

Programa del curso EE-9302

## **Desarrollo de software para aplicaciones críticas**

Escuela de Ingeniería Electromecánica  
Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Sistemas Ciberfísicos

## I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1. Datos generales

|   |   |
|---|---|
| <b>Nombre del curso:</b>                        | Desarrollo de software para aplicaciones críticas                                 |
| <b>Código:</b>                                  | EE-9302   |
| <b>Tipo de curso:</b>                           | Teórico - Práctico  |
| <b>Obligatorio o electivo:</b>                  | Electivo  |
| <b>Nº de créditos:</b>                          | 3   |
| <b>Nº horas de clase por semana:</b>            | 4   |
| <b>Nº horas extraclase por semana:</b>          | 5   |
| <b>Ubicación en el plan de estudios:</b>        | Curso electivo en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Sistemas Ciberfísicos |
| <b>Requisitos:</b>                              | EE-8808 Fundamentos de ciberseguridad   |
| <b>Correquisitos:</b>                           | Ninguno   |
| <b>El curso es requisito de:</b>                | Ninguno   |
| <b>Asistencia:</b>                              | Obligatoria   |
| <b>Suficiencia:</b>                             | No  |
| <b>Posibilidad de reconocimiento:</b>           | Sí  |
| <b>Aprobación y actualización del programa:</b> | 01/01/2026 en sesión de Consejo de Escuela 01-2026                                |

## 2. Descripción general

El curso de *Desarrollo de software para aplicaciones críticas* es del tipo electivo y por esta razón no se incluye en los rasgos del plan de estudios.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: diseñar soluciones de software robustas aplicando estrategias de programación defensiva y tolerancia a fallos; implementar módulos funcionales utilizando herramientas y plataformas embebidas con soporte en tiempo real; verificar el comportamiento del software mediante pruebas automatizadas, análisis estático y simulación; y evaluar el cumplimiento de normas y estándares internacionales relevantes según el dominio de aplicación.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Microcontroladores, Aplicaciones de sistemas embebidos, y Automatización y digitalización industrial.

## 3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

### Objetivo general

- Desarrollar software confiable para aplicaciones críticas, incorporando principios de diseño seguro, verificación rigurosa y cumplimiento normativo en entornos embebidos y ciberfísicos.

### Objetivos específicos

- Diseñar soluciones de software robustas aplicando estrategias de programación defensiva y tolerancia a fallos.
- Implementar módulos funcionales utilizando herramientas y plataformas embebidas con soporte en tiempo real.
- Verificar el comportamiento del software mediante pruebas automatizadas, análisis estático y simulación.
- Evaluar el cumplimiento de normas y estándares internacionales relevantes según el dominio de aplicación.

## 4. Contenidos

En el curso se desarrollarán los siguientes temas:

1. Introducción a sistemas software críticos
  - 1.1. Clasificación de aplicaciones críticas
  - 1.2. Ciclo de vida del software en sistemas embebidos
2. Modelado y especificación de requisitos
  - 2.1. Requisitos funcionales y no funcionales
  - 2.2. Lenguajes de especificación formal
3. Arquitecturas y diseño seguro
  - 3.1. Principios de modularidad, aislamiento y redundancia
  - 3.2. Patrones de diseño seguros
4. Programación robusta

- 4.1. Técnicas de programación defensiva
- 4.2. Control de errores y fallos
- 5. Sistemas operativos en tiempo real (RTOS)
  - 5.1. Planificación, sincronización y manejo de recursos
  - 5.2. Implementación de tareas periódicas y esporádicas
- 6. Verificación, validación y pruebas
  - 6.1. Pruebas unitarias, de integración y de sistema
  - 6.2. Pruebas en hardware-in-the-loop (HIL)
  - 6.3. Cobertura de código y análisis estático
- 7. Normativas y certificación
  - 7.1. ISO 26262 (automotriz)
  - 7.2. DO-178C (aeroespacial)
  - 7.3. IEC 61508 (industrial)
- 8. Ciclo de certificación y documentación
  - 8.1. Casos de estudio
- 9. Sistemas de control de vuelo (autopilotos, gestión de potencia)
- 10. Sistemas médicos embebidos (bombas de infusión, marcapasos)
- 11. Sistemas automotrices seguros (ADAS, frenos ABS)
- 12. Automatización industrial con redundancia y diagnóstico
- 13. Análisis de fallas y mitigación: estudio de fallos históricos (Therac-25, Ariane 5, Toyota)

