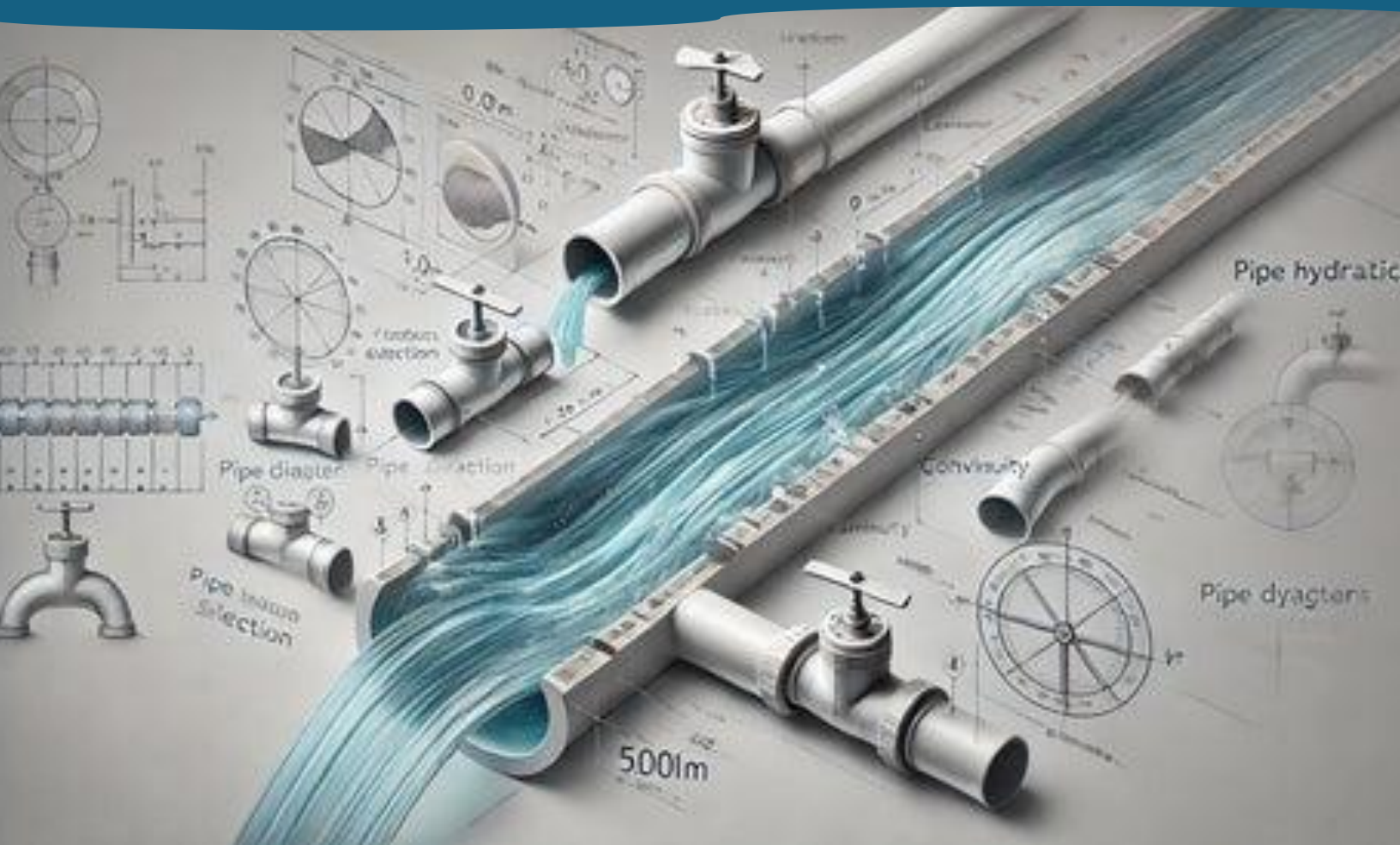


MANUAL DE HIDRÁULICA



PRIMER SEMESTRE 2025

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

DÍA	HORARIO	ACTIVIDAD
Lunes	08:00-12:00	Práctica 1: Propiedades de los fluidos
Martes	08:00-12:00	Práctica 2: Diseño hidráulico para línea de conducción con tubería
Miércoles	08:00-12:00	Práctica 3: Bombas y caídas de presión
Jueves	08:00-12:00	Práctica 4: Aplicación de software para hidráulica de canales
La evaluación será virtual del 02/06/2025 al 06/06/2025.		

NOTA: LAS HOJAS DE TRABAJO CONTARÁN COMO ASISTENCIA

MATERIAL NECESARIO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

Cada grupo de estudiantes de máximo 5 personas debe de traer el material que se le indica en la siguiente tabla, según el día junto con los materiales de limpieza que se entregan. (Traer por grupo: Jabón líquido para manos, jabón líquido para trastes, un rollo de papel mayordomo y una bolsa para basura).

No.	Reactivos y Material
1	Bata Cuaderno Lapiceros Calculadora Vinagre Glicerina Jabón gel "Olimpo" (920 ml) Miel (1000 ml) Varias esferas de distinto material y diámetro. Papel mayordomo Aceite para motor de carro. Aceite de cocina. Balanza semi analítica. Agua destilada.
2	Lápiz Cuaderno Calculadora
3	Tubo PVC de ½ pulgada de diámetro y 6 metros de longitud Tubo PVC de ¾ pulgada de diámetro y 6 metros de longitud 1 manómetros de resorte o de bourdon, para agua (de glicerina) 1 T PVC de ½ pulgada 1 T PVC de ¾ de pulgada 1 adaptador PVC hembra de ½ pulgada 1 adaptador PVC hembra de ¾ pulgada 1 reductor PVC de ¾ a ½ con rosca Adaptador de manómetro 1 codo PVC de ½ pulgada

	1 codo PVC de ¾ pulgada Llave PVC de bola de ½ pulgada Llave PVC de bola de ¾ de pulgada Teflón Pegamento para tubo pvc Segueta y sierra Cinta métrica Manguera Calculadora Papel Lápiz Embudo plástico Probeta de 1000 cc plástica
4	Lápiz Cuaderno Calculadora Computadora

INSTRUCCIONES PARA REALIZAR LAS PRÁCTICAS

Para la realización adecuada de las prácticas deberán atenderse las siguientes indicaciones:

1. Presentarse puntualmente a la hora del inicio del laboratorio y permanecer durante la duración de este.
2. Realizar las actividades y hojas de trabajo planteadas durante la práctica.
3. Participación y cuidado de cada uno de los integrantes del grupo en todo momento de la práctica.
4. Conocer la teoría (leer el manual antes de presentarse a cada práctica).
5. No se permite el uso de teléfono celular dentro del laboratorio, Si tiene llamadas laborales deberá atender las mismas únicamente en el horario de receso.
6. Si sale del salón de clases sin la autorización del docente perderá el valor de la práctica.
7. No puede atender visitas durante la realización de la práctica.
8. El horario de receso es únicamente de 15 minutos.
9. Respeto dentro del laboratorio hacia los catedráticos o compañeros (as).

La falta a cualquiera de los incisos anteriores será motivo de una inasistencia.

Considere que se prohíbe terminantemente comer, beber y fumar. Éstos también serán motivos para ser retirado de la práctica.

Recuerde que para tener derecho al punteo y aprobar el curso deberá presentarse a las prácticas y realizar las evaluaciones en línea, las cuales estarán habilitadas del **02 de junio 2025 a las 8:00 al 06 de junio 2025 a la 18:00.**

INFORME DE PRÁCTICA

Las secciones de las cuales consta un informe, el puntaje de cada una y el orden en el cual deben aparecer son las siguientes:

- a) Resumen de la práctica
- b) Resultados
- c) Conclusiones

Si se encuentran dos informes parcial o totalmente parecidos se anularán automáticamente dichos reportes.

- a. **RESUMEN DE LA PRÁCTICA:** Esta sección corresponde al contenido del informe, aquello que se ha encargado realizar según las condiciones del laboratorio.
- b. **RESULTADOS:** Es la sección en la que se presentan de manera clara y objetiva los datos obtenidos a partir de la práctica realizada.
- c. **CONCLUSIONES:** Constituyen la parte más importante del informe. Son las decisiones tomadas, respuestas a interrogantes o soluciones propuestas a las actividades planteadas durante la práctica.

DETALLES FÍSICOS DEL INFORME

- El informe debe presentarse en hojas de papel bond **tamaño carta**.
- Cada sección descrita anteriormente, debe estar debidamente identificada y en el orden establecido.
- Todas las partes del informe deben estar escritas a mano **CON LETRA CLARA Y LEGIBLE**, a menos que se indique lo contrario.
- Se deben utilizar ambos lados de la hoja.
- No debe traer folder ni gancho, simplemente engrapado.

IMPORTANTE:

Los informes se entregarán al día siguiente de la realización de la práctica al entrar al laboratorio **SIN EXCEPCIONES**. Todos los implementos que se utilizarán en la práctica se tengan listos antes de entrar al laboratorio pues el tiempo es muy limitado. Todos los trabajos y reportes se deben de entregar en la semana de laboratorio no se aceptará que se entregue una semana después.

PRÁCTICA No. 1

PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

1. Propósito de la práctica

- 1.1. Determinar la densidad de sustancias líquidas.
- 1.2. Determinar la viscosidad de un fluido.
- 1.3. Comprender los conceptos de tensión superficial, cohesión, adhesión y capilaridad y peso específico.

2. Marco Teórico

Densidad

Es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia o un objeto sólido. Su unidad en el Sistema Internacional es kilogramo por metro cúbico (kg/m^3), aunque frecuentemente también es expresada en g/cm^3 .

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Masa y Peso

La masa es una medida de la cantidad de materia en un objeto. El peso es la fuerza que ejerce la gravedad sobre el objeto. La unidad SI fundamental de la masa es el kilogramo (kg), pero en la química, es más conveniente usar unidad más pequeña, el gramo (g).

$$1 \text{ kg} = 1000 \text{ gramos} = 1 \times 10^3 \text{ gramos}$$

Volumen

El volumen es el espacio que ocupa un cuerpo. La unidad SI de longitud es el metro (m) y la unidad de volumen derivada del SI, es el metro cúbico (m^3). Sin embargo, es común, que se trabajen volúmenes mucho menores, como son el centímetro cúbico (cm^3), y el decímetro cúbico. (dm^3). Otra unidad común de volumen es el litro (l). Un litro se define como el volumen que ocupa un decímetro cúbico.

$$1\text{m}^3 = 1000\text{L}$$

Viscosidad

Los gases y los líquidos tienen una propiedad conocida como la viscosidad, la cual se puede definir como la resistencia que poseen algunos líquidos durante su fluidez y deformación, resultante de los efectos combinados de la cohesión y la adherencia. La viscosidad se produce por el efecto de corte o deslizamiento resultante del movimiento de una capa de fluido con respecto a otro y es completamente distinta de la atracción molecular. Se puede considerar como causada por la fricción interna de las moléculas.

Tipos de viscosidad:

a) Viscosidad Cinemática: La viscosidad cinemática es una medida de la resistencia interna de un fluido a fluir bajo fuerzas gravitacionales. El informe de viscosidad sólo es válido cuando también se informa la temperatura a la que se realizó la prueba.

En el Sistema Internacional se mide en metros cuadrados sobre segundo (m^2/s)

$$\gamma = \rho * g \qquad v = \frac{\mu}{\rho} \qquad v_L = \frac{2.g \left[\frac{\gamma_e}{\gamma_f} - 1 \right].r^2}{9.v}$$

Donde:

$v_L =$ Velocidad Límite (m/s)

$v =$ Viscosidad Cinemática (cm^2/s , Stokes)

$\gamma_e =$ Peso específico de la esfera (N/m^3)

$\gamma_f =$ Peso específico del fluido (N/m^3)

$r =$ radio de la esfera (m)

$\gamma =$ Peso específico (N/m^3)

$g =$ Gravedad ($9.8m/s^2$)

b) Viscosidad Dinámica: Es la relación entre la viscosidad Cinemática con la densidad de masa. En el Sistema Internacional se mide en Pascales por segundo.

$$\mu = \rho * v$$

Donde:

$\mu =$ Viscosidad Dinámica ($kg/m-s$), poises

$\rho =$ Densidad (kg/m^3 , g/cm^3)

$v =$ Viscosidad Cinemática (1 Stokes= $1cm^2/s$)

Tensión Superficial

La tensión superficial mide las fuerzas internas que hay que vencer para poder expandir el área superficial de un líquido. La energía necesaria para crear una nueva área superficial, trasladando las moléculas de la masa líquida a la superficie de la misma, es lo que se llama tensión superficial. A mayor tensión superficial, mayor es la energía necesaria para transformar las moléculas interiores del líquido a moléculas superficiales. El agua tiene una alta tensión superficial, por los puentes de hidrógeno.

Ley de Jurin

Define la altura que se alcanzará cuando se equilibre el peso de la columna de líquido y la fuerza de ascensión por capilaridad.

La altura h en metros de una columna líquida está dada por la ecuación:

$$h = \frac{\sigma \theta}{\gamma * r}$$

Donde:

h = altura (m)

σ = Tensión Superficial (N/m)

θ = ángulo de contacto (grados)

γ = Peso específico del fluido (N/m³)

r = Radio del tubo (m)

Capilaridad

La capilaridad es una propiedad física del agua por la que ella puede avanzar a través de una cana minúscula (desde unos milímetros hasta micras de tamaño) siempre y cuando el agua se encuentre en contacto con ambas paredes de este canal y estas paredes se encuentren suficientemente juntas. Esta propiedad la conocemos todos pues es perfectamente visible cuando ponemos en contacto un terrón de azúcar con el café. El agua del café "invade" en pocos segundos los pequeños espacios de aire que quedan entre los minúsculos cristales de sacarosa del azucarillo. Pues bien, esta misma propiedad es la que distribuye el agua por el micro-espacio de aire que queda entre las partículas del suelo o sustrato. Allí queda el agua retenida hasta que finalmente es encontrada por las raíces de las plantas siendo absorbida por unos pelillos que tienen las mismas, que son los encargados de cumplir con esta misión de absorción. La capilaridad, es pues, el principio natural por el que el agua circula a través del suelo de nuestros campos y bosques y nutre a todas las plantas de la tierra.

Cohesión

Atracción que tienen las moléculas por otras de su mismo tipo, y las moléculas de agua tienen fuerzas cohesivas fuertes gracias a su habilidad para formar puentes de hidrógeno.

Adhesión

Es la atracción de moléculas de un tipo por moléculas de otro tipo, y para el agua puede ser bastante fuerte, especialmente cuando las otras moléculas tienen cargas positivas o negativas.

Peso específico

El peso específico de un cuerpo sólido o líquido es el peso de la unidad de volumen; hay que tener cuidado con la definición tratándose por ejemplo de fluidos de gases, con temperatura o presión variable, tienen un volumen distinto, cosa que no ocurre con los sólidos y líquidos pues los consideramos prácticamente incomprensibles y por eso al tratar con el peso específico de los gases debe mencionarse si es temperatura o presión constante.

En el sistema métrico, el peso unidad es el kilogramo, peso y la unidad de volumen es el metro cúbico.

El peso específico del agua en el sistema métrico es pues el peso de un metro cúbico de agua.

1 litro = 1000 cm³

Unidades = kg/m³

H₂O = 1000 kg/m³

Desarrollo de la práctica de densidad

1. Medir la masa de la probeta vacía.
2. Verter agua en la probeta hasta los 10 ml, si es necesario utilice una piseta para establecer el menisco en la marca deseada. Importante, el menisco del agua debe quedar tangente a la marca del volumen que se desea. Tenga cuidado que sus ojos estén a la misma altura del nivel del líquido para disminuir los errores asociados al proceso de medición.
3. Una vez determinado el volumen, mida la masa de la probeta con el agua en la balanza, registrar la masa.
4. Sin vaciar la probeta, agregue agua hasta un volumen de 30 ml, registrar la masa.
5. Repetir la operación anterior para un volumen de 50 ml, anote el resultado.
6. Determinar la densidad.
7. Repetir los pasos del 1 al 6 con vinagre y luego con glicerina.

Interpretación de resultados

- Calcule la densidad del agua.
- Calcule la densidad del vinagre.
- Calcule la densidad de la glicerina.

Desarrollo de la práctica de viscosidad

1. Tomar lectura de temperatura del fluido (Miel)
2. Determinar la densidad de la miel
3. Medir el diámetro de las esferas con el vernier.
4. Determinar la densidad de la esfera
5. Marcar distancia de recorrido de la esfera, en los vasos precipitados.
6. Pulsar el botón que pone en marcha el cronómetro, cuando la esfera pase por la marca superior.
7. Observar el desplazamiento de la esfera por la columna de fluido.
8. Cuando la esfera pase por la marca inferior, pulsar el botón que detiene el cronómetro.
9. Calcular la viscosidad
10. Repetir los pasos del 1 al 9 con el jabón gel.

Nota:

- Realizar estas mediciones en lo posible para distintos materiales y tamaños de esferas.

Interpretación de resultados

- Calcule la viscosidad cinemática y dinámica de la miel.
- Calcule la viscosidad cinemática y dinámica del jabón gel.

Desarrollo de la práctica de peso específico

1. Pesar la probeta sola.
2. Medir el volumen del fluido con la probeta.
3. Masa del fluido más la probeta.
4. A la masa del fluido con el recipiente, se le resta la masa del Recipiente, la cual nos dará la masa del fluido

Masa de la probeta de 100 ml = ___gr

Masa de la probeta + peso del fluido 20 ml = ___gr

Masa del fluido ___gr

DETERMINACIÓN DE PESO ESPECÍFICO DE LOS FLUIDOS

$$\gamma = \rho * g$$

DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO DE LOS SIGUIENTES FLUIDOS

FLUIDO	M (kg)	V (m ³)	ρ (Kg/m ³)	γ (N/m ³)
AGUA DESTILADA				
ACEITE PARA MOTOR				
GLICERINA				
ACEITE COMESTIBLE				

Gravedad (9.81m/s²)

HOJA DE TRABAJO No. 1

Conteste los siguientes enunciados:

1. ¿Qué es la tensión superficial?
2. ¿Cuáles son las causas de la tensión superficial?
3. ¿Cómo influye la temperatura a la tensión superficial?
4. ¿Cómo se compara la tensión superficial del agua con los otros líquidos?
5. ¿Cuál es la medición de la tensión superficial del agua?
6. Un fluido tiene una viscosidad dinámica de 0.09 poises y una densidad de 750 kg/m^3 . Determine su viscosidad cinemática en m^2/s .
7. Si la tensión superficial (σ) de agua es de $0.66 \times 10^{-2} \text{ N/m}$ y la densidad registrada es de 980 kg/m^3 a 66°C , se introduce un tubo de 1.5 mm de diámetro, el ángulo de contacto que se forma (θ) es de 0°
¿Cuál es la altura registrada en el tubo?
8. Calcular la masa y el peso de 14500 litros de gasolina. Si la densidad de la gasolina es de 700 kg/m^3 .
9. Calcular el peso específico del oro cuya densidad es de 19300 kg/m^3
10. ¿Qué volumen debe tener un tanque para que pueda almacenar 3040 kg de gasolina cuya densidad es de 680 kg/m^3 ?

PRÁCTICA No. 2

DISEÑO HIDRÁULICO PARA LÍNEA DE CONDUCCIÓN CON TUBERÍA PVC

1. Propósito de la práctica:

- 1.1. Determinar los diámetros de la tubería.
- 1.2. Identificar las pérdidas de cargas por fricción en la tubería.
- 1.3. Determinar las longitudes de la tubería.
- 1.4. Determinar las presiones para la línea de conducción.

2. Marco Teórico

Ecuación de Continuidad

Para determinar el diámetro interno de la tubería se recurre a la ecuación de la continuidad

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$$

Para determinar las pérdidas de carga en la tubería, se recurre a la fórmula de Hazen & Williams, la que podemos desglosar de la siguiente manera:

$$k = \frac{10.67 * L}{C^{1.852} D^{4.87}}$$

$$H_f = k * Q^{1.852}$$

$$H_i = Cota Inicio - H_f$$

$$P = H_i - Cota salida$$

Donde:

D = Diámetro Nominal (m)

Q = Caudal (m^3/s)

V = velocidad (m/s) Utilizamos el valor más recurrente en pruebas experimentales: 1 m/s

K = Coeficiente de resistencia a la fricción del agua

C = Coeficiente de fricción

L = Longitud (m)

H_f = Pérdida de carga (m)

H_i = Cota piezométrica (m)

P = Presión (m.c.a.)

Tipos de tuberías

Generalmente en sistemas de abastecimiento de agua, se utiliza tubería de polícloruro de vinilo (PVC) y de hierro galvanizado (HG). La tubería PVC es una tubería plástica, económica, fácil de transportar y de trabajar. La tubería HG es de acero, recubierta tanto en su interior como en su exterior por zinc, y es utilizada donde se requiera una presión mayor de 175 m.c.a., pasos de zanjón o aéreos.

Diámetro de tubería

Los diámetros de tubería se calculan en el diseño hidráulico; se hará necesario utilizar tuberías de diámetros comerciales para evitar atrasos y costos elevados.

Coefficiente de fricción

En el caso de utilizar la fórmula de Hazen & Williams para el diseño hidráulico, siendo este el caso, se puede utilizar un coeficiente de rugosidad (C) que varía en el rango de 140 a 160 para tubería PVC.

Se recomienda un $C = 140$; cuando se duda de la topografía $C = 150$, para levantamientos topográficos de primero y segundo orden. Cuando se utiliza tubería HG, puede aplicarse un $C = 100$.

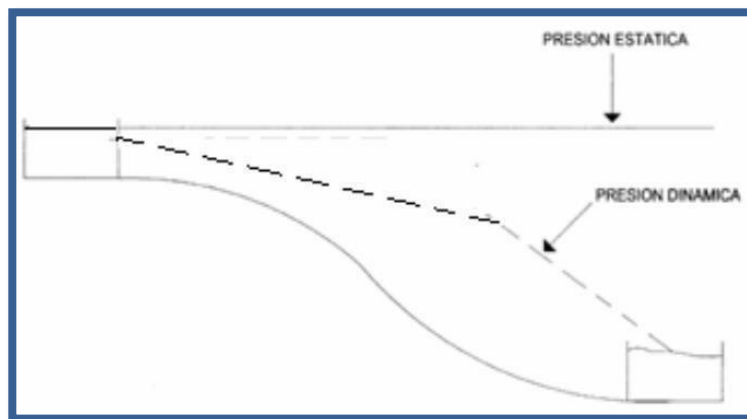
Presiones

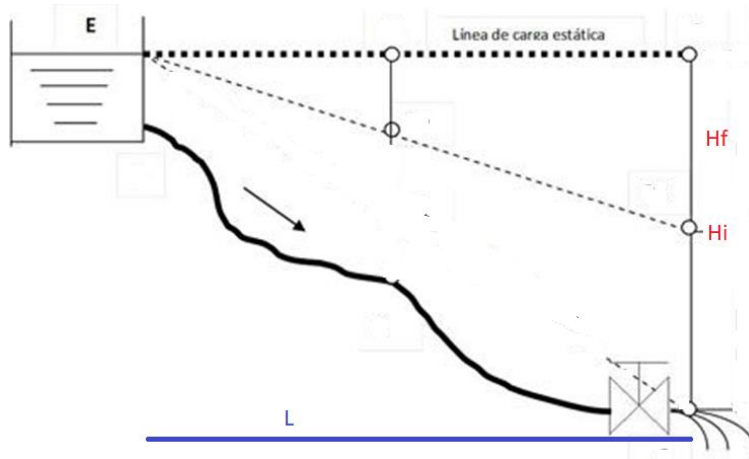
La presión estática se produce cuando todo el líquido en la tubería y en el recipiente que la alimenta está en reposo.

La presión dinámica se produce cuando hay flujo de agua, la presión estática modifica su valor disminuyendo por la resistencia o fricción de las paredes de la tubería.

La cota piezométrica es la máxima presión dinámica en cualquier punto de una línea de conducción o distribución, que alcanzaría una columna de agua si en dicho punto se colocará un manómetro. Es equivalente a la cota de superficie del agua en el punto de salida, menos la pérdida de carga por fricción que ocurre en la distancia que los separa.

Figura. Presión estática y dinámica



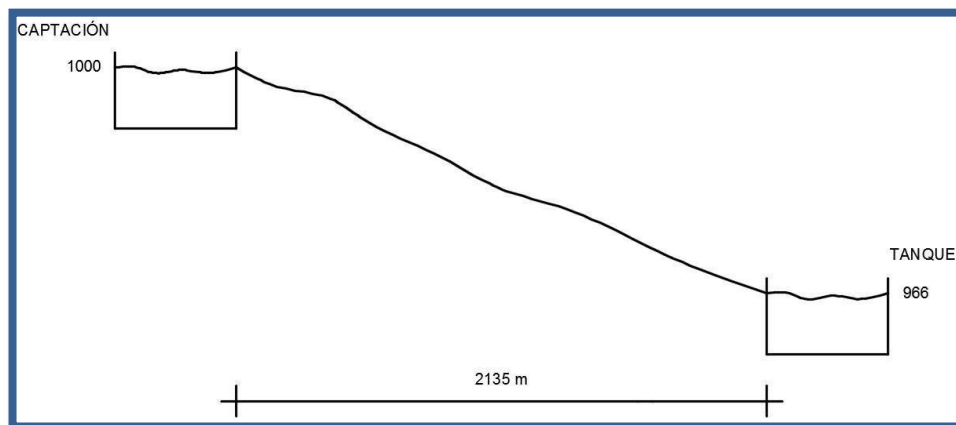


- H_f = Pérdida de carga
- H_i = cota piezométrica
- L = longitud

Desarrollo de la práctica

Ejemplo

El caudal para abastecer a una población es de 8 L/s el cual debe ser conducido desde la captación, cuya cota es de 1 000 m hacia un tanque de almacenamiento localizado a 2 135 metros y una cota de 966 m. Diseñar la línea de conducción con tubería PVC.



Datos:

$Q = 8$ l/seg
 Cota captación = 1000 m
 Cota tanque = 966 m
 Longitud de diseño = 2135 m
 Coeficiente de fricción interna para tubo PVC = 150

Procedimiento:

1. Cálculo de diámetro (D)

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.008 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 1 \text{ m/s}}} = 0.100 \text{ m} = 3.937 \text{ pulg} \approx \mathbf{4 \text{ Pulg}} \text{ (diámetro comercial)}$$

2. Cálculo de la velocidad media del agua dentro de la tubería (V)

$$V = \frac{4 \cdot 0.008 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot (0.10 \text{ m})^2} = \mathbf{1.01 \text{ m/s}}$$

3. Cálculo de coeficiente de resistencia a la fricción del agua. (K)

$$k = \frac{10.67 \cdot 2135}{150^{1.852} \cdot 0.10^{4.87}} = \mathbf{157558.3}$$

4. Cálculo de la pérdida de carga (Hf)

$$H_f = 157558.3 \cdot Q \cdot 0.008 \text{ m}^3/\text{s}^{1.852} = \mathbf{20.60 \text{ m}}$$

5. Cálculo de la cota piezométrica (Hi)

$$H_i = 1000 - 20.6 = \mathbf{974.4 \text{ m}}$$

6. Cálculo de la presión en metros de columna de agua y PSI.

$$P = 974.4 \text{ m} - 966 \text{ m} = \mathbf{13.4 \text{ m.c.a}}$$

7. $13.4 \text{ m.c.a} \cdot \frac{1.422 \text{ PSI}}{1 \text{ m.c.a.}} = 19.05 \text{ lbf/pulg}^2$

HOJA DE TRABAJO No. 2

Resolver los siguientes ejercicios:

Ejercicio No.1

En el ensayo de una tubería de fundición nueva de 50 cm de diámetro, con un caudal permanente de 175 lt/s la piezométrica cayó 1.20 m en un tramo de 600m. ¿Cuál es el valor de C?

Ejercicio No.2

Se quieren transportar 520 lt/s de agua a través de una fundición vieja ($C = 100$), con una pérdida de carga de 25 m. Teóricamente cuál es la longitud para una tubería de diámetro de 8" y 12".

Ejercicio No. 3

El caudal para abastecer a una población es de 10 L/s el cual debe ser conducido desde la captación, cuya cota es de 1 000 m hacia un tanque de almacenamiento localizado a 1 447 metros y una cota de 942 m. determinar:

- a) Diámetro de tubería nominal.
- b) Velocidad media del agua en tubería
- c) Pérdida de carga
- d) Cota piezométrica
- e) Presión de llegada (PSI)

PRÁCTICA No. 3 BOMBAS Y CAÍDAS DE PRESIÓN

1. Propósito de la práctica:

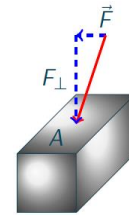
- 1.1 Determinar la presión que genera un fluido dentro de una tubería utilizando el manómetro.
- 1.2 Determinar la presión que genera un fluido dentro de una tubería utilizando ecuaciones.
- 1.3 Determinar la potencia de una bomba para impulsar un caudal conocido de agua a una distancia y altura conocidas.

2. Marco Teórico

Presión (p)

Las fuerzas que ejerce un fluido sobre el medio que lo rodea vienen caracterizadas por una sola magnitud, la presión en el fluido, la cual se define como la cantidad de fuerza perpendicular aplicada sobre una superficie, esto es:

$$P = \frac{F}{A}$$



Donde:

P = Presión (Pascal)

F = Fuerza (Newton)= peso

A = Área (cm², m², Pulg², m²)

Las unidades en el SI de la presión es el **Pascal**

$$1 Pa = 1 Pa = \frac{N}{m^2}$$

Otras medidas de presión

1 Bar= 100000 Pascales

1 bar = 14.5038 lbf/pulg²

1 m.c.a. = 0.1 Kgf/cm²

1 lbf/pulg² = 0.704 m.c.a.

1 m.c.a. = 1.422 PSI

1 atm = 101300 Pa

1 atm = 760 mm Hg

1 PSI = 6894.76 Pa

Instrumentos de medición de presión

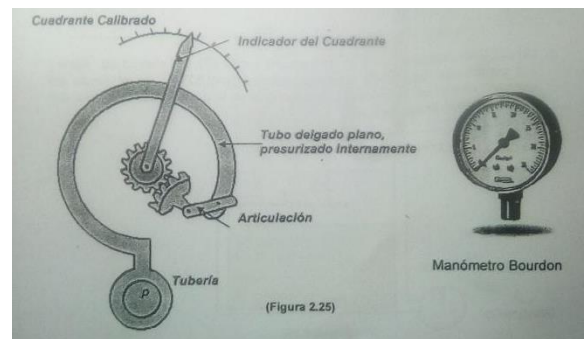
El manómetro es un instrumento que sirve para determinar la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados.

Consiste en un tubo en forma de U lleno parcialmente con un líquido, generalmente mercurio o agua. El tubo se monta en posición vertical con una regla graduada detrás de él.

Un extremo del tubo se conecta al vaso cuya presión se desea medir y el otro extremo se deja abierto a la atmósfera.

Tipos de manómetros

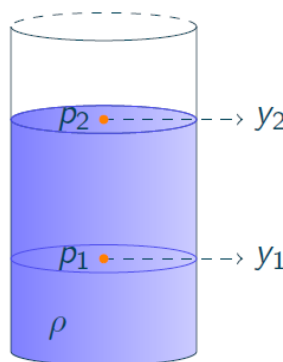
- **Piezómetro:** Consiste en la conexión de un tubo que puede ser transparente para observar la variación de la columna del fluido, en el punto donde se quiera medir la presión
- **Manómetros abiertos:** Sirve para medir presiones relativas positivas o negativas
- **Manómetros diferenciales:** Mide la diferencia de presiones entre 2 puntos, la sensibilidad de este es mayor cuando la diferencia entre pesos específicos (γ) de los fluidos sea mayor.
- **Micro manómetros:** Se utiliza para medir presiones muy pequeñas en gases y en líquidos, requiere de depósitos relativamente grandes, lleva ganchos con puntas cónicas con una varilla graduada, con tornillo y comunicación entre ambos líquidos
- **Manómetros de resorte o de bourdon:** Consiste en un tubo de metal hueco como el elemento sensor de la presión. En su extremo interno cerrado y comunicado por medio de un dispositivo de cremalleras, la presión en el tubo da como resultado el movimiento del indicador de presión.



Variación de la presión con la profundidad de un fluido

La presión ejercida por un fluido en reposo variará en función directa con la profundidad, dependiendo de las características del líquido, tal como el peso específico.

Considere un fluido de densidad ρ . Suponga que se quiere calcular la diferencia de presiones $p_2 - p_1$ entre dos diferentes posiciones verticales (y_1, y_2) del fluido, tal y como se muestra en la figura.



Mediante un análisis de fuerzas se puede mostrar que la diferencia de presiones entre dos puntos del fluido se determina de la siguiente manera:

$$P_2 - P_1 = -\rho g(y_2 - y_1)$$

La expresión anterior se puede utilizar para determinar la presión a una profundidad h de la superficie del fluido de la siguiente manera:

$$P = \rho * g * h$$

Donde:

P = Presión (N/m^2)

ρ = densidad (kg/m^3)

g = gravedad ($9.81 m/s^2$)

h = Altura (m)

Desarrollo de la práctica:

Materiales a utilizar:

1. Tubo PVC de 1/2 pulgada de diámetro y 6 metros de longitud
2. Tubo PVC de 3/4 pulgada de diámetro y 6 metros de longitud
3. 1 manómetros de resorte o de bourdon, para agua
4. 1 T PVC de 1/2 pulgada
5. 1 T PVC de 3/4 de pulgada
6. 1 adaptador PVC hembra de 1/2 pulgada
7. 1 adaptador PVC hembra de 3/4 pulgada
8. 1 reducidor PVC de 3/4 a 1/2 con rosca
9. Adaptador de manómetro
10. 1 codo PVC de 1/2 pulgada
11. 1 codo PVC de 3/4 pulgada
12. Llave PVC de bola de 1/2 pulgada
13. Llave PVC de bola de 3/4 de pulgada
14. Teflón
15. Pegamento para tubo PVC
16. Segueta y sierra
17. Cinta métrica
18. Manguera
19. Calculadora
20. Papel
21. Lápiz
22. Embudo plástico
23. Probeta de 1000 cc plástica



Adaptador PVC
hembra 1/2 "



Reducidor PVC
3/4 a 1/2 " con



Adaptador
manómetro



Desarrollo de la práctica:

Procedimiento:

- 1) Instalar la tubería y el manómetro de acuerdo a la imagen siguiente



2) Determinar la presión que se genera en los 2 diferentes tubos, utilizando el manómetro de bourdon/glicerina y de forma calculada con las fórmulas antes descritas. Comparar y concluir los resultados obtenidos.

Cuadro para reporte de la práctica

	5 m.		3 m.		2 m.		1 m	
	Presión con manómetro (PSI)	Presión calculada con fórmulas (PSI)	Presión con manómetro (PSI)	Presión calculada con fórmulas (PSI)	Presión con manómetro (PSI)	Presión calculada con fórmulas (PSI)	Presión con manómetro (PSI)	Presión calculada con fórmulas (PSI)
Tubo de 1/2								
Tubo de 3/4								

Cálculo de la potencia teórica de una bomba

Se bombea agua del reservorio R1 al reservorio R2, el caudal es de 30 l/s determine: a) La potencia teórica de la bomba.

b) La potencia real de la bomba a una eficiencia del 60%

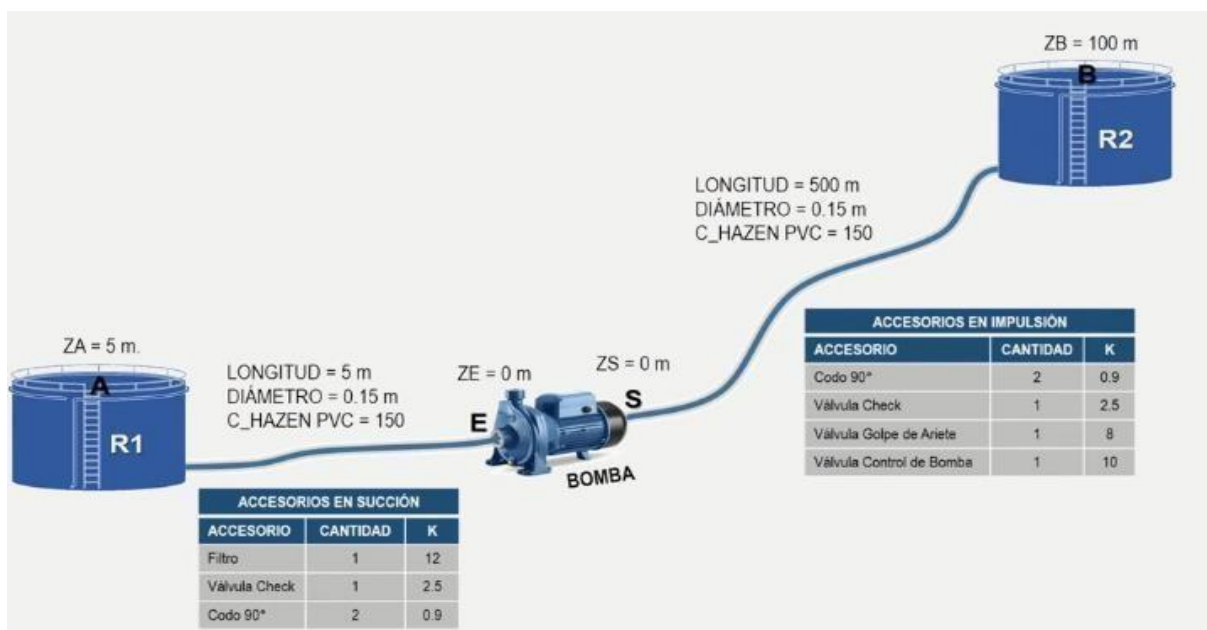
$$Potencia = Y * Q * EA$$

Donde:

Y = Peso específico del agua (9810 N/m³)

Q = Caudal m³/s

EA = Energía añadida m/s



Se pide:

- Potencia teórica (kW)
- Potencia real (Hp)
- Potencia teórica (kW)
- Potencia real (Hp)

Tramo de succión:

Datos generales:

- ZA = 5 m
- ZB = 0 m

Datos par HF:

- Longitud (L) = 5 m
- Caudal (Q) = 0.03 m³/s
- Diámetro (D) = 0.15 m
- C hazen PVC = 150

Datos para HL:

- 1 filtro; k unitario (12); k parcial (12).
- 1 válvula check; k unitario (2.50); k parcial (2.50).
- 1 codo 90° k unitario (0.90); k parcial (1.80)
- K total = 16.30

Tramo de impulsión:

Datos generales:

- ZS = 0.0 m
- ZB = 100 m

Datos para HF:

- Longitud (L) = 500 m
- Caudal (Q) = 0.03 m³/s
- Diámetro (D) = 0.15 m
- C hazen = 150

Datos para HL:

- 2 codos 90°; K unitario (0.90); K parcial (1.80).
- 1 válvula check; K unitario (2.50); K parcial (2.50).
- 1 válvula ariete; K unitario (8); K parcial (8).
- 1 válvula bomba; K unitario (10); K parcial (10).

Cálculo de la energía añadida (EA):

- Encontrar el valor entre la diferencia de las cotas ZE y ZA.
- Encontrar la diferencia entre la cota ZB y ZS.
- Calcular HF de succión y de impulsión mediante la fórmula de Hazen

$$Hf = \left(\frac{3.5908QL^{0.54}}{C * D^{2.63}} \right)^{1.85}$$

- Calcular el HL de succión y de impulsión mediante la fórmula:

$$Hl = \frac{8KQ^2}{g\pi^2 * D^4}$$

Donde:

HF = Pérdidas de energía menores por fricción (m)

Q = Caudal (m³/s)

L = longitud (m)

C = Coeficiente de fricción (Utilizado en la ecuación Hazen-williams)

D = Diámetro interno de tubería (m)

Hl = Pérdidas de Energía por válvulas y accesorios

K = Suma coeficiente de pérdida para accesorios

g = Gravedad

- Realizar la sumatoria de HF con Hl para obtener la energía perdida (EP) de impulsión y de succión.
- Realizar el cálculo de energía añadida mediante la fórmula.

$$EA = ADT = (Z_E - Z_A) + (Z_B - Z_S) + (EP_{AE} + EP_{SB})$$

$$EP = HF + HL$$

Donde

EA = energía añadida

ADT = Altura dinámica Total

Z_E - Z_A = Diferencia de cotas en el tramo de succión

Z_B - Z_S = Diferencia de cotas en el tramo de impulsión

EP_{AE} = Energía perdida en el tramo de succión

EP_{SB} = Energía perdida en el tramo de impulsión

Realizar el cálculo de potencia mediante la siguiente fórmula, donde se debe tomar en cuenta el peso específico del líquido que será transportado, el caudal y la energía añadida.

$$POTENCIA TEÓRICA = \gamma \cdot Q \cdot EA$$

$$POTENCIA REAL = \frac{Potencia Teorica}{Eficiencia de la Bomba}$$

HOJA DE TRABAJO No. 3

Resolver los siguientes ejercicios:

Ejercicio No.1

Una regadera de baño domiciliario de baja presión funciona a 1 kgf/cm^2 . ¿A qué altura debe estar situado el depósito de agua para que esta regadera funcione correctamente?

Ejercicio No.2

Un sistema de riego por goteo funciona eficientemente a una presión de 1.2 bar ., de acuerdo a esta información determine la altura a la cual debe situarse el depósito de agua para que este sistema de riego funcione correctamente únicamente con la gravedad.

Ejercicio No. 3

Calcular la caída de presión estática de una depósito agua, cuando está lleno al 25 y 50 % de su capacidad. Dicho tanque está situado a 20 metros de altura y tiene las siguientes proporciones: diámetro 1.5m. altura 2.5m.

Ejercicio No. 4

Determinar la potencia real de una bomba (caballos de fuerza) que según cálculos necesita una energía añadida de 23.171 m , y su eficiencia es de 70% y el caudal a transportar es de 190 lts/min .

PRÁCTICA No. 4

APLICACIÓN DE SOFTWARE PARA HIDRÁULICA DE CANALES

1. Propósito de la práctica

- 1.1. Determinar en que se fundamenta el programa, es decir, que fórmulas matemáticas utiliza para el cálculo de los resultados.
- 1.2. Determinar la utilización del programa para la resolución de problemas relacionados al tema de hidráulica de canales.

2. Marco Teórico

Software Hcanales

Hcanales es un software que permite diseñar canales. El programa fue desarrollado por el ingeniero peruano Máximo Villón Béjar, profesor e investigador de la Escuela de Ingeniería Agrícola del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC).

El programa permite resolver los problemas más frecuentes que se presentan en el diseño de canales y estructuras hidráulicas, los cuales son:

- Calcular el Tirante Normal
- Calcular el Tirante Crítico
- Calcular el Resalto Hidráulico
- Calcular la Curva de Remanso
- Calcular el caudal que transporta un canal construido para las secciones transversales artificiales de uso común, como son:
 - Sección triangular
 - Sección rectangular
 - Sección trapezoidal
 - Sección parabólica
 - Sección circular
- Calcular el caudal que transporta un canal natural tanto para rugosidad constante como para rugosidad variable
- Calcular b , S o n para canales trapezoidales, rectangulares y triangulares
- Cálculos de parámetros hidráulicos en canales circulares conocido la relación y/d
- Calcular S o n en secciones circulares
- Cálculos en orificios, compuertas y vertederos
- Cálculo de transiciones de entrada y salida alabeadas
- Cálculo de vertederos laterales
- Cálculo de pérdidas en canales no revestidos y revestidos
- La solución a estos problemas requiere de cálculos mediante el uso de métodos numéricos, como:
 - Método de Newton-Raphson
 - Método de la secante
 - Método de la secante modificada
- Integración gráfica
- Interpolación de Lagrange
- Algoritmo de Romberg
- Proporciona además al usuario:

- Ayuda sobre cada una de las opciones del Menú Principal, donde se da explicación de los conceptos y ecuaciones utilizadas.
- Ayuda sobre consideraciones prácticas para el diseño de canales.
- Importancia:

HCANALES representa una contribución de la Escuela de Ingeniería Agrícola al diseño de canales y estructuras hidráulicas, es importante porque:

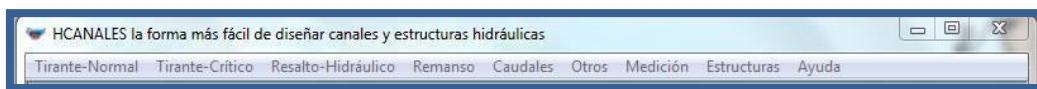
- Proporciona una herramienta novedosa y fácil de utilizar para el ingeniero civil, ingeniero agrícola, ingeniero agrónomo y otros especialistas que trabajan en el campo del diseño de canales y estructuras hidráulicas.
- Permite simplificar los cálculos laboriosos.
- Permite simular el diseño de canales, variando cualquier parámetro hidráulico como:
 - diferentes condiciones de rugosidad, pendiente, forma, y dimensiones del canal.
- Reduce enormemente el tiempo de cálculo.
- Permite obtener un diseño óptimo.

Desventajas

- Solamente utiliza dimensiones del Sistema Internacional (SI) por lo cual hay que hacer las conversiones necesarias.
- Este programa solamente realiza cálculos referentes a diseño de canales, no existe la opción de analizar otros sistemas hidráulicos.

HCANALES INTERFASE

Se presenta la interfaz del programa utilizando básicamente una barra de herramientas.



En esta barra tenemos acceso a las diversas funciones del programa que básicamente se enfoca en cálculos de canales.

A continuación, una breve descripción de lo que contiene cada opción de la barra de herramientas.

Iconos de acción



Calcular: Se utiliza para realizar los cálculos que se verán en la pantalla.



Limpiar Pantalla: Se utiliza para limpiar la pantalla eliminando los datos ingresados.



Imprimir: Se utiliza para imprimir los datos calculados.



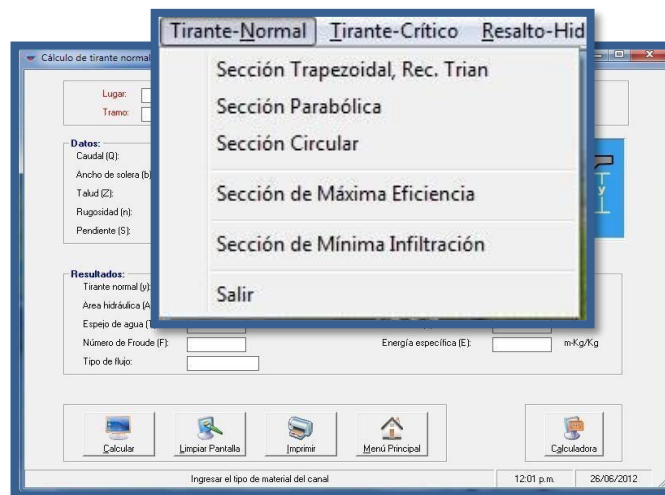
Menú Principal: Se utiliza para regresar a la pantalla principal



Calculadora: Despliega una calculadora científica para su uso.

Opciones de barras de herramientas

Tirante-Normal: En esta parte se calcula el tirante de un canal para diversas secciones como: trapezoidal, parabólica, circular, máxima eficiencia y de mínima infiltración.

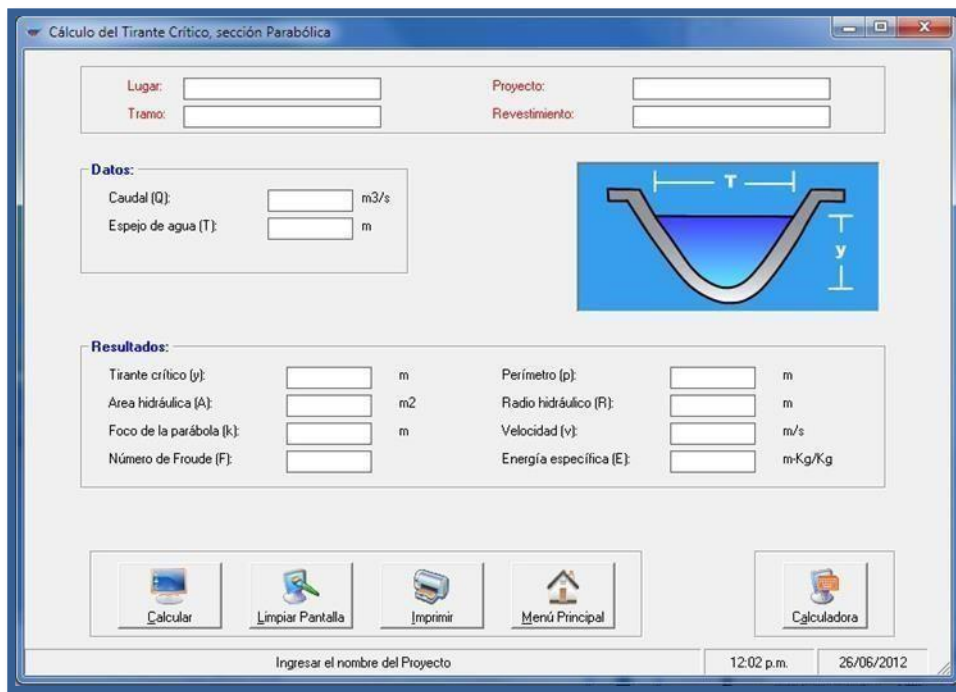


En esta pantalla se ingresan los datos requeridos por el programa, la gráfica mostrada cambia según las medidas ingresadas.

Datos a ingresar son: caudal (Q) en m^3/s , anchura de solera (b) en m , talud (Z), rugosidad (n), pendiente (S).

Los resultados obtenidos son: tirante normal (y) en m, área hidráulica(A) en m^2 , espejo de agua (T) en m, número de Froude (F), tipo de flujo, perímetro (p) en m, radio hidráulico (R) en m, velocidad (v) en m/s y por último energía específica (E) en m-Kg/Kg.

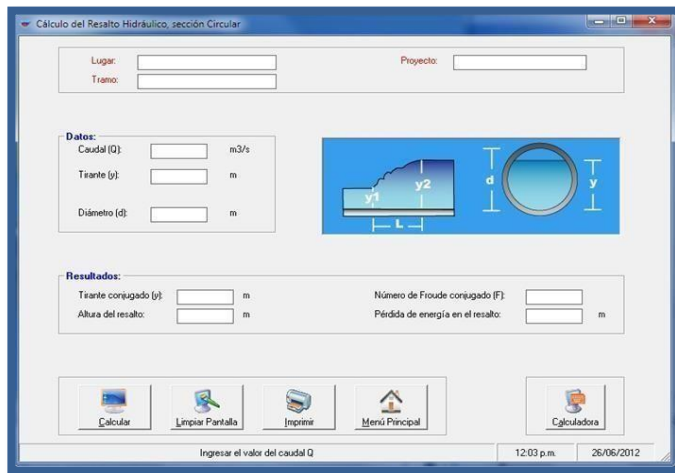
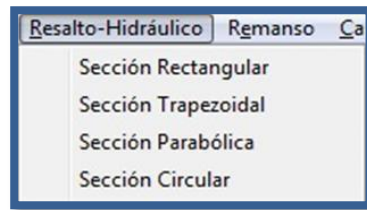
Tirante-Crítico: En esta sección se calcula el tirante crítico para diversas secciones como: trapezoidal, Rec. Trian, parabólica, circular.



Datos a ingresar son: caudal (Q) en m^3/s , anchura de solera (b) en m, talud (Z), rugosidad (n), pendiente (S).

Los resultados obtenidos son: tirante normal (y) en m, área hidráulica(A) en m^2 , espejo de agua (T) en m, número de Froude (F), tipo de flujo, perímetro (p) en m, radio hidráulico (R) en m, velocidad (v) en m/s y por último energía específica (E) en m-Kg/Kg.

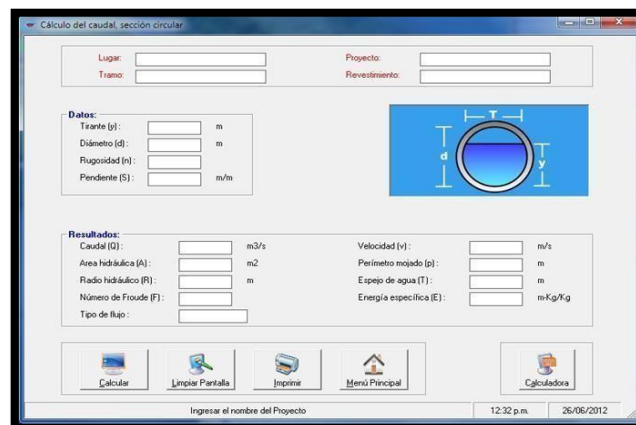
Resalto hidráulico: Con esta opción tenemos la capacidad de calcular el resalto hidráulico para secciones rectangulares, trapezoidales, parabólicas y circulares.



Remanso: Esta opción despliega un submenú con las siguientes opciones:



Caudales: Se utiliza para calcular caudales en los canales con medidas que el programa solicita.



Instructivo de la práctica

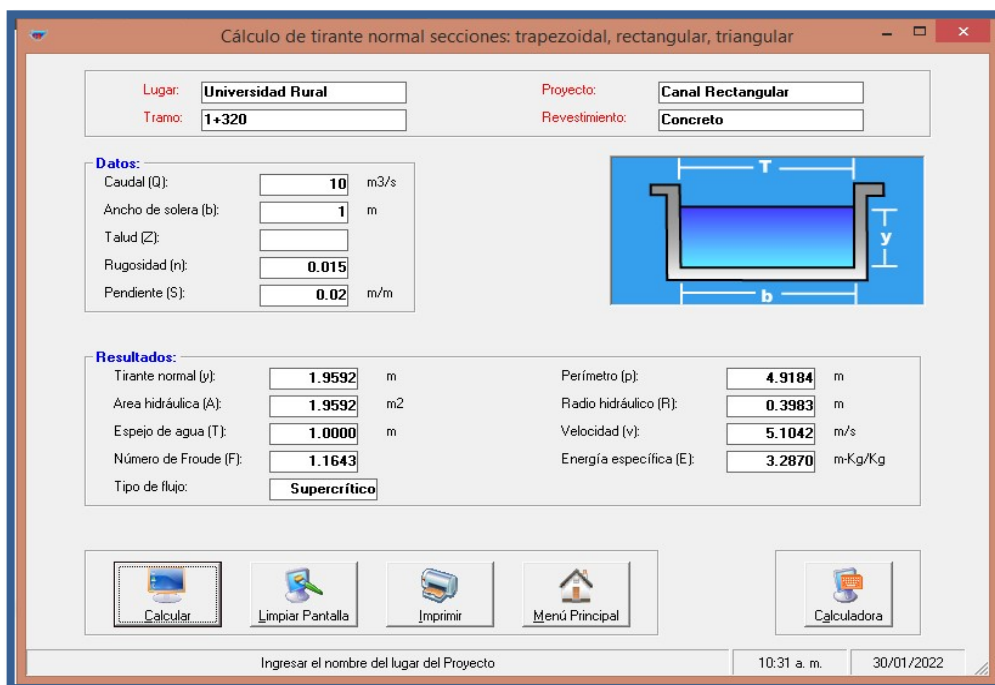
Equipo

- Laptop
- Cañonera

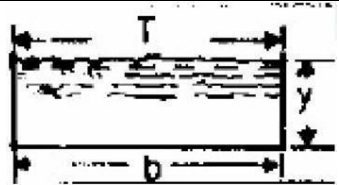
Desarrollo de la práctica Ejemplo

Por un canal rectangular de concreto sin acabado con rugosidad de 0.015, que mide 1 m de ancho, fluye agua, con un caudal de 10 m³/seg, la pendiente es de 2%, calcule las relaciones geométricas para dicho canal.

Como primer paso abrimos el software HCANALES y luego le damos click a la pestaña tirante normal y luego en sección rectangular, ahora insertamos los datos anteriormente descritos en el ejemplo y le damos en calcular:



Ahora vamos a comparar los resultados obtenidos del programa con la forma manual, a continuación, se muestran las expresiones matemáticas para canales rectangulares:

Sección n	Área hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
	$b * y$	$b + 2y$	$\frac{b * y}{b + 2y}$	b

Donde:

y = Tirante normal (m)

T = Espejo de Agua (m)

b = Ancho de solera (m)

Debemos de calcular primero el tirante:

$$Q = \frac{1}{n} Rh^{2/3} S^{1/2} A$$

Donde:

Q = Caudal (m³/s)

n = Rugosidad

Rh = Radio Hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

A = Área hidráulica (m²)

Colocando la ecuación del radio hidráulico en función de la base y el tirante:

$$Q = \frac{1}{n} \left(\frac{b * y}{b + 2y} \right)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} (b * y)$$

Despejando:

$$\frac{Qn}{S^{1/2}} = \frac{(b * y)^{2/3}}{(b + 2y)^{2/3}} * (b * y)$$

$$\frac{Qn}{S^{1/2}} (b + 2y)^{2/3} = (b * y)^{5/3}$$

$$y = \frac{\left(\frac{Qn}{S^{1/2}} * (b + 2y)^{2/3} \right)^{3/5}}{b}$$

Sustituyendo valores obtenemos:

$$y = \frac{\left(\frac{10 \cdot 0.015}{0.02^{1/2}} \cdot (1 + 2 \cdot 1)^{2/3}\right)^{3/5}}{1} = 1.6077$$

$$y = \frac{\left(\frac{10 \cdot 0.015}{0.02^{1/2}} \cdot (1 + 2 \cdot 1.6077)^{2/3}\right)^{3/5}}{1} = 1.8420$$

▪

▪

▪

$$y = \frac{\left(\frac{10 \cdot 0.015}{0.02^{1/2}} \cdot (1 + 2 \cdot 1.9591)^{2/3}\right)^{3/5}}{1} = 1.9592$$

$$y = \frac{\left(\frac{10 \cdot 0.015}{0.02^{1/2}} \cdot (1 + 2 \cdot 1.9592)^{2/3}\right)^{3/5}}{1} = 1.9592$$

Resolviendo para encontrar y:

$$y = 1.9592 \text{ m}$$

Área hidráulica A:

$$A = b \cdot y$$

$$A = 1 \cdot 1.9592 = 1.9592 \text{ m}^2$$

Perímetro mojado P:

$$P = b + 2y$$

$$P = 1 + 2 \cdot 1.9592 = 4.9184 \text{ m}$$

Radio hidráulico R:

$$Rh = \frac{(b \cdot y)}{(b + 2y)}$$

$$Rh = \frac{1 \cdot 1.9592}{1 + 2 \cdot 1.9592} = 0.3983 \text{ m.}$$

Velocidad: (V)

$$V = \frac{1}{n} * Rh^{2/3} * S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.015} * 0.3983^{2/3} * S0.02^{1/2} = \mathbf{5.1038m/s}$$

Energía Específica (E)

$$E = y + \frac{V^2}{2g}$$

$$E = 1.9592 + \frac{5.1038^2 m/s}{2 * 9.81 m/s^2} = \mathbf{3.2873 m \cdot kg/kg}$$

Número de Froude (F)

$$F = \frac{V}{\sqrt{gy}}$$

$$F = \frac{5.1038 m/s}{\sqrt{\frac{9.81m}{s^2} * 1.9592m}} = 1.1644$$

Comparación de resultados:

Método	Tirante y	Área hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua
HCANALE S	1.9592	1.9592	4.9184	0.3983	1
Manual	1.9592	1.9592	4.9184	0.3983	1

HOJA DE TRABAJO No. 4

Resolver los siguientes ejercicios:

Ejercicio No.1

Un canal de riego de sección trapezoidal, construido en tierra ($n=0.025$), se usa una base de 1.20 m. El módulo de riego (caudal necesario por hectárea a regar) es de 2 lts/seg. Encuentre las relaciones geométricas hidráulica con el software Hcanales para una pendiente del canal de 3.7m/1000m, 4m/1000m y 0.10%. (Talud $Z=1$).

Ejercicio No. 2

Se desea encontrar el caudal de una sección trapezoidal optima también el número de Froude su tipo de flujo y su energía específica en un canal con un material $n = 0.016$, con una pendiente longitudinal 9/1000, taludes de 3.5 a 1, ancho de solera 0.19 m y tirante de 0.68 m.

Ejercicio No.3

Un canal de riego de sección triangular, construido en tierra ($n=0.018$). El módulo de riego (caudal necesario por hectárea a regar) es de 5 lts/seg. Encuentre las relaciones geométricas hidráulicas con el software Hcanales para una pendiente del canal de 4.4m/1000m, 5.2m/1000m y 0.07%. (Talud $Z=1$).

Ejercicio No.4

Se desea diseñar un canal parabólico para conducir un caudal de

2.5m³/s la misma que se construirá en tierra ($n=0.025$) trazando una pendiente del 0.5% y que tenga un espejo de agua 3m, indicar el tirante normal que debe tener, su velocidad, número de Froude y su energía específica para las condiciones señaladas.

Ejercicio No.5

En un canal trapezoidal de ancho de solera de 80 cm y talud de 3.5, circula un caudal de 2500 L/s (tirante de $y = 1.0633$ m). Considerando un coeficiente de rugosidad de $n= 0.025$, Determine la pendiente del canal.

BIBLIOGRAFÍA

- CROWE, Robertson y Elger. Mecánica de Fluidos
- GILES, Ronald. Mecánica de los Fluidos e Hidráulica
- LOPEZ, Henio; Manual de Hidráulica.
- MARINI S., EVANGELISTA I., OLIVA A., hidrostática e hidrodinámica, Universidad Nacional del Rosario.
- JIMENEZ, C., Mecánica de fluidos, hidrostática, Instituto tecnológico de Costa Rica.
- CABRERA CRUZ V., hidráulica Aplicada, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.