 0-7923-6226-8.

Lingireddy, S. y Brion, G. M. (2005). *Artificial neural networks in water supply engineering*. American Society of Civil Engineers, ISBN 0-7844-0765-7.

Abrahart, Robert J., Kneale, Pauline E. & Linda M. See (2004). *Neural networks for hydrological modelling*. A. A. Balkema Publishers, ISBN 90 5809 619 x.

Callan, R. (1999). *The essence of neural networks*. Prentice Hall. ISBN 0-13-908732-X

Dowla, F. U. & Leah L. Rogers (1995). *Solving problems in environmental engineering and geosciences with artificial neural networks*. MIT Press, ISBN 0-262-04148-0.

Haykin, S. (1999). *Neural networks: a comprehensive foundation*. Prentice Hall, ISBN 0-13-908385-5.

Hilera, José R. y Víctor J. Martínez (1995). *Redes neuronales artificiales: Fundamentos, modelos y aplicaciones*. RA-MA Editorial. Serie: Paradigma, ISBN 84-7897-155-6.

Ingeniería de ríos

Descripción general de la asignatura

La asignatura consta de dos bloques claramente diferenciados: Hidráulica Fluvial e Ingeniería Fluvial. El primero de ellos sienta las bases del segundo.

En la Hidráulica Fluvial se establecen las bases científicas (físicamente basadas y/o empíricas) para el conocimiento tanto cualitativo como cuantitativo de los fenómenos del flujo bifase agua-sedimentos en cauces naturales. Mientras que, en la Ingeniería Fluvial, se establecen las técnicas de intervención y mejora en los cauces y su entorno de afección, todo ello desde el punto de vista de que la actuación debe ser mínima y concebida desde el análisis integral del río como un todo. El trabajo ha de hacerse con el río y no en su contra.

El objetivo general de la asignatura es profundizar en las bases teóricas y prácticas para abordar y resolver con éxito los múltiples problemas ingenieriles que presenta la interacción agua-sedimentos-vegetación-estructuras.

Los objetivos específicos son la presentación y desarrollo teórico-práctico de los conceptos básicos de la Geomorfología e Hidráulica fluviales, así como de las tecnologías ingenieriles para la regulación de los flujos líquido y másico en cauces, el diseño de las estructuras (duras, blandas, mixtas) de protección y control, las técnicas de bioingeniería para la recuperación de la funcionalidad ecológica y la mejora del hábitat acuático de los ríos. Todo ello se completará con una serie de aplicaciones a casos prácticos reales.

Conocimientos recomendados

En cuanto a materias previas al acceso al máster, sería también recomendable que el alumno tuviera conocimiento de flujo en lámina libre, mecánica de fluidos, geomorfología fluvial, modelación matemática con Hec-Ras y técnicas básicas de Ingeniería Fluvial.

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Conceptos y métodos en hidráulica fluvial.

- 1.1. El sistema fluvial.
- 1.2. Geomorfología fluvial aplicada.
- 1.3. Propiedades físicas de los sedimentos.
- 1.4. Formas de rugosidad del lecho.
- 1.5. Resistencia al flujo en cauces naturales.
- 1.6. Condiciones críticas de inicio del movimiento.
- 1.7. Transporte de sedimentos.
- 1.8. Hidráulica torrencial.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Herramientas de análisis y diseño hidráulicos.

- 2.1. Modelación matemática de ríos.

2.2. Modelos físicos de lecho móvil.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Avances en hidráulica fluvial.

3.1. Influencia de la vegetación en la resistencia al avance del flujo.

3.2. Modelación hidráulica matemática 2d en contornos móviles.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Ingeniería fluvial en cuencas medias y bajas.

4.1. Diseño racional de encauzamientos en planta, corrección de pendientes y sección transversal.

4.2. Hidráulica de puentes sobre cauces.

4.3. Diseño de espigones, cortas, derivaciones y confluencias.

4.4. Técnicas de bioingeniería.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Ingeniería torrencial.

5.1. Estructuras de control de sedimentos.

UNIDAD DIDÁCTICA 6. Análisis y diseños singulares.

6.1. Ingeniería fluvial en desembocaduras. 1ra Parte: A embalses. Corrientes de densidad. Análisis de la evolución de los aterramientos. Sistemas de dragado y by-pass.

6.2. Ingeniería fluvial en desembocaduras. 2da Parte: Al mar. Interacción dinámica fluvial y costera. Tipologías. Diseño de diques.

6.3. Ordenación de escorrentías en llanuras de inundación. Estudios de inundabilidad.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------|---|-------|------|
| Pruebas objetivas (tipo test) | Examen escrito estructurando con diversas preguntas o ítems en los que el alumno no elabora la respuesta; sólo ha de señalarla o completarla con elementos muy precisos. | 2 | 50% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 1 | 15% |
| Proyecto | Es una estrategia didáctica en la que los estudiantes desarrollan un producto nuevo y único mediante la realización de una serie de tareas y el uso efectivo de recursos. | 1 | 35% |

Se contemplan en la asignatura un total de 4 actos de evaluación con los pesos y organización que se detallan a continuación:

- Prueba parcial 1: consta de una prueba objetiva tipo test sobre contenidos del bloque de Hidráulica Fluvial (peso 25%).
- Prueba parcial 2: consta de una prueba objetiva tipo test sobre contenidos del bloque de Ingeniería Fluvial (peso 25%).
- Trabajo académico en base a las prácticas de informática (peso 15%).
- Proyecto: se trata de un trabajo proyectual sobre el diseño de una intervención fluvial (peso 35%).

Las pruebas parciales 1 y 2 serán recuperables en el periodo de evaluación complementaria. Será obligatorio recuperar cualquiera de las dos pruebas parciales si no se alcanza un mínimo de 4 en cualquiera de ellas.

La condición para el aprobado de la asignatura es obtener una nota final promediada igual o superior a 5 sobre un máximo de 10.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula | Práctica Informática |
|---|----------------|-------------------------|
| Conceptos y métodos en hidráulica fluvial | 8 | -- |
| Herramientas de análisis y diseño hidráulicos | -- | 5 |
| Avances en hidráulica fluvial | 1 | 2 |
| Ingeniería fluvial en cuencas medias y bajas | 3 | 5 |
| Análisis y diseños singulares. | 2 | 3 |
| Ingeniería torrencial | 1 | -- |
| Total horas: | 15 | 15 |

Bibliografía

Bogardi, J. (1974). *Sediment Transport in Alluvial Streams*. Akadémiai Kiadó. (826 p.)

Brookes, A., Shields, F.D. eds. (1996). *River Channel Restoration: Guiding Principles for Sustainable Projects*. John Wiley and Sons. (458 p.)

Chang, H.H. (1988). *Fluvial processes in river engineering*. Wiley-Interscience. (432 p.)

