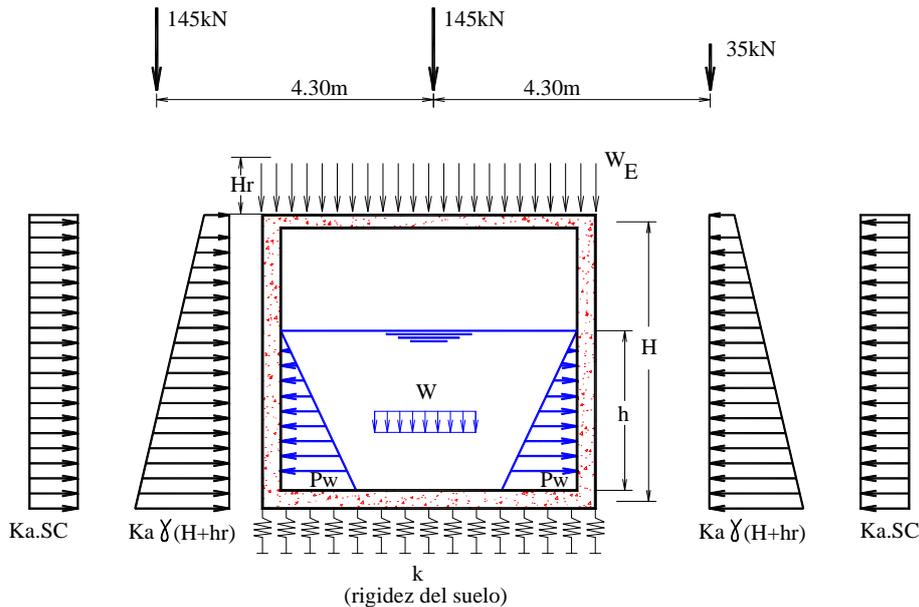


CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

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

ALCANTARILLA DE CONCRETO ARMADO 280x340

Km 4+850



coeficiente de balasto

Datos de diseño

Luz libre	span := 2.80m
altura libre	$h_f := 3.40\text{m}$
altura de relleno	$H_r := 0.50\text{m}$
espesor del muro	$e_{\text{muro}} := 0.30\text{m}$
espesor de losa superior	$e_{\text{losa_sup}} := 0.30\text{m}$
espesor losa inferior	$e_{\text{losa_inf}} := 0.30\text{m}$

peso específico del relleno $\gamma_s := 19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

ángulo de fricción interna del relleno $\phi := 32\text{deg}$

$H := h_f + 0.5 \cdot (e_{\text{losa_sup}} + e_{\text{losa_inf}})$ $H = 3.7\text{m}$

$H_T := H + 0.5 \cdot e_{\text{losa_sup}} + H_r$ $H_T = 4.35\text{m}$

$B_c := \text{span} + 2 \cdot e_{\text{muro}}$ $B_c = 3.40\text{m}$ 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/m³) 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/m³)

- 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.

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

$$F_e := 1 + 0.20 \cdot \frac{H_r}{B_c} \quad F_e = 1.029 \quad \text{Factor de interacción suelo - estructura}$$

$$W_E := \gamma_s \cdot F_e \cdot 1\text{m} \cdot H_r \quad W_E = 9.779 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

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:

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

$$IM = 26.235$$

La sobrecarga se considerará distribuida sobre una área de contacto

$$A := 50\text{cm} + 1.15 \cdot H_T \quad A = 1.075 \text{ m}$$

$$B := 25\text{cm} + 1.15 \cdot H_T \quad B = 0.825 \text{ m}$$

$$SC := \begin{cases} \frac{145\text{kN} \cdot (1 + IM \div 100)}{A \cdot B} & \text{if } B > 1.80\text{m} \\ \frac{72.5\text{kN} \cdot (1 + IM \div 100)}{A \cdot B} & \text{otherwise} \end{cases} \quad SC = 103.194 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Acciones Laterales

