



*PROBLEMÁTICA DEL ANÁLISIS  
DE MUROS DE SÓTANO*

*ANTONIO BLANCO BLASCO*


*Ingenieros E.I.R.L.*


- 
- LOS DISEÑOS CONVENCIONALES DE MUROS DE SÓTANO MUCHAS VECES SE HACEN CONSIDERANDO UN EMPUJE DE FORMA TRIANGULAR, CON LA EXPRESIÓN:

- $E_a = K_a \gamma H$





SI LOS MUROS TIENEN DOS SÓTANOS  
Y SE HACEN CALZADURAS, EL  
ANÁLISIS DEL MURO TAMBIÉN SE  
ACOSTUMBRA HACER CON UN  
EMPUJE DE FORMA TRIANGULAR, EN  
BASE AL EMPUJE ACTIVO.

- 
- PARA UN SÓTANO, NORMALMENTE SE CONSIDERA ARTICULACIÓN ARRIBA Y ABAJO Y SE ENCUENTRA EL DIAGRAMA DE MOMENTOS CON LA CARGA TRIANGULAR.
  - ADICIONALMENTE SE SUPERPONE UNA CARGA UNIFORMEMENTE REPARTIDA DEBIDA AL EMPUJE DE LA SOBRECARGA.

- 
- PARA DOS SÓTANOS SE HACE UNA VIGA O LOSA CONTINUA, CON DOS TRAMOS SOMETIDOS AL EMPUJE TRIANGULAR ACTIVO Y AL ADICIONAL, UNIFORMEMENTE REPARTIDO DE LA SOBRECARGA.
  - SE ARTICULA ARRIBA Y ABAJO.

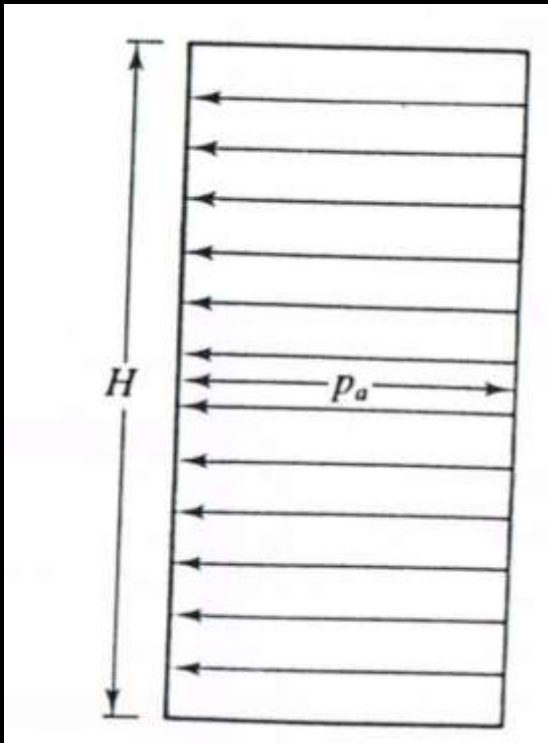
- EN EL CASO DE TRES O MÁS SÓTANOS SE USAN NORMALMENTE ANCLAJES Y, TAL COMO SE EXPLICÓ EN LA CLASE ANTERIOR, EL DISEÑO DEBE CONSIDERAR:
- FASE-1: UN PAÑO AISLADO TRABAJANDO COMO ZAPATA FLEXIBLE (PUNZONAMIENTO Y FLEXIÓN)
- FASE-2: VARIOS PAÑOS, COMO LOSA EN DOS DIRECCIONES, SIN VIGAS.
- FASE-3: ANÁLISIS DE UNA LOSA CONTINUA DE VARIOS TRAMOS, CONSIDERANDO LOS TECHOS COMO APOYOS.

- 
- PARA EL DISEÑO DE ESTOS MUROS DE SÓTANO, EN SU FASE-3, MUCHOS AUTORES CONSIDERAN QUE NO ES APLICABLE UN DIAGRAMA DE EMPUJES TRIANGULAR BASADO EN EL EMPUJE ACTIVO.
  - DESDE LAS ÉPOCAS DE TERZAGHI SE PLANTEA EL USAR UN EMPUJE DE FORMA TRAPEZOIDAL O RECTANGULAR DEPENDIENDO DE TENER ARENAS O ARCILLAS.

- 
- PECK Y OTROS AUTORES PLANTEAN PARA EL CASO DE LA ARENA, UN EMPUJE RECTANGULAR, CON CARGA UNIFORMEMENTE REPARTIDA IGUAL A:  $0.65 \gamma H K_a$



# PRESIONES EN ARENAS




Envolvente de presión aparente para cortes en arena según Peck (1969)

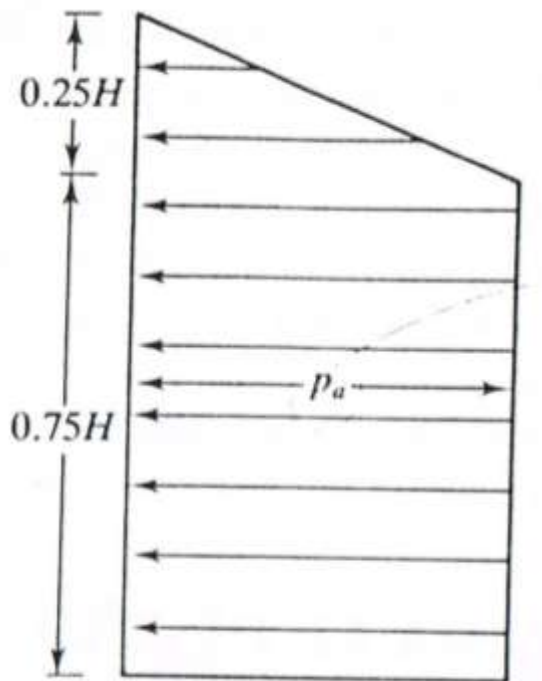
$$p_a = 0.65\gamma HK_a$$

donde  $\gamma$  = peso específico

$H$  = altura del corte

$K_a$  = coeficiente de presión activa de Rankine =  $\tan^2(45^\circ - \phi/2)$

- 
- PECK Y OTROS AUTORES PLANTEAN PARA EL CASO DE ARCILLA BLANDA Y MEDIA, UN EMPUJE TRIANGULAR EN LA PARTE SUPERIOR Y UN EMPUJE UNIFORMEMENTE REPARTIDO EN EL RESTO DE LA ALTURA DEL MURO, TAL COMO SE MUESTRA EN LA SIGUIENTE LÁMINA.



## Cortes en arcilla blanda y media

La envolvente de presión para arcillas blandas y medias se muestra en la figura 8.51, y es aplicable para la condición

$$\frac{\gamma H}{c} > 4$$

donde  $c$  = cohesión no drenada ( $\phi = 0$ )

La presión,  $p_a$ , es la mayor de


$$P_a = \gamma H \left[ 1 - \left( \frac{4c}{\gamma H} \right) \right]$$

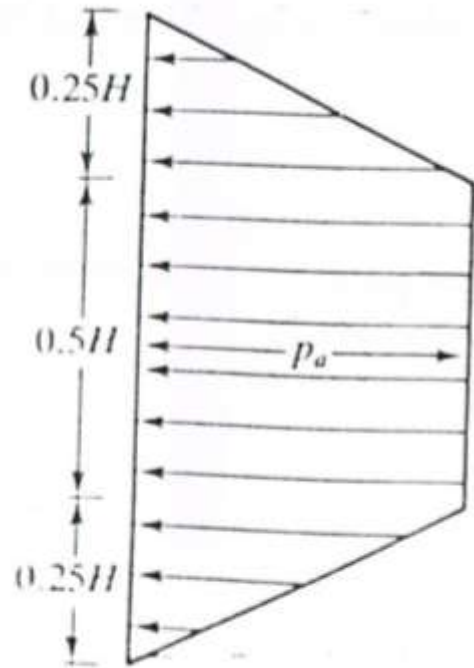
o

$$p = 0.3\gamma H$$

(8.107)

Envolvente de presión aparente para cortes en arcillas blandas y medias según Peck (1969)

- 
- PECK Y OTROS AUTORES PLANTEAN PARA EL CASO DE ARCILLA FIRME, UN EMPUJE TRAPEZOIDAL, TAL COMO SE MUESTRA EN LA SIGUIENTE LÁMINA.



▼ FIGURA 8.52 Envoltura

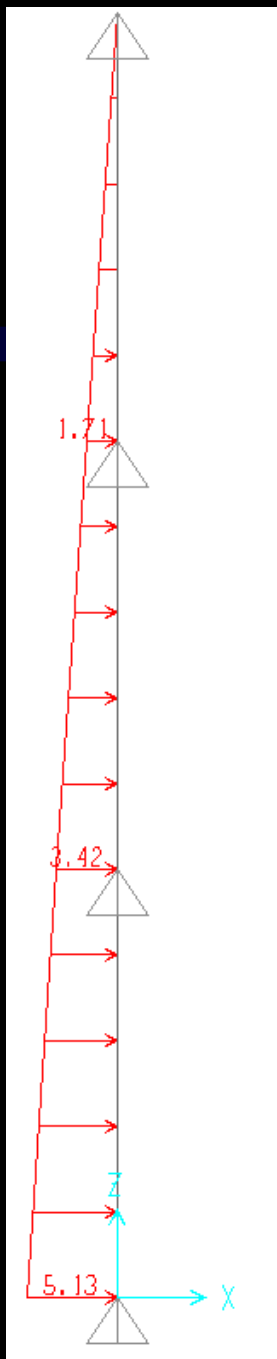
### Cortes en arcilla firme

La envoltura de presión mostrada en la figura 8.52, en la que

$$p_a = 0.2\gamma H \text{ a } 0.4\gamma H \quad (\text{con un promedio de } 0.3\gamma H)$$

es aplicable a la condición  $\gamma H/c \leq 4$ .

Envoltura de presión aparente para cortes en arcilla firme según Peck (1969)



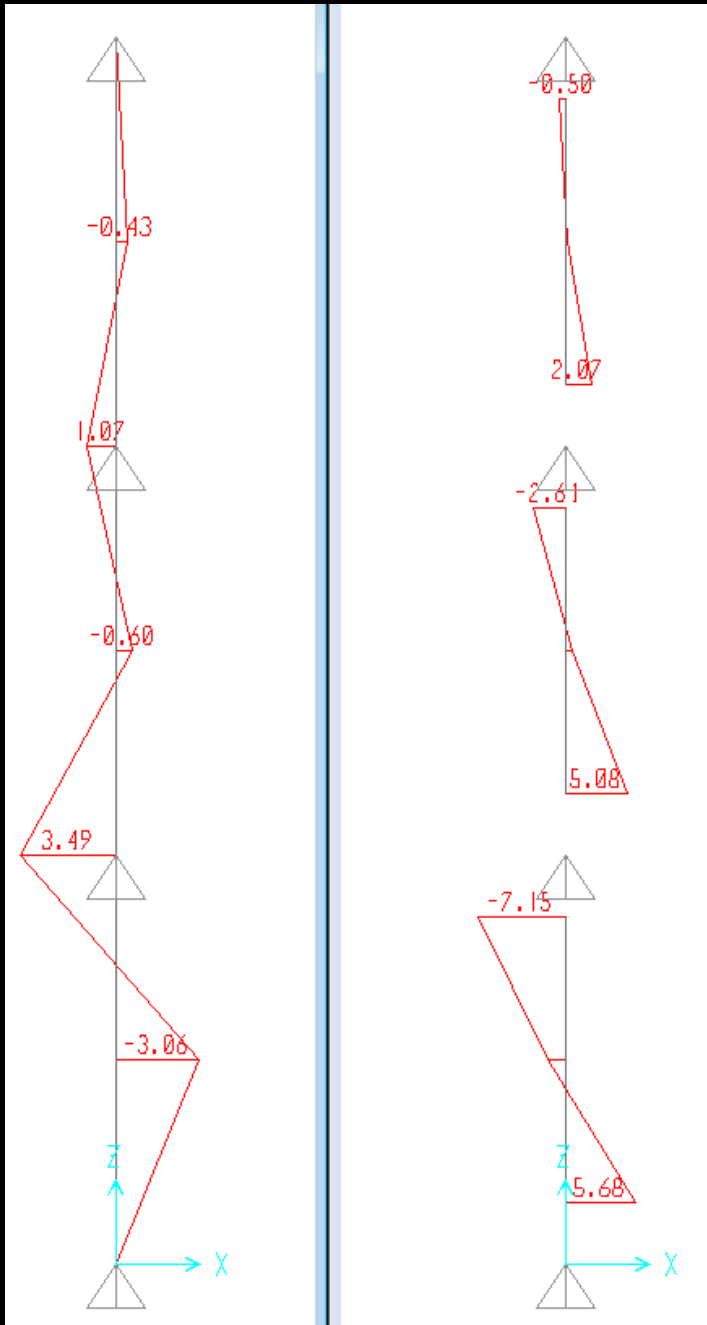
- Carga Triangular con empuje activo
- $k_a=0.3$
- $g=1.9 \text{ Ton/m}^3$
- Altura=3m cada piso

# Momentos y cortantes obtenidos para la hipótesis de carga triangular con empuje activo

$$k_a=0.3$$

$$\gamma=1.9 \text{ Ton/m}^3$$

Altura=3m cada piso



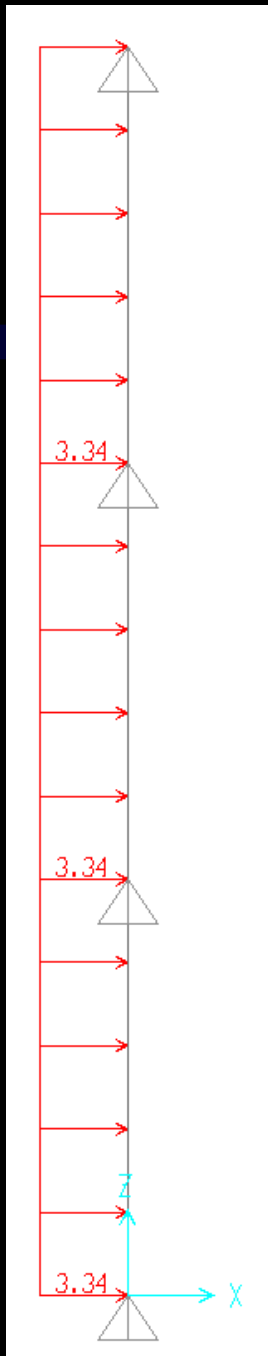
carga uniforme con  
empuje activo  
reducido

$k_a=0.3$  con factor 0.65

$\gamma=1.9 \text{ Ton/m}^3$

Altura=3m cada piso

$$W=0.65 \times 1.9 \times 9 \times 0.3 \\ = 3.34 \text{ Ton/m}^2$$





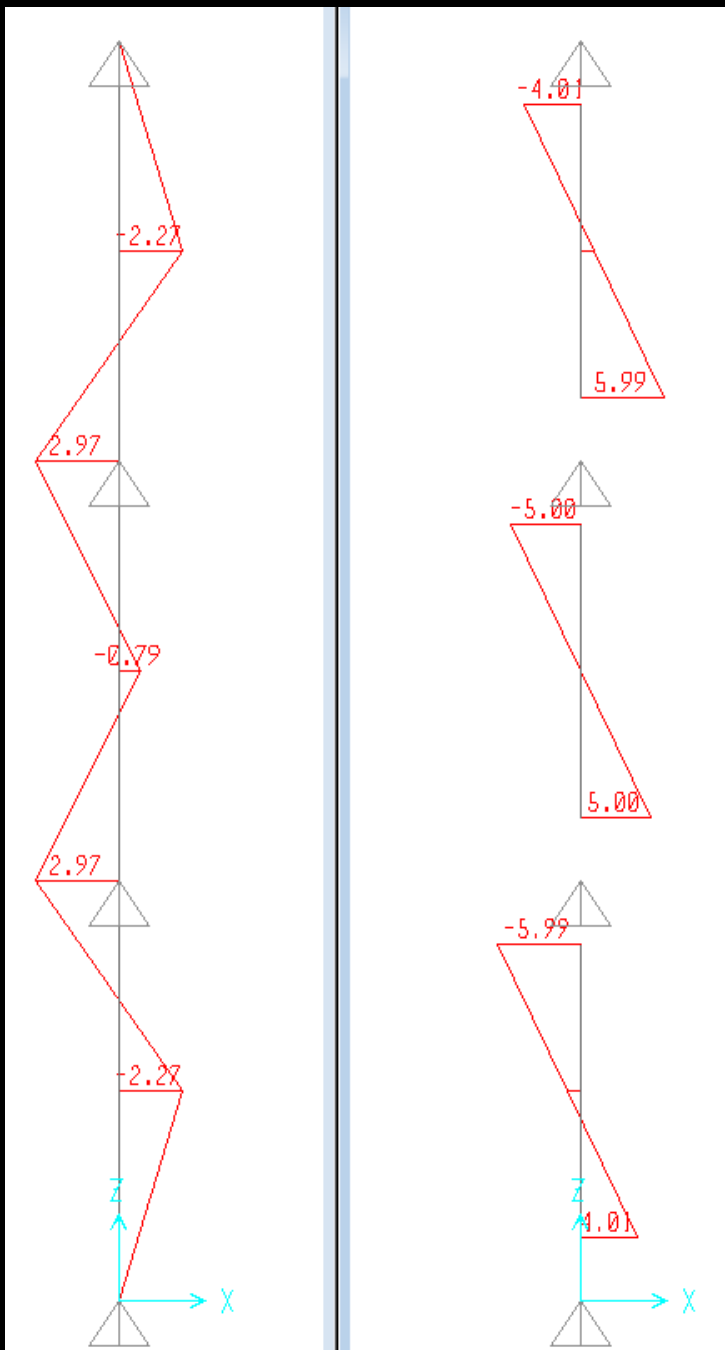
# Momentos y cortantes obtenidos para la hipótesis de carga uniforme con empuje activo reducido

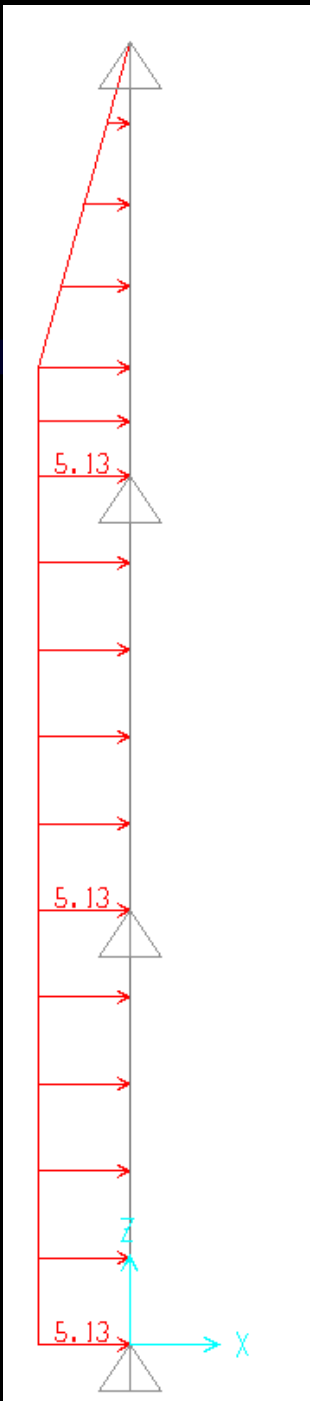
$k_a=0.3$  con factor 0.65

$\gamma=1.9 \text{ Ton/m}^3$

Altura=3m cada piso

$W=0.65 \times 1.9 \times 9 \times 0.3$





Carga triangular arriba en  $0.25$   
 $H$  superior y constante en  
 $0.75 H$  inferior

$$\gamma H(1-4c/\gamma H) \text{ ó}$$

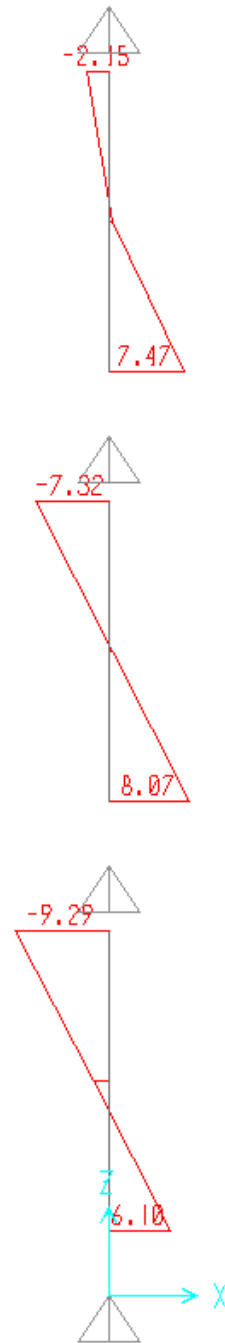
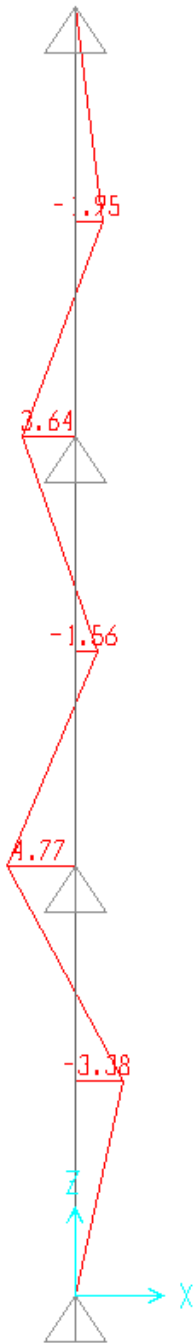
$$0.3 \gamma H$$

Altura=3m cada piso

$$W=1.9 \times 9 (1-4 \times 3/1.9 \times 9) = 5.1$$

ó

$$0.3 \times 1.9 \times 9 = 5.13$$



Momentos y cortantes  
obtenidos para la hipótesis  
de carga triangular arriba en  
0.25 H superior y constante  
en 0.75 H inferior

$$\gamma H(1-4c/\gamma H) \text{ ó}$$

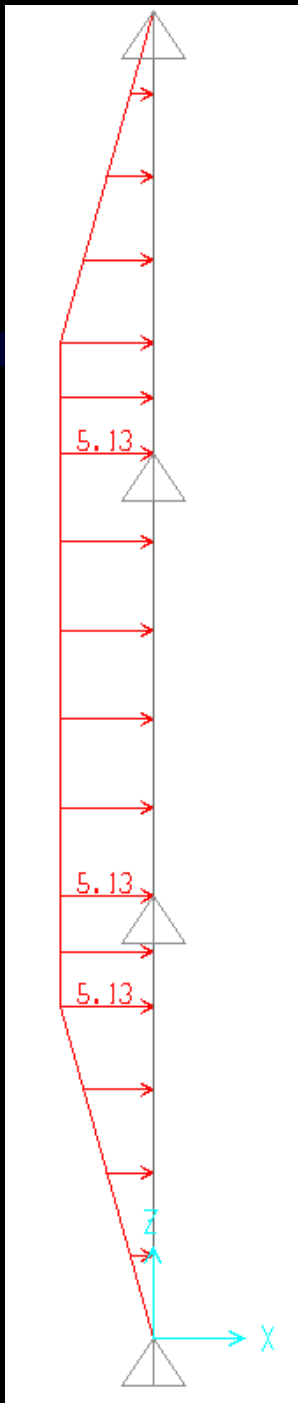
$$0.3 \gamma H$$

Altura=3m cada piso

$$W=1.9 \times 9 (1-4 \times 3/1.9 \times 9) = 5.1$$

ó

$$0.3 \times 1.9 \times 9 = 5.13$$

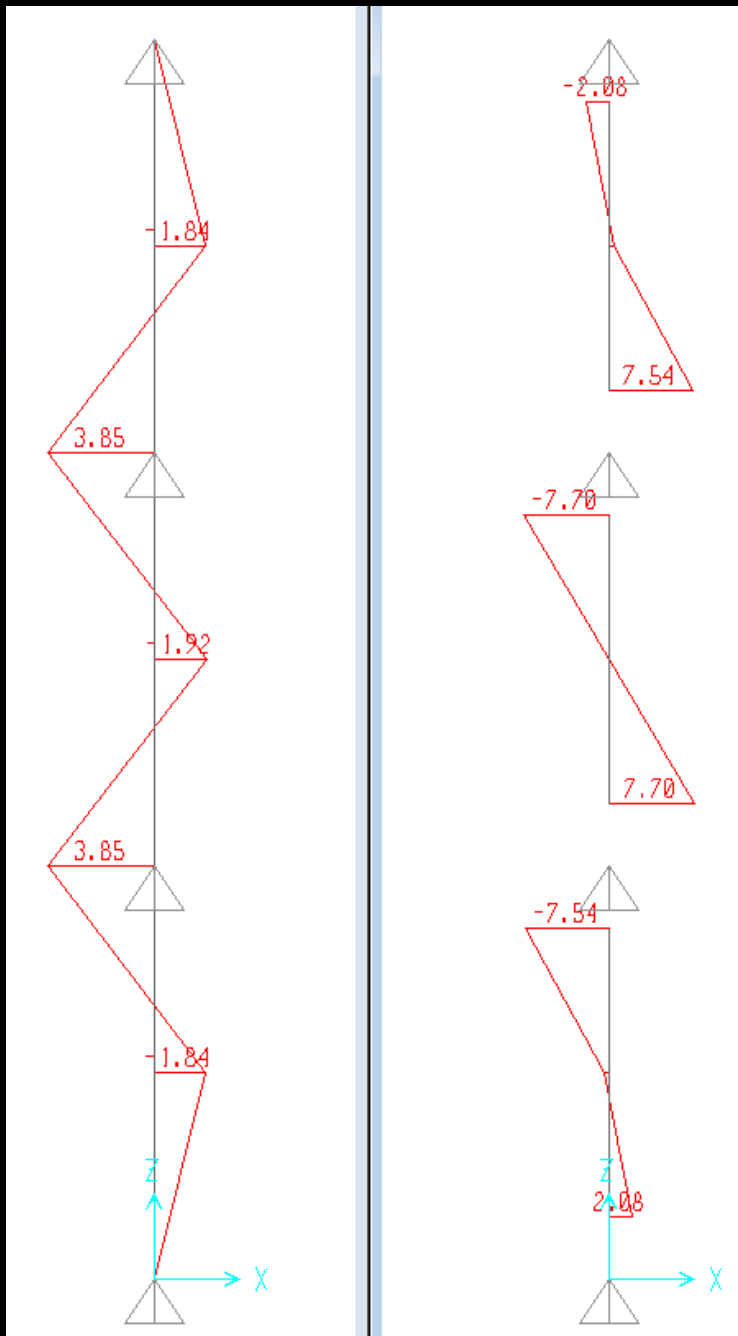


Carga trapezoidal:  
triangular arriba en  $0.25 H$   
superior, triangular  
abajo en  $0.25 H$   
inferior  
y constante en  $0.5 H$   
intermedio


$0.2$  a  $0.4 \gamma H$

Altura=3m cada piso


$W=0.3 \times 1.9 \times 9$

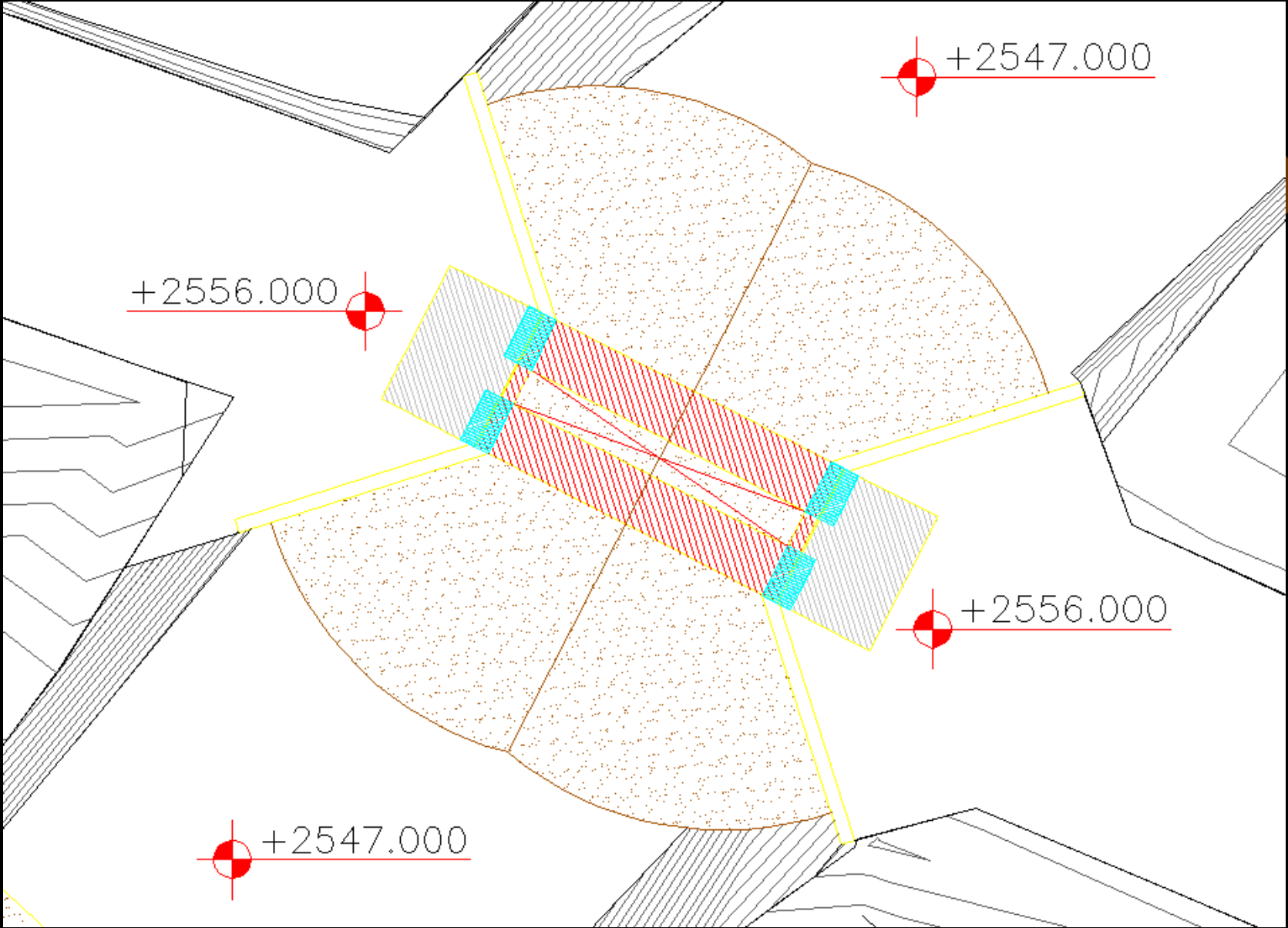


Momentos y cortantes  
obtenidos para la  
hipótesis de carga  
trapezoidal: triangular  
arriba en 0.25 H  
superior, triangular abajo  
en 0.25 H inferior y  
constante en 0.5 H  
intermedio  
0.2 a 0.4  $\gamma H$   
Altura=3m cada piso  
W=0.3 x 1.9 x 9



*EJEMPLO DE UN MURO CON  
CONTRAFUERTES PARA  
ESTRIBO DE UN PUENTE*

- 
- Se desea proyectar un puente de 8.85m de luz, apoyado en columnas o muros de una altura de 9m, para el pase de un camión especial, que debe descargar caliza hacia la zona inferior.
  - Dada la altura del muro de contención, se decidió usar contrafuertes.



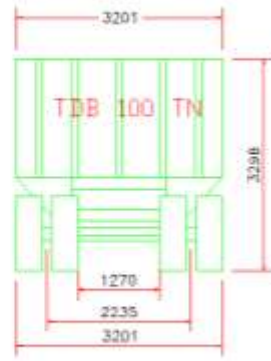
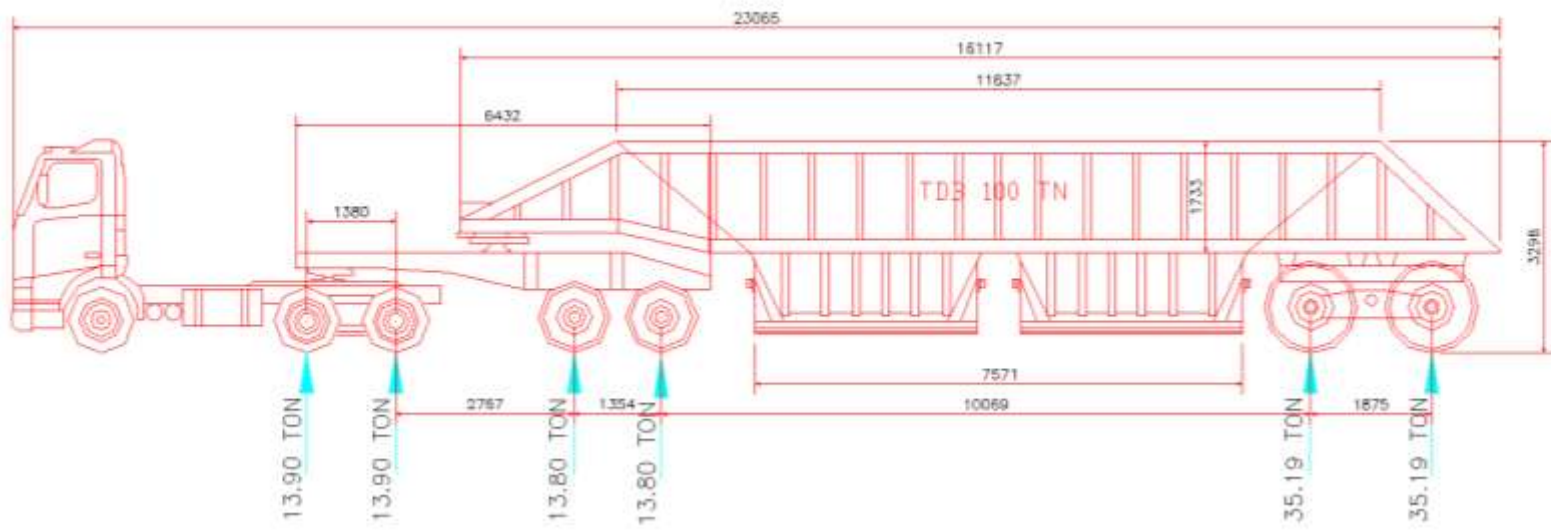
+2547.000

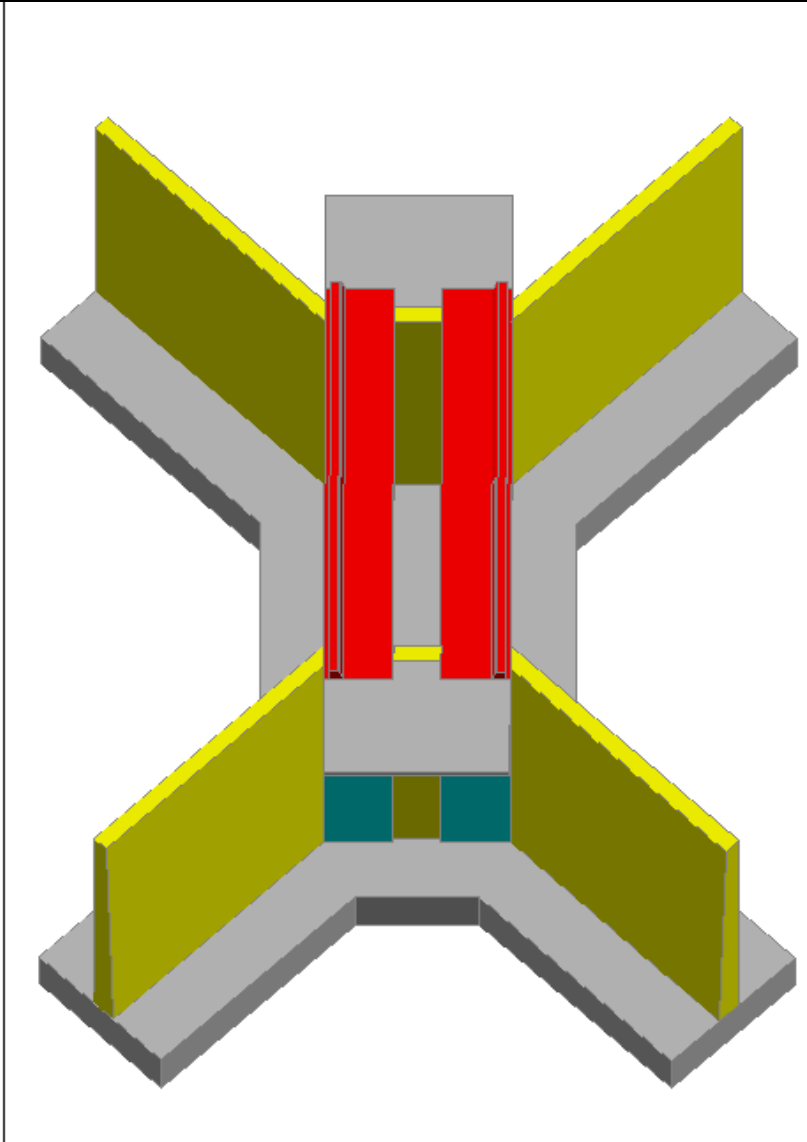
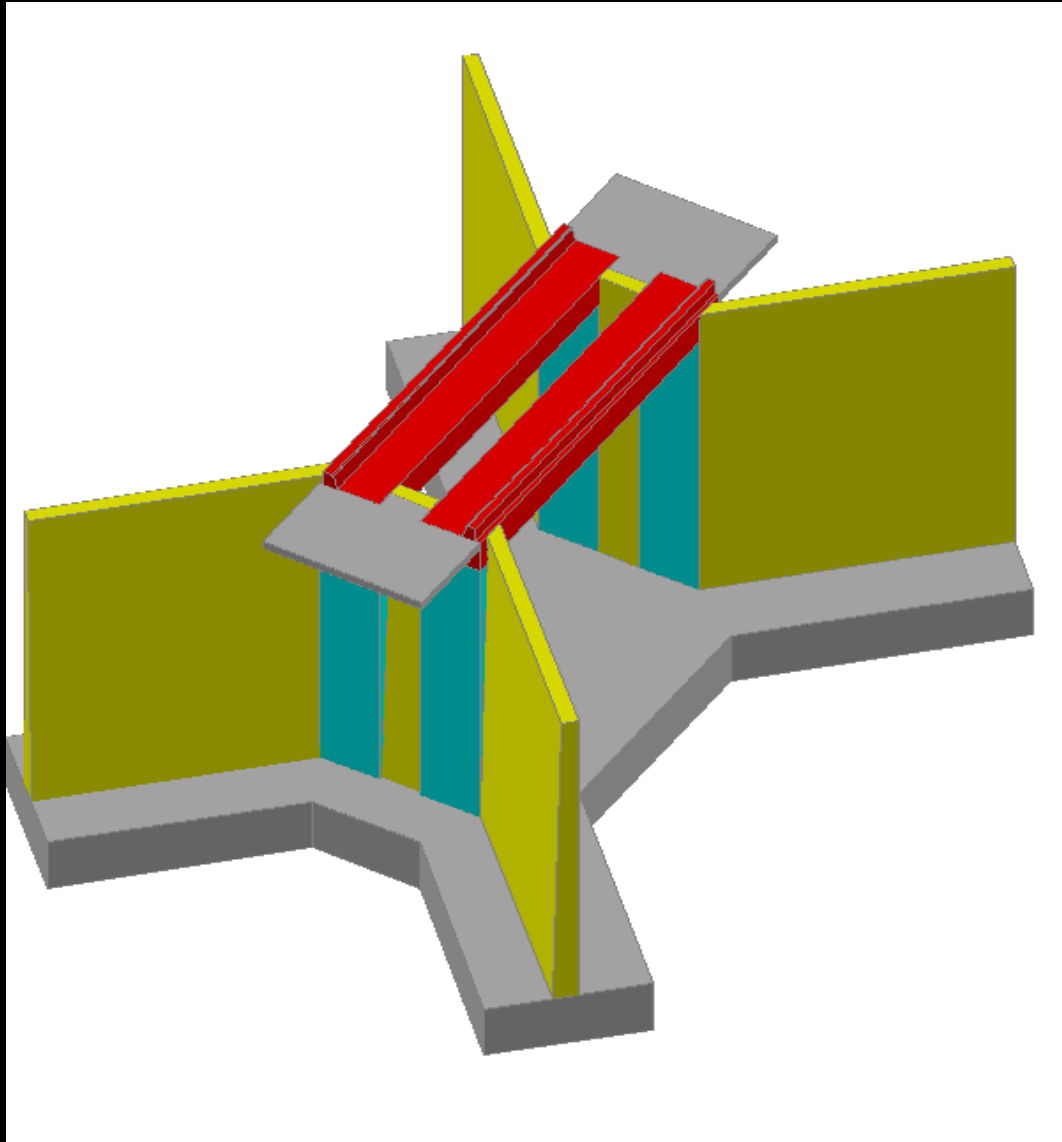
+2556.000

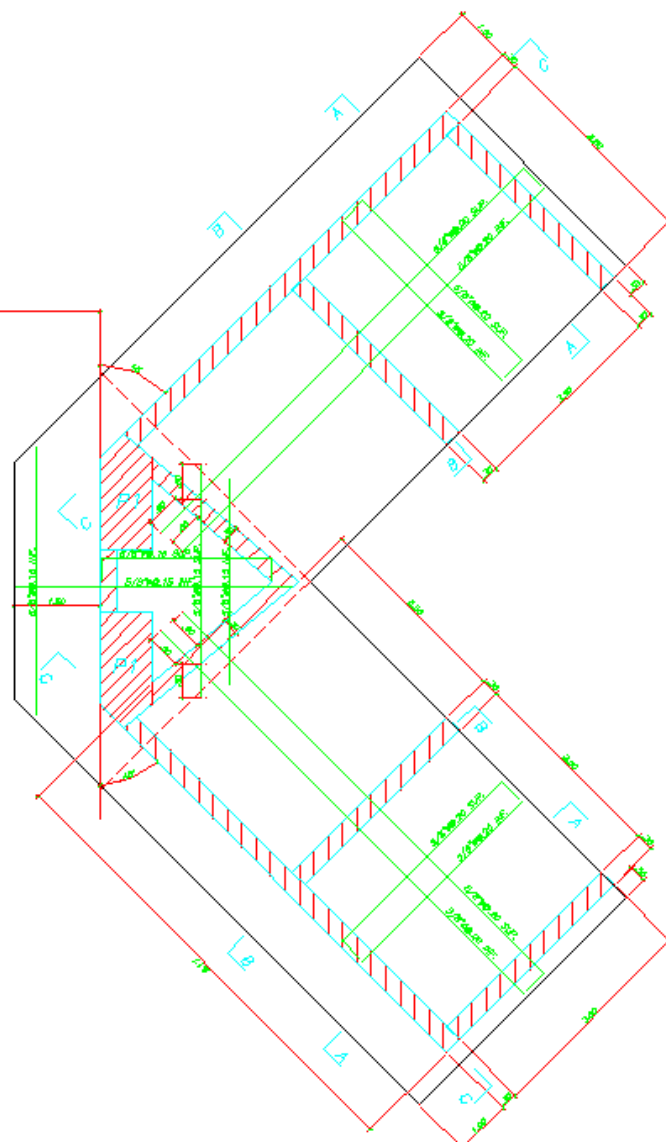
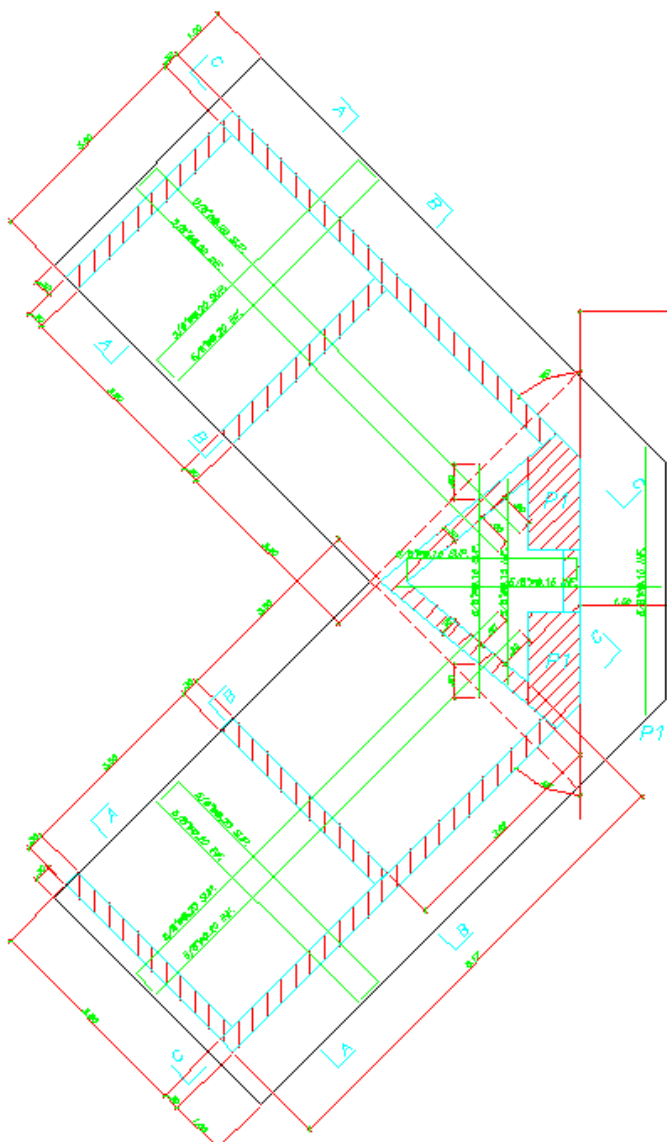
+2556.000

+2547.000






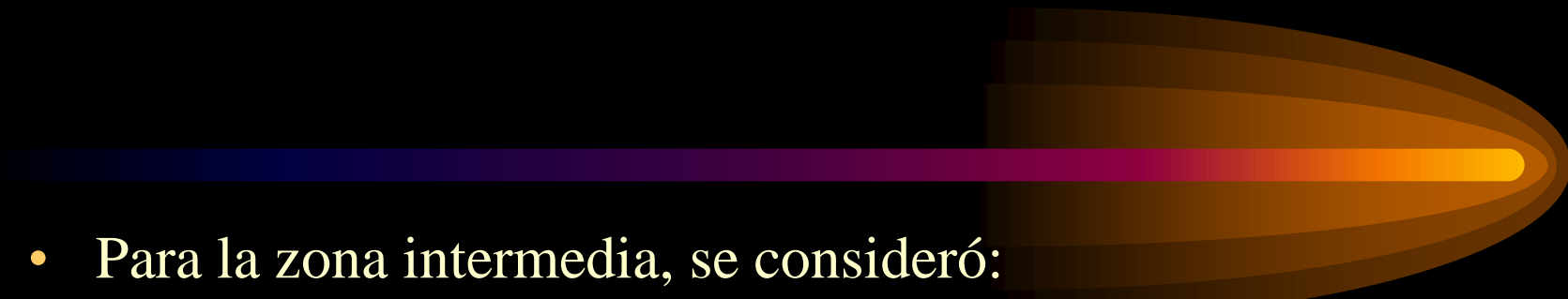


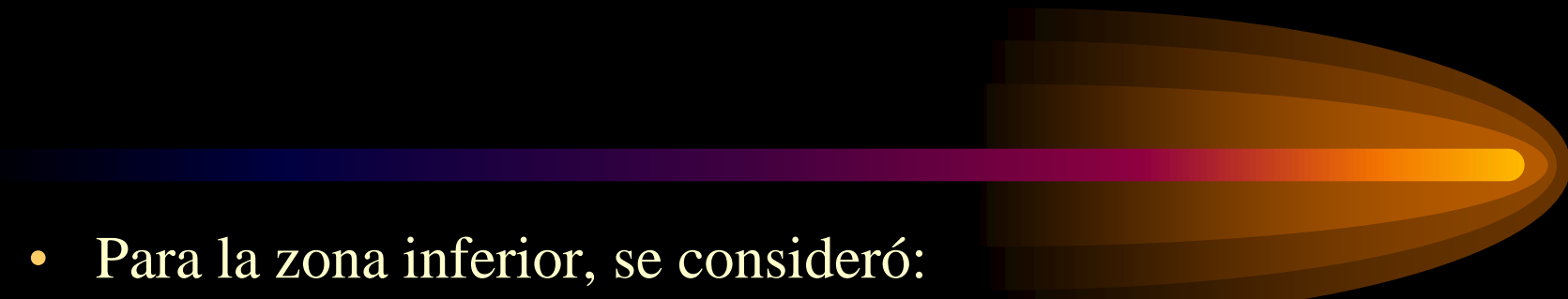


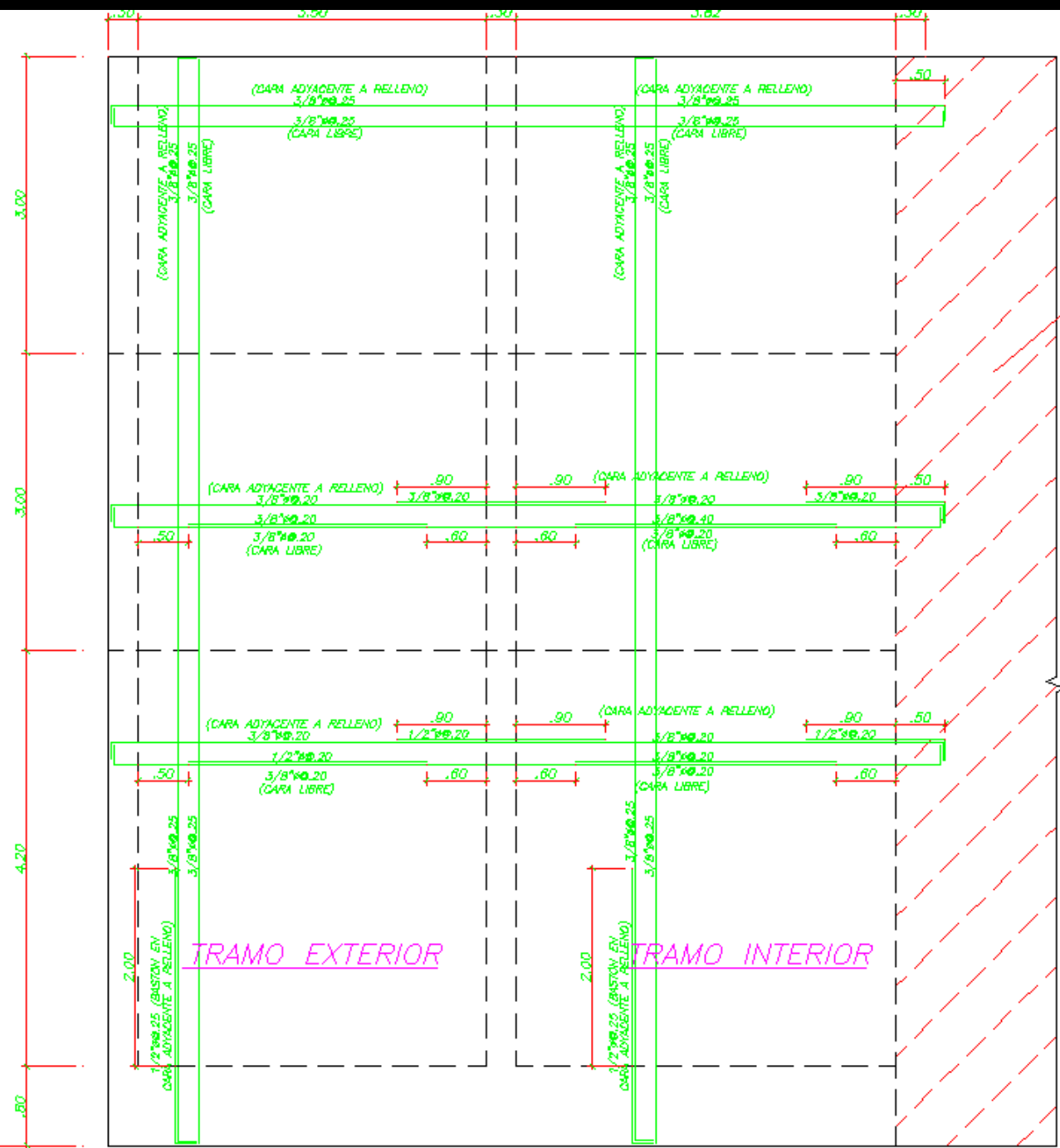
CIMENTACION  
ESC. 1/50

- 
- Para el diseño del muro con contrafuertes se consideró que en la longitud del muro se tengan tres contrafuertes, uno hacia el centro y dos hacia los extremos, de manera que se tenga una luz libre entre contrafuertes de 3.50m a 3.80m.

- La pantalla del muro se encuentra sujeta a la acción del empuje del terreno y el empuje ocasionado por la sobrecarga. Esta pantalla se encuentra soportada por la zapata en la zona inferior, y por los contrafuertes espaciados cada 3.50m.
- La pantalla fue dividida en su altura en tres zonas, tomando en cuenta que los empujes son mayores en la zona inferior y menores en la zona superior.
- Para la zona superior, se consideró:
  - Empuje Activo:  $0.32 \times 1.8 \text{ Ton/m}^3 \times 1.5\text{m} = 0.864 \text{ Ton/m}^2$
  - Empuje Sobrecarga:  $0.32 \times 1 \text{ Ton/m}^2 = 0.32 \text{ Ton/m}^2$
  - $W_u = (.864 + 0.32) \times 1.7 = 2.01 \text{ Ton/m}^2$
  - Con esta presión se obtuvieron los siguientes efectos:
    - $M_{u-} = 2.24 \text{ Ton.m}$   $A_{s-} = 2.4 \text{ cm}^2$
    - $M_{u+} = 1.54 \text{ Ton.m}$   $A_{s+} = 1.7 \text{ cm}^2$
    - $V_u = 3.87 \text{ Ton}$   $\phi V_c = 18.85 \text{ Ton}$

- 
- Para la zona intermedia, se consideró:
  - Empuje Activo:  $0.32 \times 1.8 \text{ Ton/m}^3 \times 4.5\text{m} = 2.59 \text{ Ton/m}^2$
  - Empuje Sobrecarga:  $0.32 \times 1 \text{ Ton/m}^2 = 0.32 \text{ Ton/m}^2$
  - $W_u = (2.59 + 0.32) \times 1.7 = 4.95 \text{ Ton/m}^2$
  - Con esta presión se obtuvieron los siguientes efectos:
  - $M_{u-} = 5.51 \text{ Ton.m}$        $A_{s-} = 6.0 \text{ cm}^2$
  - $M_{u+} = 3.79 \text{ Ton.m}$        $A_{s+} = 4.0 \text{ cm}^2$
  - $V_u = 9.53 \text{ Ton}$        $\phi V_c = 18.85 \text{ Ton}$

- 
- Para la zona inferior, se consideró:
  - Empuje Activo:  $0.32 \times 1.8 \text{ Ton/m}^3 \times 7.5\text{m} = 4.32 \text{ Ton/m}^2$
  - Empuje Sobrecarga:  $0.32 \times 1 \text{ Ton/m}^2 = 0.32 \text{ Ton/m}^2$
  - $W_u = (4.32 + 0.32) \times 1.7 = 7.89 \text{ Ton/m}^2$
  - Con esta presión se obtuvieron los siguientes efectos:
  - $M_{u-} = 8.79 \text{ Ton.m}$        $A_{s-} = 9.6 \text{ cm}^2$
  - $M_{u+} = 6.04 \text{ Ton.m}$        $A_{s+} = 6.5 \text{ cm}^2$
  - $V_u = 13.8 \text{ Ton}$        $\phi V_c = 18.85 \text{ Ton}$





# DISEÑO DEL CONTRAFUERTE

- Para el diseño del contrafuerte, se consideró el empuje producido por el terreno y el empuje adicional debido a la sobrecarga. Se hallaron los siguientes valores:
- $E_a = 0.32 \times 1.8 \text{ Ton/m}^3 \times 10.20\text{m} = 5.88 \text{ Ton/m}^2$
- $E_{s/c} = 0.32 \times 1.0 \text{ Ton/m}^2 = 0.32 \text{ Ton/m}^2$
- Ancho tributario = 3.96m
- $M_u = (5.88 \times 10.2^2 / 6 + 0.32 \times 10.2^2 / 2) \times 3.96 \times 1.7 = 798 \text{ Ton.m}$
- $V_u \text{ a "d"} = (0.32 \times 1.8 \times 6.4^2 / 2 + 0.32 \times 6.4) \times 3.96 \times 1.7 = 93.2 \text{ Ton}$
- Con estos valores, considerando  $b = 30\text{cm}$ ,  $d = 380\text{cm}$ , se obtuvo
- $A_s = 59.3\text{cm}^2 \times 1.07 = 63.5\text{cm}^2$ . Se colocaron 13 varillas de 1" que representan un área de acero de  $66.3\text{cm}^2$ .
- $\phi V_c = 86.0 \text{ Ton}$ , estribos de 3/8" @ 267cm. Se colocó refuerzo mínimo horizontal de dos varillas de 3/8" @ .25.



CORTE D-D

