



Laboratorio  
de Hidráulica  
Ing. David  
Hernández Huéramo



Dr. Juan Pablo Molina Aguilar • Ing. Jorge Leonel Angel Hurtado • M. I. Jesús Martín Caballero Ulaje

## NOMBRE DE LA PRÁCTICA

### FLUJO TRANSITORIO EN TUBERÍA

#### OBJETIVO (S)

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

1. Visualizar y comprender el flujo transitorio en una tubería por la operación de las válvulas de seccionamiento.
2. Provocar un flujo transitorio mediante el cierre de una válvula y medirlo auxiliado de la onda de sobrepresión generada.

#### ENCUADRE TEÓRICO

El tener la capacidad de calcular los valores máximos de sobre-presión y sub-presión, así como dibujar las envolventes de ambos en un perfil hidráulico de una conducción que trabaja a presión, es de suma importancia en el proyecto de conductos que transportan un fluido a presión, ya que esto permitirá conocer los parámetros de diseño para los conductos, con la necesaria resistencia para evitar que se rompan, fisuren o disloquen cuando se tiene una presión mayor que la presión de trabajo en flujo establecido o en su defecto diseñar los elementos necesarios para aliviar la sobre-presión que pudiesen presentarse en dicho conducto, así también, permitirá que se identifique si la tubería se pudiera colapsar (chupar) cuando se presentan valores de sub-presión que no pueda resistir el conducto y de esta forma diseñar los elementos necesarios para evitar que la tubería falle por colapso.

#### Flujo transitorio

Es aquel que se presenta cuando cesa repentinamente el flujo o cuando en forma abrupta se inicia el flujo en un conducto cerrado, dando origen a lo que comúnmente se conoce como golpe de ariete.

#### Sobre-presión y sub-presión

Incremento o decremento del valor de la presión hidrostática ( $\Delta H$ ) a la cual se encuentra un conducto cerrado, el valor extremo se puede calcular de manera práctica con la fórmula propuesta por Allievi.

$$\Delta H = \rho CV$$

Donde:

$\Delta H$  = Sobre-presión o sub-presión [mca].

$\rho$  = Densidad del agua [ $\text{kg s}^2/\text{m}^4$ ].

$V$  = Velocidad del flujo en régimen establecido [m/s].

$C$  = Celeridad de la onda [m/s], que se calcula con la siguiente ecuación:

$$C = \frac{C^*}{\sqrt{1 + \frac{E_2 D}{E e}}}$$

Donde:

$C^*$  = Celeridad del agua [m/s], para  $8^\circ\text{C}$  tiene un valor estimado de 1425 m/s, incrementándose 3 m/s por cada grado de temperatura [ $^\circ\text{C}$ ].

$$C^* = 1425 + 3(T - 8)$$

$E_2$  = Módulo de elasticidad del agua, equivale a  $20,670 \text{ kg/cm}^2$ .

$E$  = Módulo de elasticidad del material del conducto. Los valores de cada material se consigna en la siguiente relación:

PVC  $\rightarrow 29,300 \text{ kg/cm}^2$

A-C  $\rightarrow 328,000 \text{ kg/cm}^2$

Acero  $\rightarrow 2,100,000 \text{ kg/cm}^2$

Acrílico  $\rightarrow 21,100 \text{ kg/cm}^2$

Concreto armado  $\rightarrow 210,000 \text{ kg/cm}^2$

$D$  = Diámetro interior del conducto [m].

$e$  = Espesor de la pared del conducto [m].

Sin embargo, la fórmula de Allievi solo es válida si se tiene que la conducción es larga, por lo que deberá de revisarse que tipo de conducción se tiene lo cual se puede hacer por medio de la siguiente desigualdad:

$$L_T > \frac{CT}{2}$$

De lo contrario será conducción corta por lo que el incremento y decremento de la presión se deberá calcular con la fórmula propuesta por Michaud:

$$\Delta h = \frac{2L_T V}{g T}$$

Donde:

$L_T$  = Longitud total del conducto [m].

$g$  = Aceleración de la gravedad [ $m/s^2$ ].

$T$  = Tiempo de cese de circulación del agua [s], el cual se puede calcular por medio de la siguiente expresión:

$$T = 1 + \frac{C_0 L_T V}{g H_m}$$

Donde:

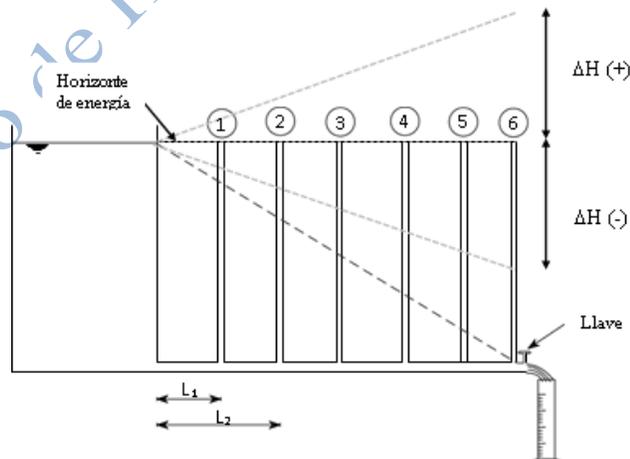
$C_0$  = Coeficiente (adimensional) que toma un valor

$C_0 = 2$  si  $L_T \leq 500$  m

$C_0 = 1.5$  si  $500 \text{ m} < L_T < 1500$  m

$C_0 = 1$  si  $L_T \geq 1500$  m.

$H_m$  = Altura manométrica [m], que en conducciones a bombeo generalmente es igual al desnivel topográfico más la altura del tanque o depósito receptor.



### Envoltentes de sobre-presión y sub-presión.

Son las líneas que contienen los diferentes valores de la sobre-presión o sub-presión que se presentan a lo largo del conducto en los diferentes tiempos en que se presenta el flujo transitorio y cuya definición permiten determinar la máxima y mínima presión que se tiene en una sección de interés del conducto.

**EQUIPO O DISPOSITIVO**

Banco hidráulico

**MATERIALES**

- Probeta graduada de 500 ml
- Cronómetro
- Flexómetro

**PROCEDIMIENTO**

La práctica se desarrollará en una etapa, acorde con la siguiente secuencia de pasos.

**Etapa I.**

1. En el banco hidráulico se procederá a hacer pasar un determinado flujo en forma continua, es decir, a régimen establecido y el cual deberá aforarse volumétricamente y consignar su valor en la Tabla 3.1.
2. Conocido el gasto que pasa por el conducto, se procederá a obturar la descarga del flujo, visualizando la variación de la superficie libre del agua en cada uno de los piezómetros e identificando a priori los niveles máximos y mínimos que se alcanzan.
3. Se vuelve a abrir la descarga del conducto, hasta establecerse un flujo continuo que no provoque variaciones en los niveles de los piezómetros y se procederá nuevamente a obturar la descarga identificando en cada piezómetro los niveles máximos y mínimos en cada uno de ellos por medio de un flexómetro, consignándolos en la Tabla 3.2

**REGISTRO DE MEDICIONES**

**ETAPA 1**

**Tabla 3.1**

No.	(1) <b>H</b> (m)	(2) <b>Vol.</b> (l)	(3) <b>Vol.</b> (m <sup>3</sup> )	(4) <b>t</b> (s)	(5) <b>Q</b> (m <sup>3</sup> /s)
1					
2					
3					
<b>Q<sub>prom.</sub> =</b>					

Tabla 3.2

Q	Lectura de	Piezómetro					
		$H_1$ (m)	$H_2$ (m)	$H_3$ (m)	$H_4$ (m)	$H_5$ (m)	$H_6$ (m)
1	$\Delta H$ (+)						
	$\Delta H$ (-)						
2	$\Delta H$ (+)						
	$\Delta H$ (-)						
3	$\Delta H$ (+)						
	$\Delta H$ (-)						

**ACTIVIDADES**

**ETAPA 1**

1. Con base en los valores consignados en las Tablas 3.1 y 3.2, dibujar el perfil hidráulico del conducto trabajando a régimen establecido y a flujo transitorio.
2. Conforme a las fórmulas para calcular los valores máximos del incremento de sobre-presión y sub-presión, dibujar el perfil hidráulico con las envolventes de ambos, indicando que tramos de la conducción trabajan a una presión mayor que la de flujo establecido y si la envolvente de sub-presión queda por abajo del Horizonte de Energía o por abajo del conducto.
3. Concluya como trabajará el conducto en flujo transitorio y defina que elementos o dispositivos deben colocarse para evitar que se dañe el conducto, tanto con la sobre-presión (si llegará a tener un valor mayor que el que puede resistir el conducto), como con sub-presión (si llegara a ser su valor tal que la envolvente quede por abajo del conducto).

**INSTRUCCIONES**

1. Desarrolla las actividades señaladas.
2. Elabora un reporte gráfico, considerando fotografías de las etapas de la práctica.