

Transitorios Hidráulicos en Tuberías a Presión

Curso posgrado y educación permanente
2023

Docentes: Dr. Ing. Rodolfo Pienika rpienika@fing.edu.uy
MSc. Ing. Laura Rovira lrovira@ose.com.uy

PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN FRENTE A TRANSITORIOS HIDRÁULICOS

Transitorios Hidráulicos en Tuberías a Presión 2023

PROPIEDADES DE LA INSTALACIÓN QUE PODRÍAN AJUSTARSE



- Resistencia de la algunas partes de la tubería.
- Trazado del acueducto.
- Leyes y/o tiempos de cierres de válvulas.

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN - CHIMENEA DE EQUILIBRIO

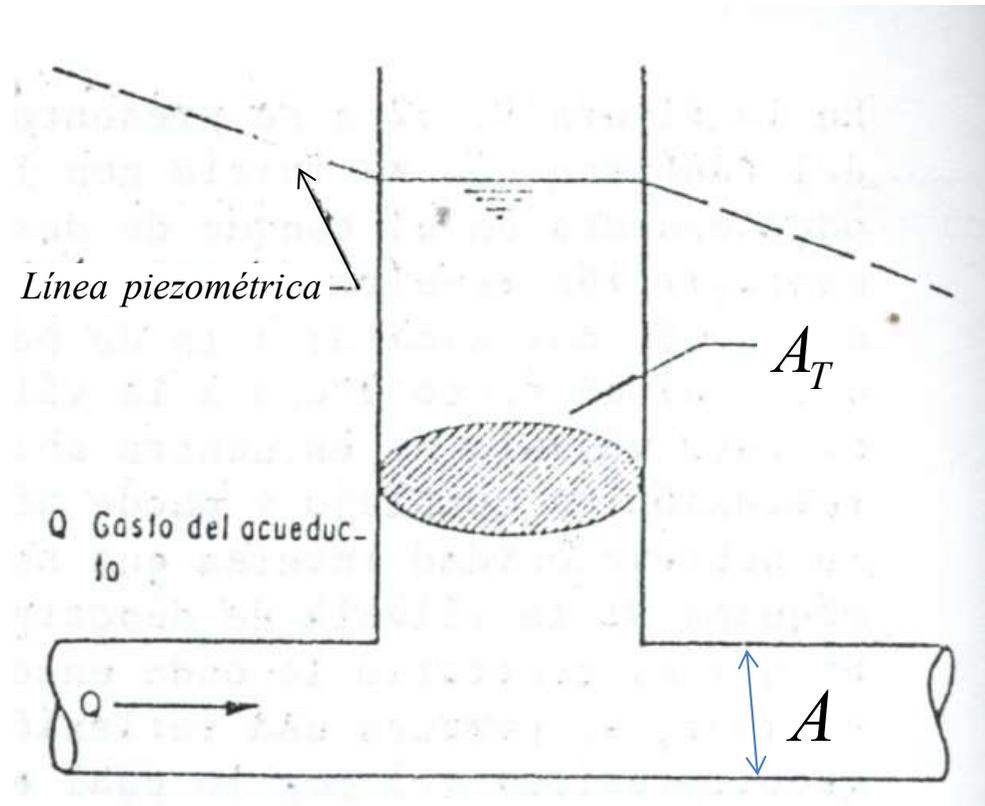
Transitorios Hidráulicos en Tuberías a Presión 2023

CHIMENEA DE EQUILIBRIO O TANQUE DE OSCILACIÓN

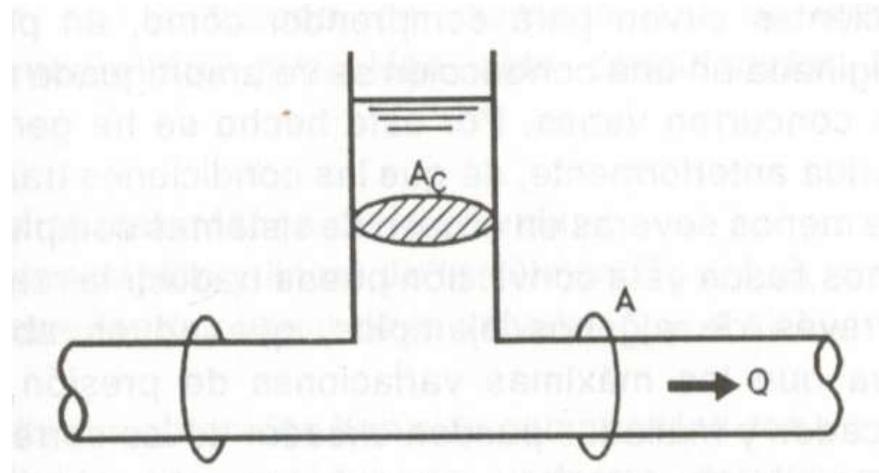
Tanque o tubería vertical, con conexión franca sobre el trazado de una tubería principal. Utilizado para absorber aumentos o caídas repentinas de presión en la tubería principal.

Objetivo: Reflejar la onda incidente.