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

Presión de tierra activo

$$P_{\text{inf}} := k_a \cdot \gamma_s \cdot H_T \cdot 1\text{m} \quad P_{\text{inf}} = 25.395 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$P_{\text{sup}} := k_a \cdot \gamma_s \cdot (H_T - H) \cdot 1\text{m} \quad P_{\text{sup}} = 3.795 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Presión de tierra reposo

$$P_{\text{inf_reposo}} := k_0 \cdot \gamma_s \cdot H_T \cdot 1\text{m} \quad P_{\text{inf_reposo}} = 38.852 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$P_{\text{sup_reposo}} := k_0 \cdot \gamma_s \cdot (H_T - H) \cdot 1\text{m} \quad P_{\text{sup_reposo}} = 5.805 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Presión por sobrecarga

H_T	h_{eq}
1.5	1.2
3	0.9
6	0.6

$$H_T = 4.35 \text{ m} \quad h_{\text{eq}} = 0.765$$

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

$$\begin{aligned} \text{sobrecarga} &:= h_{eq} \cdot \gamma_s & \text{sobrecarga} &= 14.535 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \\ P_{sc} &:= k_a \cdot \text{sobrecarga} \cdot 1\text{m} & P_{sc} &= 4.466 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} & P_{sc_reposito} &:= k_o \cdot \text{sobrecarga} \cdot 1\text{m} = 6.833 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \end{aligned}$$

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 γ_i son los factores de carga y ϕ es el factor de resistencia; Q representa los efectos de las fuerzas; R_n es la resistencia nominal; η es un factor relacionado a la ductilidad, redundancia e importancia operativa para la cual se está diseñando y es definido como:

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

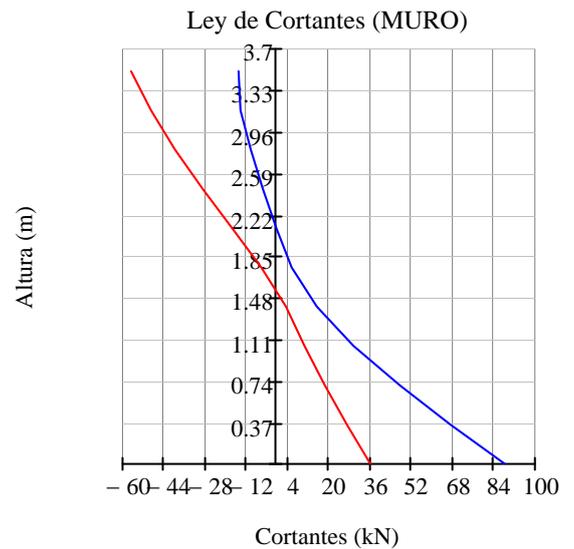
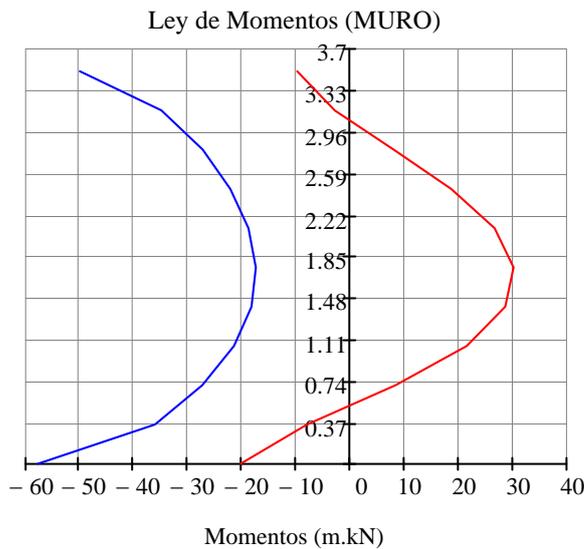
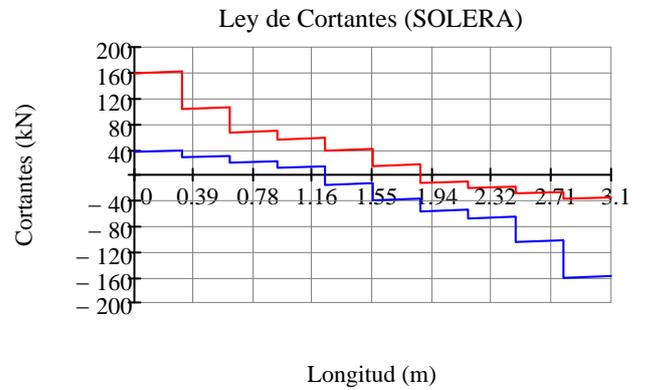
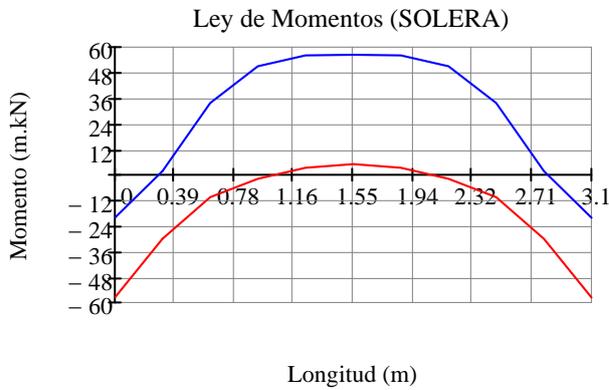
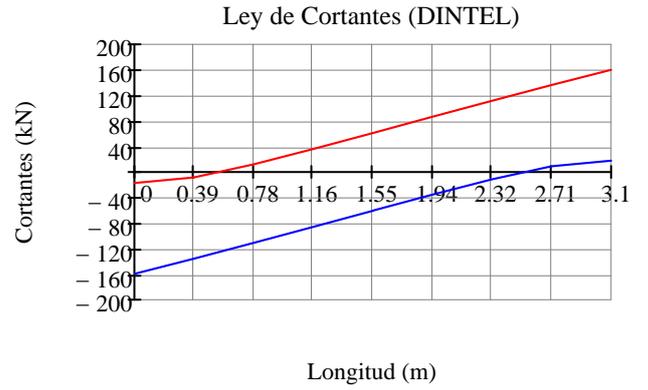
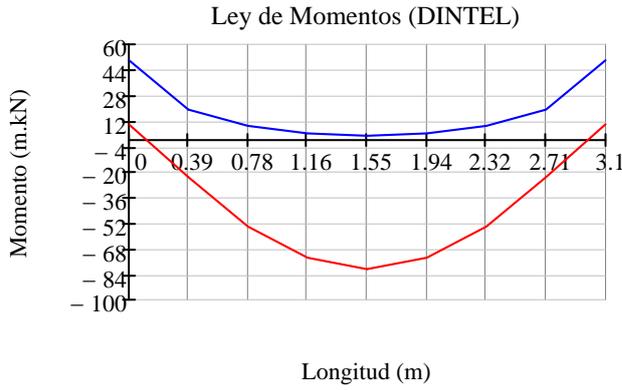
$$\begin{aligned} \text{Estado límite de resistencia} \quad \eta_D &:= 0.95 & \eta_R &:= 0.95 & \eta_L &:= 1.05 \\ \eta_{resist} &:= \text{round}(\eta_D \cdot \eta_R \cdot \eta_L, 2) & \eta_{resist} &= 0.95 \end{aligned}$$

b) Combinaciones de Carga y Factores de Carga (AASHTO 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

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

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

$$\text{recub_nominal} := 5\text{cm}$$

$$d := e_{\text{losa_sup}} - \text{recub_nominal} \quad d = 0.25\text{m}$$

Refuerzo mínimo

$$A_{s\text{min}} = 5.6 \cdot \text{cm}^2$$

correspondiente al requerido por agrietamiento

Refuerzo negativo

$$M_{u_neg} = 49.99 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$A_s = 5.649 \cdot \text{cm}^2$$

$$\phi_1 := \frac{1}{2}\text{in} \quad \text{paso}_n := 15\text{cm}$$

USE ϕ 1/2 A 15

$$A_{s\text{suministrado1}} = 8.445 \cdot \text{cm}^2$$

momento negativo

momento máximo para el estado límite de servicio $M = 33.326 \cdot \text{m} \cdot \text{kN}$

Momento de inercia de la sección fisurada $I_{cr} = 3.117 \times 10^4 \cdot \text{cm}^4$

Profundidad del eje neutro $x = 51.756 \cdot \text{mm}$

Esfuerzo actuante en el acero $f_{s\text{act}} = 169.55 \cdot \text{MPa}$

Parámetro relacionado con la fisura $\gamma_c = 0.55 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$

Espaciamiento mínimo del refuerzo, por requerimiento de fisuramiento $\text{sep_min} = 187 \cdot \text{mm}$

