



Ministerio de Cultura y Educación  
 Universidad Nacional de San Luis  
 Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias  
 Departamento: Ciencias Básicas  
 Área: Física

(Programa del año 2009)  
 (Programa en trámite de aprobación)  
 (Presentado el 16/02/2010 13:03:05)

### I - Oferta Académica

| Materia       | Carrera                    | Plan | Año  | Período         |
|---------------|----------------------------|------|------|-----------------|
| Termodinámica | Ingeniería Electromecánica |      | 2009 | 1° cuatrimestre |
| Termodinámica | Ingeniería Industrial      |      | 2009 | 1° cuatrimestre |

### II - Equipo Docente

| Docente                 | Función                 | Cargo     | Dedicación |
|-------------------------|-------------------------|-----------|------------|
| ARELLANO, HECTOR DANIEL | Prof. Responsable       | P.Adj Exc | 40 Hs      |
| PONCE, EDWARD ROGER     | Responsable de Práctico | JTP Semi  | 20 Hs      |

### III - Características del Curso

| Credito Horario Semanal |          |                   |                                       |       |
|-------------------------|----------|-------------------|---------------------------------------|-------|
| Teórico/Práctico        | Teóricas | Prácticas de Aula | Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc. | Total |
| Hs                      | 3 Hs     | 3 Hs              | 1 Hs                                  | 7 Hs  |

| Tipificación                                   | Periodo         |
|--|-----------------|
| B - Teoria con prácticas de aula y laboratorio | 1° Cuatrimestre |

| Duración   |            |                     |                   |
|------------|------------|---------------------|-------------------|
| Desde      | Hasta      | Cantidad de Semanas | Cantidad de Horas |
| 09/03/2009 | 19/06/2009 | 15                  | 105               |

### IV - Fundamentación

La Termodinámica es una ciencia fundamental que estudia la energía, y para los ingenieros lo es como materia previa al estudio de máquinas de vapor, motores de combustión interna, máquinas frigoríficas, turbinas de gas y los procesos de acondicionamiento de aire. Todo esto, visto con un enfoque clásico o macroscópico, le permite al estudiante que el aprendizaje sea mas sencillo, al concordar con su intuición.

Los principios de la Termodinámica se basan en nuestras experiencias diarias y en observaciones experimentales, que permiten establecer paralelismos entre lo que ya conocen los estudiantes con la materia

El hablar en forma clara pero precisa, y estimular el pensamiento creativo del futuro ingeniero, contribuyen a una comprensión mas profunda de la materia.

También se pone énfasis en el diseño, la creatividad y el uso de computadoras en la enseñanza de la ingeniería, utilizando software que permite a los estudiantes solucionar problemas de diseño, analizar ciclos de potencia de vapor y de gas, evaluar propiedades del vapor, refrigerantes etc.

### V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

Que el alumno incorpore a su bagaje intelectual, el conocimiento preciso de los principios y conceptos fundamentales de la Termodinámica, como así también de los parámetros característicos y las relaciones funcionales que entre ellos se establecen, para poder afrontar desde una base sólida el estudio de las máquinas térmicas en general.

### VI - Contenidos

**UNIDAD TEMÁTICA 1: Conceptos Fundamentales**

Sustancia de trabajo. Sistema. La sustancia pura. Fases. Propiedades y estado. Sistemas de Unidades. Volumen específico y densidad. Peso específico y presión de fluidos. Presión. Temperatura, escalas y unidades. Principio cero.

### **UNIDAD TEMATICA 2: Gases ideales y reales**

Ley de Boyle. Ley de Charles. Ecuación de Estado de un gas ideal. La constante del gas. Ley de Avogadro. Constante Universal de los gases. Mezcla de gases. Ley de Dalton. Análisis volumétrico y gravimétrico. Gases reales. Ecuación de Van der Waals. Ecuación de Estado General. Factor de compresibilidad. Gráficos.

### **UNIDAD TEMATICA 3: Energía**

Unidades de Energía. energía potencial gravitacional y cinética. Energía interna. Trabajo. Trabajo de un sistema no fluente. Calor. Trabajo de flujo. Equivalente mecánico del calor. Ecuaciones del primer principio de la Termodinámica, para sistemas fluentes y no fluentes. Calor específico. Calor específico a volumen constante y a presión constante. Calores específicos molares de las sustancias.

### **UNIDAD TEMATICA 4: Transformaciones**

Curvas de expansión. Curvas de compresión. Transformaciones a volumen constante. Transformaciones a presión constante. Transformaciones isotérmicas, adiabáticas y politrópicas. Representaciones en el plano P-V.

### **UNIDAD TEMATICA 5: Segundo Principio de la Termodinámica.**

Elementos de un ciclo. Trabajo de un ciclo. Rendimiento Térmico. Enunciado del segundo principio. Ciclo de Carnot. Teorema de Carnot. Temperatura termodinámica. Transformaciones reversibles e irreversibles. Entropía. Diagrama T-S. Representación de transformaciones a presión, volumen y temperatura constantes. Adiabáticas y politrópicas. Energía disponible. Tercer principio de la termodinámica.

### **UNIDAD TEMATICA 6: Ciclos ideales.**

Ciclos de las máquinas de combustión externa. Ciclos Stirling y Ericsson. Ciclos de motores de combustión interna: Otto, Diesel, Semi-Diesel, Brayton y regenerativos. Rendimiento térmico, indicado, mecánico y total. Diagramas indicados de los distintos ciclos en los planos P-V y T-S.

### **UNIDAD TEMATICA 7: Vaporización.**

Calores en la vaporización. Cambio de fases. Diagrama de vaporización. tablas del vapor de agua. Punto triple y punto crítico. Los planos P-V y T-S para agua. Entalpía del líquido y del vapor. Vapor húmedo y sobrecalentado. Título de un vapor. Ciclo de Rankine. Mejoras en los ciclos y en las instalaciones de vapor. Ciclos compound, con sobrecalentamiento, regenerativos con múltiples extracciones. Ciclos binarios.

### **UNIDAD TEMATICA 8: Aire Húmedo.**

Humedad absoluta y relativa. Tablas con las constantes características del aire húmedo saturado. Punto de rocío. Saturación adiabática. Psicrómetro. Temperatura de bulbo húmedo y bulbo seco. Transformaciones del aire húmedo. Tablas y diagramas psicrométricos.

### **UNIDAD TEMATICA 9: Refrigeración**

Definiciones. Coeficiente de efecto frigorífico. Ciclo de Carnot. Refrigeración por compresión de vapores. Régimen seco y húmedo. Consumo de refrigerante. Mejoras de los ciclos por compresión. Refrigeración por vacío. Refrigeración por absorción. Ciclo de refrigeración por gas. Licuación de gases. Ciclo invertido para el calentamiento. Bomba de calor.

### **UNIDAD TEMATICA 10: Combustión.**

Combustibles. Ecuaciones de las reacciones completas. Relación de aire combustible. Mezcla rica y pobre. Análisis del producto de la combustión. Calor de combustión. Número de octano y de cetano. Teorías de la combustión.

### **UNIDAD TEMATICA 11: Compresores.**

Introducción. Trabajo de un compresor. Espacio nocivo. Trabajo del diagrama convencional con espacio nocivo. Aire libre. Rendimientos. Compresores de 2 y múltiples etapas. Tipos de compresores.

### **UNIDAD TEMATICA 12: Transmisión de calor.**

Introducción. Conducción: ecuación de Fourier, conductividad y resistividad térmicas. Conducción a través de una pared

plana. Transmisión de calor de fluido a fluido. Conducción a través de una pared curva. Radiación térmica: Ley de Stefan-Boltzman. Coeficiente superficial para la radiación. Radiación desde la tubería de vapor. Convección: coeficiente de película para flujo laminar y turbulento. Convección forzada. Vapores que se condensan.