- Chanson, H. (1999). *The Hydraulics of Open Channel Flows: An Introduction*. Butterworth-Heinemann. (512 p.)
- Chow, V.T. (1959). *Open channel Hydraulics*. McGraw-Hill. (680 p.)
- Cunge, J.A., Holly, F.M. y Verwey, A. (1980). *Practical Aspects of Computational River Hydraulics*. Pitman. (420 p.)
- French, R.H. (1985). *Open-Channel Hydraulics*. McGraw-Hill. (739 p.)
- Garde, R.J. y Raju, K.G.R. (1985). *Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problems* (2nd edition). Wiley Eastern Ltd. (618 p.)
- Graf, W.H. y Altinakar, M.S. (1998). *Fluvial Hydraulics: Flow and Transport Processes in Channels of Simple Geometry*. John Wiley and Sons. (681 p.)
- Henderson, F.M. (1966). *Open Channel Flow*. Macmillan Series in Civil Engineering, Macmillan Company. (522 p.)
- Hey, R.D., Bathurst, J.C. y Thorne, C.R (eds.) (1982). *Gravel-Bed Rivers: Fluvial Processes, Engineering and Management*. John Wiley and Sons. (875 p.)
- Jansen, P.Ph., van Bendegom, L., van den Berg, J., de Vries, M. y Zanen, A. (1979). *Principles of River Engineering: The Non-Tidal Alluvial River*. Pitman.
- Leopold, L.B., Wolman, M.G. y Miller, J.P. (1964). *Fluvial Processes in Geomorphology*. Freeman. (522 p.)
- Novak, P. y Čábelka, J. (1981). *Models in Hydraulic Engineering: Physical Principles and Design Applications*. Pitman Publishing. (459 p.)
- Petersen, M.S. (1986). *River Engineering*. Prentice Hall. (580 p.)
- Przedwojski, B., Blazejewski, R. y Pilarczyk, K.W. (1995). *River Training Techniques: Fundamentals, Techniques and Applications*. Balkema (686 p.)
- Raudkivi, A.J. (1998). *Loose Boundary Hydraulics*. Balkema (512 p.)
- Schumm, S.A. (1977). *The Fluvial System*. John Wiley and Sons (338 p.)
- Simons, D.B. y Sentürk, F. (1992). *Sediment Transport Technology: Water and Sediment Dynamics*. Water Resources Publ. (897 p.)
- Vanoni, V. (1976). *Sedimentation Engineering*. ASCE Manual No. 54. (745 p.)
- Yalin, M.S. (1977). *Mechanics of Sediment Transport* (2nd edition). Pergamon Press. (298 p.)
- Yalin, M.S. (1992). *River Mechanics*. Pergamon Press. (219 p.)

Geoestadística

Descripción general de la asignatura

Esta asignatura presenta métodos matemático-estadísticos para el tratamiento de información referenciada espacialmente. Se trata de dotar al alumno de unas herramientas estadísticas aplicables a problemas de las ciencias de la tierra que trabajen con bases de datos localizados en el espacio. Dichas herramientas se dividen en dos grupos: las relacionadas con las técnicas de estimación y las relacionadas con las técnicas de simulación. Todas ellas basan su funcionamiento en la captura del patrón de comportamiento espacial del fenómeno bajo estudio y en su representación con arreglo a ese modelo y a la información disponible. Las representaciones obtenidas suelen ser utilizadas como entrada a diversas funciones de transferencia como los modelos lluvia-escorrentía (campos de precipitación), modelos de flujo de agua subterránea o de transporte de masa en medios porosos (campos de conductividad hidráulica y de altura piezométrica).

Conocimientos recomendados

Álgebra, Cálculo, Probabilidades y Estadística.

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Introducción.

- 1.1. Acerca del curso.
- 1.2. Definición de Geoestadística.
- 1.3. Pasos de un estudio geoestadístico.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Descripción univariada.

- 2.1. Introducción.
- 2.2. Tipos de descripciones.
- 2.3. Métodos gráficos para la descripción univariada.
- 2.4. Métodos numéricos para la descripción univariada.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Descripción bivariada.

- 3.1. Introducción.
- 3.2. Tipos de descripciones.
- 3.3. Métodos gráficos para la descripción univariada.
- 3.4. Métodos numéricos para la descripción univariada.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Descripción espacial.

- 4.1. Introducción.
- 4.2. Visualización espacial de datos. Mapas con la localización de los datos. Mapas de isolíneas. Mapas de símbolos. Mapas de indicadores.

4.3. Continuidad espacial. Diagramas de dispersión tipo h. Medidas de continuidad espacial.

4.4. Práctica de la descripción espacial.

4.5. Resumen.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. El modelo de función aleatoria.

5.1. Introducción.

5.2. Algunas definiciones preliminares.

5.3. Tipos de modelos.

5.4. El modelo de función aleatoria.

5.5. La decisión de estacionariedad.

5.6. Resumen.

UNIDAD DIDÁCTICA 6. Estimación de un solo atributo.

6.1. Introducción.

6.2. Combinación lineal ponderada.

6.3. Tipos de estimaciones.

6.4. El kriging ordinario.

6.5. Un ejemplo de kriging ordinario.

6.6. Kriging ordinario y parámetros del modelo de continuidad espacial.

UNIDAD DIDÁCTICA 7. Estimación incorporando información secundaria.

7.1. Introducción.

7.2. Tipos de datos.

7.3. Kriging por estratos.

7.4. Kriging simple con media local.

7.5. Kriging con una deriva externa.

7.6. El paradigma del cokriging.

7.7. Cokriging colocalizado.

UNIDAD DIDÁCTICA 8. Evaluación de la incertidumbre local.

8.1. Introducción.

8.2. Valor estimado vs. función de distribución.

8.3. Utilización de funciones de distribución condicional.

8.4. Estimación de funciones de distribución.

8.5. La aproximación multigaussiana. Ejemplo.

8.6. La aproximación indicadora.

UNIDAD DIDÁCTICA 9. Evaluación de la incertidumbre espacial.

9.1. Introducción.

9.2. Estimación versus simulación.

9.3. Simulación secuencial.

9.4. Consideraciones acerca de la simulación.

UNIDAD DIDÁCTICA 10. Consideraciones finales.

