



Proyecto/Guía docente de la asignatura

Asignatura	TÉCNICAS COMPUTACIONALES EN BIOMEDICINA		
Materia	INFORMÁTICA		
Módulo			
Titulación	GRADO EN INGENIERÍA BIOMÉDICA		
Plan	637	Código	47528
Periodo de impartición	PRIMER CUATRIMESTRE	Tipo/Carácter	OBLIGATORIO
Nivel/Ciclo	GRADO	Curso	TERCERO
Créditos ECTS	6		
Lengua en que se imparte	CASTELLANO		
Profesor/es responsable/s	DANIEL ÁLVAREZ GONZÁLEZ, MARIO MARTÍNEZ ZARZUELA		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	daniel.alvarez.gonzalez@uva.es mario.martinez@tel.uva.es		
Departamento	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		



1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

Esta asignatura está enmarcada dentro de la materia “Informática”, que consta de dos asignaturas, una de formación básica (“Fundamentos de programación”) y otra obligatoria (“Técnicas Computacionales en Biomedicina”) del Grado en Ingeniería Biomédica. La asignatura “Técnicas Computacionales en Biomedicina” se imparte en el primer cuatrimestre del tercer curso.

El Ingeniero Biomédico debe conocer lenguajes de programación y herramientas software que permitan desarrollar nuevos sistemas de ayuda a la toma de decisiones clínicas: modelos predictivos de gestión de pacientes y recursos sanitarios, modelos automáticos de ayuda al diagnóstico y tratamiento de los pacientes, etc. En esta asignatura, los estudiantes se formarán en las metodologías de diseño y posterior implementación software de sistemas de Inteligencia Artificial en el campo de la Biomedicina y, en particular, en el diseño, desarrollo y validación de sistemas de Aprendizaje Automático (*Machine Learning*) para el procesado de datos multidimensionales generados en el sector biosanitario.

A diferencia de los sistemas basados en la codificación de reglas a partir del conocimiento humano (*knowledge driven*), los sistemas basados en aprendizaje automático se caracterizan por construir modelos de decisión a partir de los datos (*data driven*). Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones se han integrado completamente en el sector biosanitario, especialmente a nivel de gestión y digitalización. La alta disponibilidad actual de datos e historiales médicos digitalizados, ya sea en forma de imagen o de texto, ofrece un gran potencial para el desarrollo de aplicaciones de sistemas inteligentes en el ámbito clínico. En el futuro cercano se espera un incremento aún mayor en la utilización de la Inteligencia Artificial y se desarrollarán herramientas imprescindibles que permitirán complementar y optimizar la práctica clínica actual. Por ello, surge la necesidad de formar profesionales capaces de, entre otras cuestiones, diseñar e implementar métodos de procesado automático de datos clínicos multidimensionales que den lugar a nuevos sistemas de ayuda a la toma de decisiones clínicas. En este contexto, se enmarca la asignatura de “Técnicas Computacionales en Biomedicina”.

1.2 Relación con otras materias

Esta asignatura está relacionada con la asignatura “Fundamentos de Programación”, del segundo cuatrimestre del primer curso, en el que se establecen las bases para los lenguajes de programación en general y del lenguaje interpretado Python en particular. También tiene relación con la asignatura “Señales Biomédicas”, en la que se trabaja con el lenguaje interpretado Matlab® en el contexto del procesado de diferentes señales fisiológicas. Ambos lenguajes de programación son los más ampliamente utilizados en el campo de la Inteligencia Artificial y serán los empleados en esta asignatura. Posteriormente, esta asignatura proporcionará a los alumnos conocimientos fundamentales para la asignatura obligatoria “Procesado de Señal e Imagen Médica”, que se imparte en tercer curso, en la que se amplían algunas de las metodologías de procesado automático de datos multidimensionales introducidas en la presente asignatura.



1.3 Prerrequisitos

No existen condiciones previas excluyentes para cursar esta asignatura, si bien se recomienda haber cursado las asignaturas “Fundamentos de Programación” y “Señales Biomédicas”, del segundo cuatrimestre del primer y segundo curso, respectivamente, para tener conocimientos básicos de manejo del entorno de programación Matlab y conocimientos de programación con lenguaje Python.





