ÍNDICE

1. MUROS 2
1.1. MURO 1 2
1.1.1. N -4.9 2
1.2. MURO 2 11
1.2.1. N -4.9 11
1.3. MURO 3 18
1.3.1. N -4.9 18
1.4. MURO 4 24
1.4.1. N -4.9 24
1.5. MURO 5 34
1.5.1. N -4.9 34
1.6. MURO 6 42
1.6.1. N -4.9 42
1.7. MURO 7 52
1.7.1. N -4.9 52
1.8. MURO 8 58
1.8.1. N -4.9 58

MUROS

1.1. MURO 1

1.1.1. N -4.9

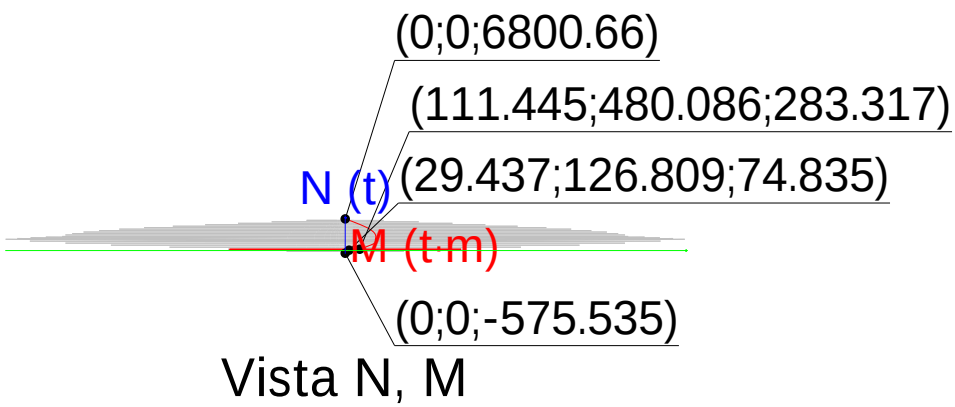
Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (ACI 318S-14, 22.4)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en "Cota -4.80 (Base)", para la combinación de hipótesis "1.2·PP+1.2·CM+1.6·H+Qa-SY (2)".

Se debe satisfacer:

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{P_u^2 + M_{u,x}^2 + M_{u,y}^2}{\left(\phi \cdot P_n\right)^2 + \left(\phi \cdot M_{n,x}\right)^2 + \left(\phi \cdot M_{n,y}\right)^2}} \leq 1$$

h : 0.264 ✓



Comprobación de resistencia de la sección (h_1)

P_u,M_u son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

P_u: Esfuerzo normal de cálculo. P_u : 74.835 t

M_u: Momento de cálculo de primer orden. $M_{u,x}$: 126.809 t·m

$M_{u,y}$: 29.437 t·m

$\phi \cdot P_n$,$\phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

f·P_n: Axil de agotamiento. f·P_n : 283.317 t

f·M_n: Momentos de agotamiento. f·$M_{n,x}$: 480.086 t·m

f·$M_{n,y}$: 111.445 t·m

Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 22.2.2):

(a) El diseño por resistencia de elementos sometidos a flexión y cargas axiales debe satisfacer las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones.

(b) Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro.

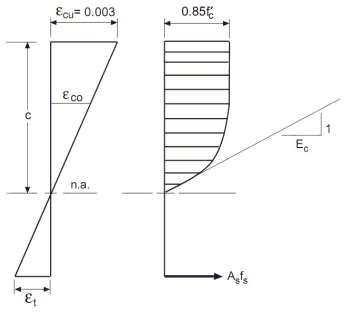
(c) La máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema sometida a compresión del concreto se supone igual a 0.003.

(d) El esfuerzo en el refuerzo cuando sea menor que f_y debe tomarse como E_s veces la deformación unitaria del acero. Para deformaciones unitarias mayores que las correspondientes a f_y, el esfuerzo se considera independiente de la deformación unitaria e igual a f_y.

(e) La resistencia a la tracción del concreto no debe considerarse en los cálculos de elementos de concreto reforzado sometidos a flexión y a carga axial.

(f) La relación entre la distribución de los esfuerzos de compresión en el concreto y la deformación unitaria del concreto se debe suponer rectangular, trapezoidal, parabólica o de cualquier otra forma que dé origen a una predicción de la resistencia que coincida con los resultados de ensayos representativos.

El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.

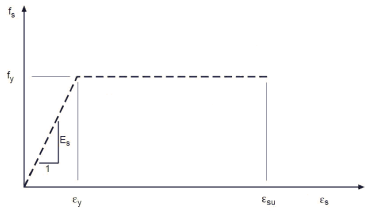


f'c: Resistencia especifica a compresión del hormigón. f'c : 280.00 kp/cm²

ecu: Máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema de concreto a compresión. ecu : 0.0030

eco: Deformación unitaria bajo carga máxima. eco : 0.0020

Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



fy: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. fy : 4200.00 kp/cm²

Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
1	1	-80.95	-5746.20	-4200.00	-0.009950
2	2	80.95	-5746.20	-3694.60	-0.001812
3	3	-80.95	5746.20	-4200.00	-0.009283
4	4	80.95	5746.20	-2333.72	-0.001145
5	5	-80.95	-5578.71	-4200.00	-0.009940
6	6	-80.95	-5379.47	-4200.00	-0.009929
7	7	-80.95	-5180.23	-4200.00	-0.009917
8	8	-80.95	-4980.99	-4200.00	-0.009906
9	9	-80.95	-4781.75	-4200.00	-0.009894
10	10	-80.95	-4582.51	-4200.00	-0.009882
11	11	-80.95	-4383.27	-4200.00	-0.009871
12	12	-80.95	-4184.03	-4200.00	-0.009859
13	13	-80.95	-3984.79	-4200.00	-0.009848
14	14	-80.95	-3785.55	-4200.00	-0.009836
15	15	-80.95	-3586.31	-4200.00	-0.009825
16	16	-80.95	-3387.07	-4200.00	-0.009813
17	17	-80.95	-3187.83	-4200.00	-0.009801

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
18	18	-80.95	-2988.59	-4200.00	-0.009790
19	19	-80.95	-2789.36	-4200.00	-0.009778
20	20	-80.95	-2590.12	-4200.00	-0.009767
21	21	-80.95	-2390.88	-4200.00	-0.009755
22	22	-80.95	-2191.64	-4200.00	-0.009744
23	23	-80.95	-1992.40	-4200.00	-0.009732
24	24	-80.95	-1793.16	-4200.00	-0.009720
25	25	-80.95	-1593.92	-4200.00	-0.009709
26	26	-80.95	-1394.68	-4200.00	-0.009697
27	27	-80.95	-1195.44	-4200.00	-0.009686
28	28	-80.95	-996.20	-4200.00	-0.009674
29	29	-80.95	-796.96	-4200.00	-0.009663
30	30	-80.95	-597.72	-4200.00	-0.009651
31	31	-80.95	-398.48	-4200.00	-0.009639
32	32	-80.95	-199.24	-4200.00	-0.009628
33	33	-80.95	0.00	-4200.00	-0.009616
34	34	-80.95	199.24	-4200.00	-0.009605
35	35	-80.95	398.48	-4200.00	-0.009593
36	36	-80.95	597.72	-4200.00	-0.009582
37	37	-80.95	796.96	-4200.00	-0.009570
38	38	-80.95	996.20	-4200.00	-0.009558
39	39	-80.95	1195.44	-4200.00	-0.009547
40	40	-80.95	1394.68	-4200.00	-0.009535
41	41	-80.95	1593.92	-4200.00	-0.009524
42	42	-80.95	1793.16	-4200.00	-0.009512
43	43	-80.95	1992.40	-4200.00	-0.009501
44	44	-80.95	2191.64	-4200.00	-0.009489
45	45	-80.95	2390.88	-4200.00	-0.009477
46	46	-80.95	2590.12	-4200.00	-0.009466
47	47	-80.95	2789.36	-4200.00	-0.009454
48	48	-80.95	2988.59	-4200.00	-0.009443
49	49	-80.95	3187.83	-4200.00	-0.009431
50	50	-80.95	3387.07	-4200.00	-0.009420
51	51	-80.95	3586.31	-4200.00	-0.009408
52	52	-80.95	3785.55	-4200.00	-0.009396
53	53	-80.95	3984.79	-4200.00	-0.009385
54	54	-80.95	4184.03	-4200.00	-0.009373
55	55	-80.95	4383.27	-4200.00	-0.009362
56	56	-80.95	4582.51	-4200.00	-0.009350
57	57	-80.95	4781.75	-4200.00	-0.009339
58	58	-80.95	4980.99	-4200.00	-0.009327
59	59	-80.95	5180.23	-4200.00	-0.009315
60	60	-80.95	5379.47	-4200.00	-0.009304
61	61	-80.95	5578.71	-4200.00	-0.009292
62	62	80.95	-5578.71	-3674.77	-0.001802
63	63	80.95	-5379.47	-3651.18	-0.001791
64	64	80.95	-5180.23	-3627.58	-0.001779
65	65	80.95	-4980.99	-3603.99	-0.001768
66	66	80.95	-4781.75	-3580.40	-0.001756
67	67	80.95	-4582.51	-3556.80	-0.001744
68	68	80.95	-4383.27	-3533.21	-0.001733
69	69	80.95	-4184.03	-3509.62	-0.001721
70	70	80.95	-3984.79	-3486.02	-0.001710
71	71	80.95	-3785.55	-3462.43	-0.001698
72	72	80.95	-3586.31	-3438.84	-0.001687
73	73	80.95	-3387.07	-3415.25	-0.001675
74	74	80.95	-3187.83	-3391.65	-0.001663
75	75	80.95	-2988.59	-3368.06	-0.001652
76	76	80.95	-2789.36	-3344.47	-0.001640
77	77	80.95	-2590.12	-3320.87	-0.001629

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
78	78	80.95	-2390.88	-3297.28	-0.001617
79	79	80.95	-2191.64	-3273.69	-0.001606
80	80	80.95	-1992.40	-3250.09	-0.001594
81	81	80.95	-1793.16	-3226.50	-0.001582
82	82	80.95	-1593.92	-3202.91	-0.001571
83	83	80.95	-1394.68	-3179.31	-0.001559
84	84	80.95	-1195.44	-3155.72	-0.001548
85	85	80.95	-996.20	-3132.13	-0.001536
86	86	80.95	-796.96	-3108.53	-0.001525
87	87	80.95	-597.72	-3084.94	-0.001513
88	88	80.95	-398.48	-3061.35	-0.001501
89	89	80.95	-199.24	-3037.75	-0.001490
90	90	80.95	0.00	-3014.16	-0.001478
91	91	80.95	199.24	-2990.57	-0.001467
92	92	80.95	398.48	-2966.98	-0.001455
93	93	80.95	597.72	-2943.38	-0.001444
94	94	80.95	796.96	-2919.79	-0.001432
95	95	80.95	996.20	-2896.20	-0.001420
96	96	80.95	1195.44	-2872.60	-0.001409
97	97	80.95	1394.68	-2849.01	-0.001397
98	98	80.95	1593.92	-2825.42	-0.001386
99	99	80.95	1793.16	-2801.82	-0.001374
100	100	80.95	1992.40	-2778.23	-0.001363
101	101	80.95	2191.64	-2754.64	-0.001351
102	102	80.95	2390.88	-2731.04	-0.001339
103	103	80.95	2590.12	-2707.45	-0.001328
104	104	80.95	2789.36	-2683.86	-0.001316
105	105	80.95	2988.59	-2660.26	-0.001305
106	106	80.95	3187.83	-2636.67	-0.001293
107	107	80.95	3387.07	-2613.08	-0.001282
108	108	80.95	3586.31	-2589.48	-0.001270
109	109	80.95	3785.55	-2565.89	-0.001258
110	110	80.95	3984.79	-2542.30	-0.001247
111	111	80.95	4184.03	-2518.71	-0.001235
112	112	80.95	4383.27	-2495.11	-0.001224
113	113	80.95	4582.51	-2471.52	-0.001212
114	114	80.95	4781.75	-2447.93	-0.001201
115	115	80.95	4980.99	-2424.33	-0.001189
116	116	80.95	5180.23	-2400.74	-0.001177
117	117	80.95	5379.47	-2377.15	-0.001166
118	118	80.95	5578.71	-2353.55	-0.001154

	Resultante (t)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	864.003	134.86	497.41
Cs	0.000	0.00	0.00
T	549.206	-13.31	-188.76

$P_n = C_c + C_s - T$ — P_n : *314.797* t

$M_{n,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$ — $M_{n,x}$: *533.429* t·m

$M_{n,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$ — $M_{n,y}$: *123.828* t·m

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón. — C_c : *864.003* t

C_s: Resultante de compresiones en el acero. — C_s : *0.000* t

T: Resultante de tracciones en el acero. — T : *549.206* t

e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{cc,x}$: *134.86* mm; $e_{cc,y}$: *497.41* mm

e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. — e_{cs} : *0.00* mm

e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$e_{T,x}$: -13.31 mm

$e_{T,y}$: -188.76 mm

e_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón. e_{cmax} : 0.0023

e_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada. e_{smax} : 0.0100

s_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón. s_{cmax} : 280.00 kp/cm²

s_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada. s_{smax} : 4200.00 kp/cm²

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
1	1	-80.95	-5746.20	-1263.07	-0.000619
2	2	80.95	-5746.20	-148.60	-0.000073
3	3	-80.95	5746.20	-1137.52	-0.000558
4	4	80.95	5746.20	-23.06	-0.000011
5	5	-80.95	-5578.71	-1261.24	-0.000619
6	6	-80.95	-5379.47	-1259.06	-0.000617
7	7	-80.95	-5180.23	-1256.88	-0.000616
8	8	-80.95	-4980.99	-1254.71	-0.000615
9	9	-80.95	-4781.75	-1252.53	-0.000614
10	10	-80.95	-4582.51	-1250.35	-0.000613
11	11	-80.95	-4383.27	-1248.18	-0.000612
12	12	-80.95	-4184.03	-1246.00	-0.000611
13	13	-80.95	-3984.79	-1243.83	-0.000610
14	14	-80.95	-3785.55	-1241.65	-0.000609
15	15	-80.95	-3586.31	-1239.47	-0.000608
16	16	-80.95	-3387.07	-1237.30	-0.000607
17	17	-80.95	-3187.83	-1235.12	-0.000606
18	18	-80.95	-2988.59	-1232.94	-0.000605
19	19	-80.95	-2789.36	-1230.77	-0.000604
20	20	-80.95	-2590.12	-1228.59	-0.000603
21	21	-80.95	-2390.88	-1226.41	-0.000601
22	22	-80.95	-2191.64	-1224.24	-0.000600
23	23	-80.95	-1992.40	-1222.06	-0.000599
24	24	-80.95	-1793.16	-1219.88	-0.000598
25	25	-80.95	-1593.92	-1217.71	-0.000597
26	26	-80.95	-1394.68	-1215.53	-0.000596
27	27	-80.95	-1195.44	-1213.35	-0.000595
28	28	-80.95	-996.20	-1211.18	-0.000594
29	29	-80.95	-796.96	-1209.00	-0.000593
30	30	-80.95	-597.72	-1206.82	-0.000592
31	31	-80.95	-398.48	-1204.65	-0.000591
32	32	-80.95	-199.24	-1202.47	-0.000590
33	33	-80.95	0.00	-1200.29	-0.000589
34	34	-80.95	199.24	-1198.12	-0.000588
35	35	-80.95	398.48	-1195.94	-0.000587
36	36	-80.95	597.72	-1193.76	-0.000585
37	37	-80.95	796.96	-1191.59	-0.000584
38	38	-80.95	996.20	-1189.41	-0.000583
39	39	-80.95	1195.44	-1187.24	-0.000582

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
40	40	-80.95	1394.68	-1185.06	-0.000581
41	41	-80.95	1593.92	-1182.88	-0.000580
42	42	-80.95	1793.16	-1180.71	-0.000579
43	43	-80.95	1992.40	-1178.53	-0.000578
44	44	-80.95	2191.64	-1176.35	-0.000577
45	45	-80.95	2390.88	-1174.18	-0.000576
46	46	-80.95	2590.12	-1172.00	-0.000575
47	47	-80.95	2789.36	-1169.82	-0.000574
48	48	-80.95	2988.59	-1167.65	-0.000573
49	49	-80.95	3187.83	-1165.47	-0.000572
50	50	-80.95	3387.07	-1163.29	-0.000571
51	51	-80.95	3586.31	-1161.12	-0.000569
52	52	-80.95	3785.55	-1158.94	-0.000568
53	53	-80.95	3984.79	-1156.76	-0.000567
54	54	-80.95	4184.03	-1154.59	-0.000566
55	55	-80.95	4383.27	-1152.41	-0.000565
56	56	-80.95	4582.51	-1150.23	-0.000564
57	57	-80.95	4781.75	-1148.06	-0.000563
58	58	-80.95	4980.99	-1145.88	-0.000562
59	59	-80.95	5180.23	-1143.70	-0.000561
60	60	-80.95	5379.47	-1141.53	-0.000560
61	61	-80.95	5578.71	-1139.35	-0.000559
62	62	80.95	-5578.71	-146.77	-0.000072
63	63	80.95	-5379.47	-144.60	-0.000071
64	64	80.95	-5180.23	-142.42	-0.000070
65	65	80.95	-4980.99	-140.24	-0.000069
66	66	80.95	-4781.75	-138.07	-0.000068
67	67	80.95	-4582.51	-135.89	-0.000067
68	68	80.95	-4383.27	-133.71	-0.000066
69	69	80.95	-4184.03	-131.54	-0.000065
70	70	80.95	-3984.79	-129.36	-0.000063
71	71	80.95	-3785.55	-127.18	-0.000062
72	72	80.95	-3586.31	-125.01	-0.000061
73	73	80.95	-3387.07	-122.83	-0.000060
74	74	80.95	-3187.83	-120.66	-0.000059
75	75	80.95	-2988.59	-118.48	-0.000058
76	76	80.95	-2789.36	-116.30	-0.000057
77	77	80.95	-2590.12	-114.13	-0.000056
78	78	80.95	-2390.88	-111.95	-0.000055
79	79	80.95	-2191.64	-109.77	-0.000054
80	80	80.95	-1992.40	-107.60	-0.000053
81	81	80.95	-1793.16	-105.42	-0.000052
82	82	80.95	-1593.92	-103.24	-0.000051
83	83	80.95	-1394.68	-101.07	-0.000050
84	84	80.95	-1195.44	-98.89	-0.000048
85	85	80.95	-996.20	-96.71	-0.000047
86	86	80.95	-796.96	-94.54	-0.000046
87	87	80.95	-597.72	-92.36	-0.000045
88	88	80.95	-398.48	-90.18	-0.000044
89	89	80.95	-199.24	-88.01	-0.000043
90	90	80.95	0.00	-85.83	-0.000042
91	91	80.95	199.24	-83.65	-0.000041
92	92	80.95	398.48	-81.48	-0.000040
93	93	80.95	597.72	-79.30	-0.000039
94	94	80.95	796.96	-77.12	-0.000038
95	95	80.95	996.20	-74.95	-0.000037
96	96	80.95	1195.44	-72.77	-0.000036
97	97	80.95	1394.68	-70.60	-0.000035
98	98	80.95	1593.92	-68.42	-0.000034
99	99	80.95	1793.16	-66.24	-0.000032

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
100	100	80.95	1992.40	-64.07	-0.000031
101	101	80.95	2191.64	-61.89	-0.000030
102	102	80.95	2390.88	-59.71	-0.000029
103	103	80.95	2590.12	-57.54	-0.000028
104	104	80.95	2789.36	-55.36	-0.000027
105	105	80.95	2988.59	-53.18	-0.000026
106	106	80.95	3187.83	-51.01	-0.000025
107	107	80.95	3387.07	-48.83	-0.000024
108	108	80.95	3586.31	-46.65	-0.000023
109	109	80.95	3785.55	-44.48	-0.000022
110	110	80.95	3984.79	-42.30	-0.000021
111	111	80.95	4184.03	-40.12	-0.000020
112	112	80.95	4383.27	-37.95	-0.000019
113	113	80.95	4582.51	-35.77	-0.000018
114	114	80.95	4781.75	-33.59	-0.000016
115	115	80.95	4980.99	-31.42	-0.000015
116	116	80.95	5180.23	-29.24	-0.000014
117	117	80.95	5379.47	-27.06	-0.000013
118	118	80.95	5578.71	-24.89	-0.000012

	Resultante (t)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	172.746	130.65	623.35
Cs	0.000	0.00	0.00
T	97.911	-70.15	-195.35

$P_u = C_c + C_s - T$ — P_u : *74.835* t

$M_{u,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$ — $M_{u,x}$: *126.809* t·m

$M_{u,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$ — $M_{u,y}$: *29.437* t·m

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón. — C_c : *172.746* t

C_s: Resultante de compresiones en el acero. — C_s : *0.000* t

T: Resultante de tracciones en el acero. — T : *97.911* t

e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{cc,x}$: *130.65* mm; $e_{cc,y}$: *623.35* mm

e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. — e_{cs} : *0.00* mm

e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{T,x}$: *-70.15* mm; $e_{T,y}$: *-195.35* mm

e_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón. — e_{cmax} : *0.0002*

e_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada. — e_{smax} : *0.0006*

s_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón. — s_{cmax} : *58.80* kp/cm²

s_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada. — s_{smax} : *1263.07* kp/cm²

ACI 318S-14, Capítulo 11

Resistencia a cortante en el plano del muro (ACI 318S-14, 11.5.4)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM+PdY++1.2·F-SY (2).

$\phi V_n \geq V_u$ — 6784.7 kN ³ 1020.1 kN ✓

Donde:

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. — V_u : *1020.1* kN

V_n: Resistencia nominal a cortante. — V_n : *9046.2* kN

$V_n = V_c + V_s$

$V_n \leq 0.83\sqrt{f'_c}hd$

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. — V_c : *4072.6* kN

$V_c = MIN(V_{c1}, V_{c2})$

$V_{c1} = 0.27\lambda\sqrt{f'_c}hd + \frac{N_u d}{4l_w}$ — V_{c1} : *4072.6* kN

$$V_{c2} = \left[0.05\lambda\sqrt{f'_c} + \frac{l_w\left(0.1\lambda\sqrt{f'_c} + 0.2\frac{N_u}{l_w h}\right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right] hd$$

V_{c2} : -- kN

Esta ecuación no se aplica cuando ($M_u / V_u - l_w / 2$) es negativo.

