ES-052-2022

TRIPLE A S.A. E.S.P.

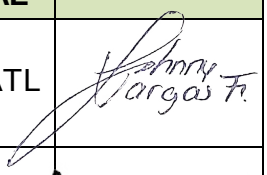
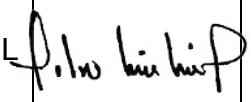
ESTUDIO DE SUELOS PARA CONSTRUCCIÓN DE EBAP BAJO OSTION UBICADA EN EL CORREGIMIENTO EL MORRO, TUBARÁ (ATLÁNTICO).

BARRANQUILLA SEPTIEMBRE DEL 2022

CONTROL DE CAMBIOS:

Versión:	Cambios realizados:	Fecha:
v 0.00	Versión inicial.	14-09-2022

REVISIÓN:

CONTROL DEL DOCUMENTO					
	NOMBRE	**PROFESIÓN**	**CARGO**	**MATRICULA PROFESIONAL**	**FIRMA**
Elaboró:	Johnny Vargas	Ing. Civil Esp. Geotecnia	Director Técnico	08202354127ATL	
Revisó:	Pedro Leiva	Ing. Civil Esp. Geotecnia	Gerente Técnico	08202163712ATL	
Aprobó:	Antonio Vergel G.	Ing. Civil	Gerente General	0820270700ATL	

APROBACIÓN INTERVENTORÍA					
	NOMBRE	**PROFESIÓN**	**CARGO**	**MATRICULA PROFESIONAL**	**FIRMA**
Aprobó:					

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

Barranquilla, septiembre 14 de 2022

Señores:
TRIPLE A S.A. E.S.P.
Ciudad.

Ref.: Estudio de suelos para la **CONSTRUCCIÓN DE EBAP BAJO OSTION** ubicada en el corregimiento El Morro; Tubará (Atlántico).

Cordial Saludo,

Estamos remitiéndole el informe final correspondiente al estudio de suelos indicado en la referencia, elaborado para ustedes por nuestra Empresa.

Esperamos sea de gran utilidad y ayuda en el contexto para el cual se ha solicitado.

Después de haber realizado el análisis del presente informe, estamos dispuestos a sustentar y explicar cualquier duda que surja al respecto.

Atentamente,

ANTONIO VERGEL G. Ing. Esp.
Gerente General

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

TABLA DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES DEL ESTUDIO 7
1.1. Introducción 7
1.2. Objeto y alcance del estudio 7
1.3. Localización 8
2. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO Y DEL PROYECTO 10
2.1. Información previa 10
2.2. Características del sitio 10
2.2.1. Clima 11
2.3. Características del proyecto 12
3. INVESTIGACIÓN DEL SUB-SUELO 28
3.1. Exploración de campo 28
3.1.1. Método de percusión. 29
4. HIDROGRAFÍA 35
5. GEOLOGÍA REGIONAL. 36
5.1. Rocas sedimentarias. 37
5.2. Sedimentos recientes. 38
6. GEOLOGÍA LOCAL 40
6.1. Sismicidad del entorno. 41
6.2. Sismicidad en la zona. 41
7. ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO Y GEOTÉCNICO 44
7.1. Ensayos de laboratorio 44
7.2. Nivel freático 45
7.3. Estratigrafía 45
7.4. Caracterización geotécnica 46
7.4.1. Caracterización geotécnica – Arcillas 46
7.4.1.1. Arcilla de baja plasticidad (CL). 47
7.4.1.2. Arcilla de alta plasticidad (CH). 48
7.5. Análisis de condiciones geotécnicas especiales. 49
7.5.1. Identificación de suelos colapsables. 49
7.5.2. Susceptibilidad a la licuación. 50
7.5.3. Potencial de expansión o cambio volumétrico. 51
8. RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS 59
8.1. Teoría de capacidad ultima de cimientos superficiales. 60
8.1.1. Capacidad de carga admisible y asentamientos obtenidos para el sistema de cimentación propuesto. 61

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

8.2. Presión lateral de tierras....66
9. RECOMENDACIONES GENERALES....69
9.1. Excavaciones....69
9.1.1. Análisis de estabilidad para taludes de excavación....70
9.2. Requisitos granulométricos para llenos estructurales....71
9.3. Otras recomendaciones....73
10. CONCLUSIONES....76
11. LIMITACIONES....77
12. DOCUMENTOS DE REFERENCIA....78

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización General del proyecto....9
Ilustración 2. Estado actual de la zona de estudio....11
Ilustración 3. Planta general EBAP Bajo Ostion – Morro – Juaruco....13
Ilustración 4. Planta general EBAP (Cuarto eléctrico, sistema de recloración y garita) Bajo Ostion – Morro – Juaruco....14
Ilustración 5. Perfiles longitudinal pavimentos....15
Ilustración 6. Planta general tanque de almacenamiento 600 m^3....16
Ilustración 7. Perfil longitudinal tanque de almacenamiento 600 m^3....17
Ilustración 8. Perfil transversal tanque de almacenamiento 600 m^3....17
Ilustración 9. Sección B-B´ - Secciones longitudinales tanque de almacenamiento....18
Ilustración 10. Detalle de interconexión - Secciones longitudinales tanque de almacenamiento....19
Ilustración 11. Sección transversal tanque de almacenamiento 600 m^3....20
Ilustración 12. Cuarto de cloración....21
Ilustración 13. Fachada posterior al cuarto de bombas....22
Ilustración 14. Fachada anterior cuarto de bombas....22
Ilustración 15. Vista en planta....23
Ilustración 16. Fachada principal cuarto eléctrico....24
Ilustración 17. Fachada posterior y lateral de cuarto eléctrico....25
Ilustración 18. Vista en plata de garita....26
Ilustración 19. Sección fachada principal garita....27
Ilustración 20. Sección fachada lateral garita....27
Ilustración 21. Ilustración del procedimiento del ensayo SPT....29
Ilustración 22. Esquema de Cuchara partida (SPLITSPOON)....30
Ilustración 23. Muestra analizada y ensayada en laboratorio – Sondeo 3....34
Ilustración 24. Interacción tectónica entre la placa Caribe y la de América del Sur....36
Ilustración 25. Influencia de la convergencia de la placa Caribe y la de América del Sur....36
Ilustración 26. Roca sedimentaria de tipo LIMOLITA....37

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

Ilustración 27. Roca sedimentaria de tipo ARENISCA.....37
Ilustración 28. Roca sedimentaria de tipo CALIZA 38
Ilustración 29. Plancha 16-17 – Estado de la cartografía geológica 40
Ilustración 30. Coeficiente Fa y Coeficiente Fv del suelo 42
Ilustración 31. Valores de número de golpes N (60) corregidos obtenidos a partir de la aplicación del ensayo de penetración estándar (SPT).....58
Ilustración 32. Esquema de superficie de falla del suelo. 60
Ilustración 33. Análisis de asentamientos elásticos máximos proyectados en la zona de estudio. 64
Ilustración 34. Análisis de asentamientos elásticos máximos proyectados para zapatas. 65
Ilustración 35. Condición activa de presión de tierras de Rankine (Ka). 66
Ilustración 36. Condición pasiva de presión de tierras de Rankine (Kp). 66
Ilustración 37. Análisis de estabilidad de taludes para excavación de 3.20 m de profundidad (Condición estático) relación de inclinación en corte (5V:1H). Factor de seguridad obtenido F.S = 1.464 > 1.20 (requerido según tabla H.6.9-1 NSR-10).....70
Ilustración 38. Análisis de estabilidad de taludes para excavación de 3.20 m de profundidad (Condición pseudo estática 50% de sismo de diseño Kh = 0.064 y Kv = 0.0064) relación de inclinación en corte (5V:1H). Factor de seguridad obtenido F.S = 1.418 > 1.00 (requerido).....71
Ilustración 39. Esquema de alternativa de cimentación propuesta para estructura de garita y cuarto de cloración. 74

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de las perforaciones geotécnicas. 28
Tabla 2. Parámetros sísmicos de diseño.....42
Tabla 3. Ensayos de laboratorios realizados y Normas aplicadas. 44
Tabla 4. Potencial de expansión de suelos cohesivos según NSR – 10.....47
Tabla 5. Consistencia de suelos cohesivos.....47
Tabla 6. Arcilla de baja plasticidad (CL). 48
Tabla 7. Arcilla de alta plasticidad (CH).....49
Tabla 8. Corrección de Nspt y correlaciones de los parámetros del subsuelo. 57
Tabla 9. Resumen de parámetros geotécnicos. 59
Tabla 10. Capacidad de carga admisible (Qadm). 61
Tabla 11. Módulo de reacción y asentamientos máximos producidos. 63
Tabla 12. Parámetros empleados en el análisis de presión de tierras.....67
Tabla 13. Franjas granulométricas del material seleccionado afirmado. 72

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

1. GENERALIDADES DEL ESTUDIO

1.1. Introducción

Este documento presenta el estudio de suelos realizado por la Firma **CONSTRUSUELOS S.A.S.**, a solicitud de la empresa **TRIPLE A S.A. E.S.P.** donde se incluyen las recomendaciones geotécnicas referentes a la construcción de EBAP Bajo Ostion ubicada en El Morro, corregimiento Juaruco; Tubará (atlántico).

La primera parte del estudio incluye las generalidades, los objetivos, alcance y la metodología de investigación, teniendo en cuenta los reglamentos de la NSR-10. Adicionalmente, se relaciona el proceso investigativo llevado a cabo a través de una exploración de campo (inspección visual y perforaciones); así como, las pruebas de laboratorio con sus respectivos resultados, perfiles estratigráficos y la caracterización geotécnica al subsuelo estudiado.

Finalmente, se realizará un análisis de tipo técnico, de las características de los materiales encontrados, y la incidencia de aguas freáticas y de factores externos sobre el lote y su periferia, que puedan afectar el comportamiento esperado del suelo de fundación.

1.2. Objeto y alcance del estudio

El presente informe tiene como objetivo principal indicar las características geotécnicas de los depósitos de suelo encontrados en la zona de estudio y plantear las recomendaciones constructivas relevantes para las obras proyectadas teniendo en cuenta las condiciones del predio.

El alcance del estudio contiene la secuencia de las siguientes actividades:

a. Obtener información sobre las condiciones estratigráficas del terreno, a través de una exploración de campo.
b. Determinar las propiedades geotécnicas de los suelos, en particular sus características mecánicas.
c. Proyectar el mejor método de instalación, predecir y contrarrestar las dificultades y retrasos que puedan surgir durante la construcción debido a las condiciones de

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

la zona.

d. Determinar las variaciones que se puedan presentar, teniendo en cuenta las condiciones ambientales y del terreno, ya sea en forma natural o como resultado de las obras adyacentes.

e. Detectar la profundidad del nivel de aguas freáticas, si hubiere, en todas las exploraciones de campo.

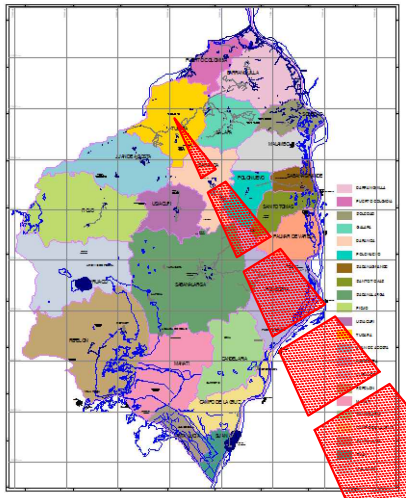
f. Valoración de los problemas de drenaje y estabilización de la excavación por superficies libres de agua en el subsuelo.

g. Establecimiento de los parámetros y procesos de construcción de los sistemas de cimentación.

1.3. Localización

La zona de estudio se encuentra ubicada en El Morro (cercano al kilómetro 90A), corregimiento Juaruco; Tubará (Atlántico). Las coordenadas geográficas de la zona están referenciadas: -75.001879° Oeste y 10.945758° Norte, con una elevación de 132 m.s.n.m. En la Ilustración 1 se puede observar la localización General del proyecto.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com



PROYECTO: E.S. PARA CONSTRUCCIÓN DE EBAP	CLIENTE: TRIPLE A E.S E.S.P			
LOCALIZACIÓN: JUARUCO; TUBARÁ (ATLÁNTICO)	DISEÑADO POR: Ing. Melanys Lozada M.	APROBADO POR: Ing. Pedro Leiva	ING A CARGO : Ing. Johnny Vargas	
COORDENADA: -75.001758°O; 10.945830°N / ELEVACIÓN: 132.0 m.s.n.m	FECHA: 09/2022 / ESCALA: N/A	UNIDAD: N/A	PLANO 1/1	

CONSTRUSUELOS GEOTECHNICAL SOLUTION S.A.S.

2. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO Y DEL PROYECTO

2.1. Información previa

Para que el Ingeniero Geotecnista pueda proyectar la exploración de los depósitos de suelo que existen en la zona de estudio, debe tener un conocimiento razonable del área que se proyecta intervenir; esto incluye las condiciones del sitio y del suelo cercano a la obra, las características y ubicación del proyecto dentro del área y el comportamiento de otras estructuras construidas en la zona.

Siendo consecuente con la información que se requiere, en primer lugar, se programó una inspección visual en campo para organizar la logística del estudio y verificar la zona; de igual manera, se solicitó al cliente la información concerniente al proyecto y el estado actual del suelo en toda su extensión; con el objetivo de emitir las recomendaciones geotécnicas pertinentes para las estructuras dadas y los procesos constructivos respectivos de las actividades de corte, relleno y nivelación.

El estudio de suelos que se proyecta comprende las siguientes actividades:

a. Recopilación y estudio de la información entregada por el Cliente.
b. Exploraciones de campo, mediante el método que más se adapte a las condiciones del terreno.
c. Identificación por medio de ensayos de laboratorio de los depósitos naturales encontrados.
d. Análisis de los resultados obtenidos, tomando como base los datos recolectados en el método de exploración.

2.2. Características del sitio

El área de estudio, se caracteriza por ser una zona rural de escasos habitantes. El lugar se encuentra rodeado de abundante vegetación entre los que destacan arboles de mediano tamaño, arbustos y maleza. Cercano al lote, se encuentra un prospecto de parque (relativamente abandonado) y una casita de un nivel que se encuentra obra negra. Por otro lado, la topografía es ondulada y la vía de acceso no se encuentra pavimentada.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

Ilustración 2. Estado actual de la zona de estudio
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, no se detectaron accidentes geomorfológicos, generales o locales (cavernas, oquedades, corrimientos, deslizamientos, taludes, etc.) que representen riesgo alguno para la estabilidad del terreno.

2.2.1. Clima

El clima en el municipio de Tubará generalmente en el transcurso del año varía de 23°C a 31°C y rara vez baja a menos de 22°C o sube más de 33°C. La temporada de lluvia es nublada y la temporada seca es ventosa y parcialmente nublada. La temporada calurosa dura 2.7 meses la cual se presenta desde el mes de abril hasta el mes de julio

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

y la temperatura máxima promedio diario es de más de 31°C y mínima de 25°C. Por otro lado, la temporada más fresca va de diciembre a marzo con una temperatura promedio de 30°C. Sin embargo, el mes más frio del municipio de Tubará es el mes de enero con una temperatura mínima de 24°C y máxima de 30°C. (Weather Spark, 2022).

La precipitación de un día mojado es de por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente al líquido. La temporada más mojada dura 6.4 meses del mes de mayo a noviembre. El mes con más días mojados en Tubará es octubre, con un promedio de 14,1 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación. (Weather Spark, 2022).

La temporada más seca dura 5,6 meses, del 22 de noviembre al 10 de mayo. El mes con menos días mojados en Tubará es febrero, con un promedio de 0,3 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación. (Weather Spark, 2022)

2.3. Características del proyecto

De acuerdo con la información suministrada por el cliente, el proyecto consiste en la construcción de una EBAP, el cual contará con tanque de almacenamiento, cuarto eléctrico, de recloración y una garita. A continuación, en las siguientes ilustraciones se encuentran los planos constructivos del proyecto en mención.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

Ilustración 3. Planta general EBAP Bajo Ostion – Morro – Juaruco

Fuente: Plano constructivo 12082022

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

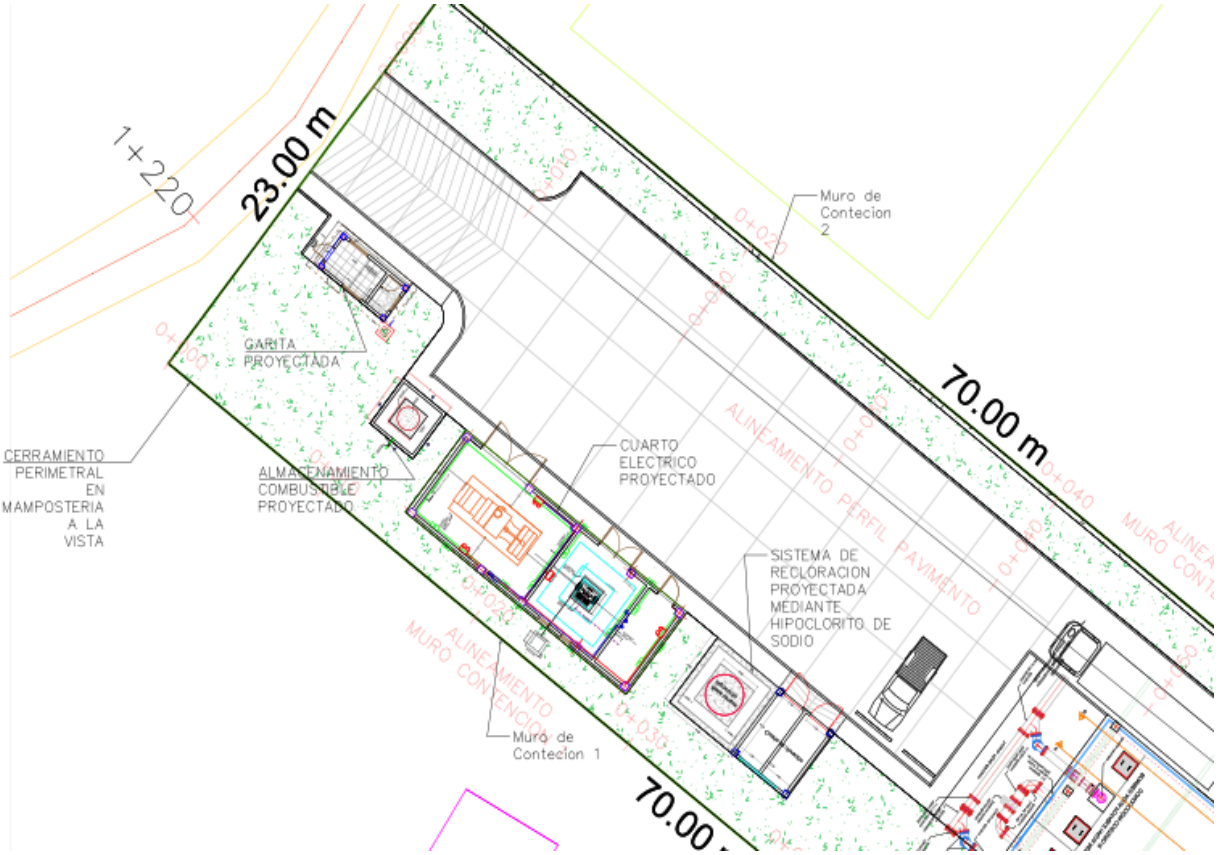


Ilustración 4. Planta general EBAP (Cuarto eléctrico, sistema de recloración y garita) Bajo Ostion – Morro – Juaruco

Fuente: Plano constructivo 12082022

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

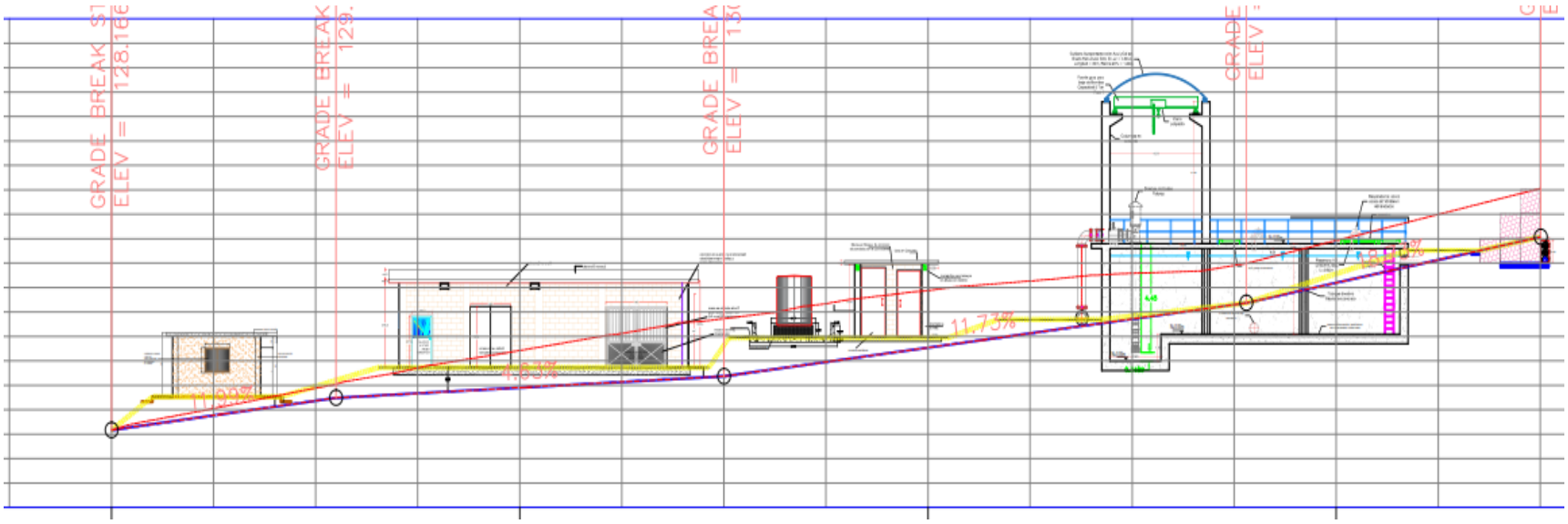


Ilustración 5. Perfiles longitudinal pavimentos
Fuente: Plano constructivo 12082022

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

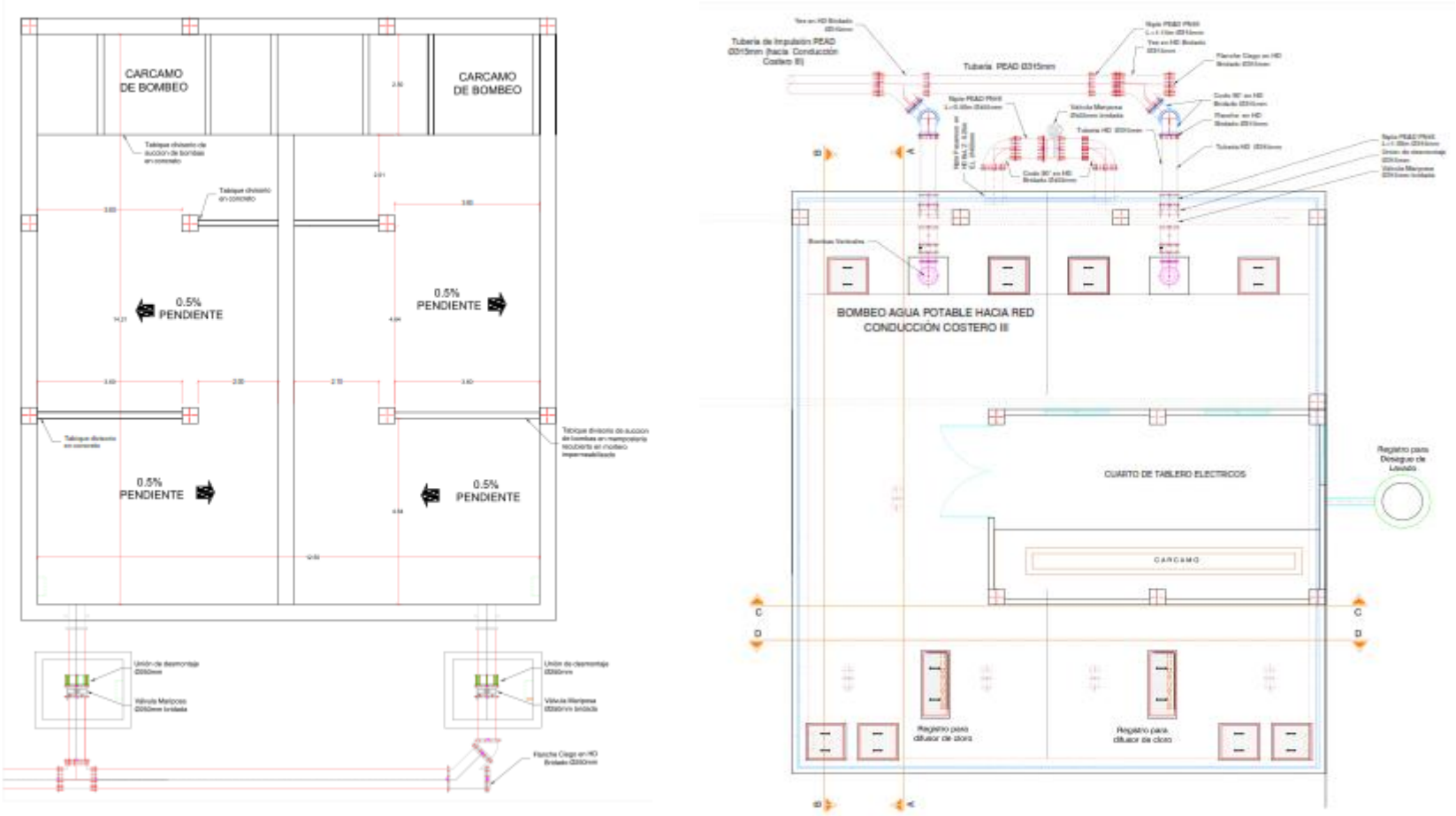
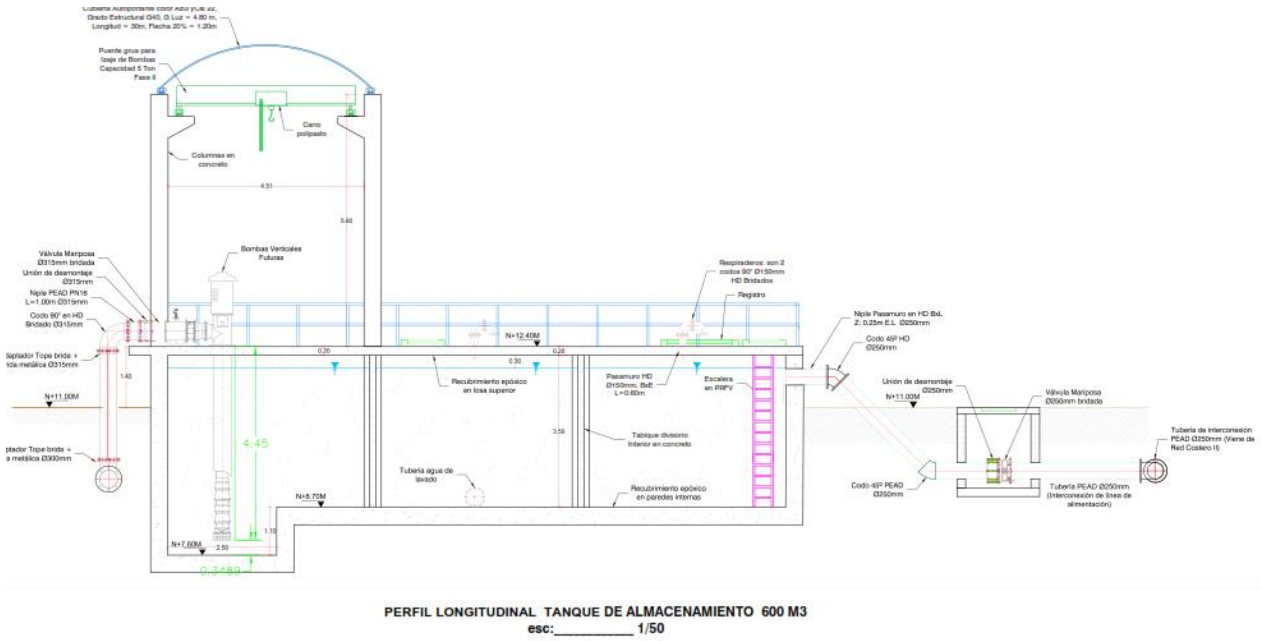


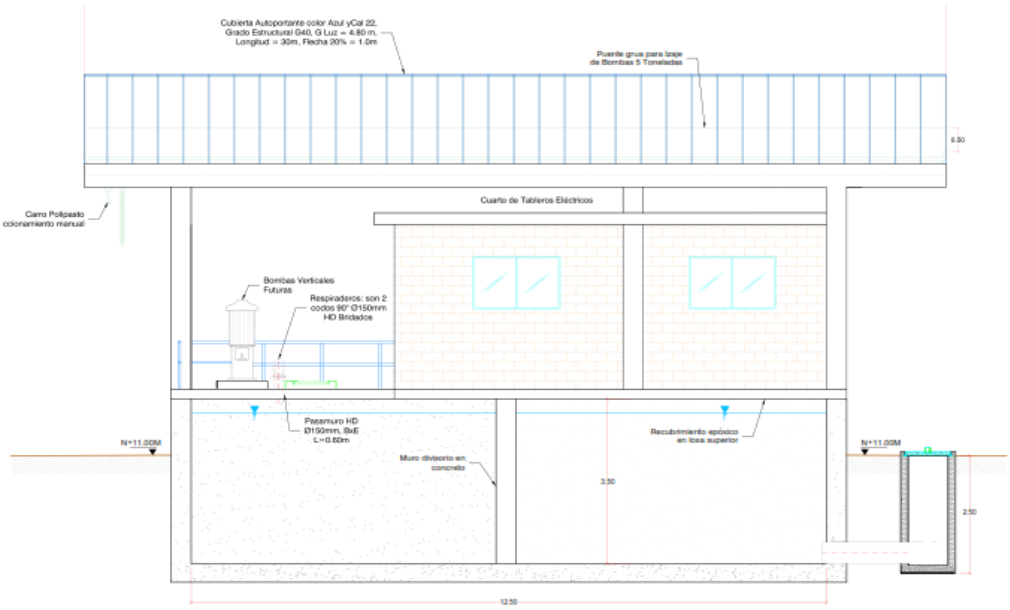
Ilustración 6. Planta general tanque de almacenamiento 600 m^3
Fuente: Plano constructivo 12082022

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com



PERFIL LONGITUDINAL TANQUE DE ALMACENAMIENTO 600 M3
esc:_____ 1/50

Ilustración 7. Perfil longitudinal tanque de almacenamiento 600 m^3
Fuente: Plano constructivo 12082022



PERFIL TRANSVERSAL TANQUE DE ALMACENAMIENTO 600 M3
esc:_____ 1/50

Ilustración 8. Perfil transversal tanque de almacenamiento 600 m^3
Fuente: Plano constructivo 12082022

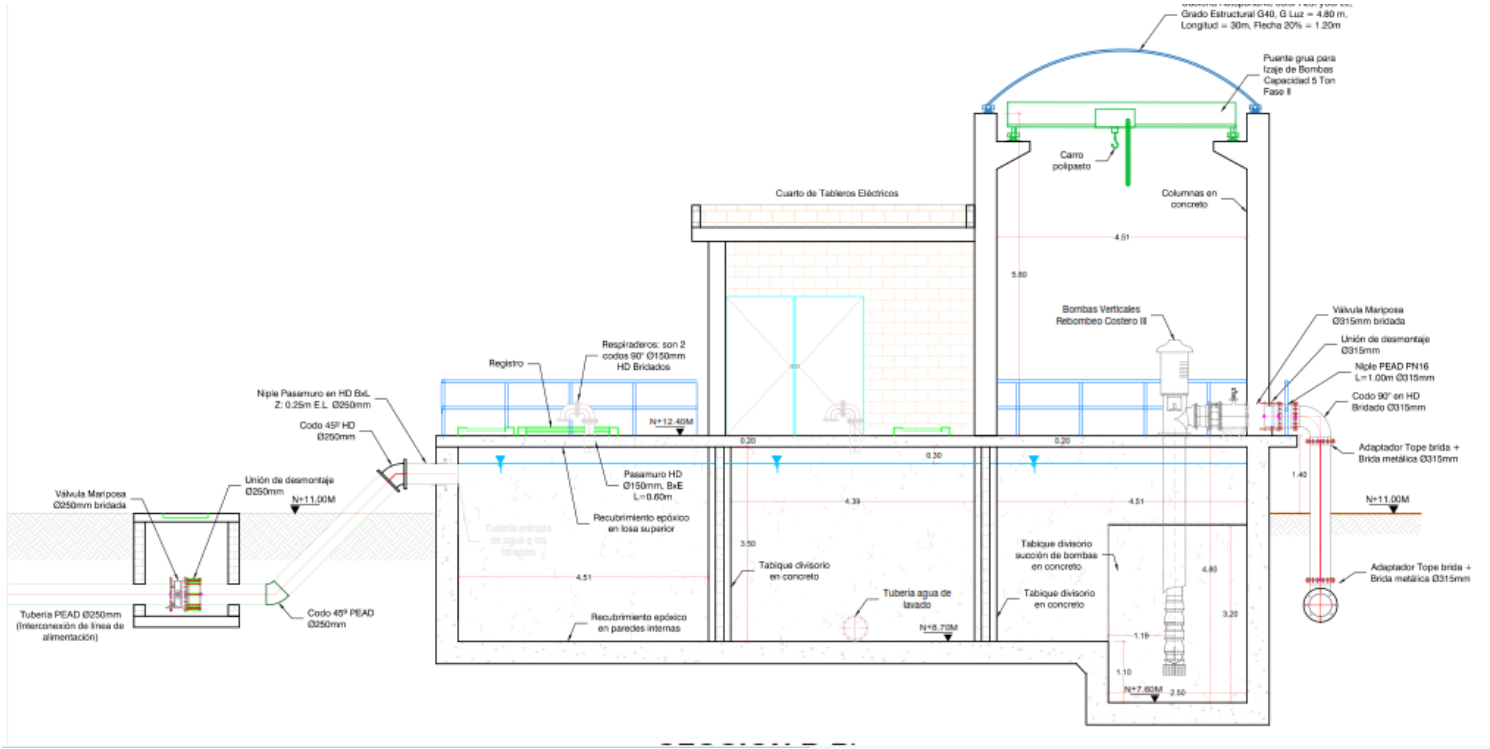


Ilustración 9. Sección B-B´ - Secciones longitudinales tanque de almacenamiento
Fuente: Plano constructivo 12082022

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

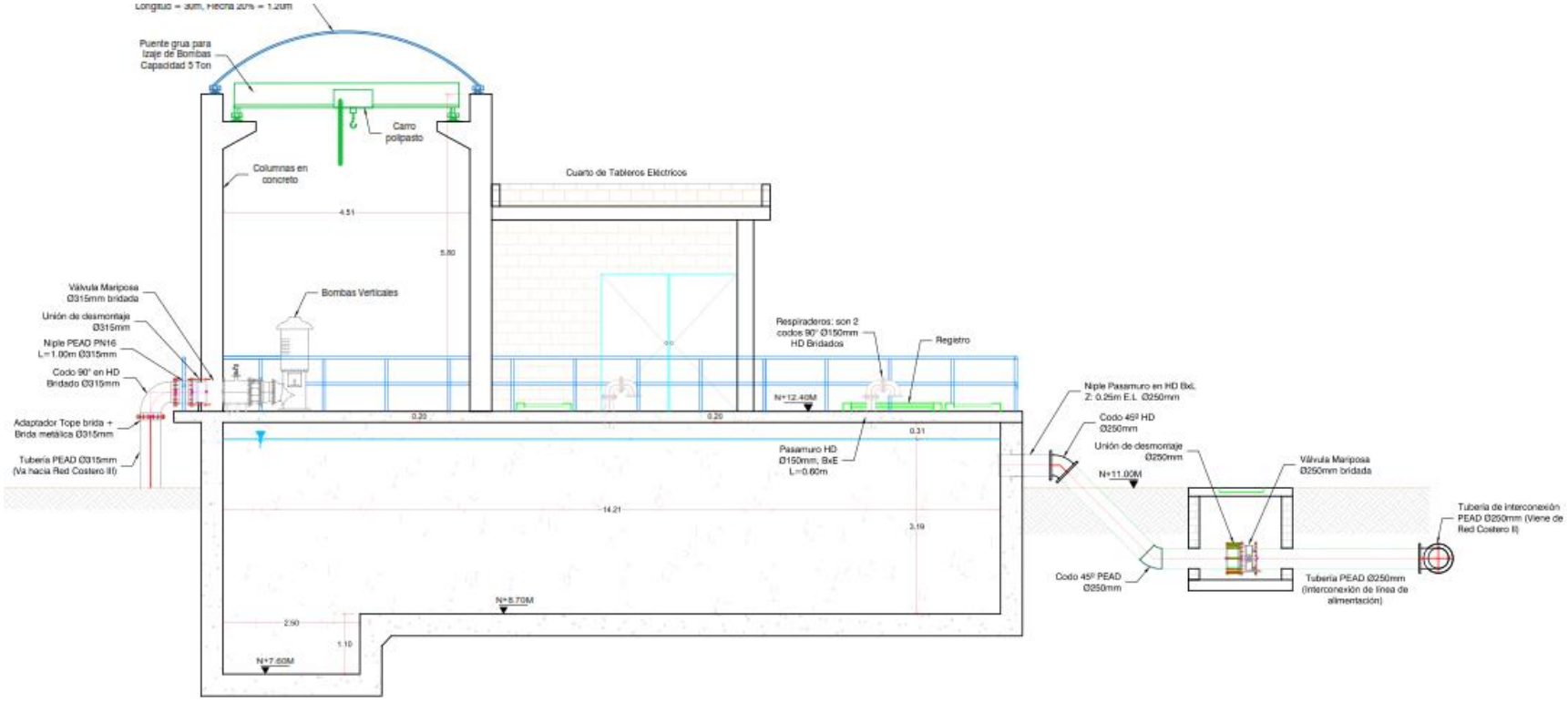


Ilustración 10. Detalle de interconexión - Secciones longitudinales tanque de almacenamiento
Fuente: Plano constructivo 12082022

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

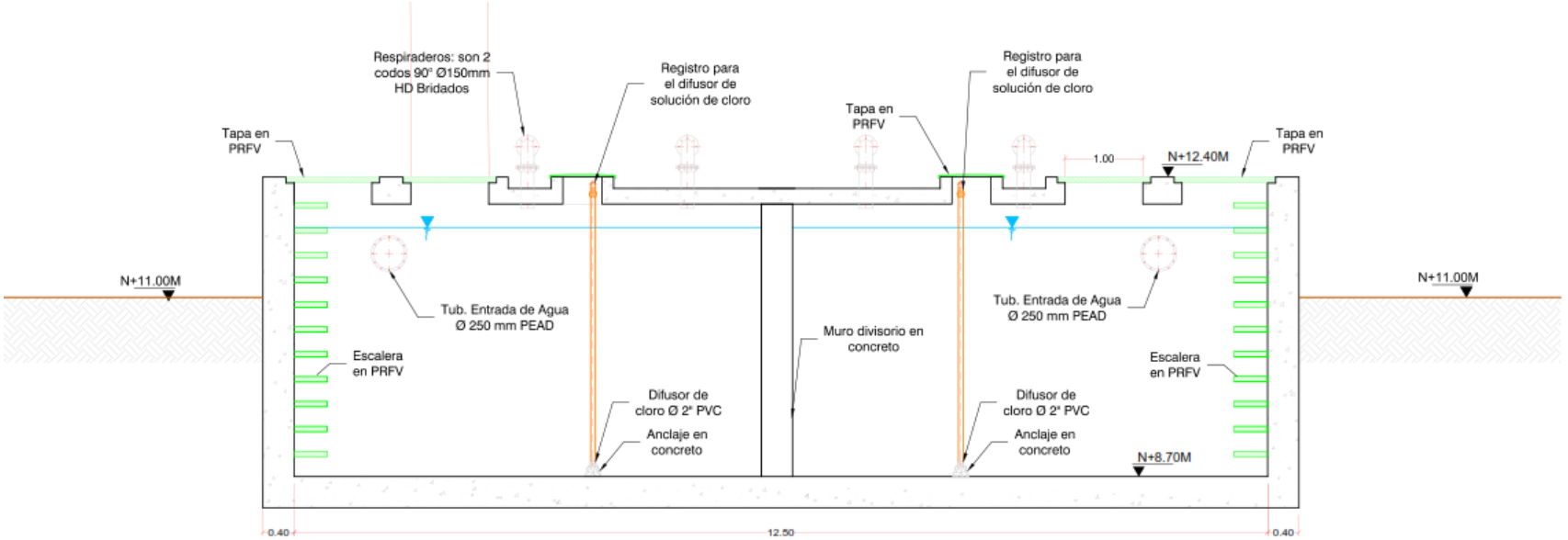


Ilustración 11. Sección transversal tanque de almacenamiento 600 m^3
Fuente: Plano constructivo 12082022

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

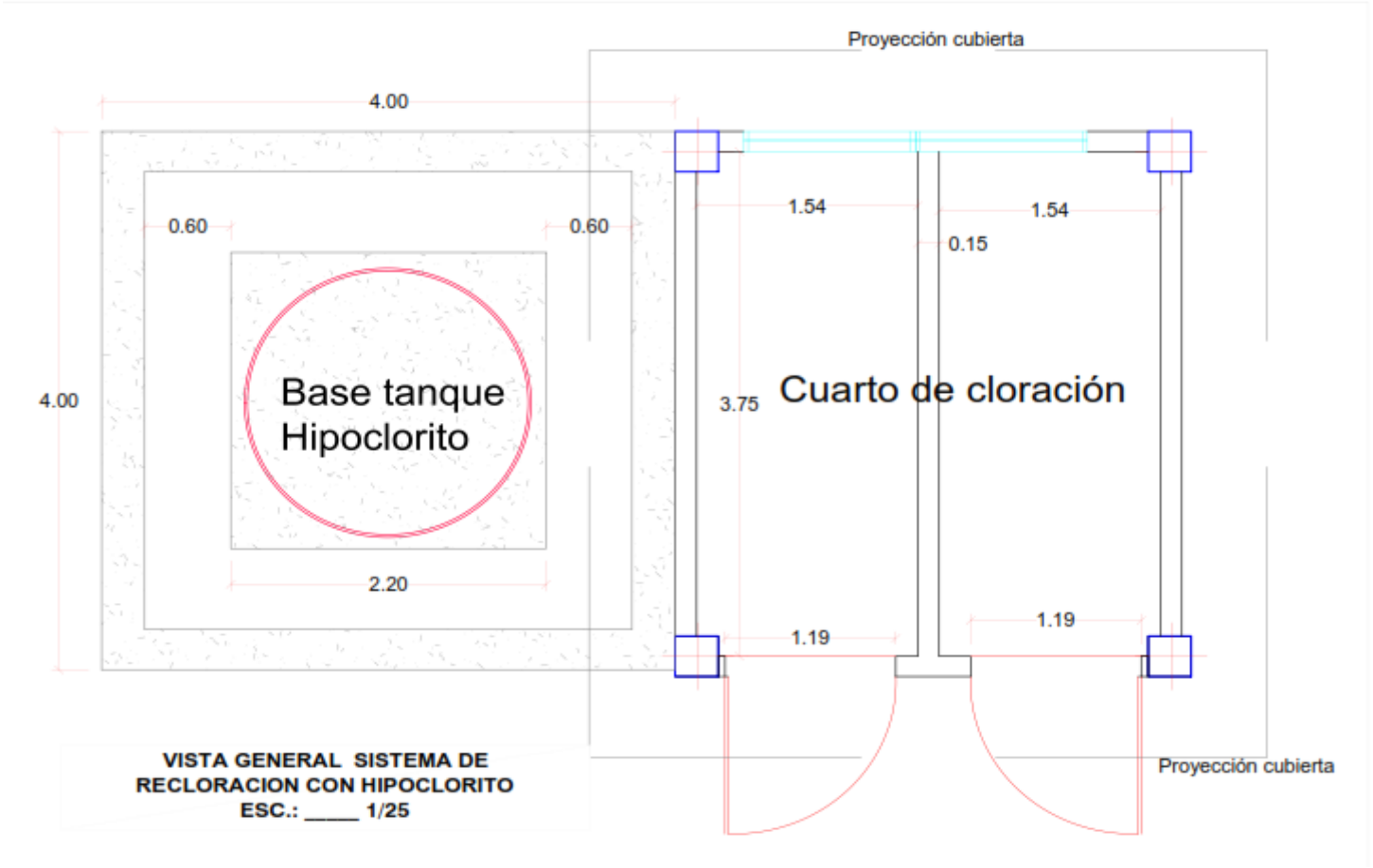


Ilustración 12. Cuarto de cloración
Fuente: Plano constructivo 12082022

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

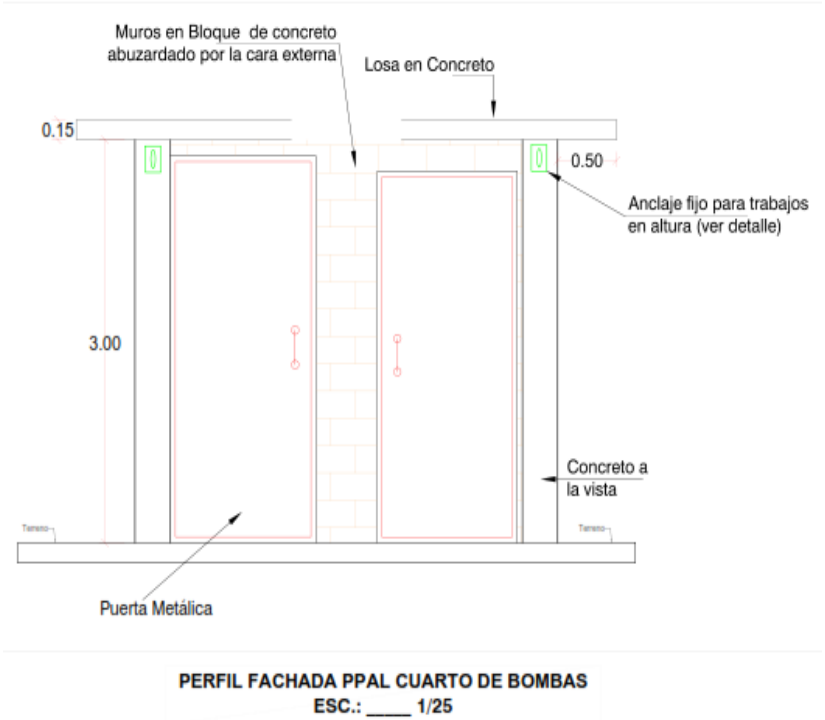


Ilustración 13. Fachada posterior al cuarto de bombas
Fuente: Plano constructivo 12082022

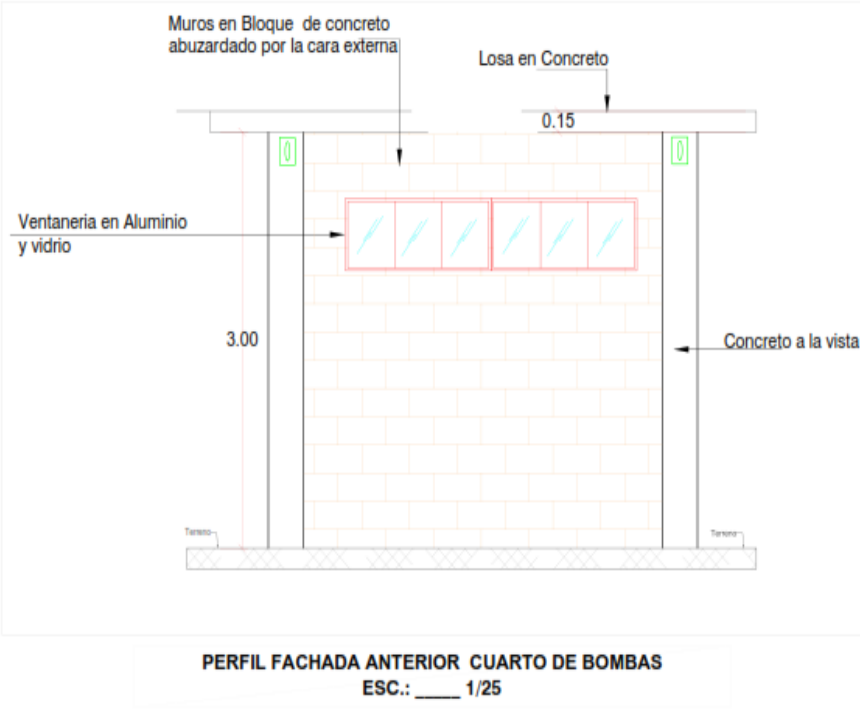


Ilustración 14. Fachada anterior cuarto de bombas
Fuente: Plano constructivo 12082022

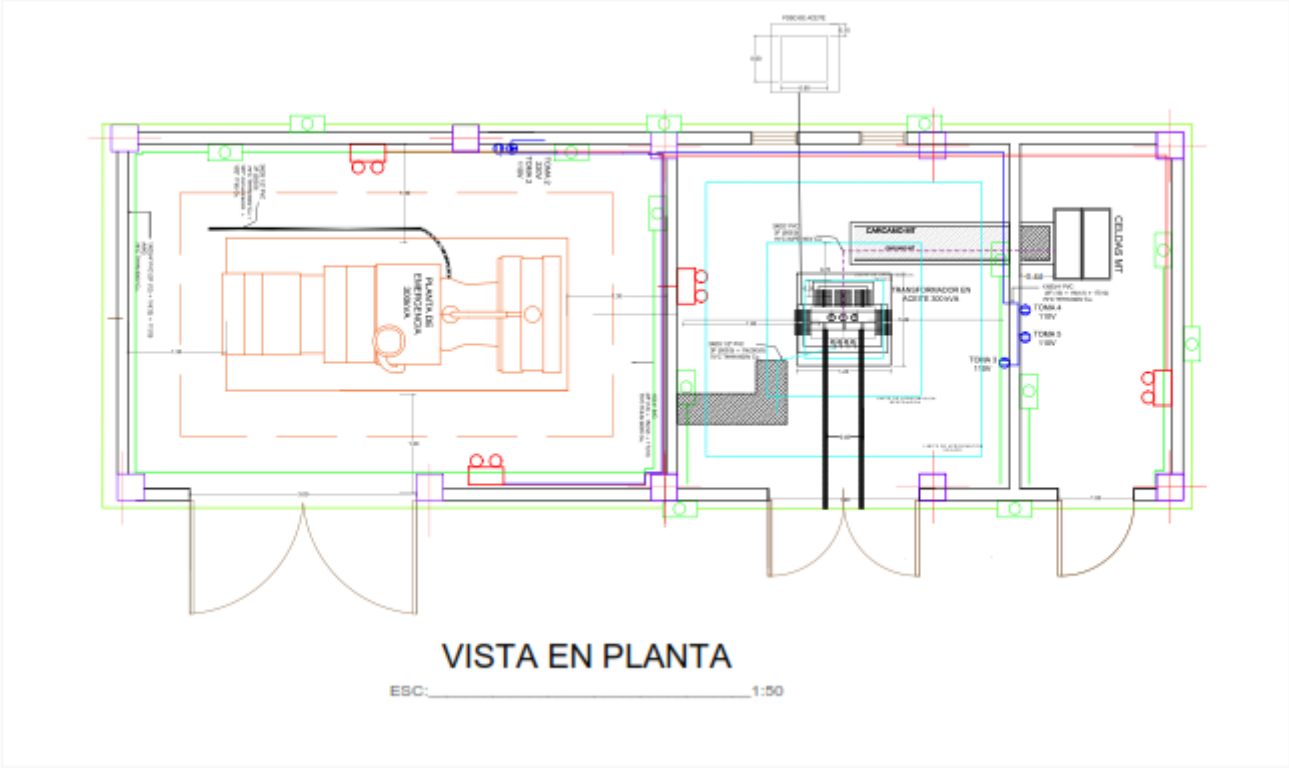


Ilustración 15. Vista en planta
Fuente: Plano constructivo 12082022

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

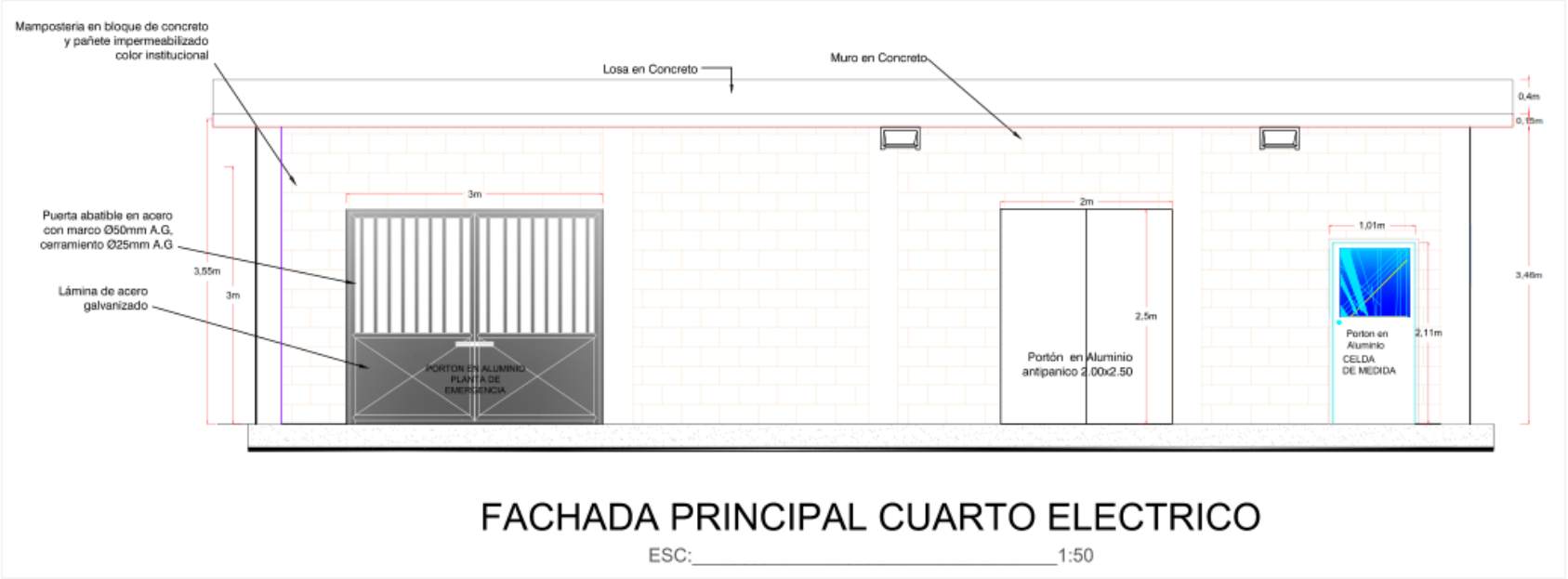


Ilustración 16. Fachada principal cuarto eléctrico
Fuente: Plano constructivo 12082022

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

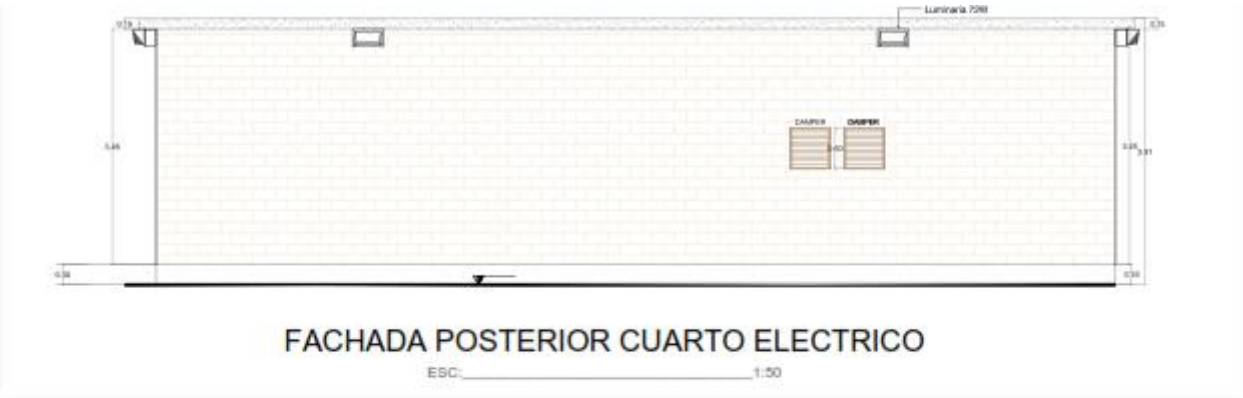


Ilustración 17. Fachada posterior y lateral de cuarto eléctrico
Fuente: Plano constructivo 12082022

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

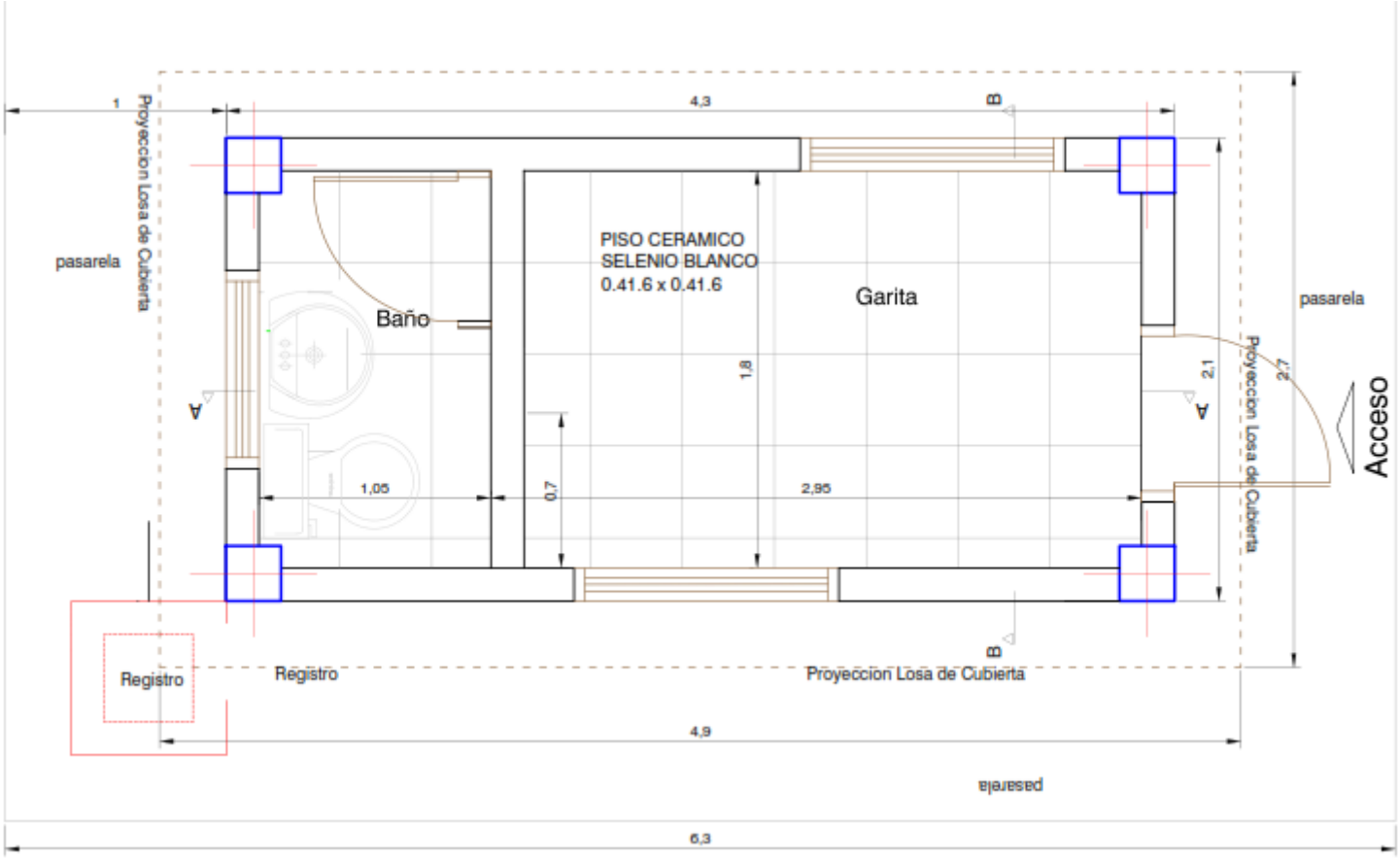


Ilustración 18. Vista en plata de garita
Fuente: Plano constructivo 12082022

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

Ilustración 19. Sección fachada principal garita
Fuente: Plano constructivo 12082022

Ilustración 20. Sección fachada lateral garita
Fuente: Plano constructivo 12082022

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

3. INVESTIGACIÓN DEL SUB-SUELO

3.1. Exploración de campo

Para la caracterización del terreno a estudiar, se eligió un procedimiento de exploración de campo por el método de percusión, tomando como base la información obtenida en la investigación previa y con el fin de obtener parámetros de caracterización de los materiales que conforman el área en estudio.

De acuerdo al propósito del estudio, se definió realizar la ejecución de cuatro (4) sondeos distribuidos de la siguiente manera:

- Cuarto eléctrico y cuarto para sistema de cloración: un (1) sondeo de 6.00 m de profundidad y un (1) sondeo de 8.0 m
- Tanque de almacenamiento: dos (2) sondeos de 20.00 m

Los cuales fueron medidos desde la superficie actual del terreno y en el área donde se proyecta la construcción de la estructura en referencia. (Ver **Anexo N° 1).** Esquema en planta de la ubicación de sondeos); de tal manera que proporcione la información necesaria para la obra en cuestión. Otro aspecto importante que se debe detectar en la exploración geotécnica es la presencia de aguas libres subterráneas colgantes o niveles freáticos estables; puesto que su existencia es el principal causante de problemas, durante el proceso de excavación e instalación de la red proyectada.

No.	TIPO DE PUNTO	DESIGNACIÓN	PROFUNDIDAD (m)	COORDENADA NORTE	COORDENADA OESTE	ELEVACIÓN (m)
1	SONDEO	S01	6.00	10.945758°	-75.001879°	130.0
2	SONDEO	S02	8.00	10.945808°	-75.001953°	128.0
3	SONDEO	S03	20.00	10.945690°	-75.001697°	131.0
4	SONDEO	S04	20.00	10.945570°	-75.001619°	138.0

Tabla 1. Coordenadas de las perforaciones geotécnicas.
Elaboración propia.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

3.1.1. Método de percusión.

Este método describe el procedimiento conocido como Ensayo Normal de Penetración, el cual se fundamenta en conducir un muestreador de tubo partido dentro del suelo para obtener muestras de naturaleza alterada representativas con fines de identificación y medir la resistencia del suelo a la penetración del muestreador. La Norma que describe esta metodología de exploración es la ASTM D1586-11. (Prueba de Penetración Estándar - SPT).

El método consiste en alcanzar la profundidad a la que se va a realizar la prueba, detener la entubación del sondeo, limpiar el fondo y hacer descender el muestreador (Split Spoon) mediante el varillaje. Una vez apoyada la cuchara, se procede a hincarla dejando caer una masa de 140 lb sobre la cabeza del varillaje desde una altura de 76 cm (30”), con un martillo manual de energía 60%. El resultado del ensayo, el índice N, es el número de golpes precisos para profundizar 30 cm. El recuento de golpes se efectúa por tramos de 15 cm (6”), haciendo para ello penetrar la punta total de 45 cm (18”).

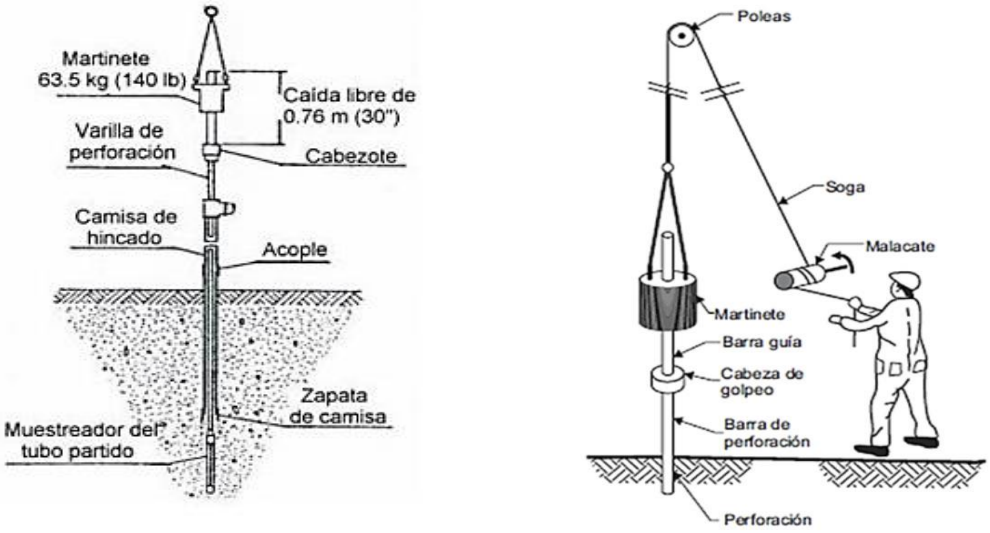


Ilustración 21. Ilustración del procedimiento del ensayo SPT.

El primer tramo (denominado “Penetración de asiento”) no se tiene en cuenta; en el segundo (de 15 cm a 30 cm) de profundidad y el tercero (de 30 cm a 45 cm) los que intervienen en el resultado, que se expresa como suma de los golpes en ambos tramos.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

El método SPT se usa ampliamente en la mayoría de los proyectos de exploración geotécnica. La literatura técnica presenta correlaciones, tanto locales como de uso general, entre el número de golpes N y las características de los suelos del lugar o los comportamientos de terraplenes y cimentaciones diseñadas empleando estos datos.

En cada perforación se tomaron muestras de forma continua con el muestreador cuchara partida, según lo descrito por la Norma ASTM D 420-93 (Investigación de suelos y rocas para propósitos de Ingeniería).

Las muestras extraídas fueron descritas en campo teniendo en cuenta lo contemplado en la Norma ASTM D2488-09 (Procedimiento visual-manual para descripción e identificación de muestras de suelos), para luego ser transportadas y almacenadas en el laboratorio según lo descrito en la Norma ASTM D 4220-95 (Prácticas estándar para la preservación y el transporte de muestras de suelo) y ASTM D 50.

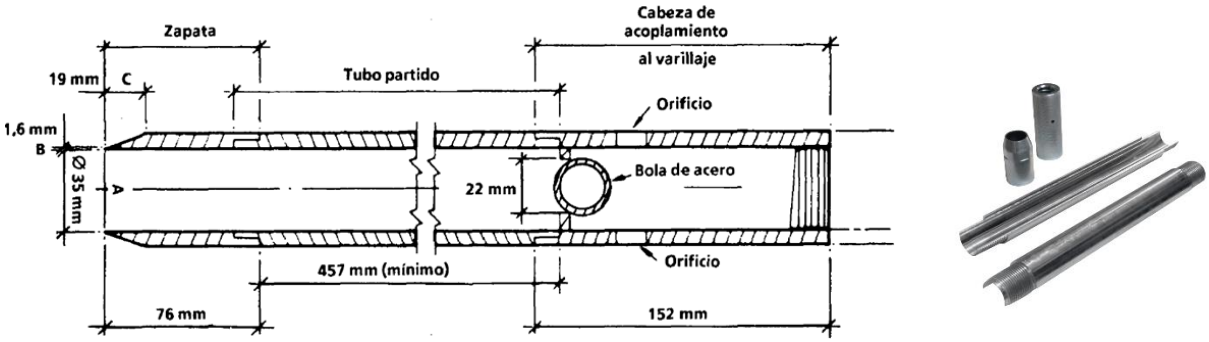


Ilustración 22. Esquema de Cuchara partida (SPLITSPOON).

Las muestras obtenidas con él muestreador tipo cuchara partida (Split Spoon), se utilizaron para la clasificación e identificación de cada estrato de suelo y con la intención de obtener una guía de las propiedades in situ del suelo a lo largo de la profundidad explorada. El procedimiento en campo realizado para la obtención de las muestras se describe a continuación:

1. Una vez que el supervisor o jefe de la cuadrilla recibe el muestreador de cuchara partida, lo lava para retirar el exceso de material en el exterior de la tubería.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

2. Se retira el cabezote de la cuchara partida de forma manual o con la ayuda de llaves para tubo o tipo stillson.

3. Se abre el muestreador de cuchara partida y se extrae la muestra contenida resultante del procedimiento de penetración estándar.
4. Se procede con el registro fotográfico de campo.

5. Se procede con el embalaje del espécimen de suelo, se rotula y se realiza la descripción del material en el formato Registro de perforaciones FP-LAB-02-02.

