



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de
Telecomunicacion

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

95000523 - Aprendizaje Automático

PLAN DE ESTUDIOS

09ID - Grado En Ingenieria Y Sistemas De Datos

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	16
9. Otra información.....	17

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	95000523 - Aprendizaje Automático
No de créditos	6 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Tercero curso
Semestre	Quinto semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	09ID - Grado en Ingeniería y Sistemas de Datos
Centro responsable de la titulación	09 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Telecomunicacion
Curso académico	2022-23

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Carlos Angel Iglesias Fernandez (Coordinador/a)	C-211	carlosangel.iglesias@upm.es	Sin horario. Acordar la tutoría por correo electrónico.
Oscar Araque Iborra	C-212	o.araque@upm.es	Sin horario. Acordar la tutoría por correo electrónico

Jose Manuel Pardo Muñoz	C-224	josemanuel.pardom@upm.es	Sin horario. Acordar las tutorías por correo electrónico.
Fernando Fernandez Martinez	B-109	fernando.fernandezm@upm.es	Sin horario. Acordar las tutorías por correo electrónico.

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

2.3. Profesorado externo

Nombre	Correo electrónico	Centro de procedencia
Sara Lana	sara.lana@upm.es	ETSIST

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Bases De Datos Relacionales Y Datos Estructurados
- Probabilidad Y Señales Aleatorias
- Inferencia Estadística Y Series Temporales
- Programación
- Teoría De La Información
- Programación Para Big Data
- Bases De Datos No Relacionales Y Distribuidas

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Grado en Ingeniería y Sistemas de Datos no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CB01 - Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio

CB02 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio

CB03 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética

CB04 - Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado

CB05 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía

CE05 - Que los estudiantes sean capaces de analizar los requisitos e identificar los riesgos de un proyecto de ingeniería de datos y sistemas en el ámbito de la ingeniería de telecomunicación a partir de la comprensión del ciclo de vida completo del dato.

CE13 - Que los estudiantes sean capaces de aplicar sus conocimientos sobre los fundamentos de las técnicas de aprendizaje automático y de visualización de datos a la ingeniería de datos y sistemas en el ámbito de la ingeniería de telecomunicación.

CG01 - Tener capacidad de trabajar en entornos internacionales y multidisciplinares, haciendo uso de la lengua inglesa en forma oral y escrita.

CG02 - Desarrollar la capacidad de trabajar en equipo empleando metodologías ágiles para diseñar soluciones eficientes, fiables y robustas.

CG03 - Ser capaz de explicar de forma oral o escrita las soluciones planteadas para la resolución de un problema.

CG04 - Saber identificar y utilizar las herramientas de las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones más adecuadas para plantear y construir soluciones a problemas

CG05 - Tener la capacidad de concebir y proponer soluciones creativas aplicando los métodos científico y de ingeniería para la definición y resolución de problemas formalizando los objetivos buscados y considerando los recursos disponibles.

CG09 - Desarrollar la capacidad de aprendizaje a lo largo de la vida (lifelong learning) para adaptarse a un sector tecnológico en continua evolución.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA093 - Conocer las técnicas más representativas y actuales de aprendizaje no supervisado, supervisado, y por refuerzo.

RA094 - Manejar las herramientas y entornos de trabajo más actuales en el ámbito del aprendizaje automático.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

El aprendizaje automático es una disciplina de la inteligencia artificial cuyo objetivo es que se pueda realizar mejor una tarea mediante la experiencia. En esta asignatura el alumno aprenderá qué es el aprendizaje automático, su evolución histórica, los principales paradigmas para diseñar métodos de aprendizaje, y las formas de evaluación de los mismos.

El aprendizaje automático es una de las tareas que habitualmente se realiza en la fase de análisis de los datos dentro del ciclo de vida del dato, tras los procesos de ingestión y preprocesamiento. El aprendizaje automático representa una gran oportunidad para que las empresas puedan conocer mejor los datos con los que operan, descubriendo nuevos patrones que les permiten valorizar estos datos y optimizar sus procesos de negocio.

Esta asignatura se enmarca en un bloque de asignaturas que desarrollan la materia de aprendizaje automático, y sigue un enfoque teórico-práctico, complementándose con actividades prácticas.

En esta materia el alumno

- Conocerá las técnicas más representativas y actuales de aprendizaje no supervisado, supervisado, y por refuerzo.

- Aprenderá a programar y manejar las herramientas y entornos de trabajo más actuales en el ámbito del aprendizaje automático.
- Aprenderá a desarrollar un proyecto completo de aprendizaje automático, incluyendo todas las fases del ciclo de vida del dato.

5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción

- 1.1. Introducción. Taxonomía y tipos de modelos de aprendizaje automático.
- 1.2. Evaluación, selección y optimización de modelos. Métricas y proceso de evaluación.

2. Modelado

- 2.1. Tipos de modelado: geométrico, gráfico, bayesiano, árbol, neuronal y evolutivo.
- 2.2. Modelado geométrico. Modelos lineales (perceptrón, SVM) y de distancia (kNN, k-means).
- 2.3. Modelado en árbol (ID3) y de ensamblado (bagging, boosting y stacking).
- 2.4. Modelado evolutivo. Tipos de algoritmos evolutivos. Algoritmos genéticos.

3. Aprendizaje supervisado

- 3.1. Clasificación y regresión.
- 3.2. Regresión lineal y descenso de gradiente.

4. Redes neuronales

- 4.1. Concepto de Red Neuronal. Tipos de redes (perceptrón, prealimentadas o progresivas, recurrentes y convolucionales). Aplicaciones. Aprendizaje profundo.
- 4.2. Perceptrón multicapa. Retropropagación.

5. Aprendizaje no supervisado

- 5.1. Agrupamiento. Análisis k-means. DBSCAN.
- 5.2. Reglas de asociación. Algoritmo APriori.
- 5.3. Reducción de dimensionalidad. PCA. SVD.
- 5.4. Selección de características de forma no supervisada.

6. Aprendizaje por refuerzo

- 6.1. Concepto de Aprendizaje por Refuerzo. Procesos de Decisión Markovianos.
- 6.2. Implementaciones con conocimiento del modelo. Programación dinámica. Iteración por valores y por políticas. Implementaciones sin conocimiento del modelo. Q-Learning.

6.3. Aplicaciones y nuevas direcciones en aprendizaje por refuerzo.

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Tema 1. Introducción Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	Tema 2. Modelado Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Tema 1. Introducción Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		PEI1 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 00:00
3	Tema 3. Aprendizaje supervisado Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	Tema 3. Aprendizaje supervisado. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Tema 2. Modelado Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		PEI2 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 00:00
5	Tema 3. Aprendizaje supervisado Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	Tema 4. Redes neuronales Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Tema 3. Aprendizaje supervisado. Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		PEI3 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 00:00
7	Tema 4. Redes neuronales Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
8	Tema 4. Redes neuronales Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			PEI4 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 00:00
9	Tema 5. Aprendizaje no supervisado Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			PEG1 PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 01:00 E1 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00

10	Tema 5. Aprendizaje no supervisado Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
11	Tema 5. Aprendizaje no supervisado Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Tema 5. Aprendizaje no supervisado. Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
12	Tema 6. Aprendizaje por refuerzo Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			PEI5 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 00:00
13	Tema 6. Aprendizaje por refuerzo Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Tema 6. Aprendizaje por refuerzo. Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		
14		Tema 6. Aprendizaje por refuerzo. Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		PEI6 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 00:00 PEG2 PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 02:00
15				
16				
17				E1 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 01:00 E2 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 01:00 PEI1, PEI2, PEI3, PEI4, PEI5, PEI6 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación sólo prueba final No presencial Duración: 00:00

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 (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	PEI1	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	5%	/ 10	CE13 CG03 CG04 CB05 CG01 CB01 CB02 CB03 CE05 CB04 CG09 CG05
4	PEI2	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	5%	/ 10	CB05 CE13 CG03 CG04 CG01 CB01 CB02 CB03 CE05 CB04 CG09 CG05
6	PEI3	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	5%	/ 10	CB05 CE13 CG04 CG01 CB01 CB02 CB03 CE05 CB04 CG09 CG05

8	PEI4	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	5%	/ 10	CB05 CE13 CG03 CG04 CG01 CB01 CB02 CB03 CE05 CB04 CG09 CG05
9	PEG1	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	01:00	10%	4 / 10	CG04 CG03 CG01 CB01 CB02 CB03 CE05 CB04 CG09 CG05
9	E1	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	30%	4 / 10	CB05 CE13 CG03 CG04 CG01 CB01 CB02 CB03 CE05 CB04 CG09 CG05
12	PEI5	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	5%	/ 10	CG03 CG04 CG01 CB01 CB02 CB03 CE05 CB05 CE13 CB04 CG09 CG05
14	PEI6	TI: Técnica del tipo Trabajo	Presencial	00:00	5%	/ 10	CB05 CE13 CG03 CG04 CG01 CB01 CB02

		Individual					CB03 CE05 CB04 CG09 CG05
14	PEG2	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	02:00	10%	/ 10	CB05 CG02 CE13 CG03 CG04 CG01 CB01 CB02 CB03 CE05 CB04 CG09 CG05
17	E2	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	20%	4 / 10	CB05 CE13 CG03 CG04 CG01 CB01 CB02 CB03 CE05 CB04 CG09 CG05

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
9	PEG1	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	01:00	10%	4 / 10	CG04 CG03 CG01 CB01 CB02 CB03 CE05 CB04 CG09 CG05
14	PEG2	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	02:00	10%	/ 10	CB05 CG02 CE13 CG03 CG04 CG01 CB01 CB02 CB03

							CE05 CB04 CG09 CG05
17	E1	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	30%	4 / 10	CB05 CE13 CG03 CG04 CG01 CB01 CB02 CB03 CE05 CB04 CG09 CG05
17	E2	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	20%	4 / 10	CB05 CE13 CG03 CG04 CG01 CB01 CB02 CB03 CE05 CB04 CG09 CG05
17	PEI1, PEI2, PEI3, PEI4, PEI5, PEI6	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	30%	4 / 10	CG03 CG04 CG01 CB01 CB02 CB03 CE05 CB04 CG09 CG05 CB05 CE13

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
E1	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	30%	4 / 10	CG04 CG01 CB01 CB02 CB03 CE05 CB04 CG09 CG05 CE13 CG03
E2	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	20%	4 / 10	CB05 CE13 CG03 CG04 CG01 CB01 CB02 CB03 CE05 CB04 CG09 CG05
PEI1, PEI2, PEI3, PEI4, PEI5, PEI6	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	30%	4 / 10	CB05 CE13 CG03 CG04 CG01 CB01 CB02 CB03 CE05 CB04 CG09 CG05
PEG1+PEG2	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	00:00	20%	4 / 10	CB05 CG02 CE13 CG03 CG04 CG01 CB01 CB02 CB03 CE05 CG05 CB04 CG09

7.2. Criterios de evaluación

La evaluación progresiva se encuentra formada por diez pruebas/actividades, que se muestran en la tabla siguiente (nombre prueba, tipo prueba, contenido evaluado y peso sobre nota final) según un orden cronológico:

PEI1. Primera práctica	Práctica individual	Tema 1	5%
PEI2. Segunda práctica	Práctica individual	Tema 2	5%
PEI3. Tercera práctica	Práctica individual	Tema 3	5%
PEI4. Cuarta práctica	Práctica individual	Tema 4	5%
PEG1. Primera práctica grupal	Trabajo y presentación en grupo	Temas del 1 al 4	10%
E1. Primer examen	Examen tipo test	Temas del 1 al 4	30%
PEI5. Quinta práctica	Práctica individual	Tema 5	5%
PEI6. Sexta práctica	Práctica individual	Tema 6	5%
PEG2. Segunda práctica grupal	Trabajo y presentación en grupo	Temas 5 y 6	10%
E2. Segundo examen	Examen	Temas 5 y 6	20%

La nota final se calculará a partir de la calificación obtenida en cada una de las pruebas, aplicando los siguientes criterios:

- La calificación de las pruebas de evaluación individuales (PEI1- PEI6) se obtendrá a partir de las prácticas entregadas.
- La calificación de las pruebas de evaluación grupales (PEG1 y PEG2) se obtendrá a partir de las prácticas entregadas.
- Para superar la asignatura:

a) se deberá haber alcanzado una calificación mínima de 5 puntos en la nota final.

b) se debe obtener al menos, 4 puntos sobre 10 en la calificación ponderada de los dos exámenes de evaluación (E1 y E2).

c) se deben haber entregado todas las prácticas individuales (PEI1, PEI2, PEI3, PEI4, PEI5 y PEI6) con una nota mínima de 4 puntos sobre 10 en la calificación ponderada de las mismas.

- Aquellos estudiantes que habiendo obtenido una nota final igual o superior a 5 puntos no satisfagan los criterios b) o c), serán calificados con 4.5 puntos.

La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura. Por tanto, la evaluación en la convocatoria ordinaria (progresiva o global) y extraordinaria usará los mismos tipos de técnicas evaluativas que en la evaluación de la convocatoria ordinaria. Es decir, se aplicarán los mismos pesos a las pruebas realizadas en todas las convocatorias.

Las pruebas en grupo (PEG1 y PEG2) no son recuperables, y todos los alumnos debe realizarlas en las mismas fechas que los alumnos de evaluación progresiva, independientemente de si realizan evaluación progresiva o global.

En la **evaluación global** se deberán entregar todas las pruebas de la evaluación progresiva: las prácticas (PEI1,PEI2,PEI3,PEI4,PEI5,PEI6) y realizar los exámenes (E1, E2). Para superar la asignatura se aplican los mismos criterios que en la evaluación progresiva.

En la **evaluación extraordinaria** se deberán entregar todas las pruebas de la evaluación progresiva: las prácticas (PEI1,PEI2,PEI3,PEI4,PEI5,PEI6), las prácticas grupales (PEG1 y PEG2), y realizar los exámenes (E1, E2). Para superar la asignatura se aplican los mismos criterios que en la evaluación ordinaria.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Artificial Intelligence, A Modern Approach, 3rd Ed, Russell & Norvig, Prentice Hall, 2016.	Bibliografía	
Machine Learning: The Art and Science of Algorithms that Make Sense of Data, Peter Flach, CUP, 2012.	Bibliografía	
Python Machine Learning, S. Raschka, Packt, 2015.	Bibliografía	
Reinforcement Learning: an Introduction, Sutton & Barto, MIT, 2018.	Bibliografía	
Genetic Algorithms Essentials, Kramer, Springer, 2017.	Bibliografía	
Machine Learning with Scikit-learn Quick Start Guide: Classification, regression, and clustering techniques in Python, Jolly, Packt, 2018.	Bibliografía	
Hands-On Intelligent Agents with OpenAI Gym: Your guide to developing AI agents using deep reinforcement learning, Palanisamy, Packt, 2018	Bibliografía	

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

El aprendizaje automático es ampliamente empleado en las tecnologías de la información y la comunicación. Se fomentará la aplicación de estas técnicas para la modernización de infraestructuras fiables, sostenibles y de calidad para contribuir al objetivo de desarrollo sostenible 9, contribuyendo al compromiso de la Universidad Politécnica de Madrid de implantar institucionalmente los compromisos de desarrollo sostenibles.