



Laboratorio
de Hidráulica
Ing. David
Hernández Huéramo

Manual de prácticas Hidráulica de conductos a presión *4 o semestre*

Autores:

Guillermo Benjamín Pérez Morales
Jesús Alberto Rodríguez Castro
Jesús Martín Caballero Ulaje
Jorge Leonel Angel Hurtado
Juan Pablo Molina Aguilar

Colaboradores:

Alejandro Raúl Gutiérrez Obregón
Elizabeth Pauline Carreño Alvarado
Héctor Rivas Hernández
Rukmini Espinosa Díaz





5. FLUJO TRANSITORIO

Objetivos

- *El alumno aprenderá a identificar las causas que provocan un flujo transitorio, podrá calcular los valores máximos de sobre-presión y sub-presión, así como dibujar sus envolventes, las cuales se presentan en conductos cerrados cuando se provoca éste fenómeno hidráulico.*

Aplicación

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.

Definiciones, fórmulas y unidades a utilizar

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

$$\Delta H = \rho CV$$

5.1



En la fórmula anterior se tiene que:

- $\Delta H =$ Sobre-presión o sub-presión (m.c.a.).
- $\rho =$ Densidad del agua ($\text{kg}\cdot\text{s}^2/\text{m}^4$).
- $V =$ Velocidad del flujo en régimen establecido (m/s).
- $C =$ Celeridad de la onda (m/s), que se calcula con la siguiente ecuación:

$$C = \frac{C^*}{\sqrt{1 + \frac{E_2}{E} \cdot \frac{D}{e}}} \quad 5.2$$

En donde se tiene:

- $C^* =$ Celeridad del agua (m/s); para 8° C tiene un valor estimado de 1425 m/s, incrementándose 3 m/s por cada grado de temperatura que hay de variación $C^* = 1425 + 3(T - 8)$; T en °C.
- $E_2 =$ Módulo de elasticidad del agua, equivale a 20 670 kg/cm^2 .
- $E =$ Módulo de elasticidad del material del conducto, tomando los siguientes valores:
 - P.V.C. \rightarrow 29 300 kg/cm^2
 - A-C \rightarrow 328 000 kg/cm^2
 - Acero \rightarrow 2 100 000 kg/cm^2
 - Concreto armado \rightarrow 210 000 kg/cm^2
 - Acrílico \rightarrow 21 100 kg/cm^2
- $D =$ Diámetro interior del conducto (m).
- $e =$ Espesor de la pared del conducto (m):

Sin embargo la fórmula 5.1 solo es valida 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.

$$L_T > \frac{CT}{2} \quad 5.3$$

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:

$$\Delta H = \frac{2L_T V}{g T} \quad 5.4$$

En 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:



$$T = 1 + \frac{C_0 L_T V}{g H_m} \quad 5.5$$

En la fórmula anterior se tiene que:

- $C_0 =$ Coeficiente (adimensional) que toma un valor $C_0 = 2$ si $L_T \leq 500$ m
 $C_0 = 1.5$ si 500 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

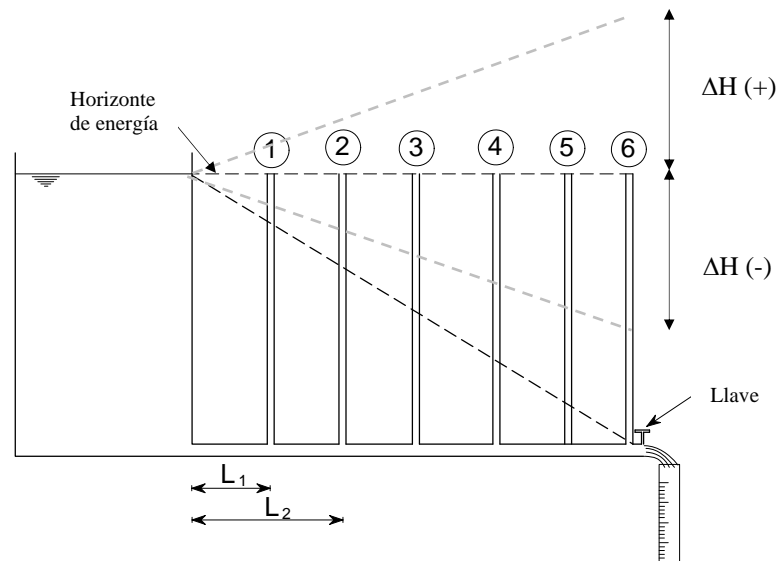
Envoltentes de sobre-presión y sub-presión.- Son las líneas que contienen los diferentes valores de la sobre-presión o sub-presión que se presentan a lo largo del conducto en los diferentes tiempos en que se presenta el flujo transitorio y cuya definición permiten determinar la máxima y mínima presión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

Procedimiento

1. En el banco hidráulico (figura 4.1) se procederá a hacer pasar un determinado flujo en forma continua, es decir a régimen establecido y el cual deberá de determinarse por el método volumétrico y consignar su valor en la tabla 5.1.
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 que se establezca 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, lo cual se consignará en la tabla 5.2



FIGURA 4.1



Actividades:

1. Con base en los valores consignados en las tablas 5.1 y 5.2, 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).



TABLA 5.1

N°	(1) <i>Carga total disponible</i> <i>H</i> <i>(m)</i>	(2) <i>Volumen probeta</i> <i>Vol</i> <i>(m³)</i>	(3) <i>Tiempo cese circulación del agua</i> <i>t</i> <i>(s)</i>	(4) <i>Gasto Volumétrico</i> <i>Q</i> <i>(m³/s)</i>
	1			
2				
3				

TABLA 5.2

<i>Piezómetro</i>	<i>No. 1</i>	<i>No.2</i>	<i>No.3</i>	<i>No.4</i>	<i>No.5</i>	<i>No.6</i>
<i>Sobre-presión (m)</i>						
<i>Sub-presión (m)</i>						

Nombre del alumno: _____ .

Semestre: _____ **Sección:** _____ **N° de equipo:** _____ **Laboralista:** _____ .