$$\frac{A_T}{A} \gg 1$$



CHIMENEA DE EQUILIBRIO O TANQUE DE OSCILACIÓN



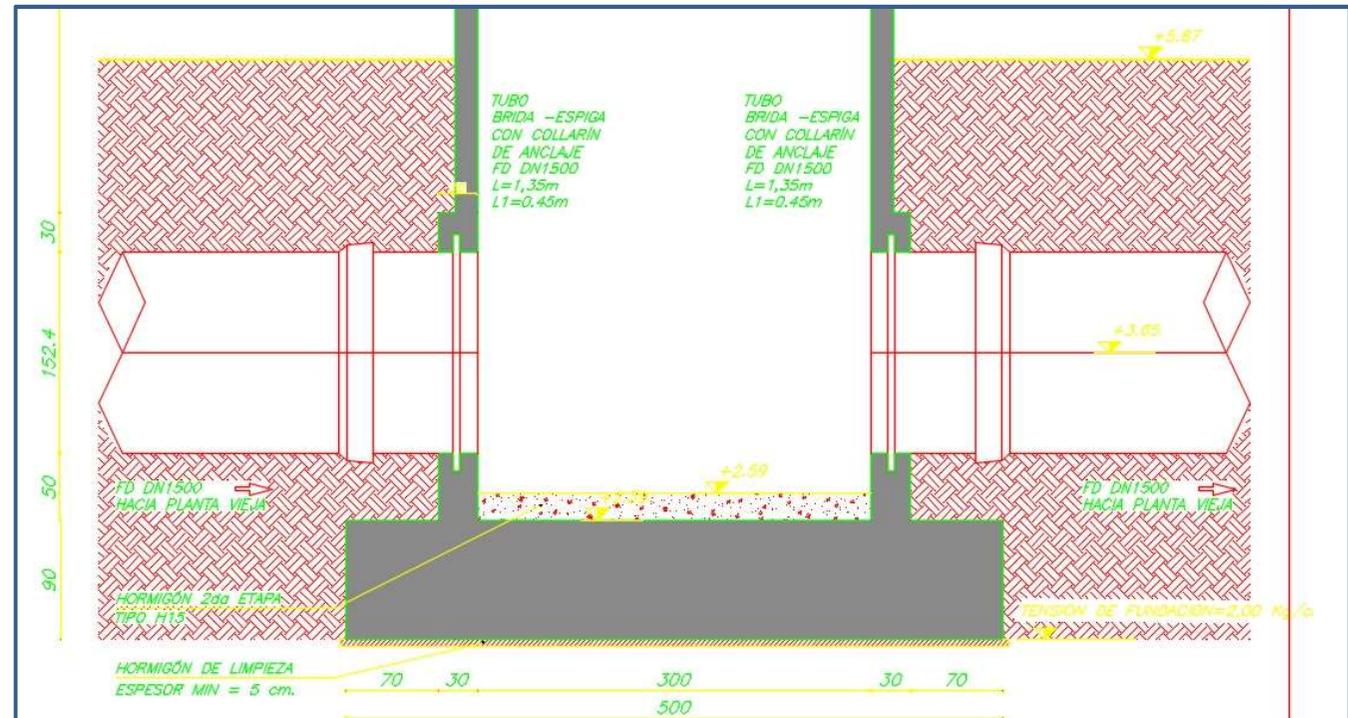
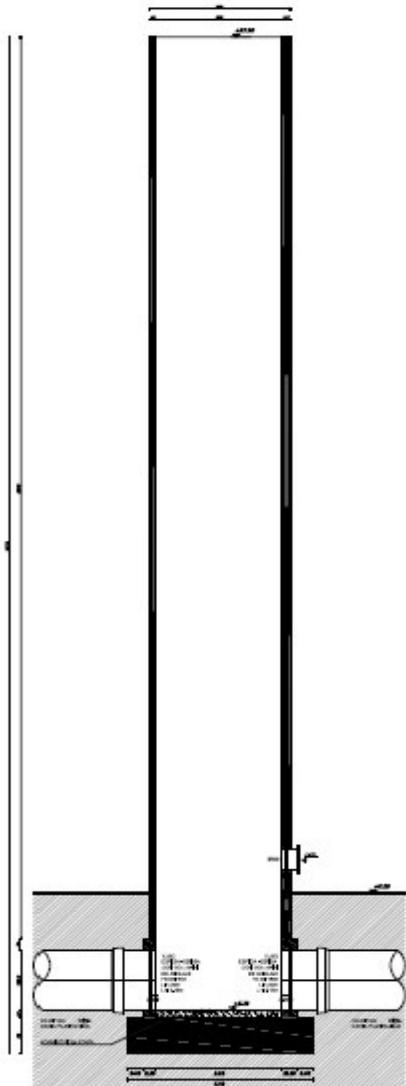
- $A_c/A \gg 1$, onda transmitida sea lo menor posible.
- Para que $s < 0.1$ (onda transmitida del 10%), $A_c/A > 19$

$$s = \frac{2 \frac{A_1}{a_1}}{\frac{A_1}{a_1} + \frac{A_c}{a_1}} = \frac{2A_1}{A_1 + A_c} < 0,1 \rightarrow \frac{2}{0,1} < 1 + \frac{A_c}{A_1} \rightarrow \frac{A_c}{A_1} > \frac{2}{0,1} - 1 = 19$$

