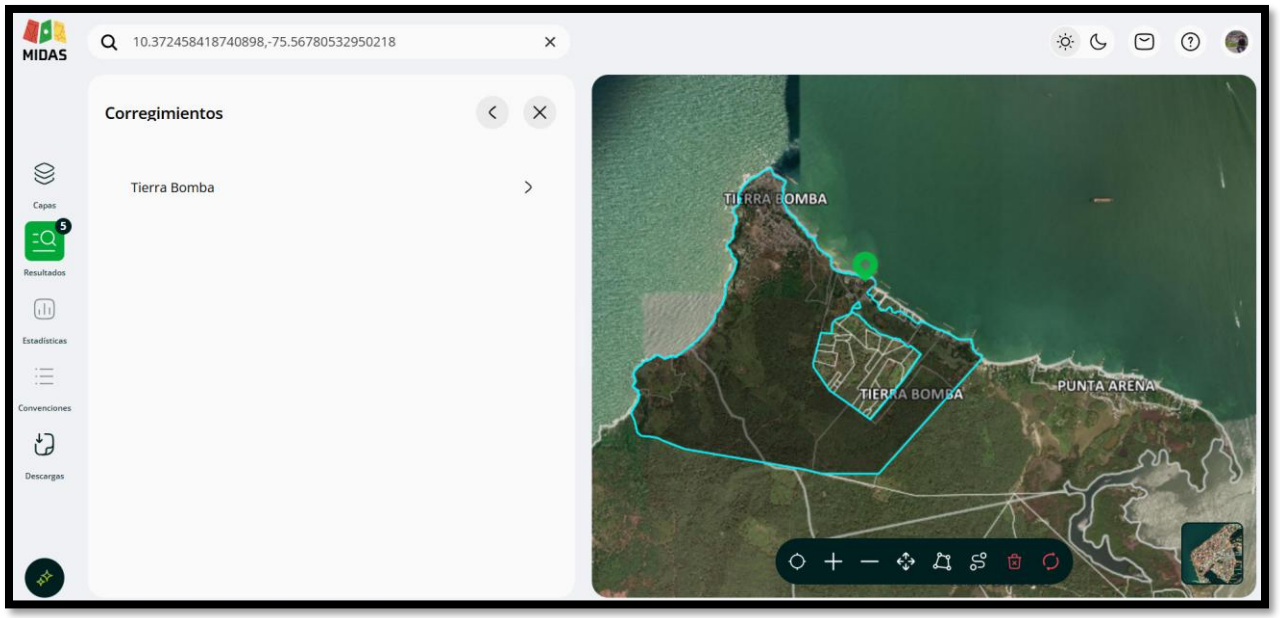
ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCION DE MURO CERRAMIENTO CEMENTERIO TIERRABOMBA



SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA

ALCALDÍA DISTRITAL DE CARTAGENA D. T. Y C.

MARZO 2026

LISTA DE DISTRIBUCIÓN

ENTIDAD CONTRATANTE:	SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA DISTRITAL
NOMBRE DOCUMENTO:	ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCION DE MURO CERRAMIENTO CEMENTERIO TIERRABOMBA, DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS

CONTROL DE MODIFICACIONES

Versión	Descripción de Modificaciones	Fecha
0	Versión Original	16/03/2026

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

	Nombre Completo	Firma
Elaboró:	Eduardo Jesús LLinás Cogollo	

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios que se presentan a continuación, resumen la investigación geotécnica realizada del subsuelo de un terreno, ubicado en el cementerio de Tierrabomba. Se ha solicitado este informe técnico para determinar las características del subsuelo y establecer las recomendaciones sobre adecuación del terreno y capacidad portante para el diseño de la cimentación del muro, que sea capaz de resistir las cargas transmitidas.

2. LOCALIZACION DEL PROYECTO

El centroide de la zona de estudio se encuentra aproximadamente en las coordenadas WGS84 DMS 10°22'20.84" de Latitud Norte y 75°34'4.03" de Longitud Oeste. De acuerdo con las coordenadas se encuentra en el nororiente de Tierrabomba.



Imagen 1. Ubicación del muro en estudio en el nororiente de Tierrabomba



Imagen 2. Ubicación del muro en estudio en el occidente de Cartagena

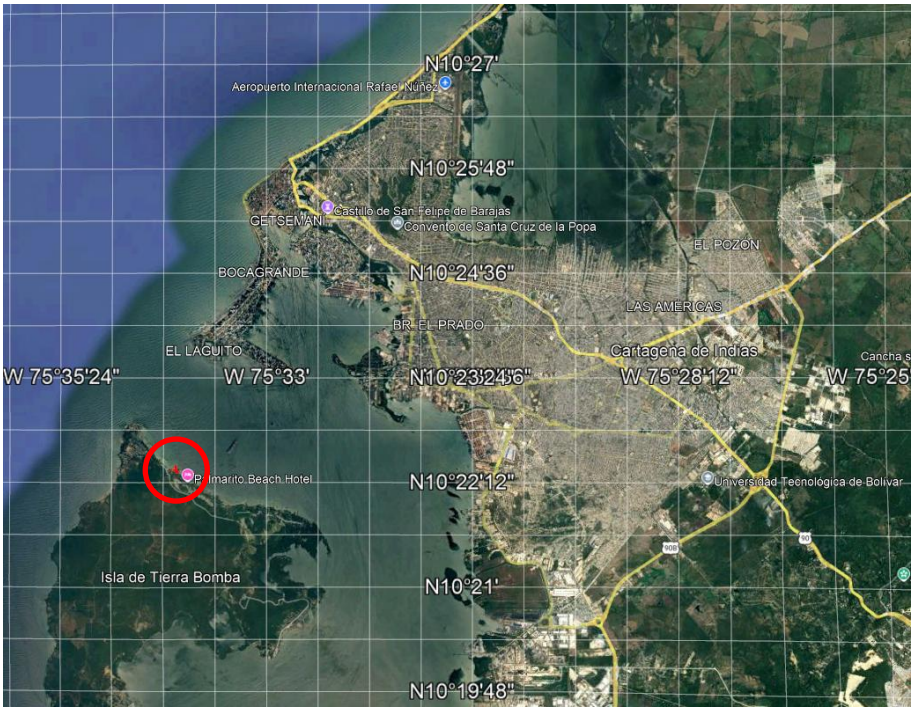


Imagen 3. Ubicación del muro en estudio en la ciudad de Cartagena

3. TOPOGRAFIA Y DRENAJE

Presenta una topografía esencialmente plana. El drenaje es superficial el subsuelo está conformado por suelos arenosos con presencia de rellenos antrópicos.

4. SISMICIDAD

Este sector está en zona de amenaza sísmica baja, cuyo coeficiente de aceleración pico efectiva de diseño es Aa = 0,10 y la velocidad pico efectiva es Av = 0,10 para una probabilidad del 10% de ser excedido en 50 años. Este sector posee un umbral de daño de Ad = 0,03 según indica para el municipio de Cartagena en el departamento de Bolívar.

Tabla 1. Cálculo del N trazo

Profundidad (metros)		N	d(i)	d(i)/N(i)
0,0	1,0	15	1,00	0,07
1,0	1,5	17	0,50	0,03
1,5	2,0	20	0,50	0,03
2,0	3,0	22	1,00	0,05
3,0	4,0	26	1,00	0,04
4,0	5,0	38	1,00	0,03
5,0	6,0	42	1,00	0,02

Σd(i)	Σd(i)/N(i)
6,00	0,26

N(Trazo) =	24

De acuerdo con el N trazo de 24, el perfil sísmico indica para este sector **tipo D**, no obstante, se deberán realizar estudios geofísicos para determinar la velocidad de onda con el fin de confirmar la clasificación sísmica del suelo obtenida de manera indirecta según indica la tabla A.2.4-2 de la NSR10.

5. GEOLOGIA

Corresponde a depósitos cuaternarios recientes de origen marino, asociados a ambientes de playa y litoral. Estos depósitos están constituidos principalmente por arenas finas a medias, con presencia variable de finos limosos y escasos fragmentos de origen calcáreo. Se trata de materiales jóvenes, poco cementados y altamente dinámicos, cuyo arreglo y densidad dependen del régimen de oleaje, corrientes y eventos extremos. En el área de

estudio no se identifican estructuras geológicas mayores como fallas o plegamientos que condicionen el comportamiento del suelo a escala local. No se detectan accidentes geomorfológicos, generales o locales (cavernas, oquedades, corrimientos, etc.) que representen riesgo alguno para la estabilidad de las estructuras proyectadas. El tránsito de personas y equipos es posible, por lo anterior el material de sustentación presenta buenas calidades de capacidad de soporte geotécnica lo que lo hace apto para recibir las cargas que se generaran dentro del desarrollo del proyecto.

6. **GEOMORFOLOGIA**

Está formada principalmente por procesos de deposición marina. Esta área ha sido moldeada históricamente por la interacción entre las corrientes oceánicas del mar Caribe, lo que ha dado lugar a la formación de playas de arena fina y media con poca cohesión. Se caracteriza por la presencia de un sistema costero con baja pendiente que favorece la acumulación de materiales arenosos. Las dinámicas de oleaje y marea son factores clave que influyen en la configuración y estabilidad de esta playa, generando procesos continuos de erosión y sedimentación, los cuales son comunes en zonas de interfaz entre el mar y el continente. La acción de las mareas y las corrientes marinas tiende a redistribuir los sedimentos, afectando la morfología del perfil costero dependiendo de la época del año de manera cíclica. La cercanía a áreas urbanizadas ha modificado en cierta medida su geomorfología natural, gracias a la construcción de espolones que buscan controlar la erosión costera y proteger las estructuras cercanas.

7. **CLIMATOLOGIA**

El clima en el sector es de tipo tropical seco o xeromegaterno tropical, es decir, correspondiente a una vegetación propia de la sequedad y bajo altas temperaturas. Con base en la combinación de factores climáticos, geológicos y edáficos con temperaturas promedios de 28 grados centígrados y escasas lluvias y con predominio de suelos salinos. De noviembre hasta principios de abril, los vientos son alisios que soplan constantemente en dirección nor-noreste con velocidades del orden de 10 m/seg., coincidiendo con el invierno boreal, mitigando en parte el intenso calor. Hacia fines de junio soplan los alisios del sureste, produciendo el Veranillo de San Juan. El régimen anual de lluvias es bimodal, con dos períodos de lluvias, mayo-junio y agosto-noviembre, alternados con dos períodos secos, diciembre-abril y junio-julio. La precipitación anual promedio es de 821 mm. En la región, las lluvias se encuentran supeditadas al paso anual del Centro de Convergencia Intertropical. El área de la población se encuentra dentro de la faja de desplazamientos de la CIT, al paso de ésta ocasiona un tiempo ciclónico, es decir, nublado, lluvioso y fresco. En los primeros meses del año, el CIT alcanza su posición más meridional, pasando a veces al sur del ecuador térmico, originando un tiempo seco y soleado en el

interior del país. Hacia el mes de marzo, el CIT se desplaza hacia el norte provocando un tiempo ciclónico en el sur del país. Por esta razón se evidencia dos temporadas de lluvias, la primera en los meses de abril y mayo y la segunda entre los meses de septiembre y noviembre. Presenta una temporada seca en los meses de diciembre a marzo. La humedad relativa promedio del municipio es del 74%, mientras que las máximas y mínimas mensuales son del 85% y 67%. Los meses de mayor humedad relativa corresponden a los meses de lluvia y los de menor a los de verano.

8. SONDEO EXPLORATORIO

Para llevar a cabo el presente estudio se ejecutó una (1) exploración a profundidad de 6 metros. Durante la exploración de campo fueron practicados ensayos de extracción manual de muestras de naturaleza inalterada y alterada de donde se obtuvieron los diferentes valores para hallar la resistencia del terreno en sitio y para observar los diferentes tipos de suelos que conforman el subsuelo para su respectiva clasificación sobre muestras representativas que serán utilizadas para caracterizar los posibles horizontes del perfil geotécnico encontrado. De estas exploraciones el suelo es similar y corresponde a arenas, suelos categorizados SP y SM de acuerdo la clasificación estándar USC. La naturaleza arenosa es favorable para la existencia de flujos de agua subterráneas por lo que el nivel freático apareció a 1 metro de profundidad.



Imagen 4. Detalle de ubicación del muro

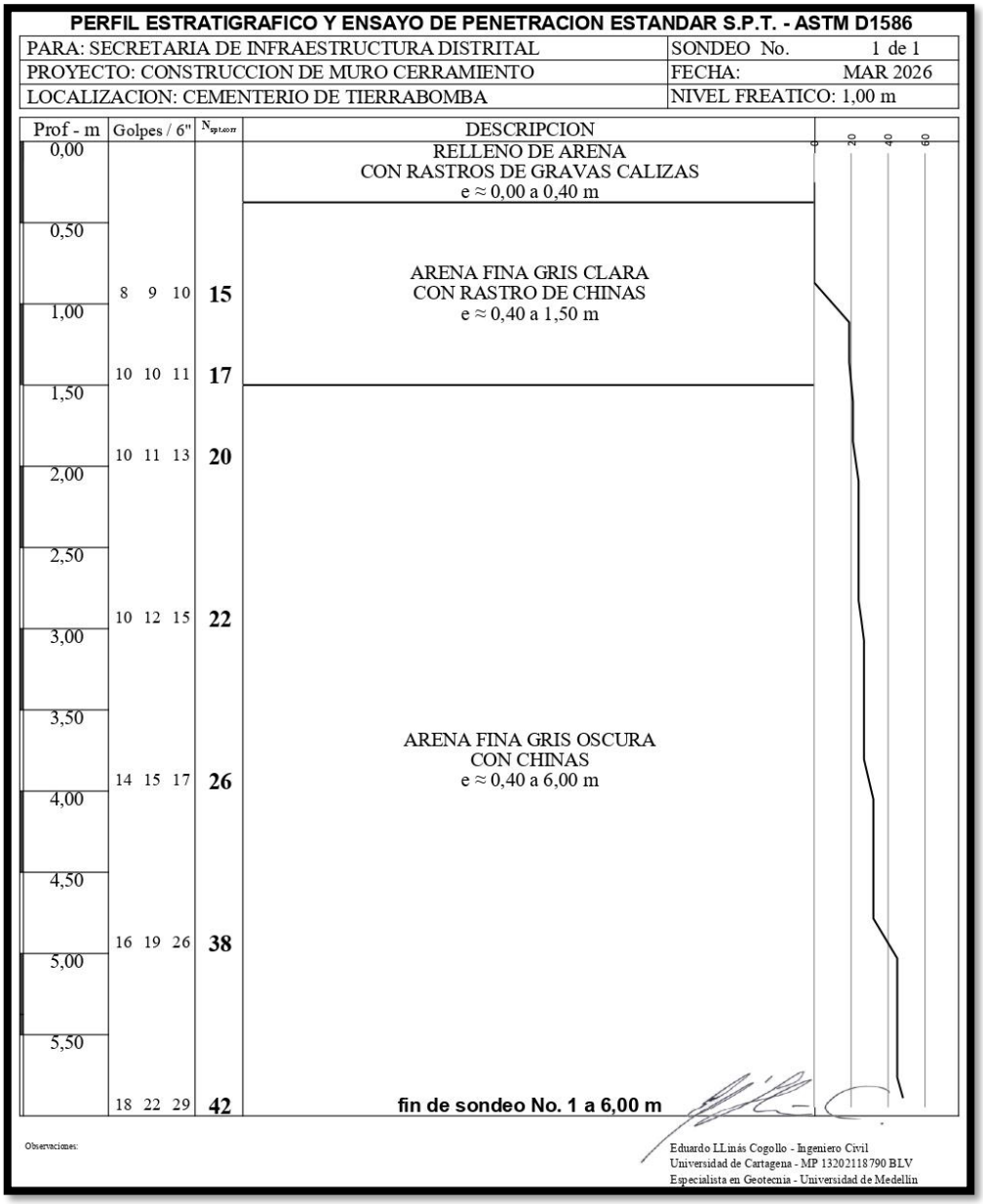


Ilustración 1. Perfil estratigráfico Sondeo 1

9. LOCALIZACION DE EXPLORACIONES

En la siguiente imagen se evidencia la localización del sondeo:



Imagen 5. Localización del sondeo

Tabla 2. Ubicación geográfica del sondeo

	Coordenadas WGS84 (DMS)	
	Latitud	Longitud
SONDEO		
1	10°22'20.80"N	75°34'03.99"O

10. CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS ENCONTRADOS

LIMITE LIQUIDO
El contenido de agua tal que, para un suelo, fija la división entre el estado casi líquido y plástico, es visto como una medida de la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad. El límite líquido es análogo a un ensayo de resistencia, y Casagrande encontró que cada golpe del ensayo de laboratorio necesario para cerrar el surco en la cazuela corresponde a un esfuerzo cortante cercano a 1 g/cm². Se podría entonces decir que el límite líquido representa para todos los suelos un valor de resistencia al corte 25 g/cm² a diferentes humedades según el tipo de suelo. El suelo encontrado al ser arenoso carece de límite líquido.

INDICE DE PLASTICIDAD
En el rango de humedades en que el suelo comienza a comportarse como un líquido y comienza a comportarse como un sólido, este puede generar deformaciones sin que se generen fisuras en dicho suelo, este rango es conocido como índice plástico, y entre mayor sea el valor, mayor es el rango en que puede deformarse, situación no deseable ya que entre mayores deformaciones aparezcan mayores asentamientos sufren las estructuras que son construidas en estos suelos y la probabilidad de agrietamiento es alta. El índice de plasticidad del suelo encontrado al ser arenoso es cero por ciento.

HUMEDAD NATURAL
Las suelos no cohesivos o arenas son permeables y no retienen agua salvo en la superficie y vacíos de las partículas, el porcentaje de agua contenida en una arena nos da una idea de la absorción que logra esta arena, mas no nos indica si el suelo está en un estado diferente al sólido como ocurre para suelos arcillosos que pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo de la humedad natural. Así este tipo de suelo cohesivo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido, es decir al agregarle agua, pasa gradualmente del estado sólido al estado plástico y finalmente al estado líquido. El contenido de agua con que se produce el cambio de estado varía de un suelo arcilloso a otro dependiendo de los valores de límites de Atterberg los cuales nos da una idea entre que rangos de humedad el suelo presenta un comportamiento plástico, es decir, acepta deformaciones sin romperse (plasticidad), es decir, la propiedad que presenta los suelos hasta cierto límite sin romperse. La humedad natural promedio es del 14%.

PORCENTAJE RETENIDO TAMIZ No. 4
La importancia del tamiz No. 4 radica en el hecho de ser la frontera de lo que determina la franja fina y la franja gruesa de un suelo. Todo material que pasa el tamiz No. 4 es considerado arena media, arena fina, limo y/o arcilla, sin embargo, la franja gruesa determina que tan granular es un suelo de manera que si el retenido es mayor del 60% es más gravoso y si es menor es más arenoso y menos gravoso. Siempre es preferible un suelo cuyo valor retenido en el tamiz No. 4 este entre 40% y 60%; más de la frontera superior el material es una grava y la probabilidad de llenar los vacíos es poca y

dependiendo de su resistencia al desgaste en la máquina de Los Angeles, podremos tener o no, una tendencia al asentamiento por la posible ruptura de las partículas gruesas; por el contrario un valor menor en la frontera inferior nos muestra un suelo con poca probabilidad de confinado desembocando en poca capacidad de compactación. El porcentaje retenido en el tamiz No. 4 es del 0%.

PORCENTAJE QUE PASA TAMIZ No. 200

Es variable el porcentaje que pasa en el tamiz No. 200 deseado, preferiblemente es importante que dicho valor sea cero (0) ya que estas partículas son consideradas no deseables, pero existen ocasiones en las que si son deseables ya que ellas cargan con el cementante natural que ayuda a abrazar las partículas y lograr una mayor densidad del suelo y por lo tanto mayor dureza. La presencia de partículas que pasan el tamiz No. 200 tales como los limos y las arcillas bloquean el ágil paso del flujo de agua a través del suelo y logra almacenarla, esta situación siempre es preferible evitarla. A pesar de todo, el material fino siempre puede aparecer y se establecen criterios ingenieriles que permite tolerar la presencia de ellos y que después de cierto límite los suelos deben ser sustituidos o adecuados. Para uso en la construcción se desea que no supere el 35%. El porcentaje que pasa el tamiz No. 200 promedio es del 36%.

ACTIVIDAD SKEMPTON

Los límites de Atterberg y el contenido de finos se combinan en un solo parámetro denominado actividad, la cual fue definido por Skempton en 1953, como la relación entre el índice de plasticidad y el porcentaje que pasa el tamiz No. 200. Este valor define tres clases de suelos de acuerdo con su actividad, como inactiva, para valores menores de 0,75; normal para valores entre 0,75 y 1,25; y activas para valores mayores de 1,25. Todos los materiales están por debajo de 0,75 por lo tanto estamos en presencia de suelos inactivos.

GRADO DE EXPANSION

Para determinar el grado de expansión de los suelos presentes en el área de estudio se establece algunos criterios que definen el potencial expansivo de los suelos considerando algunas propiedades mecánicas e índices que se consideran en los registros de los sondeos. De acuerdo con la clasificación de suelos expansivos (Chen, 1965) el grado de expansión promedio es bajo a nulo.

11. CAPACIDAD ADMISIBLE

De acuerdo con los resultados arrojados por el ensayo de penetración estándar SPT la mayoría de los suelos son cohesivos. Se configura una tabla de capacidad portante del suelo a diferentes niveles de profundidad. La ecuación de Terzaghi indica que:

$$q_{ult} = s_c\, C N_c + \tfrac{1}{2}\, s_\gamma\, \gamma\, B\, N_\gamma + \gamma\, D_f N_q$$

de donde los factores de carga N_c, N_q y N_γ se obtienen del ábaco descrito en Ilustración 2 y los valores de s_c y s_γ son para zapata corrida iguales ambos a 1,0 para zapatas redondas respectivamente 1,3 y 0,6 y para zapatas cuadradas 1,3 y 0,8 respectivamente

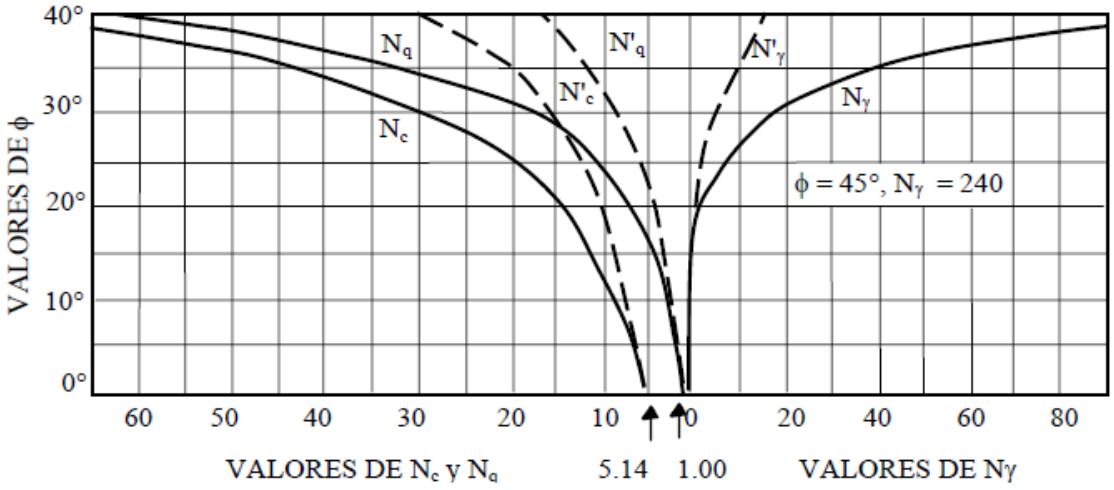


Ilustración 2. Abaco de factores de capacidad de carga

De acuerdo con las ecuaciones de Osaka, Meyerhof y Schmertmann tenemos para un suelo arenoso la siguiente ecuación para obtener el ángulo de fricción interna:

$$Ø = 4{,}4184*(Ln(NSPT)+18{,}434$$

Se debe realizar una corrección del número de golpes NSPT mayores de 15, denominada N' cuando el nivel de desplante Df está por debajo del nivel freático mediante:

$$N' = 15 + 0{,}5\,(N_{SPT} - 15)$$

Se tomará como cohesión C igual a cero, y de ángulo de fricción interna ϕ valores que varían en profundidad en condición saturada y drenada. La capacidad admisible del suelo para un factor de seguridad básico indirecto FSICP = 3,00 se describe en la Tabla 3:

Tabla 3. Cálculo de la capacidad admisible.

Profundidad (metros)		Cohesión C kN/m^2	Angulo de Fricción ϕ grados	Factores de Capacidad de Carga			Peso Unitario Sumergido γ kN/m^3	q_{adm} kN/m^2
				Nc	Nq	Nγ		
0.5	1.0	0.00	30	19.6	12.3	9.7	10.19	70
1.0	1.5	0.00	31	21.0	13.6	11.4	10.19	106
1.5	2.0	0.00	31	21.0	13.6	11.4	10.19	134
2.0	2.5	0.00	31	21.0	13.6	11.4	10.19	162
2.5	3.0	0.00	31	21.0	13.6	11.4	10.19	190
3.0	4.0	0.00	32	22.6	15.1	13.4	10.19	273
4.0	5.0	0.00	33	24.5	16.9	15.9	10.19	377
5.0	6.0	0.00	33	24.5	16.9	15.9	10.19	446

Para el cálculo estructural se siguiere un valor de 106 kN/m² (≈ 10,8 ton/m²) como capacidad admisible del suelo a 1,50 metros de profundidad.

Este consultor propone la geometría para este muro de contención, un ancho de cimentación de 1,20 metros, con un peralte de cimentación de 0,30 metros, con una punta de cimentación de 0,30 metros, con un talón de cimentación de 0,60 metros, con una corona de ancho 0,30 metros y una altura total H medidos desde la profundidad de desplante Df hasta la corona de 2,00 metros, la altura que sobresale del suelo es de 0,50 metros. Previo a la instalación del acero para los muros se debe realizar una sobreexcavación de 0,05 metros con el fin de realizar un vaciado de concreto solado. Ver Ilustración 3. Se recomienda una longitud de muro máxima de 10 metros por la cantidad de módulos de muro dependerá de la longitud definitiva que abarcaría el muro divisorio. Sobre el muro de contención terminado se deberá instalar el muro en mampostería divisorio.

Dado que el muro fue concebido originalmente como un elemento de cerramiento y no como una estructura de defensa marítima, su exposición directa al oleaje ha generado procesos de socavación progresiva del terreno, por tal motivo se recomienda la instalación de una protección costera frente al muro tipo enrocado o escollera, para garantizar la estabilidad a largo plazo tanto del suelo de cimentación como de la estructura misma.

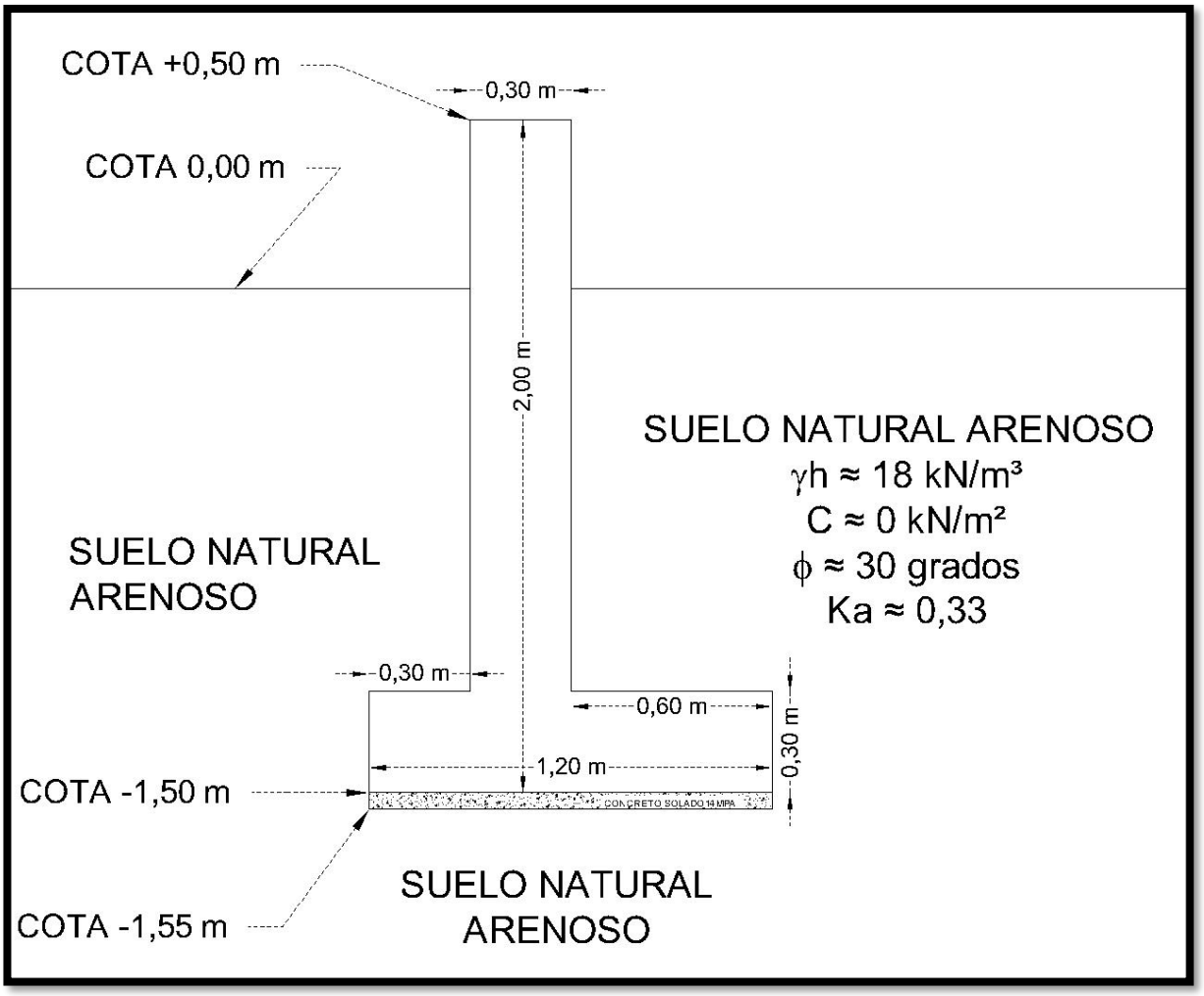


Ilustración 3. Detalle del muro de contención en concreto hidraulico

12. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

El cemento usado para la mezcla de concreto será Pórtland Tipo I o III y debe cumplir con las normas NTC-121 (especificaciones físicas y mecánicas) y NTC-321 (especificaciones químicas). El agua que se emplee para la mezcla debe cumplir con los requisitos de la norma NTC-3459. En todo caso el acero de refuerzo debe cumplir con la norma NTC-248. Construida las cimentaciones se debe rellenar los espacios entre cada conjunto de cimentación hasta llegar a la cota de rasante de los pisos de la nueva estructura. El relleno se debe compactar en capas no mayores de 10 centímetros como mínimo al 90% del proctor modificado. Por ningún motivo la superficie de la excavación debe estar abierta durante más de 48 horas y en caso de que llueva deberá protegerse la superficie de la excavación con plástico o similar y se debe implementar desvíos para evitar inundaciones. Si se presenta aguas de lluvias almacenadas en la excavación estas

