



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de  
Caminos, Canales y Puertos

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**43000130 - Tratamiento De Aguas**

### PLAN DE ESTUDIOS

04AH - Master Universitario En Sistemas De Ingenieria Civil

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2021/22 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	8
7. Actividades y criterios de evaluación.....	11
8. Recursos didácticos.....	15
9. Otra información.....	16

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	43000130 - Tratamiento de Aguas
<b>No de créditos</b>	4.5 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Primer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	04AH - Master Universitario en Sistemas de Ingeniería Civil
<b>Centro responsable de la titulación</b>	04 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Caminos, Canales Y Puertos
<b>Curso académico</b>	2021-22

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Aurelio Hernandez Lehmann	Lab. Sanitaria	aurelio.hernandez@upm.es	L - 18:00 - 21:00 M - 18:00 - 21:00
Isabel Del Castillo Gonzalez (Coordinador/a)	Lab. Sanitaria.	isabel.delcastillo@upm.es	M - 09:00 - 12:00 J - 09:00 - 12:00

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios Master Universitario en Sistemas de Ingeniería Civil no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Formación en Ingeniería Civil y Territorial a nivel de grado, con conocimientos en Ingeniería Sanitaria, así como formación básica en hidráulica e hidrología

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CE-A1 - Capacitación científico-técnica y metodológica suficiente para el proyecto, análisis, planificación, explotación y mantenimiento de obras civiles con capacidad técnica equivalente a la de aplicar y valorar críticamente normativa de proyecto, y capacidad gestora adquirida mediante disciplinas transversales que se impartirían integradas en enseñanzas técnicas.

CE-A2 - Conocimiento y capacidad para proyectar y dimensionar obras e instalaciones de ingeniería civil

CE-A3 - Conocimiento y comprensión del funcionamiento de los ecosistemas y los factores ambientales

CE-A6 - Conocimiento del marco de regulación de los sistemas de ingeniería civil

CE-A7 - Conocimiento y capacidad para idear soluciones innovadoras en sistemas de ingeniería civil

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA81 - Conocer y familiarizarse con los medios de difusión científica más utilizados en el área de Hidráulica, Energía y Medio Ambiente (Congresos Nacionales, Congresos Internacionales, Revistas indexadas, etc.).

RA93 - Capacidad para aplicar e integrar sus conocimientos técnicos hacia la consecución de un fin

RA27 - Continuar aumentando sus conocimientos sobre estas materias de modo autónomo

RA85 - Estructurar, desde el punto de vista científico, una línea de investigación del área, consultando, sintetizando y estudiando las fuentes bibliográficas y las bases de datos básicas

RA3 - Conocer el ciclo del agua y el balance energético del ciclo

RA8 - Explica los servicios urbanos de control de calidad, distribución y saneamiento del agua.

RA176 - Explica, conoce y tiene capacidad para proyectar y dimensionar sistemas de depuración y tratamiento de aguas

RA174 - Explica, conoce y tiene conocimientos adecuados de los tratamientos de potabilización, desalación y depuración de aguas, así como, diseñar, planificar, gestionar, mantener, conservar y explotar las infraestructuras desde la perspectiva ambiental y sostenible.

RA83 - Analizar con carácter crítico la parte metodológica de un proyecto de investigación, contemplando los recursos y los datos disponibles para la investigación. Proponer metodologías alternativas a un proyecto de investigación en concreto del área de Hidrogeología y Medio Ambiente.

RA7 - Explica cualitativamente el ciclo del agua

RA10 - Argumenta la resolución de los problemas de gestión mediante lógica científica y aplicando una metodología razonada.

RA80 - Analizar con carácter crítico la parte metodológica de un proyecto de investigación, contemplando los recursos y los datos disponibles para la investigación. Proponer metodologías alternativas a un proyecto de investigación en concreto del área de Hidráulica, Energía y Medio Ambiente.

RA91 - Analizar con carácter crítico la parte metodológica de un proyecto de investigación, contemplando los recursos y los datos disponibles para la investigación. Proponer metodologías alternativas a un proyecto de investigación en concreto del área de Hidráulica y Medio Ambiente.

