



Universidad Nacional de Córdoba  
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales  
República Argentina

Programa de:

## MECANICA DE LOS FLUIDOS

Código:

Carrera: *Ingeniería Mecánica Electricista*

Plan: 211/2005

Escuela: *Ingeniería Mecánica Electricista*

Carga horaria: 96

Puntos: 4

Departamento: *Aeronáutica*

Cuatrimestre: 6°

Has. Semanales: 6

Materia N° 28

Carácter: *Obligatoria*

Año: 3°

### Objetivos

*El Curso tiene por objetivo principal capacitar al alumno para predecir las características estáticas y de movimiento de un fluido, mediante la aplicación de métodos analíticos y experimentales, mediante una amplia introducción de los fenómenos, conceptos físicos y procedimientos de análisis a partir de los principios básicos y métodos generales de la Mecánica de los Fluidos, con énfasis en un enfoque ordenado en la solución de problemas y aplicaciones prácticas de ingeniería.*

*Como objetivo secundario se pretende desarrollar en el alumno aspectos importantes de su personalidad, como la metodología y el orden para el estudio, la capacidad de análisis y síntesis, el espíritu crítico, la destreza experimental, la aptitud para aplicar los conocimientos a nuevas situaciones con criterio científico y motivar el trabajo en equipo, tendientes a formar graduados universitarios con actitud creativa, espíritu innovador e iniciativa personal, que le permitan encarar con éxito desarrollos tecnológicos futuros.*

### Programa Sintético

1. *Propiedades de los fluidos*
2. *Cinemática de los fluidos*
3. *Leyes básicas aplicadas al volumen de control*
4. *Leyes básicas aplicadas a los sistemas*
5. *Estática de los fluidos*
6. *Análisis dimensional y semejanza*
7. *Movimientos de los fluidos no viscosos incompresibles, fluidos ideales*
8. *Teoría de la lubricación*
9. *Flujo interno con fricción*
10. *Flujo externo con fricción*
11. *Introducción al flujo compresible*
12. *Análisis experimental, mediciones fluidas*

Programa Analítico: de foja: 2 a foja 9

Bibliografía : foja 10

Correlativas Obligatorias: *Mecánica Racional, Termodinámica*

Rige: desde 2005

Aprobado H.C.D. , Resolución:

Modificado / Anulado/ Sust. HCD Res.:

Fecha:

Fecha:

El secretario Académico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (UNC) certifica que el programa está aprobado por la resolución y fecha que antecede.

Fecha: / / .

Firma: \_\_\_\_\_

Carece de validez sin la certificación de la Secretaría Académica

## **PROGRAMA ANALITICO**

### **LINEAMIENTOS GENERALES**

Si se considera que en el mundo gran parte de la materia que nos rodea se encuentra en estado fluido, y en el interés de los ingenieros en crear dispositivos útiles para las actividades del hombre, es difícil pensar en una máquina, dispositivo o herramienta que no tenga en su interior algún tipo de fluido, o que su diseño no se base en los principios de la Mecánica de los Fluidos. Su ámbito de incumbencia es vasto y alcanza entre otras áreas como la Aerodinámica, la Hidráulica, la Dinámica de los Gases, la Hidrología, la Combustión, el Calor y los Fenómenos de Transferencia de Masa y la Dinámica del Plasma. Las bombas, ventiladores y compresores, los motores a reacción, las turbinas de gas y los cohetes, son básicamente máquinas de fluidos, y los aviones y barcos se desplazan asimismo en un medio fluido. Gobierna la atmósfera y el tiempo, ya que todas las máquinas requieren ser lubricadas periódicamente con un lubricante que también es un fluido.

La Mecánica de los Fluidos ocupa un lugar notablemente importante en las ciencias e ingeniería moderna, y constituye una de los fundamentos de la aeronáutica y la astronáutica, la ingeniería mecánica, la ingeniería en petróleo, la ingeniería civil e industrial, la bioingeniería y en casi todas las disciplinas científicas y técnicas modernas. Quien domine los pocos principios básicos de esta ciencia, tiene todo un abanico de aplicaciones en muchísimas áreas de la ciencia y tecnología.

