

## Programa Regular

**Asignatura:** Transferencia de Calor y Acondicionamiento de Aire.

**Carrera:** Ingeniería Electromecánica

**Ciclo Lectivo:** Segundo cuatrimestre 2017

**Coordinador/Profesor:** Omar Mosquera, Carlos Pinarello

**Carga horaria semanal:** 6 hs.

**Modalidad de la Asignatura:** Teórico Práctica.

### Fundamentación:

Transferencia de Calor y Acondicionamiento de aire es una asignatura del cuarto año segundo cuatrimestre de la carrera de Ingeniería Electromecánica.

En ella abordaran los conocimientos relacionados a los principios y leyes de la transferencia de calor por conducción, convección y radiación, como así también los referentes a los principios y máquinas de refrigeración.

### Objetivos.

Adquirir el manejo de los problemas de la transferencia de calor y el estudio, proyecto, selección y mantenimiento de los sistemas de refrigeración.

## **Contenidos.**

Combustión: Estequiometría de la combustión. Exceso de aire. Contaminación ocasionada. Combustibles: Temperatura y energía de ignición. Velocidad de propagación de la llama. Explosividad. Motores de combustión interna: Conceptos fundamentales. Conceptos termodinámicos. Procesos de combustión. Rendimiento de los motores. Calderas y generadores de vapor. Motores rotativos y compresores. Turbinas de vapor: Características principales. Turbinas de gas: Principios de funcionamiento. Usos. Selección. Combustibles para motores de combustión interna. Criterios de selección.

## **Unidades temáticas.**

### 1. TRANSFERENCIA DE CALOR:

#### 1.1: Conducción en régimen estacionario.

Formas de transformación de calor. Conducción, convección, radiación. Relaciones entre sí. Predominio. Ejemplos. Naturaleza de cada proceso. Regímenes de cada proceso: estacionarios y transitorios. Campo de temperaturas. Isotermas, líneas de flujo, gradiente. Ley de Fourier. Conductividad térmica en función de la temperatura para gases, líquidos y sólidos. Influencia de la presión. Ecuación general de conductividad. Difusividad térmica. Fuente interna de calor. Régimen unidimensional y bidimensional. Analogía eléctrica para pared múltiple. Resistencia, potencial térmico y flujo de calor. Factor de forma. Aplicación. Métodos de cálculo numérico. Método de relajación. Analogía eléctrica bidimensional.

#### 1.2. Conducción en régimen transitorio.

Sólidos de temperatura uniforme. Aplicabilidad de tal hipótesis. Números adimensionales, concepto, utilidad. Número de Biot, Número de Fourier. Conducción en un sólido semi-infinito. Variación de la temperatura en función del tiempo y profundidad para condiciones no convectivas. Pared plana de caras paralelas. Hipótesis de desarrollo de la teoría. Curvas de temperatura para casos extremos. Sistemas

tridimensionales. Métodos de cálculo numérico. Planteo esquemático de ecuaciones. Intervalos espaciales y temporales. Su elección.

### 1.3. Fundamentos de convección.

Ley de Newton. Coeficiente de transmisión superficial del calor. Parámetros y de quién depende. Convección natural y forzada. En una fase o en dos fases. Flujo viscoso. Viscosidad dinámica y cinemática. Dependencia con la temperatura y presión para líquidos y gases. Capa límite hidrodinámica. Placa plana. Numero de Reynolds. Caudal másico. Flujo másico. Escurrecimiento forzado por el interior de tubos. Flujo en desarrollo. Perfil de velocidad. Flujo laminar y turbulento. Forma de transferencia de calor para cada caso. Capa límite térmica. Ecuaciones diferenciales de la convección. Concepto. Números de criterio, de Nusselt, de Prandlt.

### 1.4. Convección forzada en fluidos de una sola fase.

Placa plana. Régimen laminar. Perfil de velocidades en la capa límite hidrodinámica. Ídem régimen turbulento. Ecuaciones empíricas. Tubos. Convección interior. Flujo laminar. Flujo isotérmico. Flujo turbulento. Diámetro hidráulico. Diámetro equivalente. Temperatura media logarítmica. Flujo de transición. Permanencia. Convección exterior en tubos con flujo transversal. Coeficiente local. Líneas de corriente. Variación de la turbulencia y el ángulo de ataque. Banco de tubos. Pasos longitudinal y transversal. Velocidad máxima. Pérdida de carga.

### 1.5. Convección natural en flujos de una sola fase.

Coeficiente de expansión térmica. Numero de Grashof. Placa plana vertical. Perfil de temperaturas y velocidades en régimen laminar. Dimensión característica. Régimen turbulento. Generalización de datos. Convección en espacios cerrado. Factor de convección. Convección natural y forzada combinadas. Gráficos de regímenes. Interior en tubos verticales. Perfil de velocidades. Tubos horizontales.

## 6: Radiación.

Naturaleza del fenómeno. Región de radiación térmica en el espectro electromagnético. Constante de Planck. Propiedades de la radiación.

Potencia emisiva total y monocromática. Absortividad, transmisividad, y reflectividad. Cuerpo negro, especular, blanco, transparente, atermo y gris. Radiación inherente, externa y efectiva. Leyes de Planck, Wien y Stefan - Boltzman. Emisividad. Identidad de Kirchhof. Factor de forma. Teoría de reciprocidad. Intensidad de radiación. Analogía eléctrica. Coeficiente de emisividad angular. Resistencia de superficie. Pantallas. Radiación de gases. Gases mono, día, y poli atómicos. Bandas de absorción. Coeficiente de radiación.

#### 1.7. Condensación.

Placa plana vertical. Condensación pelicular y goticular. Régimen laminar. Hipótesis de Nusselt. Factores de corrección. Paredes inclinadas. Cilindro horizontal exterior con régimen laminar. Superficies verticales con regímenes turbulentos. Numero de Reynolds.

#### 1.8. Ebullición.

Ebullición local y en masa. Regímenes de transferencia para un alambre de platino calentado eléctricamente sumergido en agua. Ebullición nucleada y en película. Formas de calentamiento. Puntos de quemado. Estructura de flujos de ebullición. Líquidos estancados, tubo vertical y horizontal. Influencia de la circulación forzada en tubos.

#### 1.9. Intercambiadores de calor.

Tipos recuperativos, regenerativos, de contacto directo, con fuente de calor. Plantas industriales: corrientes de proceso y de servicios. Diseños. Ecuaciones básicas. Coeficiente de transferencia total. Caída de presión. Ensuciamiento. Equivalentes en agua. Recuperadores de flujos paralelos, a contra corriente, flujos cruzados y mixtos. Representación de temperaturas. Diferencia de temperaturas logarítmicas. Recuperadores de tubos concéntricos, de casco y tubos de placas, especiales. Corrientes no mezcladas. Eficiencia de Intercambiadores.

#### 1.10. Transferencia de Masa

Introducción. El fenómeno de difusión. La Ley de Fick. Coeficiente de Difusión en gases. Difusión en líquidos. Difusión en sólidos. Ecuaciones de conservación en los procesos de difusión: Ecuaciones de conservación de la masa, de la cantidad de movimiento, de la energía. Ecuación de la entropía Irreversibilidad de la difusión. Coeficiente de Termodifusión. Coeficiente de Barodifusión. Efecto Soret. Efecto Dufour. Simplificaciones al sistema de ecuaciones. Coeficiente de Transferencia de Masa. Analogías entre los procesos de difusión y los de termoconducción- Ejemplos: Evaporación de un líquido en una mezcla gas vapor. Flujo de Stefan. Evaporación de gotas. Torres de enfriamiento.

## 2. MAQUINAS E INSTALACIONES FRIGORÍFICAS Y DE CLIMATIZACIÓN.

2.1. Máquinas frigoríficas. Ciclos de compresión. Análisis de los factores que afectan el coeficiente de efecto frigorífico. Producción de frío por evaporación a baja presión. Ciclos de absorción con amoníaco y solución de bromuro de litio de simple y doble etapa. Consumos energéticos de las máquinas de refrigeración. Bombas de calor y termostatos mecánicos y térmicos. Fluidos frigoríficos. Propiedades. Clasificación. Comparaciones. Compresores, rendimientos. Potencia frigorífica producida y mecánica absorbida. Accionamientos. Condensadores. Vaporizadores. Expansión directa. Enfriadores de agua u otros líquidos.

2.2. Cargas térmicas en instalaciones frigoríficas y de climatización. Balance térmico. Cálculo práctico mediante el uso de tablas y datos dados por IRAM. Método ASHRAE. Cargas térmicas generales, normas y leyes. Cargas térmicas específicas, frigoríficos, climatización, y casos especiales. Balance térmico. Cálculo práctico mediante el uso de tablas y datos dados por IRAM. Método ASHRAE. Cargas térmicas generales, normas y leyes. Cargas térmicas específicas, frigoríficos, climatización, y casos especiales.

3.3. Diseño de instalaciones frigoríficas y de climatización. Frigoríficos, su importancia. Diseño de cámaras, antecámaras y circulaciones. Sala de máquinas. Distribución del frío en las cámaras. Disposiciones típicas. Control y operación. Climatización. Sistemas. Disposiciones. Controles. Criterios de cálculo y diseño.

Ventilación, cálculo de conductos. Sistemas de acondicionamiento de aire. Cargas térmicas. Psicrometría. Equipos de acondicionamiento de aire, su mantenimiento y operación.

#### **Bibliografía Obligatoria:**

- Fundamentos de Transferencia de Calor. F.P. Incropera, D.P. Dewitt. Prentice Hall. 1999.
- Transferencia de Calor. Anthony F. Mills. McGraw-Hill. 1995.
- Acondicionamiento de aire. Edward G. Pita. Compañía Editorial Continental.
- Manual de aire acondicionado. Carrier. Marcombo. 2007.
- Ashrae Handbook. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 2002.

#### **Bibliografía de consulta:**

- Manual de cálculo de aire acondicionado y calefacción. Nestor P. Quadri. Ed. Alsina 2009.

#### **Propuesta didáctica**

Las clases se organizan en modalidades teórico- prácticas con soporte de presentaciones digitales.

En las clases se presentan los contenidos teóricos y se resuelven en forma conjunta ejemplos que ayudan a comprender y aplicar los conocimientos.

Como parte de la actividad práctica se resuelven ejercicios relacionados con los temas teóricos en curso y se realizan experiencias con equipos didácticos provistos en el aula, siguiendo una guía práctica determinada.

Temas de trabajos prácticos

Transferencia de calor

Av. Calchaquí 6200 | Florencio Varela (1888) | Provincia de Buenos Aires | Argentina

Conmutador: +54 11 4275 6100 | [www.unaj.edu.ar](http://www.unaj.edu.ar)

- 1) Introducción a la transferencia de calor.
- 2) Conducción unidimensional estacionaria.
- 3) Conducción bidimensional estacionaria.
- 4) Conducción en estado transitorio.
- 5) Convección, flujos externo e interno.
- 6) Convección libre.
- 7) Intercambiadores de calor.
- 8) Radiación.

#### Acondicionamiento de aire

- 9) Ciclos frigoríficos a compresión.
- 10) Cálculo de cargas de enfriamiento.
- 11) Dimensionado de equipos de refrigeración
- 12) Aire acondicionado y psicrometría.
- 13) Dimensionado de tuberías.

Las experiencias a realizar permiten el trabajar sobre los conceptos, que sean de fácil dominio por parte de los estudiantes y generan instancias de trabajo colaborativo, ejercitación individual, interacción entre los Docentes y los estudiantes.

Se dispone para el desarrollo de actividades experimentales de 24 hs.

Temas de trabajos de laboratorio:

Conducción lineal y radial del calor.

Radiación.

Conducción y convección combinadas.

Conducción en régimen transitorio.

Convección libre y forzada.

Intercambiadores de calor.

Trabajo experimental sobre ciclos de refrigeración.

Av. Calchaquí 6200 | Florencio Varela (1888) | Provincia de Buenos Aires | Argentina

Conmutador: +54 11 4275 6100 | [www.unaj.edu.ar](http://www.unaj.edu.ar)

**Problemas abiertos de ingeniería:**

Se plantearán problemas abiertos de ingeniería, para los cuales la solución no es única y requiere la aplicación de los conocimientos de las ciencias básicas y de las tecnológicas.

Con ello se estimulará la capacidad de emplear los procesos cognitivos para enfrentarse y resolver situaciones interdisciplinarias reales en las que la vía de solución no resulta obvia de modo inmediato y en las que las áreas de conocimiento o curriculares aplicables no se enmarcan dentro de una única área.

Se presentará el estudio experimental de un sistema de control de temperatura de un Local para distintos usos (Trabajo, Residencial )

Actividades de proyecto y diseño:

Se realizará un trabajo integrador sobre un tema de la asignatura, en el cual se deberá desarrollar el proyecto y diseño de algún acondicionamiento de temperatura.

- a) Descripción teórica del trabajo
- b) Selección de la estrategia de control
- c) Selección de componentes
- d) Evaluación económica

A modo de referencia se proponen los siguientes proyectos:

1. Depósitos de aire comprimido.
2. Depósitos de aceite de máquinas con componentes hidráulicos.

**Actividades extra-áulicas:** La entrega de los trabajos prácticos no será obligatoria, cada docente indicará los ejercicios de entrega indispensable en cada caso. Con esto se buscará el compromiso del estudiante con la disciplina, junto con la preparación para las clases subsiguientes. Los temas de los trabajos son los mencionados en el punto anterior.

**Régimen de Aprobación y Evaluación:**



La evaluación se realiza a través de dos parciales teórico práctico de desarrollo conceptual y ejercicios seleccionados de las prácticas.

Cada parcial consta de una instancia de recuperación. Agregada a todas estas existe una instancia más para evaluar los conceptos que no hayan sido aprobados en las instancias anteriores.

Las condiciones de promoción se ajustan al Reglamento Académico vigente, el que indica que, para promocionar el curso, el alumno debe alcanzar un promedio no menor a 7 (sobre 10), y no debe haber obtenido una calificación menor a 6 en ninguno de los exámenes parciales. En caso de aprobar el curso sin promocionar el alumno deberá presentarse a una mesa examinadora final. La calificación final incluye una componente de concepto, tanto por el trabajo en clase como por el compromiso al realizar y entregar ejercicios seleccionados de los trabajos prácticos.

Firma y Aclaración