V_s: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo. V_s : 4973.6 kN

$$V_S = \frac{A_v f_{yt} d}{s}$$

N_u: Fuerza axil mayorada. N_u : 505.8 kN

M_u: Momento mayorado. M_u : 1491.5 kN·m

A_v/s: Área del refuerzo de cortante. A_v/s : 12.90 cm²/m

f'_c: Resistencia especificada a la compresión del concreto. f'_c : 27.47 MPa

$$\sqrt{f'_c} \le 8.3\text{MPa}$$

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 412.02 MPa

l_w: Longitud del muro. l_w : 1169.4 cm

h: Espesor del muro. h : 30.0 cm

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción. d : 935.5 cm

$$d = 0.8 \cdot l_w$$

l: Factor de modificación que tiene en cuenta las propiedades mecánicas reducidas del concreto de peso liviano, relativa a los concretos de peso normal de igual resistencia a la compresión. l : 1.00

f: Factor de reducción de resistencia. f : 0.75

Refuerzo transversal mínimo (ACI 318S-14, 11.6)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \le 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$\rho_t \ge \rho_{t,min}$ 0.0043 ³ 0.0025 ✓

Donde:

r_t: Cuantía del área de refuerzo transversal distribuido al área bruta de concreto de una sección perpendicular a este refuerzo. r_t : 0.0043

$r_{t,min}$: Cuantía mínima. $r_{t,min}$: 0.0025

Tamaño de la barra	f_y	$\rho_{t,min}$
≤ No.16	≥ 420 MPa	0.0020
	< 420 MPa	0.0025
> No.16	--	0.0025

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : 11.2 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 2069.6 kN

d_b: Diámetro máximo del refuerzo. d_b : 12.7 mm

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 412.02 MPa

Refuerzo longitudinal mínimo (ACI 318S-14, 11.6)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \le 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$\rho_l \ge \rho_{l,min}$ 0.0043 ³ 0.0015 ✓

Donde:

r_l: Cuantía del área de refuerzo longitudinal distribuido al área bruta de concreto de una sección perpendicular a este refuerzo. r_l : 0.0043

$r_{l,min}$: Cuantía mínima. $r_{l,min}$: 0.0015

Tamaño de la barra	f_y	$\rho_{l,min}$
≤ No.16	≥ 420 MPa	0.0012
	< 420 MPa	0.0015
> No.16	--	0.0015

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : 11.2 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 2069.6 kN

d_b: Diámetro máximo del refuerzo. d_b : 12.7 mm

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 412.02 MPa

Espaciamiento mínimo del refuerzo transversal (ACI 318S-14, 25.2.2)

Las barras de las capas superiores deben colocarse exactamente sobre las capas inferiores con una distancia libre entre capas no menor que 25mm

$s \geq 25mm$ 18.7 cm ³ 2.5 cm ✓

Espaciamiento mínimo del refuerzo longitudinal (ACI 318S-14, 25.2.3)

La distancia libre entre barras debe ser al menos el mayor de:

$s \geq s_{min}$ 18.7 cm ³ 4.0 cm ✓

Donde:

s_{min}: Valor máximo de s_1, s_2, s_3

$s_1 = 40mm$ s_1 : *4.0* cm

$s_2 = 1.5 d_b$ s_2 : *1.9* cm

$s_3 = \frac{4}{3} \cdot d_{agg}$ s_3 : *2.7* cm

Siendo:

d_b: Diámetro nominal de la barra. d_b : *12.7* mm

d_{agg}: Tamaño máximo nominal del agregado. d_{agg} : *20.0* mm

Separación máxima entre armadura transversal (ACI 318S-14, 11.7.3)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$s \leq \min(3h,\ 450\ mm)$ 20.0 cm £ 45.0 cm ✓

Donde:

s: Espaciamiento de las barras transversales. s : *20.0* cm

h: Espesor del muro. h : *30.0* cm

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : *11.2* kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : *2069.6* kN

Espaciamiento del refuerzo longitudinal (ACI 318S-14, 11.7.2)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$s \leq \min(3h,\ 450\ mm)$ 20.0 cm £ 45.0 cm ✓

Donde:

s: Espaciamiento de las barras longitudinales. s : *20.0* cm

h: Espesor del muro. h : *30.0* cm

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : *11.2* kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : *2069.6* kN

Número de capas (ACI 318S-14, 11.7.2.3)

Los muros con un 'h' mayor que 250 mm deben tener refuerzo distribuido en cada dirección colocado en dos capas paralelas a las caras del muro. ✓

h: Espesor del muro. h : *30.0* cm

n: Número de capas. n : *2*

1.2. MURO 2

1.2.1. N -4.9

Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (ACI 318S-14, 22.4)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en "Cota -4.80 (Base)", para la combinación de hipótesis "1.2·PP+1.2·CM+1.6·H+Qa-SY (5)".

Se debe satisfacer:

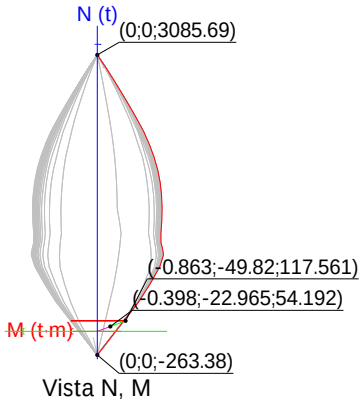
$$\eta_1 = \sqrt{\frac{P_u^2 + M_{u,x}^2 + M_{u,y}^2}{(\phi \cdot P_n)^2 + (\phi \cdot M_{n,x})^2 + (\phi \cdot M_{n,y})^2}} \leq 1$$

h : 0.447 ✓

$$\eta_2 = \sqrt{\frac{P_u^2 + M_{c,x}^2 + M_{c,y}^2}{(\phi \cdot P_n)^2 + (\phi \cdot M_{n,x})^2 + (\phi \cdot M_{n,y})^2}} \leq 1$$

h : 0.461 ✓

$P_u \leq \phi \cdot P_{n,max}$ 54.192 t ≤ 2112.450 t ✓



Vista N, M

Comprobación de resistencia de la sección (h_1)

P_u, M_u son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

P_u: Esfuerzo normal de cálculo. P_u : 54.192 t

M_u: Momento de cálculo de primer orden. $M_{u,x}$: -22.475 t·m

$M_{u,y}$: -0.398 t·m

$\phi \cdot P_n$,$\phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$f \cdot P_n$: Axil de agotamiento. $f \cdot P_n$: 121.138 t

$f \cdot M_n$: Momentos de agotamiento. $f \cdot M_{n,x}$: -50.239 t·m

$f \cdot M_{n,y}$: -0.889 t·m

Comprobación del estado limite de inestabilidad (h_2)

P_u, M_c esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos obtenidos a partir de los de primer orden incrementados para tener en cuenta los efectos de segundo orden a causa de la esbeltez.

P_u: Axil solicitante de cálculo pésimo. P_u : 54.192 t

M_c: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{c,x}$: -22.965 t·m

$M_{c,y}$: -0.398 t·m

$\phi \cdot P_n$,$\phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$f \cdot P_n$: Axil de agotamiento. $f \cdot P_n$: 117.561 t

$f \cdot M_n$: Momentos de agotamiento. $f \cdot M_{n,x}$: -49.820 t·m

$f \cdot M_{n,y}$: -0.863 t·m

En el eje x:

No se permite ignorar los efectos de esbeltez en elementos a compresión que satisfacen (Artículo 6.2.5):

$$\frac{k \cdot l_u}{r} > 22$$ 54.3 > 22.0

Donde:

kl_u: Longitud efectiva. kl_u : 4.700 m

r: Radio de giro de la sección transversal de un elemento en compresión. r : 8.66 cm

Los elementos a compresión deben diseñarse para la fuerza axial mayorada P_u y para el momento magnificado por los efectos de curvatura del elemento, M_c (Artículo 6.6.4.5):

$\mathbf{P_u} = P_u$ P_u : 54.192 t

$\mathbf{M_c} = \delta_{ns} \cdot M_2$ — M_c : -22.965 t·m

Donde:

$\mathbf{M_2} = M_u \geq M_{2,min}$ — M_2 : -22.475 t·m

Siendo:

$\mathbf{M_{2,min}} = P_u \cdot (0.015 + 0.03 \cdot h)$ — $M_{2,min}$: 1.301 t·m

h: Altura de un elemento. — h : 300.00 mm

$$\delta_{ns} = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{0.75 \cdot P_c}} \geq 1$$ — d_{ns} : 1.022

Siendo:

$$\mathbf{P_c} = \frac{\pi^2 \cdot 0.25 \cdot E_c \cdot I_g}{(k \cdot l_u)^2}$$ — P_c : 3380.850 t

Donde:

E_c: Módulo de elasticidad del concreto. — E_c : 253675.00 kp/cm²

I_g: Momento de inercia de la sección bruta del elemento con respecto al eje que pasa por el centroide, sin tener en cuenta el refuerzo. — I_g : 1193175.00 cm4

kl_u: Longitud efectiva. — kl_u : 4.700 m

En el eje y:

Se permite ignorar los efectos de esbeltez en elementos a compresión que satisfacen (Artículo 6.2.5):

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \leq 22$$ — 3.1 ≤ 22.0 ✓

Donde:

kl_u: Longitud efectiva. — kl_u : 4.700 m

r: Radio de giro de la sección transversal de un elemento en compresión. — r : 153.08 cm

Comprobación de resistencia axial de diseño

La fuerza axial mayorada P_u de elementos en compresión no debe tomarse mayor que $\phi \cdot P_{n,max}$ (Artículo 22.4.2).

$$\phi \cdot P_{n,max} = 0.80 \cdot \phi \cdot \left[0.85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}\right]$$ — $f \cdot P_{n,max}$: 2112.450 t

Siendo:

f'_c: Resistencia especifica a compresión del hormigón. — f'_c : 280.00 kp/cm²

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. — f_y : 4200.00 kp/cm²

A_g: Área total de la sección de hormigón. — A_g : 15909.00 cm²

A_{st}: Área total de refuerzo longitudinal no preesforzado. — A_{st} : 69.68 cm²

Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 22.2.2):

(a) El diseño por resistencia de elementos sometidos a flexión y cargas axiales debe satisfacer las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones.

(b) Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro.

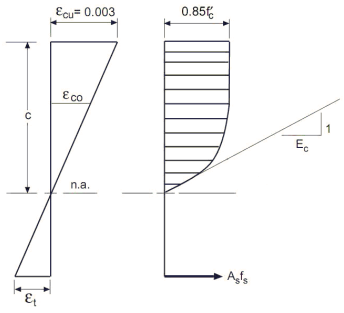
(c) La máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema sometida a compresión del concreto se supone igual a 0.003.

(d) El esfuerzo en el refuerzo cuando sea menor que f_y debe tomarse como E_s veces la deformación unitaria del acero. Para deformaciones unitarias mayores que las correspondientes a f_y, el esfuerzo se considera independiente de la deformación unitaria e igual a f_y.

(e) La resistencia a la tracción del concreto no debe considerarse en los cálculos de elementos de concreto reforzado sometidos a flexión y a carga axial.

(f) La relación entre la distribución de los esfuerzos de compresión en el concreto y la deformación unitaria del concreto se debe suponer rectangular, trapezoidal, parabólica o de cualquier otra forma que dé origen a una predicción de la resistencia que coincida con los resultados de ensayos representativos.

El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.

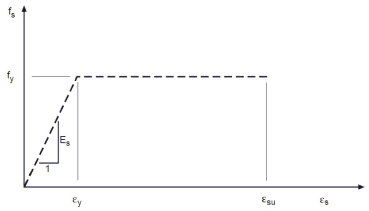


f'_c: Resistencia especifica a compresión del hormigón. f'_c : *280.00* kp/cm²

e_{cu}: Máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema de concreto a compresión. e_{cu} : *0.0030*

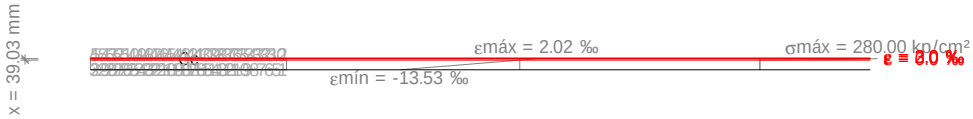
e_{co}: Deformación unitaria bajo carga máxima. e_{co} : *0.0020*

Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : *4200.00* kp/cm²

Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
1	1	-2550.70	80.95	-4200.00	-0.009944
2	2	-2550.70	-80.95	-3171.62	-0.001555
3	3	2550.70	80.95	-4200.00	-0.009950
4	4	2550.70	-80.95	-3183.48	-0.001561
5	5	-2383.80	80.95	-4200.00	-0.009944
6	6	-2185.15	80.95	-4200.00	-0.009945
7	7	-1986.50	80.95	-4200.00	-0.009945
8	8	-1787.85	80.95	-4200.00	-0.009945
9	9	-1589.20	80.95	-4200.00	-0.009945
10	10	-1390.55	80.95	-4200.00	-0.009946
11	11	-1191.90	80.95	-4200.00	-0.009946
12	12	-993.25	80.95	-4200.00	-0.009946
13	13	-794.60	80.95	-4200.00	-0.009946
14	14	-595.95	80.95	-4200.00	-0.009946
15	15	-397.30	80.95	-4200.00	-0.009947
16	16	-198.65	80.95	-4200.00	-0.009947
17	17	0.00	80.95	-4200.00	-0.009947

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
18	18	198.65	80.95	-4200.00	-0.009947
19	19	397.30	80.95	-4200.00	-0.009948
20	20	595.95	80.95	-4200.00	-0.009948
21	21	794.60	80.95	-4200.00	-0.009948
22	22	993.25	80.95	-4200.00	-0.009948
23	23	1191.90	80.95	-4200.00	-0.009948
24	24	1390.55	80.95	-4200.00	-0.009949
25	25	1589.20	80.95	-4200.00	-0.009949
26	26	1787.85	80.95	-4200.00	-0.009949
27	27	1986.50	80.95	-4200.00	-0.009949
28	28	2185.15	80.95	-4200.00	-0.009950
29	29	2383.80	80.95	-4200.00	-0.009950
30	30	-2383.80	-80.95	-3172.01	-0.001556
31	31	-2185.15	-80.95	-3172.47	-0.001556
32	32	-1986.50	-80.95	-3172.93	-0.001556
33	33	-1787.85	-80.95	-3173.39	-0.001556
34	34	-1589.20	-80.95	-3173.86	-0.001557
35	35	-1390.55	-80.95	-3174.32	-0.001557
36	36	-1191.90	-80.95	-3174.78	-0.001557
37	37	-993.25	-80.95	-3175.24	-0.001557
38	38	-794.60	-80.95	-3175.70	-0.001557
39	39	-595.95	-80.95	-3176.16	-0.001558
40	40	-397.30	-80.95	-3176.63	-0.001558
41	41	-198.65	-80.95	-3177.09	-0.001558
42	42	0.00	-80.95	-3177.55	-0.001558
43	43	198.65	-80.95	-3178.01	-0.001559
44	44	397.30	-80.95	-3178.47	-0.001559
45	45	595.95	-80.95	-3178.94	-0.001559
46	46	794.60	-80.95	-3179.40	-0.001559
47	47	993.25	-80.95	-3179.86	-0.001560
48	48	1191.90	-80.95	-3180.32	-0.001560
49	49	1390.55	-80.95	-3180.78	-0.001560
50	50	1589.20	-80.95	-3181.24	-0.001560
51	51	1787.85	-80.95	-3181.71	-0.001560
52	52	1986.50	-80.95	-3182.17	-0.001561
53	53	2185.15	-80.95	-3182.63	-0.001561
54	54	2383.80	-80.95	-3183.09	-0.001561

	Resultante (t)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	387.647	-1.98	-135.36
Cs	0.000	0.00	0.00
T	257.024	0.75	11.22

$P_n = C_c + C_s - T$ — P_n : *130.623* t

$M_{n,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$ — $M_{n,x}$: *-55.356* t·m

$M_{n,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$ — $M_{n,y}$: *-0.959* t·m

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón. — C_c : *387.647* t

C_s: Resultante de compresiones en el acero. — C_s : *0.000* t

T: Resultante de tracciones en el acero. — T : *257.024* t

e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{cc,x}$: *-1.98* mm; $e_{cc,y}$: *-135.36* mm

e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. — e_{cs} : *0.00* mm

e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{T,x}$: *0.75* mm; $e_{T,y}$: *11.22* mm

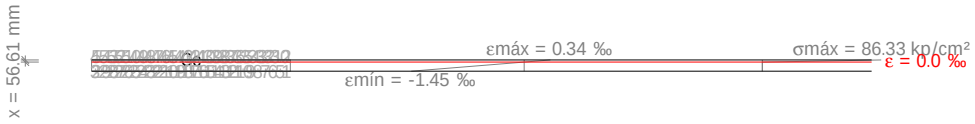
e_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón. — e_{cmax} : *0.0020*

e_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada. — e_{smax} : *0.0100*

s_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón. — s_{cmax} : *280.00* kp/cm²

s_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada. s_{smax} : 4200.00 kp/cm²

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
1	1	-2550.70	80.95	-2114.09	-0.001037
2	2	-2550.70	-80.95	-150.90	-0.000074
3	3	2550.70	80.95	-2116.03	-0.001038
4	4	2550.70	-80.95	-152.84	-0.000075
5	5	-2383.80	80.95	-2114.16	-0.001037
6	6	-2185.15	80.95	-2114.23	-0.001037
7	7	-1986.50	80.95	-2114.31	-0.001037
8	8	-1787.85	80.95	-2114.38	-0.001037
9	9	-1589.20	80.95	-2114.46	-0.001037
10	10	-1390.55	80.95	-2114.53	-0.001037
11	11	-1191.90	80.95	-2114.61	-0.001037
12	12	-993.25	80.95	-2114.68	-0.001037
13	13	-794.60	80.95	-2114.76	-0.001037
14	14	-595.95	80.95	-2114.83	-0.001037
15	15	-397.30	80.95	-2114.91	-0.001037
16	16	-198.65	80.95	-2114.99	-0.001037
17	17	0.00	80.95	-2115.06	-0.001037
18	18	198.65	80.95	-2115.14	-0.001037
19	19	397.30	80.95	-2115.21	-0.001037
20	20	595.95	80.95	-2115.29	-0.001037
21	21	794.60	80.95	-2115.36	-0.001037
22	22	993.25	80.95	-2115.44	-0.001037
23	23	1191.90	80.95	-2115.51	-0.001038
24	24	1390.55	80.95	-2115.59	-0.001038
25	25	1589.20	80.95	-2115.66	-0.001038
26	26	1787.85	80.95	-2115.74	-0.001038
27	27	1986.50	80.95	-2115.81	-0.001038
28	28	2185.15	80.95	-2115.89	-0.001038
29	29	2383.80	80.95	-2115.96	-0.001038
30	30	-2383.80	-80.95	-150.97	-0.000074
31	31	-2185.15	-80.95	-151.04	-0.000074
32	32	-1986.50	-80.95	-151.12	-0.000074
33	33	-1787.85	-80.95	-151.19	-0.000074
34	34	-1589.20	-80.95	-151.27	-0.000074
35	35	-1390.55	-80.95	-151.34	-0.000074
36	36	-1191.90	-80.95	-151.42	-0.000074
37	37	-993.25	-80.95	-151.49	-0.000074
38	38	-794.60	-80.95	-151.57	-0.000074
39	39	-595.95	-80.95	-151.64	-0.000074
40	40	-397.30	-80.95	-151.72	-0.000074
41	41	-198.65	-80.95	-151.79	-0.000074
42	42	0.00	-80.95	-151.87	-0.000074
43	43	198.65	-80.95	-151.94	-0.000075
44	44	397.30	-80.95	-152.02	-0.000075

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
45	45	595.95	-80.95	-152.09	-0.000075
46	46	794.60	-80.95	-152.17	-0.000075
47	47	993.25	-80.95	-152.25	-0.000075
48	48	1191.90	-80.95	-152.32	-0.000075
49	49	1390.55	-80.95	-152.40	-0.000075
50	50	1589.20	-80.95	-152.47	-0.000075
51	51	1787.85	-80.95	-152.55	-0.000075
52	52	1986.50	-80.95	-152.62	-0.000075
53	53	2185.15	-80.95	-152.70	-0.000075
54	54	2383.80	-80.95	-152.77	-0.000075

	Resultante (t)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	133.168	-2.51	-130.88
Cs	0.000	0.00	0.00
T	78.977	0.80	70.10

$P_u = C_c + C_s - T$ — P_u : *54.192* t

$M_{c,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$ — $M_{c,x}$: *-22.965* t·m

$M_{c,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$ — $M_{c,y}$: *-0.398* t·m

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón. — C_c : *133.168* t

C_s: Resultante de compresiones en el acero. — C_s : *0.000* t

T: Resultante de tracciones en el acero. — T : *78.977* t

e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{cc,x}$: *-2.51* mm; $e_{cc,y}$: *-130.88* mm

e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. — e_{cs} : *0.00* mm

e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{T,x}$: *0.80* mm; $e_{T,y}$: *70.10* mm

e_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón. — e_{cmax} : *0.0003*

e_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada. — e_{smax} : *0.0010*

s_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón. — s_{cmax} : *86.33* kp/cm²

s_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada. — s_{smax} : *2116.03* kp/cm²

ACI 318S-14, Capítulo 11

Resistencia a cortante en el plano del muro (ACI 318S-14, 11.5.4)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM+Qa+PdX-+1.2·F-SX (3).

$\phi V_n \geq V_u$ — 3103.0 kN ³ 432.5 kN ✓

Donde:

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. — V_u : *432.5* kN

V_n: Resistencia nominal a cortante. — V_n : *4137.3* kN

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_n \leq 0.83\sqrt{f'_c}hd$$

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. — V_c : *1881.9* kN

$V_c = MIN(V_{c1}, V_{c2})$

$$V_{c1} = 0.27\lambda\sqrt{f'_c}hd + \frac{N_u d}{4l_w}$$

V_{c1} : *1881.9* kN

$$V_{c2} = \left[0.05\lambda\sqrt{f'_c} + \frac{l_w\left(0.1\lambda\sqrt{f'_c} + 0.2\frac{N_u}{l_w h}\right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}}\right]hd$$

V_{c2} : -- kN

Esta ecuación no se aplica cuando (M_u / V_u - $l_w / 2$) es negativo.

V_s: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo. — V_s : *2255.4* kN

$$V_S = \frac{A_v f_{yt} d}{s}$$

N_u: Fuerza axil mayorada. — N_u : *404.7* kN

M_u: Momento mayorado. M_u : -217.3 kN·m

A_v/s: Área del refuerzo de cortante. A_v/s : 12.90 cm²/m

f'_c: Resistencia especificada a la compresión del concreto. f'_c : 27.47 MPa

$$\sqrt{f'_c} \leq 8.3\text{MPa}$$

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 412.02 MPa

l_w: Longitud del muro. l_w : 530.3 cm

h: Espesor del muro. h : 30.0 cm

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción. d : 424.2 cm

$$d = 0.8 \cdot l_w$$

l : Factor de modificación que tiene en cuenta las propiedades mecánicas reducidas del concreto de peso liviano, relativa a los concretos de peso normal de igual resistencia a la compresión. l : 1.00

f: Factor de reducción de resistencia. f : 0.75

Refuerzo transversal mínimo (ACI 318S-14, 11.6)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$\rho_t \geq \rho_{t,min}$ 0.0043 ³ 0.0025 ✓

Donde:

r_t: Cuantía del área de refuerzo transversal distribuido al área bruta de concreto de una sección perpendicular a este refuerzo. r_t : 0.0043

$r_{t,min}$: Cuantía mínima. $r_{t,min}$: 0.0025

Tamaño de la barra	f_y	$\rho_{t,min}$
≤ No.16	≥ 420 MPa	0.0020
	< 420 MPa	0.0025
> No.16	--	0.0025

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : 29.7 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 1850.3 kN

d_b: Diámetro máximo del refuerzo. d_b : 12.7 mm

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 412.02 MPa

Refuerzo longitudinal mínimo (ACI 318S-14, 11.6)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$\rho_l \geq \rho_{l,min}$ 0.0043 ³ 0.0015 ✓

Donde:

r_l: Cuantía del área de refuerzo longitudinal distribuido al área bruta de concreto de una sección perpendicular a este refuerzo. r_l : 0.0043

$r_{l,min}$: Cuantía mínima. $r_{l,min}$: 0.0015

Tamaño de la barra	f_y	$\rho_{l,min}$
≤ No.16	≥ 420 MPa	0.0012
	< 420 MPa	0.0015
> No.16	--	0.0015

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : 29.7 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 1850.3 kN

d_b: Diámetro máximo del refuerzo. d_b : 12.7 mm

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 412.02 MPa

Espaciamiento mínimo del refuerzo transversal (ACI 318S-14, 25.2.2)

Las barras de las capas superiores deben colocarse exactamente sobre las capas inferiores con una distancia libre entre capas no menor que 25mm

$s \geq 25\text{mm}$ 18.7 cm ³ 2.5 cm ✓

Espaciamiento mínimo del refuerzo longitudinal (ACI 318S-14, 25.2.3)

La distancia libre entre barras debe ser al menos el mayor de:

$s \geq s_{min}$ 18.7 cm ³ 4.0 cm ✓

Donde:

s_{min}: Valor máximo de s_1, s_2, s_3

$s_1 = 40mm$ s_1 : 4.0 cm

$s_2 = 1.5d_b$ s_2 : 1.9 cm

$s_3 = \frac{4}{3} \cdot d_{agg}$ s_3 : 2.7 cm

Siendo:

d_b: Diámetro nominal de la barra. d_b : 12.7 mm

d_{agg}: Tamaño máximo nominal del agregado. d_{agg} : 20.0 mm

Separación máxima entre armadura transversal (ACI 318S-14, 11.7.3)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$s \leq \min(3h,\ 450\ mm)$ 20.0 cm £ 45.0 cm ✓

Donde:

s: Espaciamiento de las barras transversales. s : 20.0 cm

h: Espesor del muro. h : 30.0 cm

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : -29.7 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 1850.3 kN

Espaciamiento del refuerzo longitudinal (ACI 318S-14, 11.7.2)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$s \leq \min(3h,\ 450\ mm)$ 20.0 cm £ 45.0 cm ✓

Donde:

s: Espaciamiento de las barras longitudinales. s : 20.0 cm

h: Espesor del muro. h : 30.0 cm

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : -29.7 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 1850.3 kN

Número de capas (ACI 318S-14, 11.7.2.3)

Los muros con un 'h' mayor que 250 mm deben tener refuerzo distribuido en cada dirección colocado en dos capas paralelas a las caras del muro. ✓

h: Espesor del muro. h : 30.0 cm

n: Número de capas. n : 2

1.3. MURO 3

1.3.1. N -4.9

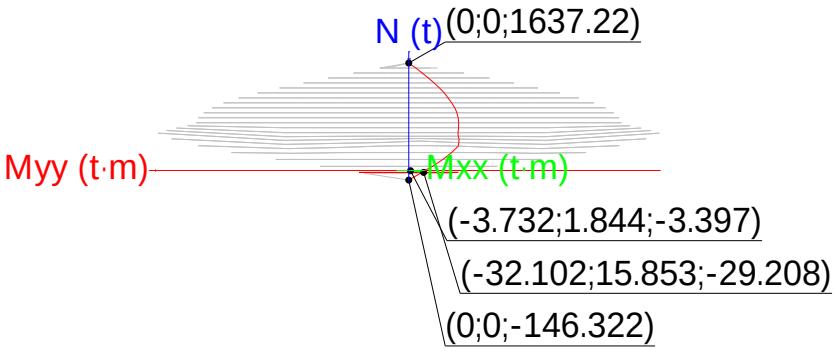
Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (ACI 318S-14, 22.4)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en "Cota -4.80 (Base)", para la combinación de hipótesis "0.9·PP+0.9·CM+0.9·H+PdX-+0.9·F-SX (5)".

Se debe satisfacer:

$$\eta_I = \sqrt{\frac{P_u^2 + M_{u,x}^2 + M_{u,y}^2}{\left(\phi \cdot P_n\right)^2 + \left(\phi \cdot M_{n,x}\right)^2 + \left(\phi \cdot M_{n,y}\right)^2}} \leq 1$$

h : 0.116 ✓



Vista N, M

Comprobación de resistencia de la sección (h_1)

P_u,M_u son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

P_u: Esfuerzo normal de cálculo. P_u : *-3.397* t

M_u: Momento de cálculo de primer orden. $M_{u,x}$: *1.844* t·m

$M_{u,y}$: *-3.732* t·m

$\phi \cdot P_n$,$\phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$f \cdot P_n$: Axil de agotamiento. $f \cdot P_n$: *-29.208* t

$f \cdot M_n$: Momentos de agotamiento. $f \cdot M_{n,x}$: *15.853* t·m

$f \cdot M_{n,y}$: *-32.102* t·m

Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 22.2.2):

(a) El diseño por resistencia de elementos sometidos a flexión y cargas axiales debe satisfacer las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones.

(b) Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro.

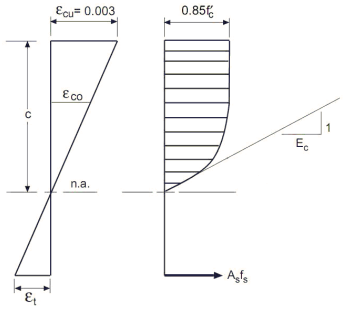
(c) La máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema sometida a compresión del concreto se supone igual a 0.003.

(d) El esfuerzo en el refuerzo cuando sea menor que f_y debe tomarse como E_s veces la deformación unitaria del acero. Para deformaciones unitarias mayores que las correspondientes a f_y, el esfuerzo se considera independiente de la deformación unitaria e igual a f_y.

(e) La resistencia a la tracción del concreto no debe considerarse en los cálculos de elementos de concreto reforzado sometidos a flexión y a carga axial.

(f) La relación entre la distribución de los esfuerzos de compresión en el concreto y la deformación unitaria del concreto se debe suponer rectangular, trapezoidal, parabólica o de cualquier otra forma que dé origen a una predicción de la resistencia que coincida con los resultados de ensayos representativos.

El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.

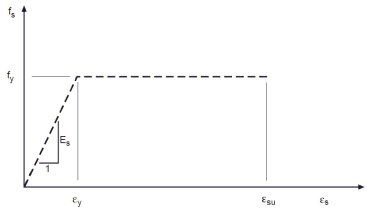


f'_c: Resistencia especifica a compresión del hormigón. f'_c : *280.00* kp/cm²

e_{cu}: Máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema de concreto a compresión. e_{cu} : *0.0030*

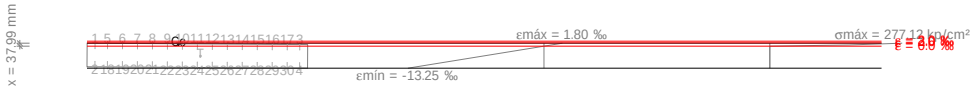
e_{co}: Deformación unitaria bajo carga máxima. e_{co} : *0.0020*

Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : *4200.00* kp/cm²

Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
1	1	-1301.70	80.95	-3058.63	-0.001500
2	2	-1301.70	-80.95	-4200.00	-0.009160
3	3	1301.70	80.95	-4200.00	-0.002290
4	4	1301.70	-80.95	-4200.00	-0.009950
5	5	-1142.96	80.95	-3156.91	-0.001548
6	6	-952.46	80.95	-3274.83	-0.001606
7	7	-761.97	80.95	-3392.76	-0.001664
8	8	-571.48	80.95	-3510.69	-0.001722
9	9	-380.99	80.95	-3628.62	-0.001780
10	10	-190.49	80.95	-3746.54	-0.001837
11	11	0.00	80.95	-3864.47	-0.001895
12	12	190.49	80.95	-3982.40	-0.001953
13	13	380.99	80.95	-4100.33	-0.002011
14	14	571.48	80.95	-4200.00	-0.002069
15	15	761.97	80.95	-4200.00	-0.002127
16	16	952.46	80.95	-4200.00	-0.002184
17	17	1142.96	80.95	-4200.00	-0.002242
18	18	-1142.96	-80.95	-4200.00	-0.009208
19	19	-952.46	-80.95	-4200.00	-0.009266
20	20	-761.97	-80.95	-4200.00	-0.009323
21	21	-571.48	-80.95	-4200.00	-0.009381
22	22	-380.99	-80.95	-4200.00	-0.009439
23	23	-190.49	-80.95	-4200.00	-0.009497
24	24	0.00	-80.95	-4200.00	-0.009555
25	25	190.49	-80.95	-4200.00	-0.009613
26	26	380.99	-80.95	-4200.00	-0.009670
27	27	571.48	-80.95	-4200.00	-0.009728
28	28	761.97	-80.95	-4200.00	-0.009786
29	29	952.46	-80.95	-4200.00	-0.009844
30	30	1142.96	-80.95	-4200.00	-0.009902

	Resultante (t)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	122.019	-241.64	138.98
Cs	0.000	0.00	0.00
T	154.472	40.03	-4.25

$P_n = C_c + C_s - T$ — P_n : *-32.453* t

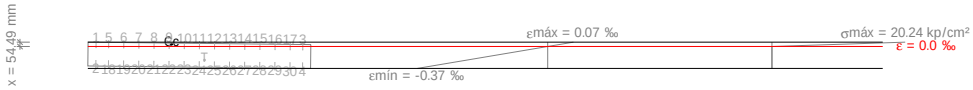
$M_{n,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$ — $M_{n,x}$: *17.614* t·m

$M_{n,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$ — $M_{n,y}$: *-35.669* t·m

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón.	C_c	*122.019*	t
C_s: Resultante de compresiones en el acero.	C_s	*0.000*	t
T: Resultante de tracciones en el acero.	T	*154.472*	t
e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{cc,x}$	*-241.64*	mm
	$e_{cc,y}$	*138.98*	mm
e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	e_{cs}	*0.00*	mm
e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{T,x}$	*40.03*	mm
	$e_{T,y}$	*-4.25*	mm
e_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.	e_{cmax}	*0.0018*	
e_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada.	e_{smax}	*0.0100*	
s_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.	s_{cmax}	*277.12*	kp/cm²
s_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada.	s_{smax}	*4200.00*	kp/cm²

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
1	1	-1301.70	80.95	-43.19	-0.000021
2	2	-1301.70	-80.95	-489.44	-0.000240
3	3	1301.70	80.95	-122.11	-0.000060
4	4	1301.70	-80.95	-568.36	-0.000279
5	5	-1142.96	80.95	-48.00	-0.000024
6	6	-952.46	80.95	-53.78	-0.000026
7	7	-761.97	80.95	-59.55	-0.000029
8	8	-571.48	80.95	-65.33	-0.000032
9	9	-380.99	80.95	-71.10	-0.000035
10	10	-190.49	80.95	-76.88	-0.000038
11	11	0.00	80.95	-82.65	-0.000041
12	12	190.49	80.95	-88.43	-0.000043
13	13	380.99	80.95	-94.20	-0.000046
14	14	571.48	80.95	-99.98	-0.000049
15	15	761.97	80.95	-105.75	-0.000052
16	16	952.46	80.95	-111.53	-0.000055
17	17	1142.96	80.95	-117.30	-0.000058
18	18	-1142.96	-80.95	-494.25	-0.000242
19	19	-952.46	-80.95	-500.03	-0.000245
20	20	-761.97	-80.95	-505.80	-0.000248
21	21	-571.48	-80.95	-511.58	-0.000251
22	22	-380.99	-80.95	-517.35	-0.000254
23	23	-190.49	-80.95	-523.13	-0.000257
24	24	0.00	-80.95	-528.90	-0.000259
25	25	190.49	-80.95	-534.68	-0.000262
26	26	380.99	-80.95	-540.45	-0.000265
27	27	571.48	-80.95	-546.23	-0.000268

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
28	28	761.97	-80.95	-552.00	-0.000271
29	29	952.46	-80.95	-557.78	-0.000274
30	30	1142.96	-80.95	-563.55	-0.000276

	Resultante (t)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	8.440	-349.58	135.66
Cs	0.000	0.00	0.00
T	11.836	66.05	-59.07

$P_u = C_c + C_s - T$ — P_u : *-3.397* t

$M_{u,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$ — $M_{u,x}$: *1.844* t·m

$M_{u,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$ — $M_{u,y}$: *-3.732* t·m

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón. — C_c : *8.440* t

C_s: Resultante de compresiones en el acero. — C_s : *0.000* t

T: Resultante de tracciones en el acero. — T : *11.836* t

e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{cc,x}$: *-349.58* mm; $e_{cc,y}$: *135.66* mm

e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. — e_{cs} : *0.00* mm

e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{T,x}$: *66.05* mm; $e_{T,y}$: *-59.07* mm

e_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón. — e_{cmax} : *0.0001*

e_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada. — e_{smax} : *0.0003*

s_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón. — s_{cmax} : *20.24* kp/cm²

s_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada. — s_{smax} : *568.36* kp/cm²

ACI 318S-14, Capítulo 11

Resistencia a cortante en el plano del muro (ACI 318S-14, 11.5.4)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota 0.10 (Cabeza), para la combinación de hipótesis 0.9·PP+0.9·CM+1.6·H+SX (4).

$\phi V_n \geq V_u$ — 1610.9 kN ³ 242.1 kN ✓

Donde:

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. — V_u : *242.1* kN

V_n: Resistencia nominal a cortante. — V_n : *2147.8* kN

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_n \leq 0.83\sqrt{f'_c}hd$$

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. — V_c : *954.8* kN

$V_c = MIN(V_{c1}, V_{c2})$

$$V_{c1} = 0.27\lambda\sqrt{f'_c}hd + \frac{N_u d}{4l_w}$$ — V_{c1} : *954.8* kN

$$V_{c2} = \left[0.05\lambda\sqrt{f'_c} + \frac{l_w\left(0.1\lambda\sqrt{f'_c} + 0.2\frac{N_u}{l_w h}\right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}}\right]hd$$ — V_{c2} : -- kN

Esta ecuación no se aplica cuando (M_u/V_u - $l_w/2$) es negativo.

V_s: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo. — V_s : *1193.0* kN

$$V_S = \frac{A_v f_{yt} d}{s}$$

N_u: Fuerza axil mayorada. — N_u : *10.9* kN

M_u: Momento mayorado. — M_u : *-65.2* kN·m

A_v/s: Área del refuerzo de cortante. — A_v/s : *12.90* cm²/m

f'_c: Resistencia especificada a la compresión del concreto. — f'_c : *27.47* MPa

$$\sqrt{f'_c} \leq 8.3MPa$$

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. — f_y : *412.02* MPa

l_w: Longitud del muro. — l_w : *280.5* cm

h: Espesor del muro. h : 30.0 cm

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción. d : 224.4 cm

$$d = 0.8 \cdot l_w$$

l: Factor de modificación que tiene en cuenta las propiedades mecánicas reducidas del concreto de peso liviano, relativa a los concretos de peso normal de igual resistencia a la compresión. l : 1.00

f: Factor de reducción de resistencia. f : 0.75

Refuerzo transversal mínimo (ACI 318S-14, 11.6)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$\rho_t \geq \rho_{t,min}$ 0.0043 ³ 0.0025 ✓

Donde:

r_t: Cuantía del área de refuerzo transversal distribuido al área bruta de concreto de una sección perpendicular a este refuerzo. r_t : 0.0043

$r_{t,min}$: Cuantía mínima. $r_{t,min}$: 0.0025

Tamaño de la barra	f_y	$\rho_{t,min}$
≤ No.16	≥ 420 MPa	0.0020
	< 420 MPa	0.0025
> No.16	--	0.0025

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : 11.1 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 973.6 kN

d_b: Diámetro máximo del refuerzo. d_b : 12.7 mm

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 412.02 MPa

Refuerzo longitudinal mínimo (ACI 318S-14, 11.6)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$\rho_l \geq \rho_{l,min}$ 0.0043 ³ 0.0015 ✓

Donde:

r_l: Cuantía del área de refuerzo longitudinal distribuido al área bruta de concreto de una sección perpendicular a este refuerzo. r_l : 0.0043

$r_{l,min}$: Cuantía mínima. $r_{l,min}$: 0.0015

Tamaño de la barra	f_y	$\rho_{l,min}$
≤ No.16	≥ 420 MPa	0.0012
	< 420 MPa	0.0015
> No.16	--	0.0015

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : 11.1 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 973.6 kN

d_b: Diámetro máximo del refuerzo. d_b : 12.7 mm

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 412.02 MPa

Espaciamiento mínimo del refuerzo transversal (ACI 318S-14, 25.2.2)

Las barras de las capas superiores deben colocarse exactamente sobre las capas inferiores con una distancia libre entre capas no menor que 25mm

$s \geq 25mm$ 18.7 cm ³ 2.5 cm ✓

Espaciamiento mínimo del refuerzo longitudinal (ACI 318S-14, 25.2.3)

La distancia libre entre barras debe ser al menos el mayor de:

$s \geq s_{min}$ 18.7 cm ³ 4.0 cm ✓

Donde:

s_{min}: Valor máximo de s_1, s_2, s_3

$s_1 = 40mm$ s_1 : 4.0 cm

$s_2 = 1.5 d_b$ s_2 : 1.9 cm

$s_3 = \frac{4}{3} \cdot d_{agg}$ s_3 : 2.7 cm

Siendo:

d_b: Diámetro nominal de la barra. d_b : 12.7 mm

d_{agg}: Tamaño máximo nominal del agregado. d_{agg} : 20.0 mm

Separación máxima entre armadura transversal (ACI 318S-14, 11.7.3)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$s \leq \min(3h,\ 450\ mm)$ 20.0 cm £ 45.0 cm ✓

Donde:

s: Espaciamiento de las barras transversales. s : 20.0 cm

h: Espesor del muro. h : 30.0 cm

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : -11.1 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 973.6 kN

Espaciamiento del refuerzo longitudinal (ACI 318S-14, 11.7.2)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$s \leq \min(3h,\ 450\ mm)$ 20.0 cm £ 45.0 cm ✓

Donde:

s: Espaciamiento de las barras longitudinales. s : 20.0 cm

h: Espesor del muro. h : 30.0 cm

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : -11.1 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 973.6 kN

Número de capas (ACI 318S-14, 11.7.2.3)

Los muros con un 'h' mayor que 250 mm deben tener refuerzo distribuido en cada dirección colocado en dos capas paralelas a las caras del muro. ✓

h: Espesor del muro. h : 30.0 cm

n: Número de capas. n : 2

1.4. MURO 4

1.4.1. N -4.9

Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (ACI 318S-14, 22.4)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en "Cota -4.80 (Base)", para la combinación de hipótesis "1.2·PP+1.2·CM+1.6·H+SX (3)".

Se debe satisfacer:

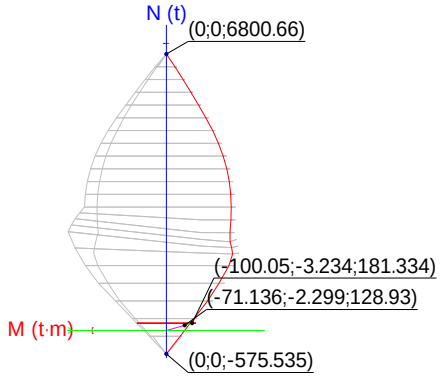
$$\eta_1 = \sqrt{\frac{P_u^2 + M_{u,x}^2 + M_{u,y}^2}{(\phi \cdot P_n)^2 + (\phi \cdot M_{n,x})^2 + (\phi \cdot M_{n,y})^2}} \leq 1$$

h : 0.690 ✓

$$\eta_2 = \sqrt{\frac{P_u^2 + M_{c,x}^2 + M_{c,y}^2}{(\phi \cdot P_n)^2 + (\phi \cdot M_{n,x})^2 + (\phi \cdot M_{n,y})^2}} \leq 1$$

h : 0.711 ✓

$P_u \leq \phi \cdot P_{n,max}$ 128.930 t ≤ 4655.436 t ✓



Vista N, M

Comprobación de resistencia de la sección (h_1)

P_u,M_u son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

P_u: Esfuerzo normal de cálculo. P_u : *128.930* t

M_u: Momento de cálculo de primer orden. $M_{u,x}$: *-2.299* t·m

$M_{u,y}$: *-69.496* t·m

$\phi \cdot P_n$,$\phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$f \cdot P_n$: Axil de agotamiento. $f \cdot P_n$: *186.829* t

$f \cdot M_n$: Momentos de agotamiento. $f \cdot M_{n,x}$: *-3.332* t·m

$f \cdot M_{n,y}$: *-100.705* t·m

Comprobación del estado limite de inestabilidad (h_2)

P_u,M_c esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos obtenidos a partir de los de primer orden incrementados para tener en cuenta los efectos de segundo orden a causa de la esbeltez.

P_u: Axil solicitante de cálculo pésimo. P_u : *128.930* t

M_c: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{c,x}$: *-2.299* t·m

$M_{c,y}$: *-71.136* t·m

$\phi \cdot P_n$,$\phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$f \cdot P_n$: Axil de agotamiento. $f \cdot P_n$: *181.334* t

$f \cdot M_n$: Momentos de agotamiento. $f \cdot M_{n,x}$: *-3.234* t·m

$f \cdot M_{n,y}$: *-100.050* t·m

En el eje x:

Se permite ignorar los efectos de esbeltez en elementos a compresión que satisfacen (Artículo 6.2.5):

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \leq 22$$ 1.4 ≤ 22.0 ✓

Donde:

kl_u: Longitud efectiva. kl_u : *4.700* m

r: Radio de giro de la sección transversal de un elemento en compresión. r : *337.58* cm

En el eje y:

No se permite ignorar los efectos de esbeltez en elementos a compresión que satisfacen (Artículo 6.2.5):

$$\frac{k \cdot l_u}{r} > 22$$ 54.3 > 22.0

Donde:

kl_u: Longitud efectiva. kl_u : *4.700* m

r: Radio de giro de la sección transversal de un elemento en compresión. r : *8.66* cm

Los elementos a compresión deben diseñarse para la fuerza axial mayorada P_u y para el momento magnificado por los efectos de curvatura del elemento, M_c (Artículo 6.6.4.5):

$\mathbf{P_u} = P_u$ P_u : *128.930* t

$\mathbf{M_c} = \delta_{ns} \cdot M_2$ M_c : *-71.136* t·m

Donde:

$\mathbf{M_2} = M_u \geq M_{2,min}$ M_2 : *-69.496* t·m

Siendo:

$\mathbf{M_{2,min}} = P_u \cdot (0.015 + 0.03 \cdot h)$ $M_{2,min}$: *3.094* t·m

h: Altura de un elemento. h : *300.00* mm

$$\delta_{ns} = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{0.75 \cdot P_c}} \geq 1$$

d_{ns} : 1.024

Siendo:

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot 0.25 \cdot E_c \cdot I_g}{(k \cdot l_u)^2}$$

P_c : 7455.338 t

Donde:

E_c: Módulo de elasticidad del concreto. E_c : 253675.00 kp/cm²

I_g: Momento de inercia de la sección bruta del elemento con respecto al eje que pasa por el centroide, sin tener en cuenta el refuerzo. I_g : 2631150.00 cm4

kl_u: Longitud efectiva. kl_u : 4.700 m

Comprobación de resistencia axial de diseño

La fuerza axial mayorada P_u de elementos en compresión no debe tomarse mayor que $\phi \cdot P_{n,max}$ (Artículo 22.4.2).

$$\phi \cdot P_{n,max} = 0.80 \cdot \phi \cdot \left[0.85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}\right]$$

$f \cdot P_{n,max}$: 4655.436 t

Siendo:

f'_c: Resistencia especifica a compresión del hormigón. f'_c : 280.00 kp/cm²

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 4200.00 kp/cm²

A_g: Área total de la sección de hormigón. A_g : 35082.00 cm²

A_{st}: Área total de refuerzo longitudinal no preesforzado. A_{st} : 152.26 cm²

Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 22.2.2):

(a) El diseño por resistencia de elementos sometidos a flexión y cargas axiales debe satisfacer las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones.

(b) Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro.

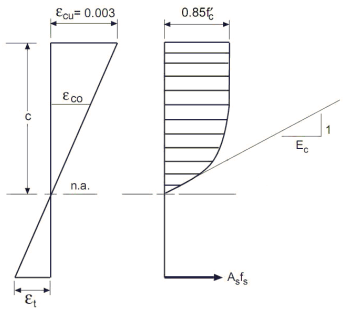
(c) La máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema sometida a compresión del concreto se supone igual a 0.003.

