

Programa del curso EE-5006

## **Gestión del ciclo de vida de instalaciones electromecánicas**

Escuela de Ingeniería Electromecánica

Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Instalaciones Electromecánicas

## I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1. Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Gestión del ciclo de vida de instalaciones electromecánicas
<b>Código:</b>	EE-5006
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico
<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 Instalaciones Electromecánicas
<b>Requisitos:</b>	EE-4906 Instalaciones mecánico-sanitarias
<b>Correquisitos:</b>	Ninguno
<b>El curso es requisito de:</b>	Ninguno
<b>Asistencia:</b>	Libre
<b>Suficiencia:</b>	Sí
<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 *Gestión del ciclo de vida de instalaciones electromecánicas* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: gestionar el ciclo de vida de sistemas electromecánicos considerando la viabilidad de su transformación digital.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: analizar el costo del ciclo de vida útil de las instalaciones electromecánicas mediante el uso de herramientas financieras y técnicas homologadas para la toma de decisiones informadas sobre adquisición, operación, mantenimiento y retiro de activos; desarrollar las interrelaciones entre las distintas fases del ciclo de vida de un sistema electromecánico y su impacto en el desempeño global de la instalación a través de la aplicación de los principios del enfoque sistémico propuesto por INCOSE; evaluar los diferentes modelos de gestión de la ingeniería electromecánica, así como los procedimientos de auditoría técnica, para la determinación de su eficacia en la optimización de la disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad de activos; e implementar metodologías estructuradas de análisis causa raíz y gestión del riesgo para la identificación de fallos recurrentes, establecimiento de acciones correctivas y prevención de incidentes que afecten la seguridad o la eficiencia operativa de los activos.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Fiabilidad y disponibilidad de sistemas electromecánicos, y Mantenimiento electromecánico.

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

- Gestionar de manera integral el ciclo de vida de instalaciones electromecánicas mediante la aplicación de principios de análisis de costo del ciclo de vida (LCCA), mantenimiento basado en condición, diagnóstico y pronóstico de fallos, estándares internacionales como los propuestos por INCOSE, modelos de mantenimiento, auditorías técnicas, análisis causa raíz y gestión del riesgo, para la optimización de la confiabilidad, disponibilidad y eficiencia operativa de los activos enfocado al impacto al negocio.

#### Objetivos específicos

- Analizar el costo del ciclo de vida útil de las instalaciones electromecánicas mediante el uso de herramientas financieras y técnicas homologadas para la toma de decisiones informadas sobre adquisición, operación, mantenimiento y retiro de activos.
- Desarrollar las interrelaciones entre las distintas fases del ciclo de vida de un sistema electromecánico y su impacto en el desempeño global de la instalación a través de la aplicación de los principios del enfoque sistémico propuesto por INCOSE.
- Evaluar los diferentes modelos de gestión de la ingeniería electromecánica, así como los procedimientos de auditoría técnica, para la determinación de su eficacia en la optimización de la disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad de activos.
- Implementar metodologías estructuradas de análisis causa raíz y gestión del riesgo para la identificación de fallos recurrentes, establecimiento de acciones correctivas y prevención de incidentes que afecten la seguridad o la eficiencia operativa de los activos.

### 4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

#### 1. Introducción y fundamentos

- 1.1. Concepto de ciclo de vida de instalaciones electromecánicas
- 1.2. Etapas del ciclo de vida de un activo
- 1.3. Importancia de la gestión del ciclo de vida en ingeniería

#### 2. Auditorías de mantenimiento

- 2.1. Tipos de auditoría de mantenimiento
- 2.2. Planificación, ejecución y seguimiento
- 2.3. Herramientas de diagnóstico y mejora continua

#### 3. Modelos de gestión de mantenimiento

- 3.1. Estructura de un modelo de gestión de mantenimiento
- 3.2. Norma ISO 55000 sobre gestión de activos y su integración con el ciclo de vida del activo

