

# PROYECTO: PUENTE SOBRE EL RIO SAN MIGUEL

Consultor: Ing. Marco Apunte Ordóñez  
INFRAESTRUCTURA: ESTRIBOS INICIAL ABS. 7+245,000

Cálculo: Ing. Juan Manuel Vinuela Moreno

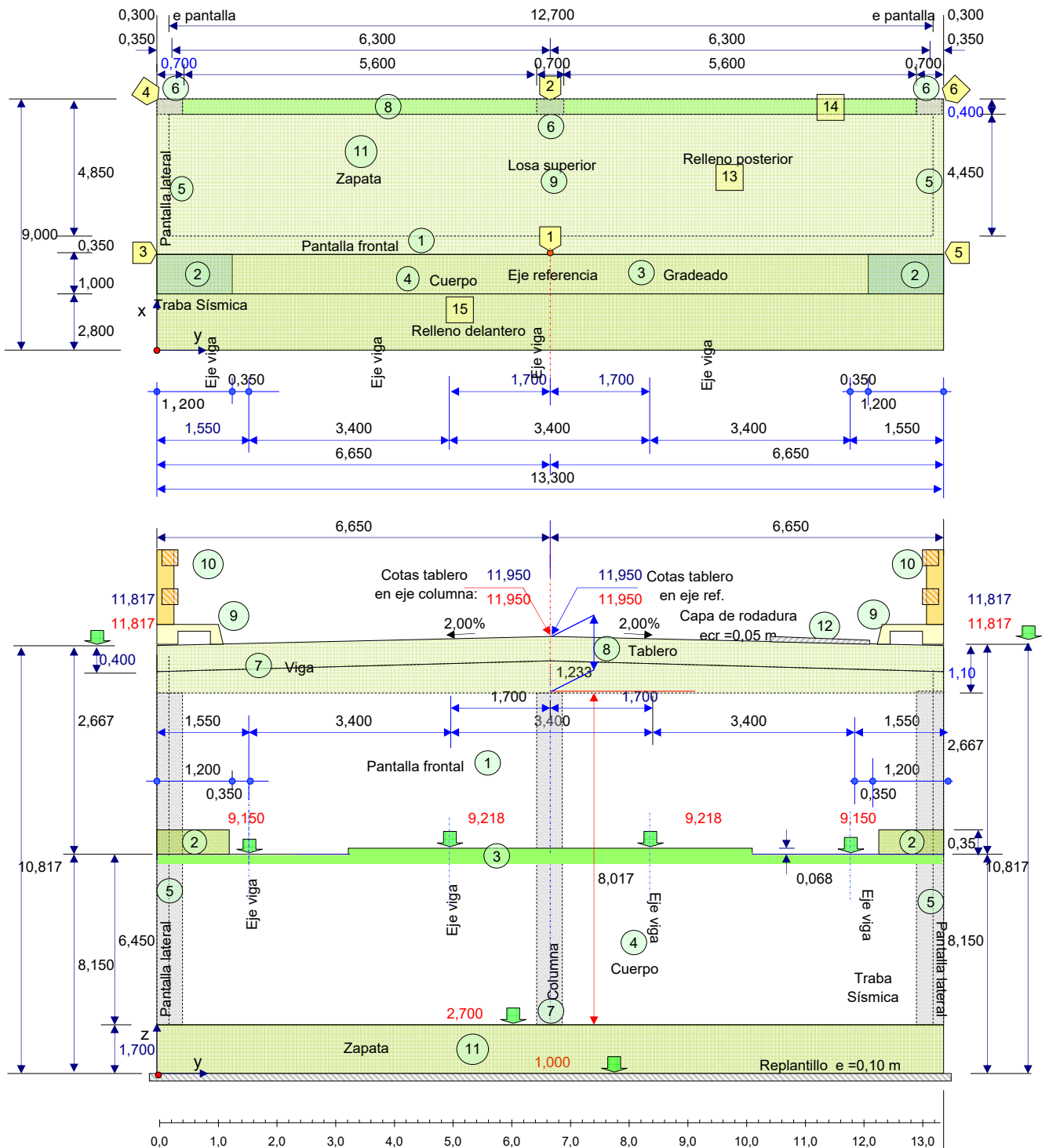
Hoja: 1  
Fecha: 9-ene-23

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

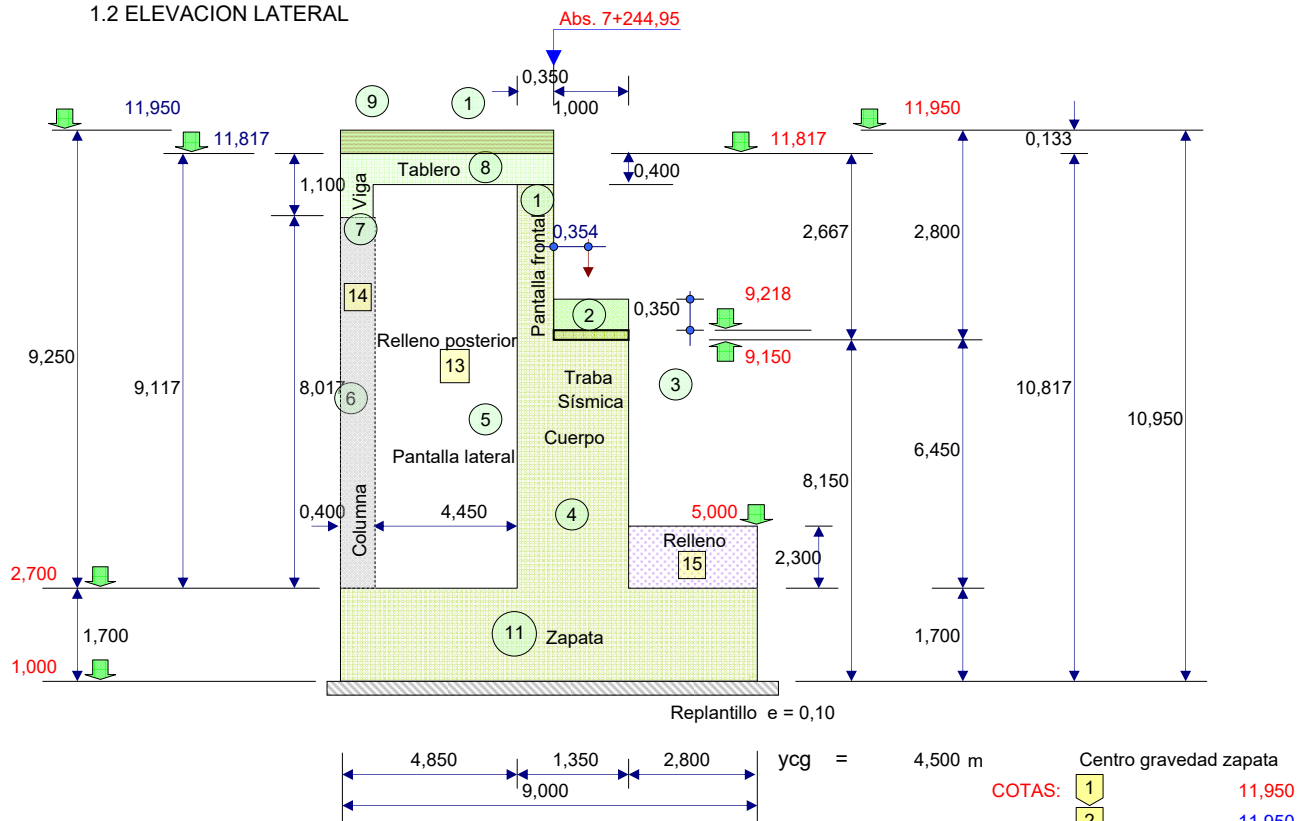
## 1.- GEOMETRIA

### 1.1 PLANTA y ELEVACIÓN FRONTAL

|                              |                                |                                           |                           |
|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|
| Le = 13,300 m                | Ancho del estribo.             | Nn = 12,000                               | Nivel natural del terreno |
| Nr = 12,000 m                | Cota rasante en eje vía total. | Nb = 4                                    | Número de vigas           |
| Nc = 1,000 m                 | Cota cimentación.              | Sv = 3,400 m                              | Separación vigas          |
| Hs = 2,748 m                 | Altura de superestructura.     | f <sub>c</sub> = 280 kg/cm <sup>2</sup>   | Hormigón                  |
| Pt = 2,000%                  | Pend. Transversal.             | F <sub>y</sub> = 4.200 kg/cm <sup>2</sup> | Acero de refuerzo         |
| PI = 0,000%                  | Pendiente longitudinal.        | b = 0,600 m                               | Ancho de apoyo de viga    |
| L = 50,00 m                  | Longitud del tramo             | ecr = 0,050 m                             | Espesor capa de rodadura  |
| qn = 76,700 t/m <sup>2</sup> | Esfuerzo nominal del suelo     | Sp = 2,000 m                              | Separación entre puentes  |
|                              |                                | Abs = 7+245,00                            | Abscisa inicial superest. |



## 1.2 ELEVACION LATERAL



## 2.- CARGAS

$$\eta_D = 1,000$$

$$\eta_R = 1,000$$

$$\eta_I = 1,000$$

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

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

$$\sum \eta_i \gamma_i Q_i \leq \phi R_n = R_r$$

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.

$$x_{DC} = 3,446 \text{ m}$$

Ubicación de carga respecto a o

$$e_{DC} = 1,054 \text{ m}$$

Excentricidad para carga muerta superestructura

$$MDC = 272,143 \text{ tm}$$

Momento por DC de la superestructura en el xcg zapata

$$MDC_o = 889,757 \text{ tm}$$

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

$$x_{DW} = 3,446 \text{ m}$$

Ubicación de carga respecto a o

$$e_{DW} = 1,054 \text{ m}$$

Excentricidad para carga muerta superestructura

$$MDW = 41,817 \text{ tm}$$

Momento por DW de la superestructura en el xcg zapata

$$MDW_o = 136,720 \text{ tm}$$

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

$$x_{LL} = 3,446 \text{ m}$$

Ubicación de carga respecto a o

$$e_{LL} = 1,054 \text{ m}$$

Excentricidad para carga viva superestructura

$$z_{LL} = 8,150 \text{ m}$$

$$MLL = 114,549 \text{ tm}$$

Momento por LL de la superestructura en el xcg zapata

$$MLL_o = 374,512 \text{ tm}$$

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

$$BR1 = 8,179 \text{ t}$$

$$BR2 = 3,987 \text{ t}$$

$$BR3 = 3,485 \text{ t}$$

PROYECTO: PUENTE SOBRE EL RIO SAN MIGUEL

Consultor: Ing. Marco Apunte Ordóñez  
 INFRAESTRUCTURA: ESTRIBOS INICIAL ABS. 7+245,000

Cálculo: Ing. Juan Manuel Vinuela Moreno

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  | = | 3,446 m     | Ubicación de carga vertical respecto a o                              |
| eBR1  | = | 1,054 m     | Excentricidad BR                                                      |
| zBR   | = | 5,880 m     | Altura para fuerza frenado desde nivel inferior de zapata             |
| MBR1  | = | -1,598 tm   | Momento por BR en el xcg zapata por la componente vertical            |
| MBRz  | = | 96,174 tm   | Momento por fuerza horizontal de frenado                              |
| MBR   | = | 94,576 tm   | Momento por BR en el ycg zapata por la componente vertical+horizontal |
| MBRo  | = | 90,949 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  | Σ Mo<br>tm | OPERACIONES |       |        |           |    |
|------|-----------|--------|-----------|------------|-------------|-------|--------|-----------|----|
|      |           |        |           |            | a           | b     | c      | Peso Esp. | No |
| 1    | 30,539    | 3,975  | 121,391   | 121,391    | 2,734       | 0,350 | 13,300 | 2,400     | 1  |
| 2    | 2,016     | 3,300  | 6,653     | 128,044    | 1,000       | 0,350 | 1,200  | 2,400     | 2  |
| 3    | 1,110     | 3,300  | 3,662     | 131,706    | 1,000       | 6,800 | 0,068  | 2,400     | 1  |
| 4    | 277,943   | 3,475  | 965,853   | 1.097,560  | 1,350       | 6,450 | 13,300 | 2,400     | 1  |
| 5    | 55,859    | 6,375  | 356,098   | 1.453,658  | 4,450       | 0,300 | 8,717  | 2,400     | 2  |
| 6    | 16,162    | 8,800  | 142,228   | 1.595,886  | 0,400       | 0,700 | 8,017  | 2,400     | 3  |
| 7    | 14,894    | 8,800  | 131,066   | 1.726,952  | 0,400       | 1,167 | 13,300 | 2,400     | 1  |
| 8    | 56,818    | 6,375  | 362,212   | 2.089,164  | 4,450       | 0,400 | 13,300 | 2,400     | 1  |
| 9    | 4,942     | 6,400  | 31,629    | 2.120,793  | 0,198       | 1,000 | 5,200  | 2,400     | 2  |
| 10   | 3,594     | 6,400  | 23,002    | 2.143,795  | 1,797       | 1,000 | 1,000  | 2,400     | 2  |
|      |           |        |           | 0,000      |             |       |        |           |    |
| Σ    | 463,876   |        |           | 0,000      |             |       |        |           |    |
| 11   | 488,376   | 4,500  | 2.197,692 | 2.197,692  | 9,000       | 1,700 | 13,300 | 2,400     | 1  |
| Σ    | 952,252   |        |           | 2.197,692  |             |       |        |           |    |

PDC = 952,252 t

Vh = 395,274 m<sup>3</sup>

xDC = 2,308 m

Ubicación de carga respecto a o

eDC = 2,192 m

Excentricidad para carga muerta infraestructura

MDC = 2.087,443 tm

Momento por DC del estribo en el xcg zapata

MDCo = 2.197,692 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 | Σ Mo<br>tm | OPERACIONES |       |       |           |    |
|------|-----------|--------|----------|------------|-------------|-------|-------|-----------|----|
|      |           |        |          |            | a           | b     | c     | Peso Esp. | No |
| 12   | 6,692     | 6,400  | 42,831   | 42,831     | 11,700      | 0,050 | 5,200 | 2,200     | 1  |
| Σ    | 6,692     |        |          | 42,831     |             |       |       |           |    |

PDW = 6,692 t

xDW = 6,400 m

eDW = -1,900 m

MDW = -12,716 tm

MDWo = 42,831 tm

## 2.3 RELLENOS Y SOBRECARGAS

### 2.3.1 CARGA VERTICAL RELLENO

| FIG. | PESO<br>t | x<br>m | Mo<br>tm  | Σ Mo<br>tm | OPERACIONES |       |        |           |    |
|------|-----------|--------|-----------|------------|-------------|-------|--------|-----------|----|
|      |           |        |           |            | a           | b     | c      | Peso Esp. | No |
| 13   | 936,018   | 6,375  | 5.967,117 | 5.967,117  | 4,450       | 8,717 | 12,700 | 1,900     | 1  |
| 14   | 68,241    | 8,800  | 600,518   | 6.567,635  | 0,400       | 8,017 | 11,200 | 1,900     | 1  |
| 15   | 137,043   | 1,400  | 191,860   | 6.759,496  | 2,800       | 2,300 | 13,300 | 1,600     | 1  |
| Σ    | 1.141,302 |        |           | 6.759,496  |             |       |        |           |    |

|      |   |               |                                             |
|------|---|---------------|---------------------------------------------|
| PEV  | = | 1.141,302 t   |                                             |
| xEV  | = | 5,923 m       | Ubicación de carga respecto a o             |
| eEV  | = | -1,423 m      | Excentricidad para carga muerta de rellenos |
| MEV  | = | -1.623,636 tm | Momento por EV del relleno en el xcg zapata |
| MEVo | = | 6.759,496 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                 |
| $h$        | = | 10,817 m                 | Altura promedio para presión de tierras       |
| $L_e$      | = | 13,300 m                 | Ancho de presión de tierras                   |
| $p_0$      | = | 5,023 t/m <sup>2</sup>   | Presión máxima sin sobrecarga                 |
| $E_H$      | = | 361,332 t                | Empuje de tierras normal sin sobrecarga       |
| $z_{EH}$   | = | 3,606 m                  | Ubicación empuje de tierras                   |
| $M_{EH}$   | = | 1302,844 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.                    |

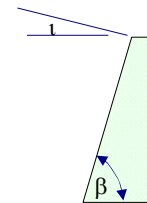


Fig. C3.11.5.3-1  
AASHTO 2020

### 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 |
| $PLS$     | = | 74,761 t               | Peso por sobrecarga viva: vertical              |
| $x_{LS}$  | = | 6,575 m                | Ubicación sobrecarga viva                       |
| $e_{LS}$  | = | -2,075 m               | Excentricidad para sobrecarga viva              |
| $M_{LSv}$ | = | -155,130 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               |
| $E_{LS}$  | = | 40,753 t               | Empuje de tierras por sobrecarga viva           |
| $z_{LS}$  | = | 5,409 m                | Ubicación de empuje desde eje xx                |
| $M_{LSH}$ | = | 220,413 tm             | Momento por LS horizontal en el xcg zapata      |
| $M_{LS}$  | = | 65,283 tm              | Momento por LS en el ycg zapata                 |

## 2.4 SISMO

Art. 3.10 AASHTO LRFD 2020

### 2.4.1 DATOS DEL PUENTE

IMPORTANCIA DEL PUENTE Escencial

Art. 3.10.5 AASHTO 2020  
Art. 1.3.2.1 AASHTO LRFD 2020

ZONA SÍSMICA V Para mínimo ancho de soporte

### 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                    |
| $H$               | = | 9,184 m                          | Altura estribo desde parte superior zapata |
| $N$               | = | 0,348 m                          |                                            |
| %N                | = | 150,000                          |                                            |
| $N_{\min}$        | = | 0,522 m                          |                                            |
| $N_{\text{real}}$ | = | 1,000 m >                        | $N_{\min}$                                 |

Tabla 4.7.4.4-1 AASHTO 2020

PROYECTO: PUENTE SOBRE EL RIO SAN MIGUEL

Consultor: Ing. Marco Apunte Ordóñez  
INFRAESTRUCTURA: ESTRIBOS INICIAL ABS. 7+245,000

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 D

Art. 3.10.3.1 AASHTO LRFD 2020 (Clase de suelo)

f = 1

PGA = 0,500

Coefficiente aceleración pico horizontal suelo. DATO NEC 15. 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

Ec.: 14.6.3.1-1 AASHTO LRFD 2020: Apoyos Elastómericos.

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 = 5,880 m

Altura : base inferior zapata - base vigas

MEQ-s = 1.026,8 tm

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

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 = 0,500

kho = 1,0 Fpga PGA

= As Para clases de sitio D, E

kh = 0,250

kh = 1,2 Fpga PGA

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

| FIG. | PESO    | z      | M = Pz   |
|------|---------|--------|----------|
| 1    | 30,539  | 9,517  | 290,629  |
| 2    | 2,016   | 8,325  | 16,783   |
| 3    | 1,110   | 8,184  | 9,082    |
| 4    | 277,943 | 4,925  | 1368,871 |
| 5    | 55,859  | 6,059  | 338,419  |
| 6    | 16,162  | 5,709  | 92,262   |
| 7    | 14,894  | 10,300 | 153,411  |
| 8    | 56,818  | 10,617 | 603,232  |
| 9    | 4,942   | 10,991 | 54,319   |
| 10   | 3,594   | 11,771 | 42,303   |
| 11   | 488,376 | 0,850  | 415,120  |
| Σ    | 952,252 |        | 3.384,43 |

Desde N. Inferior zapata

EQest = 0,250 x 952,252 =

238,063 t

EQmuro = kh Wpp

zi = 3,554 m

Altura promedio estribo

MEQest = 846,108 tm

Momento sísmico por peso propio del estribo

2.4.5 RELLENO EN TALÓN

| FIG. | PESO     | z     | M = Pz    |
|------|----------|-------|-----------|
| 13   | 936,018  | 6,059 | 5670,867  |
| 14   | 68,241   | 5,709 | 389,552   |
| Σ    | 1004,259 |       | 6.060,419 |

EQearth = 0,250 x 1.004,26 =

251,065 t

EQearth = kh Wrelleno

zearth = 6,035 m

Altura promedio estribo

MEQearth = 1515,105 tm

Momento sísmico provocado por el relleno

PIR = kh(Ww + Ws)

Fuerza sísmica horizontal

Ec. 11.6.5.1-1 AASHTO 2020

PIR = 489,128 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

\* φ ≥ i + θMO

θMO = Arc tg(kh / (1 - kv))

Ec. 11.6.5.3-1 AASHTO LRFD 2020

Tipo de suelo: D

$k_h = f A_s$

$k_h = 0,500$

$k_v = 0,250$

Coefficiente de aceleración horizontal

$K_h/(1-K_v) = 0,250$

Coefficiente de aceleración vertical Art. 11.6.5.2.1 AASHTO 2020

$\theta_{MO} = \text{Arc tg} \left[ 0,250 \right]$

$\theta_{MO} = 14,036^\circ$

$\iota = 0,000^\circ$

$\iota + \theta_{MO} = 14,036^\circ$

$\phi = 35,00^\circ$

Angulo de fricción interna del suelo de relleno

**Se puede usar M - O**

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

$PAE = 1/2 \gamma h^2 K_{AE} L_e$

Ec: 11.6.5.3-2 AASHTO LRFD 2020

$\theta_{MO} = 14,036^\circ$

$\iota = 0,000^\circ$

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

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

$K_{AE} = 0,431$

$PAE = 637,898 \text{ t}$

UBICAR A  $f h$  Ubicación de PAE

$\Delta PAE = 276,566 \text{ t}$

$f = 0,450$

$Z_A = 0,602 \text{ h}$

$MEAE = 1.802,222 \text{ tm}$

TOTAL: 100% SISMO PARA PARA CAPACIDAD DEL SUELO

$EQ = 940,335 \text{ t}$

$MEQ = 5.190,236 \text{ tm}$

TOTAL: 50% PIR + 100%  $\Delta EAE$  PARA ESTABILIDAD

Art. 11.6.5.1 AASHTO 2020

$EQ = 695,771 \text{ t}$

$MEQ = 4.009,630 \text{ tm}$

TOTAL: 100% PIR + 50%  $\Delta EAE$  PARA ESTABILIDAD

$EQ = 802,052 \text{ t}$

$MEQ = 4.289,126 \text{ tm}$

## 2.5 CARGAS POR TEMPERATURA Y CONTRACCIÓN

$$H_u = \frac{G A \Delta u}{h_{rt}}$$

Ec: 14.6.3.1-2 AASHTO LRFD 2020

$G = 10,00 \text{ kg/cm}^2$  Módulo de corte del neopreno

$A = 1.575,0 \text{ cm}^2$  Area de apoyo elastomérico

$h_{rt} = 6,00 \text{ cm}$  Espesor total del neopreno

$N_b = 4$  Número de vigas (apoyos)

### 2.5.1 TEMPERATURA

Art. 5.4.2.2 AASHTO 2020

$\Delta \text{temp} = 0,540 \text{ cm}$  Deformación por temperatura/lado (Disminución de temperatura)

$H_{ua} = 1.418 \text{ kg/neopreno}$

$H_{uTU} = 5,670 \text{ t}$  Fuerza total en estribo

$z_{TU} = 8,150 \text{ m}$

$MTU = 46,211 \text{ tm}$

### 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          |
| $z_{SH}$        | = | 5,880 m           |                                  |
| $M_{SH}$        | = | 30,867 tm         |                                  |

### 3 FACTORES DE CARGA

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

|       |   |                         |                                        |
|-------|---|-------------------------|----------------------------------------|
| $q_n$ | = | 76,700 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

|       |   |                       |                                                                            |
|-------|---|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| $q_R$ | = | 76,7 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       | 1.210,452 | 0,000   | 2.359,586  | 1.210,452  | 0,000      | 2.359,586   |
| DW       | 46,367    | 0,000   | 29,102     | 46,367     | 0,000      | 29,102      |
| LL       | 108,680   | 0,000   | 114,549    | 54,340     | 0,000      | 57,274      |
| BR       | -1,516    | 16,358  | 94,576     | -0,758     | 8,179      | 47,288      |
| EH       | 0,000     | 361,332 | 1.302,844  | 0,000      | 361,332    | 1.302,844   |
| EV       | 1.141,302 | 0,000   | -1.623,636 | 1.141,302  | 0,000      | -1.623,636  |
| LS       | 74,761    | 40,753  | 65,283     | 37,381     | 20,377     | 32,642      |
| TU       | 0,000     | 5,670   | 46,211     | 0,000      | 0,000      | 0,000       |
| SH       | 0,000     | 5,250   | 30,867     | 0,000      | 2,625      | 15,434      |
| EQ       | 0,000     | 940,335 | 5.190,236  | 0,000      | 940,335    | 5.190,236   |
| $\Sigma$ | =         |         |            | 2.489,085  | 1.332,848  | 7.410,770   |

|     |   |         |
|-----|---|---------|
| $e$ | = | 2,977 m |
|-----|---|---------|

|     |   |         |
|-----|---|---------|
| $B$ | = | 9,000 m |
|-----|---|---------|

|     |   |          |
|-----|---|----------|
| $L$ | = | 13,300 m |
|-----|---|----------|

|     |   |                        |
|-----|---|------------------------|
| $A$ | = | 119,700 m <sup>2</sup> |
|-----|---|------------------------|

Fundación en: Suelo

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

Ec: 11.6.3.2-1 AASHTO 2020

Art. 10.6.1.4 AASHTO 2020

$$\sigma_v = 61,45 \text{ t/m}^2$$

Fundación en: Roca

Ec: 11.6.3.2-2 AASHTO 2020

Ec: 11.6.3.2-3 AASHTO 2020

Art. 10.6.1.4 AASHTO 2020

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

$$\sigma_{vmax} = 62,07 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{vmin} = -20,48 \text{ t/m}^2$$

Si la resultante está fuera del tercio medio de la base

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

$$\sigma_{vmax} = 81,94 \text{ t/m}^2$$

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

Ec: 11.6.3.2-4 AASHTO 2020

Ec: 11.6.3.2-5 AASHTO 2020

#### PRESIÓN NETA

$$h_{suelo} = N_n - N_c = 11,000 \text{ m}$$

$$\gamma_1 = 1,600 \text{ t/m}^3 \quad \text{Peso específico del suelo natural}$$

Presión Neta máxima

$$\sigma_{nmax} = 64,34 \text{ t/m}^2 \quad \text{Bien}$$

#### 4.1.2.2 DESLIZAMIENTO

Art. 11.5.6 AASHTO 2020

##### COMBINACION PARA DESLIZAMIENTO Y EXCENRICIDADES

| TIPO     | P         | H       | M          | Pu<br>t   | Hu<br>t   | Mu<br>tm   |
|----------|-----------|---------|------------|-----------|-----------|------------|
| DC       | 1.210,452 | 0,000   | 2.359,586  | 1.210,452 | 0,000     | 2.359,586  |
| DW       | 46,367    | 0,000   | 29,102     | 46,367    | 0,000     | 29,102     |
| LL       | 108,680   | 0,000   | 114,549    | 0,000     | 0,000     | 0,000      |
| BR       | -1,516    | 16,358  | 94,576     | 0,000     | 0,000     | 0,000      |
| EH       | 0,000     | 361,332 | 1.302,844  | 0,000     | 361,332   | 1.302,844  |
| EV       | 1.141,302 | 0,000   | -1.623,636 | 1.141,302 | 0,000     | -1.623,636 |
| LS       | 0,000     | 40,753  | 220,413    | 0,000     | 20,377    | 110,206    |
| TU       | 0,000     | 5,670   | 46,211     | 0,000     | 0,000     | 0,000      |
| SH       | 0,000     | 5,250   | 30,867     | 0,000     | 2,625     | 15,434     |
| EQ       | 0,000     | 802,052 | 4.289,126  | 0,000     | 802,052   | 4.289,126  |
| $\Sigma$ | =         |         |            | 2.398,122 | 1.186,386 | 6.482,662  |

$$e = 2,703 \text{ m}$$

$$B = 9,000 \text{ m}$$

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

$$A = 119,700 \text{ m}^2$$

$$H_{max} = 1.332,848 \text{ t} \quad \text{Fuerza horizontal máxima que provoca deslizamiento}$$

#### 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

$$h_{p1} = 2,300 \text{ m}$$

Altura promedio de presión pasiva 1

$$h_{p2} = 4,000 \text{ m}$$

Altura máxima para presión pasiva.-2

$$h_e = 1,700 \text{ m}$$

Altura estructura en presión pasiva (asumido)

$$q_{p1} = 10,630 \text{ t/m}^2$$

Esfuerzo de presión pasiva

$$q_{p2} = 18,486 \text{ t/m}^2$$

Esfuerzo de presión pasiva

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

Longitud del dedo, para presión pasiva

$$R_p = 329,154 \text{ t}$$

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

$$R_\tau = 1.118,263 \text{ t}$$

$$R_R = \phi R_n = \phi_\tau R_\tau + \phi_{ep} R_p$$

Ec: 10.6.3.4-1 AASHTO 2020



PROYECTO: PUENTE SOBRE EL RIO SAN MIGUEL

Consultor: Ing. Marco Apunte Ordóñez  
 INFRAESTRUCTURA: ESTRIBOS INICIAL ABS. 7+245,000

Cálculo: Ing. Juan Manuel Vinuesa Moreno

Hoja:

9

$\phi_r = 1,000$  [Art. 10.5.5.3.3 AASHTO 2020](#)  
 $\phi_{ep} = 1,000$  [Art. 10.5.5.3.3 AASHTO 2020](#)  
 $\phi_{Rn} = 1.447,417$  [Art.: 11.5.8 AASHTO 2020](#)  
 $\phi_{Rn} > H_{max}$  **Bien**

#### 4.1.2.3 VOLCAMIENTO

$M_{estab.} = 9.983,7 \text{ tm}$   
 $M_{volc.} = 6.603,3 \text{ tm}$   
 $M_{estab.} > M_{volc.}$  **Bien**

#### EXCENTRICIDAD MAXIMA:

[Art. 10.6.4.2](#) → [Art. 11.6.5.1 AASHTO 2020](#)

$x = 1,410 \text{ m}$   
 $e = 3,090 \text{ m}$   
 $(8/10)B = 7,200 \text{ m}$   
 $e \leq 4B/10$  **Bien**

#### 4.1.3 SOLICITACIONES Y DISEÑO DE LA CIMENTACION EN EVENTO EXTRAORDINARIO [Art. 5.12.3 AASHTO 2020](#)

##### COMBINACION PARA DISEÑO

| TIPO     | P         | H       | M          | P <sub>max</sub><br>t | H <sub>max</sub><br>t | M <sub>max</sub><br>tm | P <sub>min</sub><br>t | H <sub>min</sub><br>t | M <sub>min</sub><br>tm |
|----------|-----------|---------|------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| DC       | 1.210,452 | 0,000   | 2.359,586  | 1.210,452             | 0,000                 | 2.359,586              | 1.210,452             | 0,000                 | 2.359,586              |
| DW       | 46,367    | 0,000   | 29,102     | 46,367                | 0,000                 | 29,102                 | 46,367                | 0,000                 | 29,102                 |
| LL       | 108,680   | 0,000   | 114,549    | 54,340                | 0,000                 | 57,274                 | 0,000                 | 0,000                 | 0,000                  |
| BR       | -1,516    | 16,358  | 94,576     | -0,758                | 8,179                 | 47,288                 | 0,000                 | 0,000                 | 0,000                  |
| EH       | 0,000     | 361,332 | 1.302,844  | 0,000                 | 361,332               | 1.302,844              | 0,000                 | 361,332               | 1.302,844              |
| EV       | 1.141,302 | 0,000   | -1.623,636 | 1.141,302             | 0,000                 | -1.623,636             | 1.141,302             | 0,000                 | -1.623,636             |
| LS       | 74,761    | 40,753  | 65,283     | 37,381                | 20,377                | 32,642                 | 37,381                | 20,377                | 32,642                 |
| TU       | 0,000     | 5,670   | 46,211     | 0,000                 | 0,000                 | 0,000                  | 0,000                 | 0,000                 | 0,000                  |
| SH       | 0,000     | 5,250   | 30,867     | 0,000                 | 2,625                 | 15,434                 | 0,000                 | 2,625                 | 15,434                 |
| EQ       | 0,000     | 940,335 | 5.190,236  | 0,000                 | 940,335               | 5.190,236              | 0,000                 | 940,335               | 5.190,236              |
| $\Sigma$ | =         |         |            | 2.489,085             | 1.332,848             | 7.410,770              | 2.435,503             | 1.324,669             | 7.306,208              |

$e = 2,977 \text{ m}$   
 $B = 9,000 \text{ m}$   
 $L = 13,300 \text{ m}$   
 $A = 119,700 \text{ m}^2$   
 $c = 4,500 \text{ m}$   
 $I = 807,975 \text{ m}^4$   
 $\sigma_{vmax} = 62,07 \text{ t/m}^2$   
 $\sigma_{vmin} = -20,48 \text{ t/m}^2$

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

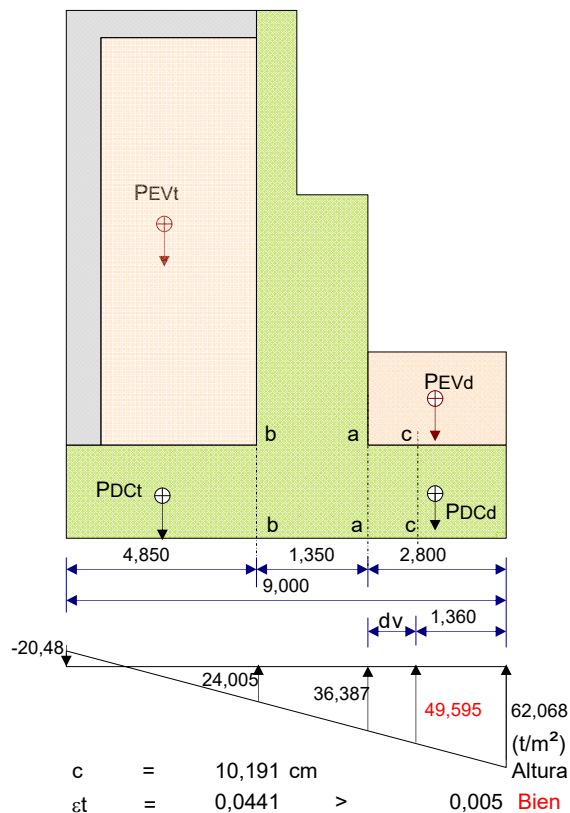
#### 4.1.3.1 DEDO Tomamos el ancho de la zapata: parte frontal

##### 4.1.3.1.1 FLEXIÓN

$L_d = 2,800 \text{ m}$  Longitud del dedo  
 $b = 13,300 \text{ m}$  Longitud total de la zapata  
 $h_z = 1,700 \text{ m}$  Altura de zapata  
 $h_r = 2,300 \text{ m}$  Altura relleno sobre dedo  
 $a_z = 9,000 \text{ m}$  Ancho de zapata  
 $P_{DCd} = 151,939 \text{ t}$  Peso del dedo  
 $P_{EVd} = 137,043 \text{ t}$  Peso relleno sobre dedo  
 $\sigma_{max} = 62,068 \text{ t/m}^2$   
 $\sigma_{aa} = 36,387 \text{ t/m}^2$   
 $M_{uaa} = 2789,689 \text{ tm}$

##### 4.1.3.1.2 ARMADURA

$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_y = 4.200 \text{ kg/cm}^2$   
 $b = 1.330,0 \text{ cm}$   
 $h_z = 170,0 \text{ cm}$   
 $r = 10,0 \text{ cm}$   
 $d = 160,0 \text{ cm} = 1,60 \text{ m}$



#### Art. 5.6.3.3 AASHTO 2020

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

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

$$Mu_{\min 2} = 1,072 \text{ fr } Ig/yt = M_{cr} = 2279,89 \text{ tm}$$

| Mu<br>tm | Mumin<br>tm | Asmin<br>cm <sup>2</sup> | Ascal<br>cm <sup>2</sup> | Asdefin.<br>cm <sup>2</sup> |
|----------|-------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 2789,69  | 2.279,889   | 383,07                   | 470,46                   | 470,46                      |

#### fr.- Art.5.4.2.6 AASHTO 2020

Usar: 35,37 cm<sup>2</sup>/m

Usamos: 1  $\phi$  25 mm a 0,100 Inferior

#### 4.1.3.1.3 DUCTILIDAD

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

Ec.: 5.5.4.2-2

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  $\phi = 0,75$

#### Ec.: 5.6.2.1-1 AASHTO 2020

$$c = \frac{As Fy}{0,85 f'c \beta_1 b} \quad \epsilon_t = \frac{0,003(d - c)}{c}$$

$$Ascol = 49,09 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Bien Armadura colocada

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

$$\beta_1 = 0,85$$

$$d = 160,0 \text{ cm}$$

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

$$c = 10,191 \text{ cm}$$

$$\epsilon_t = 0,0441 > 0,005 \text{ Bien No hace falta reducir } \phi$$

#### 4.1.3.1.4 ARMADURA POR CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA

#### Art. 5.10.6 AASHTO 2020

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

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

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

$$As = 13,57 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{Por cara, en cada dirección}$$

$$As_{\text{final}} = 13,57 \text{ cm}^2/\text{m}$$

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

#### 4.1.3.1.5 CORTE

$$dv = 1,440 \text{ m} = 144,0 \text{ cm}$$

#### Art. 5.7.2.8 AASHTO 2020

$$PDCv = 73,799 \text{ t} \quad \text{Peso dedo para corte}$$

$$PEVv = 66,564 \text{ t} \quad \text{Peso relleno en dedo, para corte}$$

$$Vucc = \frac{62,068 + 49,595}{2} \quad 1,360 \times 13,30 - \left( 73,799 + 66,564 \right) 0,000$$

$$Vucc = 869,517 \text{ t}$$

Cortante resistente

$$Vr = \phi Vn \quad \text{Cortante resistente}$$

#### 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

$$Vc = 0,530 \sqrt{f'c} bv dv$$

#### Art. 5.5.4.2 AASHTO 2020

$$\phi = 0,9$$

$$bv = 1.330,000 \text{ cm}$$

$$Vc = 1.698,196 \text{ t}$$

$$Vs=Vp = 0,0 \text{ t}$$

No hay armadura a corte ni presfuerzo

$$Vn1 = 1.698,196 \text{ t}$$

$$Vn2 = 13.406,40$$

$$Vr = 1.528,377 \text{ t} \quad \text{Bien}$$

Chequeo en la sección aa

V<sub>uaa</sub> = 1.544,255 t

V<sub>r</sub> = 1.528,377 t **Aumentar Sección** No mandatoria

4.1.3.2 TALÓN Para el talón utilizaremos la combinación de evento extremo I con **factores mínimos**

e = 3,000 m

B = 9,000 m

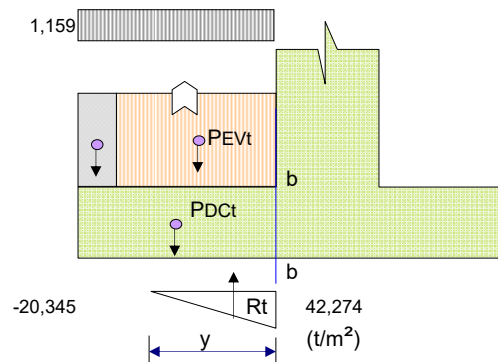
L = 13,300 m

A = 119,700 m<sup>2</sup>

σ<sub>vmax</sub> = 61,04 t/m<sup>2</sup> **Bien**

σ<sub>vmin</sub> = -20,35 t/m<sup>2</sup>

Tomar 1,00 m de ancho de diseño



4.1.3.2.1 FLEXIÓN Trabajamos con la longitud total del talón

y = 3,274 m

R<sub>t</sub> = 920,466 t

L<sub>t</sub> = 4,850 m Longitud talón

PDC5 = 55,859 t

PDC6 = 16,162 t

PDC7 = 14,894 t

PDC8 = 28,409 t

PDC9 = 2,471 t

PDC10 = 1,797 t

d5 = 2,225 m

d6 = 4,650 m

d7 = 4,650 m

d8 = 4,650 m

d9 = 4,650 m

d10 = 4,650 m

PDCt = 263,180 t

PDC = 382,772 t

MDC = 1058,856 tm

PDW12 = 3,346 t

MDW = 15,560 tm

PEV13 = 936,018 m

PEV14 = 68,241 m

MEV = 2399,960 t

PLS = 37,381 t

MLS = 173,820 tm

Peso talón

Peso DC total

Capa rodadura

Momento por capa rodadura

Peso relleno sobre talón.

Peso relleno sobre talón.

Momento por peso relleno

Peso sobrecarga viva

Momento por sobrecarga viva

dt = 2,425 m

d12 = 4,650 m

d13 = 2,225 m

d14 = 4,650 m

dLS = 4,650 m

Mubb = 1.004,606

Hacia arriba

4.1.3.2.2 ARMADURA

f<sub>c</sub> = 280 kg/cm<sup>2</sup>

F<sub>y</sub> = 4.200 kg/cm<sup>2</sup>

b = 1.330,0 cm

h<sub>z</sub> = 170,0 cm

r = 10,0 cm

d = 160,0 cm = 1,60 m

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 fr Ig/ yt = M<sub>cr</sub> = 2298,28 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> |
|----------|-------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1004,61  | 1.336,126   | 222,99                   | 167,27                   | 222,99                      |

Usar: 16,77 cm<sup>2</sup>/m

Usamos: 1 φ 25 mm a 0,100

Se coloca armadura mayor por fisuramiento

#### 4.1.3.2.3 DUCTILIDAD

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

Ec.: 5.5.4.2-2 AASHTO 2020

Ascol = 49,09 cm<sup>2</sup>/m

Bien Armadura colocada

$\beta_1 = 0,85$

b = 100,00 cm

d = 160,0 cm

c = 10,191 cm

$\epsilon_t = 0,0441 >$

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

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

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

#### 4.1.3.2.4 ARMADURA POR CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA

Art. 5.10.6 AASHTO 2020

b = 100,0 cm

As = 5,67 cm<sup>2</sup>/m Por cara, en cada dirección

Asfinal = 5,67 cm<sup>2</sup>/m

Usar: Sentido Longitudinal:

1  $\phi$  20 mm a 0,20

Superior

#### 4.1.3.2.5 CORTE

Chequeamos a "dv", solo con el peso del talón y relleno, en toda su longitud

Lt = 4,850 m

Longitud talón

dv = 144,000 cm

Altura efectiva

Ltc = 3,410 m

Longitud talón para corte

hr = 8,717 m

Altura del relleno

PDC = 119,592 t

Pesos de carga muerta

PDCv = 185,040 t

Peso del talón para corte

PEV15\* = 633,127 t

Peso relleno talón para corte

PEV16\* = 68,241 t

Peso relleno talón entre columnas

PDWv = 3,346 t

Peso cara rodadura sobre estribo

PLSv = 37,381 t

Peso sobrecarga viva en estribo

Vudd = 0,000 t

Cortante último en dv, sin incluir reacción del suelo

bv = 1330,000 cm

dv = 144,000 cm

$\phi = 0,9$

Vc = 1.698,196 t

Vs=Vp= 0,0 t

Vn1 = 1.698,196 t

Vn2 = 13.406,4 t

Vr = 1.528,377 t

Bien

Chequeo en la sección bb

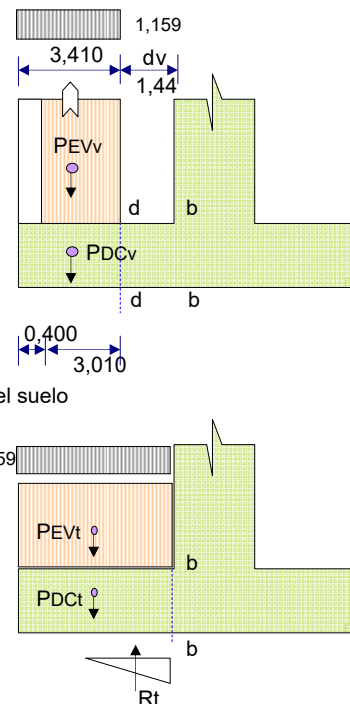
Art. 5.12.8.6.1 AASHTO 2020

Vubb = 537,694 t

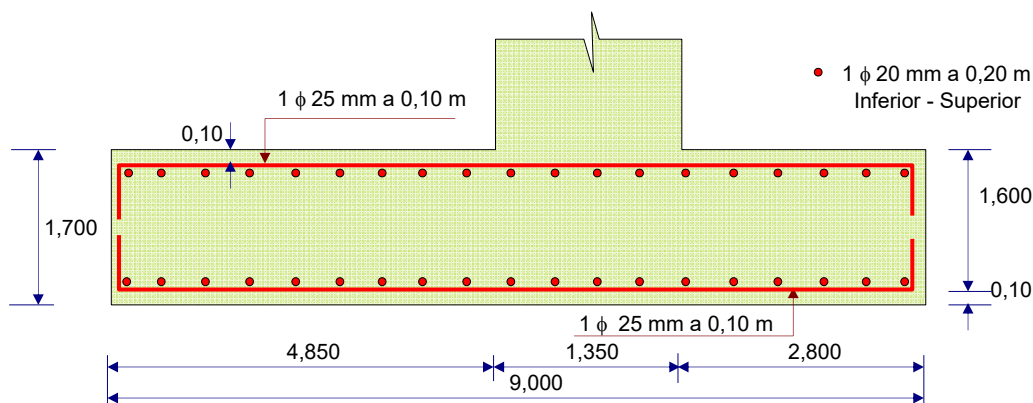
Incluyendo la reacción del suelo

Vr = 1.528,377 t

Bien



#### 4.1.4 RESULTADO DEL DISEÑO POR EVENTO EXTREMO I



#### 4.1.2 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO

Art. 11.5.2 AASHTO LRFD 2020

##### 4.1.2.1 ESFUERZOS EN CIMENTACIÓN

| TIPO     | P         | H       | M          | Pu<br>t   | Hu<br>t | Mu<br>tm   |
|----------|-----------|---------|------------|-----------|---------|------------|
| DC       | 1.210,452 | 0,000   | 2.359,586  | 1.210,452 | 0,000   | 2.359,586  |
| DW       | 46,367    | 0,000   | 29,102     | 46,367    | 0,000   | 29,102     |
| LL       | 108,680   | 0,000   | 114,549    | 108,680   | 0,000   | 114,549    |
| BR       | -1,516    | 16,358  | 94,576     | -1,516    | 16,358  | 94,576     |
| EH       | 0,000     | 361,332 | 1.302,844  | 0,000     | 361,332 | 1.302,844  |
| EV       | 1.141,302 | 0,000   | -1.623,636 | 1.141,302 | 0,000   | -1.623,636 |
| LS       | 74,761    | 40,753  | 65,283     | 74,761    | 40,753  | 65,283     |
| TU       | 0,000     | 5,670   | 46,211     | 0,000     | 5,670   | 46,211     |
| SH       | 0,000     | 5,250   | 30,867     | 0,000     | 5,250   | 30,867     |
| EQ       | 0,000     | 940,335 | 5.190,236  | 0,000     | 0,000   | 0,000      |
| $\Sigma$ | =         |         |            | 2.580,047 | 429,363 | 2.419,382  |

e = 0,938 m Excentricidad  
B = 9,000 m Ancho de la zapata  
L = 13,300 m Largo de la zapata  
A = 119,700 m<sup>2</sup> Area de cimentación  
c = 4,500 m  
I = 807,975 m<sup>4</sup>  
 $\sigma_{vmax}$  = 35,03 t/m<sup>2</sup>  
 $\sigma_{vmin}$  = 8,08 t/m<sup>2</sup>

Ec: 11.6.3.2-1

Ver Fig. 11.6.3.2-1

Art. 10.6.1.4

Ec: 11.6.3.2-2

Ver Fig. 11.6.3.2-2

Ec: 11.6.3.2-3

Art. 10.6.1.4

##### 4.1.2.2 CONTROL DEL FISURAMIENTO

Art. 5.6.7 AASHTO 2020

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

$$s \leq \frac{700 \gamma_e}{\beta_s f_{ss}} - 2d_c$$

$$\beta_s = 1 + \frac{d_c}{0,7(h - d_c)}$$

Ec: 5.6.7-1 AASHTO 2020

Ec: 5.6.7-2 AASHTO 2020

MÓDULO ELASTICIDAD ACERO

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

MÓDULO ELASTICIDAD HORMIGÓN

$$E_s = 200.798 \text{ kg/cm}^2 \quad 12000\sqrt{f_c}$$

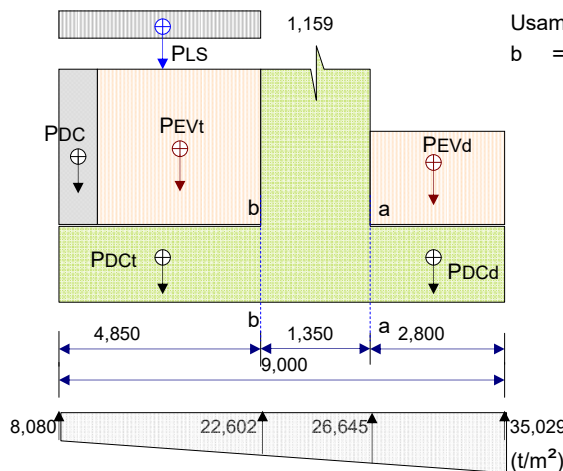
$\gamma_e$  = 0,75 Condición de exposición.

Ec: 5.6.7-1 AASHTO 2020

n = 10,00 Relación de módulos de elasticidad

b = 1330,00 cm Ancho de faja de diseño

##### ESFUERZOS Y CARGAS EN ESTADO LÍMITE SERVICIO I



Usamos toda la longitud de la zapata de dedo y talón

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

Dedo

$$PDCd = 151,939 \text{ t}$$

$$PEVd = 137,043 \text{ t}$$

$$Maa = 1275,988 \text{ tm/L}$$

Hacia arriba

Talón

$$MDC = 1058,856 \text{ tm}$$

$$MDW = 15,560 \text{ tm}$$

$$MEV = 2399,960 \text{ tm}$$

$$MLSv = 173,820 \text{ tm/L}$$

$$Mbb = -1627,113 \text{ tm}$$

Hacia abajo

##### 4.1.2.3 DEDO

b = 100,0 cm Ancho para chequeo

dc = 10,0 cm Recubrimiento

h = 170,0 cm Altura total del elemento (zapata)

$\beta_s$  = 1,089

Maa = 95,939 tm/m Momento en estado Límite Servicio l/m

As = 49,09 cm<sup>2</sup> Armadura colocada (arriba)

d = 160,00 cm Altura efectiva

PROYECTO: PUENTE SOBRE EL RIO SAN MIGUEL

Consultor: Ing. Marco Apunte Ordóñez  
INFRAESTRUCTURA: ESTRIBOS INICIAL ABS. 7+245,000

Cálculo: Ing. Juan Manuel Vinuesa Moreno

Hoja:

14

j = 0,867  
fs = 1.409,46 kg/cm<sup>2</sup> Esfuerzo de tracción en el acero de refuerzo en el Estado Límite de Servicio.  
Smáx = 40,80 cm Separación máxima  
Svar = 10,00 cm Separación entre varillas **Bien**

4.1.2.4 TALÓN

dc = 10,0 cm Recubrimiento  
h = 170,0 cm Altura de la zapata  
βs = 1,089  
M = 122,339 tm/m Momento en estado Límite Servicio l/m  
As = 49,09 cm<sup>2</sup>  
d = 160,00 cm<sup>2</sup>  
fs = 1.797,3 kg/cm<sup>2</sup> Esfuerzo calculado  
Smáx = 27,68 cm Separación máxima  
Svar = 10,00 cm Separación entre varillas **Bien**

4.1.3 ESTADO LÍMITE RESISTENCIA I

Art. 11.5.3 11.5.7 11.6.3 AASHTO LRFD 2020

4.1.3.1 VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE

Art. 10.6.3 AASHTO 2020

φb = 0,45 Factor de resistencia

Art.10.5.5.2

qR = φb qn = 34,52 t/m<sup>2</sup> Capacidad del suelo

Ec.: 10.6.3.1.1-1 2020

| TIPO | P         | H       | M          | Pumax<br>t | Humax<br>t | Mumax<br>tm | Pumin<br>t | Humin<br>t | Mumin<br>tm |
|------|-----------|---------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|
| DC   | 1.210,452 | 0,000   | 2.359,586  | 1.513,065  | 0,000      | 2.949,482   | 1.089,407  | 0,000      | 2.123,627   |
| DW   | 46,367    | 0,000   | 29,102     | 69,551     | 0,000      | 43,653      | 30,139     | 0,000      | 18,916      |
| LL   | 108,680   | 0,000   | 114,549    | 190,190    | 0,000      | 200,461     | 190,190    | 0,000      | 200,461     |
| BR   | -1,516    | 16,358  | 94,576     | -2,653     | 28,626     | 165,508     | -2,653     | 28,626     | 165,508     |
| EH   | 0,000     | 361,332 | 1.302,844  | 0,000      | 541,999    | 1.954,267   | 0,000      | 325,199    | 1.172,560   |
| EV   | 1.141,302 | 0,000   | -1.623,636 | 1.540,758  | 0,000      | -2.191,908  | 1.141,302  | 0,000      | -1.623,636  |
| LS   | 74,761    | 40,753  | 65,283     | 130,832    | 71,318     | 114,245     | 130,832    | 71,318     | 114,245     |
| TU   | 0,000     | 5,670   | 46,211     | 0,000      | 2,835      | 23,105      | 0,000      | 2,835      | 23,105      |
| SH   | 0,000     | 5,250   | 30,867     | 0,000      | 2,625      | 15,434      | 0,000      | 2,625      | 15,434      |
| EQ   | 0,000     | 940,335 | 5.190,236  | 0,000      | 0,000      | 0,000       | 0,000      | 0,000      | 0,000       |
| Σ =  |           |         |            | 3.441,744  | 647,402    | 3.274,246   | 2.579,217  | 430,603    | 2.210,220   |

Con factores máximos

e = 0,951 m  
B = 9,000 m  
L = 13,300 m  
A = 119,700 m<sup>2</sup>

Fundación en: Suelo

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

Ec: 11.6.3.2-1 AASHTO 2020

Art. 10.6.1.4 AASHTO 2020

σv = 36,46 t/m<sup>2</sup>

Fundación en: Roca

Ec: 11.6.3.2-2 AASHTO 2020

Ec: 11.6.3.2-3 AASHTO 2020

Art. 10.6.1.4 AASHTO 2020

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

σvmax= 46,99 t/m<sup>2</sup> Presión Bruta

σvmin = 10,52 t/m<sup>2</sup>

PRESIÓN NETA

hsuelo = Nn - Nc = 11,000 m

γl = 1,600 t/m<sup>3</sup> Peso específico del suelo natural

Presión Neta máxima

σnmax= 29,39 t/m<sup>2</sup> **Bien**

#### 4.1.3.2 DESLIZAMIENTO

Art. 11.5.6 11.5.7 AASHTO 2020

| TIPO       | P         | H       | M          | Pu<br>t   | Hu<br>t | Mu<br>tm   |
|------------|-----------|---------|------------|-----------|---------|------------|
| DC         | 1.210,452 | 0,000   | 2.359,586  | 1.089,407 | 0,000   | 2.123,627  |
| DW         | 46,367    | 0,000   | 29,102     | 30,139    | 0,000   | 18,916     |
| LL         | 108,680   | 0,000   | 114,549    | 190,190   | 0,000   | 200,461    |
| BR         | -1,516    | 16,358  | 94,576     | -2,653    | 28,626  | 165,508    |
| EH         | 0,000     | 361,332 | 1.302,844  | 0,000     | 541,999 | 1.954,267  |
| EV         | 1.141,302 | 0,000   | -1.623,636 | 1.141,302 | 0,000   | -1.623,636 |
| LS         | 0,000     | 40,753  | 220,413    | 0,000     | 71,318  | 385,722    |
| TU         | 0,000     | 5,670   | 46,211     | 0,000     | 2,835   | 23,105     |
| SH         | 0,000     | 5,250   | 30,867     | 0,000     | 2,625   | 15,434     |
| EQ         | 0,000     | 940,335 | 5.190,236  | 0,000     | 0,000   | 0,000      |
| $\Sigma$ = |           |         |            | 2.448,385 | 647,402 | 3.263,404  |

$$e = 1,333 \text{ m}$$

$$H_{\max} = 647,402 \text{ t} \quad \text{Fuerza horizontal máxima que provoca deslizamiento}$$

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

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  $= \phi_2/2$ ) Resistencia I

#### Resistencias

##### Por presión pasiva

$$k_p = 2,635$$

Coefficiente de presión pasiva

$$h_{p1} = 2,300 \text{ m}$$

Altura promedio de presión pasiva 1

$$h_{p2} = 4,000 \text{ m}$$

Altura máxima para presión pasiva.-2

$$h_e = 1,700 \text{ m}$$

Altura estructura en presión pasiva (asumido)

$$q_{p1} = 9,698 \text{ t/m}^2$$

Esfuerzo de presión pasiva

$$q_{p2} = 16,867 \text{ t/m}^2$$

Esfuerzo de presión pasiva

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

Longitud del dedo, para presión pasiva

$$R_{ep} = 300,320 \text{ t}$$

Resistencia nominal pasiva

$$R_t = P_t \gamma \delta_1 + C$$

Resistencia nominal al deslizamiento entre suelo y fundación

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

Resistencia por cohesión

$$\tan \delta_1 = 0,466$$

$\tan \phi_1$  Para deslizamiento.- Art 10.6.3.4 zapata fundida en sitio

$$R_t = 1.202,7 \text{ t}$$

##### Por fricción entre suelo y zapata

$$R_R = \phi R_n = \phi_t R_t + \phi_{ep} R_{ep}$$

Ec: 10.6.3.4-1 AASHTO 2020

$$\phi_t = 0,800$$

Tabla 10.5.5.2.2-1 AASHTO 2020

$$\phi_{ep} = 0,500$$

Tabla 10.5.5.2.2-1 AASHTO 2020

$$\phi R_n = 1.112,3 \text{ t}$$

$$\phi R_n > H_{\max} \quad \text{Bien}$$

#### 4.1.3.3 VOLCAMIENTO y EXCENRICIDAD MÁXIMA

Art. 11.6.3.3 AASHTO 2020 EN RESISTENCIA I

$$M_u \text{ estab} = 10.310,30 \text{ tm}$$

$$M_u \text{ volc.} = 2.355,423 \text{ tm}$$

$$M_u \text{ estab.} > M_u \text{ volc.} \quad \text{Bien}$$

#### EXCENRICIDAD MÁXIMA

$$x = 3,249 \text{ m}$$

$$e = 1,251 \text{ m}$$

$$(2/3)B = 6,000 \text{ m}$$

$$e \leq B/3 \quad \text{Bien}$$

#### 4.1.3.4 SOLICITACIONES Y DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN: RESISTENCIA I

##### 4.1.3.4.1 DEDO

Trabajamos con todo el ancho de la zapata en la parte frontal

##### 4.1.3.4.1.1 FLEXIÓN:

|                  |   |                         |                                    |
|------------------|---|-------------------------|------------------------------------|
| b                | = | 13,300 m                | Longitud total de la zapata (dedo) |
| Ld               | = | 2,800 m                 | Longitud del dedo                  |
| hz               | = | 1,700 m                 | Altura de zapata                   |
| hr               | = | 2,300 m                 | Altura relleno sobre dedo          |
| az               | = | 9,000 m                 | Ancho de zapata                    |
| PDCd             | = | 151,939 t               | Peso del dedo                      |
| PEVd             | = | 137,043 t               | Peso relleno sobre dedo            |
| $\sigma_{max}$   | = | 46,989 t/m <sup>2</sup> |                                    |
| $\sigma_{aa}$    | = | 35,642 t/m <sup>2</sup> |                                    |
| Mu <sub>aa</sub> | = | 1869,319 tm             | Hacia arriba                       |

##### 4.1.3.4.1.2 ARMADURA

|                |                                                                                           |                          |  |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--|
| f <sub>c</sub> | =                                                                                         | 280 kg/cm <sup>2</sup>   |  |
| F <sub>y</sub> | =                                                                                         | 4.200 kg/cm <sup>2</sup> |  |
| b              | =                                                                                         | 1.330,0 cm               |  |
| hz             | =                                                                                         | 170,0 cm                 |  |
| r              | =                                                                                         | 10,0 cm                  |  |
| de             | =                                                                                         | 160,0 cm = 1,60 m        |  |
| Asmín:         | El armadura mínima se establece en función del menor momento de los dados a continuación: |                          |  |

Mu mín1 = 1,33 Mu [Art. 5.6.3.3 AASHTO 2020](#)

Mu mín2 = 1,072 fr Ig/ yt = Mcr = 2298,28 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> |
|----------|-------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1869,32  | 2.298,275   | 386,21                   | 313,16                   | 386,21                      |

As/m = 29,04 cm<sup>2</sup>/m

Usamos: 1  $\phi$  25 mm a 0,100 Superior

**Se mantiene armadura de Evento Extremo I**

##### 4.1.3.4.1.3 DUCTILIDAD

[Ec.: 5.5.4.2-2 AASHTO 2020](#)

|              |   |                          |                                                |
|--------------|---|--------------------------|------------------------------------------------|
| Ascol        | = | 49,09 cm <sup>2</sup> /m | <b>Bien</b> Armadura colocada                  |
| $\beta_1$    | = | 0,85                     |                                                |
| d            | = | 160,0 cm                 | desde As                                       |
| b            | = | 100,00 cm                |                                                |
| c            | = | 10,191 cm                | Altura bloque de compi 10,517                  |
| $\epsilon_t$ | = | 0,0441 >                 | 0,005 <b>Bien</b> No hace falta reducir $\phi$ |

[Ec.: 5.6.2.1-1 AASHTO 2020](#)

##### 4.1.3.4.1.4 ARMADURA CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA

[Ec.: 5.10.6-1 AASHTO 2020](#)

b = 100,00 cm

[Ec.: 5.10.6-2 AASHTO 2020](#)

h = 170,00 cm

As = 5,67 cm<sup>2</sup>/m Por cara, en cada dirección

$$As \geq \frac{756bh}{2(b+h)F_y}$$

Asfinal= 5,67 cm<sup>2</sup>/m

$$2,33 \leq As \leq 12,70 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Usar: Sentido Longitudinal:

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

**Se mantiene armadura de Evento Extremo I**

##### 4.1.3.4.1.5 CORTE

[Art. 5.7.2.8 AASHTO 2020](#)

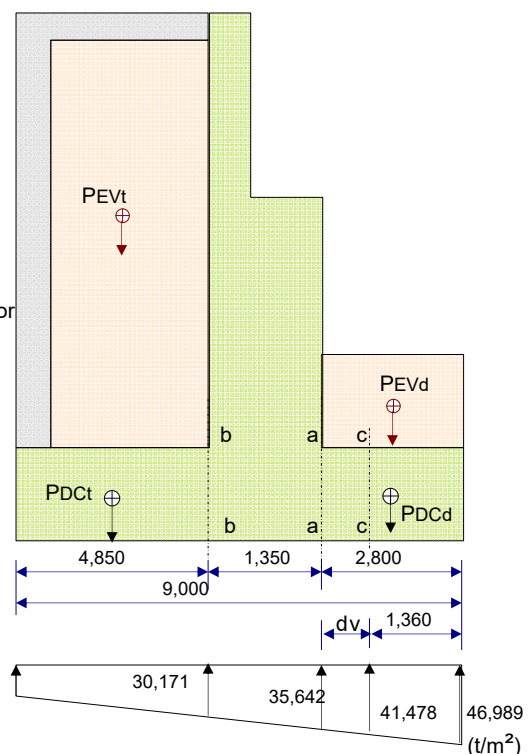
dv = 1,440 m = 144,0 cm

PDCv = 73,799 t Peso dedo para corte

PEVv = 66,564 t Peso relleno en dedo, para corte

$$Vucc = \frac{46,99 + 41,48}{2} \cdot 1,360 \times 13,30 - \left( 66,419 - 66,564 \right) \cdot 1,000$$

$$Vucc = 667,109 \text{ t}$$





$$\begin{aligned} V_r &= \phi V_n && \text{Cortante resistente} \\ \phi &= 0,9 \\ V_c &= 0,530 \sqrt{f_c} b_v d_v \\ b_v &= 1.330,000 \text{ cm} \\ V_c &= 1.698,196 \text{ t} \\ V_s=V_p &= 0,0 \text{ t} \\ V_{n1} &= 1.698,196 \text{ t} \\ V_{n2} &= 13.406,4 \text{ t} \\ V_r &= 1.528,377 \text{ t} && \text{Bien} \end{aligned}$$

Chequeo en la sección aa

$$\begin{aligned} V_{uaa} &= 1264,803 \text{ t} \\ V_r &= 1.528,377 \text{ t} && \text{Bien} \end{aligned}$$

4.1.3.4.2 TALÓN Para el talón utilizaremos la combinación de Resistencia I **con factores de carga mínimos**

$$\begin{aligned} b &= 13,300 \text{ m} && \text{Trabajamos con la longitud total del talón} \\ e &= 0,857 \text{ m} \\ B &= 9,000 \text{ m} \\ L &= 13,300 \text{ m} \\ A &= 119,700 \text{ m}^2 \\ \sigma_{vmax} &= 33,86 \text{ t/m}^2 \\ \sigma_{vmin} &= 9,24 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

4.1.3.4.2.1 FLEXIÓN

$$\begin{aligned} L_t &= 4,850 \text{ m} && \text{Longitud talón} \\ MDC &= 1058,856 \text{ tm} \\ MDW &= 15,560 \text{ tm} \\ MEV &= 2399,960 \text{ tm} \\ MLS_v &= 173,820 \text{ tm} \\ M_{ubb} &= -2.354,534 \text{ tm} && \text{Hacia abajo} \end{aligned}$$

4.1.3.4.2.2 ARMADURA

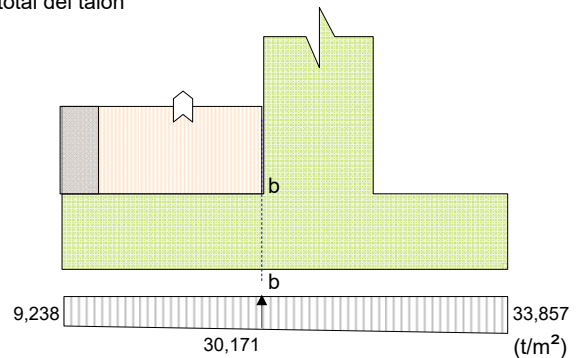
$$\begin{aligned} f_c &= 280 \text{ kg/cm}^2 \\ F_y &= 4.200 \text{ kg/cm}^2 \\ b &= 1.330,0 \text{ cm} \\ h_z &= 170,0 \text{ cm} \\ r &= 10,0 \text{ cm} \\ d &= 160,0 \text{ cm} = 1,60 \text{ m} \end{aligned}$$

| Mu<br>tm | Asmin<br>cm <sup>2</sup> | Ascal<br>cm <sup>2</sup> | 1.33Ascal<br>cm <sup>2</sup> | Asdefin.<br>cm <sup>2</sup> |
|----------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 2354,53  | 0,00                     | 395,82                   | 526,45                       | 395,82                      |

$$As/m = 29,76 \text{ cm}^2/m$$

$$\text{Usamos: } 1 \phi 25 \text{ mm a } 0,10$$

**Se mantiene armadura de Evento Extremo I**



**ARMADURA MÍNIMA** Art. 5.6.3.3 AASHTO 2020

El armadura mínima se establece en función del Momento de agrietamiento  $M_{cr}$

fr.- Art.5.4.2.6 AASHTO 2020

Superior

4.1.3.4.2.3 DUCTILIDAD

Ec. : 5.5.4.2-2 AASHTO 2020

$$\begin{aligned} Ascol &= 49,09 \text{ cm}^2/m && \text{Bien} && \text{Armadura colocada} \\ \beta_1 &= 0,85 \\ d &= 160,0 \text{ cm} && \text{Distancia desde la fibra extrema de compresión al cg del acero.} \\ b &= 100,00 \text{ cm} \\ c &= 10,191 \text{ cm} && \text{Altura bloque de compresión} && \text{Ec.: 5.6.2.1-1 AASHTO 2020} \\ \epsilon_t &= 0,0441 > 0,005 && \text{Bien} && \text{No hace falta reducir } \phi \end{aligned}$$

4.1.3.4.2.4 ARMADURA POR CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA Ec.: 5.10.6-1 AASHTO 2020

Ec.: 5.10.6-2 AASHTO 2020

$$\begin{aligned} b &= 100,00 \text{ cm} \\ h &= 170,00 \text{ cm} \\ As &= 13,57 \text{ cm}^2/m && \text{Por cara, en cada dirección} \\ As_{final} &= 13,57 \text{ cm}^2/m \end{aligned}$$

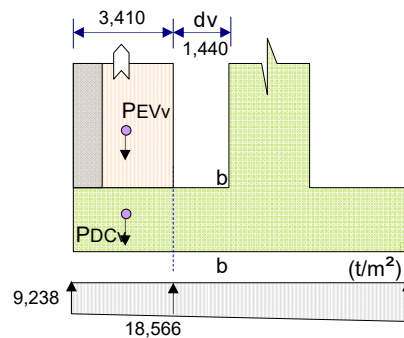
$$\text{Usar: Sentido Longitudinal: } 1 \phi 20 \text{ mm a } 0,20 \text{ Superior}$$

**Se mantiene armadura de Evento Extremo I**

#### 4.1.3.4.2.5 CORTE

Chequeamos a una distancia "d".

|        |   |            |                               |
|--------|---|------------|-------------------------------|
| Lt     | = | 4,850 m    | Longitud talón                |
| dv     | = | 144,000 cm | Altura efectiva corte         |
| Ltc    | = | 3,410 m    | Longitud talón para corte     |
| hr     | = | 8,717 m    | Altura del relleno            |
| PDC    | = | 119,592 t  | Pesos de carga muerta         |
| PDCv   | = | 185,040 t  | Peso del talón para corte     |
| PEV13* | = | 633,127 t  | Peso relleno talón para corte |
| PEV14* | = | 68,241 t   | Peso relleno talón para corte |
| PDWv   | = | 3,346 t    | Peso capa de rodadura         |
| PLS    | = | 37,381 t   | Peso sobrecarga viva          |
| Vudd   | = | -767,592 t | Cortante último en dv.        |



|        |   |                            |                     |
|--------|---|----------------------------|---------------------|
| Vr     | = | $\phi V_n$                 | Cortante resistente |
| $\phi$ | = | 0,9                        |                     |
| Vc     | = | $0,530 \sqrt{f'_c} b_v dv$ |                     |
| bv     | = | 1.330,0 cm                 |                     |
| Vc     | = | 1.698,2 t                  |                     |
| Vs=Vp= | = | 0,0 t                      |                     |
| Vn1    | = | 1.698,20 t                 |                     |
| Vn2    | = | 13.406,4 t                 |                     |
| Vr     | = | 1.528,4 t                  | Bien                |

Chequeo en la sección bb

|       |   |           |                           |
|-------|---|-----------|---------------------------|
| PDC   | = | 382,772 t | Peso DC total             |
| PDW12 | = | 3,346 t   | Capa rodadura             |
| PEV13 | = | 936,018 m | Peso relleno sobre talón. |
| PEV14 | = | 68,241 m  | Peso relleno sobre talón. |
| PLS   | = | 37,381 t  | Peso por sobrecarga viva  |
| Vubb  | = | -633,6 t  |                           |
| Vr    | = | 1.528,4 t | Bien                      |

Art. 5.12.8.6.1 AASHTO 2020

#### SE MANTIENE EL DISEÑO DE EVENTO EXTREMO I

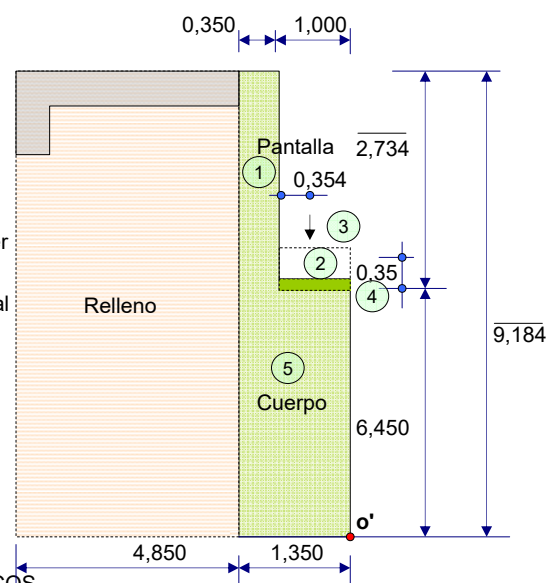
4.2 CUERPO: Diseñamos para toda la longitud del cuerpo

|    |   |         |                         |
|----|---|---------|-------------------------|
| af | = | 13,30 m | Ancho frontal de diseño |
|----|---|---------|-------------------------|

##### 4.2.1.1 CARGA MUERTA SUPERESTRUCTURA

|     |   |           |                                  |
|-----|---|-----------|----------------------------------|
| RDC | = | 258,200 t | Reacción carga muerta/estribo    |
| xDC | = | 0,646 m   | Ubicación carga respecto a o'    |
| eDC | = | 0,029 m   | Excentricidad carga muerta super |

|     |   |          |                                     |
|-----|---|----------|-------------------------------------|
| zDC | = | 6,450 m  | Altura aplicación fuerza horizontal |
| MDC | = | 7,488 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  | = | 0,646 m  | Ubicación de carga respecto a o'                            |
| eDW  | = | 0,029 m  | Excentricidad para carga muerta superestructura             |
| HDWx | = | 0,000 t  | Fuerza horizontal de carga capa de rodadura en x            |
| zDW  | = | 6,450 m  | Altura de aplicación de fuerzas horizontales                |
| MDW  | = | 1,151 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  | = | 0,646 m   | Ubicación de carga respecto a $\mathbf{o'}$               |
| eLL  | = | 0,029 m   | Excentricidad para carga muerta superestructura           |
| HLLx | = | 0,000 t   | Fuerza horizontal de carga viva en x                      |
| zLL  | = | 6,450 m   |                                                           |
| MLL  | = | 3,152 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 | = | 0,646 m    | Ubicación de carga vertical respecto a $\mathbf{o'}$                      |
| eBR1 | = | 0,029 m    | Excentricidad BR                                                          |
| zBR  | = | 6,450 m    | Altura para fuerza frenado desde nivel inferior de zapata                 |
| MBR  | = | 105,462 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 | $\mathbf{xo'}$<br>m | $\mathbf{Mo'}$<br>tm |
|----------|-----------|---------------------|----------------------|
| 1        | 30,539    | 1,175               | 35,883               |
| 2        | 2,016     | 0,500               | 1,008                |
| 3        | 1,110     | 0,500               | 0,555                |
| 4        | 277,943   | 0,675               | 187,612              |
| 5        |           |                     |                      |
| 6        |           |                     |                      |
| 7        | 14,894    | 1,175               | 17,500               |
| 8        | 56,818    | 1,175               | 66,761               |
| 9        | 4,942     | 1,175               | 5,807                |
| 10       | 3,594     | 1,175               | 4,223                |
|          |           |                     |                      |
| $\Sigma$ | 391,855   |                     | 319,348              |

|     |   |            |                                                 |
|-----|---|------------|-------------------------------------------------|
| PDC | = | 391,855 t  |                                                 |
| xDC | = | 0,815 m    | Ubicación de carga respecto a $\mathbf{o}$      |
| eDC | = | -0,140 m   | Excentricidad para carga muerta superestructura |
| MDC | = | -54,846 tm | Momento por DC del estribo en el ycg del cuerpo |

#### 4.2.1.6 CARPETA ASFÁLTICA SOBRE LOSA DE APROXIMACIÓN

|     |   |           |                                                           |
|-----|---|-----------|-----------------------------------------------------------|
| PDC | = | 3,346 t   | Carga de capa rodadura en losa aproximación               |
| xDC | = | 1,175 m   | Ubicación de carga respecto a $\mathbf{o'}$               |
| eDC | = | -0,500 m  | Excentricidad para carga rodadura sobre losa aproximación |
| MDC | = | -1,673 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          | = | 9,184 m                | Altura promedio para presión de tierras       |
| a          | = | 13,300 m               | Ancho de presión de tierras                   |
| $p_0$      | = | 4,265 t/m <sup>2</sup> | Presión máxima sin sobrecarga                 |
| EH         | = | 260,441 t              | Empuje de tierras normal sin sobrecarga       |
| zEH        | = | 3,061 m                | Ubicación empuje de tierras                   |
| MEH        | = | 797,254 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   | = | 34,599 t               | Empuje de tierras por sobrecarga viva          |
| zLS   | = | 4,592 m                | Ubicación de empuje desde eje xx               |
| MLSh  | = | 158,869 tm             | Momento por LS horizontal en el ycg del cuerpo |

Art. 3.11.6 AASHTO 2020

TABLA 3.11.6.4-1 AASHTO 2020

PROYECTO: PUENTE SOBRE EL RIO SAN MIGUEL

Consultor: Ing. Marco Apunte Ordóñez  
 INFRAESTRUCTURA: ESTRIBOS INICIAL ABS. 7+245,000

Cálculo: Ing. Juan Manuel Vinuela Moreno

Hoja: 20

4.2.1.9 SISMO

Superestructura:

Clase sitio **D**

PGA = **0,500**

Fpga = **1,000**

As = **0,500**

zs = **4,180 m**

Hbu =  $\mu$  Pu

$\mu$  = **0,400**

Hbu = **174,641 t**

MEQ-s = **729,912 tm**

Clase de suelo

Coefficiente de aceleración pico horizontal del suelo.

NEC 2015.- Valor de Z

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

Altura : base superior zapata - base vigas

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

Coefficiente de fricción

Fuerza sísmica transferida al cuerpo del estribo

Infraestructura: solo cuerpo

kh = **0,5 kho**

kho = **0,500**

E<sub>qcpo</sub> = **0,250 x 391,86**

= **97,964 t**

z<sub>cpo</sub> = **4,778 m**

Centro de gravedad del cuerpo

MEQ<sub>cpo</sub> = **468,119 tm**

Momento sísmico por peso propio cuerpo

Art. 11.6.5.2.2 AASHTO 2020 Estimación ace

| FIG. | PESO    | z      | M = Pz    |
|------|---------|--------|-----------|
| 1    | 30,539  | 7,817  | 238,713   |
| 2    | 2,016   | 6,625  | 13,356    |
| 3    | 1,110   | 6,484  | 7,196     |
| 4    | 277,943 | 3,225  | 896,367   |
| 5    |         |        |           |
| 6    |         |        |           |
| 7    | 14,894  | 8,600  | 128,091   |
| 8    | 56,818  | 8,917  | 506,643   |
| 9    | 4,942   | 9,291  | 45,917    |
| 10   | 3,594   | 10,071 | 36,194    |
| Σ    | 391,855 |        | 1.872,476 |

Relleno sobre talón

| FIG. | PESO     | z     | M = Pz    |
|------|----------|-------|-----------|
| 13   | 936,018  | 4,359 | 4079,636  |
| 14   | 68,241   | 4,009 | 273,543   |
| Σ    | 1004,259 |       | 4.353,179 |

E<sub>Qearth</sub> = **0,250 x 1.004,26**

= **251,065 t**

Art. 11.6.5.2.2 AASHTO 2020

z<sub>earth</sub> = **4,335 m**

Centro de gravedad del relleno trasero

MEQ<sub>earth</sub> = **1088,295 tm**

Momento sísmico provocado por el relleno en el cuerpo

P<sub>IR</sub> = kh(W<sub>w</sub> + W<sub>s</sub>)

Ec.: 11.6.5.1-1 AASHTO 2020

P<sub>IR</sub> = **349,029 t**

Carga sísmica de peso propio y relleno

Presión lateral del suelo

Método de Mononobe - Okabe

KAE = **0,431**

KAE = APENDICE Art. A11.3.1 AASHTO LRFD 2020

PAE = **459,784 t**

PAE = Ec: 11.6.5.3-2 AASHTO LRFD 2020

ΔPAE = **199,343 t**

Z<sub>A</sub> = **0,602 h**

MEAE = **1.102,840 tm**

Total:

Art. 11.6.5.1 AASHTO 2020

EQ<sub>100</sub> = **723,013 t**

EQ<sub>50</sub> = **548,499 t**

EQ<sub>50</sub> = **623,341 t**

MEQ<sub>100</sub> = **3.389,166 tm**

MEQ<sub>50</sub> = **2610,959 tm**

MEQ<sub>50</sub> = **2837,746 tm**

4.2.1.10 CARGAS POR TEMPERATURA y CONTRACCIÓN

4.2.1.10.1 TEMPERATURA

HTU<sub>x</sub> = **5,670 t**

Fuerza horizontal por temperatura (incremento temperatura)

z<sub>TU</sub> = **6,450 m**

Altura hasta apoyo de superestructura

MTU = **36,572 tm**

4.2.1.10.2 CONTRACCIÓN

Hu<sub>SH</sub> = **5,250 t**

Fuerza total en un m de cuerpo

z<sub>SH</sub> = **4,180 m**

MSH = **21,942 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   | 650,055 | 0,000   | -47,358   | 650,055                | 0,000                  | -47,358                 | 650,055                | 0,000                  | -47,358                 |
| DW   | 43,021  | 0,000   | -0,523    | 43,021                 | 0,000                  | -0,523                  | 43,021                 | 0,000                  | -0,523                  |
| LL   | 108,680 | 0,000   | 3,152     | 54,340                 | 0,000                  | 1,576                   | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   |
| BR   | -1,516  | 16,358  | 105,462   | -0,758                 | 8,179                  | 52,731                  | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   |
| EH   | 0,000   | 260,441 | 797,254   | 0,000                  | 260,441                | 797,254                 | 0,000                  | 260,441                | 797,254                 |
| EV   | 0,000   | 0,000   | 0,000     | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   |
| LS   | 0,000   | 34,599  | 158,869   | 0,000                  | 17,299                 | 79,435                  | 0,000                  | 17,299                 | 79,435                  |
| TU   | 0,000   | 5,670   | 36,572    | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   |
| SH   | 0,000   | 5,250   | 21,942    | 0,000                  | 2,625                  | 10,971                  | 0,000                  | 2,625                  | 10,971                  |
| EQ   | 0,000   | 623,341 | 2.837,746 | 0,000                  | 623,341                | 2.837,746               | 0,000                  | 623,341                | 2.837,746               |
| Σ =  |         |         |           | 746,659                | 911,886                | 3.731,832               | 693,077                | 903,707                | 3.677,525               |

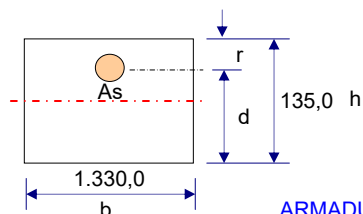
##### 4.2.2.2 ESTADO LÍMITE RESISTENCIA 1

| 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   | 650,055 | 0,000   | -47,358   | 812,569                | 0,000                  | -59,198                 | 585,050                | 0,000                  | -42,622                 |
| DW   | 43,021  | 0,000   | -0,523    | 64,532                 | 0,000                  | -0,784                  | 27,964                 | 0,000                  | -0,340                  |
| LL   | 108,680 | 0,000   | 3,152     | 190,190                | 0,000                  | 5,516                   | 190,190                | 0,000                  | 5,516                   |
| BR   | -1,516  | 16,358  | 105,462   | -2,653                 | 28,626                 | 184,558                 | -2,653                 | 28,626                 | 184,558                 |
| EH   | 0,000   | 260,441 | 797,254   | 0,000                  | 390,662                | 1.195,881               | 0,000                  | 234,397                | 717,529                 |
| EV   | 0,000   | 0,000   | 0,000     | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   |
| LS   | 0,000   | 34,599  | 158,869   | 0,000                  | 60,548                 | 278,021                 | 0,000                  | 60,548                 | 278,021                 |
| TU   | 0,000   | 5,670   | 36,572    | 0,000                  | 2,835                  | 18,286                  | 0,000                  | 2,835                  | 18,286                  |
| SH   | 0,000   | 5,250   | 21,942    | 0,000                  | 2,625                  | 10,971                  | 0,000                  | 2,625                  | 10,971                  |
| EQ   | 0,000   | 623,341 | 2.837,746 | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   |
| Σ =  |         |         |           | 1.064,638              | 485,295                | 1.633,251               | 800,551                | 329,031                | 1.171,918               |

#### 4.2.3 DISEÑO

##### 4.2.3.1 DIMENSIONES

b = 1330,00 cm  
h = 135,00 cm



##### 4.2.3.2 ARMADURA

f<sub>c</sub> = 280 kg/cm<sup>2</sup>  
F<sub>y</sub> = 4200 kg/cm<sup>2</sup>  
b = 1330,00 cm  
h = 135,00 cm  
r = 10,00 cm  
de = 125,00 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:

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

$$Mu_{\min 2} = 1,072 \text{ fr } Ig/yt = M_{cr} = 1449,34 \text{ tm}$$

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> |
|-----------|-------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 3.731,832 | 1.449,345   | 311,92                   | 826,14                   | 826,14                      |

$$As/m = 62,12 \text{ cm}^2/m$$

Usamos: 1 φ 28 mm a 0,20  
1 φ 28 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

DUCTILIDAD Ec. : 5.5.4.2-2 AASHTO 2020

$$Ascol = 61,58 \text{ cm}^2/m$$

Se acepta Armadura colocada

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

$$\beta_1 = 0,85$$

$$d = 125,0 \text{ cm}$$

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

$$c = 12,784 \text{ cm}$$

Altura bloque de compresión

$$\epsilon_t = 0,0263 > 0,005 \text{ Bien}$$

No hace falta reducir φ

#### 4.2.3.4 ARMADURA POR CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA

$b = 100,00$  cm  
 $h = 135,00$  cm  
 $As = 5,17$  cm<sup>2</sup>/m Por cara, en cada dirección  
 $As_{final} = 5,17$  cm<sup>2</sup>/m  
 Usar:  $1 \phi 20$  mm a 0,20 Cara exterior: vertical  
 $1 \phi 20$  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  
 $h = 135,0$  cm Altura total del elemento  
 $\beta_s = 1,114$

| TIPO     | M<br>tm   | Mu<br>tm  |
|----------|-----------|-----------|
| DC       | -47,358   | -47,358   |
| DW       | -0,523    | -0,523    |
| LL       | 3,152     | 3,152     |
| BR       | 105,462   | 105,462   |
| EH       | 797,254   | 797,254   |
| EV       | 0,000     | 0,000     |
| LS       | 158,869   | 158,869   |
| TU       | 36,572    | 36,572    |
| SH       | 0,000     | 0,000     |
| EQ       | 2.837,746 | 0,000     |
| $\Sigma$ |           | 1.053,428 |

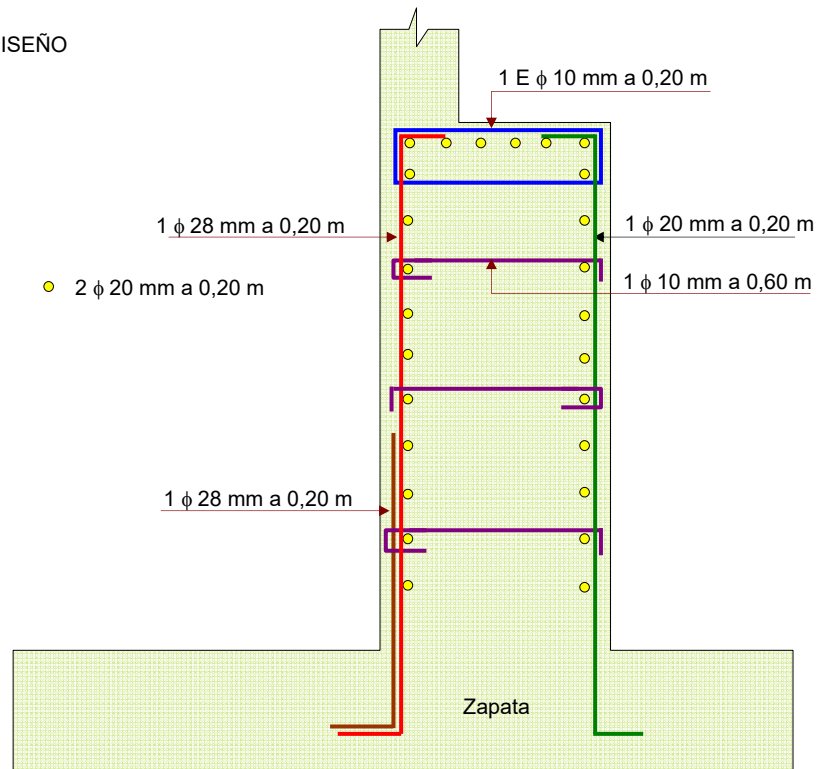
$M = 79,205$  tm/m Servicio I  
 $As = 61,58$  cm<sup>2</sup> Armadura colocada  
 $d = 125,00$  cm Altura efectiva en flexión  
 $f_s = 1.187,4$  kg/cm<sup>2</sup> Esfuerzo de tracción en el acero de refuerzo en el Estado Límite de Servicio.  
 $S_{m\acute{a}x} = 50,85$  cm Separación máxima  
 $S_{var} = 20,00$  cm Separación entre varillas **Bien**

#### 4.2.3.6 CORTE

$V_u = 911,886$  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  
 $d_v = 112,500$  cm  
 $V_c = 1.326,716$  t  
 $V_s = V_p = 0,0$  t  
 $V_{n1} = 1.326,72$  t  
 $V_{n2} = 10.473,75$  t  
 $V_r = 1.194,0$  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

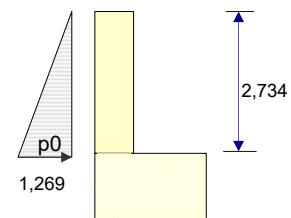
RLL = 2,186 t Carga viva en 1,0 m de pantalla  
 eLL = 0,175 m  
 MLL = 0,383 tm

##### 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 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 = 2,734 m                         | Altura promedio para presión de tierras       |
| a = 1,000 m                         | Ancho de presión de tierras                   |
| $p_0$ = 1,269 t/m <sup>2</sup>      | Presión máxima sin sobrecarga                 |
| EH = 1,735 t                        | Empuje de tierras normal sin sobrecarga       |
| zEH = 0,911 m                       | Ubicación empuje de tierras                   |
| MEH = 1,581 tm                      | Momento por presión de tierras sin sobrecarga |



##### 4.3.1.5 SOBRECARGA VIVA

|                                |                                                 |
|--------------------------------|-------------------------------------------------|
| heq = 0,914 m                  | Altura de sobrecarga.                           |
| $p_1$ = 0,424 t/m <sup>2</sup> | Presión horizontal por sobrecarga               |
| 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 |

Art. 3.11.6 AASHTO 2020  
 TABLA 3.11.6.4-1 AASHTO 2020

#### 4.3.1.6 SISMO

##### Pantalla

$$k_h = 0,5 k_{ho}$$

$$k_{ho} = 0,500$$

$$k_h = 0,250$$

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

$$EQ_{pant} = 0,250 \times 2,30 = 0,574 \text{ t}$$

$$z_{pant} = 1,367 \text{ m} \quad \text{Centro de gravedad de pantalla}$$

$$MEQ_{pant} = 0,785 \text{ tm} \quad \text{Momento sísmico por peso propio de pantalla}$$

##### Relleno

| FIG. | PESO   | z     | M = Pz |
|------|--------|-------|--------|
| 1    | 25,189 | 1,367 | 34,427 |
|      |        |       |        |
| Σ    | 25,189 |       | 34,427 |

$$EQ_{earth} = 0,250 \times 25,19 = 6,297 \text{ t}$$

$$z_{earth} = 1,367 \text{ m} \quad \text{Centro de gravedad del relleno trasero}$$

$$MEQ_{earth} = 8,607 \text{ tm} \quad \text{Momento sísmico provocado por el relleno en el cuerpo}$$

$$P_{IR} = k_h(W_w + W_s)$$

$$P_{IR} = 6,871 \text{ t} \quad \text{Carga sísmica de peso propio y relleno}$$

##### Presión lateral del suelo

##### Método de Mononobe - Okabe

$$K_{AE} = 0,431$$

$$P_{AE} = 3,063 \text{ t}$$

$$\Delta P_{AE} = 1,328 \text{ t}$$

$$Z_A = 0,602 \text{ h}$$

$$ME_{AE} = 2,187 \text{ tm}$$

##### Total:

$$EQ = 8,199 \text{ t}$$

$$MEQ = 11,578 \text{ tm}$$

#### 4.3.2 SOLICITACIONES ÚLTIMAS

##### 4.3.2.1 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   | 2,296 | 0,000 | 0,000  | 2,296                  | 0,000                  | 0,000                   | 2,296                  | 0,000                  | 0,000                   |
| DW   | 3,346 | 0,000 | 0,000  | 3,346                  | 0,000                  | 0,000                   | 3,346                  | 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 | 8,199 | 11,578 | 0,000                  | 8,199                  | 11,578                  | 0,000                  | 8,199                  | 11,578                  |
| Σ =  |       |       |        | 6,736                  | 10,788                 | 15,390                  | 5,642                  | 10,514                 | 13,952                  |

##### 4.3.2.2 ESTADO LIMITE RESISTENCIA I

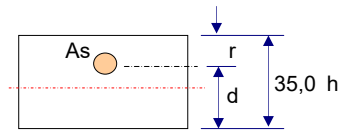
| TIPO | P     | H     | M      | P <sub>umax</sub><br>t | H <sub>umax</sub><br>t | M <sub>umax</sub><br>tm | P <sub>umin</sub><br>t | H <sub>umin</sub><br>t | M <sub>umin</sub><br>tm |
|------|-------|-------|--------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| DC   | 2,296 | 0,000 | 0,000  | 2,870                  | 0,000                  | 0,000                   | 2,067                  | 0,000                  | 0,000                   |
| DW   | 3,346 | 0,000 | 0,000  | 5,019                  | 0,000                  | 0,000                   | 2,175                  | 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 | 8,199 | 11,578 | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   | 0,000                  | 0,000                  | 0,000                   |
| Σ =  |       |       |        | 11,716                 | 5,589                  | 10,181                  | 8,068                  | 4,548                  | 9,233                   |



### 4.3.3 DISEÑO

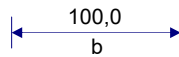
#### 4.3.3.1 DIMENSIONES

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 = 5,60 cm  
d = 29,40 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> |
|----------|-------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 15,39    | 7,325       | 6,73                     | 14,48                    | 14,48                       |

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

#### 4.3.3.3 DUCTILIDAD

Ascol = 15,71 cm<sup>2</sup> Bien Armadura colocada  
 $\beta_1 = 0,85$   
d = 29,4 cm Distancia desde la fibra extrema de compresión al cg del acero.  
c = 3,261 cm Altura bloque de compresión  
 $\epsilon_t = 0,0240 > 0,005$  Bien No hace falta reducir  $\phi$

#### 4.3.3.4 ARMADURA POR CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA

Art. 5.10.8

As = 2,33 cm<sup>2</sup>/m Por cara, en cada dirección  
Asfinal = 2,33 cm<sup>2</sup>/m  
Usar: 1  $\phi$  16 mm a 0,20 Cara exterior  
1  $\phi$  12 mm a 0,20 Armadura horizontal/cara

#### 4.3.3.5 CORTE

$V_u = 10,788 \text{ t}$  valor de

$V_r = \phi V_n$  Cortante resistente

$\phi = 0,9$

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

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

$d_v = 26,460 \text{ cm}$

$V_c = 23,462 \text{ t}$

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

$V_{n1} = 23,462 \text{ t}$

$V_{n2} = 185,220 \text{ t}$

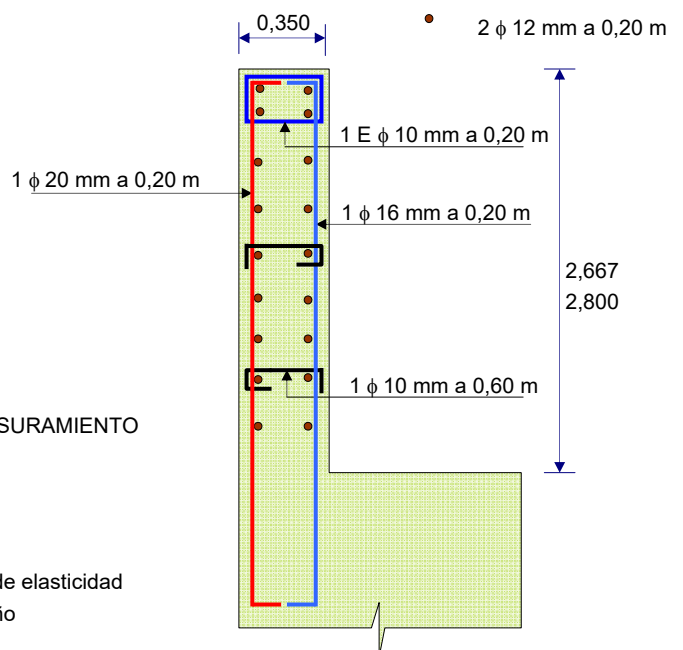
$V_r = 21,116 \text{ t}$  Bien

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

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

#### PANTALLA SUPERIOR

n = 10,00 Relación de módulos de elasticidad  
b = 100,00 cm Ancho de faja de diseño  
dc = 5,6 cm Recubrimiento  
h = 35,0 cm Altura total del elemento  
 $\beta_s = 1,272$



| 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       | 11,578  | 0,000    |
| $\Sigma$ | =       | 6,044    |

|        |   |                            |                                                                               |
|--------|---|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| M      | = | 6,044 tm                   | Servicio I                                                                    |
| As     | = | 15,71 cm <sup>2</sup>      | Armadura colocada                                                             |
| d      | = | 29,40 cm                   | Altura efectiva en flexión                                                    |
| y      | = | 8,17 cm                    | Ubicación eje neutro                                                          |
| Itranf | = | 88.976 cm <sup>4</sup>     | Inercia de la sección transformada                                            |
| fs     | = | 1.442,2 kg/cm <sup>2</sup> | Esfuerzo de tracción en el acero de refuerzo en el Estado Límite de Servicio. |
| smáx   | = | 39,68 cm                   | Separación máxima                                                             |
| Svar   | = | 20,00 mm                   | Separación entre varillas <b>Bien</b>                                         |

#### 4.4 PANTALLA LATERAL

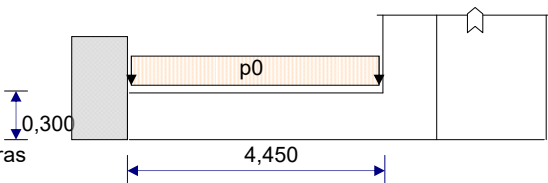
##### 4.4.1 CARGAS Y SOLICITACIONES

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          | = | 4,450 m                | Longitud de diseño pantalla         |
| $\gamma_r$ | = | 1,900 t/m <sup>3</sup> | Peso específico suelo de relleno    |
| ka         | = | 0,244                  | Coefficiente de empuje activo       |
| h          | = | 8,617 m                | Altura máxima de presión de tierras |
| a          | = | 1,000 m                | Ancho de presión de tierras         |
| p0         | = | 4,002 t/m <sup>2</sup> | Presión máxima sin sobrecarga       |
| VEH        | = | 8,903 t                | Corte por presión de tierras        |
| MEH        | = | 7,924 tm               | Momento presión de tierras          |



##### 4.4.1.2 SOBRECARGA VIVA

|      |   |                        |                                   |
|------|---|------------------------|-----------------------------------|
| heq  | = | 0,610 m                | Altura de sobrecarga.             |
| p1   | = | 0,283 t/m <sup>2</sup> | Presión horizontal por sobrecarga |
| VEH  | = | 0,630 t                | Corte por sobrecarga              |
| MLSh | = | 0,561 tm               | Momento por LS                    |

Art. 3.11.6 AASHTO 2020

TABLA 3.11.6.4-1 AASHTO 2020

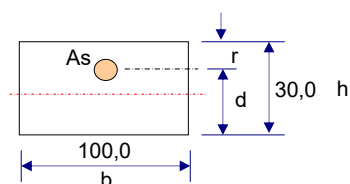
#### 4.4.2 ESTADO LIMITE RESISTENCIA I

| TIPO     | H<br>t | M<br>tm | Humax<br>t | Mumax<br>tm |
|----------|--------|---------|------------|-------------|
| EH       | 8,903  | 7,924   | 13,355     | 11,886      |
| EV       | 0,000  | 0,000   | 0,000      | 0,000       |
| LS       | 0,630  | 0,561   | 1,103      | 0,982       |
| $\Sigma$ | =      |         | 14,458     | 12,868      |

#### 4.4.3 DISEÑO

##### 4.4.3.1 DIMENSIONES

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



##### 4.4.3.2 ARMADURA

|    |   |                          |
|----|---|--------------------------|
| fc | = | 280 kg/cm <sup>2</sup>   |
| Fy | = | 4.200 kg/cm <sup>2</sup> |
| b  | = | 100,00 cm                |
| h  | = | 30,00 cm                 |
| r  | = | 5,00 cm                  |
| de | = | 25,00 cm                 |

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

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

$$Mu_{\min 2} = 1,072 \cdot I_g / y_t = M_{cr} = 5,381 tm$$

| Mu<br>tm | Mumin<br>tm | Asmin<br>cm <sup>2</sup> | Ascal<br>cm <sup>2</sup> | Asdefin.<br>cm <sup>2</sup> |
|----------|-------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 12,87    | 5,381       | 5,81                     | 14,35                    | 14,35                       |

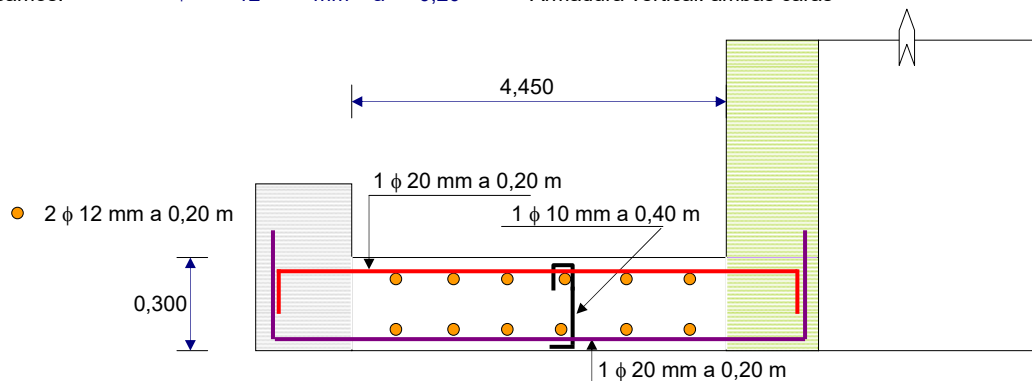
Usamos: 1  $\phi$  20 mm a 0,20 Cara en contacto suelo

#### 4.4.3.3 DUCTILIDAD

Ascol = 15,71 cm<sup>2</sup> Bien Armadura colocada  
 $\beta_1$  = 0,85  
d = 25,0 cm Distancia desde la fibra extrema de compresión al cg del acero.  
c = 3,261 cm Altura bloque de compresión  
 $\epsilon_t$  = 0,0200 > 0,005 Bien No hace falta reducir  $\phi$

#### 4.4.3.4 ARMADURA POR CONTRACCION Y TEMPERATURA

As = 2,08 cm<sup>2</sup>/m Por cara, en cada dirección  
Asfinal = 2,33 cm<sup>2</sup>/m  
Usamos: 1  $\phi$  12 mm a 0,20 Armadura vertical: ambas caras



#### 4.4.3.5 CORTE

Vu = 14,458 t  
Vr =  $\phi V_n$  Cortante resistente  
 $\phi$  = 0,9  
Vc = 0,530  $\sqrt{f'_c} b_v d_v$   
bv = 100,00 cm  
dv = 22,50 cm  
Vc = 19,951 t  
Vs=Vp= 0,0 t  
Vn1 = 19,951 t  
Vn2 = 157,500 t  
Vr = 17,956 t Bien

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

$\gamma_e$  = 0,75 Condición de exposición.  
n = 10,00 Relación de módulos de elasticidad  
bv = 100,00 cm Ancho de faja de diseño  
dc = 5,0 cm Recubrimiento  
h = 30,0 cm Altura total del elemento  
 $\beta_s$  = 1,286

| TIPO     | M     |
|----------|-------|
| EH       | 7,924 |
| EV       | 0,000 |
| LS       | 0,561 |
| $\Sigma$ | 8,485 |

M = 8,485 tm Servicio I  
As = 15,71 cm<sup>2</sup> Armadura colocada  
d = 25,00 cm Altura efectiva en flexión

|                    |   |                            |                                       |
|--------------------|---|----------------------------|---------------------------------------|
| y                  | = | 7,43 cm <sup>2</sup>       | Ubicación eje neutro                  |
| I <sub>tranf</sub> | = | 62.164 cm <sup>4</sup>     | Inercia de la sección transformada    |
| f <sub>s</sub>     | = | 2.398,3 kg/cm <sup>2</sup> |                                       |
| s <sub>máx</sub>   | = | 20,27 cm                   | Separación máxima                     |
| S <sub>var</sub>   | = | 20,0 cm                    | Separación entre varillas <b>Bien</b> |

#### 4.5 TRABA SÍSMICA

##### 4.5.1 MATERIALES

|                |   |                         |
|----------------|---|-------------------------|
| f <sub>c</sub> | = | 280 kg/cm <sup>2</sup>  |
| F <sub>y</sub> | = | 4200 kg/cm <sup>2</sup> |

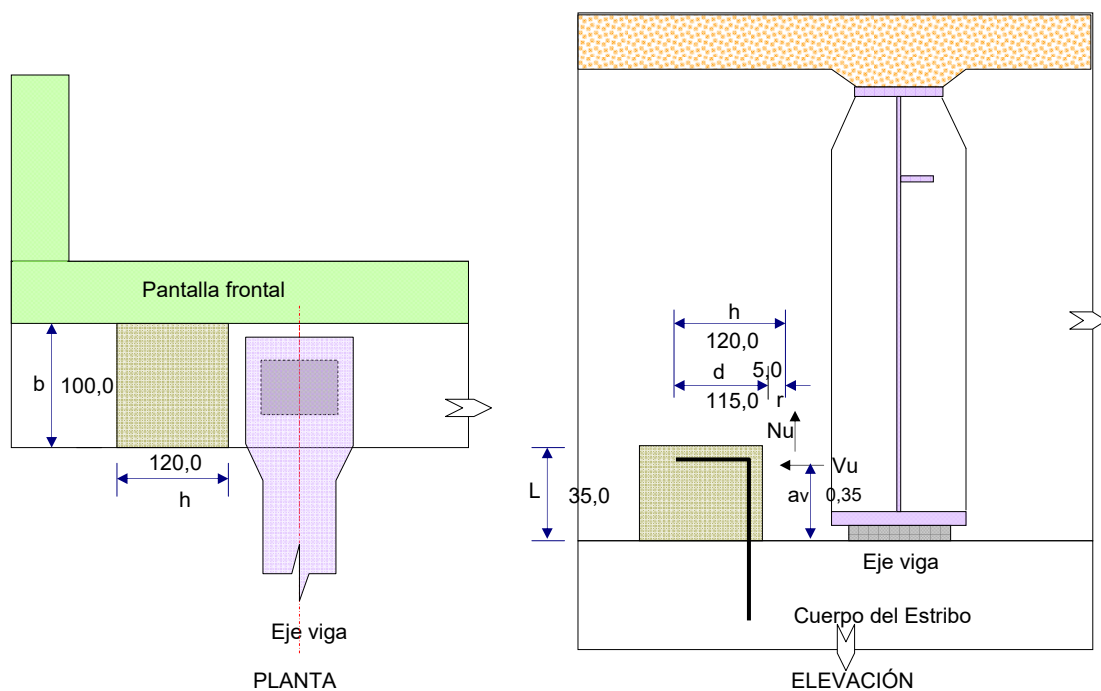
##### 4.5.2 GEOMETRÍA

|                 |   |                           |                           |
|-----------------|---|---------------------------|---------------------------|
| L               | = | 35,00 cm                  | Altura de la traba        |
| a               | = | 0,35 cm                   | Ubicación carga en altura |
| b               | = | 100,00 cm                 | Ancho de traba            |
| h               | = | 120,00 cm                 | Longitud de traba         |
| r               | = | 5,00 cm                   | Recubrimiento             |
| d               | = | 115,00 cm                 | Altura efectiva           |
| A <sub>cv</sub> | = | 11.500,00 cm <sup>2</sup> | Area de concreto          |
| a/d             | = | 0,00 OK                   | a/d < 1                   |

##### 4.5.3 CARGAS

|                 |   |          |                                         |
|-----------------|---|----------|-----------------------------------------|
| RDC             | = | 258,20 t | Reacción carga muerta por estribo       |
| RDW             | = | 39,68 t  | Reacción cargas posteriores por estribo |
| As              | = | 0,500    | Aceleración sísmica                     |
| EQ              | = | 148,94 t | Fuerza sísmica lateral (As RDC)         |
| γ <sub>EQ</sub> | = | 1,00     | Factor de mayoración de carga           |
| Vu              | = | 148,94 t | Carga última sísmica                    |
| Nu              | = | 0,00 t   | Fuerza última vertical (hacia arriba)   |
| Numín           | = | 29,79 t  | Fuerza vertical mínima (hacia arriba)   |

##### ESTADO LÍMITE EVENTO EXTREMO I



##### 4.5.4 DISEÑO

###### 4.5.4.1 CORTE FRICCIÓN

|                 |   |                                    |                                                  |
|-----------------|---|------------------------------------|--------------------------------------------------|
| A <sub>vf</sub> | = | V <sub>n</sub> /F <sub>y</sub> μ λ | La traba (ménsula) la diseñamos a corte fricción |
| V <sub>n</sub>  | = | V <sub>u</sub> / φ                 | Acero por corte-fricción                         |
| φ               | = | 0,9                                | Carga exterior factorizada                       |

Art. 5.7.4 5.8.4.2

$$\begin{aligned}\lambda &= 1,000 \\ \mu &= 1,0 \lambda = 1,00 \quad \text{Art. 5.7.4.4} \\ V_n \max 1 &= 0,2 f_c A_{cv} \\ V_n \max 2 &= 56 A_{cv} \\ V_n &= 165.486 \text{ kg} = 165,49 \text{ t} \quad \text{Exterior} \\ V_n \max 1 &= 644.000 \text{ kg} = 644,00 \text{ t} \\ V_n \max 2 &= 644.000 \text{ kg} = 644,00 \text{ t} \\ V_n \max &= 644,00 \text{ t} \quad \text{Usar el menor} \quad \text{Interior} \\ V_n &< V_n \max \quad \text{OK: Sección suficiente} \\ A_{vf} &= 39,40 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Cortante resistente [Ec: 5.8.4.2.2-1 AASHTO 2020](#)  
Cortante resistente [Ec: 5.8.4.2.2-2 AASHTO 2020](#)

#### 4.5.4.2 FUERZA HORIZONTAL

$$\begin{aligned}N_u &= 29.787,50 \text{ kg} \\ \phi &= 0,90 \\ A_n &= N_u / \phi F_y \\ A_n &= 7,88 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

[Ec: 5.8.4.2.2-7 AASHTO 2020](#)

#### 4.5.4.3 FLEXIÓN

$$\begin{aligned}M_u &= V_u a = 0,52 \text{ tm} \\ M_n &= N_u(h - d) = 1,49 \text{ tm} \\ A_f &= [M_u + N_u(h - d)] / \phi F_y j d \\ j d &= 0,85 d = 97,75 \text{ cm} \\ \phi &= 0,9 \\ A_f &= 0,54 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

[Ec: 5.8.4.2.1.-1 AASHTO 2020](#)

#### 4.5.4.4 ARMADURA PRINCIPAL

$$\begin{aligned}\text{A} \quad A_s &= 2/3 A_{vf} + A_n = 34,15 \text{ cm}^2 \\ \text{B} \quad A_s &= A_f + A_n = 8,42 \text{ cm}^2 \\ \text{Usar:} \\ A_s &= 34,15 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

[Ec: 5.8.4.2.2-5 AASHTO 2020](#)

#### 4.5.4.5 ARMADURA LATERAL

$$\begin{aligned}\text{A} \quad A_h &= 1/3 A_{vf} = 11,38 \text{ cm}^2 \\ \text{B} \quad A_h &= 1/2 A_f = 0,27 \text{ cm}^2 \\ \text{Usar:} \\ A_h &= 11,38 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

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

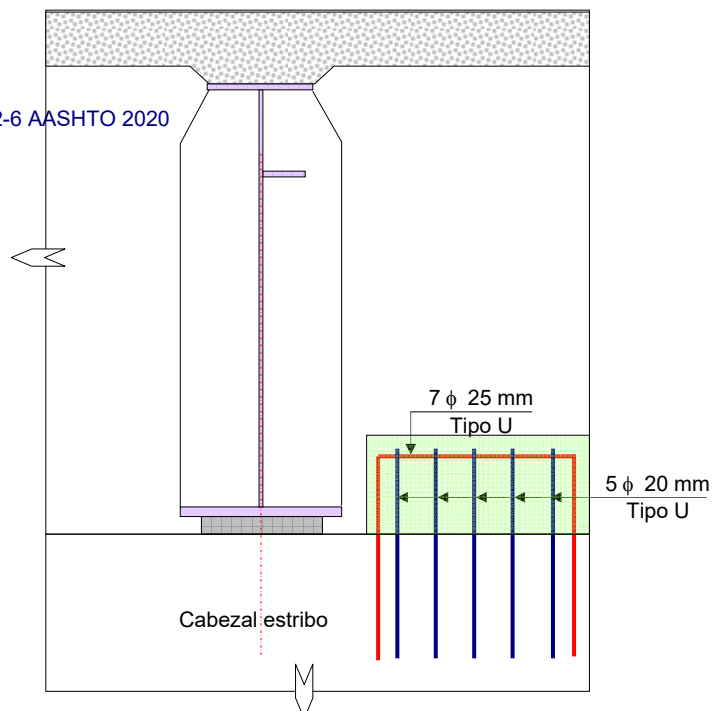
#### 4.5.4.6 ARMADURAS MÍNIMAS

$$\begin{aligned}A_{s\min} &= 0,04 f_c b d / F_y \\ A_{s\min} &= 30,67 \text{ cm}^2 \\ A_{h\min} &= 0,5(A_s - A_n) \\ A_{h\min} &= 13,13 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

[Ec: 5.8.4.2.2-6 AASHTO 2020](#)

#### 4.5.4.7 ARMADO

Armatura principal **7  $\phi$  25 mm**  
Armatura lateral **5  $\phi$  20 mm**



#### 4.6 DISEÑO DEL TABLERO DEL ESTRIBO

##### 4.6.1 DATOS

Sobrecarga: HL - 93

$S = L_c = 4,825$  m Luz de cálculo

$b = 1,00$  m Ancho de diseño

$At = 13,30$  m 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

$t \geq 0,313$  m

$t = 0,400$  m Adoptado

##### 4.6.3 CARGAS Y SOLICITACIONES

###### 4.6.3.1 CARGA MUERTA:

Carga muerta del tablero

$w_t = 0,960$  t/m

Carga de acabados:

Protecciones

$w_p = 3,594$  t/m

Acera

$w_a = 0,950$  t/m

Capa rodadura

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

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

$w_{DC}/m = 0,342$  t/m

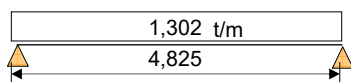
$w_{DW}/m = 0,097$  t/m

Carga muerta total:

$w_{DC} = 1,302$  t/m

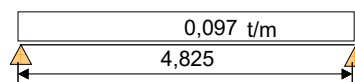
Carga de capa de rodadura :

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



$M_{DCmáx} = 3,788$  tm/ m

$V_{DCmáx} = 3,140$  t



$M_{DWmáx} = 0,282$  tm/ m

$V_{DWmáx} = 0,233$  t

###### 4.6.3.2 CARGA VIVA LL:

Ancho Equivalente

Art. 4.6.2.3 AASHTO 2020

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

$L_1, W_1$  (mm)

Un carril cargado

Art. 4.6.2.3-1

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

$L_1, W_1$  (mm)

Dos o más carriles cargados

Art. 4.6.2.3-2

$W_c = 11,700$  m Ancho de calzada

$W_1 = 9,000$  m Para un carril cargado

$W_1 = 11,700$  m Para dos o más carriles cargados

$L_1 = 4,825$  m Luz de cálculo

$W = 13,300$  m Ancho total

$NL = 2$

$W/NL = 6,650$  m

$E_1 = 3,017,7$  mm <  $W/NL$  ó  $9.000,0$  mm

$E_1 = 3,018$  m

Ec: 4.6.2.3-1

$E_2 = 3,001,6$  mm <  $W/NL$  ó  $18.000,0$  mm

$E_2 = 3,002$  m

Ec: 4.6.2.3-2

$IM = 1,33$

Tandem

$P_t = 5,669$  t

$MLL_t = 20,437$  tm/Vía

$VLL_t = 19,809$  t/Vía

Escogemos el mayor y aplicamos IM

$MLL+IM = 27,181$  tm/Vía

Camión:

$P_c = 7,270$  t

$MLL_c = 17,539$  tm/Vía

$VLL_c = 14,540$  t/Vía

$VLL+IM = 26,346$  t/Vía

PROYECTO: PUENTE SOBRE EL RIO SAN MIGUEL

Consultor: Ing. Marco Apunte Ordóñez  
 INFRAESTRUCTURA: ESTRIBOS INICIAL ABS. 7+245,000

Cálculo: Ing. Juan Manuel Vinuesa Moreno

Hoja: 31

Carga de carril

$$wLL = 0,952 \text{ t/m}$$

$$MLLw = 2,770 \text{ tm/Vía}$$

$$VLLw = 2,2967 \text{ t/Vía}$$

Para un carril cargado

$$m = 1,2$$

$$E = 3,018 \text{ m}$$

$$MLL + IM = 11,910 \text{ tm / m}$$

$$VLL + IM = 11,390 \text{ t / m}$$

Para dos carriles cargados

$$m = 1$$

$$E = 3,002 \text{ m}$$

$$MLL + IM = 9,978 \text{ tm / m}$$

$$VLL + IM = 9,542 \text{ t / m}$$

Las solicitaciones para un metro de ancho de tablero son:

$$\eta = 1,000$$

$$MDC = 3,788 \text{ tm}$$

$$VDC = 3,140 \text{ t}$$

$$MDW = 0,282 \text{ tm}$$

$$VDW = 0,233 \text{ t}$$

$$MLL + IM = 11,910 \text{ tm}$$

$$VLL + IM = 11,390 \text{ t}$$

$$Mu = 26,000 \text{ tm}$$

RESISTENCIA I

$$Vu = 24,208 \text{ t}$$

4.6.4 ARMADURAS

Armadura por Flexión:

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

$$F_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

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

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

$$r = 3,00 \text{ cm}$$

$$d = 37,00 \text{ cm}$$

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:

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

$$Mu_{\min 2} = 1,072 \text{ fr } Ig/yt = Mcr = 9,49 \text{ tm}$$

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> |
|----------|-------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 26,00    | 34,580      | 26,39                    | 19,50                    | 26,39                       |

Usamos: 1 db 20 mm a 0,100 Ascol = 31,42 cm<sup>2</sup>

Bien

Armadura de Distribución

Art. 9.7.3.2 AASHTO 2020

$$\%Asd = 55/\sqrt{S} \leq 50,0$$

$$\%Asd = 25,04$$

$$Asd = \% As(+)$$

$$Asd = 6,61 \text{ cm}^2$$

Usar: 1 db 16 mm a 0,200 Ascol = 10,05 cm<sup>2</sup>

Bien

Armadura de Contracción y Temperatura

Art. 5.10.6 AASHTO 2020

$$As = 2,57 \text{ cm}^2/\text{m} \text{ Por cara, en cada dirección}$$

$$As_{\text{final}} = 2,57 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Usar: 1 db 16 mm a 0,200 Ascol = 10,05 cm<sup>2</sup>

Bien

En la parte superior del tablero, en ambas direcciones.

Corte

$$Vu = 24,208 \text{ t}$$

$$Vu \leq \phi V_n \text{ Cortante resistente}$$

$$\phi = 0,9$$

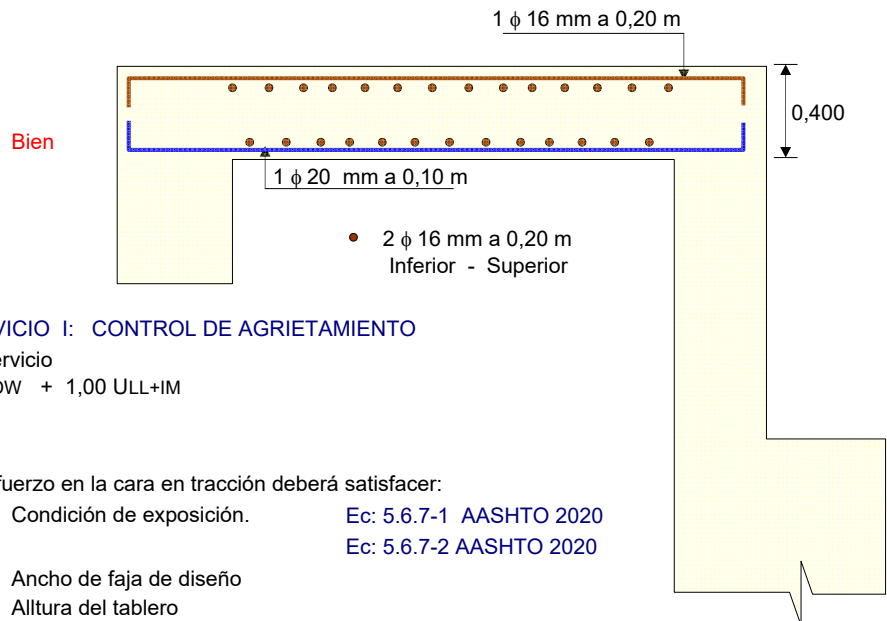
$$bv = 100,00 \text{ cm}$$

$$dv = 33,30 \text{ cm}$$

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

$$Vc = 29,527 \text{ t}$$

$$\begin{aligned} V_s &= V_p = 0,0 \text{ t} \\ V_n &= 29,53 \text{ t} \\ \phi V_n &= 26,57 \text{ t} \end{aligned}$$



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

Combinación Estado límite de servicio

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

$$M = 15,980 \text{ cm}^2$$

$$Ascol = 31,416 \text{ cm}^2$$

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

$$\gamma_e = 0,75 \quad \text{Condición de exposición.} \quad \text{Ec: 5.6.7-1 AASHTO 2020}$$

$$n = 10,0 \quad \text{Ec: 5.6.7-2 AASHTO 2020}$$

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

$$h = 40,0 \text{ cm} \quad \text{Altura del tablero}$$

$$dc = 4,0 \text{ cm} \quad \text{Recubrimiento}$$

$$d = 36,000 \text{ cm}$$

Obtención de  $f_s$  por teoría elástica

$$j = 0,867$$

$$f_s = \frac{M}{As j d} = 1.630,30 \text{ kg/cm}^2$$

$$\beta_s = 1,159$$

$$S_{\max} = 41,41 \text{ cm} \quad \text{Separación máxima}$$

$$S_{var} = 10,00 \text{ cm} \quad \text{Separación entre varillas} \quad \text{Bien}$$

#### 4.7 DISEÑO DEL PÓRTICO

##### 4.7.1 DATOS:

Sobrecarga: HL - 93

$$L_c = 6,300 \text{ m} \quad \text{Luz de cálculo/Cada tramo}$$

$$b = 0,400 \text{ m} \quad \text{Ancho de viga}$$

$$h = 1,100 \text{ m} \quad \text{Altura de viga}$$

##### 4.7.2 CARGAS Y SOLICITACIONES

###### 4.7.2.1 CARGA MUERTA:

Carga muerta del tablero

$$w_t = 2,136 \text{ t/m}$$

Peso propio de la viga

$$w_{pp} = 1,056 \text{ t/m}$$

$$w_{DC} = 3,192$$

Carga de Capa de rodadura:

$$w_{DW} = 0,048 \text{ t/m}$$

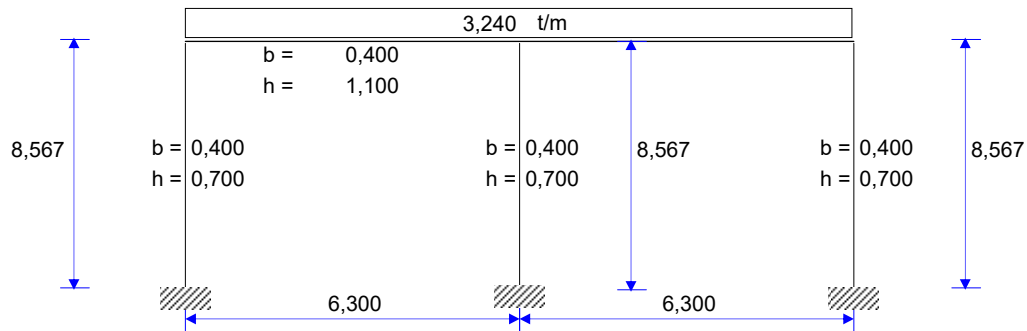
Carga muerta y de capa de rodadura:

$$w_{DC+DW} = 3,240 \text{ t/m}$$

$$\gamma_{DC+DW} = 1,254 \quad \text{Factor de carga para DC+DW}$$

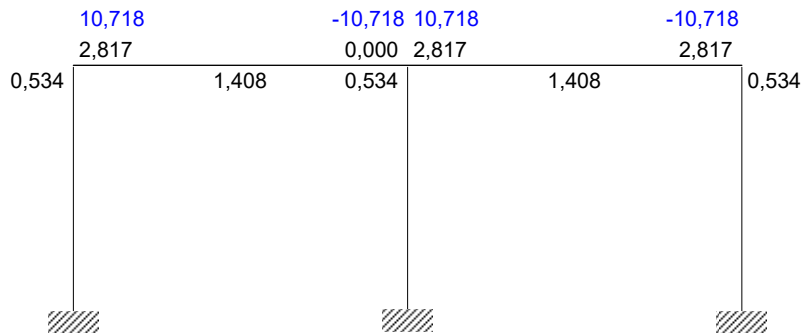


### ESQUEMA ESTRUCTURAL Y CARGAS



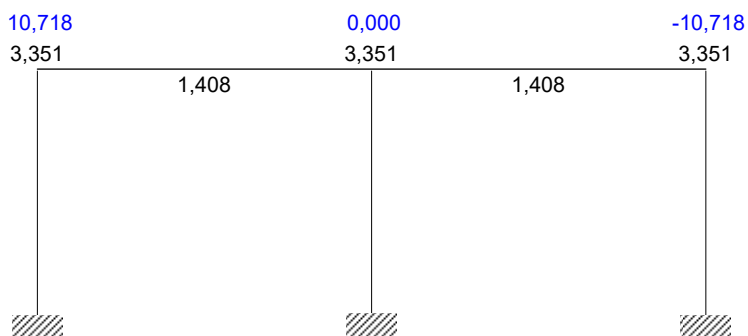
### RIGIDECES Y MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO

$$\begin{aligned} k &= 4EI/L \\ a &= k/2 \\ E &= 100 \end{aligned}$$



| 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

$$\begin{aligned} f_1(x) &= 3,35 \theta_1 + 1,41 \theta_2 + 0,00 \theta_3 = -10,718 \\ f_2(x) &= 1,41 \theta_1 + 3,35 \theta_2 + 1,41 \theta_3 = 0,000 \\ f_3(x) &= 0,00 \theta_1 + 1,41 \theta_2 + 3,35 \theta_3 = 10,718 \end{aligned}$$

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

$$R = \begin{bmatrix} 3,35 & 1,41 & 0,00 \\ 1,41 & 3,35 & 1,41 \\ 0,00 & 1,41 & 3,35 \end{bmatrix} \begin{matrix} 15 \\ 16 \\ 17 \end{matrix}$$

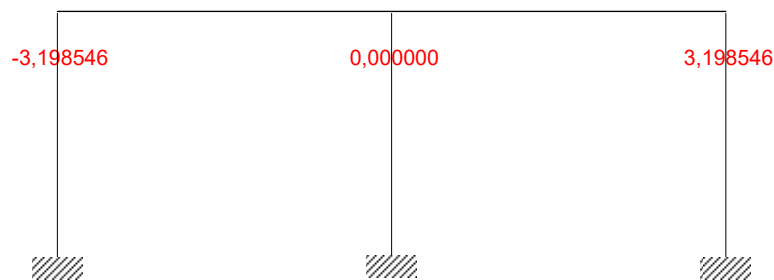
$$-m = \begin{bmatrix} -10,718 \\ 0,000 \\ 10,718 \end{bmatrix}$$

$$R^{-1} = \begin{bmatrix} 0,3800 & -0,1940 & 0,0815 \\ -0,1940 & 0,4615 & -0,1940 \\ 0,0815 & -0,1940 & 0,3800 \end{bmatrix} \quad \{=MINVERSA(C15:E17)\}$$

$$R^{-1} \times -m = \begin{bmatrix} 0,3800 & -0,1940 & 0,0815 \\ -0,1940 & 0,4615 & -0,1940 \\ 0,0815 & -0,1940 & 0,3800 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -10,718 \\ 0,000 \\ 10,718 \end{bmatrix}$$

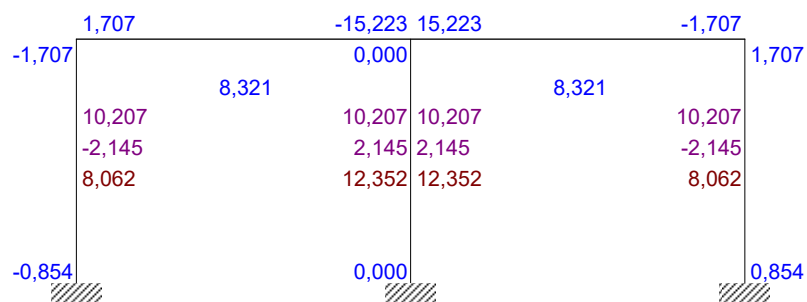
$$\begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3,198546 \\ 0,000000 \\ 3,198546 \end{bmatrix}$$

#### GIROS EN LOS NUDOS



#### MOMENTOS FINALES DE CARGA MUERTA

$$\begin{aligned} M &= MF + k\theta + a\theta' \\ M' &= M'F + k\theta + a\theta' \end{aligned} \quad \text{Ecuaciones de Maney}$$



#### 4.7.2.2 CARGA VIVA:

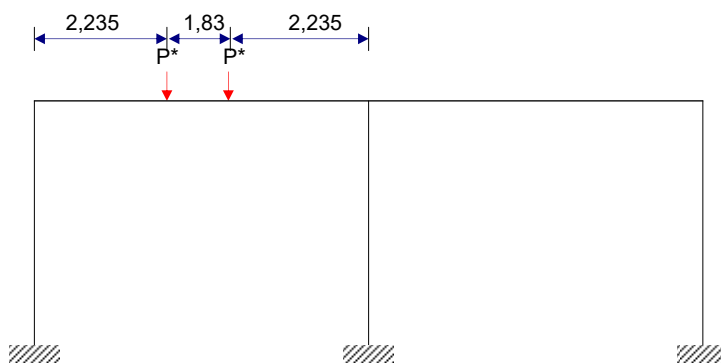
##### ESQUEMA ESTRUCTURAL Y CARGAS

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

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

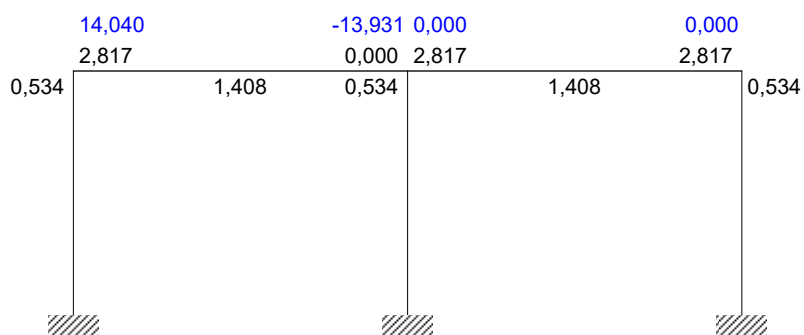
##### POSICIÓN 1

##### CARGAS

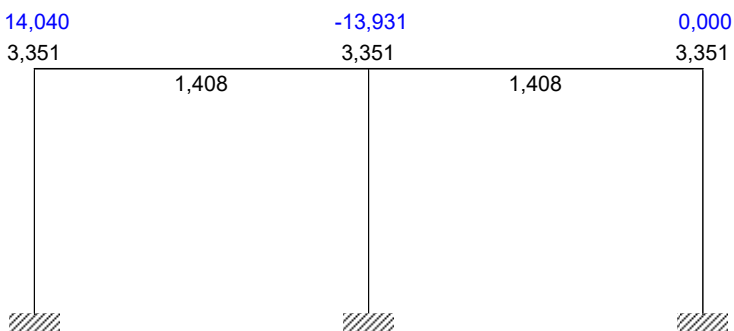


##### RIGIDECES Y MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO

| 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 |



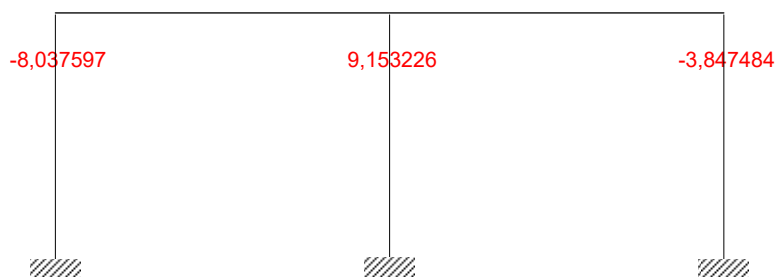
##### SUMATORIA DE RIGIDECES Y MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO



# OBTENCIÓN DE GIROS

$$R^{-1}x - m = \begin{bmatrix} 0,3800 & -0,1940 & 0,0815 \\ -0,1940 & 0,4615 & -0,1940 \\ 0,0815 & -0,1940 & 0,3800 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -14,040 \\ 13,931 \\ 0,000 \end{bmatrix}$$

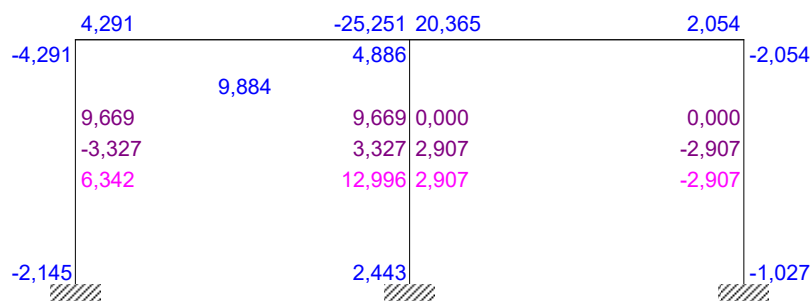
$$\begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -8,03760 \\ 9,153226 \\ -3,847484 \end{bmatrix}$$



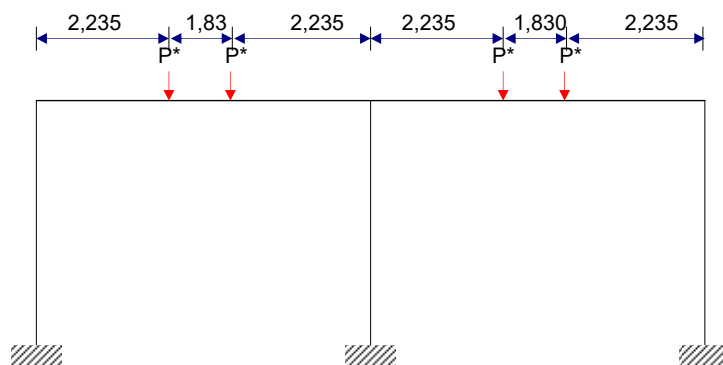
## MOMENTOS FINALES DE CARGA VIVA POS. 1

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

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

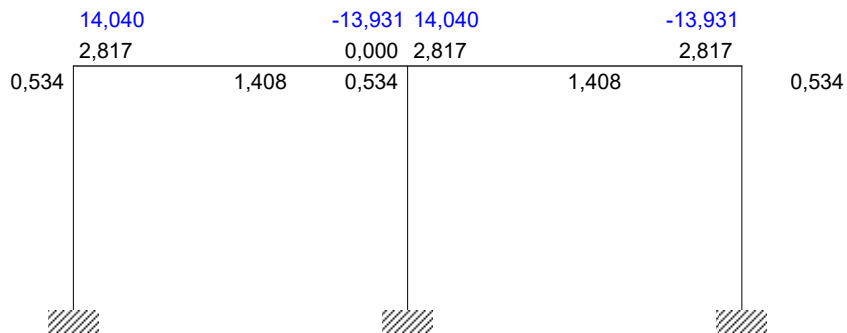


## POSICIÓN 2 CARGAS

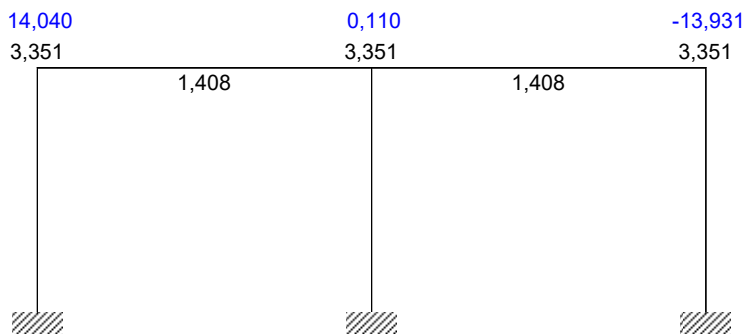


# RIGIDECES Y MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO

| 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 |



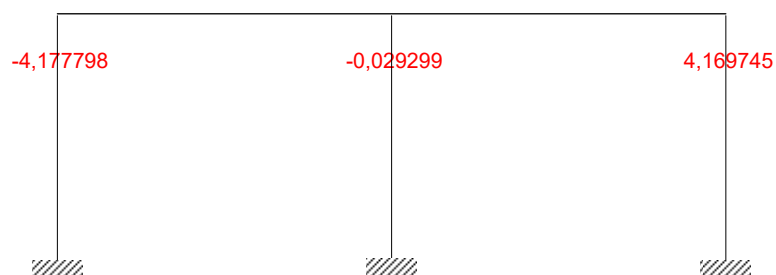
## SUMATORIA DE RIGIDECES Y MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO



## OBTENCIÓN DE GIROS

$$R^{-1} \times -m = \begin{bmatrix} 0,3800 & -0,1940 & 0,0815 \\ -0,1940 & 0,4615 & -0,1940 \\ 0,0815 & -0,1940 & 0,3800 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -14,040 \\ -0,110 \\ 13,931 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -4,177798 \\ -0,029299 \\ 4,169745 \end{bmatrix}$$

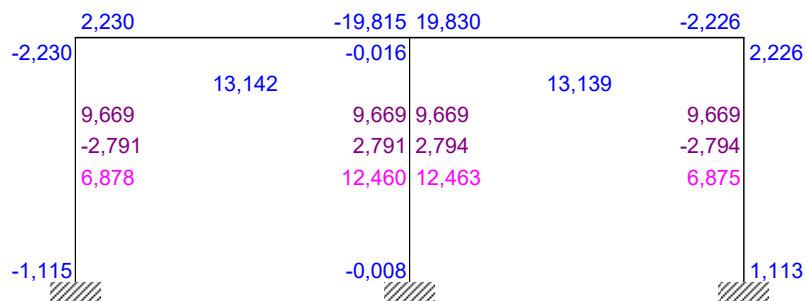


MOMENTOS FINALES DE CARGA VIVA POS. 2

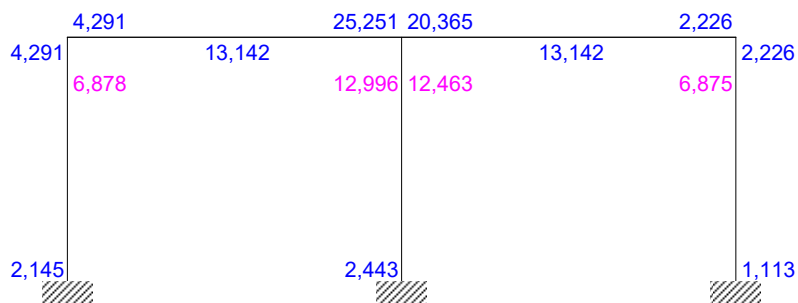
$$M = M_F + k\theta + a\theta'$$

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

Ecuaciones de Maney



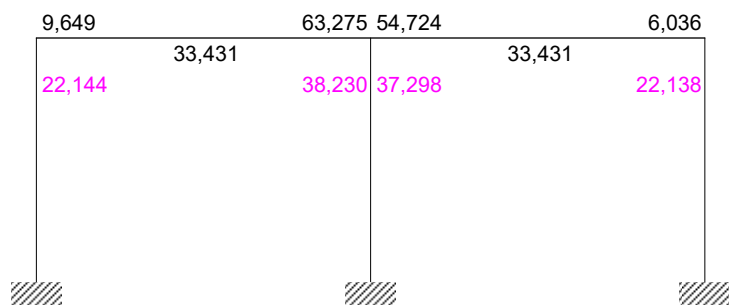
SOLICITACIONES MÁXIMAS ENTRE POS1 Y POS 2



4.7.3 MOMENTOS Y CORTES ULTIMOS

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

$$\eta = 1,000$$



#### 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> |
|----------|-------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 9,649    | 12,834      | 3,26                     | 2,44                     | 3,26                        |
| 63,275   | 28,940      | 7,41                     | 16,52                    | 16,52                       |
| 33,431   | 28,940      | 7,41                     | 8,58                     | 8,58                        |
|          |             |                          |                          |                             |

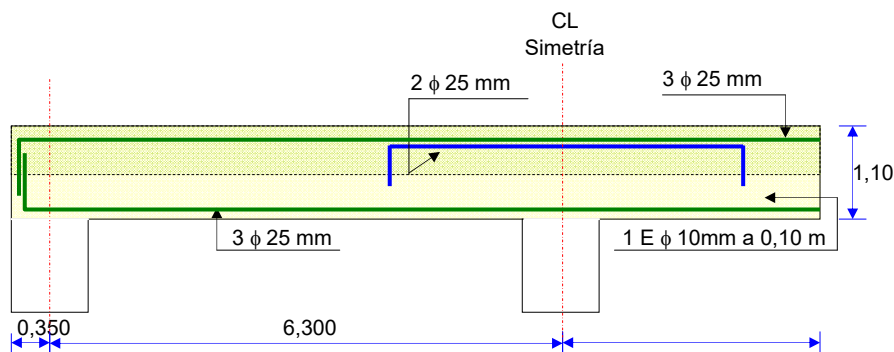
Usamos:

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

$V_u = 38,23 \text{ t}$   
 $\phi = 0,90$   
 $d_v = 94,5 \text{ cm}$   
 $v_u = 11,24 \text{ kg/cm}^2$   $v_c = 8,87 \text{ kg/cm}^2$   
 $S = A_v F_y / (v_u - v_c) b$   
 $A_v = 1,57 \text{ cm}^2$   $E \phi 10 \text{ mm}$   
 $S = 69,59 \text{ cm}$   
Colocar: 1 E  $\phi 10 \text{ mm}$  a 0,10 m



#### 4.7.5 DISEÑO DE LA COLUMNA

El diseño de las columnas lo haremos a flexocompresión.

Columna central

PDC+DW = 24,705 t  
PLL+IM = 24,924 t  
PDCpp = 5,387 t  
MDC+DW = 0,000 tm  
MLL+IM = 0,016 tm

Columna exterior

PDC+DW = 8,062 t  
PLL+IM = 6,878 t  
PDCpp = 5,387 t  
MDC+DW = 1,707 tm  
MLL+IM = 2,230 tm

RESISTENCIA I

$P_u = 81,344 \text{ t}$   
 $M_u = 0,034 \text{ tm}$   
 $e = 0,000 \text{ m}$   
 $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_y = 4.200 \text{ kg/cm}^2$

RESISTENCIA I

$P_u = 28,898 \text{ t}$   
 $M_u = 7,034 \text{ tm}$   
 $e = 0,243 \text{ m}$

PROYECTO: PUENTE SOBRE EL RIO SAN MIGUEL

Consultor: Ing. Marco Apunte Ordóñez  
 INFRAESTRUCTURA: ESTRIBOS INICIAL ABS. 7+245,000

Cálculo: Ing. Juan Manuel Vinueza Moreno

Hoja: 40

b = 40,00 cm  
 h = 70,00 cm  
 r = 7,00 cm  
 d = 63,00 cm

Armadura:

Ag = 2.800,00 cm<sup>2</sup>      Area de la columna.- concreto  
 Asmín = 28,00 cm<sup>2</sup>      1% de Ag.- como columna

Flexión:

Mu = 7,034 tm  
 Ascal = 2,98 cm<sup>2</sup>

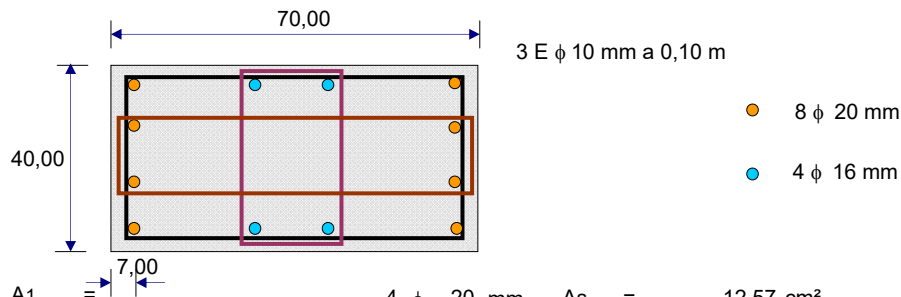
Usamos: 4  $\phi$  20 mm      As = 12,57 cm<sup>2</sup>      En la caras exteriores

Armado total de columna:

Usamos: 8  $\phi$  20 mm      As = 25,13 cm<sup>2</sup>  
 4  $\phi$  16 mm      As = 8,04 cm<sup>2</sup>  
 Ast = 33,18 cm<sup>2</sup>

Flexocompresión:

Armado de la columna.- lo hacemos según lo indicado



A1 = 4  $\phi$  20 mm      As = 12,57 cm<sup>2</sup>  
 A2, A3 = 2  $\phi$  16 mm      As = 4,02 cm<sup>2</sup>  
 A4 = 4  $\phi$  20 mm      As = 12,57 cm<sup>2</sup>

Resultados

Columna central

e = 0,140 m      e = 0,243 m  
 Pr = 420,276 t      Pr = 278,315 t  
 Mr = 58,664 tm      Mr = 73,514 tm  
 FS =  $\frac{420,276}{81,344} = 5,17$       FS =  $\frac{278,315}{28,898} = 9,63$

Ing. Marco Apunte Ordóñez  
**CONSULTOR**

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