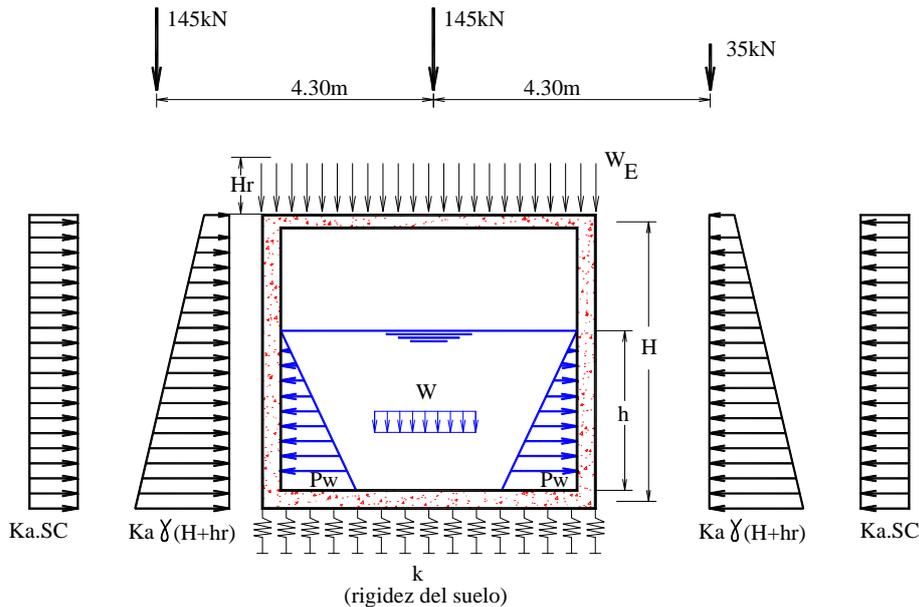


**ALCANTARILLA DE CONCRETO ARMADO 100x100**



coeficiente de balasto

**Datos de diseño**

- Luz libre span := 1.00m
- altura libre  $h_f := 1.00m$
- altura de relleno  $H_r := 1.40m$
- 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  $\phi := 32deg$

$$H := h_f + 0.5 \cdot (e_{losa\_sup} + e_{losa\_inf}) \quad H = 1.25 \text{ m}$$

$$H_T := H + 0.5 \cdot e_{losa\_sup} + H_r \quad H_T = 2.775 \text{ m}$$

$$B_c := span + 2 \cdot e_{muro} \quad B_c = 1.50 \text{ m} \quad \text{ancho exterior de la alcantarilla}$$

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.

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

$$F_e := 1 + 0.20 \cdot \frac{H_r}{B_c} \quad F_e = 1.187 \quad \text{Factor de interacción suelo - estructura}$$

$$W_E := \gamma_s \cdot F_e \cdot 1\text{m} \cdot H_r \quad W_E = 31.565 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**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 = 14.058

La sobrecarga se considerará distribuida sobre una área de contacto

A := 50cm + 1.15 · H<sub>T</sub>      A = 2.11 m

B := 25cm + 1.15 · H<sub>T</sub>      B = 1.86 m

$$SC := \begin{cases} \frac{145\text{kN} \cdot (1 + IM \div 100)}{A \cdot B} & \text{if } B > 1.80\text{m} \\ \frac{72.5\text{kN} \cdot (1 + IM \div 100)}{A \cdot B} & \text{otherwise} \end{cases} \quad SC = 42.14 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**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<sub>inf</sub> := k<sub>a</sub> · γ<sub>s</sub> · H<sub>T</sub> · 1m      P<sub>inf</sub> = 16.2 ·  $\frac{\text{kN}}{\text{m}}$

P<sub>sup</sub> := k<sub>a</sub> · γ<sub>s</sub> · (H<sub>T</sub> - H) · 1m      P<sub>sup</sub> = 8.903 ·  $\frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Presión de tierra reposo

P<sub>inf\_reposo</sub> := k<sub>o</sub> · γ<sub>s</sub> · H<sub>T</sub> · 1m      P<sub>inf\_reposo</sub> = 24.785 ·  $\frac{\text{kN}}{\text{m}}$

P<sub>sup\_reposo</sub> := k<sub>o</sub> · γ<sub>s</sub> · (H<sub>T</sub> - H) · 1m      P<sub>sup\_reposo</sub> = 13.621 ·  $\frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Presión por sobrecarga

| H <sub>T</sub> | h <sub>eq</sub> |
|----------------|-----------------|
| 1.5            | 1.2             |
| 3              | 0.9             |
| 6              | 0.6             |

H<sub>T</sub> = 2.775 m      h<sub>eq</sub> = 0.945

## 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

$$\begin{aligned} \text{sobrecarga} &:= h_{eq} \cdot \gamma_s & \text{sobrecarga} &= 17.955 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \\ P_{sc} &:= k_a \cdot \text{sobrecarga} \cdot 1\text{m} & P_{sc} &= 5.517 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} & P_{sc\_reposito} &:= k_o \cdot \text{sobrecarga} \cdot 1\text{m} = 8.44 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \end{aligned}$$

### 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 está diseñando y es definido como:

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

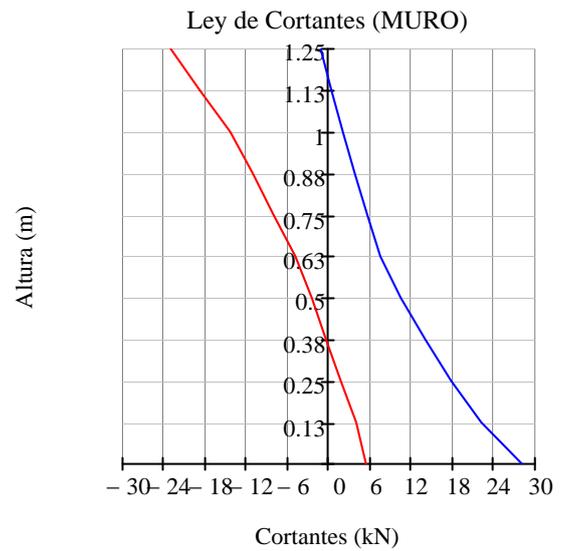
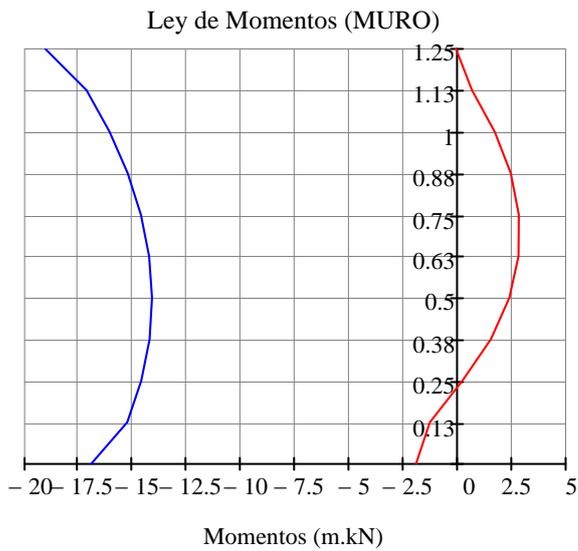
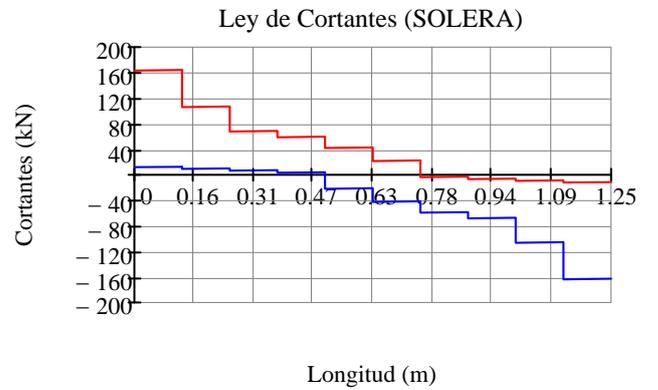
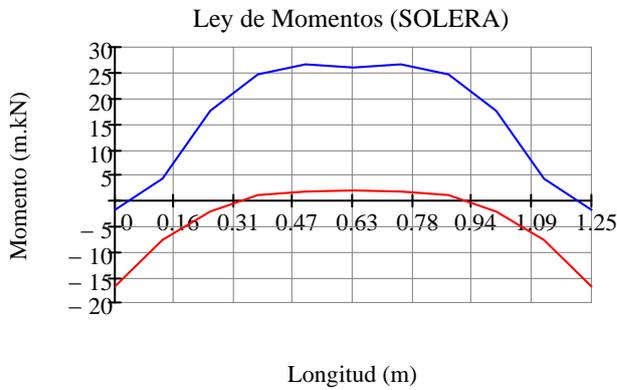
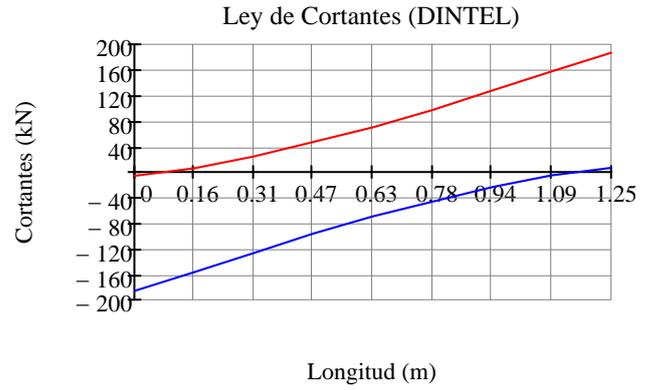
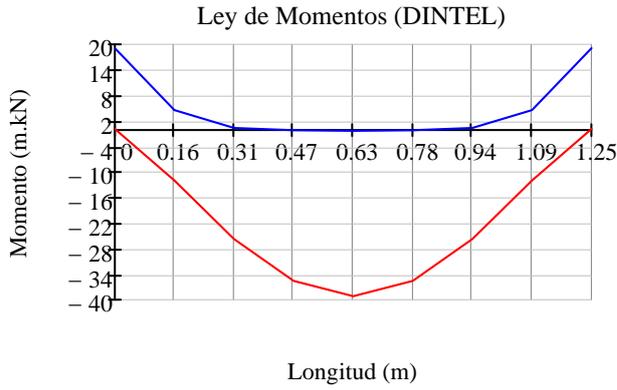
$$\begin{aligned} \text{Estado límite de resistencia} \quad \eta_D &:= 0.95 & \eta_R &:= 0.95 & \eta_L &:= 1.05 \\ \eta_{resist} &:= \text{round}(\eta_D \cdot \eta_R \cdot \eta_L, 2) & \eta_{resist} &= 0.95 \end{aligned}$$

b) Combinaciones de Carga y Factores de Carga (AASHTO Tabla 3.4.1-1)

| 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<br>1.35-0.90 | 1.50-<br>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<br>1.35-0.90 | 1.50-<br>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 - Sacsacocha - 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

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

correspondiente al requerido por agrietamiento

### Refuerzo negativo

$$M_{u\_neg} = 19.045\text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

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

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

momento negativo

momento máximo para el estado límite de servicio

$$M = 12.697\text{ m}\cdot\text{kN}$$

Momento de inercia de la sección fisurada

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

Profundidad del eje neutro

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

Esfuerzo actuante en el acero

$$f_{s\text{act}} = 142.009\text{ MPa}$$

Parámetro relacionado con la fisura

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

Espaciamiento mínimo del refuerzo, por requerimiento de fisuramiento

$$\text{sep\_min} = 231\text{ mm}$$

### Refuerzo positivo

$$M_{u\_pos} = 39.216\text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$A_s = 5.356\text{ cm}^2$$

$$\phi_2 := \frac{1}{2}\text{in} \quad \text{paso}_p := 15\text{cm}$$

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

$$A_{s\text{suministrado2}} = 8.45\text{ cm}^2$$

## 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                     | $M = 26.144 \cdot \text{m} \cdot \text{kN}$        |
| 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  | $f_{s_{act}} = 167.539 \cdot \text{MPa}$           |
| Parámetro relacionado con la fisura                                  | $\gamma_c = 0.55 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$ |
| Espaciamiento mínimo del refuerzo, por requerimiento de fisuramiento | $sep_{min} = 173 \cdot \text{mm}$                  |

### Refuerzo secundario (transversal al refuerzo principal)

$$A_{s_{transv}} = 4.674 \cdot \text{cm}^2 \quad \text{USE } \phi \text{ 1/2 A 25} \quad (\text{armadura inferior})$$
$$A_{s_{temp}} = 2.33 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \quad \text{USE } \phi \text{ 3/8 A 25} \quad (\text{armadura superior})$$

### Verificación por corte

$$V_u = 129.572 \cdot \text{kN} \quad \mu_u := M_{u\_neg} \quad A_s := A_{s_{sumministrado1}}$$

(cortante a una distancia d)

$$\phi_c \cdot V_c = 165.442 \cdot \text{kN}$$

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 - Sacsacocho - 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)

$$M_{u\_neg} = 19.045 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

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

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

momento negativo

$$\text{momento máximo para el estado límite de servicio} \quad M = 12.697 \cdot \text{m} \cdot \text{kN}$$

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

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

$$\text{Esfuerzo actuante en el acero} \quad f_{s\text{act}} = 142.009 \cdot \text{MPa}$$

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

$$\text{Espaciamiento mínimo del refuerzo, por requerimiento de fisuramiento} \quad \text{sep}_{\text{min}} = 26 \cdot \text{cm}$$

## Refuerzo vertical intrados (lado interior)

$$M_{u\_pos} = 2.837 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

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 - Sacsacocha - 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

$$M_{u\_neg} = 26.6 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

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

$$\phi_5 := \frac{3}{8} \text{ in}$$

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

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

$$A_{s_{\text{suministrado5}}} = 4.75 \cdot \text{cm}^2$$

cara superior

momento máximo para el estado límite de servicio  $M = 17.733 \cdot \text{m} \cdot \text{kN}$

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  $f_{s_{\text{act}}} = 198.344 \cdot \text{MPa}$

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

Espaciamiento mínimo del refuerzo, por requerimiento de fisuramiento  $\text{sep\_min} = 156 \cdot \text{mm}$

## Refuerzo en la cara inferior

$$M_{u\_pos} = 16.921 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

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

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

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

**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                     | $M = 11.28 \cdot \text{m} \cdot \text{kN}$        |
| 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  | $f_{s_{act}} = 105.707 \cdot \text{MPa}$          |
| Parámetro relacionado con la fisura                                  | $\gamma_c = 0.6 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$ |
| Espaciamiento mínimo del refuerzo, por requerimiento de fisuramiento | $sep_{min} = 300 \cdot \text{mm}$                 |