MEMORIAS DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN
PROY. 003-2026 PATINODROMOS – SAN JUAN DE NEPOMUCENO BOLIVAR
MURO T-1

El objetivo del presente documento es el diseño y cálculo de los muros de contención en voladizo para el proyecto PATINODROMOS – SAN JUAN DE NEPOMUCENO BOLIVAR, ajustándose en un todo a la Norma Colombiana Sismo Resistente NSR-10, en especial lo concerniente a la definición de los materiales, las cargas y métodos de análisis.

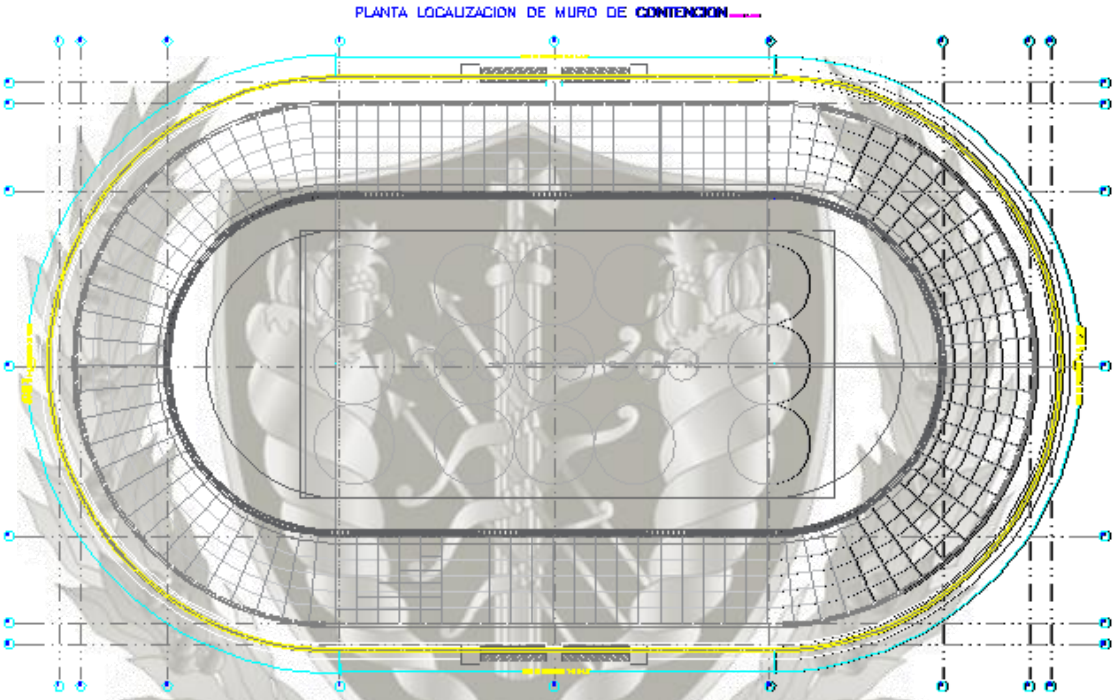


Ilustración 1. Planta de localización de muros de contención

Universidad de Cartagena
Fundada en 1827

1. DATOS DE ENTRADA Y MATERIALES

Geometría:

Espesor, t:	0.250	m
Dist. al centroide del ref.:	0.075	m
Altura efectiva, d:	0.175	m

Materiales:

Concreto, f'c:	280	kgf/cm²
Acero, fy:	4200	kgf/cm²
Esfuerzo cortante, φvc:	66.1	tonf/m² (Acción como viga a d), φvc=φ1/6√f'c
Esfuerzo cortante, φvc:	132.3	tonf/m² (Acción como losa a d/2), φvc=φ1/3√f'c

Cuantía de diseño:

Cuantía mínima, ρmín:	0.0030	Losas C.7.12 - Muros estructurales C.14.3 - Tanques C.23-C.7.12
Cuantía máxima, ρmáx:	0.0213	
φMn máx para ρmáx:	19.97	tonf·m/m (Para momentos mayores se necesita refuerzo a compresión)

Factores de reducción de resistencia:

φflexión:	0.90
φcortante:	0.75

TABLE: Material Properties 02 - Basic Mechanical Properties			
Material	UnitWeight	UnitMass	E1
Text	Tonf/m3	Tonf-s2/m4	Tonf/m2
4000Psi	2.40	0.25	2487006
A615Gr60	7.85	0.80	20389019.16

TABLE: Area Section Properties			
Section	Material	Type	Thickness
Text	Text	Text	m
M25	4000Psi	Shell-Thick	0.25

2. CARGAS DE DISEÑO MURO Hmax = 2.90 m
   2.1. Empuje de tierras

En el vástago de los muros de contención se asignó el empuje activo del terreno a contener y se consideró la sobrecarga por efecto de la carga del tránsito de vehículos.

Los siguientes son los parámetros de presión de tierra definidos en el informe geotécnico realizado por el ingeniero Modesto Barrios Fontalvo, para la estimación del empuje de tierras.

- Qadm = (Cu * Nc)/3
- → Qadm = (6.6 * 5.14)/3 = 11,3 ton/m²
- → Qadm = 1.13 kg/cm²

4. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL MURO DE CONTENCIÓN LONGITUDINAL

Para optimizar el efecto del empuje sobre el muro de contención se recomienda colocar detrás del espaldón, un material de relleno en Arena-Gravosa limpia mezclada con canto rodado o china lisa (SM-SP), de 20cm de ancho, hasta una altura al menos de 1.0m, con el fin de obtener un ángulo de fricción de 30 grados de este material sobre el muro.

Por lo tanto, los coeficientes de empuje serán los siguientes:
Para Ø = 30 grados

Coeficiente de Empuje Pasivo (Kp) = (1+senØ)/(1-senØ) = 3.00
Coeficiente de Empuje Activo (Ka) = (1-senØ)/(1+senØ) = 0.33

Peso unitario suelo húmedo	1.62 ton/m3
Peso unitario suelo saturado	1.82 ton/m3
Coeficiente de Balasto (Winkler)	2.40 kg/cm3

Ilustración 2 Parámetros geotécnicos

Tabla 1 Parámetros de diseño

CONSIDERACIONES GENERALES	
Sismo	Si
Restricción al giro	No
Considerar empuje pasivo	Si
PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	
f'c=	280Kg/cm2
fy=	4200Kg/cm2
$s_{del\ suelo}$=	12.50 Ton/m2
PARAMETROS SIMICOS	
Aa=	0.1

PARAMETROS ZONA ACTIVA	
f=	30
m=	0.65
g=	2.20 Ton/m3
w=	0.00 Ton/m2
Ka=	0.3330
Kae=	0.3635
PARAMETROS ZONA PASIVA	
Aa	0.1
f=	30
m=	0.65
g=	2.20 Ton/m3
Kp=	3.00

Descripción	Estado activo	Estado pasivo
Empuje total	$P_A = K_A \frac{\gamma H^2}{2}$	$P_P = K_P \frac{\gamma H^2}{2}$
Coulomb Estático $\alpha = \pi/2$, $\delta' = \beta = 0$	$K_A = \frac{1-\operatorname{sen}\phi}{1+\operatorname{sen}\phi} = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi'}{2}\right)$	$K_P = \frac{1+\operatorname{sen}\phi}{1-\operatorname{sen}\phi} = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2}\right)$
Rankine Estático $\alpha = \pi/2$, $\delta' = \beta$	$K_A = \frac{\cos\beta\left[\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi'}\right]}{\left[\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi'}\right]}$	$K_P = \frac{\cos\beta\left[\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi'}\right]}{\left[\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi'}\right]}$
Mayniel Estático $\alpha = \pi/2$, $\beta = 0$	$K_A = \frac{\cos^2\phi'}{D_A \cos\delta'}$ $D_A = \left[1 + \sqrt{\frac{\operatorname{sen}(\phi'+\delta')\operatorname{sen}\phi'}{\cos\delta'}}\right]^2$	$K_P = \frac{\cos^2\phi'}{D_P \cos\delta'}$ $D_P = \left[1 - \sqrt{\frac{\operatorname{sen}(\phi'+\delta')\operatorname{sen}\phi'}{\cos\delta'}}\right]^2$
Müller-Breslau Estático $\psi = 0$	$K_A = \frac{\operatorname{sen}^2(\alpha+\phi')}{D_A \operatorname{sen}^2\alpha \operatorname{sen}(\alpha-\delta')}$ $D_A = \left[1 + \sqrt{\frac{\operatorname{sen}(\phi'+\delta')\operatorname{sen}(\phi'-\beta)}{\operatorname{sen}(\alpha-\delta')\operatorname{sen}(\alpha+\beta)}}\right]^2$	$K_P = \frac{\operatorname{sen}^2(\alpha-\phi')}{D_P \operatorname{sen}^2\alpha \operatorname{sen}(\alpha+\delta')}$ $D_P = \left[1 - \sqrt{\frac{\operatorname{sen}(\phi'+\delta')\operatorname{sen}(\phi'+\beta)}{\operatorname{sen}(\alpha+\delta')\operatorname{sen}(\alpha+\beta)}}\right]^2$
Mononobe-Okabe Análisis pseudo-estático $c' = 0$	$K_A = \frac{(1-a_v)\operatorname{sen}^2(\alpha+\phi'-\psi)}{D_A \cos\psi \operatorname{sen}^2\alpha \operatorname{sen}(\alpha-\delta'-\psi)}$ $D_A = \left[1 + \sqrt{\frac{\operatorname{sen}(\phi'+\delta')\operatorname{sen}(\phi'-\beta-\psi)}{\operatorname{sen}(\alpha-\delta'-\psi)\operatorname{sen}(\alpha+\beta)}}\right]^2$	Usese K_P según Müller-Breslau
Empuje total $c' \neq 0$	$P_A = K_A \frac{\gamma H^2}{2} - 2c'H\sqrt{K_A}$	$P_P = K_P \frac{\gamma H^2}{2} + 2c'H\sqrt{K_P}$

Ilustración 3 Ecuaciones para la estimación de la presión estática y dinámica del terreno

REPUBLICA DE COLOMBIA 1827 UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

3. MURO DE CONTENCIÓN T-1 ALTURA MÁXIMA DE 2.90 m

3.1. Configuración geométrica

El espesor de vástago del muro de contención se definió inicialmente mediante el criterio de predimensionamiento: e=H/10 y e=H/12, y posteriormente fue verificado conforme al Reglamento NSR-10, cumpliendo requisitos de flexión, cortante, cuantía mínima y recubrimientos.

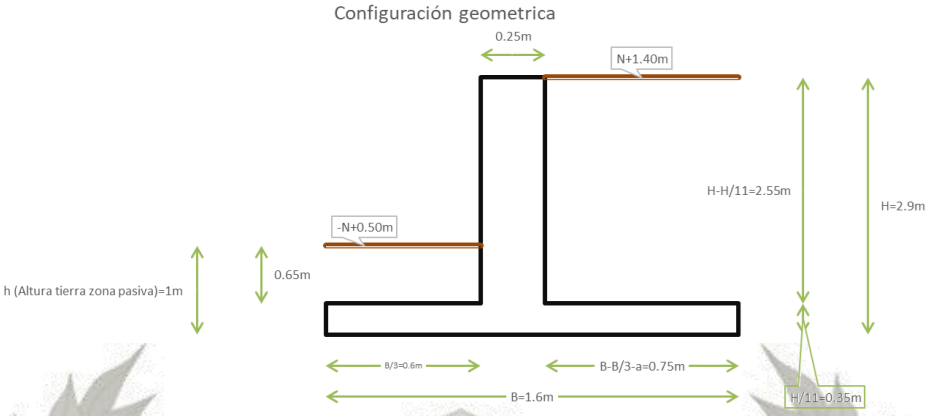
ESPESOR DEL MURO SEGÚN NSR-10			
SECCIÓN NSR-10	**ALTURA DEL MURO**	**ESPESOR DEL MURO**	**ESPESOR ESCOGIDO**
C.14.5.3.1 H/25	2.90m	0.118 m	0.25 m
C.14.6.1 H/30	2.90m	0.096 m	0.25 m
CRITERIO DEL DISEÑADOR H/10	2.90m	0.29 m	0.25 m