CHIMENEA DE EQUILIBRIO O TANQUE DE OSCILACIÓN

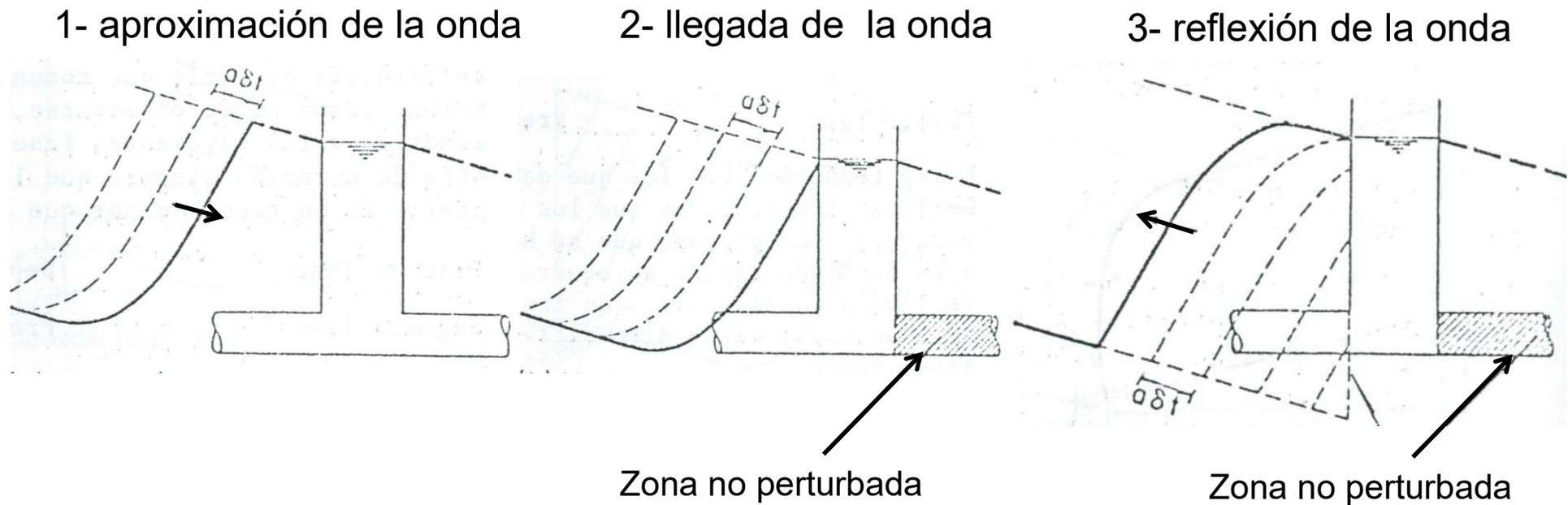


CHIMENEA DE EQUILIBRIO O TANQUE DE OSCILACIÓN



CHIMENEA DE EQUILIBRIO O TANQUE DE OSCILACIÓN

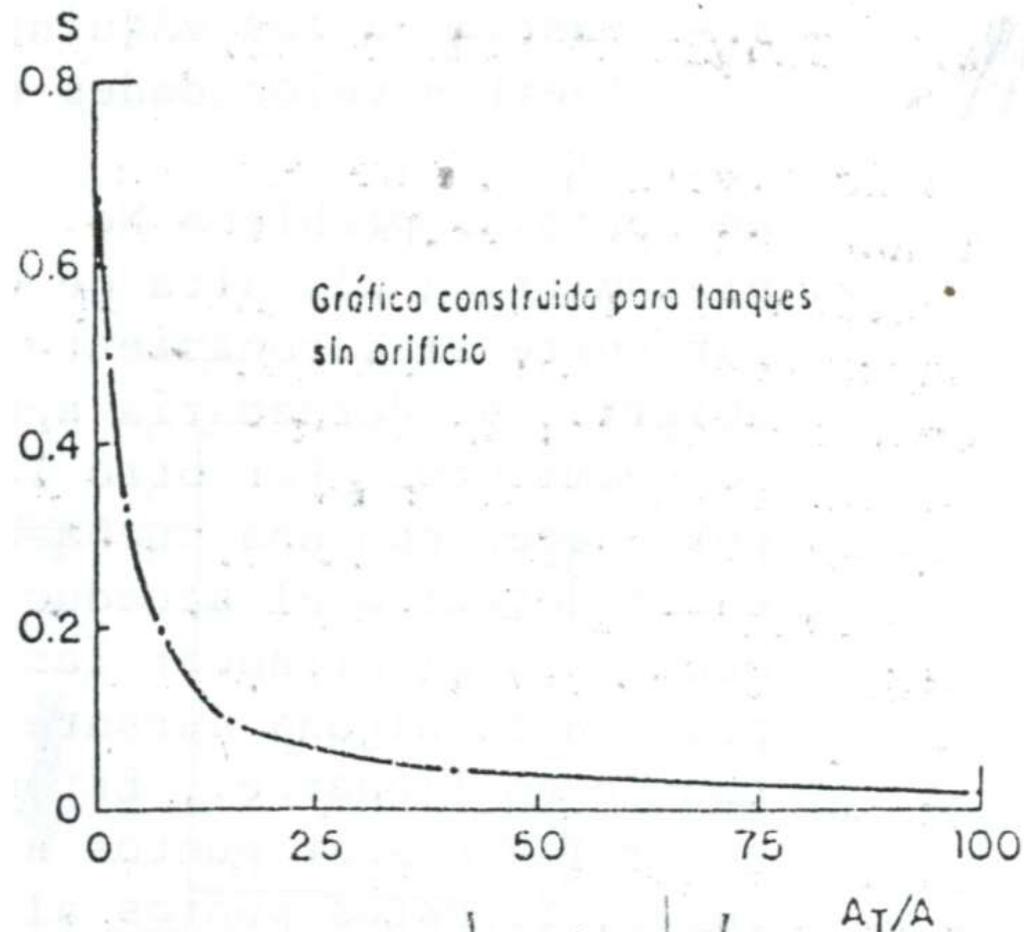
Operación idealizada ante una onda de depresión:



CHIMENEA DE EQUILIBRIO O TANQUE DE OSCILACIÓN

Coeficiente de transmisión (s) en relación a la relación A_T/A

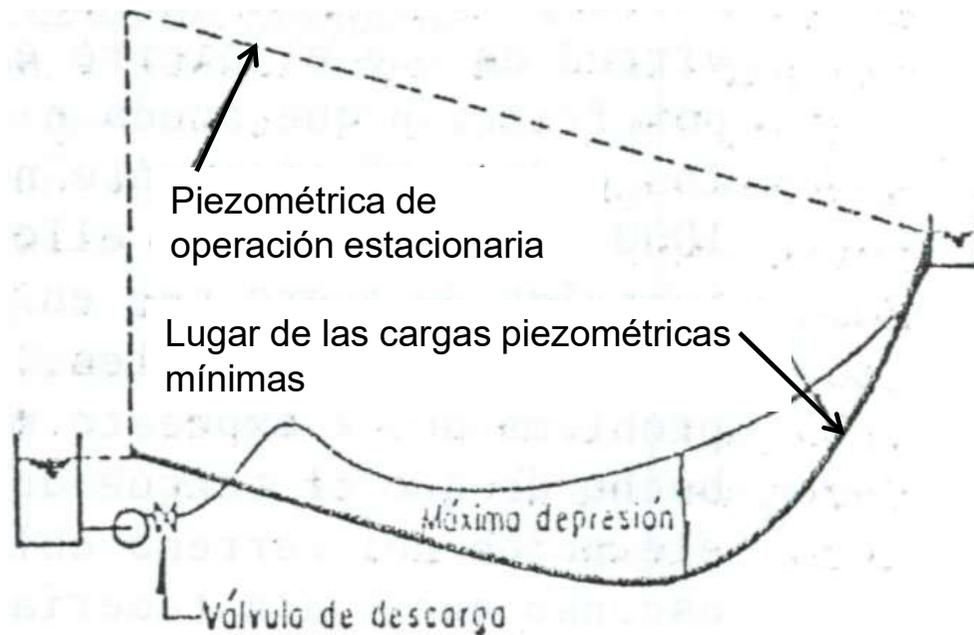
Gráfica construida a partir de evaluación teórica y datos experimentales (Mosonyi y Seth, 1975)



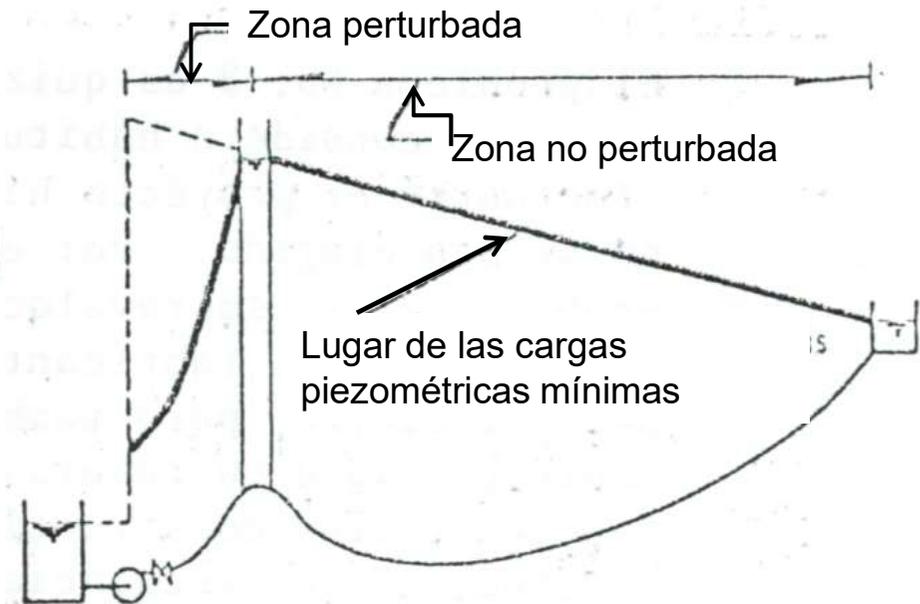
CHIMENEA DE EQUILIBRIO O TANQUE DE OSCILACIÓN

Lugar geométrico de las cargas piezométricas mínimas:

Sin tanque de oscilación:



Con tanque de oscilación (ideal):



CHIMENEA DE EQUILIBRIO O TANQUE DE OSCILACIÓN

❑ Ventajas:

- No requiere mantenimiento mecánico.
- Logra proteger todo el tramo aguas abajo del mismo, no requiriéndose otros dispositivos de protección.

❑ Desventajas:

- Su coronamiento debe estar por sobre la piezométrica máxima posible de operación.
- Su desplante debe estar por debajo de la piezométrica correspondiente a gasto nulo.
- Castiga en cuanto a sobrepresiones a tramo entre bomba y tanque.
- Sin válvula de retención fuertes velocidades de reversa en máquinas, con válvula de retención se agrava el problema de check slam.

⇒ Implantar preferiblemente en puntos altos y próximos a las bombas.

CHIMENEA DE EQUILIBRIO O TANQUE DE OSCILACIÓN

Parámetros de diseño:

- $H_{\text{máx}}$: altura de la chimenea, por sobre piezométrica máxima de régimen.
- A_T : tal que la magnitud de la onda transmitida proteja a la tubería.

CHIMENEA DE EQUILIBRIO O TANQUE DE OSCILACIÓN - ECUACIONES

Ec. dinámica:

$$h_{1P} = h_{2P} = Z_P$$

Ec. conservación de la masa: $Q_{1P} = Q_{2P} + Q_{TP}$

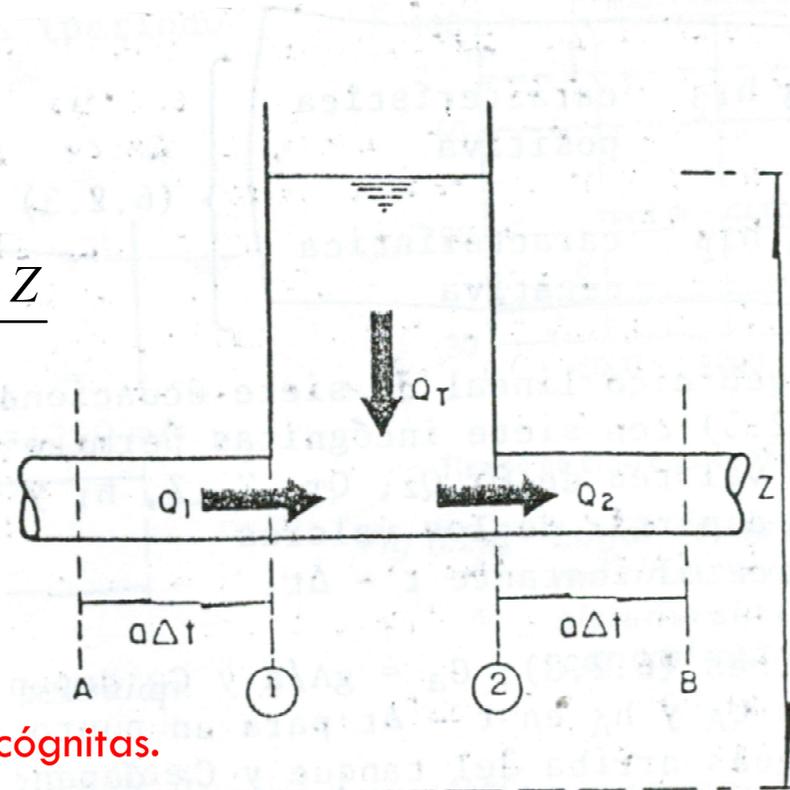
$$Q_{TP} = A_T \frac{dZ}{dt} = A_T \frac{Z_P - Z}{\Delta t}$$

Ec. característica positiva:

$$Q_{1P} = C_P - C_{a1} h_{1P}$$

Ec. característica negativa:

$$Q_{2P} = C_n + C_{a2} h_{2P}$$



A_T área del tanque

Sistema algebraico lineal de seis ecuaciones y seis incógnitas.

Permite conocer las incógnitas en un instante t a partir de conocer las mismas en un instante $t - \Delta t$.

CHIMENEA DE EQUILIBRIO O TANQUE DE OSCILACIÓN

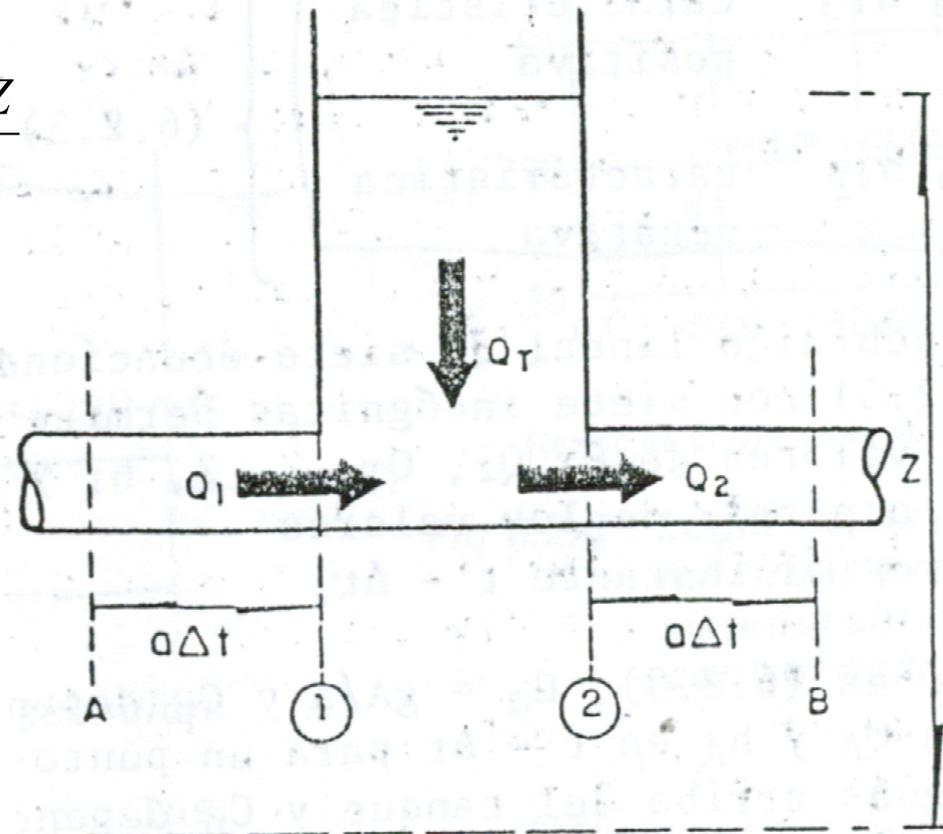
- ECUACIONES

Sustituyendo las dos ecuaciones características y la ecuación dinámica en la ecuación de conservación de la masa:

$$C_P - C_{a1}Z_P = C_n - C_{a2}Z_P + A_T \frac{Z_P - Z}{\Delta t}$$

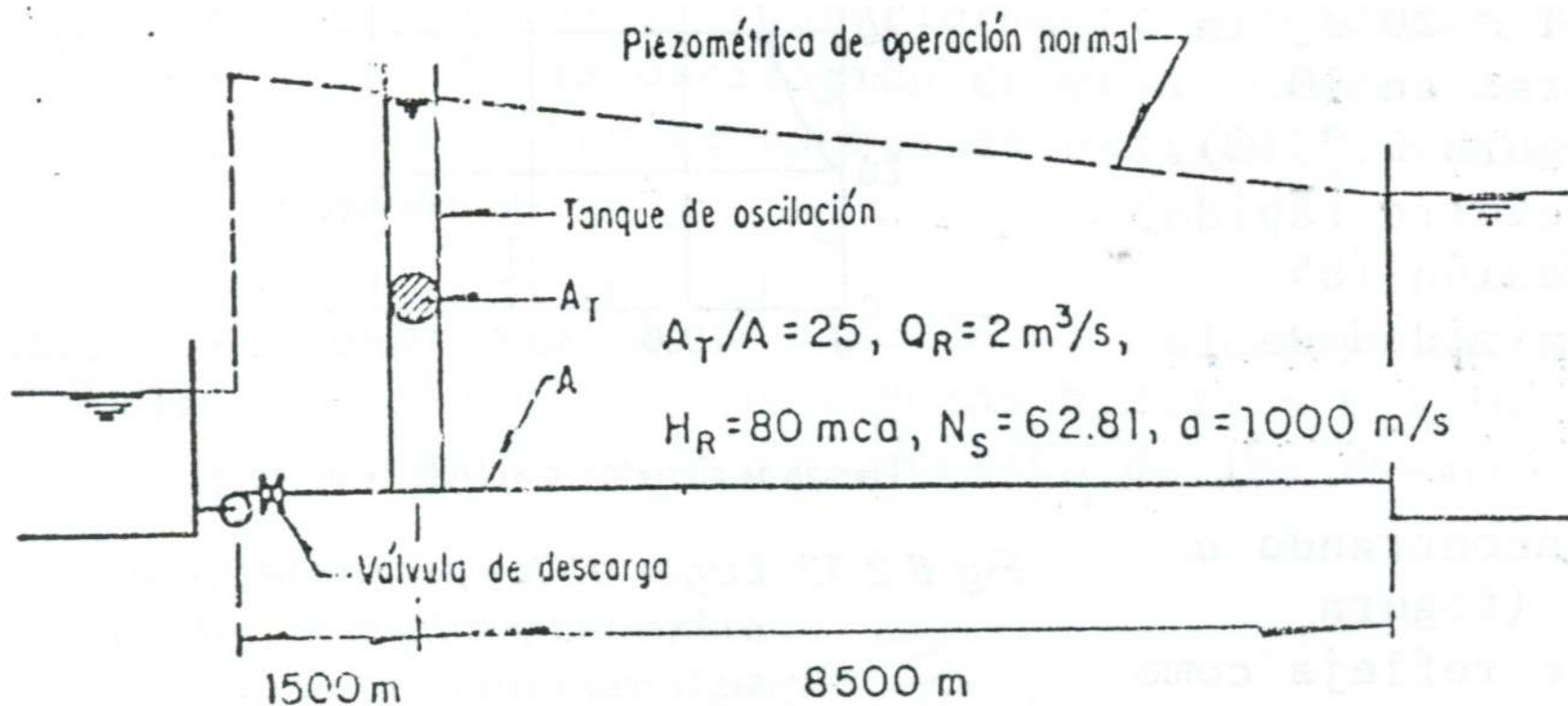
Despejando Z_P :

$$Z_P = \frac{C_P - C_n + A_T \frac{Z}{\Delta t}}{C_{a1} + C_{a2} + \frac{A_T}{\Delta t}}$$



A_T área del tanque

EJEMPLO TANQUE DE OSCILACIÓN

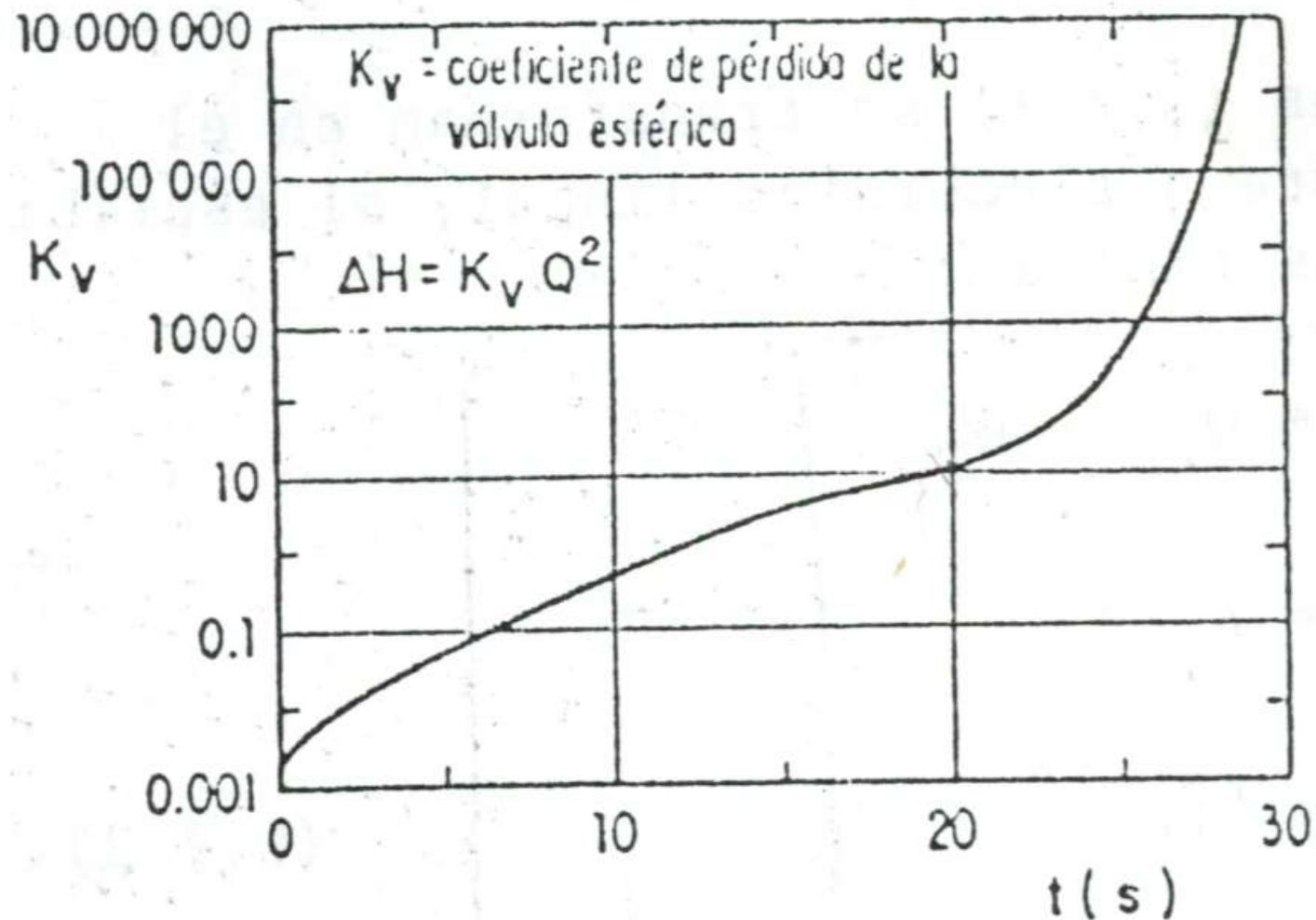


Tiempo de cierre válvula de descarga: 30s

Período de la tubería: 20s.

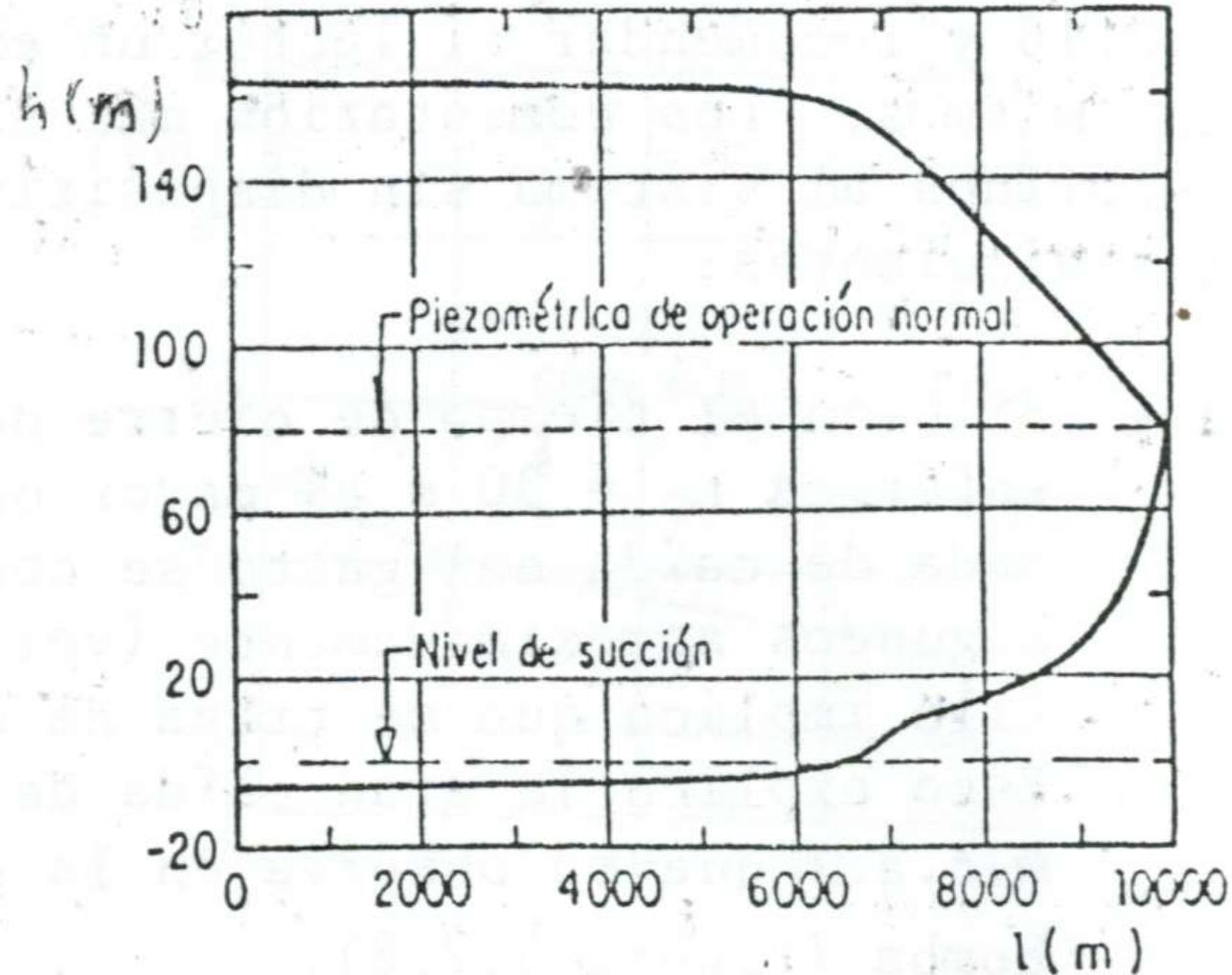
EJEMPLO TANQUE DE OSCILACIÓN

- Ley de cierre de la válvula:



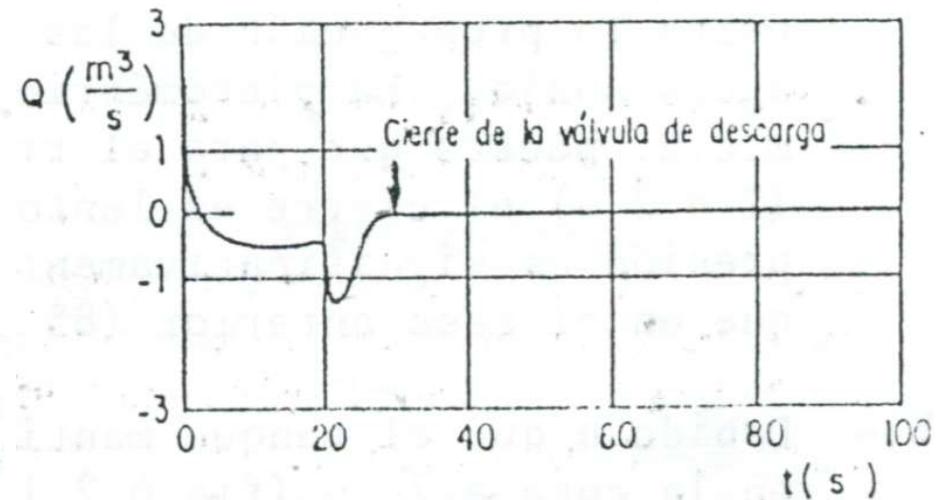
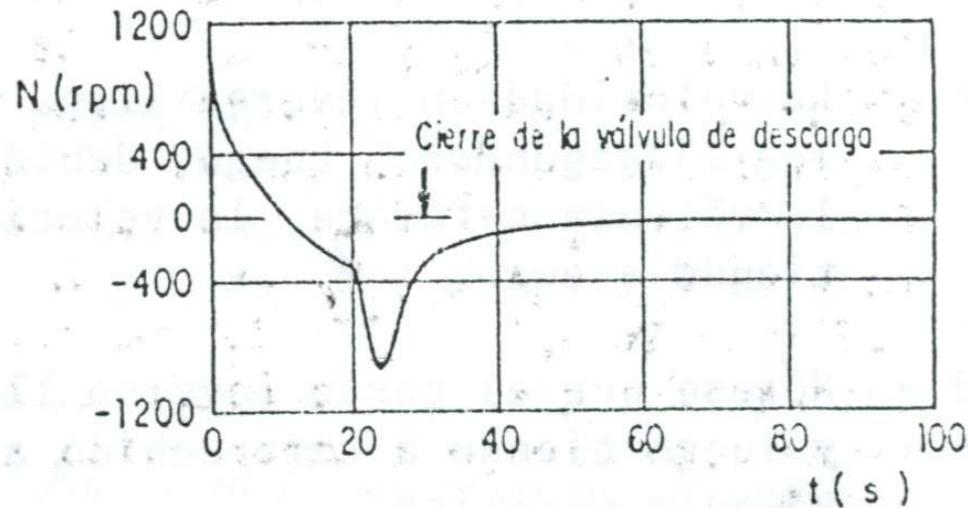
EJEMPLO TANQUE DE OSCILACIÓN

