



## PLAN DE ESTUDIOS 2002

ASIGNATURA: **Termotecnia I**

CÓDIGO: **M614**

ESPECIALIDAD/ES para las que se dicta: **Ingeniería Mecánica,  
Ingeniería Electromecánica**

### Contenidos Analíticos:

MÓDULO I: Intercambiadores de calor.

I.1) Conceptos de transmisión del calor. Transmisión por conducción. Estados transitorio y permanente, ecuación general de Fourier. Discusión de los valores de conductividad térmica y otras propiedades termofísicas y mecánicas comunmente utilizadas en la Ingeniería. Estudio de casos particulares. Aplicaciones prácticas. Aislaciones térmicas.

I.2) Transmisión por convección. Convección sin cambio de fase en líquidos y gases. Números adimensionales. Correlaciones. Análisis de los factores relevantes. Incidencia de la presión en los gases. Convección con cambio de fase. Condensación. Ecuación de Nusselt y derivadas. Casos de películas no laminares, correlaciones de Chen, Gerner y Tien. Tubos superpuestos. Evaporación. Pool boiling. Comportamientos característicos. Evaporación en flujo de dos fases. Precauciones necesarias en general y en fluidos organicos o con implicancias de riesgo. (combustibles con temperaturas superiores al flash point, ambientalmente perjudiciales, tóxicos, letales, etc. Superficies extendidas. Diferentes tipos. Teoría general en aletados longitudinales. Eficiencia de aleta, selección racional de sus dimensiones y material. Aletas transversales y de otros tipos. Incidencia del ensuciamiento. Factores empíricos y recomendados. Coeficiente global de transmisión. Perfil de temperaturas.

I.3) Coeficiente global de transmisión. Incidencia de los factores estudiados. Análisis de las posibilidades de aumentar este coeficiente, y de la conveniencia de hacerlo.

I.4) Intercambiadores de calor. Diferentes tipos. Clasificación. Intercambiadores tubulares de uso general en la industrial y aplicaciones generales. Normas TEMA tipo R, B, y C, o equivalentes. Estipulaciones de carácter general. Esquemas de flujo en intercambiadores. Diferencia media. Factor F.

Irreversibilidades térmicas por creación de entropía en los aparatos reales, comparación entre un esquema en corrientes paralelas y contracorrientes. Aspectos conceptuales del análisis. Irreversibilidades de flujo. Análisis térmico e hidráulico de intercambiadores. Máxima transferencia teórica entre dos fluidos. Métodos "P-F", "epsilon - NTU", y "P - NTU". Aplicación a problemas de diseño y de determinación de performances operativas, (simulación). Módulos computaciones de "Propiedades", "Auxiliares", y "Aplicaciones".

1.5) Análisis de intercambiadores tubulares con convección sin cambio de fase. Modelo típico para intercambiador tubular en contracorriente de un paso. Reconocimiento de las variables de diseño, de operación y performances. Aspectos conceptuales para orientar la



búsqueda de parámetros que satisfagan las especificaciones de diseño, mejorarlo, o interactuar con la ingeniería básica del sistema al que se lo destina. Análisis térmico e hidráulico.

1.6) Análisis de baterías de tubos aletados. Modelo típico para el análisis de estos equipos. Lado interior de tubos sin y con cambio de fase. Fuido exterior mezclado y sin mezclar, correlaciones "epsilon - NTU". Incidencia del metal de las aletas. Aspectos conceptuales para orientar la búsqueda de parámetros que satisfagan las especificaciones de diseño, mejorarlo, o interactuar con la ingeniería básica del sistema al que se lo destina. Análisis térmico e hidráulico.

1.7) Análisis de intercambiadores tubulares con cambio de fase. Condensadores horizontales y verticales Modelo típico para el análisis de estos aparatos. Determinación de la temperatura de pared. Método iterativo o por flujos térmicos Número de tubos por paso. Aspectos conceptuales para orientar la búsqueda de parámetros que satisfagan las especificaciones de diseño, mejorarlo, o interactuar con la ingeniería básica del sistema al que se lo destina. Análisis térmico e hidráulico.

1.8) Diseño mecánico de intercambiadores de tubulares de calor. Códigos TEMA y ASME Sección VIII. Legislación vigente sobre el tema en la Región para la habilitación de estos aparatos. Dimensionamiento de las partes componentes. Caso de equipos que operan a bajas presiones o con presión exterior. Esfuerzos por presión, dilatación diferencial, y momentos flectores por abulonado de bridas y placas. Optimización computacional de bridas

1.9) Torres de enfriamiento, Clasificación. Tipos. Teoría de Merkel. Curvas CTI. Performances de las torres de enfriamiento.

#### Módulo II: Transporte de calor.

II.1) Fluidos diatérmicos o de transmisión de calor. Propiedades desde el punto de vista de su aplicación. Fase líquida o gaseosa, de naturaleza inorgánica y orgánica. Convección natural o forzada. Principio del "heat pipe". Sistemas con líquidos en circulación. Control del esquema de presiones por posición y presurización del tanque de expansión. Sistemas de vapor y condensado. Estado y parámetros racionales para la aplicación. Subenfriamiento del condensado. Causas y conveniencia.

II.2) Sistemas de transporte de calor por fluidos diatérmicos. Cañerías y accesorios para sistemas de transporte y distribución de calor por fluidos diatérmicos. Selección por normas. Cálculos hidráulicos.

Deformaciones por dilatación y esfuerzos derivados. Flexibilidad necesaria. Stress Analysis. Flexibilidad por configuración y por compensadores. Anclajes y soportación de cañerías sujetas a dilatación.

#### Módulo III

III.1) Procesos de combustión para la obtención de calor (calderas, hornos). Estequiometría de la combustión. Exceso de aire. Triángulo de Ostwald. Diagramas de Rosin y Fehling. Otras correlaciones. Temperatura adiabática. Equilibrio y cinética de la combustión. Contaminación ocasionada por la combustión. Control de formación de NOx.

III.2) Combustibles. Temperatura y energía mínima de ignición. Límites de inflamabilidad. Explosividad. Velocidad de propagación de la llama. Valor térmico. Criterios racionales de



selección. (Irracionalidad de algunas prácticas actuales). Disponibilidad y costos en nuestro País.

III.3) Quemadores. Distintos tipos y modelos. Tipo Bunsen de premezcla. Estabilidad de llama. Intercambiabilidad de gases en quemadores de premezcla. Índice de Wobbe. Quemadores para llamas de difusión. Estabilización. Pulverización mecánica o por fluidos a presión. Separación de contaminantes producidos por la combustión que no pueden ser eliminados por el diseño del sistema de combustión: scrubbers, recirculación de gases, separadores mecánicos o electrostáticos de particulados, desulfuración, reducción selectiva catalítica o no catalítica de los óxidos de nitrógeno. Efluentes de estos sistemas. Reseña de nuevos métodos de combustión: en lechos fluidos, presurizada, catalítica.

III.4) Transmisión por radiación. Radiaciones electromagnéticas. Leyes que rigen este fenómeno.

Calor irradiado entre dos superficies. Factores de emisión y de configuración. Radiación gaseosa luminosa y no luminosa. Incidencia de este tipo de transmisión en las diferentes partes de la cámara de combustión y elementos de la caldera.

III.5) Generadores de vapor. Calderas. Generalidades. Clasificación y descripción de los diferentes tipos. Aspectos comparativos. Criterios de selección y aplicación. Reglas de diseño de calderas industriales y generadores de vapor de potencia. Accesorios. Economizador, sobrecalentador, precalentadores de agua, bomba de alimentación, precalentador de aire. Tiro forzado e inducido. Elementos de control y seguridad.

Tratamiento del agua de alimentación de calderas. Pulido del condensado. Desgasificación. Decantación / filtración, destilación, desmineralización o ablandamiento por permutadores iónicos del agua de reposición (make-up). Purgas de domos y su tratamiento. Balance entálpico y entrópico de generadores de vapor. Conclusiones.

III.6) Aspectos de diseño y operación de generadores de vapor y calderas. Concepción básica de la unidad. Distribución de los paquetes de transferencia por radiación, convección o mixta. Tipos de sobrecalentadores, y regulación de temperatura. Operación de calderas y generadores de vapor. Lógica de control y seguridad de llama (Flame safeguard). Comportamiento de la unidad en condiciones diferentes al nominal (off-design). Regulación del caudal de aire y el combustible. Performances esperables en estas condiciones.

III.7) Calderas de recuperación. Reseña de las calderas de recuperación para gases de escape de turbinas de gas. Racionalidad. Características principales. (Este tema fue incluido para posibilitar la enseñanza a un nivel superficial de los Ciclos Combinados en Termotecnia III, tema que es estudiado con una mayor nivel de profundización en la Asignatura Optativa Termotecnia IV.

### Bibliografía:

- 1.-TEMA, Standards of the Tubular Exchangers Manufacturers Association. 1979.
- 2.-ASME, Pressure Vessels, Section VIII.
- 3.-Bejan, A. "Advanced Engineering Thermodynamics". John Wiley and Sons. 1988.
- 4.-Kern, D. "Procesos de transferencia de calor" Traducción de "Process Heat Transfer" del autor indicado. Compañía Editorial Continental SA. 1974.
- 5.- Ganapathy, V. "Waste Heat Boiler Deskbook", Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ., 1991



- 6.- Mills, F.A., 1999. "Heat Transfer" 2nd Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ., 1999
- 8.- Spalding, B. : "Combustión y Transferencia de Masa" Traducción editada por CECSA. 1983.
- 9.- Bejan, A. Tsatsaronis, G. and Moran, M. Thermal Design and optimization. John Wiley and Sons., 1996.
- 10.-Babcock & Wilcox : "Steam, Its generation and use". Babcock & Wilcox, 1972.
- 11.- Weiss y Torreguitar : "Combustión y Generación del vapor". Prisma Publicaciones, 1975.
- 12.- Brownell & Young, "Process Equipment Design". John Wiley and Sons, 1959