

Programa del curso CE 4302

## **Arquitectura de Computadores II**

Área Académica de Ingeniería en Computadores  
Licenciatura en Ingeniería en Computadores

[Última revisión del programa: 22 de julio de 2022]

## I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1 Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Arquitectura de Computadores II
<b>Código:</b>	CE 4302
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico-Práctico
<b>Electivo:</b>	No
<b>N.º Créditos:</b>	4
<b>N.º horas clase/semana:</b>	4 h
<b>N.º horas extraclase/semana:</b>	8 h
<b>% de las áreas curriculares:</b>	40 % Diseño en Ingeniería 60 % Ciencias de Ingeniería
<b>Ubicación en plan de estudios:</b>	Curso del 8avo semestre del Programa de Licenciatura en Ingeniería en Computadores
<b>Requisitos:</b>	CE 4301 – Arquitectura de Computadores I CE 4101 – Especificación y Diseño de Software
<b>Correquisitos:</b>	Ninguno
<b>El curso es requisito de:</b>	CE 5302 – Proyecto de Diseño Ingeniería en Computadores
<b>Asistencia:</b>	Obligatoria
<b>Suficiencia:</b>	No
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	Sí
<b>Vigencia del programa:</b>	II Semestre 2022

## 2. Descripción General

*“La ciencia se construye a partir de aproximaciones que gradualmente se acercan a la verdad.” Isaac Asimov.*

La relevancia tecnológica que ha adquirido la utilización de los microprocesadores, multiprocesadores y sistemas en chip en la solución de problemas relacionados con la captura y procesamiento de información, señala la importancia de que estudiantes de ingeniería en computadores cuenten con una sólida formación, no solo sobre los fundamentos teóricos, sino también sobre las técnicas de diseño y resolución de problemas de ingeniería haciendo uso de dichos recursos.

Para lograr este cometido, y tomando como base los conocimientos adquiridos en los cursos de Arquitectura de Computadores I (CE 4301) y Especificación y Diseño de Software (CE 4101), este curso hace un análisis sobre las características de los microprocesadores, multiprocesadores, unidades de procesamiento de gráficos (GPU) y sistemas computacionales de alto desempeño más relevantes en el mercado. Se estudiará la evolución de los mismos, el estado actual de la técnica y las proyecciones en el mediano plazo.

El fin primordial es preparar al estudiantado para comprender los principios que permiten utilizar los recursos del hardware para optimizar la implementación del software del computador. El marco de análisis utilizado le permite comprender las interacciones e interdependencias entre el hardware y el software durante el proceso de diseño y ejecución programas en un computador. Lo anterior hace de este curso una base de suma importancia para el desarrollo del curso Proyecto de Diseño Ingeniería en Computadores (CE 5302).

La metodología del curso busca además reforzar ciertas habilidades no técnicas como el trabajo en equipo y la creatividad, así como los valores de responsabilidad, respeto y tolerancia. El desarrollo de estas habilidades y valores permitirá una ejecución óptima de los diferentes proyectos de manera individual y grupal. Adicionalmente se espera reforzar la creación de documentación técnica como artículos científicos, informes y bitácoras de trabajo.

En este curso, se presenten desarrollar, a nivel intermedio (M), los atributos de diseño (DI), investigación (IN) y habilidades de comunicación (HC), según estipulados por la agencia CEAB, correspondientes a los establecidos de acuerdo con el proceso de mapeo de atributos, de la carrera de Ingeniería en Computadores.

Se atenderá caso a caso cualquier necesidad educativa especial, con apoyo del Departamento de Orientación y Psicología y Trabajo Social y Salud, de acuerdo a la particularidad de cada caso.

### 3. Objetivos

Objetivo	Atrib.	Nivel*
1. Al finalizar el curso, el estudiantado habrá desarrollado competencias en la evaluación de tecnologías, diseño de computadores tanto de aplicación general como específica, así como la investigación en problemas de ingeniería, que impliquen el uso de multiprocesadores, unidades de procesamiento gráfico (GPU) y vectorial, así como sistemas de supercomputación.	• DI • IN	• M • M
2. Durante el curso, el estudiantado desarrollará habilidades en la comunicación oral, así como en elaboración de documentación escrita técnica, de manera individual y colaborativa, ordenada y concisa, así como en el trabajo individual y en equipo, haciendo uso de principios y valores como ética, equidad, responsabilidad, respeto y tolerancia.	• HC	• M
3. Durante el curso, el estudiantado será capaz de desarrollar competencias para el estudio, descomposición y diseño de programas que utilicen las capacidades de paralelismo a nivel de datos, así como múltiples núcleos en un computador, por medio del estudio de la implementación de software y hardware sobre las arquitecturas de los mismos.	• DI	• M
4. Durante el curso, el estudiantado será capaz de desarrollar e investigar en técnicas de diseño de computadores que utilicen arquitecturas de aplicación específica.	• DI	• M
5. Durante el curso, el estudiantado será capaz de desarrollar técnicas de diseño de supercomputadores mediante el estudio de las arquitecturas utilizadas comúnmente para paralelismo de software.	• DI	• M

\* Nivel de desarrollo de cada atributo: Inicial, InterMedio o Avanzado.

