



EXTENSIÓN AÚLICA BARILOCHE

CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA

PROGRAMA ANALÍTICO:

TERMODINÁMICA

Año Académico: 2017

Área: Térmica

Bloque: Tecnología Básica

Nivel: 3° Año

Tipo: Obligatoria

Modalidad: Anual

Carga Horaria total: 120 Hs Reloj

FUNDAMENTACIÓN

Uno de los pilares de esta carrera es el manejo del calor; de tal forma que existe en el campo de la ingeniería una identificación marcada del Ingeniero Mecánico en este sentido.

Resulta crucial entonces establecer una sólida formación técnico-científica en el estado del arte del manejo racional de los fenómenos de combustión.

OBJETIVOS

- Conocer y comprender los conceptos de la tecnología del calor.
- Conocer y comprender las leyes de transformación de las energías, de los gases ideales y reales.
- Aplicar los conceptos en aire húmedo, transformación del calor y manejo del aire como combustible.



CONTENIDOS MÍNIMOS

Introducción a la Termodinámica. Primer Principio. Transformaciones de sistemas gaseosos. Segundo Principio. Entropía. Teorema de Clausius. Funciones características. Exergía. Sistemas heterogéneos. Vapores. Toberas y Difusores. Ciclos térmicos. Ciclos frigoríficos. Aire húmedo. Termoquímica. Transmisión del Calor. Conducción del Calor en régimen estacionario. Régimen transitorio. Convección del calor. Contenidos analíticos.

CONTENIDOS ANALÍTICOS

Unidad Temática I: INTRODUCCIÓN A LA TERMODINÁMICA TÉCNICA

Definición. Orígenes de la Termodinámica. Termodinámica Técnica. Conceptos y definiciones usados en Termodinámica: Sistema, Medio, Universo, Sistema Cerrado, Sistema Abierto, Sistema Aislado, Sistemas Homogéneos y Heterogéneos. Parámetros de Estado. Equilibrio Termodinámico: Equilibrio Mecánico, Equilibrio Térmico, Equilibrio Químico, Equilibrio Eléctrico. Ecuación de estado de un sistema. Transformación: Cuasi-estática, Abierta, Cerrada, Politrópica (Isotérmica, Isobárica, Isócara, Adiabática), Reversible (Reversibilidad interna y externa), Irreversible. Energía: Energía Interna, Energía Potencial, Energía Cinética, Calor, Principio Cero de la Termodinámica, Trabajo, Trabajo de expansión y compresión de un sistema cerrado en reposo. Experiencia de Joule referida a la conversión de trabajo en calor. Experiencia de Andrews.

Unidad Temática II: GASES (GASES IDEALES Y REALES)

Introducción. Gases Ideales: Ley de Boyle – Mariotte, Ley de Charles – Gay Lussac a presión constante, Ley de Charles – Gay Lussac a volumen constante, Ley de Avogrado, Ecuación de Estado de los Gases Ideales, Coeficientes Termoelásticos, Mezcla de Gases (Composición Másica de una Mezcla, Fracción Molar, Presión Total de una Mezcla de Gases, Volumen Total de una Mezcla de Gases, Composición en Volumen de una Mezcla de Gases, Relación entre la composición en Volumen y la Fracción Molar de una Mezcla de Gases, Relación entre la Presión Parcial y la Fracción Molar, Masa Molecular Ficticia de una Mezcla de Gases, Constante Particular de una Mezcla de Gases, Calor Específico Medio, Másico y Molar de una Mezcla de Gases), Teoría Cinética. Gases Reales: Ecuación de Van Der Waals, Parámetros reducidos, Ecuación de estado reducida, Factor de compresibilidad, Ley de los estados correspondientes, Ley modificada de los



estados correspondientes, Diagrama de compresibilidad de gases de Nelson y Obert, Mezcla de gases reales (Regla de Kay).

Unidad Temática III: PRIMER PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA

Enunciados y expresiones del Primer Principio. Expresión general válida para sistemas cerrados y abiertos en régimen permanente y no permanente. Aplicación de la expresión del Primer Principio a un sistema cerrado: Sistemas adiabáticos (justificación de la energía interna y sus propiedades, experiencia de Joule para los gases ideales), Sistemas diatérmicos (calor y sus propiedades), Sistemas que evolucionan a volumen constante, Sistemas que evolucionan a presión constante (Relación de Mayer). Aplicación de la expresión del Primer Principio a un sistema abierto en régimen permanente: Propiedades de la Entalpía, Trabajo en circulación, Entalpía de los gases ideales. Aplicación del Primer Principio para sistemas abiertos en régimen permanente a casos particulares: Experiencia de Joule – Thomson, Válvulas, Compresores, Turbinas, Intercambiadores de calor y cámaras de mezcla.

