



Laboratorio  
de Hidráulica  
Ing. David  
Hernández Huéramo



2024

**NOMBRE DE LA PRÁCTICA****ENERGÍA ESPECÍFICA Y RÉGIMEN CRÍTICO****OBJETIVO (S)**

Una vez desarrollada la práctica, orientada a visualizar y comprender, el alumno será capaz de:

1. Identificar y medir los tipos de energías que se presentan en un flujo a superficie libre.
2. Graficar la curva de energía específica, auxiliado de los datos obtenidos en el canal del laboratorio, para una sección geométrica rectangular.

**ENCUADRE TEÓRICO**

En el diseño de conductos abiertos como son los canales es importante definir la energía específica que presenta el flujo en una determinada sección, ya que esto nos permite definir la capacidad para desarrollar un trabajo, así mismo la determinación del tirante crítico tiene una aplicación directa en la definición del tipo de régimen que presenta un determinado escurrimiento, ya que si el tirante con que fluye un determinado caudal es menor que el tirante crítico, se sabe que el escurrimiento es en régimen supercrítico (rápido) y si es mayor que el crítico entonces el escurrimiento es en régimen subcrítico (lento).

**Energía total**

La energía total (H) en una sección cualquiera de un flujo se expresa por medio de la suma de las energías de posición y cinética, es decir:

$$H = E_{\text{posición}} + E_{\text{cinética}} = \left[ z + \frac{P}{\gamma} \right] + \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

H = Energía total de la sección [m]

z = Carga de posición en la sección [m]

P = Presión hidráulica en la sección [kg/m<sup>2</sup>]

$\gamma$  = Peso específico del agua en la sección [kg/m<sup>3</sup>]

P/ $\gamma$  = Carga de presión en la sección [m]

V = Velocidad media del flujo [m/s]

g = Aceleración de la gravedad [9.81 m/s<sup>2</sup>]

V<sup>2</sup>/2g = Carga de velocidad de la sección [m]

Es importante recordar que, durante la deducción de la ecuación de la energía vista en clase, se eliminan términos de gravedad, y masa, razón por la cual las unidades resultan en m, en lugar de J, así como  $\gamma$  en  $\text{kg/m}^3$  en lugar de  $\text{N/m}^3$ , P en  $\text{kg/m}^2$  en lugar de Pa.

### Energía específica

Se define como la energía específica (E) por unidad de peso ( $\frac{m \text{ kg}}{\text{kg}}$ ), que al considerar la plantilla del conducto como plano de referencia ( $z = 0$ ) se tiene:

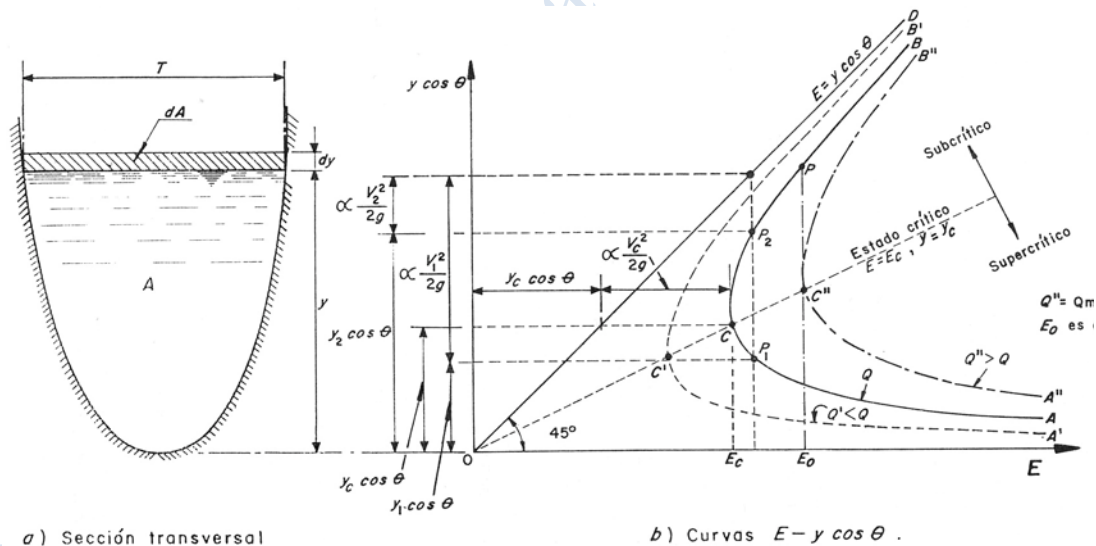
$$E = y + \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

E = Energía específica de la sección [m]

y = Tirante de agua en la sección [m]

Ya que la carga de presión en la plantilla debido al tirante “y” es  $p / \gamma$ , (Figura 3.1).