Para lograr los objetivos generales y particulares propuestos, la experiencia docente demuestra que un enfoque basado en una buena teoría y adecuadas aplicaciones prácticas suministra:

- 1) Una base racional para analizar los problemas que se presentan, proporcionando las bases y fundamentos que faciliten la comprensión de los fenómenos físicos involucrados en la Mecánica de los Fluidos.
- 2) Los fundamentos lógicos y coherentes para planificar experiencias y ensayos con economía de esfuerzos y medios.
- 3) Los elementos y herramientas necesarios para encarar un proyecto inteligentemente.

En la medida de lo posible se tratará de comparar los resultados obtenidos con el tratamiento teórico con resultados experimentales, a fin de generar en el alumno una mayor confianza en las aplicaciones y verificar la validez de las hipótesis establecidas para su análisis.

Desde el punto de vista del proceso enseñanza-aprendizaje, se considera de suma importancia que los integrantes de la Cátedra, transmitan toda su experiencia personal y profesional adquirida en cada una de las unidades que integran el Programa.

El Laboratorio del Departamento Aeronáutica dispone de equipamiento especialmente desarrollado para la enseñanza de la Mecánica de los Fluidos que incluye varios Túneles de Viento, Túneles par visualización de flujos, un Túnel Hidrodinámico, Banco para ensayos de Ventiladores, Banco para análisis de pérdidas de Carga e instrumental de medición. En este equipamiento se realizan las prácticas de Laboratorio mediante la ejecución de experiencias básicas, visualizaciones de flujo y mediciones fluidas, a fin de que los alumnos adquieran competencias, habilidades y destrezas.

### **METODOLOGIA DE ENSEÑANZA**

El principio básico de la metodología del Curso es considerar que el alumno debe ser parte activa de la enseñanza, y la misión principal del Profesor es enseñar a pensar e imaginar, a crear e inventar. La experiencia docente demuestra que la mejor manera de aprender es practicando, y consecuentemente es esencial que los problemas presentados en la Guía de Trabajos Prácticos sean resueltos, siguiendo el Procedimiento indicado para la Resolución de Problemas. La resolución de problemas es de fundamental importancia para desarrollar y perfeccionar habilidades y recursos que permitan al alumno encarar el planteo y desarrollo de un problema, y arribar a una solución exitosa y confiable de ingeniería.

Frente a los continuos e incesantes cambios que la Ciencia y la Tecnología impone a los conocimientos y habilidades al ingeniero, se considera de suma importancia que el alumno debe aprender a aprehender, y a cambiar y modificar sus actitudes para adaptarse con objetividad y eficiencia a esos cambios.

Para el aprovechamiento óptimo del tiempo disponible para el desarrollo del Curso, es de fundamental importancia que el alumno concurra a las clases con los temas a tratar previstos en el Programa Calendario, ya estudiados. Se es de opinión que la clase no debe ser utilizada por el Profesor para una simple lectura y repetición textual de los temas. Por el contrario, se debe utilizar para realizar una síntesis de los principios básicos, presentar las ecuaciones y expresiones generales, las hipótesis en las que se basan y las limitaciones para su aplicación, incentivando el debate y la discusión mediante la introduciendo de escenarios y experiencias propias que se presentan en la vida profesional.

