

Conceptos fundamentales de hidráulica

Ingeniería | Ingeniería civil

Descripción del Curso

Este curso proporciona las bases para el diseño conceptual de redes de tuberías en sistemas de abastecimiento urbano, con un enfoque integral que conecta la hidráulica, la gestión de demanda y la operación eficiente de la red. Se aborda la definición de demanda y la identificación de nodos y mallas, la selección de materiales y dimensiones preliminares para tuberías y componentes (bombas, válvulas, tanques de almacenamiento), y la aplicación de métodos de balance de energía y pérdidas para alcanzar los objetivos de servicio. La Unidad 8, Desarrollar un esquema básico de diseño de una red de tuberías para un sistema de abastecimiento urbano, se centra en desarrollar un esquema básico de diseño, enfatizando un enfoque conceptual y práctico para proponer soluciones iniciales. Se fomentan habilidades de lectura de planos, manejo de criterios de operación (presión mínima, caudal), evaluación de topologías de red y toma de decisiones técnicas y económicas, con énfasis en la comunicación de resultados a equipos de trabajo. Al finalizar, el estudiante habrá adquirido la capacidad de plantear esquemas de red coherentes con las necesidades urbanas, justificar elecciones de materiales y distribuciones, y utilizar herramientas básicas de simulación para responder a problemas de abastecimiento, asegurando un equilibrio entre costo, confiabilidad y desempeño del sistema.

Competencias

- Aplicar principios de hidráulica y diseño de redes de tuberías en contextos urbanos para garantizar servicios de agua confiables y sostenibles.
- Definir demanda, nodos y mallas, y establecer criterios de servicio (presión mínima, caudal) para la red de distribución.
- Seleccionar materiales y dimensiones preliminares para tuberías y componentes (bombas, válvulas, tanques) con fundamentos técnicos y económicos.
- Aplicar métodos de balance de energía y pérdidas para proponer redes que alcancen objetivos de servicio de forma eficiente.
- Modelar y analizar distintas topologías de red (malla, anillos, ramificaciones) y evaluar su impacto en el desempeño del sistema.
- Comunicar de manera clara resultados de diseño, supuestos y recomendaciones a equipos multidisciplinarios.
- Desarrollar pensamiento crítico para evaluar trade-offs entre costos, confiabilidad y operabilidad.

Requerimientos

- Conocimientos previos en física general e hidráulica básica para comprender pérdidas, caudales y balance de energía.

- Formación en matemáticas básicas y estadísticas para definir demandas y escenarios de operación.
- Capacidad de lectura de planos, diagramas hidráulicos y normas técnicas aplicables al abastecimiento urbano.
- Uso de herramientas de simulación o modelamiento de redes (EPANET, WaterCAD u otro software) y hojas de cálculo para cálculos y presentación de resultados.
- Participación en trabajos prácticos en equipo y presentaciones técnicas del esquema de red propuesto.
- Disponibilidad de recursos de apoyo y bibliografía, especialmente la unidad 8 centrada en demanda, nodos, mallas, materiales y balance de energía.

Unidades del Curso

Unidad 1: Unidad 1: Propiedades físicas de los fluidos relevantes para la hidráulica

Objetivos de Aprendizaje

- Definir y describir densidad ρ , viscosidad μ , temperatura T , presión p y su relevancia en problemas hidráulicos.
- Diferenciar fluidos Newtonianos y no Newtonianos y explicar cómo esa diferencia afecta el dimensionamiento de sistemas de transporte de fluidos.
- Analizar el efecto de la compresibilidad y la tensión superficial en situaciones prácticas de caudal y presión.

Contenidos Temáticos

1. **Propiedades fundamentales de los fluidos:** Densidad ρ , viscosidad μ , temperatura T y presión p , y su influencia en el comportamiento de flujo.
2. **Propiedades termodinámicas relevantes:** Compresibilidad β , variaciones de densidad con la presión y la temperatura, y su impacto en hidráulica de fluidos incompresibles vs. compresibles.
3. **Fluidos Newtonianos vs no Newtonianos:** Características, ejemplos y consecuencias para el diseño de conductos y bombas.

Actividades

- **Actividad 1: Medición de propiedades básicas** - Medir densidad, viscosidad y temperatura de distintos fluidos comunes (agua, aceite ligero, jugo). Puntos clave: uso de densímetros y viscosímetros, interpretación de resultados, incertidumbres. Aprendizajes: relación entre ρ y μ con el caudal en tuberías y la fricción.
- **Actividad 2: Clasificación de fluidos** - Clasificar fluidos como Newtonianos o no Newtonianos a partir de datos experimentales o ejemplos reales; discutir escenarios de diseño donde la no linealidad de β afecta el flujo. Aprendizajes: selección de modelos apropiados para simulación.
- **Actividad 3: Análisis de casos prácticos** - Evaluar cómo la temperatura y la presión pueden cambiar las propiedades y, por ende, el rendimiento de un sistema hidráulico sencillo. Aprendizajes: sensibilidad de propiedades a condiciones de operación.

- **Actividad 4: Resolución de ejercicios** - Problemas breves para calcular ρ y h a partir de datos dados y estimar efectos en pérdidas de energía. Aprendizajes: aplicación de conceptos a contextos reales.

Evaluación

- Cuestionario teórico sobre propiedades de fluidos y clasificación de fluidos (40%).
- Problemas numéricos de aplicaciones simples (30%).
- Informe de laboratorio con interpretación de resultados y discusión de incertidumbres (30%).

Unidad 2: Unidad 2: Principios de la estática de fluidos y presión hidroestática

Objetivos de Aprendizaje

- Describir la distribución de presión en fluidos en reposo y derivar la ecuación de la presión hidroestática.
- Aplicar $p = p_0 + \rho gh$ para resolver problemas prácticos en tanques y conductos abiertos.
- Explicar el funcionamiento básico de manómetros y su uso en medición de presión.

Contenidos Temáticos

1. **Presión en fluidos en reposo:** distribución de presión con profundidad y direccionalidad de las fuerzas.
2. **Presión hidroestática y su derivación:** ecuación $p = p_0 + \rho gh$, condiciones de aplicabilidad.
3. **Manómetros y lectura de presiones:** manómetro de columna, U-tubo, interpretación de mediciones.

Actividades

- **Actividad 1: Experimento de columna de líquido** - Construcción de un sistema simple para medir la variación de presión con la profundidad. Puntos clave: relación p con h , lectura de manómetro. Aprendizajes: determinación de presión en distintos niveles.
- **Actividad 2: Problemas de presión en tanques** - Cálculo de la presión en paredes de tanques verticales y en puntos dentro de un tanque a diferentes alturas. Aprendizajes: aplicación de $p = p_0 + \rho gh$.
- **Actividad 3: Uso de manómetros** - Lectura y análisis de distintos tipos de manómetros para estimar presiones en tuberías. Aprendizajes: interpretación de lecturas y errores típicos.
- **Actividad 4: Simulación y discusión** - Análisis con simulación de distribución de presión en un tanque conectado a una red, destacando desigualdades de presión. Aprendizajes: conceptos de equilibrio de presiones.

Evaluación

- Examen corto de conceptos de presión hidroestática y ejercicios prácticos (40%).
- Resolución de problemas de lectura de manómetros y distribución de presión (40%).
- Participación y entrega de informe breve de laboratorio (20%).

Unidad 3: Unidad 3: Aplicar la ecuación de continuidad para analizar el caudal en conductos hidráulicos

Objetivos de Aprendizaje

- Derivar la ecuación de continuidad para fluidos incompresibles y su interpretación física.
- Aplicar la continuidad a conductos de sección constante y variable para calcular caudales y velocidades.
- Resolver problemas simples que involucren cambios de área transversal en tuberías circulares y no circulares.

Contenidos Temáticos

1. **Ecuación de continuidad:** $A_1V_1 = A_2V_2$ para fluidos incompresibles y su significado físico.
2. **Caudal y velocidad:** Relación entre caudal Q y velocidad V , con variación de sección transversal.
3. **Tuberías de diámetro variable, reductores y sistemas de distribución simples.**

Actividades

- **Actividad 1: Problemas de continuidad en tuberías de diferentes secciones** - Calcular caudales y velocidades cuando el área cambia. Aprendizajes: conservación de masa y coherencia dimensional.
- **Actividad 2: Modelo de red simple** - Construcción de un modelo con double sección para ver el efecto del cambio de diámetro en Q . Aprendizajes: toma de decisiones de diseño basada en continuidad.
- **Actividad 3: Laboratorio rápido** - Medir caudales en una manguera con diferentes boquillas para verificar la continuidad. Aprendizajes: verificación experimental de principios teóricos.
- **Actividad 4: Resolución de casos numéricos** - Problemas con secciones no circulares. Aprendizajes: manejo de áreas efectivas y unidades.

Evaluación

- Ejercicios de continuidad con formación de caudales (40%).
- Proyecto corto de dimensionamiento de una red simple (40%).
- Evaluación teórica sobre conceptos y aplicación de la ecuación (20%).

Unidad 4: Unidad 4: Calcular la energía de flujo utilizando la ecuación de Bernoulli en condiciones adecuadas

Objetivos de Aprendizaje

- Derivar y comprender la forma de Bernoulli para fluidos incompresibles y sin pérdidas significativas.
- Aplicar Bernoulli para estimar alturas y velocidades en tuberías, válvulas y codos bajo supuestos adecuados.
- Identificar limitaciones y condiciones necesarias para el uso de Bernoulli en problemas prácticos.

