



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
Vicerrectorado Académico

DIVISIÓN DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS - DEPARTAMENTO DE MECÁNICA

Rotodinámica de Turbomáquinas

MC-5412

No. de unidades-crédito: 4 unidades

No. de horas semanales: 4 Teoría 1 Práctica 1 Laboratorio

Fecha de entrada en vigencia de este programa: Abril-Julio 2015

OBJETIVO GENERAL:

El propósito del curso es proveer al estudiante de las herramientas prácticas necesarias para el análisis de la dinámica de máquinas rotativas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

El estudiante tendrá competencias para:

- 1) Identificar y describir los diferentes componentes que afectan la rotodinámica de las turbomáquinas.*
- 2) Construir modelos numéricos para la simulación dinámica de los rotores.*
- 3) Definir criterios de selección y/o modificación de cojinetes y sellos.*
- 4) Identificar posibles causas de falla (desbalance, desalineación, inestabilidad, etc.) para su corrección en la operación y en las etapas de diseño.*
- 5) Seleccionar partes, diseños y opciones para adquisición y/o modificación de regímenes de operación.*

CONTENIDO:

1. Descripción de las turbomáquinas (2 semanas)

- Descripción de diferentes configuraciones de turbomáquinas (bombas, turbinas, compresores, etc.), haciendo énfasis en los diferentes componentes que afectan la dinámica del rotor (rotores, cojinetes, sellos, carcasas, soportes, fundaciones).*

2. Simulación numérica de la dinámica de rotores (4 semanas)

- Método de Matrices de Transferencia (Holzer y Mikelstad).*
- Método de Parámetros Concentrados.*
- Método de Elementos Finitos.*
- Consideración de Efectos Giroscópicos.*
- Estudio del Rotor de Jeffcott como modelo simplificado.*

CONTENIDO (continuación):

3. Cojinetes, sellos e impulsores (2 semanas)

- *Características y tipos de cojinetes, sellos e impulsores hidrodinámicos. Mecanismos de generación de fuerza (principios de lubricación). Modelos aproximados de impedancia mecánica y matrices de coeficientes dinámicos. Número de Sommerfeld y su relación con los coeficientes dinámicos. Coeficientes de rigidez cruzados y su relación con la estabilidad de la máquina. Introducción a los cojinetes magnéticos.*

4. Cálculo de la respuesta vibratoria (2 semanas)

- *Uso de las herramientas desarrolladas en el curso para el cálculo de la respuesta en régimen como criterio para el dimensionamiento y selección de componentes.*
- *Consideración de la flexibilidad de los soportes y fundaciones y sus efectos en la respuesta.*
- *Uso de herramientas específicas como diagramas de cascada, de Campbell, Nyquist, Bode, espectro lineal, etc., para el análisis de la respuesta e identificación de posibles causas de falla. Estudio de casos típicos: Rodamientos, desbalance, ejes doblados, engranajes, desalineación, inestabilidad aerodinámica o hidrodinámica, inestabilidad causada por sellos y/o cojinetes, resonancia estructural, rutas de transmisión de energía.*

5. Algunos procedimientos de resolución de fallas (2 semanas)

- *Balanceo en múltiples planos y múltiples velocidades como el caso general de balanceo de rotores.*
- *Alineación, casos prácticos.*
- *Modificación de parámetros del sistema, estructurales, cojinetes (SFD), sellos (Damper Seals).*
- *Amortiguadores dinámicos.*
- *Criterios de diseño de fundaciones.*

ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS, DIDÁCTICAS O DE DESARROLLO DE LA ASIGNATURA:

La asignatura se imparte mediante clases magistrales, aunque supone una inversión “mediana” de tiempo, de parte del estudiante, en actividades individuales y grupales asociadas al estudio de los conceptos presentados en clase y a la solución de los proyectos propuestos. Adicionalmente, los estudiantes deben asistir a sesiones prácticas de laboratorio donde deben poner en práctica sus conocimientos en el área a fin de resolver la problemática planteada.

ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN:

El aprendizaje del estudiante será evaluado mediante asignaciones y proyectos, no sólo orientados a la aplicación y revisión de la teoría vista, sino también requiriendo que el estudiante discuta, consulte y estudie referencias bibliográficas complementarias. Adicionalmente, se realizará un examen donde el estudiante debe aplicar las técnicas de análisis estudiadas a sistemas sencillos. Otra parte de la evaluación corresponde a la participación del estudiante y a los resultados obtenidos reportados en los informes de las prácticas de laboratorio que debe realizar. Igualmente es posible incorporar en la evaluación la presentación por parte del estudiante de artículos de investigación relacionados como un tópico específico.

FUENTES DE INFORMACIÓN:

- Rao, S. S. *Vibraciones Mecánicas*, 5^{ta} Edición, Pearson, México 2012.
- Balachandran, B., Magrab, E.B. *Vibraciones*. Thomson, México 2006.
- Thomson, W. *Theory of Vibration with Applications*, Fourth Edition, CRC Press, 1ra Edición. 2004.
- Den Hartog, *Mechanical Vibrations*, Third Edition, Cambridge Mass, 2008 (re-impresión 1947).
- Meirovich, L. *Fundamentals of Vibrations*. ISBN-10: 1577666917. 2010.
- Dimarionogas, A., *Vibration for Engineers*, Second Edition, Prentice Hall, New Jersey, 1996.
- Mitchell, J., *Introduction to Machinery Analysis and Monitoring*, PennWell Books, Second Edition, 1995.
- Eisenmann, R, and Einsenman, R, Jr., *Machinery Malfunction Diagnosis and Correction*, Hewlett-Packard Profesional Books, Prentice Hall, 1997.
- Ehrich, F., *Handbook of Rotordynamics*, Mc Graw Hill, 1992.
- Vance, J., *Rotordynamics of Turbomachinery*, John Wiley & Sons, 1988.
- Figliola, R., and Beasley, D., *Theory and Design for Mechanical Measurements*, Third Edition, John Wiley & Sons.
- Doebelin, E., *Engineering Experimentation*, Mc Graw Hill, 1995.
- De Silva, C., *Vibration: Fundamentals and Practice*, CRC Press, 2007.
- Hearn, G., y Calfe, A., *Spectral Analysis in Engineering*, John Wiley, 1996.
- Childs, D., “Turbomachinery Rotordynamics”, Wiley InterScience, 1999.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES: *Será fijado por el profesor al inicio de cada trimestre, atendiendo el contenido programático, así como la evaluación sugerida.*