(d) El esfuerzo en el refuerzo cuando sea menor que f_y debe tomarse como E_s veces la deformación unitaria del acero. Para deformaciones unitarias mayores que las correspondientes a f_y, el esfuerzo se considera independiente de la deformación unitaria e igual a f_y.

(e) La resistencia a la tracción del concreto no debe considerarse en los cálculos de elementos de concreto reforzado sometidos a flexión y a carga axial.

(f) La relación entre la distribución de los esfuerzos de compresión en el concreto y la deformación unitaria del concreto se debe suponer rectangular, trapezoidal, parabólica o de cualquier otra forma que dé origen a una predicción de la resistencia que coincida con los resultados de ensayos representativos.

El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.

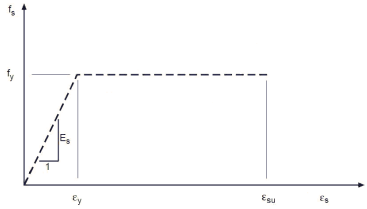


f'_c: Resistencia especifica a compresión del hormigón. f'_c : 280.00 kp/cm²

e_{cu}: Máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema de concreto a compresión. e_{cu} : 0.0030

e_{c0}: Deformación unitaria bajo carga máxima. e_{c0} : 0.0020

Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : *4200.00* kp/cm²

Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
1	1	-80.95	-5746.20	-3367.27	-0.001651
2	2	80.95	-5746.20	-4200.00	-0.009945
3	3	-80.95	5746.20	-3376.58	-0.001656
4	4	80.95	5746.20	-4200.00	-0.009950
5	5	-80.95	-5578.71	-3367.41	-0.001651
6	6	-80.95	-5379.47	-3367.57	-0.001652
7	7	-80.95	-5180.23	-3367.73	-0.001652
8	8	-80.95	-4980.99	-3367.89	-0.001652
9	9	-80.95	-4781.75	-3368.05	-0.001652
10	10	-80.95	-4582.51	-3368.22	-0.001652
11	11	-80.95	-4383.27	-3368.38	-0.001652
12	12	-80.95	-4184.03	-3368.54	-0.001652
13	13	-80.95	-3984.79	-3368.70	-0.001652
14	14	-80.95	-3785.55	-3368.86	-0.001652
15	15	-80.95	-3586.31	-3369.02	-0.001652
16	16	-80.95	-3387.07	-3369.18	-0.001652
17	17	-80.95	-3187.83	-3369.34	-0.001652
18	18	-80.95	-2988.59	-3369.51	-0.001653
19	19	-80.95	-2789.36	-3369.67	-0.001653
20	20	-80.95	-2590.12	-3369.83	-0.001653
21	21	-80.95	-2390.88	-3369.99	-0.001653
22	22	-80.95	-2191.64	-3370.15	-0.001653
23	23	-80.95	-1992.40	-3370.31	-0.001653
24	24	-80.95	-1793.16	-3370.47	-0.001653
25	25	-80.95	-1593.92	-3370.64	-0.001653
26	26	-80.95	-1394.68	-3370.80	-0.001653
27	27	-80.95	-1195.44	-3370.96	-0.001653
28	28	-80.95	-996.20	-3371.12	-0.001653
29	29	-80.95	-796.96	-3371.28	-0.001653
30	30	-80.95	-597.72	-3371.44	-0.001653
31	31	-80.95	-398.48	-3371.60	-0.001654
32	32	-80.95	-199.24	-3371.77	-0.001654
33	33	-80.95	0.00	-3371.93	-0.001654
34	34	-80.95	199.24	-3372.09	-0.001654
35	35	-80.95	398.48	-3372.25	-0.001654

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
36	36	-80.95	597.72	-3372.41	-0.001654
37	37	-80.95	796.96	-3372.57	-0.001654
38	38	-80.95	996.20	-3372.73	-0.001654
39	39	-80.95	1195.44	-3372.90	-0.001654
40	40	-80.95	1394.68	-3373.06	-0.001654
41	41	-80.95	1593.92	-3373.22	-0.001654
42	42	-80.95	1793.16	-3373.38	-0.001654
43	43	-80.95	1992.40	-3373.54	-0.001655
44	44	-80.95	2191.64	-3373.70	-0.001655
45	45	-80.95	2390.88	-3373.86	-0.001655
46	46	-80.95	2590.12	-3374.03	-0.001655
47	47	-80.95	2789.36	-3374.19	-0.001655
48	48	-80.95	2988.59	-3374.35	-0.001655
49	49	-80.95	3187.83	-3374.51	-0.001655
50	50	-80.95	3387.07	-3374.67	-0.001655
51	51	-80.95	3586.31	-3374.83	-0.001655
52	52	-80.95	3785.55	-3374.99	-0.001655
53	53	-80.95	3984.79	-3375.15	-0.001655
54	54	-80.95	4184.03	-3375.32	-0.001655
55	55	-80.95	4383.27	-3375.48	-0.001655
56	56	-80.95	4582.51	-3375.64	-0.001656
57	57	-80.95	4781.75	-3375.80	-0.001656
58	58	-80.95	4980.99	-3375.96	-0.001656
59	59	-80.95	5180.23	-3376.12	-0.001656
60	60	-80.95	5379.47	-3376.28	-0.001656
61	61	-80.95	5578.71	-3376.45	-0.001656
62	62	80.95	-5578.71	-4200.00	-0.009946
63	63	80.95	-5379.47	-4200.00	-0.009946
64	64	80.95	-5180.23	-4200.00	-0.009946
65	65	80.95	-4980.99	-4200.00	-0.009946
66	66	80.95	-4781.75	-4200.00	-0.009946
67	67	80.95	-4582.51	-4200.00	-0.009946
68	68	80.95	-4383.27	-4200.00	-0.009946
69	69	80.95	-4184.03	-4200.00	-0.009946
70	70	80.95	-3984.79	-4200.00	-0.009946
71	71	80.95	-3785.55	-4200.00	-0.009946
72	72	80.95	-3586.31	-4200.00	-0.009946
73	73	80.95	-3387.07	-4200.00	-0.009946
74	74	80.95	-3187.83	-4200.00	-0.009946
75	75	80.95	-2988.59	-4200.00	-0.009947
76	76	80.95	-2789.36	-4200.00	-0.009947
77	77	80.95	-2590.12	-4200.00	-0.009947
78	78	80.95	-2390.88	-4200.00	-0.009947
79	79	80.95	-2191.64	-4200.00	-0.009947
80	80	80.95	-1992.40	-4200.00	-0.009947
81	81	80.95	-1793.16	-4200.00	-0.009947
82	82	80.95	-1593.92	-4200.00	-0.009947
83	83	80.95	-1394.68	-4200.00	-0.009947
84	84	80.95	-1195.44	-4200.00	-0.009947
85	85	80.95	-996.20	-4200.00	-0.009947
86	86	80.95	-796.96	-4200.00	-0.009947
87	87	80.95	-597.72	-4200.00	-0.009947
88	88	80.95	-398.48	-4200.00	-0.009948
89	89	80.95	-199.24	-4200.00	-0.009948
90	90	80.95	0.00	-4200.00	-0.009948
91	91	80.95	199.24	-4200.00	-0.009948
92	92	80.95	398.48	-4200.00	-0.009948
93	93	80.95	597.72	-4200.00	-0.009948
94	94	80.95	796.96	-4200.00	-0.009948
95	95	80.95	996.20	-4200.00	-0.009948

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
96	96	80.95	1195.44	-4200.00	-0.009948
97	97	80.95	1394.68	-4200.00	-0.009948
98	98	80.95	1593.92	-4200.00	-0.009948
99	99	80.95	1793.16	-4200.00	-0.009948
100	100	80.95	1992.40	-4200.00	-0.009949
101	101	80.95	2191.64	-4200.00	-0.009949
102	102	80.95	2390.88	-4200.00	-0.009949
103	103	80.95	2590.12	-4200.00	-0.009949
104	104	80.95	2789.36	-4200.00	-0.009949
105	105	80.95	2988.59	-4200.00	-0.009949
106	106	80.95	3187.83	-4200.00	-0.009949
107	107	80.95	3387.07	-4200.00	-0.009949
108	108	80.95	3586.31	-4200.00	-0.009949
109	109	80.95	3785.55	-4200.00	-0.009949
110	110	80.95	3984.79	-4200.00	-0.009949
111	111	80.95	4184.03	-4200.00	-0.009949
112	112	80.95	4383.27	-4200.00	-0.009949
113	113	80.95	4582.51	-4200.00	-0.009950
114	114	80.95	4781.75	-4200.00	-0.009950
115	115	80.95	4980.99	-4200.00	-0.009950
116	116	80.95	5180.23	-4200.00	-0.009950
117	117	80.95	5379.47	-4200.00	-0.009950
118	118	80.95	5578.71	-4200.00	-0.009950

	Resultante (t)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	777.925	-136.34	-3.71
Cs	0.000	0.00	0.00
T	576.443	8.85	1.23

$P_n = C_c + C_s - T$ — P_n : *201.482* t

$M_{n,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$ — $M_{n,x}$: *-3.593* t·m

$M_{n,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$ — $M_{n,y}$: *-111.167* t·m

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón. — C_c : *777.925* t

C_s: Resultante de compresiones en el acero. — C_s : *0.000* t

T: Resultante de tracciones en el acero. — T : *576.443* t

e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{cc,x}$: *-136.34* mm

$e_{cc,y}$: *-3.71* mm

e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. — e_{cs} : *0.00* mm

e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{T,x}$: *8.85* mm

$e_{T,y}$: *1.23* mm

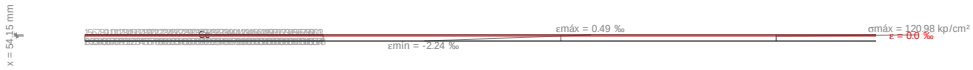
e_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón. — e_{cmax} : *0.0019*

e_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada. — e_{smax} : *0.0099*

s_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón. — s_{cmax} : *279.09* kp/cm²

s_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada. — s_{smax} : *4200.00* kp/cm²

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
1	1	-80.95	-5746.20	-276.60	-0.000136
2	2	80.95	-5746.20	-3280.85	-0.001609
3	3	-80.95	5746.20	-279.13	-0.000137
4	4	80.95	5746.20	-3283.38	-0.001610
5	5	-80.95	-5578.71	-276.63	-0.000136
6	6	-80.95	-5379.47	-276.68	-0.000136
7	7	-80.95	-5180.23	-276.72	-0.000136
8	8	-80.95	-4980.99	-276.77	-0.000136
9	9	-80.95	-4781.75	-276.81	-0.000136
10	10	-80.95	-4582.51	-276.85	-0.000136
11	11	-80.95	-4383.27	-276.90	-0.000136
12	12	-80.95	-4184.03	-276.94	-0.000136
13	13	-80.95	-3984.79	-276.99	-0.000136
14	14	-80.95	-3785.55	-277.03	-0.000136
15	15	-80.95	-3586.31	-277.07	-0.000136
16	16	-80.95	-3387.07	-277.12	-0.000136
17	17	-80.95	-3187.83	-277.16	-0.000136
18	18	-80.95	-2988.59	-277.21	-0.000136
19	19	-80.95	-2789.36	-277.25	-0.000136
20	20	-80.95	-2590.12	-277.29	-0.000136
21	21	-80.95	-2390.88	-277.34	-0.000136
22	22	-80.95	-2191.64	-277.38	-0.000136
23	23	-80.95	-1992.40	-277.43	-0.000136
24	24	-80.95	-1793.16	-277.47	-0.000136
25	25	-80.95	-1593.92	-277.51	-0.000136
26	26	-80.95	-1394.68	-277.56	-0.000136
27	27	-80.95	-1195.44	-277.60	-0.000136
28	28	-80.95	-996.20	-277.64	-0.000136
29	29	-80.95	-796.96	-277.69	-0.000136
30	30	-80.95	-597.72	-277.73	-0.000136
31	31	-80.95	-398.48	-277.78	-0.000136
32	32	-80.95	-199.24	-277.82	-0.000136
33	33	-80.95	0.00	-277.86	-0.000136
34	34	-80.95	199.24	-277.91	-0.000136
35	35	-80.95	398.48	-277.95	-0.000136
36	36	-80.95	597.72	-278.00	-0.000136
37	37	-80.95	796.96	-278.04	-0.000136
38	38	-80.95	996.20	-278.08	-0.000136
39	39	-80.95	1195.44	-278.13	-0.000136
40	40	-80.95	1394.68	-278.17	-0.000136
41	41	-80.95	1593.92	-278.22	-0.000136
42	42	-80.95	1793.16	-278.26	-0.000136
43	43	-80.95	1992.40	-278.30	-0.000136
44	44	-80.95	2191.64	-278.35	-0.000137
45	45	-80.95	2390.88	-278.39	-0.000137
46	46	-80.95	2590.12	-278.44	-0.000137

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
47	47	-80.95	2789.36	-278.48	-0.000137
48	48	-80.95	2988.59	-278.52	-0.000137
49	49	-80.95	3187.83	-278.57	-0.000137
50	50	-80.95	3387.07	-278.61	-0.000137
51	51	-80.95	3586.31	-278.66	-0.000137
52	52	-80.95	3785.55	-278.70	-0.000137
53	53	-80.95	3984.79	-278.74	-0.000137
54	54	-80.95	4184.03	-278.79	-0.000137
55	55	-80.95	4383.27	-278.83	-0.000137
56	56	-80.95	4582.51	-278.87	-0.000137
57	57	-80.95	4781.75	-278.92	-0.000137
58	58	-80.95	4980.99	-278.96	-0.000137
59	59	-80.95	5180.23	-279.01	-0.000137
60	60	-80.95	5379.47	-279.05	-0.000137
61	61	-80.95	5578.71	-279.09	-0.000137
62	62	80.95	-5578.71	-3280.89	-0.001609
63	63	80.95	-5379.47	-3280.93	-0.001609
64	64	80.95	-5180.23	-3280.98	-0.001609
65	65	80.95	-4980.99	-3281.02	-0.001609
66	66	80.95	-4781.75	-3281.06	-0.001609
67	67	80.95	-4582.51	-3281.11	-0.001609
68	68	80.95	-4383.27	-3281.15	-0.001609
69	69	80.95	-4184.03	-3281.20	-0.001609
70	70	80.95	-3984.79	-3281.24	-0.001609
71	71	80.95	-3785.55	-3281.28	-0.001609
72	72	80.95	-3586.31	-3281.33	-0.001609
73	73	80.95	-3387.07	-3281.37	-0.001609
74	74	80.95	-3187.83	-3281.42	-0.001609
75	75	80.95	-2988.59	-3281.46	-0.001609
76	76	80.95	-2789.36	-3281.50	-0.001609
77	77	80.95	-2590.12	-3281.55	-0.001609
78	78	80.95	-2390.88	-3281.59	-0.001609
79	79	80.95	-2191.64	-3281.63	-0.001609
80	80	80.95	-1992.40	-3281.68	-0.001609
81	81	80.95	-1793.16	-3281.72	-0.001609
82	82	80.95	-1593.92	-3281.77	-0.001609
83	83	80.95	-1394.68	-3281.81	-0.001610
84	84	80.95	-1195.44	-3281.85	-0.001610
85	85	80.95	-996.20	-3281.90	-0.001610
86	86	80.95	-796.96	-3281.94	-0.001610
87	87	80.95	-597.72	-3281.99	-0.001610
88	88	80.95	-398.48	-3282.03	-0.001610
89	89	80.95	-199.24	-3282.07	-0.001610
90	90	80.95	0.00	-3282.12	-0.001610
91	91	80.95	199.24	-3282.16	-0.001610
92	92	80.95	398.48	-3282.21	-0.001610
93	93	80.95	597.72	-3282.25	-0.001610
94	94	80.95	796.96	-3282.29	-0.001610
95	95	80.95	996.20	-3282.34	-0.001610
96	96	80.95	1195.44	-3282.38	-0.001610
97	97	80.95	1394.68	-3282.43	-0.001610
98	98	80.95	1593.92	-3282.47	-0.001610
99	99	80.95	1793.16	-3282.51	-0.001610
100	100	80.95	1992.40	-3282.56	-0.001610
101	101	80.95	2191.64	-3282.60	-0.001610
102	102	80.95	2390.88	-3282.65	-0.001610
103	103	80.95	2590.12	-3282.69	-0.001610
104	104	80.95	2789.36	-3282.73	-0.001610
105	105	80.95	2988.59	-3282.78	-0.001610
106	106	80.95	3187.83	-3282.82	-0.001610

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
107	107	80.95	3387.07	-3282.86	-0.001610
108	108	80.95	3586.31	-3282.91	-0.001610
109	109	80.95	3785.55	-3282.95	-0.001610
110	110	80.95	3984.79	-3283.00	-0.001610
111	111	80.95	4184.03	-3283.04	-0.001610
112	112	80.95	4383.27	-3283.08	-0.001610
113	113	80.95	4582.51	-3283.13	-0.001610
114	114	80.95	4781.75	-3283.17	-0.001610
115	115	80.95	4980.99	-3283.22	-0.001610
116	116	80.95	5180.23	-3283.26	-0.001610
117	117	80.95	5379.47	-3283.30	-0.001610
118	118	80.95	5578.71	-3283.35	-0.001610

	Resultante (t)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	399.947	-131.57	-4.78
Cs	0.000	0.00	0.00
T	271.017	68.31	1.42

$P_u = C_c + C_s - T$ — P_u : *128.930* t

$M_{c,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$ — $M_{c,x}$: *-2.299* t·m

$M_{c,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$ — $M_{c,y}$: *-71.136* t·m

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón. — C_c : *399.947* t

C_s: Resultante de compresiones en el acero. — C_s : *0.000* t

T: Resultante de tracciones en el acero. — T : *271.017* t

e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{cc,x}$: *-131.57* mm; $e_{cc,y}$: *-4.78* mm

e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. — e_{cs} : *0.00* mm

e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{T,x}$: *68.31* mm; $e_{T,y}$: *1.42* mm

e_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón. — e_{cmax} : *0.0005*

e_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada. — e_{smax} : *0.0016*

s_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón. — s_{cmax} : *120.98* kp/cm²

s_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada. — s_{smax} : *3283.38* kp/cm²

ACI 318S-14, Capítulo 11

Resistencia a cortante en el plano del muro (ACI 318S-14, 11.5.4)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM+PdY++1.2·F-SY (2).

$\phi V_n \geq V_u$ — 6783.7 kN ³ 668.0 kN ✓

Donde:

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. — V_u : *668.0* kN

V_n: Resistencia nominal a cortante. — V_n : *9044.9* kN

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_n \leq 0.83\sqrt{f'_c}hd$$

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. — V_c : *4071.3* kN

$V_c = MIN(V_{c1}, V_{c2})$

$$V_{c1} = 0.27\lambda\sqrt{f'_c}hd + \frac{N_u d}{4l_w}$$

V_{c1} : *4071.3* kN

$$V_{c2} = \left[0.05\lambda\sqrt{f'_c} + \frac{l_w\left(0.1\lambda\sqrt{f'_c} + 0.2\frac{N_u}{l_w h}\right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}}\right]hd$$

V_{c2} : -- kN

Esta ecuación no se aplica cuando (M_u / V_u - $l_w / 2$) es negativo.

V_s: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo. — V_s : *4973.6* kN

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s}$$

N_u: Fuerza axil mayorada. N_u : 499.1 kN

M_u: Momento mayorado. M_u : 1253.1 kN·m

A_v/s: Área del refuerzo de cortante. A_v/s : 12.90 cm²/m

f'$_c$: Resistencia especificada a la compresión del concreto. f'$_c$: 27.47 MPa

$$\sqrt{f'_c} \le 8.3\text{MPa}$$

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 412.02 MPa

l_w: Longitud del muro. l_w : 1169.4 cm

h: Espesor del muro. h : 30.0 cm

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción. d : 935.5 cm

$$d = 0.8 \cdot l_w$$

l: Factor de modificación que tiene en cuenta las propiedades mecánicas reducidas del concreto de peso liviano, relativa a los concretos de peso normal de igual resistencia a la compresión. l : 1.00

f: Factor de reducción de resistencia. f : 0.75

Refuerzo transversal mínimo (ACI 318S-14, 11.6)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \le 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$\rho_t \ge \rho_{t,min}$ 0.0043 ³ 0.0025 ✓

Donde:

r_t: Cuantía del área de refuerzo transversal distribuido al área bruta de concreto de una sección perpendicular a este refuerzo. r_t : 0.0043

$r_{t,min}$: Cuantía mínima. $r_{t,min}$: 0.0025

Tamaño de la barra	f_y	$\rho_{t,min}$
≤ No.16	≥ 420 MPa	0.0020
	< 420 MPa	0.0025
> No.16	--	0.0025

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : 7.7 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 4094.6 kN

d_b: Diámetro máximo del refuerzo. d_b : 12.7 mm

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 412.02 MPa

Refuerzo longitudinal mínimo (ACI 318S-14, 11.6)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \le 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$\rho_l \ge \rho_{l,min}$ 0.0043 ³ 0.0015 ✓

Donde:

r_l: Cuantía del área de refuerzo longitudinal distribuido al área bruta de concreto de una sección perpendicular a este refuerzo. r_l : 0.0043

$r_{l,min}$: Cuantía mínima. $r_{l,min}$: 0.0015

Tamaño de la barra	f_y	$\rho_{l,min}$
≤ No.16	≥ 420 MPa	0.0012
	< 420 MPa	0.0015
> No.16	--	0.0015

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : 7.7 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 4094.6 kN

d_b: Diámetro máximo del refuerzo. d_b : 12.7 mm

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 412.02 MPa

Espaciamiento mínimo del refuerzo transversal (ACI 318S-14, 25.2.2)

Las barras de las capas superiores deben colocarse exactamente sobre las capas inferiores con una distancia libre entre capas no menor que 25mm

$s \ge 25\text{mm}$ 18.7 cm ³ 2.5 cm ✓

Espaciamiento mínimo del refuerzo longitudinal (ACI 318S-14, 25.2.3)

La distancia libre entre barras debe ser al menos el mayor de:

$s \geq s_{min}$ 18.7 cm ³ 4.0 cm ✓

Donde:

s_{min}: Valor máximo de s_1, s_2, s_3

$s_1 = 40mm$ s_1 : 4.0 cm

$s_2 = 1.5d_b$ s_2 : 1.9 cm

$s_3 = \frac{4}{3} \cdot d_{agg}$ s_3 : 2.7 cm

Siendo:

d_b: Diámetro nominal de la barra. d_b : 12.7 mm

d_{agg}: Tamaño máximo nominal del agregado. d_{agg} : 20.0 mm

Separación máxima entre armadura transversal (ACI 318S-14, 11.7.3)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$s \leq \min(3h,\ 450\ mm)$ 20.0 cm £ 45.0 cm ✓

Donde:

s: Espaciamiento de las barras transversales. s : 20.0 cm

h: Espesor del muro. h : 30.0 cm

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : -7.7 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 4094.6 kN

Espaciamiento del refuerzo longitudinal (ACI 318S-14, 11.7.2)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$s \leq \min(3h,\ 450\ mm)$ 20.0 cm £ 45.0 cm ✓

Donde:

s: Espaciamiento de las barras longitudinales. s : 20.0 cm

h: Espesor del muro. h : 30.0 cm

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : -7.7 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 4094.6 kN

Número de capas (ACI 318S-14, 11.7.2.3)

Los muros con un 'h' mayor que 250 mm deben tener refuerzo distribuido en cada dirección colocado en dos capas paralelas a las caras del muro. ✓

h: Espesor del muro. h : 30.0 cm

n: Número de capas. n : 2

1.5. MURO 5

1.5.1. N -4.9

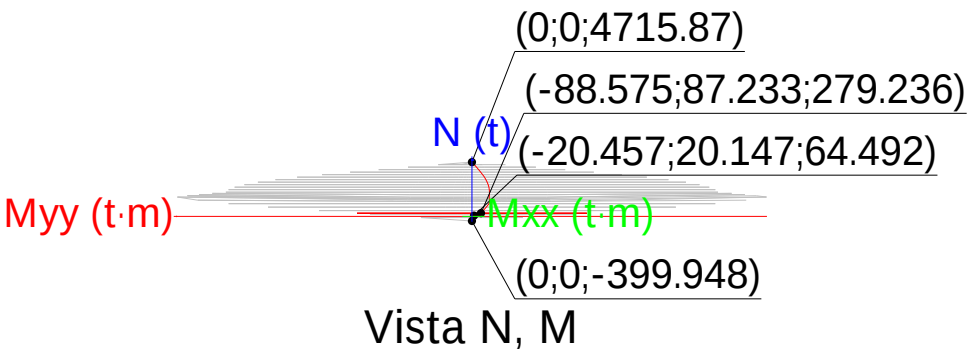
Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (ACI 318S-14, 22.4)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en "Cota -4.80 (Base)", para la combinación de hipótesis "1.2·PP+1.2·CM+1.6·H+SY (3)".

Se debe satisfacer:

$$\eta_I = \sqrt{\frac{P_u^2 + M_{u,x}^2 + M_{u,y}^2}{(\phi \cdot P_n)^2 + (\phi \cdot M_{n,x})^2 + (\phi \cdot M_{n,y})^2}} \leq 1$$

h : 0.231 ✓



Vista N, M

Comprobación de resistencia de la sección (h_1)

P_u,M_u son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

P_u: Esfuerzo normal de cálculo. P_u : *64.492* t

M_u: Momento de cálculo de primer orden. $M_{u,x}$: *20.147* t·m

$M_{u,y}$: *-20.457* t·m

$\phi \cdot P_n$,$\phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$f \cdot P_n$: Axil de agotamiento. $f \cdot P_n$: *279.236* t

$f \cdot M_n$: Momentos de agotamiento. $f \cdot M_{n,x}$: *87.233* t·m

$f \cdot M_{n,y}$: *-88.575* t·m

Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 22.2.2):

(a) El diseño por resistencia de elementos sometidos a flexión y cargas axiales debe satisfacer las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones.

(b) Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro.

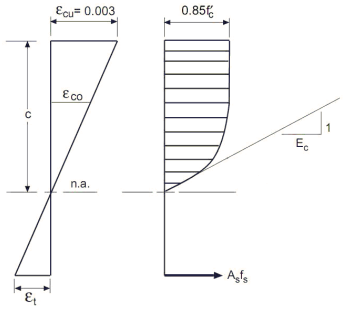
(c) La máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema sometida a compresión del concreto se supone igual a 0.003.

(d) El esfuerzo en el refuerzo cuando sea menor que f_y debe tomarse como E_s veces la deformación unitaria del acero. Para deformaciones unitarias mayores que las correspondientes a f_y, el esfuerzo se considera independiente de la deformación unitaria e igual a f_y.

(e) La resistencia a la tracción del concreto no debe considerarse en los cálculos de elementos de concreto reforzado sometidos a flexión y a carga axial.

(f) La relación entre la distribución de los esfuerzos de compresión en el concreto y la deformación unitaria del concreto se debe suponer rectangular, trapezoidal, parabólica o de cualquier otra forma que dé origen a una predicción de la resistencia que coincida con los resultados de ensayos representativos.

El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.

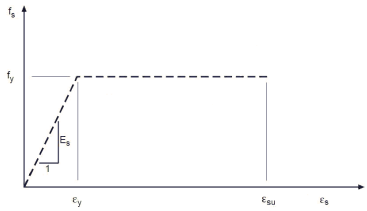


f'_c: Resistencia especifica a compresión del hormigón. f'_c : *280.00* kp/cm²

e_{cu}: Máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema de concreto a compresión. e_{cu} : *0.0030*

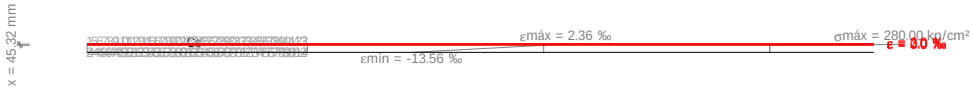
e_{co}: Deformación unitaria bajo carga máxima. e_{co} : *0.0020*

Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : *4200.00* kp/cm²

Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
1	1	-3953.20	80.95	-2531.86	-0.001242
2	2	-3953.20	-80.95	-4200.00	-0.009689
3	3	3953.20	80.95	-3063.94	-0.001503
4	4	3953.20	-80.95	-4200.00	-0.009950
5	5	-3785.70	80.95	-2543.13	-0.001247
6	6	-3586.45	80.95	-2556.54	-0.001254
7	7	-3387.21	80.95	-2569.95	-0.001260
8	8	-3187.96	80.95	-2583.36	-0.001267
9	9	-2988.71	80.95	-2596.77	-0.001274
10	10	-2789.46	80.95	-2610.18	-0.001280
11	11	-2590.22	80.95	-2623.59	-0.001287
12	12	-2390.97	80.95	-2636.99	-0.001293
13	13	-2191.72	80.95	-2650.40	-0.001300
14	14	-1992.47	80.95	-2663.81	-0.001306
15	15	-1793.23	80.95	-2677.22	-0.001313
16	16	-1593.98	80.95	-2690.63	-0.001320
17	17	-1394.73	80.95	-2704.04	-0.001326
18	18	-1195.48	80.95	-2717.45	-0.001333
19	19	-996.24	80.95	-2730.86	-0.001339
20	20	-796.99	80.95	-2744.26	-0.001346
21	21	-597.74	80.95	-2757.67	-0.001352
22	22	-398.49	80.95	-2771.08	-0.001359
23	23	-199.25	80.95	-2784.49	-0.001366
24	24	0.00	80.95	-2797.90	-0.001372
25	25	199.25	80.95	-2811.31	-0.001379
26	26	398.50	80.95	-2824.72	-0.001385
27	27	597.74	80.95	-2838.13	-0.001392
28	28	796.99	80.95	-2851.53	-0.001398
29	29	996.24	80.95	-2864.94	-0.001405
30	30	1195.49	80.95	-2878.35	-0.001412
31	31	1394.73	80.95	-2891.76	-0.001418
32	32	1593.98	80.95	-2905.17	-0.001425
33	33	1793.23	80.95	-2918.58	-0.001431
34	34	1992.48	80.95	-2931.99	-0.001438
35	35	2191.72	80.95	-2945.40	-0.001445

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
36	36	2390.97	80.95	-2958.80	-0.001451
37	37	2590.22	80.95	-2972.21	-0.001458
38	38	2789.47	80.95	-2985.62	-0.001464
39	39	2988.71	80.95	-2999.03	-0.001471
40	40	3187.96	80.95	-3012.44	-0.001477
41	41	3387.21	80.95	-3025.85	-0.001484
42	42	3586.46	80.95	-3039.26	-0.001491
43	43	3785.70	80.95	-3052.67	-0.001497
44	44	-3785.70	-80.95	-4200.00	-0.009695
45	45	-3586.45	-80.95	-4200.00	-0.009701
46	46	-3387.21	-80.95	-4200.00	-0.009708
47	47	-3187.96	-80.95	-4200.00	-0.009714
48	48	-2988.71	-80.95	-4200.00	-0.009721
49	49	-2789.46	-80.95	-4200.00	-0.009727
50	50	-2590.22	-80.95	-4200.00	-0.009734
51	51	-2390.97	-80.95	-4200.00	-0.009741
52	52	-2191.72	-80.95	-4200.00	-0.009747
53	53	-1992.47	-80.95	-4200.00	-0.009754
54	54	-1793.23	-80.95	-4200.00	-0.009760
55	55	-1593.98	-80.95	-4200.00	-0.009767
56	56	-1394.73	-80.95	-4200.00	-0.009773
57	57	-1195.48	-80.95	-4200.00	-0.009780
58	58	-996.24	-80.95	-4200.00	-0.009787
59	59	-796.99	-80.95	-4200.00	-0.009793
60	60	-597.74	-80.95	-4200.00	-0.009800
61	61	-398.49	-80.95	-4200.00	-0.009806
62	62	-199.25	-80.95	-4200.00	-0.009813
63	63	0.00	-80.95	-4200.00	-0.009820
64	64	199.25	-80.95	-4200.00	-0.009826
65	65	398.50	-80.95	-4200.00	-0.009833
66	66	597.74	-80.95	-4200.00	-0.009839
67	67	796.99	-80.95	-4200.00	-0.009846
68	68	996.24	-80.95	-4200.00	-0.009852
69	69	1195.49	-80.95	-4200.00	-0.009859
70	70	1394.73	-80.95	-4200.00	-0.009866
71	71	1593.98	-80.95	-4200.00	-0.009872
72	72	1793.23	-80.95	-4200.00	-0.009879
73	73	1992.48	-80.95	-4200.00	-0.009885
74	74	2191.72	-80.95	-4200.00	-0.009892
75	75	2390.97	-80.95	-4200.00	-0.009898
76	76	2590.22	-80.95	-4200.00	-0.009905
77	77	2789.47	-80.95	-4200.00	-0.009912
78	78	2988.71	-80.95	-4200.00	-0.009918
79	79	3187.96	-80.95	-4200.00	-0.009925
80	80	3387.21	-80.95	-4200.00	-0.009931
81	81	3586.46	-80.95	-4200.00	-0.009938
82	82	3785.70	-80.95	-4200.00	-0.009944

	Resultante (t)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	680.473	-115.61	133.61
Cs	0.000	0.00	0.00
T	370.211	53.33	-16.22

$P_n = C_c + C_s - T$ P_n : *310.262* t

$M_{n,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$ $M_{n,x}$: *96.926* t·m

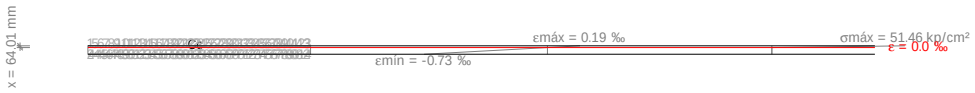
$M_{n,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$ $M_{n,y}$: *-98.417* t·m

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón. C_c : *680.473* t

C_s: Resultante de compresiones en el acero.	C_s	:	0.000	t
T: Resultante de tracciones en el acero.	T	:	370.211	t
e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{cc,x}$	:	-115.61	mm
	$e_{cc,y}$	:	133.61	mm
e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	e_{cs}	:	0.00	mm
e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{T,x}$	:	53.33	mm
	$e_{T,y}$	:	-16.22	mm
e_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.	e_{cmax}	:	0.0024	
e_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada.	e_{smax}	:	0.0100	
s_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.	s_{cmax}	:	280.00	kp/cm²
s_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada.	s_{smax}	:	4200.00	kp/cm²

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
1	1	-3953.20	80.95	-31.51	-0.000015
2	2	-3953.20	-80.95	-1027.45	-0.000504
3	3	3953.20	80.95	-70.75	-0.000035
4	4	3953.20	-80.95	-1066.69	-0.000523
5	5	-3785.70	80.95	-32.34	-0.000016
6	6	-3586.45	80.95	-33.33	-0.000016
7	7	-3387.21	80.95	-34.32	-0.000017
8	8	-3187.96	80.95	-35.31	-0.000017
9	9	-2988.71	80.95	-36.30	-0.000018
10	10	-2789.46	80.95	-37.29	-0.000018
11	11	-2590.22	80.95	-38.27	-0.000019
12	12	-2390.97	80.95	-39.26	-0.000019
13	13	-2191.72	80.95	-40.25	-0.000020
14	14	-1992.47	80.95	-41.24	-0.000020
15	15	-1793.23	80.95	-42.23	-0.000021
16	16	-1593.98	80.95	-43.22	-0.000021
17	17	-1394.73	80.95	-44.21	-0.000022
18	18	-1195.48	80.95	-45.20	-0.000022
19	19	-996.24	80.95	-46.19	-0.000023
20	20	-796.99	80.95	-47.18	-0.000023
21	21	-597.74	80.95	-48.16	-0.000024
22	22	-398.49	80.95	-49.15	-0.000024
23	23	-199.25	80.95	-50.14	-0.000025
24	24	0.00	80.95	-51.13	-0.000025
25	25	199.25	80.95	-52.12	-0.000026
26	26	398.50	80.95	-53.11	-0.000026
27	27	597.74	80.95	-54.10	-0.000027
28	28	796.99	80.95	-55.09	-0.000027
29	29	996.24	80.95	-56.08	-0.000028
30	30	1195.49	80.95	-57.06	-0.000028
31	31	1394.73	80.95	-58.05	-0.000028
32	32	1593.98	80.95	-59.04	-0.000029
33	33	1793.23	80.95	-60.03	-0.000029
34	34	1992.48	80.95	-61.02	-0.000030

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
35	35	2191.72	80.95	-62.01	-0.000030
36	36	2390.97	80.95	-63.00	-0.000031
37	37	2590.22	80.95	-63.99	-0.000031
38	38	2789.47	80.95	-64.98	-0.000032
39	39	2988.71	80.95	-65.96	-0.000032
40	40	3187.96	80.95	-66.95	-0.000033
41	41	3387.21	80.95	-67.94	-0.000033
42	42	3586.46	80.95	-68.93	-0.000034
43	43	3785.70	80.95	-69.92	-0.000034
44	44	-3785.70	-80.95	-1028.28	-0.000504
45	45	-3586.45	-80.95	-1029.27	-0.000505
46	46	-3387.21	-80.95	-1030.26	-0.000505
47	47	-3187.96	-80.95	-1031.25	-0.000506
48	48	-2988.71	-80.95	-1032.24	-0.000506
49	49	-2789.46	-80.95	-1033.23	-0.000507
50	50	-2590.22	-80.95	-1034.22	-0.000507
51	51	-2390.97	-80.95	-1035.21	-0.000508
52	52	-2191.72	-80.95	-1036.19	-0.000508
53	53	-1992.47	-80.95	-1037.18	-0.000509
54	54	-1793.23	-80.95	-1038.17	-0.000509
55	55	-1593.98	-80.95	-1039.16	-0.000510
56	56	-1394.73	-80.95	-1040.15	-0.000510
57	57	-1195.48	-80.95	-1041.14	-0.000511
58	58	-996.24	-80.95	-1042.13	-0.000511
59	59	-796.99	-80.95	-1043.12	-0.000512
60	60	-597.74	-80.95	-1044.11	-0.000512
61	61	-398.49	-80.95	-1045.09	-0.000513
62	62	-199.25	-80.95	-1046.08	-0.000513
63	63	0.00	-80.95	-1047.07	-0.000514
64	64	199.25	-80.95	-1048.06	-0.000514
65	65	398.50	-80.95	-1049.05	-0.000514
66	66	597.74	-80.95	-1050.04	-0.000515
67	67	796.99	-80.95	-1051.03	-0.000515
68	68	996.24	-80.95	-1052.02	-0.000516
69	69	1195.49	-80.95	-1053.01	-0.000516
70	70	1394.73	-80.95	-1053.99	-0.000517
71	71	1593.98	-80.95	-1054.98	-0.000517
72	72	1793.23	-80.95	-1055.97	-0.000518
73	73	1992.48	-80.95	-1056.96	-0.000518
74	74	2191.72	-80.95	-1057.95	-0.000519
75	75	2390.97	-80.95	-1058.94	-0.000519
76	76	2590.22	-80.95	-1059.93	-0.000520
77	77	2789.47	-80.95	-1060.92	-0.000520
78	78	2988.71	-80.95	-1061.91	-0.000521
79	79	3187.96	-80.95	-1062.90	-0.000521
80	80	3387.21	-80.95	-1063.88	-0.000522
81	81	3586.46	-80.95	-1064.87	-0.000522
82	82	3785.70	-80.95	-1065.86	-0.000523

	Resultante (t)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	122.591	-143.12	129.56
Cs	0.000	0.00	0.00
T	58.098	50.13	-73.41

$P_u = C_c + C_s - T$ P_u : *64.492* t

$M_{u,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$ $M_{u,x}$: *20.147* t·m

$M_{u,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$ $M_{u,y}$: *-20.457* t·m

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón.	C_c :	122.591	t
C_s: Resultante de compresiones en el acero.	C_s :	0.000	t
T: Resultante de tracciones en el acero.	T :	58.098	t
e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{cc,x}$:	-143.12	mm
	$e_{cc,y}$:	129.56	mm
e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	e_{cs} :	0.00	mm
e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{T,x}$:	50.13	mm
	$e_{T,y}$:	-73.41	mm
e_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.	e_{cmax} :	0.0002	
e_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada.	e_{smax} :	0.0005	
s_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.	s_{cmax} :	51.46	kp/cm²
s_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada.	s_{smax} :	1066.69	kp/cm²

ACI 318S-14, Capítulo 11

Resistencia a cortante en el plano del muro (ACI 318S-14, 11.5.4)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM+PdX-+1.2·F-SX (3).

$\phi V_n \geq V_u$ 4683.1 kN ³ 538.5 kN ✓

Donde:

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : 538.5 kN

V_n: Resistencia nominal a cortante. V_n : 6244.1 kN

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_n \leq 0.83\sqrt{f'_c}hd$$

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 2795.7 kN

$V_c = MIN(V_{c1}, V_{c2})$

$$V_{c1} = 0.27\lambda\sqrt{f'_c}hd + \frac{N_u d}{4l_w}$$

V_{c1} : 2795.7 kN

$$V_{c2} = \left[0.05\lambda\sqrt{f'_c} + \frac{l_w\left(0.1\lambda\sqrt{f'_c} + 0.2\frac{N_u}{l_w h}\right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}}\right]hd$$

V_{c2} : -- kN

Esta ecuación no se aplica cuando (M_u/V_u - $l_w/2$) es negativo.

V_s: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo. V_s : 3448.4 kN

$$V_S = \frac{A_v f_{yt} d}{s}$$

N_u: Fuerza axil mayorada. N_u : 210.4 kN

M_u: Momento mayorado. M_u : -537.1 kN·m

A_v/s: Área del refuerzo de cortante. A_v/s : 12.90 cm²/m

f'_c: Resistencia especificada a la compresión del concreto. f'_c : 27.47 MPa

$$\sqrt{f'_c} \leq 8.3MPa$$

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 412.02 MPa

l_w: Longitud del muro. l_w : 810.8 cm

h: Espesor del muro. h : 30.0 cm

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción. d : 648.6 cm

$$d = 0.8 \cdot l_w$$

λ: Factor de modificación que tiene en cuenta las propiedades mecánicas reducidas del concreto de peso liviano, relativa a los concretos de peso normal de igual resistencia a la compresión. λ : 1.00

ϕ: Factor de reducción de resistencia. ϕ : 0.75

Refuerzo transversal mínimo (ACI 318S-14, 11.6)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$\rho_t \geq \rho_{t,min}$ 0.0043 ³ 0.0025 ✓

Donde:

r_t: Cuantía del área de refuerzo transversal distribuido al área bruta de concreto de una sección perpendicular a este refuerzo. r_t : 0.0043

$r_{t,min}$: Cuantía mínima. $r_{t,min}$: 0.0025

Tamaño de la barra	f_y	$\rho_{t,min}$
≤ No.16	≥ 420 MPa	0.0020
	< 420 MPa	0.0025
> No.16	--	0.0025

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : *29.0* kN
V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : *2818.4* kN
d_b: Diámetro máximo del refuerzo. d_b : *12.7* mm
f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : *412.02* MPa

Refuerzo longitudinal mínimo (ACI 318S-14, 11.6)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$\rho_l \geq \rho_{l,min}$ 0.0043 ³ 0.0015 ✓

Donde:

r_l: Cuantía del área de refuerzo longitudinal distribuido al área bruta de concreto de una sección perpendicular a este refuerzo. r_l : *0.0043*
$r_{l,min}$: Cuantía mínima. $r_{l,min}$: *0.0015*

Tamaño de la barra	f_y	$\rho_{l,min}$
≤ No.16	≥ 420 MPa	0.0012
	< 420 MPa	0.0015
> No.16	--	0.0015

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : *29.0* kN
V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : *2818.4* kN
d_b: Diámetro máximo del refuerzo. d_b : *12.7* mm
f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : *412.02* MPa

Espaciamiento mínimo del refuerzo transversal (ACI 318S-14, 25.2.2)

Las barras de las capas superiores deben colocarse exactamente sobre las capas inferiores con una distancia libre entre capas no menor que 25mm

$s \geq 25mm$ 18.7 cm ³ 2.5 cm ✓

Espaciamiento mínimo del refuerzo longitudinal (ACI 318S-14, 25.2.3)

La distancia libre entre barras debe ser al menos el mayor de:

$s \geq s_{min}$ 18.7 cm ³ 4.0 cm ✓

Donde:

s_{min}: Valor máximo de s_1, s_2, s_3

$s_1 = 40mm$ s_1 : *4.0* cm

$s_2 = 1.5 d_b$ s_2 : *1.9* cm

$s_3 = \frac{4}{3} \cdot d_{agg}$ s_3 : *2.7* cm

Siendo:

d_b: Diámetro nominal de la barra. d_b : *12.7* mm
d_{agg}: Tamaño máximo nominal del agregado. d_{agg} : *20.0* mm

Separación máxima entre armadura transversal (ACI 318S-14, 11.7.3)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$s \leq \min(3h,\ 450\ mm)$ 20.0 cm £ 45.0 cm ✓

Donde:

s: Espaciamiento de las barras transversales. s : *20.0* cm
h: Espesor del muro. h : *30.0* cm
V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : *-29.0* kN
V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : *2818.4* kN

Espaciamiento del refuerzo longitudinal (ACI 318S-14, 11.7.2)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$s \leq \min(3h,\ 450\ mm)$ 20.0 cm £ 45.0 cm ✓

Donde:

s: Espaciamiento de las barras longitudinales.	s :	20.0	cm
h: Espesor del muro.	h :	30.0	cm
V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección.	V_u :	-29.0	kN
V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto.	V_c :	2818.4	kN

Número de capas (ACI 318S-14, 11.7.2.3)

Los muros con un 'h' mayor que 250 mm deben tener refuerzo distribuido en cada dirección colocado en dos capas paralelas a las caras del muro. ✓

h: Espesor del muro.	h :	30.0	cm
n: Número de capas.	n :	2	

1.6. MURO 6

1.6.1. N -4.9

Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (ACI 318S-14, 22.4)

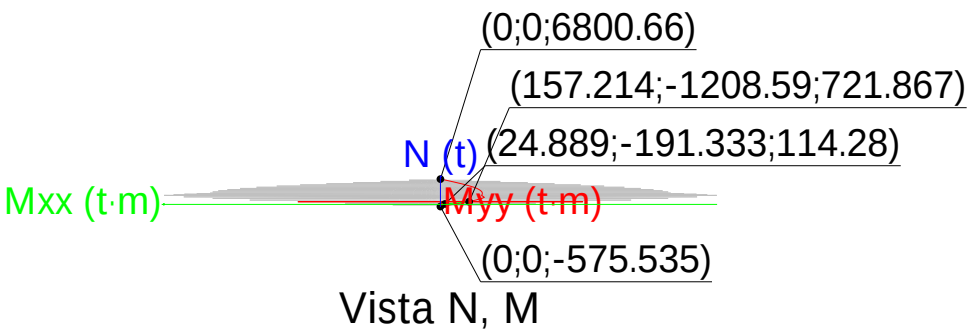
Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en "Cota -4.80 (Base)", para la combinación de hipótesis "1.2·PP+1.2·CM+PdX++1.2·F+SY (5)".

Se debe satisfacer:

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{P_u^2 + M_{u,x}^2 + M_{u,y}^2}{(\phi \cdot P_n)^2 + (\phi \cdot M_{n,x})^2 + (\phi \cdot M_{n,y})^2}} \leq 1$$ h : 0.153 ✓

$$\eta_2 = \sqrt{\frac{P_u^2 + M_{c,x}^2 + M_{c,y}^2}{(\phi \cdot P_n)^2 + (\phi \cdot M_{n,x})^2 + (\phi \cdot M_{n,y})^2}} \leq 1$$ h : 0.158 ✓

$P_u \leq \phi \cdot P_{n,max}$ 114.280 t ≤ 4655.436 t ✓



Comprobación de resistencia de la sección (h_1)

P_u,M_u son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

P_u: Esfuerzo normal de cálculo.	P_u :	114.280	t
M_u: Momento de cálculo de primer orden.	$M_{u,x}$:	-191.333	t·m
	$M_{u,y}$:	24.380	t·m

$\phi \cdot P_n$,$\phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$f \cdot P_n$: Axil de agotamiento.	$f \cdot P_n$:	748.953	t
$f \cdot M_n$: Momentos de agotamiento.	$f \cdot M_{n,x}$:	-1253.935	t·m
	$f \cdot M_{n,y}$:	159.779	t·m

Comprobación del estado limite de inestabilidad (h_2)

P_u,M_c esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos obtenidos a partir de los de primer orden incrementados para tener en cuenta los efectos de segundo orden a causa de la esbeltez.

P_u: Axil solicitante de cálculo pésimo.	P_u :	114.280	t

M_c: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{c,x}$: -191.333 t·m

$M_{c,y}$: 24.889 t·m

$\phi \cdot P_n, \phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$f \cdot P_n$: Axil de agotamiento. $f \cdot P_n$: 721.867 t

$f \cdot M_n$: Momentos de agotamiento.

$f \cdot M_{n,x}$: -1208.587 t·m

$f \cdot M_{n,y}$: 157.214 t·m

En el eje x:

Se permite ignorar los efectos de esbeltez en elementos a compresión que satisfacen (Artículo 6.2.5):

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \leq 22$$

1.4 ≤ 22.0 ✓

Donde:

kl_u: Longitud efectiva. kl_u : 4.700 m

r: Radio de giro de la sección transversal de un elemento en compresión. r : 337.58 cm

En el eje y:

No se permite ignorar los efectos de esbeltez en elementos a compresión que satisfacen (Artículo 6.2.5):

$$\frac{k \cdot l_u}{r} > 22$$

54.3 > 22.0

Donde:

kl_u: Longitud efectiva. kl_u : 4.700 m

r: Radio de giro de la sección transversal de un elemento en compresión. r : 8.66 cm

Los elementos a compresión deben diseñarse para la fuerza axial mayorada P_u y para el momento magnificado por los efectos de curvatura del elemento, M_c (Artículo 6.6.4.5):

$$\mathbf{P_u} = P_u$$

P_u : 114.280 t

$$\mathbf{M_c} = \delta_{ns} \cdot M_2$$

M_c : 24.889 t·m

Donde:

$$\mathbf{M_2} = M_u \geq M_{2,min}$$

M_2 : 24.380 t·m

Siendo:

$$\mathbf{M_{2,min}} = P_u \cdot (0.015 + 0.03 \cdot h)$$

$M_{2,min}$: 2.743 t·m

h: Altura de un elemento. h : 300.00 mm

$$\delta_{ns} = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{0.75 \cdot P_c}} \geq 1$$

d_{ns} : 1.021

Siendo:

$$\mathbf{P_c} = \frac{\pi^2 \cdot 0.25 \cdot E_c \cdot I_g}{(k \cdot l_u)^2}$$

P_c : 7455.338 t

Donde:

E_c: Módulo de elasticidad del concreto. E_c : 253675.00 kp/cm²

I_g: Momento de inercia de la sección bruta del elemento con respecto al eje que pasa por el centroide, sin tener en cuenta el refuerzo. I_g : 2631150.00 cm4

kl_u: Longitud efectiva. kl_u : 4.700 m

Comprobación de resistencia axial de diseño

La fuerza axial mayorada P_u de elementos en compresión no debe tomarse mayor que $\phi \cdot P_{n,max}$ (Artículo 22.4.2).

$$\phi \cdot P_{n,max} = 0.80 \cdot \phi \cdot \left[0.85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}\right]$$

$f \cdot P_{n,max}$: 4655.436 t

Siendo:

f'_c: Resistencia especifica a compresión del hormigón. f'_c : 280.00 kp/cm²

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 4200.00 kp/cm²

A_g: Área total de la sección de hormigón. A_g : 35082.00 cm²

A_{st}: Área total de refuerzo longitudinal no preesforzado. A_{st} : 152.26 cm²

Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 22.2.2):

(a) El diseño por resistencia de elementos sometidos a flexión y cargas axiales debe satisfacer las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones.

(b) Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro.

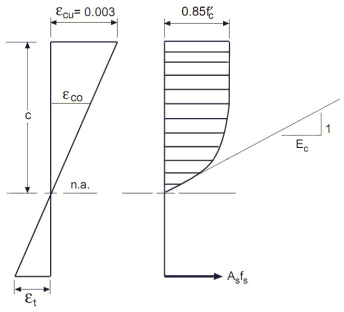
(c) La máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema sometida a compresión del concreto se supone igual a 0.003.

(d) El esfuerzo en el refuerzo cuando sea menor que f_y debe tomarse como E_s veces la deformación unitaria del acero. Para deformaciones unitarias mayores que las correspondientes a f_y, el esfuerzo se considera independiente de la deformación unitaria e igual a f_y.

(e) La resistencia a la tracción del concreto no debe considerarse en los cálculos de elementos de concreto reforzado sometidos a flexión y a carga axial.

(f) La relación entre la distribución de los esfuerzos de compresión en el concreto y la deformación unitaria del concreto se debe suponer rectangular, trapezoidal, parabólica o de cualquier otra forma que dé origen a una predicción de la resistencia que coincida con los resultados de ensayos representativos.

El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.

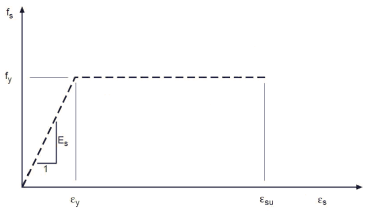


f'_c: Resistencia especifica a compresión del hormigón. f'_c : *280.00* kp/cm²

e_{cu}: Máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema de concreto a compresión. e_{cu} : *0.0030*

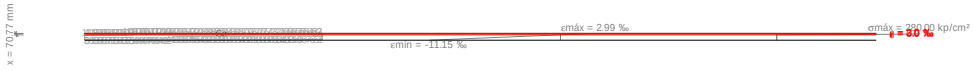
e_{co}: Deformación unitaria bajo carga máxima. e_{co} : *0.0020*

Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : *4200.00* kp/cm²

Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
1	1	-80.95	-5746.20	-4200.00	-0.006770
2	2	80.95	-5746.20	+121.53	+0.000060
3	3	-80.95	5746.20	-4200.00	-0.008225
4	4	80.95	5746.20	-2845.82	-0.001396
5	5	-80.95	-5578.71	-4200.00	-0.006791
6	6	-80.95	-5379.47	-4200.00	-0.006816
7	7	-80.95	-5180.23	-4200.00	-0.006841

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
8	8	-80.95	-4980.99	-4200.00	-0.006866
9	9	-80.95	-4781.75	-4200.00	-0.006892
10	10	-80.95	-4582.51	-4200.00	-0.006917
11	11	-80.95	-4383.27	-4200.00	-0.006942
12	12	-80.95	-4184.03	-4200.00	-0.006967
13	13	-80.95	-3984.79	-4200.00	-0.006993
14	14	-80.95	-3785.55	-4200.00	-0.007018
15	15	-80.95	-3586.31	-4200.00	-0.007043
16	16	-80.95	-3387.07	-4200.00	-0.007068
17	17	-80.95	-3187.83	-4200.00	-0.007094
18	18	-80.95	-2988.59	-4200.00	-0.007119
19	19	-80.95	-2789.36	-4200.00	-0.007144
20	20	-80.95	-2590.12	-4200.00	-0.007169
21	21	-80.95	-2390.88	-4200.00	-0.007194
22	22	-80.95	-2191.64	-4200.00	-0.007220
23	23	-80.95	-1992.40	-4200.00	-0.007245
24	24	-80.95	-1793.16	-4200.00	-0.007270
25	25	-80.95	-1593.92	-4200.00	-0.007295
26	26	-80.95	-1394.68	-4200.00	-0.007321
27	27	-80.95	-1195.44	-4200.00	-0.007346
28	28	-80.95	-996.20	-4200.00	-0.007371
29	29	-80.95	-796.96	-4200.00	-0.007396
30	30	-80.95	-597.72	-4200.00	-0.007422
31	31	-80.95	-398.48	-4200.00	-0.007447
32	32	-80.95	-199.24	-4200.00	-0.007472
33	33	-80.95	0.00	-4200.00	-0.007497
34	34	-80.95	199.24	-4200.00	-0.007522
35	35	-80.95	398.48	-4200.00	-0.007548
36	36	-80.95	597.72	-4200.00	-0.007573
37	37	-80.95	796.96	-4200.00	-0.007598
38	38	-80.95	996.20	-4200.00	-0.007623
39	39	-80.95	1195.44	-4200.00	-0.007649
40	40	-80.95	1394.68	-4200.00	-0.007674
41	41	-80.95	1593.92	-4200.00	-0.007699
42	42	-80.95	1793.16	-4200.00	-0.007724
43	43	-80.95	1992.40	-4200.00	-0.007750
44	44	-80.95	2191.64	-4200.00	-0.007775
45	45	-80.95	2390.88	-4200.00	-0.007800
46	46	-80.95	2590.12	-4200.00	-0.007825
47	47	-80.95	2789.36	-4200.00	-0.007850
48	48	-80.95	2988.59	-4200.00	-0.007876
49	49	-80.95	3187.83	-4200.00	-0.007901
50	50	-80.95	3387.07	-4200.00	-0.007926
51	51	-80.95	3586.31	-4200.00	-0.007951
52	52	-80.95	3785.55	-4200.00	-0.007977
53	53	-80.95	3984.79	-4200.00	-0.008002
54	54	-80.95	4184.03	-4200.00	-0.008027
55	55	-80.95	4383.27	-4200.00	-0.008052
56	56	-80.95	4582.51	-4200.00	-0.008078
57	57	-80.95	4781.75	-4200.00	-0.008103
58	58	-80.95	4980.99	-4200.00	-0.008128
59	59	-80.95	5180.23	-4200.00	-0.008153
60	60	-80.95	5379.47	-4200.00	-0.008178
61	61	-80.95	5578.71	-4200.00	-0.008204
62	62	80.95	-5578.71	+78.28	+0.000038
63	63	80.95	-5379.47	+26.84	+0.000013
64	64	80.95	-5180.23	-24.60	-0.000012
65	65	80.95	-4980.99	-76.05	-0.000037
66	66	80.95	-4781.75	-127.49	-0.000063
67	67	80.95	-4582.51	-178.94	-0.000088

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
68	68	80.95	-4383.27	-230.38	-0.000113
69	69	80.95	-4184.03	-281.82	-0.000138
70	70	80.95	-3984.79	-333.27	-0.000163
71	71	80.95	-3785.55	-384.71	-0.000189
72	72	80.95	-3586.31	-436.15	-0.000214
73	73	80.95	-3387.07	-487.60	-0.000239
74	74	80.95	-3187.83	-539.04	-0.000264
75	75	80.95	-2988.59	-590.49	-0.000290
76	76	80.95	-2789.36	-641.93	-0.000315
77	77	80.95	-2590.12	-693.37	-0.000340
78	78	80.95	-2390.88	-744.82	-0.000365
79	79	80.95	-2191.64	-796.26	-0.000391
80	80	80.95	-1992.40	-847.71	-0.000416
81	81	80.95	-1793.16	-899.15	-0.000441
82	82	80.95	-1593.92	-950.59	-0.000466
83	83	80.95	-1394.68	-1002.04	-0.000491
84	84	80.95	-1195.44	-1053.48	-0.000517
85	85	80.95	-996.20	-1104.92	-0.000542
86	86	80.95	-796.96	-1156.37	-0.000567
87	87	80.95	-597.72	-1207.81	-0.000592
88	88	80.95	-398.48	-1259.26	-0.000618
89	89	80.95	-199.24	-1310.70	-0.000643
90	90	80.95	0.00	-1362.14	-0.000668
91	91	80.95	199.24	-1413.59	-0.000693
92	92	80.95	398.48	-1465.03	-0.000719
93	93	80.95	597.72	-1516.48	-0.000744
94	94	80.95	796.96	-1567.92	-0.000769
95	95	80.95	996.20	-1619.36	-0.000794
96	96	80.95	1195.44	-1670.81	-0.000819
97	97	80.95	1394.68	-1722.25	-0.000845
98	98	80.95	1593.92	-1773.69	-0.000870
99	99	80.95	1793.16	-1825.14	-0.000895
100	100	80.95	1992.40	-1876.58	-0.000920
101	101	80.95	2191.64	-1928.03	-0.000946
102	102	80.95	2390.88	-1979.47	-0.000971
103	103	80.95	2590.12	-2030.91	-0.000996
104	104	80.95	2789.36	-2082.36	-0.001021
105	105	80.95	2988.59	-2133.80	-0.001046
106	106	80.95	3187.83	-2185.25	-0.001072
107	107	80.95	3387.07	-2236.69	-0.001097
108	108	80.95	3586.31	-2288.13	-0.001122
109	109	80.95	3785.55	-2339.58	-0.001147
110	110	80.95	3984.79	-2391.02	-0.001173
111	111	80.95	4184.03	-2442.47	-0.001198
112	112	80.95	4383.27	-2493.91	-0.001223
113	113	80.95	4582.51	-2545.35	-0.001248
114	114	80.95	4781.75	-2596.80	-0.001274
115	115	80.95	4980.99	-2648.24	-0.001299
116	116	80.95	5180.23	-2699.68	-0.001324
117	117	80.95	5379.47	-2751.13	-0.001349
118	118	80.95	5578.71	-2802.57	-0.001374

	Resultante (t)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	1225.515	128.27	-911.32
Cs	0.292	80.95	-5644.92
T	423.732	-41.22	529.56

$P_n = C_c + C_s - T$

P_n : *802.075* t

$M_{n,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$

$M_{n,x}$: *-1342.874* t·m

$M_{n,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$ $M_{n,y}$: *174.682* t·m

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón. C_c : *1225.515* t

C_s: Resultante de compresiones en el acero. C_s : *0.292* t

T: Resultante de tracciones en el acero. T : *423.732* t

e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y. $e_{cc,x}$: *128.27* mm

$e_{cc,y}$: *-911.32* mm

e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. $e_{cs,x}$: *80.95* mm

$e_{cs,y}$: *-5644.92* mm

e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. $e_{T,x}$: *-41.22* mm

$e_{T,y}$: *529.56* mm

e_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón. e_{cmax} : *0.0030*

e_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada. e_{smax} : *0.0082*

s_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón. s_{cmax} : *280.00* kp/cm²

s_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada. s_{smax} : *4200.00* kp/cm²

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
1	1	-80.95	-5746.20	-595.59	-0.000292
2	2	80.95	-5746.20	+82.46	+0.000040
3	3	-80.95	5746.20	-751.34	-0.000368
4	4	80.95	5746.20	-73.29	-0.000036
5	5	-80.95	-5578.71	-597.86	-0.000293
6	6	-80.95	-5379.47	-600.56	-0.000295
7	7	-80.95	-5180.23	-603.26	-0.000296
8	8	-80.95	-4980.99	-605.96	-0.000297
9	9	-80.95	-4781.75	-608.66	-0.000299
10	10	-80.95	-4582.51	-611.36	-0.000300
11	11	-80.95	-4383.27	-614.06	-0.000301
12	12	-80.95	-4184.03	-616.76	-0.000302
13	13	-80.95	-3984.79	-619.46	-0.000304
14	14	-80.95	-3785.55	-622.16	-0.000305
15	15	-80.95	-3586.31	-624.86	-0.000306
16	16	-80.95	-3387.07	-627.56	-0.000308
17	17	-80.95	-3187.83	-630.26	-0.000309
18	18	-80.95	-2988.59	-632.96	-0.000310
19	19	-80.95	-2789.36	-635.66	-0.000312
20	20	-80.95	-2590.12	-638.36	-0.000313
21	21	-80.95	-2390.88	-641.06	-0.000314
22	22	-80.95	-2191.64	-643.76	-0.000316
23	23	-80.95	-1992.40	-646.46	-0.000317
24	24	-80.95	-1793.16	-649.16	-0.000318
25	25	-80.95	-1593.92	-651.86	-0.000320
26	26	-80.95	-1394.68	-654.56	-0.000321
27	27	-80.95	-1195.44	-657.26	-0.000322
28	28	-80.95	-996.20	-659.96	-0.000324
29	29	-80.95	-796.96	-662.66	-0.000325

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
30	30	-80.95	-597.72	-665.36	-0.000326
31	31	-80.95	-398.48	-668.06	-0.000328
32	32	-80.95	-199.24	-670.76	-0.000329
33	33	-80.95	0.00	-673.46	-0.000330
34	34	-80.95	199.24	-676.16	-0.000332
35	35	-80.95	398.48	-678.86	-0.000333
36	36	-80.95	597.72	-681.56	-0.000334
37	37	-80.95	796.96	-684.26	-0.000336
38	38	-80.95	996.20	-686.96	-0.000337
39	39	-80.95	1195.44	-689.66	-0.000338
40	40	-80.95	1394.68	-692.36	-0.000340
41	41	-80.95	1593.92	-695.06	-0.000341
42	42	-80.95	1793.16	-697.76	-0.000342
43	43	-80.95	1992.40	-700.46	-0.000344
44	44	-80.95	2191.64	-703.16	-0.000345
45	45	-80.95	2390.88	-705.87	-0.000346
46	46	-80.95	2590.12	-708.57	-0.000348
47	47	-80.95	2789.36	-711.27	-0.000349
48	48	-80.95	2988.59	-713.97	-0.000350
49	49	-80.95	3187.83	-716.67	-0.000351
50	50	-80.95	3387.07	-719.37	-0.000353
51	51	-80.95	3586.31	-722.07	-0.000354
52	52	-80.95	3785.55	-724.77	-0.000355
53	53	-80.95	3984.79	-727.47	-0.000357
54	54	-80.95	4184.03	-730.17	-0.000358
55	55	-80.95	4383.27	-732.87	-0.000359
56	56	-80.95	4582.51	-735.57	-0.000361
57	57	-80.95	4781.75	-738.27	-0.000362
58	58	-80.95	4980.99	-740.97	-0.000363
59	59	-80.95	5180.23	-743.67	-0.000365
60	60	-80.95	5379.47	-746.37	-0.000366
61	61	-80.95	5578.71	-749.07	-0.000367
62	62	80.95	-5578.71	+80.19	+0.000039
63	63	80.95	-5379.47	+77.49	+0.000038
64	64	80.95	-5180.23	+74.79	+0.000037
65	65	80.95	-4980.99	+72.09	+0.000035
66	66	80.95	-4781.75	+69.39	+0.000034
67	67	80.95	-4582.51	+66.69	+0.000033
68	68	80.95	-4383.27	+63.99	+0.000031
69	69	80.95	-4184.03	+61.28	+0.000030
70	70	80.95	-3984.79	+58.58	+0.000029
71	71	80.95	-3785.55	+55.88	+0.000027
72	72	80.95	-3586.31	+53.18	+0.000026
73	73	80.95	-3387.07	+50.48	+0.000025
74	74	80.95	-3187.83	+47.78	+0.000023
75	75	80.95	-2988.59	+45.08	+0.000022
76	76	80.95	-2789.36	+42.38	+0.000021
77	77	80.95	-2590.12	+39.68	+0.000019
78	78	80.95	-2390.88	+36.98	+0.000018
79	79	80.95	-2191.64	+34.28	+0.000017
80	80	80.95	-1992.40	+31.58	+0.000015
81	81	80.95	-1793.16	+28.88	+0.000014
82	82	80.95	-1593.92	+26.18	+0.000013
83	83	80.95	-1394.68	+23.48	+0.000012
84	84	80.95	-1195.44	+20.78	+0.000010
85	85	80.95	-996.20	+18.08	+0.000009
86	86	80.95	-796.96	+15.38	+0.000008
87	87	80.95	-597.72	+12.68	+0.000006
88	88	80.95	-398.48	+9.98	+0.000005
89	89	80.95	-199.24	+7.28	+0.000004

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
90	90	80.95	0.00	+4.58	+0.000002
91	91	80.95	199.24	+1.88	+0.000001
92	92	80.95	398.48	-0.82	-0.000000
93	93	80.95	597.72	-3.52	-0.000002
94	94	80.95	796.96	-6.22	-0.000003
95	95	80.95	996.20	-8.92	-0.000004
96	96	80.95	1195.44	-11.62	-0.000006
97	97	80.95	1394.68	-14.32	-0.000007
98	98	80.95	1593.92	-17.02	-0.000008
99	99	80.95	1793.16	-19.72	-0.000010
100	100	80.95	1992.40	-22.42	-0.000011
101	101	80.95	2191.64	-25.12	-0.000012
102	102	80.95	2390.88	-27.82	-0.000014
103	103	80.95	2590.12	-30.52	-0.000015
104	104	80.95	2789.36	-33.22	-0.000016
105	105	80.95	2988.59	-35.92	-0.000018
106	106	80.95	3187.83	-38.62	-0.000019
107	107	80.95	3387.07	-41.32	-0.000020
108	108	80.95	3586.31	-44.02	-0.000022
109	109	80.95	3785.55	-46.72	-0.000023
110	110	80.95	3984.79	-49.42	-0.000024
111	111	80.95	4184.03	-52.12	-0.000026
112	112	80.95	4383.27	-54.82	-0.000027
113	113	80.95	4582.51	-57.52	-0.000028
114	114	80.95	4781.75	-60.22	-0.000030
115	115	80.95	4980.99	-62.92	-0.000031
116	116	80.95	5180.23	-65.62	-0.000032
117	117	80.95	5379.47	-68.32	-0.000034
118	118	80.95	5578.71	-71.02	-0.000035

	Resultante (t)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	165.201	125.36	-1014.55
Cs	1.695	80.95	-3802.15
T	52.616	-76.81	328.51

$P_u = C_c + C_s - T$ — P_u : *114.280* t

$M_{c,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$ — $M_{c,x}$: *-191.333* t·m

$M_{c,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$ — $M_{c,y}$: *24.889* t·m

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón. — C_c : *165.201* t

C_s: Resultante de compresiones en el acero. — C_s : *1.695* t

T: Resultante de tracciones en el acero. — T : *52.616* t

e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{cc,x}$: *125.36* mm; $e_{cc,y}$: *-1014.55* mm

e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{cs,x}$: *80.95* mm; $e_{cs,y}$: *-3802.15* mm

e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{T,x}$: *-76.81* mm; $e_{T,y}$: *328.51* mm

e_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón. — e_{cmax} : *0.0002*

e_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada. — e_{smax} : *0.0004*

s_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón. — s_{cmax} : *48.88* kp/cm²

s_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada. — s_{smax} : *751.34* kp/cm²

ACI 318S-14, Capítulo 11

Resistencia a cortante en el plano del muro (ACI 318S-14, 11.5.4)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM+PdY++1.2·F-SY (1).

$\phi V_n \geq V_u$ 6877.9 kN ³ 1031.3 kN ✓

Donde:

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : 1031.3 kN

V_n: Resistencia nominal a cortante. V_n : 9170.5 kN

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_n \leq 0.83\sqrt{f'_c}hd$$

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 4196.9 kN

$V_c = MIN(V_{c1}, V_{c2})$

$$V_{c1} = 0.27\lambda\sqrt{f'_c}hd + \frac{N_u d}{4l_w}$$

V_{c1} : 4196.9 kN

$$V_{c2} = \left[0.05\lambda\sqrt{f'_c} + \frac{l_w\left(0.1\lambda\sqrt{f'_c} + 0.2\frac{N_u}{l_w h}\right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}}\right]hd$$

V_{c2} : -- kN

Esta ecuación no se aplica cuando (M_u / V_u - $l_w / 2$) es negativo.

V_s: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo. V_s : 4973.6 kN

$$V_S = \frac{A_v f_{yt} d}{s}$$

N_u: Fuerza axil mayorada. N_u : 1127.3 kN

M_u: Momento mayorado. M_u : 3039.4 kN·m

A_v/s: Área del refuerzo de cortante. A_v/s : 12.90 cm²/m

f'_c: Resistencia especificada a la compresión del concreto. f'_c : 27.47 MPa

$$\sqrt{f'_c} \leq 8.3MPa$$

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 412.02 MPa

l_w: Longitud del muro. l_w : 1169.4 cm

h: Espesor del muro. h : 30.0 cm

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción. d : 935.5 cm

$$d = 0.8 \cdot l_w$$

l: Factor de modificación que tiene en cuenta las propiedades mecánicas reducidas del concreto de peso liviano, relativa a los concretos de peso normal de igual resistencia a la compresión. l : 1.00

f: Factor de reducción de resistencia. f : 0.75

Refuerzo transversal mínimo (ACI 318S-14, 11.6)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$\rho_t \geq \rho_{t,min}$ 0.0043 ³ 0.0025 ✓

Donde:

r_t: Cuantía del área de refuerzo transversal distribuido al área bruta de concreto de una sección perpendicular a este refuerzo. r_t : 0.0043

$r_{t,min}$: Cuantía mínima. $r_{t,min}$: 0.0025

Tamaño de la barra	f_y	$\rho_{t,min}$
≤ No.16	≥ 420 MPa	0.0020
	< 420 MPa	0.0025
> No.16	--	0.0025

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : 8.0 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 4215.7 kN

d_b: Diámetro máximo del refuerzo. d_b : 12.7 mm

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 412.02 MPa

Refuerzo longitudinal mínimo (ACI 318S-14, 11.6)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$\rho_l \geq \rho_{l,min}$ 0.0043 ³ 0.0015 ✓

Donde:

r_l: Cuantía del área de refuerzo longitudinal distribuido al área bruta de concreto de una sección perpendicular a este refuerzo. r_l : 0.0043

$r_{l,min}$: Cuantía mínima. $r_{l,min}$: 0.0015

Tamaño de la barra	f_y	$\rho_{l,min}$
≤ No.16	≥ 420 MPa	0.0012
	< 420 MPa	0.0015
> No.16	--	0.0015

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : 8.0 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 4215.7 kN

d_b: Diámetro máximo del refuerzo. d_b : 12.7 mm

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 412.02 MPa

Espaciamiento mínimo del refuerzo transversal (ACI 318S-14, 25.2.2)

Las barras de las capas superiores deben colocarse exactamente sobre las capas inferiores con una distancia libre entre capas no menor que 25mm

$s \geq 25mm$ 18.7 cm ³ 2.5 cm ✓

Espaciamiento mínimo del refuerzo longitudinal (ACI 318S-14, 25.2.3)

La distancia libre entre barras debe ser al menos el mayor de:

$s \geq s_{min}$ 18.7 cm ³ 4.0 cm ✓

Donde:

s_{min}: Valor máximo de s_1, s_2, s_3

$s_1 = 40mm$ s_1 : 4.0 cm

$s_2 = 1.5 d_b$ s_2 : 1.9 cm

$s_3 = \frac{4}{3} \cdot d_{agg}$ s_3 : 2.7 cm

Siendo:

d_b: Diámetro nominal de la barra. d_b : 12.7 mm

d_{agg}: Tamaño máximo nominal del agregado. d_{agg} : 20.0 mm

Separación máxima entre armadura transversal (ACI 318S-14, 11.7.3)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$s \leq \min(3h,\ 450\ mm)$ 20.0 cm £ 45.0 cm ✓

Donde:

s: Espaciamiento de las barras transversales. s : 20.0 cm

h: Espesor del muro. h : 30.0 cm

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : 8.0 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 4215.7 kN

Espaciamiento del refuerzo longitudinal (ACI 318S-14, 11.7.2)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$s \leq \min(3h,\ 450\ mm)$ 20.0 cm £ 45.0 cm ✓

Donde:

s: Espaciamiento de las barras longitudinales. s : 20.0 cm

h: Espesor del muro. h : 30.0 cm

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : 8.0 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 4215.7 kN

Número de capas (ACI 318S-14, 11.7.2.3)

Los muros con un 'h' mayor que 250 mm deben tener refuerzo distribuido en cada dirección colocado en dos capas paralelas a las caras del muro. ✓

h: Espesor del muro. h : 30.0 cm

n: Número de capas. n : 2

1.7. MURO 7

1.7.1. N -4.9

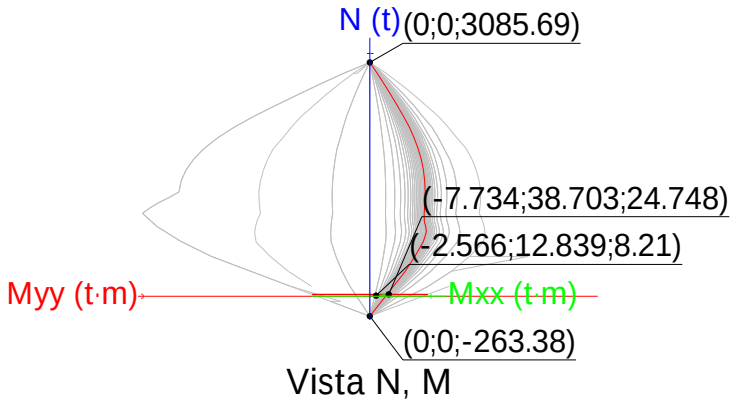
Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (ACI 318S-14, 22.4)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en "Cota -4.80 (Base)", para la combinación de hipótesis "1.2·PP+1.2·CM+0.9·H+Qa+PdY++1.2·F-SY (1)".

Se debe satisfacer:

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{P_u^2 + M_{u,x}^2 + M_{u,y}^2}{\left(\phi \cdot P_n\right)^2 + \left(\phi \cdot M_{n,x}\right)^2 + \left(\phi \cdot M_{n,y}\right)^2}} \leq 1$$

h : 0.332 ✓



Comprobación de resistencia de la sección (h_1)

P_u,M_u son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

P_u: Esfuerzo normal de cálculo. P_u : 8.210 t

M_u: Momento de cálculo de primer orden. $M_{u,x}$: 12.839 t·m

$M_{u,y}$: -2.566 t·m

$\phi \cdot P_n$,$\phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$f \cdot P_n$: Axil de agotamiento. $f \cdot P_n$: 24.748 t

$f \cdot M_n$: Momentos de agotamiento. $f \cdot M_{n,x}$: 38.703 t·m

$f \cdot M_{n,y}$: -7.734 t·m

Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 22.2.2):

(a) El diseño por resistencia de elementos sometidos a flexión y cargas axiales debe satisfacer las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones.

(b) Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro.

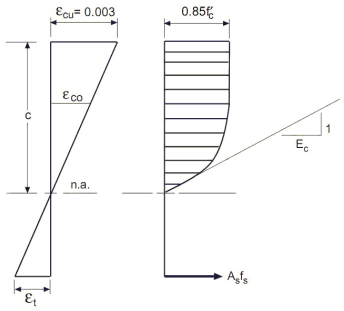
(c) La máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema sometida a compresión del concreto se supone igual a 0.003.

(d) El esfuerzo en el refuerzo cuando sea menor que f_y debe tomarse como E_s veces la deformación unitaria del acero. Para deformaciones unitarias mayores que las correspondientes a f_y, el esfuerzo se considera independiente de la deformación unitaria e igual a f_y.

(e) La resistencia a la tracción del concreto no debe considerarse en los cálculos de elementos de concreto reforzado sometidos a flexión y a carga axial.

(f) La relación entre la distribución de los esfuerzos de compresión en el concreto y la deformación unitaria del concreto se debe suponer rectangular, trapezoidal, parabólica o de cualquier otra forma que dé origen a una predicción de la resistencia que coincida con los resultados de ensayos representativos.

El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.

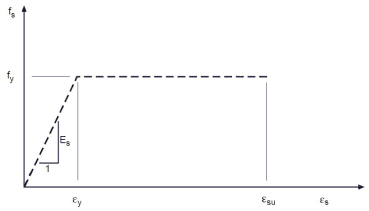


f'_c: Resistencia especifica a compresión del hormigón. f'_c : 280.00 kp/cm²

e_{cu}: Máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema de concreto a compresión. e_{cu} : 0.0030

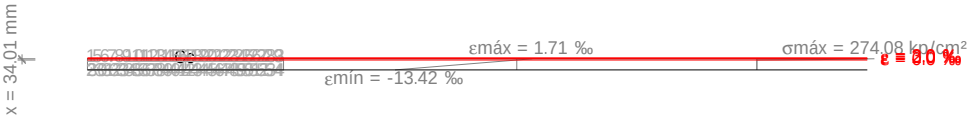
e_{co}: Deformación unitaria bajo carga máxima. e_{co} : 0.0020

Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 4200.00 kp/cm²

Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
1	1	-2550.70	80.95	-3592.63	-0.001762
2	2	-2550.70	-80.95	-4200.00	-0.009898
3	3	2550.70	80.95	-3698.53	-0.001814
4	4	2550.70	-80.95	-4200.00	-0.009950
5	5	-2383.80	80.95	-3596.09	-0.001764
6	6	-2185.15	80.95	-3600.22	-0.001766
7	7	-1986.50	80.95	-3604.34	-0.001768
8	8	-1787.85	80.95	-3608.46	-0.001770
9	9	-1589.20	80.95	-3612.59	-0.001772
10	10	-1390.55	80.95	-3616.71	-0.001774
11	11	-1191.90	80.95	-3620.84	-0.001776
12	12	-993.25	80.95	-3624.96	-0.001778
13	13	-794.60	80.95	-3629.08	-0.001780
14	14	-595.95	80.95	-3633.21	-0.001782
15	15	-397.30	80.95	-3637.33	-0.001784
16	16	-198.65	80.95	-3641.45	-0.001786
17	17	0.00	80.95	-3645.58	-0.001788

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
18	18	198.65	80.95	-3649.70	-0.001790
19	19	397.30	80.95	-3653.83	-0.001792
20	20	595.95	80.95	-3657.95	-0.001794
21	21	794.60	80.95	-3662.07	-0.001796
22	22	993.25	80.95	-3666.20	-0.001798
23	23	1191.90	80.95	-3670.32	-0.001800
24	24	1390.55	80.95	-3674.44	-0.001802
25	25	1589.20	80.95	-3678.57	-0.001804
26	26	1787.85	80.95	-3682.69	-0.001806
27	27	1986.50	80.95	-3686.81	-0.001808
28	28	2185.15	80.95	-3690.94	-0.001810
29	29	2383.80	80.95	-3695.06	-0.001812
30	30	-2383.80	-80.95	-4200.00	-0.009900
31	31	-2185.15	-80.95	-4200.00	-0.009902
32	32	-1986.50	-80.95	-4200.00	-0.009904
33	33	-1787.85	-80.95	-4200.00	-0.009906
34	34	-1589.20	-80.95	-4200.00	-0.009908
35	35	-1390.55	-80.95	-4200.00	-0.009910
36	36	-1191.90	-80.95	-4200.00	-0.009912
37	37	-993.25	-80.95	-4200.00	-0.009914
38	38	-794.60	-80.95	-4200.00	-0.009916
39	39	-595.95	-80.95	-4200.00	-0.009918
40	40	-397.30	-80.95	-4200.00	-0.009920
41	41	-198.65	-80.95	-4200.00	-0.009922
42	42	0.00	-80.95	-4200.00	-0.009924
43	43	198.65	-80.95	-4200.00	-0.009926
44	44	397.30	-80.95	-4200.00	-0.009928
45	45	595.95	-80.95	-4200.00	-0.009930
46	46	794.60	-80.95	-4200.00	-0.009932
47	47	993.25	-80.95	-4200.00	-0.009934
48	48	1191.90	-80.95	-4200.00	-0.009936
49	49	1390.55	-80.95	-4200.00	-0.009938
50	50	1589.20	-80.95	-4200.00	-0.009940
51	51	1787.85	-80.95	-4200.00	-0.009942
52	52	1986.50	-80.95	-4200.00	-0.009944
53	53	2185.15	-80.95	-4200.00	-0.009946
54	54	2383.80	-80.95	-4200.00	-0.009948

	Resultante (t)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	300.827	-22.84	137.75
Cs	0.000	0.00	0.00
T	273.329	6.30	-5.72

$P_n = C_c + C_s - T$ — P_n : *27.497* t

$M_{n,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$ — $M_{n,x}$: *43.004* t·m

$M_{n,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$ — $M_{n,y}$: *-8.594* t·m

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón. — C_c : *300.827* t

C_s: Resultante de compresiones en el acero. — C_s : *0.000* t

T: Resultante de tracciones en el acero. — T : *273.329* t

e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{cc,x}$: *-22.84* mm; $e_{cc,y}$: *137.75* mm

e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. — e_{cs} : *0.00* mm

e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{T,x}$: *6.30* mm; $e_{T,y}$: *-5.72* mm

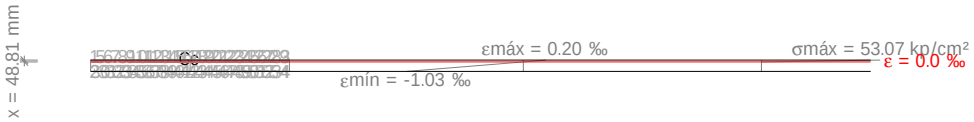
e_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón. — e_{cmax} : *0.0017*

e_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada. — e_{smax} : *0.0099*

s_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón. — s_{cmax} : *274.08* kp/cm²

s_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada. s_{smax} : 4200.00 kp/cm²

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
1	1	-2550.70	80.95	-168.99	-0.000083
2	2	-2550.70	-80.95	-1518.31	-0.000745
3	3	2550.70	80.95	-182.86	-0.000090
4	4	2550.70	-80.95	-1532.17	-0.000751
5	5	-2383.80	80.95	-169.44	-0.000083
6	6	-2185.15	80.95	-169.98	-0.000083
7	7	-1986.50	80.95	-170.52	-0.000084
8	8	-1787.85	80.95	-171.06	-0.000084
9	9	-1589.20	80.95	-171.60	-0.000084
10	10	-1390.55	80.95	-172.14	-0.000084
11	11	-1191.90	80.95	-172.68	-0.000085
12	12	-993.25	80.95	-173.22	-0.000085
13	13	-794.60	80.95	-173.76	-0.000085
14	14	-595.95	80.95	-174.30	-0.000085
15	15	-397.30	80.95	-174.84	-0.000086
16	16	-198.65	80.95	-175.38	-0.000086
17	17	0.00	80.95	-175.92	-0.000086
18	18	198.65	80.95	-176.46	-0.000087
19	19	397.30	80.95	-177.00	-0.000087
20	20	595.95	80.95	-177.54	-0.000087
21	21	794.60	80.95	-178.08	-0.000087
22	22	993.25	80.95	-178.62	-0.000088
23	23	1191.90	80.95	-179.16	-0.000088
24	24	1390.55	80.95	-179.70	-0.000088
25	25	1589.20	80.95	-180.24	-0.000088
26	26	1787.85	80.95	-180.78	-0.000089
27	27	1986.50	80.95	-181.32	-0.000089
28	28	2185.15	80.95	-181.86	-0.000089
29	29	2383.80	80.95	-182.40	-0.000089
30	30	-2383.80	-80.95	-1518.76	-0.000745
31	31	-2185.15	-80.95	-1519.30	-0.000745
32	32	-1986.50	-80.95	-1519.84	-0.000745
33	33	-1787.85	-80.95	-1520.38	-0.000746
34	34	-1589.20	-80.95	-1520.92	-0.000746
35	35	-1390.55	-80.95	-1521.46	-0.000746
36	36	-1191.90	-80.95	-1522.00	-0.000746
37	37	-993.25	-80.95	-1522.54	-0.000747
38	38	-794.60	-80.95	-1523.08	-0.000747
39	39	-595.95	-80.95	-1523.62	-0.000747
40	40	-397.30	-80.95	-1524.16	-0.000748
41	41	-198.65	-80.95	-1524.70	-0.000748
42	42	0.00	-80.95	-1525.24	-0.000748
43	43	198.65	-80.95	-1525.78	-0.000748
44	44	397.30	-80.95	-1526.32	-0.000749

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
45	45	595.95	-80.95	-1526.86	-0.000749
46	46	794.60	-80.95	-1527.40	-0.000749
47	47	993.25	-80.95	-1527.94	-0.000749
48	48	1191.90	-80.95	-1528.48	-0.000750
49	49	1390.55	-80.95	-1529.02	-0.000750
50	50	1589.20	-80.95	-1529.56	-0.000750
51	51	1787.85	-80.95	-1530.10	-0.000750
52	52	1986.50	-80.95	-1530.64	-0.000751
53	53	2185.15	-80.95	-1531.18	-0.000751
54	54	2383.80	-80.95	-1531.72	-0.000751

	Resultante (t)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	67.476	-31.34	133.88
Cs	0.000	0.00	0.00
T	59.266	7.61	-64.21

$P_u = C_c + C_s - T$ P_u : *8.210* t

$M_{u,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$ $M_{u,x}$: *12.839* t·m

$M_{u,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$ $M_{u,y}$: *-2.566* t·m

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón. C_c : *67.476* t

C_s: Resultante de compresiones en el acero. C_s : *0.000* t

T: Resultante de tracciones en el acero. T : *59.266* t

e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y. $e_{cc,x}$: *-31.34* mm

$e_{cc,y}$: *133.88* mm

e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. e_{cs} : *0.00* mm

e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. $e_{T,x}$: *7.61* mm

$e_{T,y}$: *-64.21* mm

e_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón. e_{cmax} : *0.0002*

e_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada. e_{smax} : *0.0008*

s_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón. s_{cmax} : *53.07* kp/cm²

s_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada. s_{smax} : *1532.17* kp/cm²

ACI 318S-14, Capítulo 11

Resistencia a cortante en el plano del muro (ACI 318S-14, 11.5.4)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 0.9·PP+0.9·CM+1.6·H+SX (4).

$\phi V_n \geq V_u$ 3039.5 kN ³ 391.5 kN ✓

Donde:

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : *391.5* kN

V_n: Resistencia nominal a cortante. V_n : *4052.7* kN

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_n \leq 0.83\sqrt{f'_c}hd$$

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : *1797.3* kN

$V_c = MIN(V_{c1}, V_{c2})$

$$V_{c1} = 0.27\lambda\sqrt{f'_c}hd + \frac{N_u d}{4l_w}$$ V_{c1} : *1797.3* kN

$$V_{c2} = \left[0.05\lambda\sqrt{f'_c} + \frac{l_w\left(0.1\lambda\sqrt{f'_c} + 0.2\frac{N_u}{l_w h}\right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}}\right]hd$$ V_{c2} : -- kN

Esta ecuación no se aplica cuando ($M_u/V_u - l_w/2$) es negativo.

V_s: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo. V_s : *2255.4* kN

$$V_S = \frac{A_v f_{yt} d}{s}$$

N_u: Fuerza axil mayorada. N_u : *-18.5* kN

M_u: Momento mayorado. M_u : 180.9 kN·m

A_v/s: Área del refuerzo de cortante. A_v/s : 12.90 cm²/m

f'_c: Resistencia especificada a la compresión del concreto. f'_c : 27.47 MPa

$$\sqrt{f'_c} \leq 8.3\text{MPa}$$

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 412.02 MPa

l_w: Longitud del muro. l_w : 530.3 cm

h: Espesor del muro. h : 30.0 cm

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción. d : 424.2 cm

$$d = 0.8 \cdot l_w$$

l : Factor de modificación que tiene en cuenta las propiedades mecánicas reducidas del concreto de peso liviano, relativa a los concretos de peso normal de igual resistencia a la compresión. l : 1.00

f: Factor de reducción de resistencia. f : 0.75

Refuerzo transversal mínimo (ACI 318S-14, 11.6)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$\rho_t \geq \rho_{t,min}$ 0.0043 ³ 0.0025 ✓

Donde:

r_t: Cuantía del área de refuerzo transversal distribuido al área bruta de concreto de una sección perpendicular a este refuerzo. r_t : 0.0043

$r_{t,min}$: Cuantía mínima. $r_{t,min}$: 0.0025

Tamaño de la barra	f_y	$\rho_{t,min}$
≤ No.16	≥ 420 MPa	0.0020
	< 420 MPa	0.0025
> No.16	--	0.0025

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : 46.0 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 1884.0 kN

d_b: Diámetro máximo del refuerzo. d_b : 12.7 mm

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 412.02 MPa

Refuerzo longitudinal mínimo (ACI 318S-14, 11.6)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$\rho_l \geq \rho_{l,min}$ 0.0043 ³ 0.0015 ✓

Donde:

r_l: Cuantía del área de refuerzo longitudinal distribuido al área bruta de concreto de una sección perpendicular a este refuerzo. r_l : 0.0043

$r_{l,min}$: Cuantía mínima. $r_{l,min}$: 0.0015

Tamaño de la barra	f_y	$\rho_{l,min}$
≤ No.16	≥ 420 MPa	0.0012
	< 420 MPa	0.0015
> No.16	--	0.0015

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : 46.0 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : 1884.0 kN

d_b: Diámetro máximo del refuerzo. d_b : 12.7 mm

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 412.02 MPa

Espaciamiento mínimo del refuerzo transversal (ACI 318S-14, 25.2.2)

Las barras de las capas superiores deben colocarse exactamente sobre las capas inferiores con una distancia libre entre capas no menor que 25mm

$s \geq 25\text{mm}$ 18.7 cm ³ 2.5 cm ✓

Espaciamiento mínimo del refuerzo longitudinal (ACI 318S-14, 25.2.3)

La distancia libre entre barras debe ser al menos el mayor de:

$s \geq s_{min}$ — 18.7 cm ³ 4.0 cm ✓

Donde:

s_{min}: Valor máximo de s_1, s_2, s_3

$s_1 = 40mm$ — s_1 : 4.0 cm

$s_2 = 1.5d_b$ — s_2 : 1.9 cm

$s_3 = \frac{4}{3} \cdot d_{agg}$ — s_3 : 2.7 cm

Siendo:

d_b: Diámetro nominal de la barra. — d_b : 12.7 mm

d_{agg}: Tamaño máximo nominal del agregado. — d_{agg} : 20.0 mm

Separación máxima entre armadura transversal (ACI 318S-14, 11.7.3)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$s \leq \min(3h,\ 450\ mm)$ — 20.0 cm £ 45.0 cm ✓

Donde:

s: Espaciamiento de las barras transversales. — s : 20.0 cm

h: Espesor del muro. — h : 30.0 cm

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. — V_u : -46.0 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. — V_c : 1884.0 kN

Espaciamiento del refuerzo longitudinal (ACI 318S-14, 11.7.2)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$s \leq \min(3h,\ 450\ mm)$ — 20.0 cm £ 45.0 cm ✓

Donde:

s: Espaciamiento de las barras longitudinales. — s : 20.0 cm

h: Espesor del muro. — h : 30.0 cm

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. — V_u : -46.0 kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. — V_c : 1884.0 kN

Número de capas (ACI 318S-14, 11.7.2.3)

Los muros con un 'h' mayor que 250 mm deben tener refuerzo distribuido en cada dirección colocado en dos capas paralelas a las caras del muro. ✓

h: Espesor del muro. — h : 30.0 cm

n: Número de capas. — n : 2

1.8. MURO 8

1.8.1. N -4.9

Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (ACI 318S-14, 22.4)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en "Cota -4.80 (Base)", para la combinación de hipótesis "1.2·PP+1.2·CM+PdX++1.2·F-SY (3)".