## II parte: Aspectos operativos

**5. Metodología** En este curso, se utilizará el enfoque sistémico-complejo para la ejecución de las sesiones magistrales y se integrará la investigación práctica aplicada para las sesiones prácticas. Esta última se implementará mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado y la experimentación controlada.

**Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:**

- Recibirán clases magistrales con material audiovisual y discusión en grupo sobre desarrollo de software para aplicaciones críticas
- Desarrollarán ejercicios prácticos en laboratorio utilizando RTOS y plataformas embebidas.
- Aplicarán técnicas de diseño robusto, programación defensiva y control de fallos.
- Analizarán casos de estudio reales para identificar riesgos, fallos y estrategias de mitigación.
- Evaluarán el cumplimiento de estándares internacionales.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante desarrollar software confiable para aplicaciones críticas, incorporando principios de diseño seguro, verificación rigurosa y cumplimiento normativo en entornos embebidos y ciberfísicos

Si un estudiante requiere apoyos educativos, podrá solicitarlos a través del Departamento de Orientación y Psicología.

**6. Evaluación** La evaluación se distribuye en los siguientes rubros:

- Pruebas parciales: evaluaciones formales que miden el nivel de comprensión y aplicación de los conceptos clave del curso. Generalmente cubren una parte significativa del contenido visto hasta la fecha y pueden incluir problemas teóricos y prácticos.
- Tareas: evaluaciones que tienen el propósito de reforzar, aplicar o evaluar el aprendizaje de un tema específico. Pueden requerir investigación, resolución de problemas, desarrollo de habilidades prácticas o aplicación de conocimientos teóricos.
- Act. aprendizaje activo: actividad diseñada para que los estudiantes se involucren de manera directa y práctica en la construcción de su conocimiento, a través de la resolución de problemas, la discusión y la aplicación de conceptos teóricos en contextos reales o simulados.

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| Pruebas parciales (2)       | 60 %  |
| Tareas (6)                  | 15 %  |
| Act. aprendizaje activo (1) | 25 %  |
| Total                       | 100 % |

De conformidad con el artículo 78 del Reglamento del Régimen Enseñanza-Aprendizaje del Instituto Tecnológico de Costa Rica y sus Reformas, en este curso la persona estudiante **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

## 7. Bibliografía

- [1] P. A. Laplante, *Real-Time Systems Design and Analysis*, 4th. Wiley, 2011, ISBN: 9780470768648.
- [2] N. Storey, *Safety-Critical Computer Systems*. Addison-Wesley, 1996, ISBN: 9780201178199.
- [3] M. Wolf, *Computers as Components: Principles of Embedded Computing System Design*, 3rd. Morgan Kaufmann, 2012, ISBN: 9780123884367.
- [4] International Organization for Standardization, *ISO 26262: Road vehicles – Functional safety*, Available at <https://www.iso.org/standard/68383.html>, 2018.
- [5] RTCA, Inc. and EUROCAE, *DO-178C: Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification*, Available at <https://www.rtca.org>, 2011.
- [6] International Electrotechnical Commission, *IEC 61508: Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*, Available at <https://webstore.iec.ch/publication/22273>, 2010.

## 8. Persona docente

El curso será impartido por:

**Mag. Profesor por definir**

Averiguar

Correo: [rmmatarrita@itcr.ac.cr](mailto:rmmatarrita@itcr.ac.cr) Teléfono: 0

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago