

Guía docente

270543 - HPC4AI - Computación de Altas Prestaciones para la Inteligencia Artificial

Última modificación: 30/01/2026

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

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA (Plan 2012). (Asignatura optativa).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 3.0 **Idiomas:** Catalán, Castellano

PROFESORADO

Profesorado responsable:

Otros: Segon quadrimestre:
JORDI TORRES VIÑALS - 10

CAPACIDADES PREVIAS

Python is the programming language of choice for the labs' sessions of this course. It is assumed that the student has a basic knowledge of Python prior to starting classes. Also, some experience with Linux basics will be necessary.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

CDG1. Capacidad para la integración de tecnologías, aplicaciones, servicios y sistemas propios de la Ingeniería Informática, con carácter generalista, y en contextos más amplios y multidisciplinarios.

CTE6. Capacidad para diseñar y evaluar sistemas operativos y servidores, y aplicaciones y sistemas basados en computación distribuida.

CTE9. Capacidad para aplicar métodos matemáticos, estadísticos y de inteligencia artificial para modelar, diseñar y desarrollar aplicaciones, servicios, sistemas inteligentes y sistemas basados en el conocimiento.

Genéricas:

CG1. Capacidad para proyectar, calcular y diseñar productos, procesos e instalaciones en todos los ámbitos de la ingeniería informática.

CG4. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y simulación en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación, desarrollo e innovación en todos los ámbitos relacionados con la Ingeniería en Informática.

CG6. Capacidad para la dirección general, dirección técnica y dirección de proyectos de investigación, desarrollo e innovación, en empresas y centros tecnológicos, en el ámbito de la Ingeniería Informática.

CG7. Capacidad para la puesta en marcha, dirección y gestión de procesos de fabricación de equipos informáticos, con garantía de la seguridad para las personas y bienes, la calidad final de los productos y su homologación.

CG8. Capacidad para la aplicación de los conocimientos adquiridos y de resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinarios, siendo capaces de integrar estos conocimientos.

Transversales:

CTR5. ACTITUD FRENTE AL TRABAJO: Tener motivación para la realización profesional y para afrontar nuevos retos, así como una visión amplia de las posibilidades de la carrera profesional en el ámbito de la Ingeniería en Informática. Tener motivación por la calidad y la mejora continua, y actuar con rigor en el desarrollo profesional. Capacidad de adaptación a los cambios organizativos o tecnológicos. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o con restricciones temporales y/o de recursos.

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.

CB9. 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.

METODOLOGÍAS DOCENTES

The course follows an active learning and continuous assessment approach, combining theoretical lectures, hands-on laboratory work, autonomous learning, and student presentations.

Theoretical sessions are delivered through participatory lectures, where the instructor introduces the fundamental concepts related to high-performance computing platforms, deep learning fundamentals, parallel training strategies, and performance analysis for artificial intelligence workloads. Students are expected to actively participate in discussions during these sessions.

Hands-on activities constitute a central component of the course and are based on a learn-by-doing methodology. These activities focus on practical experimentation using a real supercomputing environment (MareNostrum 5). Part of the hands-on work is carried out during regular class sessions, while the remaining work is completed outside the classroom as autonomous learning. All hands-on activities require the submission of corresponding reports and, in some cases, technical presentations through the institutional learning platform (Racó).

Autonomous learning is mainly based on the detailed study of the course textbook, which constitutes the main reference material for the subject. Students are also required to prepare presentations and technical material related to their practical work.

Student presentations play an important role in the course. Individual students or groups are randomly selected to present their work and results in class. Peer evaluation is incorporated as part of the learning process, encouraging critical analysis and constructive feedback.

Regular attendance and active participation are expected. Students are responsible for all material covered in class, including announcements, assignments, and project guidelines, regardless of attendance. It is the student's responsibility to obtain any missed material.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

1.OE1: Foundations of HPC platforms for AI: comprender la arquitectura, los componentes principales y el entorno software de una plataforma de supercomputación moderna orientada a cargas de trabajo de inteligencia artificial.

2.OE2: Practical use of a supercomputer for AI workloads: adquirir autonomía básica en el uso de un supercomputador real, incluyendo acceso, gestión de recursos y ejecución de trabajos para aplicaciones de inteligencia artificial.

3.OE3: Fundamentals of Deep Learning for HPC users: entender los principios fundamentales del Deep Learning necesarios para entrenar modelos en entornos de supercomputación, sin requerir conocimientos previos avanzados.