2. Competencias

2.1 Generales

- CB1.** 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.
- CB2.** 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.
- CB3.** 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.
- CB5.** Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

- CG1.** Adquirir conocimientos y habilidades adecuados para analizar y sintetizar problemas básicos relacionados con la ingeniería y las ciencias biomédicas, resolverlos utilizando el método científico y comunicarlos de forma eficiente.
- CG2.** Conocer las bases científicas y técnicas de la ingeniería biomédica, de modo que se facilite el aprendizaje de nuevos métodos y tecnologías, así como el desarrollo de una gran versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.
- CG3.** Adquirir la capacidad de resolver problemas con iniciativa y creatividad, así como de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas, comprendiendo la responsabilidad ética, social y profesional de la actividad del ingeniero biomédico.
- CG4.** Trabajar de forma adecuada en un laboratorio, incluyendo los aspectos de seguridad, manipulación de materiales y eliminación de residuos.
- CG5.** Adquirir, analizar, interpretar y gestionar información.

- CT1.** Desarrollar capacidades de comunicación interpersonal y aprender a trabajar en equipos multidisciplinares, multiculturales e internacionales.
- CT2.** Capacidad de organizar y planificar su trabajo tomando las decisiones correctas basadas en la información disponible, reuniendo e interpretando datos relevantes para emitir juicios dentro de su área de estudio.
- CT3.** Desarrollar capacidades de aprendizaje autónomo y de por vida.

2.2 Específicas

- CE20.** Implementar algoritmos en lenguajes de programación modernos y especialmente relevantes en Ingeniería Biomédica.
- CE21.** Conocer y emplear técnicas de computación intensiva, paralela, distribuida y en la nube para el ámbito de la Ingeniería Biomédica.
- CE23.** Integrar conocimientos multidisciplinares asociados a la ingeniería, biología y medicina.

3. Objetivos

Al finalizar la asignatura el estudiante deberá ser capaz de:

- Conocer los conceptos y estrategias fundamentales de las técnicas de Aprendizaje Automático.
- Conocer el objetivo y las etapas metodológicas básicas para el correcto diseño de sistemas de procesado automático de datos multidimensionales.
- Implementar y aplicar modelos de Aprendizaje Automático para resolver problemas biomédicos.
- Conocer las herramientas de evaluación de rendimiento de modelos predictivos y su interpretación en el ámbito de la biomedicina.
- Aprender los conceptos fundamentales para el diseño y entrenamiento de redes neuronales basadas en Aprendizaje Profundo.
- Conocer las bases de herramientas y *frameworks* para implementar modelos de Aprendizaje Profundo
- Aprender los bases de funcionamiento de arquitecturas de procesamiento masivamente paralelas tipo GPU y TPU.
- Aprender los conceptos básicos sobre programación de arquitecturas tipo GPU.
- Gestionar bibliografía, documentación y software específicos.



4. Contenidos y/o bloques temáticos

La asignatura consta de tres bloques temáticos, cada uno de ellos dividido en 6 (Bloque I), 5 (Bloque II) y 1 (Bloque 3) temas, respectivamente.

Bloque 1: “Fundamentos de Aprendizaje Automático”

Carga de trabajo en créditos ECTS: 3

a. Contextualización y justificación

El primer bloque temático está centrado en la adquisición de los conceptos fundamentales del Aprendizaje Automático, estando dividido en seis temas. El Tema 1 proporciona una visión global del análisis de datos multidimensionales, en el que se describen los principales enfoques para abordar diferentes problemas biomédicos, así como las principales etapas de diseño y métricas de evaluación de modelos predictivos. En el Tema 2 se estudian las técnicas de *bootstrapping*, que son comúnmente empleadas en diferentes etapas del diseño y optimización de modelos predictivos por su robustez estadística y capacidad de generalización. En el Tema 3 se abordan las técnicas de evolución computacional, con especial atención a los algoritmos genéticos y su aplicación a la optimización de subespacios multivariantes. Los dos siguientes temas se centran en el procesamiento de datos multidimensionales mediante técnicas de *machine learning*. El Tema 4 está dedicado a la combinación masiva de clasificadores (*ensemble learning*) mientras que el Tema 5 se centra en las técnicas de clústering. Finalmente, el Tema 6 aborda de forma descriptiva la utilización de sistemas inteligentes en el sector sanitario. En cada uno de estos temas, se estudian los fundamentos teóricos, su implementación en el entorno de programación Matlab® y sus principales aplicaciones.