### **SISTEMA DE EVALUACION A APLICAR**

A los fines de que el alumno demuestre el conocimiento de las competencias y habilidades adquiridas durante el cursado de la materia, las condiciones para la Promoción o Regularización de la materia son las siguientes:

#### **Condiciones para la Promoción de la materia.**

- 1.-Tener todas las materias correlativas previas aprobadas.
- 2.- Asistir como mínimo al 80% de las clases tanto, teóricas como prácticas desarrolladas durante el Curso.
- 3.- Aprobar tres evaluaciones teórico-prácticas con una calificación no inferior a cuatro.
- 4 - Presentar y aprobar la Carpeta de Trabajos Prácticos con los problemas desarrollados en las clases prácticas y la resolución de los indicados de la Guía de Trabajos Prácticos.
- 5.-Aprobar un Coloquio Integrador con calificación no inferior a cuatro. Este Coloquio será eliminatorio, aun cuando se tengan aprobadas las tres evaluaciones escritas
- 6.-En caso que el alumno no alcance a obtener una calificación inferior a cuatro en algunas de las tres evaluaciones escritas sea teórica o práctica, tendrá la opción de presentarse a una prueba recuperatoria teórica-práctica al finalizar el dictado del Curso. La nota obtenida en el recuperatorio deberá ser igual o superior a cuatro, y reemplazará a la de la evaluación recuperada.
- 7.-Presentar y aprobar los trabajos de Laboratorio que se exijan durante el cursado de la materia.
- 8.-La calificación final se obtendrá como el promedio aritmético de la suma de las calificaciones de los siguientes ítems:

- 1) Una nota de la carpeta de Trabajos Prácticos y de Laboratorio.
- 2) Tres notas de las evaluaciones escritas teórico-prácticas.
- 3) Una nota del Coloquio Integrador

Para la resolución de las evaluaciones prácticas, los alumnos podrán hacer uso de libros, apuntes, manuales, notas de clases, y calculadoras, como asimismo de toda información técnica que se requiera para la resolución de los problemas.

#### **Condiciones para la Regularización de la materia**

Los alumnos que hayan aprobado solo dos evaluaciones teórico-prácticas escritas y cumplido con el 80% de la asistencia a las clases dictadas, quedarán en condición de Alumno Regular.

## **CONTENIDO TEMATICO**

### **Unidad 1: Propiedades de los fluidos.**

1. Características físicas del estado fluido.
2. El modelo molecular y el modelo continuo de la materia.
3. Propiedades de los fluidos: densidad, tensión superficial, tensión de vapor, compresibilidad, calor específico.
4. La ley de Newton de la viscosidad, viscosidad dinámica y cinemática, influencia de la temperatura y la presión.
5. Tipos de fluidos, fluidos no newtonianos.

### **Unidad 2: Cinemática de los fluidos.**

1. Campo de velocidades.
2. Formas de representación de los movimientos fluidos, sus relaciones.
3. Definiciones cinemáticas, líneas y superficies de flujo, de corriente, sus relaciones; movimiento estacionario, caudal en volumen, en masa y en peso.
4. Aceleración de una partícula fluida.
5. Análisis del movimiento en el entorno de un punto, vorticidad y deformación.
6. Clasificación de los movimientos fluidos.

### **Unidad 3: Leyes básicas aplicadas al volumen de control.**

1. Sistema y volumen de control.
2. Teorema del transporte de Reynolds.
3. Propiedades extensivas e intensivas.
4. Forma integral del principio de conservación de la masa.
5. Forma integral del principio de conservación de la cantidad de movimiento.
6. Forma integral del principio de conservación del momento cinético.
7. Forma integral del principio de conservación de la energía.

### **Unidad 4: Leyes básicas aplicadas a los sistemas.**

1. Ecuación de la continuidad.
2. Ecuación de variación del teorema de la cantidad de movimiento.
3. Ecuación de variación del teorema del momento cinético.
4. Tensor de tensiones.
5. Ecuaciones constitutivas, ley de Hooke generalizada.
6. Leyes de Stokes de la viscosidad.
7. Ecuaciones de Navier-Stokes.
8. Ecuación de variación del primer principio de la termodinámica.

