

Asignatura: **Mecánica de los Fluidos**

Código: 10-09110

RTF

8

Semestre: IM 6to- IEM 7mo

Carga Horaria

96

Bloque: Tecnologías Básicas

Horas de Práctica

9

Departamento: Aeronáutica

Correlativas:

- Termodinámica
- Mecánica Racional

Contenido Sintético:

1. Introducción a la mecánica de los fluidos
2. Estática de fluidos y cinemática de los flujos
3. Dinámica de los fluidos: enfoques integral y diferencial
4. Análisis dimensional
5. Flujos internos
6. Flujos externos
7. Introducción al flujo compresible

Competencias Genéricas:

- CG 1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- CG 2. Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
- CG 4. Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería.
- CG 7. Competencia para comunicarse con efectividad.

Aprobado por HCD: 850-HCD-2023

RES: Fecha: 2/11/2023

Competencias Específicas de la carrera de Ing. Mecánica

CE 1.18 Comprender y aplicar las características estáticas y de movimiento de un fluido, mediante la aplicación de métodos analíticos y experimentales, empleando los principios básicos y métodos generales de la mecánica de los fluidos

Competencias Específicas de la carrera de Ing. Electromecánica

CE 1.1.21 Comprender y aplicar las características estáticas y de movimiento de un fluido, mediante la aplicación de métodos analíticos y experimentales, empleando los principios básicos y métodos generales de la mecánica de los fluidos.

Presentación

La asignatura es una actividad curricular que pertenece al 3er año (sexto semestre) de la carrera de Ingeniería Mecánica y al 4to año (séptimo semestre) de la carrera de Ingeniería Electromecánica, que introduce en las teorías fundamentales de la mecánica de fluidos y principalmente en la solución práctica de problemas ingenieriles aplicados a la misma.

Los graduados tienen la facultad de diseñar, proyectar y calcular sistemas de almacenamiento de líquidos y gases; sistemas de generación de energía hidráulica, neumática y renovable; y elementos y sistemas termo-fluido-mecánicos. Por esta razón es fundamental un buen dominio de las leyes que rigen los flujos de fluidos para lograr desarrollar dichas aplicaciones.

Debido a la complejidad matemática involucrada en las leyes de conservación aplicadas a los flujos de fluidos, muchas veces es necesario emplear soluciones aproximadas, ajustes de curvas de experimentos o bibliografía específica. Es por ello que el estudio de los fluidos en ingeniería se enfoca en dichas soluciones menos detalladas, para obtener diseños efectivos en plazos de tiempo más acotados y con costos menores. Es fundamental para lograr diseños y análisis efectivos, que el estudiante desarrolle la capacidad de crear modelos simplificados de problemas más complejos, pudiendo resolverlos de manera más rápida y sencilla. Por estas razones se pone especial énfasis en la solución de problemas durante el cursado y la evaluación de la materia.

A través del cursado de la asignatura el estudiante adquiere las competencias necesarias para resolver problemas de análisis de flujos externos e internos con distintos tipos de modelos matemáticos y numéricos. Además adquiere herramientas para interpretar la física de procesos mecánicos y termodinámicos de los fluidos, así como las variables de los que dependen en orden de importancia. En particular el estudiante incorpora los conceptos necesarios que pueda: i) aplicar las ecuaciones fundamentales de las leyes de conservación aplicadas a procesos de flujos ii) emplear formulaciones adimensionales de procesos de flujo y los análisis de sensibilidad que se desprenden de las mismas, y su aplicación al análisis experimental iii) aplicar las formulaciones dimensionales y adimensionales analíticas o experimentales a procesos de flujo de interés en

ingeniería iv) aplicar modelos numéricos para resolver problemas de mayor complejidad y elaborar una memoria de cálculo y un informe para discutir resultados

Contenidos

Unidad 1: Introducción a la mecánica de los fluidos

1.1 Aspectos introductorios. 1.2. El fluido como medio continuo. 1.3. Propiedades de los fluidos. 1.4. Clasificación de los fluidos. Modelo newtoniano 1.5. Ley de los gases ideales, propiedades y relaciones termodinámicas 1.6 Distribución de presiones en un fluido. 1.7 Ecuación de la hidrostática

Unidad 2: Cinemática de los flujos

2.1. Descripción Euleriana y Lagrangiana. 2.1. Líneas de campo (Líneas de trayectoria, líneas de corriente y líneas de traza). 2.2. Aceleración, velocidad angular y vorticidad. 2.3. Clasificaciones de los flujos de fluidos

Unidad 3: Dinámica de los fluidos: enfoques integral y diferencial

3.1. Conceptos de sistema y volumen de control. 3.2. Teorema del transporte de Reynolds. 3.3. Leyes de conservación en forma integral 3.4 Ecuación de Bernoulli. 3.5. Leyes de conservación en forma diferencial.

Unidad 4: Análisis dimensional

4.1. Conceptos de dimensión, unidad y homogeneidad dimensional. 4.2. Teorema Pi de Buckingham. 4.3 Concepto de similitud y modelado. 4.5. Adimensionalización de las ecuaciones fundamentales. 4.6 Similitud incompleta

Unidad 5. Flujos internos con efectos viscosos

5.1. Movimiento de fluidos viscosos en conductos. 5.2. Concepto pérdida de carga y factor de fricción. 5.3. Flujo laminar en una cañería 5.4. Flujo turbulento en una cañería 5.5. Pérdidas de carga menores o localizadas. 5.6. Sistemas de cañerías. 5.7. Solución numérica de tuberías con ramificaciones. 5.8. Caudalímetros

Unidad 6. Flujos externos

6.1. Concepto de capa límite. 6.2. Ecuaciones de la capa límite de Prandtl. 6.3. Teoría de capa límite de von Karman. 6.4. Resistencia de fricción en la capa límite laminar y turbulenta. 6.5 Gradiente de presión y separación. 6.6. Flujo alrededor de cuerpos sumergidos. 6.7. Resistencia aerodinámica y sustentación.

Unidad 7. Introducción al flujo compresible

7.1. Funciones de la termodinámica aplicadas al flujo compresible. 7.2. Estado de referencia: propiedades locales de estancamiento isentrópico .Condiciones críticas. 7.3 Leyes de conservación para el flujo compresible. 7.4 Flujo isentrópico de un gas ideal.

Metodología de enseñanza

La asignatura parte del precepto de que el estudiante es la parte activa en el proceso de aprendizaje, y que el rol del profesor es como facilitador de dicho proceso. Teniendo en cuenta lo anterior, el enfoque dado a la asignatura es el desarrollo de clases teórico-prácticas, desarrollo de casos de estudio o problemas de diseño, resolución de problemas y actividades de laboratorio.

Los estudiantes abordan de forma individual y grupal la resolución de diversos tipos de problemas, así como experiencias en laboratorio. La cátedra ofrece una guía de problemas con diferentes grados de complejidad y que a su vez involucran diversos contextos de interés. Se espera que, mediante la práctica continua, el estudiante logre afianzar los diferentes conceptos introducidos a lo largo del curso. Además, se propone desarrollar un trabajo grupal de caso de estudio (TGCE), el cual ofrece una instancia de aplicación, en un contexto más acorde a la realidad, de diversas técnicas y herramientas de análisis.

En forma complementaria al dictado de clases presenciales, en el campus virtual de la FCEFYN, la cátedra pone a disposición de los estudiantes material escrito (cuestionarios, apuntes de clase, casos de estudio, problemas resueltos, guía de ejercicios, etc) y audiovisual (videos didácticos y clases grabadas) que le ayudarán a desarrollar los distintos contenidos del curso. El material es puesto a disposición para que los estudiantes se introduzcan en el tema antes de asistir a clase.

Se espera por parte del estudiante una asistencia regular a clase y participación activa en las mismas, así la clase no será un espacio en el que el estudiante sólo será un receptor pasivo de información, sino que existirá, en la medida de lo posible, una retroalimentación. No obstante, para que esto ocurra, el estudiante debe procurar una revisión exhaustiva del material recomendado y de ser necesario asistir a los horarios de consulta que la cátedra ofrece (bien sean presenciales o virtuales).

Evaluación

La asignatura posee un sistema de evaluación comprendido por evaluaciones parciales, trabajo grupal (Casos de Estudio), trabajo de laboratorio y coloquio final integrador. Se realiza tanto la evaluación de contenidos conceptuales como actitudinales y procedimentales.

Evaluaciones parciales

Se realizan evaluaciones parciales durante el dictado de la asignatura, las cuales consisten en parciales del tipo teórico - prácticos cuyos contenidos se corresponden con el contenido del programa analítico y con las actividades desarrolladas por la asignatura durante su enseñanza.

Las evaluaciones parciales se realizan durante los horarios de clase, las fechas se fijan dentro del período especificado en el calendario académico del respectivo semestre.

La nota mínima de aprobación de cada uno de los mismos es cuatro (4), lo cual se corresponde con el sesenta por ciento (60 %) del contenido de cada evaluación. El estudiante tiene la posibilidad de recuperar una (1) evaluación parcial, cuya nota reemplaza al aplazo o inasistencia que dio origen a la recuperación.

Trabajo grupal de Casos de Estudio (TGCE)

Se conforman grupos de trabajo (hasta 3 personas) para desarrollar un caso de estudio, que consiste en un problema de ingeniería real de mayor complejidad que los ejercicios de clase, que debe ser modelizado matemáticamente y resuelto. El TGCE debe ser presentado con un informe escrito (IE) y defendido por sus integrantes en una presentación oral en el coloquio final. El informe técnico escrito debe contemplar los siguientes ítems: marco teórico, metodología, resultados, conclusiones y bibliografía.

Coloquio final de integración

El coloquio final integrador consiste en una evaluación individual de la asignatura mediante el diálogo entre los profesores y el alumno, en el marco teórico-práctico de los temas abordados en el desarrollo de las actividades programadas durante la enseñanza de la asignatura y además se realiza una breve defensa del trabajo grupal.

Práctico de Laboratorio

Consiste en el desarrollo de experiencias en el Laboratorio de Aeronáutica donde se realizan mediciones experimentales de diferentes sistemas fluidos, con el fin de determinar alguna característica de la instalación o variable del flujo. Luego los estudiantes en forma individual o grupal, presentan un informe con los cálculos basados en las mediciones realizadas y las conclusiones obtenidas.

Condiciones de aprobación

La aprobación de la asignatura puede efectuarse por la vía de la promoción (sin examen final) o mediante examen final.

Aprobación por promoción

Las condiciones para aprobación por promoción de la asignatura son:

1. Asistir como mínimo al 80 % de las clases teóricas como prácticas.
2. Aprobar con nota no inferior a 4 (cuatro), todos y cada uno de los temas de los exámenes parciales.
3. Aprobar el práctico de laboratorio.
4. Presentar y aprobar el trabajo grupal (caso de estudio), con nota no inferior a 4 (cuatro).
5. Aprobar el coloquio final integrador con nota no inferior a 4 (cuatro).

La nota final de la asignatura resulta de considerar las notas de las evaluaciones parciales, trabajos grupales y el coloquio final integrador.

La nota final (NF) se calculará como:

$$NF = 0.5 * NP + 0.25 * NIE + 0.25 * NC$$

donde NP: nota de los parciales; NIE: nota del informe escrito de la monografía del caso de estudio (de carácter grupal); NC: nota del coloquio oral, incluyendo la defensa del TIG de carácter individual.

Alumno Regular

Los estudiantes que únicamente hayan cumplido con la aprobación del 50 % de las evaluaciones parciales, la aprobación del trabajo de laboratorio y tengan una asistencia del 80 % a las clases quedan en la condición de Alumno Regular.

Régimen de examen final

El examen final es de carácter público y sobre el programa vigente de la asignatura.

El examen en su faz metodológica consta de una parte teórica y una práctica, siendo cualquiera de las dos eliminatoria. Se realiza un examen práctico con dos (2) o tres (3) ejercicios similares a los de la guía de la cátedra y un examen teórico oral o escrito con preguntas a desarrollar.

Para el caso de alumnos libres, el examen final consta de dos (2) partes, una práctica y otra teórica, siendo eliminatoria cualquiera de ellas; la parte práctica se realiza de forma escrita y la teórica de forma oral.

El examen práctico consiste esencialmente en la resolución de problemas de carácter teórico o práctico; durante el mismo los alumnos pueden hacer uso de cualquier bibliografía impresa autorizada por la cátedra.

Para el examen teórico, el tribunal examinador selecciona tres (3) temas, de forma aleatoria, del programa oficial vigente para la evaluación del estudiante.

Al comienzo del examen teórico los alumnos disponen de quince (15) minutos para consultar la bibliografía antes de comenzar el examen. Durante ese período pueden realizar anotaciones que consideren necesarias en una única hoja habilitada por el tribunal.

El alumno expone entre 20 (veinte) y 40 (cuarenta) minutos por tema y, luego de cada exposición, responde a preguntas del Tribunal. No se permite la utilización de bibliografía durante el examen teórico.

Actividades prácticas y de laboratorio

El laboratorio de Aeronáutica tiene un banco de ensayo de pérdida de carga, que consiste de un sistema de tuberías con varias ramificaciones y accesorios y una bomba. Posee varias tomas de medición de presión que permiten determinar pérdida de carga en tramos rectos, accesorios o entre puntos fijos de la tubería. La instalación permite la realización de diversas experiencias didácticas de laboratorio, donde se realizan mediciones de presión y caudal y con éstas se obtienen características del flujo o de los componentes de la tubería. Se realiza una experiencia donde los docentes operan el banco de ensayo y conectan

transductores de presión en ciertos puntos, para que luego el estudiante realice mediciones. Posteriormente los estudiantes realizan un análisis de las mediciones y realizan cálculos de aplicación, para luego plasmarlos en un breve informe manuscrito.

El Trabajo Grupal de Caso de Estudio consiste en un problema similar a un caso real propuesto por la cátedra. Cada grupo debe elegir un caso de estudio de una lista provista por la cátedra y luego debe elegir y desarrollar un modelo matemático para resolverlo. Su solución puede requerir la búsqueda de información complementaria y el uso de herramientas numéricas para la solución de las ecuaciones de gobierno y la generación de gráficos.

Competencias y resultados de aprendizaje

Los resultados del aprendizaje esperados concernientes a las competencias generales para las cuales aporta la asignatura son:

CG 1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.

RA1. Aplicar un modelo matemático o experimental dado para resolver un problema de mecánica de fluidos.

RA2. Identificar el alcance y limitaciones de los modelos físico-matemáticos elegidos para un problema dado.

RA3. Emplear soluciones numéricas para obtener soluciones a problemas de flujos internos y externos

RA4. Interpretar resultados numéricos asociados a procesos de flujos.

RA5. Interpretar ábacos y tablas de datos de accesorios y tuberías.

RA6. Interpretar ábacos y tablas de datos de coeficientes aerodinámicos.

CG 2. Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).

RA7. Aplicar las leyes de conservación que gobiernan los procesos de flujos en las aplicaciones de ingeniería.

RA8. Identificar las características de los distintos tipos de accesorios de tuberías para determinar su efecto en la pérdida de carga.

CG 4. Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería.