- 10.1. Introducción.
- 10.2. Descripción de la información.
- 10.3. Modelización de la continuidad espacial.
- 10.4. Predicción espacial.
- 10.5. Evaluación de la incertidumbre local.
- 10.6. Evaluación de la incertidumbre espacial
- 10.7. Consideraciones finales

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|---|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 2 | 50% |
| Caso | Supone el análisis y la resolución de una situación planteada que presenta problemas de solución múltiple, a través de la reflexión y el diálogo para un aprendizaje grupal, integrado y significativo. | 1 | 50% |

La evaluación se lleva a cabo de la siguiente manera:

1. Dos pruebas parciales que constituyen el 25 % de la nota final cada una. La nota mínima para considerar aprobada cada prueba es 5.0. Si la nota es menor que 5.0 la prueba se puede recuperar con una similar en fecha que se indicará.
2. El desarrollo de un caso real que constituye el 50 % de la nota final. La nota mínima a obtener para considerar el trabajo aprobado es 5.0. Si la nota es menor que 5.0 se hacen las correcciones indicadas y se redacta la nueva memoria a entregar en fecha que se indicará.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula | Práctica Informática |
|------------------|----------------|-------------------------|
| Introducción | 1 | - |

| | | |
|--|-----------|-----------|
| Descripción univariada | 1.5 | 2 |
| Descripción bivariada | 1.5 | 2 |
| Descripción espacial | 1.5 | 2 |
| El modelo de función aleatoria | 1 | - |
| Estimación de un solo atributo | 2 | 2 |
| Estimación incorporando información secundaria | 2 | 2 |
| Evaluación de la incertidumbre local | 1.5 | 2 |
| Evaluación de la incertidumbre espacial | 2 | 3 |
| Consideraciones finales | 1 | - |
| Total horas: | 15 | 15 |

Bibliografía

- Isaaks, E. y Srivastava, R. M. (1989). *An Introduction to Applied Geostatistics*. Oxford University Press.
- Goovaerts, P. (1997). *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*. Oxford University Press.
- Deutsch, C. y Journel, A. (1997). *Geostatistical Software Library and Users Guide*. Oxford University Press.
- Samper, F. J. y Carrera, J. (1990). *Geoestadística, aplicaciones a la hidrología subterránea*. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, Barcelona.

Análisis de riesgos de inundación, incluyendo evaluación de seguridad de presas

Descripción general de la asignatura

La importancia que la gestión del riesgo de inundación tiene en un país moderno, así como sus implicaciones no sólo ingenieriles sino sociales, culturales, educacionales y de comunicación, entre las más importantes, son las razones que inspiran el planteamiento de esta asignatura.

La Directiva 2007/60/EC de la Unión Europea define inundación como el cubrimiento temporal por agua de una tierra que normalmente no se encuentra cubierta. Por lo tanto, se incluyen las inundaciones producidas por ríos, torrentes, corrientes de agua efímeras mediterráneas e inundaciones marítimas en zonas costeras. En esta misma Directiva se define riesgo de inundación como la combinación de una probabilidad de presentación de un determinado evento, llamada amenaza, y las potenciales consecuencias adversas que tendría este evento para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural o las actividades económicas.

La publicación del Decreto 81/2010, de 7 de mayo, por el que se aprueba el Plan Especial ante el Riesgo de Inundaciones en la Comunitat Valenciana así como del Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, son una muestra de las actividades que están acometiendo algunos de los principales organismos implicados en el control y gestión de riesgos de inundación en Valencia y en España.

Por otra parte, el entendimiento y el reconocimiento de los distintos factores de riesgo presentes en las actividades relacionadas con la seguridad de presas y embalses constituye la base conceptual para la confección de sistemas lógicos o modelos orientados a informar la toma de decisiones en seguridad de presas. El propio Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RD 16 de Enero de 2008) recoge la necesidad de contemplar la gestión del riesgo como un elemento fundamental de la Seguridad de las Presas, siguiendo el ejemplo de algunos de los países más desarrollados del mundo.

El contenido de la asignatura parte del contexto legislativo y la evolución conceptual en el entendimiento del riesgo de inundación fluvial y pluvial, incluyendo la inundación por rotura de presas, fallo de otras infraestructuras de protección y por acciones antrópicas (sabotaje, vandalismo, terrorismo, etc.).

Conocimientos recomendados

Los conocimientos previos recomendados de mayor relevancia son Hidrología y Presas.

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Análisis de riesgo.

- 1.1. Introducción.
- 1.2. Riesgo de inundación e implicaciones legislativas en España.
- 1.3. Medidas frente al riesgo de inundación.
- 1.4. Herramientas existentes para la estimación del riesgo de inundación.
- 1.5. Criterios de tolerabilidad para el riesgo de inundación.
- 1.6. Evaluación y gestión del riesgo de inundación fluvial y pluvial.
- 1.7. Caso práctico de estimación del impacto de medidas de control del riesgo de inundación.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Fiabilidad de estructuras de protección.

- 2.1. Modos de fallo de presas y otras infraestructuras de protección.
- 2.2. Métodos de cálculo y evaluación del comportamiento de presas.
- 2.3. Métodos de fiabilidad nivel 1 y nivel 2.
- 2.4. Métodos de fiabilidad de nivel 3.
- 2.5. Estimación de la probabilidad de fallo.
- 2.6. Vínculos con las sollicitaciones y consecuencias.
- 2.7. Caso práctico de estimación de riesgo de rotura de presa.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|---|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 1 | 25% |
| Caso | Supone el análisis y la resolución de una situación planteada que presenta problemas de solución múltiple, a través de la reflexión y el diálogo para un aprendizaje grupal, integrado y significativo. | 1 | 25% |
| Pruebas objetivas (tipo test) | Examen escrito estructurando con diversas preguntas o ítems en los que el alumno no elabora la respuesta; sólo ha de señalarla o completarla con elementos muy precisos. | 1 | 25% |
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 1 | 25% |

El sistema de evaluación consta de 4 actos, dos por cada unidad didáctica, y todos ellos con un valor porcentual del 25% del peso de la asignatura. Para cada unidad didáctica, habrá una prueba escrita abierta y un trabajo práctico (proyecto) a resolver y presentar en clase.

Los que no hayan superado hasta dos pruebas durante el curso tendrán derecho a una recuperación, quedando suspendidos los que no hubieran superado al menos dos de las pruebas durante el curso. Se considerará superada cada prueba con un 5 sobre 10, necesiéndose superar cada una de ellas durante el curso. En la prueba de recuperación podrá superarse la asignatura siempre que en ninguna de las partes se obtenga una calificación inferior a 3 y el promedio de las cuatro partes sea igual o superior a 5.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula | Práctica Aula | Práctica Informática |
|--------------------------------------|----------------|------------------|-------------------------|
| Análisis de riesgo | 10 | 2,5 | 2,5 |
| Fiabilidad estructuras de protección | 10 | 2,5 | 2,5 |
| Total horas: | 20 | 5 | 5 |

Bibliografía

- Altarejos, L., Escuder, I., Membrillera, M. y Serrano, A. (2009). Risk analysis and probability of failure of a gravity dam. *Transactions of 23rd International Congress on Large Dams*, Q91, VOL 4, pg. R.49. [ISSN: 0254-0703]
- ANCOLD (Australian National Committee On Large Dams Inc.) (2003). *Guidelines on Risk Assesment*. Australian National Committee on Large Dams.
- Ardiles, L., Jenaro, E., Moreno, P., Escuder, I., Membrillera, M., Pérez, O. y Serrano, A. (2008). Modelo de riesgo de las presas de Camporredondo y Compuerto (río Carrión). *VIII Jornadas Españolas de Presas*.
- Ardiles, L., Moreno, P., Jenaro, E., Fleitz, J. y Escuder, I. (2010). La gestión del riesgo en el ámbito de la seguridad de las presas de titularidad estatal de la Cuenca del Duero. *IX Jornadas Españolas de Presas*.
- Bowles, D.S. y Aboelata, M. (2007). *Evacuation and life-loss estimation model for natural and dam break floods*. Extreme Hydrological Events: New Concepts for Security, 363–383.
- COPUT (Conselleria D'Obres Públiques Urbanisme i Transports Generalitat Valenciana) (2002). *Plan de Acción Territorial de Carácter Sectorial sobre Prevención de Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA)*.
- EEA (European Environment Agency) (2006). *Catastrophic floods cause human tragedy, endanger lives and bring heavy economic losses*.

