

## PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
ME5300	MÁQUINAS			
Nombre en Inglés				
TURBOMACHINES & BOILERS				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
6	10	4,5	1,5	4,0
Requisitos			Carácter del Curso	
ME4302: Transferencia de Calor			Obligatorio de la Carrera Ingeniería Civil Mecánica	
Resultados de Aprendizaje				
<p>El estudiante al término del curso demuestra que:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aplica conceptos básicos del fenómeno de Combustión, en los factores que intervienen en dicho fenómeno y su relación con la emisión de contaminantes para evaluar y seleccionar los combustibles más apropiados (gaseosos, líquidos y sólidos), en base a sus ventajas e inconvenientes, especialmente en relación con las emisiones contaminantes.</li> <li>2. Aplica la Termodinámica, Transferencia de calor y Mecánica de Fluidos en el análisis del funcionamiento, dimensionamiento, selección y diseño de turbomáquinas de vapor, a gas e hidráulicas, de uso frecuente en la industria y en centrales generadoras de energía, para diseñar anteproyectos de plantas de vapor, de gas e hidráulicas.</li> <li>3. Calcula y dimensiona equipos generadores de vapor en el proyecto de plantas de potencia.</li> </ol>				

Metodología Docente	Evaluación General
<p>La estrategia metodológica utilizada es expositiva.</p> <p>Se utilizan como herramientas metodológicas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La exposición oral.</li> <li>2. Ejercicios prácticos de aplicación.</li> <li>3. Lecturas de artículos de divulgación y científicos.</li> </ol>	<p>Las instancias de evaluación serán:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controles (3), Ejercicios (4 a 6) y un Examen.</li> <li>• Controles y Ejercicios contendrán una parte de materia y una de aplicación numérica. La evaluación de las lecturas se hará en la parte de materia de los Ejercicios y Controles</li> <li>• Habrá también Ejercicios para realizar en casa.</li> </ul>

## UNIDADES TEMÁTICAS

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	<b>COMBUSTIBLES Y COMBUSTION</b>	18.0 hrs. 3,0 Semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p><b>1. Clasificación de los Combustibles:</b></p> <p>1.1 Gaseosos (gas natural, gases manufacturados, composición).</p> <p>1.2 Líquidos (hidrocarburos, alcoholes, métodos de refinación, calidad de los hidrocarburos, índices de octano y cetano, densidad, viscosidad)</p> <p>1.3 Sólidos (carbón mineral, coque, clasificación y análisis de carbones, coquificación)</p> <p><b>2 Poder Calorífico de los Combustibles:</b></p> <p>2.1 Superior (PCS, HHV)</p> <p>2.2 Inferior (PCI, LHV)</p> <p><b>3 Fundamentos de Combustión:</b></p> <p>3.1 Conservación de la masa y principios de la termodinámica)</p> <p>3.2 Combustión real (aire teórico, relación Aire/Fuel, riqueza, exceso de aire, análisis de gases de combustión).</p> <p>3.3 Ecuación de combustión generalizada.</p> <p>3.4 Calor de reacción, temperatura de llama adiabática.</p>	<p>El estudiante demuestra que:</p> <p>1. Aplica conceptos básicos sobre combustibles y combustión.</p>	[1, 2, 3]

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	<b>TURBINAS DE VAPOR</b>	21.0 hrs. 3,5 Semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p><b>1. Ciclos Térmicos:</b></p> <p>1.1 Carnot, Rankine, Hirn.</p> <p>1.2 Rendimientos: térmico de la turbina; volumétrico; mecánico; global.</p> <p>1.3 Elevación de rendimiento del ciclo Rankine.</p> <p><b>2 Clasificación de turbomáquinas y Turbinas de Vapor.</b></p> <p><b>3 Principio de funcionamiento de las Turbinas de vapor de: reacción, Acción, Mixtas y de grado de reacción.</b></p> <p><b>4 Ecuación general de Energía del flujo permanente de un fluido:</b></p> <p>4.1 Expansión adiabática y real en toberas (rendimiento de tobera)</p> <p><b>5 Turbina de Acción:</b></p> <p>5.1 Ecuación general y de Euler, potencia y rendimiento periférico.</p> <p>5.2 Turbina de Laval o de rodete único</p> <p>5.3 Turbinas con flujo reversible e irreversible.</p> <p>5.4 Triángulos de velocidades</p> <p>5.5 Análisis y cálculo de pérdidas: de superficie y de forma; pérdidas Internas y externas; por energía cinética residual; intersticiales; radiativas y conductivas; mecánicas.</p> <p>5.6 Rendimientos: periférico, volumétrico, interno, efectivo, indicado, térmico, económico.</p> <p>5.7 Escalonamientos o etapas: de presión o térmicos; de velocidad; mixtos; ventajas e inconvenientes)</p> <p><b>6 Turbinas de Reacción:</b></p> <p>6.1 De rodete único; grado de reacción.</p> <p>6.2 Triángulos de velocidades.</p>	<p>El estudiante demuestra que:</p> <p>1. Selecciona, dimensiona y diseña turbinas de vapor para la generación termoeléctrica.</p>	<p>4, 8, 1, 2, 7, 6, 13</p>

6.3 Pérdidas. 6.4 Rendimientos y Potencias. 6.5 Escalamientos. 6.6 Comparación entre Turbinas de Acción y de Reacción 6.7 Diseño de las Turbinas de Vapor.		
--	--	--

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	<b>TURBINAS A GAS Y COMPRESORES ROTATORIOS</b>	15.0 hrs. 2,5 Semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<b>1. Ciclo de las Turbinas a Gas:</b> 1.1 Ciclo teórico Brayton: no-regenerativo; regenerativo; con refrigeración intermedia; con combustión escalonada. 1.2 Rendimiento térmico (teórico) del Ciclo Brayton: relación de compresión, temperatura de "Firing". 1.3 Ciclo Real abierto de una Turbina a Gas. 1.4 Pérdidas internas y externas. 1.5 Turbinas a Gas estacionarias y dinámicas 1.6 Rendimiento real 1.7 Condiciones a la entrada del turbocompresor. 1.8 Balance térmico de turbina a gas estacionaria (plantas de potencia) <b>2 Clasificación Turbocompresores:</b> 2.1 Axiales y Centrífugos. 2.2 Comparación de Turbocompresores versus Compresores Alternativos. 2.3 Comparación de Turbocompresores Axiales y Turbocompresores Radiales. <b>3 Principio de funcionamiento de los Turbocompresores Axiales:</b> 3.1 Concepto de difusión y grado de Difusión. 3.2 Diferencias entre turbocompresor axial y una	El estudiante demuestra que: 1. Selecciona, dimensiona y diseña turbinas de gas y compresores para la generación termoeléctrica y propulsión de vehículos.	4, 5, 6

<p>turbina de reacción.</p> <p>3.3 Triángulos de velocidades.</p> <p>3.4 Concepción de Flujos en turbocompresores (torbellino; con álabes de reacción constante)</p> <p>3.5 Trabajo y aumento de presión.</p> <p>3.6 Trabajo periférico real versus trabajo periférico deducido del triángulo de velocidades.</p> <p>3.7 Coeficientes de Diseño (de presión, de caudal, relación de cubo, N° específico de revoluciones, N° de Mach)</p> <p>3.8 Forma de grupo de álabes y carcasa.</p> <p>3.9 Rendimiento Politrópico.</p> <p>3.10 Diagrama <i>de Performances</i> de un turbocompresor axial (curvas características).</p> <p>3.18 Rendimiento Politrópico.</p> <p>3.20 Diagrama <i>de Performances</i> de un turbocompresor axial (curvas características).</p> <p>3.21 Combustibles utilizados en Turbogas.</p> <p><b>4. Turbocompresor Supersónico</b></p> <p><b>5. Fenómenos de inestabilidad de flujo en Turbocompresores ("Surging" o Bombeo)</b></p> <p><b>6. Turbina a Gas dinámica o de Aviación.</b></p> <p>6.1 Algunos conceptos de diseño.</p> <p>6.2 Turbofan.</p> <p><b>7 Cámaras de combustión de Turbogas:</b></p> <p>7.1 Tipos de cámara de combustión (individuales o tubulares, anulares, industriales)</p> <p>7.2 Exigencias que debe satisfacer una cámara de combustión.</p> <p><b>8 Compresores de desplazamiento positivo</b></p>		
---	--	--

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
4	TURBOMAQUINARIAS HIDRAULICAS	21.0 hrs 3,5 Semanas.
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p><b>1. Clasificación de turbomáquinas hidráulicas:</b></p> <p>1.1 Turbinas de Acción o Impulsión (Pelton) y Turbinas de Reacción (Francis, Kaplán)</p> <p>1.2 Métodos de Estudio: analítico, experimental y dimensional.</p> <p>1.3 Componentes de la velocidad absoluta (meridiana, axial, radial, tangencial, etc.)</p> <p>1.4 Ecuación de Euler.</p> <p>1.5 Grado de Reacción.</p> <p>1.6 Coeficiente de utilización.</p> <p><b>2. Similitud en Turbomáquinas:</b></p> <p>2.1 geométrica, cinemática, dinámica, física total.</p> <p>2.2 leyes de funcionamiento: coeficientes de funcionamiento, coeficiente de velocidad de arrastre o periférico, de paso, de inyección del chorro, velocidad específica.</p> <p>2.3 Ensayos sobre modelos, diagramas de colina o topográficos, transposición, rendimientos.</p> <p><b>3. Carga teórica y carga neta:</b></p> <p>3.1 rendimientos (hidráulico o manométrico, volumétrico, mecánico, global)</p> <p><b>4. Órganos Principales de una Turbina Hidráulica.</b></p> <p><b>5. Turbinas de Acción (Pelton):</b></p> <p>5.1 Órganos principales de una</p>	<p>El estudiante demuestra que:</p> <p>1. Selecciona, dimensiona y diseña turbomáquinas hidráulicas para impulsión de fluidos o recuperación de energía desde fluidos.</p>	<p>9, 10, 11, 12</p>

<p>turbina Pelton (Inyector, álabes, distribuidor, rotor)</p> <p>5.2 Variación de la presión y de la velocidad.</p> <p>5.3 Características constructivas, forma, dimensión, N° de álabes.</p> <p>5.4 Diagrama de velocidad.</p> <p>5.5 Condición de máxima utilización de energía.</p> <p>5.6 Coeficientes de velocidad.</p> <p>5.7 Correlaciones prácticas para diseñar (D, N)</p> <p><b>6 Turbinas de Reacción Francis:</b></p> <p>6.1 Pura o de flujo radial; mixta o de flujo radial-axial).</p> <p>6.2 Ecuación de Transferencia, Grado de reacción, factor de utilización.</p> <p>6.3 Órganos principales (caracol, distribuidor, rotor, difusor).</p> <p>6.4 Variación de la presión y de la velocidad.</p> <p>6.5 Diagrama de velocidad a la entrada y a la salida del rotor.</p> <p>6.6 Caracterización y proporción en dimensiones de turbina Francis de acuerdo a la velocidad específica.</p> <p>6.7 Cavitación, parámetro de cavitación (Thoma)</p> <p>6.8 Correlaciones prácticas para diseñar (D, N, etc.)</p> <p><b>7 Turbina de Reacción de Flujo axial (Kaplán, Hélice y Bulbo):</b></p> <p>7.1 Definición</p> <p>7.2 Ecuación de Transferencia, Grado de reacción, factor de utilización.</p> <p>7.3 Órganos principales (cámara de alimentación, distribuidor, rotor, álabes, difusor).</p> <p>7.4 Variación de la presión y de la velocidad.</p> <p>7.5 Diagrama de velocidad a la entrada y a la salida del rotor.</p> <p>7.6 Diseño de los álabes para 80% del caudal nominal.</p>		
---	--	--

<p>7.7 Caracterización y Proporción en dimensiones de las turbinas Kaplán y Hélice de acuerdo a la velocidad específica.</p> <p>7.8 Correlaciones prácticas para diseñar (D, N)</p> <p>7.9 Turbinas Bulbo, Straflo, Tubular y Pozo.</p> <p><b>8 Bombas Centrífugas</b></p> <p>8.1 Clasificación y funcionamiento.</p> <p>8.2 Proporción en dimensiones del impulsor.</p> <p>8.3 Condiciones de buen rendimiento; N° de álabes.</p> <p>8.4 Diagrama de velocidad y grado de reacción.</p> <p>8.5 Curva ideal Carga v/s Caudal (H-Q)</p> <p>8.6 Curvas características reales de las Bombas centrífugas (carga dinámica total TDH, pérdidas)</p> <p>8.7 Carga en la succión y parámetro de cavitación (NPSH, velocidad específica de succión)</p> <p><b>9 Otras bombas (pozo profundo, altas cargas, desplazamiento positivo, axiales)</b></p> <p><b>10 Ventiladores.</b></p>		
---	--	--



Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
5	<b>PLANTAS GENERADORAS DE ENERGIA</b>	15.0 hrs. 2,5 Semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<b>1. Plantas de Generación</b>  <b>2. Generadores de Vapor</b> 2.1 Descripción general. 2.2 Circulación y transferencia de calor en la caldera 2.3 Sobrecalentadores, Recalentadores, Calentadores de aire; Economizadores, Condensadores. 2.4 Pérdidas de carga. 2.5 Balance de energía en el generador de vapor. 2.6 Tratamiento del agua de alimentación.  <b>3. Plantas Nucleares.</b>	El estudiante demuestra que: 1. Analiza los componentes de una planta de generación termoeléctrica a vapor, para su selección en proyectos.	1, 2, 3, 4, 8, 13

Bibliografía General
1. W.H. SEVERNS, H.E. DEGLER & J.C. MILES (1973), "La Producción de la Energía Mediante el Vapor de Agua, el Aire y los Gases", Ed. Reverté. 2. H. SORENSEN (1983), "Energy Conversion Systems", Nueva York: John Wiley & Sons. 3. H.DUBBEL (1975), "Manual del constructor de máquinas", 2 Tomos, Ed. Labor. 4. M.J. MORAN & H.N. SHAPIRO (2006), "Fundamentals of Engineering Thermodynamics", Fifth Edition, John Wiley & Sons, Inc. 5. C. MATAIX (1973), "Turbomáquinas térmicas: Turbinas de Vapor, Turbinas de Gas, Turbocompresores", Ed. Dossat S.A., Madrid. 6. L. VIVIER (1968), "Turbinas de vapor y de gas: Teoría, Construcción y Empleo"; Ed. URMO, Bilbao, España. 7. W.J. KEARTON (1973), "Steam Turbine Theory and Practice", Pitman Publishing Co., 8. E. ARNOLD (1970), "U.K. Steam Tables in S.I. units". 9. S.L. DIXON (2010), "Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery", Sixth Edition, Elsevier. 10. M. POLO ENCINAS (1988), "Turbomáquinas hidráulicas: principios fundamentales", Ed. Limusa, Mexico. 11. L. VIVIER (1966), "Turbinas hydrauliques et leur régulation: théorie, construction, regulation", Ed. Albin Michel, Paris. 12. C. MATAIX (1986), "Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas", 2° Edición, Ed. Del Castillo S.A. 13. BABCOCK AND WILCOX (1978), "Steam Its Generation and Use", New York: Babcock and Wilcox Co.

<b>Vigencia desde:</b>	Otoño 2011
<b>Elaborado por:</b>	Juan-Carlos ELICER
<b>Revisado por:</b>	Ramón Frederick Área de Desarrollo Docente(ADD)