RA9. Interpretar datos de mediciones experimentales de procesos de flujos.

RA10. Determinar los parámetros adimensionales asociados a un problema para utilizar resultados experimentales para obtener la solución.

RA11. Emplear parámetros adimensionales para realizar análisis de sensibilidad a varias variables en un problema.

RA12. Realizar un análisis de costo beneficio para distintos modelos aplicables a un problema para determinar el más apropiado para los requerimientos y los recursos disponibles.

CG 7. Competencia para comunicarse con efectividad.

RA13. Elaborar un informe técnico detallado de la resolución de un caso de análisis para que los resultados sean verificables y sus conclusiones aplicables a futuras mejoras

RA14. Exponer oralmente de manera efectiva el proceso de solución de un problema complejo.

RA15. Exponer de manera clara y concisa la solución de los ejercicios para que su resultado pueda ser verificado

CE1.18- CE1.21 Comprender y aplicar las características estáticas y de movimiento de un fluido, mediante la aplicación de métodos analíticos y experimentales, empleando los principios básicos y métodos generales de la mecánica de los fluidos.

RA1. Aplicar conceptos y técnicas de análisis a distintos flujos de fluidos viscosos o no viscosos internos o externos compresibles o incompresibles relacionados a sistemas de ingeniería para obtener mejores diseños y análisis más precisos.

Resultados del aprendizaje

Para evaluar los resultados de aprendizaje se emplea una rúbrica definida por la cátedra.

Los resultados del aprendizaje (RA) que responden a las competencias generales y específicas indicadas precedentemente, se evalúan de la siguiente manera:

- Los RA asociados a la competencia de resolución de problemas (CG 1) se aplican principalmente en los exámenes parciales y finales, aunque también en el informe escrito.
- Los RA asociados a la competencia CG 2 se aplican en el informe escrito y en los exámenes parciales.
- Los RA de la competencia CG 7 se aplican en el informe escrito del caso de estudio y en el coloquio oral.

Rúbrica de evaluación

Competencias que se evalúa	Actividad en la que se evalúa	Mínimo Esperado
CG 1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.	Todas las actividades	3

CG 2. Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).	TGCE Coloquio	2
CG 4. Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería.	Parciales Laboratorio TGCE	3
CG 7. Competencia para comunicarse con efectividad.	Coloquio Parciales	3
CE 1.18 Comprender y aplicar las características estáticas y de movimiento de un fluido, mediante la aplicación de métodos analíticos y experimentales, empleando los principios básicos y métodos generales de la mecánica de los fluidos	Todas las actividades	3
CE 1.1.21 Comprender y aplicar las características estáticas y de movimiento de un fluido, mediante la aplicación de métodos analíticos y experimentales, empleando los principios básicos y métodos generales de la mecánica de los fluidos.	Todas las actividades	2

Leyenda:

Leyenda	Frecuencia
1	Nunca
2	A veces
3	Frecuentemente
4	Siempre

Bibliografía

Bibliografía obligatoria

- (1) White, Frank M. (2008). *Mecánica de fluidos*. 6a ed. Madrid: McGraw-Hill. ISBN 9788448166038.
- (2) Fox R., McDonald A. (1995). *Introducción a la mecánica de fluidos*. México: McGraw-Hill.
- (3) Munson B., Rothmayer A, Okiishi T., Huebsch W. (2013). *Fundamentals of Fluid Mechanics* . United States of America: John Wiley & Sons, Inc. .
- (4) Guía de ejercicios de la cátedra.

Bibliografía complementaria

- (5) Hibbeler R. (2018). *Fluid Mechanics* 2nd Ed. Pearson. ISBN 9780134649290
- (6) Potter M., Wiggert D. (2002). *Mecánica de Fluidos* 3rd Ed. Thompson.
- (7) Çengel Y., Cimbala J. (2014). *Fluid Mechanics* 3rd ed. McGraw-Hill. ISBN 978-0-07-338032-2