## VII - Plan de Trabajos Prácticos

1 Unidades - Gases Ideales. Problemas de aplicación

2 Gases Reales - 1er. principio. Problemas de aplicación

3 Transformaciones. Problemas de aplicación

4 Ciclos de máquinas térmicas. Problemas de aplicación

5 Vaporización. Problemas de aplicación

6 Aire Húmedo. Problemas de aplicación

7 Ciclos de máquinas frigoríficas. Problemas de aplicación

8 Transmisión de calor. Problemas de aplicación

## VIII - Regimen de Aprobación

### RÉGIMEN DE ALUMNOS REGULARES

Para rendir como alumno regular, se deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a) Tener una asistencia del 80% de los trabajos prácticos.
- b) Tener aprobados los dos exámenes parciales, que tendrán una pregunta teórica y el resto práctica. Cada parcial tendrá una recuperación.
- c) Para aprobar los dos parciales o sus recuperaciones, deben totalizar 7 puntos.
- d) En el examen final el alumno deberá exponer sobre distintos temas para demostrar, el dominio alcanzado sobre la totalidad de los contenidos del curso, y su capacidad de construir una visión integral de los mismos. La calificación mínima es 4 puntos.

### RÉGIMEN DE ALUMNOS NO REGULARES

La evaluación consistirá en dos partes:

- a) Práctica: el alumno deberá resolver correctamente dos problemas integradores de distintos temas del programa de trabajos prácticos. Posteriormente fundamentará el método usado para la resolución. La práctica es eliminatoria.
- b) Teoría: se elegirán tres temas del programa analítico, que deberá exponer con soltura, y cumpliendo con lo determinado en el punto d) para alumnos Regulares.

## IX - Bibliografía Básica

- [1] Çengel, Yunus y Boles, Michael - "Termodinámica" – 2da. Edición – Edit McGraw - Hill
- [2] Obert & Caggioli - "Termodinámica" - 2da. edición - España - Editorial McGraw-Hill
- [3] Wark Jr. , Kenneth - "Termodinámica" - 5ta. edición - México - Edit. McGraw - Hill.

## X - Bibliografía Complementaria

- [1] Guidi, Guido - "Transmisión del calor" - Bs. As. - Argentina - Editorial Nva. Librería.
- [2] Giacosa, Dante - "Motores endotérmicos" - 3ra. edición - España - Edit. Dossat S.A
- [3] Diez García - "Problemas de termodinámica" - Bs.As. - Argentina - Edit. Nva. Librería.
- [4] Kirillin-Sichev-Sheindlin - "Termodinámica técnica" - Moscú - Edit. Mir.
- [5] Stoever, Norman - "Ingeniería termodinámica" - 6ta. edición - México - Edit. CECOSA.
- [6] Obert & Young - "Thermodynamics" - 2da. edición - New York - Edit. McGraw - Hill.
- [7] Faires, Virgil - "Termodinámica" - 2da. edición - España - Editorial. Eudeba.

## XI - Resumen de Objetivos

Que el alumno incorpore a su bagaje intelectual, el conocimiento preciso de los principios y conceptos fundamentales de la Termodinámica, como así también de los parámetros característicos y las relaciones funcionales que entre ellos se establecen, para poder afrontar desde una base sólida el estudio de las máquinas térmicas en general.

## XII - Resumen del Programa

### UNIDAD TEMÁTICA 1: Conceptos Fundamentales

Sustancia de trabajo. Sistema. La sustancia pura. Fases. Propiedades y estado. Sistemas de Unidades. Volumen específico y densidad. Peso específico y presión de fluidos. Presión. Temperatura, escalas y unidades. Principio cero.

### UNIDAD TEMATICA 2: Gases ideales y reales

Ley de Boyle. Ley de Charles. Ecuación de Estado de un gas ideal. La constante del gas. Ley de Avogadro. Constante Universal de los gases. Mezcla de gases. Ley de Dalton. Análisis volumétrico y gravimétrico. Gases reales. Ecuación de Van der Waals. Ecuación de Estado General. Factor de compresibilidad. Gráficos.

### UNIDAD TEMATICA 3: Energía

Unidades de Energía. energía potencial gravitacional y cinética. Energía interna. Trabajo. Trabajo de un sistema no fluente. Calor. Trabajo de flujo. Equivalente mecánico del calor. Ecuaciones del primer principio de la Termodinámica, para sistemas fluentes y no fluentes. Calor específico. Calor específico a volumen constante y a presión constante. Calores específicos molares de las sustancias.

