

Asignatura: **Termodinámica**

Código: 10-09302

RTF

6

Semestre: Cuarto

Carga Horaria

72

Bloque: Tecnologías básicas

Horas de Práctica

Departamento: Física

Correlativas:

- Física 1
- Probabilidad y Estadística

Contenido Sintético:

- Sistemas Termodinámicos.
- Primer principio de la termodinámica. Ecuación de la energía.
- Gases Perfectos y reales.
- Segundo principio de la Termodinámica. Funciones Termodinámicas.
- Ciclo de sistemas gaseosos.
- Ciclos de vapor y ciclos frigoríficos.
- Mezcla y escurrimiento de gases y vapores.
- Fundamentos de Termodinámica
- Termoquímica y combustión

Competencias Genéricas:

- CG 1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- CG 4. Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería.
- CG 6. Competencia para desempeñarse de manera efectiva en grupos de trabajo.

Competencias Específicas:

CE1A: Competencia para establecer parámetros de diseño y normas de mantenimiento y operación para todos los subsistemas eléctricos de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE1 C Competencia para calcular, diseñar y proyectar aerodinámica de vehículos en flujo incompresible y compresible.

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

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

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

CE1 G: Competencia para diseñar y proyectar la realización del sistema de navegación, guiado y control de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

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.

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.

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

Aprobado por HCD: 918-HCD-2023

RES: Fecha: 8/11/2023

## Presentación

La asignatura Termodinámica, es una asignatura que pertenece al cuarto semestre del segundo año de la carrera de Ingeniería Aeroespacial que se dictan en la F.C.E.F y N de la UNC. La Termodinámica estudia los estados y cambios de estado de los sistemas físicos y las interacciones que conllevan a esos cambios como así también al calor como forma de energía, sus formas de transmisión y su importancia en relación a las máquinas térmicas para el cálculo del rendimiento. Se presentan además el primer principio y el segundo principio de la termodinámica y el concepto de entropía que se relaciona con la irreversibilidad de los procesos reales.

Por ser una rama de la Física, durante su desarrollo se describen procesos donde los cambios de temperatura desempeñan un papel importante como por ejemplo, en la transformación de energía. En lo referido a la aplicación de esta disciplina, se puede afirmar que el estudiante tomará conciencia de su importancia al percibir que su estudio contribuye a interpretar procesos que se producen en la naturaleza como así también resulta de aplicación en las diferentes ramas de la Ingeniería.

El posicionamiento pedagógico desde donde se enseña la asignatura corresponde al aprendizaje centrado en el estudiante y en la formación por competencias, propendiendo a que el estudiante adquiera condiciones que le permitan identificar fenómenos físicos y transformaciones, para interpretar consignas y resolver ejercicios y problemas, aplicando procedimientos compatibles con las prácticas de la ingeniería.

## Contenidos

### **Unidad N° 1: Propiedades y sistemas termodinámicos**

Definiciones y conceptos fundamentales. Energía: energía interna, energía mecánica, energía de flujo. Energía calorífica. Unidades de energía y potencia. Sistemas. Parámetros. Funciones de estado. Escalas termométricas. Parámetros fundamentales. Interpretación cinética de la presión y la temperatura. Camino libre medio. Choque contra una pared móvil. Constante de Boltzmann.

### **Unidad N° 2: Ecuación de la energía. Primer Principio de la termodinámica**

Ecuación general de la energía. Primer principio para sistemas no fluyentes. Calores específicos. Función energía interna. Trabajo externo. Entalpía. Primer principio para sistemas fluyentes. Casos particulares de la ecuación de la energía. Laminado.

### **Unidad N° 3: Gases perfectos y reales**

Clasificación de los sistemas gaseosos. Gases perfectos. Propiedades leyes y ecuaciones. Ecuación de estado La constante R. Gases reales. Representación de Amagat. Ecuación de estado de los gases reales. Ecuación de Van der Waals. Ecuación de estado reducida. Otras ecuaciones para gases reales. Factor de compresibilidad. Límite de aplicación de las fórmulas. Transformaciones reversibles de los gases perfectos. Mezcla de gases perfectos y reales

### **Unidad N° 4: Segundo Principio de la termodinámica. Entropía**

Ciclos. Concepto de rendimiento térmico. Transformaciones reversibles e irreversibles. Enunciados del segundo principio de la termodinámica. Ciclo de Carnot. Teorema de Carnot. Escalas termodinámicas de temperaturas. Teorema de Clausius. Entropía. Entropía para gases perfectos. Diagramas entrópicos. Trazado de las transformaciones. Entropía e irreversibilidad. Consecuencias de la irreversibilidad en el trabajo máximo. Exergía. Entropía y probabilidad termodinámica.