RA96 - Capacidad para comunicarse de forma escrita y oral

RA175 - Planifica, diseña, proyecta, dirige y evalúa las obras, la gestión, el mantenimiento y la explotación de infraestructuras de abastecimiento, saneamiento, depuración y tratamiento de aguas, incorporando los efectos y condicionantes entre el medio ambiente y las infraestructuras

RA88 - Analizar con carácter crítico la parte metodológica de un proyecto de investigación, contemplando los recursos y los datos disponibles para la investigación. Proponer metodologías alternativas a un proyecto de investigación en concreto del área de Medio Ambiente.

RA15 - Conocer los principios tecnológicos y fundamentos científicos de las siguientes áreas sistémicas de la Ingeniería Civil: Ingeniería Hidráulica y Calidad del Agua

RA87 - Estructurar, desde el punto de vista científico, una línea de investigación del área, consultando, sintetizando y estudiando las fuentes bibliográficas y las bases de datos básicas.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

#### CONTENIDO GENERAL DE LA ASIGNATURA

Se analizan en detalle todos los procesos asociados a :

1. El abastecimiento y el saneamiento en los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Estado del agua en el mundo y en España.
2. Tratamientos avanzados para aguas de abastecimiento
3. Desalación de aguas
4. Tratamientos avanzados de depuración de aguas residuales.
5. Reutilización de aguas.

En cada uno de ellos se trata en detalle tanto el diseño (proyecto) como la construcción y la explotación de cada instalación.

## DESCRIPCION DE LOS MÉTODOS DE ENSEÑANZA EMPLEADOS

### Clase de teoría:

El profesor expondrá de forma presencial los contenidos necesarios para la comprensión de los temas de la asignatura, acompañados de ejemplos significativos, casos reales y de los razonamientos lógicos pertinentes para desarrollar la capacidad científica y técnica del alumno. También expondrán e ilustrarán los principales elementos y cálculo de los sistemas de tratamiento y depuración de aguas, tratamiento de residuos, así como, su ejecución y conservación y mantenimiento.

Estas clases se llevarán a cabo de forma presencial. En caso de ser necesario, las clases se impartirán en modalidad totalmente online y en formato híbrido presencial-online.

### Clases prácticas:

Las clases prácticas para la resolución de ejercicios o problemas complementan la correcta comprensión de la asignatura. En estas clases se aplicarán los conocimientos adquiridos a situaciones diversas, a fin de que el alumno adquiera soltura en el planteamiento de diferentes casos, cálculo de las diferentes etapas de los procesos de tratamiento de aguas potables, desalación, depuración y regeneración de aguas residuales. El alumno trabajará sobre problemas similares a los resueltos por el profesor. En ocasiones, se dejará al alumno trabajar en casos, que, posteriormente, serán resueltos por el cuadro de profesores.

Estas clases se llevarán a cabo de forma presencial. En caso de ser necesario, las clases se impartirán en modalidad totalmente online y en formato híbrido presencial-online.

### Trabajos autónomos:

El alumno estudiará la materia expuesta en las clases teóricas y prácticas y se esforzará por resolver los ejercicios propuestos.

### Trabajos en grupo:

El alumno realizará un trabajo en grupo de aplicación, asignado por el profesore o propuesto por el grupo, que deberá ser expuesto y debatido en el aula.

## Tutorías

En las horas y lugares indicados, el estudiante podrá requerir la ayuda del profesor para precisar las explicaciones de clase y encauzar su trabajo autónomo.

## 5.2. Temario de la asignatura

### 1. EL ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO EN LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

- 1.1. Recursos de agua en el mundo y en España.
- 1.2. Estado del saneamiento en el mundo y en España

### 2. TRATAMIENTOS AVANZADOS DE AGUAS PARA ABASTECIMIENTO.

- 2.1. Esquema general de una ETAP. Procesos convencionales.
- 2.2. Coagulación-floculación química y electrocoagulación
- 2.3. Decantación y filtración no convencional
- 2.4. Procesos de adsorción
- 2.5. Tratamientos con membranas
- 2.6. Procesos de desinfección y oxidación avanzada

### 3. DESALACION DE AGUAS

- 3.1. Obras de toma
- 3.2. Pretratamientos
- 3.3. Osmosis inversa y sistemas de recuperación de energía
- 3.4. Remineralización y vertido de salmuera

### 4. TRATAMIENTOS AVANZADOS DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.

- 4.1. Esquema general de una EDAR. Procesos convencionales.
- 4.2. Procesos de biomasa en suspensión con eliminación de nutrientes.
- 4.3. Procesos de fangos activos con separación por membrana.
- 4.4. Procesos tradicionales de biomasa fija
- 4.5. Procesos modernos de biomasa fija.



