

## PLANIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA

1. **Objetivos de la materia**
2. **Análisis del temario**
3. **Metodología a Utilizar**
4. **Articulación con el Área, el nivel y el diseño curricular**
5. **Importancia de la Materia en la formación del Graduado Tecnológico**
6. **Orientación de la materia de acuerdo a la Definición que determina el Perfil del Graduado Tecnológico**

### 1. Objetivos de la Materia

Al finalizar el curso el estudiante se habrá capacitado del siguiente modo:

- **Desarrollar los conocimientos suficientes para aplicar métodos de diagnóstico de fallas en máquinas eléctricas e instalaciones eléctricas.**
- **Evaluar los resultados obtenidos para determinar el tipo de falla y aplicar el mantenimiento correspondiente.**
- **Estar en condiciones de evaluar los resultados del mantenimiento**

### 2. Análisis del Temario:

La materia incluida en el plan de estudios posee un alto contenido conceptual al aplicar los conocimientos adquiridos en las materias de Máquinas Eléctricas I, Electrotecnia I y II, Tecnología y ensayo de los materiales, Instrumentos y mediciones eléctricas, Teoría de los Campos y Máquinas Eléctricas II convirtiéndose en una verdadera materia de conexión con la Industria integrando los conocimientos adquiridos al aspecto aplicativo. El análisis de modelos y los ensayos completan una conjunción de elementos educativos que le permiten afrontar su actividad profesional con un mayor bagaje de conocimientos y conceptos integrados.

El conocimiento del modelo de las máquinas eléctricas (ME) y su utilización en la resolución de los problemas de aplicación requieren de una buena teoría de modelos, los parámetros de diseño de la máquina eléctrica, las ecuaciones de relación y los conceptos de conversión de la energía. El diagnóstico de fallas permite una aplicación directa de los conocimientos adquiridos en las materias mencionadas y en los aspectos directamente dictados en la materia con el fin de diagnóstico predictivo.

El desarrollo teórico se enfoca integralmente buscando que el alumno adquiera conocimientos de modelos y su relación físico matemática con los parámetros propios y los dispositivos asociados, ya sea red eléctrica o carga mecánica con el objetivo de interpretar la falla y proceder a evaluar el posible tiempo de mantenimiento.

En esta materia se robustecerá el conocimiento de la interrelación entre la máquina con los dispositivos asociados y fundamentalmente el comportamiento frente a los sistemas eléctrico y mecánico, por lo que cobra importancia el planteo de un modelo adecuado para poder responder a las inquietudes experimentales y de utilización de las mismas en relación con dichos sistemas.

Al mismo tiempo se fortalecerá el conocimiento interno de la máquina lo que se realiza al principio planteando los fundamentos de las máquinas eléctricas con otro nivel matemático y teórico. Todos estos aspectos confluyen en el uso de instrumental

apropiado para el diagnóstico y la comprensión de los fenómenos relacionados con el diagnóstico de fallas.

### **2.2.1. Eje Integrador**

La teoría de circuitos, las leyes electromagnéticas, la teoría de modelos, los fundamentos de las máquinas eléctricas rotativas y el uso de instrumentación adecuada de diagnóstico permiten desarrollar una acertada forma de concepcionar la materia en su totalidad.

### **2.2.2. Propósitos del Profesor**

Que conozca el modelo matemático de las ME (MES y MEI) y su relación con el comportamiento de la misma en cualquier estado de carga y al mismo tiempo su correlación paramétrica con el diseño.

Que conozca las partes constitutivas, sus interrelaciones y la incidencia de las mismas en el comportamiento de la máquina eléctrica permitiéndole analizar su comportamiento normal y diagnosticar su falla.

Que pueda realizar el diagnóstico de fallas conceptuando el resultado con el fin de permitir el mantenimiento predictivo.

Que utilice las herramientas adecuadas de ensayo para diagnosticar con precisión la necesidad de mantenimiento y permitir actuar en el momento preciso.

