



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE LA PLATA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

Código: **A1015**

Programa de:

**Mecánica de los Fluidos II**

Fecha Actualización: 09/09/2024

**CARRERAS PARA LAS QUE SE DICTA**

| Carrera                 | Plan | Carácter    | Cantidad de Semanas |                 | Año  | Semestre |
|-------------------------|------|-------------|---------------------|-----------------|------|----------|
| Ingeniería Aeroespacial | 2018 | Obligatoria | Totales: 21         |                 | 2018 | 7        |
|                         |      |             | Clases:16           | Evaluaciones: 5 |      |          |

**CORRELATIVIDADES**

| PARA CURSAR                                                                                                                               | PARA APROBAR                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Aeroespacial:</b><br>A1011 - Mecánica de los Fluidos I <b>Regularizada</b><br>F1315 - Probabilidades y Estadística <b>Regularizada</b> | <b>Aeroespacial:</b><br>A1011 - Mecánica de los Fluidos I <b>Aprobada</b><br>F1315 - Probabilidades y Estadística <b>Aprobada</b> |

**DATOS GENERALES**

Departamento: **Aeronautica**  
Área: **Aerodinamica y Fluidodinamica**  
Tipificación: Tecnologicas Basicas

**HORAS BLOQUE**

|                           |              |          |
|---------------------------|--------------|----------|
| Bloque de CB              | Matemática   | 0.0      |
|                           | Física       | 0.0      |
|                           | Química      | 0.0      |
|                           | Informática  | 0.0      |
|                           | <b>Total</b> | <b>0</b> |
| Bloque de TB              | <b>96.0</b>  |          |
| Bloque de TA              | <b>0.0</b>   |          |
| Bloque de Complementarias | <b>0.0</b>   |          |
| <b>Total</b>              | <b>96</b>    |          |

**PLANTEL DOCENTE**

Profesor Titular: **Scarabino Ana Elena**

Profesor Adjunto: **Bacchi Federico Alfredo**

Jefe de Trabajos Prácticos: **Levieux Ignacio Luis**

Jefe de Trabajos Prácticos: **Villar Juan Ignacio**

**CARGA HORARIA**

**HORAS DE CLASE**

| Totales: <b>96</b>    |                         | Semanales: <b>6</b> |                      |
|-----------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|
| TEORÍA<br><b>64.0</b> | PRÁCTICA<br><b>32.0</b> | TEORÍA<br><b>4</b>  | PRÁCTICA<br><b>2</b> |