- Escuder, I, Meghella, M., Membrillera, M. y Matheu, E. (2009). *A european methodology for risk based security assessment of dams (damse): checking screening outcomes with DHS procedures*. USSD.
- Escuder, I., Membrillera, M., Meghella, M. y Serrano, A. (2008). El proyecto "DAMSE" de la Unión Europea sobre seguridad física (frente acciones antrópicas) en presas y embalses. *VIII Jornadas Españolas de Presas*.
- Escuder, I., Morales, A. y Perales, S. (2010). Urban flood risk characterization as a tool for planning and managing. *Workshop Alexandria March 2010. Exploration of Tolerable Risk Guidelines for Levee Systems*.
- European Parliament (2007). *Directive 2007/60/EC on the assessment and management of flood risks*. Official Journal of the European Union.
- Gómez, M. y Russo, B. (2009). Criterios de riesgo asociados a escorrentía urbana. *Jornadas de Ingeniería del Agua*.
- Graham, W.J. (1999). *A procedure for estimating loss of life caused by dam failure*. U.S. Department of Interior. [Bureau of Reclamation, DSO-99-06.]
- HSE (Health and Safety Executive) (2001). *Reducing risks, protecting people - HSE's decision-making process*, Health and Safety Executive, Gran Bretaña. Jonkman.
- Jonkman, S.N. (2007). *Loss of life estimation in flood risk assessment*. Theory and applications. PhD thesis, Civil Engineering Faculty, Technical University of Delft.
- Kates. R. (1965). *Industrial flood losses: Damages estimation in the Lehigh Valley*. Department of Geography Res. University of Chicago, 98:37.
- MMA (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino) (2010). Sistema nacional de cartografía de zonas inundables.
- Munger, D., Bowles, D.S., Boyer, D., Davis D. Margo, D., Moser, D. y Regan, P.J. (2009). Interim tolerable risk guidelines for US Army Corps of Engineers Dams. *USSD Conference*.
- NEAA (Netherlands Environmental Assessment Agency) (2004). *Dutch dikes and risk hikes, a thematic policy evaluation of risks of flooding in the Netherlands*. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM).
- Penning-Rowsell, E., Floyd, D, Ramsbottom, P. y Surendran, S. (2005). Estimating injury and loss of life in floods: A deterministic framework. *Natural Hazards*, 36, 43-64.
- Sánchez, J. (2010). *Guía para la aplicación del sistema nacional de cartografía de zonas inundables*. In Agència Catalana de l'Aigua, editor, Jornada Retos y Oportunidades sobre evaluación y gestión de los riesgos de inundación. Dirección General del Agua. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Serrano, A., Escuder, I., G. Membrillera, M. y Altarejos, L. (2010). Modelos de riesgo para la ayuda a la toma de decisiones en gestión de seguridad de presas. *IX Jornadas Españolas de Presas*.

- Serrano, A., Escuder, I., Membrillera, M. y Altarejos, L. (2010). Methodology for the calculation of annualized incremental risks in systems of dams. *Risk Analysis: an International Journal*, DOI: 10.1111/j.1539-6924.2010.01547.x. [ISSN: 0272-4332 (published on-line 22 Dec 2010)]
- Serrano, A., Escuder, I., Membrillera, M. y Altarejos, L. (2009). iPresas: Software for risk analysis. *Transactions of 23rd International Congress on Large Dams*, Q91, VOL. 4, R.47. [ISSN: 0254-0703]
- United Nations (2009). *United Nations World Water Assessment Programme. Global Trends in Water-Related Disasters an insight for policymakers.*
- USACE (2010). Levee Safety Program and Tolerable Risk Guidelines - A Discussion Paper for the Exploration of Tolerable Risk1 Guidelines for Levee Systems Workshop. [Draft 09 Feb 2010]
- Vrijling, J.K. (2001). Probabilistic design of water defense systems in The Netherlands. *Reliability engineering and system safety*, 74, 337–344.

Sistemas de información geográfica

Descripción general de la asignatura

La asignatura pretende introducir al alumno en el entorno de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), una tecnología emergente cada vez más implantada en todo el mundo para la consulta y análisis de todo tipo de datos territoriales, entre ellos muchos de carácter hidráulico e hidrológico. En la asignatura se pretende, además de transmitir los conocimientos básicos, que el alumno sea capaz de crear y manipular nueva información, así como introducirle en el desarrollo de aplicaciones basadas en un Sistemas de Información Geográfica. Se abordarán tanto los sistemas vectoriales como los sistemas raster, y sus múltiples aplicaciones fundamentales en el campo de la hidráulica y la hidrología.

A lo largo de la asignatura se hará especial hincapié en su conexión con los contenidos de otras asignaturas del máster, como Hidrología, Geoestadística, Análisis de redes de agua y saneamiento, Impacto ambiental, Gestión del riego, etc.

Asimismo se hará una introducción a la teledetección principal fuente de suministro de información de las bases de datos cartográficos.

Esta asignatura es básica para un buen aprovechamiento de otras muchas asignaturas del máster, la elaboración del trabajo final del máster y con multitud de aplicaciones de gran demanda y utilidad en el mundo profesional de la gestión de los recursos hídricos.

Conocimientos recomendados

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) no requieren conocimientos específicos previos de otras asignaturas del máster. Sin embargo sí sería recomendable poseer algunos conocimientos previos sobre sistemas de proyección geográfica, y sobre todo sobre gestión de bases de datos.

Por otra parte, los SIG constituyen una tecnología fundamentalmente aplicada, que interacciona con todas las asignaturas del máster, y cuyo conocimiento simultáneo puede proporcionar un campo de aplicación ideal para esta herramienta.

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Introducción a los sistemas de información geográfica.

- 1.1. Introducción a los SIG.
- 1.2. Introducción a los modelos espaciales.
- 1.3. Fuentes de datos.
- 1.4. Infraestructuras de datos espaciales.
- 1.5. Programas SIG.
- 1.6. Introducción a ArcGIS.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. El modelo de datos vectorial.