b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer los conceptos y estrategias fundamentales de las técnicas de Aprendizaje Automático.
- Conocer el objetivo y las etapas metodológicas básicas para el correcto diseño de sistemas de procesamiento automático de datos multidimensionales.
- Implementar y aplicar modelos de Aprendizaje Automático para resolver problemas biomédicos.
- Conocer las herramientas de evaluación de rendimiento de modelos predictivos y su interpretación en el ámbito de la biomedicina.

c. Contenidos

B1.1 – Introducción al procesamiento de datos multidimensionales

- 1.1.1 – Diseño de sistemas de ayuda a la toma de decisiones clínicas
- 1.1.2 – Métodos de aprendizaje computacional
- 1.1.3 – Evaluación de modelos predictivos en biomedicina
- 1.1.4 – Metodologías de entrenamiento y validación de modelos predictivos

B1.2 – Bootstrapping

- 1.2.1 – Introducción al *bootstrapping*
- 1.2.2 – Técnicas de *bootstrap*
- 1.2.3 – Integración del *bootstrapping* en el diseño de modelos predictivos

B1.3 – Evolución computacional

- 1.3.1 – Introducción a la evolución computacional
- 1.3.2 – Algoritmos genéticos
- 1.3.3 – Selección de variables mediante algoritmos genéticos
- 1.3.4 – Implementación de algoritmos genéticos en Matlab: *Global Optimization Toolbox*

B1.4 – Ensemble learning

- 1.4.1 – *Ensemble learning* vs. *machine learning* convencional
- 1.4.2 – Enfoques de *ensemble learning*: *bagging*, *boosting* y *stacking*
- 1.4.3 – Implementación de *ensemble algorithms* en Matlab: *Random Forest* y *Adaptive Boosting* en el “*Statistics and Machine Learning*” toolbox

B1.5 – Análisis de clusters

- 1.5.1 – Fundamentos de la agrupación no supervisada
- 1.5.2 – Técnicas de *clustering*
- 1.5.3 – Análisis de clusters en Matlab: *k-means* y *hierarchical clustering* en el “*Statistics and Machine Learning*” toolbox

B1.6 – Sistemas de ayuda a la toma de decisiones en el sector sanitario

- 1.6.1 – Ciencia de datos y big data en el sector sanitario
- 1.6.2 – Aplicaciones de ciencia de datos en medicina

PRÁCTICA B1.0 – Visita al Centro de Procesado de Datos (CPD) de la UVA**PRÁCTICA B1.1 – Bootstrapping y métricas de rendimiento predictivo****PRÁCTICA B1.2 – Diseño y validación de un modelo predictivo mediante algoritmos genéticos****d. Métodos docentes**

- Actividades presenciales:
 - Clase magistral participativa.
 - Prácticas de laboratorio.
 - Análisis de aplicaciones y casos de uso reales en las horas de seminario.
 - Tutorías y evaluación.
- Actividades no presenciales:
 - Trabajo individual: Estudio/trabajo personal.

e. Plan de trabajo

La siguiente Tabla refleja la distribución orientativa de los contenidos y actividades de la asignatura. Las horas de teoría y seminario se presentan de forma conjunta, mientras que las horas de laboratorio se especifican para cada práctica.

Temas	Duración aproximada (horas presenciales)	Periodo previsto de desarrollo
Presentación de la asignatura	2 horas	15/09/2021
TEMA 1. Introducción al procesado de datos multidimensionales	2 horas	22/09/2021
TEMA 2. Bootstrapping	2 horas	29/09/2021
TEMA 3. Evolución computacional	2 horas	06/10/2021
TEMA 4. Ensemble learning	2 horas	13/10/2021
TEMA 5. Clustering	2 horas	20/10/2021
TEMA 6. Sistemas de ayuda a la toma de decisiones en el sector sanitario	2 horas	27/10/2021
PRÁCTICA 0. Visita al Centro de Procesado de Datos (CPD) de la UVa	2 horas	16/09/2021 (grupo L1) 17/09/2021 (grupo L2)
PRÁCTICA 1. Bootstrapping y métricas de rendimiento predictivo	6 horas	23/09/2021 – 07/10/2021 (L1) 24/09/2021 – 08/10/2021 (L2)
PRÁCTICA 2. Diseño y validación de un modelo predictivo mediante algoritmos genéticos	6 horas	14/10/2021 – 28/10/2021 (L1) 15/10/2021 – 29/10/2021 (L2)

f. Evaluación

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Cuestionarios tipo test sobre las prácticas guiadas de laboratorio.
- Exámenes prácticos de laboratorio.
- Examen teórico al final de la asignatura.