deben ser inmediatamente achicadas con motobomba. Después del vaciado de concreto, una vez que este adquiere una tonalidad opaca superficialmente, es decir, en cuanto se haya evaporado el exceso de agua de amasado o exudación, tiempo que puede oscilar entre media hora y dos horas es importante aplicar Sika Antisol o similar en la superficie del concreto con un fumigador en una cantidad de 200 centímetros cúbicos por cada metro cuadrado de concreto expuesto. Aun así, después de 8 horas de haber realizado el vaciado, el concreto deberá permanecer húmedo en toda la superficie y de manera continua, cubriéndolo con tejidos de fique o algodón saturados de agua, o por medio de rociadores, mangueras o tuberías perforadas, o por cualquier otro método que garantice los mismos resultados. No se recomienda el humedecimiento periódico, éste debe ser continuo. Previo a los vaciados de concreto es necesario realizar un diseño de mezcla de concreto. Durante la etapa de diseño del concreto se recomienda efectuar toma de muestras de concreto y curarlas. Es importante verificar el asentamiento (slump). Finalmente, el ensayo de resistencia de las muestras de concreto debe realizarse 3 días, 7 días, 14 días y 28 días de curado, así como sus respectivos testigos a 56 y 90 días. Cada ensayo debe tener un mínimo de tres muestras. Estos ensayos deben ser efectuados para verificar que la mezcla cumpla con el diseño requerido mucho antes de iniciar los vaciados, es decir en la etapa de diseño. Durante la etapa de construcción se debe verificar las siguientes propiedades de los agregados para que se garantice que son similares a las descritas en el diseño de mezcla:

- Granulometría para agregados grueso y finos
- Módulo de finura para agregados finos
- Desgaste en la máquina de Los Angeles para agregados gruesos
- Porcentaje de caras fracturadas para agregados gruesos
- Indice de alargamiento y aplanamiento para agregados gruesos
- Equivalente de arena para agregados finos
- Gravedad específica para agregados gruesos y finos
- Porcentaje de absorción para agregados gruesos y finos

Durante esta misma etapa de construcción se deberán tomar por cada fracción de 50 metros cúbicos de concreto vaciado en una jornada, mínimo dos muestras de concreto para ensayar a los 7 días y mínimo dos muestras para ensayar a los 28 días. Los valores de resistencia de 7 días sólo se emplearán para verificar la regularidad de la calidad de la producción del concreto, mientras que los obtenidos a 28 días se emplearán para la comprobación de la resistencia del concreto.

Atte.
Eduardo Jesús LLinas Cogollo
Ingeniero civil – especialista en geotecnia y estabilización de taludes
Asesor externo Secretaría de Infraestructura Distrital