

Clase No.12: Estática de los fluidos

Fuerzas sobre superficies planas, principios de flotación y equilibrio relativo de fluidos en movimiento

Luis Alejandro Morales
<https://lamhydro.github.io>

Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá

September 16, 2022



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Table of Contents

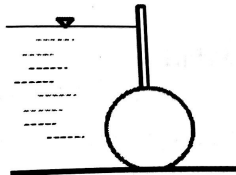
- 1 Fuerzas sobre superficies curvas
- 2 Fuerzas hidroestáticas con diferentes fluidos
- 3 Principios de flotacion
- 4 Equilibrio relativo de fluidos en movimiento

Fuerzas sobre superficies curvas

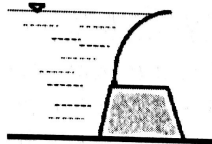
Fuerzas sobre superficies curvas: Aplicaciones

Necesaria en la estimación de fuerzas sobre estructuras hidráulicas curvas como:

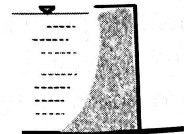
- compuertas tipo tambor
- compuertas radiales
- Cara superior tipo parábola en presas



Compuerta tipo tambor



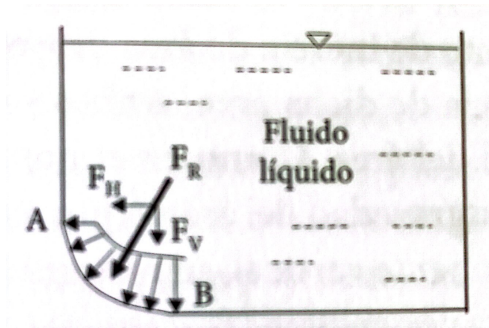
Compuerta tipo radial



Presa con talud
tipo parábola

Fuerzas sobre superficies curvas: Fuerzas

En una superficie curva sumergida, la fuerza hidroestática cambia de dirección dependiendo de la posición sobre la superficie. Para facilitar el cálculo, es necesario estimar las componentes horizontal F_H y vertical F_V de la fuerza resultante F_R sobre la superficie curva.



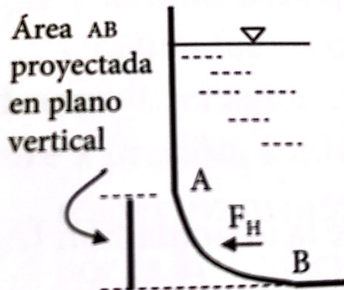
Fuerzas sobre superficies curvas: F_H

La fuerza horizontal F_H sobre la proyección de la superficie curva es:

$$F_H = \gamma [h_c A]_{\text{proyección}}$$

donde:

- γ : Peso específico del fluido en reposo.
- h_c : distancia vertical medida desde la superficie hasta el centro de gravedad de la superficie proyectada
- A : Area de la superficie proyectada sobre el plano vertical.



Fuerzas sobre superficies curvas: y_p y x_p para F_H

Como F_H se aplica en el centro de presiones p del area proyectada en un plano vertical, se tiene:

$$y_p = \left[y_c + \frac{\bar{I}_c}{y_c A} \right]_{\text{proyección}}$$

$$x_p = \left[x_c + \frac{\bar{I}_{xy}}{x_c A} \right]_{\text{proyección}}$$

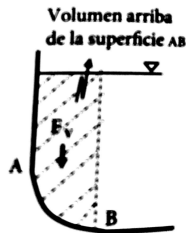
donde

- \bar{I}_c : Momento de inercia con respecto al centro de gravedad del area proyectada en un plano vertical.
- \bar{I}_{xy} : Producto de inercia con respecto al centro de gravedad del area proyectada en un plano vertical.
- x_c y y_c son las coordenadas del centro de gravedad del area proyectada en un plano vertical.

Fuerzas sobre superficies curvas: F_V

La componente vertical F_V se calcula como el peso del fluido que esta por encima (físicamente o no).

$$F_V = \gamma[V]_{arriba}$$



El punto de aplicación de F_V es el centro de gravedad del volumen situado arriba de la superficie curva:

$$y_p = [y_c]_{V_{arriba}} = \frac{\int_V y dV}{\int_V dV}$$

$$x_p = [x_c]_{V_{arriba}} = \frac{\int_V x dV}{\int_V dV}$$

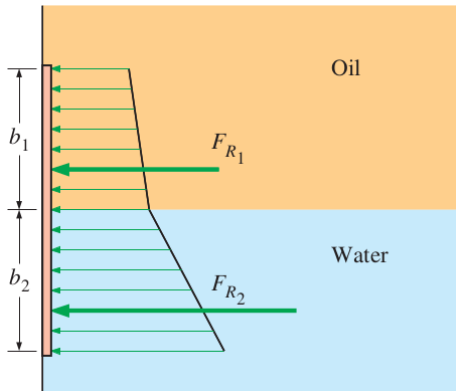
Finalmente, la magnitud de la fuerza F_R se calcula como:

$$\sqrt{F_H^2 + F_V^2}$$

Fuerzas hidroestáticas con diferentes fluidos

Fuerzas hidroestáticas con diferentes fluidos

Las ecuaciones vistas hasta le momento son validas para fluidos de densidad uniforme. Si el fluido esta conformado por capas de fluidos de diferentes densidades, la distribucion lineal de presiones cambia en cada capa.



Fuerzas hidroestáticas con diferentes fluidos

Sin embargo las ecuaciones vistas anteriormente pueden ser aplicadas a cada capa i y las $F_{R,i}$ pueden ser adicionadas para calcular la F_R :

$$F_R = \sum F_{R,i} = \sum P_{C,i} A_i$$

donde:

- $P_{C,i} = P_0 + \rho_i h_{C,i}$ es la presión en el centroide de la porción de la superficie en el fluido i .
- A_i es el área de la superficie en ese fluido. El centro de presión de F_R puede ser encontrado calculando la suma de los momentos de cada fuerza $F_{R,i}$ con respecto a un punto determinado (e.g. la superficie de agua).

$$y_p = \frac{\sum F_{R,i} y_{p,i}}{F_R} \quad x_p = \frac{\sum F_{R,i} x_{p,i}}{F_R}$$

Principios de flotacion

Equilibrio relativo de fluidos en movimiento