



# UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES



## FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

### **Asignatura: Cimentaciones**

*Ing. Manuel Iván Maita Pérez*

**Email:**

[d.mmaita@upla.edu.pe](mailto:d.mmaita@upla.edu.pe)

**HUANCAYO - 2023**

## **UNIDAD IV**

# **MUROS DE CONTENCION E INTRODUCCION AL USO DE PROGRAMAS PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES**

## ***TEMA: Diseño de Muros de contención en voladizo***

**Objetivo:** Diseñar de muros de contención y realizar la introducción para el diseño real de cimentaciones mediante el uso de software Safe para el desarrollo de proyectos profesionales de ingeniería civil.

# DISEÑO DE MURO DE CONTENCION EN VOLADIZO

**Ejemplo:** diseñar el muro de contención en voladizo de concreto armado con las siguientes características:

$$\bar{\gamma}_t = 2.20 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_s = 1.70 \text{ Tn/m}^3$$

( peso específico del suelo)

$$h_p = 4.50 \text{ m}$$

(altura de la pantalla)

$$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f = 0.60$$

(coeficiente de fricción)

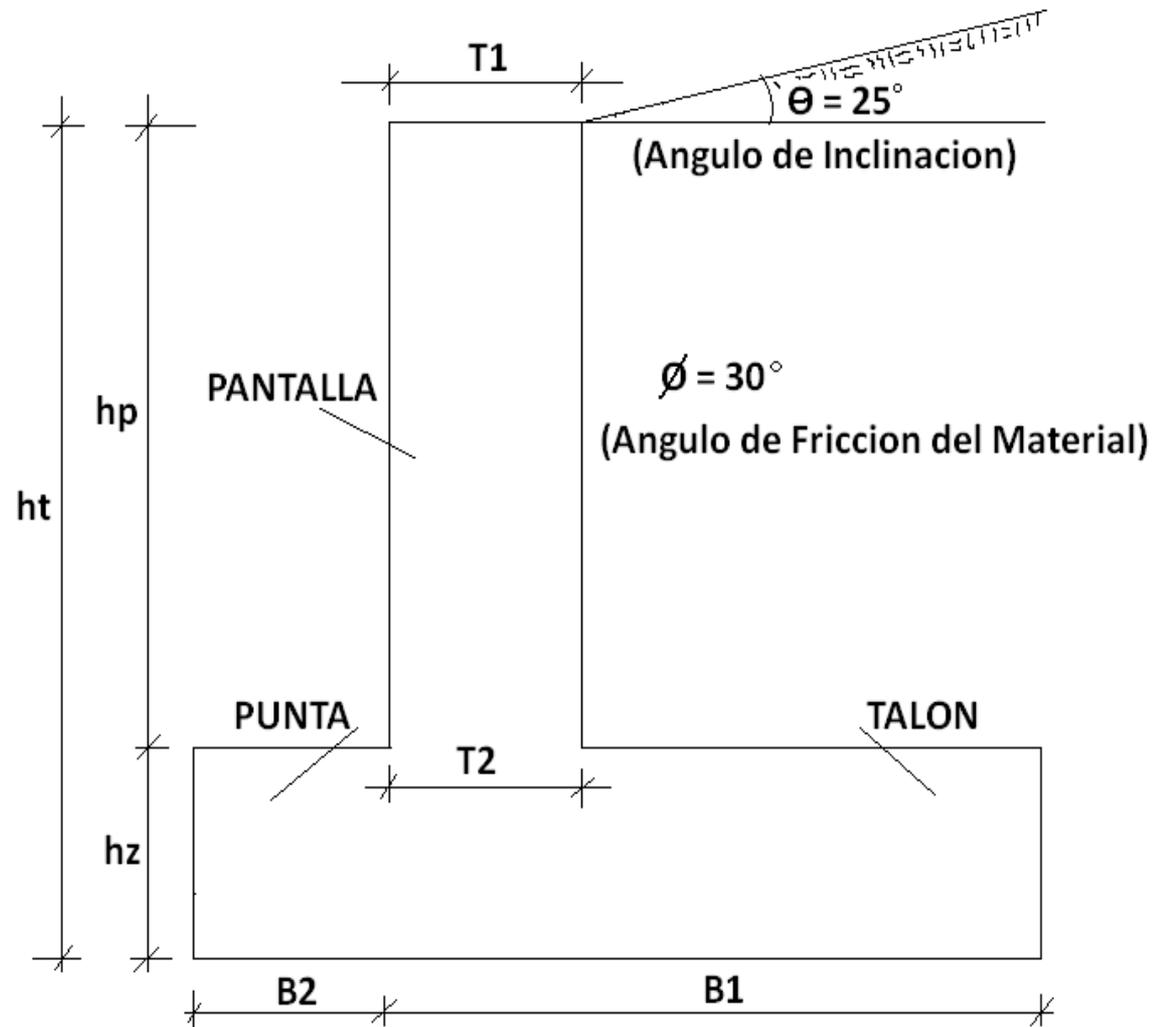
$$\gamma_m = 2.00 \text{ Tn/m}^3$$

(peso específico del muro)

