



Universidad Nacional
de La Plata
FACULTAD DE INGENIERÍA

Código: **A0052**

Programa de:

Mecánica de los Fluidos

Fecha Actualización: **16/03/2012**

CARRERAS PARA LAS QUE SE DICTA

| Carrera | Plan | Carácter | Cantidad de Semanas | | Año | Semestre |
|-----------------------------------|-------------|--------------------|---------------------|------------------------|-------------|----------|
| Ingeniería Mecánica | 2002 | Obligatoria | Totales: 21 | | 3ero | 5 |
| | | | Clases: 18 | Evaluaciones: 3 | | |
| Ingeniería Electromecánica | 2002 | Obligatoria | Totales: 21 | | 3ero | 5 |
| | | | Clase: 18 | Evaluaciones: 3 | | |

CORRELATIVIDADES

| CURSADA | PROMOCIÓN |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| F0304 Matemática C F0303 Física I | F0304 Matemática C F0303 Física I |

DATOS GENERALES

Departamento: **Aeronáutica**
Área: **Fluidodinámica y Aerodinámica**
Tipificación: **Tecnológica Básica**

HORAS BLOQUE

| | | |
|---------------------------|--------------|-----------|
| Bloque de CB | Matemática | |
| | Física | 20 |
| | Química | |
| | Informática | |
| | Total | 20 |
| Bloque de TB | 76 | |
| Bloque de TA | 0 | |
| Bloque de Complementarias | | |
| Total | 96 | |

PLANTEL DOCENTE

Prof. Responsable: **Bacchi, Federico**
Profesor Titular:
Profesor Asociado:
Profesor Adjunto: **Bacchi, Federico**
Scarabino, Ana
JTP: **Juan Ignacio Villar**
Ay. Diplomado: **Jáuregui Lorda, Matías**
Santoiani, Gastón
Ho, Yen Kun
Ay. Alumno: **Juan Pablo Corsaro**
Emilio Delgado
Haroldo Dabin

Santiago Algozino (ad honorem)
Walid Hanna (ad honorem)
Leonardo Armas (ad honorem)

CARGA HORARIA

HORAS DE CLASE

| | | | |
|---------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
| TOTALES: 96 | | SEMANALES: 6 | |
| TEORIA 64 | PRACTICA 32 | TEORIA 4 | PRACTICA 2 |

FORMACIÓN PRACTICA

| | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| Formación Experimental 10 | Resol. de Problemas 20 | Proyecto y Diseño 2 | PPS 0 |
|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------|

HORAS DE ESTUDIO ADICIONALES (NO ESCOLARIZADAS)

| | | | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Teoría 30 | Form. Exp. Laboratorio 10 | Form. Exp. Campo 0 | Resol. de Problemas 40 | Proy. y Diseño 0 |
|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------------|

OBJETIVOS:

El objetivo perseguido es preparar al futuro Ingeniero dándole conocimientos básicos que le permitan encarar el estudio de los escurrimientos de fluidos compresibles e incompresibles, Estos conocimientos están fuertemente orientados a proporcionar las herramientas indispensables para la comprensión y estudio del funcionamiento de las máquinas térmicas e hidráulicas y en el cálculo de tuberías industriales y esfuerzos hidro- y aerodinámicos temas estos que encontrará inevitablemente a lo largo de su ejercicio profesional. Se introducirá al alumno en las metodologías de estudio analíticas, experimentales y numéricas de uso actual en Mecánica de los Fluidos.

PROGRAMA SINTÉTICO:

Estática de los fluidos. Ecuación fundamental de la hidrostática. Medida de presiones, tipos de manómetros. Equilibrio relativo con fluidos acelerados. Presiones hidrostática sobre superficies. Centros de presión y de gravedad.

Hidrodinámica. Tipos de flujo y características. Concepto de sistemas y volumen de control. Continuidad. Cantidad de movimiento. Momento de la cantidad de movimiento. El primer principio de la termodinámica y la ecuación de Bernoulli. Movimiento potencial. Trazado de redes. Medición de velocidades y caudales. Efectos de la viscosidad. Flujo laminar y turbulento en conductos y entre placas planas. Capa limite. Resistencia sobre cuerpos sumergidos. Coeficientes de resistencia y sustentación.

