11. MURO DE CERRAMIENTO

MEMORIA DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Proyecto: Estadio de fútbol de Villanueva, Bolívar.
Componente: cerramiento en malla reja.
Fecha: septiembre de 2026.

El cerramiento se configura mediante paneles de malla reja de aproximadamente 2,00 m de altura, conectados a postes y a un sistema de pedestales, vigas de cimentación y zapatas. El análisis considera acciones horizontales de viento y empuje de público, además del peso de los elementos y las condiciones del terreno.

La cimentación se proyecta sobre el terreno estabilizado definido en el estudio geotécnico. Se adopta como criterio de implantación una profundidad de 1,70 m para la cara inferior de la zapata, con mejoramiento de ciclópeo de 0,50 m y capacidad admisible adoptada de 9,00 tf/m².

11.1 Alcance de la memoria

Se desarrolla un dimensionamiento manual del conjunto cimentación-pedestal-viga para las hipótesis declaradas de viento, geometría y área tributaria. Sus dimensiones y refuerzos de cálculo se presentan conjuntamente con los planos estructurales.

El modelo numérico, sus representaciones y sus resultados forman parte de la memoria. El análisis y la verificación estructural corresponden al ingeniero Carlos D. Trespalacios C.

Normas y procedimientos de referencia

Se consideran los procedimientos de los títulos A, B, C y H de la NSR-10 citados en los soportes del proyecto, para acciones, concreto, sismo y geotecnia. El diseño y la verificación de los elementos corresponden al ingeniero estructural responsable.

11.2 CONDICIONES GEOTÉCNICAS

Concepto	Criterio
Suelos predominantes	Arcillas CL y CH de plasticidad media a alta
Perfil sísmico	E
Aa / Av	0,10 / 0,10
Fa / Fv	2,50 / 3,50
Capacidad admisible adoptada	9,00 tf/m² = 88,26 kPa
Cara inferior de zapata	–1,70 m bajo terreno natural local
Mejoramiento de cálculo	0,50 m de concreto ciclópeo
Fondo del mejoramiento	–2,20 m, sin solado adicional

El criterio de 1,70 m y el ciclópeo se adoptan para este dimensionamiento del cerramiento, en concordancia con las condiciones generales de apoyo del estudio. El apartado específico de cerramientos exige comprobar su estabilidad y anclaje; el apoyo no se acepta únicamente por alcanzar una profundidad.

El ciclópeo se especifica con 40 % piedra y 60 % concreto de 3000 psi. La referencia del desplante y la capacidad del contacto inferior suelo-ciclópeo se consideran conjuntamente con las condiciones de apoyo del estudio geotécnico. No se incrementa el valor admisible por la profundidad adicional.

El terreno se mantiene libre de material orgánico, relleno suelto y suelo remoldeado o reblandecido. La ausencia de nivel freático durante la exploración no excluye saturación estacional; el drenaje evita acumulaciones de agua junto al cerramiento.

Para la acción sísmica se conserva el perfil E del proyecto. Se consideran el grupo III e I = 1,25 del proyecto para el análisis del sistema y sus componentes.

11.3 MATERIALES Y ACCIONES

Material / parámetro	Valor
Concreto estructural	f′c = 24,5 MPa
Acero de refuerzo	fy = 420 MPa
Peso unitario concreto	24,0 kN/m³
Peso unitario ciclópeo	23,0 kN/m³, hipótesis de cálculo
Peso unitario relleno	18,3 kN/m³, referencia del estudio
Recubrimiento de cimentación	75 mm en superficies contra suelo

Acción de viento para dimensionamiento

Se emplea V = 45 m/s, valor del soporte de cálculo, y un coeficiente global de fuerza de 1,30. Se utiliza como hipótesis de cálculo un producto igual a 1,00 para los demás factores de presión por velocidad, con el alcance de exposición, topografía y configuración declarado para esta comprobación.

$q_h = 0{,}613V^2 = 0{,}613(45)^2 = 1.241{,}325\ N/m^2 = 1{,}2413\ kPa.$
$p = 1{,}30q_h =$ **1,6137 kPa**.

La presión actúa sobre el área bruta de los paneles, sin descuento por porosidad. No se aplica un coeficiente reductor de malla sin comprobar la relación de solidez y el criterio aerodinámico.

Empuje de público

Se utiliza 1,00 kN/m a 1,00 m de altura como hipótesis de dimensionamiento del soporte. La demanda definitiva se verifica según uso, aforo y función de barrera. En esta memoria se suma al viento para una comprobación concurrente conservadora.

11.4 ÁREA TRIBUTARIA Y TRANSFERENCIA

La separación entre postes se toma de 2,50 m y la separación entre cimentaciones de 7,50 m. Cada cimentación interior recibe la acción correspondiente a 7,50 m de longitud tributaria de cerramiento, salvo que el análisis del sistema indique una distribución diferente.

Magnitud	Operación	Resultado
Área por poste	2,50 × 2,00	5,00 m²
Área por cimentación interior	7,50 × 2,00	15,00 m²
Viento por cimentación	1,6137225 × 15,00	24,21 kN
Empuje de público	1,00 × 7,50	7,50 kN
Acción horizontal concurrente	24,21 + 7,50	31,71 kN
Momento en cara inferior zapata	31,7058375 × 2,70	85,61 kN·m
Momento en fondo del ciclópeo	31,7058375 × 3,20	101,46 kN·m

La resultante de viento y el empuje de público se sitúan a 1,00 m sobre terreno natural para esta hipótesis. La profundidad de la zapata se suma al brazo de la carga cuando se comprueba el contacto de cimentación.

Las zapatas de extremo, esquinas, portones, cambios de altura y zonas con retención de suelo se verifican por separado. El cálculo del tramo recto no se extrapola a esas condiciones.

Los postes transmiten su cortante y momento a la viga y al pedestal. La viga trabaja frente a flexión transversal y vertical; el análisis no se limita al peso propio en su plano vertical.

11.5 GEOMETRÍA DE DIMENSIONAMIENTO

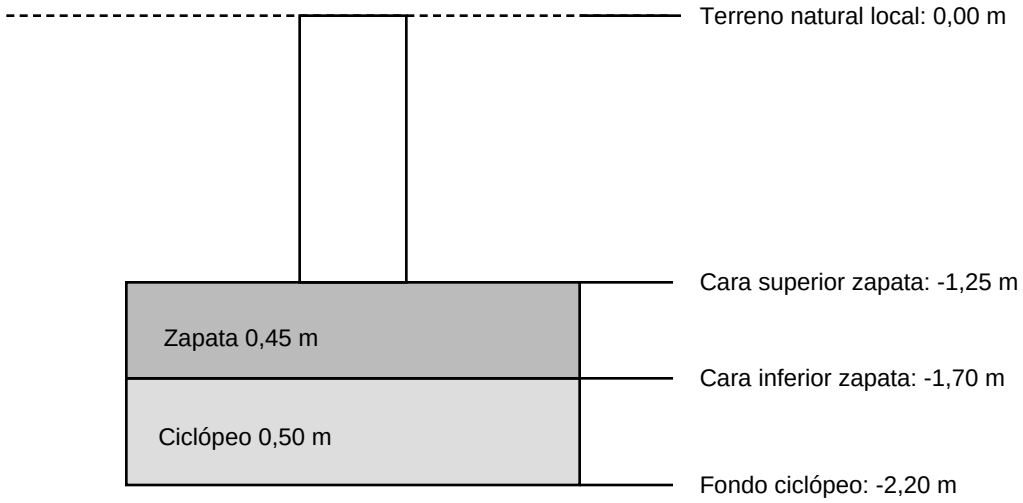
Elemento	Geometría de cálculo
Zapata rectangular	4,00 m perpendicular al cerramiento × 2,00 m paralelos al cerramiento
Espesor de zapata	0,45 m
Pedestal	0,65 m perpendicular × 0,30 m paralelo
Altura de pedestal considerada	1,25 m desde la cara superior de zapata hasta nivel 0,00
Viga de cimentación	0,45 m de ancho × 0,65 m de altura
Luz tributaria de viga	7,50 m
Ciclópeo	Misma huella de 4,00 × 2,00 m; espesor 0,50 m

El dimensionamiento corresponde a las acciones e hipótesis definidas en esta memoria y se representa en los planos estructurales. La implantación considera el ancho del predio, los linderos y las interferencias del proyecto.

La viga se considera con su cara superior al nivel 0,00 y su cara inferior a −0,65 m. La cara superior de la zapata queda a −1,25 m. El pedestal y la viga se enlazan mediante armadura desarrollada y confinamiento.

El conjunto trabaja con contacto a compresión. El ciclópeo no se representa como una ampliación automática de la zapata ni como un elemento con resistencia a tracción. La transferencia de corte se evalúa en las interfaces entre zapata, mejoramiento y suelo.

11.6 NIVELES Y BALANCE DE PESOS



Esquema de niveles. No sustituye el plano estructural de construcción.

Componente por cimentación	Peso (kN)
Zapata: 4,00 × 2,00 × 0,45 × 24,0	86,40
Pedestal: 0,65 × 0,30 × 1,25 × 24,0	5,85
Ciclópeo: 4,00 × 2,00 × 0,50 × 23,0	92,00
Peso mínimo estabilizador considerado	184,25
Viga tributaria, descontando cruce con pedestal	50,54
Relleno sobre zapata, descontando elementos	169,44
Peso de servicio con viga y relleno	404,23

El estado de peso mínimo omite conservadoramente viga y relleno como estabilizadores. Para el estado de presión máxima se incluye su peso. El volumen de relleno considerado es 9,259 m³ por unidad; la intersección viga-pedestal descontada es 0,08775 m³.

11.7 ESTABILIDAD Y PRESIONES DE SERVICIO

En el contacto suelo-ciclópeo se utiliza B = 4,00 m, L = 2,00 m y M = 101,46 kN·m. Con N mínimo = 184,25 kN:

Comprobación	Resultado
Excentricidad e = M/N	0,551 m
Núcleo central B/6	0,667 m
Presión media N/(B·L)	23,03 kPa
Presión máxima	42,05 kPa
Presión mínima	4,01 kPa
Relación de momentos N·B/2 / M	3,63
Presión máxima con viga y relleno	69,55 kPa

Los estados examinados presentan presión mínima positiva y presión máxima inferior a 88,26 kPa. Los resultados corresponden a los parámetros geotécnicos, pesos y demanda horizontal adoptados para los estados analizados.

Deslizamiento

La comprobación por fricción basal se expresa en términos de la resistencia requerida en la interfaz. Para una relación resistente/actuante de 1,50, la condición de diseño es $\mu \geq 1{,}50H/N$ = **0,258** en el estado de peso mínimo.

El valor 0,258 representa el coeficiente mínimo requerido y se compara con la propiedad geotécnica de la interfaz. La condición de seguridad por fricción se satisface cuando la resistencia disponible alcanza o supera la requerida. No se contabiliza resistencia pasiva en esta comprobación.

11.8 RESISTENCIA DE LA ZAPATA

Para la comprobación manual se utiliza una envolvente de 1,20 veces las acciones permanentes y 1,60 veces el viento y empuje de público concurrentes. La hipótesis se integra con las combinaciones de diseño del sistema.

Con peso mínimo sobre la zapata: Nu = 110,70 kN y Mu = 136,97 kN·m. La excentricidad es 1,237 m, superior a B/6. El contacto parcial a compresión se resuelve con a = 3(B/2 − e) = 2,288 m y q máxima = 48,38 kPa, sin atribuir tracción al ciclópeo.

Con viga y relleno: Nu = 374,68 kN y q máxima = 72,52 kPa, con contacto completo. Se adopta como envolvente local $q_{u,max}$ = 72,52 kPa, aplicada uniformemente de forma conservadora para dimensionar flexión y corte.

Comprobación local	Demanda	Resistencia
Flexión perpendicular al cerramiento	203,45 kN·m	470,12 kN·m
Flexión paralela al cerramiento	104,79 kN·m	940,24 kN·m
Corte, dirección perpendicular	192,69 kN	437,25 kN
Corte, dirección paralela	146,07 kN	874,51 kN
Punzonamiento interior	533,43 kN	1.381,42 kN

Se dispone para el cálculo refuerzo inferior Ø19,05 mm @ 150 mm en ambos sentidos, con recubrimiento de 75 mm y d mínimo de 346,425 mm. Se emplean las expresiones de resistencia de concreto de peso normal, con ϕ = 0,90 en flexión y 0,75 en corte.

La comprobación local satisface las demandas tabuladas bajo las hipótesis indicadas. La evaluación del conjunto comprende anclajes, transferencia al pedestal, sismo, resistencia del mejoramiento y condiciones de las interfaces.

11.9 PEDESTAL Y VIGA DE CIMENTACIÓN

Pedestal de 0,30 × 0,65 m

La dimensión de 0,65 m se orienta perpendicular al cerramiento. Para la flexión por acción horizontal se considera Mu = 136,97 kN·m. Se adopta para la hoja de cálculo una disposición de 6 barras Ø22,225 mm, tres por cada cara extrema, y estribos Ø9,525 mm @ 150 mm.

As por cara = 1.163,84 mm²; acero total = 2.327,69 mm²; cuantía longitudinal ≈ 1,19 %. Con recubrimiento 75 mm, d = 554,36 mm y ϕMn = 226,67 kN·m. La resistencia indicada corresponde a flexión simple; la evaluación del pedestal considera además interacción axial, flexión biaxial, esbeltez, nudos y anclajes.

Viga de 0,45 × 0,65 m y luz 7,50 m

Se utiliza como aproximación de cálculo una viga simplemente apoyada. El peso propio es 7,02 kN/m. La carga horizontal de servicio es 3,2274 + 1,00 = 4,2274 kN/m. Los momentos de referencia son:

Acción	Demanda mayorada
Flexión vertical: 1,2 × 7,02 × 7,50²/8	59,23 kN·m
Flexión horizontal: 1,6 × 4,2274 × 7,50²/8	47,56 kN·m

Para 4 barras Ø22,225 mm en las esquinas, estribos Ø9,525 mm @ 150 mm y recubrimiento 75 mm, las capacidades uniaxiales estimadas son 157,49 kN·m en el plano vertical y 100,40 kN·m en el horizontal. La suma preliminar de utilizaciones es 0,85.

La suma de utilizaciones es una comprobación de dimensionamiento; no sustituye el análisis seccional biaxial, torsión, fisuración, cortante, continuidad y desarrollo del refuerzo. La distribución de cargas concentradas de los postes se representa en el modelo estructural.

11.10 ASENTAMIENTOS Y CONSTRUCCIÓN

Los asentamientos se verifican con las presiones y dimensiones efectivas del conjunto, la estratigrafía y los parámetros de deformación representativos. La evaluación de deformaciones se realiza de forma independiente de la comprobación de capacidad portante.

La sensibilidad de las arcillas a cambios de humedad exige drenaje superficial y prevención de infiltraciones. No se atribuye al ciclópeo la eliminación automática de los asentamientos ni una distribución garantizada de presión sin comprobar su comportamiento.

Condiciones de ejecución

Se verifica la ubicación de cada elemento y la correspondencia del terreno natural con el datum. El fondo se inspecciona antes de colocar el ciclópeo. Los materiales blandos o remoldeados se tratan conforme al criterio del geotecnista.

La preparación de interfaces, colocación de refuerzo, longitudes de desarrollo, empalmes, recubrimientos y confinamiento se detallan antes del vaciado. No se utiliza un anclaje de longitud genérica como sustituto de su cálculo.

Cantidades geométricas de dimensionamiento

Concepto por unidad interior	Cantidad teórica
Zapata	3,600 m³
Ciclópeo	4,000 m³
Pedestal, antes de descontar intersección	0,244 m³
Viga por metro de longitud	0,2925 m³/m
Excavación con huella 8 m² a 2,20 m	17,600 m³, sin sobreancho ni taludes
Relleno sobre zapata, descontando elementos	9,259 m³

Las cantidades por unidad se consolidan mediante el inventario de apoyos y longitudes del proyecto. Los despieces y el presupuesto se elaboran a partir de la geometría y las especificaciones de los planos estructurales.

11.11 CONDICIONES DE VALIDEZ

La geometría y el refuerzo se establecen a partir de las acciones y parámetros declarados en esta memoria. Las condiciones del terreno proceden del estudio geotécnico; las dimensiones, la velocidad de viento y los coeficientes aerodinámicos corresponden a las hipótesis del análisis estructural.

Aspecto técnico	Alcance
Geotecnia	Contacto real, capacidad, asentamientos y resistencia al deslizamiento de las interfaces.
Viento y público	Velocidad, exposición, topografía, coeficientes, altura, solidez y demanda de barrera.
Implantación	Disponibilidad de huella de 4,00 × 2,00 m, linderos, redes y niveles.
Estructura	Modelo con perfil E, combinación de acciones, flexión biaxial, torsión, cortante y anclajes.
Documentación	Planos estructurales; coordinación de despieces, cantidades y presupuesto.

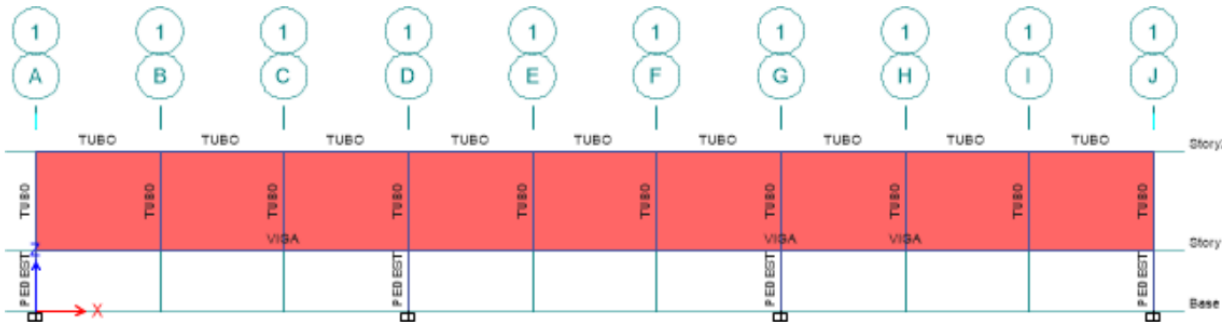
El criterio del presente documento es cimentación sobre terreno natural estabilizado; no se adopta un terraplén granular como estrato portante sin estudio específico del relleno.

La evaluación estructural integra las comprobaciones de presión de contacto, resistencia de los elementos y estabilidad del conjunto. La memoria y los planos estructurales constituyen la documentación del diseño.

11.12 FUENTES Y REGISTRO DEL MODELO

Se utilizan como soporte los siguientes documentos del proyecto:

1. INFORME DEFINITIVO ESTUDIO DE SUELOS ESTADIO VILLANUEVA(1).pdf: caracterización, capacidad y recomendaciones de apoyo.
2. ADENDO 1 ESTUIDIO DE SUELOS ESTADIO VILLANUEVA(1).pdf: criterios por componente y parámetros sísmicos.
3. MEMORIA MURO DE CERRAMIENTO(1).pdf: configuración, separación entre postes y cimentaciones, y acciones de referencia.
4. NSR-10, títulos A, B, C y H, según los procedimientos citados en los documentos de soporte.



Las páginas 13 y 14 presentan las reacciones del modelo con sus valores, unidades y casos de carga. Estos resultados forman parte de la verificación estructural del cerramiento.

El registro identifica los apoyos y casos de carga y presenta las imágenes y los resultados del análisis.

Los cálculos manuales desarrollan las hipótesis del diseño y complementan los resultados del modelo. La memoria se integra con los planos y los detalles de cimentación del proyecto.

REGISTRO DE REACCIONES DEL MODELO

Reacciones en los apoyos y casos de carga.

1 Analysis Results

This chapter provides analysis results.

1.1 Point Results

Table 1.1 - Joint Reactions

Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
Base	1	19	Dead	LinStatic		0,5706	0	2,2482	0	0,0835	0
Base	1	19	Live	LinStatic		0,0517	0	0,1647	0	0,0159	0
Base	1	19	VIENTO	LinStatic		-0,045	0,2274	-0,0076	-0,568	-0,0282	0,1908
Base	1	19	Sismo	LinStatic	Max	0	0	0	0,4447	0	0
Base	1	19	Sismo	LinStatic	Min	-0,3503	-0,2642	-0,0665	0	-0,2737	-0,0048
Base	4	1	Dead	LinStatic		-0,1413	0	5,076	0	-0,0757	0
Base	4	1	Live	LinStatic		-0,0119	0	0,3953	0	-0,0051	0
Base	4	1	VIENTO	LinStatic		-0,0528	0,4816	0,0012	-0,9801	-0,0307	-0,0228
Base	4	1	Sismo	LinStatic	Max	0	0	0,0198	0,7474	0	0
Base	4	1	Sismo	LinStatic	Min	-0,4441	-0,4986	0	0	-0,312	-0,2814
Base	7	2	Dead	LinStatic		0,4162	0	7,9662	0	0,1666	0
Base	7	2	Live	LinStatic		0,0081	0	0,4031	0	0,003	0

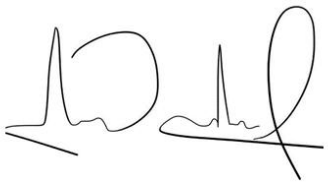
REGISTRO DE REACCIONES DEL MODELO

Reacciones en los apoyos y casos de carga.

Base	7	2	VIENTO	LinStatic		-0,0557	0,507	-0,0015	-1,047	-0,0316	-0,0078
Base	7	2	Sismo	LinStatic	Max	0	0	0	0,8192	0	0,1885
Base	7	2	Sismo	LinStatic	Min	-0,5057	-0,5488	-0,0215	0	-0,3424	0
Base	10	20	Dead	LinStatic		-0,8455	0	2,8492	0	-0,1455	0
Base	10	20	Live	LinStatic		-0,0479	0	0,162	0	-0,0142	0
Base	10	20	VIENTO	LinStatic		-0,0449	0,2183	0,0078	-0,5604	-0,028	-0,1526
Base	10	20	Sismo	LinStatic	Max	0	0	0,0681	0,589	0	0,1229
Base	10	20	Sismo	LinStatic	Min	-0,4014	-0,3899	0	0	-0,3132	0

DISEÑO Y VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL

Atte.



Ing. CARLOS D. TRESPALACIOS C.
Ing. Civil – Especialista en Estructuras
C.c. 1 143 373 027 de Cartagena
Mat. Prof. No. 13220-397396 BLV