



### PROGRAMA ANALÍTICO DE ASIGNATURA

**DEPARTAMENTO:** Ingeniería Mecánica

**CARRERA:** Ingeniería Mecánica

**NOMBRE DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR:** Transporte de fluidos por tuberías

Año Académico: 2026

Área: Térmica y fluidos

Bloque: Tecnologías aplicadas

Nivel: 5

Tipo: Electiva

Modalidad: Anual

Plan: 2023 (Ordenanza 1901)

#### Cargas horarias totales:

Horas reloj	Horas cátedra	Horas cátedra semanales
96	128	4

#### COMPOSICIÓN DEL EQUIPO DE CÁTEDRA:

Profesor Asociado: Ing. Alfonso, José Ernesto

#### FUNDAMENTACIÓN

La asignatura abarca contenidos de alta integración académica para los y las estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica, donde adquirirán conocimientos referentes a la aplicación de las tecnologías básicas en el estudio del diseño y comportamiento de sistemas de transporte de fluidos por ductos a gran distancia, siendo el enfoque el cubrir el diseño óptimo, lo cual implica la mejor alternativa técnica económica, por encima de todo considerando el cuidado al medio ambiente, los aspectos sociales y la seguridad personal y de los activos.

Es así, que el alumnado incurrirá en prácticas con el propósito de dominar los ya adquiridos conocimientos de termodinámica, mecánica de fluidos y materiales a un nivel superior con el fin de fortalecer su futura capacidad como ingenieros e ingenieras en un rubro con alto potencial de crecimiento profesional.

Los temas a tratar por esta asignatura incluyen oleoductos, poliductos, gasoductos, flujos bifásicos, transportes neumáticos, sistemas de bombeo y compresión, entre otros, de gran relevancia en el desarrollo industrial actual de nuestro país, en particular de los



emprendimientos energéticos en materia de transporte de hidrocarburos desde las zonas de producción a las zonas de consumo o de embarque para exportación.

#### COMPETENCIAS DE EGRESO GENÉRICAS A LAS QUE CONTRIBUYE:

Competencia	Baja	Media	Alta
<b>CG1:</b> Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería			X
<b>CG2:</b> Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería			X
<b>CG3:</b> Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería.			X
<b>CG4:</b> Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería			X
<b>CG6:</b> Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.			X
<b>CG7:</b> Comunicarse con efectividad.			X
<b>CG8:</b> Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.			X

#### OBJETIVOS

- Diseñar sistemas de transporte de fluidos por ductos con una visión integradora.
- Desarrollar proyectos técnicos-económicos correspondientes a todos los elementos que integran un sistema de transporte de fluidos por tuberías a grandes distancias.

#### CONTENIDOS

##### Contenidos mínimos

- Las leyes fundamentales de la Mecánica de los Fluidos, Termodinámica y la Resistencia de los Materiales.
- Transporte por ductos de fluidos incompresibles.
- Transporte por ductos de fluidos compresibles.
- Transporte por ductos de fluidos multifásicos.

##### Contenidos analíticos

#### UNIDAD TEMÁTICA I: SÍNTESIS DE LAS LEYES FUNDAMENTALES DE LA MECÁNICA DE LOS FLUIDOS, TERMODINÁMICA Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES

Viscosidad – variación de la viscosidad con la presión y temperatura para líquidos y gases. Ecuaciones más utilizadas.

Líquidos ideales y reales. Relaciones Presión-Densidad-Temperatura.



Gases ideales y reales. Ecuación de estado, Presión-Densidad-Temperatura. Mezclas líquido-sólido; gas-sólido; líquido-líquido. Leyes fundamentales. Solubilidad. Sedimentación. Leyes de conservación de la cantidad de movimiento, de la masa y de la energía (primer principio de la Termodinámica) para líquidos y gases. Entalpía, entropía. Segundo principio de la Termodinámica. Pérdida de carga en cañería. Factor de fricción. Ecuaciones empíricas. Ecuación de S. Churchill. Transferencia de calor en tubos. Conducción, Convección, Radiación. Transferencia de calor en tubos aéreos y enterrados. Aislante térmico. Estado de tensión en tubos de paredes delgadas y gruesas debido a la presión interior y exterior. Tensiones producidas por cambio de temperatura, coeficientes de seguridad, Normas de aplicación.

### **UNIDAD TEMÁTICA II: TRANSPORTES DE FLUIDOS INCOMPRESIBLES**

Cálculo de tuberías desde el punto de vista hidráulico. Ecuación de Darcy-Weisbach. Pérdida de carga localizada en accesorios. Cavitación en cañerías y válvulas. Movimiento de fluido a régimen no permanente. Golpe de ariete. Teoría de Allievi y método de las características. Plantas de bombeo. Selección de bombas. Tipos de bombas centrífugas y bombas de desplazamiento positivo. Sistema de filtrado y medición del flujo. Distintos tipos de medidores de flujo. Disposición de los equipos. Normas vigentes. Cálculo de tuberías por diferencias finitas teniendo en cuenta la compresibilidad, variación de la viscosidad y transferencia de calor. Determinación de la variación de los parámetros de estado de flujo-presión, densidad, velocidad y temperatura a lo largo de la cañería. Bases para preparación de programas de computación. Tanques de almacenamiento. Distintos tipos de tanques. Normas de aplicación. Optimización de proyecto de ductos. Planteos de las funciones de costo correspondiente a la cañería, las plantas de bombeo y al consumo de energía. Búsqueda del diámetro óptimo correspondiente al mínimo costo. Transporte de líquidos por batch-poliductos. Cálculo de la tubería por diferencias finitas, espacio-temporales. Determinación de la variación de los parámetros de estado-presión, densidad, velocidad y temperatura en función del espacio-tiempo. Bases para preparación de programas de computación.

### **UNIDAD TEMÁTICA III: TRANSPORTE DE FLUIDOS COMPRESIBLES**

Cálculo de tuberías. Fórmula correspondiente al flujo isotérmico. Otras fórmulas simplificadas para casos particulares. Bloqueo sónico en cañerías. Movimiento a régimen no permanente. Capacidad de almacenamiento en línea. Plantas compresoras. Selección de compresores. Tipos de compresores centrífugos y de desplazamiento positivo. Sistema de filtrado y medición del flujo. Distintos tipos de medidores de flujo. Disposición de los equipos. Normas vigentes. Cálculo de tuberías en flujo no isotérmico, por diferencias finitas teniendo en cuenta la variación de viscosidad, la compresibilidad y la transferencia de calor. Determinación de la variación de los parámetros de estado del flujo-presión, densidad, velocidad y temperatura a lo largo de la cañería. Bases para preparación de programas de computación.



Optimización del proyecto de cañería. Planteo de las funciones de costo correspondiente a la cañería, plantas compresoras y consumo de energía. Búsqueda del diámetro óptimo correspondiente al mínimo costo. Utilización del método de los multiplicadores de Lagrange.

#### UNIDAD TEMÁTICA IV: TRANSPORTE DE FLUIDOS EN ESTADO MULTIFÁSICO

Mezclas heterogéneas de Líquido-Líquido, Líquido-Gas, Líquido-Sólido y Gas-Sólido. Modelos tipos de movimiento en cañería.

Principios del Transporte de mezclas Petróleo-agua-gas.

Principios del Transporte Líquido-Sólido. Transporte hidráulico.

Principios del Transporte Gas-Sólido. Transporte neumático.

#### UNIDAD TEMÁTICA V: PLANTEO Y RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS INTEGRADOS

Aplicaciones a acueductos, oleoductos y gasoductos, poliductos, transporte de minerales fluidizados, transporte de sustancias pulverulentas.

#### DISTRIBUCIÓN DE CARGA HORARIA ENTRE ACTIVIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS

Modalidad organizativa de las clases	Horas Reloj totales presenciales (o sincrónicas)	Horas reloj virtuales asincrónicas totales	Horas totales
<b>Teórica</b>	50	0	50
<b>Formación práctica</b>	46	0	46

Tipo de prácticas	Horas Reloj totales presenciales (o asincrónicas)	Horas reloj virtuales asincrónicas totales	Lugar donde se desarrolla la práctica (si corresponde indicar laboratorio, ámbito externo)
Formación experimental	6	0	Planta Piloto UTN. FRBA Química
Problemas abiertos de Ingeniería (ABP)	6	0	Aula
Proyecto y diseño			
Problemas Estructurados	34	0	Aula
Práctica supervisada			
<b>Total de horas de prácticas</b>	46	0	



## **ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**

### **a) Metodología de Enseñanza**

Las clases se dictarán de forma presencial.

Las clases teóricas se basan en una metodología de tipo expositiva alternada con proyecciones PowerPoint y videos de la fenomenología específica en formato DVD obtenidos de la bibliografía reciente.

En todas las clases, luego de la exposición teórica se realizará la resolución práctica del tema expuesto o bien se realizarán ejercicios de temas anteriores recientes.

Se pondrá el foco en la comunicación y participación de los alumnos con estrategias que alienten a la participación, como hacer preguntas personalizadas o votaciones sobre posibles soluciones a un tema.

Los trabajos prácticos requieren el uso regular de computadoras sea al nivel de procesadores de texto, gráficos y dibujos, así como en programas estándar o en planillas de cálculo para resolución de los problemas.

En laboratorio, sobre la base de dispositivos instalados en la sede universitaria de Medrano, se plantean ensayos y pruebas para afirmar los conocimientos teóricos adquiridos.

### **b) Atención y orientación de los alumnos dentro y fuera del horario de clase.**

Se organiza la atención de los alumnos dentro de los horarios de cursado, salvo en ocasiones especiales (proximidad de parciales y/o finales que se extiende a otros días). El correo electrónico también es utilizado como medio de consulta y respuesta regularmente durante la semana.

### **c) Escritos vinculados con la asignatura, apuntes, guías de estudio, material didáctico, o cualquier otro recurso utilizado para la enseñanza.**

Al inicio del ciclo lectivo, la cátedra edita el presente Reglamento para el Cursado de Transporte de Fluidos por Tuberías, los Apuntes de las Unidades I, II, III y IV

Durante el curso se editan regularmente Apuntes de Cátedra para las distintas partes de la asignatura.

### **d) Modalidad de los ejercicios y Trabajos Prácticos**

Los alumnos deberán presentar en fechas determinadas, de 3 (tres) ejercitaciones prácticas específicas (individuales), y 3 (tres) trabajos prácticos grupales (resolución de problemas integrales). Las fechas de la presentación de cada trabajo o informe, se indicarán durante el curso. En cada una de ellas se solicitará a los alumnos sus trabajos o informes para ser corregidos.

Los ejercicios y trabajos prácticos constarán de problemas, los cuales deberán ser resueltos en base a los conocimientos teóricos adquiridos en el curso o en base al estudio de la literatura disponible. Los problemas incluirán enunciado, tablas de cálculo, diagramas de flujo del software desarrollado, gráficos, etc. y en todos los casos el grupo docente evaluará lo siguiente:

a) Adecuación del cálculo a los objetivos metodológicos de la materia



- b) Resultados obtenidos y certeza de los mismos.
- c) Tablas de Cálculo, gráficos y diagramas de flujo, convenientes para aclarar las explicaciones.
- d) Presentación (elaboración obligatoria con computadora).

Tentativamente, los Trabajos Prácticos a presentar serán los siguientes:

**I) Problemas abiertos de Ingeniería.**

- Ejercitación #1: Cálculo de espesores.
- Ejercitación #2: Variación de viscosidad y densidad de petróleos/gases.
- Ejercitación #3: Aplicación de fórmulas para flujos incompresibles.

También en lo posible se incluirán, como problemas abiertos, todos aquellos relacionados a la materia propuestos por los alumnos.

**II) Actividades de Proyecto y Diseño**

Aquí se encuentran las actividades principales del curso que son entender y realizar los cálculos de optimización de las instalaciones, para definir en cada caso la mejor alternativa técnica y económica.

- Trabajo Practico N°1: Optimización del proyecto conceptual de un Oleoducto.
- Trabajo Practico N°2: Optimización del proyecto conceptual de un Poliducto.
- Trabajo Practico N°3: Optimización del proyecto conceptual de un Gasoducto.

**III) Formación Experimental**

Trabajo de Laboratorio: Laboratorio banco de flujo compresible: Curvas de un Compresor Centrífugo.

**MODALIDAD DE EVALUACIÓN**

**Modalidad e instrumentos**

Como instrumentos evaluativos de la asignatura se cuenta con las ejercitaciones individuales, los trabajos prácticos grupales y dos exámenes teórico-prácticos, uno por cada cuatrimestre. Ambos exámenes tendrán dos (2) oportunidades de recuperación.

**Requisitos de regularidad**

El alumno deberá estar presente al menos el 75 % de las clases. Deberá tener todos las ejercitaciones y trabajos completados y aprobados, y aprobar ambos parciales con nota mínima de seis (6) puntos. Se cuenta con dos (2) recuperatorios por examen parcial.

**Requisitos de aprobación indirecta por examen final**

Alcanzada la regularidad de la asignatura, los alumnos deberán rendir un examen final de modalidad presencial y carácter teórico-práctico. La nota mínima de seis (6) puntos será lograda al cumplir con el 60% del examen bien realizado.



### Requisitos de aprobación directa por promoción

Los requisitos para la aprobación directa de la materia son contar con los Trabajos Prácticos aprobados en tiempo y forma, y la aprobación de dos exámenes parciales con nota 8 (ocho) o superior. Los alumnos contarán con un (1) examen recuperatorio para la promoción, para un solo parcial. Se requiere la asistencia mínima de 75%.

### ARTICULACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL CON OTRAS MATERIAS

#### Articulación horizontal

La articulación con asignaturas del mismo nivel se da en:

- Máquinas Alternativas y Turbomáquinas: en cálculo de bombas y compresores centrífugos, cavitación, golpe de ariete
- Instalaciones Industriales: en diagramado de plantas de bombeo, cálculos de cañerías y consumos energéticos.
- Proyecto final: en la realización y optimización de un proyecto de ingeniería de carácter integrador.

#### Articulación vertical

- Mecánica de los Fluidos: en características y propiedades de fluidos, cinemática y dinámica de fluidos, bombas centrífugas, cálculos de flujo compresible e incompresible.
- Termodinámica: en la transferencia de energía, intercambios energéticos, transferencia de calor, entalpía y entropía.
- Estabilidad II: en resistencia de materiales de tubos de espesor diverso sometidos a presión y análisis de tensiones y esfuerzos, coeficiente de seguridad.
- Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial: en materia de contaminación ambiental y seguridad en el diseño y en el trabajo.
- Economía: en el cálculo de viabilidad económica y financiera de proyectos de ingeniería

### CRONOGRAMA ESTIMADO DE CLASES

Clase	Tema	Modalidad de dictado
1	Presentación electiva- repaso mecánica de los fluidos – Ejemplo de optimización.	Presencial
2	Estado de tensión en tubos metálicos – Ej de clase # C1: Verificación de tensiones en tubos de acero.	Presencial