C.7.7.2 — Concreto construido en sitio (preesforzado)

A menos que en C.7.7.6 ó C.7.7.8 se exija un recubrimiento mayor de concreto, el recubrimiento especificado para el refuerzo preesforzado y no preesforzado, ductos y accesorios de los extremos, no debe ser menor que lo siguiente:

	Recubrimiento de concreto, mm
(a) Concreto colocado contra el suelo y expuesto permanentemente a él	75
(b) Concreto expuesto a suelo o a la intemperie:	
Paneles de muros, losas, viguetas	25
Otros elementos	40

GEOMETRÍA DEL MURO	
Cota nivel de tierra a contener	N+1.40m
a (Mínimo= 0.04m - OK) =	0.25m
H=	2.90m
H/11 (Recomendado= 0.26m) =	0.35m
B/3 (Recomendado= 0.53m) =	0.60m
B (Recomendado= 1.6m) =	1.60m
Y (Ubicación del tensor) =	0.00m
h (Altura tierra zona pasiva) =	1.00m
h' (Profundidad de llave) =	0.00m
H' (Altura tierra para empuje pasivo) =	1.00m
H-H/11=	2.55m
B-B/3-a=	0.75m



El espesor adoptado del vástago garantiza rigidez, controla deformaciones y permite el desarrollo del refuerzo longitudinal y transversal. También considera el recubrimiento mínimo de 75 mm exigido para concreto en contacto permanente con el suelo, permitiendo la correcta disposición del refuerzo sin congestión.

3.2. Avalúo de cargas

En el análisis de los muros de contención definidos se tuvo en cuenta el empuje activo y dinámico del terreno y además se consideró la sobrecarga presentada por cargas vehiculares. A continuación, se presenta el cálculo del empuje lateral de tierras y el empuje dinámico debido a la presión de la tierra.

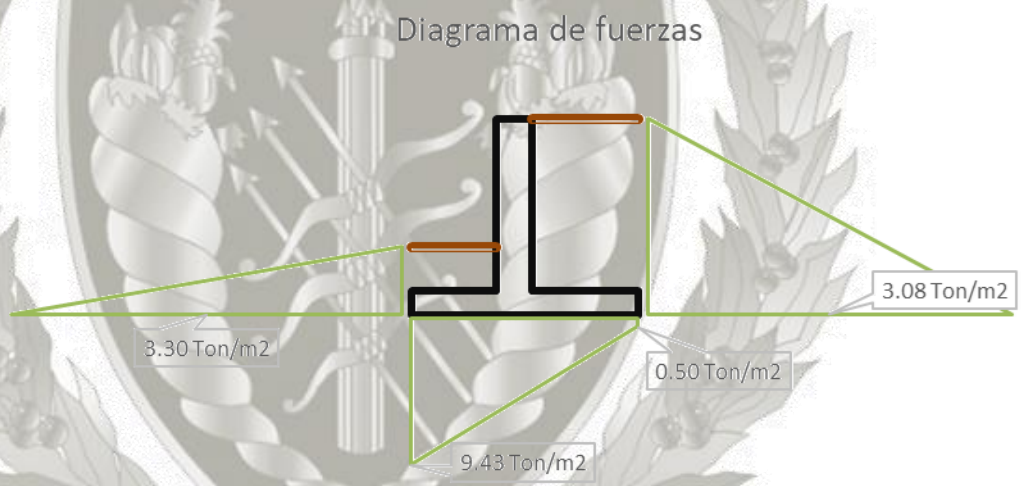
CONSIDERACIONES GENERALES	
Sismo	Si
Restricción al giro	No
Considerar empuje pasivo	Si
PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	
f'c=	280Kg/cm2
fy=	4200Kg/cm2
$S_{del\ suelo}$=	12.50 Ton/m2
PARAMETROS SIMICOS	
Aa=	0.1
PARAMETROS ZONA ACTIVA	
f=	30
m=	0.65
g=	2.20 Ton/m3
w=	0.00 Ton/m2
Ka=	0.3330
Kae=	0.3635
PARAMETROS ZONA PASIVA	
Aa	0.1