4.OE4: Parallel training of Deep Learning models: comprender y aplicar técnicas de entrenamiento paralelo de modelos de Deep Learning utilizando múltiples GPUs en uno o varios nodos (servidores) de computación.

5.OE5: Performance analysis and optimization of AI training: analizar el rendimiento del entrenamiento de modelos de inteligencia artificial mediante métricas como throughput, speedup y eficiencia, y aplicar técnicas básicas de optimización.

6.OE6: Experimental evaluation and communication of results: evaluar experimentalmente los resultados obtenidos en un entorno de supercomputación y comunicar conclusiones técnicas de forma clara, estructurada y argumentada.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	48,0	64.00
Horas grupo grande	13,5	18.00
Horas grupo pequeño	13,5	18.00

Dedicación total: 75 h

CONTENIDOS

C1: HPC platforms and software ecosystem for AI

Descripción:

Arquitectura de supercomputadores modernos, componentes hardware, sistema operativo y stack software para cargas de trabajo de inteligencia artificial.

C2: Accessing and using a supercomputer for AI workloads

Descripción:

Acceso a un supercomputador, gestión de cuentas, sistemas de colas, SLURM y ejecución de trabajos para aplicaciones de Deep Learning.

C3: Deep Learning fundamentals for HPC environments

Descripción:

Conceptos básicos de Deep Learning necesarios para entrenar modelos en entornos HPC, incluyendo redes neuronales, entrenamiento y datasets (no podemos suponer conocimientos previos).

C4: Parallel training of Deep Learning models

Descripción:

Entrenamiento paralelo de modelos de Deep Learning utilizando múltiples GPUs, incluyendo estrategias de paralelismo y frameworks de programación.

C5: Performance metrics and optimization of AI training

Descripción:

Análisis del rendimiento del entrenamiento de modelos de IA mediante métricas como throughput, speedup y eficiencia, y técnicas básicas de optimización.

C6: Experimental evaluation and presentation of results

Descripción:

Evaluación experimental de resultados obtenidos en un entorno HPC y comunicación clara de conclusiones mediante informes y presentaciones técnicas.

ACTIVIDADES

A1: Course introduction

Objetivos específicos:

1

Competencias relacionadas:

CG8. Capacidad para la aplicación de los conocimientos adquiridos y de resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinarios, siendo capaces de integrar estos conocimientos.

CG7. Capacidad para la puesta en marcha, dirección y gestión de procesos de fabricación de equipos informáticos, con garantía de la seguridad para las personas y bienes, la calidad final de los productos y su homologación.

CG1. Capacidad para proyectar, calcular y diseñar productos, procesos e instalaciones en todos los ámbitos de la ingeniería informática.

CG6. Capacidad para la dirección general, dirección técnica y dirección de proyectos de investigación, desarrollo e innovación, en empresas y centros tecnológicos, en el ámbito de la Ingeniería Informática.

CTE6. Capacidad para diseñar y evaluar sistemas operativos y servidores, y aplicaciones y sistemas basados en computación distribuida.

Dedicación: 2h

Grupo grande/Teoría: 1h

Aprendizaje autónomo: 1h

A2: HPC platforms and software stack for AI

Objetivos específicos:

1

Competencias relacionadas:

CG8. Capacidad para la aplicación de los conocimientos adquiridos y de resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinarios, siendo capaces de integrar estos conocimientos.

CG7. Capacidad para la puesta en marcha, dirección y gestión de procesos de fabricación de equipos informáticos, con garantía de la seguridad para las personas y bienes, la calidad final de los productos y su homologación.

CG1. Capacidad para proyectar, calcular y diseñar productos, procesos e instalaciones en todos los ámbitos de la ingeniería informática.

CG6. Capacidad para la dirección general, dirección técnica y dirección de proyectos de investigación, desarrollo e innovación, en empresas y centros tecnológicos, en el ámbito de la Ingeniería Informática.

CTE6. Capacidad para diseñar y evaluar sistemas operativos y servidores, y aplicaciones y sistemas basados en computación distribuida.

Dedicación: 4h 30m

Grupo grande/Teoría: 2h 30m

Aprendizaje autónomo: 2h

A3: Using a supercomputer for AI workloads

Objetivos específicos:

2

Competencias relacionadas:

CG8. Capacidad para la aplicación de los conocimientos adquiridos y de resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinarios, siendo capaces de integrar estos conocimientos.

CG1. Capacidad para proyectar, calcular y diseñar productos, procesos e instalaciones en todos los ámbitos de la ingeniería informática.