### **2.2.3. Elementos de Aprendizaje:**

- ✓ Teoría y práctica de Máquinas Eléctricas I y II
- ✓ Leyes magnéticas y eléctricas
- ✓ Conocimiento del instrumental adecuado: osciloscopio – instrumentos digitales- analizadores de espectro - etc
- ✓ Conceptos básicos de la Conversión de la Energía
- ✓ Teoría de modelos

### **2.2.4. Actividad Docente:**

- ✓ Confección de notas de curso digitalizadas.
- ✓ Exposición oral utilizando métodos audiovisuales y proyección usando computadoras.
- ✓ Planteo de ensayos con aplicación real.
- ✓ Estructurar los ensayos y realizar las guías de ensayos de laboratorio.
- ✓ Organizar-planificar los trabajos de seminarios.
- ✓ Preparar material humano para la cátedra (auxiliares de docencia).
- ✓ Investigar profundizando los temas que se dictan.
- ✓ Mantener actualizada la parte informativa de la materia (nuevos diseños de ME).
- ✓ Planificar visitas útiles para la comprensión de los temas inherentes a la materia.

### **2.2.5. Experiencias de Aprendizajes:**

- ✓ Ensayos de laboratorio y verificación del diagnóstico.
- ✓ Ensayos de Laboratorio y análisis de resultados de los ensayos propuestos.
- ✓ Elaboración y/o reelaboración mediante seminarios.
- ✓ Exposición oral del estudiante en forma grupal con debate posterior.

- ✓ Exposición oral del profesor de conceptos e informaciones vitales para el estudiante.
- ✓ Utilización de medios de proyección para el uso de la informática.
- ✓ Utilización de la simulación para el desarrollo de los fenómenos dinámicos.
- ✓ Visitas con el Profesor

#### **2.2.6. Recursos Auxiliares:**

- ✓ Laboratorio.
- ✓ ME e instrumentos adecuados para realizar los ensayos de laboratorio.
- ✓ ME para armar y desarmar
- ✓ Proyector de diapositivas - pizarrón- computadora (proyector) - retroproyector.
- ✓ Movilidad (visitas con el Profesor)

#### **2.3. Actividad del Alumno:**

- ✓ Debate oral posterior a la exposición oral del Profesor y de las prácticas de Laboratorio.
- ✓ Realizar los ensayos de laboratorio. Actividad desarrollada en forma integral por el alumno.
- ✓ Análisis del práctico. Comparación de resultados. Conclusión.
- ✓ Presentación de la guía de Laboratorio para su aprobación.
- ✓ Actividad de armado y desarmado de ME.
- ✓ Resolución de problemas mediante la utilización de programas matemáticos.
- ✓ Visitas con el Profesor.
- ✓ Realización de un trabajo tipo seminario con exposición oral posterior.

#### **2.4. Bibliografía Suplementaria: (textos agregados a la bibliografía incluida en el programa)**

1. FernandezCabanas, M., M. Garcia Melero, G.A. Orcajo, J.M. Cano Jodriguez y J.S. Sariago, “Técnicas para el mantenimiento y diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas”, Ed. Marcombo-ABB Service (1998), ( “Tecnicos for manintenance and rotative electric machines diagnosis ” Ed.Marcombo-ABB Service-Edic.1998)
2. Peter Vas (Electrical machines and drives – A space-Vector Theory Approach) Oxford – 1992 – ISBN 0 19 859378 3
3. Ing. di Prátula, Horacio R. (“Recopilaciones”) año 2004 Apunte
4. Luis Serrano Iribarnegaray (“Fundamentos de máquinas eléctricas rotativas”)Ed. Marcombo – Universidad Politécnica de Valencia – Ed. 1989 Libro
5. Michael Liwschitz-GarikClyde C Whipple (Máquinas de Corriente Alterna – Tomo II)Edit CECSA – Ed. 1978 –Libro
6. José L. Pombo – Dr. Patricio A. Laura – Lidia E. Luisoni (“Mantenimiento predictivo mediante el análisis de vibraciones de máquinas” CIC- (Comisión de investigaciones científicas – Pcia. De Bs.As.)La Plata 1978) Apunte
7. Ing. Anibal R. Arias – (“Seminario Técnico de mantenimiento predictivo de equipos rotativos mediante el análisis de vibraciones”)- Bahía Blanca 8-12/10/90 Apunte
8. Nabil A. Al-Nuaim, Hamid A. Toliyat (“A Novel Method for Modeling Dynamic Air-Gap Eccentricity in Synchronous Machines Based on Modified