Refuerzo positivo

$$M_{u_pos} = 80.974 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$A_s = 8.945 \cdot \text{cm}^2$$

$$\phi_2 := \frac{5}{8}\text{in} \quad \text{paso}_p := 15\text{cm}$$

USE ϕ 5/8 A 15

$$A_{s\text{suministrado2}} = 13.2 \cdot \text{cm}^2$$

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

momento positivo

momento máximo para el estado límite de servicio	$M = 53.983 \cdot \text{m} \cdot \text{kN}$
Momento de inercia de la sección fisurada	$I_{cr} = 4.525 \times 10^4 \cdot \text{cm}^4$
Profundidad del eje neutro	$x = 62.858 \cdot \text{mm}$
Esfuerzo actuante en el acero	$f_{s_{act}} = 178.609 \cdot \text{MPa}$
Parámetro relacionado con la fisura	$\gamma_c = 0.55 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$
Espaciamiento mínimo del refuerzo, por requerimiento de fisuramiento	$sep_{min} = 166 \cdot \text{mm}$

Refuerzo transversa inferior

$$A_{s_{transv}} = 2.958 \cdot \text{cm}^2 \quad \text{USE } \phi \text{ 3/8 A 20} \quad (\text{armadura transversal inferior})$$
$$A_{s_{temp}} = 2.461 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \quad \text{USE } \phi \text{ 3/8 A 20} \quad (\text{armadura transversal superior})$$

Verificación por corte

$$V_u = 141.37 \cdot \text{kN} \quad \mu_u := M_{u_neg} \quad A_s := A_{s_{suministrado1}}$$

(cortante a una distancia d)

$$\phi_c \cdot V_c = 200.728 \cdot \text{kN}$$

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 - Sacsacocha - Puente Pallar

MUROS LATERALES

Datos de diseño

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

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

$$d := e_{\text{muro}} - 5\text{cm} \quad d = 0.25\text{ m}$$

Refuerzo mínimo

$$A_{s\text{min}} = 5.6 \cdot \text{cm}^2 \quad \text{correspondiente al requerido por agrietamiento}$$

Refuerzo vertical trasdos (lado de tierras)

$$M_{u_neg} = 57.752 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$A_s = 6.298 \cdot \text{cm}^2 \quad \phi_3 := \frac{1}{2} \text{in} \quad \text{paso}_m := 15\text{cm}$$

$$\text{USE } \phi \text{ 1/2 A 15} \quad A_{s\text{sumministrado3}} = 8.445 \cdot \text{cm}^2$$

momento negativo

$$\text{momento máximo para el estado límite de servicio} \quad M = 38.501 \cdot \text{m} \cdot \text{kN}$$

$$\text{Momento de inercia de la sección fisurada} \quad I_{cr} = 3.117 \times 10^4 \cdot \text{cm}^4$$

$$\text{Profundidad del eje neutro} \quad x = 51.756 \cdot \text{mm}$$

$$\text{Esfuerzo actuante en el acero} \quad f_{s\text{act}} = 195.877 \cdot \text{MPa}$$

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

$$\text{Espaciamiento mínimo del refuerzo, por requerimiento de fisuramiento} \quad \text{sep}_{\text{min}} = 170 \cdot \text{mm}$$

Refuerzo vertical intrados (lado interior)

$$M_{u_pos} = 30.189 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Nota = "Armadura por consideraciones de refuerzo mínimo"

$$A_s = 5.649 \cdot \text{cm}^2 \quad \text{USE } \phi \text{ 1/2" A 20}$$

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

CIMENTACION

Datos de diseño

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

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

$$e_{\text{losa_inf}} = 0.3 \text{ m} \quad \text{recub_nominal} := 5 \text{ cm}$$

$$d := e_{\text{losa_inf}} - \text{recub_nominal} \quad d = 0.25 \text{ m}$$

Refuerzo mínimo

$$A_{s_{\text{min}}} = 5.6 \cdot \text{cm}^2$$

correspondiente al requerido por agrietamiento

Refuerzo en la cara superior

$$M_{u_neg} = 56.288 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$A_s = 6.133 \cdot \text{cm}^2$$

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

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

USE ϕ 1/2 A 15

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

cara superior

momento máximo para el estado límite de servicio $M = 37.526 \cdot \text{m} \cdot \text{kN}$