Contenidos Temáticos

1. **Ecuación de Bernoulli:** Definición, términos de energía estática, cinética y de presión.
2. **Condiciones de aplicación:** Fluido ideal, flujo estacionario, sin pérdidas.
3. **Aplicaciones prácticas:** Cálculo de caudales y alturas en conductos, PGA, válvulas, cambios de sección.

Actividades

- **Actividad 1: Ejercicios con Bernoulli básico** - Resolver problemas simples para encontrar velocidad o altura en secciones de una tubería. Aprendizajes: aplicación de la ecuación y condiciones de simplificación.
- **Actividad 2: Análisis con pérdidas mínimas** - Evaluar un tramo con pérdidas despreciables y comparar con un tramo con pérdidas moderadas para observar diferencias en energía de flujo. Aprendizajes: límites de aplicación.
- **Actividad 3: Caso práctico** - Diseñar un tramo de suministro con altura de succión y elevación, estimando caudales y alturas relevantes. Aprendizajes: interpretación de resultados en situaciones reales.
- **Actividad 4: Taller de revisión** - Discusión de errores comunes al aplicar Bernoulli y cómo mitigarlos en diseño. Aprendizajes: pensamiento crítico y buenas prácticas de modelado.

Evaluación

- Ejercicios de Bernoulli con soluciones y explicación de pasos (40%).
- Problemas de aplicación práctica y comparación con resultados esperados (40%).
- Participación y entrega de un informe corto de caso práctico (20%).

Unidad 5: Unidad 5: Analizar las pérdidas de energía por fricción en tuberías y su impacto en el dimensionamiento de sistemas

Objetivos de Aprendizaje

- Comprender las causas de pérdidas por fricción y su dependencia de la geometría y el régimen de flujo.
- Relacionar pérdidas de energía con la necesidad de dimensionar ductos y seleccionar componentes adecuados.
- Identificar métodos para estimar pérdidas en diferentes escenarios de tubería (laminación, turbulento, etc.).

Contenidos Temáticos

1. **Concepto de pérdidas de fricción:** conceptos básicos y su impacto en la energía total del sistema.
2. **Factores que influyen:** longitud, diámetro, rugosidad y velocidad del fluido.
3. **Relación con el dimensionamiento:** cómo las pérdidas afectan dimensiones, potencia de bombeo y caudal permitido.

Actividades

- **Actividad 1: Análisis de casos de fricción** - Evaluar pérdidas para tuberías de distintos diámetros y longitudes con un caudal fijo. Aprendizajes: interpretación de resultados y decisiones de diseño.
- **Actividad 2: Discusión de rugosidad y materiales** - Comparar tuberías de diferentes materiales y sus rugosidades características, estimando impacto en pérdidas. Aprendizajes: selección de material acorde al sistema.
- **Actividad 3: Resolución de ejercicios con ecuación de pérdidas** - Calcular pérdidas de carga (h_f) en condiciones dadas y proponer mejoras para reducir pérdidas. Aprendizajes: uso de fórmulas y criterios de eficiencia.
- **Actividad 4: Taller de dimensionamiento** - Dimensionar una tubería para un caudal objetivo, considerando pérdidas y energía disponible. Aprendizajes: integración de conceptos de diseño.

Evaluación

- Ejercicios de pérdidas de fricción y análisis de impacto en dimensionamiento (40%).
- Informe técnico de un caso de diseño con discusión de sensibilidad (40%).
- Examen corto teórico-práctico (20%).

Unidad 6: Unidad 6: Determinar las pérdidas de carga en tuberías mediante la ecuación de Darcy-Weisbach

Objetivos de Aprendizaje

- Familiarizarse con la fórmula $h_f = f (L/D) (V^2/2g)$ y sus componentes.
- Calcular el factor de fricción f para condiciones laminares y turbulentas, utilizando Re y rugosidad.
- Emplear Moody chart y/o relaciones empíricas para seleccionar f en diferentes escenarios.

Contenidos Temáticos

1. **Ecuación de Darcy-Weisbach:** $h_f = f (L/D) (V^2/2g)$ y su interpretación física.
2. **Reynolds y régimen de flujo:** Criterios para flujo laminar vs turbulento y cálculo de Re .
3. **Coefficiente de fricción f y rugosidad:** Métodos para obtener f (laminar: $64/Re$; turbulento: Moody, rectas de Swamee-Jain, etc.).
4. **Aplicaciones prácticas:** Determinación de pérdidas de carga en secciones reales de tubería.

Actividades

- **Actividad 1: Cálculo de h_f en diferentes regímenes** - Usar Re para decidir f (laminar/turbulento) y calcular h_f para varios diámetros y longitudes. Aprendizajes: aplicación de Darcy-Weisbach y criterios de régimen.
- **Actividad 2: Uso de Moody chart** - Construcción de un gráfico de Moody y extracción de f para condiciones dadas de Re y rugosidad. Aprendizajes: interpretación visual de la fricción.
- **Actividad 3: Comparación de métodos** - Comparar resultados entre métodos empíricos y soluciones numéricas para un mismo sistema. Aprendizajes: validación y selección de métodos.

- **Actividad 4: Caso de dimensionamiento** - Dimensionar una tubería para un caudal objetivo, evaluando pérdidas en diferentes secciones y proponiendo mejoras. Aprendizajes: impacto de f en diseño.

Evaluación

- Problemas de Darcy-Weisbach y selección de f (40%).
- Actividad de Moody chart y justificación de la elección (30%).
- Informe de diseño con cálculo de h_f y recomendaciones (30%).

Unidad 7: Identificar conceptos de flujo en canales abiertos: pendiente, rugosidad y régimen

Objetivos de Aprendizaje

- Describir los regímenes de flujo en canales abiertos y sus diferencias (laminar, turbulento, uniforme, no uniforme).
- Aplicar la ecuación de Manning para estimar caudales en canales abiertos y comparar con métodos alternativos.
- Analizar la influencia de la pendiente y la rugosidad en la capacidad de conducción de un canal.

Contenidos Temáticos

1. **Flujo en canales abiertos:** diferencias entre flujo en tuberías y canales, condiciones de contorno y profundidad de la lámina de agua.
2. **Rugosidad y pendiente:** parámetros que determinan la velocidad y caudal en canales.
3. **Ecuación de Manning y regime de flujo:** métodos para estimar caudales, comparación con Chezy y otros enfoques.

Actividades

- **Actividad 1: Análisis de un canal alineado** - Calcular caudal en un canal recto con pendiente dada usando Manning y comparar con otros métodos. Aprendizajes: elección de modelo adecuado.
- **Actividad 2: Estudio de régimen** - Distinguir entre flujo uniforme y no uniforme en diferentes condiciones de carga y presencia de pelajes de rugosidad. Aprendizajes: diagnóstico de régimen de flujo.
- **Actividad 3: Proyecto corto** - Diseñar un pequeño tramo de canal urbano y estimar su capacidad de transporte de agua con datos de pendiente y rugosidad. Aprendizajes: traducción de teoría a diseño.
- **Actividad 4: Laboratorio breve** - Ensayo de medición de velocidad en un canal experimental y validación de predicciones de Manning. Aprendizajes: verificación empírica.

Evaluación

- Problemas de Manning y cálculo de caudal (40%).
- Ensayo de laboratorio con análisis de discrepancias (30%).

- Examen corto teórico-práctico (30%).

Unidad 8: Unidad 8: Desarrollar un esquema básico de diseño de una red de tuberías para un sistema de abastecimiento urbano

Objetivos de Aprendizaje

- Definir demanda de agua, nodos y mallas, y establecer criterios de servicio (presión mínima, caudal) para la red.
- Elegir materiales y dimensiones preliminares para tuberías y componentes (bombas, válvulas, tanques de almacenamiento).
- Aplicar métodos de balance de energía y pérdidas para proponer una red que alcance los objetivos de servicio de forma eficiente.

Contenidos Temáticos

1. **Conceptos de red de tuberías:** nodos, enlaces, demanda, pérdidas y criterios de diseño.
2. **Dimensionamiento preliminar:** selección de diámetros, componentes y topología de la red (red simple, anillo, mallas).
3. **Balance de energía y desempeño:** evaluación de pérdidas y presión en la red para asegurar servicio (caudal, presión) y seguridad.

Actividades

- **Actividad 1: Diseño conceptual de una red** - Definir nodos, demandas y topología adecuada para un sistema de abastecimiento. Aprendizajes: criterios de diseño y planificación de la red.
- **Actividad 2: Dimensionamiento preliminar** - Proponer diámetros y componentes para una red simple y justificar elecciones basadas en pérdidas y presión deseada. Aprendizajes: interpretación de criterios de diseño y trade-offs.
- **Actividad 3: Análisis de caso con balance de energía** - Evaluar caudales y presiones en un tramo de red propuesto y proponer mejoras para garantizar servicio. Aprendizajes: aplicación de conceptos de energía y pérdidas.
- **Actividad 4: Presentación de proyecto** - Presentar esquema de red, justificación de decisiones y riesgos. Aprendizajes: comunicación de diseño técnico y justificación.

Evaluación

- Diseño conceptual de una red con justificación de topología y diámetros (40%).
- Informe técnico de balance de energía y pérdidas (40%).
- Presentación oral del diseño y defensa de decisiones (20%).