- Winding Function Theory”) IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 13, No. 2, June 1998, pp. 156-162 Paper
9. Ned Mohan, Tore M. Undeland and William P. Robbins (“Power Electronics – converters, applications, and design ”)- Ed. John Wiley & Sons, Inc-second edition – 1995. Libro
  10. Dorrell, D.G., “Análisis of airgap flux, current, and vibration signals as a function of the combination of static and dynamic airgap eccentricity in 3-phase induction motors,” IEEE Transactions on Industry Applications, 33:1 (1997). Paper
  11. D.G. Dorrell , THE Miller, CB Rasmussen (“Inter-bar currents in induction Machines”) 2001. Paper
  12. Bebouzid, M.E.H., H. Nejjari, R. Beguenane y M. Vieira, "Induction motor asymmetrical faults detection using advanced signal processing techniques," IEEE Transactions on Energy Conversion, 14:2 (1999). Paper
  13. P. Caryn M. Riley, Brian K. Lin, Thomas G. Habetler and Gerald B. Kliman ("Stator Current Harmonics and Their Causal Vibrations: A Preliminary Investigation of Sensorless Vibration Monitoring Applications" IEEE Transactions On Industry Applications – Vol.35 –Nº1 – January/February 1999. Paper
  14. diPrátula, H.R., “New proposals for outside measuring and analyzing the failure in the induction machine,” International Electric Machines and Drives Conference, Madison, Wisconsin, USA (2003).
  15. “Teoría Estructural de la Máquina Eléctrica - Aplicación al análisis del diagnóstico de fallas rotóricas y estáticas” Dr. di Prátula, Horacio Raúl – Libro editado en Editorial Académica Española - LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH& Co. KG Heinrich-Böcking-Str. 6-8 66121, Saarbrücken, Germany - ISBN 978-3-8473-5366-9, fecha de edición: diciembre de 2011
  16. Subhasis Nandi – RajMohanBharadwaj – Hamid A. Toliyat – Alexander G. Parlos -(“Study of three phase induction motors with incipient rotor cage faults under different supply conditions”) IEEE.IAS 99
  17. P. Pillay and Z.Xu ("Motor current signature analysis" Proceedings of the IEEE-IAS 31st Annual meeting october 6/96, San Diego (CA))
  18. P. Caryn M. Riley, Brian K. Lin, Thomas G. Habetler and Randy R. Schoen ("A method for sensorless on-line vibration monitoring of induction machines" Proceedings of the IEEE-IAS Annual meeting 1997)
  19. R.R. Schoen, B.K. Lin, T.G. Habetler, J.H. Schlag, and S. Farag ("An unsupervised, on-line system for induction motor fault detection using stator current monitoring" IEEE -1/94
  20. M.Arkan& P.J. Unsworth ("Stator Fault Diagnosis In Induction Motors Using Power Decomposition" IAS'99, Phoenix (AZ), October 99
  21. S.M.A. Cruz and A.J. Marques Cardoso (“Rotor Cage Fault Diagnosis in Three-Phase Induction Motors by the Total Instantaneous Power Spectral Analysis”) IEEE – IAS 99.
  22. Andrzej M. Trzynadlowski and Majid Ghassemzadeh - Sanislaw F. Legoski (“Diagnostics of mechanical abnormalities in Induction Motors using instantaneous electric power”) IEEE 1997 – IGMDC 97
  23. Andrzej M. Trzynadlowski and EwenRitchiei (“Comparative investigation of diagnostic media for induction motors: a case of rotor cage faults”) IEEE 1999 – IAS' 99

24. Ikuro Morita (“Air Gap Flux Analysis for Cage Rotor Diagnosis”) Electrica Engineering in Japan, Vol.112. N° 3 1992 Translated from Kenki Gakkai Ronbunshivol III-D n°7 July 1991, pp578-587.
25. Electrical power equipment maintenance and testing – second edition – Paul Gill – CRC Press - ISBN 978-1-57444-656-2 – 2008 -
26. Maintenance Engineering Handbook - R. Keith Mobley (Editor in Chief) Lindley R. Higgins Darrin J. Wikoff – septimaedicion – Mc Graw Hill – 2008 -
27. Leyes y normas de seguridad vigentes a nivel nacional y provincial.
28. Handbook of large turbo-generator operation and maintenance - Geoff Klempner - IsidorKerszenbaum – IEEE Press – A John WILEY & SONS, INC., Publication – ISBN 978-0470-16767-0 -2008 -

