

DISEÑO DE MURO VOLADIZO H = 3.50 m.

DATOS GENERALES DE DISEÑO

σ_t	=	4.48 kg/cm ²	
u	=	0.82	friccion
Wt	=	2670.00 kg/m ³	p.e relleno
ϕ	=	39.20 °	
H.estribo	=	4.00 m	
i	=	0 °	
s/c	=	2.00 ton/m ²	
Df	=	1.00 m	
H.rell.pasivo	=	0.00 m	
f'c	=	210 kg/cm ²	
f'y	=	4200.00 kg/cm ²	
Es	=	2100000.00 kg/cm ²	

PREDIMENSIONAMIENTO

e1 =	0.20 m	e2 = H / 12
e2 =	0.40 m	e2 = 400 / 12
hz =	0.50 m	e2 = 33.33cm
H' =	3.50 m	

- Coeficiente del empuje activo (Rankine):

$$Ca = \cos \delta \left(\frac{\cos \delta - \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \phi}}{\cos \delta + \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \phi}} \right)$$

Ca = 0.225

$$Ca Wt = 0.225 \times 2670$$

$$Ca Wt = 600.75 \quad \text{kg / m}^3 \quad \text{Interpolando este valor en tabla}$$

- Se tiene:

$$B / (H + h_s) = 0.548 \quad (\text{se interpola en la tabla})$$

$$\begin{aligned} h_s &= 0.75\text{m} \\ B &= 2.60\text{m} \\ \Rightarrow B &= 2.60\text{m} \end{aligned}$$

B/(H+h _s)	C _a w (kg/m ³)
0.30	204
0.35	269
0.40	343
0.45	423
0.50	512
0.55	605
0.60	715
0.65	830

- Se puede estimar:

$$\begin{aligned} b1 &= 0.1 \times H + e2 / 2 \\ b1 &= 0.1 \times 4 + 0.4 / 2 \\ b1 &= 0.60\text{m} \\ \Rightarrow b1 &= 0.60\text{m} \\ b2 &= B - b1 \\ b2 &= 2.6 - 0.6 \\ b2 &= 2.00\text{m} \end{aligned}$$

- Calculando empuje por acción de Relleno (por 1,00 ml):

$$H.\text{relleno} = 3.50\text{m}$$

$$Ea = (Ca \times Wt \times H^2) / 2$$

$$Ea = (600.75 \times 3.5^2) / 2$$

$$Ea = 3679.59 \text{ kg/m}$$

$$Ea = 3.68 \text{ Ton/m}$$

$$Ea.h = 3.68 \text{ Ton/m} \quad Ea.v = 0.00 \text{ Ton/m}$$

- Calculando empuje por acción de Sobre carga (por 1,00 ml):

$$E.s/c = (Ca \times s/c \times H)$$

$$E.s/c = (0.225 \times 2 \times 3.5)$$

$$E.s/c = 1.58 \text{ Ton/m}$$

- Coeficiente del empuje pasivo (Rankine):

$$Cp = \cos \delta \left(\frac{\cos \delta + \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \phi}}{\cos \delta - \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \phi}} \right)$$

$$Cp = 4.435$$

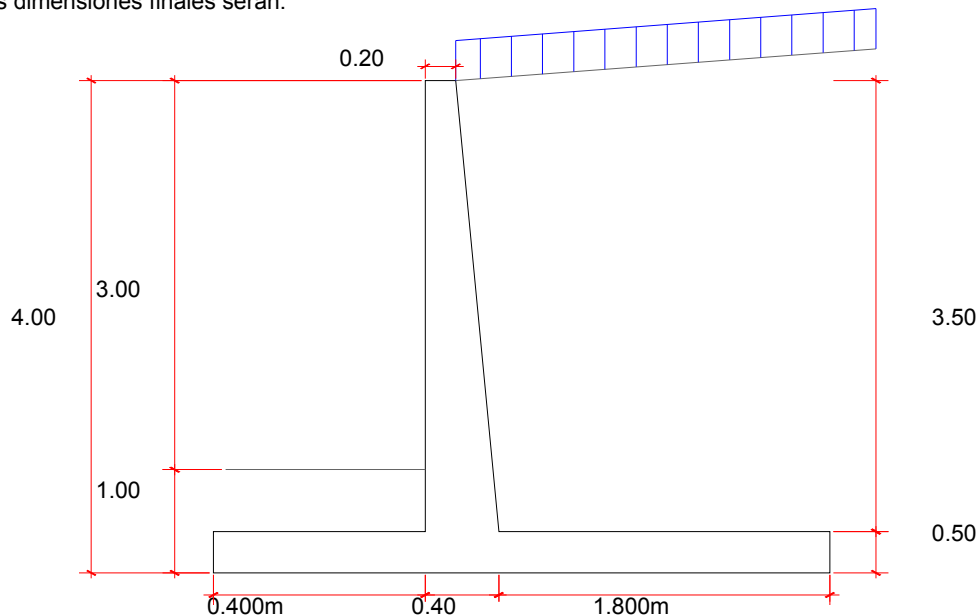
- Calculando empuje pasivo (por 1,00 ml):

$$E.p = (Cp \times Wt \times H_{\text{rell.pasivo}})$$

$$E.p = (4.435 \times 2670 \times 0^2) / 2$$

$$E.p = 0.00 \text{ Ton/m}$$

- Las dimensiones finales serán:



VERIFICACION DE LA ESTABILIDAD

i) Verificación al volteo

- Empuje Volcador:

Elemento	Fuerza	Brazo Mos	Momentos
Ea.h =	3.68Ton	1.17m	4.29Ton.m
E.s/c =	1.58Ton	1.75m	2.76Ton.m
$\sum F_v =$	5.25Ton	$\sum M_v$	7.05Ton.m

- Fuerza y momentos resistentes:

Elemento	Fuerza	Brazo Mos	Momentos
1	3.12Ton	1.30m	4.06Ton.m
2	1.68Ton	0.50m	0.84Ton.m
3	0.84Ton	0.67m	0.56Ton.m
4	17.76Ton	1.70m	30.18Ton.m
5	0.00Ton	1.93m	0.00Ton.m
Ea.v =	0.00Ton	2.60m	0.00Ton.m
Carga Punt. =	0.00Ton	0.58m	0.00Ton.m
$\sum F_R =$	23.40Ton	$\sum M_R =$	35.64Ton.m

- Factor de seguridad al volteo:

$$F_{sv} = \frac{\sum M_R}{\sum M_V} \quad F_{sv} = \frac{5.06}{2} > 2$$

Es correcto el predimensionamiento

- Factor de seguridad al deslizamiento:

$$F_{sd} = \frac{\sum F_R}{\sum F_A} \quad F_{sd} = \frac{3.63}{1.5} > 1.5$$

Es correcto el predimensionamiento

ii) Punto de paso de la resultante: cálculo de la exentricidad "e"

- Cálculo de "e" :

$$x = (M_R - M_V) / F_R = 1.22m \quad e = (B/2) - x = 0.08m$$

Donde:

$$\begin{aligned} eb &< B/6 \\ eb &< 2.6/6 \\ eb &< 0.43m \end{aligned}$$

- Se debe cumplir que $e < eb$:

$$0.08m < 0.43m \quad \text{Es correcto el predimensionamiento}$$

iii) Cálculo de las presiones del terreno

$$\sigma_{1,2} = (\sum F_R / B) \times (1 \pm (6e/B))$$

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= 1.06 \text{ kg / cm}^2 \\ \sigma_2 &= 0.74 \text{ kg / cm}^2 \end{aligned}$$

ANÁLISIS SÍSMICO

i) Coeficiente de Aceleración Horizontal

$$A = 0.51 \quad (\text{Mapa de Isoaceleraciones para un 7 \% de excedencia en 75 años})$$

$$k_h = 0.255$$

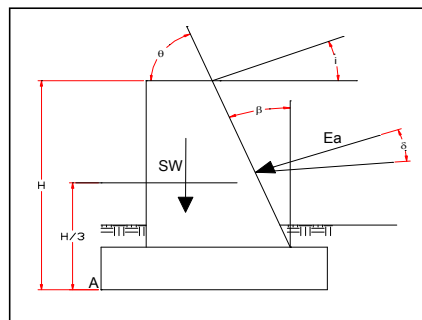
ii) Coeficiente de Aceleración Vertical

$$k_v = 70\% k_h = 0.18$$

iii) Efecto Sísmico

Teoría de Mononobe Okabe

$$E_{EA} = \frac{1}{2} \gamma (1 - K_V) K_{AE} H^2 \quad K_{AE} = \frac{\cos^2 (\phi - \theta - \beta)}{\psi \cos \theta \cos^2 \beta \cos (\delta + \beta + \theta)}$$



$$\begin{aligned} \phi &= \text{Angulo de fricción del suelo} && 39.20 \\ \delta &= \text{Angulo fricción entre suelo y muro} && 26.13333333 \\ i &= \text{Angulo del talud} && 0 \\ \beta &= \text{Angulo entre el muro y relleno} && 0 \end{aligned}$$

$$\theta = \arctan \left(\frac{K_H}{1 - K_V} \right) = 17.24$$

$$\psi = \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)}} \right]^2 = 2.83$$

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\psi \cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta + \beta + \theta)} = 0.44$$

Sustituyendo el valor de K_{AE} en la E_{AE} :

$$E_{EA} = \frac{1}{2} \gamma t (1 - K_V) K_{AE} H^2 = 5.87 \text{ Ton/m}$$

Como el AEA es considerando los efectos de las dos condiciones tanto del empuje activo dinámico como del empuje estático activo, es conveniente separarlo

$$\Delta E_A = E_{EA} - E_A = 2.19 \text{ Ton/m}$$

v) Verificación de Estabilidad

- Empuje Volcador:

Elemento	Fuerza	Brazo Mos	Momentos
Ea.h =	3.68Ton	1.17m	4.29Ton.m
E.s/c =	1.58Ton	1.75m	2.76Ton.m
ΔE_A =	2.19Ton	1.75m	3.84Ton.m
Fuerza Inercial =	0.80Ton	0.25m	0.20Ton.m
	0.43Ton	2.25m	0.96Ton.m
	0.21Ton	1.67m	0.36Ton.m
$\sum F_V$ =	8.89Ton	$\sum M_V$	12.41Ton.m

- Fuerza y momentos resistentes:

Elemento	Fuerza	Brazo Mos	Momentos
1	3.12Ton	1.30m	4.06Ton.m
2	1.68Ton	0.50m	0.84Ton.m
3	0.84Ton	0.67m	0.56Ton.m
4	17.76Ton	1.70m	30.18Ton.m
5	0.00Ton	1.93m	0.00Ton.m
Ea.v =	0.00Ton	2.60m	0.00Ton.m
Carga Punt. =	0.00Ton	0.58m	0.00Ton.m
	23.40Ton		35.64Ton.m

- Factor de seguridad al volteo:

$$F_{SV} = \frac{\sum M_R}{\sum M_V} \quad F_{sv} = \frac{2.87}{1.5} > 1.5$$

Es correcto el predimensionamiento

- Factor de seguridad al deslizamiento:

$$F_{sd} = \frac{u \sum F_R}{\sum F_A} \quad F_{ds} = \frac{2.15}{1.5} > 1.5$$

Es correcto el predimensionamiento

ii) Punto de paso de la resultante: cálculo de la exentricidad "e"

- Calculo de "e" :

$$x = (M_R - M_V) / F_R = 0.99m \quad e = (B/2) - x = 0.31m$$

Donde:

eb	<	B / 6
eb	<	2.6 / 6
eb	<	0.43m

- Se debe cumplir que e < eb:

$$0.31m < 0.43m \quad \text{Es correcto el predimensionamiento}$$

iii) Cálculo de las presiones del terreno

$$\sigma_{1,2} = (\Sigma F_R / B) \times (1 \pm (6e/B))$$

$\sigma_1 =$	1.54 kg/cm ²	<	4.48 kg/cm ²	OK
$\sigma_2 =$	0.26 kg/cm ²	<	4.48 kg/cm ²	OK

VERIFICACION DEL ESPESOR DE LA PANTALLA

VERIFICACION POR CORTE

- Las cargas deben mayorarse
- Se va a calcular el la union de la zapata con el muro

Nota:

- Las presiones laterales de la tierra o relleno se consideran carga viva se le debe mayorar con el coeficiente 1.7
- Para la losa del talon el peso propio y la tierra o relleno se mayorar con el coef. 1.4
- La S/C cuando exista se considera como carga viva y se mayorar con el coef 1.7

$r = 7.00\text{cm}$
 $d.tanteo = 2.54\text{cm}$
 $E'a = Ca \times Wt \times H'^2 / 2 + (Ca \times s/c \times H')$
 $E'a = 0.225 \times 2670 \times 3.5^2 / 2 + 0.225 \times 2000 \times 3.5$
 $E'a = 3679.594\text{kg/m} + 1575\text{kg/m}$
 $E'a = 5254.59\text{kg/m}$
 $E'a = 5.25\text{Ton/m}$
 $Ca \times Wt \times H' = 2102.63\text{kg/m}$
 $V_u = 1.7 \times E'a$
 $V_u = 8932.81\text{kg}$
 $V_{cn} = 0.53 (f'c)^{0.5} \times b \times d$
 $V_{cn} = 24370.00\text{kg}$
 $V_n = V_u / 0.85$
 $V_n = 10509.19\text{kg}$
 $b = 100.00\text{cm}$
 $d = 31.73\text{cm}$
 $V_{cn} > V_n$
 Las dimensiones son correctas OK

VERIFICACION FLEXION

Momento de Diseño

- i) El empuje activo E'a produce en la base de la pantalla el Mo último mayorado:

$$\begin{aligned}
 M_u &= 1.7 (E'a \times H' / 3) + 1.7 (Es/c \times H' / 2) \\
 M_u &= 1.7 (3679.594 \times 3.5 / 3) + 1.7 (1575 \times 3.5 / 2) \\
 M_u &= 11983.49\text{kg.m} \\
 M_u &= 1.25 (CM + CV) + CS \\
 M_u &= 1.25 (E'a \times H' / 3) + 1.25 (Es/c \times H' / 2) + \Delta EA \times H' / 2 \\
 M_u &= 1.25 (3679.594 \times 3.5 / 3) + 1.25 (1575 \times 3.5 / 2) + 2193.058 \times 3.5 / 2 \\
 M_u &= 12649.24\text{kg.m}
 \end{aligned}$$

- ii) Determinando el espesor requerido para la pantalla

$$Mud = \phi \times \rho \times b \times d^2 \times f_y \times (1 - 0.59 \times \rho \times f_y / f'c)$$

Cuantia Maxima ρ_{max} :

$$\begin{aligned}
 \rho_{max} &= 0.75 \rho_b \\
 \rho_{max} &= 0.75 \times 0.85 \times \beta \times f'c / f_y \times 0.003 \times Es / (0.003 \times Es + f_y) \\
 \rho_{max} &= 0.01626
 \end{aligned}$$

Cuantia Minimo ρ_{min} en flexión:

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &= 0.7 \times \sqrt{f'c} / f_y \\
 \rho_{min} &= 0.00242
 \end{aligned}$$

Cuantia Minimo p.min en losas:

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$\rho_{\text{promedio}} = 0.00934$$

$$d = 20.43\text{cm}$$

Por lo tanto se elige el mayor espesor:

$$d = 31.73\text{cm}$$

$$e_2 = 40.00\text{cm}$$

1) Diseño del refuerzo en la pantalla vertical

$$\begin{aligned} M_u &= 12649.24\text{kg.m} \\ b &= 100\text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= e_2 - r - \phi/2 \quad (\text{cm}) \\ d &= 31.73\text{cm} \end{aligned}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b}$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot (d - a/2)}$$

$$a = 2.59\text{cm}$$

$$A_s = 10.99\text{cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Verificar: } A_{s \min} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ A_{s \min} &= 7.66\text{cm}^2 \end{aligned}$$

Se debe colocar el acero calculado:

$A_s = 10.99\text{cm}^2$

ii) Si se utiliza varillas de ϕ 5/8 $A_{sb} = 1.99\text{cm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Espaciamiento} &= 0.181\text{m} \\ \text{Espaciamiento} &= 17.50\text{cm} \end{aligned}$$

Se puede colocar varillas de 5/8 @ 18 cm

2) Diseño del refuerzo horizontal y vertical de montaje de la pantalla

i) Refuerzo vertical de montaje en cara exterior

$$\begin{aligned} A_{s \min V} &= 0.0012 \times b \times h \\ A_{s \min V} &= 4.80\text{cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= 100\text{cm} \\ h &= 40\text{cm} \\ d &= 31.7\text{cm} \end{aligned}$$

Si se utiliza varillas de ϕ 1/2 $A_{sb} = 1.29\text{cm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Espaciamiento} &= 0.269\text{m} \\ \text{Espaciamiento} &= 25.00\text{cm} \end{aligned}$$

Se puede colocar varillas de 1/2 @ 25 cm

ii) Refuerzo horizontal por temperatura y montaje para $\phi < 5/8"$

Para la parte inferior del muro, cara exterior 2/3 A_s

$$\begin{aligned} A_{s \min H} &= 0.0025 \times b \times h \\ A_{s \min H} &= 10.00\text{cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= 100\text{cm} \\ h &= 40\text{cm} \\ d &= 31.7\text{cm} \end{aligned}$$

Si se utiliza varillas de ϕ 1/2 $A_{sb} = 1.29\text{cm}^2$

$$\begin{aligned} A_{\text{acero}} &= 2/3 \times A_s \\ \text{Espaciamiento} &= 0.194\text{m} \\ \text{Espaciamiento} &= 17.50\text{cm} \end{aligned}$$

Se puede colocar varillas de 1/2 @ 17.5 cm

Para la parte inferior del muro, cara interior $A_s/3$

$$\begin{aligned} A_{s \min H} &= 0.0025 \times b \times h \\ A_{s \min H} &= 10.00\text{cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= 100\text{cm} \\ h &= 40\text{cm} \\ d &= 31.7\text{cm} \end{aligned}$$

Si se utiliza varillas de Ø 3/8 Asb = 0.71cm²

A.acero = As / 3
Espaciamiento = 0.213m
Espaciamiento = 20.00cm

Se puede colocar varillas de 3/8 @ 20 cm

Para la parte superior del muro h' promedio espesores, cara exterior 2/3As

As min H = 0.0025 x b x h' b = 100cm
As min H = 7.50cm² h' = 30cm
d = 31.7cm

Si se utiliza varillas de Ø 1/2 Asb = 1.29cm²

A.acero = 2/3 x As
Espaciamiento = 0.258m
Espaciamiento = 25.00cm

Se puede colocar varillas de 1/2 @ 25 cm

Para la parte superior del muro, cara interior As/3

As min H = 0.0025 x b x h' b = 100cm
As min H = 7.50cm² h' = 30cm
d = 32cm

Si se utiliza varillas de Ø 3/8 Asb = 0.71cm²

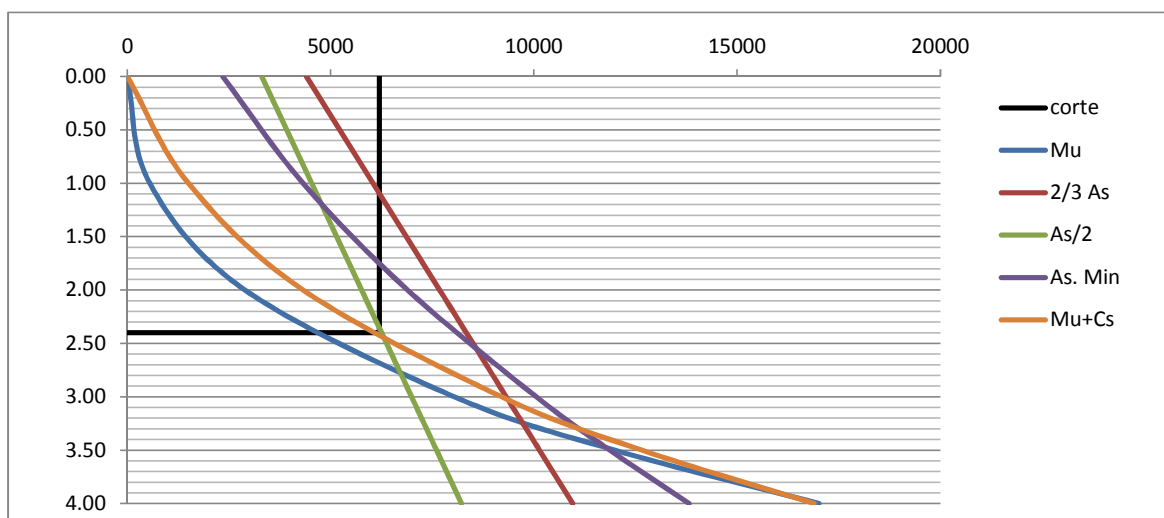
A.acero = As / 3
Espaciamiento = 0.284m
Espaciamiento = 27.50cm

Se puede colocar varillas de 3/8 @ 28 cm

iii) Corte del refuerzo vertical:

a = 2.70

H	Mu	Mu + Cs	2/3 xAs	As/2	As.min
0.00	0.00kg/m	0.00kg/m	4407.29kg/m	3305.47kg/m	2349.11kg/m
1.00	552.71kg/m	1502.94kg/m	6044.78kg/m	4533.58kg/m	4322.36kg/m
2.00	2891.70kg/m	4319.31kg/m	7682.26kg/m	5761.70kg/m	6891.83kg/m
3.00	8038.24kg/m	9200.06kg/m	9319.75kg/m	6989.81kg/m	10057.52kg/m
3.50	11983.49kg/m	12649.24kg/m	10138.49kg/m	7603.87kg/m	11863.94kg/m
4.00	17013.60kg/m	16896.12kg/m	10957.24kg/m	8217.93kg/m	13819.42kg/m



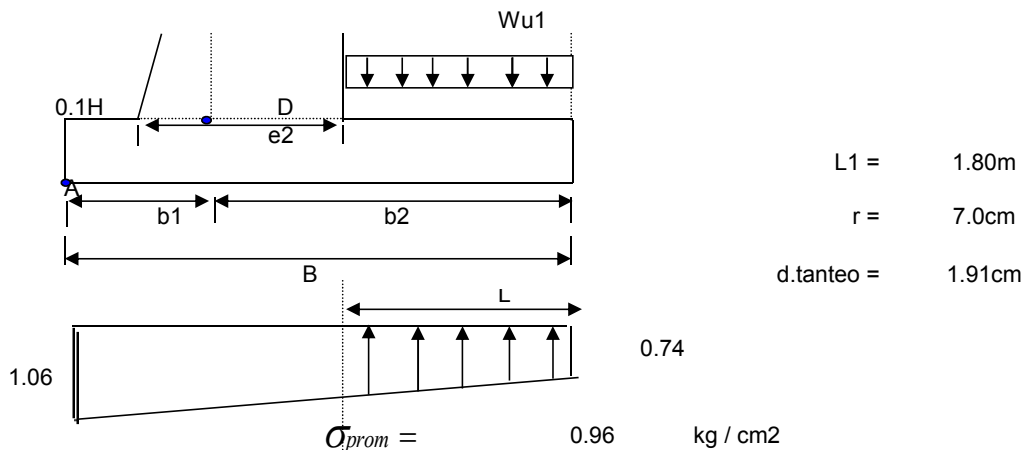
L.corte = L.corte + d = 1.42m
L.corte = 1.45m

DISEÑO DEL REFUERZO DEL TALON POSTERIOR

i) Cálculo del refuerzo principal

$$Wu1 = 1.4 (Po.Zap + Po.Relleno) + 1.7 (Sobrecarga)$$

$$Wu1 = 14766.40 \text{ kg/ml}$$



$$L1 = 1.80 \text{ m}$$

$$r = 7.0 \text{ cm}$$

$$d.tanteo = 1.91 \text{ cm}$$

$$\sigma_{prom} = 0.96 \text{ kg / cm}^2$$

Momento en la cara del apoyo:

$$Mu = Wu1 * \frac{L^2}{2} - 1.4 * \left(\frac{(\sigma_{prom} - \sigma_1) * L}{2} * L / 3 + L^2 \frac{\sigma_1}{2} \right) = 5504.95 \text{ kg.m}$$

$$Mu = 5504.95 \text{ kg.m}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 42.0 \text{ cm}$$

$$d = hz - r$$

$$hz = 50 \text{ cm}$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b}$$

$$As = \frac{Mu}{\phi * fy * (d - a / 2)}$$

$$a = 0.82 \text{ cm}$$

$$As = 3.50 \text{ cm}^2$$

Verificar: $As_{min} = \rho_{min} * b * hz$
 $As_{min} = 9.00 \text{ cm}^2$

Se debe colocar el acero mínimo:

$$As = 9.00 \text{ cm}^2$$

Si se utiliza varillas de \emptyset

$$5/8$$

$$Asb = 1.99 \text{ cm}^2$$

$$\text{Espaciamiento} = 0.221 \text{ m}$$

$$\text{Espaciamiento} = 20.0 \text{ cm}$$

Se puede colocar varillas de

$$5/8 @ 20 \text{ cm}$$

ii) Calculo de acero de refuerzo en la direccion perpendicular:

$$Asmin = 9.00 \text{ cm}^2$$

Si se utiliza varillas de \emptyset

$$5/8$$

$$Asb = 1.99 \text{ cm}^2$$

$$\text{Espaciamiento} = 0.221 \text{ cm}$$

$$\text{Espaciamiento} = 20.0 \text{ cm}$$

Se puede colocar varillas de

$$5/8 @ 20 \text{ cm}$$

iii) Verificacion al Corte:

$$Vu = 8022.67 \text{ kg}$$

=====>

$$Vn =$$

$$Vu / 0.85$$

$$Vn =$$

$$9438.44 \text{ kg}$$

$$Vcn = 0.53 (f'c)^{0.5} * b * d$$

$$Vcn = 32292.37 \text{ kg}$$

$$d =$$

$$42.0 \text{ cm}$$

$$Vcn$$

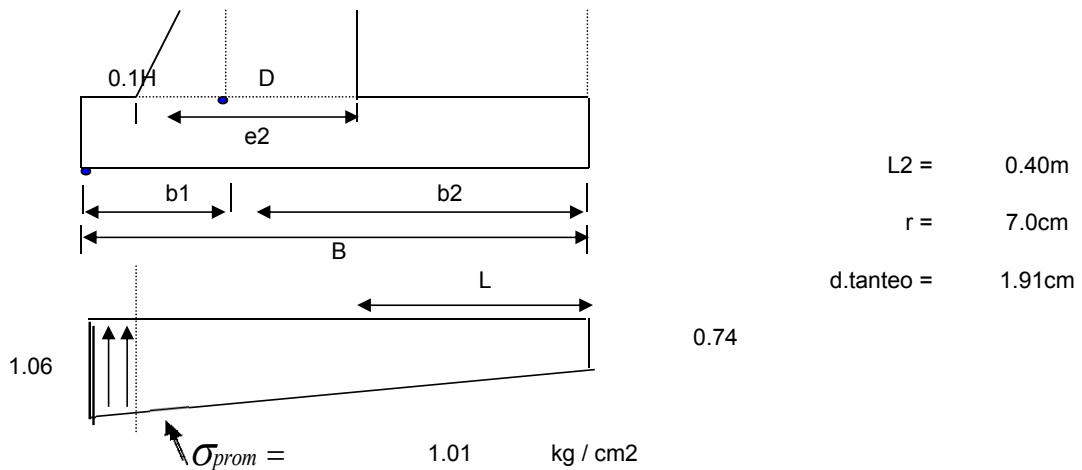
>

$$Vn$$

Vn Las dimensiones son correctas OK

DISEÑO DEL REFUERZO DEL TALON ANTERIOR

i) Cálculo del refuerzo principal



Momento en la cara del apoyo

$$Mu = 1.4 * ((\sigma_{prom}) * (L/2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{prom}) * L^2 / 3) = 1170.43 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned} Mu &= 1170.43 \text{ kg.m} \\ b &= 100 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_z &= 50 \text{ cm} \\ d &= 42.0 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b}$$

$$As = \frac{Mu}{\phi \cdot f_y \cdot (d - a/2)}$$

$$a = 0.17 \text{ cm}$$

$$As = 0.74 \text{ cm}^2$$

Verificar:

$$\begin{aligned} As_{min} &= \rho_{min} \times b \times h_z \\ As_{min} &= 9.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Se debe colocar el acero mínimo:

$As = 9.00 \text{ cm}^2$

Si se utiliza varillas de \emptyset 5/8

$$As_b = 1.99 \text{ cm}^2$$

$$\text{Espaciamiento} = 0.221 \text{ cm}$$

$$\text{Espaciamiento} = 20.0 \text{ cm}$$

Se puede colocar varillas de

$$5/8 @ 20 \text{ cm}$$

ii) Calculo de acero de refuerzo en la direccion perpendicular:

$$As_{min} = 9.00 \text{ cm}^2$$

Si se utiliza varillas de \emptyset 5/8

$$As_b = 1.99 \text{ cm}^2$$

$$\text{Espaciamiento} = 0.221 \text{ cm}$$

$$\text{Espaciamiento} = 20.0 \text{ cm}$$

Se puede colocar varillas de \emptyset

$$5/8 @ 20 \text{ cm}$$

iii) Verificacion al Corte:

$$Vu = 5805.70 \text{ kg} \quad \text{=====>}$$

$$Vn = Vu / 0.85$$

$$Vn = 6830.23 \text{ kg}$$

$$V_{cn} = 0.53 (f'_c)^{0.5} \times b \times d$$

$$V_{cn} = 32292.37 \text{ kg}$$

$$d = 42.0 \text{ cm}$$

$$V_{cn} > V_n$$

Vn Las dimensiones son correctas OK