

# Guía docente

## 2706320 - TOML - Temas Sobre Optimización y Aprendizaje Automático

Última modificación: 04/02/2025

**Unidad responsable:** Facultad de Informática de Barcelona  
**Unidad que imparte:** 701 - DAC - Departamento de Arquitectura de Computadores.

**Titulación:** MÁSTER UNIVERSITARIO EN INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN EN INFORMÁTICA (Plan 2012). (Asignatura optativa).

**Curso:** 2024      **Créditos ECTS:** 6.0      **Idiomas:** Inglés

### PROFESORADO

---

**Profesorado responsable:** JOSE MARIA BARCELÓ ORDINAS

**Otros:** Segon quadrimestre:  
JOSE MARIA BARCELÓ ORDINAS - 10  
JORGE GARCÍA VIDAL - 10

### CAPACIDADES PREVIAS

---

Recomendado haber cursado previamente el curso "nálisis Estadístico de Redes y Sistemas (SANS-MIRI)"

### COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

---

#### Específicas:

CEE2.1. Capacidad para entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con los sistemas distribuidos, así como poder diseñar y evaluar algoritmos y sistemas que traten la problemática de la distribución y ofrezcan servicios distribuidos

CEE2.2. Capacidad de entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con las redes de computadores, así como poder diseñar y evaluar algoritmos, protocolos y sistemas que traten la problemática de la redes de comunicación entre computadores.

CEE2.3. Capacidad de entender los modelos, problemas y herramientas matemáticas que permiten analizar, diseñar y evaluar redes de computadores y sistemas distribuidos.

#### Genéricas:

CG3. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y diseño experimental en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación e innovación en todos los ámbitos de la Informática.

#### Transversales:

CTR6. RAZONAMIENTO: Capacidad de razonamiento crítico, lógico y matemático. Capacidad para resolver problemas dentro de su área de estudio. Capacidad de abstracción: capacidad de crear y utilizar modelos que reflejen situaciones reales. Capacidad de diseñar y realizar experimentos sencillos, y analizar e interpretar sus resultados. Capacidad de análisis, síntesis y evaluación.

#### Básicas:

CB6. Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CB8. Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

### METODOLOGÍAS DOCENTES

---

Durante las sesiones iniciales de cada tema, los principales resultados se explicarán en la pizarra. El estudiante resolverá algunos ejercicios para probar sus habilidades en el tema. Finalmente, los estudiantes desarrollarán proyecto para los temas estudiados.



## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

- 1.Capacidad para formular un problema de optimización convexa
- 2.Capacidad para resolver problemas de optimización no lineal.
- 3.Capacidad de aplicar a un problema real temas relacionados con la optimización
- 4.Capacidad de entender los algoritmos básicos de aprendizaje de la máquina
- 5.Capacidad de aplicar los algoritmos de aprendizaje de la máquina a escenarios reales.
- 6.Capacidad para comprender las redes neuronales y los algoritmos de aprendizaje profundo
- 7.Capacidad para aplicar redes neuronales y algoritmos de aprendizaje profundo a escenarios reales

## HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	54,0	36.00
Horas aprendizaje autónomo	96,0	64.00

Dedicación total: 150 h

## CONTENIDOS

### Fundamentos de la optimización de la convexidad

#### Descripción:

En este tema introduciremos los conceptos del hombre de la optimización no lineal con especial énfasis en la optimización convexa. Específicamente veremos: conjuntos convexos, funciones convexas, problemas de optimización convexa (COP) y dualidad (función dual de Lagrange, condiciones óptimas de KKT), métodos para resolver COP (Métodos de Descenso General, Métodos de Puntos Interiores)

### Aplicaciones a los temas de aprendizaje de la máquina

#### Descripción:

Ejemplos de cómo se aplica la optimización en el campo del aprendizaje automático en redes informáticas y redes distribuidas. En concreto, se explicarán métodos supervisados como la regresión lineal múltiple con regularización (ridge regression y lasso), los métodos de vecinos más cercanos, la regresión kernel (RKHS) y los procesos gaussianos, las máquinas de vectores de soporte, el bootstrapping, el bosque aleatorio, y métodos no supervisados como los métodos de clustering con k-means, el clustering jerárquico, la mezcla de gaussianos y el algoritmo de maximización de expectativas.

### Redes neuronales y aprendizaje profundo

#### Descripción:

En este capítulo se estudian los conceptos básicos relacionados con las redes neuronales y el aprendizaje profundo aplicados a las redes informáticas y a los sistemas distribuidos. En concreto, introducción a las redes neuronales, algoritmo de retropropagación, SGD, técnicas de regularización y revisión de las arquitecturas de NN más importantes, incluyendo las el multilayer perceptron (MLP), redes neuronales convolucionales (CNN), redes neuronales recurrentes (RNN) y codificadores automáticos.

## ACTIVIDADES

### Conceptos básicos de optimización convexa

#### Objetivos específicos:

1, 2, 3

#### Competencias relacionadas:

CB8. Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CB6. Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CEE2.2. Capacidad de entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con las redes de computadores, así como poder diseñar y evaluar algoritmos, protocolos y sistemas que traten la problemática de la redes de comunicación entre computadores.