### **Unidad N° 5: Funciones" termodinámicas**

Métodos matemáticos fundamentales. Función de Helmholtz. Función de Gibbs. Ecuaciones de Maxwell. Primera y segunda ecuación T dS.

### **Unidad N° 6: Ciclos de sistemas gaseosos**

Ciclo de las máquinas térmicas. Ciclo Otto. Diesel. Semidiesel. Ciclo Brayton. Indicador de Watt. Indicadores de rayos catódicos. Ciclo de compresión sin espacio nocivo. Ciclo de compresión con espacio nocivo.

### **Unidad N° 7: Ciclos de Vapor**

Vapores. Calor de formación de los vapores. Fórmula de la tensión. Título de un vapor. Volumen del vapor saturado seco. Ecuaciones de estado. Entropía de los vapores. Diagrama entrópico. Entalpía y vapores. Diagrama de Mollier. Calor específico del vapor de agua. Transformaciones del vapor de agua. Determinación del título en expansiones adiabáticas. Ciclo de Carnot para vapores. Ciclo de

Rankine. Ciclo real. Eficiencia. Ciclo de expansiones múltiples. Ciclo regenerativo. Ciclo binario.

### **Unidad N° 8: Ciclos frigoríficos**

Ciclos frigoríficos de Carnot. Ciclo de compresión a régimen húmedo. Ciclo de compresión a régimen seco. Ciclo de dos etapas y doble evaporador. Ciclo de absorción. Ciclo de difusión. La bomba de calor. Criogenia.

### **Unidad N° 9: Mezcla y Escurrimiento de gases y vapores**

Escurrimiento de gases y vapores. Escurrimiento a volumen constante. Escurrimiento isotérmico. Escurrimiento adiabático. Toberas, determinación del caudal. Dimensionamiento. Presión, velocidad y sección crítica. Velocidad del sonido, número de Mach.

### **Unidad N° 10: Mezcla de gases y vapores.**

Aire húmedo. Humedad absoluta y relativa. Volumen del aire húmedo. Entalpías. Tablas. Diagramas Psicrométrico y de Mollier (i-x). Transformaciones del aire húmedo. Punto de rocío. Saturación adiabática. Mezcla del aire húmedo.

### **Unidad N° 13: Fundamentos de Termotransferencia**

Distintas formas de transmisión del calor. Transmisión del calor por conducción. Formula de Fourier. Aplicaciones. Aplicación general de la conducción del calor. Convección. Cálculo del Coeficiente de convección. Convección forzada. Convección natural. Radiación. Leyes de la radiación. Transmisión total para fluidos en reposo. Transmisión del calor para fluidos en movimiento. Diferencia media logarítmica de temperatura. Intercambiadores de calor. Determinación de la superficie de intercambio.

### **Unidad N° 12: Termoquímica y combustión**

Termoquímica. Definiciones y leyes. Reacciones a  $p=cte$ . Calor de formación. Reacciones a  $V=cte$ . Calor de combustión. Calores de reacción. Temperatura máxima de reacción. Combustión. Poderes caloríficos inferior y superior. Bomba calorimétrica de Malher. Calorímetro de Junkers. Cantidad de aire necesaria para la combustión. Temperatura de combustión. Diagrama entálpico de combustión.

## **Metodología de enseñanza**

La asignatura se dicta en el cuarto semestre, desarrollándose en forma teórico-práctica con enfoque constructivista secuenciando los contenidos del tal manera que el que posibiliten enseñar a partir de lo que el estudiante ya conoce, a través de formulaciones matemáticas acorde con los conocimientos de análisis matemático y principios de la física que ya posee con una estrategia de enseñanza que utiliza exposiciones dialogadas, con participación activa de los estudiantes, aprendizaje colaborativo y aula invertida. Se propone integrar los conocimientos adquiridos mediante el análisis de preguntas y la resolución de ejercicios y problemas, para permitir una mejor comprensión, sobre todo en aquellos conceptos más complejos, conectándolos con saberes previos y relacionándolos en cada caso con la ingeniería, dando ejemplos concretos de su aplicación en este campo.

Además de las clases presenciales, se utilizará como recurso el aula virtual de la cátedra para desarrollar alguna de las actividades previstas en el

cuatrimestre de dictado, tales como clases teóricas y de resolución de problemas y/o cuestionarios.

## Evaluación

La evaluación se llevará a cabo mediante cuatro (4) exámenes parciales durante el cuatrimestre de cursado, con la posibilidad de recuperar dos (2) de ellos (por ausencia o aplazo, tanto para regularizar la materia como para alcanzar la promoción).

Dependiendo de la condición académica alcanzada por el estudiante, deberá rendir un examen regular o un coloquio para acceder a la aprobación de la materia. En todas las instancias, el docente a cargo de la evaluación evaluará el desempeño y desarrollo de las competencias de acuerdo a la rúbrica que se detalla más abajo. En todos los casos la instancia de evaluación se aprueba cumplimentando el 60% de la exigencia de cada caso.

Indicadores	Nivel			
	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo

<p><b>Describe adecuadamente el contexto físico donde ocurre el evento objeto del problema/ejercicio a resolver para identificar los parámetros termodinámicos intervinientes y establecer los procedimientos de resolución, aplicando los principios fundamentales de la termodinámica.</b></p>	<p>Analiza correctamente los datos del problema e infiere la totalidad de las incógnitas. Identifica todos los parámetros termodinámicos fundamentales intervinientes. Describe de manera completa y detallada el procedimiento de resolución del problema. Aplica correctamente los principios de la Termodinámica.</p>	<p>Analiza correctamente los datos del problema e infiere la totalidad de las incógnitas. Identifica algunos parámetros termodinámicos fundamentales intervinientes. Describe de manera completa el procedimiento de resolución del problema. Aplica correctamente los principios de la Termodinámica.</p>	<p>Analiza los datos del problema e infiere algunas de las incógnitas. Identifica algunos parámetros termodinámicos fundamentales intervinientes. Describe de manera incompleta el procedimiento de resolución del problema. Aplica correctamente los principios de la Termodinámica.</p>	<p>Analiza los datos del problema e infiere algunas de las incógnitas. No identifica los parámetros termodinámicos fundamentales intervinientes. No describe el procedimiento de resolución del problema. No aplica correctamente los principios de la Termodinámica.</p>
<p><b>Analiza los ciclos de máquinas térmicas, equipos e instalaciones termodinámicas para determinar rendimientos y/o eficiencias a partir de la resolución de situaciones problemáticas cerradas y abiertas.</b></p>	<p>Describe correctamente los ciclos de motores y compresores y calcula correctamente los parámetros fundamentales y el rendimiento térmico y volumétrico. Determina correctamente los parámetros fundamentales en instalaciones de vapor y frigoríficas. Analiza críticamente los resultados obtenidos.</p>	<p>Describe correctamente los ciclos de motores y compresores y calcula correctamente algunos parámetros fundamentales y el rendimiento térmico y volumétrico. Determina correctamente algunos parámetros fundamentales en instalaciones de vapor y frigoríficas. Analiza críticamente los resultados obtenidos.</p>	<p>Describe los ciclos de motores y compresores y calcula algunos parámetros fundamentales y el rendimiento térmico y volumétrico. Determina correctamente algunos parámetros fundamentales en instalaciones de vapor y frigoríficas. Analiza los resultados obtenidos.</p>	<p>Describe los ciclos de motores y compresores de manera incompleta y calcula algunos parámetros fundamentales y el rendimiento térmico y volumétrico. No determina correctamente los parámetros fundamentales en instalaciones de vapor y frigoríficas. No analiza los resultados obtenidos.</p>

<p><b>Dimensiona distintos equipos termodinámicos, para su posterior utilización en diversas instalaciones termodinámicas, analizando los resultados frente a los cambios del modelo matemático usado.</b></p>	<p>Dimensiona correctamente los elementos principales de un compresor y de toberas aplicando los principios fundamentales de la termodinámica y cinética de los gases relacionándolo con el modelo matemático propuesto. Dimensiona correctamente intercambiadores de calor aplicando los principios de Termotransferencia. Analiza los resultados obtenidos en base al modelo matemático propuesto para el desarrollo.</p>	<p>Dimensiona correctamente algunos de los elementos principales de un compresor y de toberas aplicando los principios fundamentales de la termodinámica y cinética de los gases relacionándolo con el modelo matemático propuesto. Dimensiona correctamente intercambiadores de calor aplicando los principios de Termotransferencia. Analiza los resultados obtenidos en base al modelo matemático propuesto para el desarrollo.</p>	<p>Dimensiona correctamente algunos de los elementos principales de un compresor y de toberas aplicando los principios fundamentales de la termodinámica y cinética de los gases sin proponer un modelo matemático. Dimensiona correctamente intercambiadores de calor aplicando algunos principios de Termotransferencia. Analiza los resultados obtenidos</p>	<p>Dimensiona correctamente alguno de los elementos principales de un compresor y de toberas aplicando los principios fundamentales de la termodinámica y cinética de los gases sin proponer un modelo matemático. Dimensiona intercambiadores de calor aplicando incorrectamente los principios de Termotransferencia. No analiza los resultados obtenidos</p>
<p><b>Argumenta en el grupo de trabajo, el uso de modelos matemáticos y termodinámicos en la resolución de problemas para la toma de decisiones en base al resultado obtenido.</b></p>	<p>Argumenta correctamente dentro del equipo de trabajo los procedimientos y modelos utilizados en la resolución de problemas. Debate dentro del equipo de trabajo los procedimientos para la resolución de problemas. Cooperación constante con los integrantes del equipo de trabajo en la selección de modelos matemáticos acordes al problema planteado.</p>	<p>Argumenta correctamente dentro del equipo de trabajo los procedimientos y modelos utilizados en la resolución de problemas. Debate dentro del equipo de trabajo los procedimientos para la resolución de problemas. Cooperación algunas veces con los integrantes del equipo de trabajo en la selección de modelos matemáticos acordes al problema planteado.</p>	<p>Argumenta dentro del equipo de trabajo algunos procedimientos y modelos utilizados en la resolución de problemas. No debate dentro del equipo de trabajo los procedimientos para la resolución de problemas. Cooperación algunas veces con los integrantes del equipo de trabajo en la selección de modelos matemáticos acordes al problema planteado</p>	<p>No argumenta dentro del equipo de trabajo algunos procedimientos y modelos utilizados en la resolución de problemas. No debate dentro del equipo de trabajo los procedimientos para la resolución de problemas. No cooperación con los integrantes del equipo de trabajo en la selección de modelos matemáticos acordes al problema planteado</p>

