



Máster en Ingeniería Informática

62222 - Computación de altas prestaciones

Guía docente para el curso 2014 - 2015

Curso: 1, Semestre: 1, Créditos: 6.0

Información básica

Profesores

- **Francisco José Serón Arbeloa** seron@unizar.es

- **Pablo Enrique Ibáñez Marín** imarin@unizar.es

Recomendaciones para cursar esta asignatura

No existe ningún requisito ni recomendación especial para cursar la asignatura.

Actividades y fechas clave de la asignatura

El calendario de clases, prácticas y exámenes, así como las fechas de entrega de trabajos de evaluación, se anunciará con suficiente antelación.

Inicio

Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...

- 1:** Conocer y usar métodos numéricos fundamentales para la aproximación de soluciones de problemas en la ingeniería.
- 2:** Ser capaz de desarrollar implementaciones paralelas de los métodos de aproximación numérica más conocidos para sistemas de supercomputación.
- 3:** Saber analizar, comparar y evaluar diferentes arquitecturas para supercomputación.
- 4:** Saber definir, evaluar y seleccionar la arquitectura y el paradigma de programación paralela más adecuados para la ejecución de un problema científico.

5:

Poder comparar y evaluar alternativas de diseño e implementación de aplicaciones para computadores paralelos con diferentes arquitecturas.

- 6:** Saber enfrentarse a arquitecturas emergentes.
- 7:** Saber usar las herramientas adecuadas para el análisis de prestaciones de un supercomputador.
- 8:** Lograr interpretar la información proporcionada por las herramientas de análisis de prestaciones en supercomputadores e inferir acciones para mejorar su rendimiento.

Introducción

Breve presentación de la asignatura

La computación de altas prestaciones es una herramienta imprescindible, en Ciencia e Ingeniería, para la resolución de numerosos problemas que requieren el procesamiento de grandes cantidades de datos numéricos. La gran complejidad de los sistemas informáticos de altas prestaciones hace cada día más difícil su uso eficiente e impone la necesidad creciente de expertos en este campo. Esta asignatura pretende mostrar al alumno el tipo de problemas a los que se enfrenta la computación de altas prestaciones, los sistemas informáticos que usa, los modelos y herramientas de programación, depuración y análisis de prestaciones más empleados.

Contexto y competencias

Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

Con un fuerte carácter aplicado, tras finalizar con éxito de la asignatura, cada estudiante deberá haber conseguido los siguientes objetivos:

- Dominar los conceptos y herramientas que le permitan haber adquirido la formación como profesional, tecnólogo e investigador en el campo de la computación de altas prestaciones.
- Contar con las bases necesarias para hacer uso de los recursos de grandes instalaciones y supercomputadores en la resolución de problemas del mundo real, así como el análisis y evaluación de los resultados obtenidos.
- Estar adecuadamente preparado (contando con las capacidades necesarias) para incorporarse a centros o departamentos de innovación, investigación y desarrollo, parques tecnológicos, parques industriales, y centros de alta tecnología, que hacen uso de la computación de altas prestaciones.

Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La razón de ser de esta asignatura es conocer el estado del arte de la computación de alta prestaciones y su relación con la simulación de fenómenos continuos y discretos, sus aplicaciones industriales, científicas y tecnológicas, así como los problemas abiertos que existen en la actualidad.

Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

- 1:** Afrontar con éxito los siguientes desempeños transversales:
1. Desarrollar la autonomía suficiente para participar en proyectos de investigación y colaboraciones científicas o tecnológicas dentro su ámbito temático, en contextos interdisciplinares y, en su caso, con una alta componente de transferencia del conocimiento.
 2. Asumir la responsabilidad de su propio desarrollo profesional y de su especialización en uno o más

campos de estudio.

3. Integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
4. 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.
5. Contar con las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
6. Proyectar, calcular y diseñar productos, procesos e instalaciones en todos los ámbitos de la ingeniería informática.
7. Dirigir, planificar y supervisar equipos multidisciplinares.
8. Llevar a cabo 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.
9. Llevar a cabo la elaboración, planificación estratégica, dirección, coordinación y gestión técnica y económica de proyectos en todos los ámbitos de la Ingeniería en Informática siguiendo criterios de calidad y medioambientales.
10. Aplicar los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinarios, siendo capaces de integrar estos conocimientos.
11. Adquirir conocimientos avanzados y demostrado, en un contexto de investigación científica y tecnológica o altamente especializado, una comprensión detallada y fundamentada de los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología de trabajo en uno o más campos de estudio.
12. Aplicar e integrar sus conocimientos, la comprensión de estos, su fundamentación científica y sus capacidades de resolución de problemas en entornos nuevos y definidos de forma imprecisa, incluyendo contextos de carácter multidisciplinar tanto investigadores como profesionales altamente especializados.
13. Evaluar y seleccionar la teoría científica adecuada y la metodología precisa de sus campos de estudio para formular juicios a partir de información incompleta o limitada incluyendo, cuando sea preciso y pertinente, una reflexión sobre la responsabilidad social o ética ligada a la solución que se proponga en cada caso.
14. Predecir y controlar la evolución de situaciones complejas mediante el desarrollo de nuevas e innovadoras metodologías de trabajo adaptadas al ámbito científico/investigador, tecnológico o profesional concreto, en general multidisciplinar, en el que se desarrolle su actividad.
15. Transmitir de un modo claro y sin ambigüedades a un público especializado o no, resultados procedentes de la investigación científica y tecnológica o del ámbito de la innovación más avanzada, así como los fundamentos más relevantes sobre los que se sustentan.
16. Desarrollar la autonomía suficiente para participar en proyectos de investigación y colaboraciones científicas o tecnológicas dentro su ámbito temático, en contextos interdisciplinares y, en su caso, con una alta componente de transferencia del conocimiento.
17. Asumir la responsabilidad de su propio desarrollo profesional y de su especialización en uno o más campos de estudio.

2:

Afrontar con éxito los siguientes desempeños relacionados con la Ingeniería Informática:

1. Modelar, diseñar, definir la arquitectura, implantar, gestionar, operar, administrar y mantener aplicaciones, redes, sistemas, servicios y contenidos informáticos.
2. Comprender y poder aplicar conocimientos avanzados de computación de altas prestaciones y métodos numéricos o computacionales a problemas de ingeniería.

Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:

La importancia de los resultados de aprendizaje de esta asignatura radica, en que aportan al alumno las capacidades necesarias para el uso de los recursos de grandes instalaciones y supercomputadores en la resolución de problemas del mundo real, así como el análisis y evaluación de los resultados obtenidos. La demanda de este tipo de expertos es creciente tanto en el mundo de la investigación como en la industria.

Evaluación

Actividades de evaluación

El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación

- 1:** **Prueba final presencial escrita de respuesta abierta.** (30% - 80%) Resultados de aprendizaje: 1, 2, 4, 5, 6 y 8
- 2:** **Proyecto como trabajo dirigido** (0% - 50%). Resultados de aprendizaje: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8
- 3:** **Presentaciones y debates de forma oral** (0% - 20%). Resultados de aprendizaje: 2, 3, 4, 5, 6 y 8

Actividades y recursos

Presentación metodológica general

El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

Las actividades de enseñanza y aprendizaje presenciales se basan en:

1. **Clase presencial.** Exposición de contenidos mediante presentación o explicación por parte de un profesor (posiblemente incluyendo demostraciones).
2. **Laboratorio.** Actividades desarrolladas en espacios especiales con equipamiento especializado (laboratorio, aulas informáticas).
3. **Tutoría.** Período de instrucción realizado por un tutor con el objetivo de revisar y discutir los materiales y temas presentados en las clases.
4. **Evaluación.** Conjunto de pruebas escritas, orales, prácticas, proyectos, trabajos, etc. utilizados en la evaluación del progreso del estudiante