g Material docente

g.1 Bibliografía básica

- Ian H. Witten, Eibe Frank, Mark A. Hall, *Data Mining. Practical Machine Learning Tools and Techniques*, 3rd ed., Elsevier, 2011.
- Christopher M. Bishop, *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer, 2006.

g.2 Bibliografía complementaria

- Oliver Kramer, *Genetic Algorithm Essentials*, Springer, 2017.
- Michael R. Chernick, *Bootstrap Methods: A Guide for Practitioners and Researchers*. John Wiley & Sons, 2008.

g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)

Todos los recursos telemáticos necesarios para cursar la asignatura se enlazarán a través de la página de la asignatura en el Campus Virtual.

h. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Documentación de apoyo.
- Pizarra, ordenador y cañón de proyección en las aulas para las clases magistrales participativas.
- Ordenador personal y entorno de desarrollo Matlab® en los laboratorios de la UVa para el desarrollo de las clases prácticas.
- Entorno de trabajo en la plataforma *Moodle* ubicado en el Campus Virtual de la UVa.
- Acceso a la bibliografía científica y técnica cuya temática esté relacionada con el procesado de datos multidimensional y aprendizaje computacional, a través de la Biblioteca de la UVa.

i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
3	7.5 semanas.

Bloque 2: “Redes Neuronales y Aprendizaje Profundo”

Carga de trabajo en créditos ECTS: 2.4

a. Contextualización y justificación

El Aprendizaje Profundo (DL, *Deep Learning*) es un tipo de aprendizaje automático que se inspira en la manera en la que el cerebro humano filtra la información. Con aprendizaje profundo se pueden analizar e interpretar grandes cantidades de datos de manera más fácil y rápida. Las características subyacentes se aprenden directamente a partir de los datos sin necesidad de realizar un costoso proceso manual de extracción de características. Las Redes Neuronales (NN, *Neural Networks*), en las que se basa el aprendizaje profundo, si bien se han venido utilizando desde hace décadas, han experimentado un resurgimiento motivado por: 1) la disponibilidad de datos masivos para entrenamiento en la era del Big Data; 2) el uso de hardware como las GPUs (*Graphics Processing Units*) o las TPUs (*Tensor Processing Units*), que aumentan exponencialmente la capacidad de cómputo; 3) nuevos modelos de redes neuronales y *frameworks* que facilitan su implementación y reutilización en diferentes ámbitos.

b. Objetivos de aprendizaje

- Entender los periodos históricos de la evolución de las Redes Neuronales Artificiales hasta el momento actual.
- Conocer los cambios y principios de funcionamiento fundamentales que han posibilitado el desarrollo del Aprendizaje Profundo.
- Aprender los conceptos y herramientas básicas para el diseño y ejecución de redes neuronales basadas en Aprendizaje Profundo.
- Resolver un problema de Inteligencia Artificial con técnicas y *frameworks* actuales de Aprendizaje Profundo.
- Gestionar bibliografía, documentación y software específicos.

c. Contenidos

- B2.1 – Introducción a las redes Neuronales Artificiales
 - 2.1.1 – Inspiración biológica
 - 2.1.2 – Perceptrón y *backpropagation*
 - 2.1.3 – Hacia el aprendizaje profundo
 - 2.1.4 – Hiperparámetros
- B2.2 – Entrenamiento de redes Neuronales Artificiales
 - 2.2.1 – Desvanecimiento y explosión de gradientes
 - 2.2.2 – Optimizadores
 - 2.2.3 – Técnicas de regularización
 - 2.2.4 – Aprendizaje por transferencia
- B2.3 – Redes Neuronales Convolucionales
 - 2.3.1 – Inspiración biológica
 - 2.3.2 – Capas de convolución y *pooling*
 - 2.3.3 – Arquitecturas de referencia
 - 2.3.4 – Redes completamente convolucionales
- B2.4 – Redes Neuronales para procesamiento de secuencias
 - 2.4.1 – Redes recurrentes



- 2.4.2 – Células LSTM y GRU
- 2.4.3 – Procesamiento de lenguaje natural
- B2.5 – Aprendizaje por Representación con *Autoencoders* y Redes Adversarias
 - 2.5.1 – *Autoencoders*
 - 2.5.2 – Redes Adversarias

d. Métodos docentes

- Actividades presenciales:
 - Clase magistral participativa.
 - Prácticas de laboratorio.
 - Análisis de aplicaciones y casos de uso reales en las horas de seminario.
 - Tutorías y evaluación.
- Actividades no presenciales:
 - Trabajo individual: Estudio/trabajo personal.

e. Plan de trabajo

La siguiente Tabla refleja la distribución orientativa de los contenidos y actividades de la asignatura. Las horas de teoría y seminario se presentan de forma conjunta, mientras que las horas de laboratorio se especifican para cada práctica.