## Condiciones de aprobación

### Requisitos para alcanzar la regularidad.

- Asistir al 80% de las clases.
- Aprobar el 50% de los parciales indicados más arriba, con los recuperatorios incluidos.

- Alcanzar un grado de desarrollo aceptable en todos los niveles establecidos en la rúbrica.

En caso de no haber alcanzado la promoción, aprobar un examen regular compuesto de una parte práctica escrita y una teórica oral, instancia en la que se tendrá en cuenta, además del nivel alcanzado en aspectos conceptuales, el desarrollo de todos los indicadores establecidos en la rúbrica.

### **Requisitos para alcanzar la promoción.**

- Asistir al 80% de las clases.
- Aprobar el 100% de los parciales indicados más arriba, con los recuperatorios incluidos.
- Alcanzar un nivel de desarrollo aceptable en todos los indicadores establecidos en la rúbrica.

Aprobar un coloquio integrador final. En dicha instancia se tendrá en cuenta, además del nivel alcanzado en aspectos conceptuales, el grado de desarrollo en relación a los niveles establecidos en la rúbrica.

## **Desagregado de competencias y resultados de aprendizaje**

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

CG 4: Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería.

CG 6: Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.

CE1A: Competencia para establecer parámetros de diseño y normas de mantenimiento y operación para todos los subsistemas eléctricos de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE1 C Competencia para calcular, diseñar y proyectar aerodinámica de vehículos en flujo incompresible y compresible.

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

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

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

CE1 G: Competencia para diseñar y proyectar la realización del sistema de navegación, guiado y control de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

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.

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.

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

RA 1: Describe adecuadamente el contexto físico donde ocurre el evento objeto del problema/ejercicio a resolver para identificar los parámetros termodinámicos intervinientes y establecer los procedimientos de resolución, aplicando los principios fundamentales de la termodinámica.

RA 2: Analiza los ciclos de máquinas térmicas, equipos e instalaciones termodinámicas para determinar rendimientos y/o eficiencias a partir de la resolución de situaciones problemáticas cerradas y abiertas.

RA 3: Dimensiona distintos equipos termodinámicos, para su posterior utilización en diversas instalaciones termodinámicas, analizando los resultados frente a los cambios del modelo matemático usado.

RA 4: Argumenta en el grupo de trabajo, el uso de modelos matemáticos y termodinámicos en la resolución de problemas para la toma de decisiones en base al resultado obtenido.

## Bibliografía

- Cengel, Y. Boles, M. Termodinámica. 6<sup>ta</sup> ed. 2008. Mc Graw Hill.
- Faires, V. Termodinámica. 1<sup>era</sup> ed. 2016. Limusa.
- Arenas, F. Termodinámica Técnica. 1<sup>era</sup> ed. 2014. Universitas.
- Valadez, J.A. Termodinámica. 3<sup>era</sup> ed. 2001. Alfaomega.
- Facorro Ruiz, L.A. Curso de Termodinámica. 14<sup>a</sup> ed. 1997. Nueva Librería.
- Maldonado, A. Termodinámica Técnica. 1<sup>era</sup> ed. 1976. Uked.
- Cengel, Y. Transferencia de calor. 2<sup>da</sup> ed. 2003. Mc Graw Hill.