CONSIDERAR:

$$F.S.D = 2$$

$$F.S.V = 2$$



### A.- CALCULO DEL COEFICIENTE DE EMPUJE ACTIVO $C_a$ :

( $\theta \neq 0 \rightarrow$  talud del terreno inclinado)

$$C_a = \cos\theta \cdot \left[ \frac{\cos\theta - \sqrt{\cos^2\theta - \cos^2\phi}}{\cos\theta + \sqrt{\cos^2\theta - \cos^2\phi}} \right]$$

$$C_a = \cos 25^\circ \cdot \left[ \frac{\cos 25^\circ - \sqrt{\cos^2 25^\circ - \cos^2 30^\circ}}{\cos 25^\circ + \sqrt{\cos^2 25^\circ - \cos^2 30^\circ}} \right] = 0.50$$

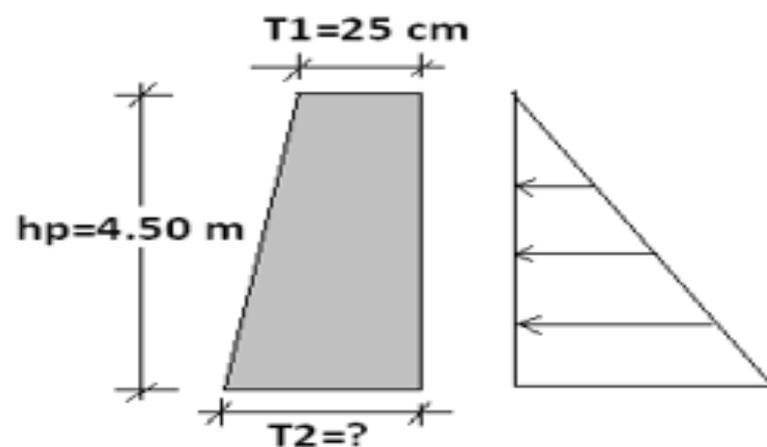
### B.- DIMENSIONAMIENTO DE LA PANTALLA

Si  $T_1 > 20$  cm  $\rightarrow$  Tomamos  $T_1 = 25$  cm

$$MU = \frac{1.7 \times 1 \times C_a \times \gamma_s \times h_p^3}{6}$$

$$MU = \frac{1.7 \times 1 \times 0.50 \times 1.70 \times 4.50^3}{6}$$

$$MU = 22.00 \text{ Tn.m}$$



Para calcular  $T_2$  usamos el dimensionamiento por flexión con la siguiente expresión:

$$MU = \phi \times F'_c \times b \times d^2 \times W \times (1 - 0.59W)$$

$$\text{Asumiendo } \rho = 0.004 \quad \rightarrow \quad W = \rho \frac{F_y}{F'_c} = \frac{0.004 \times 4200}{210} = 0.08$$

Reemplazando:

$$22 \times 10^5 \text{ kg.cm} = 0.90 \times 210 \times 100 \times d^2 \times 0.08 \times (1 - 0.59(0.08))$$
$$d = 39.07 \text{ cm}$$

Por lo tanto:

$$T2 = d + \text{rec.} + \Phi/2$$

$$T2 = 39.07 + 4 + 1.59/2$$

$$T2 = 43.87 \text{ cm}$$

$$T2 = 45.00 \text{ cm}$$

El peralte efectivo será:

$$d = T2 - \text{rec.} - \Phi/2$$

$$d = 45 - 4 - 1.59/2$$

$$d = 40.20 \text{ cm}$$

### C.- VERIFICACION POR CORTE

$$Vdu = 1.7 \times Vd = 1.7 \times \gamma_s \times C_a \times \frac{(h_p - d)^2}{2}$$

$$Vdu = 1.7 \times 1.70 \times 0.50 \times \frac{(4.50 - 0.402)^2}{2} = 12.13 \text{ Tn}$$

$$\frac{Vdu}{\Phi} = \frac{12.13}{0.85} = 14.27 \text{ Tn}$$

$$VC = 0.53 \times \sqrt{F'c} \times b \times d = 0.53 \times \sqrt{210} \times 10 \times 1 \times 0.402 = 30.88 \text{ Tn}$$

$$\rightarrow VC > \frac{Vdu}{\Phi} \quad \dots \quad \text{OK.}$$

#### D.- DIMENSIONAMIENTO DE LA ZAPATA

$$h_z = T_2 + 5 \text{ cm} = 45 + 5 = 50 \text{ cm}$$

$$h_t = h_p + h_z = 4.50 + 0.50 = 5.00 \text{ m}$$

Para calcular B1 y B2 de la zapata utilizamos las siguientes expresiones:

$$\frac{B_1}{h_t} \geq \text{F.S.D} \times \frac{C_a \times \gamma_s}{2 \times f \times \gamma_m} \quad \text{..... (EXPRESION I)}$$

$$\frac{B_1}{h_t} \geq 2 \times \frac{0.50 \times 1.70}{2 \times 0.60 \times 2}$$

$$\frac{B_1}{h_t} \geq 0.71$$

$$B_1 \geq 0.71 \times h_t$$

$$B_1 \geq 0.71 \times 5.00 = 3.55 \text{ m}$$

Finalmente:

$$B_1 = 3.55 + \frac{T_2 - T_1}{2} = 3.55 + \frac{0.45 - 0.25}{2} = 3.65 \text{ m} \quad \rightarrow \quad \mathbf{B_1 = 3.65 \text{ m}}$$

Para B2:

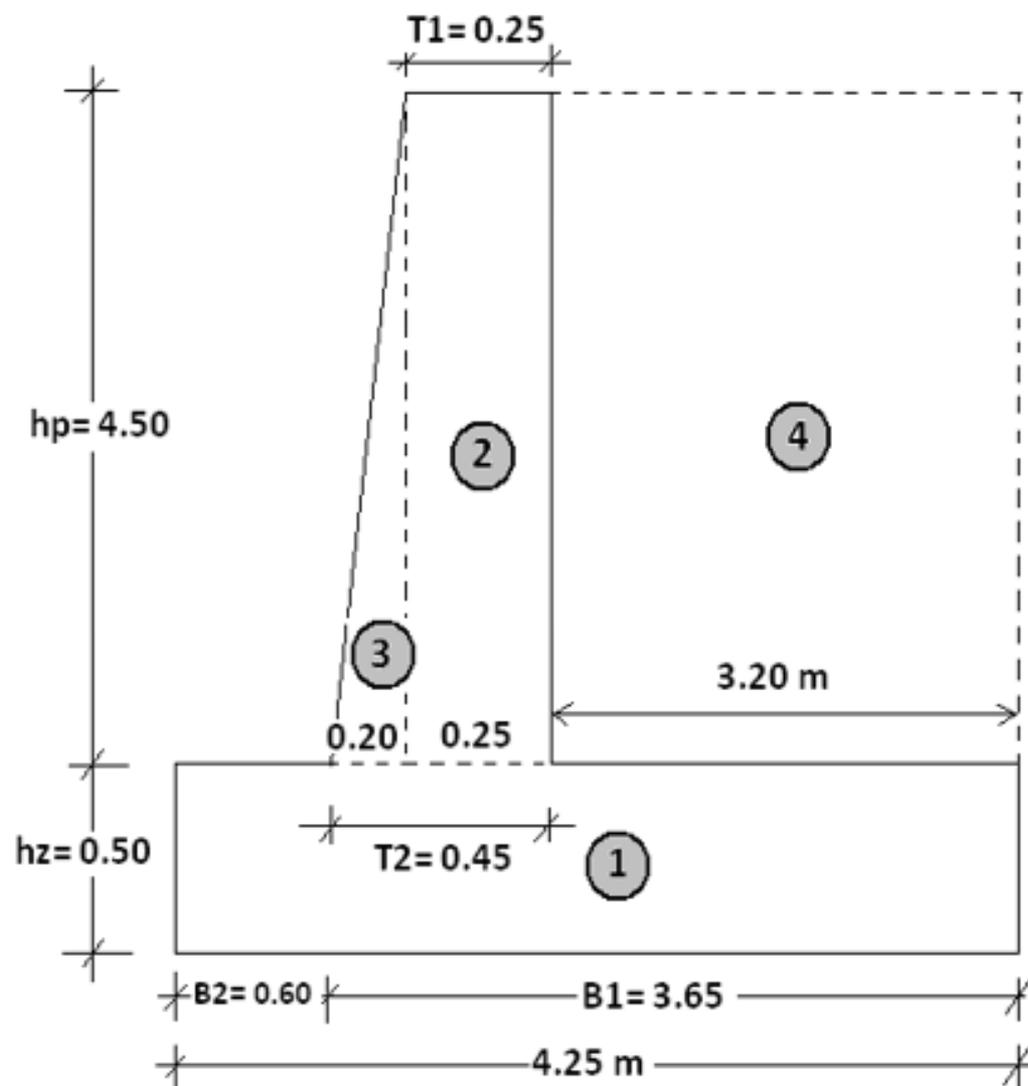
$$\frac{B_2}{h_t} \geq \frac{f \times \text{F.S.V}}{3 \times \text{F.S.D}} - \frac{B_1}{2 h_t} \quad \text{..... (EXPRESION II)}$$

$$\frac{B_2}{h_t} \geq \frac{0.60}{3} \times \frac{2}{2} - \frac{3.65}{2 \times 5}$$

$$B_2 = -0.17 \text{ m} \quad \rightarrow \quad \text{usaremos} \quad \mathbf{B_{2min} = 0.60 \text{ m}}$$

## E. - VERIFICAMOS LA ESTABILIDAD

Con el dimensionamiento realizado verificamos la estabilidad del muro:

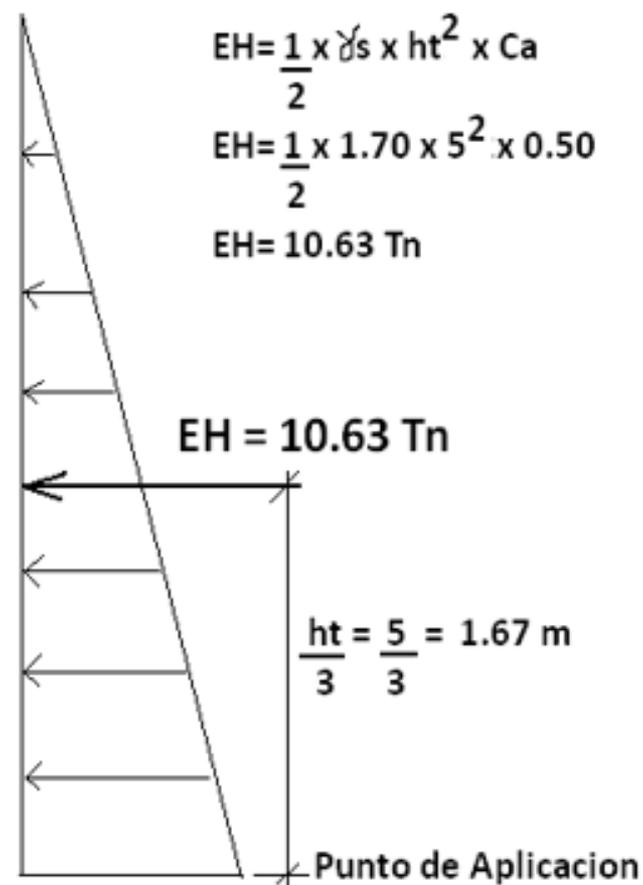


EMPUJE HORIZONTAL :

$$EH = \frac{1}{2} \times \gamma_s \times ht^2 \times Ca$$

$$EH = \frac{1}{2} \times 1.70 \times 5^2 \times 0.50$$

$$EH = 10.63 \text{ Tn}$$



### Calculo de las Fuerzas Verticales:

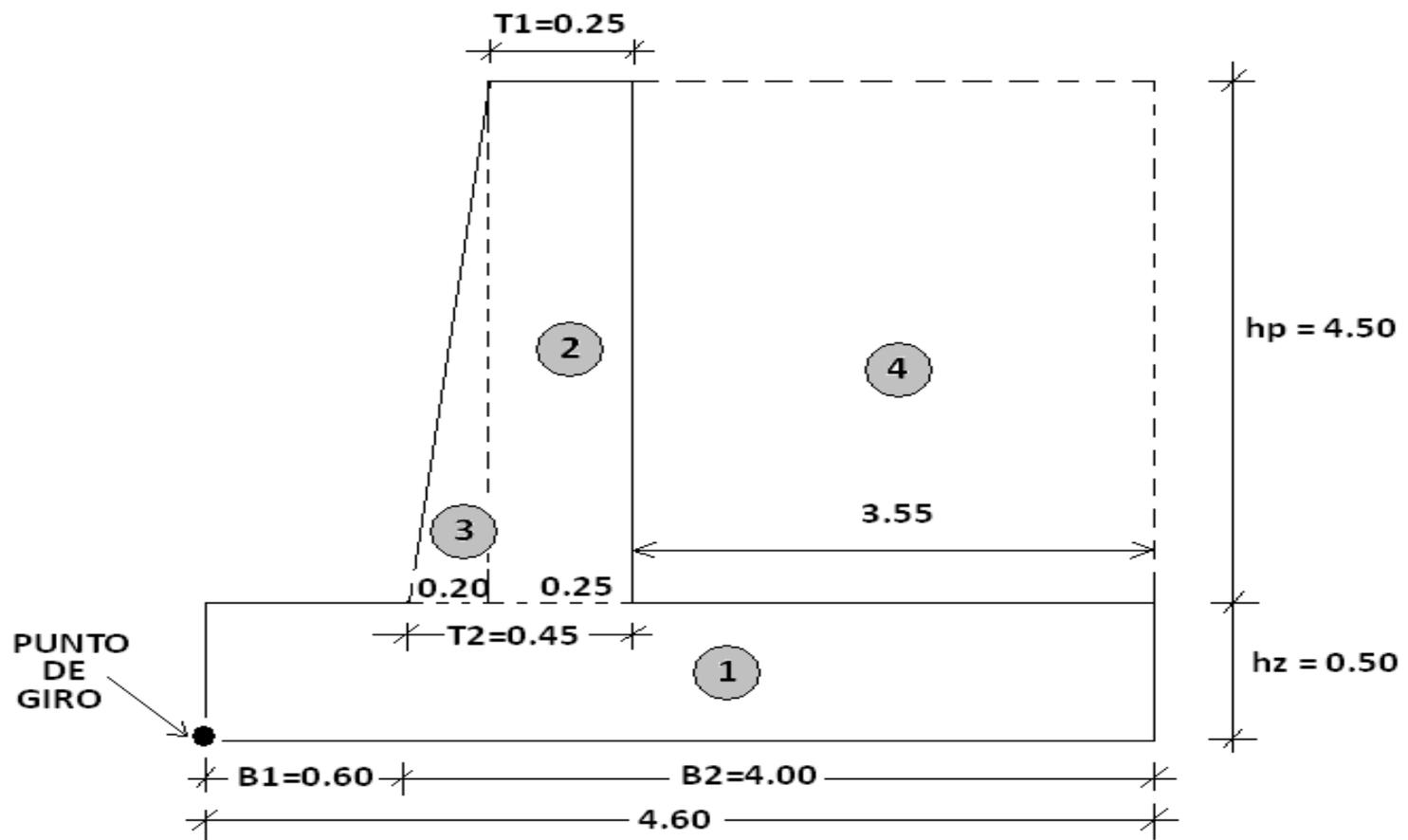
Pi (Tn)	P E S O (Tn)
1	$4.25 \times 0.50 \times 1\text{m} \times 2.40 \text{ tn/m}^3 = 5.10 \text{ tn}$
2	$0.25 \times 4.50 \times 1\text{m} \times 2.40 \text{ tn/m}^3 = 2.70 \text{ tn}$
3	$0.20 \times 4.45/2 \times 1\text{m} \times 2.40 \text{ tn/m}^3 = 1.08 \text{ tn}$
4	$3.20 \times 4.50 \times 1\text{m} \times 1.70 \text{ tn/m}^3 = 24.48 \text{ tn}$
	<b><math>\Sigma F_v = 33.36 \text{ tn}</math></b>

### Verificando por desplazamiento:

$$\text{F.S.D} = \frac{\Sigma F_v \times f}{EH} = \frac{33.36 \text{ tn} \times 0.60}{10.63 \text{ tn}} = 1.88 < 2 \text{ (F.S.D)} \rightarrow \text{No cumple con el factor de seguridad.}$$

Como no se cumple con el factor de seguridad, Incrementamos el B1 de la Zapata Interior; si  $B1 = 3.65\text{m} \rightarrow B1 = 4.00 \text{ m}$  (talón).

Por lo tanto el nuevo dimensionamiento del muro será el siguiente:



### Calculo de las Fuerzas Verticales y Momentos de Estabilidad:

Pi	PESO (tn)	BRAZO DE GIRO (m)	Mi (tn.m)
1	$4.60 \times 0.50 \times 1 \text{m} \times 2.40 \text{ tn/m}^3 = 5.52 \text{ tn}$	2.30 m	12.70
2	$0.25 \times 4.50 \times 1 \text{m} \times 2.40 \text{ tn/m}^3 = 2.70 \text{ tn}$	0.925 m	2.50
3	$0.20 \times 4.50 / 2 \times 1 \text{m} \times 2.40 \text{ tn/m}^3 = 1.08 \text{ tn}$	0.73 m	0.79
4	$3.20 \times 4.50 \times 1 \text{m} \times 1.70 \text{ tn/m}^3 = 27.16 \text{ tn}$	2.825 m	76.73
	<b><math>\Sigma F_v = 36.46 \text{ tn}</math></b>		<b><math>\Sigma M_{est.} = 92.72 \text{ tn.m}</math></b>

**Verificamos La Estabilidad:**

$$F.S.D = \frac{\sum F_v \times f}{EH} = \frac{36.36 \text{ tn} \times 0.60}{10.63} = 2.06 > 2 \quad \text{OK!}$$

$$F.S.V = \frac{\sum M. \text{ estabilidad}}{\sum Mvol.} = \frac{\sum Mest.}{EH \times d} = \frac{92.72}{10.63 \times 1.67} = 5.22 > 2 \quad \text{OK!}$$

**Chequeo de la Presión sobre el terreno:**

$$X_v = \frac{\sum Mest.}{\sum F_v} = \frac{92.72}{36.46} = 2.54$$

$$Z = \frac{\sum Mvol.}{\sum F_v} = \frac{10.63 \times 1.67}{36.46} = 0.49$$

$$e = \frac{B}{2} - (X_v - Z) = \frac{4.60}{2} - (2.54 - 0.49) = 0.25 < \frac{B}{6} = 0.77 \quad \text{OK!}$$

Por lo tanto la presión:

$$P = \frac{\sum F_v}{a \times B} \left[ 1 \pm 6 \cdot \frac{e}{B} \right] = \frac{36.46}{1 \times 4.60} \left[ 1 \pm 6 \times \frac{0.25}{4.60} \right] \rightarrow P_1 = 10.54 \text{ tn/m}^2$$
$$\rightarrow P_2 = 5.31 \text{ tn/m}^2$$

Entonces:

$$P_1 < \sqrt{\tau}$$
$$10.54 \text{ tn/m}^2 < 22 \text{ tn/m}^2 \quad \text{OK!}$$

## F.- DISEÑO DE LA PANTALLA:

En la base:  $M_{ui} = M_u = 22 \text{ tn.m} = M_{resist.}$   
 $T_2 = 45 \text{ cm} \quad ; \quad d = 40.20 \text{ cm}$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \times F_y \times j \times d} = \frac{22 \times 10^5 \text{ kg.cm}}{0.90 \times 4200 \times 0.88 \times 40.20} = 16.45 \text{ cm}^2$$

Usaremos como refuerzo  $\phi 5/8$  y calculamos su espaciamiento:

$$S_{5/8} = \frac{1.98 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ cm}}{16.45 \text{ cm}^2} = 12 \text{ cm} \quad \rightarrow \text{usar } \phi 5/8 @ 0.12 \text{ m}$$

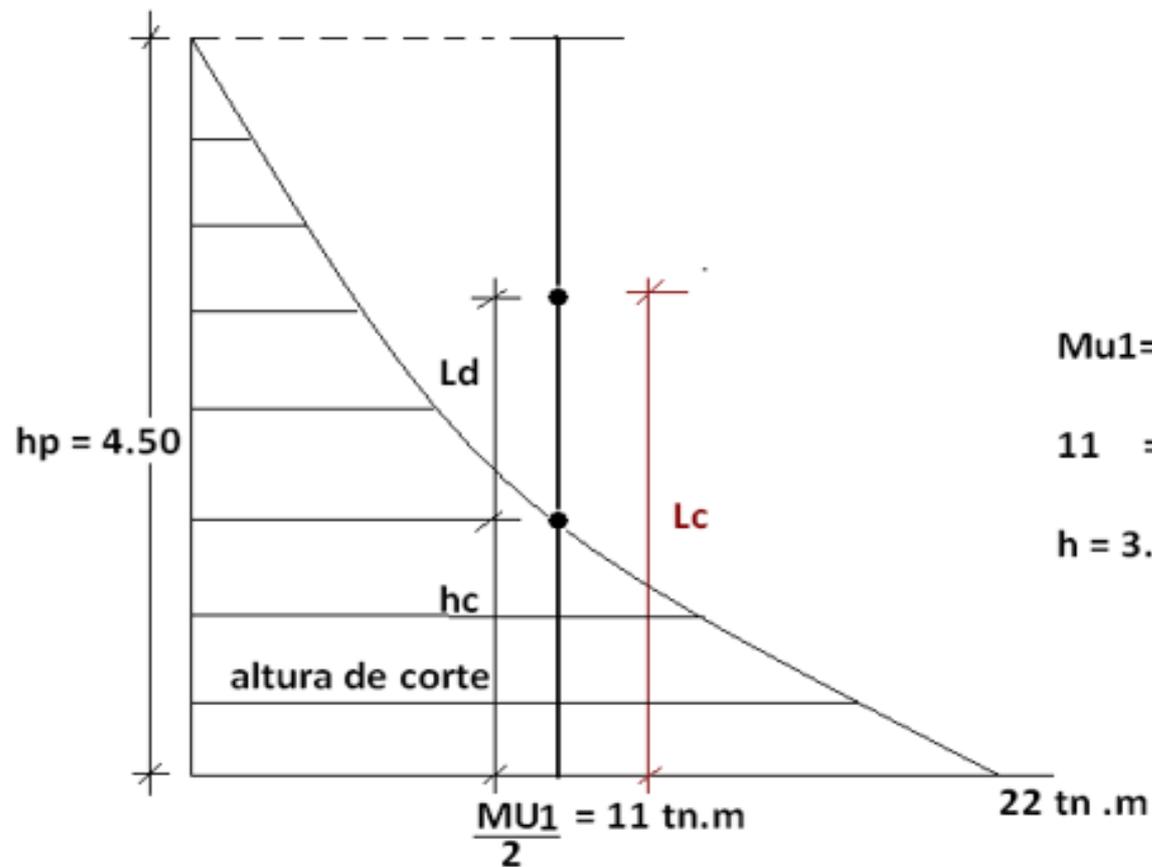
### REFUERZO MINIMO:

EN LA BASE DE LA PANTALLA=  $0.0018 \times b \times d_2 = 0.0018 \times 100 \times 40.20 = 7.24 \text{ cm}^2$

EN LA PARTE SUP. PANTALLA=  $0.0018 \times b \times d_1 = 0.0018 \times 100 \times 20.20 = 3.64 \text{ cm}^2$

### PARA PODER REALIZAR EL CORTE DE ACERO CALCULAMOS:

$$M_{U2} = \frac{d_1}{d_2} \times M_{U1} = \frac{0.202}{0.402} \times 22 = 11 \text{ tn.m}$$



$$Mu_1 = \frac{1.70 \times 1 \times Cax \times \gamma_s \times h^3}{6}$$

$$11 = \frac{1.70 \times 1 \times 0.50 \times 1.70 \times h^3}{6}$$

$$h = 3.60 \text{ m}$$

Entonces:  $h_c = h_p - h = 4.50 - 3.60 = 0.90 \text{ m}$

$$L_d \geq \begin{cases} d = 0.402 \\ 12\phi = 12 \times 1.59 = 19.02 \text{ cm} \end{cases}$$

Por lo tanto la longitud de corte:  $L_c = h_c + L_d = 0.90 + 0.402 = 1.30 \text{ m}$

### REFUERZO HORIZONTAL

$$A_{st} = t_x b x T_2 = 0.002 \times 100 \times 45 = 9 \text{ cm}^2$$

#### CARA INTERIOR :

$$\text{cara int.} = \frac{2}{3} \times A_{Srep.} = \frac{2}{3} \times 9 = 6 \text{ cm}^2$$

tomando  $\phi 1/2$  :

$$S = \frac{1.27 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ cm}}{6 \text{ cm}^2} = 21 \text{ cm}$$

usar  $\phi 1/2 @ .20$

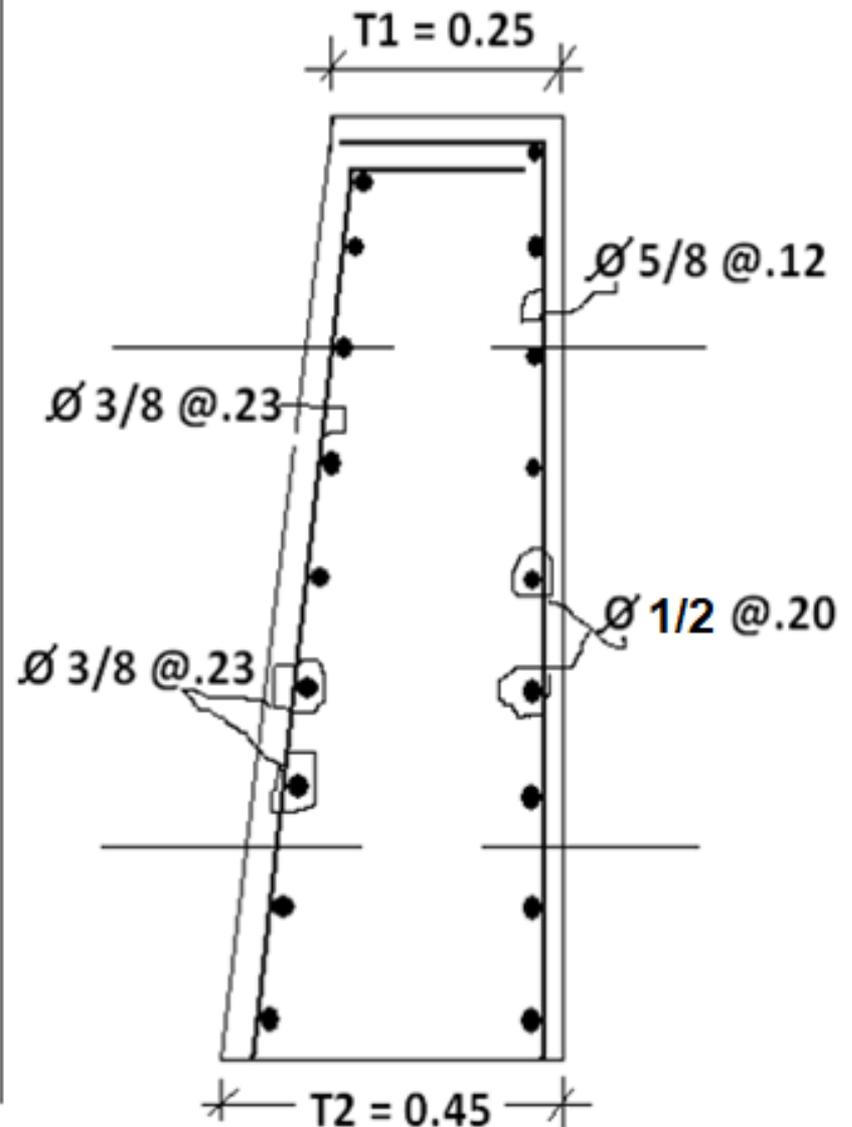
#### CARA EXTERIOR :

$$\text{cara int.} = \frac{1}{3} \times A_{Srep.} = \frac{1}{3} \times 9 = 3 \text{ cm}^2$$

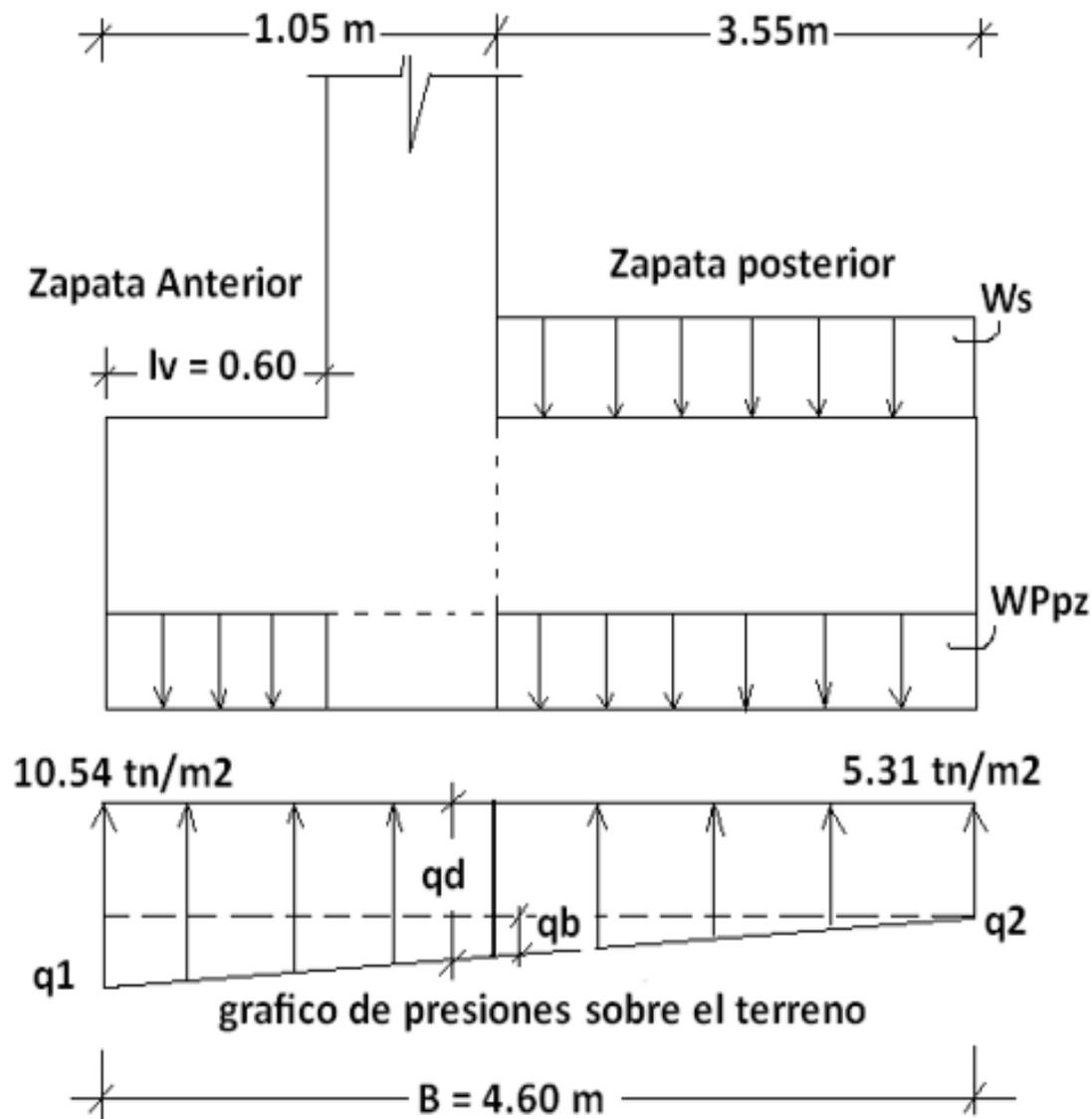
tomando  $\phi 3/8$  :

$$S = \frac{0.71 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ cm}}{3 \text{ cm}^2} = 23 \text{ cm}$$

usar  $\phi 3/8 @ .23$



## G.- DISEÑO DE LA ZAPATA:



carga distribuida por el peso propio del suelo:

$$W_s = \gamma_s \times h_p \times 1m$$

$$W_s = 1.70 \times 4.50 \times 1m$$

$$W_s = 7.65 \text{ tn/ml}$$

carga distribuida por el peso propio de la zapata:

$$WP_{pz} = h_z \times \gamma_c \times 1m$$

$$WP_{pz} = 0.50 \times 2.40 \times 1m$$

$$WP_{pz} = 1.20 \text{ tn/m}$$

### ZAPATA ANTERIOR:

$$W_{\text{umax.}} = q_1 \times 1.7 - W_{\text{Ppz}} \times 0.90 = 10.54 \times 1.7 - 1.20 \times 0.90 = 16.84 \text{ tn/m}$$

Conservadoramente:

$$MU = W_{\text{umax.}} \times \frac{l_v^2}{2} = 16.84 \times \frac{0.60^2}{2} = 3.03 \text{ tn.m}$$

Peralte efectivo:

$$d = h_z - (\text{rec.} + \phi/2) = 50 - (7.50 + 1.59/2) = 41.70 \text{ cm}$$

$$AS = \frac{MU}{\phi \times F_y \times j \times d} = \frac{3.03 \times 10^5 \text{ kg.cm}}{0.90 \times 4200 \times 0.88 \times 41.70} = 2.18 \text{ cm}^2$$

$$AS_{\text{min.}} = 0.0018 \times 100 \times d = 0.0018 \times 100 \times 41.70 = 7.51 \text{ cm}^2$$

$$ASD = AS_{\text{min.}} = 7.51 \text{ cm}^2$$

Usaremos  $\phi 5/8''$

$$7.51 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$1.98 \text{ cm}^2 \rightarrow S\phi 5/8''$$

$$S\phi 5/8'' = 26.36 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto: **usar  $\phi 5/8''$  @ .25m**

### **ZAPATA POSTERIOR:**

Calculo de la presión **qb** a la cara del muro (ver grafico)

$$q_b = \frac{(q_1 - q_2) \times L_z \text{ posterior}}{B} = \frac{(10.54 - 5.31) \times 3.55}{4.60} = 4.04 \text{ tn/m}$$

La presión  $q_d = q_b + q_2 = 4.04 + 5.31 = 9.35 \text{ tn/m}$

La Carga Ultima distribuida:

$$W_u = (W_S + W_{Ppz}) \times 1.40 = (7.65 + 1.20) \times 1.40 = 12.39 \text{ tn/m}$$

El Momento Último:

$$M_u = (W_u - 1.4 \times q_2) \times \frac{L_{z\text{post.}}^2}{2} - q_b \times 1.4 \times \frac{L_{z\text{post.}}^2}{6}$$

$$M_u = (12.39 - 1.4 \times 5.31) \times \frac{3.55^2}{2} - 4.04 \times 1.4 \times \frac{3.55^2}{6} = 19.37 \text{ tn.m}$$

Área de acero:

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \times F_y \times j \times d} = \frac{19.37 \times 10^5 \text{ kg.cm}}{0.90 \times 4200 \times 0.88 \times 41.70} = 13.96 \text{ cm}^2$$

→ Usar  $\phi 5/8'' @ 14 \text{ cm}$

### **REFUERZO TRANSVERSAL:**

$$A_{st} = 0.0018 \times b \times T = 0.0018 \times 100 \times 50 = 9 \text{ cm}^2$$

$$S_{\max} = 36 \times \phi_p = 36 \times 1.59 = 57.24 \text{ cm} > S_{\min} = 45 \text{ cm}$$

Por lo tanto: usar  $\phi 5/8'' @ 45 \text{ cm}$

# DISPOSICION DE LA ARMADURA