Las actividades de enseñanza y aprendizaje no presenciales se basan en:

1. **Trabajos prácticos.** Preparación de actividades para exponer o entregar en las clases prácticas.
2. **Estudio teórico.** Estudio de contenidos relacionados con las “clases teóricas”: incluye cualquier actividad de estudio que no se haya computado en el apartado anterior (estudiar exámenes, trabajo en biblioteca, lecturas complementarias, hacer problemas y ejercicios, etc.)

Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

- 1:** **Contenidos a desarrollar**

El programa de la asignatura comprenderá al menos los siguientes bloques y contenidos de los mismos:

Bloque 1: Simulación numérica

- Simulación numérica de fenómenos continuos
- Simulación numérica de fenómenos discretos
- Aproximaciones y técnicas numéricas

Bloque 2: Arquitectura y Tecnología de Supercomputadores

- Sistemas multiprocesador de memoria compartida. Coherencia, consistencia.
- Sistemas multiprocesador de memoria distribuida. Redes de interconexión
- Arquitecturas específicas para alto rendimiento. Extensiones multimedia, GPGPUs

Bloque 3: Paradigmas de programación paralela

- Memoria compartida
 - Paralelización automática. Ayuda al compilador
 - Paralelización manual: OpenMP
 - Vectorización
 - Memoria distribuida
 - MPI

Bloque 4: Optimización de programas paralelos

- Técnicas de optimización
- Métricas y herramientas de análisis de rendimiento en supercomputadores.
- ...

Los contenidos de estos bloques se reforzarán a través del desarrollo de casos prácticos en los que se aplicarán los conocimientos adquiridos para resolver un problema complejo.

2: Trabajo del estudiante

La asignatura consta de 6 créditos ECTS que corresponden con 150 horas estimadas de trabajo del alumno (47 horas presenciales y 103 horas no presenciales) distribuidas del siguiente modo:

- 45 horas, aproximadamente, de actividades presenciales (clases magistrales incluyendo seminarios profesionales, resolución de problemas y casos, y prácticas de laboratorio).
- 40 horas de trabajo en grupo.
- 63 horas de trabajo y estudio individual efectivo.
- 2 horas dedicadas a distintas pruebas de evaluación.

Planificación y calendario

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Entre las principales actividades previstas se encuentran la exposición de los contenidos teóricos, el planteamiento y resolución de problemas, la realización de las prácticas propuestas y la superación de las pruebas de evaluación.

La organización docente prevista de las sesiones presenciales en el campus Río Ebro es la siguiente:

- Clases magistrales
- Resolución de problemas y casos
- Prácticas de laboratorio

Los horarios de todas las clases y fechas de las sesiones de prácticas se anunciarán con suficiente antelación a través de las webs del centro y de la asignatura.

Las fechas de entrega y seguimiento de los trabajos prácticos tutorizados se darán a conocer con suficiente antelación en clase.

Bibliografía recomendada por el profesor

Referencias básicas:

- High-Performance Scientific Computing: Algorithms and Applications. [Michael W. Berry](#), [Kyle A. Gallivan](#), [Efstratios Gallopoulos](#). Springer, 2014
- Multicore Application Programming. Darryl Gove. Addison Wesley, 2010.
- Optimizing Compilers for Modern Architectures: a Dependence-Based Approach. Kennedy, K. and Allen, J. R. Morgan Kaufmann Publishers Inc 2002
- Parallel Programming with MPI. Peter Pacheco. 1996. ISBN-10: 1558603395

- Parallel Programming in C with Mpi and Openmp. Michael J. Quinn. 2008. ISBN-10: 0071232656

Material de apoyo:

- Intel 64 and IA32 Architectures Optimization Reference Manual
- Sun Studio 12 OpenMP API User's Guide

Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada