

Presentación

Se desarrollan las teorías bidimensionales para los rodets axiales y centrífugos, indicando los efectos tridimensionales que pueden producirse.  
 Se afronta el estudio de la semejanza dinámica en las turbomáquinas a partir de leyes semiempíricas. Se amplía el estudio de la cavitación. Se obtienen coeficientes asociados con el diseño de las máquinas.  
 Nociones sobre el diseño y comportamiento de las turbomáquinas. Se presta especial atención a regímenes de funcionamiento no deseados por su comportamiento inestable o periódico.  
 Se analiza el proceso de arranque deseable así como los dispositivos que permiten un equilibrado axial y radial aceptable para la máquina.  
 Se estudian los ventiladores.

Programa Básico

- I. Teorema de Euler
- II. Teoría ideal de turbomáquinas axiales
- III. Teoría ideal de turbomáquinas radiales
- IV. Análisis dimensional.
- V. Cavitación.
- VI. Bombas centrífugas
- VII. Funcionamiento no estacionario de bombas
- VIII. Ventiladores.

Objetivos

Estudio de procedimientos avanzados de diseño de bombas axiales y radiales.  
 Predicción del funcionamiento de bombas axiales y radiales.

Programa de Teoría

- TEMA I. Teorema de Euler
- LECCION 1ª Teorema de Euler.
  - Sistemas de referencia. Velocidades y triángulos de velocidad
  - Relación entre el par motor y la variación de momento cinético. Teorema de Euler
  - Condiciones de validez del Teorema de Euler
  - Relación entre la altura útil y la distribución de la velocidad tangencial
- TEMA II. Teoría ideal de turbomáquinas axiales

## LECCION 2ª Movimiento bidimensional a través de una cascada fija.

### Introducción

Hipótesis de movimiento bidimensional

Generación de circulación en perfiles aerodinámicos

Teorema de Kutta-Joukowski

Circulación alrededor de un perfil aislado

Circulación alrededor de un perfil perteneciente a una cascada

## LECCION 3ª Movimiento bidimensional a través de una cascada axial móvil.

### Introducción

Composición de velocidades

Curva característica ideal de una cascada

Curva característica ideal de una bomba axial

Método de O'Brien y Folson

Método de Pfeleiderer y Spannhake

Ecuación fundamental para el diseño de un álabe

Hélices y molinos de viento

## LECCION 4ª Efectos tridimensionales en turbomáquinas axiales.

### Introducción

Alabeo de la superficie de corriente

Ecuaciones

Caso I:  $H = \text{cte}$  y entrada con prerrotación nula

Caso II:  $H = \text{cte}$  y momento cinético constante en la entrada

Caso III:  $H = k \cdot r$  y entrada sin prerrotación

Caso IV: otras condiciones

Torbellinos desprendidos

Envergadura finita. Torbellino de punta

Circulación no constante a lo largo del álabe. Capa de cortadura

## TEMA III. Teoría ideal de turbomáquinas radiales

## LECCION 5ª Movimiento bidimensional a través de cascadas radiales fijas

### Introducción

Transformación conforme

Concepto

Aplicación a un rodete radial

Flujo irrotacional a través de cascadas radiales fijas

## LECCION 6ª Movimiento bidimensional a través de cascadas radiales móviles

Ecuaciones del movimiento a través de cascadas radiales

Leyes del movimiento relativo a través de rodetes radiales móviles

Métodos para describir el flujo en la entrada y salida de un rodete radial móvil

Corrección de Stodola

Método de Pfeleiderer

Método de Buseman

## TEMA IV. Análisis dimensional.

## LECCION 7ª Análisis dimensional y leyes de escala en turbomáquinas.

### Introducción

Curvas características adimensionales

Limitaciones en la utilización de la teoría de semejanza en turbomáquinas

Efectos de escala: Influencia del número de Reynolds y la rugosidad

Fórmulas empíricas de corrección: Leyes de modelos

Ley de Moody

Ley de Davis, Kottas y Moody

Fórmula de Ackeret

Fórmula de Hutton

## LECCION 8ª Velocidad específica

### Introducción

Concepto de velocidad específica

Coefficientes de velocidad. Velocidad específica en función de los coeficientes característicos

Variación de la velocidad específica con la geometría del rodete

Influencia de la velocidad específica en el rendimiento

## TEMA V. Cavitación.

### LECCION 9ª Cavitación: mecanismos de daño y parámetros para su detección

Naturaleza del fenómeno  
Presión de vapor y cavitación  
Procesos en los que aparece. Estados y tipos de cavitación  
Tipos de cavidades de vapor  
Lugares de aparición de la cavitación  
Regímenes de cavitación  
Parámetros de cavitación  
El parámetro de cavitación  $sv$   
El parámetro de cavitación incipiente  $svi$   
La depresión relativa a la cavidad  $sc$   
Órdenes de magnitud característicos  
Velocidad específica de aspiración  
Mecanismos de daño de la cavitación  
Ondas de presión  
Microchorro  
Otros efectos de la cavitación  
Efectos negativos  
Soluciones  
Aplicaciones de la cavitación

## TEMA VI. Bombas centrífugas

### LECCION 10ª Descripción bombas centrífugas.

Descripción general  
Rodete  
Cámara  
Difusor  
Voluta  
Diseños normales típicos

### LECCION 11ª Aplicación de la teoría ideal a rodetes centrífugos.

Altura transmitida con número infinito de álabes  
Variación de la curva característica ideal en función de  $b_2$   
Efecto de número finito de álabes  
Influencia del espesor de los álabes  
Efecto de la viscosidad

### LECCION 12ª Generalidades sobre el diseño de rodetes centrífugos.

Características de las distintas formas de rodete  
Elección del ángulo  $b_2^*$  del álabe a la salida del rodete  
Metodología en el diseño de un rodete centrífugo  
Introducción  
Diseño del rodete  
Parámetros de diseño. Extensión al diseño de bombas helico-centrífugas  
Diseño de los álabes del rodete

### LECCION 13ª Curvas características.

Introducción  
Curvas características ideales  
Cascadas axiales  
Cascadas radiales  
Curvas características  
Curvas características teóricas  
Curvas características reales  
Influjo de la variación de los triángulos de velocidad  
Válvula de impulsión totalmente cerrada  $Q = 0$   
Curvas  $H - Q$  para distintas velocidades de giro  
Curvas de isorrendimiento  
Influencia de la velocidad específica en las curvas características  
Curvas características en régimen de bombeo, frenado y turbinación.  
Velocidad de giro de la bomba positiva  $w = \text{cte} > 0$   
Velocidad de giro de la bomba negativa  $w = \text{cte} < 0$   
Velocidad de giro de la bomba variable

Bombeo de líquidos viscosos  
Cálculo de las curvas características para el caso de líquidos viscosos

TEMA VII. Funcionamiento no estacionario de bombas

LECCION 14ª Arranque y parada de bombas.

Introducción

Procedimientos de arranque

Bombas centrífugas

Bombas axiales

Paradas bruscas y lentas

Transitorios

Funcionamiento inestable de una bomba

Fenómenos pendulares

Fenómenos de desprendimiento del caudal

LECCION 15ª Comportamiento mecánico de una bomba.

Introducción

Empuje axial

Rodetes radiales

Rodetes axiales

Compensación del empuje axial

Empuje radial

Compensación del empuje radial

TEMA VIII. Ventiladores.

LECCION 16ª Ventiladores.

Introducción

Compresibilidad del gas

Particularidades de diseño

Ventiladores centrífugos

Ventiladores axiales

Funcionamiento de ventiladores con gases y partículas en suspensión

---

## Programa Práctico

Los objetivos del programa de prácticas de "Turbomáquinas Hidráulicas" son que el alumno pueda verificar experimentalmente los principios básicos de la teoría de perfiles aerodinámicos y realice ensayos de caracterización de turbomaquinaria hidráulica.

En cada sesión de prácticas de una duración aproximada de tres horas, primero se presentan las practicas a realizar y a continuación se realizan las practicas en el laboratorio.

### SESIÓN ÚNICA

A.1: Determinación de los coeficientes de sustentación y de arrastre de un perfil aerodinámico (NACA 0015).

A.2: Comportamiento bidimensional-tridimensional de un perfil.

A.3: Efectos de escala en una bomba centrífuga

---

## Evaluación

Examen escrito: Cuestiones teórico-prácticas y dos problemas.

---

## Bibliografía

MACINTYRE, A.J. (1987) Bombas e Instalações de Bombeamento edit. Guanabara.

El libro esta claramente dividido en dos partes. En la primera se revisan los principios de funcionamiento de las bombas de una forma completa aunque sin profundizar en las distintas teorías. La segunda parte está dedicada a describir diferentes disposiciones constructivas de bombas, agrupándolas según campos de aplicación. Es un libro claro y didáctico, aunque no comprende toda la extensión del programa actual. Sin embargo, puede ser muy útil para la asignatura de Máquinas Hidráulicas de los nuevos planes de estudio.

MATAIX, C. (1976) Turbomáquinas Hidráulicas edit. Dossat.

Es un libro que proporciona una buena visión en conjunto de la materia, versátil al no preestablecer un nivel inicial y al desarrollarse desde cuestiones elementales a temas avanzados. A lo largo de toda la obra hace énfasis en cálculos

---

prácticos de ingeniería, presentando un gran número de tablas y gráficas.

PFLIEDERER, C. (1960) Bombas Centrífugas y Turbocompresores edit. Labor.

Este libro es un clásico dentro del campo de las turbomáquinas. Está dedicado a las bombas centrífugas y a los turbocompresores. A las máquinas axiales las dedica solo un capítulo y no estudia directamente las turbinas hidráulicas. Es un libro riguroso en el tratamiento de las diferentes teorías. Aporta numerosa información de carácter semiempírico y un buen número de ejemplos resueltos. Es un magnífico libro de consulta, cuyo contenido en lo relativo a máquinas radiales sobrepasa el programa de la asignatura.

---