- 2.1. Representación de la realidad mediante el modelo espacial.
- 2.2. Tipos de archivos vectoriales.
- 2.3. Estructura de la información temática.
- 2.4. Sistemas de proyección.
- 2.5. Consultas temáticas.
- 2.6. Consultas espaciales.
- 2.7. Generación de estadísticas.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Edición y obtención de datos.

- 3.1. Establecimiento del entorno de edición.
- 3.2. Creación de entidades puntuales, lineales y poligonales.
- 3.3. Modificación de entidades puntuales, lineales y poligonales.
- 3.4. Crear campos y asignar valores.
- 3.5. Importación de datos.
- 3.6. Actualización de datos.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Modelos de datos ráster.

- 4.1. Representación de la realidad mediante el modelo ráster.
- 4.2. Propiedades del modelo ráster.
- 4.3. Tipos de ficheros ráster.
- 4.4. Consultas sobre ficheros ráster.
- 4.5. Operaciones con ficheros ráster.
- 4.6. Transformación ráster-vector.
- 4.7. Transformación vector-ráster.
- 4.8. Modelos de interpolación de datos.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Mapas y representaciones.

- 5.1. Introducción a la cartografía.
- 5.2. Simbología de las entidades geográficas.
- 5.3. Etiquetado de las entidades geográficas.
- 5.4. Reclasificación de los ráster.
- 5.5. Creación de leyendas.
- 5.6. Elaboración de mapas.

UNIDAD DIDÁCTICA 6. Geoprocesamiento de la información (i).

- 6.1. Introducción al procesado de la información espacial.
- 6.2. Operaciones espaciales.
- 6.3. Análisis espacial.

UNIDAD DIDÁCTICA 7. Geoprocesamiento de la información (ii).

- 7.1. Introducción al Model Builder de ArcGIS.
- 7.2. Generación de modelos de análisis con Model Builder.

UNIDAD DIDÁCTICA 8. Introducción a la teledetección.

- 8.1. Principios básicos de la teledetección.
- 8.2. Aplicaciones de la teledetección.
- 8.3. Sensores y plataformas existentes.
- 8.4. Clasificación de imágenes.
- 8.5. Extracción de índices de vegetación.

UNIDAD DIDÁCTICA 9. Modelos digitales de elevación y análisis 3D.

- 9.1. Fuentes de datos para la obtención de MDE.
- 9.2. Elaboración de MDE.
- 9.3. Análisis de superficies.
- 9.4. Introducción a las herramientas del análisis 3D.

UNIDAD DIDÁCTICA 10. Aplicación de los SIG a la gestión y planificación de los recursos hídricos.

- 10.1. Planificación, diseño y gestión de redes hidráulicas.
- 10.2. Planificación, diseño y gestión de Comunidades de Regantes.
- 10.3. Gestión de recursos hídricos a nivel de cuenca hidrográfica.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------------------------|---|-------|------|
| Prueba escrita de respuesta abierta | Prueba cronometrada, efectuada bajo control, en la que el alumno construye su respuesta. Se le puede conceder o no el derecho a consultar material de apoyo. | 1 | 40% |
| Pruebas objetivas (tipo test) | Examen escrito estructurando con diversas preguntas o ítems en los que el alumno no elabora la respuesta; sólo ha de señalarla o completarla con elementos muy precisos. | 1 | 20% |
| Caso | Supone el análisis y la resolución de una situación planteada que presenta problemas de solución múltiple, a través de la reflexión y el diálogo para un aprendizaje grupal, integrado y significativo. | 2 | 40% |

Durante el curso se plantearán dos casos prácticos en los que se resolverán las cuestiones introducidas durante las clases prácticas de la asignatura. Estos casos supondrán un 40 % de la puntuación total de la asignatura.

Al final del curso se realizará una prueba escrita en la que se deberán demostrar las habilidades adquiridas durante el curso. Esta prueba supondrá un 40 % del total. Irá acompañada de una prueba tipo test en el que al alumno se le examinará de los conocimientos teóricos impartidos durante el curso. Esta última prueba supondrá un 20%.

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría Aula | Práctica Informática |
|---|----------------|-------------------------|
| Introducción a los sistemas de información geográfica | 1 | 1 |
| El modelo de datos vectorial | 1,5 | 2 |
| Edición y obtención de datos | 1 | 2 |
| Modelos de datos ráster | 1,5 | 2 |
| Mapas y representaciones | 0,5 | 2 |
| Geoprocesamiento de la información (i) | 1 | 3 |
| Geoprocesamiento de la información (ii) | 1 | 2 |
| Introducción a la teledetección | 1 | 2 |
| Modelos digitales de elevación y análisis 3d | 1 | 2 |
| Aplicación de los SIG a la gestión y planificación de los recursos hídricos | 0,5 | 2 |
| Total horas: | 10 | 20 |

Bibliografía

Ormsby, T., Napoleon, E., Burke, R., Groessl, C., Feaster, L. (2010). Getting to know ArcGIS desktop. ESRI Press.

- Chuvieco Salinero, E. (2010). Teledetección ambiental: la observación de la tierra desde el espacio. Ariel, D. L.
- Cracknell, A. P. y Hayes, L. (2007). Introduction to remote sensing. CRC/Taylor & Francis.
- Fernández, F., Vidal, M. J., Moreno, A., Cañada, R., Cervera, B., Gómez, N., Martínez, P., Prieto, M. E. y Rodríguez, J. A. (2008). Sistemas y análisis de la información geográfica: manual de autoaprendizaje con ArcGIS. RA-MA S.A.
- Gutiérrez, J. (1994). *Sistemas de información geográfica*. Síntesis.
- Maidment, D. R. (2012). Archydro: GIS for water resources. Environmental Systems Research Institute Inc., U.S.
- Navarro, J. M. (2011). Sistemas de Información Geográfica. UOC.
- Peña, J. (2006). Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio: entrada, manejo, análisis y salida de datos espaciales: teoría general y práctica para ESRI ArcGIS 9. [Club Universitario](#).
- Shamsi, U. M. (2005). GIS applications for water, wastewater, and stormwater systems. Taylor & Francis.

Impactos ambientales

Descripción general de la asignatura

Las evaluaciones de impacto ambiental constituyen una técnica generalizada en todos los países industrializados, recomendada de forma especial por organismos internacionales y singularmente por el PUMA, OCDE y CEE que los han reconocido como el instrumento más adecuado para la preservación de los recursos naturales y la defensa del medio ambiente. Es una técnica que introduce la variable ambiental en la toma de decisiones sobre los proyectos con incidencia importante en el medio ambiente.

Distintas reglamentaciones relacionan las actividades que han de ser sometidas a evaluación de impacto, en las que se ha de prever las medidas protectoras y correctoras a tomar para los proyectos considerados.

Los estudios de impacto han de realizarse sobre la base de una información exhaustiva de los efectos que los proyectos pueden tener sobre el medio ambiente, para lo que la asignatura se estructura definiendo el objeto y ámbito de aplicación en relación a los temas y especialidades contempladas en el máster y sus cuatro intensificaciones.

Se entiende como evaluación de impacto ambiental el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad, causa sobre el medio ambiente. La asignatura contempla el contenido que ha de tener la descripción de los proyectos y sus acciones y cómo abordar el estudio y examen de las posibles alternativas, técnicamente viables, a los proyectos planteados. Se aborda cómo realizar el inventario ambiental y la determinación de las interacciones ecológicas y ambientales clave. Se analizan las técnicas para la identificación y valoración de impactos. Se relacionan los métodos para determinar el establecimiento de medidas protectoras y correctoras necesarias a tomar, así como los contenidos mínimos que ha de tener el programa de vigilancia ambiental y el documento de síntesis.

Conocimientos recomendados

Los conocimientos previos recomendados de mayor relevancia son Hidrología y Calidad y contaminación de aguas.

Selección y estructuración de las unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Introducción y marco legal.

- 1.1. Introducción a la evaluación del impacto ambiental.
- 1.2. Marco legal de la EIA.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Descripción de la actuación proyectada y sus acciones derivadas.

- 2.1. Justificación y descripción de la actuación proyectada.

2.2. Memoria justificativa y descriptiva y documentación gráfica.

2.3. Descripción de impactos e integración paisajística.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Examen de alternativas técnicamente viables y justificación de soluciones adoptadas.

3.1. Justificación de solución adoptada - condicionantes técnicos, económicos y ambientales.

3.2. Minimización de impactos e integración paisajística.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. Inventario ambiental e interacciones ecológicas o ambientales clave.

4.1. Descripción del medio natural, socioeconómico y riesgos.

UNIDAD DIDÁCTICA 5. Identificación y valoración de impactos.

5.1. Metodologías.

5.2. Afecciones de cada factor.

UNIDAD DIDÁCTICA 6. Establecimiento de medidas protectoras y correctoras.

6.1. Medidas protectoras y correctoras.

UNIDAD DIDÁCTICA 7. Programa de vigilancia ambiental.

7.1. Sistema de garantías de medidas protectoras y correctoras.

UNIDAD DIDÁCTICA 8. Documento de síntesis.

8.1. Extensión y contenido.

UNIDAD DIDÁCTICA 9. Cartografía y documentación complementaria.

9.1. Planos, normativa ambiental y condiciones técnicas.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------|---|-------|------|
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 1 | 30% |
| Caso | Supone el análisis y la resolución de una situación planteada que presenta problemas de solución múltiple, a través de la reflexión y el diálogo para un aprendizaje grupal, integrado y significativo. | 1 | 20% |

| | | | |
|-------------|---|---|-----|
| Observación | Estrategia basada en la recogida sistemática de datos en el propio contexto de aprendizaje: ejecución de tareas, prácticas. | 5 | 50% |
|-------------|---|---|-----|

Distribución

| Unidad didáctica | Teoría | Aula |
|---|---------------------|-----------|
| Introducción y marco legal | 2 | |
| Descripción de la actuación proyectada y sus acciones derivadas. | 2 | |
| Examen de alternativas técnicamente viables y justificación de soluciones adoptadas | 3 | |
| Inventario ambiental e interacciones ecológicas o ambientales clave | 4 | |
| Identificación y valoración de impactos | 5 | |
| Establecimiento de medidas protectoras y correctoras | 7 | |
| Programa de vigilancia ambiental | 4 | |
| Documento de síntesis | 2 | |
| Cartografía y documentación complementaria | 1 | |
| | Total horas: | 30 |

Bibliografía

- Carretero, A. (2007). Aspectos medioambientales: identificación y evaluación. AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación).
- Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes y Fundación Conde del Valle de Salazar (Madrid) (1994). *Casos prácticos en planificación física y evaluación de impactos*. Fundación Conde del Valle de Salazar.

Hernández, S. (1987). *Ecología para ingenieros: el impacto ambiental*. A-Z Ediciones y Publicaciones.

De Cos, M. (1996). *Estudios de impacto ambiental (E.I.A)*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (UPM).

Garmendia, A. (2005). *Evaluación de impacto ambiental*. Pearson Educación, S.A.

Dirección General del Medio Ambiente y Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (España) (1989). *Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental*. Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, MOPU.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES COMPLEMENTARIAS

Descripción de la Materia

Se recogen, en este módulo, las actividades complementarias que se describen posteriormente en la materia asociada, y que sirven de complemento a la formación recibida por los alumnos.

Seminarios

Sistemas de evaluación

- Trabajo académico
- Proyecto
- Caso

Metodologías de enseñanza de la materia

- Clase presencial
- Trabajos en grupo
- Tutoría
- Estudio de casos
- Aprendizaje basado en proyectos
- Estudio y trabajo autónomo
- Estudio y trabajo en grupo

Descripción general de la asignatura

Los contenidos de esta materia incluyen temas complementarios relacionados con los contenidos de las materias que constituyen el plan de estudios y que se imparten mediante el esquema de Seminarios o Conferencias. Entre otros, se abordarán temas relacionados con: tratamientos avanzados de aguas residuales, hidráulica e impacto ambiental de emisarios submarinos, tratamientos de aguas mediante tecnologías de bajo coste, aplicaciones GIS avanzadas en hidráulica, uso de aplicaciones informáticas específicas para resolver problemas avanzados en hidráulica e hidrología, uso de paquetes de software específicos para resolver problemas matemáticos, política del agua, ahorro de agua y reutilización, etc.

El profesorado puede ser tanto del propio Máster, como especialistas de reconocido prestigio que serán invitados a impartir los Seminarios o Conferencias. No todos los contenidos propuestos se ofertan el mismo curso, pues ello dependerá tanto de la disponibilidad del profesorado, tanto interno, como externo que pueda acudir, como de la actualidad del tema y del propio interés de los alumnos en un tema concreto. No obstante, la oferta anual de esta materia

permitirá a los alumnos poder elegir entre unas u otras actividades, asegurándose un mínimo para poder superar la materia.

Evaluación

| Tipo | Descripción | Actos | Peso |
|-------------------|---|-------|------|
| Trabajo académico | Desarrollo de un proyecto que puede ir desde trabajos breves y sencillos hasta trabajos amplios y complejos propios de últimos cursos y de tesis doctorales. | 3 | 50% |
| Caso | Supone el análisis y la resolución de una situación planteada que presenta problemas de solución múltiple, a través de la reflexión y el diálogo para un aprendizaje grupal, integrado y significativo. | 2 | 50% |

Según la actividad:

- Visitas, Congresos, Cursos en los que solo se exige asistencia, Conferencias. Obligación de asistir a la actividad en al menos un 80 %. Cuando se completa la actividad, al alumno se le acumulan los créditos asignados a la misma. Estos van en función de la duración de la misma, con la relación 1 cr./25 h. (1 h de actividad = 0.04 cr. para el alumno), con un mínimo de 0.1 cr./actividad. Como solo se computa la presencia del alumno, la calificación es de 7 puntos.
- Cursos impartidos por profesores, con evaluación a base de trabajos. Obligación de asistir al menos a un 80 % de la parte presencial, y además los alumnos deben realizar un trabajo propuesto por los profesores, y este es calificado. Estas actividades computan a razón de 2,5 h. de trabajo del alumno/hora presencial (1 h presencial = 0.1 cr).