- 3.3. Indicadores clave de desempeño (KPIs)
- 3.4. Cuadro de mando integral
- 4. Análisis del costo del ciclo de vida
  - 4.1. Introducción al LCCA (Life Cycle Cost Analysis)
  - 4.2. Componentes del costo del ciclo de vida
  - 4.3. Metodologías de cálculo (método del valor presente neto, tasa interna de retorno, retorno de inversión, Woodward)
  - 4.4. Norma IEC 60300-3-3: guía de aplicación del cálculo del costo del ciclo de vida útil
- 5. Enfoque INCOSE y pensamiento sistémico
  - 5.1. Introducción a INCOSE y su relevancia en sistemas complejos
  - 5.2. Principios del enfoque de sistemas aplicados al ciclo de vida
  - 5.3. Relación entre ingeniería de sistemas y gestión de activos
- 6. Transformación digital y mantenimiento
  - 6.1. Transformación digital y su impacto en el mantenimiento
  - 6.2. Internet de las Cosas (IoT) y mantenimiento inteligente
  - 6.3. Big Data y analítica aplicada a la gestión de activos
- 7. Toma de decisiones basada en datos
  - 7.1. Métodos de análisis de datos en mantenimiento
  - 7.2. Indicadores clave de desempeño (KPIs) en mantenimiento
  - 7.3. Uso de inteligencia artificial y machine learning en pronóstico de fallos
- 8. Metodologías de diagnóstico de fallos en equipos industriales
  - 8.1. Identificación de modos de falla y efectos (FMEA)
  - 8.2. Métodos cualitativos y cuantitativos para el diagnóstico
  - 8.3. Herramientas de monitoreo y detección temprana de fallos
- 9. Modelos de pronóstico y estimación de vida útil de equipos
  - 9.1. Algoritmos de pronóstico de fallos
  - 9.2. Enfoques estadísticos y modelos de predicción
  - 9.3. Aplicación de redes neuronales y machine learning
- 10. Optimización del mantenimiento a partir del análisis de datos
  - 10.1. Uso de software de simulación y modelado predictivo
  - 10.2. Optimización de planes de mantenimiento basados en datos
  - 10.3. Estudios de caso y aplicación en la industria

11. Análisis causa raíz (RCA)

11.1. Fundamentos del análisis causa raíz según la norma UNE-EN 62740

11.2. Herramientas empleadas para el desarrollo de un RCA

11.3. Aplicación en fallos recurrentes en instalaciones electromecánicas

12. Gestión del riesgo

12.1. Identificación, evaluación y mitigación del riesgo

12.2. Desarrollo de matrices de riesgo

12.3. Integración con la gestión del mantenimiento y del ciclo de vida

## 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 asignaciones extraclase. Esta última se implementará mediante técnicas como el estudio de casos, el aprendizaje basado en proyectos, el modelado y la simulación.

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

- Recibirán clases magistrales con material audiovisual y discusión en grupo sobre conceptos de gestión del ciclo de vida de instalaciones electromecánicas
- Analizarán un caso real o simulado de una instalación electromecánica, aplicando técnicas de LCCA para evaluar la viabilidad de distintas alternativas de inversión, operación o mantenimiento.
- Construirán un mapa detallado de las fases del ciclo de vida de un sistema, incorporando principios de ingeniería de sistemas según INCOSE.
- Asumirán roles (auditores, responsables técnicos, etc.) y realizarán una auditoría simulada basada en un checklist técnico, análisis de KPIs y prácticas organizacionales.
- Diseñarán modelos de gestión de mantenimiento para su aplicación en la industria.
- Emplearán herramientas digitales o software de modelado para simular la implementación de mantenimiento basado en condición.
- Evaluarán el impacto al negocio de la aplicación del mantenimiento basado en condición a través del uso de herramientas de simulación y modelado predictivo.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante gestionar de manera integral el ciclo de vida de instalaciones electromecánicas mediante la aplicación de principios de análisis de costo del ciclo de vida (LCCA), mantenimiento basado en condición, diagnóstico y pronóstico de fallos, estándares internacionales como los propuestos por INCOSE, modelos de mantenimiento, auditorías técnicas, análisis causa raíz y gestión del riesgo, para la optimización de la confiabilidad, disponibilidad y eficiencia operativa de los activos enfocado al impacto al negocio

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.
- Pruebas cortas: evaluaciones breves y frecuentes que sirven para comprobar el dominio de temas específicos. Suelen ser de menor peso en la calificación final y permiten reforzar el aprendizaje continuo.
- 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 %
Pruebas cortas (5)	25 %
Act. aprendizaje activo (4)	15 %
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 tiene derecho a presentar un examen de reposición si su nota luego de redondeo es 60 o 65.

## 7. Bibliografía

- [1] D. G. Woodward, *Life Cycle Costing: Theory, Information Acquisition and Application*. Elsevier, 1997, ISBN: 978-0080429989.
- [2] INCOSE, *INCOSE systems engineering handbook*. John Wiley & Sons, 2023.
- [3] R. Smith y B. Hawkins, *Lean Maintenance: Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share*. Elsevier, 2004, ISBN: 978-0750676144.
- [4] IEC 60300-3-3: *Dependability management – Part 3-3: Application guide – Life cycle costing*, Standard, 2017.
- [5] ISO 55000 Series: *Asset Management – Overview, Principles and Terminology*, Standard, 2014–2018.
- [6] UNE-EN 62740:2016 - *Análisis de la causa raíz (RCA)*, Norma técnica, Equivalente a IEC 62740:2015, 2016.

## 8. Persona docente

El curso será impartido por:

### **Mag. Sebastián Mata Ortega**

Maestría en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Administración de la Energía. Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: semata@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 26 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

### **Mag. Carlos Piedra Santamaria**



Maestría en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Administración del Mantenimiento. Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

*Correo:* cpiedra@itcr.ac.cr *Teléfono:* 22509353

*Oficina:* 0 *Escuela:* Ingeniería Electromecánica *Sede:* Cartago