

**Universitat Politècnica de Catalunya – Universitat de Barcelona****Màster oficial d'Enginyeria en Energia****Fitxa de descripció d'assignatura**

<b>Assignatura</b>		Equips Tèrmics Generadors de Calor i Fred		<b>Codi:</b>	<b>33562</b>
				<b>Versió:</b>	<b>Juliol 2009</b>
<b>Tipus:</b>	Opt	<b>Crèdits totals ECTS:</b>	5	<b>Hores/setmana totals:</b>	8,5
<b>Idioma:</b>	Català – Castellà - Anglès	<b>Crèdits presencials Teoria:</b>		<b>Hores/setmana presencials Teoria:</b>	2,5
<b>Hores/crèdit:</b>	25	<b>Crèdits presencials Problemes:</b>		<b>Hores/setmana presencials Problemes:</b>	1
<b>Quadrimestre:</b>	2n	<b>Crèdits presencials Laboratori:</b>		<b>Hores/setmana presencials Laboratori:</b>	1
<b>Nivell:</b>	Màster	<b>Crèdits no presencials:</b>		<b>Hores/setmana no presencials:</b>	4,0
<b>Coordinador:</b>	J.Rigola				
<b>Professors:</b>	J.Rigola, J.Castro, C.Oliet				
<b>Horari i lloc de tutories:</b>	Horari de tutoria: Les tutories es faran preferentment al Dept. Màquines i Motors Tèrmics, ETSEIAT.				
<b>Pre-requisits:</b>	Coneixements equivalents a haver superat el curs d'anivellament del màster.				
<b>Co-requisits:</b>					
<b>Objectius generals:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Revisión de aspectos básicos de termodinámica y de fenómenos de transferencia de calor y masa (segundo principio de la termodinámica, ecuaciones de conservación ...), en el contexto del campo tecnológico de los sistemas y equipos térmicos generadores de calor y frío.</li><li>- Descripción de las diferentes opciones técnicas de para sistemas de refrigeración/calefacción. Particularidades tecnológicas según aplicación.</li><li>- Aplicación de métodos avanzados de simulación numérica de elementos de equipos con análisis unidimensional de los fluidos en los que existe cambio de fase. El tratamiento se realiza tanto para situaciones en régimen permanente y transitorio.</li><li>- Introducción a métodos de cálculo más avanzado de elementos de equipos generadores de calor y frío donde el análisis de los fluidos es multidimensional. Se exponen métodos con macro volúmenes de control (métodos del tipo porosidad), métodos basados en la resolución de las ecuaciones de conservación bajo las hipótesis de capa límite, como finalmente métodos más avanzados basados en la resolución multidimensional detallada de las ecuaciones de Navier-Stokes.</li><li>- Análisis completo de los sistemas (ciclos de refrigeración): cálculo de diseño y cálculo de predicción. Técnicas de resolución global.</li><li>- Realización de prácticas de laboratorio que permitan al estudiante tomar conciencia de aplicaciones concretas, de las posibilidades de los métodos numéricos desarrollados así como de las técnicas experimentales de medida y de estimación de errores experimentales.</li></ul>				
<b>Objectius específics de cada tema:</b>					
<b>Objectius transversals:</b>					
<b>Programa de Teoria:</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Introducció a los sistemas de refrigeración/calefacción<ol style="list-style-type: none"><li>1.1. Tipo y descripción de los sistemas de refrigeración más comunes: por compresión de vapor, por absorción, por ciclo de aire, por efecto termoeléctrico,.....</li></ol></li><li>2. Refrigeración/calefacción por compresión de vapor<ol style="list-style-type: none"><li>2.1. Repaso de aspectos básicos de termodinámica y transferencia de calor: ecuaciones de transporte en forma integral</li></ol></li></ol>				

- (conservación de la masa, conservación del momento lineal, conservación de la energía, segundo principio de la termodinámica).
- 2.2. Fluidos refrigerantes. Características generales y clasificación. Refrigerantes no contaminantes. Cálculo de propiedades termodinámicas y de transporte en casos de fluidos puros y de mezclas.
  - 2.3. Análisis componente a componente del circuito frigorífico:
    - 2.3.1. Compresores: tipos y definición de los rendimientos, análisis global (simplificado) de cálculo y simulación avanzada de compresores.
    - 2.3.2. Análisis de flujos bifásicos: fenomenología de la condensación y evaporación; evaluación de la transferencia de calor, de la fracción volumétrica de vapor y de la pérdida de carga. Análisis de flujos multicomponentes. Análisis avanzado de flujos bifásicos.
    - 2.3.3. Condensadores y evaporadores. Características en función del tipo de fluido secundario y de aspectos propios del circuito de refrigeración (retorno de aceite,...). Cálculo de intercambiadores en base a métodos analíticos (método factor F,  $\epsilon$ -NTU,...). Cálculo avanzado de intercambiadores de calor en flujos bifásicos. Condensación y formación de hielo sobre las superficies de transferencia de calor.
    - 2.3.4. Dispositivos de expansión: tipo, detalles tecnológicos, selección de dispositivos de expansión. Cálculo avanzado de tubos capilares.
    - 2.3.5. Elementos auxiliares: tubos de unión, intercambiadores auxiliares, depósitos de acumulación,.....
  - 2.4. Análisis completo del ciclo: cálculo de diseño y cálculo de predicción. Técnicas de resolución global. Análisis avanzados en régimen transitorio.
3. Refrigeración/calefacción por absorción
    - 3.1. Introducción: breve repaso histórico, principio físico, análisis termodinámico de los ciclos de absorción: definición de los rendimientos, análisis de los ciclos por absorción.
    - 3.2. Fluidos de trabajo: sistemas con absorbente volátil ( $H_2O-NH_3$ ) y no volátil ( $LiBr-H_2O$ ). Implicaciones tecnológicas: simple efecto, doble efecto, múltiple efecto ( $LiBr-H_2O$ ), ciclo de absorción dual, ciclos GAX ( $H_2O-NH_3$ ). Otras parejas refrigerante-absorbente. Refrigeración de las máquinas de absorción: torres de enfriamiento y refrigeración por aire.
    - 3.3. Análisis componente a componente del circuito de absorción:
      - 3.3.1. Absorbentes: tipo según refrigerante-absorbente y refrigeración (agua-aire).
      - 3.3.2. Generadores: tipo según refrigerante-absorbente y fuente energética.
      - 3.3.3. Análisis del flujo en película descendente de líquido: fenomenología de los procesos de absorción y desorción. Niveles de simulación, ecuaciones gobernantes y hipótesis asumidas. Algoritmos de resolución. Efecto de tensioactivos. Uso de superficies avanzadas de transferencia de calor y de masa.
      - 3.3.4. Condensadores y evaporadores: descripción del tipo de intercambiador según refrigerante-absorbente i forma de refrigerar, detalles tecnológicos.
      - 3.3.5. Elementos de intercambio interno para mejorar el rendimiento: intercambiador de solución, intercambio generador-absorbedor (GAX), pre-enfriador: tipo y detalles tecnológicos.
      - 3.3.6. Sistemas auxiliares: equipo de vacío, sistemas de purga, recuperación de tensioactivos, recuperación de agua, sistemas de desdeshidratación.
    - 3.4. Análisis completo del sistema y ciclo de absorción: diseño y predicción. Uso de modelos cero-dimensionales y de balances globales. Estudio de la influencia de las condiciones externas sobre el sistema.
  4. Balance de cargas de refrigeración/calefacción
    - 4.1. Cargas térmicas de refrigeración: cargas de producto, cargas de transmisión, cargas por fuentes internas, cargas por infiltración, etc. Ejemplos de aplicación.
  5. Generadores de calor por combustión: calderas.

#### Pràctiques de Laboratori:

#### Activitats No Presencials:

#### Càrrega setmanal de l'estudiant en hores:

Tipus d'activitat / Setmana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
Teoria																
Pràctiques																
Problemes																
Activitat No presencial																
Treball individual																
Treball en grup																
Proves i exàmens																
Altres activitats																
<b>TOTAL</b>																

#### Metodologia docent:

La exposición de la asignatura parte de una descripción general de los sistemas y equipos de refrigeración/calefacción y de un recordatorio de la formulación general de las ecuaciones gobernantes y de los aspectos básicos de termodinámica (principios fundamentales). Este planteamiento facilita la presentación y desarrollo de diferentes niveles de análisis para los distintos elementos de los sistemas de frío/calefacción (desde método factor F,  $\epsilon$ -NTU, hasta los más sofisticados, resolución multidimensional de las ecuaciones de Navier-Stokes) y un estudio detallado de las hipótesis asumidas en la resolución de los sistemas en su globalidad.

Una vez se ha presentado al alumnado los aspectos básicos del tratamiento matemático de los sistemas y equipos de frío/calefacción se pasa a presentar aquellos detalles más significativos de distintos sistemas de uso comercial/industrial. Se hace una descripción del estado del arte existente junto con una explicación de las soluciones tecnológicas empleadas.

Es importante que en algún momento del curso el alumno decida, conjuntamente con el profesor, la realización de un estudio/proyecto sobre alguno de los tipos de elementos de los sistemas en el que pueda aplicar las metodologías básicas explicadas en clase.

La realización de prácticas de laboratorio (tanto numéricas como experimentales) permitirá al alumno adquirir una perspectiva más amplia del tema y poder contrastar el mismo las posibilidades de los distintos niveles de simulación (validación de las formulaciones matemáticas). Las prácticas experimentales buscan también enseñar las técnicas de medida normalmente utilizadas (termopares, transductores de presión, caudalímetros, medidores de humedad, etc.) y la evaluación de los errores cometidos en la experimentación.

#### **Bibliografia Bàsica:**

En el curso se da una bibliografía general y una bibliografía específica para cada uno de los temas presentados, tanto de libros como de revistas tecnocientíficas del campo (Int. J. of Heat and Mass Transfer, Journal of Heat Transfer, Heat Transfer Engineering, Numerical Heat Transfer, Int. J. of Refrigeration, ...). A continuación se relaciona sólo la bibliografía más general de la asignatura:

1. M.J.Morgan, H.N.Shapiro, Fundamentals of Engineering Thermodynamics, John Wiley & Sons, New York, 1988.
2. ASHRAE Handbooks: i) Fundamentals; ii) HVAC Systems and Equipment; iii) HVAC Applications; iv) Refrigeration (se revisan y reeditan cada 4 años).
3. W.M.Rohsenow, J.P Hartnett, E.N.Ganic, Handbook of Heat Transfer Applications, McGraw-Hill Book Company, New York, 1985.
4. W.F.Stoecker, Industrial Refrigeration, Business News Publishing Company, Troy, Michigan, 1988.
5. K.E. Herold, R. Rademacher, S.A. Klein. Absorption Chillers and Heat Pumps, CRC Press, 1996.
6. A.R.Trott, Refrigeration and Air Conditioning, MCGraw-Hill, London, 1981.
7. G.Alefeld, R.Rademacher, Heat Conversion Systems, CRC Press, Boca Raton, 1994.

#### **Bibliografia Complementària:**

#### **Criteri d'avaluació:**

Controls parcials:	%	Exercicis/problemes:	%	Control final:	%
No presencial:	%	Pràctiques:	%	Altres proves:	%

#### **Mètodes d'avaluació:**

- Realización de exámenes. Se prevé un examen final. Este examen se centra tanto en aspectos básicos de entendimiento de la fenomenología básica implicada en estos equipos de calor y frío como en aspectos de cálculo y diseño de sistemas y elementos.
- Presentación y defensa de ejercicios de cálculo y diseño de elementos de equipos térmicos de generación de calor y frío utilizando métodos avanzados de cálculo. Dado que el tiempo que requiere la realización de estos ejercicios es elevado, la selección del tipo de ejercicio a realizar se hace de acuerdo con los intereses y motivaciones de cada estudiante y procurando su integración en el marco de otras asignaturas de doctorado que pueda estar cursando el estudiante.
- Realización de prácticas numéricas experimentales con códigos e infraestructuras experimentales existentes en el CTTC-UPC.