

Programa del curso EE-7003

## **Control automático de vuelo**

Escuela de Ingeniería Electromecánica  
Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica

## I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1. Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Control automático de vuelo
<b>Código:</b>	EE-7003
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico - Práctico
<b>Obligatorio o electivo:</b>	Obligatorio
<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 de 10 <sup>mo</sup> semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica
<b>Requisitos:</b>	EE-6902 Aerodinámica; EE-6903 Dinámica de vuelo
<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 *Control automático de vuelo* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: desarrollar sistemas de control automático de vuelo, aplicando conocimientos en aviónica y dinámica de vuelo.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: diseñar sistemas de control para diferentes tipos de UAVs (unmanned aerial vehicles) utilizando software especializado; implementar y probar sistemas de control en plataformas de hardware reales; aplicar conceptos de aeronavegabilidad y normativas en el diseño de sistemas de control; e integrar sistemas GPS y de comunicación en UAVs para mejorar la navegación y coordinación.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Aerodinámica, Dinámica de vuelo, Control automático, Sistemas de la aeronave, y Aviónica.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en el curso de: Trabajo final de graduación.

## 3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

### Objetivo general

- Desarrollar sistemas de control de vuelo para vehículos aéreos no tripulados, aplicando conocimientos teóricos y prácticos, con un enfoque especial en la planificación de rutas, navegación y control autónomo.

### Objetivos específicos

- Diseñar sistemas de control para diferentes tipos de UAVs (unmanned aerial vehicles) utilizando software especializado.
- Implementar y probar sistemas de control en plataformas de hardware reales.
- Aplicar conceptos de aeronavegabilidad y normativas en el diseño de sistemas de control.
- Integrar sistemas GPS y de comunicación en UAVs para mejorar la navegación y coordinación.

## 4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción al control automático de vuelo
  - 1.1. Historia y evolución del control automático de vuelo
  - 1.2. Conceptos básicos y terminología
  - 1.3. Familiarización con el entorno de simulación (MATLAB/Simulink)
2. Modelado dinámico de aeronaves
  - 2.1. Ecuaciones de movimiento
  - 2.2. Modelado de sistemas lineales y no lineales
  - 2.3. Implementación de modelos dinámicos básicos en simulación
3. Análisis de estabilidad y control

- 3.1. Estabilidad estática y dinámica
- 3.2. Análisis de modos de movimiento (longitudinal y lateral-direccional)
- 3.3. Simulación de respuestas a perturbaciones
- 4. Diseño de controladores automáticos
  - 4.1. Controladores PID
  - 4.2. Control con LQR (Regulador Cuadrático Lineal)
  - 4.3. Conceptos de control robusto
  - 4.4. Introducción al control no lineal
  - 4.5. Principios del control adaptativo
- 5. Control de trayectoria
  - 5.1. Principios del control de trayectoria
  - 5.2. Algoritmos de seguimiento de trayectorias
  - 5.3. Simulación de trayectorias de vuelo
- 6. Planificación de Trayectorias
  - 6.1. Métodos de planificación de trayectorias
  - 6.2. Optimización de rutas y evitación de obstáculos
  - 6.3. Implementación de algoritmos de planificación de trayectorias
- 7. Aeronavegabilidad y normativas
  - 7.1. Conceptos de aeronavegabilidad
  - 7.2. Normativas y regulaciones para UAVs
  - 7.3. Análisis de casos de estudio y cumplimiento normativo
- 8. Sistemas GPS y Navegación
  - 8.1. Teoría de sistemas GPS y navegación
  - 8.2. Principios de funcionamiento del GPS
  - 8.3. Integración de sistemas GPS en UAVs
  - 8.4. Implementación de navegación basada en GPS
- 9. Comunicación entre UAVs y aviones
  - 9.1. Protocolos de comunicación y enlace de datos
  - 9.2. Coordinación y control de múltiples UAVs
  - 9.3. Simulación de comunicación y coordinación entre UAVs
- 10. Pruebas y Validación
  - 10.1. Métodos de prueba y validación de sistemas de control
  - 10.2. Análisis de datos y evaluación de desempeño

### 10.3. Realización de pruebas experimentales

## 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 conceptos de control automático de vuelo
- Diseñaran y simularán sistemas de control automático de vuelo.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante desarrollar sistemas de control de vuelo para vehículos aéreos no tripulados, aplicando conocimientos teóricos y prácticos, con un enfoque especial en la planificación de rutas, navegación y control autónomo

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] B. L. Stevens y F. L. Lewis, *Aircraft Control and Simulation*. John Wiley & Sons, 2003.

- [2] R. C. Nelson, *Flight Stability and Automatic Control*. McGraw-Hill, 1998.
- [3] R. W. Beard y T. W. McLain, *Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice*. Princeton University Press, 2012.
- [4] M. J. Sidi, *Spacecraft Dynamics and Control: A Practical Engineering Approach*. Cambridge University Press, 1997.
- [5] R. F. Stengel, *Flight Dynamics*. Princeton University Press, 2004.
- [6] M. V. Cook, *Flight Dynamics Principles: A Linear Systems Approach to Aircraft Stability and Control*. Butterworth-Heinemann, 2012.

## 8. Persona docente

El curso será impartido por:

**Ing. Joshua Guzmán Conejo**

Licenciatura en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

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

Oficina: 25 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago