

Asignatura: **Propulsión**

Código: 10-09312

RTF

7

Semestre: Octavo

Carga Horaria

72

Bloque: Tecnologías Aplicadas

Horas de Práctica

16

Departamento: Máquinas

Correlativas:

- Para Cursar: Aeronáutica General, Seminarios y Aeropuertos - Regularizada
- Para Cursar: Mecanismos y Elementos de Máquinas - Regularizada
- Para Rendir: Aeronáutica General, Seminarios y Aeropuertos - Aprobada
- Para Rendir: Mecanismos y Elementos de Máquinas - Aprobada

Contenido Sintético:

- Generalidades de Sistemas Propulsivos.
- Antecedentes y desarrollos.
- Teoría de la Propulsión.
- Procesos Termodinámicos. Ciclos Teóricos.
- Ciclos Reales. Diagrama P –  $\alpha$  y Distribución.
- Combustión y Cámaras de Combustión, Motores Encendido Provocado y Encendidos por Compresión.
- Combustibles para motores de Combustión Interna Alternativos (MCIA).
- Preparación de la Carga. Carga “L” del MCIA.
- Rendimientos, Renovación de la Carga.
- Performance de MCIA.
- El Encendido y la Lubricación.
- Tipos de Motores de Turbina de Gas.
- Ciclo Brayton.
- Turbina de Acción y Reacción.
- Combustión Continua y Cámaras de Combustión.
- Compresores axiales y centrífugos. Curvas del compresor. “Bombeo”
- Combustibles y Materiales para Turbinas de Gas.
- Reparación, inspección y mantenimiento. Documentación.
- Performances del Turbomotor.
- Tomas de Aire.
- Accesorios del Turbomotor

Competencias Genéricas:

Competencias tecnológicas

CG 1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.

CG 2. Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).

CG 4. Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en ingeniería.

Aprobado por HCD: 918-HCD-2023

RES: Fecha: 8/11/2023

### Competencias Específicas:

CE 1. Competencias para diseñar, calcular y proyectar aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo, plantas propulsoras y auxiliares aeronáuticas y espaciales, sistemas de control aeronáuticos, instalaciones aeroportuarias -en aquello que afecte la operación y el funcionamiento de una aeronave y/o sus equipos-, rutas y líneas de transporte aéreo.

CE 2. Competencias para proyectar, dirigir y controlar la construcción, operación y mantenimiento de lo anteriormente mencionado.

CE 3 Competencias para certificar el funcionamiento, condición de uso o estado de lo mencionado anteriormente.

CE 4. Competencias para proyectar y dirigir lo referido a la higiene y seguridad en su actividad profesional.

### Competencias Específicas Desagregadas

CE1 D Competencia para analizar la performance, la operación en distintas condiciones y todo lo referente a la mecánica de vuelo de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo. **M**

CE1 E. Competencia para calcular, diseñar, proyectar y construir plantas de propulsoras principales y auxiliares motores alternativos, a reacción, cohetes, compresores, cámaras de combustión, turbinas, hélices de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo. **A**

CE1 F. Competencia para calcular y diseñar los diferentes sistemas mecánicos y elementos de máquinas aplicados a las aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo. **M**

CE1 I; Competencia para diseñar, proyectar y ensayar los principales parámetros pertinentes a laboratorios de ensayos y calibraciones de equipos de aplicados a las aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo. **M**

CE2 A. Competencia para proyectar, dirigir y controlar la construcción, operación y mantenimiento de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo. **M**

CE3A: Competencia para certificar el funcionamiento, condición de uso o estado y aptitud para el vuelo de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo. **A**

CE4A: Competencia para proyectar y dirigir lo referido a la higiene y seguridad en el campo aeroespacial. **A**

## Presentación

Propulsión es una actividad curricular que pertenece al cuarto año (octavo semestre) de la carrera de Ingeniería Aeroespacial y es una asignatura dependiente del Departamento Máquinas.

En la presente materia el alumno puede visualizar y aplicar conocimientos de la Ingeniería, adquiridos con anterioridad y que son volcados en el estudio de distintos sistemas mecánicos, al análisis de parámetros y a los fenómenos que hacen al funcionamiento, los que luego se pueden corroborar en forma experimental.

La rápida evolución de la tecnología de fabricación y de los materiales, la aparición de nuevos lubricantes, la mejora en los combustibles utilizados y los en vía de desarrollo, como así también la aplicación de nuevos sistemas de control, obliga a educador y educando a capacitarse y lograr competencias y herramientas de trabajo relacionados estrechamente con esta temática.

Es por ello que necesitamos un currículum flexible y dinámico que permitan modificaciones, para acompañar los cambios constantes, de acuerdo con la evolución de los conceptos de aplicación que en esta especialidad se producen.

El objetivo fundamental es lograr que el alumno tenga la capacidad de analizar y resolver los problemas Técnicos, Tecnológicos y Económicos que se plantean y con ello los progresos que se logran en la Performance (comportamiento), Economía de operación y Costos (diseño, fabricación y mantenimiento) relativos a estas máquinas.

Además comprender como influyen en los avances logrados, factores tales como: el desarrollo producido en la Industria, en el Transporte, la mejora –mediante lo experimental- en los conocimientos en Termodinámica y Mecánica de los Fluidos, las mejoras en los Lubricantes y los Combustibles, la mejor y mayor posibilidad en la investigación de los Procesos, las mejoras en las Tecnologías de Fabricación y de Materiales, la información estadística que se dispone y los análisis comparativos.

## Contenidos

**Unidad 1.** Generalidades de sistemas propulsivos.

Antecedentes y desarrollos. Motores alternativos. Características y campo de aplicación. Motores de flujo continuo. Características y campo de aplicación. Origen, evolución y desarrollo de los motores utilizados para propulsar. Motores y propulsores.

**Unidad 2. Teoría de la propulsión.**

Sistemas propulsivos. Leyes del movimiento. Ecuación de la propulsión. Rendimiento propulsivo. Ecuación de las turbomáquinas.

**Unidad 3. Procesos Termodinámicos. Ciclos Teóricos.**

Equivalencia y aprovechamiento del calor y del trabajo de expansión. Ciclo Sabathe y derivados. Obtención del Rendimiento Termodinámico. Comparación de ciclos teóricos.

#### **Unidad 4. Ciclos Reales. Diagramas P – $\alpha$ y de distribución.**

Ciclos reales diferencias con los ciclos teóricos. Sistemas de distribución. Diagramas de distribución, comparación. Ventajas e inconvenientes de los sistemas utilizados. Valores geométricos, característicos y de performance. Regulación de los motores alternativos.

#### **Unidad 5. Combustión y Cámaras de Combustión, Motores Encendido Provocado y Encendido por Compresión.**

Combustión normal y formas anormales de combustión en los MEP. Detonación. Combustión normal y anormal en motores Diesel y Sabathe. Cámaras de combustión para MEP. Cámaras de combustión para MEPC.

#### **Unidad 6.**

Combustibles para motores alternativos. Combustibles livianos (ciclo Otto) y pesados (Diesel y Sabathe). Generalidades. Características. Propiedades.

#### **Unidad 7. La Preparación de la Carga. Carga “L” en MCIA.**

Formación de la mezcla. Carburación. Teoría de la carburación. Carburador elemental. Carburadores automáticos. Inyección en motores a explosión. Alternativas. Sistemas de inyección Mono y Multipunto. Sistemas de control. Teoría de la inyección. Inyectores y bombas. Diesel y Sabathe. Common Rail. Sobrealimentación. Ventajas e inconvenientes. Tipos de sobrealimentadores. Concepto de Carga del Motor.

#### **Unidad 8. Rendimiento. Renovación de la carga.**

Expresiones de la Potencia. Rendimientos (indicado, mecánico y global). Factores que los condicionan. Dinámica de la operación de la carga. Rendimientos gravimétrico y volumétrico.

#### **Unidad 9. Performance de MCIA.**

Características de plena carga en motores alternativos (performance de máxima). Características de utilización en motores alternativos. (performance de utilización). Performance de Altura. Cálculo de máxima de motores alternativos, bases para el cálculo. Medición de performances, métodos aplicados, corrección de potencia. Ensayos normalizados. Bancos de ensayo. Dinamómetros: Tipos, características, variantes, etc.

#### **Unidad 10. Encendido y Lubricación.**

Sistemas de encendido. Ventajas e inconvenientes. Sistemas de control tradicional y actual. Sistemas de lubricación. Presurización y eficacia.

#### **Unidad 11. Tipos de Motores a Turbina de Gas.**

Historia de las Turbomáquinas. Clasificación y utilización. Ventajas e Inconvenientes existentes en la actualidad. Ciclos de trabajo de las turbomáquinas (teórico y real).

#### **Unidad 12. Ciclo Brayton.**

Ciclo Brayton de temperatura limitada. Rendimiento máximo. Ciclo Límite. Variantes de turbomotores. Plantas fijas y de propulsión.

### **Unidad 13. Turbinas de Acción y Reacción.**

Ecuación de las turbomáquinas. Rendimiento periférico. Grado de reacción. Turbina ideal y real. Influencia del rozamiento en las turbinas y triángulo de velocidades. Estudio de las pérdidas. Turbinas de acción. Rendimientos. Reducción de la velocidad periférica. Escalonamientos. Turbinas de reacción. Condición de máximo rendimiento.

### **Unidad 14. Combustión continua y Cámaras de combustión.**

Función. Arquitectura. Tipos de Cámaras. Combustión continua. Control de la combustión. Inyección directa, inversa y a contra corriente. Estabilidad de la llama. Cámaras múltiples y anulares. Ventajas e inconvenientes. Requisitos. Zonas de trabajo. Esquema del flujo. Combustibles. Tipos y propiedades.

### **Unidad 15. Compresores axiales y Centrífugos. Curvas. “Bombeo”**

La circulación. Turbosoplantes y turbocompresores. Estudio de las pérdidas en Compresor. Velocidad de marcha en vacío. Curva de funcionamiento del compresor, su construcción. El “Bombeo”. Remedios para el bombeo del compresor. Consecuencias. Grados de reacción en compresores axiales y radiales. Trabajo de compresión.

### **Unidad 16. Combustibles y Materiales para Turbinas de Gas**

Tipos de materiales utilizados en turbomotores. Injerencia en las prestaciones. Propiedades. Aleaciones y superaleaciones. Materiales compuestos. Características principales de los combustibles. Especificaciones, normas y tipos de combustibles. Biocombustibles. Manipulación y almacenamiento, aditivos.

### **Unidad 17. Reparación, inspección y mantenimiento. Documentación.**

Niveles de mantenimiento y reparación. Normas utilizadas. Actividades de mantenimiento e inspección. Mantenimiento programado y correctivo. Documentación de mantenimiento, tipos y manejo. Análisis de fallas. Boroscopia. Procesos de reparación.

### **Unidad 18. Performance del Turbomotor.**

Medición de empuje. Celdas de ensayo. Control de datos. Medición de potencia en el eje. Componentes principales. Arrancadores. Sistemas de control.

### **Unidad 19. Tomas de Aire.**

Tomas de aire subsónica. Función y requisitos. Esquema de flujo. Perfiles. Tomas de aire supersónica. Función y requisitos. Clasificación. Regímenes de funcionamiento. Denominación. Adaptación. Regulación de toma supersónica.

### **Unidad 20. Los Accesorios del Turbomotor.**

Arrancadores. Inyección de combustible e ignición. Sistemas de Lubricación. Y presurización (sellos). Sistema anti-hielo. Sistema de inversión de flujo. Unidades de control de combustible. Cajas de accesorios. Bombas de combustible. Control

de paso de hélice. Control de temperaturas y presiones. Sistemas de regulación de comandos. Definición y requisitos.

## Metodología de enseñanza

### FUNDAMENTOS PEDAGÓGICOS / DIDÁCTICOS Y ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA

Los fundamentos pedagógicos y las estrategias de enseñanza y aprendizaje están centrados en el estudiante y el aprendizaje basado en competencias, abordado desde un enfoque constructivista.

En los procesos formativos anteriores se tenía en cuenta solamente el “saber”, es decir basado en el conocimiento teórico (saber conocer), esta nueva metodología se extiende al saber hacer, y saber ser.

El saber hacer se refiere a los conocimientos procedimentales, el manejo de técnicas y procedimientos necesarios para la ejecución de una tarea que en el caso de la ingeniería se trata la resolución de problemas de manera eficiente y sistemática.

En el caso del saber ser se refiere a los conocimientos actitudinales, que permiten incorporar las competencias, sociales, éticas y valores al ejercicio profesional.

- Información clara: descripción y ejemplos de los objetivos y conocimientos requeridos y de los resultados esperados.
- Práctica reflexiva: oportunidad para el estudiante de ocuparse activa y reflexivamente de aquello que deba aprender (solución a problemas de regulación y reglaje de motores, variación de parámetros, límites técnico / económicos, tipos de mantenimiento).
- Retroalimentación informativa: consejos claros y precisos para que el estudiante mejore el rendimiento y pueda proceder de manera más eficaz.
- Fuerte motivación con actividades ampliamente interesantes y atractivas en si mismas o porque permiten obtener otros logros que importan al estudiante.

La metodología a emplear en la implementación de esta planificación, es decir la forma de actuar en el proceso de enseñanza – aprendizaje, debe contemplar dos partes complementarias:

- por un lado, mantener motivado al estudiante a fin de que asuma un rol protagónico en la tarea de aprendizaje;
- por otro, adecuarse a los conocimientos previos de los educandos, a su desarrollo evolutivo y a las características del contexto.