Se debe satisfacer:

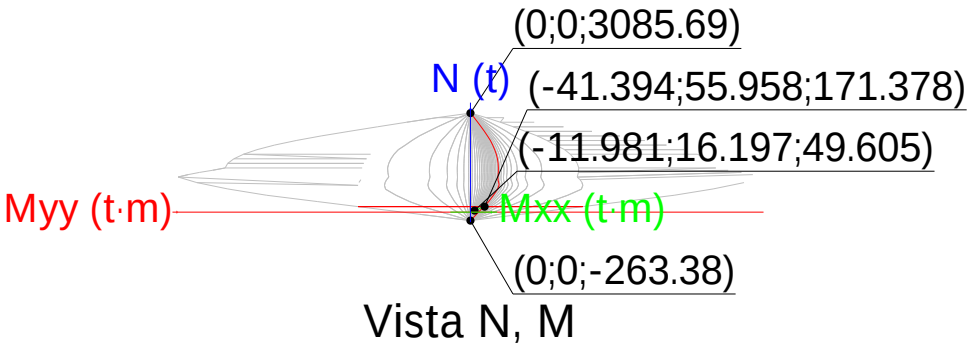
$$\eta_1 = \sqrt{\frac{P_u^2 + M_{u,x}^2 + M_{u,y}^2}{\left(\phi \cdot P_n\right)^2 + \left(\phi \cdot M_{n,x}\right)^2 + \left(\phi \cdot M_{n,y}\right)^2}} \leq 1$$

h : 0.281 ✓

$$\eta_2 = \sqrt{\frac{P_u^2 + M_{c,x}^2 + M_{c,y}^2}{\left(\phi \cdot P_n\right)^2 + \left(\phi \cdot M_{n,x}\right)^2 + \left(\phi \cdot M_{n,y}\right)^2}} \leq 1$$

h : 0.289 ✓

$P_u \leq \phi \cdot P_{n,max}$ — 49.605 t ≤ 2112.450 t ✓



Vista N, M

Comprobación de resistencia de la sección (h_1)

P_u,M_u son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

P_u: Esfuerzo normal de cálculo. P_u : 49.605 t

M_u: Momento de cálculo de primer orden. $M_{u,x}$: 15.880 t·m

$M_{u,y}$: -11.981 t·m

$\phi \cdot P_n$,$\phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$f \cdot P_n$: Axil de agotamiento. $f \cdot P_n$: 176.678 t

$f \cdot M_n$: Momentos de agotamiento. $f \cdot M_{n,x}$: 56.560 t·m

$f \cdot M_{n,y}$: -42.674 t·m

Comprobación del estado limite de inestabilidad (h_2)

P_u,M_c esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos obtenidos a partir de los de primer orden incrementados para tener en cuenta los efectos de segundo orden a causa de la esbeltez.

P_u: Axil solicitante de cálculo pésimo. P_u : 49.605 t

M_c: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{c,x}$: 16.197 t·m

$M_{c,y}$: -11.981 t·m

$\phi \cdot P_n$,$\phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$f \cdot P_n$: Axil de agotamiento. $f \cdot P_n$: 171.378 t

$f \cdot M_n$: Momentos de agotamiento. $f \cdot M_{n,x}$: 55.958 t·m

$f \cdot M_{n,y}$: -41.394 t·m

En el eje x:

No se permite ignorar los efectos de esbeltez en elementos a compresión que satisfacen (Artículo 6.2.5):

$$\frac{k \cdot l_u}{r} > 22$$ 54.3 > 22.0

Donde:

kl_u: Longitud efectiva. kl_u : 4.700 m

r: Radio de giro de la sección transversal de un elemento en compresión. r : 8.66 cm

Los elementos a compresión deben diseñarse para la fuerza axial mayorada P_u y para el momento magnificado por los efectos de curvatura del elemento, M_c (Artículo 6.6.4.5):

$$\mathbf{P_u} = P_u$$ P_u : 49.605 t

$$\mathbf{M_c} = \delta_{ns} \cdot M_2$$ M_c : 16.197 t·m

Donde:

$$\mathbf{M_2} = M_u \geq M_{2,min}$$ M_2 : 15.880 t·m

Siendo:

$$\mathbf{M_{2,min}} = P_u \cdot (0.015 + 0.03 \cdot h)$$ $M_{2,min}$: 1.191 t·m

h: Altura de un elemento. h : 300.00 mm

$$\delta_{ns} = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{0.75 \cdot P_c}} \geq 1$$ d_{ns} : 1.020

Siendo:

$$\mathbf{P_c} = \frac{\pi^2 \cdot 0.25 \cdot E_c \cdot I_g}{(k \cdot l_u)^2}$$ P_c : 3380.850 t

Donde:

E_c: Módulo de elasticidad del concreto. E_c : 253675.00 kp/cm²

I_g: Momento de inercia de la sección bruta del elemento con respecto al eje que pasa por el centroide, sin tener en cuenta el refuerzo. I_g : 1193175.00 cm4

kl_u: Longitud efectiva. kl_u : 4.700 m

En el eje y:

Se permite ignorar los efectos de esbeltez en elementos a compresión que satisfacen (Artículo 6.2.5):

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \leq 22 \qquad 3.1 \leq 22.0 \quad \checkmark$$

Donde:

kl_u: Longitud efectiva. kl_u : 4.700 m

r: Radio de giro de la sección transversal de un elemento en compresión. r : 153.08 cm

Comprobación de resistencia axial de diseño

La fuerza axial mayorada P_u de elementos en compresión no debe tomarse mayor que $\phi \cdot P_{n,max}$ (Artículo 22.4.2).

$$\phi \cdot P_{n,max} = 0.80 \cdot \phi \cdot \left[0.85 \cdot f'_c \cdot \left(A_g - A_{st}\right) + f_y \cdot A_{st}\right]$$

$f \cdot P_{n,max}$: 2112.450 t

Siendo:

f'_c: Resistencia especifica a compresión del hormigón. f'_c : 280.00 kp/cm²

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : 4200.00 kp/cm²

A_g: Área total de la sección de hormigón. A_g : 15909.00 cm²

A_{st}: Área total de refuerzo longitudinal no preesforzado. A_{st} : 69.68 cm²

Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 22.2.2):

(a) El diseño por resistencia de elementos sometidos a flexión y cargas axiales debe satisfacer las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones.

(b) Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro.

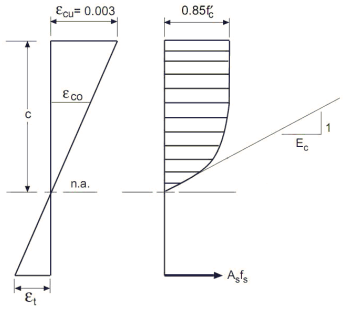
(c) La máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema sometida a compresión del concreto se supone igual a 0.003.

(d) El esfuerzo en el refuerzo cuando sea menor que f_y debe tomarse como E_s veces la deformación unitaria del acero. Para deformaciones unitarias mayores que las correspondientes a f_y, el esfuerzo se considera independiente de la deformación unitaria e igual a f_y.

(e) La resistencia a la tracción del concreto no debe considerarse en los cálculos de elementos de concreto reforzado sometidos a flexión y a carga axial.

(f) La relación entre la distribución de los esfuerzos de compresión en el concreto y la deformación unitaria del concreto se debe suponer rectangular, trapezoidal, parabólica o de cualquier otra forma que dé origen a una predicción de la resistencia que coincida con los resultados de ensayos representativos.

El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.

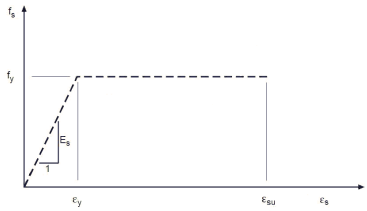


f'_c: Resistencia especifica a compresión del hormigón. f'_c : 280.00 kp/cm²

e_{cu}: Máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema de concreto a compresión. e_{cu} : 0.0030

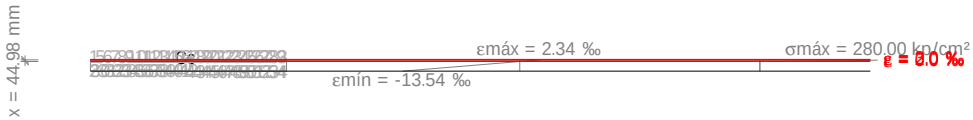
e_{co}: Deformación unitaria bajo carga máxima. e_{co} : 0.0020

Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : *4200.00* kp/cm²

Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
1	1	-2550.70	80.95	-2561.54	-0.001256
2	2	-2550.70	-80.95	-4200.00	-0.009670
3	3	2550.70	80.95	-3131.92	-0.001536
4	4	2550.70	-80.95	-4200.00	-0.009950
5	5	-2383.80	80.95	-2580.20	-0.001265
6	6	-2185.15	80.95	-2602.41	-0.001276
7	7	-1986.50	80.95	-2624.62	-0.001287
8	8	-1787.85	80.95	-2646.84	-0.001298
9	9	-1589.20	80.95	-2669.05	-0.001309
10	10	-1390.55	80.95	-2691.26	-0.001320
11	11	-1191.90	80.95	-2713.47	-0.001331
12	12	-993.25	80.95	-2735.68	-0.001342
13	13	-794.60	80.95	-2757.89	-0.001353
14	14	-595.95	80.95	-2780.10	-0.001363
15	15	-397.30	80.95	-2802.31	-0.001374
16	16	-198.65	80.95	-2824.52	-0.001385
17	17	0.00	80.95	-2846.73	-0.001396
18	18	198.65	80.95	-2868.94	-0.001407
19	19	397.30	80.95	-2891.15	-0.001418
20	20	595.95	80.95	-2913.36	-0.001429
21	21	794.60	80.95	-2935.57	-0.001440
22	22	993.25	80.95	-2957.78	-0.001451
23	23	1191.90	80.95	-2979.99	-0.001461
24	24	1390.55	80.95	-3002.20	-0.001472
25	25	1589.20	80.95	-3024.41	-0.001483
26	26	1787.85	80.95	-3046.62	-0.001494
27	27	1986.50	80.95	-3068.83	-0.001505
28	28	2185.15	80.95	-3091.05	-0.001516
29	29	2383.80	80.95	-3113.26	-0.001527
30	30	-2383.80	-80.95	-4200.00	-0.009679
31	31	-2185.15	-80.95	-4200.00	-0.009690
32	32	-1986.50	-80.95	-4200.00	-0.009701
33	33	-1787.85	-80.95	-4200.00	-0.009712
34	34	-1589.20	-80.95	-4200.00	-0.009723
35	35	-1390.55	-80.95	-4200.00	-0.009734

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
36	36	-1191.90	-80.95	-4200.00	-0.009745
37	37	-993.25	-80.95	-4200.00	-0.009756
38	38	-794.60	-80.95	-4200.00	-0.009767
39	39	-595.95	-80.95	-4200.00	-0.009777
40	40	-397.30	-80.95	-4200.00	-0.009788
41	41	-198.65	-80.95	-4200.00	-0.009799
42	42	0.00	-80.95	-4200.00	-0.009810
43	43	198.65	-80.95	-4200.00	-0.009821
44	44	397.30	-80.95	-4200.00	-0.009832
45	45	595.95	-80.95	-4200.00	-0.009843
46	46	794.60	-80.95	-4200.00	-0.009854
47	47	993.25	-80.95	-4200.00	-0.009865
48	48	1191.90	-80.95	-4200.00	-0.009875
49	49	1390.55	-80.95	-4200.00	-0.009886
50	50	1589.20	-80.95	-4200.00	-0.009897
51	51	1787.85	-80.95	-4200.00	-0.009908
52	52	1986.50	-80.95	-4200.00	-0.009919
53	53	2185.15	-80.95	-4200.00	-0.009930
54	54	2383.80	-80.95	-4200.00	-0.009941

	Resultante (t)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	435.919	-84.22	133.88
Cs	0.000	0.00	0.00
T	245.499	37.79	-15.55

$P_n = C_c + C_s - T$ — P_n : *190.420* t

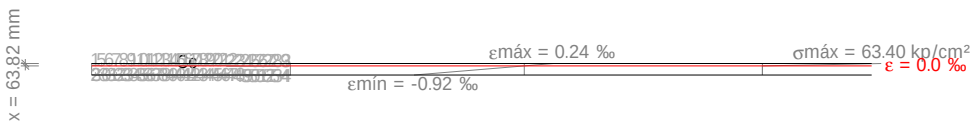
$M_{n,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$ — $M_{n,x}$: *62.175* t·m

$M_{n,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$ — $M_{n,y}$: *-45.993* t·m

Donde:

- C_c: Resultante de compresiones en el hormigón. — C_c : *435.919* t
- C_s: Resultante de compresiones en el acero. — C_s : *0.000* t
- T: Resultante de tracciones en el acero. — T : *245.499* t
- e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{cc,x}$: *-84.22* mm; $e_{cc,y}$: *133.88* mm
- e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. — e_{cs} : *0.00* mm
- e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{T,x}$: *37.79* mm; $e_{T,y}$: *-15.55* mm
- e_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón. — e_{cmax} : *0.0023*
- e_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada. — e_{smax} : *0.0099*
- s_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón. — s_{cmax} : *280.00* kp/cm²
- s_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada. — s_{smax} : *4200.00* kp/cm²

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm²)	e
1	1	-2550.70	80.95	-41.34	-0.000020
2	2	-2550.70	-80.95	-1287.70	-0.000632
3	3	2550.70	80.95	-95.21	-0.000047
4	4	2550.70	-80.95	-1341.57	-0.000658
5	5	-2383.80	80.95	-43.10	-0.000021
6	6	-2185.15	80.95	-45.20	-0.000022
7	7	-1986.50	80.95	-47.30	-0.000023
8	8	-1787.85	80.95	-49.40	-0.000024
9	9	-1589.20	80.95	-51.49	-0.000025
10	10	-1390.55	80.95	-53.59	-0.000026
11	11	-1191.90	80.95	-55.69	-0.000027
12	12	-993.25	80.95	-57.79	-0.000028
13	13	-794.60	80.95	-59.89	-0.000029
14	14	-595.95	80.95	-61.98	-0.000030
15	15	-397.30	80.95	-64.08	-0.000031
16	16	-198.65	80.95	-66.18	-0.000032
17	17	0.00	80.95	-68.28	-0.000033
18	18	198.65	80.95	-70.37	-0.000035
19	19	397.30	80.95	-72.47	-0.000036
20	20	595.95	80.95	-74.57	-0.000037
21	21	794.60	80.95	-76.67	-0.000038
22	22	993.25	80.95	-78.77	-0.000039
23	23	1191.90	80.95	-80.86	-0.000040
24	24	1390.55	80.95	-82.96	-0.000041
25	25	1589.20	80.95	-85.06	-0.000042
26	26	1787.85	80.95	-87.16	-0.000043
27	27	1986.50	80.95	-89.25	-0.000044
28	28	2185.15	80.95	-91.35	-0.000045
29	29	2383.80	80.95	-93.45	-0.000046
30	30	-2383.80	-80.95	-1289.46	-0.000632
31	31	-2185.15	-80.95	-1291.56	-0.000633
32	32	-1986.50	-80.95	-1293.65	-0.000634
33	33	-1787.85	-80.95	-1295.75	-0.000635
34	34	-1589.20	-80.95	-1297.85	-0.000637
35	35	-1390.55	-80.95	-1299.95	-0.000638
36	36	-1191.90	-80.95	-1302.05	-0.000639
37	37	-993.25	-80.95	-1304.14	-0.000640
38	38	-794.60	-80.95	-1306.24	-0.000641
39	39	-595.95	-80.95	-1308.34	-0.000642
40	40	-397.30	-80.95	-1310.44	-0.000643
41	41	-198.65	-80.95	-1312.53	-0.000644
42	42	0.00	-80.95	-1314.63	-0.000645
43	43	198.65	-80.95	-1316.73	-0.000646
44	44	397.30	-80.95	-1318.83	-0.000647
45	45	595.95	-80.95	-1320.92	-0.000648
46	46	794.60	-80.95	-1323.02	-0.000649
47	47	993.25	-80.95	-1325.12	-0.000650
48	48	1191.90	-80.95	-1327.22	-0.000651
49	49	1390.55	-80.95	-1329.32	-0.000652
50	50	1589.20	-80.95	-1331.41	-0.000653
51	51	1787.85	-80.95	-1333.51	-0.000654
52	52	1986.50	-80.95	-1335.61	-0.000655
53	53	2185.15	-80.95	-1337.71	-0.000656
54	54	2383.80	-80.95	-1339.80	-0.000657

	Resultante (t)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	97.784	-104.61	129.69
Cs	0.000	0.00	0.00
T	48.179	36.38	-72.96

$P_u = C_c + C_s - T$ — P_u : 49.605 t

$M_{c,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$ — $M_{c,x}$: 16.197 t·m

$M_{c,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$ — $M_{c,y}$: -11.981 t·m

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón.	C_c :	97.784	t
C_s: Resultante de compresiones en el acero.	C_s :	0.000	t
T: Resultante de tracciones en el acero.	T :	48.179	t
e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{cc,x}$:	-104.61	mm
	$e_{cc,y}$:	129.69	mm
e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	e_{cs} :	0.00	mm
e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{T,x}$:	36.38	mm
	$e_{T,y}$:	-72.96	mm
e_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.	e_{cmax} :	0.0002	
e_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada.	e_{smax} :	0.0007	
s_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.	s_{cmax} :	63.40	kp/cm²
s_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada.	s_{smax} :	1341.57	kp/cm²

ACI 318S-14, Capítulo 11

Resistencia a cortante en el plano del muro (ACI 318S-14, 11.5.4)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 0.9·PP+0.9·CM+1.6·H+SX (1).

$\phi V_n \geq V_u$ — 3044.2 kN ³ 502.6 kN ✓

Donde:

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. — V_u : 502.6 kN

V_n: Resistencia nominal a cortante. — V_n : 4058.9 kN

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_n \leq 0.83\sqrt{f'_c}hd$$

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. — V_c : 1803.5 kN

$V_c = MIN(V_{c1}, V_{c2})$

$$V_{c1} = 0.27\lambda\sqrt{f'_c}hd + \frac{N_u d}{4l_w}$$

V_{c1} : 1803.5 kN

$$V_{c2} = \left[0.05\lambda\sqrt{f'_c} + \frac{l_w\left(0.1\lambda\sqrt{f'_c} + 0.2\frac{N_u}{l_w h}\right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}}\right]hd$$

V_{c2} : -- kN

Esta ecuación no se aplica cuando (M_u / V_u - $l_w / 2$) es negativo.

V_s: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo. — V_s : 2255.4 kN

$$V_S = \frac{A_v f_{yt} d}{s}$$

N_u: Fuerza axil mayorada.	N_u :	12.6	kN
M_u: Momento mayorado.	M_u :	256.9	kN·m
A_v/s: Área del refuerzo de cortante.	A_v/s :	12.90	cm²/m
f'$_c$: Resistencia especificada a la compresión del concreto.	f'$_c$:	27.47	MPa

$$\sqrt{f'_c} \leq 8.3\text{MPa}$$

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo.	f_y :	412.02	MPa
l_w: Longitud del muro.	l_w :	530.3	cm
h: Espesor del muro.	h :	30.0	cm
d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.	d :	424.2	cm

$$d = 0.8 \cdot l_w$$

l: Factor de modificación que tiene en cuenta las propiedades mecánicas reducidas del concreto de peso liviano, relativa a los concretos de peso normal de igual resistencia a la compresión.	l :	1.00	
f: Factor de reducción de resistencia.	f :	0.75	

Refuerzo transversal mínimo (ACI 318S-14, 11.6)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$\rho_t \geq \rho_{t,min}$ 0.0043 ³ 0.0025 ✓

Donde:

r_t: Cuantía del área de refuerzo transversal distribuido al área bruta de concreto de una sección perpendicular a este refuerzo. r_t : *0.0043*

$r_{t,min}$: Cuantía mínima. $r_{t,min}$: *0.0025*

Tamaño de la barra	f_y	$\rho_{t,min}$
≤ No.16	≥ 420 MPa	0.0020
	< 420 MPa	0.0025
> No.16	--	0.0025

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : *47.0* kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : *1892.2* kN

d_b: Diámetro máximo del refuerzo. d_b : *12.7* mm

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : *412.02* MPa

Refuerzo longitudinal mínimo (ACI 318S-14, 11.6)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$\rho_l \geq \rho_{l,min}$ 0.0043 ³ 0.0015 ✓

Donde:

r_l: Cuantía del área de refuerzo longitudinal distribuido al área bruta de concreto de una sección perpendicular a este refuerzo. r_l : *0.0043*

$r_{l,min}$: Cuantía mínima. $r_{l,min}$: *0.0015*

Tamaño de la barra	f_y	$\rho_{l,min}$
≤ No.16	≥ 420 MPa	0.0012
	< 420 MPa	0.0015
> No.16	--	0.0015

V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección. V_u : *47.0* kN

V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto. V_c : *1892.2* kN

d_b: Diámetro máximo del refuerzo. d_b : *12.7* mm

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : *412.02* MPa

Espaciamiento mínimo del refuerzo transversal (ACI 318S-14, 25.2.2)

Las barras de las capas superiores deben colocarse exactamente sobre las capas inferiores con una distancia libre entre capas no menor que 25mm

$s \geq 25mm$ 18.7 cm ³ 2.5 cm ✓

Espaciamiento mínimo del refuerzo longitudinal (ACI 318S-14, 25.2.3)

La distancia libre entre barras debe ser al menos el mayor de:

$s \geq s_{min}$ 18.7 cm ³ 4.0 cm ✓

Donde:

s_{min}: Valor máximo de s_1, s_2, s_3

$s_1 = 40mm$ s_1 : *4.0* cm

$s_2 = 1.5 d_b$ s_2 : *1.9* cm

$s_3 = \frac{4}{3} \cdot d_{agg}$ s_3 : *2.7* cm

Siendo:

d_b: Diámetro nominal de la barra. d_b : *12.7* mm

d_{agg}: Tamaño máximo nominal del agregado. d_{agg} : *20.0* mm

Separación máxima entre armadura transversal (ACI 318S-14, 11.7.3)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$s \leq \min(3h,\ 450\ mm)$ 20.0 cm £ 45.0 cm ✓

Donde:

s: Espaciamiento de las barras transversales.	s :	*20.0*	cm
h: Espesor del muro.	h :	*30.0*	cm
V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección.	V_u :	*-47.0*	kN
V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto.	V_c :	*1892.2*	kN

Espaciamiento del refuerzo longitudinal (ACI 318S-14, 11.7.2)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en Cota -4.80 (Base), para la combinación de hipótesis 1.4·PP+1.4·CM.

Cuando $V_u \leq 0.5 \cdot \phi V_c$ en el plano, se debe cumplir:

$s \leq \min(3h,\ 450\ mm)$ 20.0 cm £ 45.0 cm ✓

Donde:

s: Espaciamiento de las barras longitudinales.	s :	*20.0*	cm
h: Espesor del muro.	h :	*30.0*	cm
V_u: Fuerza cortante mayorada en la sección.	V_u :	*-47.0*	kN
V_c: Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto.	V_c :	*1892.2*	kN

Número de capas (ACI 318S-14, 11.7.2.3)

Los muros con un 'h' mayor que 250 mm deben tener refuerzo distribuido en cada dirección colocado en dos capas paralelas a las caras del muro. ✓

h: Espesor del muro.	h :	*30.0*	cm
n: Número de capas.	n :	*2*	