4.6. Procesos mixtos: Biomasa fija y suspendida

## 5. REUTILIZACION DE AGUAS

5.1. Normativa, calidades y usos

5.2. Tratamientos de regeneracion de aguas residuales depuradas

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Temas 1.1 y 1.2.</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Temas 2.1 y 2.2</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	<b>Temas 2.3.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 2.3.</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
4	<b>Tema 2.4. y 2.5.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 2.4.</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
5	<b>Tema 2.6.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 2.6.</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
6	<b>Tema 3.1. y 3.2.</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
7	<b>Temas 3.3. y 3.4.</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
8	<b>Tema 4.1.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 4.1.</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
9				<b>Examen parcial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 03:00

10	<p><b>Tema 4.2.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4.2.</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
11	<p><b>Tema 4.3.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4.3.</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
12	<p><b>Tema 4.4.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4.4.</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
13	<p><b>Tema 4.5.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4.5.</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
14	<p><b>Tema 4.6.</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4.6.</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
15	<p><b>Temas 5.1. y 5.2.</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
16				<p><b>Trabajo en grupo</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 03:00</p>
17				<p><b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 03:00</p> <p><b>Examen final extraordinario</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:00</p>

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso

derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
9	Examen parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	40%	4 / 10	CB10 CE-A2 CE-A7
16	Trabajo en grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	03:00	10%	5 / 10	
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	40%	4 / 10	CB10 CE-A2 CE-A7

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen final extraordinario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CB10 CE-A2 CE-A7

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

### CRITERIOS DE EVALUACION EN LA EVALUACIÓN CONTINUA

El sistema de evaluación continua se valorara de acuerdo a las siguientes pruebas, ponderadas por el porcentaje especificado:

#### PE1. Ejercicios de clase (10%)

Descripción: Consiste en una serie de ejercicios asignados por el profesor que se realizarán en el horario de clase o fuera de él.

Criterios de calificación: Cada ejercicio se valorará de 0 a 10. La calificación de esta prueba de evaluación será la media aritmética de todos los ejercicios realizados durante el curso.

Momento y lugar: Se plantearán ejercicios en la clases teóricas o prácticas sin previo aviso, que debe realizarse en la propia aula y se entregarán al finalizar la clase y los propuestos para realizar fuera se entregarán dentro de un el plazo fijado por el profesor.

#### PE2. Trabajo de investigación en grupo (10%).

Descripción: Consiste en un trabajo de investigación sobre temas relacionados con la asignatura, asignados directamente por el profesor, de manera individual o en grupos de máximo 5 alumnos.

Criterios de calificación: Se valorará de 0 a 10.

Momento y lugar: Será prefijado en tiempo, forma, lugar, contenidos y organización. Corresponde a la libre elección por grupos de alumnos de los temas de investigación propuestos por los profesores o por los propios alumnos. Se entregaran por escrito al fin del curso. Nota mínima 4.

### **PE3. Examen parcial (40%)**

Descripción: Consiste en un examen sobre la materia tratada en los temas impartidos hasta la fecha (Temas 1 y 4), formado por 3 o 4 ejercicios de teoría, teórico-prácticos y/o problemas cortos y tendrá una duración aproximada de 3 horas. En caso de ser necesario, la evaluación se realizará mediante modalidad online.

Criterios de calificación: El examen se valorará de 0 a 10. La calificación de cada tema será ponderado acorde al número de clases de cada tema. Al objeto de poder compensar, dentro del sistema de evaluación continua, se exigirá una nota mínima igual o superior a 4,0.

Momento y lugar: Los determina la Jefatura de Estudios.