Temas	Duración aproximada (horas presenciales)	Periodo previsto de desarrollo
TEMA 1. Introducción a las redes Neuronales Artificiales	2 horas	03/11/2021
TEMA 2. Entrenamiento de redes Neuronales Artificiales	2 horas	10/11/2021
TEMA 3. Redes Neuronales Convolucionales	2 horas	17/11/2021
TEMA 4. Redes Neuronales para procesamiento de secuencias	2 horas	24/11/2021
TEMA 5. Aprendizaje por Representación con <i>Autoencoders</i> y Redes Adversarias	2 - 3 horas	15/12/2021 - 22/12/2021
PRÁCTICA 1. Redes de aprendizaje profundo básicas con Keras y TensorFlow	4 horas	04/11/2021 – 11/11/2021 (L1) 05/11/2021 – 12/11/2021 (L2)
PRÁCTICA 2. Redes convolucionales y recurrentes con Keras y TensorFlow	6 horas	18/11/2021 – 02/12/2021 (L1) 19/11/2021 – 03/12/2021 (L2)

f. Evaluación

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Cuestionarios tipo test sobre las prácticas guiadas de laboratorio.
- Exámenes prácticos de laboratorio.
- Examen teórico al final de la asignatura.

g Material docente

g.1 Bibliografía básica

- Géron, A. (2019) Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems, 2nd edition. O'Reilly. ISBN13: 978-1492032649.
- Chollet, F. (2021) Deep Learning with Python, 2nd edition. Manning Publications. ISBN13: 978-1617296864.

g.2 Bibliografía complementaria

- Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville: Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series), MIT Press 2016.

g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)

Todos los recursos telemáticos necesarios para cursar la asignatura se enlazarán a través de la página de la asignatura en el Campus Virtual.

h. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Documentación de apoyo.
- Pizarra, ordenador y cañón de proyección en las aulas para las clases magistrales participativas.
- Ordenador personal y entorno de desarrollo Matlab® en los laboratorios de la UVa para el desarrollo de las clases prácticas.
- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle ubicado en el Campus Virtual de la UVa.
- Acceso a la bibliografía científica y técnica cuya temática esté relacionada con el procesado de datos multidimensional y aprendizaje computacional, a través de la Biblioteca de la UVa.

i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
2.4	6 semanas

Bloque 3: “Arquitecturas de Procesamiento Masivamente Paralelas”

Carga de trabajo en créditos ECTS: 0.6

a. Contextualización y justificación

Las arquitecturas de microprocesador con procesamiento en paralelo han ido adquiriendo importancia a medida que se descubrían y probaban nuevos algoritmos y librerías para la aceleración de cálculos, que permiten resolver más rápidamente problemas de computación con unas determinadas características. En los últimos años, ha tenido una especial relevancia la aceleración lograda por plataformas orientadas a la aceleración de cálculos mediante técnicas de paralelismo de datos. Las Unidades de Procesamiento de Gráficos (*GPU, Graphics Processing Unit*) son arquitecturas de microprocesador que en origen servían para acelerar la creación de imágenes por ordenador para su posterior visualización. Posteriormente, se descubrió que su arquitectura paralela las hace más eficientes que las CPU (*CPU, Central Processing Unit*) para la ejecución de ciertos algoritmos. El estudio de las arquitecturas GPU y su programación es fundamental para abordar problemas con muchos datos (Big Data) y, en particular, técnicas de Aprendizaje Automático y Aprendizaje Profundo.

b. Objetivos de aprendizaje

- Entender las bases del funcionamiento de arquitecturas masivamente paralelas.
- Conocer la evolución de las GPUs desde periféricos para “*gaming*” hasta periféricos indispensables para el procesamiento de datos en infinidad de aplicaciones.
- Aprender los conceptos básicos sobre programación de GPUs y conocer las estrategias de paralelización de algoritmos para acelerar su ejecución.
- Gestionar bibliografía, documentación y software específicos.