Perdidas de cargas en cañerías. Coeficiente de frotamiento. Valores experimentales.

Tuberías en serie y en paralelo. Perdidas de carga. Longitudes equivalentes. Determinación del diámetro económico en tuberías comerciales

Transitorios hidráulicos. Golpe de ariete en cañerías. Ecuaciones básicas. Métodos de resolución gráfico y analítico. Aplicación a conducciones hidráulicas.

Análisis dimensional. Variables o parámetros. Dimensiones y unidades. Aplicación del teorema de Buckingham. Números adimensionales. Similitud hidráulica. Estudio sobre modelos.

Flujo compresible unidimensional isentropico. Clasificación del flujo compresible. Expresiones termodinámicas. Leyes que lo gobiernan. Flujo subsónico y flujo supersónico

Toberas y difusores. Cálculos básicos. Onda de choque normal. Relaciones básicas. Nociones sobre ondas de choque oblicuas. Condición de estrangulamiento. Flujos en conductos. Distintos casos. Técnicas para medición de flujo en gases.

PROGRAMA ANALÍTICO:**AÑO DE APROBACIÓN:**

Unidad 1:

Definición y propiedades de los fluidos: densidad, presión, viscosidad. Fluidos newtonianos y no newtonianos. Medición de la viscosidad.

Estática de los fluidos. Presión en un punto. Ecuación fundamental de la hidrostática.

Flujos en movimiento como cuerpos rígidos. Medida de presiones, tipos de manómetros.

Tubos piezométricos. Micrómetro de líquido en tubo inclinado. Presión hidrostática sobre superficies. Centros de presión y de gravedad

Unidad 2

Cinemática de los fluidos. Descripciones lagrangeana y euleriana del movimiento. Líneas de corriente, traza y trayectoria. Técnicas de visualización de flujos. Campo de velocidades. Vorticidad. Derivada sustancial. Tensor velocidad de deformación.

Unidad 3

Dinámica de los fluidos: Ecuaciones diferenciales del movimiento. Ecuación diferencial de continuidad. Flujo incompresible. Tensor de tensiones en un fluido viscoso.

Ecuaciones de Navier-Stokes. Ecuaciones de Euler. Soluciones analíticas de Navier-Stokes para casos particulares de flujo laminar. Adimensionalización de las ecuaciones y semejanza dinámica. Números de Reynolds, Froude, Euler y Mach. Estudio de modelos.

Unidad 4

Ecuaciones integrales. Concepto de sistemas y volumen de control. Balance en volúmenes de control. Conservación de masa, cantidad de movimiento y energía. Primer principio de la termodinámica. Ecuación de Bernoulli. Aplicaciones.

Unidad 5

Medidores de flujo y caudal. Medición de la velocidad: tubo Pitot, anemómetro de hilo caliente, otros. Medidores de caudal: placa orificio, tobera, venturi, otros.

Unidad 6

Flujo en cañerías. Flujo totalmente desarrollado, laminar y turbulento. Ecuación de conservación de energía en cañerías. Pérdidas por fricción. Efecto de la rugosidad.

Coefficiente de fricción. Diagrama de Moody. Pérdidas localizadas en accesorios:

coeficiente de pérdida y longitud equivalente. Conductos en serie y en paralelo. Cálculo y diseño de sistemas de cañerías. Tuberías comerciales. Selección de bombas y ventiladores para problemas de flujo en conductos. Determinación experimental del factor de fricción.

Unidad 7:

Transitorios hidráulicos. Golpe de ariete en cañerías. Ecuaciones básicas. Métodos de resolución gráfico y analítico. Cierre lento y cierre rápido. Fórmulas de Allievi y de Micheaud. Chimenea de equilibrio. Aplicación a conducciones hidráulicas.