- Piezométricas extremas SIN tanque de oscilación



EJEMPLO TANQUE DE OSCILACIÓN

- Velocidad de giro y caudal SIN tanque de oscilación

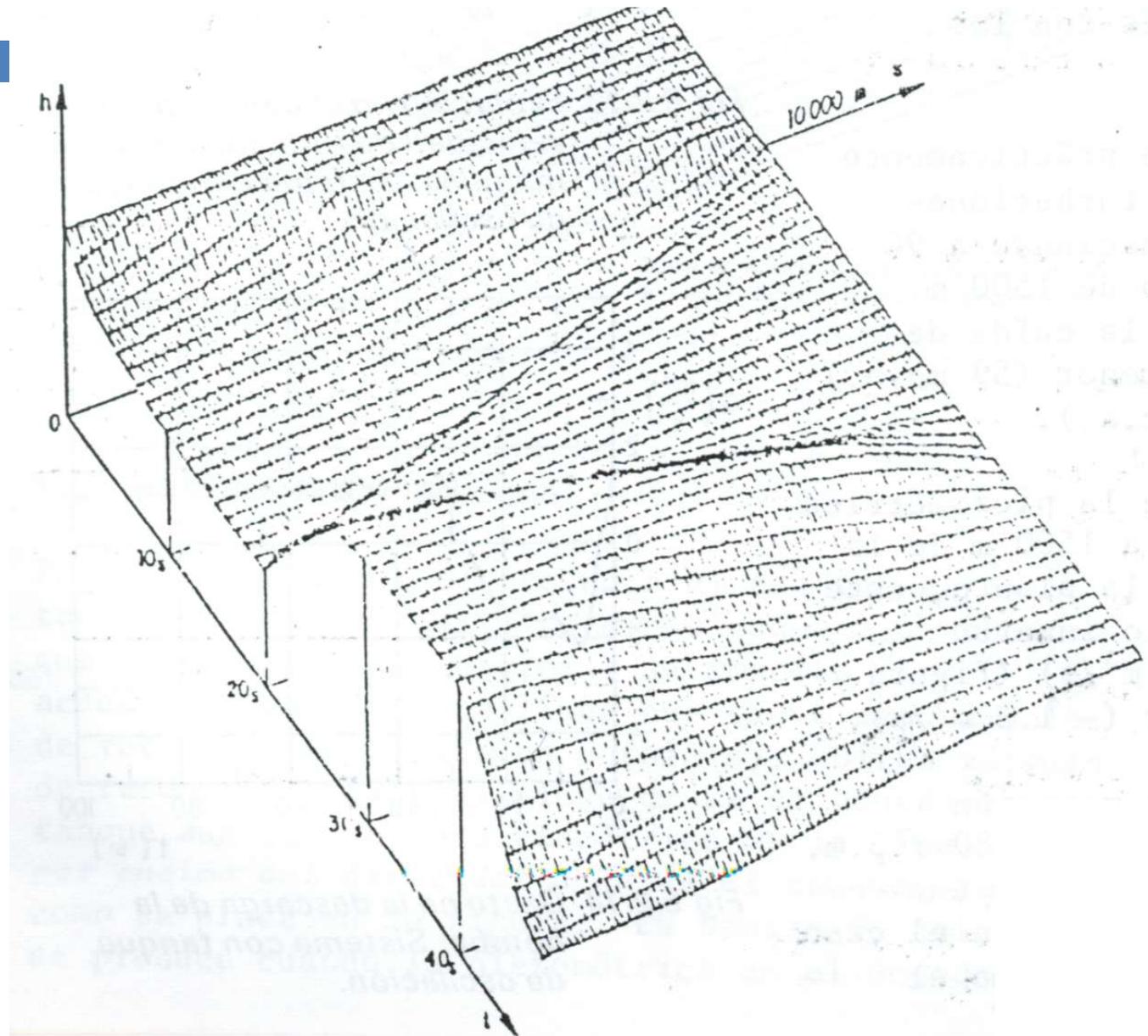


La onda de caída de gasto se conforma a los 10s aproximadamente, debido a la baja inercia de la bomba.

Vreversa máxima = - 870 rpm, a los 23 s.

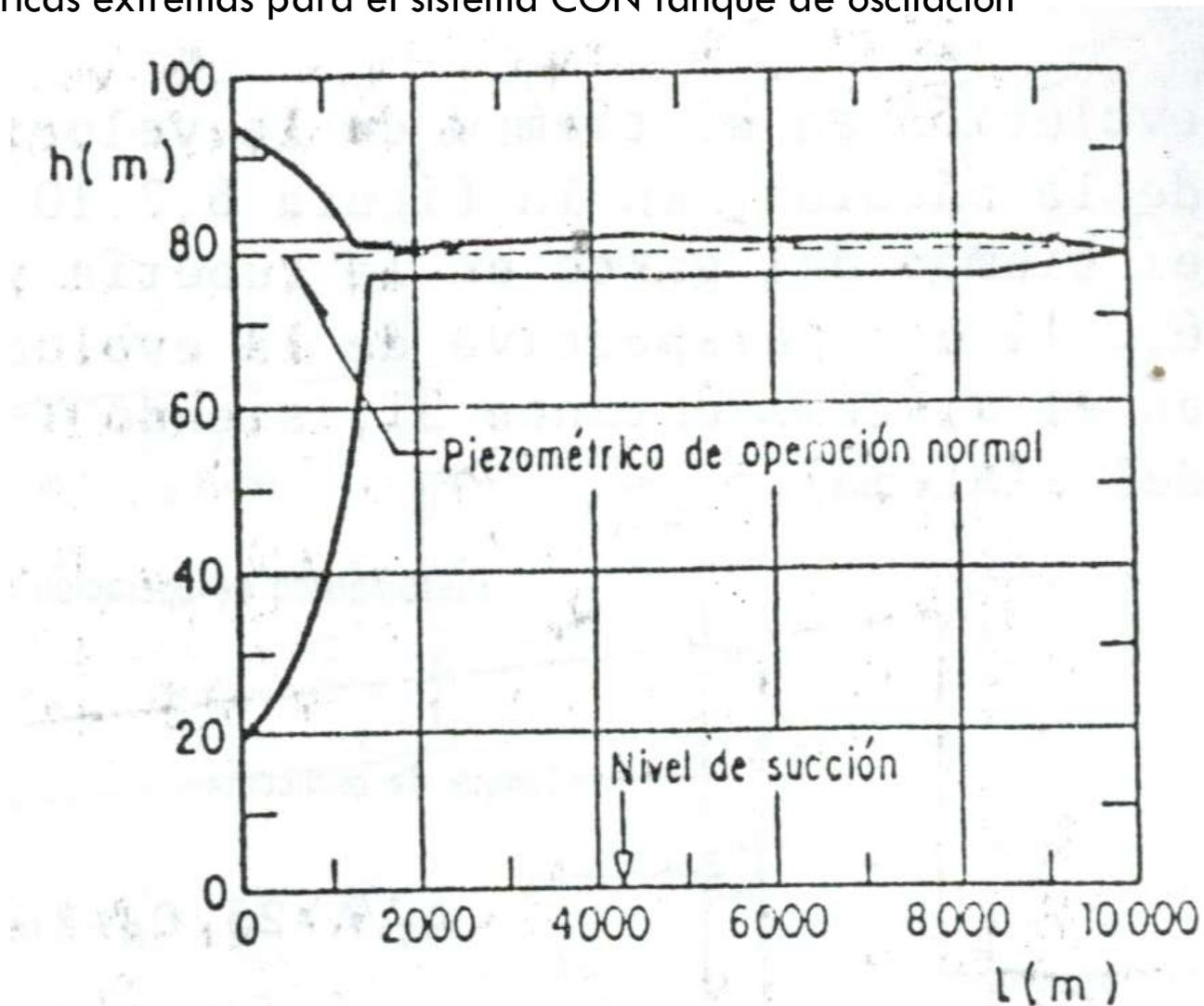
EJEMPLO TANQUE DE OSCILACIÓN

Perspectiva de la evolución de la onda de CARGA durante $3T$ SIN chimenea de equilibrio.



