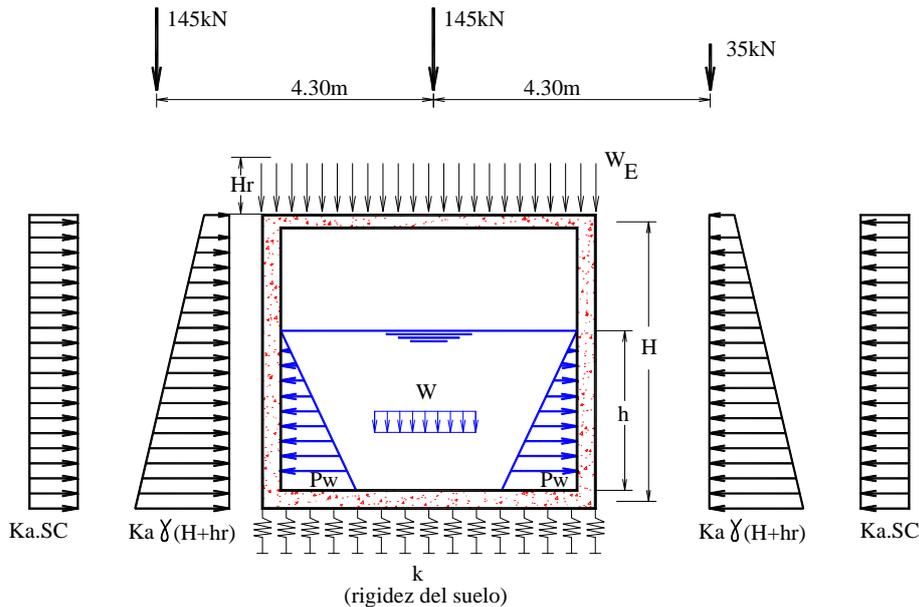


**ALCANTARILLA DE CONCRETO ARMADO 130x120**



coeficiente de balasto

**Datos de diseño**

Luz libre span := 1.30m  
 altura libre  $h_f := 1.20m$   
 altura de relleno  $H_r := 0.70m$   
 espesor del muro  $e_{muro} := 0.25m$   
 espesor de losa superior  $e_{losa\_sup} := 0.25m$   
 espesor losa inferior  $e_{losa\_inf} := 0.25m$

$$K_s := 20000 \frac{kN}{m^3}$$

peso específico del relleno  $\gamma_s := 19 \frac{kN}{m^3}$   
 ángulo de fricción interna del relleno  $\phi := 32deg$

$$H := h_f + 0.5 \cdot (e_{losa\_sup} + e_{losa\_inf}) \quad H = 1.45 \text{ m}$$

$$H_T := H + 0.5 \cdot e_{losa\_sup} + H_r \quad H_T = 2.275 \text{ m}$$

$$B_c := span + 2 \cdot e_{muro} \quad B_c = 1.80 \text{ m} \quad \text{ancho exterior de la alcantarilla}$$

Coeficiente de empuje activo  $ka = 0.307$

Coeficiente de empuje reposo  $ko = 0.47$

**Análisis**

Debido a que la estructura es estáticamente indeterminada, el cálculo de las fuerzas internas es evaluado utilizando un programa electrónico como el SAP2000

## Valores característicos de las acciones

### Acciones permanentes

### Cargas de gravedad

#### Peso propio

Corresponde al peso de los elementos estructurales y su valor característico se deduce utilizando un peso específico para el concreto armado relativo al del agua (9.8kN/m<sup>3</sup>) de 2.5, este valor es considerado dentro del programa.

#### Cargas muertas

Son las debidas a los elementos no resistentes tales como: relleno, carriles, encarriladora, muretes guardabalasto, barandillas, soporte de catenarias, aparatos de iluminación, etc. Su valor característico se deduce utilizando un peso específico correspondiente relativo al agua (9.8kN/m<sup>3</sup>)

- Asfalto:

$$e_{\text{pav}} := 0.05\text{m} \quad (\text{espesor teórico del pavimento})$$

$$\gamma_a := 2.3 \times 9.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \gamma_a = 22.54 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$W_{\text{asfalto}} := \gamma_a \cdot e_{\text{pav}} \cdot 1\text{m} \quad W_{\text{asfalto}} = 1.127 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- Relleno

Para el cálculo del peso del relleno se considerará las recomendaciones del AASHTO para estructuras enterradas, considerando la amplificación de la carga por efecto de la interacción Suelo - Estructura.

$$W_E := \gamma_s \cdot F_e \cdot 1\text{m} \cdot H_r \quad \text{carga de suelo total no mayorada}$$

$$F_e := 1 + 0.20 \cdot \frac{H_r}{B_c} \quad F_e = 1.078 \quad \text{Factor de interacción suelo - estructura}$$

$$W_E := \gamma_s \cdot F_e \cdot 1\text{m} \cdot H_r \quad W_E = 14.334 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### Acciones variables

La sobrecarga vehicular sobre la calzada de puentes o estructuras incidentales, designada como HL-93, deberá consistir en una combinación de:

- Camión de diseño o tandem de diseño y
- Carga de carril de diseño

#### **Camión de Diseño**

Consiste en un camión de 325000N, de 03 ejes, el primer eje transmite una carga de 35000N y dista 4300mm del segundo eje. el segundo y tercer eje transmiten una carga de 145000N y distan entre 4300mm y 9000mm. . La separación transversal de las ruedas se deberá tomar como 1800 mm.

**Tandem de Diseño**

El tandem de diseño consistirá en un par de ejes de 110.000 N con una separación de 1200 mm. La separación transversal de las ruedas se deberá tomar como 1800 mm.

**Carga del Carril de Diseño**

La carga del carril de diseño consistirá en una carga de 9,3N/mm, uniformemente distribuida en dirección longitudinal. Transversalmente la carga del carril de diseño se supondrá uniformemente distribuida en un ancho de 3000 mm. Las solicitaciones debidas a la carga del carril de diseño no estarán sujetas a un incremento por carga dinámica. Según el AASHTO, las alcantarillas no son analizadas con la sobrecarga de carril, por lo que las indicaciones indicadas son sólo referenciales

**Impacto**

Para estructuras enterradas, el coeficiente de amplificación dinámica se tomará como:

$$IM := \begin{cases} 33 \cdot \left( 1.0 - 4.1 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{H_T}{\text{mm}} \right) & \text{if } 33 \cdot \left( 1.0 - 4.1 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{H_T}{\text{mm}} \right) > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$IM = 23.529$$

La sobrecarga se considerará distribuida sobre una área de contacto

$$A := 50\text{cm} + 1.15 \cdot H_T \quad A = 1.305 \text{ m}$$

$$B := 25\text{cm} + 1.15 \cdot H_T \quad B = 1.055 \text{ m}$$

$$SC := \begin{cases} \frac{145\text{kN} \cdot (1 + IM \div 100)}{A \cdot B} & \text{if } B > 1.80\text{m} \\ \frac{72.5\text{kN} \cdot (1 + IM \div 100)}{A \cdot B} & \text{otherwise} \end{cases} \quad SC = 65.049 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**Acciones Laterales**

Se considerarán las fuerzas debido a la presión de tierra, presión de la sobrecarga y presión del agua

**Presión de tierra activo**

$$P_{\text{inf}} := k_a \cdot \gamma_s \cdot H_T \cdot 1\text{m} \quad P_{\text{inf}} = 13.281 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$P_{\text{sup}} := k_a \cdot \gamma_s \cdot (H_T - H) \cdot 1\text{m} \quad P_{\text{sup}} = 4.816 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**Presión de tierra reposo**

$$P_{\text{inf\_reposo}} := k_0 \cdot \gamma_s \cdot H_T \cdot 1\text{m} \quad P_{\text{inf\_reposo}} = 20.319 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$P_{\text{sup\_reposo}} := k_0 \cdot \gamma_s \cdot (H_T - H) \cdot 1\text{m} \quad P_{\text{sup\_reposo}} = 7.369 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**Presión por sobrecarga**

$H_T$	$h_{\text{eq}}$
1.5	1.2
3	0.9
6	0.6

$$H_T = 2.275 \text{ m} \quad h_{\text{eq}} = 1.045$$

# CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:  
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui  
Sector: Huamachuco - Sacsacochoa - Puente Pallar

$$\begin{aligned} \text{sobrecarga} &:= h_{eq} \cdot \gamma_s & \text{sobrecarga} &= 19.855 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \\ P_{sc} &:= k_a \cdot \text{sobrecarga} \cdot 1\text{m} & P_{sc} &= 6.101 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} & P_{sc\_reposito} &:= k_o \cdot \text{sobrecarga} \cdot 1\text{m} = 9.333 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \end{aligned}$$

## Determinación de los factores de carga para los estados límites de resistencia I

a) Ecuación general de diseño (AASHTO art 1.3.2)

$$\sum \eta_i \cdot \gamma_i \cdot Q_i \leq \phi R_n$$

donde  $\gamma_i$  son los factores de carga y  $\phi$  es el factor de resistencia; Q representa los efectos de las fuerzas;  $R_n$  es la resistencia nominal;  $\eta$  es un factor relacionado a la ductilidad, redundancia e importancia operativa para la cual se esta diseñando y es definido como:

$$\eta := \eta_D \cdot \eta_R \cdot \eta_L \geq 0.95. \blacksquare$$

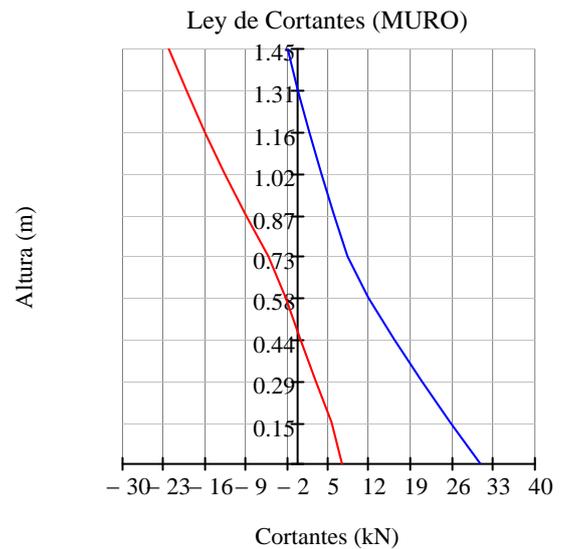
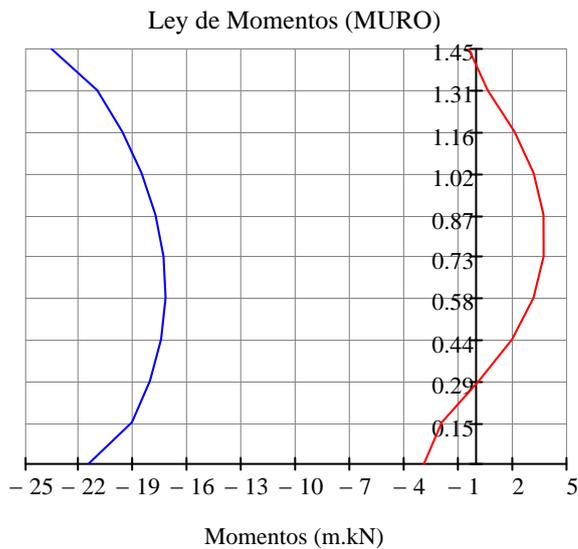
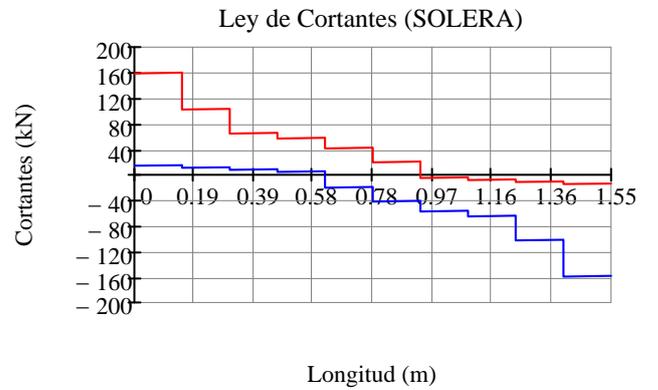
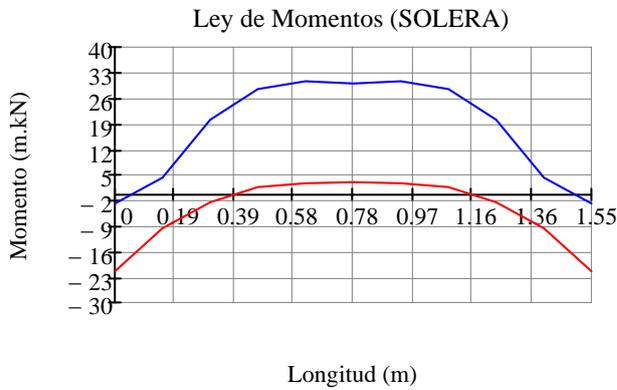
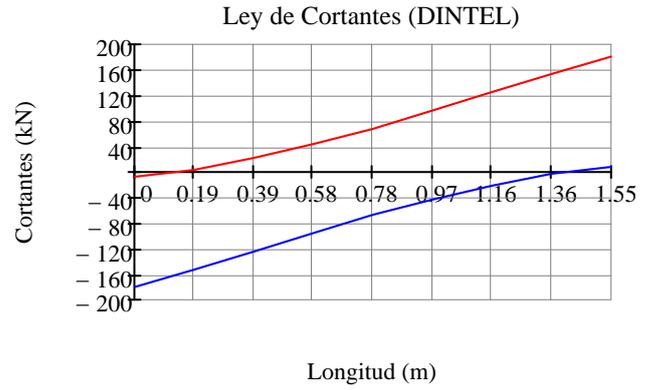
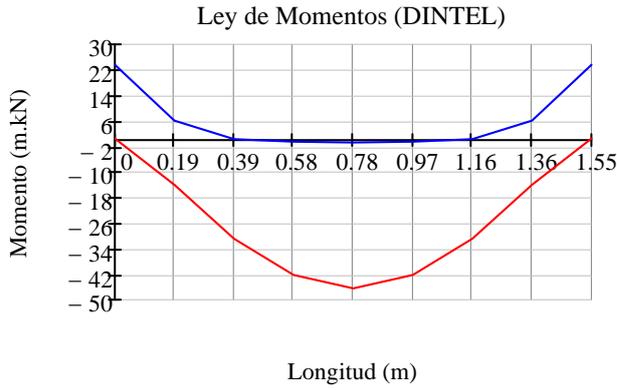
$$\begin{aligned} \text{Estado límite de resistencia} \quad \eta_D &:= 0.95 & \eta_R &:= 0.95 & \eta_L &:= 1.05 \\ \eta_{resist} &:= \text{round}(\eta_D \cdot \eta_R \cdot \eta_L, 2) & \eta_{resist} &= 0.95 \end{aligned}$$

b) Combinaciones de Carga y Factores de Carga (AASHTO Tabla3.4.1-1)

Estado Límite	Factores de Carga						
	DC	DW	LL	IM	EH	ES	EQ
Resistencia I	1.25-0.90	1.50-0.65	1.75	1.75	1.50-0.90 1.35-0.90	1.50- 0.75	-
Servicio I	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-
Extremo I	1.25-0.90	1.50-0.65	0.00	0.00	1.50-0.90 1.35-0.90	1.50- 0.75	1.00
Fatiga	-	-	0.75	0.75	-	-	-

# CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:  
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui  
Sector: Huamachuco - Sacsacochoa - Puente Pallar



# CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:  
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui  
Sector: Huamachuco - Sacsacocho - Puente Pallar

## LOSA

Datos de diseño

$$f'c := 21\text{MPa}$$

$$fy := 420\text{MPa}$$

$$\text{recub\_nominal} := 5\text{cm}$$

$$d := e_{\text{losa\_sup}} - \text{recub\_nominal} \quad d = 0.2\text{m}$$

Refuerzo mínimo

$$A_{s\text{min}} = 4.9 \cdot \text{cm}^2$$

correspondiente al requerido por agrietamiento

### Refuerzo negativo

$$M_{u\_neg} = 23.573 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$A_s = 4.916 \cdot \text{cm}^2$$

$$\phi_1 := \frac{3}{8}\text{in} \quad \text{paso}_n := 15\text{cm}$$

**USE  $\phi$  3/8 A 15**

$$A_{s\text{suministrado1}} = 4.75 \cdot \text{cm}^2$$

momento negativo

momento máximo para el estado límite de servicio

$$M = 15.715 \cdot \text{m}\cdot\text{kN}$$

Momento de inercia de la sección fisurada

$$I_{cr} = 1.177 \times 10^4 \cdot \text{cm}^4$$

Profundidad del eje neutro

$$x = 35.373 \cdot \text{mm}$$

Esfuerzo actuante en el acero

$$f_{s\text{act}} = 175.776 \cdot \text{MPa}$$

Parámetro relacionado con la fisura

$$\gamma_c = 0.55 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Espaciamiento mínimo del refuerzo, por requerimiento de fisuramiento

$$\text{sep\_min} = 165 \cdot \text{mm}$$

### Refuerzo positivo

$$M_{u\_pos} = 46.483 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$A_s = 6.389 \cdot \text{cm}^2$$

$$\phi_2 := \frac{1}{2}\text{in} \quad \text{paso}_p := 12.5\text{cm}$$

**USE  $\phi$  1/2 A 12.5**

$$A_{s\text{suministrado2}} = 10.13 \cdot \text{cm}^2$$

## CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:  
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui  
Sector: Huamachuco - Sacsacocho - Puente Pallar

momento positivo

momento máximo para el estado límite de servicio	$M = 30.989 \cdot \text{m} \cdot \text{kN}$
Momento de inercia de la sección fisurada	$I_{cr} = 2.241 \times 10^4 \cdot \text{cm}^4$
Profundidad del eje neutro	$x = 49.414 \cdot \text{mm}$
Esfuerzo actuante en el acero	$f_{s_{act}} = 166.614 \cdot \text{MPa}$
Parámetro relacionado con la fisura	$\gamma_c = 0.55 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$
Espaciamiento mínimo del refuerzo, por requerimiento de fisuramiento	$sep_{min} = 174 \cdot \text{mm}$

### Refuerzo secundario (transversal al refuerzo principal)

$$A_{s_{transv}} = 4.919 \cdot \text{cm}^2 \quad \text{USE } \phi \text{ 1/2 A 25} \quad (\text{armadura inferior})$$
$$A_{s_{temp}} = 2.33 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \quad \text{USE } \phi \text{ 3/8 A 25} \quad (\text{armadura superior})$$

### Verificación por corte

$$V_u = 137.691 \cdot \text{kN} \quad \mu_u := M_{u_{neg}} \quad A_s := A_{s_{suministrado1}}$$

(cortante a una distancia d)

$$\phi_c \cdot V_c = 162.808 \cdot \text{kN}$$

Nota = "Por inspección, observamos que la resistencia por corte es mayor que la fuerza actuante"

# CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:  
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui  
Sector: Huamachuco - Sacsacochoa - Puente Pallar

## MUROS LATERALES

Datos de diseño

$$f'c := 21\text{MPa}$$

$$f_y := 420\text{MPa}$$

$$d := e_{\text{muro}} - 5\text{cm} \quad d = 0.2\text{m}$$

Refuerzo mínimo

$$A_{s\text{min}} = 4.9 \cdot \text{cm}^2 \quad \text{correspondiente al requerido por agrietamiento}$$