### **PE4. Examen final (40% u 80%)**

Descripción: Constará de dos partes. La primera, correspondiente a los temas 1 y 4, sólo la deben realizar aquellos alumnos que hayan tenido una calificación inferior a la establecida como nota mínima en el examen parcial, así como aquellos alumnos que quieran mejorar su calificación. La segunda parte la realizarán todos los alumnos y tratará sobre los contenidos de los temas 2, 3 y 5. Al igual que en la primera parte, al objeto de poder compensar dentro del sistema de evaluación continua, se establecerá la misma nota mínima y con los mismos criterios establecidos para el examen parcial en PE3. Cada una de estas dos partes constará de 3 o 4 ejercicios de teoría, teórico-prácticos y/o problemas cortos. La duración del examen será de unas 3 horas. En caso de ser necesario, la evaluación se realizará mediante modalidad online.

Criterios de calificación: Cada ejercicio se calificará de 0 a 10. La calificación de cada tema será ponderado acorde al número de clases de cada tema. Al objeto de poder compensar, dentro del sistema de evaluación continua, se exigirá una nota mínima igual o superior a 4,0 en cada una de las dos partes del examen. Para los alumnos que realicen las dos partes, el examen final cuenta por el 80% en la calificación final, y para los que realicen sólo la segunda parte contará por 40%.

Momento y lugar: Los determina la Jefatura de Estudios. Por motivos de organización primero se realizará el examen correspondiente a la segunda parte de la asignatura (la que deben realizar todos los alumnos). Una vez finalizado éste, se realizará el examen correspondiente a la primera parte de la asignatura.

## Calificación final de la asignatura mediante evaluación continua

La calificación final será la puntuación más alta de las siguientes:

- Para los alumnos que no realicen la primera parte del examen final, la media ponderada de las puntuaciones obtenidas en PE1 (10%), PE2 (10%), PE3 (40%) y PE4 (40%).
- Para los alumnos que realicen la primera parte del examen final, la media ponderada de las puntuaciones obtenidas en PE1 (10%), PE2 (10%) y PE4 (80%).
- Para superar la asignatura se deben cumplir las siguientes condiciones:
  - Obtener una calificación final igual o superior a 5
- Obtener una calificación mínima de 4 en cada una de las dos partes de la asignatura

## CRITERIOS DE EVALUACION MEDIANTE SOLO PRUEBA FINAL

El sistema de evaluación " solo final" corresponderá al examen escrito individual de toda la asignatura completa .

Descripción: Consiste en un único examen, que será igual al examen final completo (formado por dos partes) que se ha descrito para evaluación continua. En caso de ser necesario, la evaluación se realizará mediante modalidad online.

Criterios de calificación: Cada ejercicio se calificará de 0 a 10. La calificación de la primera parte (Temas 1 a 4) y segunda parte (Temas 2, 3 y 5) será ponderado acorde al número de clases de cada tema. Al objeto de poder compensar, se exigirá una nota mínima igual o superior a 4,0 en cada una de las dos partes del examen.

Momento y lugar: Las fechas las determina Jefatura de Estudios.

## Calificación de la asignatura mediante sólo por prueba final

- Para aprobar la asignatura se debe obtener una calificación media de la primera y segunda parte final igual o superior a 5.
- Para los alumnos que no hayan realizado la primera parte del examen final, se utilizará para calificar esta parte su nota en el examen parcial, manteniendo los requisitos de una calificación mínima de 4 para



compensar com o se ha indicado en PE3.

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Cortacáns Torre, J.A. Eliminación biológica de nutrientes. Ed. Garceta. 4ª Edición de 2014.	Bibliografía	
Hernández Lehmann, A. Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales. Ed. Garceta. 2ª Edición. 2010.	Bibliografía	
Hernández Muñoz, A. Depuración y desinfección de las aguas residuales. Ed. Garceta.	Bibliografía	
Metcalf & Eddy. Wastewater Engineering. Treatment and resource recovery. 5º Edición. McGraw-Hill. 2014.	Bibliografía	
Aplicacion en Moodle	Recursos web	
Biblioteca de la ETSICCP y laboratorio del grupo de investigacion.	Equipamiento	

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

La asignatura se relaciona con el ODS6 fundamentalmente y también parcialmente con los ODS 7 y 14