## **2.5. Metodología de la Enseñanza:**

Se usan diferentes técnicas pedagógicas para lograr la experiencia de enseñanza-aprendizaje:

- ✓ **Exposición oral para introducir el Tema, guiar o presentar conceptos básicos.**
- ✓ **Exposición por computadora. Simulación mediante la técnica de modelos.**
- ✓ **Ensayos de laboratorio con Guías de Estudio y utilizando técnicas de Aula Taller.**
- ✓ **Prácticas de laboratorio con diagnóstico final de fallas en maquinas eléctricas.**
- ✓ **Análisis de resultados como una forma de fijar los conceptos que se consideran importantes.**
- ✓ **Resolución de problemas, individual, con el fin de fomentar la creatividad del estudiante.**
- ✓ **Visitas a Industrias, talleres ó sitios que utilicen las ME y dispositivos analizados.**

## **2.6. Material de Cátedra a Disposición del Alumno**

Los Estudiantes contarán con las notas de curso escritas y/o digitalizadas, a las cuales tendrán acceso al inicio de clases. Esta práctica permite al alumno tomar apuntes breves destinados a esclarecer los temas expuestos en clase.

Las guías de Estudio para Laboratorio presentan los siguientes contenidos: Un Planteo Básico, objetivos y actividades de información y experimentación, de análisis y de conclusiones y transferencia, lo que les permite trabajar personalmente con la supervisión del docente auxiliar.

Los seminarios presentarán objetivos claros con el fin de que los esfuerzos redunden en beneficio del estudiante.

Al mismo tiempo, los problemas se desarrollarán de forma tal que el procedimiento de resolución implique un conocimiento tal de la ME que le permita al estudiante analizar, concluir, sintetizar y transmitir su experiencia de forma organizada.

## **2.7. Importancia de la Materia en la Formación del Graduado Tecnológico:**

Tanto en los aspectos programáticos como los explicitados para efectuar el desarrollo de esta materia queda expuesta la importancia en la formación del graduado tecnológico. Se basa en conceptos básicos de conversión de la energía pero aplica conocimientos y conceptos adquiridos en Máquinas Eléctricas I, Electrotecnia I y II, Tecnología y ensayo

de los materiales, Instrumentos y mediciones eléctricas y Teoría de los Campos, integrando los conocimientos y exhibiendo una aplicación útil de los mismos, pero, además fija los conceptos básicos de la Conversión electromecánica de la Energía.

Las ME utilizadas, de gran aplicación en el campo Profesional, le permiten desarrollar conocimientos integrales dada la interacción de estas con los sistemas eléctricos y mecánicos. Tanto la MES como la MEI deben considerarse fundamentales en la formación técnica, considerando su utilización en el campo profesional como extensa y de gran importancia.

La Metodología utilizada permite un desarrollo profundo del tema, a la vez que facultará al futuro profesional para aplicar sus conocimientos con fundamento y criterio. En la faz de preparación es importante el trabajo en grupo, permitiéndole la integración con otras personas en el análisis técnico, lo que en su función de Ingeniero será de permanente utilidad.

La resolución de problemas y la tarea de búsqueda para el seminario ayudarán a templar su faz inquisidora y resolver las situaciones que se le presentarán en su profesión.

La presentación del trabajo facilitará que el futuro Ingeniero se habitúe a realizar, organizar y presentar informes.

La exposición oral busca desarrollar en el futuro graduado: la dialéctica-expresión-poder de síntesis y de Transmisión de conocimientos.

En síntesis, dada la velocidad de cambio tecnológico y la variedad de diseños que hoy enfrentan las máquinas eléctricas, el estudiante se preparará en esta cátedra para proseguir su aprendizaje y adaptarse a las condiciones profesionales que deberá enfrentar.

## **2.8. Articulación con el Área, el Nivel y el Diseño Curricular**

Considerando el avance de la comunicación y la globalización en los conocimientos Profesional que surgirá en este nuevo milenio, será reflexivo, analítico, capacitado en informática y con conocimientos que le permitan adoptar decisiones rápidas para resolver los problemas de su profesión. Para lograr dicho objetivo, esta asignatura establece actividades que propenden a lograr que el estudiante integre los conocimientos tanto verticalmente como horizontalmente, buscando claridad de conceptos que le permitan aplicar teorías de materias como las mencionadas en el análisis del temario y una integración con materias de mecánica dada la relación entre las ME y los dispositivos mecánicos (motor primario en el generador y carga mecánica en el motor). Es evidente que se articula con el área, el nivel y el diseño curricular, utilizando los conocimientos adquiridos y adicionando los conceptos de conversión de la energía. La metodología y los elementos de estudio utilizados y descriptos en la presente propenden a tal resultado.

## **2.9. Orientación de la Materia de Acuerdo a la Definición que Determina el Perfil del Graduado Tecnológico**

De acuerdo a lo expresado en la Planificación y Metodología, queda evidenciado que se busca:

- ✓ Desarrollar los temas teóricos con profundidad propendiendo al análisis conceptual.
- ✓ Incentivar el manejo práctico de las ME conociendo sus características constructivas y de diseño.

- ✓ Que manipulen la ME y los instrumentos con conceptos claros de sus características.
- ✓ Conocer los ensayos para realizar la experimentación normada sin inconvenientes y estar en capacidad de analizar los resultados y valorarlos de tal modo que le permita tomar decisiones.
- ✓ Realizar trabajo Grupal que permite su desenvolvimiento en equipo.
- ✓ Informar los resultados y conclusiones de los ensayos en un formato solicitado por la cátedra.
- ✓ Informar de manera estructurada y organizada el seminario lo que facilita la presentación de informes en su futuro accionar como Profesional.
- ✓ Análisis y resolución de problemas, que desarrollarán su creatividad, la toma de decisiones y afianzarán sus conceptos.
- ✓ Adquirir la estructura académica fundamental para adaptarse a las variaciones tecnológicas y científicas que le serán requeridas en su función profesional y/o de investigación.

En suma, las actividades que desarrollarán los Estudiantes, lo preparan para su futura función como Ingeniero cumpliendo con las pautas dadas para el perfil del Ingeniero Tecnológico, tanto en lo técnico, como en lo creativo y humano con la preparación adecuada para proseguir su auto- perfeccionamiento y/o capacitación.

## **2.10. Seminario**

El trabajo se desarrollará en forma grupal y los temas propuestos tendrán como objetivo la solución de un problema cuya extensión permitirá su conclusión dentro del periodo de cursado. La bibliografía utilizada será parte del desarrollo temático y será referida correspondientemente. Se utilizarán formatos y formas editoriales usadas a nivel Nacional e Internacional para la presentación de los trabajos.

## **2.11. Técnicas de evaluación y autoevaluación:**

- ✓ Evaluación para aprobación directa: Se tomarán Parciales: 2; Contenido: Ejemplos reales y preguntas teóricas - resuelve y entrega - requiere para rendir Informe Trabajos prácticos: Aprobado. Nota mayor de 6 según ordenanza 1549. Va a cursado con examen final si no cumple con las pautas de la ordenanza 1549.
- ✓ Evaluación del Estudiante a lo largo del cursado: Será una evaluación permanente a través de los ensayos de laboratorio, (orientado a verificar si ha alcanzado los objetivos propuestos y a cumplido con las actividades de las guías de laboratorio), preparará el seminario y su exposición oral. Para obtener el cursado requerirá entonces de un conocimiento sobre las experiencias y el tema específico de seminario (esto permite evaluar el nivel alcanzado en su faz teórica aplicada y las condiciones límites para que pueda preparar el final de la materia). La evaluación final se desarrollará en caso de que no promocióne la materia.
- ✓ Autoevaluación de la Cátedra: La realimentación que le permite a la cátedra evaluar su protagonismo en el proceso de enseñanza-aprendizaje se efectúa a través de la interacción permanente con el avance del estudiante, ya que la metodología propuesta permite rápidas correcciones de rumbo ante la evidencia de que las actividades propuestas no propenden al objetivo general o particular planteado.