CTE6. Capacidad para diseñar y evaluar sistemas operativos y servidores, y aplicaciones y sistemas basados en computación distribuida.

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 multidisciplinarios) relacionados con su área de estudio.

Dedicación: 6h 30m

Grupo grande/Teoría: 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h 30m

Aprendizaje autónomo: 3h

A4 ¿ Deep Learning fundamentals for HPC environments

Objetivos específicos:

3

Competencias relacionadas:

CG4. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y simulación en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación, desarrollo e innovación en todos los ámbitos relacionados con la Ingeniería en Informática.

CG8. Capacidad para la aplicación de los conocimientos adquiridos y de resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinarios, siendo capaces de integrar estos conocimientos.

CTE9. Capacidad para aplicar métodos matemáticos, estadísticos y de inteligencia artificial para modelar, diseñar y desarrollar aplicaciones, servicios, sistemas inteligentes y sistemas basados en el conocimiento.

Dedicación: 8h 30m

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h

Aprendizaje autónomo: 4h 30m

A5: Parallel training of Deep Learning models

Objetivos específicos:

4

Competencias relacionadas:

CG1. Capacidad para proyectar, calcular y diseñar productos, procesos e instalaciones en todos los ámbitos de la ingeniería informática.

CTE6. Capacidad para diseñar y evaluar sistemas operativos y servidores, y aplicaciones y sistemas basados en computación distribuida.

CTE9. Capacidad para aplicar métodos matemáticos, estadísticos y de inteligencia artificial para modelar, diseñar y desarrollar aplicaciones, servicios, sistemas inteligentes y sistemas basados en el conocimiento.

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.

CB9. 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.

Dedicación: 9h 30m

Grupo grande/Teoría: 2h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 5h

A6: Performance analysis and optimization of AI training

Objetivos específicos:

4, 5

Competencias relacionadas:

CG4. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y simulación en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación, desarrollo e innovación en todos los ámbitos relacionados con la Ingeniería en Informática.

CG1. Capacidad para proyectar, calcular y diseñar productos, procesos e instalaciones en todos los ámbitos de la ingeniería informática.

CTE6. Capacidad para diseñar y evaluar sistemas operativos y servidores, y aplicaciones y sistemas basados en computación distribuida.

CTE9. Capacidad para aplicar métodos matemáticos, estadísticos y de inteligencia artificial para modelar, diseñar y desarrollar aplicaciones, servicios, sistemas inteligentes y sistemas basados en el conocimiento.

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.

CB9. 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.

Dedicación: 8h 30m

Grupo grande/Teoría: 1h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 5h

A7: Distributed training and scalability

Objetivos específicos:

4, 5

Competencias relacionadas:

CG4. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y simulación en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación, desarrollo e innovación en todos los ámbitos relacionados con la Ingeniería en Informática.

CG1. Capacidad para proyectar, calcular y diseñar productos, procesos e instalaciones en todos los ámbitos de la ingeniería informática.

CTE6. Capacidad para diseñar y evaluar sistemas operativos y servidores, y aplicaciones y sistemas basados en computación distribuida.

CTE9. Capacidad para aplicar métodos matemáticos, estadísticos y de inteligencia artificial para modelar, diseñar y desarrollar aplicaciones, servicios, sistemas inteligentes y sistemas basados en el conocimiento.

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.

CB9. 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.

Dedicación: 10h

Grupo grande/Teoría: 1h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 6h

A8: Hands-on laboratory work

Objetivos específicos:

2, 4, 5

Competencias relacionadas:

CG4. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y simulación en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación, desarrollo e innovación en todos los ámbitos relacionados con la Ingeniería en Informática.

CG8. Capacidad para la aplicación de los conocimientos adquiridos y de resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinarios, siendo capaces de integrar estos conocimientos.

CG1. Capacidad para proyectar, calcular y diseñar productos, procesos e instalaciones en todos los ámbitos de la ingeniería informática.

CTE6. Capacidad para diseñar y evaluar sistemas operativos y servidores, y aplicaciones y sistemas basados en computación distribuida.

CTE9. Capacidad para aplicar métodos matemáticos, estadísticos y de inteligencia artificial para modelar, diseñar y desarrollar aplicaciones, servicios, sistemas inteligentes y sistemas basados en el conocimiento.

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 multidisciplinarios) relacionados con su área de estudio.

CB9. 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.