3	Fabricación de cañerías metálicas – Norma API 5L – Ej de clase # C2: Cálculo de espesores.	Presencial
4	Transporte de líquidos por ductos- Introducción a la Optimización de oleoductos – Funciones de costos - Presentación TP #1	Presencial
5	Optimización Oleoductos: Método de Lagrange – Ajuste práctico (comercial) - Tanques – Plantas de bombeo	Presencial
6	Transmisión de calor – Variación de temperatura en ductos enterrados-	Presencial
7	Oleoductos. Cálculo por “tranches” -	Presencial
8	Consultas de TP#1	Presencial
9	Bombas dinámicas y de D+ - Aplicación de bombas dinámicas a oleoductos – corrección de curvas características para fluidos de alta viscosidad y aplicación de semejanza.	Presencial
10	Física de los fluidos hidrocarburos – Propiedades de líquidos y gases.	Presencial
11	Revisión TP #1	Presencial
12	Revisión TP #1	Presencial
13	Construcción de Ductos.	Presencial
14	Optimización de Poliductos-	Presencial
15	Optimización de Poliductos	Presencial
16	Cálculo por “tranches”	Presencial
17	Construcción de Ductos: Oleoductos – Gasoductos – Normas de aplicación	Presencial
18	Trasmisión de Gas Natural – Fórmula isotérmica y Fórmula General – Ej clase # C3: Aplicación de fórmulas para GN.	Presencial
19	Optimización de gasoductos – Ajuste práctico (comercial)	Presencial
20	Optimización de gasoductos (continuación) Presentación TP #2 Proyecto Conceptual de Gasoductos.	Presencial
21	Compresión de Gas - Compresores alternativos y centrífugos -Motorizaciones	Presencial
22	Explicación de la Practica de Laboratorio –Curvas de Performance Compresor centrifugo	Presencial
23	Practica de Laboratorio –Curvas de Performance Compresor centrifugo – Planta Piloto Química	Presencial
24	Introducción al Flujo Bifásico – Ejercitación	Presencial
25	Obras de ductos terrestres – Consultas TP #2	Presencial
26	Introducción a los Flujos Heterogéneos – Agua/Sólido y Aire/Sólido	Presencial
27	Proyecto de Tuberías submarinas –	Presencial
28	Programación de la demanda (Nominación de Gasoductos y Oleoductos)	Presencial
29	Revisión TP #2	Presencial
30	Segundo parcial – Presentación TP #2	Presencial
31	Recuperación de parciales	Presencial
32	Firma de TPs	Presencial



### BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA

- Druetta, P.; Frabotta, R.; Cavallo, G. (2025) *Transport by Pipelines and its Optimization*. Edit Springer.
- Wei Li, Leilei Ji, Ramesh Agarwal, Weidong Shi, Ling Zhou (2024). *Mixed-flow Pumps: Modeling, Simulation, and Measurements*. ASME-Wiley
- M. Rafiqul Islam (2023). *Pipelines: Emerging Technologies and Design Criteria*. Gulf Professional Publishing.
- G. F. Nellis, S. A. Klein. (2020). *Introduction to Engineering Heat Transfer*. Cambridge University Press.
- Juan J. Manzano-Ruiz, Jose G. Carballo (2024). *Multiphase Transport of Hydrocarbons in Pipes*. Wiley.
- Lester, C.B. (1994). *Hydraulics Pipeliners Volumen I y II*. Estados Unidos. Editorial Gulf Publishing.
- Levenspiel, Octave (1961). *Flujo De Fluidos E Intercambio De Calor*. España. Reverté.

### Apuntes de Cátedra

Autor: Ing. Gustavo Cavallo

- Apunte I: Teoremas fundamentales
- Apunte II: Transporte de fluidos compresibles
- Apunte III: Transporte de fluidos incompresibles
- Apunte IV: Transporte de fluidos en estado multifásico

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Herning, Fritz (1975). *Transporte de Fluidos por Tuberías*. Edit. Labor Wylie; Streeter (1993). *Fluid Transient in Systems*. Prentice Hall.
- Lester, C.B. (1994). *Hydraulic for Pipeliners. Volume I: Fundamentals*. Gulf Professional Publishing.
- Paul Tullis, J. (1989). *Hydraulics of Pipelines*. John Wiley & Sons, Inc.
- Vincent-Genod, J. (1980). *Le transport des hydrocarbures liquides et gazeux par canalisation*. Société des Éditions Technip

### RÉGIMEN DE CORRELATIVIDADES

PARA CURSAR Y RENDIR	
CURSADAS	APROBADAS
Mecánica de los fluidos (30)	Termodinámica (17) Mecánica Racional (18) Estabilidad II (19)