CEE2.3. Capacidad de entender los modelos, problemas y herramientas matemáticas que permiten analizar, diseñar y evaluar redes de computadores y sistemas distribuidos.

CEE2.1. Capacidad para entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con los sistemas distribuidos, así como poder diseñar y evaluar algoritmos y sistemas que traten la problemática de la distribución y ofrezcan servicios distribuidos

CG3. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y diseño experimental en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación e innovación en todos los ámbitos de la Informática.

CTR6. RAZONAMIENTO: Capacidad de razonamiento crítico, lógico y matemático. Capacidad para resolver problemas dentro de su área de estudio. Capacidad de abstracción: capacidad de crear y utilizar modelos que reflejen situaciones reales. Capacidad de diseñar y realizar experimentos sencillos, y analizar e interpretar sus resultados. Capacidad de análisis, síntesis y evaluación.

#### Dedicación: 33h

Aprendizaje autónomo: 15h

Grupo grande/Teoría: 18h

### Aplicaciones a temas de aprendizaje automático

#### Objetivos específicos:

3, 4

#### Competencias relacionadas:

CB8. Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CB6. Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CEE2.2. Capacidad de entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con las redes de computadores, así como poder diseñar y evaluar algoritmos, protocolos y sistemas que traten la problemática de la redes de comunicación entre computadores.

CEE2.3. Capacidad de entender los modelos, problemas y herramientas matemáticas que permiten analizar, diseñar y evaluar redes de computadores y sistemas distribuidos.

CEE2.1. Capacidad para entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con los sistemas distribuidos, así como poder diseñar y evaluar algoritmos y sistemas que traten la problemática de la distribución y ofrezcan servicios distribuidos

CG3. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y diseño experimental en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación e innovación en todos los ámbitos de la Informática.

CTR6. RAZONAMIENTO: Capacidad de razonamiento crítico, lógico y matemático. Capacidad para resolver problemas dentro de su área de estudio. Capacidad de abstracción: capacidad de crear y utilizar modelos que reflejen situaciones reales. Capacidad de diseñar y realizar experimentos sencillos, y analizar e interpretar sus resultados. Capacidad de análisis, síntesis y evaluación.

#### Dedicación: 33h

Aprendizaje autónomo: 15h

Grupo grande/Teoría: 18h



### Redes neuronales y aprendizaje profundo

#### Objetivos específicos:

3, 6

#### Competencias relacionadas:

CB8. Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CB6. Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CEE2.2. Capacidad de entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con las redes de computadores, así como poder diseñar y evaluar algoritmos, protocolos y sistemas que traten la problemática de la redes de comunicación entre computadores.

CEE2.3. Capacidad de entender los modelos, problemas y herramientas matemáticas que permiten analizar, diseñar y evaluar redes de computadores y sistemas distribuidos.

CEE2.1. Capacidad para entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con los sistemas distribuidos, así como poder diseñar y evaluar algoritmos y sistemas que traten la problemática de la distribución y ofrezcan servicios distribuidos

CG3. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y diseño experimental en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación e innovación en todos los ámbitos de la Informática.

CTR6. RAZONAMIENTO: Capacidad de razonamiento crítico, lógico y matemático. Capacidad para resolver problemas dentro de su área de estudio. Capacidad de abstracción: capacidad de crear y utilizar modelos que reflejen situaciones reales. Capacidad de diseñar y realizar experimentos sencillos, y analizar e interpretar sus resultados. Capacidad de análisis, síntesis y evaluación.

#### Dedicación: 33h

Aprendizaje autónomo: 15h

Grupo grande/Teoría: 18h

### Entrega del proyecto de programación de ejercicios de optimización no-lineal

#### Objetivos específicos:

1, 2

#### Competencias relacionadas:

CB6. Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CEE2.3. Capacidad de entender los modelos, problemas y herramientas matemáticas que permiten analizar, diseñar y evaluar redes de computadores y sistemas distribuidos.

CG3. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y diseño experimental en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación e innovación en todos los ámbitos de la Informática.

CTR6. RAZONAMIENTO: Capacidad de razonamiento crítico, lógico y matemático. Capacidad para resolver problemas dentro de su área de estudio. Capacidad de abstracción: capacidad de crear y utilizar modelos que reflejen situaciones reales. Capacidad de diseñar y realizar experimentos sencillos, y analizar e interpretar sus resultados. Capacidad de análisis, síntesis y evaluación.

#### Dedicación: 12h

Aprendizaje autónomo: 12h



**Entrega del proyecto de programación para la optimización de un protocolo de control de acceso al medio (MAC) en una red de sensores inalámbrica,**

**Objetivos específicos:**

2, 3

**Competencias relacionadas:**

CB8. Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CB6. Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CEE2.2. Capacidad de entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con las redes de computadores, así como poder diseñar y evaluar algoritmos, protocolos y sistemas que traten la problemática de la redes de comunicación entre computadores.

CEE2.3. Capacidad de entender los modelos, problemas y herramientas matemáticas que permiten analizar, diseñar y evaluar redes de computadores y sistemas distribuidos.

CEE2.1. Capacidad para entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con los sistemas distribuidos, así como poder diseñar y evaluar algoritmos y sistemas que traten la problemática de la distribución y ofrezcan servicios distribuidos

CG3. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y diseño experimental en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación e innovación en todos los ámbitos de la Informática.

CTR6. RAZONAMIENTO: Capacidad de razonamiento crítico, lógico y matemático. Capacidad para resolver problemas dentro de su área de estudio. Capacidad de abstracción: capacidad de crear y utilizar modelos que reflejen situaciones reales. Capacidad de diseñar y realizar experimentos sencillos, y analizar e interpretar sus resultados. Capacidad de análisis, síntesis y evaluación.

**Dedicación:** 12h

Aprendizaje autónomo: 12h

**Entrega del proyecto de calibración de sensores usando técnicas de aprendizaje máquina (MLR, KNN, SVR, RF, GP),**

**Objetivos específicos:**

3, 4, 5

**Competencias relacionadas:**

CB8. Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CB6. Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CEE2.2. Capacidad de entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con las redes de computadores, así como poder diseñar y evaluar algoritmos, protocolos y sistemas que traten la problemática de la redes de comunicación entre computadores.

CEE2.3. Capacidad de entender los modelos, problemas y herramientas matemáticas que permiten analizar, diseñar y evaluar redes de computadores y sistemas distribuidos.

CEE2.1. Capacidad para entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con los sistemas distribuidos, así como poder diseñar y evaluar algoritmos y sistemas que traten la problemática de la distribución y ofrezcan servicios distribuidos

CG3. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y diseño experimental en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación e innovación en todos los ámbitos de la Informática.

CTR6. RAZONAMIENTO: Capacidad de razonamiento crítico, lógico y matemático. Capacidad para resolver problemas dentro de su área de estudio. Capacidad de abstracción: capacidad de crear y utilizar modelos que reflejen situaciones reales. Capacidad de diseñar y realizar experimentos sencillos, y analizar e interpretar sus resultados. Capacidad de análisis, síntesis y evaluación.

**Dedicación:** 13h

Aprendizaje autónomo: 13h

## Entrega del proyecto usando una red neuronal

### Objetivos específicos:

3, 6, 7

### Competencias relacionadas:

CB8. Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CB6. Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CEE2.2. Capacidad de entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con las redes de computadores, así como poder diseñar y evaluar algoritmos, protocolos y sistemas que traten la problemática de la redes de comunicación entre computadores.

CEE2.3. Capacidad de entender los modelos, problemas y herramientas matemáticas que permiten analizar, diseñar y evaluar redes de computadores y sistemas distribuidos.

CEE2.1. Capacidad para entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con los sistemas distribuidos, así como poder diseñar y evaluar algoritmos y sistemas que traten la problemática de la distribución y ofrezcan servicios distribuidos

CG3. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y diseño experimental en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación e innovación en todos los ámbitos de la Informática.

CTR6. RAZONAMIENTO: Capacidad de razonamiento crítico, lógico y matemático. Capacidad para resolver problemas dentro de su área de estudio. Capacidad de abstracción: capacidad de crear y utilizar modelos que reflejen situaciones reales. Capacidad de diseñar y realizar experimentos sencillos, y analizar e interpretar sus resultados. Capacidad de análisis, síntesis y evaluación.

### Dedicación: 14h

Aprendizaje autónomo: 14h

## SISTEMA DE CALIFICACIÓN

La evaluación se basa en el desarrollo de 4 proyectos (cada proyecto vale igual) y 2 exámenes escritos. La nota final del curso (FM) será:

$$FM = 0.6 \cdot (P1+P2+P3+P4) + 0.15 \cdot Ex1 + 0.25 \cdot Ex2.$$

Para cada proyecto se entrega un reporte de investigación donde se analiza el problema propuesto, se describe la metodología de resolución y se describen los resultados y conclusiones. Se evaluará la capacidad del alumno para demostrar entendimiento y comprensión de la teoría, capacidad de razonamiento y de comunicar resultados (competencias CG3, CEE2.2, CEE2.3, CEE2.1, CB8, CTR6).

En los exámenes escritos, se les dará una lista de conceptos teóricos relacionados con los temas de la asignatura en los que tienen que demostrar una comprensión y entendimiento. En el examen se les pedirá que expliquen la comprensión que tienen sobre esos conceptos (competencias CG3, CEE2.3, CB6, CTR6).

## BIBLIOGRAFÍA

### Básica:

- Bishop, Christopher M. Pattern recognition and machine learning. New York: Springer, 2006. ISBN 0387310738.
- Theodoridis, S. Machine learning : a bayesian and optimization perspective. 2nd ed. London: Elsevier Academic Press, 2020. ISBN 9780128188033.
- Goodfellow, Ian; Bengio, Yoshua; Courville, Aaron. Deep learning. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, [2016]. ISBN 9780262035613.

## RECURSOS

### Enlace web:

- <http://www.stanford.edu/~boyd/cvxbook/>- <https://www.deeplearningbook.org>