Unidad Temática IV: TRANSFORMACIONES DE LOS GASES IDEALES

Transformación es de un Gas Ideal: Transformación Isócara, Transformación Isobara, Transformación Isotérmica, Transformación Adiabática, Transformación Politrópica.

Trazado de Transformaciones.

Unidad Temática V: SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA Y ENTROPÍA

Introducción. Enunciados del Segundo Principio: Enunciados referidos a las Máquinas Térmicas, enunciado de Carnot, Enunciado de Kelvin, Enunciado de Planck, enunciado de Clausius. Equivalencias entre Enunciados. Enunciado de los procesos irreversibles. Ciclos de las Máquinas Térmicas reversibles e irreversibles. Teorema de Carnot. Ciclo de Carnot. Propiedades de los ciclos y transformaciones reversibles. Teorema de Clausius. Entropía: Ciclos Reversibles, Ciclos Irreversibles, Consideraciones sobre la formulación cuantitativa del 2º Principio, Transformaciones Adiabáticas, Conclusiones, Variación de la Entropía del Universo, Diagrama Entrópico, Diagrama Entrópico para los Gases Ideales, Representación de Isocoras, Representación de Isobaras,



Representación de Isotérmicas, Representación de Isoentálpicas, Representación de Adiabáticas Reversibles, Representación de Adiabáticas Irreversibles, Representación de Politrópicas, Ciclo de Carnot en un diagrama T-S, Comparación entre un ciclo de Carnot y otro con más de dos fuentes de Intercambio de Calor, Temperatura Media Termodinámica.

Unidad Temática VI: ENERGÍA UTILIZABLE O EXERGÍA

Calor utilizable. Exergía de una fuente de capacidad infinita. Exergía de una fuente de capacidad finita o limitada. Exergía debida a un desequilibrio mecánico. Exergía de un sistema cerrado. Variación de Exergía de un sistema cerrado. Exergía de un sistema abierto en régimen permanente. Variación de Exergía de un sistema abierto en régimen permanente. Variación de Exergía del universo. Rendimiento exergético: Ciclo, Máquina Térmica, Transformación, Compresión Adiabática, Expansión Adiabática, Compresor no Adiabático o Diatérmico.

Unidad Temática VII: COMPRESORES DE GASES

Compresor de Gas. Definición: Compresores a Pistón. Diagrama Indicador del Compresor Ideal (Compresores sin Espacio Nocivo): PMS, PMI, Espacio nocivo. Evolución del Gas Diagrama de Estado en P - v y T - s. Trabajo de Compresión. Comparación de Trabajos. Representaciones: Trabajo Adiabático Reversible. Trabajo politrópico reversible, Trabajo Isotérmico Reversible. Compresión en Etapas. Compresor con Espacio Nocivo. Rendimiento Volumétrico. Presión Máximas. Trabajo Lc Con Espacio Nocivo. Cálculo y Dimensionamiento de los Elementos Principales. El Aire: influencia del Medio ambiente. Rendimientos: Rendimiento Interno o Isoentrópico, Rendimiento Mecánico, Rendimiento Total, Rendimiento exergético.

Unidad Temática VIII: CICLOS DE LOS MOTORES DE GAS

Ciclo Otto, Diesel y semi Diesel: representación en los diagramas P - V, P - v y T - s, relación de compresión, presión media efectiva, determinación del rendimiento y comparación entre los ciclos. Ciclo Joule - Brayton: abierto, cerrado y regenerativo. Representación en los diagramas P - v y T - s, relación de presiones y rendimiento.



Unidad Temática IX: FUNCIONES CARACTERÍSTICAS

Energía interna. Entalpía. Energía libre: Propiedades. Relaciones de Maxwell. Condiciones de equilibrio físico-químico. Cálculo de energía interna, Entalpía y Entropía para Gases Reales.

Unidad Temática X: SISTEMAS HETEROGÉNEOS Y VAPORES

Fases y componentes. Regla de las fases de Gibbs. Sistemas integrados por un solo componente. Sistemas Binarios. Vapores: Diagramas de equilibrio de una sustancia pura.

Estados: líquido comprimido o subenfriado, líquido saturado, vapor saturado, vapor húmedo, vapor sobrecalentado. Calor latente. Ecuación de Clapeyron-Clausius. Diagramas Entrópicos: Trazado y propiedades ($T-s$, h y $p-h$)

Unidad Temática XI: CICLOS DE LAS MÁQUINAS TÉRMICAS A VAPOR

Relación de Trabajos. Ciclo de: Carnot, Rankine, Rankine con sobrecalentamiento y recalentamiento intermedio, Regenerativo, combinado. Representación en los diagramas entrópicos ($T-s$ y $h-s$), significado de las áreas, rendimiento, comparación y esquema de la instalación.

