

Programa del curso CE 4302

## **Arquitectura de Computadores II**

Escuela de Ingeniería en Computadores  
Licenciatura en Ingeniería en Computadores

## 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>Obligatorio o electivo:</b>	Obligatorio
<b>Nº de créditos:</b>	4
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	4
<b>Nº horas extraclase por semana:</b>	8
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	Curso de 7mo semestre del Programa de Licenciatura en Ingeniería en Computadores
<b>Requisitos:</b>	CE 4301 – Arquitectura de Computadores I
<b>Correquisitos:</b>	CE 4303 – Principios de Sistemas Operativos
<b>El curso es requisito de:</b>	CE 5701 – Electiva CE 1
<b>Asistencia:</b>	Obligatoria
<b>Suficiencia:</b>	No
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	Sí
<b>Aprobación y actualización del programa:</b>	I Semestre 2023

## 2. Descripción general

Este curso prepara al estudiantado en el análisis sobre las características de los microprocesadores, unidades de procesamiento de gráficos (GPU) y sistemas computacionales de alto desempeño más relevantes en el mercado, de tal manera que permita la comprensión de los principios fundamentales en la utilización de los recursos del hardware para optimizar la implementación del software del computador y así comprender las interacciones e interdependencias entre el hardware y el software durante el proceso de diseño y ejecución programas en un computador.

Los atributos de acreditación relacionados a los graduados y a este curso son los siguientes:

### 1. Habilidades de Comunicación HC (Intermedio):

Se comunica de manera efectiva e inclusiva sobre actividades de ingeniería complejas con la comunidad de ingenieros y con la sociedad en general, es capaz de comprender y escribir informes efectivos y documentación de diseño, hacer presentaciones efectivas, tomando en cuenta las diferencias culturales, de idioma y de aprendizaje.

### 2. Diseño (Intermedio):

Diseña soluciones creativas para problemas de ingeniería complejos y diseña sistemas, componentes o procesos para satisfacer las necesidades identificadas con la consideración adecuada para la salud y la seguridad públicas, el costo total de la vida, el carbono neto cero, así como las consideraciones de recursos, culturales, sociales y ambientales según sea necesario.

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

## 3. Objetivos (general y específicos)

### Objetivo general

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 estos.

### Objetivos Específicos

- 1- Examinar problemas de ingeniería que implican el uso de multiprocesadores, unidades de procesamiento gráfico (GPU) y vectorial, así como sistemas de supercomputación.
- 2- Evaluar técnicas de diseño de computadores que utilicen arquitecturas de aplicación específica.
- 3- Explicar situaciones que implican temas de éticas y morales, así como de equidad relacionadas al desarrollo e implementación de sistemas computacionales.

- 4- Establecer habilidades en la comunicación oral y elaboración de documentos técnicos, de manera individual y colaborativa, ordenada y concisa.

**4. Contenidos** Las 16 semanas que abarcan el curso se distribuyen en los siguientes temas:

**1. Arquitecturas con paralelismo a nivel de hilos (6 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 (4 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 (2 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. Sistemas Heterogéneos (2 semanas)**

- 4.1. Definición e implementación.
- 4.2. Caso de uso: CPU + GPU.
- 4.3. Caso de uso: CPU + GPU + FPGA.

## II parte: Aspectos operativos

**5. Metodología** Para el desarrollo de este curso, se utilizará una metodología activa, orientada a la formación integral de las personas para favorecer su crecimiento personal, profesional, su socialización y su autonomía, para lo cual toman como sus valores fundamentales:

- El aprender a aprender.
- El aprender a vivir juntos.

- El aprender a resolver.

Se promoverá la participación activa de los estudiantes, orientado a promover una filosofía de “aprender a aprender”, de manera que sean responsables de su proceso de aprendizaje, profundizando los temas abordados en clase, mientras que el profesor tendrá un rol de facilitador, siendo responsable del proceso de enseñanza.

<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Atributos correspondientes</b>
Examinar problemas de ingeniería que implican el uso de multiprocesadores, unidades de procesamiento gráfico (GPU) y vectorial, así como sistemas de supercomputación.	DI
Evaluar técnicas de diseño de computadores que utilicen arquitecturas de aplicación específica.	DI
Explicar situaciones que implican temas de éticas y morales, así como de equidad relacionadas al desarrollo e implementación de sistemas computacionales.	DI
Establecer habilidades en la comunicación oral y elaboración de documentos técnicos, de manera individual y colaborativa, ordenada y concisa.	HC

De acuerdo con el Modelo pedagógico del TEC, se potencia la creación, gestión y transferencia del conocimiento orientada hacia el trabajo e investigación interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria en los diferentes campos del conocimiento.

En este contexto de formación integral del estudiantado TEC, se implementarán estrategias de acuerdo con sus necesidades particulares, haciendo uso de técnicas relacionadas con:

- Estrategias didácticas colaborativas: técnicas didácticas de aula invertida, juego de roles, instrucción entre pares, enseñanza justo a tiempo, oratoria, foro o debate, disertación de expertos, conferencias, seminario, aprendizaje por descubrimiento, análisis de casos, gamificación o webquest, pensamiento visual, entre otras.
- Estrategias didácticas de sistematización y mapeo: técnicas didácticas de mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, matrices, círculo analítico, UVE heurística, portafolio, entre otras.
- Estrategias didácticas de simulación: técnicas didácticas de diseño y elaboración de modelos, demostraciones, juego de roles, simulacro, trabajos de laboratorio, aprendizaje experimental, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, taller y campo, entre otras.