RESUMEN FACTORES DE SEGURIDAD	
Volcamiento sin sismo (OK)	2.92
Volcamiento con sismo (OK)	2.05

Deslizamiento sin sismo (OK)	2.75
Deslizamiento con sismo (OK)	2.15

RESUMEN REVISIÓN CORTANTE	
Cortante en vástago	OK
Cortante en Pie	OK
Cortante en Talón	OK

RESUMEN ESFUERZO EN EL SUELO	
Maximo (OK)=	9.43 Ton/m2
Minimo (OK)=	0.50 Ton/m2



3.3. Diseño del refuerzo longitudinal y transversal

El diseño del refuerzo longitudinal y transversal del muro de contención se realizó considerando el comportamiento del vástago como un elemento en voladizo sometido a un empuje activo de tierras, incluyendo el efecto sísmico, y de la zapata como una losa sometida a las presiones del terreno. El refuerzo se definió a partir de los momentos de diseño obtenido, verificando cuantías mínimas, separación máxima, recubrimientos y requisitos de ductilidad conforme al Reglamento NSR-10.

Tabla 2 Diseño del refuerzo del cimiento

DISEÑO CIMIENTO		
Espesor de zapata	h=	0.35m
Espesor efectivo de zapata	d=	0.28
Ancho de diseño	B=	1.00m
Esfuerzo maximo en el terreno	σmax=	9.43 Ton/m2
Esfuerzo mínimo en el terreno	σmin=	0.50 Ton/m2
Refuerzo principal		
Momento de diseño	Mu=	2.6 Ton/m/m
Cuantía de diseño	ρ =	0.00330
Área de refuerzo de diseño	As=	9.08 cm2/m
Barra de refuerzo	#	4
Separación de diseño	S	0.10m
1#4 Cada 0.1		
Refuerzo secundario		
Cuantía de diseño	ρ =	0.00150
Área de refuerzo de diseño	As=	4.13 cm2/m
Barra de refuerzo	#	3
Separación de diseño	S	0.15m
1#3 Cada 0.15		

Marbella, Cra. 3ra N°46a – 51 Edificio Laguna 46. Of 12-03. Teléfonos: 6438407 - 6446316
www.abingenieriasas.com

Tabla 3 Diseño del refuerzo del vástago

DISEÑO DEL VASTAGO		
Espesor del vástago	a=	0.25m
Espesor efectivo del vástago	d=	0.18
Ancho de diseño	B=	1.00m
Empuje activo	Ea=	3.08 Ton/m/m
Empuje total	Eae=	3.36 Ton/m/m
Empuje sismico	Eeq=	0.28 Ton/m/m
Refuerzo vertical principal		
Momento de diseño	Mu=	3.8 Ton/m/m
Cuantía de diseño	ρ =	0.00330
Área de refuerzo de diseño	As=	5.78 cm2/m
Barra de refuerzo	#	4
Separación de diseño	S	0.20m
1#4 Cada 0.2		
Refuerzo vertical secundario		
Momento de diseño	Mu=	0.0 Ton/m/m
Cuantía de diseño	ρ =	0.00330
Área de refuerzo de diseño	As=	5.78 cm2/m
Barra de refuerzo	#	4
Separación de diseño	S	0.20m
1#4 Cada 0.2		
Refuerzo horizontal		
Cuantía de diseño	ρ =	0.00167
Área de refuerzo de diseño	As=	2.92 cm2/m
Barra de refuerzo	#	3
Separación de diseño	S	0.20m
1#3 Cada 0.2		

Marbella, Cra. 3ra N°46a – 51 Edificio Laguna 46. Of 12-03. Teléfonos: 6438407 - 6446316
www.abingenieriasas.com

En la elaboración del diseño estructural de los muros de contención en el proyecto: “PATINODROMOS – CALAR BOLIVAR”, y la elaboración del presente informe, participó el ingeniero:

ARNOLDO BERROCAL OLAVE
Mat. 25202085182 CND

Marbella, Cra. 3ra N°46a – 51 Edificio Laguna 46. Of 12-03. Teléfonos: 6438407 - 6446316
www.abingenieriasas.com