Dedicación: 14h

Grupo pequeño/Laboratorio: 4h

Aprendizaje autónomo: 10h

A9: Practical project development

Objetivos específicos:

6

Competencias relacionadas:

CDG1. Capacidad para la integración de tecnologías, aplicaciones, servicios y sistemas propios de la Ingeniería Informática, con carácter generalista, y en contextos más amplios y multidisciplinares.

CTR5. ACTITUD FRENTE AL TRABAJO: Tener motivación para la realización profesional y para afrontar nuevos retos, así como una visión amplia de las posibilidades de la carrera profesional en el ámbito de la Ingeniería en Informática. Tener motivación por la calidad y la mejora continua, y actuar con rigor en el desarrollo profesional. Capacidad de adaptación a los cambios organizativos o tecnológicos. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o con restricciones temporales y/o de recursos.

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.

CB9. 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.

Dedicación: 9h

Aprendizaje autónomo: 9h

A10: Technical presentations and peer evaluation

Objetivos específicos:

6

Competencias relacionadas:

CDG1. Capacidad para la integración de tecnologías, aplicaciones, servicios y sistemas propios de la Ingeniería Informática, con carácter generalista, y en contextos más amplios y multidisciplinares.

CTR5. ACTITUD FRENTE AL TRABAJO: Tener motivación para la realización profesional y para afrontar nuevos retos, así como una visión amplia de las posibilidades de la carrera profesional en el ámbito de la Ingeniería en Informática. Tener motivación por la calidad y la mejora continua, y actuar con rigor en el desarrollo profesional. Capacidad de adaptación a los cambios organizativos o tecnológicos. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o con restricciones temporales y/o de recursos.

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.

CB9. 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.

Dedicación: 2h

Aprendizaje autónomo: 2h

A11: Attendance and participation

Objetivos específicos:

6

Competencias relacionadas:

CDG1. Capacidad para la integración de tecnologías, aplicaciones, servicios y sistemas propios de la Ingeniería Informática, con carácter generalista, y en contextos más amplios y multidisciplinares.

CTR5. ACTITUD FRENTE AL TRABAJO: Tener motivación para la realización profesional y para afrontar nuevos retos, así como una visión amplia de las posibilidades de la carrera profesional en el ámbito de la Ingeniería en Informática. Tener motivación por la calidad y la mejora continua, y actuar con rigor en el desarrollo profesional. Capacidad de adaptación a los cambios organizativos o tecnológicos. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o con restricciones temporales y/o de recursos.

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.

CB9. 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.

Dedicación: 0h 24m

Aprendizaje autónomo: 0h 24m

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

The evaluation of this course is based on a continuous assessment system, strongly focused on practical work and active participation.

The final grade is composed of the following elements:

- Attendance and participation: 20%

Regular attendance and active participation in lectures, discussions, and hands-on sessions.

Attendance is mandatory. To qualify for continuous assessment, students must attend at least 80% of the class sessions.

- Hands-on activities (laboratory work): 60%

Evaluation of the practical laboratory activities carried out throughout the course (LAB 0 to LAB 4).

The instructor will assess the submitted work using a rubric that considers correctness, completeness, experimental results, and technical understanding.

Some students or groups will be randomly selected during the course to present and explain their laboratory work (LAB 0 to LAB 2).

This mechanism is intended to ensure that all students prepare and understand their work thoroughly.

- Technical presentations and peer evaluation: 20%

During the final session of the course, all students will present either LAB 3 or LAB 4 (assigned randomly).

Presentations will be evaluated by the instructor and through peer evaluation, which will contribute to the final presentation grade.

Attendance on the presentation day is mandatory. Students who do not attend this session will not receive the presentation grade.

Requirements for continuous assessment: To qualify for continuous assessment, students must meet all the following requirements:

- Attendance: at least 80% of the class sessions.

- Hands-on activities: completion of at least 50% of the laboratory work.

Final exam option

- Students who do not meet the requirements for continuous assessment will have the option to take a final exam.

- This exam will evaluate the entire course content, including theoretical concepts, practical knowledge, and autonomous learning material based on the course book and laboratory activities.

- The final exam will be announced during the course. No documentation (printed or digital) will be allowed during the exam.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Torres, Jordi. Supercomputing for Artificial Intelligence: Foundations, Architectures, and Scaling Deep Learning. WATCH THIS SPACE Book Series - Barcelona. Amazon KDP, 2025. ISBN 979-831932835-9.

RECURSOS

Enlace web:

- <https://torres.ai/HPC4AI-MEI>