**Figura 2.1** Curva de energía específica

Considerando la ecuación de continuidad ( $Q = AV$ ), se tiene la siguiente ecuación para la energía específica:

$$E = y + \frac{Q^2}{2gA^2}$$

Donde:

$Q$  = Gasto (caudal) en la sección [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$A$  = Área hidráulica en la sección [ $\text{m}^2$ ]

### Energía mínima

Es la energía mínima ( $E_{\text{min}}$ ) o crítica con que fluye un gasto en un canal y es el límite entre el flujo subcrítico y supercrítico, tal como se puede apreciar en la figura anterior.

Para calcular la energía mínima derivamos la ecuación de la energía:

$$\frac{dE}{dy} = \frac{dy}{dy} + \frac{Q^2}{2g} \left( \frac{1}{A^2} \frac{dA}{dy} \right) = 1 + \frac{Q^2}{2g} \left( -\frac{2}{A^3} \frac{dA}{dy} \right) = 1 - \frac{Q^2}{gA^3} \left( \frac{dA}{dy} \right)$$

En la Figura 3.1 de la sección transversal se deduce que:

$$dA = B dy$$

Entonces, se tiene que la ecuación que permite calcular la energía mínima o condición crítica es:

$$\frac{dE}{dy} = 1 - \frac{Q^2}{gA^3} B = 0$$

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{B}$$

Donde:

$B$  = ancho de la superficie libre del agua [m]

Y, para una sección rectangular, en la cual  $B = b$  y  $A = by$ , el tirante crítico ( $y_c$ ) se puede obtener como:

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{(b y_c)^3}{b} \Rightarrow y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g b^2}}$$

Donde:

$B$  = Ancho de la plantilla del canal [m]

La energía mínima para una sección rectangular se puede calcular por medio de la siguiente ecuación:

$$E_{\min} = y_c + \frac{Q^2}{2g A_c^2} = y_c + \frac{b^2 y_c^3 g}{2g (b y_c)^2} = y_c + \frac{y_c}{2} = \frac{3y_c}{2}$$

## EQUIPO O DISPOSITIVO

Canal de pendiente variable

## MATERIALES

- Molinete
- Cronometro
- Flexómetro
- Limnómetro

## PROCEDIMIENTO

### Etapa I.

1. En el canal de pendiente variable, el cual deberá tener de manera aproximada una pendiente nula (horizontal), medir el ancho de la plantilla, abrir la válvula para definir un gasto que deberá ser permanente a lo largo de la prueba.
2. Con la ayuda del molinete, siguiendo el procedimiento de la practica 1, define como mínimo 6 velocidades puntuales para establecer la velocidad media de circulación en el área hidráulica definida por el tirante en la sección de aforo.
3. Una vez que se establece el flujo, define 4 secciones, distanciadas entre si al menos 100 mm, en la zona previa a la ubicación del escalón que se encuentra colocado al interior del canal. En cada una determina el tirante hidráulico.
4. Define 4 secciones, distribuidas en la zona escalón que se encuentra colocado al interior del canal. En cada una determina el tirante hidráulico.
5. Define 4 secciones, distribuidas en la zona posterior al escalón que se encuentra colocado al interior del canal. En cada una determina el tirante hidráulico.
6. Registra las lecturas de los pasos 3, 4 y 5 en la Tabla 2.1

## ACTIVIDADES

## ETAPA 1

1. Construir la gráfica de la ecuación de la energía con los datos obtenidos, utiliza un color distinto en las lecturas de los pasos 3, 4 y 5.
2. Con la información calculada en la Tabla 3.1 dibuja y analiza la gráfica de la energía específica. Explicar la relación que existe entre la posición de cada lectura realizada y el comportamiento de la curva de la energía.
3. Identifica en la curva de energía los valores de la energía específica mínima y el tirante crítico.
4. Calcula, empleando las fórmulas que corresponden los valores de la de la energía específica mínima y el tirante crítico. Compara los resultados con los obtenidos en la actividad 3.
5. Explica si sucedería lo mismo, en el caso de que el canal fuera trapecial.

**Tabla 2.1** Registro de lecturas

$$b = \text{_____ m}$$

$$V_1 = \text{_____ m/s}$$

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

$$V_2 = \text{_____ m/s}$$

$$A = \text{_____ m}^2$$

$$V_3 = \text{_____ m/s}$$

$$V_m = \text{_____ m/s}$$

$$V_4 = \text{_____ m/s}$$

$$V_5 = \text{_____ m/s}$$

$$V_6 = \text{_____ m/s}$$

$$Q = \text{_____ m}^3/\text{s}$$

Zona	Sección	(1) y (m)	(2) A (m <sup>2</sup> )	(3) V (m/s)	(4) V <sup>2</sup> /2g (m)	(5) E (m)
1	1					
	2					
	3					
	4					
2	5					
	6					
	7					
	8					
3	9					
	10					
	11					
	12					

## INSTRUCCIONES

1. Resolver cada una de las actividades solicitadas en la práctica.
2. Realizar una conclusión señalando lo aprendido durante la práctica.

Laboratorio de Hidráulica FIC\_UMSNH 2024