Momento de inercia de la sección fisurada $I_{cr} = 3.117 \times 10^4 \cdot \text{cm}^4$

Profundidad del eje neutro $x = 51.756 \cdot \text{mm}$

Esfuerzo actuante en el acero $f_{s_{\text{act}}} = 190.913 \cdot \text{MPa}$

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

Espaciamiento mínimo del refuerzo, por requerimiento de fisuramiento $\text{sep_min} = 178 \cdot \text{mm}$

Refuerzo en la cara inferior

$$M_{u_pos} = 57.752 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$A_s = 6.298 \cdot \text{cm}^2$$

$$\phi_6 := \frac{1}{2} \text{ in}$$

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

USE ϕ 1/2 A 15

$$A_{s_{\text{suministrado6}}} = 8.445 \cdot \text{cm}^2$$

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

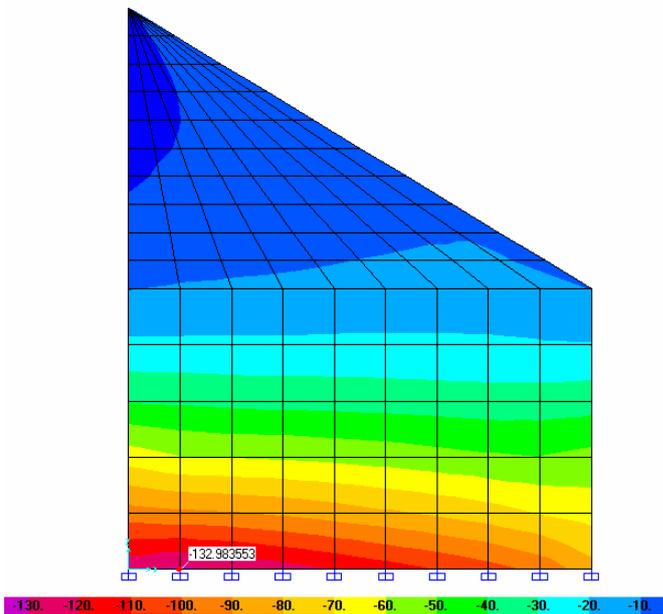
cara inferior

momento máximo para el estado límite de servicio	$M = 38.501 \cdot m \cdot kN$
Momento de inercia de la sección fisurada	$I_{cr} = 3.117 \times 10^4 \cdot cm^4$
Profundidad del eje neutro	$x = 51.756 \cdot mm$
Esfuerzo actuante en el acero	$f_{s_{act}} = 195.877 \cdot MPa$
Parámetro relacionado con la fisura	$\gamma_c = 0.6 \cdot \frac{N}{mm}$
Espaciamiento mínimo del refuerzo, por requerimiento de fisuramiento	$sep_{min} = 170 \cdot mm$

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

Aletas



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

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

$$c := 0.05 \text{ m} \quad (\text{recubrimiento})$$

$$\phi := 0.9$$

$$h := 0.35 \text{ m} \quad \phi_1 := \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$d := h - c - \frac{5}{8} \text{ in} - 0.5 \cdot \phi_1$$

$$d = 0.276 \text{ m} \quad b := 100 \text{ cm}$$

Refuerzo Vertical Negativo (trados)

$$M_{d_{\text{neg1}}} := 132.98 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Armadura Requerida

$$A_{s_{\text{min}}} = 7 \cdot \text{cm}^2 \quad A_{s_{\text{neg1}}} = 13.5 \cdot \text{cm}^2$$

$$s_{\text{tr1}} := 12.5 \text{ cm}$$

Estado Límite de Fisuración

Momento máximo para el estado límite de servicio

$$M = 98.504 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

Momento de inercia de la sección fisurada

$$I_{\text{cr}} = 69386.014 \cdot \text{cm}^4$$

Profundidad del eje neutro

$$x = 0.074 \text{ m}$$

Esfuerzo actuante en el acero

$$f_{s_{\text{act}}} = 247.423 \cdot \text{MPa}$$

Parámetro relacionado con la fisura

$$\gamma_c = 0.75$$

Parámetro

$$\beta_s = 1.283$$

Espaciamiento mínimo del refuerzo por requerimiento de fisuramiento

$$\text{sep} = 0.17 \text{ m}$$