### **Unidad 5: Estática de los Fluidos.**

1. Relación entre el campo de fuerzas de masa y el campo de presiones.
2. Ecuación de la presión hidrostática.
3. Presión absoluta y relativa.
4. Equilibrio de un líquido en reposo relativo con respecto al recipiente que lo contiene: translación y rotación.
5. Estática de los fluidos compresibles.
6. Fuerzas hidrostáticas sobre superficies y cuerpos sumergidos.
7. Flotación. Estabilidad de cuerpos sumergidos.

### **Unidad 6: Análisis dimensional y semejanza**

1. Naturaleza del análisis dimensional
2. Teorema  $\pi$  de Buckingham
3. Determinación de los grupos  $\pi$
4. Grupos adimensionales de importancia en la Mecánica de los Fluidos.
5. Similitud de propiedades y de flujos, estudios de modelos.
6. Similitud completa e incompleta.

**Unidad 7: Movimiento de los fluidos no viscosos incompresibles, fluidos ideales.**

1. Ecuaciones de vínculo. Condiciones de contorno.
2. La energía en el movimiento de los fluidos ideales. Ecuación de Bernoulli.
3. Presión total y dinámica. Terminología hidráulica y aerodinámica.
4. Factores de corrección de energía cinética y cantidad de movimiento.
5. Variación de la presión en dirección transversal al movimiento.

**Unidad 8: Movimientos de los fluidos viscosos incompresibles. Teoría de la lubricación.**

1. Ecuación de Navier-Stokes para cojinetes.
2. Hipótesis simplificativas y condiciones de contorno.
3. Ecuación para el caudal y para la presión.
4. Determinación de la fuerza por unidad de ancho en el cojinete y en las zapatas.
5. Determinación de la fuerza de arrastre por unidad de ancho en cada zapata.
6. Determinación de la cupla y potencia de pérdidas por fricción en el cojinete.

**Unidad 9: Flujo interno con fricción.**

1. Flujo laminar completamente desarrollado entre placas paralelas infinitas.
2. Flujo laminar completamente desarrollado en un conducto.
3. Esfuerzos de corte en flujo completamente desarrollado en un conducto.
4. Perfiles de velocidad turbulentos en flujo completamente desarrollado un conducto.
5. Consideraciones de la energía de flujo en conductos.
6. Cálculo de pérdidas de carga.
7. Solución de problemas de flujo en conductos.

**Unidad 10: Flujo externo.**

1. Concepto de capa límite.
2. Teoría de la capa límite de Prandtl, 1ª y 2ª Conclusiones.
3. Gradientes de presión en la capa límite. Separación.
4. Espesor de capa límite, espesor de desplazamiento, de cantidad de movimiento y de energía cinética.
5. Ecuación integrodiferencial de Von Karman
6. Resistencia de fricción en la capa límite laminar y turbulenta.
7. Flujo alrededor de cuerpos sumergidos.
8. Resistencia aerodinámica y sustentación.

**Unidad 11: Introducción al flujo compresible.**

1. Conceptos básicos de termodinámica. Propagación de ondas sonoras.
2. Estado de referencia: propiedades locales de estancamiento isoentrópico. Condiciones críticas.
3. Ecuaciones básicas para el flujo compresible.
4. Efecto de la variación del área sobre las propiedades en flujo isoentrópico.
5. Flujo isoentrópico de un gas ideal.
6. Flujo en un conducto de sección constante con fricción.
7. Ondas de choque normales.
8. Flujo supersónico en un canal con onda de choque normal.

**Unidad 12: Análisis experimental, mediciones fluidas**

1. Medición de las propiedades de los fluidos: densidad, viscosidad.
2. Medición de presiones, total, estática y dinámica.
3. Medición de velocidad utilizando sondas de presión, anemómetros.
4. Medición de caudales: venturí, toberas, orificios calibrados, codos calibrados, turbinas. Evaluación de caudales mediante el relevamiento de velocidades.

## 1. LISTADO DE ACTIVIDADES PRÁCTICAS Y DE LABORATORIO

### ACTIVIDADES PRÁCTICAS

#### **Unidad 1: Propiedades de los Fluidos**

**Trabajo de Aula 1:** Problemas relativos a:

Sistemas de unidades usuales y manejo de las mismas  
Módulo de Compresibilidad  
Ley de la viscosidad de Newton  
Tensión superficial.

#### **Unidad 2: Cinemática de los Fluidos**

**Trabajo de Aula 2:** Problemas relativos a:

Determinación de líneas de flujo y de corriente.  
Calculo de caudales en masa, volumen y peso.  
Velocidad media y aceleraciones.  
Vorticidad y deformación.

#### **Unidad 3: Leyes básicas aplicadas al Volumen de Control**

**Trabajo de Aula 3:** Problemas relativos a:

Principio de conservación de la masa  
Principio de conservación de la cantidad de movimiento  
Principio de conservación del momento cinético  
Principio de conservación de la energía.

#### **Unidad 4: Leyes básicas aplicadas a los sistemas**

**Trabajo de Aula 4:** Problemas relativos a:

Calculo del tensor de tensiones  
Aplicaciones de la Ecuación de Navier-Stokes:  
Flujo bidimensional entre placas planas paralelas  
Flujo laminar en conductos de sección circular

#### **Unidad 5: Estática de los Fluidos**

**Trabajo de Aula 5:** Problemas relativos a:

Manometría  
Líquidos en reposo relativo: traslación y rotación.  
Fuerzas sobre superficies sumergidas planas y curvas.

#### **Unidad 6: Análisis Dimensional y Semejanza**

**Trabajo de Aula 6:** Problemas relativos a:

Procedimiento para determinar números  $\pi$  que gobiernan un fenómeno  
Aplicación del Teorema  $\pi$  a fenómenos particulares.

#### **Unidad 7: Movimiento de los fluidos no viscosos incompresibles, fluidos ideales**

**Trabajo de Aula 7:** Problemas relativos a:

Energía en el movimiento de los fluidos ideales  
Aplicaciones de la Ecuación de Bernoulli  
Variación de la presión en dirección transversal a la corriente

#### **Unidad 8: Movimiento de los fluidos viscosos incompresibles**

**Trabajo de Aula 8:** Problemas relativos a:

Aplicaciones típicas de lubricación en cojinetes.  
Cojinetes de turbo máquinas

**Unidad 9: Flujo interno con fricción****Trabajo de Aula 9:** Problemas relativos a:

Aplicación de la Ecuación de la Energía para el flujo en conductos  
Cálculo de pérdidas de carga.  
Flujo en conductos en serie, paralelo y ramificados

**Unidad 10: Flujo externo con fricción****Trabajo de Aula 10:** Problemas relativos a:

Cálculo de espesor de Capa Límite sobre una placa plana  
Cálculo de espesor de desplazamiento.  
Resistencia aerodinámica de fricción en placas planas.  
Sustentación aerodinámica

**Unidad 11: Introducción al flujo compresible****Trabajo de Aula 10:** Problemas relativos a:

Flujo compresible, unidimensional y estable  
Flujo isoentrópico  
Ondas de choque normales.

**Unidad 12: Mediciones fluidas****Trabajo de Aula 12:** Problemas relativos a:

Medición de presiones totales, estáticas y dinámicas.  
Medición de velocidades.  
Medición de caudales.

**ACTIVIDADES DE LABORATORIO****Trabajo de Laboratorio 1**

Realización de la Experiencia de Reynolds, flujos laminar y turbulento.

**Trabajo de Laboratorio 2**

Visualizaciones de distintos tipos de flujos utilizando la Cuba de Prandtl, el aparato de Hele-Show y Túnel de Humo,

**Trabajo de Laboratorio 3**

Mediciones de pérdidas de carga en el Banco de Pérdida de Carga del Laboratorio de Aeronáutica.

**2. DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA HORARIA**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>HORAS</b>
TEÓRICA	45
FORMACIÓN PRÁCTICA:	
○ FORMACIÓN EXPERIMENTAL	6
○ RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	45
○ ACTIVIDADES DE PROYECTO Y DISEÑO	
○ PPS	
<b>TOTAL DE LA CARGA HORARIA</b>	<b>96</b>

DEDICADAS POR EL ALUMNO FUERA DE CLASE

<b>ACTIVIDAD</b>		<b>HORAS</b>
PREPARACIÓN TEÓRICA		81
PREPARACIÓN PRÁCTICA	EXPERIMENTAL DE LABORATORIO	9
	EXPERIMENTAL DE CAMPO	
	RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	81
	PROYECTO Y DISEÑO	
	<b>TOTAL DE LA CARGA HORARIA</b>	<b>171</b>



### **3. BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA**

#### **Unidad 1: Propiedades de los Fluidos**

- 1) Nota Didáctica N° 1
- 4) Capítulo 1
- 7) Capítulo XXII

#### **Unidad 2: Cinemática de los Fluidos**

- 1) Nota Didáctica 2
- 4) Capítulo 1

#### **Unidad 3: Leyes Básicas Aplicadas al Volumen de Control**

- 1) Nota Didáctica N° 3
- 3) Capítulo 5
- 5) Capítulo 4
- 4) Capítulo 3

#### **Unidad 4: Leyes Básicas Aplicadas a los Sistemas**

- 1) Nota Didáctica N° 4
- 5) Capítulo 5
- 4) Capítulo 4

#### **Unidad 5: Estática de los Fluidos**

- 1) Nota Didáctica N° 8
- 3) Capítulo 3
- 4) Capítulo 2
- 5) Capítulo 3

#### **Unidad 6: Análisis Dimensional y Semejanza**

- 1) Nota Didáctica N° 5 y N° 6
- 5) Capítulo 7
- 2) Capítulo 4

#### **Unidad 7: Movimientos de los Fluidos No Viscosos Incompresibles, Fluidos Ideales**

- 1) Nota Didáctica N° 10 y N° 11
- 5) Capítulo 6

#### **Unidad 8: Movimientos de los Fluidos Viscosos Incompresibles: Teoría de Lubricación**

- 2) Capítulo 5

#### **Unidad 9: Flujo Interno con Fricción**

- 1) Nota Didáctica N° 19
- 2) Capítulo 5 y 10
- 5) Capítulo 8

#### **Unidad 10: Flujo Externo con Fricción**

- 1) Nota Didáctica N° 22
- 5) Capítulo 9; Capítulo 8

**Unidad 11: Introducción al Flujo Compresible**

- 2) Capítulo 6
- 5) Capítulo 12 y Capítulo 13

**Unidad 12: Análisis experimental, mediciones fluidas**

- 2) Capítulo 8
- 9) Mediciones Fluidas-

- 11) *Notas Didácticas de Mecánica de los Fluidos*, Ing. Tomás R. Calvi, Dpto Aeronáutica, FCEF y N –UNCba. Unica versión original.
- 2) *Mecánica de los Fluidos*, Streeter / Wylie, Ed. Mc Graw Hill, 6ª Edición, 1981
- 3) *Mecánica de los Fluidos*, Irwin Shames, Ed. Mc Graw Hill, 1ª Edición Español, Reimpresión, Abril 1975
- 4) *Mecánica de los Fluidos*, Frank White, Ed. Mc Graw Hill, 1ª Edición Español, 1983
- 5) *Introducción a la Mecánica de los Fluidos*, Fox, Mc Donald, Ed. Mc Graw Hill, 2ª Edición Español, 1995
- 7) *Física General*, Sear & Zemansky, Ed. Aguilar, 4ª Edición Español, 6ª Reimpresión, Agosto 1963
- 8) *Teoría de la Capa límite*, Herman Schlichting, Ed. Urmo, Unica traduc. autorizada del Alemán, 5ª Edición, 1965.
- 9) *Mediciones Fluidas*. Esteban L. Ibarrola, Cátedra de Mecánica de los Fluidos- FCEFyN – UNCba