

## MF. T2.- Estática de Fluidos

Las transparencias son el material de apoyo del profesor para impartir la clase. No son apuntes de la asignatura. Al alumno le pueden servir como guía para recopilar información (libros, ...) y elaborar sus propios apuntes

Departamento: Ingeniería Eléctrica y Energética  
Area: Máquinas y Motores Térmicos

CARLOS J RENEDO [renedoc@unican.es](mailto:renedoc@unican.es)

Despachos: ETSN 236 / ETSIIT S-3 28

<http://personales.unican.es/renedoc/index.htm>

Tlfn: ETSN 942 20 13 44 / ETSIIT 942 20 13 82

1

## T2.- ESTATICA DE FLUIDOS

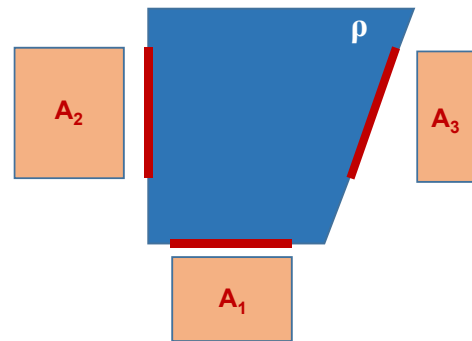
- 1.- Presión
- 2.- Fuerzas sobre Cuerpos Sumergidos (Principio de Arquímedes)
- 3.- Flotabilidad y Estabilidad
- 4.- Fuerza Ejercida sobre una Superficie Plana
- 5.- Fuerza Ejercida sobre una Superficie Curva

2

2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (I)

Superficie **rectangular** sumergida (I):

- Horizontal ( $A_1$ )
- Vertical ( $A_2$ )
- Inclinada ( $A_3$ )

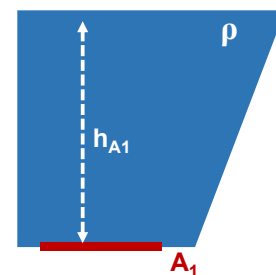


3

2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (I)

Superficie **rectangular** sumergida (I):

- **Horizontal** ( $A_1$ )
- Vertical ( $A_2$ )
- Inclinada ( $A_3$ )



4

2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (I)

Superficie **rectangular** sumergida (I):

• **Horizontal** ( $A_1$ ) →  $F = P \cdot A = (\rho \cdot g \cdot h_{A_1}) \cdot A_1$

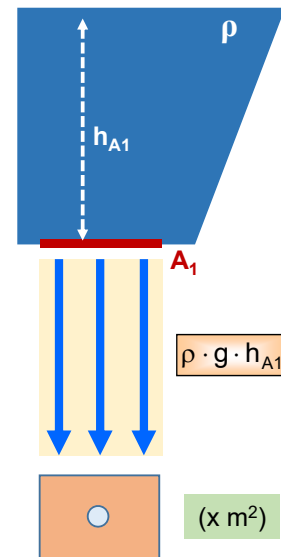
• Vertical ( $A_2$ )

• Inclínada ( $A_3$ )

Aplicada en el centro de presiones de  $A_1$

$\gamma$  peso específico del fluido

$h_{A_1}$  es la altura de la columna de líquido encima de  $A_1$



Con 2 aristas paralelas a la superficie del líquido

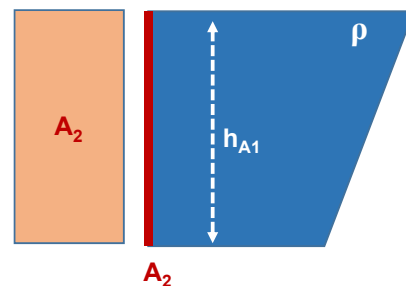
2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (II)

Superficie **rectangular** sumergida (II):

• Horizontal

• **Vertical** ( $A_2$ ) →  $F = P_{\text{Promedio}} \cdot A_2$

• Inclínada

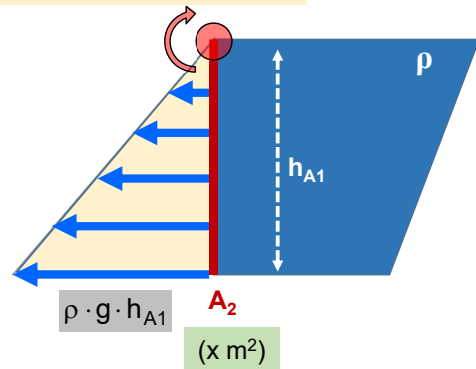


2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (II)

Superficie **rectangular** sumergida (II):

- Horizontal
- **Vertical** ( $A_2$ )
- Inclinada

$$F = P_{\text{Promedio}} \cdot A_2$$

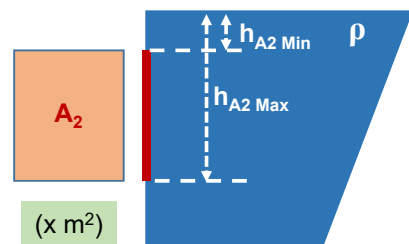


2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (II)

Superficie **rectangular** sumergida (II):

- Horizontal
- **Vertical** ( $A_2$ )
- Inclinada

$$F = P_{\text{Promedio}} \cdot A_2$$

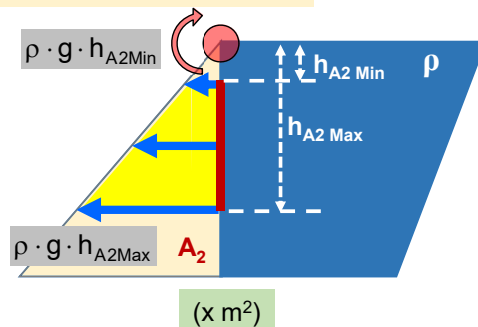


## 2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (II)

Superficie **rectangular** sumergida (II):

- Horizontal
- **Vertical** ( $A_2$ )
- Inclinada

$$F = P_{\text{Promedio}} \cdot A_2$$



## 2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (II)

Superficie **rectangular** sumergida (II):

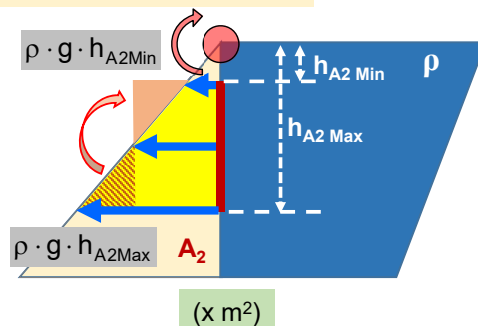
- Horizontal
- **Vertical** ( $A_2$ )
- Inclinada

$$F = P_{\text{Promedio}} \cdot A_2$$

$P_{\text{Promedio}}$  es la existente en el centro de gravedad de la pared

$$F = (\rho \cdot g \cdot h_{cg2}) \cdot A_2$$

Aplicada en el centro de presiones de  $A_2$  ( $h_{cp2}$ )



2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (II)

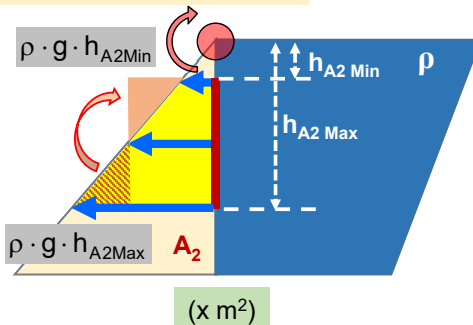
Superficie **rectangular** sumergida (II):

- Horizontal
- **Vertical** ( $A_2$ )
- Inclinada

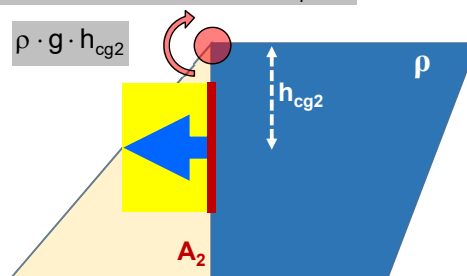
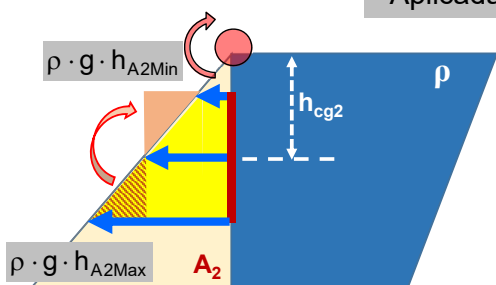
$$F = P_{\text{Promedio}} \cdot A_2$$

$P_{\text{Promedio}}$  es la existente en el centro de gravedad de la pared

$$F = (\rho \cdot g \cdot h_{\text{cg2}}) \cdot A_2$$



Aplicada en el centro de presiones de  $A_2$  ( $h_{\text{cp2}}$ )



2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (II)

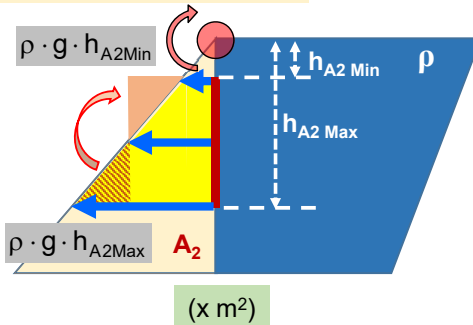
Superficie **rectangular** sumergida (II):

- Horizontal
- **Vertical** ( $A_2$ )
- Inclinada

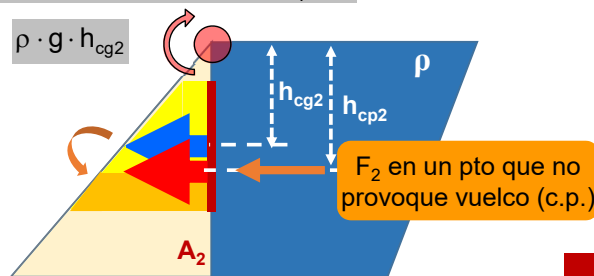
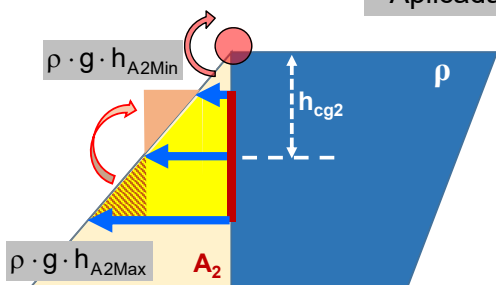
$$F = P_{\text{Promedio}} \cdot A_2$$

$P_{\text{Promedio}}$  es la existente en el centro de gravedad de la pared

$$F = (\rho \cdot g \cdot h_{\text{cg2}}) \cdot A_2$$



Aplicada en el centro de presiones de  $A_2$  ( $h_{\text{cp2}}$ )



2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (II)

Superficie **rectangular** sumergida (II):

- Horizontal
- **Vertical** ( $A_2$ )
- Inclinada

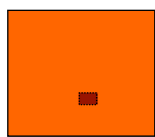
$$F = P_{\text{Promedio}} \cdot A_2$$

$P_{\text{Promedio}}$  es la existente en el centro de gravedad de la pared

$$F = (\rho \cdot g \cdot h_{\text{cg}2}) \cdot A_2$$

Aplicada en el centro de presiones de  $A_2$  ( $h_{\text{cp}2}$ )

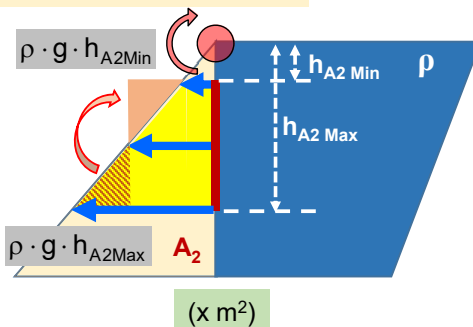
(c.p.) con relación al eje de giro de  $A_2$ , el momento de la resultante sobre el c.p. es igual a la suma de todos los momentos de los  $dA$



$$dA \Rightarrow dF$$

$$A \Rightarrow F$$

$$F_2 \cdot h_{\text{cp}2} = \int y \cdot dF = \int h \cdot dF$$



$F_2$  en un pto que no provoque vuelco (c.p.)

2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (II)

Superficie **rectangular** sumergida (II):

- Horizontal
- **Vertical** ( $A_2$ )
- Inclinada

$$F = P_{\text{Promedio}} \cdot A_2$$

$P_{\text{Promedio}}$  es la existente en el centro de gravedad de la pared

$$F = (\rho \cdot g \cdot h_{\text{cg}2}) \cdot A_2$$

$$F_2 \cdot h_{\text{cp}2} = \int y \cdot dF = \int h \cdot dF = \int h \cdot p(h) dA = \int h \cdot (\rho \cdot g \cdot h) dA = \rho \cdot g \cdot \int h^2 \cdot dA$$

(c.p.) con relación al el momento sobre el c.p. e de todos los m

$$h_{\text{cp}2} = \frac{\rho \cdot g \cdot \int h^2 \cdot dA}{F_2} = \frac{\rho \cdot g \cdot \int h^2 \cdot dA}{\rho \cdot g \cdot h_{\text{cg}2} \cdot A_2} = \frac{\int h^2 \cdot dA}{h_{\text{cg}2} \cdot A_2} = \frac{I_{\text{cg}}}{h_{\text{cg}2} \cdot A_2}$$

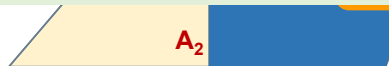
$$h_{\text{cp}} = h_{\text{cg}} + \frac{I_{\text{cg}}}{h_{\text{cg}} \cdot A}$$

o que no vuelco (c.p.)

$$F_2 \cdot h_{\text{cp}2} = \int y \cdot dF = \int h \cdot dF$$

$$dA \Rightarrow dF$$

$$A \Rightarrow F$$



2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (II)

Superficie **rectangular** sumergida (II):

- Horizontal
- **Vertical** ( $A_2$ )
- Inclinada

$$F = P_{\text{Promedio}} \cdot A_2$$

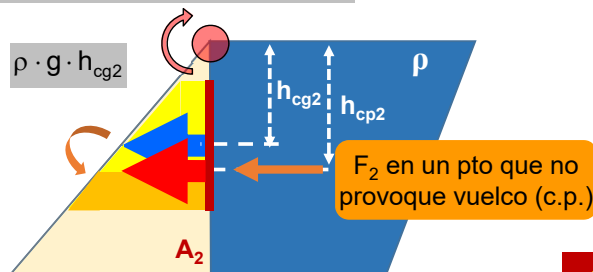
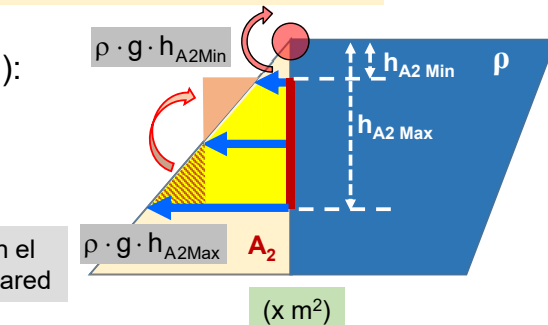
$P_{\text{Promedio}}$  es la existente en el centro de gravedad de la pared

$$F = (\rho \cdot g \cdot h_{cg2}) \cdot A_2$$

Aplicada en el centro de presiones de  $A_2$  ( $h_{cp2}$ )

$$h_{cp} = h_{cg} + \frac{I_{cg}}{h_{cg} \cdot A}$$

$I_{cg}$  es el momento de inercia respecto al centro de gravedad (c.g.) de la superficie



2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (II)

Superficie **rectangular** sumergida (II):

- Horizontal
- **Vertical** ( $A_2$ )
- Inclinada

$$F = P_{\text{Promedio}} \cdot A_2$$

$P_{\text{Promedio}}$  es la existente en el centro de gravedad de la pared

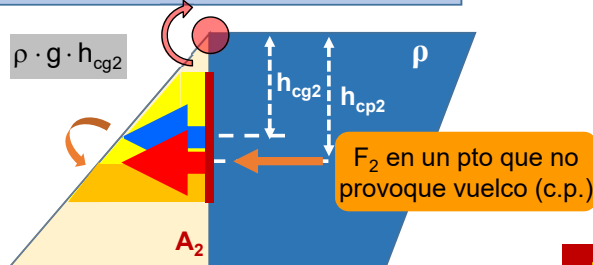
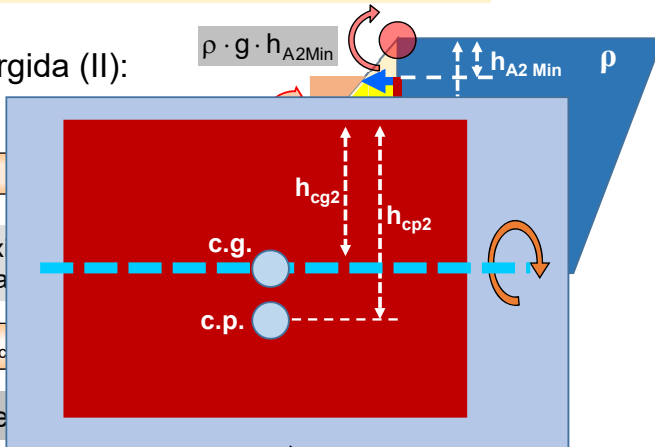
$$F = (\rho \cdot g \cdot h_{cg2}) \cdot A_2$$

Aplicada en el centro de presiones de  $A_2$  ( $h_{cp2}$ )

**Teorema de Steiner**  
 $I_{\text{eje paral}} = I_{c.m.} + M \cdot d_{c.m.}^2$

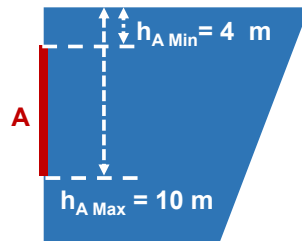
$$h_{cp} = h_{cg} + \frac{I_{cg}}{h_{cg} \cdot A}$$

$I_{cg}$  es el momento de inercia respecto al centro de gravedad (c.g.) de la superficie



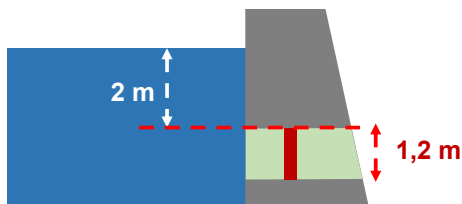


Determinar la fuerza debida a la acción del agua sobre una compuerta plana rectangular de 5 m de longitud



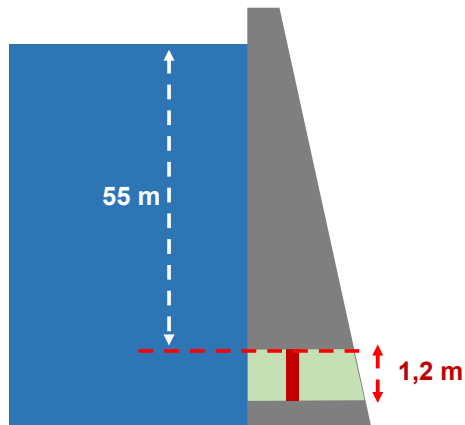
17

Determinar el empuje y su posición sobre la compuerta rectangular de 1,2 m de altura y 0,6 m de ancho situada a 2 m de altura respecto a la cota de la presa



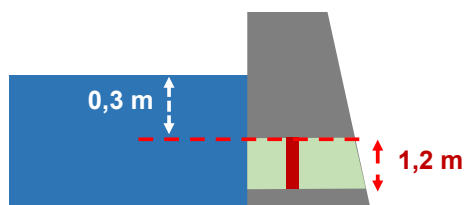
18

Determinar el empuje y su posición sobre la compuerta rectangular de 1,2 m de altura y 0,6 m de ancho situada a 55 m de altura respecto a la cota de la presa



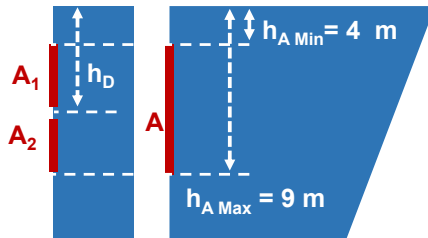
19

Determinar el empuje y su posición sobre la compuerta rectangular de 1,2 m de altura y 0,6 m de ancho situada a 0,3 m de altura respecto a la cota de la presa

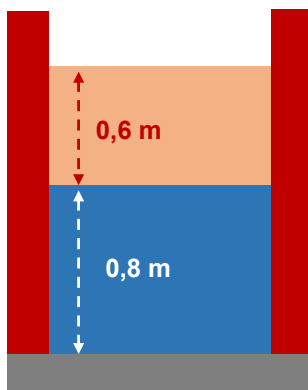


20

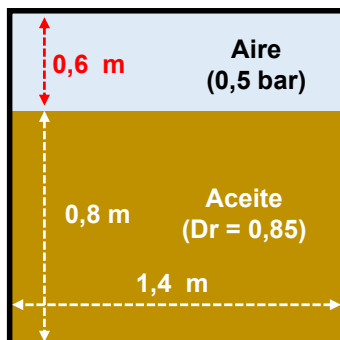
Determinar a que altura se debe dividir la compuerta para que las dos partes sufran el mismo empuje del agua



Calcular la fuerza sobre las paredes verticales de un recipiente cuadrado de 1 m de lado que contiene una capa de agua de 0,8 m y otra de aceite (DR = 0,85) de 0,6 m

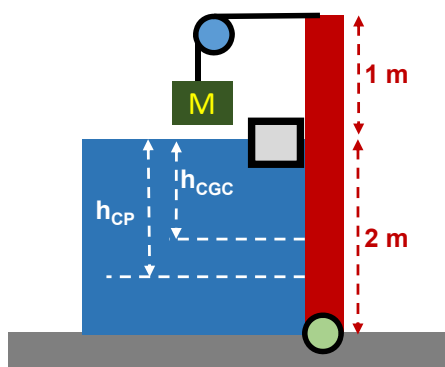


Un tanque cúbico de 1,4 m de arista contiene aceite  $D_r$  0,85 hasta una altura de 0,8 m, estando el aire de la parte superior a una presión manométrica de 0,5 bar. Calcular la fuerza sobre la cara superior, la inferior y en una cara lateral



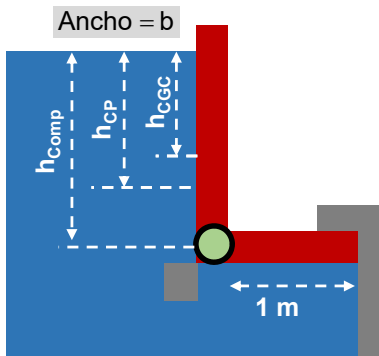
23

Una compuerta vertical de sección rectangular de 2 m de ancho cierra un canal; calcular el peso que se debe colocar para que la compuerta no abra cuando el canal esté lleno



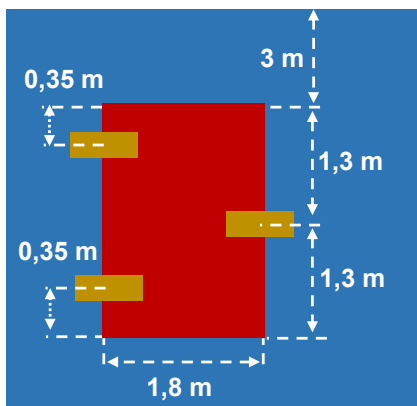
24

Determinar el nivel de agua necesario para que abra la compuerta



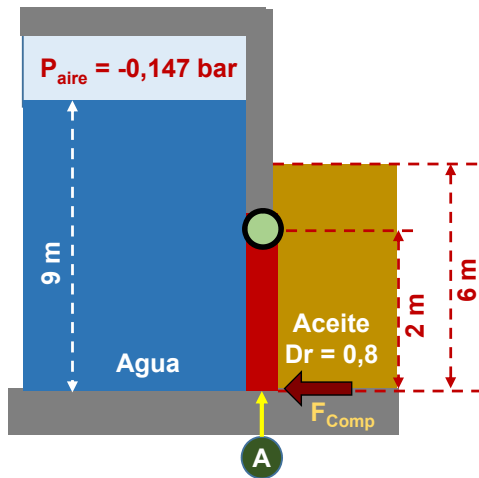
25

Calcular las fuerzas que provoca el agua sobre las dos bisagras y la aldaba de la puerta vertical de la figura

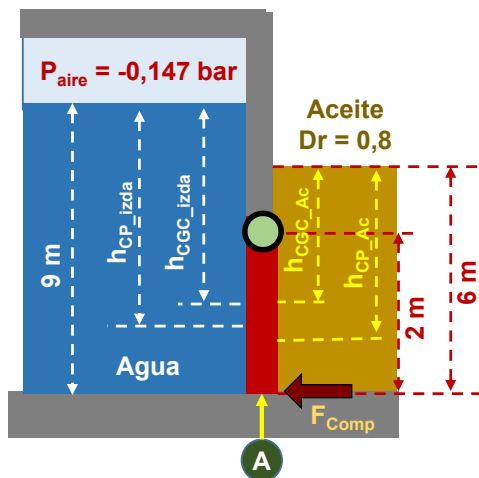


26

Determinar la fuerza horizontal que hay que aplicar en A para que la compuerta rectangular de 1 m de ancho permanezca en equilibrio



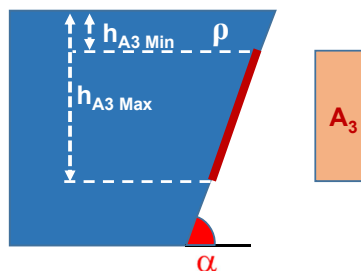
Determinar la fuerza horizontal que hay que aplicar en A para que la compuerta rectangular de 1 m de ancho permanezca en equilibrio



2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (III)

Superficie **rectangular** sumergida (III):

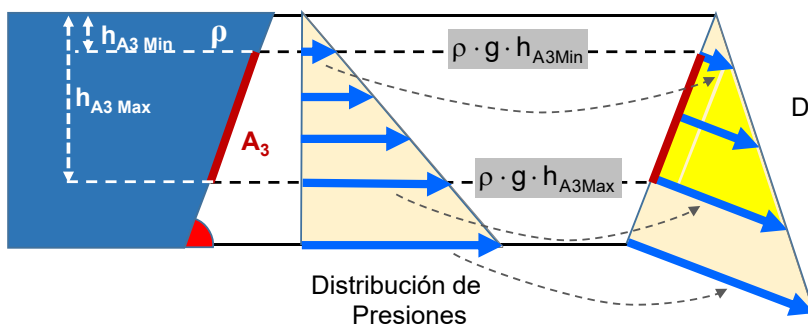
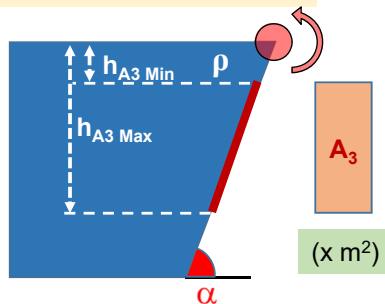
- Horizontal
- Vertical
- **Inclinada un ángulo  $\alpha$  respecto a la horizontal** ( $A_3$ )  $F = P_{\text{Promedio}} \cdot A_3$



2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (III)

Superficie **rectangular** sumergida (III):

- Horizontal
- Vertical
- **Inclinada un ángulo  $\alpha$  respecto a la horizontal** ( $A_3$ )  $F = P_{\text{Promedio}} \cdot A_3$



Distribución de Presiones [y (x m²) de Fuerzas] en la pared

2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (III)

Superficie **rectangular** sumergida (III):

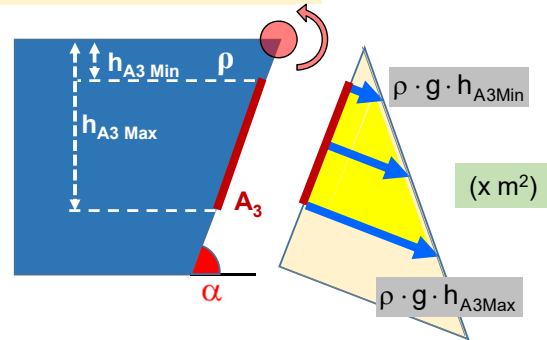
- Horizontal
- Vertical

• **Inclinada un ángulo  $\alpha$  respecto a la horizontal ( $A_3$ )**

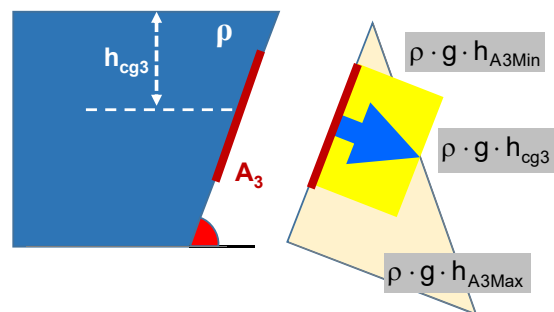
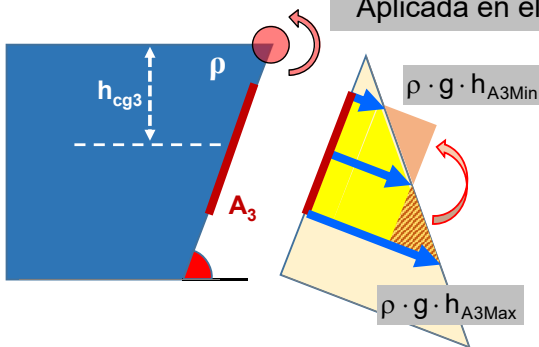
$$F = P_{\text{Promedio}} \cdot A_3$$

$P_{\text{Promedio}}$  es la existente en el centro de gravedad de la pared

$$F = (\rho \cdot g \cdot h_{\text{cg3}}) \cdot A_3$$



Aplicada en el centro de presiones de  $A_3$  ( $h_{\text{cg3}}$ )



2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (III)

Superficie **rectangular** sumergida (III):

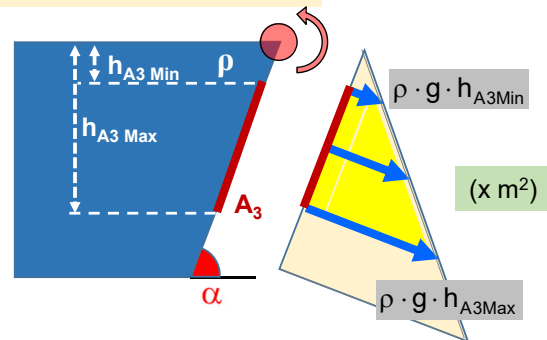
- Horizontal
- Vertical

• **Inclinada un ángulo  $\alpha$  respecto a la horizontal ( $A_3$ )**

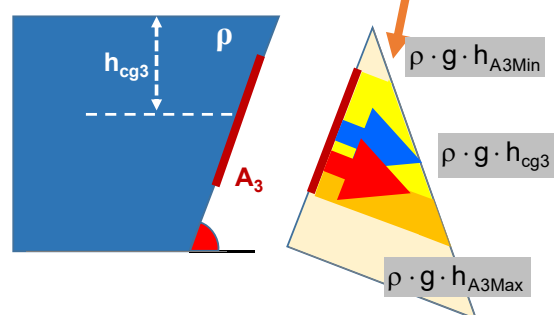
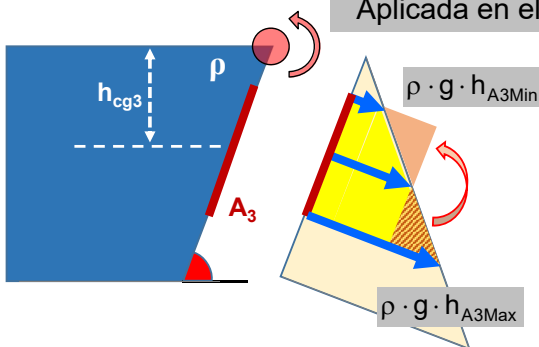
$$F = P_{\text{Promedio}} \cdot A_3$$

$P_{\text{Promedio}}$  es la existente en el centro de gravedad de la pared

$$F = (\rho \cdot g \cdot h_{\text{cg3}}) \cdot A_3$$



Aplicada en el centro de presiones de  $A_3$  ( $h_{\text{cg3}}$ )



$F_3$  en un pto que no provoque vuelco (c.p.)



2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (III)

Superficie **rectangular** sumergida (III):

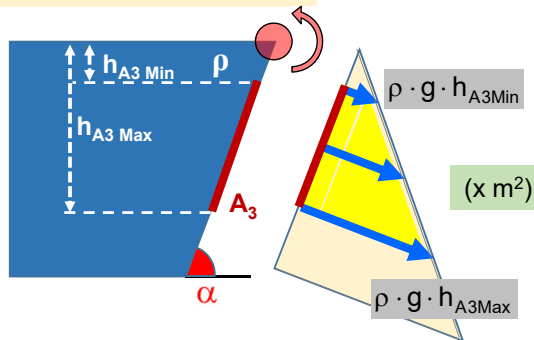
- Horizontal
- Vertical

- **Inclinada un ángulo  $\alpha$  respecto a la horizontal ( $A_3$ )**

$$F = P_{\text{Promedio}} \cdot A_3$$

$P_{\text{Promedio}}$  es la existente en el centro de gravedad de la pared

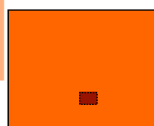
$$F = (\rho \cdot g \cdot h_{\text{cg3}}) \cdot A_3$$



Aplicada en el centro de presiones de  $A_3$  ( $h_{\text{cg3}}$ )

$F_3$  en un pto que no provoque vuelco (c.p.)

(c.p.) con relación al eje de giro de  $A_3$ , el momento ...



$$dA \Rightarrow dF$$

$$A \Rightarrow F$$

$$F_3 \cdot L_{\text{cp2}} = \int y \cdot dF = \int L \cdot dF$$

2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (III)

Superficie **rectangular** sumergida (III):

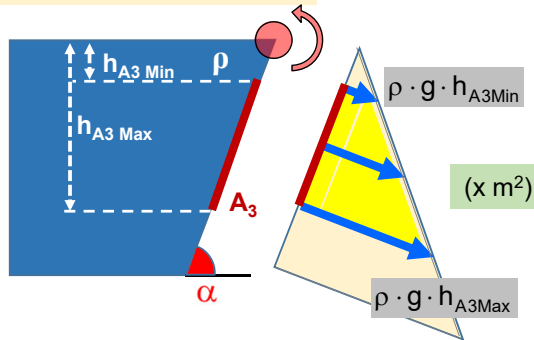
- Horizontal
- Vertical

- **Inclinada un ángulo  $\alpha$  respecto a la horizontal ( $A_3$ )**

$$F = P_{\text{Promedio}} \cdot A_3$$

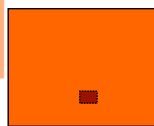
$P_{\text{Promedio}}$  es la existente en el centro de gravedad de la pared

$$F = (\rho \cdot g \cdot h_{\text{cg3}}) \cdot A_3$$



Aplicada en el centro de presiones de  $A_3$  ( $h_{\text{cg3}}$ )

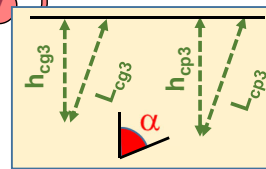
(c.p.) con relación al eje de giro de  $A_3$ , el momento ...



$$dA \Rightarrow dF$$

$$A \Rightarrow F$$

$$F_3 \cdot L_{\text{cp2}} = \int y \cdot dF = \int L \cdot dF$$



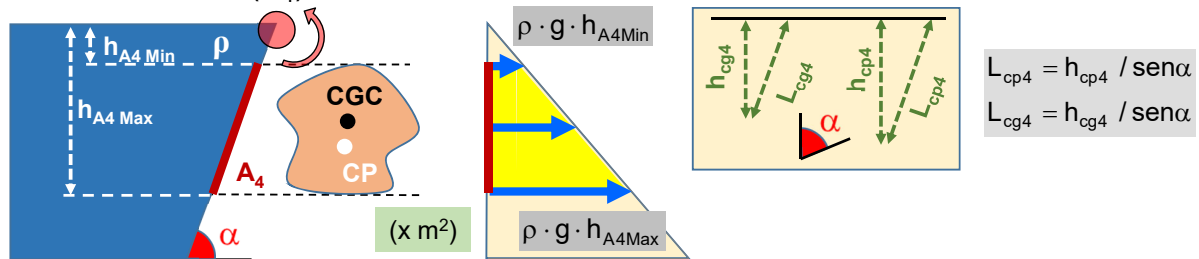
$$L_{\text{cp3}} = h_{\text{cp3}} / \text{sen} \alpha$$

$$L_{\text{cg3}} = h_{\text{cg3}} / \text{sen} \alpha$$

$$L_{\text{cp}} = L_{\text{cg}} + \frac{I_{\text{cg}}}{L_{\text{cg}} \cdot A}$$

2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (IV)

Superficie **plana irregular** sumergida inclinada un ángulo  $\alpha$  respecto a la horizontal ( $A_4$ )



$$F = P_{\text{Promedio}} \cdot A_4$$

$P_{\text{Promedio}}$  es la existente en el centro de gravedad de la pared

$$F = (\rho \cdot g \cdot h_{cg4}) \cdot A_4$$

Aplicada en el centro de presiones de  $A_4$

Hay que localizar las coordenadas  $(x_{cp}, y_{cp})$

$$x_{cp} = x_{cg} + \frac{I_{xy}}{L_{cg} \cdot A}$$

$$L_{cp} = L_{cg} + \frac{I_{cg}}{L_{cg} \cdot A}$$

siendo:  $I_{xy} = \int_A x \cdot y \cdot dA$

2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (IV)

Superficie **plana irregular**

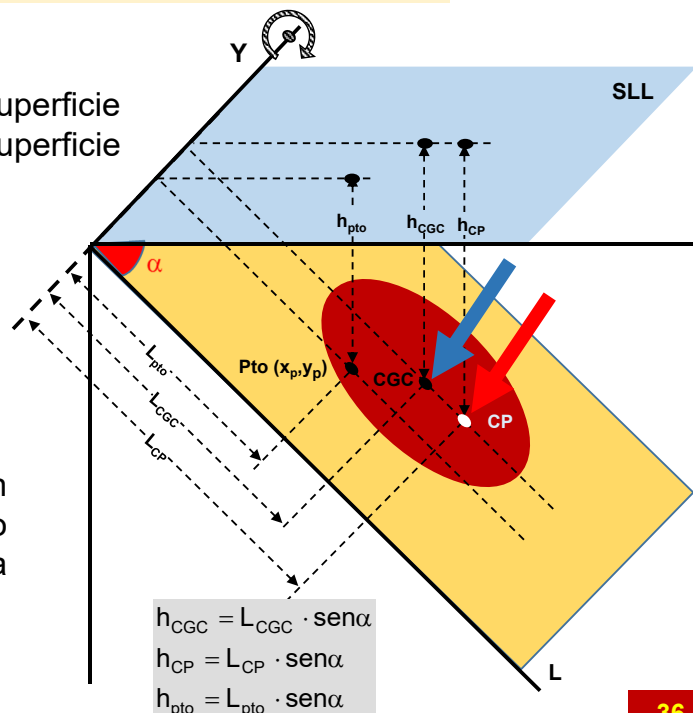
El plano L-Y es el que contiene a la superficie  $A$ , que forma un ángulo  $\alpha$  con la Superficie Libre del Líquido (SLL)

$$F = P_{\text{Promedio}} \cdot A$$

$$dF = p \cdot dA = (\gamma \cdot h) \cdot dA = \gamma \cdot (L \cdot \text{sen}\alpha) \cdot dA$$

$$F = p_{CGC} \cdot A = (\gamma \cdot h_{CGC}) \cdot A$$

Las presiones debajo de CGC son mayores que las de encima; por lo que el punto de aplicación de la Fuerza, CP, ha de estar por debajo



2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (IV)

Superficie plana irregular

**Localización del Centro de presiones CP:**

El momento de la fuerza  $F$  respecto al eje  $Y$  es igual a la suma de los infinitos momentos respecto del mismo eje:

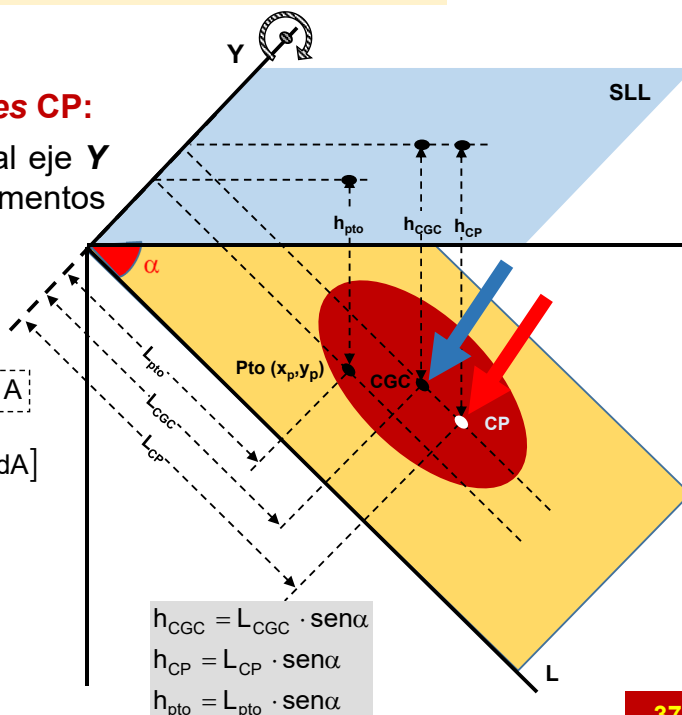
$$L_{CP} \cdot F = \int_A L \cdot dF$$

$$F = p_{CGC} \cdot A = (\gamma \cdot h_{CGC}) \cdot A = \gamma \cdot (L_{CGC} \cdot \text{sen}\alpha) \cdot A$$

$$L_{CP} \cdot [\gamma \cdot (L_{CGC} \cdot \text{sen}\alpha) \cdot A] = \int_A L \cdot [\gamma \cdot (L \cdot \text{sen}\alpha) \cdot dA]$$

$$L_{CP} \cdot L_{CGC} \cdot A = \int_A L^2 \cdot dA = I_y$$

$$L_{CP} = \frac{I_y}{L_{CGC} \cdot A}$$



2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Plana (IV)

Superficie plana irregular

**Localización del Centro de presiones CP:**

Resulta más práctico expresar el momento de inercia ( $I_y$ ) respecto a un eje  $G$  paralelo que pasa por el CGC ( $I_g$ )

**teorema de Steiner**

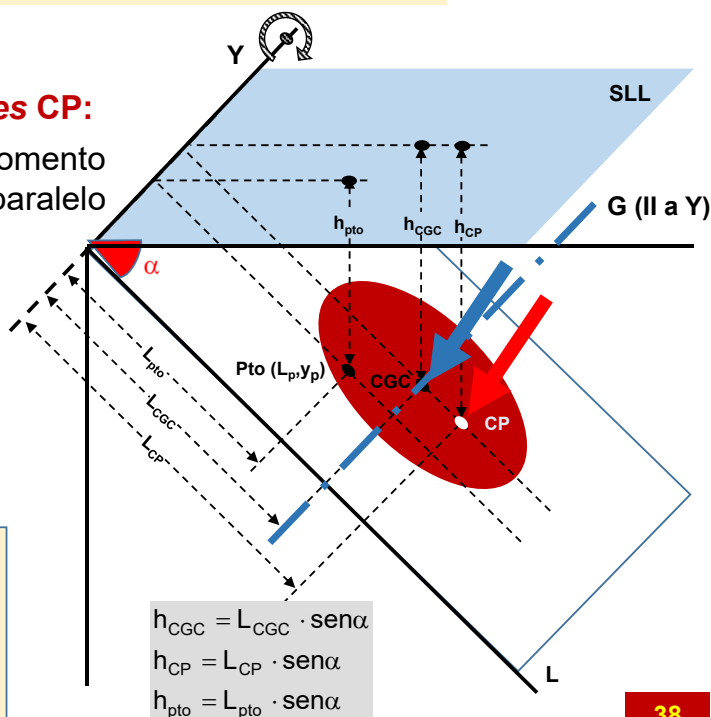
$$I_y = I_g + L_G^2 \cdot A$$

$$L_{CP} = L_{CGC} + \frac{I_g}{L_{CGC} \cdot A}$$

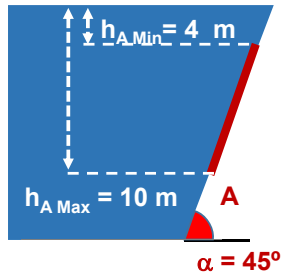
El término  $\frac{I_g}{L_{CGC} \cdot A}$  representa  $\overline{CGC-CP}$

➤ Si  $\alpha = 0$   $\overline{CGC-CP} = 0$

➤ Si  $\alpha = 90^\circ$  alcanza su valor máximo

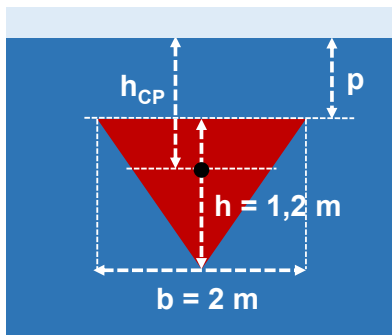


Determinar la fuerza debida a la acción del agua sobre una compuerta plana inclinada de 5 m de longitud



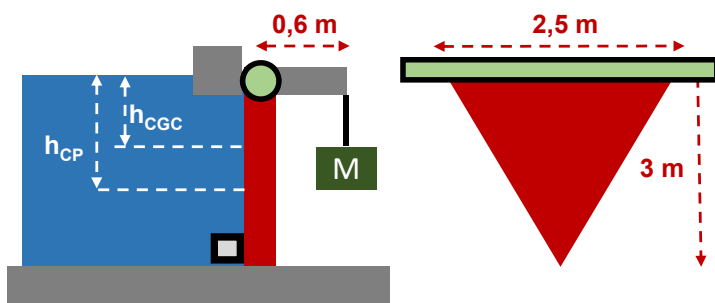
39

Determinar a que profundidad debe estar sumergido el lado superior de la compuerta triangular de 2 m de base y 1,2 m de alto para que el CP esté situado a 5/12 de la base



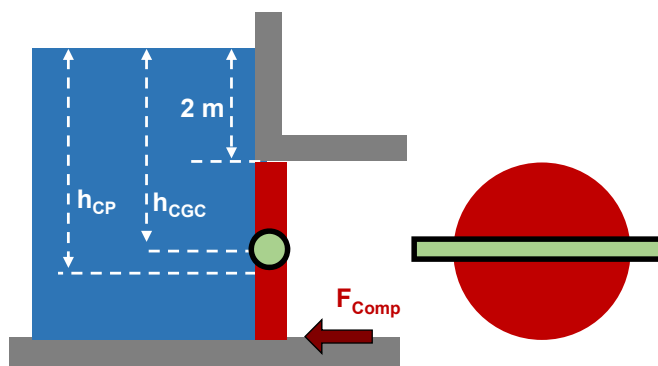
40

Una compuerta vertical de sección triangular está montada sobre un eje de giro (lado superior). Calcular el peso que se debe colocar para que la compuerta no abra cuando el canal esté lleno



41

La válvula circular de la figura de 3 m de diámetro gira alrededor del eje horizontal que pasa por su centro. Calcular la fuerza para mantenerla cerrada

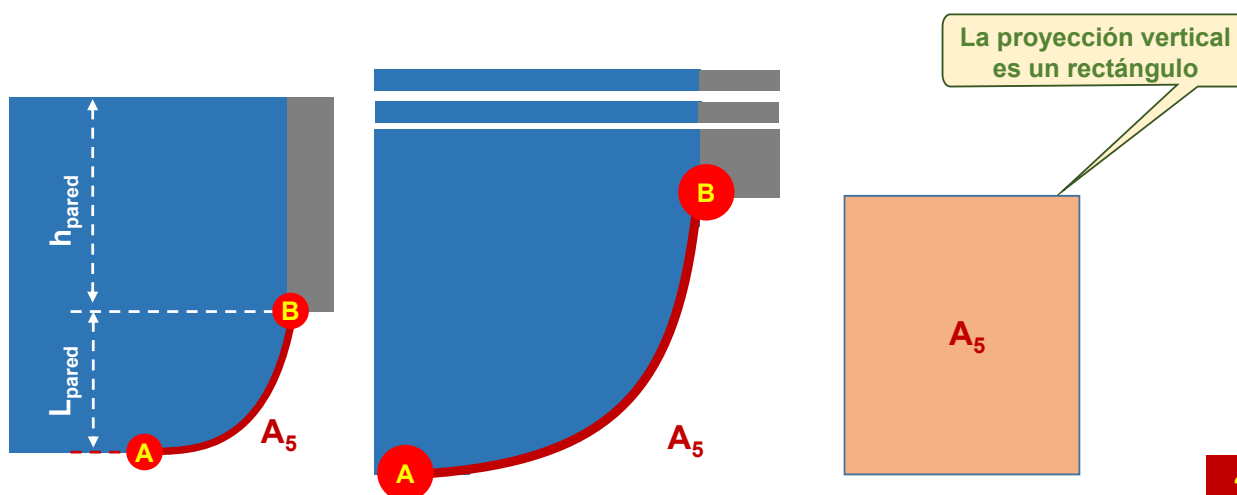


42

## 2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Curva (V)

Superficie **curva de ancho  $b$**  (de generatrices paralelas) sumergida ( $A_5$ )

La Fuerza resultante tendrá dos componentes:  $F_h$  y  $F_v$



43

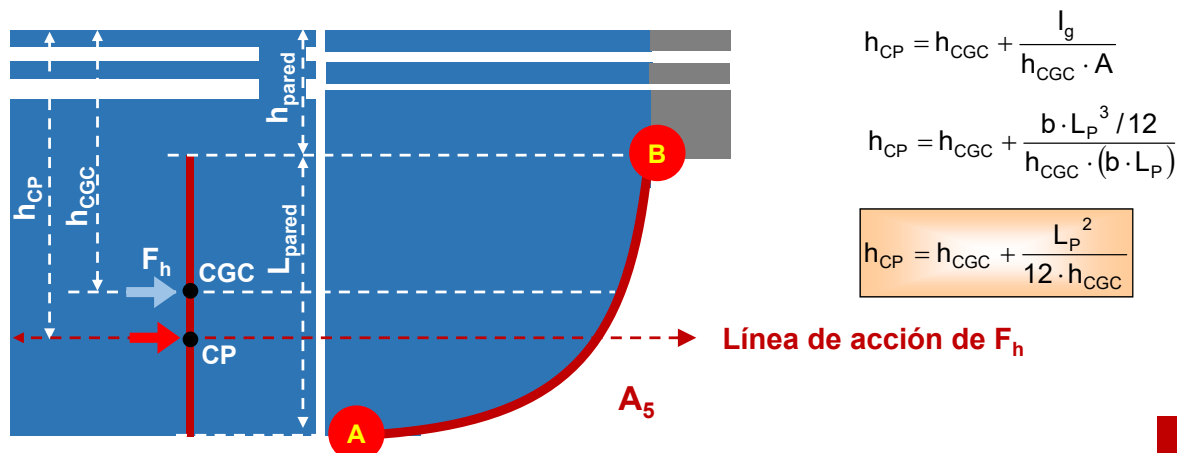
## 2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Curva (V)

Superficie **curva de ancho  $b$**  (de generatrices paralelas) sumergida ( $A_5$ )

La Fuerza resultante tendrá dos componentes:  $F_h$  y  $F_v$

**La componente horizontal:  $F_h$**

La fuerza es la correspondiente a la que tendría sobre la proyección vertical de la pared, y el **punto de aplicación de  $F_h$**  es en CP de la pared vertical



$$h_{CP} = h_{CGC} + \frac{l_g}{h_{CGC} \cdot A}$$

$$h_{CP} = h_{CGC} + \frac{b \cdot L_P^3 / 12}{h_{CGC} \cdot (b \cdot L_P)}$$

$$h_{CP} = h_{CGC} + \frac{L_P^2}{12 \cdot h_{CGC}}$$

44

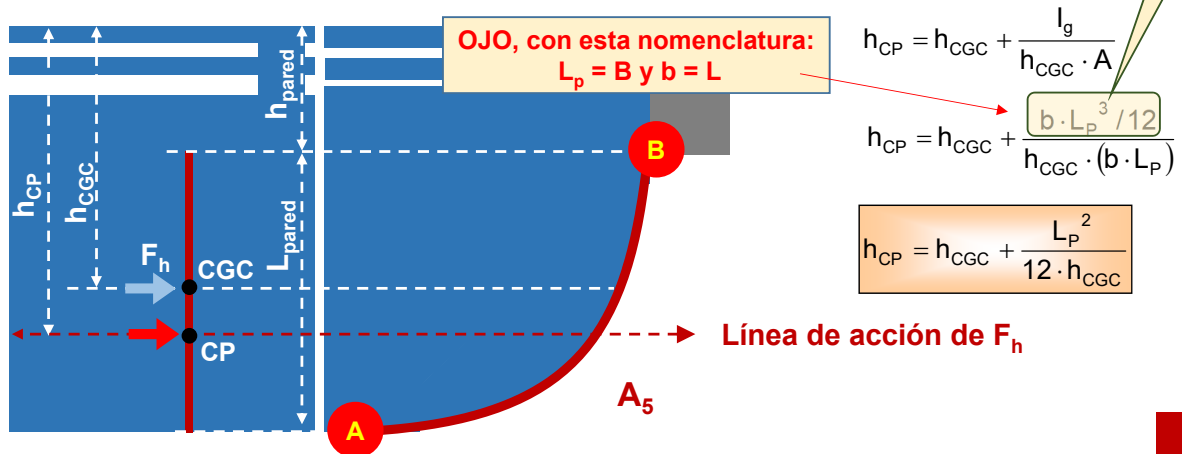
2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Curva (V)

Superficie **curva de ancho  $b$**  (de generatrices paralelas) sumergida ( $A_5$ )  
 La Fuerza resultante tendrá dos componentes:  $F_h$  y  $F_v$

**La componente horizontal:  $F_h$**

La fuerza es la correspondiente a la que tendría sobre la **proyección vertical** de la superficie sobre la pared, y el **punto de aplicación de  $F_h$**  es en CP de la

La proyección vertical es un rectángulo



2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Curva (V)

Superficie **curva de ancho  $b$**  (de generatrices paralelas) sumergida ( $A_5$ )  
 La Fuerza resultante tendrá dos componentes:  $F_h$  y  $F_v$

**La componente vertical:  $F_v$**

Es el peso del líquido que queda sobre la superficie, que se puede descomponer en superficies infinitesimales

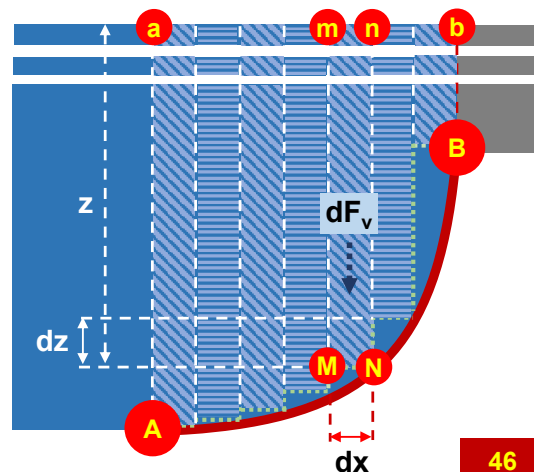
El  $dF_v$  que actúa en cada escalón será:

$$dF_v = p \cdot dA = (\gamma \cdot z) \cdot (b \cdot dx)$$

E integrando en la superficie:

$$F_v = \gamma \cdot b \cdot \int_A^B z \cdot dx = \gamma \cdot b \cdot \int_A^B [\text{área MmNn}]$$

$$F_v = \gamma \cdot b \cdot [\text{área AaBb}]$$



## 2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Curva (V)

Superficie **curva de ancho  $b$**  (de generatrices paralelas) sumergida ( $A_5$ )

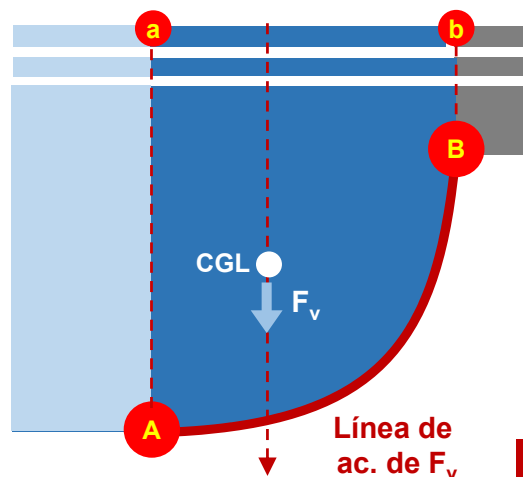
La Fuerza resultante tendrá dos componentes:  $F_h$  y  $F_v$

**La componente vertical:  $F_v$**

Es el peso del líquido que queda sobre la superficie, que se puede descomponer en superficies infinitesimales

$$F_v = \gamma \cdot b \cdot [\text{área AaBb}]$$

El **punto de aplicación de  $F_v$**  es en el CGL que está encima de la pared



47

## 2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Curva (V)

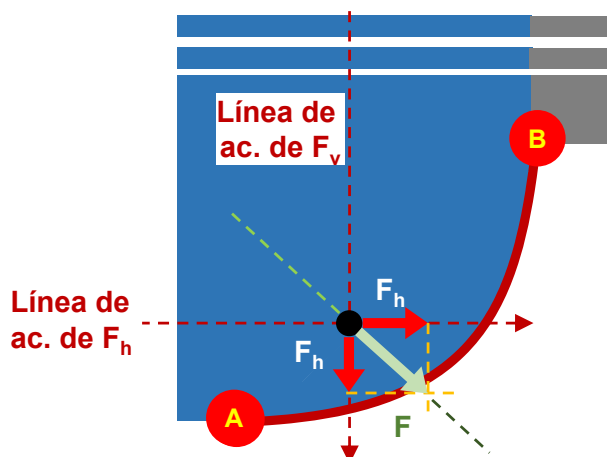
Superficie **curva de ancho  $b$**  (de generatrices paralelas) sumergida ( $A_5$ )

La Fuerza resultante tendrá dos componentes:  $F_h$  y  $F_v$

**La componente horizontal:  $F_h$**

**La componente vertical:  $F_v$**

$$F = \sqrt{F_v^2 + F_h^2}$$



El **punto de aplicación de  $F$**

(no tiene que estar en la superficie, es un punto en el que la aplicación de la  $F$  da el mismo resultado que la suma de las infinitas fuerzas sobre la superficie)

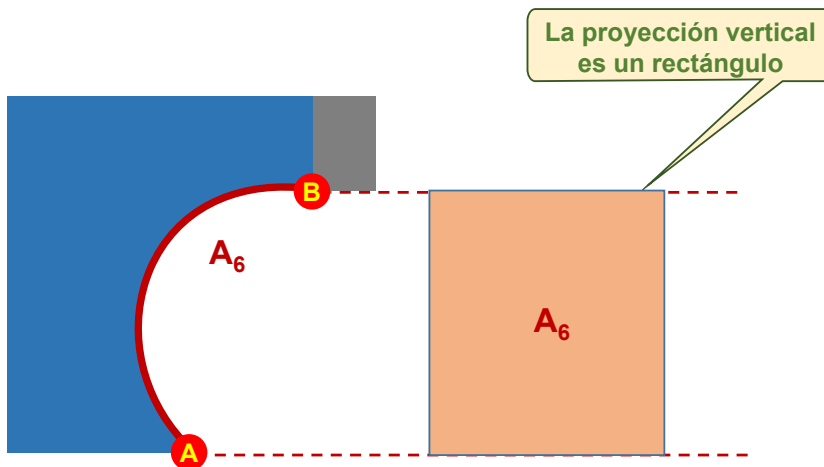
48



2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Curva (VI)

Superficie **curva de ancho  $b$**  (de generatrices paralelas) sumergida ( $A_6$ )

La Fuerza resultante tendrá dos componentes:  $F_h$  y  $F_v$



49

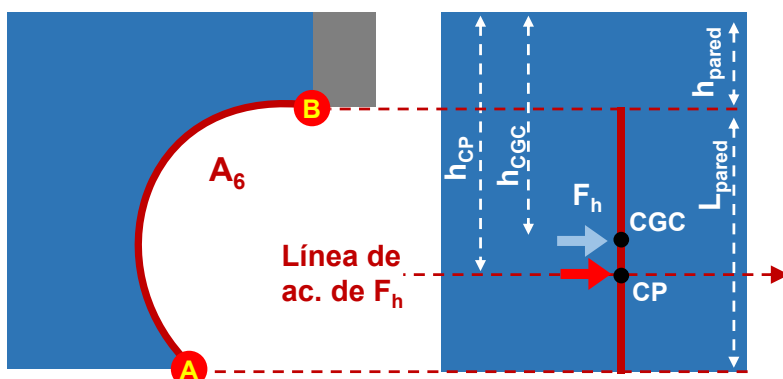
2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Curva (VI)

Superficie **curva de ancho  $b$**  (de generatrices paralelas) sumergida ( $A_6$ )

La Fuerza resultante tendrá dos componentes:  $F_h$  y  $F_v$

**La componente horizontal:  $F_h$**

La fuerza es la correspondiente a la que tendría sobre la proyección vertical de la pared, y el **punto de aplicación de  $F_h$**  es en CP de la pared vertical



$$h_{CP} = h_{CGC} + \frac{I_g}{h_{CGC} \cdot A}$$

$$h_{CP} = h_{CGC} + \frac{b \cdot L_P^3 / 12}{h_{CGC} \cdot b \cdot L_P}$$

$$h_{CP} = h_{CGC} + \frac{L_P^2}{12 \cdot h_{CGC}}$$

50

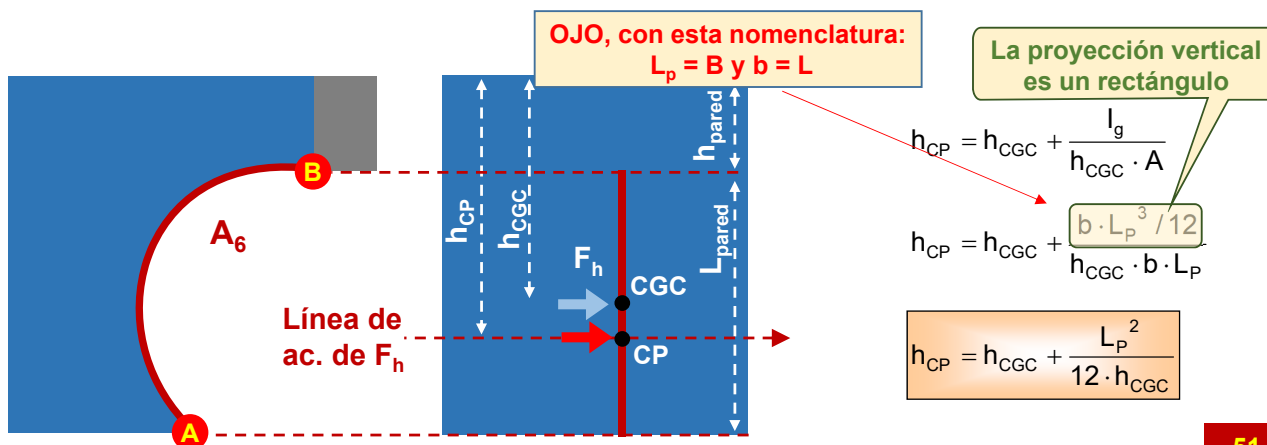
## 2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Curva (VI)

Superficie **curva de ancho  $b$**  (de generatrices paralelas) sumergida ( $A_6$ )

La Fuerza resultante tendrá dos componentes:  $F_h$  y  $F_v$

**La componente horizontal:  $F_h$**

La fuerza es la correspondiente a la que tendría sobre la proyección vertical de la pared, y el **punto de aplicación de  $F_h$**  es en CP de la pared vertical



51

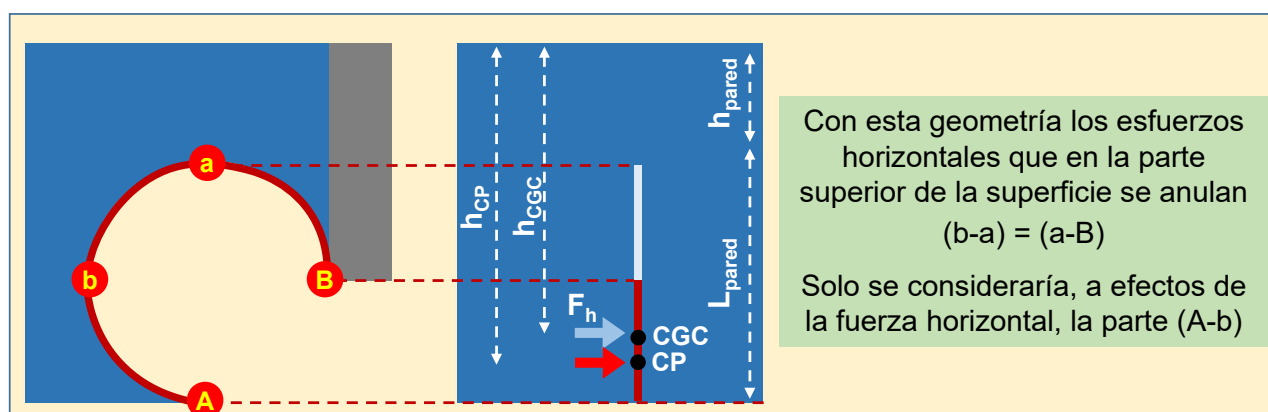
## 2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Curva (VI)

Superficie **curva de ancho  $b$**  (de generatrices paralelas) sumergida ( $A_6$ )

La Fuerza resultante tendrá dos componentes:  $F_h$  y  $F_v$

**La componente horizontal:  $F_h$**

La fuerza es la correspondiente a la que tendría sobre la proyección vertical de la pared, y el **punto de aplicación de  $F_h$**  es en CP de la pared vertical



51

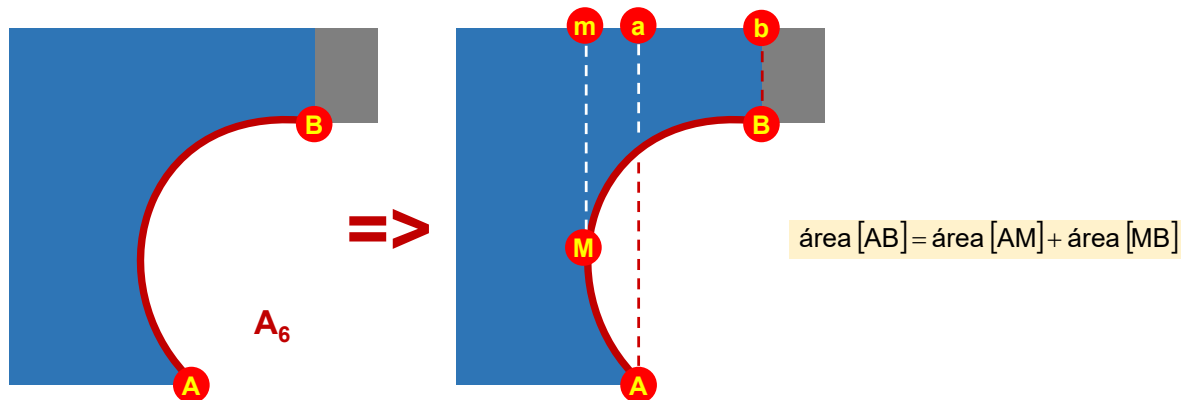
2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Curva (VI)