## FORMACIÓN PRÁCTICA

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                            |                                                        |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------|------------|
| Formación Experimental<br>14.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Resol. de Problemas<br>0.0 | Proyecto y Diseño<br>20.0                              | PPS<br>0.0 |
| TOTAL COMPUTABLES<br>106.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                            | HORAS DE ESTUDIO ADICIONALES (NO ESCOLARIZADAS)<br>0.0 |            |
| OBJETIVOS:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                            |                                                        |            |
| Los objetivos de la materia son ampliar los conocimientos adquiridos en Mecánica de los Fluidos I y profundizar los conocimientos teóricos, de métodos de cálculo y metodología experimental en temas específicos de Mecánica de los Fluidos particularmente importantes para el Ingeniero Aeronáutico, como son la teoría de capa límite, la transición laminar-turbulenta, la caracterización de flujos turbulentos y el flujo compresible de gases, subsónico y supersónico.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                            |                                                        |            |
| PROGRAMA SINTÉTICO:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                            |                                                        |            |
| Turbulencia. Capa límite laminar y turbulenta, sin y con gradiente de presión. Desprendimiento. Resistencia aerodinámica. Metodologías experimentales. Flujos compresibles isoentrópicos y no-isoentrópicos; subsónicos, transónicos y supersónicos, uni- y bidimensionales. Ondas de choque normales y oblicuas. Expansión. Difusores. Flujos libres. Formulación de modelos físicos y matemáticos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                            |                                                        |            |
| PROGRAMA ANALÍTICO:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                            | AÑO DE APROBACIÓN: 2017                                |            |
| Unidad 1. Turbulencia.<br>Inestabilidades fluidodinámicas y transición laminar-turbulenta. Ecuación de difusión de vorticidad y mecanismos de iniciación de la turbulencia. Descomposición de Reynolds. Ecuaciones de conservación promediadas para flujo turbulento: conservación de masa, de cantidad de movimiento y de energía. Tensiones de Reynolds. Problema de clausura.<br>Unidad 2. Correlaciones en flujo turbulento.<br>Funciones de correlación doble de velocidades. Autocorrelación. Teorías semiempíricas: longitud de mezcla de Prandtl, viscosidad de remolino. Turbulencia homogénea e isotrópica. Espectro turbulento unidimensional. Escala integral, microescala. Flujos turbulentos de pared. Análisis experimental de flujos turbulentos.<br>Unidad 3: La capa límite.<br>Ecuaciones de conservación para la capa límite laminar. Transición laminar-turbulenta en la capa límite. Ecuaciones de la capa límite turbulenta. Capa límite de placa plana sin y con gradiente de presión. Ecuación integral para la capa límite. Túnel de viento de capa límite.<br>Unidad 4: Capas límites sobre cuerpos de diferentes formas.<br>Fenómenos de transición, desprendimiento, relaminarización y readherencia. Configuraciones con fenómenos laminares, turbulentos, con recirculación, zonas de generación, crecimiento y emisión de remolinos, interacciones del flujo. Resistencia aerodinámica: cuerpos romos y cuerpos aerodinámicos.<br>Unidad 5. Flujos compresibles.<br>Introducción al flujo compresible. Velocidad del sonido y número de Mach. Conceptos de flujo supersónico. Cono de Mach. Flujo isoentrópico unidimensional de gases perfectos con cambio de área. Bloqueo sónico. Aplicación: empuje de un motor cohete.<br>Unidad 6: Flujos no isoentrópicos.<br>Flujo unidimensional compresible adiabático con fricción. Curvas de Fanno. Bloqueo por fricción. Flujo unidimensional compresible con intercambio de calor. Curvas de Rayleigh. Bloqueo por adición de calor. Rendimiento adiabático de tobera y difusor.<br>Unidad 7: Onda de choque normal.<br>Ecuaciones de Rankine-Hugoniot. Tobera de Laval. Tobera adaptada, subexpandida y sobreexpandida. Ondas de choque oblicuas. Ondas fuertes y débiles. Polar de choque. Interacción y “rebote” de ondas. Capa de corte.<br>Unidad 8: Flujo isoentrópico bidimensional.<br>Expansión de Prandtl-Meyer. Método de las características. Polar de velocidades. Interacciones de ondas de choque y de expansión. Perfil diamante. Chorros supersónicos. |                            |                                                        |            |
| ACTIVIDADES PRÁCTICAS:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                            |                                                        |            |
| La materia incluye diez trabajos prácticos de resolución de problemas de confección individual, dos trabajos prácticos de laboratorio (el primero integrado con el TP 1), con informes de grupos de dos alumnos, y un proyecto integrador de conceptos de Mecánica de Fluidos I y II: “Diseño, construcción y ensayo de un cohete de agua”, a realizar en grupos de hasta cuatro integrantes. Todas estas actividades tienen carácter de obligatorias. Las son:<br>1) TP 1 y Laboratorio 1: Estudio experimental por anemometría de hilo caliente y análisis de datos de flujos turbulentos.<br>2) TP 2: Flujo turbulento en conductos, flujo turbulento de pared.<br>3) TP 3: Capa límite sin gradiente de presión (laminar y turbulenta)<br>4) TP 4: Capa límite con gradiente de presión (laminar y turbulenta)<br>5) Laboratorio 2: Determinación experimental de coeficiente de resistencia de un cuerpo romo.<br>6) TP 5: Flujo compresible isoentrópico 7) TP 6: Onda de choque normal 8) TP 7: Flujo de Fanno y Flujo de Rayleigh 9) TP 8: Onda de choque oblicua.<br>10) TP 9: Perfil diamante y tobera subexpandida bidimensional.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                            |                                                        |            |

En días y horarios a acordar en función de las posibilidades del cronograma y la coordinación con otras cátedras, se realizan las relacionadas al proyecto integrador:

- 11) Determinación experimental de la curva empuje vs tiempo del cohete de agua (cada grupo obtiene la curva de su propio cohete).
- 12) Lanzamiento del cohete de agua

#### METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA:

Las clases se desarrollarán de acuerdo al siguiente esquema:- Dos clases teóricas semanales de 2 hs cada una.- Una clase semanal teórico-práctica de 2 hs.- Dos trabajos de laboratorio (actividades prácticas) de 2 hs (promedio) de duración cada uno, en horario de la clase teórico práctica, o a determinar en función de la disponibilidad de infraestructura e instrumental. Una clase de presentación del proyecto integrador, una jornada de prueba de empuje de cohetes de agua y una jornada de lanzamiento de los mismos.

#### SISTEMA DE EVALUACIÓN:

El curso se aprobará con dos evaluaciones teórico-prácticas escritas de carácter individual y la aprobación de informes de todas las prácticas, trabajos de laboratorio y el proyecto de diseño. Se otorgará promoción con la aprobación de los informes y promedio 6 o más en las evaluaciones escritas, para cada una de las cuales se prevé una fecha y un recuperatorio, además de una evaluación “flotante” sobre el final del cuatrimestre como recuperatorio adicional de una de las dos evaluaciones. En caso de aprobar con promedio mayor o igual a 4 pero menor a 6, se aprobará la cursada, debiendo rendirse el examen final en las fechas previstas por la Facultad.

#### BIBLIOGRAFÍA:

- 1) Schlichting, Hermann: TEORÍA DE LA CAPA LÍMITE (1972). Ed. URMO
  - 2) Hinze, J.O.: TURBULENCE (1975).
  - 3) Tennekes H y Lumley J: A FIRST COURSE IN TURBULENCE, (1972), MIT Press
  - 4) Shapiro, Ascher: THE DYNAMICS AND THERMODYNAMICS OF COMPRESSIBLE FLUID FLOW, Vol. 1 (1953). The Ronald Press Co.
  - 5) Saad M.: COMPRESSIBLE FLUID FLOW 2nd. ed. (1992), Prentice-Hall
  - 6) White, F. MECÁNICA DE LOS FLUIDOS, 5ta. Ed (2004), McGraw-Hill
- La bibliografía se encuentra disponible en la Biblioteca de la Facultad y en la de la cátedra.

#### MATERIAL DIDÁCTICO:

- Guías de trabajos prácticos y trabajos de laboratorio.
- Reglamento de Proyecto Integrador.
- Clases teóricas y ejemplos de cálculo de todos los temas, disponibles en pdf en las aulas virtuales de dictado de la materia.
- Aproximadamente 100 clases teóricas y ejemplos de cálculo en videos desarrollados por la cátedra, accesibles en el canal de YouTube “Área Fluidodinámica FI-UNLP”, para las asignaturas Mecánica de los Fluidos I y Mecánica de los Fluidos II.

#### ACTIVIDAD LABORATORIO-CAMPO:

| Nombre | Tema | Laboratorio                                      | Días y Horarios |
|--------|------|--------------------------------------------------|-----------------|
|        |      | Archivo de Agua y Energía Eléctrica de la Nación |                 |

**Descripción:** Descripción: 1) Laboratorio 1: Estudio experimental de turbulencia mediante anemometría de hilo caliente. Adquisición y procesamiento de datos con anemómetro de hilo caliente en la estela de un cilindro. Determinación de perfil de velocidades medias, desvío estándar de la velocidad instantánea, intensidad de turbulencia, y tensiones de Reynolds. Determinación de Nro. de Strouhal. Cálculo de autocorrelación temporal de la turbulencia. - Instrumental: túnel de viento, obstáculo cilíndrico, anemómetro para velocidad de referencia, anemómetro de hilo caliente, sensores de hilo caliente tipo X para adquisición simultánea de dos componentes de velocidad instantánea. 2) Laboratorio 2: Determinación experimental de coeficiente de resistencia vs. Nro de Reynolds para un cuerpo romo. Identificación mediante catavientos de zonas de recirculación y readherencia de flujo en un cuerpo romo. Interferencia aerodinámica de un segundo cuerpo y su efecto en la configuración del flujo y fuerzas resultantes sobre el primero. - Instrumental: túnel de viento, anemómetro, balanza aerodinámica, PC para adquisición de datos. Modelos de cuerpos romos, catavientos. 3) Actividad de proyecto y diseño 1: Prueba de empuje de motor cohete de agua. Para cada grupo se realizará un ensayo en un banco de pruebas diseñado y construido por integrantes de la cátedra y de la UIDET LaCLyFA, que incluye un sistema neumático para la apertura del envase-motor. La cantidad de agua será determinada por cada grupo, así como la presión del aire, la que no superará el valor que la cátedra estime conveniente por razones de seguridad. Cada grupo obtendrá un archivo con la curva empuje vs. tiempo de su prototipo. - Instrumental: pipeta graduada, compresor neumático, manómetros analógicos, banco de ensayo con celda de carga y sistema neumático de “liberación”, sistema de adquisición digital de fuerzas, PC. 4) Actividad de proyecto y diseño 2: Competencia de lanzamiento de cohetes de agua. Esta se realizarán en un espacio abierto, para lo que se solicita un permiso especial a las autoridades correspondientes. Cada grupo realiza el lanzamiento de su prototipo desde la plataforma construida por la cátedra, la que puede inclinarse hasta el ángulo óptimo que cada grupo determine. La competencia incluye premios por mayor distancia, por precisión de cálculo (incluido en el informe) y por diseños especiales (recuperación de carga útil con paracaídas, cohetes multietapas, etc.) - Instrumental: pipeta graduada, compresor

neumático, manómetros analógicos, plataforma de lanzamiento con sistema neumático de “liberación”, odómetro.

**Herramientas Utilizadas:**

**Equipos y elementos de seguridad para esta tarea:**

|                         |                                    |                           |
|-------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Antiparras              | Careta de soldador                 | Guantes de PVC            |
| Protector facial        | Chaleco reflectivo                 | Zapatos de seguridad      |
| Guantes de algodón      | Guantes de cuero                   | Guantes dieléctricos      |
| Anteojos de seguridad   | Protección auditiva                | Protección respiratoria   |
| Barbijos/Cascos         | Cinta de marcación                 | Detector de oxígeno       |
| Consignación de equipos | Matafuegos                         | Elementos de señalización |
| Arnés de seguridad      | Equipo de protección contra caídas | Radiotransmisor/receptor  |