### 4. Contenido y Cronograma

Las 16 semanas que abarcan el curso se distribuyen en los siguientes temas:

1. Arquitecturas con paralelismo a nivel de hilos (5 Semanas)
  - 1.1. Arquitecturas de computadores multiprocesador
  - 1.2. Técnicas de balance de carga en arquitecturas multiprocesador
  - 1.3. Sincronización de computadores con múltiples procesadores.
  - 1.4. Estudio de casos
  - 1.5. Arquitecturas multi-hilo
  - 1.6. Algoritmos de coherencia de memoria compartida.
2. Arquitecturas con paralelismo a nivel de datos (5 Semanas)
  - 2.1. Introducción a las arquitecturas vectoriales
  - 2.2. Conjuntos de instrucciones SIMD
  - 2.3. Introducción a las arquitecturas de GPU
  - 2.4. API para desarrollo de arquitecturas GPU
  - 2.5. Estudio de técnicas de descomposición de problemas.
  - 2.6. Algoritmos de paralelismo por software
  - 2.7. Procesamiento por GPU
3. Diseño de supercomputadores (4 Semanas)

- 3.1. Introducción a la computación de alto desempeño.
- 3.2. Estrategias de diseño de supercomputadores.
- 3.3. Benchmarks y métricas de desempeño de supercomputadores.
- 3.4. Balance de carga en supercomputadores.
- 3.5. Técnicas de programación distribuida con MPI y OpenMP
- 3.6. Estudio de casos.
- 4. Análisis de desempeño en computadores (2 Semanas)
  - 4.1. Herramientas y técnicas de perfilado.
  - 4.2. Exploración del espacio de diseño.
  - 4.3. Benchmarking
  - 4.4. Estudio de casos.

## II parte: Aspectos operativos

**5. Metodología** En este curso, se plantean estrategias de aprendizaje activo, individual, social crítico y significativo, por medio de resolución y análisis de problemas, desarrollo de proyectos de diseño y optimización, tareas de investigación, entre otras técnicas.

Los contenidos del curso serán desarrollados por medio de clases expositivas teóricas, impartidas por el profesor, así como sesiones de trabajo prácticas, guiadas por el mismo. Durante las clases, el profesor presentará material teórico y demostraciones; el estudiantado realizará ejercicios individuales y grupales, empleando herramientas de hardware y de software para tal fin. En periodo extraclase, el estudiante desarrollará tareas teóricas y prácticas, de manera individual y grupal. Asimismo, los proyectos se desarrollarán tanto en forma individual, como grupal y colaborativa. El contenido práctico se desarrolla paralelamente con el contenido teórico.

Los requerimientos de los proyectos, así como materiales adicionales serán ubicados en el TEC Digital. Cualquier dispositivo y material extra podrá ser dado en préstamo de acuerdo con los proyectos a desarrollar. Cada estudiante y grupo de trabajo requerirá acceso a un computador de escritorio o portátil, con una distribución de GNU Linux, preferiblemente. Otros instrumentos necesarios para el aprendizaje serán: laboratorio de computadoras, proyector, tarjetas de desarrollo FPGA, herramientas de simulación y perfilado como Altera Quartus, Simple Scalar, valgrind, oprofile, MARS MIPS, ARMSim#, entre otras.

**6. Evaluación** La evaluación del curso se basará en exámenes cortos (quices) individuales, tareas y exposiciones, individuales y en grupo, exámenes parciales individuales y proyectos individuales y grupales. El estudiantado deberá desarrollar tres proyectos que podrán ser evaluados mediante la presentación funcional y un reporte escrito.

Se desarrollarán al menos 2 comprobaciones (qüices) teóricos o prácticos, junto con tareas, talleres y exposiciones que complementen los conceptos desarrollados en la clase. Los qüices se anunciarán con una semana de anticipación y cubrirán la materia vista en clase, así como lecturas complementarias asignadas por el profesor. Los puntos se distribuirán equitativamente dependiendo del número de trabajos por ítem.

Cada estudiante deberá realizar una investigación individual o grupal que abarque el estado del arte en algún tema, seleccionado por él mismo y aprobado por el profesor, que involucre teorías y técnicas de diseño de computadores modernos, mediante la aplicación de estrategias investigativas, uso de repositorios y bases de datos, y manejo adecuado de referencias.

Dada la naturaleza práctica del curso, no se podrá optar por un examen de reposición. En resumen, la evaluación se compone de:

Rubro	Valor (%)	Tiempo estimado de entrega
I examen parcial	15	Semana 7
II examen parcial	15	Semana 16
Proyecto individual	15	Semana 9
Proyectos diseño grupal	30 (20, 10)	Semanas 14, 18
Tareas, lecturas, talleres y exposiciones	20	1 por semana
Investigación	5	Semana 15

## 7. Bibliografía Obligatoria:

- [1] John L Hennessy y David A Patterson. *Computer architecture: a quantitative approach*. Elsevier, 2011.

### Complementaria:

- [2] David A Patterson y John L Hennessy. Computer organization and design. *Morgan Kaufmann*:474-476, 2007.
- [3] Grama Ananth, Gupta Anshul, Karypis George y Kumar Vipin. Introduction to parallel computing. *Harlow, UK: Pearson*, 2003.
- [4] Marilyn Wolf. *High-performance embedded computing: applications in cyber-physical systems and mobile computing*. Newnes, 2014.

**8. Profesor**

Ing. Luis Alonso Barboza Artavia, M.Sc.

Licenciatura en Ingeniería en Computadores,  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago,  
Costa Rica.

Maestría en Computación con Énfasis en Cien-  
cias de la Computación, Instituto Tecnológico  
de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Correo-e [labarboza@tec.ac.cr](mailto:labarboza@tec.ac.cr)

Consulta Jueves de 1:00pm-3:00pm

Oficina F2-Of.11

Teléfono 2550-2567