Superficie **curva de ancho  $b$**  (de generatrices paralelas) sumergida ( $A_6$ )

La Fuerza resultante tendrá dos componentes:  $F_h$  y  $F_v$

**La componente vertical:  $F_v$**

Es el peso del líquido que queda sobre la superficie



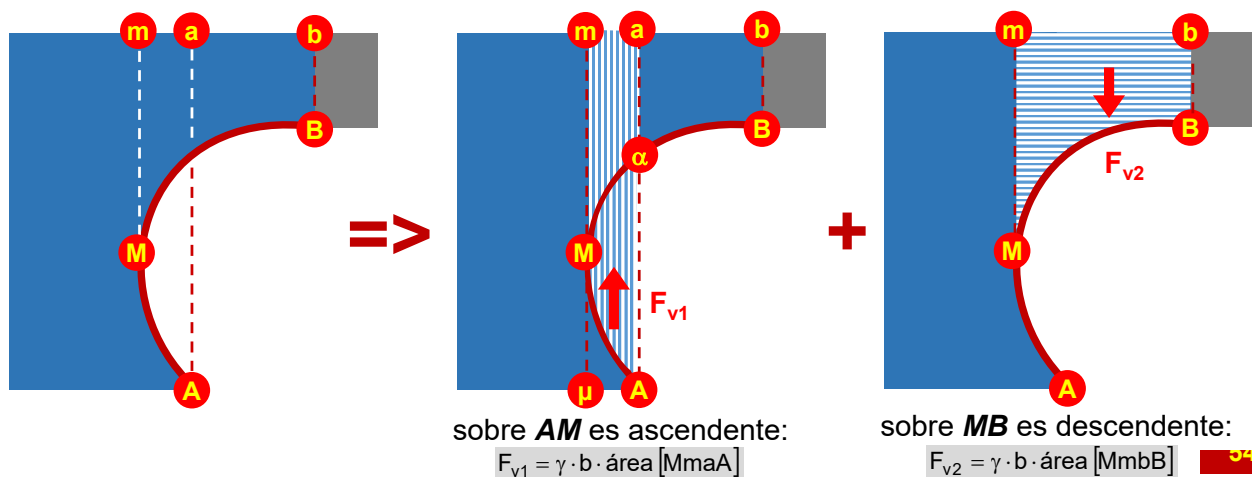
2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Curva (VI)

Superficie **curva de ancho  $b$**  (de generatrices paralelas) sumergida ( $A_6$ )

La Fuerza resultante tendrá dos componentes:  $F_h$  y  $F_v$

**La componente vertical:  $F_v$**

Es el peso del líquido que queda sobre la superficie



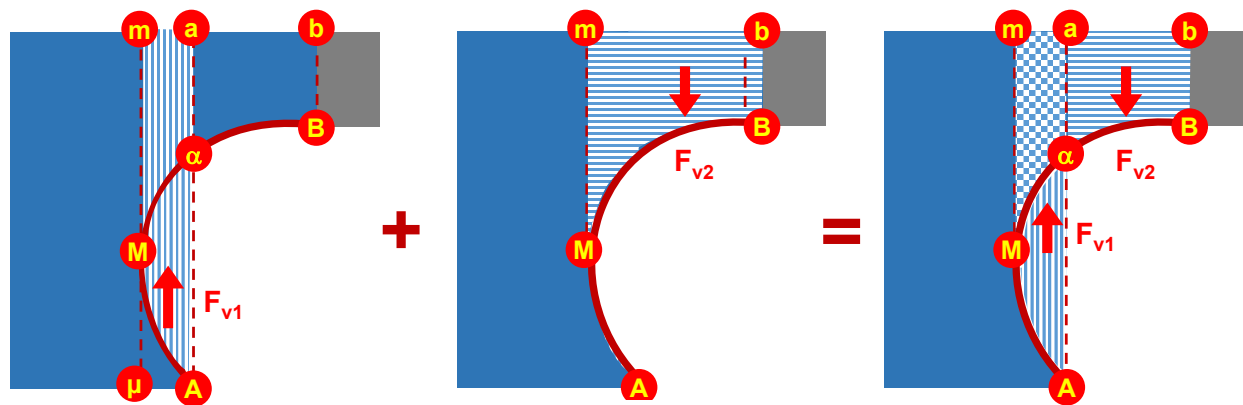
2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Curva (VI)

Superficie **curva de ancho  $b$**  (de generatrices paralelas) sumergida ( $A_6$ )  
 La Fuerza resultante tendrá dos componentes:  $F_h$  y  $F_v$

La componente vertical:  $F_v$

Es el peso del líquido que queda sobre la superficie

$$F_v = F_{v1} - |F_{v2}|$$



sobre **AM** es ascendente:

$$F_{v1} = \gamma \cdot b \cdot \text{área [MmaA]}$$

sobre **MB** es descendente:

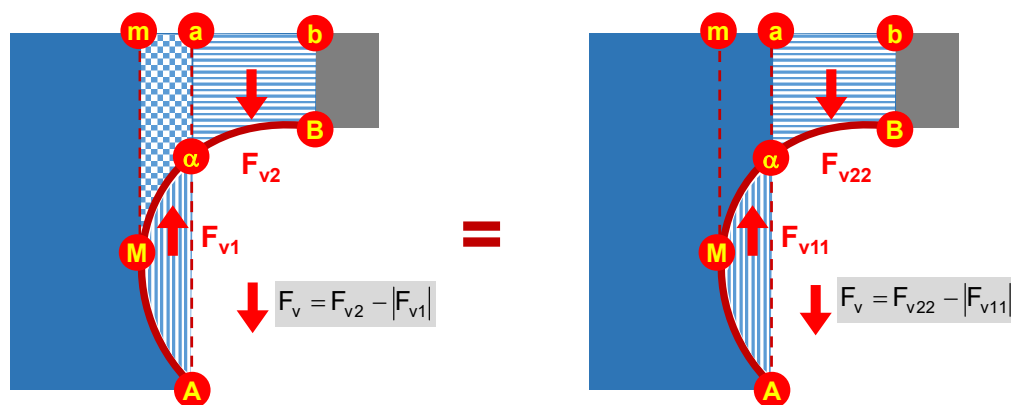
$$F_{v2} = \gamma \cdot b \cdot \text{área [MmbB]}$$

2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Curva (VI)

Superficie **curva de ancho  $b$**  (de generatrices paralelas) sumergida ( $A_6$ )  
 La Fuerza resultante tendrá dos componentes:  $F_h$  y  $F_v$

La componente vertical:  $F_v$

Es el peso del líquido que queda sobre la superficie



$$F_v = \gamma \cdot b \cdot (\text{área [MmbB]} - \text{área [MmaA]})$$

$$F_v = \gamma \cdot b \cdot (\text{área [\alpha abB]} - \text{área [AM\alpha]})$$

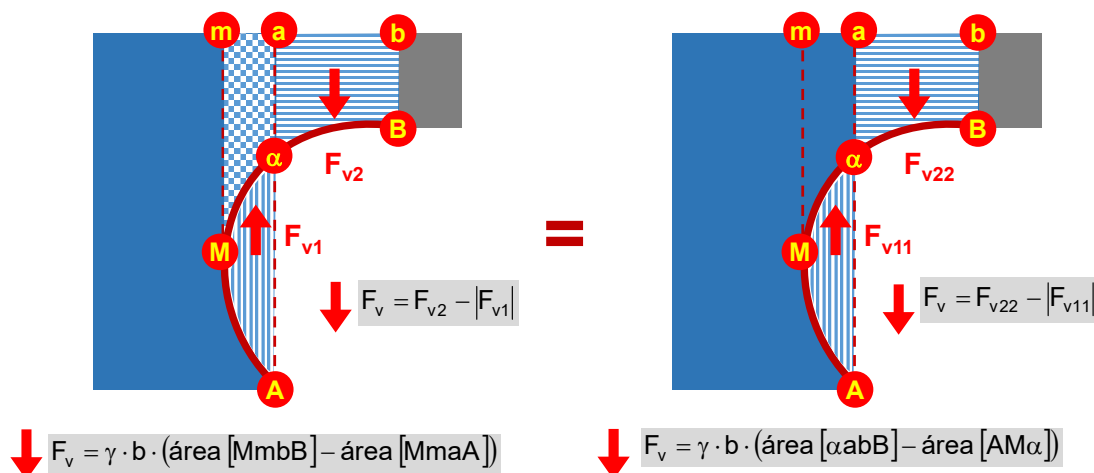
2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Curva (VI)

Superficie **curva de ancho  $b$**  (de generatrices paralelas) sumergida ( $A_6$ )

La Fuerza resultante tendrá dos componentes:  $F_h$  y  $F_v$

La **componente vertical**  
Es el peso del líquido

$F_{v1}$ ,  $F_{v11}$ ,  $F_{v2}$  y  $F_{v22}$   
se sitúan en el centro de gravedad  
del líquido correspondiente



2.- Fuerza Ejercida Sobre una Superficie Curva (VI)

Superficie **curva de ancho  $b$**  (de generatrices paralelas) sumergida ( $A_6$ )

La Fuerza resultante tendrá dos componentes:  $F_h$  y  $F_v$

La **componente horizontal**:  $F_h$

La **componente vertical**:  $F_v$

La resultante final es la suma de tres fuerzas,  
aplicadas sobre tres líneas de influencia

$$F_h + (F_{v1} \text{ y } F_{v2}) \text{ o } (F_{v11} \text{ y } F_{v22})$$

Un tanque de longitud 2,5 m y las áreas extremas verticales contiene agua, siendo las dimensiones de la sección transversal  $MNK = 1,7 \text{ m}^2$ ,  $b = 1,2 \text{ m}$ ,  $c = 1,5 \text{ m}$ ,  $d = 1,8 \text{ m}$ . Determinar la fuerza sobre la pared AMN y el ángulo sobre la horizontal