La nota final es la media ponderada con los créditos de cada actividad de las calificaciones obtenidas en cada una de ellas.

Distribución

Se impartirán diversos seminarios a lo largo de todo el curso.

Bibliografía

Manuales de los programas informáticos.

En cada Seminario se especificará la Bibliografía más importante a consultar.

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Descripción de la Materia

Este módulo está constituido por una única materia, el Trabajo, Fin de Máster, que es el Trabajo individual que deberá ser defendido ante un tribunal universitario constituido según la normativa de la propia universidad, relacionado con la Ingeniería del Agua y el Medio Ambiente Acuático, de carácter profesional y/o investigador, en el que se sinteticen e integren los conocimientos adquiridos en las enseñanzas. En el caso de tratarse de un trabajo de perfil investigador, servirá como inicio a la preparación en tareas investigadoras.

Trabajo Fin de Máster

| | |
|-----------------|------------------------|
| Créditos ECTS | 15 |
| Carácter | Trabajo fin de carrera |
| Unidad Temporal | Segundo curso |
| Módulo | Trabajo fin de máster |

Requisitos previos

La defensa del trabajo de fin de máster sólo se podrá realizar una vez superados los 60 ECTS del periodo de docencia tal como queda reflejado en el apartado de la memoria "Explicación general de la planificación del plan de estudios".

Sistemas de evaluación de la materia

- Trabajo académico

Metodologías de enseñanza de la materia

- Tutoría
- Estudio de casos
- Aprendizaje basado en proyectos
- Simulaciones
- Estudio y trabajo autónomo

Descripción general de la asignatura

Trabajo individual que deberá ser defendido ante un tribunal universitario constituido según la normativa de la propia universidad, relacionado con la Ingeniería del Agua y el Medio Ambiente Acuático, de carácter profesional y/o investigador, en el que se sintetizen e integren los conocimientos adquiridos en las enseñanzas. En el caso de tratarse de un trabajo de perfil investigador, servirá como inicio a la preparación en tareas investigadoras.

COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS POR MATERIA

Tabla competencias generales y específicas

| Competencias Generales y Específicas | |
|--------------------------------------|--|
| C-01 | 01 - Saber aplicar los conocimientos adquiridos en el campo de la Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente relacionado con el recurso agua, de manera que sean capaces de resolver problemas en este área de estudio y dirigir o colaborar en equipos multidisciplinares Los alumnos deberán poder desarrollar esta competencia tanto en problemas conocidos complejos como en otros casos que presenten aspectos novedosos en los que deben ser capaces de plantear formas de resolución. |
| C-02 | 02 - Ser capaces de integrar conocimientos y formular juicios u opiniones sobre problemas relacionados con la Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, a partir de información limitada, y fundamentadas en la integración de los conocimientos adquiridos. 03 - Tener en cuenta en la toma de decisiones aspectos relacionados con la responsabilidad social, la sostenibilidad ambiental, la conservación del medio natural y la ética profesional |
| C-03 | 03 - Tener en cuenta en la toma de decisiones aspectos relacionados con la responsabilidad social, la sostenibilidad ambiental, la conservación del medio natural y la ética profesional |
| C-04 | 04 - Transmitir resultados, conclusiones, juicios, decisiones, etc., de manera adecuadamente fundamentada tanto en foros especializados como no especializados. Se entiende por foros especializados a los formados tanto por profesionales como por científicos e investigadores adecuadamente formados y con experiencia en la temática de la Ingeniería del Agua y el Medio Ambiente Hídrico. Esta transmisión incluye la redacción de artículos de carácter científico-técnico (comunicaciones a congresos especializados, artículos en revistas, etc.). La transmisión a entornos no especializados implica actividades de divulgación de la ciencia y de la técnica a través de, por ejemplo, medios de comunicación social (prensa, radio, internet, televisión, etc.). |
| C-05 | 05 - Poseer habilidades para el aprendizaje continuo, que en muchas ocasiones puede ser autónomo, a lo largo de toda su vida. |
| C-06 | 06 - Poseer y comprender conocimientos que le permitan formular y contrastar hipótesis razonables sobre un determinado fenómeno relacionado con la Ingeniería Hidráulica y el Medio ambiente hídrico, aplicando metodologías existentes o desarrollando nuevas, a menudo en un contexto de investigación |
| C-07 | 07 - Ser capaz de asesorar y orientar a empresas, instituciones o profesionales en aspectos técnicos relacionados con la Ingeniería Hidráulica y el Medio ambiente hídrico. |
| C-11 | 11 - Conocer y comprender los fundamentos de los principios de las operaciones básicas en ingeniería ambiental, y ser capaces de identificar las sustancias que modifican la calidad del agua. |
| C-12 | 12 - Conocer las implicaciones ambientales de la ingeniería en los ecosistemas acuáticos y los efectos de las sustancias contaminantes en los mismos |
| C-13 | 13 - Conocer los mecanismos de transporte y transformación de sustancias en las aguas |
| C-14 | 14 - Conocer y comprender los principios fundamentales del flujo de agua y las ecuaciones básicas que modelan su funcionamiento, tanto en sistemas de transporte (canalizaciones a presión y en lámina libre) como en estructuras hidráulicas de todo tipo. Ello implica conocer también los elementos existentes en los sistemas hidráulicos (conducciones, elementos de regulación y control, bombas, estructuras de protección). |
| C-15 | 15 - Establecer Balances Hídricos y relaciones entre las aguas superficiales y las subterráneas y estudiar la caracterización del Régimen Hídrico. |
| C-16 | 16 - Evaluar situaciones hidrológicas concretas tanto para la gestión de los recursos hídricos, como para el diseño de obras hidráulicas. Entre las situaciones hidrológicas concretas a evaluar se encuentran los eventos extremos, como crecidas en tiempo real y seguimiento de sequías, y el seguimiento de episodios de contaminación. Ello nos proporciona también datos para el diseño de obras hidráulicas como presas y encauzamientos o mapas de riesgo y evaluación de sequías. |

