

Programa del curso EE-6808

Metrología aeronáutica

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

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Metrología aeronáutica
Código:	EE-6808
Tipo de curso:	Teórico - Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	1
Nº horas de clase por semana:	2
Nº horas extraclase por semana:	1
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 8 ^{vo} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica
Requisitos:	EE-0706 Elementos de máquinas
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Aeronáutica:</i> EE-6908 Seguridad aeronáutica y aeronavegabilidad
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	Sí
Aprobación y actualización del programa:	01/01/2026 en sesión de Consejo de Escuela 01-2026

2. Descripción general

El curso de *Metrología aeronáutica* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: asegurar la seguridad aeronáutica y la aeronavegabilidad, aplicando normativa internacional.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: reconocer los principios de trazabilidad, incertidumbre y normativas metroológicas aplicables al entorno aeronáutico; utilizar instrumentos de medición para verificar variables físicas en componentes y sistemas de aeronaves; calibrar instrumentos empleados en la medición de variables eléctricas, térmicas, geométricas, dinámicas y de fluidos; y documentar procesos de medición y calibración siguiendo criterios de trazabilidad, exactitud y conformidad normativa.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en el curso de: Estadística aplicada.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en el curso de: Gestión del ciclo de vida de la aeronave.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Aplicar procedimientos de medición de variables físicas y de calibración de instrumentos utilizados en sistemas aeronáuticos, conforme a normas metroológicas y regulaciones técnicas del sector aeronáutico.

Objetivos específicos

- Reconocer los principios de trazabilidad, incertidumbre y normativas metroológicas aplicables al entorno aeronáutico.
- Utilizar instrumentos de medición para verificar variables físicas en componentes y sistemas de aeronaves.
- Calibrar instrumentos empleados en la medición de variables eléctricas, térmicas, geométricas, dinámicas y de fluidos.
- Documentar procesos de medición y calibración siguiendo criterios de trazabilidad, exactitud y conformidad normativa.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Fundamentos de la metrología aeronáutica

- 1.1. Trazabilidad, exactitud, precisión, repetibilidad e incertidumbre de medición
- 1.2. Sistemas internacionales de referencia y patrones (NIST, BIPM, OACI)
- 1.3. Normativas aplicables (RTCA DO-160, ISO 10012, ISO 17025, AS9100)

2. Medición geométrica aplicada a aeronaves

- 2.1. Herramientas de medición dimensional: calibradores, micrómetros, comparadores, relojes, rugosímetros
- 2.2. Verificación de parámetros geométricos: planeidad, perpendicularidad, paralelismo, concentricidad, entre otros

- 2.3. Técnicas avanzadas: máquinas de coordenadas (CMM), escaneo 3D, fotogrametría
- 3. Medición de variables eléctricas en aeronáutica
 - 3.1. Instrumentos de medición eléctrica: voltímetro, amperímetro, ohmímetro, megóhmetro
 - 3.2. Verificación de sensores y transductores: presión, nivel, posición, temperatura
 - 3.3. Calibración de equipos eléctricos embarcados
- 4. Termometría y pirometría aeronáutica
 - 4.1. Medición de temperatura con RTD, termopares y sensores NTC
 - 4.2. Uso de pirómetros ópticos e infrarrojos
 - 4.3. Aplicación en motores, sistemas de escape y climatización
- 5. Metrología de fluidos en sistemas aeronáuticos
 - 5.1. Medición de presión, caudal, viscosidad y densidad
 - 5.2. Instrumentos para sistemas hidráulicos, neumáticos y de combustible
 - 5.3. Verificación y ajuste de sensores de presión y caudal
- 6. Metrología de vibraciones y dinámica
 - 6.1. Medición de vibraciones con acelerómetros y sensores dinámicos
 - 6.2. Análisis modal y diagnóstico de desequilibrios
 - 6.3. Aplicación en motores, hélices y estructuras
- 7. Medición óptica y de alineación
 - 7.1. Uso de colimadores, teodolitos, sistemas láser y de interferometría
 - 7.2. Alineación de componentes y verificación óptica de geometría
 - 7.3. Aplicaciones en navegación visual y sistemas estructurales
- 8. Medición de condiciones ambientales
 - 8.1. Sensores de presión barométrica, temperatura, humedad y altitud
 - 8.2. Influencia ambiental en instrumentos de cabina y navegación
 - 8.3. Evaluación y calibración de sensores ambientales
- 9. Medición de tiempo y frecuencia
 - 9.1. Osciladores, relojes de precisión y generadores de pulso
 - 9.2. Sincronización de sistemas electrónicos y de navegación
 - 9.3. Verificación y ajuste de instrumentos dependientes del tiempo
- 10. Gestión metrológica y documentación técnica
 - 10.1. Elaboración de rutinas de calibración con trazabilidad

10.2. Lectura e interpretación de certificados de calibración

10.3. Integración de la metrología con procesos de mantenimiento aeronáutico

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:

- Aplicarán procedimientos de medición y calibración según estándares internacionales y requerimientos aeronáuticos.
- Utilizarán instrumentos manuales y digitales para verificar variables físicas en componentes estructurales y sistemas a bordo.
- Interpretarán resultados de medición, certificados de calibración y documentación técnica relevante.
- Elaborarán rutinas de calibración y registros técnicos con trazabilidad y criterios de aceptación definidos.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante aplicar procedimientos de medición de variables físicas y de calibración de instrumentos utilizados en sistemas aeronáuticos, conforme a normas metrológicas y regulaciones técnicas del sector aeronáutico

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] A. S. Morris y R. Langari, *Measurement and Instrumentation: Theory and Application*, 3rd. Academic Press, 2020, ISBN: 9780128189461.
- [2] E. O. Doebelin y D. N. Manik, *Measurement Systems: Application and Design*, 6th. McGraw-Hill Education, 2017, ISBN: 9780071331769.
- [3] *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*, JCGM 100:2008, Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM), 2008.
- [4] W. Karwowski, *Metrology: The Science of Measurement*. Taylor & Francis, 2006, ISBN: 9780849375477.
- [5] I. RTCA, *DO-160G: Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment*, Radio Technical Commission for Aeronautics, Washington, D.C., 2010.
- [6] International Organization for Standardization, *ISO 10012:2003 – Measurement Management Systems - Requirements for Measurement Processes and Measuring Equipment*, 2003. dirección: <https://www.iso.org/standard/37261.html>.
- [7] C. N. de Metrología (CENAM), *Manual de Metrología Dimensional*. 2018. dirección: <https://www.cenam.mx/publicaciones/ManualMetrologiaDimensional.pdf>.
- [8] C. W. de Silva, *Vibration Monitoring, Testing, and Instrumentation*. CRC Press, 2007, ISBN: 9781420053229.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Mag. Oscar Monge Ruiz

Bachillerato en Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Especialización en Energía Solar Fotovoltaica, FYCSA, España

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

Maestría en Administración de Empresas, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Correo: omonge@itcr.ac.cr Teléfono: 25509349

Oficina: 13 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago