

Proyecto:  
Ubicación:  
Fecha: DD-MM-AAAA

## Hoja de cálculo

### Diseño de vigas de concreto

#### a. Materiales

##### Concreto

$$f_c = 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Resistencia a la compresión del concreto  $f'_c$  8.1.2 [2]

$$E_c = 218820 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Módulo de elasticidad del concreto  $E_c$  19.2.2.1.b

$$\lambda = 1$$

Factor de modificación para concreto liviano T.19.2.4.1(a) [1]

$$\epsilon_{cu} = 0.003$$

Deformación última del concreto F.21.2.2a [1]

##### Refuerzo longitudinal

Acero Gr60

Grado refuerzo 8.1.2 [2] T.20.2.2.4(a) [1]

$$f_{yl} = 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Límite de fluencia del refuerzo 8.1.2 [2]

$$E_{sl} = 2100000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Módulo de elasticidad del acero de refuerzo 8.1.4 [2]

$$\epsilon_{yl} = 0.002$$

Deformación de fluencia para el acero 8.1.4 [2]

##### Refuerzo transversal

Acero Gr40

Acero o grado refuerzo 8.1.2 [2] R25.3.3 y T.20.2.2.4(a) [1]

$$f_{yv} = 2800 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Límite de fluencia del refuerzo 8.1.2 [2]

$$E_{sv} = 2100000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Módulo de elasticidad del acero de refuerzo 8.1.4 [2]

$$\epsilon_{yv} = 0.0013$$

Deformación de fluencia para el acero 8.1.4 [2]

b. Geometría

Sección transversal

L = 6.84 m Longitud de la viga  
b = 35 cm Ancho 8.2.1 [2]  
h = 45 cm Peralte T.9.3.1.1 [1]

Refuerzo longitudinal positivo

N° 5 Capa 1 8.1.2 [2]  
n<sub>b1</sub> = 3 T.20.2.2.4(a) y 18.6.3.1. [1]  
N° 3 Capa 2 8.1.2 [2]  
n<sub>b2</sub> = 0 T.20.2.2.4(a) y 18.6.3.1. [1]  
Sep<sub>pos</sub> = 5 cm Separación capas 25.2 [1]  
A<sub>s,pos</sub> = 5.94 cm<sup>2</sup> Área de refuerzo  
Calculado de acuerdo con  
datos de [3]

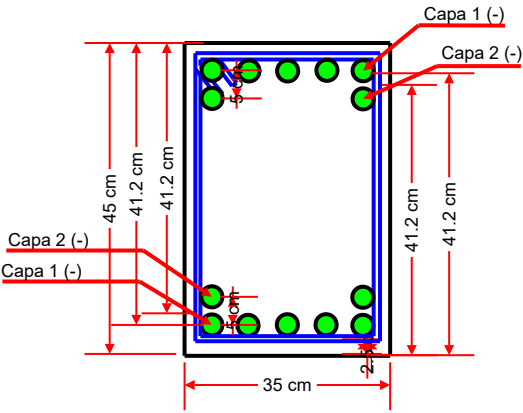
d<sub>pos</sub> = 41.2 cm  
d<sub>t,pos</sub> = 41.2 cm

Refuerzo longitudinal negativo

N° 6 Capa 1 8.1.2 [2] T.20.2.2.4(a) y 18.6.3.1. [1]  
n<sub>b1</sub> = 4  
N° 6 Capa 2 8.1.2 [2] T.20.2.2.4(a) y 18.6.3.1. [1]  
n<sub>b2</sub> = 2  
Sep<sub>neg</sub> = 5 cm Separación capas 25.2 [1]  
A<sub>s,neg</sub> = 17.1 cm<sup>2</sup> Área de refuerzo Calculado de acuerdo con datos de [3]  
d<sub>neg</sub> = 39.4 cm Peralte efectivo a centroide de refuerzo pp.18 [1]  
d<sub>t,neg</sub> = 41.1 cm Peralte efectivo a la última capa F.21.2.2a [1]

Refuerzo longitudinal por torsión

N° 4 En caso de requerir refuerzo por torsión, mínimo una barra por esquina.  
n<sub>b1</sub> = 0  
Sep<sub>T</sub> = 8 cm Separación máxima entre barras para torsión  
A<sub>s,T,L</sub> = 0 cm<sup>2</sup> Área de refuerzo longitudinal para torsión. Calculado de acuerdo con datos de [3]



Refuerzo transversal

$C_c = 2.5\text{ cm}$	Recubrimiento al aro T.20.5.1.3.1 [1]
N° 4	Barra del aro 8.1.2 [2] R25.3.3 y T.20.2.2.4(a) [1]
$S = 15\text{ cm}$	Separación típica de aros
$n = 1$	Número de aros en la sección F.R25.7.2.3a [1]
$A_t = 2.54\text{ cm}^2$	Área de refuerzo por cortante Calculado de acuerdo con datos de [3]

d. Resistencia a la flexión

Fuerzas de diseño

$M_{u,pos} = -7773\text{ kgf} \cdot \text{m}$	Momento último positivo
$M_{u,neg} = 18942\text{ kgf} \cdot \text{m}$	Momento último negativo

Parámetros requeridos para cálculo

$\beta_1 = 0.85$	Factor de bloque rectangular equivalente T.22.2.2.4.3 [1]
------------------	---

Límites por capacidad

$N_{u,m} = 0\text{ kgf}$	Flexión	Límite de carga axial para flexión "pura" 8.2. [2]
--------------------------	---------	--

Límites de refuerzo

$\rho_{pos} = 0.0041$	Cumple	Cuantía de refuerzo propuesta [1]
$\rho_{neg} = 0.012$	Cumple	
$\rho_b = 0.022$		Cuantía de refuerzo balanceado [1]
$\rho_{m\acute{a}x} = 0.025$		Cuantía máxima 8.2.2 [1]
$\rho_{m\acute{i}n} = 0.0033$		Cuantía mínima 8.2.3 [1]

Estimación de la capacidad

Momento positivo		
$a_{pos} = 4.0\text{ cm}$		Altura del bloque rectangular equivalente [1]
$\epsilon_{st,pos} = 0.023$	Controlado tensión	Comportamiento T.21.2.1 [1]
$M_{n,pos} = 9768.1\text{ kgf} \cdot \text{m}$		Capacidad nominal 22.4.1.1 [1]
$\phi_{m,pos} = 0.9$		Factor de reducción T.21.2.1 [1]
$\phi M_{n,pos} = 8791.3\text{ kgf} \cdot \text{m}$		Capacidad nominal reducida 9.5.1.1[1]

Proyecto:  
Ubicación:  
Fecha: DD-MM-AAAA

Momento negativo		
$a_{neg} = 11.5 \text{ cm}$		Altura del bloque rectangular equivalente [1]
$\epsilon_{st,neg} = 0.0061$	Controlado tensión	Comportamiento T.21.2.1 [1]
$M_{n,neg} = 24172.2 \text{ kgf} \cdot \text{m}$		Capacidad nominal 22.4.1.1 [1]
$\phi_{m,neg} = 0.9$		Factor de reducción T.21.2.1 [1]
$\phi M_{n,neg} = 21755.0 \text{ kgf} \cdot \text{m}$		Capacidad nominal reducida 9.5.1.1[1]

Revisión

$R_{m,pos} = 0.884$		Relación demanda/capacidad
Condición $M_{pos} = \text{Cumple}$		9.5.1.1[1]
$R_{m,neg} = 0.871$		Relación demanda/capacidad
Condición $M_{neg} = \text{Cumple}$		9.5.1.1[1]

e. Resistencia al cortante

Fuerzas de diseño

$V_u = 16600 \text{ kgf}$		Cortante último
$N_u = 0 \text{ kgf}$		Fuerza axial última (simultánea con $V_u$ ) T.22.5.5.1 [1]

Límites por capacidad

$V_{s,Sep} = 22958.7 \text{ kgf}$		Límite para espaciamiento máximos T.9.7.6.2.2 [1]
$V_{s,máx} = 43830.2 \text{ kgf}$		Máximo cortante que puede tomar el refuerzo 22.5.1.2 [1]
$V_{c,máx} = 26581.3 \text{ kgf}$		Máximo cortante que puede tomar el concreto 22.5.5.1.1 [1]

Límites de refuerzo

$A_{v,mín} = 0.66 \text{ cm}^2$	Cumple	Acero mínimo por cortante 9.6.3.4 [1]
$S_{máx} = 19.7 \text{ cm}$	Cumple	Espaciamiento máximo de aros 9.7.6.2.2 [1]

Estimación de la capacidad

$V_c = 10592.5 \text{ kgf}$	Refuerzo mínimo	Capacidad del concreto 22.5.5.1 [1]
$\phi_v = 0.75$		Factor de reducción T.21.2.1 [1]
$V_s = 18683.0 \text{ kgf}$	Tamaño adecuado	Capacidad del refuerzo 22.5.8.5.3; 22.5.1.2 [1]
$V_n = 29275.6 \text{ kgf}$		Capacidad nominal 22.5.1.1 [1]
$\phi V_n = 21956.7 \text{ kgf}$		Capacidad nominal reducida 9.5.1.1 [1]

Revisión

$R_v = 0.74$	Relación demanda/capacidad
Condición V = Cumple	9.5.1.1 [1]

f. Resistencia a la torsión

Fuerzas de diseño

$T_u = 0 \text{ kgf} \cdot \text{m}$	Torsión última
$V_{u,T} = 10740 \text{ kgf}$	Cortante último (simultáneo con $T_u$ )
$N_{u,T} = 0 \text{ kgf}$	Fuerza axial última (simultánea con $T_u$ ) T.22.5.5.1 [1]

Límites por capacidad

Torsión umbral		
$T_{th} = 606.6 \text{ kgf} \cdot \text{m}$		Capacidad del concreto 22.5.5.1 [1]
$\phi_T = 0.75$		Factor de reducción T.21.2.1 [1]
$\phi T_{th} = 455.0 \text{ kgf} \cdot \text{m}$	No requiere diseño	En caso de no requerir diseño, se omite el diseño por torsión
Capacidad de la sección		
$v_c = 12.0 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$		Esfuerzos combinados de cortante y torsión 22.7.7.1 [1]
$\phi T_{lim} = 27.5 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	NA	Límite esfuerzos combinados 22.7.7.1 [1]

Límites de refuerzo

Refuerzo transversal		
$A_{e,min} = 0.66 \text{ cm}^2$	NA	Acero mínimo por cortante y torsión 9.6.4.2 [1]
$S_{max,T} = 20 \text{ cm}$	NA	Espaciamiento máximo de aros 9.7.6.2.2 [1]
$S_{req} = \text{Infinity}$	NA	Espaciamiento para resistir torsión y cortante
Refuerzo longitudinal		
$A_{L,min} = 5.3 \text{ cm}^2$	NA	Acero mínimo longitudinal por torsión 9.6.4.3 [1]
$S_{L,max} = 30 \text{ cm}$	NA	9.7.5.1. [1]
$N^{\circ}_{min} = 3$	NA	Diámetro mínimo para acero en torsión longitudinal por torsión 9.7.5.2 [1]

Estimación de la capacidad

$T_n = 0.001 \text{ kgf} \cdot \text{m}$

$\phi_T = 0.75$

$\phi T_n = 0.001 \text{ kgf} \cdot \text{m}$

Capacidad nominal a la torsión 22.5.5.1 [1]

Factor de reducción T.21.2.1 [1]

Capacidad nominal reducida 9.5.1.1 [1]

Revisión

$R_T = 0$

Condición T = NA

Relación demanda/capacidad

9.5.1.1[1]

g. Referencias

[1] American Concrete Institute, «Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19),» Farmington Hill, 2019

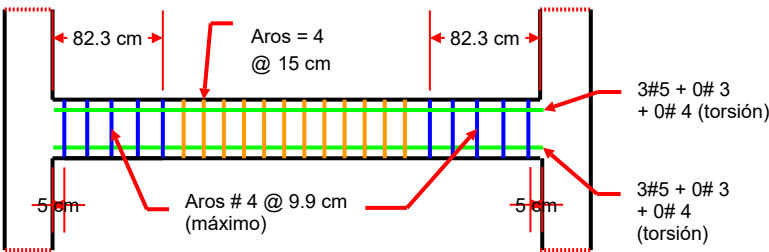
[2] Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, «Código Sísmico de Costa Rica 2010 Revisión 2014,» Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2016.

[3] LANAMME-UCR, «Barras de acero corrugadas y lisas para refuerzo de elementos de concreto estructural en Costa Rica,» Programa de Ingeniería Estructural, San José, 2016.

h. Detallado típico de refuerzo

$S_{m\acute{a}x,c} = 9.9 \text{ cm}$  8.2.6.a [2]

Nota: este detallado es básico. Se deben revisar los requisitos de 8.3.4 [2], 25.2; 25.3;25.4; 9.7; 9.7.5.3; 9.7.6.3.2; 7.7.5.1 [1]



i. Resumen de material

Concreto

$V_{conc} = 1.077 \text{ m}^3$	Volumen de concreto
$W_{conc} = 25355.290 \text{ N}$	Peso del concreto

Acero longitudinal

$n_L = 15$	Número de barras (no se realiza distinción de diámetros)
$W_L = 1213.2 \text{ N}$	Peso de acero longitudinal

Acero transversal

$n_t = 13$	Número de barras (no se realiza distinción de diámetros)
$W_t = 1248.3 \text{ N}$	Peso de acero transversal

Razón peso/volumen

$R_{S,C} = 2284.9 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$	Peso de acero / Volumen de concreto
--	-------------------------------------