De las opciones metodológicas existentes, que permiten alcanzar el objetivo propuesto que se sigue para enseñar algo (método pedagógico), las modalidades seleccionadas son:

- Clases teóricas apoyadas con mapas conceptuales que permitan iniciar el proceso de aprendizaje del estudiante, donde el profesor es el encargado de buscar la mejor negociación posible de significados en un clima adecuado; y el estudiante es el responsable de aprender.

- Resolución y análisis, en grupos, de problemas típicos que se presentan en el diseño de las máquinas estudiadas, que permitan el refuerzo inmediato y continuo del aprendizaje, a través de la interacción activa de sus integrantes.
- Trabajos en Laboratorios: Los trabajos que allí se hagan son fundamentales, sirven para el aprendizaje, mejoramiento y potenciación de la capacidad de hacer; utilizando como herramienta de trabajo en la resolución de problemas, por ejemplo el Banco de Ensayo de Motores. Por ello, es que las tareas en Laboratorios están en la categoría del saber hacer.

## Evaluación

El sistema de evaluación de la asignatura comprende: evaluaciones conceptuales y trabajos grupales; según la reglamentación vigente y que permitan verificar si se alcanzan las competencias.

Evaluaciones conceptuales: Se realizarán al menos 4 (cuatro) a lo largo del cuatrimestre, en cuatro meses se limitan por los tiempos y con ello la posibilidad de realizar más evaluaciones.

La principal división de la Planificación es en motores alternativos y turbinas de gas, por lo que se debe dividir la evaluación y con ello el logro de las competencias establecidas.

Por grupos de estudiantes no superiores a tres, deberán presentar, explicar y aprobar un informe escrito por cada Trabajo de Laboratorio, temas solicitados por la Cátedra o visitas Técnica realizadas, donde desarrollará sus capacidades adquiridas sobre los ensayos, equipos utilizados y las normas utilizadas. Incluirá un análisis de resultados obtenidos, incluirá un coloquio oral de presentación.

La nota de la actividad corresponderá un 60% al informe escrito y un 30% a la presentación oral y un 10% al cumplimiento de los plazos de presentación. Considerando los indicadores de desempeño.

## Condiciones de aprobación

La nota final corresponderá al promedio ponderado de las evaluaciones conceptuales y trabajos grupales. Correspondiendo un 70% de peso para las evaluaciones y un 30% al trabajo grupal.

Pueden recuperarse 2 (dos) evaluaciones conceptuales, uno de motores alternativos y uno de turbinas de gas.

Promocionan con la aprobación de todas las evaluaciones, actividades grupales y un coloquio final.

El coloquio final constará de la presentación oral de un tema, que el alumno escogerá de un listado que confeccionará la cátedra.

Regularizan los alumnos que hayan logrado o los exámenes parciales o los trabajos grupales.

## Actividades prácticas y de laboratorio

### **a) Actividades de laboratorio**

Las tareas de laboratorio se desarrollarán en el Laboratorio de Máquinas de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNC y en el Laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Facultad Regional Córdoba de la UTN.

1.- Determinación del Número de Octanos de una nafta, comprender funcionamiento del dispositivo y el proceso requerido.

2.- Performance de Máxima, determinación de cupla motriz, potencia efectiva y consumo específico.

### **b) Trabajo de campo**

Visita a empresa de mantenimiento y reparación de turbinas de gas (de ser factible).

## Resultados de aprendizaje, Competencias Genéricas

RA1- Diseña y desarrolla proyectos de ingeniería.

RA2- Selecciona e interpreta la normativa aplicable y vigente a proyectos de ingeniería.

RA3- Se desempeña con solvencia en el trabajo en grupos.

## Resultados de Aprendizaje, Competencias Específicas

RA 1: Seleccionar, calcular e integrar motores a partir del conocimiento del funcionamiento integral, operación y mantenimiento de las mismas.

RA2.- Calcula rendimientos de plantas propulsivas según normas, reglamentaciones y especificaciones técnicas.

RA3.- Identifica procedimientos de mantenimiento predictivo y preventivo en sistemas propulsivos.

RA4.- Explica Ensayos de Performance de motores y sus Curvas Características.

## Bibliografía

Motores de Combustión Interna

Edward F. Obert

Motores Endotérmicos

Dante Giacosa

Teoría de los Motores Térmicos

R. Martínez de Vedia

Turborreactores

A. E. Oñate

Propulsión

Criscuolo y Bruno. UNC.

Máquinas Alternativas y Turbomáquinas  
Nacuse UTN

Bruno, Infante y

Sobrealimentación de motores  
Imperial

Juan Miralles de