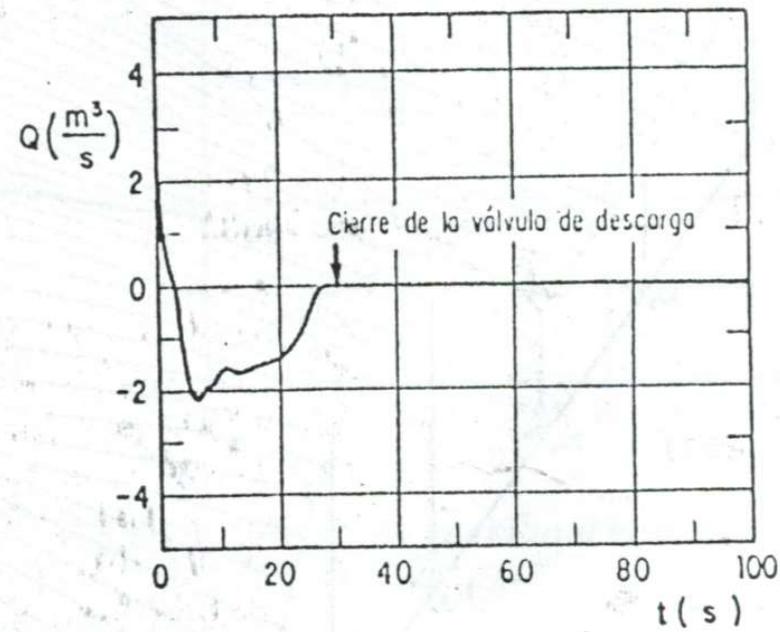
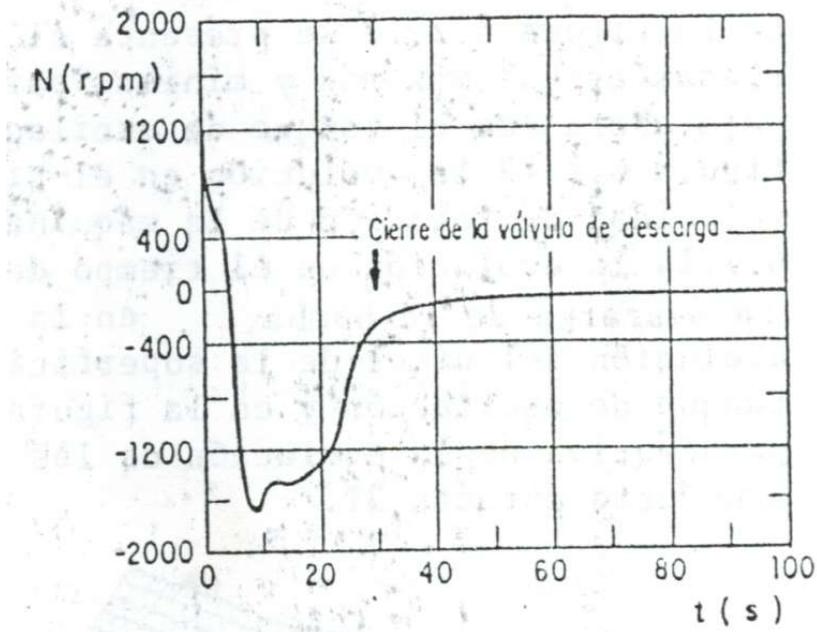
EJEMPLO TANQUE DE OSCILACIÓN

- Piezométricas extremas para el sistema CON tanque de oscilación



EJEMPLO TANQUE DE OSCILACIÓN

Evolución de la velocidad de giro y del caudal para el sistema CON tanque de oscilación



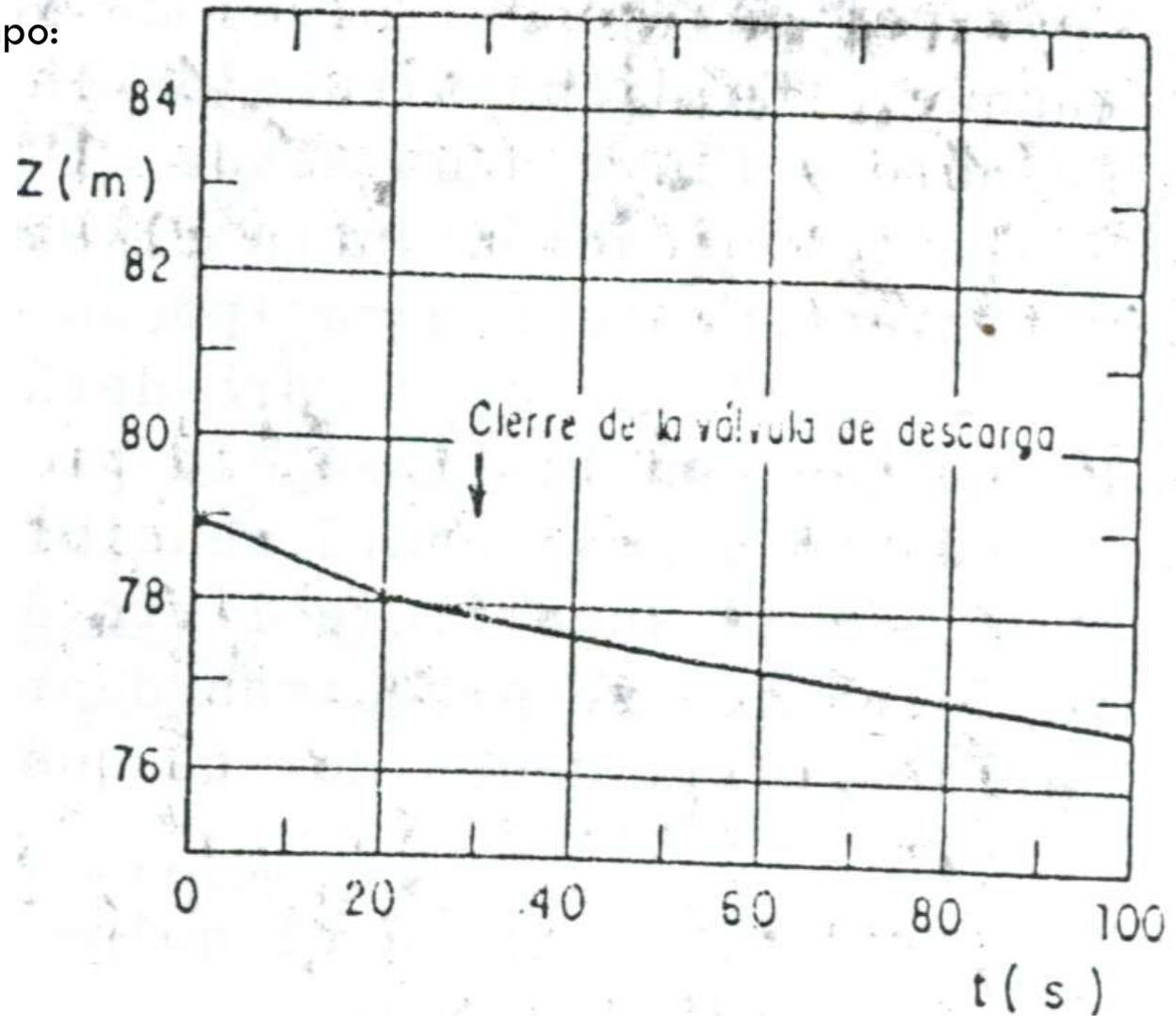
Fuerte gradiente de cargas entre el tanque de oscilación y la bomba induce un caudal inverso considerablemente mayor (-2.2 $\frac{m^3}{s}$) que en el caso sin protección (-1.3 $\frac{m^3}{s}$).

Velocidad reversa máx = -1680 rpm.

⇒ El tanque de oscilación castiga a la bomba.

EJEMPLO TANQUE DE OSCILACIÓN

Nivel del tanque en el tiempo:



EJEMPLO TANQUE DE OSCILACIÓN

Perspectiva de la evolución de la onda de CARGA durante $3T$
CON chimenea de equilibrio