### UNIDAD TEMATICA 4: Transformaciones

Curvas de expansión. Curvas de compresión. Transformaciones a volumen constante. Transformaciones a presión constante. Transformaciones isotérmicas, adiabáticas y politrópicas. Representaciones en el plano P-V.

### UNIDAD TEMATICA 5: Segundo Principio de la Termodinámica.

Elementos de un ciclo. Trabajo de un ciclo. Rendimiento Térmico. Enunciado del segundo principio. Ciclo de Carnot. Teorema de Carnot. Temperatura termodinámica. Transformaciones reversibles e irreversibles. Entropía. Diagrama T-S. Representación de transformaciones a presión, volumen y temperatura constantes. Adiabáticas y politrópicas. Energía disponible. Tercer principio de la termodinámica.

### UNIDAD TEMATICA 6: Ciclos ideales.

Ciclos de las máquinas de combustión externa. Ciclos Stirling y Ericsson. Ciclos de motores de combustión interna: Otto, Diesel, Semi-Diesel, Brayton y regenerativos. Rendimiento térmico, indicado, mecánico y total. Diagramas indicados de los distintos ciclos en los planos P-V y T-S.

### UNIDAD TEMATICA 7: Vaporización.

Calores en la vaporización. Cambio de fases. Diagrama de vaporización. tablas del vapor de agua. Punto triple y punto crítico. Los planos P-V y T-S para agua. Entalpía del líquido y del vapor. Vapor húmedo y sobrecalentado. Título de un vapor. Ciclo de Rankine. Mejoras en los ciclos y en las instalaciones de vapor. Ciclos compound, con sobrecalentamiento, regenerativos con múltiples extracciones. Ciclos binarios.

**UNIDAD TEMATICA 8: Aire Húmedo.**

Humedad absoluta y relativa. Tablas con las constantes características del aire húmedo saturado. Punto de rocío. Saturación adiabática. Psicrómetro. Temperatura de bulbo húmedo. Transformaciones del aire húmedo. Tablas y diagramas psicrométricos.

**UNIDAD TEMATICA 9: Refrigeración**

Definiciones. Coeficiente de efecto frigorífico. Ciclo de Carnot. Refrigeración por compresión de vapores. Régimen seco y húmedo. Consumo de refrigerante. Mejoras de los ciclos por compresión. Refrigeración por vacío. Refrigeración por absorción. Ciclo de refrigeración por gas. Licuación de gases. Ciclo invertido para el calentamiento.

**UNIDAD TEMATICA 10: Combustión.**

Combustibles. Ecuaciones de las reacciones completas. Relación de aire combustible. Mezcla rica y pobre. Análisis del producto de la combustión. Calor de combustión. Número de octano y de cetano. Teorías de la combustión.

**UNIDAD TEMATICA 11: Compresores.**

Introducción. Trabajo de un compresor. Espacio nocivo. Trabajo del diagrama convencional con espacio nocivo. Aire libre. Rendimientos. Compresores de 2 y múltiples etapas. Tipos de compresores.

**UNIDAD TEMATICA 12: Transmisión de calor.**

Introducción. Conducción: ecuación de Fourier, conductividad y resistividad térmicas. Conducción a través de una pared plana. Transmisión de calor de fluido a fluido. Conducción a través de una pared curva. Radiación térmica: Ley de Stefan-Boltzman. Coeficiente superficial para la radiación. Radiación desde la tubería de vapor. Convección: coeficiente de película para flujo laminar y turbulento. Convección forzada. Vapores que se condensan.

**XIII - Imprevistos**

|  |
|--|
|  |
|--|

**XIV - Otros**

|  |
|--|
|  |
|--|

| <b>ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA</b> |                             |
|--|-----------------------------|
|  | <b>Profesor Responsable</b> |
| Firma:   |                             |
| Aclaración:                                    |                             |
| Fecha:   |                             |