



**ANÁLISIS Y DISEÑO DE VIGAS SÍSMICAS RECTANGULARES**

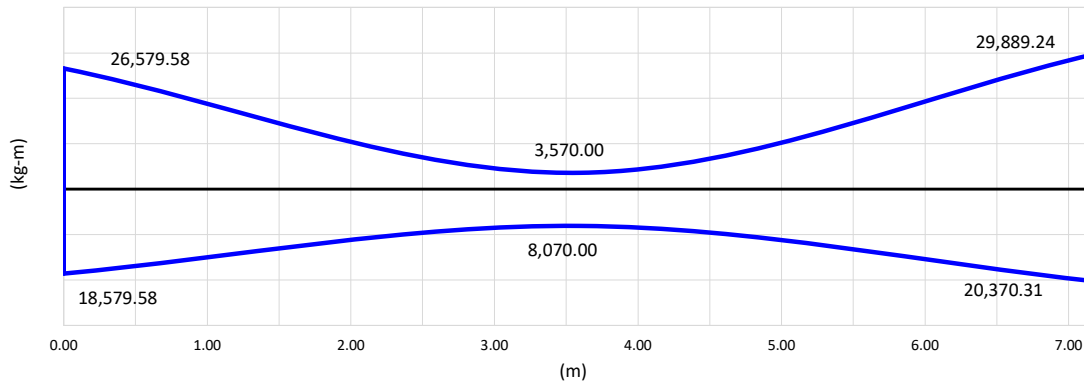
**DISEÑO POR FLEXIÓN**

a. Datos de Diseño      Descrip = **TRAMO 2 - Nivel 4**  
Viga = **V-104**

Propiedades Geométrica de la Sección		Propiedades Mecánicas	
$h = 0.60 \text{ m}$	Altura de la viga	$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Resistencia a la compresion
$b = 0.30 \text{ m}$	Base	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	Fluencia del acero
$recubrimiento = 0.06 \text{ m}$	recubrimiento	$E_c = 217371 \text{ kg/cm}^2$	M. elasticidad del concreto
$L_n = 7.20 \text{ m}$	Luz libre	$E_s = 2000000 \text{ kg/cm}^2$	M. elasticidad del acero

$M_{izq}^{(-)} = 26579.58 \text{ kg-m}$                        $M_{cent}^{(-)} = 3570.00 \text{ kg-m}$                        $M_{der}^{(-)} = 29889.24 \text{ kg-m}$

**Diagrama de Momentos Flectores en la Viga**



$M_{izq}^{(+)} = 18579.58 \text{ kg-m}$                        $M_{cent}^{(+)} = 8070.00 \text{ kg-m}$                        $M_{der}^{(+)} = 20370.31 \text{ kg-m}$

**b. Cálculos previos**

Peralte efectivo de la viga

$d = 0.54 \text{ m}$

Factor de eje neutro y profundidad

$\beta_1 = 0.85$

Cuántia Balanceada

$\rho_{bal} = 0.85 \frac{f'_c \beta_1}{f_y} \left( \frac{6000}{f_y + 6000} \right) = 0.021419$

Área de acero mínima 01:

$A_{s,min} = \frac{14}{f_y} b_w d = 5.40 \text{ cm}^2$

Área de acero mínima 02:

$A_{s,min} = 0.7 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d = 3.91 \text{ cm}^2$

$0.75 \rho_{bal} = 0.01606$       Cuántia Máxima

$0.50 \rho_{bal} = 0.01071$       Cuántia Recomendada

**c. Cálculo de las áreas de acero requeridas**

Apoyo Izquierdo Superior	Apoyo Izquierdo Inferior
$A_{s,min} = 5.40 \text{ cm}^2$	$A_{s,min} = 5.40 \text{ cm}^2$
$A_{s,max} = 26.02 \text{ cm}^2$	$A_{s,max} = 26.02 \text{ cm}^2$
$\rho_{min} = 0.00333$	$\rho_{min} = 0.00333$
$\rho_{max} = 0.01606$	$\rho_{max} = 0.01606$
$M_u = 2657958 \text{ kg-cm}$	$M_u = 1857958 \text{ kg-cm}$
$\rho = 0.0090$	$\rho = 0.00605$
<b>Cumple la <math>\rho</math></b>	<b>Cumple la <math>\rho</math></b>
$A_s = 14.57 \text{ cm}^2$	$A_s = 9.80 \text{ cm}^2$

Apoyo Derecho Superior	Apoyo Derecho Inferior
$A_{s,min} = 5.40 \text{ cm}^2$	$A_{s,min} = 5.40 \text{ cm}^2$
$A_{s,max} = 26.02 \text{ cm}^2$	$A_{s,max} = 26.0 \text{ cm}^2$
$\rho_{min} = 0.00333$	$\rho_{min} = 0.00333$
$\rho_{max} = 0.01606$	$\rho_{max} = 0.01606$
$M_u = 2988924 \text{ kg-cm}$	$M_u = 2037031 \text{ kg-cm}$
$\rho = 0.01029$	$\rho = 0.00669$
<b>Cumple la <math>\rho</math></b>	<b>Cumple la <math>\rho</math></b>
$A_s = 16.67 \text{ cm}^2$	$A_s = 10.83 \text{ cm}^2$

Distribucion del acero continuo	Distribucion del acero continuo
3 $\phi$ 3/4" +	3 $\phi$ 3/4"
Distribucion de los bastones	Distribucion de los bastones
2 $\phi$ 3/4" 1 $\phi$ 5/8"	2 $\phi$ 5/8"

$$A_s = 16.23 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 12.51 \text{ cm}^2$$

**Cumple**

**Cumple**

Distribucion del acero continuo	Distribucion del acero continuo
3 $\phi$ 3/4" +	3 $\phi$ 3/4"
Distribucion de los bastones	Distribucion de los bastones
2 $\phi$ 3/4" + 1 $\phi$ 3/4"	2 $\phi$ 5/8" +

$$A_s = 17.10 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 12.51 \text{ cm}^2$$

**Cumple**

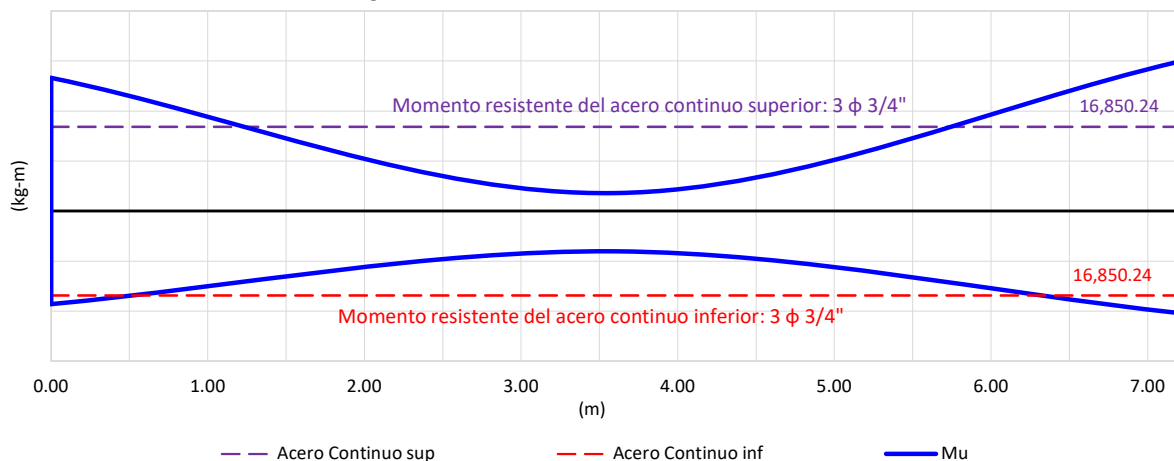
**Cumple**

#### d. Análisis del momento resistente por el acero distribuido

Barillas de Acero	Acero Continuo sup. 3 $\phi$ 3/4"	Acero Continuo inf. 3 $\phi$ 3/4"	Apoyo Izquierdo Superior	Apoyo Izquierdo Inferior	Apoyo Derecho Superior	Apoyo Derecho Inferior
			3 $\phi$ 3/4"	3 $\phi$ 3/4"	3 $\phi$ 3/4"	3 $\phi$ 3/4"
$A_s =$	8.55 cm <sup>2</sup>	8.55 cm <sup>2</sup>	2 $\phi$ 3/4" 1 $\phi$ 5/8"	2 $\phi$ 5/8"	2 $\phi$ 3/4" 1 $\phi$ 3/4"	2 $\phi$ 5/8"
$A_{s \text{ min}} =$	3.91 cm <sup>2</sup>	3.91 cm <sup>2</sup>	3.91 cm <sup>2</sup>	3.91 cm <sup>2</sup>	3.91 cm <sup>2</sup>	3.91 cm <sup>2</sup>
condicion:			Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
$\rho =$	0.005278	0.005278	0.010019	0.007722	0.010556	0.007722
$\rho_{\text{max}} =$	0.016064	0.016064	0.016064	0.016064	0.016064	0.016064
condicion:			Cumple la $\rho$	Cumple la $\rho$	Cumple la $\rho$	Cumple la $\rho$
$a =$	3.73 cm	3.73 cm	7.07 cm	5.45 cm	7.45 cm	5.45 cm
$M_n =$	18722.49 kg-m	18722.49 kg-m	34399.33 kg-m	26940.65 kg-m	36107.15 kg-m	26940.65 kg-m
$M_u = \phi M_n =$	16850.24 kg-m	16850.24 kg-m	30959.39 kg-m	24246.59 kg-m	32496.44 kg-m	24246.59 kg-m

#### e. Análisis de los puntos teoricos para el corte de acero

Diagrama Inicial de Puntos de Corte del Acero Teorico



##### Distribucion acero izquierdo

Longitud de desarrollo del acero

$$L_d \text{ 3/4"} = 84.00 \text{ cm}$$

$$L_d \text{ 3/4"} = 84.00 \text{ cm}$$

$$L_d \text{ 5/8"} = 70.00 \text{ cm}$$

$$L_{d \text{ max}} = 84.00 \text{ cm}$$

12 veces diametro de la barilla

$$12\phi \text{ 3/4"} = 22.92 \text{ cm}$$

$$12\phi \text{ 3/4"} = 22.92 \text{ cm}$$

$$12\phi \text{ 5/8"} = 19.08 \text{ cm}$$

$$12\phi \text{ max} = 22.92 \text{ cm}$$

##### Distribucion de acero central

Longitud de desarrollo del acero

$$L_d \text{ 3/4"} = 84.00 \text{ cm}$$

$$L_d \text{ 5/8"} = 70.00 \text{ cm}$$

$$L_d \text{ max} = 84.00 \text{ cm}$$

12 veces diametro de la barilla

$$12\phi \text{ 3/4"} = 22.92 \text{ cm}$$

$$12\phi \text{ 5/8"} = 19.08 \text{ cm}$$

$$12\phi \text{ max} = 22.92 \text{ cm}$$

##### Distribucion acero derecho

Longitud de desarrollo del acero

$$L_d \text{ 3/4"} = 84.00 \text{ cm}$$

$$L_d \text{ 3/4"} = 84.0 \text{ cm}$$

$$L_d \text{ 3/4"} = 84.00 \text{ cm}$$

$$L_d \text{ max} = 84.00 \text{ cm}$$

12 veces diametro de la barilla

$$12\phi \text{ 3/4"} = 22.92 \text{ cm}$$

$$12\phi \text{ 3/4"} = 22.92 \text{ cm}$$

$$12\phi \text{ 3/4"} = 22.92 \text{ cm}$$

$$12\phi \text{ max} = 22.92 \text{ cm}$$

Elegimos el mayor de "12φ" y "d"

$$L'_c = 54.00 \text{ cm}$$

Punto de corte teorico izquierdo

$$P_{izq} = 1.20 \text{ m (Superior)}$$

$$P_{izq} = 0.60 \text{ m (Inferior)}$$

$$d = 54.00 \text{ cm}$$

Elegimos el mayor de "12φ" y "d"

$$L'_c = 54.00 \text{ cm}$$

Punto de corte teorico central izq.

$$P_{izq} = 2.75 \text{ m}$$

$$P_{c\text{der}} = 4.30 \text{ m}$$

Elegimos el mayor de "12φ" y "d"

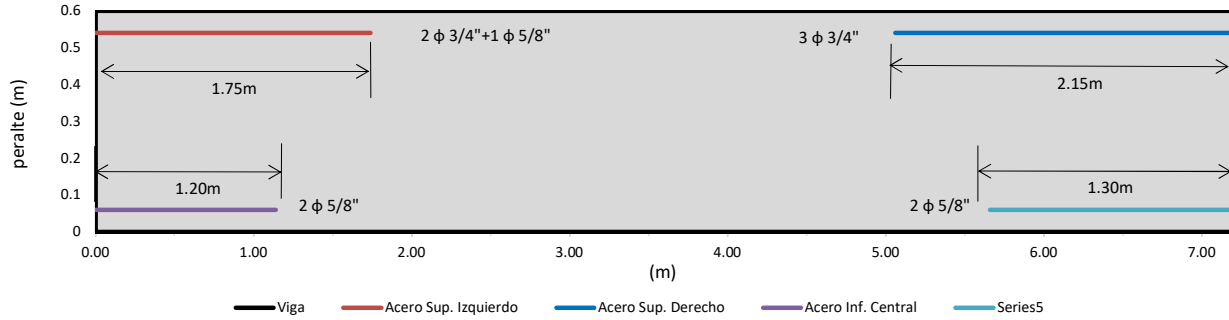
$$L'_c = 54.00 \text{ cm}$$

Punto de corte teorico derecho

$$P_{c\text{der}} = 5.60 \text{ m (Superior)}$$

$$P_{c\text{der}} = 6.20 \text{ m (Inferior)}$$

Diagrama Final de los Puntos de Corte del Acero



Longitud del baston izquierdo

Verificacion de la longitud de corte

$$\text{Incr} = \text{[Valor en amarillo]}$$

$$L_{\text{corte}} = 1.74 \text{ m}$$

$$L_{d \text{ max}} = 0.84 \text{ m}$$

**Cumple**

$$L_{\text{baston}} = 1.74 \text{ m}$$

Longitud del baston central

Verificacion de la longitud de corte

$$\text{Incr} = \text{[Valor en amarillo]}$$

$$L_{\text{corte}} = 0.57 \text{ m}$$

$$L_{d \text{ max}} = 0.84 \text{ m}$$

**Incrementar Longitud**

$$L_{\text{baston}} = 1.14 \text{ m}$$

Longitud del baston derecho

Verificacion de la longitud de corte

$$\text{Incr} = \text{[Valor en amarillo]}$$

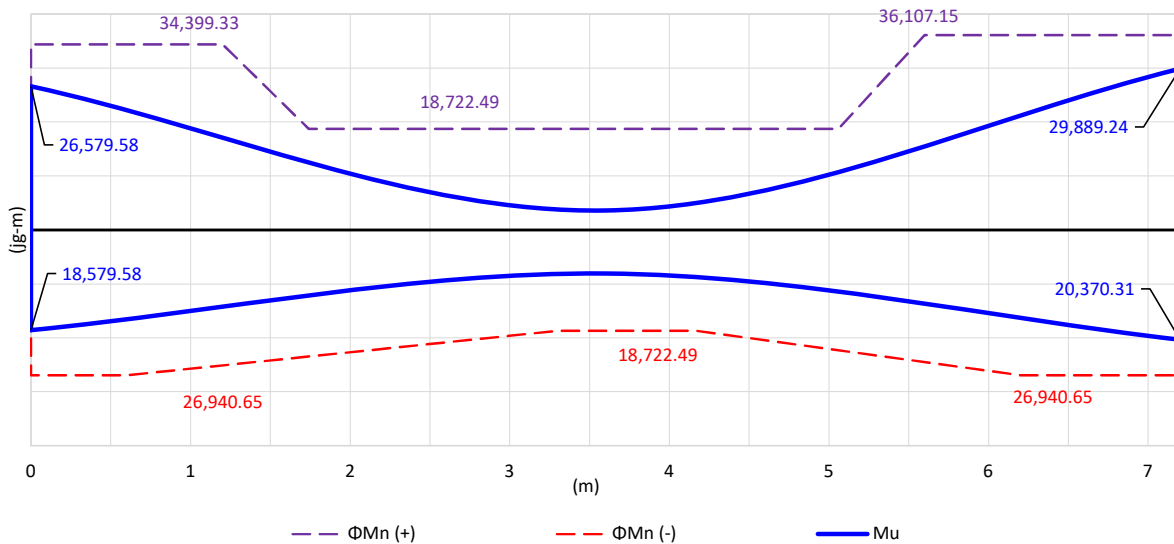
$$L_{\text{corte}} = 2.14 \text{ m}$$

$$L_{d \text{ max}} = 0.84 \text{ m}$$

**Cumple**

$$L_{\text{baston}} = 2.14 \text{ m}$$

Diagrama de Momento Resistente



**DISEÑO A CORTE**

a. Datos de Diseño

$V_u = 21178.94 \text{ kg}$

$V_{CM} = 12641.57 \text{ kg}$

$V_{CV} = 5576.91 \text{ kg}$

b. Area de acero y momentos nominales

Lado Izquierdo

$A_{s \text{ sup}} = 16.23 \text{ cm}^2$        $M_{n \text{ sup}} = 30959.39 \text{ kg-m}$

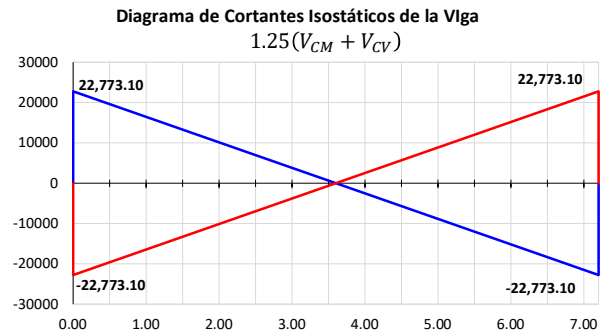
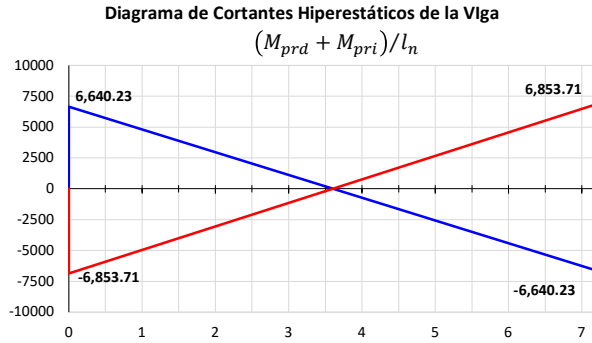
$A_{s \text{ inf}} = 8.55 \text{ cm}^2$        $M_{n \text{ inf}} = 16850.24 \text{ kg-m}$

Lado Derecho

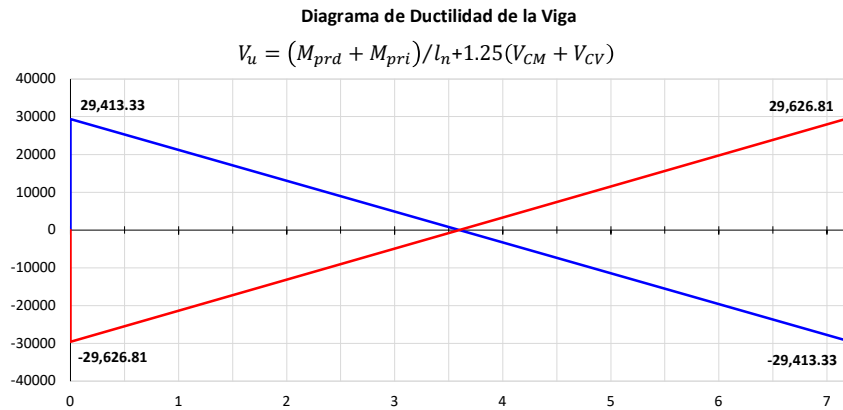
$A_{s \text{ sup}} = 17.10 \text{ cm}^2$        $M_{n \text{ sup}} = 32496.44 \text{ kg-m}$

$A_{s \text{ inf}} = 8.55 \text{ cm}^2$        $M_{n \text{ inf}} = 16850.24 \text{ kg-m}$

b. Diagrama de cortantes hiperestaticos e isostaticos de la viga



c. Diagrama de la resultante por ductilidad en la viga



d. Diagrama de fuerzas cortantes para el diseño de la viga

Cortante maximo por requisitos de ductilidad

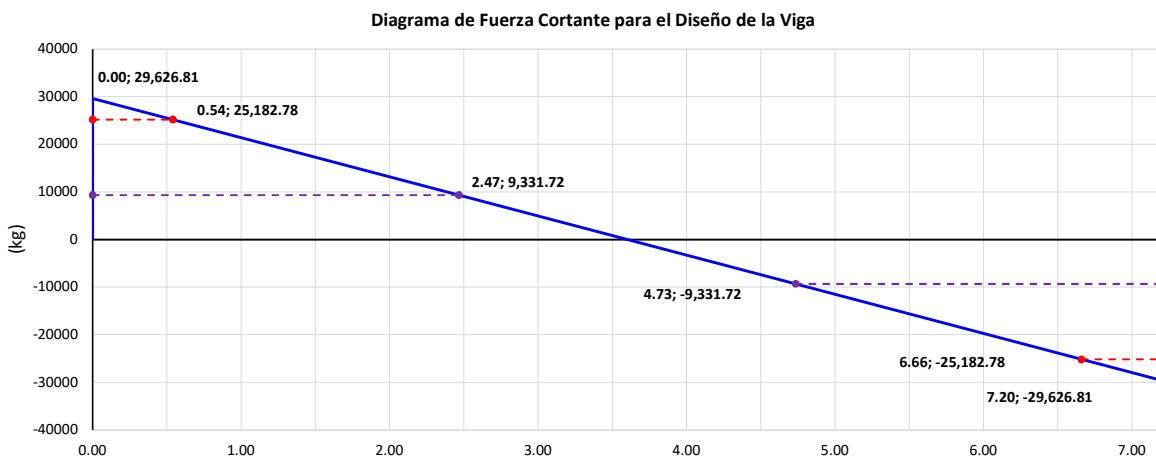
Cortante maximo obtenido del analisis estructural

Cortante maximo de diseño

$V_u = 29626.81 \text{ kg}$

$V_u = 21178.94 \text{ kg}$

$V_u = 29626.81 \text{ kg}$



(m)

Resistencia del concreto al cortante  $\phi = 0.75$

$$\phi V_c = 0.75 \cdot 0.53 \sqrt{f'_c} b_w d = 9331.72 \text{ kg}$$

Cortante a la distancia "d" de la cara del apoyo

$$V_{ud} = 25182.78 \text{ kg}$$

El corte que debe ser resistido por el acero es:

$$V_s = \left( \frac{V_{ud}}{\phi} \right) - V_c = 21134.75 \text{ kg}$$

Distancia de la cara del apoyo hasta la resistencia del concreto

$$L_{vc} = 2.47 \text{ m}$$

Distancia de la cara del apoyo

$$L_{dc} = 0.54 \text{ m}$$

Resistencia al cortante maxima del acero

$$V_{smax} = 2.12 \sqrt{f'_c} b_w d = 49769.18 \text{ kg}$$

**Cumple**

La separacion para estribos vertivales, sera:

$$\phi A_v = \phi 3/8"$$

$$A_v = 1.42 \text{ cm}^2$$

$$s = \frac{A_v f_y d}{V_s} = 15.24 \text{ cm} \dots\dots\dots (1)$$

Se debe de verificar la separacion maxima de los estribos de acuerdo a las siguientes condiciones

- si:  $V_u \leq \frac{V_c}{2}$  :

$$\frac{V_u}{\phi} = 33577.05 \text{ kg}$$

$$\frac{V_c}{2} = 6221.15 \text{ kg}$$

**No verifica**

- si:  $\frac{V_u}{\phi} > \frac{V_c}{2}$  y  $\frac{V_u}{\phi} \leq V_c$  :

$$\frac{V_u}{\phi} = 33577.05 \text{ kg}$$

$$V_c = 12442.30 \text{ kg}$$

**No verifica**

- si:  $\frac{V_u}{\phi} > V_c$  :

si:  $\frac{V_u}{\phi} \leq 1.06 b_w d \sqrt{f'_c}$  :

$$1.06 b_w d \sqrt{f'_c} = 24884.59 \text{ kg}$$

$$s \leq d/2, \quad s \leq 60 \text{ cm}$$

**No verifica**

si:  $\frac{V_u}{\phi} > 1.06 b_w d \sqrt{f'_c}$  y  $\frac{V_u}{\phi} \leq 2.12 b_w d \sqrt{f'_c}$  :

$$2.12 b_w d \sqrt{f'_c} = 49769.18 \text{ kg}$$

$$s \leq d/4, \quad s \leq 30 \text{ cm}$$

**S = 30 cm**

La separacion maxima que tendran nuestros estribos sera de:

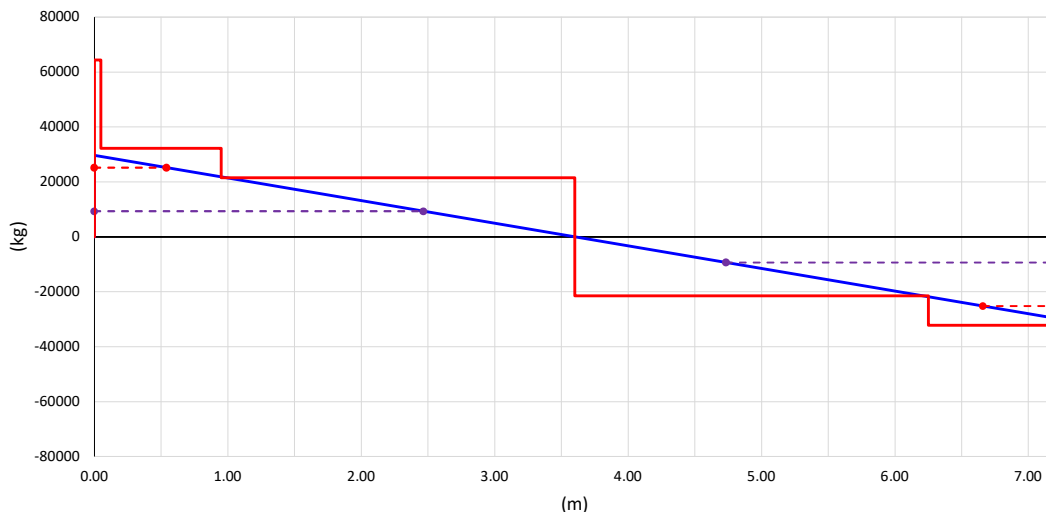
$$S = 15.24 \text{ cm}$$

**e. Distribucion final de los estribos en la viga**

corregir la automatizacion distribucion de estribos.

Estrib.  $\phi 3/8"$  : 1@0.05 m ; 6@0.10 m ; 3@0.15 m ; Rto. @ 0.15 m

**Diagrama de Fuerza Cortante para el Diseño de la Viga**



**a. Verificación del agrietamiento en la viga**

Peralte efectivo de la viga

$$d = 54.00 \text{ cm}$$

El momento crítico "Mcr" de la viga sera:

$$M_{cr} = \frac{I_g f_r}{y_t} = 5216.90 \text{ kg-m}$$

Momento de inercia bruta:

$$I_g = 540000.00 \text{ cm}^4$$

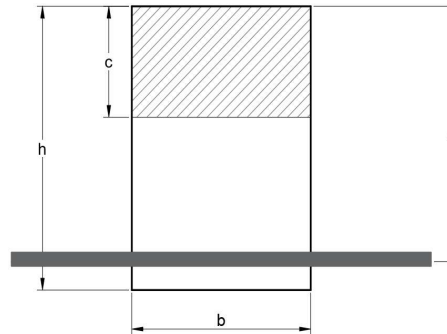
Modulo de ruptura del concreto

$$f_r = 2\sqrt{f'_c} = 28.98 \text{ kg/cm}^2$$

El momento ultimo actuante en el centro de la viga es:

$$M_u = 29889.24 \text{ kg-m}$$

**Seccion Agrietada**



**b. Calculo de la inercia agrietada**

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 9.20$$

$$A_s = 12.51 \text{ cm}^2$$

$$b = 30.00 \text{ cm}$$

$$d = 54.00 \text{ cm}$$

$$c = 16.88 \text{ cm}$$

$$I_{cr} = \frac{bc^3}{3} + nA_s(d - c)^2 = 206696.61 \text{ cm}^4$$

**c. Verificamos el esfuerzo en el acero "fs"**

$$f_s = n \frac{M_u(d - c)}{I_{cr}} = 4939.07 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_s = 2520.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{smax} = 0.6f_y = 2520 \text{ kg/cm}^2$$

**d. Determinamos el ancho de la grieta mediante la siguiente ecuacion formulada por Gergely Lutz:**

$$w_{max} = 0.1086 \cdot 10^{-4} \beta f_s^3 \sqrt{d_c A}$$

$$\beta = \left( \frac{h - c}{d - c} \right) = 1.16$$

$$d_c = 6.00 \text{ cm} \quad (\text{recubrimiento del concreto})$$

$$t = 12.00 \text{ cm} \quad (\text{concreto en tension} = 2.d_c)$$

$$\gamma_{bc} = 5 \quad (\text{Numero de barras de refuerzo})$$

$$A = \frac{b t}{\gamma_{bc}} = 72.00 \text{ cm}^2$$

$$w_{max} = 0.2403 \text{ mm}$$

**e. Verificamos los anchos de grieta permisibles:**

Exposición : Aire seco o con membrana de proteccion

$$W_{permitido} = 0.41 \text{ mm}$$

Cumple

**f. Determinacion del factor Z recomendado por el ACI**

$$Z = f_s \sqrt{d_c A} = 19050.01 \text{ kg/cm}$$

El valor de Z no excedera de: Para vigas en interiores

$$Z_{max} = 31000.00 \text{ kg/cm}$$

Cumple

Tipo de viga Viga ( Empotrado - Empotrado )

480 (RNE)

**a. Determinacion de las cargas distribuidas de servicio "WD+L", "WD" y ultima "Wu"**

$$\text{Losa} = 350.00 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{cv} = 400.00 \text{ kg/m}^2$$

$$B_t = 4.50 \text{ m}$$

$$W_{CM} = 150.00 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{s/c} = 25.00 \text{ kg/m}^2$$

$$L_n = 7.20 \text{ m}$$

$$W_D = 2250.00 \text{ kg/m}$$

$$W_L = 1912.50 \text{ kg/m}$$

Carga distribuida ultima

$$\omega_{CM+CV} = CM + CV = 4162.50 \text{ kg/m}$$

$$\omega_{CM} = 2250.00 \text{ kg/m}$$

$$w_u = 1.4CM + 1.7CV = 6401.25 \text{ kg/m}$$

**b. Calculo de los momentos actuantes "Ma(D+L)", "Ma(D)" y ultimos "Mu"**

$$M_{a(CM+CV)} = 26973.00 \text{ kg-m}$$

$$M_{aCM} = 14580.00 \text{ kg-m}$$

$$M_u = 41480.10 \text{ kg-m}$$

**c. Momento crítico "Mcr" de la viga**

Momento de inercia bruta:

$$I_g = 540000.00 \text{ cm}^4$$

Modulo de ruptura del concreto

$$f_r = 2\sqrt{f'_c} = 28.98 \text{ kg/cm}^2$$

El momento crítico "Mcr" de la viga sera:

$$M_{cr} = \frac{I_g f_r}{y_t} = 5216.90 \text{ kg-m}$$

**d. Determinamos el valor de la inercia agrietada "Icr"**

$$I_{cr} = \frac{bc^3}{3} + nA_s(d - c)^2 = 206696.61 \text{ cm}^4$$

e. Calculo de la inercias efectivas " $I_{e(CM+CV)}$ " y " $I_{e(CM)}$ "

$$I_{e(CM+CV)} = \frac{M_{cr}^3 I_g}{M_{a(CM+CV)}^3} + I_{cr} - \frac{M_{cr}^3 I_{cr}}{M_{a(CM+CV)}^3} = 209108.12 \text{ cm}^4 \leq I_g = 540000.00 \text{ cm}^4 \quad \text{Ok}$$

$$I_{eCM} = \frac{M_{cr}^3 I_g}{M_{aCM}^3} + I_{cr} - \frac{M_{cr}^3 I_{cr}}{M_{aCM}^3} = 221965.37 \text{ cm}^4 \leq I_g = 540000.00 \text{ cm}^4 \quad \text{Ok}$$

f. Hallamos el valor de las deflexiones inmediatas para " $\Delta_{i(CM+CV)}$ ", " $\Delta_{i(CM)}$ " y " $\Delta_{i(CV)}$ "  $\Delta = \frac{1}{384} \frac{\omega_u L^4}{EI}$

$$\Delta_{i(CM+CV)} = \frac{1}{384} \frac{\omega_{(CM+CV)} L^4}{EI_{e(CM+CV)}} = 0.6409 \text{ cm}$$

$$\Delta_{iCM} = \frac{1}{384} \frac{\omega_{CM} L^4}{EI_{eCM}} = 0.3264 \text{ cm}$$

$$\Delta_{iCV} = \Delta_{i(CM+CV)} - \Delta_{iCM} = 0.3145 \text{ cm}$$

g. El valor de la deflexion inmediata " $\Delta_i$ " estara dada por:

$$\Delta_i = \Delta_{iCM} - 0.40 \Delta_{iCV} = 0.4522 \text{ cm}$$

h. El valor de la deflexion diferida o a largo plazo " $\Delta_{dif}$ " estara dada por:

$$\Delta_{dif} = \frac{\xi \Delta_i}{1 + 50 \rho'} = 0.9043 \text{ cm}$$

Periodo de tiempo en el calculo de las deflexiones:

**t > 5 años**

$\xi = 2.0$

Cuantia de acero en compresion en la parte central de la viga

$\rho' =$   

i. El valor de la deflexion total " $\Delta$ " estara dada por:

$$\Delta = \Delta_{dif} + \Delta_{iCV} = 1.2189 \text{ cm}$$

$$\Delta_{max} = \frac{L}{480} = 1.50 \text{ cm}$$

**Cumple**