Unidad 8

Flujos ideales. Flujo potencial. Ventajas y limitaciones del modelo. Función potencial de

velocidad y función de corriente. Soluciones simples: corriente uniforme, fuente y sumidero, doblete, torbellino potencial. Circulación. Superposición de soluciones: proa de Fuhrmann y flujo potencial alrededor de un cilindro. Efecto Magnus. Sustentación. Teorema de Kutta-Joukowski. Planteo y solución numérica de un campo bidimensional de flujo potencial por el método de Diferencias Finitas.

Unidad 9

Resistencia fluidodinámica de cuerpos sumergidos. Teoría de Capa Límite. Capa límite laminar y turbulenta de una placa plana. Efectos del gradiente de presión. Desprendimiento de la capa límite. Cuerpos aerodinámicos y cuerpos romos. Coeficiente de resistencia. Determinación experimental de la resistencia aerodinámica.

Unidad 10

Flujo compresible unidimensional de un gas. Expresiones termodinámicas para un gas perfecto. Propagación de una onda diferencial de presión. Velocidad del sonido en un gas perfecto. El cono de Mach. Leyes que gobiernan el flujo isentrópico, 1ra y 2da ley de la termodinámica, ecuación de continuidad, ecuación de la cantidad de movimiento lineal, ecuación de estado. Propiedades locales en el punto de estancamiento isentrópico. Flujo isentrópico con cambio de área. Bloqueo de una garganta sónica. Aplicación al diseño de toberas. Flujo subsónico y flujo supersónico. Expansión de chorros libres.

Unidad 11

Flujo compresible con pérdidas de energía. Onda de choque normal, concepto y cálculo. Cambios en el flujo y pérdidas. Relaciones básicas para una onda de choque normal. Relaciones de onda de choque normal para un gas perfecto. Nociones sobre ondas de choque oblicuas. Flujos en conducto de sección constante con rozamiento. Flujo adiabático en conducto de sección constante para un gas perfecto. Cálculo de pérdida de energía en conductos bajo condiciones adiabáticas.

ACTIVIDADES PRÁCTICAS:

La materia incluye 10 trabajos prácticos de resolución de problemas, un trabajo especial de cálculo numérico de flujo potencial y cinco prácticas de laboratorio. Estas últimas son:

- 1) Determinación experimental de viscosidad: viscosímetro de Stokes y Copa Ford. Comportamiento de un fluido no newtoniano.
- 2) Verificación de calibraciones de instrumentos medidores de flujo con tubo Pitot y tubo venturi.
- 3) Flujo en cañerías: determinación experimental de pérdidas por fricción.
- 4) Resistencia aerodinámica de un modelo de vehículo
- 5) Transitorios en cañerías: chimenea de equilibrio.

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA:

La materia se dicta dos veces por semana, con dos horas clase cada día correspondientes a contenidos teóricos-prácticos, y una sola vez por semana dos horas dedicadas a la aplicación de la teoría dada en la resolución de problemas, los cuales servirán de guía para la realización de los trabajos prácticos. Las clases de laboratorio se realizarán en los horarios de clase, dentro

de lo posible, aunque se contempla la posibilidad de algunos casos fuera del horario normal de cursada, en horarios a establecer para cada comisión. Los horarios de consulta serán preestablecidos antes del inicio de las clases, pudiendo los alumnos realizar consultas no sólo en los horarios mencionados sino también después de cada clase teórica y en la practica.

SISTEMA DE EVALUACIÓN:

El curso se divide en dos Módulos, los cuales tendrán dos fechas de evaluación cada uno, más una fecha flotante para recuperación de un módulo. Cada módulo debe ser aprobado con un mínimo de cuatro puntos (4). Si el promedio obtenido de los dos módulos es entre 4 y 5.5, deberá rendir la evaluación integradora en las fecha previstas por la reglamentación vigente. Si el promedio de ambos módulos es igual o mayor que 6, se aprobará la materia por promoción directa. En el caso de no obtener un mínimo de 4 en algunos de los módulos, se deberá recurrir a la materia. Se deben presentar en forma obligatoria informes de los trabajos prácticos de laboratorio. Según resolución 216/02.

BIBLIOGRAFÍA:

- White, F., Mecánica de los Fluidos, McGraw-Hill
- Streeter V. Mecánica de Fluidos, 9na. edición, Mc. Graw-Hill
- Gerhart, Gross y Hochstein, Mecánica de los Fluidos, Wiley
- Mott, Mecánica de Fluidos, Pearson
- Bird, Stewart y Lightfoot, Fenómenos de Transporte, Limusa.

MATERIAL DIDÁCTICO:

Apuntes desarrollados por la cátedra:

- Transitorios en cañerías. F. Bacchi.
- Resolución de campo de flujo potencial por Diferencias Finitas empleando Microsoft Excel. A. Scarabino – F. Bacchi.

Recopilación de videos didácticos sobre Mecánica de los Fluidos (disponible on line en la página web de la cátedra)

Guía de Trabajos Prácticos y de Laboratorio (A. Scarabino – F. Bacchi)

ACTIVIDAD LABORATORIO-CAMPO

| Nombre | Tema | Laboratorio | Días y Horarios |
|--------|------|-------------|-----------------|
|--------|------|-------------|-----------------|

Descripción:

- 1) Determinación experimental de viscosidad: viscosímetro de Stokes y Copa Ford. Comportamiento de un fluido no newtoniano.
- 2) Verificación de calibraciones de instrumentos medidores de flujo con tubo Pitot y tubo venturi.
- 3) Flujo en cañerías: determinación experimental de pérdidas por fricción. Cálculo y verificación de un circuito de bombeo de agua.
- 4) Resistencia aerodinámica de un modelo de vehículo terrestre.
- 5) Transitorios en cañerías: chimenea de equilibrio.

Herramientas Utilizadas:

- 1) Viscosímetro de Stokes con aceite hidráulico, bolillas de acero de distintos diámetros. Copa Ford Nro. 4, lubricantes de uso automotor, aceite de cocina, detergente, otros fluidos viscosos. Fluido no newtoniano: solución de almidón de maíz en agua.
- 2) Tubo Pitot-Prandtl estándar. Manómetro diferencial U de rama inclinada, con columna de agua. Túnel de viento de circuito cerrado y velocidad controlada. Anemómetro industrial de hilo caliente o anemómetro de turbina. Sección venturi de microtúnel de calibración de anemómetros. Manómetro diferencial U.
- 3) Sistema de cañerías de PVC ad-hoc para prácticas de Mecánica de Fluidos. Bomba centrífuga estándar de 0.5 HP. Manómetros industriales. Manómetro piezoeléctrico de precisión.
- 4) Túnel de viento de circuito cerrado. Anemómetro de hilo caliente. Balanza aerodinámica y sistema adquisidor de carga. Modelo a escala de vehículo tipo combi, con catavientos para visualización del flujo.
- 5) Banco de ensayos de chimenea de equilibrio del Departamento Hidráulica. Sistema de adquisición de datos.

Equipos y elementos de seguridad para esta tarea:

| | | |
|----------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Cascos | Guantes de Algodón | Cinta Demarcatoria |
| Antiparras | Guantes de Cuero | Detec. Def. de Oxígeno |
| Careta Soldador | Guantes de Dieléctricos | Consignación de equipos |
| Guantes PVC | Anteojos de Seguridad | Matafuegos |
| Protector Facial | Protección Auditiva | Elementos De Señalización |
| Chaleco Reflectivo | Protección Respiratoria | Arnés de Seguridad |
| Zapatos de Seguridad | Barbijos para Cascos | Eq. de protección de caídas (T4) |
| | | Radio Transmisor/Receptor |

TENIENDO EN CUENTA QUE LAS DEPENDENCIAS DE LA FACULTAD CUMPLEN CON LAS NORMAS DE SEGURIDAD E HIGIENE ESTABLECIDAS, POR LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO PROPUESTAS, NO SE REQUIEREN ELEMENTOS DE SEGURIDAD ADICIONALES PARA LOS ALUMNOS O LOS DOCENTES INVOLUCRADOS.