Unidad Temática XII: CICLOS FRIGORÍFICOS

Coefficiente de efecto frigorífico y calorífico. Ciclo de Carnot. Ciclos frigoríficos por compresión en régimen húmedo y seco. Mejoras a los ciclos frigoríficos (Compresión en etapas, subenfriamiento y doble expansión). Representación en los diagramas Entrópicos ($T-s$ y $P-h$). Significado de las áreas, coeficiente de efecto frigorífico, comparación y esquema de la instalación. Bomba de calor. Ciclos frigoríficos a absorción.

Unidad Temática XIII: AIRE HÚMEDO

Definición. Comportamiento como gas ideal a bajas presiones. Conceptos, definiciones y propiedades del aire húmedo: Humedad absoluta, Grado de saturación, Humedad relativa, Volumen específico, Densidad, Entalpía para los distintos casos, Tablas para aire húmedo



saturado. Diagrama entálpico del aire húmedo o de Mollier. Temperatura de saturación adiabática. Distintos métodos para la determinación de la humedad de una masa de aire húmedo. Psicrómetro: Temperatura de bulbo seco y húmedo, relación de Lewis y diagrama psicrométrico. Aplicación en procesos de enfriamiento, calentamiento, mezcla, humidificación y secado.

Unidad Temática XIV: TOBERAS, DIFUSORES Y EYECTORES

Velocidad del sonido en un gas. Número de Mach. Concepto de tobera, difusor y eyector. Estudio de la geometría. Relación crítica de presiones. Definición del estado de estancamiento para una corriente gaseosa adiabática. Descarga de un gas a través de un orificio de un recipiente. Rendimiento isoentrópico.

Unidad Temática XV: TERMOQUÍMICA

Definición de los sistemas y variables que los determinan. Concepto de grado de avance de la reacción. Calores de reacción a presión y temperatura constante. Calores de reacción a volumen y temperatura constante. Entalpía de sustancias simples y compuestas. Ley de Hess. Ley de Kirchoff. Temperatura de reacción adiabática. Concepto de afinidad. Equilibrio químico. Constantes de equilibrio en reacciones gaseosas.

Unidad Temática XVI: TRANSMISIÓN DEL CALOR

Definición. Formas de transmisión del calor: a) Transmisión del calor por conducción. Ley de Fourier. Ecuación general de la transmisión del calor por conducción. Régimen permanente: casos de paredes simples y compuestas. Régimen variable: Métodos de resolución. b) Transmisión del calor por convección. Convección natural y forzada. Coeficiente de convección. Análisis adimensional: determinación de los números de Reynolds, Prandtl, Nussel y Grasshotf. Correlación de datos experimentales para la determinación del coeficiente de convección. Fluidos en ebullición y condensación. Convección con y sin cambio de fase, natural y forzada. c) Transmisión del calor por radiación. Coeficiente de transparencia, absorción y reflexión. Cuerpo negro. Ley de Kirchoff. Ley de Stephan – Boltzman. Ley de Wien. Intercambio de calor por radiación entre



cuerpos. Radiación en gases. d) Transmisión del calor total. Determinación del coeficiente de transmisión total.

DISTRIBUCIÓN DE CARGA HORARIA ENTRE ACTIVIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS

Tipo de actividad	Carga horaria total en hs. reloj
Formación Teórica	72
Formación Práctica	48
Resolución de problemas	48

La formación práctica de la asignatura, consiste en la resolución de ejercicios teóricos en clase, y la resolución de las guías de trabajos prácticos correspondientes a cada unidad.

La metodología de trabajo es resolver ejercicios típicos en clase, para luego resolver las guías de trabajos prácticos referidas a cada unidad fuera del horario de la cursada.

Los estudiantes tienen acceso a las guías por medio del aula virtual, en donde pueden volcar sus dudas y consultas referidas a las prácticas, además de poder realizarlas durante el horario de cursada o en clases extras destinadas a consultas teórico/prácticas.

Es condición para poder acceder al examen parcial, tener las guías de trabajos prácticos (que ingresan dentro de cada parcial) entregadas y resueltas en un 75% de forma correcta.

Esta asignatura no requiere de trabajos en laboratorio, y/o visitas.

ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

a) Modalidades de enseñanza empleadas según tipo de actividad (teórica-práctica)

Las clases son teórico- prácticas, en donde se propicia la participación por parte de los alumnos dado que la Termodinámica, es una materia que abarca conceptos de la energía y sus diversas transformaciones al igual que sus diversas aplicaciones tecnológicas; se hace necesario un intercambio fluido y de reflexión en el proceso de aprendizaje. La misma está acompañada con



bibliografía adecuada, carpeta de trabajos prácticos y los recursos adecuados para el desarrollo de la clase.

b) Recursos didácticos para el desarrollo de las distintas actividades (guías, esquemas, lecturas previas, computadoras, software, otros)

Se emplea métodos modernos, en lo que refiere a lo visual, proyector de imágenes por computación, software de termodinámica adecuados y seleccionados para la materia como videos interactivos, prestando siempre la atención de no perder de vista el diálogo y reflexión continua, las tareas que se lleven a cabo tienen un enfoque amplio en lo teórico lo mismo que en la aplicación práctica con esquemas y gráficos diversos para cumplimentar y respaldar los conceptos analíticos.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Se realizan evaluaciones teóricas y prácticas durante la cursada que irán formando las notas el primer parcial y segundo parcial, también se realizan trabajos prácticos, en las que se forman grupos de trabajo para la resolución de los problemas que se imparten durante el año.

REQUISITOS DE REGULARIDAD Y PROMOCIÓN DE LA ASIGNATURA

Para la regularización de la asignatura y acceder al examen final:

- Tener el presentismo mínimo para cumplir con la condición de alumno regular (75%).
- Aprobación de 2 parciales con 6 (seis) o mayor nota (se contará con 2 instancias de recuperación por parcial).
- Aprobación de los Trabajos Prácticos.

Para la promoción de la asignatura:

- Tener un presentismo mínimo del 75%
- Aprobación de 2 parciales con 8(ocho) o mayor nota cada uno. Se contará con 1 instancia de recuperación para uno solo de los parciales a elección del alumno, en una sola fecha establecida por la cátedra antes del segundo parcial).



- Aprobación de los Trabajos Prácticos

NOTAS:

- ✓ El ausente en cualquiera de los 2 parciales se considerará como si tuviera un aplazo tanto para la regularización como para la promoción de la asignatura.
- ✓ Cuando se recupere un parcial, la cátedra decidirá si la nota del recuperatorio podrá reemplazar o no a la nota del parcial que se recupere (sea la calificación del recuperatorio menor, mayor o igual a la obtenida en el parcial a recuperar para poder acceder a la promoción).

ARTICULACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL CON OTRAS MATERIAS

ARTICULACIÓN HORIZONTAL

Mecánica Racional (3er. Año).- Los conceptos relacionados con el trabajo, potencia, energía cinética y potencial y sistemas de unidades, se articulan con la Termodinámica con la unidad I y XIV que trata sistema de unidades internacional y con las toberas y difusores respectivamente. En los Teorema de conservación de trabajo y energía que se dictan en Mecánica se relacionan con el primer principio de la termodinámica (Unidad temática III). Ej. Trabajo de peso como trabajo de campo conservativo, trabajo elástico, trabajo de un pistón y trabajo de las fuerzas no conservativas que se disipan en forma de calor a través del rozamiento.

En gases reales se vincula con las fuerzas gravitacionales en las moléculas (Van der Waals)

Ingeniería Mecánica III (3er.año).-En variables como presión, vacío, caudal, vincula con la materia (Unidad temática I y III) de la termodinámica.

En la utilización del aire y fluidos en procesos de ingeniería y compresores, está relacionado con compresores de aire alternativos y centrífugos (Unidad temática III y VII).

En aplicación de la Hidráulica en los movimientos de los fluidos, vincula con trabajo de una bomba de tipo centrífugo (Unidad temática XI).

Economía (3er. Año).- En la optimización de costos de producción, vincula con los costos de la energía útil, exergía y disponibilidad conceptos que tienen un valor económico (Unidad temática VI)



Estabilidad II (3er. Año) .-La unidad temática de Fatiga de metales por temperatura, vincula con los ciclos de vapor fatiga por efecto Creep en las cañerías de vapor a alta presión y temperatura (Unidad temática XI).

La unidad temática de Tensiones de origen Térmico, vincula con recipientes cilíndricos en calderas de vapor que se mencionan en los ciclos de vapor (Unidad temática XI).

Electrotecnia y Máquinas Eléctricas (3er.año).-La unidad temática de fundamentos y circuitos en resistencias, vincula con problemas de primer principio de la Termodinámica donde se entrega calor por medio de resistencias eléctricas.