c. Contenidos

B3.1 – Principios de funcionamiento y programación de GPUs

3.1.1 – Evolución de rendimiento y uso

3.1.2 – Procesador tipo GPU frente a CPU

3.1.3 – Programación de GPUs

d. Métodos docentes

- Actividades presenciales:
 - Clase magistral participativa.
 - Prácticas de laboratorio.
 - Análisis de aplicaciones y casos de uso reales en las horas de seminario.
 - Tutorías y evaluación.
- Actividades no presenciales:
 - Trabajo individual: Estudio/trabajo personal.



e. Plan de trabajo

Temas	Duración aproximada (horas presenciales)	Periodo previsto de desarrollo
TEMA 1. Principios de funcionamiento y programación de GPUs	2 - 3 horas	01/12/2021 - 15/12/2021
PRÁCTICA 1. Programación básica de GPUs	2 horas	09/12/2021 (L1) 10/12/2021 (L2)

f. Evaluación

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Cuestionarios tipo test sobre las prácticas guiadas de laboratorio.
- Exámenes prácticos de laboratorio.
- Examen teórico al final de la asignatura.

g Material docente

g.1 Bibliografía básica

- J. Sanders and E. Kandrot (2010) *CUDA by Example: An Introduction to General-Purpose GPU Programming*, Addison-Wesley Professional. ISBN: 978-0131387683.

g.2 Bibliografía complementaria

- D.B. Kirk, W. Mei (2012) *Programming Massively Parallel Processors, Second Edition: A Hands-on Approach*, Morgan Kaufmann. ISBN: 978-0124159921.

g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)

Todos los recursos telemáticos necesarios para cursar la asignatura se enlazarán a través de la página de la asignatura en el Campus Virtual.

h. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Documentación de apoyo.
- Pizarra, ordenador y cañón de proyección en las aulas para las clases magistrales participativas.
- Ordenador personal y entorno de desarrollo Matlab® en los laboratorios de la UVa para el desarrollo de las clases prácticas.
- Entorno de trabajo en la plataforma *Moodle* ubicado en el Campus Virtual de la UVa.
- Acceso a la bibliografía científica y técnica cuya temática esté relacionada con el procesado de datos multidimensional y aprendizaje computacional, a través de la Biblioteca de la UVa.



i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
0.6	1.5 semanas

5. Métodos docentes y principios metodológicos

- Actividades presenciales:
 - Clases de teoría: Lección magistral participativa y debate.
 - Prácticas de laboratorio: prácticas guiadas.
 - Seminarios, problemas, tutorías y evaluación: Resolución de ejercicios y problemas, aprendizaje basado en problemas, y aprendizaje cooperativo. Análisis de aplicaciones y casos de uso reales.
- Actividades no presenciales:
 - Trabajo individual: Estudio/trabajo personal.
 - Trabajo en grupo: Aprendizaje basado en problemas y aprendizaje cooperativo.



6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES A DISTANCIA ⁽¹⁾	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases de teoría	15	Trabajo individual	55
Prácticas de laboratorio	30	Trabajo en grupo	20
Seminarios, problemas, tutorías y evaluación	15	Análisis y preparación de las prácticas de laboratorio	15
Total presencial	60	Total no presencial	90
TOTAL presencial + no presencial			150

(1) Actividad presencial a distancia es cuando un grupo sigue una videoconferencia de forma síncrona a la clase impartida por el profesor para otro grupo presente en el aula.

7. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Cuestionarios tipo test sobre prácticas guiadas de laboratorio	25 %	
Exámenes prácticos de laboratorio	25 %	
Examen teórico final	50 %	

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**
 - La nota final de la convocatoria ordinaria se calculará de acuerdo con los tres instrumentos y sus pesos reflejados en la tabla anterior.
- **Convocatoria extraordinaria:**
 - Se mantiene la calificación obtenida en los cuestionarios sobre prácticas de laboratorio y en los exámenes prácticos de laboratorio. El 50% restante de la calificación se obtendrá mediante un nuevo examen teórico final.

8. Consideraciones finales

- La planificación expuesta en las subsecciones Plan de Trabajo de cada uno de los bloques es tentativa y podrá ser flexibilizada, a criterio del profesor, en base a la evolución de la docencia. Se proporcionarán más detalles en la presentación de la asignatura.