

APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS

UNIDAD *TUBERIA FORZADA*

TUBERÍA FORZADA

TUBERÍA FORZADA

Suponiendo solo sollicitación por presión interior el espesor de la tubería viene definido por la siguiente expresión:

$$e = P * D / (2 * \delta)$$

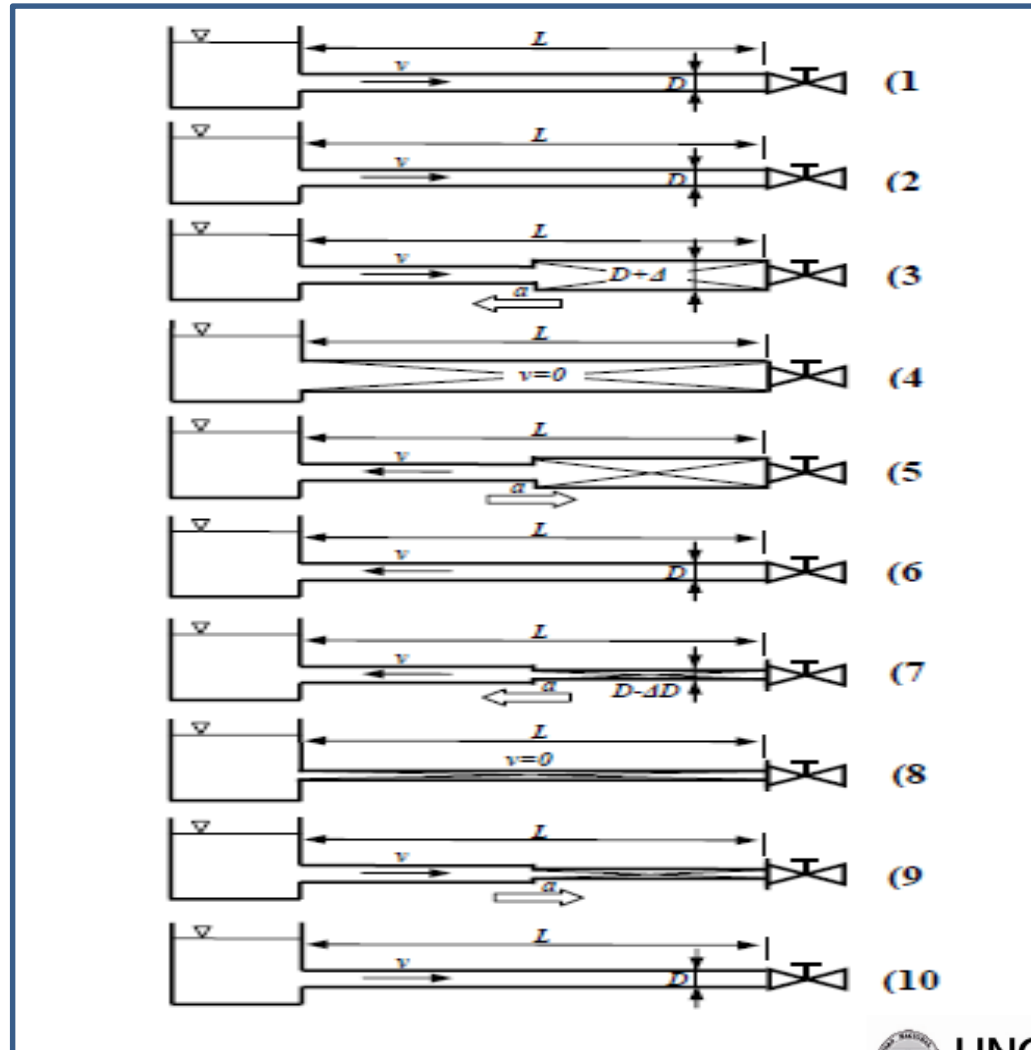
Donde:

- ✓ e - Espesor de la tubería [m/s].
- ✓ P - Presión interna dimensionante [kg/m²]
- ✓ D - Diámetro interior del conducto [m].
- ✓ δ - Tensión circunferencial [kg/m²]

Válido para tubos de pared delgada $\sim \frac{e}{D} < \frac{1}{20}$ y $L \gg D$

La presión interna dimensionante esta dada por la presión normal de trabajo adicionada las condiciones mas desfavorables de sobre-presión originada por fenómenos transitorios. El espesor mínimo para tuberías de grandes tamaños puede estar dado por condiciones mínimas constructivas.

TUBERÍA FORZADA – SOBREPRESIÓN. CIERRE INSTANTÁNEO



TUBERÍA FORZADA- SOBREPRESIÓN

Teoría de la columna rígida de agua: Paredes rígidas. Perdida por fricción despreciable. Velocidad y presión de fluido uniforme en cualquier sección transversal. Tubería de diámetro y nivel de reservorios constante.

En un cierre instantáneo el fluido sufre una brusca desaceleración con lo que en una tubería rígida y con un cierre uniforme se genera una fuerza y correspondiente presión:

$$F = -mDv/Dt$$

$$m = \rho LA$$

$$Dp = F/A$$

$$Dp = \rho * L * v/tc$$

- ✓ Dp = Incremento de presión
- ✓ L= Longitud de tubería
- ✓ A= Sección transversal de tubería



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

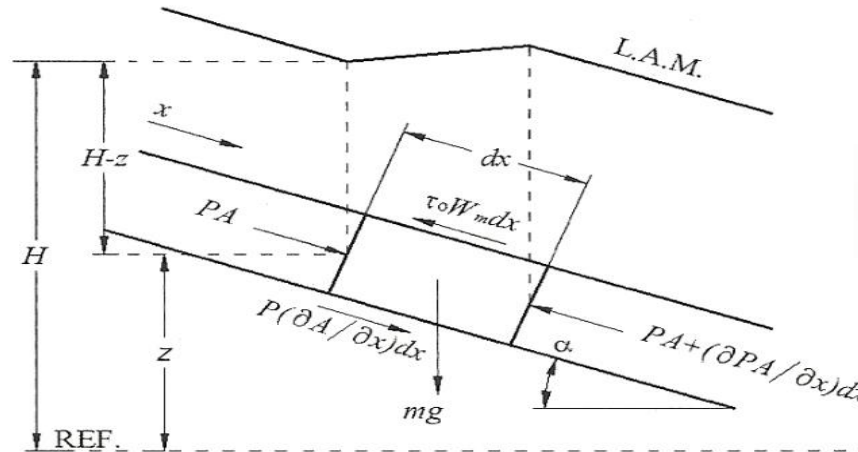


FACULTAD
DE INGENIERÍA

TUBERÍA FORZADA- SOBREPRESIÓN

Teoría de la columna elástica del agua: considera la fricción y la deformación de las paredes de la tubería.

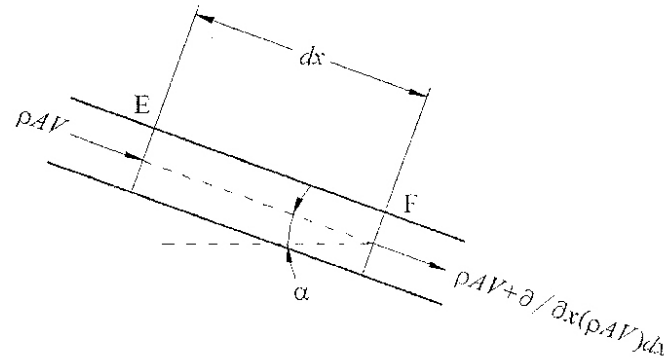
Condición de equilibrio dinámico: Las fuerzas de un segmento de agua en dirección x son las producidas por la presión en ambas caras transversales, el peso del elemento, la resistencia producida por la viscosidad (esfuerzo cortante por el perímetro mojado W_m) y la presión del fluido en la periferia del elemento debida al cambio de sección.



$$PA - \left(PA + \frac{\delta(PA)}{\delta x} * dx \right) + \frac{P\delta A}{\delta x} * dx + mg \sin \alpha - \zeta Wm dx = m dv/dt$$

TUBERÍA FORZADA- SOBREPRESIÓN

Condición de continuidad: Principio de conservación de la masa



$$\rho AV - \left(\rho AV + \frac{\delta(\rho AV)}{\delta x} * dx \right) = \frac{\delta m}{\delta t} = \delta(\rho A dx) / \delta t$$

El tratamiento de estas ecuaciones puede ser resuelto con diferentes metodologías, entre ellas el método de las características hoy día el utilizado para programas de resolución de fenómenos transitorios y que consiste en transformar las ecuaciones en derivadas parciales en un par de ecuaciones diferenciales totales que puedan ser resueltas numéricamente.

TUBERÍA FORZADA - SECCIÓN TRANSVERSAL



Ecuación de Micheaud: Presión máxima en cierre lento uniforme ($t_c > 2 L/a$) total del obturador.

$$Dp = 2 * L * v / (t_c * g)$$

- ✓ Dp = Incremento de presión [m]
- ✓ L = Longitud de tubería forzada entre toma y obturador [m]
- ✓ v = Velocidad del flujo en la tubería [m/s]
- ✓ g = aceleración de la gravedad [m/s²]
- ✓ T_c = Tiempo de cierre [s]



TUBERÍA FORZADA - CELERIDAD

$$a = \left(\frac{K}{\rho} \right) / \left(1 + \frac{K \cdot D}{E \cdot \delta} \right)^{0,5}$$

Donde:

- ✓ a es la celeridad de la onda elástica del fluido en la tubería, [m/s].
- ✓ K es el módulo de elasticidad del fluido (módulo de Bulk), [N/m²]
- ✓ ρ es la densidad del líquido, [kg/m³].
- ✓ D es el diámetro de la tubería, [m]
- ✓ E es el módulo de elasticidad de la tubería, [N/m²].
- ✓ δ es el espesor de la tubería, [m]

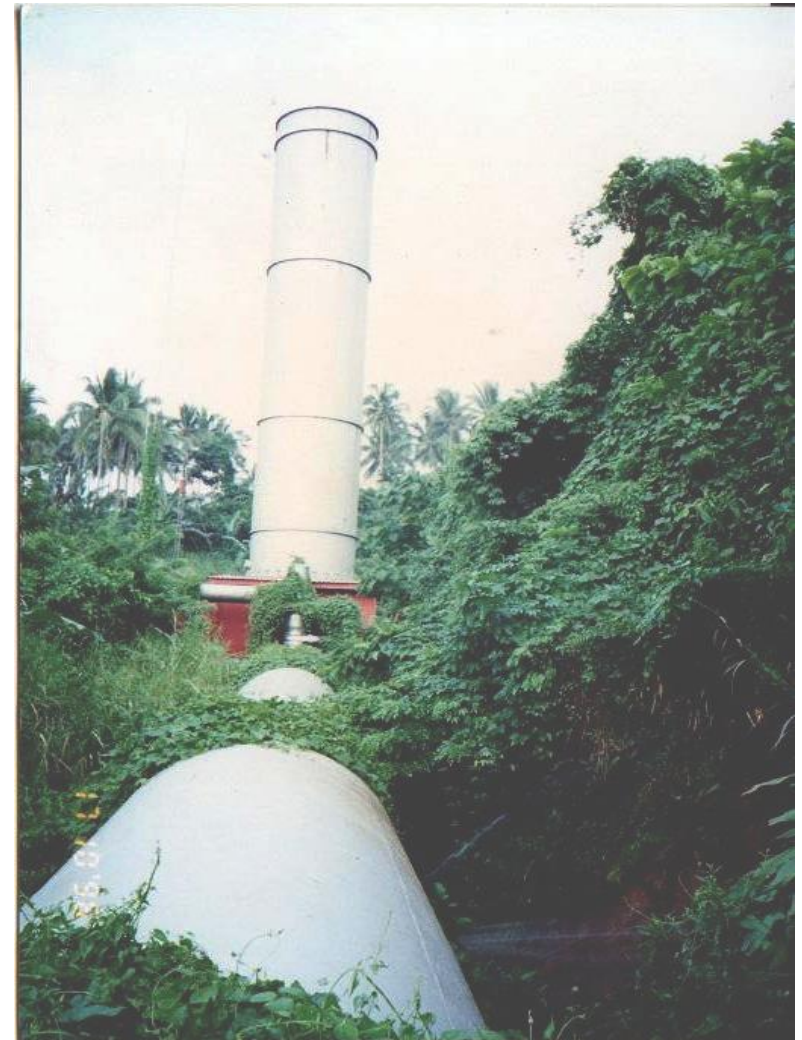
Si $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ y $K = 2,03 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$ la celeridad de una onda elástica en el agua viene determinada por:

$$a_0 = \left(\frac{K}{\rho} \right) = 1425 \text{ m/s}$$

PROTECCIONES

Como acciones básicas para control de incrementos de presión se mencionan:

- ✓ Incrementar la magnitud de los conductos.
- ✓ Incorporar una chimenea de equilibrio.
- ✓ Regular la tasa de incremento de apertura o cierre de las válvulas o distribuidor.

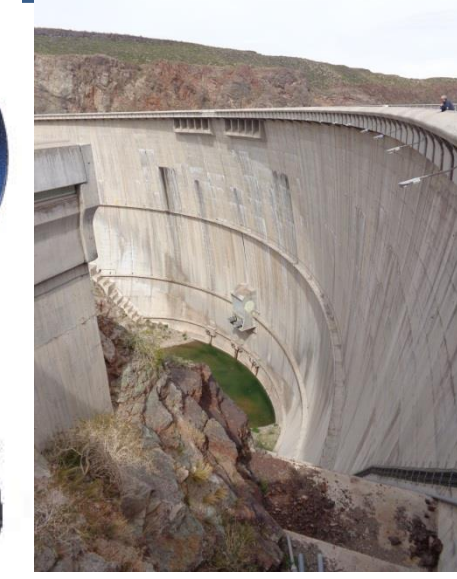
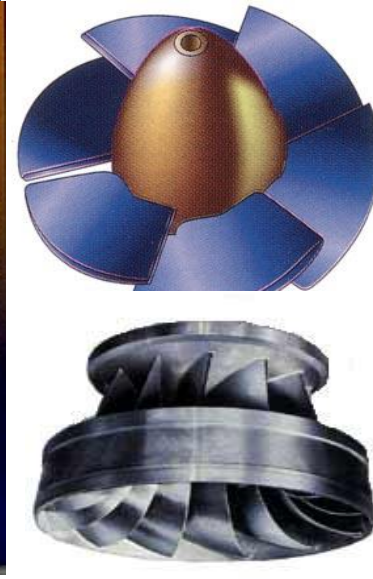


PROTECCIONES

- ✓ Disminuir la aceleración de la unidad por incremento del momento de inercia de las partes rotantes, principalmente del generador a los fines de incrementar el tiempo de cierre.
- ✓ Adicionar o sustraer cantidad de agua proveyendo válvulas reguladoras o válvulas.

La mejor solución puede ser una combinación de alternativas, pero debe tenerse en cuenta que las variaciones efectuadas (chimenea de equilibrio, la variación del diámetro de los conductos o re-dimensionamiento de la conducción) pueden cambiar la frecuencia natural del sistema por lo que deben reestudiarse posibles efectos de resonancia.





APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS

UNIDAD *TUBERIA FORZADA*