

# PROYECTO: PUENTE SOBRE EL RIO SAN MIGUEL

Consultor: Ing. Marco Apunte Ordóñez  
INFRAESTRUCTURA: ESTRIBO FINAL ABS. 7+295,00

Cálculo: Ing. Juan Manuel Vinuela Moreno

Hoja: 1  
Fecha: 9-ene-23

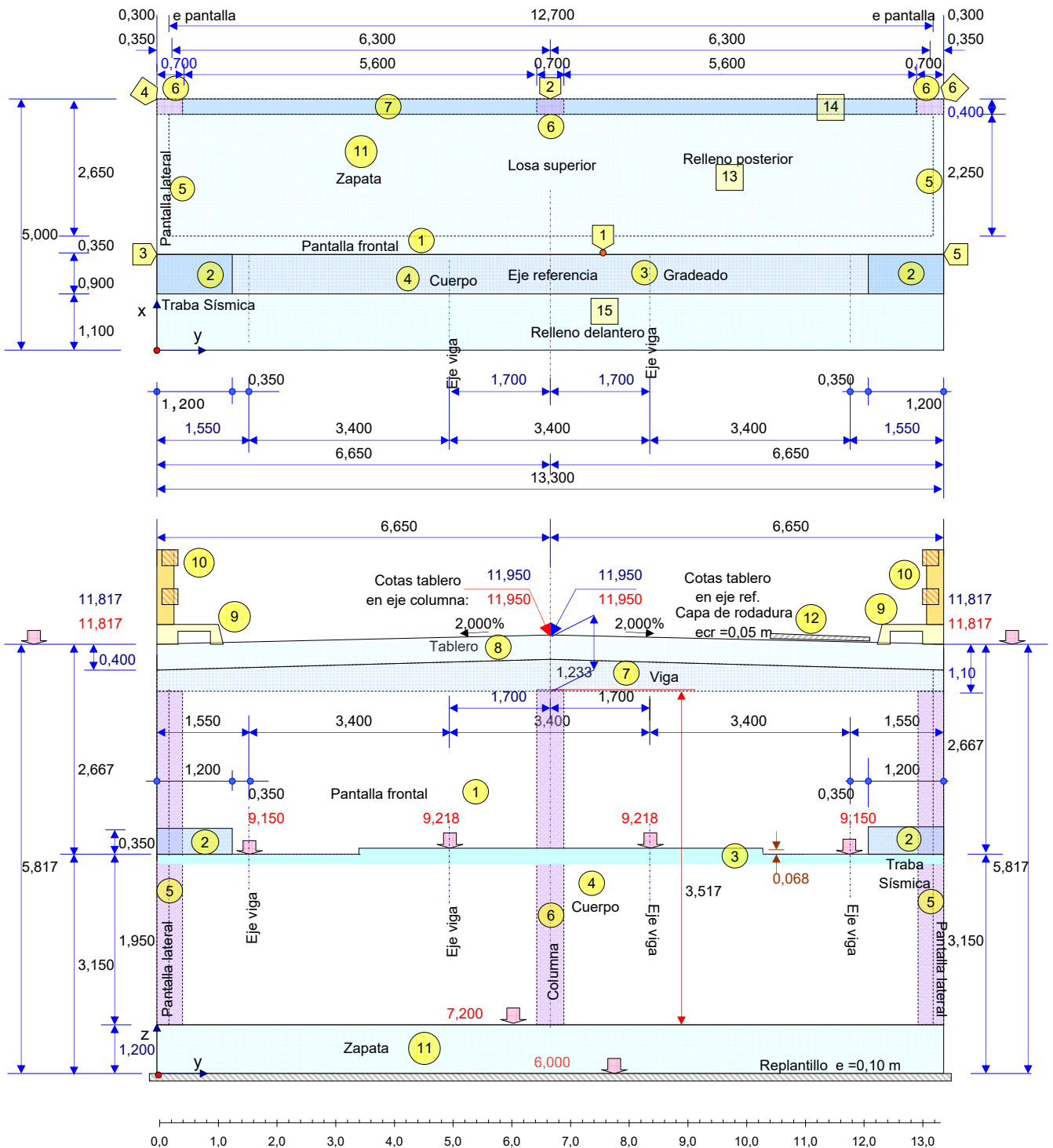
VIA: SAN ANTONIO - SAN MIGUEL  
CANTÓN: GUAYAQUIL - PLAYAS  
PROVINCIA: GUAYAS

## 1.- GEOMETRÍA

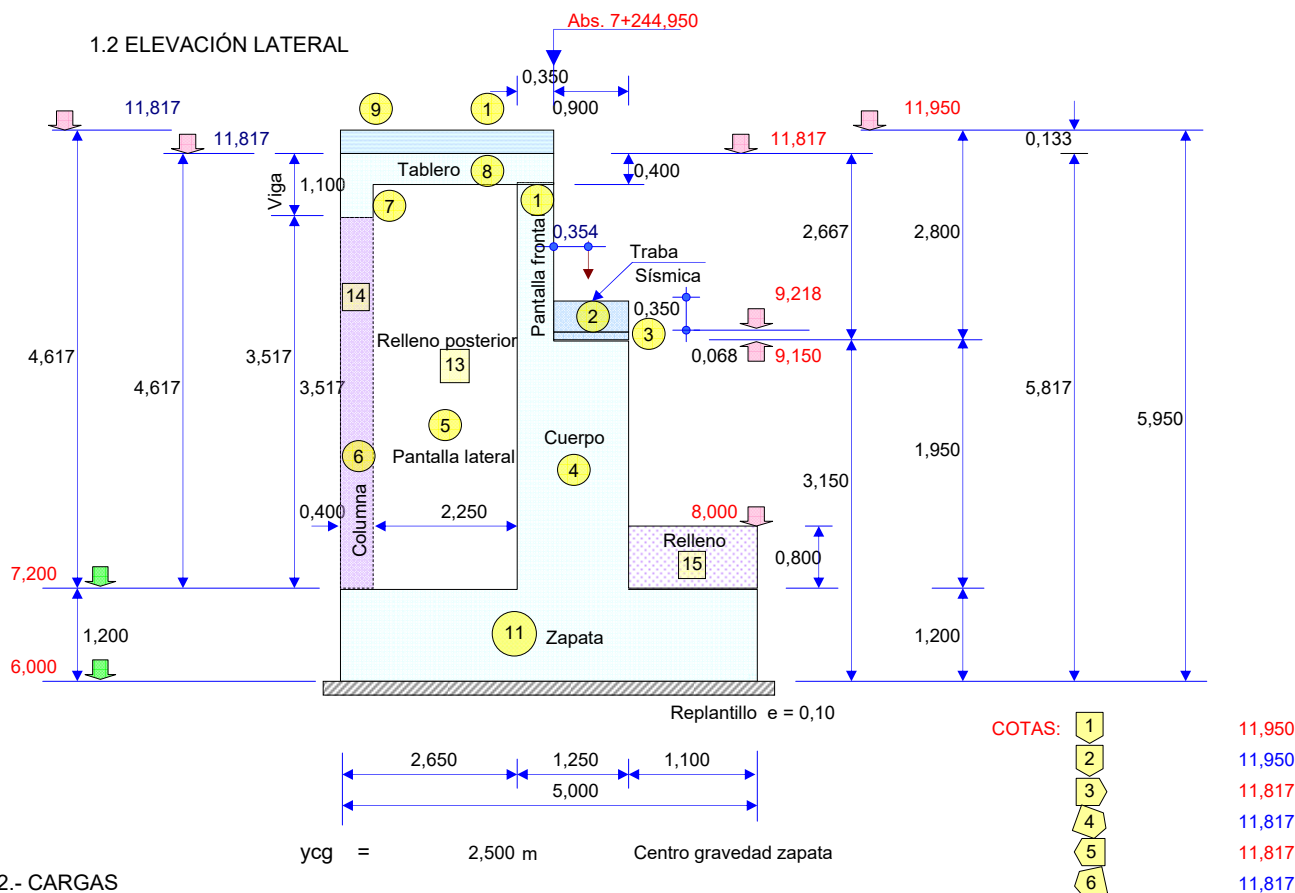
### 1.1 PLANTA y ELEVACIÓN FRONTAL

Le = 13,300 m Ancho del estribo.  
Nr = 12,000 m Cota rasante en eje vía total.  
Nc = 6,000 m Cota cimentación.  
Hs = 2,748 m Altura de superestructura.  
Pt1 = 2,000% Pend. Transversal 1  
Pt2 = 2,000% Pend. Transversal 2  
Pl = 0,000% Pendiente longitudinal.

Nn = 6,500 Nivel natural del terreno  
Nb = 4 Número de vigas  
Sv = 3,400 m Separación vigas  
fc = 280 kg/cm<sup>2</sup> Hormigón  
Fy = 4.200 kg/cm<sup>2</sup> Acero de refuerzo  
b = 0,600 m Ancho de apoyo de viga  
ecr = 0,050 m Espesor capa de rodadura  
L = 50,00 m Longitud del tramo  
Abs = 7+295,00 Abscisa final superest.



## 1.2 ELEVACIÓN LATERAL



## 2.- CARGAS

$$\eta_D = 1,000$$

$$\eta_R = 1,000$$

$$\eta_I = 1,000$$

$$\eta_{max} = 1,000 \text{ Para uso de } \gamma_{max} \text{ Ec: 1.3.2.1-2}$$

$$\eta_{min} = 1,000 \text{ Para uso de } \gamma_{min} \text{ Ec: 1.3.2.1-3}$$

$$\sum \eta_i \gamma_i Q_i \leq \phi R_n = R_r \quad \text{AASHTO LRFD 2020 Ec: 1.3.2.1-1 ECUACION GENERAL}$$

## 2.1 SUPERESTRUCTURA

### 2.1.1 CARGA MUERTA

Art. 3.5.1

$$PDC = 258,200 \text{ t}$$

Reacción de carga muerta por estribo.

$$x_{DC} = 1,646 \text{ m}$$

Ubicación de carga respecto a o

$$e_{DC} = 0,854 \text{ m}$$

Excentricidad para carga muerta superestructura

$$MDC = 220,503 \text{ tm}$$

Momento por DC de la superestructura en el xcg zapata

$$MDC_o = 424,997 \text{ tm}$$

Momento por DC de la superestructura respecto a o

### 2.1.2 CARGA CAPA DE RODADURA

Art. 3.5.1

$$PDW = 39,675 \text{ t}$$

Reacción de carga de carpeta asfáltica y servicios públicos

$$x_{DW} = 1,646 \text{ m}$$

Ubicación de carga respecto a o

$$e_{DW} = 0,854 \text{ m}$$

Excentricidad para carga muerta superestructura

$$MDW = 33,882 \text{ tm}$$

Momento por DW de la superestructura en el xcg zapata

$$MDW_o = 65,305 \text{ tm}$$

Momento por DW de la superestructura respecto a o

### 2.1.3 CARGA VIVA

Art. 3.5.6

$$PLL = 108,680 \text{ t}$$

Reacción de carga viva por estribo

$$x_{LL} = 1,646 \text{ m}$$

Ubicación de carga respecto a o

$$e_{LL} = 0,854 \text{ m}$$

Excentricidad para carga viva superestructura

$$z_{LL} = 3,150 \text{ m}$$

$$M_{LL} = 92,813 \text{ tm}$$

Momento por LL de la superestructura en el xcg zapata

$$M_{LL_o} = 178,888 \text{ tm}$$

Momento por LL de la superestructura respecto a o

### 2.1.4 FUERZA DE FRENADO

Art. 3.6.4 AASHTO 2020

Fuerzas de frenado en una línea de tráfico

$$BR_1 = 8,179 \text{ t}$$

$$BR_2 = 3,987 \text{ t}$$

$$BR_3 = 3,485 \text{ t}$$

PROYECTO: PUENTE SOBRE EL RIO SAN MIGUEL

Consultor: Ing. Marco Apunte Ordóñez

Cálculo: Ing. Juan Manuel Vinuela Moreno

INFRAESTRUCTURA: ESTRIBO FINAL ABS. 7+295,00

Hoja:

3

|       |   |             |                                                                       |
|-------|---|-------------|-----------------------------------------------------------------------|
| BR    | = | 8,179 t/vía |                                                                       |
| Nvías | = | 2           |                                                                       |
| BRx   | = | 16,358 t    | Fuerza de frenado en x                                                |
| zr    | = | 1,830 m     |                                                                       |
| PBR   | = | -1,516 t    | Carga vertical por frenado                                            |
| xBR1  | = | 1,646 m     | Ubicación de carga vertical respecto a o                              |
| eBR1  | = | 0,854 m     | Excentricidad BR                                                      |
| zBR   | = | 3,184 m     | Altura para fuerza frenado desde nivel inferior de zapata             |
| MBR1  | = | -1,295 tm   | Momento por BR en el xcg zapata por la componente vertical            |
| MBRz  | = | 52,082 tm   | Momento por fuerza horizontal de frenado                              |
| MBR   | = | 50,788 tm   | Momento por BR en el ycg zapata por la componente vertical+horizontal |
| MBRo  | = | 49,587 tm   | Momento por BR respecto a o por componente vertical y horizontal      |

## 2.2 CARGA MUERTA INFRAESTRUCTURA

### 2.2.1 ESTRIBO

| FIG.     | PESO<br>t | x<br>m | Mo<br>tm | $\Sigma$ Mo<br>tm | OPERACIONES |       |        |           |    |
|----------|-----------|--------|----------|-------------------|-------------|-------|--------|-----------|----|
|          |           |        |          |                   | a           | b     | c      | Peso Esp. | No |
| 1        | 30,539    | 2,175  | 66,422   | 66,422            | 2,734       | 0,350 | 13,300 | 2,400     | 1  |
| 2        | 1,814     | 1,550  | 2,812    | 69,234            | 0,900       | 0,350 | 1,200  | 2,400     | 2  |
| 3        | 0,999     | 1,550  | 1,548    | 70,782            | 0,900       | 0,068 | 6,800  | 2,400     | 1  |
| 4        | 77,805    | 1,725  | 134,214  | 204,996           | 1,250       | 1,950 | 13,300 | 2,400     | 1  |
| 5        | 13,663    | 3,475  | 47,479   | 252,475           | 2,250       | 0,300 | 4,217  | 2,400     | 2  |
| 6        | 7,090     | 4,800  | 34,033   | 286,508           | 0,400       | 0,700 | 3,517  | 2,400     | 3  |
| 7        | 14,894    | 4,800  | 71,491   | 357,999           | 0,400       | 1,167 | 13,300 | 2,400     | 1  |
| 8        | 28,728    | 3,475  | 99,830   | 457,829           | 2,250       | 0,400 | 13,300 | 2,400     | 1  |
| 9        | 2,851     | 3,500  | 9,979    | 467,808           | 0,198       | 1,000 | 3,000  | 2,400     | 2  |
| 10       | 2,074     | 3,500  | 7,258    | 475,065           | 0,144       | 1,000 | 3,000  | 2,400     | 2  |
|          |           |        |          | 475,065           |             |       |        |           |    |
| $\Sigma$ | 180,457   |        |          | 475,065           |             |       |        |           |    |
| 11       | 191,520   | 2,500  | 478,800  | 953,865           | 5,000       | 1,200 | 13,300 | 2,400     | 1  |
| $\Sigma$ | 371,977   |        |          | 953,865           |             |       |        |           |    |

PDC = 371,977 t

Vh est. = 154,126 m<sup>3</sup>

xDC = 2,564 m

Ubicación de carga respecto a o

eDC = -0,064 m

Excentricidad para carga muerta infraestructura

MDC = -23,923 tm

Momento por DC del estribo en el xcg zapata

MDCo = 953,865 tm

Momento por DC del estribo respecto a o

### 2.2.2 CAPA DE RODADURA SOBRE ESTRIBO

| FIG.     | PESO<br>t | x<br>m | Mo<br>tm | $\Sigma$ Mo<br>tm | OPERACIONES |       |       |           |    |
|----------|-----------|--------|----------|-------------------|-------------|-------|-------|-----------|----|
|          |           |        |          |                   | a           | b     | c     | Peso Esp. | No |
| 12       | 3,861     | 3,500  | 13,514   | 13,514            | 11,700      | 0,050 | 3,000 | 2,200     | 1  |
| $\Sigma$ | 3,861     |        |          | 13,514            |             |       |       |           |    |

PDW = 3,861 t

xDW = 3,500 m

eDW = -1,000 m

MDW = -3,861 tm

MDWo = 13,514 tm

## 2.3 RELLENOS Y SOBRECARGAS

### 2.3.1 CARGA VERTICAL RELLENO

| FIG.     | PESO<br>t | x<br>m | Mo<br>tm | $\Sigma$ Mo<br>tm | OPERACIONES |       |        |           |    |
|----------|-----------|--------|----------|-------------------|-------------|-------|--------|-----------|----|
|          |           |        |          |                   | a           | b     | c      | Peso Esp. | No |
| 13       | 228,951   | 3,475  | 795,606  | 795,606           | 2,250       | 4,217 | 12,700 | 1,900     | 1  |
| 14       | 44,905    | 4,800  | 215,544  | 1.011,151         | 0,400       | 3,517 | 16,800 | 1,900     | 1  |
| 15       | 18,726    | 0,550  | 10,300   | 1.021,450         | 1,100       | 0,800 | 13,300 | 1,600     | 1  |
| $\Sigma$ | 292,583   |        |          | 1.021,450         |             |       |        |           |    |

|      |   |              |                                             |
|------|---|--------------|---------------------------------------------|
| PEV  | = | 292,583 t    |                                             |
| xEV  | = | 3,491 m      | Ubicación de carga respecto a o             |
| eEV  | = | -0,991 m     | Excentricidad para carga muerta de rellenos |
| MEV  | = | -289,993 tm  | Momento por EV del relleno en el xcg zapata |
| MEVo | = | 1.021,450 tm | Momento por EV del relleno con respecto a o |

### 2.3.2 PRESIÓN DE TIERRAS Art. 3.11 AASHTO 2020

|            |   |                        |                                                                        |
|------------|---|------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| $\gamma_r$ | = | 1,900 t/m <sup>3</sup> | Peso específico del suelo de relleno trasero                           |
| $\iota$    | = | 0,00 °                 | Angulo inclinación talud relleno                                       |
| $\phi$     | = | 35,00 °                | Angulo de fricción interna del suelo de relleno                        |
| $\delta$   | = | 23,33 °                | Angulo de rozamiento entre el terreno y el muro (Asumir = 2/3 $\phi$ ) |
| $\beta$    | = | 90,00 °                | Angulo entre la horizontal y paramento vertical del muro               |

$$k_a = \frac{\text{Sen}^2(\beta + \phi)}{\text{Sen}^2 \beta \text{ Sen}(\beta - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{Sen}(\phi + \delta) \text{ Sen}(\phi - \iota)}{\text{Sen}(\beta - \delta) \text{ Sen}(\iota + \beta)}} \right]^2}$$

Art. 3.11.5.3 AASHTO 2020 - Cimentaciones  
Braja M. Das

|            |   |                          |                                               |
|------------|---|--------------------------|-----------------------------------------------|
| $k_a$      | = | 0,244                    | Coefficiente de empuje activo                 |
| $h$        | = | 5,817 m                  | Altura promedio para presión de tierras       |
| $L_e$      | = | 13,300 m                 | Ancho de presión de tierras                   |
| $p_0$      | = | 2,701 t/m <sup>2</sup>   | Presión máxima sin sobrecarga                 |
| $E_H$      | = | 104,494 t                | Empuje de tierras normal sin sobrecarga       |
| $z_{EH}$   | = | 1,939 m                  | Ubicación empuje de tierras                   |
| $M_{EH}$   | = | 202,614 tm               | Momento por presión de tierras sin sobrecarga |
| $\gamma_l$ | = | 1,600 t/m <sup>3</sup>   | Peso específico del suelo natural             |
| $\phi_l$   | = | 25,00 °                  | Angulo de fricción interna del suelo natural  |
| $c$        | = | 0,000 kg/cm <sup>2</sup> | Cohesión en suelo natural.                    |

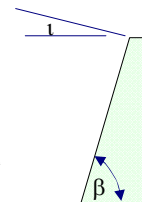


Fig. C3.11.5.3-1  
AASHTO 2020

### 2.3.3 SOBRECARGA VIVA

Art. 3.11.6 AASHTO 2020

TABLA 3.11.6.4-1 AASHTO 2020

|           |   |                        |                                                 |
|-----------|---|------------------------|-------------------------------------------------|
| $h_{eq}$  | = | 0,610 m                | Altura de sobrecarga.                           |
| $p_v$     | = | 1,159 t/m <sup>2</sup> | Presión vertical de tierras por sobrecarga viva |
| $PLS$     | = | 40,849 t               | Peso por sobrecarga viva: vertical              |
| $x_{LS}$  | = | 3,675 m                | Ubicación sobrecarga viva                       |
| $e_{LS}$  | = | -1,175 m               | Excentricidad para sobrecarga viva              |
| $M_{LSv}$ | = | -47,998 tm             | Momento por LS vertical en el xcg zapata        |
| $M_{LSO}$ | = | 0,000 tm               | Momento por LS vertical con respecto a o        |
| $p_1$     | = | 0,283 t/m <sup>2</sup> | Presión horizontal por sobrecarga               |
| $E_{LS}$  | = | 21,916 t               | Empuje de tierras por sobrecarga viva           |
| $z_{LS}$  | = | 2,909 m                | Ubicación de empuje desde eje xx                |
| $M_{LSH}$ | = | 63,741 tm              | Momento por LS horizontal en el xcg zapata      |
| $M_{LS}$  | = | 15,744 tm              | Momento por LS en el ycg zapata                 |

## 2.4 SISMO

### 2.4.1 DATOS DEL PUENTE

Art. 3.10 AASHTO LRFD 2020

IMPORTANCIA DEL PUENTE Escencial

ZONA SÍSMICA V Para mínimo ancho de soporte

Art. 3.10.5 AASHTO 2020

Art. 1.3.2.1 AASHTO LRFD 2020

PUENTE SIMPLEMENTE APOYADO:

### 2.4.2 ANCHO DE APOYO

Art. 3.10.9.1 AASHTO 2020

Art. 4.7.4.4 AASHTO 2020

|                   |   |                                  |                                            |
|-------------------|---|----------------------------------|--------------------------------------------|
| $N_{\min}$        | = | $(8+0,02L+0,08H)(1+0,000125S^2)$ |                                            |
| $L$               | = | 50,000 m                         | Longitud del puente                        |
| $S$               | = | 0 °                              | Angulo de esviajamiento                    |
| $H$               | = | 4,684 m                          | Altura estribo desde parte superior zapata |
| $N$               | = | 0,318 m                          |                                            |
| %N                | = | 150,000                          |                                            |
| $N_{\min}$        | = | 0,477 m                          |                                            |
| $N_{\text{real}}$ | = | 0,900 m >                        | $N_{\min}$                                 |

Tabla 4.7.4.4-1 AASHTO 2020

PROYECTO: PUENTE SOBRE EL RIO SAN MIGUEL

Consultor: Ing. Marco Apunte Ordóñez  
INFRAESTRUCTURA: ESTRIBO FINAL ABS. 7+295,00

Cálculo: Ing. Juan Manuel Vinuela Moreno

Hoja:

5

2.4.3 SUPERESTRUCTURA:

Art. 3.10.9 AASHTO 2020

As = Fpga PGA

Coefficiente de aceleración

Ec.: 3.10.4.2-2 AASHTO 2020

kho = f As

Art. 11.6.5.2.1 AASHTO LRFD 2020 : Coeficientes aceleración sísmica

Clase sitio E

Art. 3.10.3.1 AASHTO LRFD 2020 (Clase de suelo)

f = 0,90

PGA = 0,500

Coefficiente aceleración pico horizontal suelo. DATO NEC 15. Valor de Z

Fpga = 1,000

Coefficiente de aceleración pico del sitio.- factor de sitio

As = 0,500

| CLASE SITIO | f   |
|-------------|-----|
| A           | 1,2 |
| B           | 1,2 |
| C           | 1   |
| D           | 1   |
| E           | 1   |

Hbu = μ Pu

Carga lateral transmitida de la super a la infraestructura

μ = 0,400

Coefficiente de fricción

RDCt = 258,200 t

Reacción de carga muerta total DC + DCp

RDW = 39,675 t

Reacción por carga de carpeta y servicios públicos

RLL = 108,680 t

Reacción de carga viva

Pu = [1,0 PDC + 1,00PDW + 0,5 PLL] Estado Límite de Evento extremo I

Pu = 436,603 t

Estado Límite de Evento extremo

Hbu = 174,641 t

Fuerza sísmica transferida a la Infraestructura

Zs = 3,184 m

Altura : base inferior zapata - base vigas

MEQ-s = 556,1 tm

2.4.4 ESTRIBO

kh = 0,5 kho

Art. 11.6.5.2.2 AASHTO 2020 Estimación de la aceleración actuando en la masa del muro

kho = 0,450

kho = 1,0 Fpga PGA

= As Para clases de sitio D, E

kh = 0,225

kh = 1,2 Fpga PGA

= 1,2 As Para clases de sitio A, B

| FIG. | PESO    | z     | M = Pz  |
|------|---------|-------|---------|
| 1    | 30,539  | 4,517 | 137,936 |
| 2    | 1,814   | 3,325 | 6,033   |
| 3    | 0,999   | 3,184 | 3,180   |
| 4    | 77,805  | 2,175 | 169,226 |
| 5    | 13,663  | 3,309 | 45,204  |
| 6    | 7,090   | 2,959 | 20,977  |
| 7    | 14,894  | 5,300 | 78,941  |
| 8    | 28,728  | 5,617 | 161,365 |
| 9    | 2,851   | 5,991 | 17,082  |
| 10   | 2,074   | 6,771 | 14,039  |
| 11   | 191,520 | 0,600 | 114,912 |
| Σ    | 371,977 |       | 768,89  |

Desde N. Inferior zapata

EQest = 0,225 x 371,977

= 83,695 t

EQmuro = kh Wpp

zi = 2,067 m

Altura promedio estribo

MEQest = 173,001 tm

Momento sísmico por peso propio del estribo

2.4.5 RELLENO EN TALÓN

| FIG. | PESO    | z     | M = Pz  |
|------|---------|-------|---------|
| 13   | 228,951 | 3,309 | 757,486 |
| 14   | 44,905  | 2,959 | 132,852 |
| Σ    | 273,857 |       | 890,338 |

EQearth = 0,225 x 273,86

= 61,618 t

EQearth = kh Wrelleno

zearth = 3,251 m

Altura promedio estribo

MEQearth = 200,326 tm

Momento sísmico provocado por el relleno

PIR = kh(Ww + Ws)

Fuerza sísmica horizontal

Ec. 11.6.5.1-1 AASHTO 2020

PIR = 145,313 t

Carga sísmica de peso propio y relleno

2.4.6 PRESIÓN DE SUELO EN CONDICIÓN SÍSMICA

MÉTODO: MONONOBE - OKABE

Aplicación del método: M-O

\* Material homogéneo no cohesivo, cuña de suelo 3H:1V, desde el talón

\* Relleno no saturado

\*  $\phi \geq i + \theta MO$

$\theta MO = \text{Arc tg}(kh / (1 - kv))$

Ec. 11.6.5.3-1 AASHTO LRFD 2020

|                |                                                 |
|----------------|-------------------------------------------------|
| Tipo de suelo: | E                                               |
| kho =          | f As                                            |
| kho =          | 0,450                                           |
| kh =           | 0,225                                           |
| kv =           | 0,000                                           |
| Kh/(1-Kv)=     | 0,225                                           |
| θMO =          | Arc tg ( 0,225 )                                |
| θMO =          | 12,680 °                                        |
| ι =            | 0,000 °                                         |
| ι + θMO =      | 12,680 °                                        |
| φ =            | 35,00 °                                         |
|                | Angulo de fricción interna del suelo de relleno |

**Se puede usar M - O**

PAE.- Fueva activa sísmica de la masa de suelo sobre el muro

$$PAE = 1/2 \gamma h^2 KAE Le$$

Ec: 11.6.5.3-2 AASHTO LRFD 2020

$$\theta MO = 12,680^\circ$$

$$\iota = 0,000^\circ$$

Ángulo de inclinación del talud de relleno

$$\phi = 35,000^\circ$$

Ángulo de fricción interna del suelo

$$\beta = 90,000^\circ$$

Ángulo entre la vertical y paramento vertical del muro

$$\delta = 23,333^\circ$$

Ángulo rozamiento entre terreno y el muro

Art. A11.3.1, 11.5.5 AASHTO 2020

KAE.- Coeficiente sísmico de presión activa

APENDICE Art. A11.3.1 AASHTO LRFD 2020

$$KAE = \frac{\text{Sen}^2 (\phi + \beta - \theta MO)}{\text{Cos } \theta MO \text{ Sen}^2 \beta \text{ Sen}(\beta - \theta MO - \delta)} \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{Sen}(\phi + \delta) \text{ Sen}(\phi - \theta MO - \iota)}{\text{Sen}(\beta - \delta - \theta MO) \text{ Sen}(\iota + \beta)}} \right]^2$$

$$KAE = 0,407$$

$$PAE = 174,043 \text{ t}$$

UBICAR A f h Ubicación de PAE

$$\Delta PAE = 69,549 \text{ t}$$

$$f = 0,450$$

$$Z_A = 0,625 \text{ h}$$

$$MEAE = 252,970 \text{ tm}$$

TOTAL: 100% SISMO PARA PARA CAPACIDAD DEL SUELO

$$EQ = 389,503 \text{ t}$$

$$MEQ = 1.182,354 \text{ tm}$$

TOTAL: 50% PIR + 100% ΔEAE PARA ESTABILIDAD

Art. 11.6.5.1 AASHTO 2020

$$EQ = 316,846 \text{ t}$$

$$MEQ = 995,691 \text{ tm}$$

TOTAL: 100% PIR + 50% ΔEAE PARA ESTABILIDAD

$$EQ = 354,728 \text{ t}$$

$$MEQ = 1.055,869 \text{ tm}$$

## 2.5 CARGAS POR TEMPERATURA Y CONTRACCIÓN

|       |                            |                              |
|-------|----------------------------|------------------------------|
| Hu =  | $\frac{G A \Delta u}{hrt}$ |                              |
| G =   | 10,00 kg/cm <sup>2</sup>   | Módulo de corte del neopreno |
| A =   | 1.575,0 cm <sup>2</sup>    | Area de apoyo elastomérico   |
| hrt = | 6,00 cm                    | Espesor total del neopreno   |
| Nb =  | 4                          | Número de vigas (apoyos)     |

Ec: 14.6.3.1-2 AASHTO LRFD 2020

### 2.5.1 TEMPERATURA

Art. 5.4.2.2 AASHTO 2020

$$\Delta temp = 0,540 \text{ cm}$$

Deformación por temperatura/lado (Disminución de temperatura)

$$Hua = 1.418 \text{ kg/neopreno}$$

$$Hu TU = 5,670 \text{ t}$$

Fuerza total en estribo

$$zTU = 3,150 \text{ m}$$

$$MTU = 17,861 \text{ tm}$$

### 2.5.2 CONTRACCIÓN DEL CONCRETO

Art. 5.4.2.3.3 AASHTO 2020

$\Delta_{cont}$  = 0,500 cm Deformación por contracción/lado  
 $H_{ua}$  = 1.313 kg/neopreno  
 $H_{uSH}$  = 5,250 t Fuerza total en estribo  
 $z_{SH}$  = 3,184 m  
 $MSH$  = 16,716 tm

### 3 FACTORES DE CARGA

| CARGAS | SERVICIO I     |                | RESISTENCIA I  |                | EVENTO EXTREMO I |                |
|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|
|        | $\gamma_{max}$ | $\gamma_{min}$ | $\gamma_{max}$ | $\gamma_{min}$ | $\gamma_{max}$   | $\gamma_{min}$ |
| DC     | 1,00           | 1,00           | 1,25           | 0,90           | 1,00             | 1,00           |
| DW     | 1,00           | 1,00           | 1,50           | 0,65           | 1,00             | 1,00           |
| LL     | 1,00           | 1,00           | 1,75           | 1,75           | 0,50             | 0,00           |
| BR     | 1,00           | 1,00           | 1,75           | 1,75           | 0,50             | 0,00           |
| EH     | 1,00           | 1,00           | 1,50           | 0,90           | 1,00             | 1,00           |
| EV     | 1,00           | 1,00           | 1,35           | 1,00           | 1,00             | 1,00           |
| LS     | 1,00           | 1,00           | 1,75           | 1,75           | 0,50             | 0,50           |
| TU     | 1,00           | 1,00           | 0,50           | 0,50           | 0,00             | 0,00           |
| SH     | 1,00           | 1,00           | 0,50           | 0,50           | 0,50             | 0,50           |
| EQ     | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 0,00           | 1,00             | 1,00           |

Revisar Tablas:

Tabla 3.4.1-1 combinaciones de carga y Factores de carga

Tabla 3.4.1-2 Factores de Carga para cargas permanentes  $\gamma_p$

### 4 COMBINACIONES DE CARGAS Y DISEÑO

#### 4.1 CIMENTACIÓN:

##### ESFUERZOS EN EL SUELO

$q_n$  = 30,000 t/m<sup>2</sup> Resistencia portante nominal del suelo

#### 4.1.2 ESTADO LÍMITE EVENTO EXTREMO I

Art. 11.5.4 11.6.3.1 AASHTO LRFD 2020

##### 4.1.2.1 VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE

$\phi$  = 1 Factor de resistencia

Art. 11.5.8 y 1.3.2.1 AASHTO 2020

$q_R$  = 30,0 t/m<sup>2</sup> Capacidad resistente factorada del suelo para Estado Límite Evento extremo

| TIPO       | P       | H       | M         | $P_u$<br>t | $H_u$<br>t | $M_u$<br>tm |
|------------|---------|---------|-----------|------------|------------|-------------|
| DC         | 630,177 | 0,000   | 196,580   | 630,177    | 0,000      | 196,580     |
| DW         | 43,536  | 0,000   | 30,021    | 43,536     | 0,000      | 30,021      |
| LL         | 108,680 | 0,000   | 92,813    | 54,340     | 0,000      | 46,406      |
| BR         | -1,516  | 16,358  | 50,788    | -0,758     | 8,179      | 25,394      |
| EH         | 0,000   | 104,494 | 202,614   | 0,000      | 104,494    | 202,614     |
| EV         | 292,583 | 0,000   | -289,993  | 292,583    | 0,000      | -289,993    |
| LS         | 40,849  | 21,916  | 15,744    | 20,424     | 10,958     | 7,872       |
| TU         | 0,000   | 5,670   | 17,861    | 0,000      | 0,000      | 0,000       |
| SH         | 0,000   | 5,250   | 16,716    | 0,000      | 2,625      | 8,358       |
| EQ         | 0,000   | 389,503 | 1.182,354 | 0,000      | 389,503    | 1.182,354   |
| $\Sigma$ = |         |         |           | 1.040,302  | 515,758    | 1.409,607   |

$e$  = 1,355 m

$B$  = 5,000 m

$L$  = 13,300 m

$A$  = 66,500 m<sup>2</sup>

Fundación en: Suelo

$$\sigma_v = \left( \frac{\Sigma P}{B - 2e} \right) / L$$

$$\sigma_v = 34,16 \text{ t/m}^2$$

Ec: 11.6.3.2-1 AASHTO 2020

Art. 10.6.1.4 AASHTO 2020

Fundación en: Roca

$$\sigma_v = \left( \frac{\Sigma P}{B} \left[ 1 \pm 6 \frac{e}{B} \right] \right) / L$$

$$\sigma_{vmax} = 41,08 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{vmin} = -9,79 \text{ t/m}^2$$

Ec: 11.6.3.2-2 AASHTO 2020

Ec: 11.6.3.2-3 AASHTO 2020

Art. 10.6.1.4 AASHTO 2020

Si la resultante está fuera del tercio medio de la base

$$\sigma_v = \left( \frac{2 \sum P}{3[(B/2) - e]} \right) / L$$

$$\sigma_{vmax} = 45,54 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{vmin} = 0 \text{ t/m}^2$$

Revisar Uso de pilotes

Ec: 11.6.3.2-4 AASHTO 2020

Ec: 11.6.3.2-5 AASHTO 2020

#### 4.1.2.2 DESLIZAMIENTO

##### COMBINACIÓN PARA DESLIZAMIENTO Y EXCENTRICIDADES

| TIPO     | P       | H       | M         | Pu<br>t | Hu<br>t | Mu<br>tm  |
|----------|---------|---------|-----------|---------|---------|-----------|
| DC       | 630,177 | 0,000   | 196,580   | 630,177 | 0,000   | 196,580   |
| DW       | 43,536  | 0,000   | 30,021    | 43,536  | 0,000   | 30,021    |
| LL       | 108,680 | 0,000   | 92,813    | 0,000   | 0,000   | 0,000     |
| BR       | -1,516  | 16,358  | 50,788    | 0,000   | 0,000   | 0,000     |
| EH       | 0,000   | 104,494 | 202,614   | 0,000   | 104,494 | 202,614   |
| EV       | 292,583 | 0,000   | -289,993  | 292,583 | 0,000   | -289,993  |
| LS       | 0,000   | 21,916  | 63,741    | 0,000   | 10,958  | 31,871    |
| TU       | 0,000   | 5,670   | 17,861    | 0,000   | 0,000   | 0,000     |
| SH       | 0,000   | 5,250   | 16,716    | 0,000   | 2,625   | 8,358     |
| EQ       | 0,000   | 354,728 | 1.055,869 | 0,000   | 354,728 | 1.055,869 |
| $\Sigma$ | =       |         |           | 966,296 | 472,805 | 1.235,320 |

$$e = 1,278 \text{ m}$$

$$B = 5,000 \text{ m}$$

$$L = 13,300 \text{ m}$$

$$A = 66,500 \text{ m}^2$$

$$\text{Humax} = 515,758 \text{ t}$$

Fuerza horizontal máxima que provoca deslizamiento

Resistencia por presión pasiva

$$\gamma_2 = 1,600 \text{ t/m}^3$$

Peso específico de relleno delantero

$$i = 0,000^\circ$$

Ángulo inclinación talud relleno delantero

$$\phi_2 = 20,000^\circ$$

Para relleno delantero compactado

$$\beta = 90,000^\circ$$

Ángulo entre pared delantera y horizontal

$$\delta_2 = 10,000^\circ$$

Ángulo de rozamiento entre el terreno y el muro  $\leq \phi_2/2$  (Asumir  $= \phi_2/2$ )

$$\delta_2 = 13,333^\circ$$

Ángulo de rozamiento entre el terreno y el muro Asumir  $= 2/3 \phi$ , para presión pasiva en condición sísmica Art. 11.5.6 AASHTO 2020

$$k_p = \frac{\text{Sen}^2(\beta - \phi_2)}{\text{Sen}^2 \beta \text{ Sen}(\beta + \delta_2)} \left[ 1 - \sqrt{\frac{\text{Sen}(\phi_2 + \delta_2) \text{ Sen}(\phi_2 + i)}{\text{Sen}(\beta + \delta_2) \text{ Sen}(i + \beta)}} \right]^2$$

Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones Braja M. Das Cap. 7 pg. 366

$$k_p = 2,888$$

Coefficiente de presión pasiva en Evento extremo

$$h_{p1} = 0,800 \text{ m}$$

Altura promedio de presión pasiva 1

$$h_{p2} = 2,000 \text{ m}$$

Altura máxima para presión pasiva.-2

$$h_e = 1,200 \text{ m}$$

Altura estructura en presión pasiva (asumido)

$$q_{p1} = 3,697 \text{ t/m}^2$$

Esfuerzo de presión pasiva

$$q_{p2} = 9,243 \text{ t/m}^2$$

Esfuerzo de presión pasiva

$$L_p = 13,300 \text{ m}$$

Longitud del dedo, para presión pasiva

$$\text{Rep} = 103,264 \text{ t}$$

Resistencia nominal pasiva

Resistencia por fricción

$$R_\tau = P \text{ tg } \delta_1 + C$$

Para deslizamiento.- Art 10.6.3.4 AASHTO 2020 zapata fundida en sitio

$$\text{tg } \delta_1 = 0,466$$

= tg  $\phi_1$  Para deslizamiento.

$$C = 0,000 \text{ t}$$

Resistencia por cohesión

$$R_\tau = 450,591 \text{ t}$$

$$RR = \phi R_n = \phi_\tau R_\tau + \phi_{ep} \text{ Rep}$$

Ec: 10.6.3.4-1 AASHTO 2020

$$\phi_\tau = 1,000$$

Art. 10.5.5.3.3 AASHTO 2020

$$\phi_{ep} = 1,000$$

Art. 10.5.5.3.3 AASHTO 2020

$$\phi R_n = 553,855$$

Art.: 11.5.8 AASHTO 2020

$$\phi R_n > \text{Humax} \text{ Bien}$$



#### 4.1.2.3 VOLCAMIENTO

Muestab. = 2.465,6 tm

Mu volc. = 1.416,8 tm

Mu estab. > Mu volc. **Bien**

#### EXCENTRICIDAD MÁXIMA:

Art. 10.6.4.2 → Art. 11.6.5.1 AASHTO 2020

x = 1,085 m

e = 1,415 m

(8/10)B = 4,000 m

e ≤ 4B/10 **Bien**

#### 4.1.3 SOLICITACIONES Y DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN EN EVENTO EXTREMO I COMBINACIÓN PARA DISEÑO

Art. 5.12.3 AASHTO 2020

| TIPO | P       | H       | M         | P <sub>umax</sub><br>t | H <sub>umax</sub><br>t | M <sub>umax</sub><br>tm | P <sub>umin</sub><br>t | H <sub>umin</sub><br>t | M <sub>umin</sub><br>tm |
|------|---------|---------|-----------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| DC   | 630,177 | 0,000   | 196,580   | 630,177                | 0,000                  | 196,580                 | 630,177                | 0,000                  | 196,580                 |
| DW   | 43,536  | 0,000   | 30,021    | 43,536                 | 0,000                  | 30,021                  | 43,536                 | 0,000                  | 30,021                  |
| LL   | 108,680 | 0,000   | 92,813    | 54,340                 | 0,000                  | 46,406                  | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   |
| BR   | -1,516  | 16,358  | 50,788    | -0,758                 | 8,179                  | 25,394                  | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   |
| EH   | 0,000   | 104,494 | 202,614   | 0,000                  | 104,494                | 202,614                 | 0,000                  | 104,494                | 202,614                 |
| EV   | 292,583 | 0,000   | -289,993  | 292,583                | 0,000                  | -289,993                | 292,583                | 0,000                  | -289,993                |
| LS   | 40,849  | 21,916  | 15,744    | 20,424                 | 10,958                 | 7,872                   | 20,424                 | 10,958                 | 7,872                   |
| TU   | 0,000   | 5,670   | 17,861    | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   |
| SH   | 0,000   | 5,250   | 16,716    | 0,000                  | 2,625                  | 8,358                   | 0,000                  | 2,625                  | 8,358                   |
| EQ   | 0,000   | 389,503 | 1.182,354 | 0,000                  | 389,503                | 1.182,354               | 0,000                  | 389,503                | 1.182,354               |
| Σ =  |         |         |           | 1.040,302              | 515,758                | 1.409,607               | 986,720                | 507,579                | 1.337,807               |

e = 1,355 m

e = 1,356 m

B = 5,000 m

L = 13,300 m

A = 66,500 m<sup>2</sup>

c = 2,500 m

I = 138,542 m<sup>4</sup>

σ<sub>vmax</sub> = 41,08 t/m<sup>2</sup>

σ<sub>vmin</sub> = -9,79 t/m<sup>2</sup>

$$\sigma_v = \frac{P}{A} \pm \frac{M \cdot c}{I}$$

#### 4.- PILOTES

##### 4.1 DATOS DE PILOTES

DIÁMETRO, D<sub>p</sub>

CAPACIDAD NOMINAL PILOTE, R<sub>n</sub>

CAPACIDAD ADMISIBLE RESISTENCIA I RR

DIÁMETRO INFERIOR (CAMPANA)

CARGA POR FRICCIÓN NEGATIVA, P<sub>DD</sub>

COTA DE ZAPATA

COTA DE DESPLANTE PILOTES

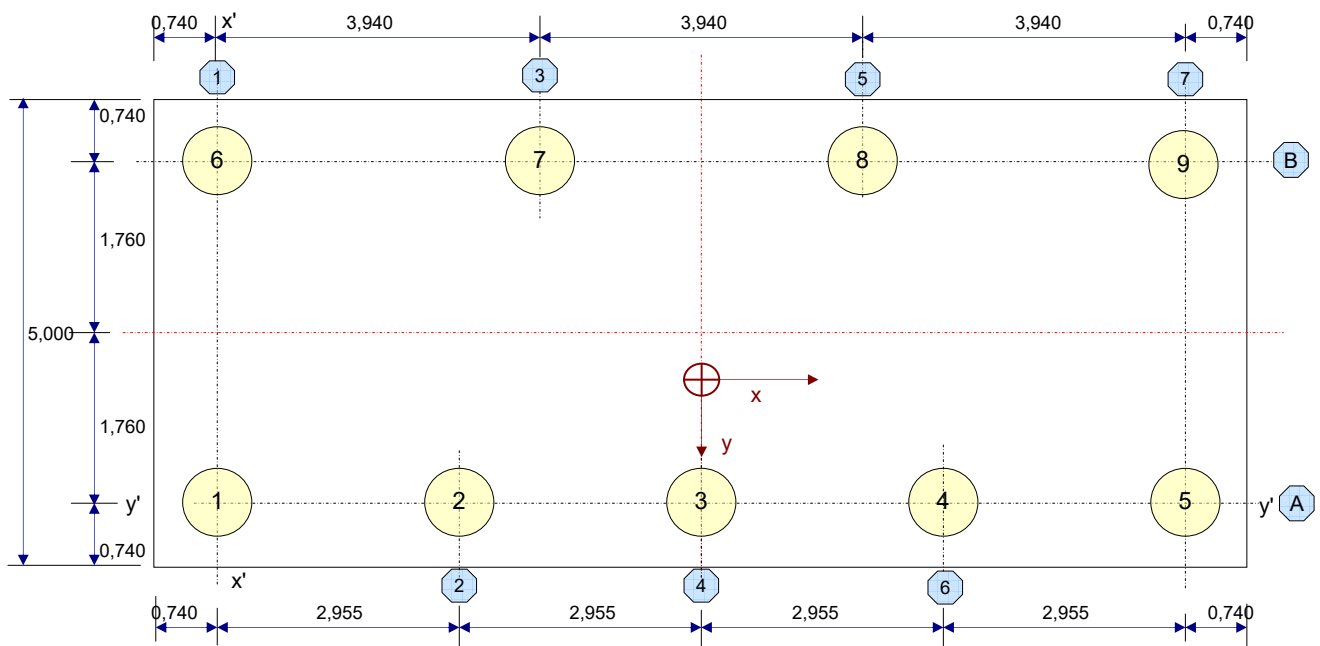
LONGITUD APROXIMADA PILOTES

NÚMERO TOTAL DE PILOTES, N<sub>p</sub>

Abscisa:

| IZQUIERDO       |
|-----------------|
| <b>7+295,00</b> |
| 0,80 m          |
| 486,57 t        |
| 290,67 t        |
| 0,80 m          |
| 0,00 t          |
| 6,00 m          |
| -7,50 m         |
| 13,50 m         |
| 9               |

#### 4.2 PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE PILOTES



Con respecto al eje  $y' - y'$

$x_p$  = Centro de gravedad del grupo de pilotes

$I_{gpy}$  = Inercia del grupo de pilotes respecto al eje  $xx$

| FILA     | No | PILOTES       | DISTANCIA<br>EJE $y'y'$<br>$dx$ | No $dx$ | DISTANCIA<br>AL CG. DE<br>PILOTES $dp$ | $I_{gp}$<br>No $x (dp)^2$ |
|----------|----|---------------|---------------------------------|---------|----------------------------------------|---------------------------|
| A        | 5  | 1, 2, 3, 4, 5 | 0,000                           | 0,000   | 1,564                                  | 12,237                    |
| B        | 4  | 6, 7, 8, 9    | 3,520                           | 14,080  | -1,956                                 | 15,297                    |
| $\Sigma$ | 9  |               |                                 | 14,080  |                                        | 27,534                    |

$$x_p = \frac{14,1}{9} = 1,564 \text{ m}$$

$$I_{gpy} = 27,534 \text{ pil.m}^2$$

Con respecto al eje  $x' - x'$

$y_p$  = Centro de gravedad del grupo de pilotes

$I_{gpx}$  = Inercia del grupo de pilotes respecto al eje  $yy$

| FILA     | No | PILOTES | DISTANCIA<br>EJE $x'x'$<br>$dy$ | No $dy$ | DISTANCIA<br>AL CG. DE<br>PILOTES $dp$ | $I_{gp}$<br>No $x (dp)^2$ |
|----------|----|---------|---------------------------------|---------|----------------------------------------|---------------------------|
| 1        | 2  | 1, 6    | 0,000                           | 0,000   | -5,910                                 | 69,856                    |
| 2        | 1  | 2       | 2,955                           | 2,955   | -2,955                                 | 8,732                     |
| 3        | 1  | 7       | 3,940                           | 3,940   | -1,970                                 | 3,881                     |
| 4        | 1  | 3       | 5,910                           | 5,910   | 0,000                                  | 0,000                     |
| 5        | 1  | 8       | 7,880                           | 7,880   | 1,970                                  | 3,881                     |
| 6        | 1  | 4       | 8,865                           | 8,865   | 2,955                                  | 8,732                     |
| 7        | 2  | 5, 9    | 11,820                          | 23,640  | 5,910                                  | 69,856                    |
| $\Sigma$ | 9  |         |                                 | 53,190  |                                        | 164,938                   |

$$y_p = \frac{53,2}{9} = 5,910 \text{ m}$$

$$I_{gpx} = 164,938 \text{ pil.m}^2$$

#### 4.3 CARGAS EN LOS PILOTES

##### 4.3.1 COMBINACION DE CARGAS

##### EVENTO EXTREMO I

Con  $\gamma$  máx

e = 1,159 m

Pu = 1.040,302 t

Muy = 1.206,170 tm

Muy/Igpy= 43,806

Pup = Carga en cada pilote

Pup =  $P / N \pm M_{dp} / -_{gp}$

Con  $\gamma$  mín.

e = 1,160 m

Pu = 986,720 t

Muy = 1.144,848 tm

Muy/Igpy= 41,579

Dirección x

En esta dirección solo analizaremos la acción sísmica, pues no hay presión de tierras.

Eq = 319,954 t Carga sísmica total: superestructura + estribo+ relleno talón

Meq = 30,764 tm Momento sísmico total: superestructura + estribo + relleno talón

En esta dirección aplicaremos el 30% de la acción sísmica, para combinar con el 100% en la dirección y.

Eq = 95,986 t

Meqx = 9,229 tm

My/Igpx = 0,056

##### CARGAS EN PILOTES EN LA DIRECCION x

| FILA | No<br>PILOTES | PILOTES       | dp     | Con $\gamma$ máx<br>t | Con $\gamma$ mín<br>t |
|------|---------------|---------------|--------|-----------------------|-----------------------|
| A    | 5             | 1, 2, 3, 4, 5 | 1,564  | 184,122               | 174,684               |
| B    | 4             | 6, 7, 8, 9    | -1,956 | 29,924                | 28,325                |

##### CARGAS POR FLEXION EN PILOTES EN LA DIRECCION y

| FILA | No<br>PILOTES | PILOTES | dp     | PEQ<br>t |
|------|---------------|---------|--------|----------|
| 1    | 2             | 1, 6    | -5,910 | -0,331   |
| 2    | 1             | 2       | -2,955 | -0,165   |
| 3    | 1             | 7       | -1,970 | -0,110   |
| 4    | 1             | 3       | 0,000  | 0,000    |
| 5    | 1             | 8       | 1,970  | 0,110    |
|      |               |         |        |          |
|      |               |         |        |          |
|      |               |         |        |          |

##### CARGAS TOTALES EN LOS PILOTES EN EVENTO EXTREMO I.- CAPACIDAD ADMISIBLE

##### ACCION SÍSMICA EN LAS DOS DIRECCIONES

| PILOTES | Con $\gamma$ máx<br>Pup<br>t | Con $\gamma$ máx<br>Pup<br>t |
|---------|------------------------------|------------------------------|
| 1       | 183,791                      | 174,353                      |
| 2       | 183,956                      | 174,518                      |
| 3       | 184,122                      | 174,684                      |
| 4       | 184,232                      | 174,794                      |
| 5       | 29,593                       | 27,995                       |
| 6       | 29,813                       | 28,215                       |
| 7       | 30,034                       | 28,436                       |
|         |                              |                              |
|         |                              |                              |
|         |                              |                              |

Pup máx = 184,232 t

Rn = 486,57 t

$\phi$  = 1

RR = 486,57 t

Factor de resistencia. Art. 10.5.5.3.3

Bien

## 5.- DISEÑO

### 5.1 CIMENTACIÓN POR EVENTO EXTREMO I

#### 5.1.1 DEDO

|      |   |                       |                                          |
|------|---|-----------------------|------------------------------------------|
| Ld   | = | 1,100 m               | Longitud del dedo                        |
| hz   | = | 1,200 m               | Altura de zapata                         |
| hr   | = | 0,800 m               | Altura relleno sobre dedo                |
| b    | = | 13,300 m              | Sección dedo                             |
| ri   | = | 0,200 m               | Recubrimiento armadura flexión           |
| d    | = | 1,000 m               | Altura efectiva en flexión               |
| e    | = | 0,740 m               | Distancia de borde a eje de pilotes      |
| xd   | = | 0,550 m               | Centro de gravedad del dedo              |
| Pup  | = | 184,122 t             | Carga en pilotes de dedo                 |
| n    | = | 5 pil.                | Pilotes en dedo (parte frontal)          |
| xp   | = | 0,360 m               | Distancia entre cara del dedo pilotes    |
| A    | = | 14,630 m <sup>2</sup> | Area total para flexión $A = b \cdot Ld$ |
| PDCd | = | 42,134 t              | Peso del dedo                            |
| PEVd | = | 18,726 t              | Peso relleno sobre dedo                  |

$$M_{uaa} = (P_{up} \cdot n \cdot x_p) - (P_{DC} + P_{EV} \cdot \gamma_{EV}) \cdot x_d$$

$$M_{uaa} = 297,945 \text{ tm}$$

#### ARMADURA

|                |   |                          |
|----------------|---|--------------------------|
| f <sub>c</sub> | = | 280 kg/cm <sup>2</sup>   |
| F <sub>y</sub> | = | 4.200 kg/cm <sup>2</sup> |
| b              | = | 1.330,00 cm              |
| h <sub>z</sub> | = | 120,00 cm                |
| r <sub>i</sub> | = | 20,00 cm                 |
| d              | = | 100,00 cm                |

#### Art. 5.6.3.3 AASHTO 2020

Asmín: El armadura mínima se establece en función del menor momento de los dados a continuación:

$$M_{u \text{ mín1}} = 1,33 M_u \quad \text{fr.-} \quad \text{Art.5.4.2.6 AASHTO 2020}$$

$$M_{u \text{ mín2}} = 1,072 \cdot f_r \cdot I_g / y_t = M_{cr} = 1145,16 \text{ tm}$$

| Mu<br>tm | Mumin<br>tm | Asmin<br>cm <sup>2</sup> | Ascal<br>cm <sup>2</sup> | Asdefin.<br>cm <sup>2</sup> |
|----------|-------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 297,95   | 396,267     | 105,57                   | 79,24                    | 105,57                      |

Usar: 7,94 cm<sup>2</sup>/m

Usamos: 1  $\phi$  22 mm a 0,20 Inferior dedo

#### DUCTILIDAD

Para  $\epsilon_t \geq 0,005$ , el valor de  $\phi = 0,9$

Para  $0,002 < \epsilon_t < 0,005$

$$\phi = 0,75 + \frac{0,15 (\epsilon_t - \epsilon_{cl})}{(\epsilon_{tl} - \epsilon_{cl})} \leq 0,9$$

Para  $\epsilon_t \leq 0,002$ , el valor de  $\phi = 0,75$

$$A_{scol} = 19,01 \text{ cm}^2$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$d_t = 100,0 \text{ cm}$$

$$c = 0,297 \text{ cm}$$

$$\epsilon_t = 1,0081 > 0,005 \quad \text{Bien} \quad \text{No hace falta reducir } \phi$$

#### ARMADURA POR CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA

$$A_s \geq \frac{756 \cdot b \cdot h}{2(b+h)F_y} \quad 2,33 \leq A_s \leq 12,70 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$b = 100,0 \text{ cm}$$

$$A_s = 4,91 \text{ cm}^2 / \text{m} \quad \text{Por cara, en cada dirección}$$

$$A_{s \text{ final}} = 4,91 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Usar: 1  $\phi$  16 mm a 0,20 Sentido Longitudinal: inferior

$$A_{scol} = 10,05 \text{ cm}^2$$

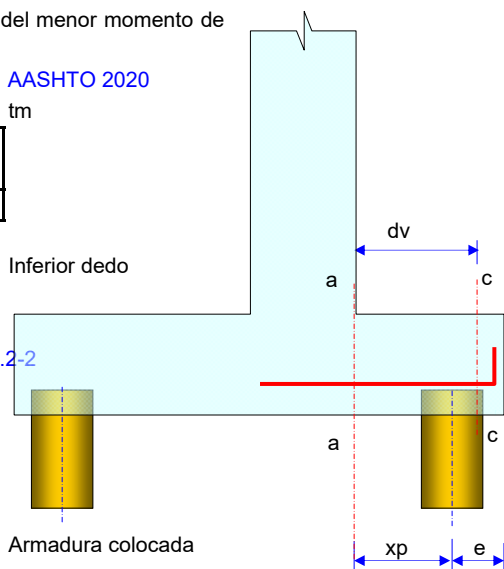
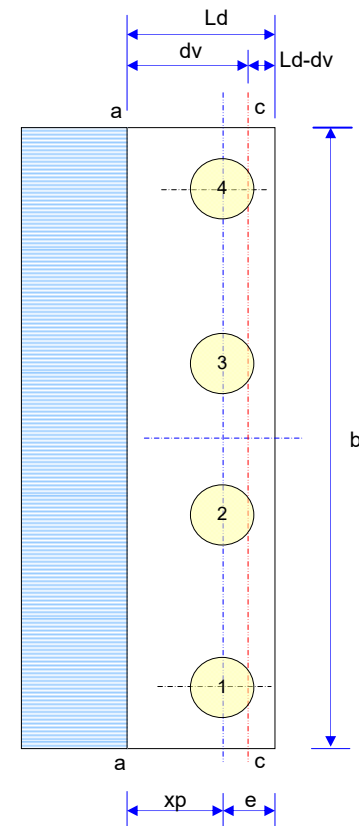
Bien

Armadura colocada

Distancia desde la fibra extrema de compresión al cg del acero.

Altura bloque de compresión Ec.: 5.6.2.1-1 AASHTO 2020

Bien



#### Art. 5.10.6 AASHTO 2020

#### Ec.: 5.10.6-1 AASHTO 2020

#### Ec.: 5.10.6-2 AASHTO 2020

CORTE A una distancia  $dv$  desde la cara:

$bv = 13,300 \text{ m}$  Tomamos la longitud total del dedo  
 $dv = \begin{cases} 0,9 dt = 90,00 \text{ cm} & \text{Art. 5.7.2.8 AASHTO 2020} \\ 0,72 h = 86,40 \text{ cm} \end{cases}$   
 $dv = 90,000 \text{ cm} \quad 0,90 \text{ m}$   
 $Ld - dv = 0,200 \text{ m}^2$   
 $Ac = 2,66 \text{ m}^2$  Area del dedo y relleno a corte  
 $PDCv = 5,107 \text{ t}$  Peso dedo para corte  
 $PEVv = 3,405 \text{ t}$  Peso relleno en dedo, para corte  
 $Vubb = 8,512 \text{ t}$  Corte último en todo el largo del dedo

$Vr = \phi Vn$  Cortante resistente [Ec. 5.7.2.1-1AASHTO 2020](#)  
 $Vn = Vc + Vs + Vp$  [Ec. 5.7.3.3-1 AASHTO 2020](#)  
 $Vn = 0,25f'c bv dv + Vp$  [Ec. 5.7.3.3-2 AASHTO 2020](#)  
 $Vc = 0,0316 \beta \lambda \sqrt{f'c} bv dv$  [Ec. 5.7.3.3-3 AASHTO 2020](#)  
 $\lambda = 1$   
 $\beta = 2,0$  [Art. 5.7.3.4 AASHTO 2020](#)  
 $Vc = 0,530 \sqrt{f'c} bv dv$  [En kg y cm](#)  
 $\phi = 0,9$  [Art. 5.5.4.2 AASHTO 2020](#)  
 $Vc = 1.061,373 \text{ t}$   
 $Vs = Vp = 0,0 \text{ t}$  No hay armadura a corte ni presfuerzo  
 $Vn1 = 1.061,373 \text{ t}$   
 $Vn2 = 8.379,00 \text{ t}$   
 $Vr = 955,235 \text{ t}$  **Bien**

Chequeamos el corte en la sección a-a (cara)

$Vuaa = Pup n - (PDCd \gamma_{DC} + PEVd \gamma_{EV})$   
 $Vuaa = 859,747 \text{ t}$  Corte último en sección aa  
 $Vr = 955,235 \text{ t}$  **Bien**

### 5.1.2 TALÓN

$Lt = 1,950 \text{ m}$  Longitud talón  
 $b = 13,300 \text{ m}$  Longitud de zapata  
 $hz = 1,200 \text{ m}$  Altura zapata  
 $rs = 0,100 \text{ m}$  Recubrimiento  
 $d = 1,100 \text{ m}$  Altura efectiva a flexión  
 $e = 0,740 \text{ m}$  Distancia del borde al pilote  
 $xt = 0,975 \text{ m}$  Centro de gravedad del talón

$PupB = 28,325 \text{ t}$  Carga en pilotes fila trasera  
 $nB = 4 \text{ pil.}$  Número de pilotes en la fila  
 $xpB = 1,210 \text{ m}$  Distancia desde cara cuerpo al pilote  
 $A = 25,935 \text{ m}^2$  Area en planta del talón

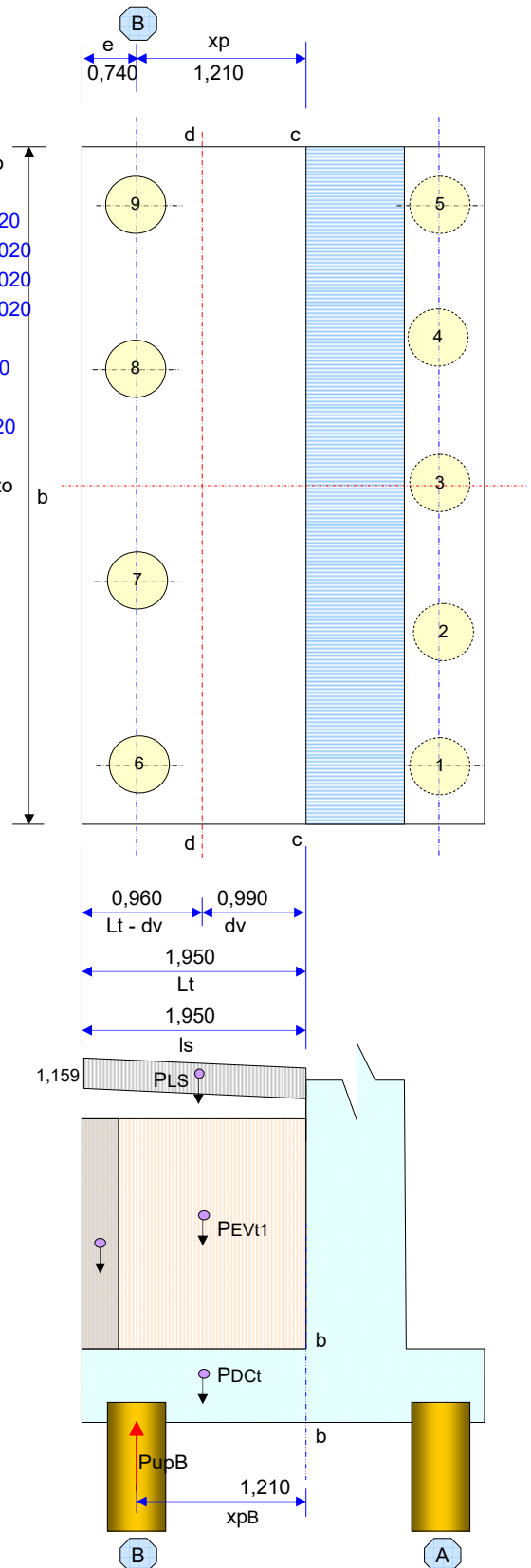
Flexión:

$PDC5 = 13,663 \text{ t}$   $d5 = 1,125 \text{ m}$   
 $PDC6 = 7,090 \text{ t}$   $d6 = 2,450 \text{ m}$   
 $PDC7 = 14,894 \text{ t}$   $d7 = 2,450 \text{ m}$   
 $PDC8 = 14,364 \text{ t}$   $d8 = 2,450 \text{ m}$   
 $PDC9 = 1,426 \text{ t}$   $d9 = 2,450 \text{ m}$   
 $PDC10 = 1,037 \text{ t}$   $d10 = 2,450 \text{ m}$

$PDCt = 74,693 \text{ t}$   $dt = 1,325 \text{ m}$

$PDC = 127,166 \text{ t}$   
 $MDC = 209,425 \text{ tm}$

$PDW12 = 1,931 \text{ t}$   $d12 = 2,450 \text{ m}$   
 $MDW = 4,730 \text{ tm}$



PROYECTO: PUENTE SOBRE EL RIO SAN MIGUEL

Consultor: Ing. Marco Apunte Ordóñez  
INFRAESTRUCTURA: ESTRIBO FINAL ABS. 7+295,00

Cálculo: Ing. Juan Manuel Vinuesa Moreno

Hoja: 14

PEV13 = 228,951 m      d13 = 1,125 m  
PEV14 = 44,905 m      d14 = 2,450 m  
PEV = 273,857 t  
MEV = 367,588 t

PLS = 15,029 t      dLS = 2,450  
MLS = 36,822 tm

Mubb =  $Pup \cdot n \cdot xp - (MDC \cdot \gamma_{DC} + MDW \cdot \gamma_{DW} + MEV \cdot \gamma_{EV} + MLS \cdot \gamma_{LS})$   
Mubb = 137,095      Hacia arriba

ARMADURA

$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$   
 $b = 1330,00 \text{ cm}$   
 $h_z = 120,00 \text{ cm}$   
 $r_s = 10,00 \text{ cm}$   
 $d = 110,00 \text{ cm}$

Art. 5.6.3.3 AASHTO 2020

Asmín: El armadura mínima se establece en función del menor momento de los dados a continuación:

$Mu_{\min 1} = 1,33 Mu$   
 $Mu_{\min 2} = 1,072 \text{ fr } Ig/yt = Mcr = 1145,16 \text{ tm}$

fr.- Art.5.4.2.6 AASHTO 2020

Asmín: En función del momento de agrietamiento

| Mu<br>tm | Mumin<br>tm | Asmin<br>cm <sup>2</sup> | Ascal<br>cm <sup>2</sup> | Asdefin.<br>cm <sup>2</sup> |
|----------|-------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 137,09   | 182,336     | 43,97                    | 33,04                    | 43,97                       |

Usar: 3,31 cm<sup>2</sup>/m

Usamos: 1  $\phi$  20 mm a 0,20 Superior talón

DUCTILIDAD

Para  $0,002 < \epsilon_t < 0,005$

Ec.: 5.5.4.2-2 AASHTO 2020

Ascol = 15,71 cm<sup>2</sup>

Bien Armadura colocada

$\beta_1 = 0,85$

$dt = 110,0 \text{ cm}$

Distancia desde la fibra extrema de compresión al cg del acero.

$c = 0,245 \text{ cm}$

Altura bloque de compresión Ec.: 5.6.2.1-1 AASHTO 2020

$\epsilon_t = 1,3428 > 0,005$  Bien No hace falta reducir  $\phi$

ARMADURA POR CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA

Art. 5.10.6 AASHTO 2020

$b = 100,0 \text{ cm}$

$As = 4,91 \text{ cm}^2/\text{m}$  Por cara, en cada dirección

$As_{\text{final}} = 4,91 \text{ cm}^2/\text{m}$

Usar: 1  $\phi$  16 mm a 0,20 Sentido Longitudinal: superior

Ascol = 10,05 cm<sup>2</sup> Bien

CORTE

Tomamos la longitud total del talón.- sección bb

$b_v = 13,300 \text{ m}$

$d_v = 99,000 \text{ cm}$  0,99 m

PDC = 127,166 t Carga muerta

PDW = 1,931

PEV = 273,857 m Relleno

PLS = 15,029 t

$V_{ubb} = Pup \cdot n - (PDC_{tc} \cdot \gamma_{DC} + PDW \cdot \gamma_{DW} + PEV_{tc} \cdot \gamma_{EV} + PLS \cdot \gamma_{LS})$  Art. 5.12.8.6.1 AASHTO 2020

$V_{ubb} = -297,167 \text{ t}$  Hacia abajo

$V_r = \phi V_n$  Cortante resistente

$\phi = 0,9$

$V_c = 0,530 \sqrt{f_c} b_v d_v$

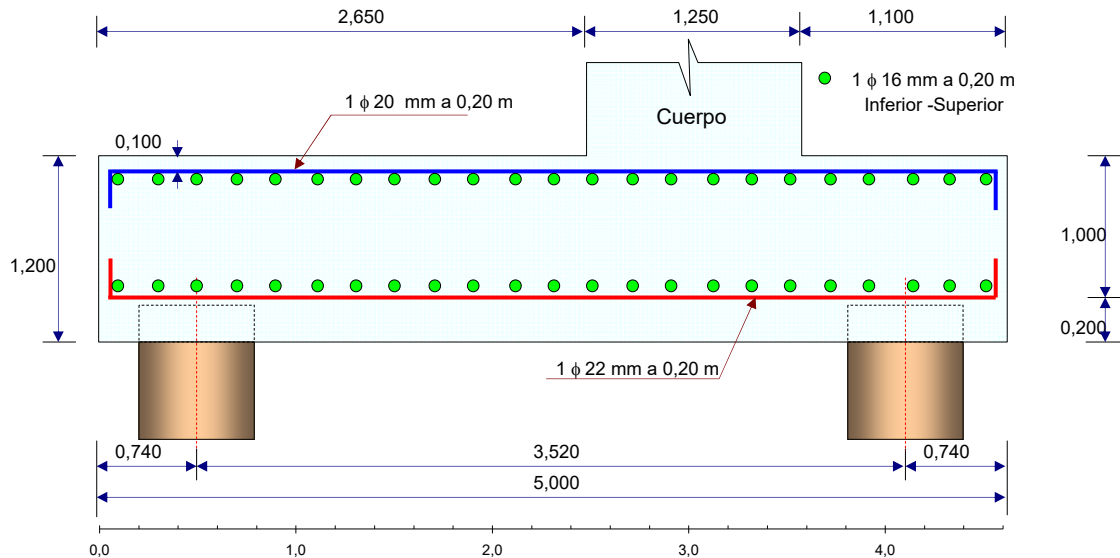
$V_c = 1.167,510 \text{ t}$

$V_s = V_p = 0,0 \text{ t}$

$V_{n1} = 1.167,510 \text{ t}$

$V_{n2} = 9.216,9 \text{ t}$

$V_r = 1.050,759 \text{ t}$  Bien



## 5.2 CIMENTACIÓN **POR RESISTENCIA I**

Art. 11.5.3 11.5.7 11.6.3 AASHTO LRFD 2020

### 5.2.1 COMBINACIÓN DE CARGAS

| TIPO | P       | H       | M         | P <sub>umax</sub><br>t | H <sub>umax</sub><br>t | M <sub>umax</sub><br>tm | P <sub>umin</sub><br>t | H <sub>umin</sub><br>t | M <sub>umin</sub><br>tm |
|------|---------|---------|-----------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| DC   | 630,177 | 0,000   | 196,580   | 787,721                | 0,000                  | 245,725                 | 567,159                | 0,000                  | 176,922                 |
| DW   | 43,536  | 0,000   | 30,021    | 65,304                 | 0,000                  | 45,032                  | 28,298                 | 0,000                  | 19,514                  |
| LL   | 108,680 | 0,000   | 92,813    | 190,190                | 0,000                  | 162,423                 | 190,190                | 0,000                  | 162,423                 |
| BR   | -1,516  | 16,358  | 50,788    | -2,653                 | 28,626                 | 88,878                  | -2,653                 | 28,626                 | 88,878                  |
| EH   | 0,000   | 104,494 | 202,614   | 0,000                  | 156,741                | 303,921                 | 0,000                  | 94,045                 | 182,353                 |
| EV   | 292,583 | 0,000   | -289,993  | 394,987                | 0,000                  | -391,490                | 292,583                | 0,000                  | -289,993                |
| LS   | 40,849  | 21,916  | 15,744    | 71,486                 | 38,352                 | 27,552                  | 71,486                 | 38,352                 | 27,552                  |
| TU   | 0,000   | 0,000   | 0,000     | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   |
| SH   | 0,000   | 0,000   | 0,000     | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   |
| EQ   | 0,000   | 389,503 | 1.182,354 | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   |
| Σ =  |         |         |           | 1.507,035              | 223,719                | 482,040                 | 1.147,063              | 161,022                | 367,648                 |

e = 0,320 m Con γ máx

e = 0,321 m Con γ mín

### 5.2.2 CARGAS EN LOS PILOTES

#### RESISTENCIA I

Con γ máx

e = 0,124 m

P<sub>u</sub> = 1507,035 t

M<sub>ux</sub> = 187,331 tm

M<sub>ux</sub>/I<sub>gpx</sub> = 6,804

Con γ mín.

e = 0,125 m

P<sub>u</sub> = 1147,063 t

M<sub>ux</sub> = 143,333 tm

M<sub>ux</sub>/I<sub>gpx</sub> = 5,206

P<sub>up</sub> = Carga en cada pilote

P<sub>up</sub> = P<sub>u</sub> / N<sub>p</sub> ± M<sub>u</sub> d<sub>p</sub> / \_gp

N<sub>p</sub> = 9

#### CARGAS EN PILOTES EN LA DIRECCIÓN x

| FILA | No<br>PILOTES | PILOTES       | d <sub>p</sub> | Con γ máx<br>t | Con γ mín<br>t |
|------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| A    | 5             | 1, 2, 3, 4, 5 | 1,564          | 178,092        | 135,595        |
| B    | 4             | 6, 7, 8, 9    | -1,956         | 154,144        | 117,272        |

P<sub>up</sub> máx = 178,092 t

R<sub>n</sub> = 0,00 t

R<sub>R</sub> = 218,00 t

Bien

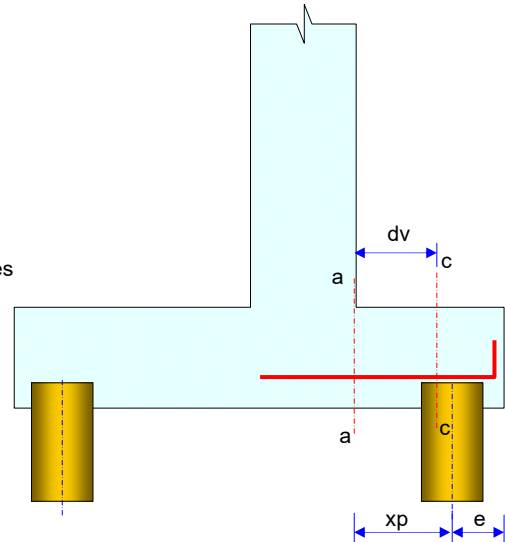
η = 0,75 Para capacidad en grupo

### 5.2.3 DISEÑO DEDO POR RESISTENCIA I

|        |                       |                                          |
|--------|-----------------------|------------------------------------------|
| Ld =   | 1,100 m               | Longitud del dedo                        |
| hz =   | 1,200 m               | Altura de zapata                         |
| hr =   | 0,800 m               | Altura relleno sobre dedo                |
| b =    | 13,300 m              | Sección dedo                             |
| ri =   | 0,200 m               | Recubrimiento armadura flexión           |
| d =    | 1,000 m               | Altura efectiva en flexión               |
| e =    | 0,740 m               | Distancia de borde a eje de pilotes      |
| xd =   | 0,550 m               | Centro de gravedad del dedo              |
| Pup =  | 178,092 t             | Carga en pilotes de dedo                 |
| n =    | 5 pil.                | Pilotes en dedo (parte frontal)          |
| xp =   | 0,360 m               | Distancia entre cara del dedo pilotes    |
| A =    | 14,630 m <sup>2</sup> | Área total para flexión $A = b \cdot Ld$ |
| PDCd = | 42,134 t              | Peso del dedo                            |
| PEVd = | 18,726 t              | Peso relleno sobre dedo                  |

$$M_{uaa} = (P_{up} \cdot n \cdot x_p) - (P_{DC} \cdot \gamma_{DC} + P_{EV} \cdot \gamma_{EV}) \cdot x_d$$

$$M_{uaa} = 320,566 \text{ tm}$$



#### Armadura:

|                  |                          |
|------------------|--------------------------|
| f <sub>c</sub> = | 280 kg/cm <sup>2</sup>   |
| F <sub>y</sub> = | 4.200 kg/cm <sup>2</sup> |
| b =              | 1.330,00 cm              |
| hz =             | 120,00 cm                |
| ri =             | 20,00 cm                 |
| d =              | 100,00 cm                |

Asmín: El armadura mínima se establece en función del menor momento de los dados a continuación:

$$M_{u \text{ mín}1} = 1,33 M_u$$

$$M_{u \text{ mín}2} = 1,072 \cdot \frac{I_g}{y_t} = M_{cr} = 1145,16 \text{ tm}$$

Asmín: En función del momento de agrietamiento

| Mu<br>tm | Mumin<br>tm | Asmin<br>cm <sup>2</sup> | Ascal<br>cm <sup>2</sup> | Asdefin.<br>cm <sup>2</sup> |
|----------|-------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 320,57   | 426,352     | 113,65                   | 85,29                    | 113,65                      |

Usar: 8,55 cm<sup>2</sup>/m

Usamos: 1  $\phi$  22 mm a 0,20 Inferior dedo

**Se mantiene armadura de Evento Extremo I**

#### DUCTILIDAD

|                |                       |         |                                                                 |
|----------------|-----------------------|---------|-----------------------------------------------------------------|
| Ascol =        | 19,01 cm <sup>2</sup> | Bien    | Armadura colocada                                               |
| $\beta_1$ =    | 0,85                  |         |                                                                 |
| d =            | 100,0 cm              |         | Distancia desde la fibra extrema de compresión al cg del acero. |
| c =            | 0,297 cm              |         | Altura bloque de compresión                                     |
| $\epsilon_t$ = | 1,0081                | > 0,005 | Bien No hace falta reducir $\phi$                               |

#### ARMADURA POR CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA

|         |   |          |                    |                                           |
|---------|---|----------|--------------------|-------------------------------------------|
| b       | = | 100,00   | cm                 |                                           |
| As      | = | 4,91     | cm <sup>2</sup> /m | Por cara, en cada dirección               |
| Asfinal | = | 4,91     | cm <sup>2</sup> /m |                                           |
| Usar:   |   | 1 $\phi$ | 16                 | mm a 0,20 Sentido Longitudinal.- inferior |

Ascol = 10,05 cm<sup>2</sup> Bien  
**Se mantiene armadura de Evento Extremo I**

#### CORTE A una distancia dv desde la cara:

Tomamos la longitud total del dedo

|    |   |           |        |
|----|---|-----------|--------|
| bv | = | 13,300 m  |        |
| dv | = | 90,000 cm | 0,90 m |



$L_d - dv = 0,200 \text{ m}^2$   
 $Ac = 2,66 \text{ m}^2$  Area del dedo y relleno a corte  
 $PDCv = 7,661 \text{ t}$  Peso dedo para corte  
 $PEVv = 3,405 \text{ t}$  Peso relleno en dedo, para corte  
 $Vudv = 14,172 \text{ t}$  Corte último en todo el largo del dedo

$V_r = \phi V_n$  Cortante resistente  
 $\phi = 0,9$   
 $V_c = 0,530 \sqrt{f_c} b_v d_v$   
 $V_c = 1.061,373 \text{ t}$   
 $V_s = V_p = 0,0 \text{ t}$   
 $V_{n1} = 1.061,373 \text{ t}$   
 $V_{n2} = 8.379,0 \text{ t}$   
 $V_r = 955,235 \text{ t}$  Bien

Chequeamos el corte en la sección a-a (cara)

$V_{aa} = P_{up} n - (PDCd + PEV + \gamma EV)$   
 $V_{aa} = 833,81 \text{ t}$  Corte último en sección aa  
 $V_r = 955,235 \text{ t}$  Bien

#### 5.2.4 TALÓN

$L_t = 1,950 \text{ m}$  Longitud talón  
 $b = 13,300 \text{ m}$   
 $h_z = 1,200 \text{ m}$   
 $r_s = 0,100 \text{ m}$   
 $d = 1,100 \text{ m}$   
 $e = 0,740 \text{ m}$   
 $x_t = 0,975 \text{ m}$   
 $P_{upB} = 117,272 \text{ t}$   
 $n_B = 4 \text{ pil.}$   
 $x_{pB} = 1,210 \text{ m}$   
 $A = 25,935 \text{ m}^2$

Flexión:

$MDC = 209,425 \text{ tm}$   
 $MDW = 4,730 \text{ tm}$   
 $MEV = 367,588 \text{ tm}$   
 $MLS = 36,822 \text{ tm}$

$M_{ubb} = P_{up} n x_p - (MDC + MDW + MEV + MLS)$   
 $M_{ubb} = -261,963 \text{ tm}$  Hacia abajo

Armadura

$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_y = 4.200 \text{ kg/cm}^2$   
 $b = 1330,00 \text{ cm}$   
 $h_z = 120,00 \text{ cm}$   
 $r_s = 10,00 \text{ cm}$   
 $d = 110,00 \text{ cm}$

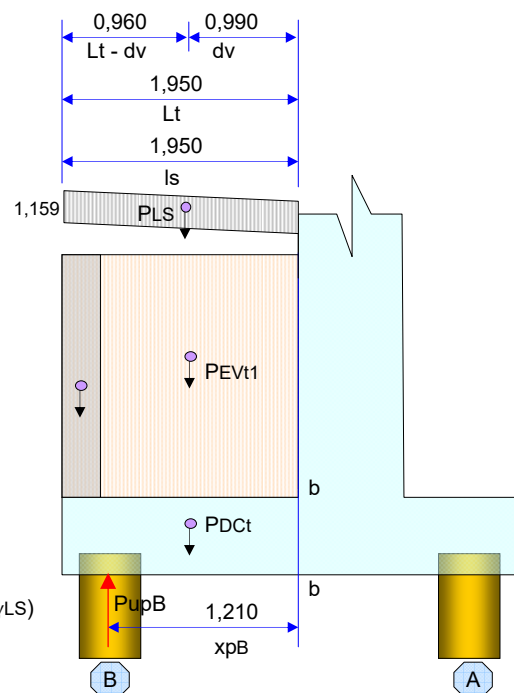
Asmín: En función del momento de agrietamiento

| Mu<br>tm | Mumin<br>tm | Asmin<br>cm <sup>2</sup> | Ascal<br>cm <sup>2</sup> | Asdefin.<br>cm <sup>2</sup> |
|----------|-------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 261,96   | 348,411     | 84,22                    | 63,24                    | 84,22                       |

Usar: 6,33 cm<sup>2</sup>/m

Usamos: 1  $\phi$  20 mm a 0,20 Superior talón

Se mantiene armadura de Evento Extremo I



Asmín: La armadura mínima se establece en función del menor momento de los dados a continuación:

Mu mín1 = 1,33 Mu

Mu mín2 = 1,072 fr Ig/ yt = Mcr = 0,00 tm

PROYECTO: PUENTE SOBRE EL RIO SAN MIGUEL

Consultor: Ing. Marco Apunte Ordóñez  
INFRAESTRUCTURA: ESTRIBO FINAL ABS. 7+295,00

Cálculo: Ing. Juan Manuel Vinuesa Moreno

Hoja: 18

DUCTILIDAD

Ascol = 15,71 cm<sup>2</sup> Bien Armadura colocada  
β<sub>1</sub> = 0,85  
dt = 110,0 cm Distancia desde la fibra extrema de compresión al cg del acero.  
c = 0,245 cm Altura bloque de compresión  
ε<sub>t</sub> = 1,3428 > 0,005 Bien No hace falta reducir φ

ARMADURA POR CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA

b = 100,00 cm  
As = 4,91 cm<sup>2</sup>/m Por cara, en cada dirección  
Asfinal = 4,91 cm<sup>2</sup>/m

Usar: Sentido Longitudinal: 1 φ 16 mm a 0,20 Inferior  
Ascol = 10,05 cm<sup>2</sup> Bien

CORTE Sección bb [Art. 5.12.8.6.1 AASHTO 2020](#)

Tomamos la longitud total del talón

bv = 13,300 m  
dv = 99,000 cm 0,99 m

PDC = 127,166 t Carga muerta  
PDW = 1,931 t Capa de rodadura  
PEV = 273,857 t Relleno  
PLS = 15,029 t Sobrecarga vertical

V<sub>ubb</sub> = Pup n - (PDCTc γ<sub>DC</sub> + PDW γ<sub>DW</sub> + PEVt γ<sub>EV</sub> + PLS γ<sub>LS</sub>)

V<sub>ubb</sub> = -88,775 t Hacia abajo  
V<sub>r</sub> = φ V<sub>n</sub> Cortante resistente  
φ = 0,9  
V<sub>c</sub> = 0,530 √f'c bv dv  
bv = 1.330,0 cm  
V<sub>c</sub> = 1.167,510 t  
V<sub>s</sub>=V<sub>p</sub>= 0,0 t  
V<sub>n1</sub> = 1.167,510 t  
V<sub>n2</sub> = 9.216,9 t  
V<sub>r</sub> = 1.050,8 t Bien

5.3 CIMENTACIÓN: ESTADO LÍMITE DE SERVICIO

5.3.1 COMBINACION DE CARGAS

| TIPO | P       | H       | M         | Pu<br>t   | Hu<br>t | Mu<br>tm |
|------|---------|---------|-----------|-----------|---------|----------|
| DC   | 630,177 | 0,000   | 196,580   | 630,177   | 0,000   | 196,580  |
| DW   | 43,536  | 0,000   | 30,021    | 43,536    | 0,000   | 30,021   |
| LL   | 108,680 | 0,000   | 92,813    | 108,680   | 0,000   | 92,813   |
| BR   | -1,516  | 16,358  | 50,788    | -1,516    | 16,358  | 50,788   |
| EH   | 0,000   | 104,494 | 202,614   | 0,000     | 104,494 | 202,614  |
| EV   | 292,583 | 0,000   | -289,993  | 292,583   | 0,000   | -289,993 |
| LS   | 40,849  | 21,916  | 15,744    | 40,849    | 21,916  | 15,744   |
| TU   | 0,000   | 0,000   | 0,000     | 0,000     | 0,000   | 0,000    |
| SH   | 0,000   | 0,000   | 0,000     | 0,000     | 0,000   | 0,000    |
| EQ   | 0,000   | 389,503 | 1.182,354 | 0,000     | 0,000   | 0,000    |
| Σ    |         |         |           | 1.114,309 | 142,767 | 298,566  |

e = 0,268 m

5.3.2 CARGAS EN LOS PILOTES

SERVICIO I

e = 0,072 m  
Pu = 1114,309 t  
Mux = 80,657 tm  
Mux/Igpx = 2,929

Pup = Carga en cada pilote  
Pup =  $P_u / N_p \pm M_u d_p / \gamma_{gp}$   
Np = 9

#### CARGAS EN PILOTES EN LA DIRECCION y

| FILA | No PILOTES | PILOTES       | dp     | Pup t   |
|------|------------|---------------|--------|---------|
| A    | 5          | 1, 2, 3, 4, 5 | 1,564  | 128,395 |
| B    | 4          | 6, 7, 8, 9    | -1,956 | 118,084 |

Pup máx : 128,395 t

Rn = 486,57 t

$\phi$  = 1

RR = 486,57 t Bien

#### 5.3.3. CONTROL DEL FISURAMIENTO

Art. 5.6.7 AASHTO 2020

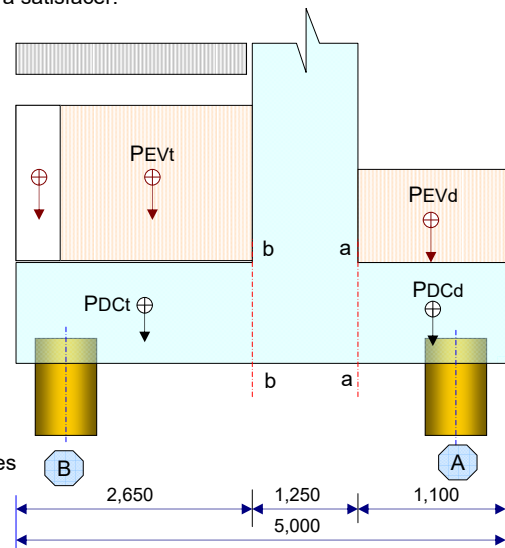
Para el control del fisuramiento es necesario tener el diseño de las armadura, sea con Evento Extremo I o por Resistencia I. El espaciamiento del acero de refuerzo en la cara en tracción deberá satisfacer:

$$s \leq \frac{700 \gamma_e}{\beta_s f_{ss}} - 2d_c \quad \text{Ec: 5.6.7-1 AASHTO 2020}$$

$$\beta_s = 1 + \frac{d_c}{0,7(h - d_c)} \quad \text{Ec: 5.6.7-2 AASHTO 2020}$$

##### 5.3.3.1 DEDO

|                           |                                       |
|---------------------------|---------------------------------------|
| Ld = 1,100 m              | Longitud del dedo                     |
| hz = 1,200 m              | Altura de zapata                      |
| hr = 0,800 m              | Altura relleno sobre dedo             |
| b = 13,300 m              | Sección dedo                          |
| ri = 0,200 m              | Recubrimiento armadura flexión        |
| dt = 1,000 m              | Altura efectiva en flexión            |
| e = 0,740 m               | Distancia de borde a eje de pilotes   |
| xd = 0,550 m              | Centro de gravedad del dedo           |
| Pup = 128,395 t           | Carga en pilotes de dedo              |
| n = 5 pil.                | Pilotes en dedo (parte frontal)       |
| xp = 0,360 m              | Distancia entre cara del dedo pilotes |
| A = 14,630 m <sup>2</sup> | Area total para flexión A = b · Ld    |
| PDCd = 42,134 t           | Peso del dedo                         |
| PEVd = 18,726 t           | Peso relleno sobre dedo               |



$$M_{uaa} = (Pup \cdot n \cdot xp) - (PDC \cdot \gamma_{DC} + PEV \cdot \gamma_{EV}) \cdot xd$$

$$M_{uaa} = 197,637 \text{ tm}$$

$$M_{uaa}/m = 14,860 \text{ tm / m}$$

#### MÓDULO ELASTICIDAD ACERO

$$E_c = 2.030.000 \text{ kg/cm}^2$$

#### MÓDULO ELASTICIDAD HORMIGON

$$E_s = 200.798 \text{ kg/cm}^2$$

$$12000 \sqrt{f'_c}$$

$$\gamma_e = 0,75$$

Condición de exposición.

Ec: 5.6.7-1 AASHTO 2020

$$n = 10,00$$

Relación de módulos de elasticidad

Ec: 5.6.7-2 AASHTO 2020

$$b = 100,00 \text{ cm}$$

Ancho de faja de diseño

$$d_c = 20,0 \text{ cm}$$

Recubrimiento

$$h = 120,0 \text{ cm}$$

Altura total del elemento (zapata)

$$\beta_s = 1,286$$

$$M_{aa} = 14,860 \text{ tm}$$

Momento en estado límite Servicio I

$$A_s = 19,01 \text{ cm}^2$$

Armadura colocada

$$d = 100,00 \text{ cm}$$

Altura efectiva

$$f_s = 902,11 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo de tracción en el acero de refuerzo en el Estado Límite de Servicio.

$$S_{máx} = 40,82 \text{ cm}$$

Separación máxima

$$S_{var} = 20,00 \text{ cm}$$

Separación entre varillas

Bien

#### 5.3.3.2 TALÓN

Lt = 1,950 m Longitud talón

b = 13,300 m

hz = 1,200 m

rs = 0,100 m

d = 1,100 m

e = 0,740 m

xt = 0,975 m

PupB = 118,084 t

nB = 4,000 pil.

xpB = 1,210 m

A = 25,935 m<sup>2</sup>

Flexión:

MDC = 209,425 tm

MDW = 4,730 tm

MEV = 367,588 tm

MLS = 36,822 tm

Mubb = Pup n xp - (MDC γ<sub>DC</sub> + MDW γ<sub>DW</sub> + MEV γ<sub>EV</sub> + MLS γ<sub>LS</sub>)

Mubb = -47,040 tm Hacia abajo

Mubb/m = -3,537 tm

dc = 10,0 cm Recubrimiento

h = 120,0 cm Altura de la zapata

β<sub>s</sub> = 1,1

M = 3,537 tm Servicio I

As = 15,71 cm<sup>2</sup>

d = 292,58 cm<sup>2</sup>

fs = 88,8 kg/cm<sup>2</sup> Esfuerzo calculado

Smáx = 910,41 cm Separación máxima

Svar = 20,00 cm Separación entre varillas Bien

En Servicio I, no hay momento hacia abajo en el talón. El espaciamiento será entonces de la armadura inferior.

#### 4.2 CUERPO: Diseñamos para toda la longitud del cuerpo

af = 13,30 m Ancho frontal de diseño

##### 4.2.1.1 CARGA MUERTA SUPERESTRUCTURA

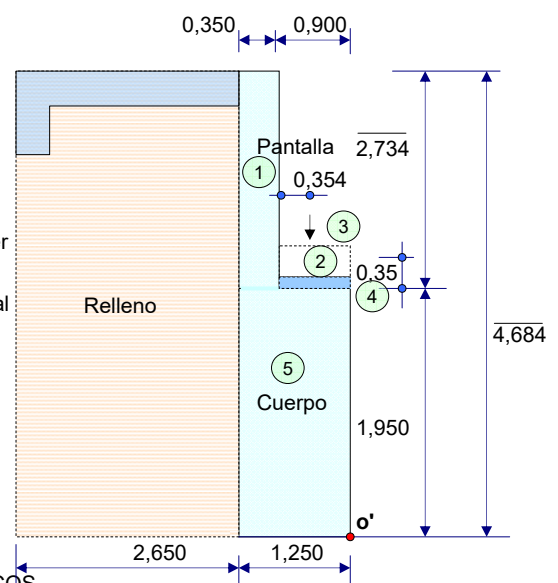
RDC = 258,200 t Reacción carga muerta/estribo

xDC = 0,546 m Ubicación carga respecto o'

eDC = 0,079 m Excentricidad carga muerta super

zDC = 1,950 m Altura aplicación fuerza horizontal

MDC = 20,398 tm MDC superest.en xcg cuerpo



##### 4.2.1.2 CARGA DE CARPETA ASFÁLTICA Y SERVICIOS PÚBLICOS

RDW = 39,675 t Reacción de carga de carpeta asfáltica y servicios públicos

xDW = 0,546 m Ubicación de carga respecto a o'

eDW = 0,079 m Excentricidad para carga muerta superestructura

HDWx = 0,000 t Fuerza horizontal de carga capa de rodadura en x

zDW = 1,950 m Altura de aplicación de fuerzas horizontales

MDW = 3,134 tm Momento por DW de la superestructura en el xcg del cuerpo

#### 4.2.1.3 CARGA VIVA

|        |           |                                                           |
|--------|-----------|-----------------------------------------------------------|
| RLL =  | 108,680 t | Reacción de carga viva por estribo                        |
| xLL =  | 0,546 m   | Ubicación de carga respecto a $\mathbf{o'}$               |
| eLL =  | 0,079 m   | Excentricidad para carga muerta superestructura           |
| HLLx = | 0,000 t   | Fuerza horizontal de carga viva en x                      |
| zLL =  | 1,950 m   |                                                           |
| MLL =  | 8,586 tm  | Momento por LL de la superestructura en el xcg del cuerpo |

#### 4.2.1.4 FUERZA DE FRENADO Fuerzas de frenado en una línea de tráfico

|        |           |                                                                           |
|--------|-----------|---------------------------------------------------------------------------|
| PBR =  | -1,516 t  | Carga vertical por frenado                                                |
| BRx =  | 16,358 t  | Fuerza de frenado en x                                                    |
| xBR1 = | 0,546 m   | Ubicación de carga vertical respecto a $\mathbf{o'}$                      |
| eBR1 = | 0,079 m   | Excentricidad BR                                                          |
| zBR =  | 1,950 m   | Altura para fuerza frenado desde nivel inferior de zapata                 |
| MBR =  | 31,777 tm | Momento por BR en el ycg del cuerpo por la componente vertical+horizontal |

#### 4.2.1.5 PESO PROPIO CUERPO

| FIG.     | PESO<br>t | $\mathbf{x_{o'}}$<br>m | $\mathbf{M_{o'}}$<br>tm |
|----------|-----------|------------------------|-------------------------|
| 1        | 30,539    | 1,075                  | 32,829                  |
| 2        | 1,814     | 0,450                  | 0,816                   |
| 3        | 0,999     | 0,450                  | 0,449                   |
| 4        | 77,805    | 0,625                  | 48,628                  |
| 5        |           |                        |                         |
| 6        |           |                        |                         |
| 7        | 14,894    | 1,075                  | 16,011                  |
| 8        | 28,728    | 1,075                  | 30,883                  |
| 9        | 2,851     | 1,075                  | 3,065                   |
| 10       | 2,074     | 1,075                  | 2,229                   |
|          |           |                        |                         |
| $\Sigma$ | 159,704   |                        | 134,911                 |

|       |            |                                                 |
|-------|------------|-------------------------------------------------|
| PDC = | 159,704 t  |                                                 |
| xDC = | 0,845 m    | Ubicación de carga respecto a $\mathbf{o}$      |
| eDC = | -0,220 m   | Excentricidad para carga muerta superestructura |
| MDC = | -35,096 tm | Momento por DC del estribo en el ycg del cuerpo |

#### 4.2.1.6 CARPETA ASFÁLTICA SOBRE LOSA DE APROXIMACIÓN

|       |           |                                                           |
|-------|-----------|-----------------------------------------------------------|
| PDC = | 1,931 t   | Carga de capa rodadura en losa aproximación               |
| xDC = | 1,075 m   | Ubicación de carga respecto a $\mathbf{o'}$               |
| eDC = | -0,450 m  | Excentricidad para carga rodadura sobre losa aproximación |
| MDC = | -0,869 tm | Momento por DC del estribo en el xcg del cuerpo           |

#### 4.2.1.7 PRESIÓN DE TIERRAS

|              |                        |                                               |
|--------------|------------------------|-----------------------------------------------|
| $\gamma_r$ = | 1,900 t/m <sup>3</sup> | Peso específico del suelo de relleno          |
| $k_a$ =      | 0,244                  | Coefficiente de empuje activo                 |
| h =          | 4,684 m                | Altura promedio para presión de tierras       |
| a =          | 13,300 m               | Ancho de presión de tierras                   |
| $p_0$ =      | 2,175 t/m <sup>2</sup> | Presión máxima sin sobrecarga                 |
| EH =         | 67,738 t               | Empuje de tierras normal sin sobrecarga       |
| zEH =        | 1,561 m                | Ubicación empuje de tierras                   |
| MEH =        | 105,751 tm             | Momento por presión de tierras sin sobrecarga |

#### 4.2.1.8 SOBRECARGA VIVA

|         |                        |                                                |
|---------|------------------------|------------------------------------------------|
| heq =   | 0,610 m                | Altura de sobrecarga.                          |
| $p_1$ = | 0,283 t/m <sup>2</sup> | Presión horizontal por sobrecarga              |
| ELS =   | 17,645 t               | Empuje de tierras por sobrecarga viva          |
| zLS =   | 2,342 m                | Ubicación de empuje desde eje xx               |
| MLSh =  | 41,320 tm              | Momento por LS horizontal en el ycg del cuerpo |

Art. 3.11.6 AASHTO 2020

TABLA 3.11.6.4-1 AASHTO 2020

#### 4.2.1.9 SISMO

Superestructura:

Clase sitio

E

Clase de suelo

PGA = 0,500

Coefficiente de aceleración pico horizontal del suelo.

NEC 2015.- Valor de Z

Fpga = 1,000

Tabla 3.10.3.2-1 AASHTO 2020 Coeficiente de aceleración pico del sitio.- factor de sitio

As = 0,500

Zs = 1,984 m

Altura : base superior zapata - base vigas

Hbu =  $\mu$  Pu

Carga lateral transmitida de la super a la infraestructura Ec.: 14.6.3.1-1 AASHTO 2020

$\mu$  = 0,400

Coefficiente de fricción

Hbu = 174,641 t

Fuerza sísmica transferida al cuerpo del estribo

MEQ-s = 346,488 tm

Infraestructura: solo cuerpo

kh = 0,5 kho

Art. 11.6.5.2.2 AASHTO 2020 Estimación ace

kho = 0,450

kh = 0,225

Eqcpo = 0,225 x 159,70 = 35,933 t

Zcpo = 2,481 m

Centro de gravedad del cuerpo

MEQcpo = 89,135 tm

Momento sísmico por peso propio cuerpo

Relleno sobre talón

| FIG.     | PESO    | z     | M = Pz  |
|----------|---------|-------|---------|
| 13       | 228,951 | 2,109 | 482,744 |
| 14       | 44,905  | 1,759 | 78,966  |
| $\Sigma$ | 273,857 |       | 561,710 |

| FIG.     | PESO    | z     | M = Pz  |
|----------|---------|-------|---------|
| 1        | 30,539  | 3,317 | 101,289 |
| 2        | 1,814   | 2,125 | 3,856   |
| 3        | 0,999   | 1,984 | 1,982   |
| 4        | 77,805  | 0,975 | 75,860  |
| 5        |         |       |         |
| 6        |         |       |         |
| 7        | 14,894  | 4,100 | 61,069  |
| 8        | 28,728  | 4,417 | 126,892 |
| 9        | 2,851   | 4,791 | 13,660  |
| 10       | 2,074   | 5,571 | 11,551  |
| $\Sigma$ | 159,704 |       | 396,158 |

EQearth = 0,225 x 273,86 = 61,618 t

Art. 11.6.5.2.2 AASHTO 2020

zearth = 2,051 m

Centro de gravedad del relleno trasero

MEQearth = 126,385 tm

Momento sísmico provocado por el relleno en el cuerpo

PIR = kh(Ww + Ws)

PIR = 97,551 t

Carga sísmica de peso propio y relleno

Ec.: 11.6.5.1-1 AASHTO 2020

Presión lateral del suelo

Método de Mononobe - Okabe

KAE = 0,407

KAE = APENDICE Art. A11.3.1 AASHTO LRFD 2020

PAE = 112,824 t

PAE = Ec: 11.6.5.3-2 AASHTO LRFD 2020

$\Delta$ PAE = 45,085 t

Z<sub>A</sub> = 0,625 h

MEAE = 132,033 tm

Total:

Art. 11.6.5.1 AASHTO 2020

EQ100 = 317,277 t

EQ50 = 268,502 t

EQ50 = 294,735 t

MEQ100 = 694,041 tm

MEQ50 = 586,281 tm

MEQ50 = 628,025 tm

#### 4.2.1.10 CARGAS POR TEMPERATURA y CONTRACCIÓN

##### 4.2.1.10.1 TEMPERATURA

HTUx = 5,670 t

Fuerza horizontal por temperatura (incremento temperatura)

zTU = 1,950 m

Altura hasta apoyo de superestructura

MTU = 11,057 tm

##### 4.2.1.10.2 CONTRACCIÓN

HuSH = 5,250 t

Fuerza total en un m de cuerpo

zSH = 1,984 m

MSH = 10,416 tm

#### 4.2.2 SOLICITACIONES ÚLTIMAS

##### 4.2.2.1 ESTADO LÍMITE EVENTO EXTREMO I

| TIPO | P       | H       | M       | P <sub>umax</sub><br>t | H <sub>umax</sub><br>t | M <sub>umax</sub><br>tm | P <sub>umin</sub><br>t | H <sub>umin</sub><br>t | M <sub>umin</sub><br>tm |
|------|---------|---------|---------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| DC   | 417,904 | 0,000   | -14,698 | 417,904                | 0,000                  | -14,698                 | 417,904                | 0,000                  | -14,698                 |
| DW   | 41,606  | 0,000   | 2,266   | 41,606                 | 0,000                  | 2,266                   | 41,606                 | 0,000                  | 2,266                   |
| LL   | 108,680 | 0,000   | 8,586   | 54,340                 | 0,000                  | 4,293                   | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   |
| BR   | -1,516  | 16,358  | 31,777  | -0,758                 | 8,179                  | 15,889                  | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   |
| EH   | 0,000   | 67,738  | 105,751 | 0,000                  | 67,738                 | 105,751                 | 0,000                  | 67,738                 | 105,751                 |
| EV   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   |
| LS   | 0,000   | 17,645  | 41,320  | 0,000                  | 8,823                  | 20,660                  | 0,000                  | 8,823                  | 20,660                  |
| TU   | 0,000   | 5,670   | 11,057  | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   |
| SH   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   |
| EQ   | 0,000   | 294,735 | 628,025 | 0,000                  | 294,735                | 628,025                 | 0,000                  | 294,735                | 628,025                 |
| Σ =  |         |         |         | 513,091                | 379,474                | 762,184                 | 459,509                | 371,296                | 742,003                 |

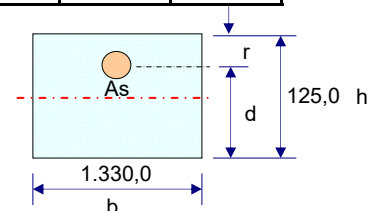
##### 4.2.2.2 ESTADO LÍMITE RESISTENCIA 1

| TIPO | P       | H       | M       | P <sub>umax</sub><br>t | H <sub>umax</sub><br>t | M <sub>umax</sub><br>tm | P <sub>umin</sub><br>t | H <sub>umin</sub><br>t | M <sub>umin</sub><br>tm |
|------|---------|---------|---------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| DC   | 417,904 | 0,000   | -14,698 | 522,379                | 0,000                  | -18,373                 | 376,113                | 0,000                  | -13,228                 |
| DW   | 41,606  | 0,000   | 2,266   | 62,408                 | 0,000                  | 3,398                   | 27,044                 | 0,000                  | 1,473                   |
| LL   | 108,680 | 0,000   | 8,586   | 190,190                | 0,000                  | 15,025                  | 190,190                | 0,000                  | 15,025                  |
| BR   | -1,516  | 16,358  | 31,777  | -2,653                 | 28,626                 | 55,610                  | -2,653                 | 28,626                 | 55,610                  |
| EH   | 0,000   | 67,738  | 105,751 | 0,000                  | 101,607                | 158,626                 | 0,000                  | 60,964                 | 95,176                  |
| EV   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   |
| LS   | 0,000   | 17,645  | 41,320  | 0,000                  | 30,879                 | 72,311                  | 0,000                  | 30,879                 | 72,311                  |
| TU   | 0,000   | 5,670   | 11,057  | 0,000                  | 2,835                  | 5,528                   | 0,000                  | 2,835                  | 5,528                   |
| SH   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   |
| EQ   | 0,000   | 294,735 | 628,025 | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   |
| Σ =  |         |         |         | 772,325                | 163,947                | 292,126                 | 590,694                | 123,304                | 231,894                 |

#### 4.2.3 DISEÑO

##### 4.2.3.1 DIMENSIONES

b = 1330,00 cm  
h = 125,00 cm



##### 4.2.3.2 ARMADURA

$f_c$  = 280 kg/cm<sup>2</sup>  
 $F_y$  = 4200 kg/cm<sup>2</sup>  
b = 1330,00 cm  
h = 125,00 cm  
r = 10,00 cm  
de = 115,00 cm

##### ARMADURA MÍNIMA Art. 5.6.3.3 AASHTO 2020

Asmín: El armadura mínima se establece en función del menor momento de los dados a continuación:

$Mu_{mín1} = 1,33 Mu$

$Mu_{mín2} = 1,072 \cdot I_g / y_t = M_{cr} = 1242,58 \text{ tm}$

fr.- Art.5.4.2.6 AASHTO 2020

| $Mu$<br>tm | $M_{umin}$<br>tm | $A_{smin}$<br>cm <sup>2</sup> | $A_{scal}$<br>cm <sup>2</sup> | $A_{sdefin.}$<br>cm <sup>2</sup> |
|------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 762,184    | 1.013,705        | 236,43                        | 177,15                        | 236,43                           |

$A_s/m = 17,78 \text{ cm}^2/m$

Usamos: 1  $\phi$  20 mm a 0,20

1  $\phi$  16 mm a 0,20

Svar = 0,10

Cara en contacto suelo.- largo

Cara en contacto suelo.- corto.- Alternar con largo

Espaciamiento entre varillas (Alternado)

##### 4.2.3.3 DUCTILIDAD

$A_{scol} = 25,76 \text{ cm}^2/m$

b = 100,00 cm

$\beta_1 = 0,85$

d = 115,0 cm

c = 5,348 cm

$\epsilon_t = 0,0615 >$

##### DUCTILIDAD Ec. : 5.5.4.2-2 AASHTO 2020

Bien Armadura colocada

Distancia desde la fibra extrema de compresión al cg del acero.

Altura bloque de compresión

0,005 Bien No hace falta reducir  $\phi$

#### 4.2.3.4 ARMADURA POR CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA

Art. 5.10.8 AASHTO 2020

$b = 100,00$  cm  
 $h = 125,00$  cm  
 $A_s = 5,00$  cm<sup>2</sup>/m Por cara, en cada dirección  
 $A_{sfinal} = 5,00$  cm<sup>2</sup>/m  
 Usar:  $1 \phi 16$  mm a 0,20 Cara exterior: vertical  
 $1 \phi 16$  mm a 0,20 Armadura horizontal/cara

#### 4.2.3.5 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO: CONTROL DEL FISURAMIENTO

El espaciamiento del acero de refuerzo en la cara en tracción deberá satisfacer:

$\gamma_e = 0,75$  Condición de exposición. Ec: 5.6.7-1 AASHTO 2020  
 $n = 10,00$  Relación de módulos de elasticidad Ec: 5.6.7-2 AASHTO 2020  
 $b = 1.330,00$  cm Ancho de faja de diseño

##### CUERPO

$d_c = 10,0$  cm Recubrimiento  
 $h = 125,0$  cm Altura total del elemento  
 $\beta_s = 1,124$

| TIPO     | M<br>tm | Mu<br>tm |
|----------|---------|----------|
| DC       | -14,698 | -14,698  |
| DW       | 2,266   | 2,266    |
| LL       | 8,586   | 8,586    |
| BR       | 31,777  | 31,777   |
| EH       | 105,751 | 105,751  |
| EV       | 0,000   | 0,000    |
| LS       | 41,320  | 41,320   |
| TU       | 11,057  | 11,057   |
| SH       | 0,000   | 0,000    |
| EQ       | 628,025 | 0,000    |
| $\Sigma$ |         | 186,058  |

$M = 13,989$  tm/m Servicio I  
 $A_s = 25,76$  cm<sup>2</sup> Armadura colocada  
 $d = 115,00$  cm Altura efectiva en flexión  
 $f_s = 544,9$  kg/cm<sup>2</sup> Esfuerzo de tracción en el acero de refuerzo en el Estado Límite de Servicio.  
 $S_{máx} = 133,04$  cm Separación máxima  
 $S_{var} = 20,00$  cm Separación entre varillas **Bien**

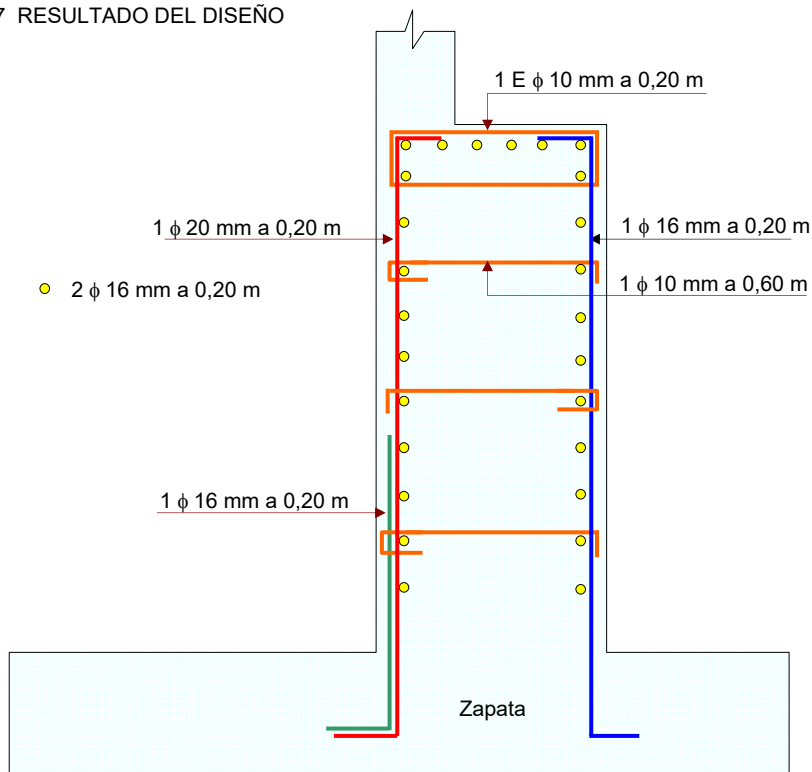
#### 4.2.3.6 CORTE

$V_u = 379,474$  t

$V_r = \phi V_n$  Cortante resistente  
 $\phi = 0,9$   
 $V_c = 0,530 \sqrt{f'_c} b_v d_v$   
 $b_v = 1.330,0$  cm  
 $d_v = 103,500$  cm  
 $V_c = 1.220,579$  t  
 $V_s = V_p = 0,0$  t  
 $V_{n1} = 1.220,58$  t  
 $V_{n2} = 9.635,85$  t  
 $V_r = 1.098,5$  t **Bien**



#### 4.2.3.7 RESULTADO DEL DISEÑO



#### 4.3 PANTALLA SUPERIOR

##### 4.3.1 CARGAS Y SOLICITACIONES

a = 1,000 m Ancho de diseño de pantalla

##### 4.3.1.1 CARGA MUERTA

RDC = 2,296 t

eDC = 0,000 m

MDC = 0,000 tm

##### 4.3.1.2 CARGA VIVA

RLL = 2,186 t Carga viva en 1,0 m de pantalla

eLL = 0,175 m

MLL = 0,383 tm

##### 4.3.1.3 FUERZA DE FRENADO

RLL = 2,186 t

BR = 0,547 t

hBR = 4,564 m

MBR = 2,494 tm

##### 4.3.1.4 PRESION DE TIERRAS

$\gamma_r$  = 1,900 t/m<sup>3</sup>

$k_a$  = 0,244

h = 2,734 m

a = 1,000 m

$p_0$  = 1,269 t/m<sup>2</sup>

EH = 1,735 t

zEH = 0,911 m

MEH = 1,581 tm

Peso específico del suelo de relleno

Coefficiente de empuje activo

Altura promedio para presión de tierras

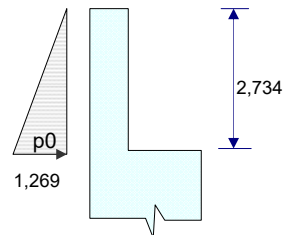
Ancho de presión de tierras

Presión máxima sin sobrecarga

Empuje de tierras normal sin sobrecarga

Ubicación empuje de tierras

Momento por presión de tierras sin sobrecarga



##### 4.3.1.5 SOBRECARGA VIVA

heq = 0,914 m

p1 = 0,424 t/m<sup>2</sup>

Altura de sobrecarga.

Presión horizontal por sobrecarga

Art. 3.11.6 AASHTO 2020

TABLA 3.11.6.4-1 AASHTO 2020

ELS = 1,160 t Empuje de tierras por sobrecarga viva  
 zLS = 1,367 m Ubicación de empuje desde eje  
 MLSh = 1,586 tm Momento por LS horizontal en el ycg de pantalla

#### 4.3.1.6 SISMO

##### Pantalla

kh = 0,5 kho

kho = 0,450

kh = 0,225

| FIG. | PESO  | z     | M = Pz |
|------|-------|-------|--------|
| 1    | 2,296 | 1,367 | 3,138  |
| Σ    | 2,296 |       | 3,138  |

EQpant = 0,225 x 2,30 = 0,517 t

zpant = 1,367 m Centro de gravedad de pantalla

MEQpant = 0,706 tm Momento sísmico por peso propio de pantalla

##### Relleno

| FIG. | PESO   | z     | M = Pz |
|------|--------|-------|--------|
| 1    | 13,763 | 1,367 | 18,811 |
| Σ    | 13,763 |       | 18,811 |

EQearth = 0,225 x 13,76 = 3,097 t

zearth = 1,367 m Centro de gravedad del relleno trasero

MEQearth = 4,232 tm Momento sísmico provocado por el relleno en el cuerpo

PIR = kh(Ww + Ws)

PIR = 3,613 t Carga sísmica de peso propio y relleno

##### Presión lateral del suelo

##### Método de Mononobe - Okabe

KAE = 0,407

PAE = 2,890 t

ΔPAE = 1,155 t

ZA = 0,625 h

MEAE = 1,974 tm

Total:

EQ = 4,768 t

MEQ = 6,912 tm

#### 4.3.2 SOLICITACIONES ÚLTIMAS

##### 4.3.2.1 ESTADO LÍMITE EVENTO EXTREMO I

| TIPO | P     | H     | M     | Pumax<br>t | Humax<br>t | Mumax<br>tm | Pumin<br>t | Humin<br>t | Mumin<br>tm |
|------|-------|-------|-------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|
| DC   | 2,296 | 0,000 | 0,000 | 2,296      | 0,000      | 0,000       | 2,296      | 0,000      | 0,000       |
| DW   | 1,931 | 0,000 | 0,000 | 1,931      | 0,000      | 0,000       | 1,931      | 0,000      | 0,000       |
| LL   | 2,186 | 0,000 | 0,383 | 1,093      | 0,000      | 0,191       | 0,000      | 0,000      | 0,000       |
| BR   | 0,000 | 0,547 | 2,494 | 0,000      | 0,273      | 1,247       | 0,000      | 0,000      | 0,000       |
| EH   | 0,000 | 1,735 | 1,581 | 0,000      | 1,735      | 1,581       | 0,000      | 1,735      | 1,581       |
| LS   | 0,000 | 1,160 | 1,586 | 0,000      | 0,580      | 0,793       | 0,000      | 0,580      | 0,793       |
| EQ   | 0,000 | 4,768 | 6,912 | 0,000      | 4,768      | 6,912       | 0,000      | 4,768      | 6,912       |
| Σ =  |       |       |       | 5,320      | 7,356      | 10,724      | 4,227      | 7,083      | 9,286       |

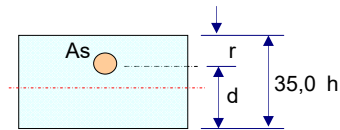
##### 4.3.2.2 ESTADO LIMITE RESISTENCIA I

| TIPO | P     | H     | M     | Pumax<br>t | Humax<br>t | Mumax<br>tm | Pumin<br>t | Humin<br>t | Mumin<br>tm |
|------|-------|-------|-------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|
| DC   | 2,296 | 0,000 | 0,000 | 2,870      | 0,000      | 0,000       | 2,067      | 0,000      | 0,000       |
| DW   | 1,931 | 0,000 | 0,000 | 2,896      | 0,000      | 0,000       | 1,255      | 0,000      | 0,000       |
| LL   | 2,186 | 0,000 | 0,383 | 3,826      | 0,000      | 0,670       | 3,826      | 0,000      | 0,670       |
| BR   | 0,000 | 0,547 | 2,494 | 0,000      | 0,957      | 4,365       | 0,000      | 0,957      | 4,365       |
| EH   | 0,000 | 1,735 | 1,581 | 0,000      | 2,602      | 2,371       | 0,000      | 1,561      | 1,423       |
| LS   | 0,000 | 1,160 | 1,586 | 0,000      | 2,030      | 2,775       | 0,000      | 2,030      | 2,775       |
| EQ   | 0,000 | 4,768 | 6,912 | 0,000      | 0,000      | 0,000       | 0,000      | 0,000      | 0,000       |
| Σ =  |       |       |       | 9,592      | 5,589      | 10,181      | 7,148      | 4,548      | 9,233       |

### 4.3.3 DISEÑO

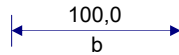
#### 4.3.3.1 DIMENSIONES

b = 100,00 cm  
h = 35,00 cm



#### 4.3.3.2 ARMADURA

$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_y = 4.200 \text{ kg/cm}^2$   
b = 100,00 cm  
h = 35,00 cm  
r = 6,00 cm  
d = 29,00 cm



#### ARMADURA MÍNIMA Art. 5.6.3.3 AASHTO 2020

Asmín: El armadura mínima se establece en función del menor momento de los dados a continuación:

$Mu_{\min 1} = 1,33 Mu$

$Mu_{\min 2} = 1,072 \text{ fr } I_g / y_t = M_{cr} = 7,32 \text{ tm}$

fr.- Art.5.4.2.6 AASHTO 2020

| Mu<br>tm | Mumin<br>tm | Asmin<br>cm <sup>2</sup> | Ascal<br>cm <sup>2</sup> | Asdefin.<br>cm <sup>2</sup> |
|----------|-------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 10,72    | 7,325       | 6,82                     | 10,09                    | 10,09                       |

Usamos: 1  $\phi$  20 mm a 0,20 Cara en contacto suelo

#### 4.3.3.3 DUCTILIDAD

Ascol = 15,71 cm<sup>2</sup>  
 $\beta_1 = 0,85$   
d = 29,0 cm  
c = 3,261 cm  
 $\epsilon_t = 0,0237 > 0,005$

Bien Armadura colocada

Distancia desde la fibra extrema de compresión al cg del acero.

Altura bloque de compresión

No hace falta reducir  $\phi$

#### 4.3.3.4 ARMADURA POR CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA

As = 2,33 cm<sup>2</sup>/m  
Asfinal = 2,33 cm<sup>2</sup>/m

Por cara, en cada dirección

Usar: 1  $\phi$  16 mm a 0,20  
1  $\phi$  12 mm a 0,20

Cara exterior

Arm. horizontal/cara

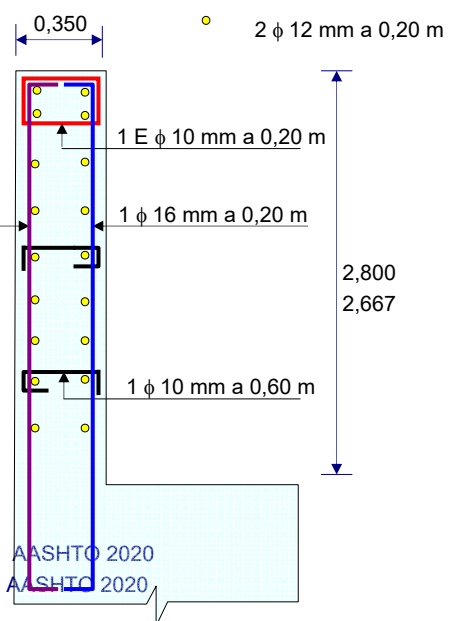
0,350 2  $\phi$  12 mm a 0,20 m

#### 4.3.3.5 CORTE

$V_u = 7,356 \text{ t}$   
 $V_r = \phi V_n$   
 $\phi = 0,9$   
 $V_c = 0,530 \sqrt{f_c} b_v d_v$   
 $b_v = 100,0 \text{ cm}$   
 $d_v = 26,100 \text{ cm}$   
 $V_c = 23,143 \text{ t}$   
 $V_s = V_p = 0,0 \text{ t}$   
 $V_{n1} = 23,143 \text{ t}$   
 $V_{n2} = 182,700 \text{ t}$   
 $V_r = 20,828 \text{ t}$

Máximo valor de cuadros: Evento  
Extremo I y Resistencia I  
Cortante resistente

1  $\phi$  20 mm a 0,20 m



#### 4.3.3.6 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO: CONTROL FISURAMIENTO

$\gamma_e = 0,75$   
n = 10,00  
b = 100,00 cm  
dc = 6,0 cm  
h = 35,0 cm  
 $\beta_s = 1,296$

Condición de exposición.

Ec: 5.6.7-1 AASHTO 2020

Relación de módulos de elasticidad

Ec: 5.6.7-2 AASHTO 2020

Ancho de faja de diseño

Recubrimiento

Altura total del elemento

| TIPO     | M<br>tm | Mu<br>tm |
|----------|---------|----------|
| LL       | 0,383   | 0,383    |
| BR       | 2,494   | 2,494    |
| EH       | 1,581   | 1,581    |
| EV       | 0,000   | 0,000    |
| LS       | 1,586   | 1,586    |
| EQ       | 6,912   | 0,000    |
| $\Sigma$ |         | 6,044    |

|                    |   |         |                    |                                                                               |
|--------------------|---|---------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| M                  | = | 6,044   | tm                 | Servicio I                                                                    |
| As                 | = | 15,71   | cm <sup>2</sup>    | Armadura colocada                                                             |
| d                  | = | 29,00   | cm <sup>2</sup>    | Altura efectiva en flexión                                                    |
| y                  | = | 8,10    | cm <sup>2</sup>    | Ubicación eje neutro                                                          |
| I <sub>tranf</sub> | = | 86.329  | cm <sup>4</sup>    | Inercia de la sección transformada                                            |
| f <sub>s</sub>     | = | 1.463,0 | kg/cm <sup>2</sup> | Esfuerzo de tracción en el acero de refuerzo en el Estado Límite de Servicio. |
| smáx               | = | 37,25   | cm                 | Separación máxima                                                             |
| Svar               | = | 20,00   | mm                 | Separación entre varillas <b>Bien</b>                                         |

#### 4.4 PANTALLA LATERAL

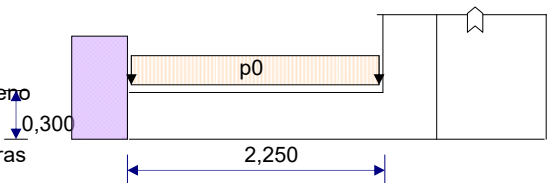
##### 4.4.1 CARGAS Y SOLICITACIONES

Consideramos solo el estado de Resistencia I, para flexión y corte

a = 1,000 m Ancho de diseño de pantalla

##### 4.4.1.1 PRESIÓN DE TIERRAS

|                |   |       |                  |                                      |
|----------------|---|-------|------------------|--------------------------------------|
| L              | = | 2,250 | m                | Longitud de diseño pantalla          |
| γ <sub>r</sub> | = | 1,900 | t/m <sup>3</sup> | Peso específico del suelo de relleno |
| k <sub>a</sub> | = | 0,244 |                  | Coefficiente de empuje activo        |
| h              | = | 4,117 | m                | Altura máxima de presión de tierras  |
| a              | = | 1,000 | m                | Ancho de presión de tierras          |
| p <sub>0</sub> | = | 1,912 | t/m <sup>2</sup> | Presión máxima sin sobrecarga        |
| VEH            | = | 2,151 | t                | Corte por presión de tierras         |
| MEH            | = | 0,968 | tm               | Momento presión de tierras           |



##### 4.4.1.2 SOBRECARGA VIVA

|                |   |       |                  |                                   |
|----------------|---|-------|------------------|-----------------------------------|
| heq            | = | 0,610 | m                | Altura de sobrecarga.             |
| p <sub>1</sub> | = | 0,283 | t/m <sup>2</sup> | Presión horizontal por sobrecarga |
| VEH            | = | 0,319 | t                | Corte por sobrecarga              |
| MLSh           | = | 0,143 | tm               | Momento por LS                    |

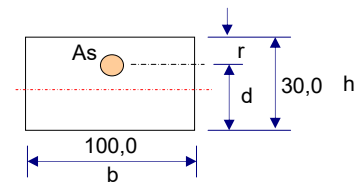
##### 4.4.2 ESTADO LÍMITE RESISTENCIA I

| TIPO | H<br>t | M<br>tm | H <sub>umax</sub><br>t | M <sub>umax</sub><br>tm |
|------|--------|---------|------------------------|-------------------------|
| EH   | 2,151  | 0,968   | 3,226                  | 1,452                   |
| EV   | 0,000  | 0,000   | 0,000                  | 0,000                   |
| LS   | 0,319  | 0,143   | 0,558                  | 0,251                   |
| Σ    | =      |         | 3,784                  | 1,703                   |

##### 4.4.3 DISEÑO

##### 4.4.3.1 DIMENSIONES

|   |   |        |    |
|---|---|--------|----|
| b | = | 100,00 | cm |
| h | = | 30,00  | cm |



##### 4.4.3.2 ARMADURA

|                |   |        |                    |
|----------------|---|--------|--------------------|
| f <sub>c</sub> | = | 280    | kg/cm <sup>2</sup> |
| F <sub>y</sub> | = | 4.200  | kg/cm <sup>2</sup> |
| b              | = | 100,00 | cm                 |
| h              | = | 30,00  | cm                 |
| r              | = | 6,00   | cm                 |
| d              | = | 24,00  | cm                 |

##### ARMADURA MÍNIMA Art. 5.6.3.3 AASHTO 2020

Asmín: El armadura mínima se establece en función del menor momento de los dados a continuación:

$$Mu_{\min 1} = 1,33 Mu$$

$$Mu_{\min 2} = 1,072 \text{ fr } Ig/yt = M_{cr} = 5,381 \text{ tm}$$

fr.- Art.5.4.2.6 AASHTO 2020

| Mu<br>tm | Mumin<br>tm | Asmin<br>cm <sup>2</sup> | Ascal<br>cm <sup>2</sup> | Asdefin.<br>cm <sup>2</sup> |
|----------|-------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1,70     | 2,265       | 2,52                     | 1,89                     | 2,52                        |

Usamos: 1 φ 12 mm a 0,20 Cara en contacto suelo

#### 4.4.3.3 DUCTILIDAD

Ec.: 5.5.4.2-2 AASHTO 2020

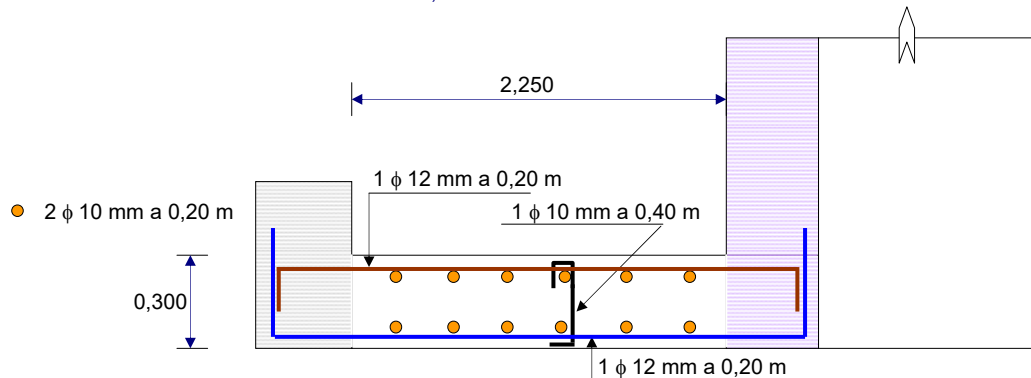
$A_{scol} = 5,65 \text{ cm}^2$  Bien Armadura colocada  
 $\beta_1 = 0,85$   
 $d = 24,0 \text{ cm}$  Distancia desde la fibra extrema de compresión al cg del acero.  
 $c = 1,174 \text{ cm}$  Altura bloque de compresión Ec.: 5.6.2.1-1 AASHTO 2020  
 $\epsilon_t = 0,0583 > 0,005$  Bien No hace falta reducir  $\phi$

#### 4.4.3.4 ARMADURA POR CONTRACCION Y TEMPERATURA

Ec.: 5.10.6-1 AASHTO 2020

$A_s = 2,08 \text{ cm}^2/\text{m}$  Por cara, en cada dirección Ec.: 5.10.6-2 AASHTO 2020  
 $A_{sfinal} = 2,33 \text{ cm}^2/\text{m}$

Usamos: 1  $\phi$  10 mm a 0,20 Armadura vertical: ambas caras



#### 4.4.3.5 CORTE

$V_u = 3,784 \text{ t}$

$V_r = \phi V_n$  Cortante resistente

$\phi = 0,9$

$V_c = 0,530 \sqrt{f'_c} b_v d_v$

$b_v = 100,00 \text{ cm}$

$d_v = 21,60 \text{ cm}$

$V_c = 19,153 \text{ t}$

$V_s = V_p = 0,0 \text{ t}$

$V_{n1} = 19,153 \text{ t}$

$V_{n2} = 151,200 \text{ t}$

$V_r = 17,237 \text{ t}$  Bien

#### 4.4.3.6 CONTROL DEL FISURAMIENTO: ESTADO LIMITE DE SERVICIO

$\gamma_e = 0,75$  Condición de exposición.

Ec: 5.6.7-1 AASHTO 2020

$n = 10,00$  Relación de módulos de elasticidad

Ec: 5.6.7-2 AASHTO 2020

$b_v = 100,00 \text{ cm}$  Ancho de faja de diseño

$d_c = 6,0 \text{ cm}$  Recubrimiento

$h = 30,0 \text{ cm}$  Altura total del elemento

$\beta_s = 1,357$

| TIPO     | M     |
|----------|-------|
| EH       | 0,968 |
| EV       | 0,000 |
| LS       | 0,143 |
| $\Sigma$ | 1,111 |

$M = 1,111 \text{ tm}$  Servicio I

$A_s = 5,65 \text{ cm}^2$  Armadura colocada

$d = 24,00 \text{ cm}^2$  Altura efectiva en flexión

$f_s = 944,8 \text{ kg/cm}^2$

$s_{m\acute{a}x} = 60,80 \text{ cm}$  Separación máxima

$S_{var} = 20,0 \text{ cm}$  Separación entre varillas Bien

#### 4.5 TRABA SÍSMICA

##### 4.5.1 MATERIALES

$$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

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

##### 4.5.2 GEOMETRÍA

$$L = 35,00 \text{ cm}$$

Altura de la traba

$$a = 0,45 \text{ cm}$$

Ubicación carga en altura

$$b = 90,00 \text{ cm}$$

Ancho de traba

$$h = 120,00 \text{ cm}$$

Longitud de traba

$$r = 5,00 \text{ cm}$$

Recubrimiento

$$d = 115,00 \text{ cm}$$

Altura efectiva

$$A_{cv} = 10.350,00 \text{ cm}^2$$

Area de concreto

$$a/d = 0,00 \text{ OK}$$

$a/d < 1$

##### 4.5.3 CARGAS

$$RDC = 258,20 \text{ t}$$

Reacción carga muerta por estribo

$$RDW = 39,68 \text{ t}$$

Reacción cargas posteriores por estribo

$$A_s = 0,500$$

Aceleración sísmica

$$EQ = 148,94 \text{ t}$$

Fuerza sísmica lateral ( $A_s RDC$ )

$$\gamma_{EQ} = 1,00$$

Factor de mayoración de carga

$$V_u = 148,94 \text{ t}$$

Carga última sísmica

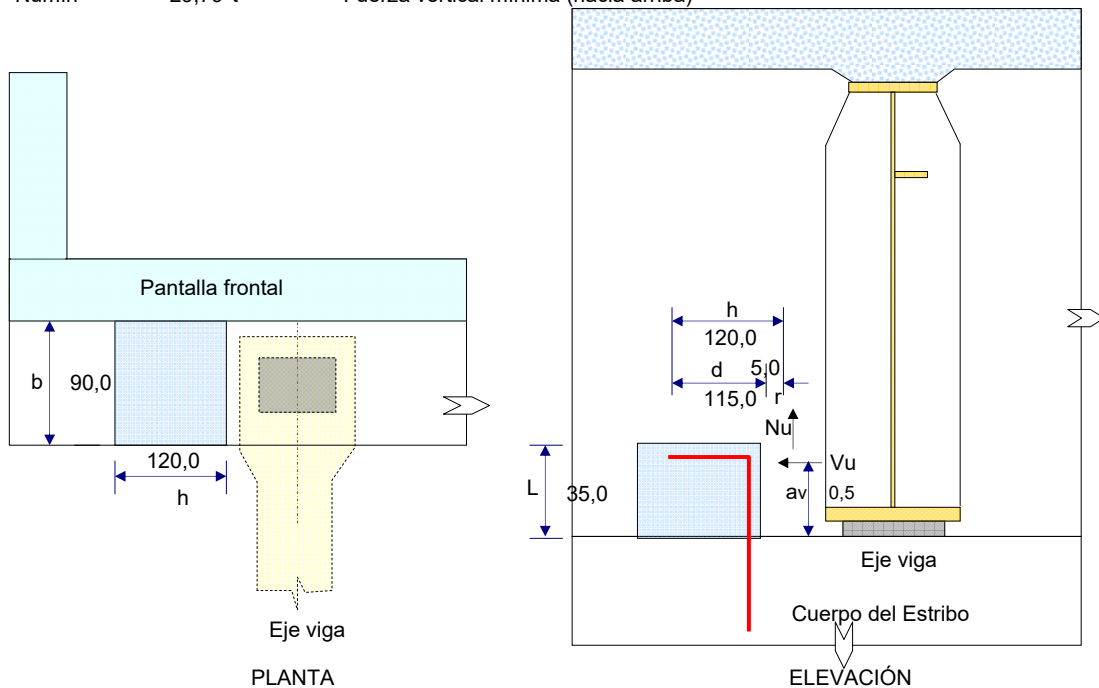
$$N_u = 0,00 \text{ t}$$

Fuerza última vertical (hacia arriba)

$$N_{u\min} = 29,79 \text{ t}$$

Fuerza vertical mínima (hacia arriba)

##### ESTADO LÍMITE EVENTO EXTREMO I



##### 4.5.4 DISEÑO

###### 4.5.4.1 CORTE FRICCIÓN

La traba (ménsula) la diseñamos a corte fricción

Art. 5.7.4 5.8.4.2

$$A_{vf} = V_n / F_y \mu \lambda$$

Acero por corte-fricción

$$V_n = V_u / \phi$$

Carga exterior factorizada

$$\phi = 0,9$$

$$\lambda = 1,000$$

$$\mu = 1,0 \lambda = 1,00$$

$$V_n \max 1 = 0,2 f_c A_{cv}$$

Cortante resistente Ec: 5.8.4.2.2-1 AASHTO 2020

$$V_n \max 2 = 56 A_{cv}$$

Cortante resistente Ec: 5.8.4.2.2-2 AASHTO 2020

$$V_n = 165.486 \text{ kg} = 165,49 \text{ t}$$

Exterior

$$V_n \max 1 = 579.600 \text{ kg} = 579,60 \text{ t}$$

$$V_n \max 2 = 579.600 \text{ kg} = 579,60 \text{ t}$$

=

$V_n \text{ máx} = 579,60 \text{ t}$  Usar el menor Interior  
 $V_n < V_n \text{ máx}$  OK: Sección suficiente  
 $Avf = 39,40 \text{ cm}^2$

#### 4.5.4.2 FUERZA HORIZONTAL

$Nu = 29.787,50 \text{ kg}$

$\phi = 0,90$

$An = Nu / \phi F_y$

$An = 7,88 \text{ cm}^2$

Ec: 5.8.4.2.2-7 AASHTO 2020

#### 4.5.4.3 FLEXIÓN

$M_u = V_u a = 0,67 \text{ tm}$

$M_n = Nu(h - d) = 1,49 \text{ tm}$

$A_f = [M_u + Nu(h - d)] / \phi F_y j d$

$j d = 0,85 d = 97,75 \text{ cm}$

$\phi = 0,9$

$A_f = 0,58 \text{ cm}^2$

Ec: 5.8.4.2.1.-1 AASHTO 2020

#### 4.5.4.4 ARMADURA PRINCIPAL

A  $As = 2/3 Avf + An = 34,15 \text{ cm}^2$

B  $As = Af + An = 8,46 \text{ cm}^2$

Ec: 5.8.4.2.2-5 AASHTO 2020

Usar:

$As = 34,15 \text{ cm}^2$

#### 4.5.4.5 ARMADURA LATERAL

A  $A_h = 1/3 Avf = 11,38 \text{ cm}^2$

B  $A_h = 1/2 Af = 0,29 \text{ cm}^2$

Usar:

$A_h = 11,38 \text{ cm}^2$

Colocar como estribos en los 2/3 d, medido la cara en contacto con la viga

#### 4.5.4.6 ARMADURAS MÍNIMAS

$As_{\text{mín}} = 0,04 f'_c b d / F_y$

$As_{\text{mín}} = 27,60 \text{ cm}^2$

$Ah_{\text{mín}} = 0,5(As - An)$

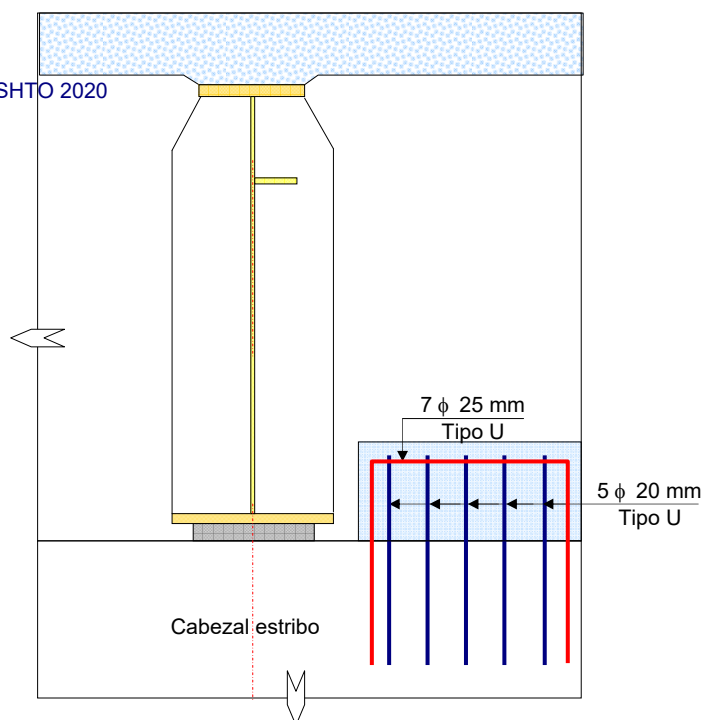
$Ah_{\text{mín}} = 13,13 \text{ cm}^2$

Ec: 5.8.4.2.2-6 AASHTO 2020

#### 4.5.4.7 ARMADO

Armatura principal  $7 \phi 25 \text{ mm}$

Armatura lateral  $5 \phi 20 \text{ mm}$



## 5.11 DISEÑO DEL PILOTE

### 5.11.1 CARGAS Y COMBINACIONES

Para el caso de que fricción entre el suelo y la zapata no sea total, y que los pilotes reciban el exceso de esta fuerza que no toma la fricción, se producirá flexión en los pilotes

#### Flexión en pilote

|                 |                                                  |               |       |
|-----------------|--------------------------------------------------|---------------|-------|
| Hut = 515,758 t | Fuerza horizontal total                          |               |       |
| Ff = 276,069 t  | Fuerza de fricción (60% asumida para zapata)     | tg $\phi_1$ = | 0,466 |
| Fp = 239,689 t  | Fuerza lateral en pilotes                        |               |       |
| Np = 9          | Número de pilotes.                               |               |       |
| Hupx = 26,632 t | Fuerza horizontal en dirección x, en cada pilote |               |       |
| Hupy = 10,665 t | Fuerza horizontal en dirección y, en cada pilote |               |       |
| Hup = 28,688 t  | Fuerza horizontal total en el pilote.            |               |       |

Altura libre:

Para arenas:

|                                                                      |                                                 |                                |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------|
| he = 1,8[ Ep Iw /nh] <sup>0,2</sup>                                  | Altura embebida en el suelo hasta empotramiento | Ec. C10.7.3.13.4-2 AASHTO 202C |
| Ep = 12000√f'c =                                                     | 200798,4 kg/cm² = 2868,549 ksi                  |                                |
| Dp = 2,625 ft                                                        |                                                 |                                |
| Iw = 2,330 ft⁴                                                       |                                                 |                                |
| nh = 0,417                                                           | Estudio suelos: 43,98 ksi/pie                   |                                |
| he = 3,804 m                                                         |                                                 |                                |
| Mup = 109,132 tm                                                     | Momento máximo del pilote                       |                                |
| Similar al obtenido en el estudio geotécnico, incluido licuefacción. |                                                 |                                |

Table C10.4.6.3-2—Rate of Increase of Soil Modulus with Depth  $n_s$  (ksf/ft) for Sand

| Seco o húmedo |              |           |
|---------------|--------------|-----------|
| Consistency   | Dry or Moist | Submerged |
| Loose Suelta  | 0.417        | 0.208     |
| Medium        | 1.11         | 0.556     |
| Dense         | 2.78         | 1.39      |

#### Carga vertical en pilote

|                   |                                    |
|-------------------|------------------------------------|
| PDD = 0,000 t     | Carga por fricción negativa total. |
| $\phi$ DD = 1,250 |                                    |
| PuDD = 0,000      | Carga última por fricción negativa |

Pup = 184,232 t Carga total en pilote incluyendo fricción negativa.

e = 0,592 m

Dp = 0,800 m

r = 7,50 cm

Ag = 5.026,55 cm²

Asmín = 50,27 cm² 1% de Ag.

Usamos: 16  $\phi$  28 mm Armadura longitudinal principal

As = 98,5 cm² As principal

Calculamos las cargas últimas que puede resistir la geometría y armado del pilote, para la excentricidad dada.

Datos iniciales

f'c = 280 kg/cm²

Fy = 4200 kg/cm²

c bal = 42,937 cm

e bal = 0,307 m

$\phi$  = 0,75

Pn bal = 548,366 t

Pu o = 1.011,493 t

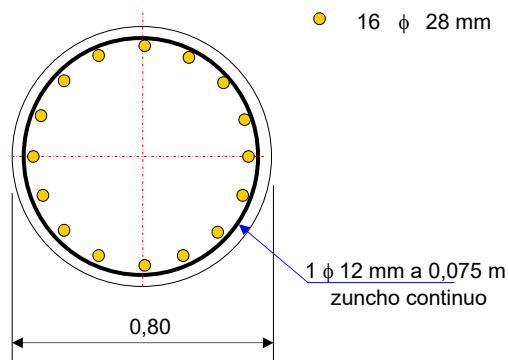
Resultados:

c = 31,700 cm

Pr = 200,732 t

Mr = 118,785 tm

e = 0,592 m



### 5.11.2 REFUERZO HELICOIDAL MÍNIMO EN LOS PILOTES

Aplicando Art. 10.8.3.9.3 AASHTO LRFD 2020

|                   |                                                                      |                                             |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| $\rho_s$ =        | $\frac{4 A_{sp}}{d_c s} \geq 0,12 \left( \frac{f'c}{f_{yh}} \right)$ |                                             |
| f'c =             | 280 kg/cm²                                                           | Resistencia del concreto                    |
| f <sub>yh</sub> = | 4.200 kg/cm²                                                         | Limite de fluencia de la varilla de espiral |
| h =               | 80,00 cm                                                             | Diámetro del pilote                         |
| Ag =              | 5.027 cm²                                                            | Area bruta de la sección circular           |



|                   |   |                                               |                                                                               |
|-------------------|---|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| db                | = | 1,20 cm                                       | Diámetro de la varilla                                                        |
| A <sub>sp</sub>   | = | 1,131 cm <sup>2</sup>                         | Área del refuerzo del espiral                                                 |
| rl                | = | 4,90 cm                                       | Recubrimiento libre de concreto (al borde externo del espiral)                |
| dc                | = | 70,20 cm                                      | Diámetro del núcleo de la columna, medido en el diámetro exterior del espiral |
| s                 | = | 7,50 cm                                       | Espaciamiento vertical del espiral.                                           |
| ρ <sub>smin</sub> | = | 0,12 $\left( \frac{280,00}{4.200,00} \right)$ | = 0,0080                                                                      |
| ρ <sub>s</sub>    | = | 0,0086                                        | Bien                                                                          |

Espiral.- Usaremos un zuncho continuo  $\phi$  12 mm a 0,075 m

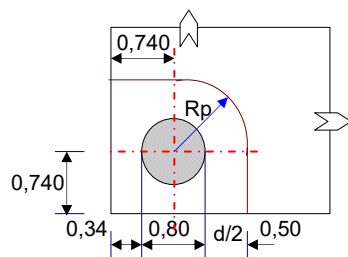
La carga última que resiste el pilote, respecto a la carga última exterior, tiene un factor de seguridad :

F<sub>s</sub> = 1,090 (Este factor puede ser el valor de 1 o mayor. El factor de seguridad está en los factores de resistencia y los factores de carga usados)

#### 5.11.3 CHEQUEO DEL PUNZONAMIENTO DEL PILOTE EN LA ZAPATA

Chequeamos el punzonamiento en el pilote más crítico que será el primero y último de la fila delantera

|                 |   |           |                         |
|-----------------|---|-----------|-------------------------|
| d               | = | 1,000 m   | Peralte efectivo.       |
| P <sub>p</sub>  | = | 184,232 t | Carga del pilote.       |
| f <sub>u</sub>  | = | 1,090     | Factor mayoración       |
| P <sub>pu</sub> | = | 200,732 t | Calga última del pilote |



|                |   |                           |                                             |
|----------------|---|---------------------------|---------------------------------------------|
| R <sub>p</sub> | = | 0,900 m                   | Radio de punzonamiento                      |
| l <sub>p</sub> | = | 2,894 m                   | Longitud para punzonamiento.                |
| A <sub>p</sub> | = | 28.937,17 cm <sup>2</sup> | Área resistente al punzonamiento            |
| v <sub>u</sub> | = | 6,94 kg/cm <sup>2</sup>   | Esfuerzo último de corte por punzonamiento. |
| v <sub>c</sub> | = | $\sqrt{f_c}$              | Esfuerzo admisible del concreto.            |
| v <sub>c</sub> | = | 16,73 kg/cm <sup>2</sup>  | Esfuerzo admisible del concreto.            |

#### 5.11.3 VERIFICACION DEL ESPESOR DE LA CAMISA DE ACERO. (USAR SOLO SI ES NECESARIA)

##### 5.11.3.1 PRESION LATERAL

##### CAMISA RECUPERABLE

El suelo y el agua ejercen una presión radial sobre las paredes de la camisa. El caso más crítico será cuando se vacíe de agua el pilote.

Referencia: Estructuras de Construcción: Pg 233 Baykov-Strongin

N<sub>s</sub> = 6,00 Nivel superior del pilote (Nc)

N<sub>f</sub> = 7,16 Nivel freático (adoptado)

N<sub>ip</sub> = -7,50 Nivel inferior pilote

pa.- Presión de agua

ps.- Presión de suelo saturado

q.- Presión de suelo

p.- Presión total

hs.- Nivel rasante - Nivel freático

ha.- Nivel freático - N.inf. pared

pa =  $\gamma_a \times h_a$

ps =  $\gamma_{sus} \times h_a \times k_a$

$\gamma_a$  = 1,000 t/m<sup>3</sup>

$\gamma_1$  = 1,600 t/m<sup>3</sup>

$\gamma_{sus}$  = 1,100 t/m<sup>3</sup>

k<sub>a</sub> = 0,244

h<sub>s</sub> = -1,160 m

h<sub>a</sub> = 14,660 m

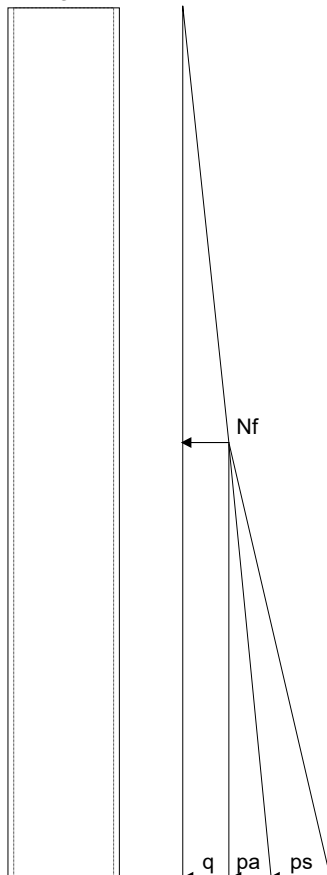
q = 1,600 x 0,244 x -1,160

q = -0,454 t/m<sup>2</sup> Presión suelo (N<sub>s</sub> a N<sub>f</sub>)

pa = 14,660 t/m<sup>2</sup> Presión agua

ps = 3,941 t/m<sup>2</sup> Presión suelo saturado

p = 18,148 t/m<sup>2</sup> Presión total



#### 5.11.3.2 ESFUERZOS

Esfuerzos en la camisa.

$$\sigma = \frac{p \times r}{t}$$

$$p = 1,81 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi p = 0,80 \text{ m} \quad \text{Diámetro del pilote}$$

$$t = 0,60 \text{ cm} \quad \text{Espesor de la camisa}$$

$$r = 40,60 \text{ cm} \quad \text{Radio exterior de la camisa}$$

$$\sigma = 122,80 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Esfuerzo de compresión axial en dirección circular máximo, en la parte inferior de la camisa (por presión lateral)}$$

El acero de la camisa será de calidad ASTM A-36

$$F_y = 2.520 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_a = 1.386 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Esfuerzo resistente de compresión}$$

Tratándose de camisa recuperable, el espesor será el requerido para su hundimiento y recuperación.

#### 4.6 DISEÑO DEL TABLERO DEL ESTRIBO

##### 4.6.1 DATOS

Sobrecarga: HL - 93

$$S = L_c = 2,625 \text{ m} \quad \text{Luz de cálculo}$$

$$b = 1,00 \text{ m} \quad \text{Ancho de diseño}$$

$$A_t = 13,30 \text{ m} \quad \text{Ancho total del puente}$$

##### 4.6.2 ESPESOR DEL TABLERO

$$t \geq 1,2 (0,10 + S/30)$$

Tabla: 2.5.2.6.3-1 AASHTO 2020

$$t \geq 0,225 \text{ m}$$

$$t = 0,400 \text{ m} \quad \text{Adoptado}$$

##### 4.6.3 CARGAS Y SOLICITACIONES

###### 4.6.3.1 CARGA MUERTA:

Carga muerta del tablero

$$w_t = 0,960 \text{ t/m}$$

Carga de acabados:

Protecciones

$$w_p = 0,691 \text{ t/m}$$

Acera

$$w_a = 0,950 \text{ t/m}$$

Capa rodadura

$$w_{cr} = 1,287 \text{ t/m}$$

De acuerdo al Art. 3.23.2.3.1.1, podemos repartir esta carga proporcionalmente al ancho del tablero.

$$w_{DC}/m = 0,123 \text{ t/m}$$

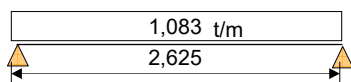
$$w_{DW}/m = 0,097 \text{ t/m}$$

Carga muerta total:

$$w_{DC} = 1,083 \text{ t/m}$$

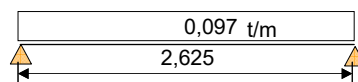
Carga de capa de rodadura :

$$w_{DW} = 0,097 \text{ t/m}$$



$$M_{DC\text{máx}} = 0,933 \text{ tm/ m}$$

$$V_{DC\text{máx}} = 1,422 \text{ t}$$



$$M_{DW\text{máx}} = 0,083 \text{ tm/ m}$$

$$V_{DW\text{máx}} = 0,127 \text{ t}$$

###### 4.6.3.2 CARGA VIVA LL:

Art. 4.6.2.3 AASHTO 2020

Ancho Equivalente

$$E_1 = 250 + 0,42 \sqrt{L_1} W_1 \quad (\text{mm})$$

$$E_2 = 2100 + 0,12 \sqrt{L_1} W_1 \leq W / NL \quad (\text{mm})$$

$$W_c = 11,700 \text{ m} \quad \text{Ancho de calzada}$$

$$W_1 = 9,000 \text{ m} \quad \text{Para un carril cargado}$$

$$W_1 = 11,700 \text{ m} \quad \text{Para dos o más carriles cargados}$$

$$L_1 = 2,625 \text{ m} \quad \text{Luz de cálculo}$$

Un carril cargado Art. 4.6.2.3-1

Dos o más carriles cargados Art. 4.6.2.3-2

PROYECTO: PUENTE SOBRE EL RIO SAN MIGUEL

Consultor: Ing. Marco Apunte Ordóñez  
 INFRAESTRUCTURA: ESTRIBO FINAL ABS. 7+295,00

Cálculo: Ing. Juan Manuel Vinuesa Moreno

Hoja: 35

W = 13,300 m Ancho total  
 NL = 2  
 W/NL = 6,650 m  
 E1 = 2,291,4 mm < W/NL ó 9.000,0 mm  
 E2 = 2,765,0 mm < W/NL ó 18.000,0 mm  
 IM = 1,33

E1 = 2,291 m Ec: 4.6.2.3-1  
 E2 = 2,765 m Ec: 4.6.2.3-2

Tandem

Pt = 5,669 t  
 MLLt = 7,965 tm/Vía  
 VLLt = 17,407 t/Vía

Camión:

Pc = 7,270 t  
 MLLc = 9,542 tm/Vía  
 VLLc = 14,540 t/Vía

Escogemos el mayor y aplicamos IM

MLL+IM = 12,691 tm/Vía

VLL+IM = 23,151 t/Vía

Carga de carril

wLL = 0,952 t/m  
 MLLw = 0,820 tm/Vía

VLLw = 1,2495 t/Vía

Para un carril cargado

m = 1,2  
 E = 2,291 m  
 MLL + IM = 7,075 tm / m

VLL + IM = 12,778 t / m

Para dos carriles cargados

m = 1  
 E = 2,765 m  
 MLL + IM = 4,886 tm / m

VLL + IM = 8,825 t / m

Las solicitaciones para un metro de ancho de tablero son:

$\eta$  = 1,000  
 MDC = 0,933 tm

VDC = 1,422 t

MDW = 0,083 tm

VDW = 0,127 t

MLL + IM = 7,075 tm

VLL + IM = 12,778 t

Mu = 13,673 tm RESISTENCIA I

Vu = 24,330 t

4.6.4 ARMADURAS

Armadura por Flexión:

$f_c$  = 280 kg/cm<sup>2</sup>  
 $F_y$  = 4.200 kg/cm<sup>2</sup>  
 b = 100,00 cm  
 h = 40,00 cm  
 r = 3,00 cm  
 d = 37,00 cm

Art. 5.6.3.2 AASHTO 2020

Art. 5.6.3.3 AASHTO LRFD 2020

Asmín: El armadura mínima se establece en función del menor momento de los dados a continuación:

Mu mín1 = 1,33 Mu

Mu mín2 = 1,072 fr Ig/ yt = Mcr = 9,49 tm

fr.- Art.5.4.2.6 AASHTO 2020

| Mu<br>tm | Mumin<br>tm | Asmin<br>cm <sup>2</sup> | Ascal<br>cm <sup>2</sup> | Asdefin.<br>cm <sup>2</sup> |
|----------|-------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 13,67    | 18,186      | 13,43                    | 10,02                    | 13,43                       |

Usamos: 1 db 14 mm a 0,100 Ascol = 15,39 cm<sup>2</sup>

Bien

Armadura de Distribución

Art. 9.7.3.2 AASHTO 2020

%Asd =  $55/\sqrt{S}$  ≤ 50,0

%Asd = 33,95

Asd = % As(+)

Asd = 4,56 cm<sup>2</sup>

Usar: 1 db 12 mm a 0,200 Ascol = 5,65 cm<sup>2</sup>

Bien

Armadura de Contracción y Temperatura

Art. 5.10.6 AASHTO 2020

As = 2,57 cm<sup>2</sup>/m Por cara, en cada dirección

Asfinal = 2,57 cm<sup>2</sup>/m

Usar: 1 db 12 mm a 0,200 Ascol = 5,65 cm<sup>2</sup>

Bien

En la parte superior del tablero, en ambas direcciones.

Corte

Vu = 24,330 t

Vu ≤  $\phi$  Vn Cortante resistente

$\phi$  = 0,9

bv = 100,00 cm

dv = 33,30 cm

Vc = 0,530  $\sqrt{f_c}$  bv dv

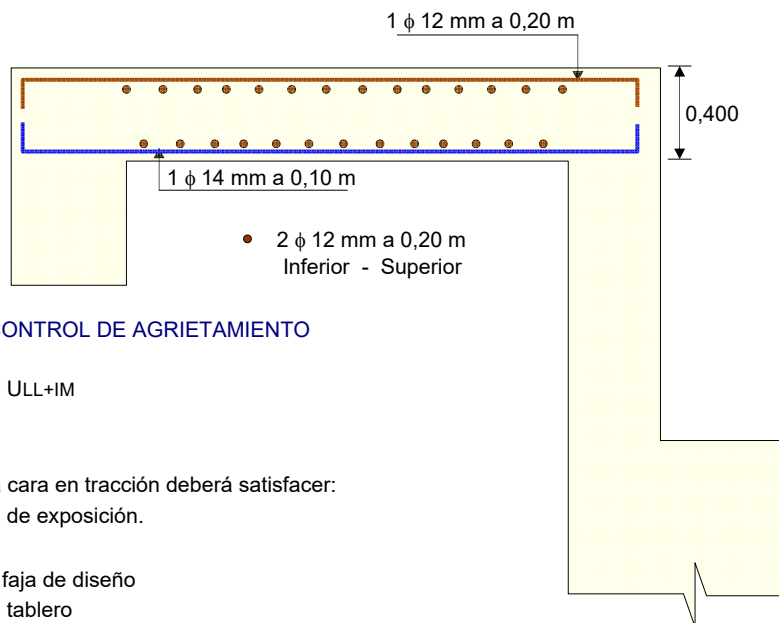
Vc = 29,527 t

Vs=Vp= 0,0 t

Vn = 29,53 t

$\phi$  Vn = 26,57 t

Bien



#### 4.6.5 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO I: CONTROL DE AGRIETAMIENTO

Combinación Estado límite de servicio

U = 1,00UDC + 1,00UDW + 1,00 ULL+IM

M = 8,092 cm<sup>2</sup>

Ascol = 15,394 cm<sup>2</sup>

El espaciamiento del acero de refuerzo en la cara en tracción deberá satisfacer:

$\gamma_e$  = 0,75 Condición de exposición.

n = 10,0

b = 100,00 cm Ancho de faja de diseño

h = 40,0 cm Altura del tablero

dc = 3,7 cm Recubrimiento

d = 36,300 cm

Obtención de fs por teoría elástica

j = 0,867

fs =  $\frac{M}{As j d}$  = 1.670,89 kg/cm<sup>2</sup>

$\beta_s$  = 1,146

Smáx = 41,36 cm Separación máxima

Svar = 10,00 cm Separación entre varillas Bien

#### 4.7 DISEÑO DEL PÓRTICO

##### 4.7.1 DATOS:

Sobrecarga: HL - 93

Lc = 6,300 m Luz de cálculo/Cada tramo

b = 0,400 m Ancho de viga

h = 1,100 m Altura de viga

##### 4.7.2 CARGAS Y SOLICITACIONES

###### 4.7.2.1 CARGA MUERTA:

Carga muerta del tablero

wt = 1,080 t/m

Peso propio de la viga

wpp = 1,056 t/m

wDC = 2,136

Carga de Capa de rodadura:

WDW = 0,048 t/m

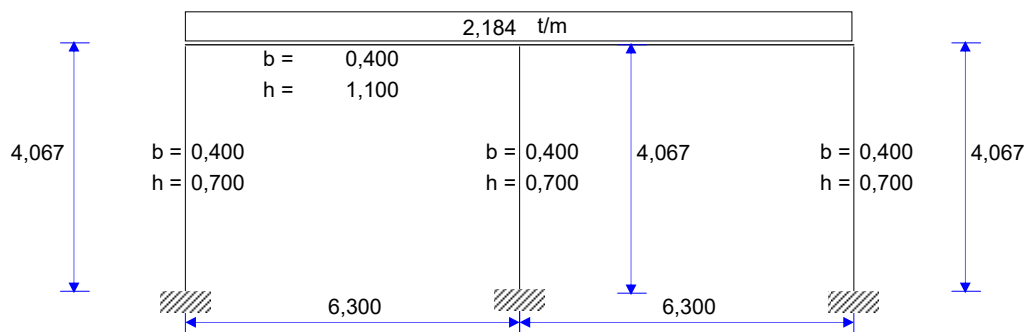
Carga muerta y de capa de rodadura:

$w_{DC+DW}$  2,184 t/m

$\gamma_{DC+DW}$  = 1,256

Factor de carga para DC+DW

### ESQUEMA ESTRUCTURAL Y CARGAS

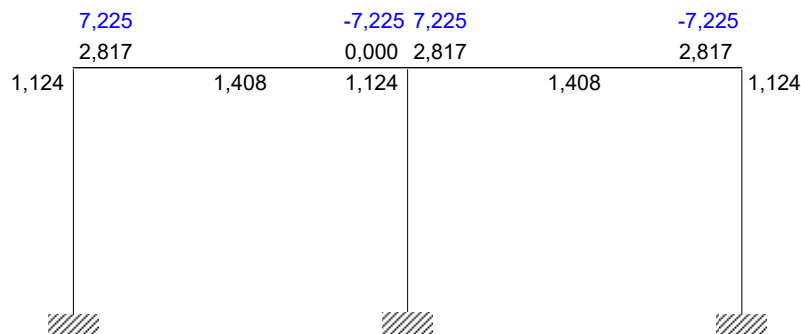


### RIGIDECES Y MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO

$$k = 4EI/L$$

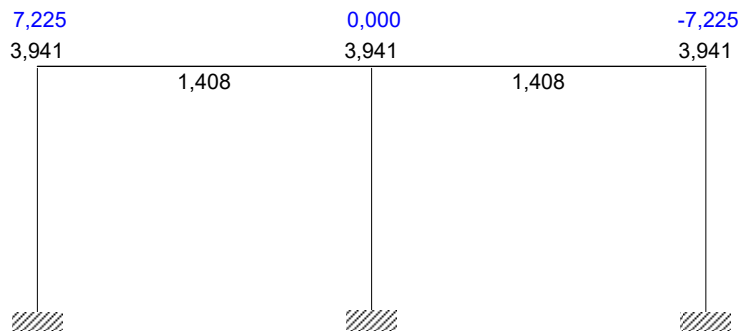
$$a = k/2$$

$$E = 100$$



| MF                | M'F                |
|-------------------|--------------------|
| $\frac{wL^2}{12}$ | $-\frac{wL^2}{12}$ |

### SUMATORIA DE RIGIDECES Y MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO EN LOS NUDOS



### PLANTEAMIENTO DE ECUACIONES OBTENCIÓN DE GIROS

$$f_1(x) = 3,94 \theta_1 + 1,41 \theta_2 + 0,00 \theta_3 = -7,225$$

$$f_2(x) = 1,41 \theta_1 + 3,94 \theta_2 + 1,41 \theta_3 = 0,000$$

$$f_3(x) = 0,00 \theta_1 + 1,41 \theta_2 + 3,94 \theta_3 = 7,225$$

$$\begin{bmatrix} R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -m \end{bmatrix}$$

PROYECTO: PUENTE SOBRE EL RIO SAN MIGUEL

Consultor: Ing. Marco Apunte Ordóñez  
 INFRAESTRUCTURA: ESTRIBO FINAL ABS. 7+295,00

Cálculo: Ing. Juan Manuel Vinueza Moreno

Hoja: 38

$$R = \begin{bmatrix} 3,94 & 1,41 & 0,00 \\ 1,41 & 3,94 & 1,41 \\ 0,00 & 1,41 & 3,94 \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} 15 \\ 16 \\ 17 \end{matrix}$$

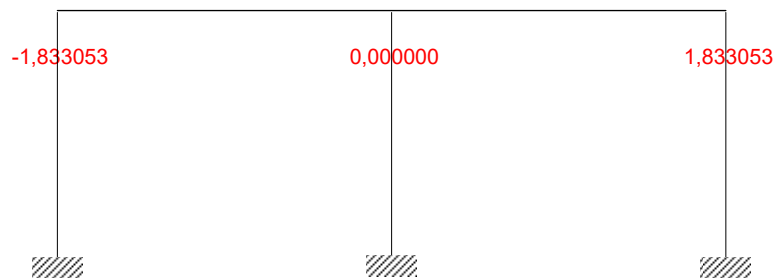
$$-m = \begin{bmatrix} -7,225 \\ 0,000 \\ 7,225 \end{bmatrix}$$

$$R^{-1} = \begin{bmatrix} 0,2972 & -0,1218 & 0,0435 \\ -0,1218 & 0,3407 & -0,1218 \\ 0,0435 & -0,1218 & 0,2972 \end{bmatrix} \quad \{=MINVERSA(C15:E17)\}$$

$$R^{-1} \times -m = \begin{bmatrix} 0,2972 & -0,1218 & 0,0435 \\ -0,1218 & 0,3407 & -0,1218 \\ 0,0435 & -0,1218 & 0,2972 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -7,225 \\ 0,000 \\ 7,225 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1,833053 \\ 0,000000 \\ 1,833053 \end{bmatrix}$$

GIROS EN LOS NUDOS

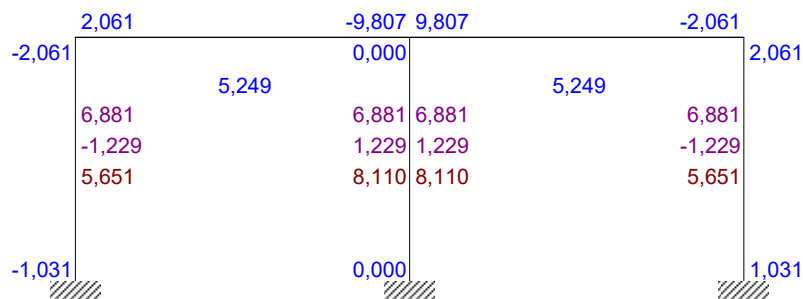


MOMENTOS FINALES DE CARGA MUERTA

$$M = M^F + k\theta + a\theta'$$

$$M' = M^F + k\theta + a\theta'$$

Ecuaciones de Maney

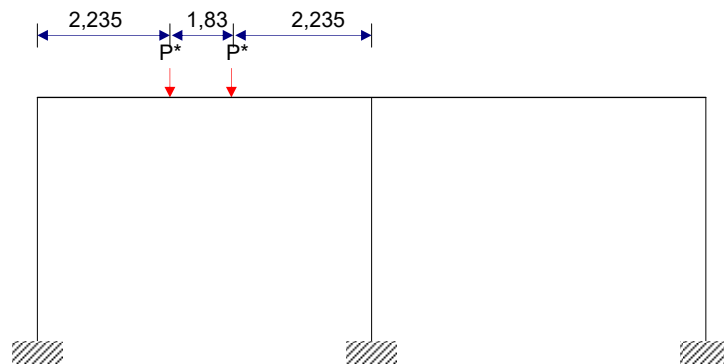


4.7.2.2 CARGA VIVA:

$$P_c = 7,270 \text{ t}$$

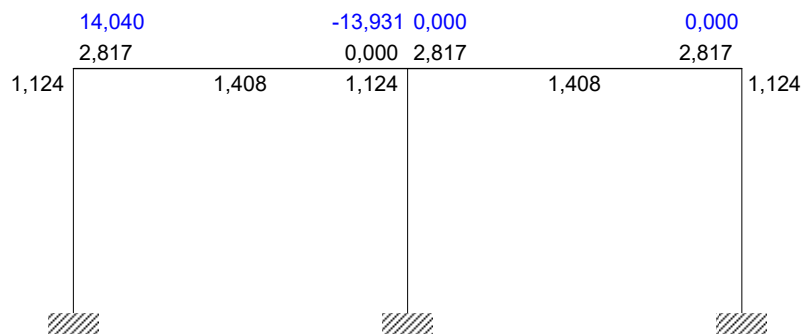
$$P_{c+IM} = 9,669 \text{ t} \quad P^*$$

POSICIÓN 1  
 CARGAS

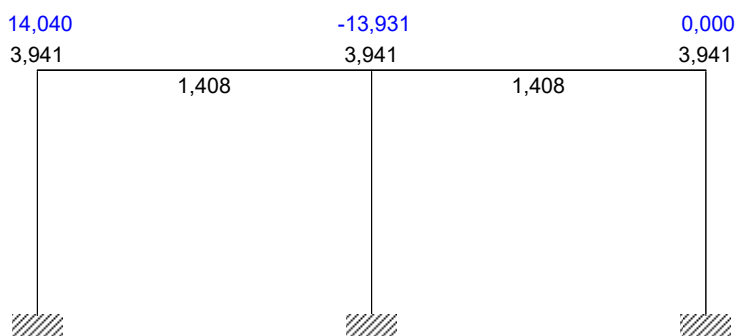


#### RIGIDECES Y MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO

| MF                  | M'F                  | P     | a     | b     | Tramo 1 |         | Tramo 2 |       |
|---------------------|----------------------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|-------|
|                     |                      |       |       |       | MF      | M'F     | MF      | M'F   |
| $\frac{Pab^2}{L^2}$ | $-\frac{Pa^2b}{L^2}$ | 9,669 | 2,235 | 4,065 | 8,997   | -4,947  |         |       |
|                     |                      | 9,669 | 4,035 | 2,265 | 5,043   | -8,984  |         |       |
|                     |                      | 9,669 | 0,000 | 0,000 |         |         | 0,000   | 0,000 |
|                     |                      | 9,669 | 0,000 | 0,000 |         |         | 0,000   | 0,000 |
|                     |                      |       |       |       | 14,040  | -13,931 | 0,000   | 0,000 |



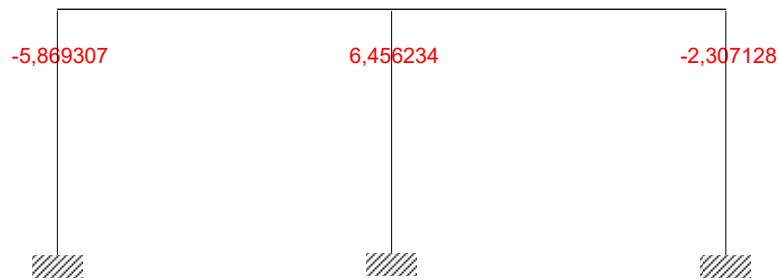
#### SUMATORIA DE RIGIDECES Y MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO



#### OBTENCIÓN DE GIROS

$$R^{-1} \times -m = \begin{bmatrix} 0,2972 & -0,1218 & 0,0435 \\ -0,1218 & 0,3407 & -0,1218 \\ 0,0435 & -0,1218 & 0,2972 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -14,040 \\ 13,931 \\ 0,000 \end{bmatrix}$$

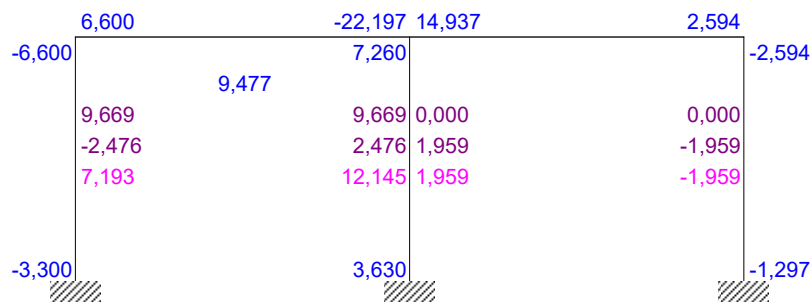
$$\begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -5,86931 \\ 6,456234 \\ -2,307128 \end{bmatrix}$$



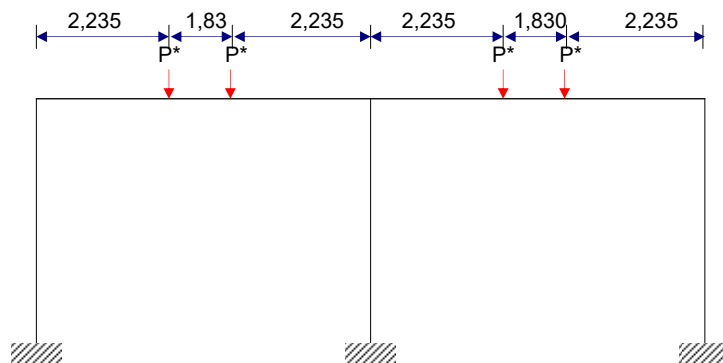
MOMENTOS FINALES DE CARGA VIVA POS. 1

$$M = MF + k\theta + a\theta' \quad \text{Ecuaciones de Maney}$$

$$M' = M'F + k\theta + a\theta'$$

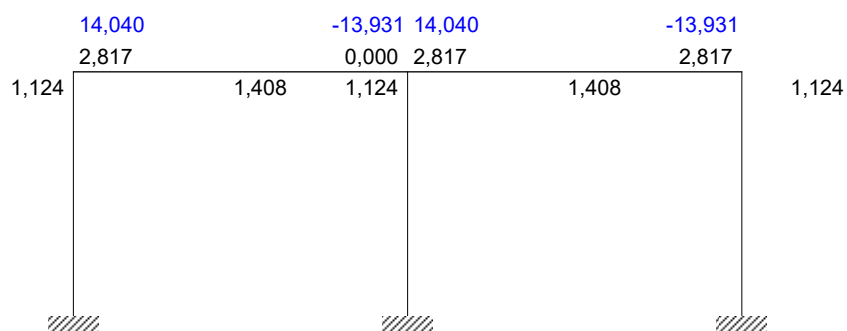


POSICIÓN 2  
CARGAS



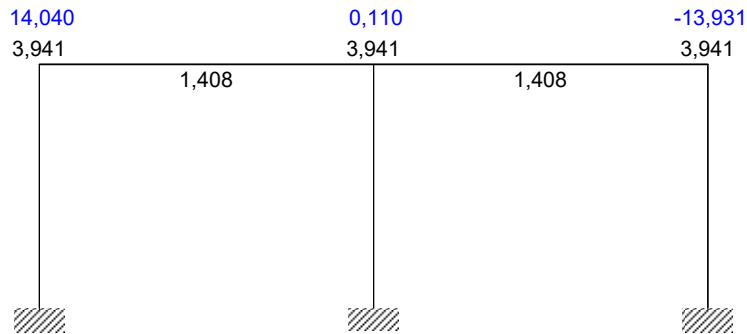
RIGIDECES Y MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO

| MF                  | M'F                  | P     | a     | b     | Tramo 1 |         | Tramo 2 |         |
|---------------------|----------------------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|
|                     |                      |       |       |       | MF      | M'F     | MF      | M'F     |
| $\frac{Pab^2}{L^2}$ | $-\frac{Pa^2b}{L^2}$ | 9,669 | 2,235 | 4,065 | 8,997   | -4,947  |         |         |
|                     |                      | 9,669 | 4,035 | 2,265 | 5,043   | -8,984  |         |         |
|                     |                      |       |       |       |         |         |         |         |
|                     |                      | 9,669 | 2,235 | 4,065 |         |         | 8,997   | -4,947  |
|                     |                      | 9,669 | 4,035 | 2,265 |         |         | 5,043   | -8,984  |
|                     |                      |       |       |       | 14,040  | -13,931 | 14,040  | -13,931 |





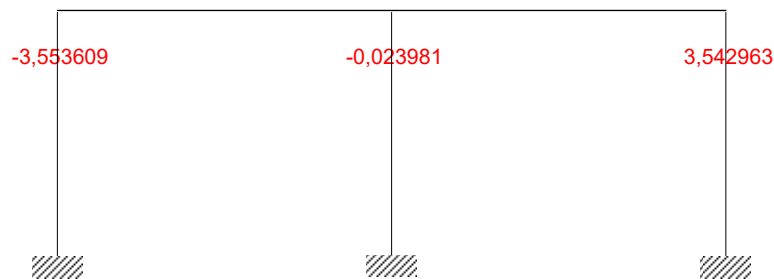
SUMATORIA DE RIGIDECES Y MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO



OBTENCIÓN DE GIROS

$$R^{-1} \times -m = \begin{bmatrix} 0,2972 & -0,1218 & 0,0435 \\ -0,1218 & 0,3407 & -0,1218 \\ 0,0435 & -0,1218 & 0,2972 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -14,040 \\ -0,110 \\ 13,931 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3,553609 \\ -0,023981 \\ 3,542963 \end{bmatrix}$$

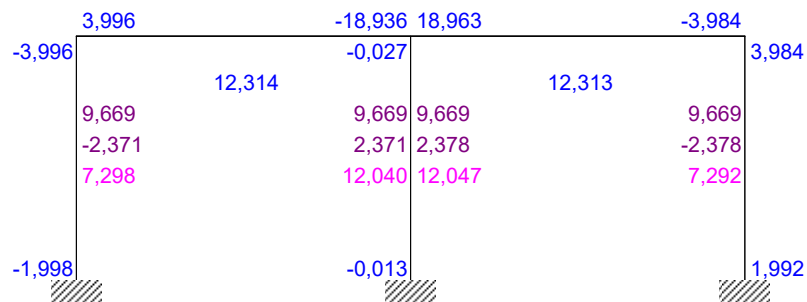


MOMENTOS FINALES DE CARGA VIVA POS. 2

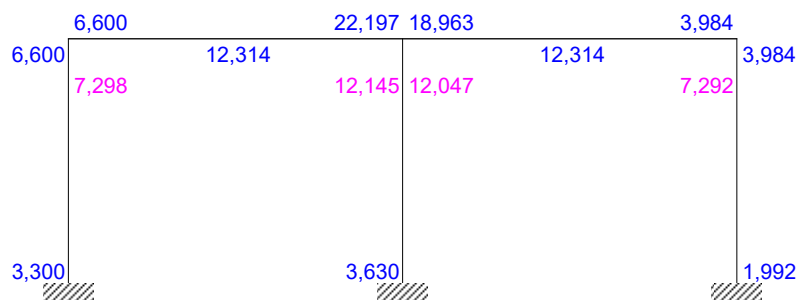
$$M = M_F + k\theta + a\theta'$$

Ecuaciones de Maney

$$M' = M'_F + k\theta + a\theta'$$



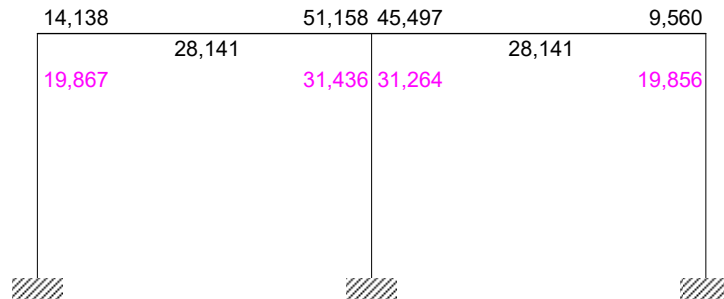
SOLICITACIONES MÁXIMAS ENTRE POS1 Y POS 2



#### 4.7.3 MOMENTOS Y CORTES ÚLTIMOS

$$U_u = \eta (1,25UDC + 1,50UDW + 1,75 ULL+IM)$$

$$\eta = 1,000$$



#### 4.7.4 DISEÑO DE LA VIGA

$$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 4.200 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 40,00 \text{ cm}$$

$$h = 110,00 \text{ cm}$$

$$r = 5,00 \text{ cm}$$

$$d = 105,00 \text{ cm}$$

$$\phi = 0,90$$

Asmín: El armadura mínima se establece en función del menor momento de los dados a continuación:

$$Mu_{\min 1} = 1,33 Mu$$

$$Mu_{\min 2} = 1,072 \text{ fr } I_g / y_t = M_{cr} = 28,94 \text{ tm}$$

| Mu<br>tm | Mumin<br>tm | Asmin<br>cm <sup>2</sup> | Ascal<br>cm <sup>2</sup> | Asdefin.<br>cm <sup>2</sup> |
|----------|-------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 14,138   | 18,804      | 4,79                     | 3,59                     | 4,79                        |
| 51,158   | 28,940      | 7,41                     | 13,26                    | 13,26                       |
| 28,141   | 28,940      | 7,41                     | 7,20                     | 7,41                        |

Usamos:

|      |       |         |                       |
|------|-------|---------|-----------------------|
| 3 db | 25 mm | Ascol = | 14,73 cm <sup>2</sup> |
| 5 db | 25 mm | Ascol = | 24,54 cm <sup>2</sup> |
| 3 db | 25 mm | Ascol = | 14,73 cm <sup>2</sup> |

Armadura sobre apoyos extremos

Armadura sobre apoyos extremos

Armadura sobre apoyo central

Armadura inferior

Corte

$$V_u = 31,44 \text{ t}$$

$$\phi = 0,90$$

$$dv = 94,5 \text{ cm}$$

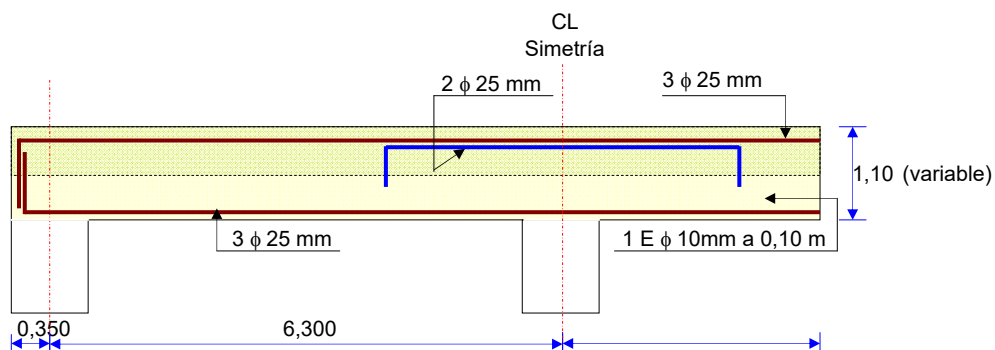
$$v_u = 9,24 \text{ kg/cm}^2 \quad v_c = 8,87 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = A_v F_y / (v_u - v_c) b$$

$$A_v = 1,57 \text{ cm}^2 \quad E \phi 10 \text{ mm}$$

$$S = 443,25 \text{ cm}$$

Colocar: 1 E  $\phi$  10 mm a 0,10 m



#### 4.7.5 DISEÑO DE LA COLUMNA

El diseño de las columnas lo haremos a flexocompresión.

##### Columna central

PDC+DW = 16,220 t  
PLL+IM = 24,087 t  
PDCpp = 2,363 t  
MDC+DW = 0,000 tm  
MLL+IM = 0,027 tm

##### Columna exterior

PDC+DW = 5,651 t  
PLL+IM = 7,298 t  
PDCpp = 2,363 t  
MDC+DW = 2,061 tm  
MLL+IM = 3,996 tm

##### RESISTENCIA I

$P_u = 65,485 \text{ t}$   
 $M_u = 0,059 \text{ tm}$   
 $e = 0,001 \text{ m}$   
 $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_y = 4.200 \text{ kg/cm}^2$   
 $b = 40,00 \text{ cm}$   
 $h = 70,00 \text{ cm}$   
 $r = 7,00 \text{ cm}$   
 $d = 63,00 \text{ cm}$

##### Armadura:

$A_g = 2.800,00 \text{ cm}^2$  Area de la columna.- concreto  
 $A_{s\text{mín}} = 28,00 \text{ cm}^2$  1% de  $A_g$ .- como columna

##### Flexión:

$M_u = 11,368 \text{ tm}$   
 $A_{scal} = 4,86 \text{ cm}^2$

Usamos: 4  $\phi$  20 mm

$A_s = 12,57 \text{ cm}^2$  En la caras exteriores

##### Armado total de columna:

Usamos: 8  $\phi$  20 mm  
4  $\phi$  16 mm

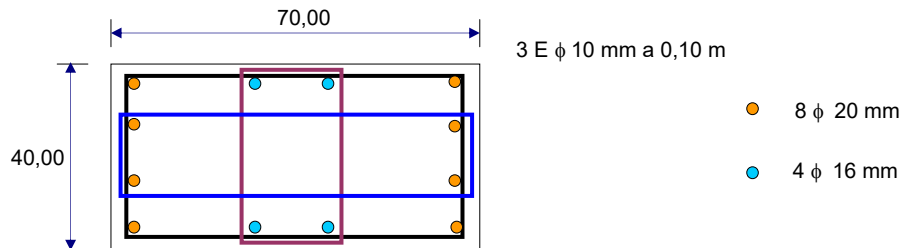
$A_s = 25,13 \text{ cm}^2$

$A_s = 8,04 \text{ cm}^2$

$A_{st} = 33,18 \text{ cm}^2$

##### Flexocompresión:

Armado de la columna.- lo hacemos según lo indicado



A1 = 4  $\phi$  20 mm  $A_s = 12,57 \text{ cm}^2$   
A2, A3 = 2  $\phi$  16 mm  $A_s = 4,02 \text{ cm}^2$   
A4 = 4  $\phi$  20 mm  $A_s = 12,57 \text{ cm}^2$

##### Resultados

##### Columna central

$e = 0,140 \text{ m}$   
 $P_r = 425,189 \text{ t}$   
 $M_r = 59,350 \text{ tm}$   
 $FS = \frac{425,189}{65,485} = 6,49$

$e = 0,498 \text{ m}$   
 $P_r = 131,860 \text{ t}$   
 $M_r = 65,673 \text{ tm}$   
 $FS = \frac{131,860}{22,834} = 5,77$

PROYECTO: PUENTE SOBRE EL RIO SAN MIGUEL

Consultor: Ing. Marco Apunte Ordóñez

Cálculo: Ing. Juan Manuel Vinueza Moreno

INFRAESTRUCTURA: ESTRIBO FINAL ABS. 7+295,00

Hoja:

44

Ing. Marco Apunte Ordóñez  
**CONSULTOR**

| ELABORADO POR                                   | REVISADO POR                            | APROBADO POR                                  |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Ing. Juan Vinueza Moreno                        | Ing. Ana Torres Bermeo                  | Ing. Jorge Pazmiño Tituven                    |
|                                                 |                                         |                                               |
| <b>TECNICO ESTRUCTURAL<br/>DE LA CONSULTORA</b> | <b>SUPERVISORA<br/>DE LA PREFECTURA</b> | <b>DIRECTOR DE ESTUDIOS<br/>ADMINISTRADOR</b> |