La unidad temática de máquina asincrónica de un motor eléctrico, se articula con trabajo entregado por de motor eléctrico que a su vez acciona una bomba centrífuga que impulsa líquido. Ídem para el accionamiento de los compresores a gas.

Diseño Mecánico (3er.año).-La unidad temática de Normas IRAM para el dibujo Técnico se representan cañerías y válvulas que son muy usados en diversas unidades de la termodinámica como cañerías en los ciclos de vapor y frigoríficos y lo mismo de las válvulas que se expansionan en gases y vapores en general.

ARTICULACIÓN VERTICAL:

Tecnología del Calor.- (4to. Año).- Los temas de Combustión, vincula con la Termoquímica, diagramas de humos de Rosing y Feling, entalpía volumétrica (Unidad temática XV).

La unidad temática de Generadores de Vapor, articula con los diversos ciclos de vapor en general de la Termodinámica (Unidad temática XI).

La unidad de Ciclos a Vapor Aplicados, articula con los ciclos de Rankine en general (Unidad temática XI), ciclos a Gas (Unidad temática VIII)

La unidad temática de Condensadores e Intercambiadores vincula las formas de transmisión de calor (Unidad temática XVI), al igual que la refrigeración por torres de enfriamiento que se estudian en los procesos del aire húmedo (Unidad temática XIII).

Mecánica de los Fluidos.- (4to. Año).- La unidad de Propiedades de los Fluidos relaciona diversos parámetros que se estudian en termodinámica ej. Densidad, peso específico, presión, presión de vapor.



La unidad temática de cinemática de los fluidos y dinámica de los fluidos (flujo laminar, turbulento, flujo a régimen permanente, volumen de control análisis dimensional y flujo compresible unidimensional), está relacionado con la unidad temática III (primer principio en sistemas abiertos) y XIV de toberas y difusores.

Instalaciones Industriales.- (5to. Año).- La unidad temática de instalaciones de aire comprimido e instalaciones de vapor, está relacionado con la unidad VII (compresores) y XI (ciclos a vapor).

La unidad temática de instalación de climatización, vincula con la unidad XIII referida al aire húmedo de termodinámica.

La unidad de instalaciones frigoríficas, vincula con la unidad temática XII de los ciclos de refrigeración.

Máquinas Alternativas y Turbo máquinas.- (5to. Año).- La unidad temática de motores alternativos y los ciclos ideales de aire de motores alternativos, vincula con la unidad VIII (Ciclos a gas – ciclo Otto).

La unidad de componentes de turbina de gas y de turbinas de vapor vincula con la unidad VIII y XI referida a los ciclos de vapor.

Y la unidad de análisis teórico de un compresor centrífugo, está directamente vinculado con la unidad temática VII de compresores a gas.

Nota: Se realizan reuniones en el departamento con las distintas cátedras que conforman el área térmica, para revisar y coordinar los contenidos diversos en procura de una mejor articulación.

BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA

Bados & Rossignoli (Eds.). (1968). Transmisión del Calor. Buenos Aires. Editorial: Troquel.

Cao, E. (2011), Transferencia de Calor en ingeniería de procesos. 4ta Ed.

Cengel Yunus A. & Michael A. Boles. (2003). Termodinámica. (2a. Ed.). México. Editorial: Mc Graw Hill.

Facorro Ruiz, L.A. (1985). Curso de Termodinámica. Buenos Aires. Editorial: Mellior.

Faires. (1991). Termodinámica. México. Editorial: UTEHA.



- García, Carlos A. (1987). Termodinámica Técnica. Buenos Aires. Editorial: Alsina.
- Holman, J.P. (1998). Transferencia de calor. México. Editorial: Cecsca.
- Isachenco, V., Osipova, V & Sukome, A (Eds.). Transmisión del Calor. Barcelona. Editorial: Marcombo.
- Kern, D.Q. Procesos de Transferencia de Calor. México. Editorial: CECSA.
- Manrique Valadez, José Ángel. Transferencia de calor (2a. Ed.). México. Editorial: Compañía Editorial Continental.
- Manrique Valadez, J. (2001). Termodinámica. (3a. Ed.). México: Editorial: Oxford.
- Moran, M.J. & Shapiro, H.N. (2004). Fundamentos de Termodinámica Técnica. España. Editorial: POTTER (2005) Termodinámica. México. Editorial: Thompson. Reverte S.A.
- Rotstein, N. (2011) Introducción a la Termodinámica. Editorial CEIT
- Van Wylen, Gordon J. & Sontag, Richard E. (1999). Fundamentos de Termodinámica. México. Editorial: Limusa.