| | |
|------|--|
| C-17 | 17 - Comprender las bases teóricas y herramientas necesarias para la resolución de problemas relacionados con la gestión de los recursos hídricos y saber aplicarlas para la resolución de problemas reales |
| C-21 | 21 - Ser capaz de aplicar las técnicas habituales de potabilización y tratamiento de aguas residuales y conocer la estructura y funcionamiento de las instalaciones necesarias |
| C-22 | 22 - Ser capaz de gestionar un servicio de abastecimiento o saneamiento de agua, incluyendo aspectos económicos, de mantenimiento y de sostenibilidad y teniendo en cuenta el principio de recuperación de costes |
| C-23 | 23 - Ser capaz de analizar, planificar y diseñar un sistema de distribución de agua o de saneamiento, mediante la utilización de modelos matemáticos de simulación |
| C-24 | 24 - Tener capacidad para analizar las consecuencias de fenómenos transitorios y diseñar sistemas de control de redes de distribución de agua y saneamiento, a fin de optimizar su funcionamiento. |
| C-31 | 31 - Adquirir conocimientos avanzados de procesos biológicos, químicos y físicos que se emplean en el tratamiento de aguas residuales y ser capaces de combinarlos para obtener el diseño de rendimiento óptimo |
| C-32 | 32 - Ser capaces de identificar problemas relacionados con los vertidos de aguas residuales en sistemas naturales y establecer medidas correctoras |
| C-33 | 33 - Tener capacidad para analizar y mejorar el funcionamiento de las estaciones de tratamiento de aguas residuales, evaluar su rendimiento y proponer mejoras. |
| C-34 | 34 - Ser capaz de evaluar resultados analíticos a partir del conocimiento de las técnicas de laboratorio y realizar ensayos de tratamiento a escala laboratorio |
| C-41 | 41 - Adquirir conocimientos avanzados de hidrología superficial y subterránea y saber aplicarlos a la resolución de problemas complejos |
| C-42 | 42 - Conocer y saber utilizar sistemas soporte a la decisión en la planificación y gestión integrada de recursos hídricos |
| C-43 | 43 - Conocer, aplicar y saber construir modelos matemáticos aplicados en hidrología, relacionados con el flujo de aguas superficiales y subterráneas, el transporte y la transformación de contaminantes, la influencia del cambio climático y los aspectos económicos. |
| C-51 | 51 - Estudiar y evaluar los procesos y funciones que tienen lugar en los distintos ecosistemas (terrestres y acuáticos) asociados a una cuenca forestal, incluyendo los efectos derivados del cambio climático. |
| C-52 | 52 - Planificar y ordenar los usos del suelo, de la cuenca y de sus recursos hídricos, utilizando modelos matemáticos de cara a la optimización de su aprovechamiento sostenible (suelo y agua). |
| C-53 | 53 - Diseñar y ejecutar planes de restauración hidrológico-forestal mediante actuaciones en las laderas (replantaciones y revegetaciones) y los cauces (hidrotecnias transversales y longitudinales) y la corrección de los procesos de erosión y desertificación. |
| C-61 | 61 - Conocer y saber utilizar diversas herramientas de aplicación en el ámbito de la Ingeniería Hidráulica y el Medio ambiente relacionado con el recurso agua, de forma que amplíe algunos de los conocimientos adquiridos en las asignaturas obligatorias y de especialidad. |
| C-71 | 71 - Capacidad para realizar un trabajo individual que deberá ser defendido ante un tribunal universitario, relacionado con la Ingeniería del Agua y el Medio Ambiente Acuático, de carácter profesional/investigador, en el que se sintetizen e integren las competencias adquiridas en las enseñanzas. |

Cuadro resumen competencias generales y específicas por materia

| Competencias Generales/Materia | Ingeniería hidráulica | Calidad de Aguas | Gestión de Recursos Hídricos | Modelos matemáticos en Hidrología | Evacuación y tratamiento de aguas | Diseño y Análisis de Sistemas de distribución de agua a presión | Gestión técnica y operación de sistemas de distribución de agua a presión |
|--------------------------------|-----------------------|------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|---|
| C-01 | X | X | X | X | X | X | X |
| C-02 | X | X | X | X | X | X | X |
| C-03 | X | X | X | X | X | X | X |
| C-04 | X | X | X | X | X | X | X |
| C-05 | X | X | X | X | X | X | X |
| C-06 | X | X | X | X | X | X | X |
| C-07 | X | X | X | X | X | X | X |
| C-11 | | X | | | | | |
| C-12 | | X | | | | | |
| C-13 | X | X | | | | | |
| C-14 | X | | | | | | |
| C-15 | X | | | | | | |
| C-16 | X | X | | | | | |
| C-17 | X | | | | | | |
| C-21 | | | | | X | | |
| C-22 | | | | | | | X |
| C-23 | | | | | X | X | X |

| | | | | | | |
|------|--|---|---|---|---|---|
| C-24 | | | | X | X | X |
| C-31 | | | | | | |
| C-32 | | | | | | |
| C-33 | | | | | | |
| C-34 | | | | | | |
| C-41 | | | X | | | |
| C-42 | | X | | | | |
| C-43 | | X | X | | | |
| C-51 | | | | | | |
| C-52 | | | | | | |
| C-53 | | | | | | |
| C-61 | | X | X | X | X | X |
| C-71 | | X | X | X | X | X |

| Competencias Generales/Materia | Técnicas de Tratamientos de Aguas | Experimentación en Calidad de Aguas | Modelos matemáticos en calidad de Aguas | Ordenación, restauración y gestión de cuencas | Planificación y gestión de cuencas | Optatividad | Seminarios | Trabajo Fin de Máster |
|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---|---|------------------------------------|-------------|------------|-----------------------|
| C-01 | X | X | X | X | X | X | X | X |
| C-02 | X | X | X | X | X | X | X | X |
| C-03 | X | X | X | X | X | X | X | X |
| C-04 | X | X | X | X | X | X | X | X |
| C-05 | X | X | X | X | X | X | X | X |
| C-06 | X | X | X | X | X | X | X | X |
| C-07 | X | X | X | X | X | X | X | X |
| C-11 | | | | | | X | | |
| C-12 | | | | | | X | | |
| C-13 | | | | | | X | | |
| C-14 | | | | | | X | | |
| C-15 | | | | | | X | | |
| C-16 | | | | | | X | | |
| C-17 | | | | | | X | | |
| C-21 | | | | | | X | X | |
| C-22 | | | | | | X | X | |
| C-23 | | | | | | X | X | |
| C-24 | | | | | | X | X | |
| C-31 | X | | X | | | X | X | |
| C-32 | X | | X | | | X | X | |
| C-33 | X | | X | | | X | X | |
| C-34 | | X | | | | X | | |
| C-41 | | | | | | X | X | |
| C-42 | | | | | | X | X | |
| C-43 | | | | | | X | X | |
| C-51 | | | | X | X | X | X | |
| C-52 | | | | | X | X | X | |
| C-53 | | | | X | | X | X | |
| C-61 | X | X | X | X | X | X | X | |
| C-71 | X | X | X | X | X | | | |