## Refuerzo vertical trasdos (lado de tierras)

$$M_{u\_neg} = 23.573 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$A_s = 4.916 \cdot \text{cm}^2 \quad \phi_3 := \frac{3}{8} \text{in} \quad \text{paso}_m := 15\text{cm}$$

$$\text{USE } \phi \text{ 3/8 A 15} \quad A_{s\text{sumministrado3}} = 4.75 \cdot \text{cm}^2$$

momento negativo

$$\text{momento máximo para el estado límite de servicio} \quad M = 15.715 \cdot \text{m} \cdot \text{kN}$$

$$\text{Momento de inercia de la sección fisurada} \quad I_{cr} = 1.177 \times 10^4 \cdot \text{cm}^4$$

$$\text{Profundidad del eje neutro} \quad x = 35.373 \cdot \text{mm}$$

$$\text{Esfuerzo actuante en el acero} \quad f_{s\text{act}} = 175.776 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{Parámetro relacionado con la fisura} \quad \gamma_c = 0.6 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$\text{Espaciamiento mínimo del refuerzo, por requerimiento de fisuramiento} \quad \text{sep}_{\text{min}} = 19 \cdot \text{cm}$$

## Refuerzo vertical intrados (lado interior)

$$M_{u\_pos} = 3.728 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Nota = "Armadura por consideraciones de refuerzo mínimo"

$$A_s = 4.916 \cdot \text{cm}^2 \quad \text{USE } \phi \text{ 3/8" A 15}$$

# CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:  
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui  
Sector: Huamachuco - Sacsacochoa - Puente Pallar

## CIMENTACION

Datos de diseño

$$f_c := 21 \text{MPa}$$

$$f_y := 420 \text{MPa}$$

$$e_{\text{losa\_inf}} = 0.25 \text{ m} \quad \text{recub\_nominal} := 5 \text{ cm}$$

$$d := e_{\text{losa\_inf}} - \text{recub\_nominal} \quad d = 0.2 \text{ m}$$

Refuerzo mínimo

$$A_{s_{\text{min}}} = 4.9 \cdot \text{cm}^2$$

correspondiente al requerido por agrietamiento

## Refuerzo en la cara superior

$$M_{u\_neg} = 30.616 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$A_s = 4.916 \cdot \text{cm}^2$$

$$\phi_5 := \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$\text{paso}_n := 15 \text{ cm}$$

**USE  $\phi$  1/2 A 15**

$$A_{s_{\text{suministrado5}}} = 8.445 \cdot \text{cm}^2$$

cara superior

momento máximo para el estado límite de servicio

$$M = 20.41 \cdot \text{m}\cdot\text{kN}$$

Momento de inercia de la sección fisurada

$$I_{cr} = 1.927 \times 10^4 \cdot \text{cm}^4$$

Profundidad del eje neutro

$$x = 45.666 \cdot \text{mm}$$

Esfuerzo actuante en el acero

$$f_{s_{\text{act}}} = 130.796 \cdot \text{MPa}$$

Parámetro relacionado con la fisura

$$\gamma_c = 0.6 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Espaciamiento mínimo del refuerzo, por requerimiento de fisuramiento

$$\text{sep\_min} = 286 \cdot \text{mm}$$

## Refuerzo en la cara inferior

$$M_{u\_pos} = 21.514 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$A_s = 4.916 \cdot \text{cm}^2$$

$$\phi_6 := \frac{3}{8} \text{ in}$$

$$\text{paso}_p := 12.5 \text{ cm}$$

**USE  $\phi$  3/8 A 15**

$$A_{s_{\text{suministrado6}}} = 5.7 \cdot \text{cm}^2$$

## CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:  
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui  
Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar

cara inferior

momento máximo para el estado límite de servicio	$M = 14.343 \cdot \text{m} \cdot \text{kN}$
Momento de inercia de la sección fisurada	$I_{cr} = 1.38 \times 10^4 \cdot \text{cm}^4$
Profundidad del eje neutro	$x = 38.392 \cdot \text{mm}$
Esfuerzo actuante en el acero	$f_{s_{act}} = 134.402 \cdot \text{MPa}$
Parámetro relacionado con la fisura	$\gamma_c = 0.6 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$
Espaciamiento mínimo del refuerzo, por requerimiento de fisuramiento	$sep_{min} = 282 \cdot \text{mm}$