Estas estrategias y técnicas metodológicas (individuales o grupales), se encontrarán vinculadas con los atributos asignados al curso, de tal manera que favorezcan en el estudiantado:

- En su formación integral humana y académica mediante la construcción del aprendizaje a partir de las experiencias y conocimientos.
- En la formación del pensamiento crítico frente a problemas relacionados con asuntos éticos, de equidad y de sostenibilidad.
- En el trabajo en equipo como motor de socialización, relaciones socioafectivas asertivas, innovación y construcción del conocimiento.
- En el empleo de medios tecnológicos en el proceso de comunicación, socialización y de aprendizaje.

Para cumplir lo anterior, el docente tendrá la responsabilidad de asistir puntualmente a las lecciones, cumplir con el horario establecido para las lecciones y las horas de consulta, desarrollar las sesiones en concordancia con los objetivos y contenidos planteados en este programa; así mismo, debe ofrecer espacios para aclarar las dudas o comentarios que el estudiante realice través de distintos medios de comunicación.

El estudiantado deberá asistir puntualmente a las sesiones, en las cuales participará activamente, y desarrollará las actividades asignadas, con el fin de alcanzar los objetivos del curso. Asimismo, el estudiantado debe demostrar, todos aquellos atributos y competencias actitudinales que fomenten una apropiación de su proceso de aprendizaje, un trabajo en equipo eficiente, y que reflejan los valores éticos y humanos fomentados por la Institución en cumplimiento de lo normado en el Régimen de Enseñanza-Aprendizaje (REA).

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 teórico-prácticas, realizadas por el profesor, junto con exposiciones de profesionales invitados. Durante las clases, el profesor presentará material teórico y demostraciones; los estudiantes realizarán ejercicios individuales y grupales, empleando herramientas de hardware y de software para tal fin. En periodo extra clase, el estudiante deberá desarrollar tareas teóricas y prácticas, de manera individual y grupal. Asimismo, el estudiante deberá desarrollar los proyectos en forma grupal y colaborativa. El contenido práctico se desarrolla paralelamente con el contenido teórico.

Los requisitos de los proyectos, así como materiales adicionales serán ubicados en el TEC Digital y/o mediante correo electrónico. Cualquier dispositivo y material extra podrá ser dado en préstamo de acuerdo a los proyectos a desarrollar. Cada estudiante y grupo de trabajo requerirá acceso a un computador de escritorio o portátil.

Otros instrumentos necesarios para el aprendizaje serán: laboratorio de computadoras, proyector, tarjetas de desarrollo FPGA, herramientas de simulación y perfilado como Intel Quartus Prime, Simple Scalar, Valgrind, oprofile, MARS MIPS ARMSim#, GEM5, entre otras.

La persona estudiante tiene accesibilidad académica y apoyo educativo que puede presentar relacionada en el artículo 25 del RREA 2025 e igualmente las personas estudiantes próximas a graduarse de acuerdo con el artículo 5 del RREA.

## 6. Evaluación

Los siguientes son los rubros que se evaluarán en el curso

Rubro	Valor (%)	Fecha estimada*
I Examen parcial	15	Semana 7 (31 marzo)
II Examen parcial	15	Semana 16 (9 junio)
Proyecto grupal 1 (evaluará HC)	20	Semana 8
Proyecto grupal 2 (evaluará DI)	20	Semana 17
Tareas y talleres	20	Por definir
Investigación	10	Semana 16
Total	100	-

Dada la naturaleza del curso no se puede optar por un examen de reposición.

## 7. Bibliografía

### Obligatoria:

- [1] John L Hennessy y David A Patterson. Computer architecture: a quantitative approach. Elsevier, 2017.

### 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.
- [5] Arm® Architecture Reference Manual.
- [6] Intel® 64 and IA-32 Architectures Software Developer's Manual Combined Volumes:1, 2A, 2B, 2C, 2D, 3A, 3B, 3C, 3D, and 4S.
- [7] The RISC-V Instruction Set Manual Volume I: Unprivileged ISA Document Version 20191213.
- [8] The RISC-V Instruction Set Manual Volume II: Privileged Architecture Document Version 20211203.

- [9] Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface, ARM®/RISC-V Editions
- [10] Is Parallel Programming Hard, And, If So, What Can You Do About It? Paul E. McKenney
- [11] A Primer on Memory Consistency and Cache Coherence, Second Edition Vijay Nagarajan, Daniel J. Sorin, Mark D. Hill, and David A. Wood 2020

## **8. Persona docente**

### **Ronald García Fernández.**

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

Correo electrónico: [ronald.cursos.tec@gmail.com](mailto:ronald.cursos.tec@gmail.com)

Consulta: Virtual en horario a convenir

Oficina: -

Teléfono: -

### **Luis Alonso Barboza Artavia.**

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

Maestría en Computación con Énfasis en Ciencias de la Computación, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

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

Consulta: Jueves 7:30am – 9:30am

Oficina: F2-Of. 11

Teléfono: 2550-2567