

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES**

**MÁSTER EN HIDRÁULICA AMBIENTAL**

**PRIMER CURSO**

**SEGUNDO SEMESTRE**

<b>120 - MAQUINAS Y SISTEMAS HIDRAULICOS</b>		
<b>Departamento: INGENIERIA MECANICA Y MECANICA DE FLUIDOS</b>	<b>Horas Lectivas: 18.8</b>	<b>Optativa</b>
<b>OBJETIVOS</b>		
<b>Generales</b>		
<p>Aunque se tratan las máquinas de forma genérica, se hace hincapié en las centrífugas, indicando su rango y límites de uso a partir del análisis simplificado de su funcionamiento y diseño interno, principalmente su rotor. Por otro lado, se introducen las redes hidráulicas, así como su descripción en términos de ecuaciones y condiciones de contorno. Finalmente, la combinación de las redes con la descripción de la máquina permite, en algunos casos, predecir el funcionamiento de los sistemas hidráulicos en términos de alturas y caudales, y en otros casos obtener los parámetros de selección de la turbomáquina hidráulica apropiada al sistema. Se introduce el escenario de flujo de líquido no estacionario y compresible en conductos (golpe de ariete), que permitirá además describir la evolución temporal de instalaciones hidráulicas, así como la estabilidad de las mismas (problema de control).</p>		
<b>Específicos</b>		
<p>Introducción de los diferentes tipos de turbomáquinas hidráulicas, con hincapié en las máquinas centrífugas. Teorías uni y bi-dimensional de su funcionamiento, incluyendo análisis adimensional. Se describe el cálculo del comportamiento estacionario de dichas máquinas en sistemas hidráulicos, así como el problema de la cavitación. Finalmente, se trata el comportamiento no estacionario en redes, y los fenómenos de compresibilidad.</p> <p>Aplicación de técnicas estándar de cálculo de redes y de flujos bidimensionales estacionarios e ideales. Introducción al método de las características</p>		
<b>CONTENIDO</b>		
<p><b>BLOQUE TEMATICO: Teoría general de turbomaquinas hidraulicas</b></p> <p>1. Introducción a las máquinas hidráulicas.-Generalidades y clasificaciones. Aplicaciones industriales. Magnitudes básicas: caudal, altura, potencia, trabajo específico, rendimientos. Descripción de las condiciones de operación de una bomba en una red.</p> <p>2. Teoría básica de turbomáquinas.- Diagramas de velocidad. Ecuaciones de conservación de masa, energía y momento cinético; ecuación de Euler. Impulso y reacción; grado de reacción.</p> <p>3. Teoría de las turbomáquinas centrífugas.- Teoría unidimensional: curva característica teórica para una velocidad de giro; influencia del ángulo <math>\beta_2</math>; grado de reacción. Desviación de la teoría unidimensional: influencia del número de álabes; cálculo de la desviación de la corriente a la salida del rotor, métodos semiempíricos de Stodola y Pfleiderer. Curvas características reales, pérdidas y rendimientos.</p> <p>4. Semejanza física en turbomáquinas.- Parámetros adimensionales y relaciones de semejanza. Curvas características de una máquina girando a distintas velocidades y de una serie semejante funcionando a la misma velocidad. Diagramas característicos. Ensayo de bombas. Velocidad y diámetro específicos. Influencia de la viscosidad y rugosidad.</p> <p><b>BLOQUE TEMATICO: Turbinas Hidraulicas</b></p> <p>5. Turbinas hidráulicas. Generalidades.- Clasificación y elementos básicos. Funcionamiento teórico de una bomba centrífuga como turbina centrípeta (turbina Francis). Funcionamiento de una turbina centrípeta en régimen variable: curvas características para una posición fija del distribuidor; grado de reacción en comparación con una bomba centrífuga; curvas características para diferentes posiciones del distribuidor. Semejanza en turbinas hidráulicas. Ensayo de turbinas; utilización de los diagramas de ensayo. Velocidad específica en turbinas. Diversos regímenes de funcionamiento anómalo de una bomba.</p> <p>6. Descripción de los diferentes tipos de turbinas.- Turbinas de acción; turbina Pelton; el inyector y el chorro; el rotor y los álabes; pantalla deflectora; velocidad específica; curva de funcionamiento; selección de las principales dimensiones del rotor e inyector. Turbinas Francis: cámara espiral; distribuidor; rotor; tubo difusor. Turbinas hélice y Kaplan; el rotor de las turbinas Kaplan; curvas características. Grupos bulbo. Límite de empleo de las distintas turbinas hidráulicas. Regulación de las turbinas hidráulicas.</p> <p>7. Cavitación en turbomáquinas.- Teoría elemental de colapso de una burbuja. Cavitación en bombas centrífugas: altura de aspiración; NPSH disponible y requerida. Funcionamiento de una bomba con cavitación; medida de la NPSH requerida. Velocidad específica de aspiración y parámetro de cavitación. Cavitación en turbinas hidráulicas. Daños producidos por la cavitación y su reducción.</p> <p><b>BLOQUE TEMATICO: Sistemas Hidraulicos</b></p> <p>8. Instalaciones con bombas hidráulicas. Selección de bombas.- Redes de tuberías: curva característica de la red. Llenado de uno o varios depósitos mediante una bomba. Cálculo de redes; método de Hardy-Cross. Punto de funcionamiento de una bomba y su estabilidad; fenómeno de bombeo. Regulación del caudal: mediante una válvula; mediante la variación de la velocidad de giro; mediante álabes ajustables a la entrada del rotor; otros mecanismos de regulación de caudal. Selección de bombas. Bombas en serie y en paralelo. Arranque de bombas centrífugas y axiales.</p>		

9. Compresibilidad y fenómenos transitorios en instalaciones hidráulicas.- Flujo compresible de líquidos en conductos; ecuaciones y condiciones de contorno. Valores característicos de las magnitudes fluidas. Cierre lento de una válvula. Cierre con efectos de compresibilidad; golpe de ariete. Dispositivos para el control de transitorios: calderines; chimeneas de equilibrio. Ecuaciones para el sistema de alimentación de una turbina; regulación a caudal y potencia constante. Tratamiento numérico de la compresibilidad en transitorios: método de las características. Métodos gráficos: cierre instantáneo de una válvula; cierre gradual con y sin fricción; transitorios ocasionados por bombas centrífugas. Cavitación en transitorios producidos por cierre de válvulas.

**BIBLIOGRAFÍA**

V.M. Cherkassky *Pumps, fans and compressors* Mir 1980 Moscú  
 I.E. Idelchik *Handbook of hydraulic resistance* Hemisphere 1986 New York  
 I.J. Karassik (Ed.) *Pump handbook* McGraw-Hill 1985 New York  
 E.B. Wylie y V.L. Streeter *Fluid transients in systems* Prentice-Hall 1993 Englewoods Cliffs  
 E. Logan *Turbomachinery: Basic theory and applications* Marcel Dekker 1993 New York  
 C. Mataix *Turbomáquinas hidráulicas* ICAI 1975 Madrid  
 D.N. Roy *Applied fluid mechanics* Ellis Horwood 1988 Chichester  
 M. Sedille *Turbo-machines hydrauliques et thermiques* Masson 1967 Paris  
 R.H. Warring *Selección de bombas* Labor 1977 Barcelona  
 F.M. White *Mecánica de fluidos* McGraw-Hill 1983 Madrid  
 J. Parmakian *Waterhammer analysis* Dover 1988 New York

**METODOLOGÍA DOCENTE**

Nº de Horas: 69  
 Clases Teóricas: 16  
 Clases Prácticas: 6  
 Exposiciones y Seminarios: 1  
 Tutorías Especializadas (presenciales o virtuales):  
 A) Colectivas: 2  
 B) Individuales:  
 Realización de Actividades Académicas Dirigidas:  
     A) Con presencia del profesor:  
     B) Sin presencia del profesor:  
 Otro Trabajo Personal Autónomo:  
 A) Horas de estudio de clases teóricas: 24  
 B) Horas de estudio de clases prácticas: 6  
 C) Preparación de Trabajo Personal: 14  
 Realización de Exámenes:  
 A) Examen escrito:  
 B) Exámenes orales (control del Trabajo Personal):

**EVALUACION**

La evaluación se hace de forma continua mediante la calificación de los paquetes de problemas que a lo largo del curso se van asignando a los alumnos y, finalmente, del trabajo individual que han de realizar. En casos excepcionales se realizará un examen oral a aquellos alumnos que hayan faltado reiteradamente a clase y/o no hayan entregado los problemas.

**DESCRIPTOR**

Bombas y turbinas hidráulicas. Tipos, descripción, funcionamiento y diseño. Redes hidráulicas. Evolución temporal de sistemas hidráulicos. Compresibilidad en líquidos.

**SITUACIÓN**

**Contexto dentro de la situación**

Permite la comprensión de los diversos elementos que componen los sistemas hidráulicos, así como el comportamiento dinámico de los mismos.

**Recomendaciones**

Poseer conocimientos de mecánica de fluidos, así como de métodos matemáticos básicos

**COMPETENCIAS TRANSVERSALES/GENÉRICAS**

**INSTRUMENTALES**

- ¿ Capacidad de análisis y síntesis.
- ¿ Comunicación oral y escrita
- ¿ Resolución de problemas
- ¿ Toma de decisiones

**PERSONALES**

- ¿ Capacidad de comunicación
- ¿ Compromiso ético
- ¿ Razonamiento crítico

**SISTÉMICAS**

- ¿ Adaptación a nuevas situaciones
- ¿ Aprendizaje autónomo
- ¿ Capacidad de aplicación de conocimientos a situaciones prácticas
- ¿ Creatividad
- ¿ Motivación por la calidad

**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**

**Cognitivas(Saber)**

Se conjugan conocimientos de física con métodos matemáticos e ingenieriles. Se fomenta la capacidad de análisis de sistemas mediante una metodología clara de formulación y simplificación posterior del problema. Se transmite el método de razonamiento para comprender el papel de los diferentes términos de los modelos.

**Procedimentales/Instrumentales (Saber hacer)**

Se comunican las herramientas básicas que permiten entender la descripción y el comportamiento de los elementos y sistemas hidráulicos básicos. Así, el alumno podrá no sólo elegir elementos de manera apropiada, sino de evaluar su posible conveniencia desde el punto dinámico.

**Actitudinales(Ser)**

El alumno adquiere compromiso y responsabilidad sobre la forma en que los conocimientos pueden permitir predicciones, y la importancia de éstas. Se fomenta la coordinación entre alumnos, lo que redundará en la conciencia social de los mismos.