6. Se lava el interior del muestreador de cuchara partida, eliminando cualquier exceso de material y se procede con el ensayo de penetración estándar.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

Sondeo 3 0.00 – 0.50 m

Sondeo 3 6.50 – 7.00 m

Sondeo 3 0.00 – 1.50 m

Sondeo 3 7.00 – 7.50 m

Sondeo 3 1.50 – 2.00 m

Sondeo 3 7.50 – 8.00 m

Sondeo 3 2.00 – 2.50 m

Sondeo 3 8.00 – 8.50 m

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

Sondeo 3 2.50 – 3.00 m

Sondeo 3 8.50 – 10.50 m

Sondeo 3 3.00 – 3.50 m

Sondeo 3 10.50 – 12.50 m

Sondeo 3 3.50 – 4.00 m

Sondeo 3 12.50 – 13.50 m

Sondeo 3 4.00 – 5.00 m

Sondeo 3 13.50 – 15.00 m

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

Sondeo 3 5.00 - 5.50 m

Sondeo 3 15.00 – 16.50 m

Sondeo 3 5.50 - 6.00 m

Sondeo 3 16.50 – 18.00 m

Sondeo 3 6.00 – 6.50 m

Sondeo 3 18.00 – 20.00 m

Ilustración 23. Muestra analizada y ensayada en laboratorio – Sondeo 3

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

4. HIDROGRAFÍA

La hidrología de Tubará está formada por la cuenca del Mar Caribe. A dicha cuenca pertenecen los municipios de Puerto Colombia, Juan de Acosta, Tubará, Piojó, Baranoa, Usiacurí y Galapa y parte del Distrito de Barranquilla.

Los Municipios de Baranoa, Usiacurí y Galapa, pertenecen a esta subregión, dado que gran parte de sus microcuencas y la mayoría de acuíferos extienden sus límites más allá de la línea superficial de divorcio, incluyendo la de los acuíferos subterráneos a la cuenca del Mar Caribe. Así mismo estos tres municipios posen características geomorfológicas similares en las zonas de serranías y planicies onduladas.

De acuerdo al estudio de cuencas hidrográficas del Departamento del Atlántico, realizado por el IGAC, la cuenca del Mar caribe, ubicada al nor-occidente del departamento y que se extiende desde el tajamar occidental hasta Galerazamba, con una longitud aproximada de 70 Km. Está conformada por cinco subcuencas: 1401-1; 1401-2; 1401-3; 1401-4; 1401-5 (Puerto Colombia, Tubará, Juan de Acosta, Piojó y Galapa). Varios de sus arroyos desembocan en el Mar Caribe, otros en sus cuerpos lagunares y algunos discurren hasta el departamento de Bolívar. Pero solamente en las subcuencas 1401-1 y en la 1401-4 encontramos cuerpos lagunares de importancia ambiental y económica.

Por ejemplo, la cuenca 1401-4 tiene un ecosistema estratégico referenciado como la Ciénaga del Totumo, con una alta intervención antrópica; y la cuenca 1401-1 contiene las ciénagas de Balboa y los Manatíes que, aunque siendo pequeñas, todavía prestan un importante servicio ambiental a los demás ecosistemas de su entorno, y se encuentran formando parte de la jurisdicción del municipio de Puerto Colombia.

Estos cuerpos lagunares actúan como vasos receptores de arroyos importantes y otros drenajes naturales que, aunque siendo estos de aguas intermitentes, en épocas invernales aportan agua dulce a los cuerpos de agua, y en combinación con las aguas marinas forman nichos ecológicos con altos nutrientes para el desarrollo de una rica cadena trófica.

Históricamente, las cadenas tróficas de estos cuerpos lagunares, se han visto afectadas negativamente por la alta intervención antrópica, y debido a la fuerte presión han sido sometidas a un proceso de exterminio lento sin ningún tipo de control

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

5. GEOLOGÍA REGIONAL.

El caribe colombiano se encuentra influenciado desde el Cretácico Tardío por la convergencia de la Placa Caribe con la Placa Sudamericana (Barrera, 2001). La interacción de estas determina los patrones estructurales y estratigráficos del norte de Colombia. Esta actividad produjo hace aproximadamente 56 millones de años diferentes fases de plegamiento, sedimentación e interrupciones en la sedimentación que dieron origen a las rocas sedimentarias y depósitos recientes que componen el Departamento del Atlántico. Estas características estructurales y estratigráficas se ven diferenciadas por bloques o provincias geológicas (Reyes, 2004). Específicamente el Departamento del Atlántico se encuentra en el Bloque Sinú Norte perteneciente al Cinturón del Sinú.

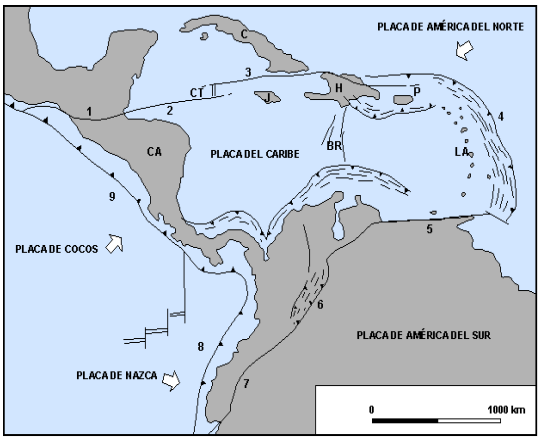


Ilustración 24. Interacción tectónica entre la placa Caribe y la de América del Sur

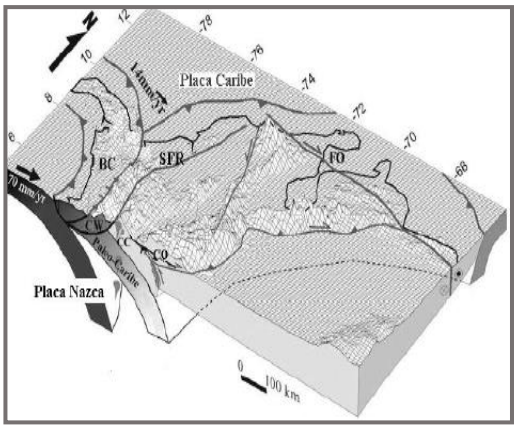


Ilustración 25. Influencia de la convergencia de la placa Caribe y la de América del Sur

El Cinturón del Sinú hace parte del Cinturón Plegado de San Jacinto – Sinú, el cual es un prisma de acreción donde su parte interna corresponde a la parte más antigua Cinturón Plegado de San Jacinto y su parte externa corresponde a la parte más joven, Cinturón del Sinú **(ANH, 2011)**, compuesto por rocas sedimentarias y depósitos recientes de origen marino y fosilíferos. Algunas de estas unidades pertenecientes al Cinturón del Sinú ubicadas en la ciudad de Barranquilla son: Formación Las Perdices (PgNgp) **(Anderson, 1929)**, Formación la Popa (Qpp) (Anderson, 1926) y sedimentos recientes. A continuación, se describirá cada una brevemente.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

5.1. Rocas sedimentarias.

- **Formación Las Perdices (PgNgp)**

El nombre de esta formación fue utilizado originalmente por Anderson (1929), geomorfológicamente presenta un relieve suavemente ondulado de pequeñas colinas que se destacan del nivel generalmente plano circundante. Litológicamente se compone de arenitas de grano fino, deleznables, donde predomina el cuarzo y el feldespato sobre los minerales pesados y óxidos de hierro, limolitas ferruginosas, de color pardo claro a gris amarillento (Barrera, 2001). Hacia los alrededores de Barranquilla y Galapa, la Formación Las Perdices es predominantemente arcillosa constituida principalmente por arcillolitas gris verde oliva, con abundantes cristales de yeso, clastos pequeños ferruginosos y microfauna (Barrera, 2001).

Ilustración 26. Roca sedimentaria de tipo LIMOLITA

Ilustración 27. Roca sedimentaria de tipo ARENISCA

- **Formación La Popa (Qpp)**

El nombre de esta formación fue utilizado originalmente por Anderson (1926), geomorfológicamente forma una serie de colinas menos abruptas y alargadas. Litológicamente se compone por calizas terrígenas de color gris amarillento a amarillo grisáceo, bastante bio-turbadas y abundantes bioclastos de corales y areniscas muy calcáreas de grano fino a grueso con granos gruesos, abundante matriz calcárea y fragmentos de moluscos pequeños (Barrera, 2001).

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

5.2. Sedimentos recientes.

Estos sedimentos incluyen todos los depósitos no consolidados (suelos) de origen marino, fluvial y eólico que subyacen las rocas del Terciario. Estos en base a características geomorfológicas y litológicas, se han diferenciado grupos de depósitos, estos son: Depósitos marinos de playa (Qm), Depósitos fluvio-lacustres (Qfl), Depósitos coluvio-aluviales (Qcal) y Depósitos eólicos (Qe).

Ilustración 28. Roca sedimentaria de tipo CALIZA

- **Depósitos eólicos (Qe)**

Estos son los sedimentos eólicos antiguos y los recientes, es decir, los grandes cuerpos de dunas antiguas estabilizadas, adyacentes a la margen occidental del Río Magdalena y las dunas recientes adyacentes a la línea de costa. Los depósitos eólicos más antiguos están expuestos al oriente de las poblaciones de Baranoa y Galapa, e inclusive en los alrededores meridionales de Barranquilla, están constituidos por arenas cuarzosas de grano fino a medio (Barrera, 2001).

- **Depósitos marinos de playa (Qm)**

Estos depósitos constituyen las playas y las espigas. Son los depósitos más distintivos de la línea de costa entre Galerazamba y Punta Sabanilla y Puerto Mocho. Se pueden identificar crestas de playa que representan antiguas líneas de costa. Las espigas de Galerazamba y las de Pradomar - Puerto Colombia, están constituidas prevalecientemente por arenas de grano fino a medio, de color gris claro a gris oscuro.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

En el sector de Punta La Garita y las situadas al oriente de Bocatocino, que constan de arenas de grano grueso a muy grueso con gravas (Barrera, 2001).

- **Depósitos coluvio – aluviales (Qcal)**

Estos son los depósitos aluviales intermontanos y los de llanura aluvial, es decir, depósitos de derrubios acumulados en los cauces de los actuales arroyos y los valles intermontanos estrechamente relacionados a dichos arroyos localizados entre las colinas. Están compuestos por arenas, gravas, limos y arcillas, de color pardo amarillento que embeben fragmentos de rocas clásticas como areniscas y lodolitas (Barrera, 2001).

- **Depósitos fluvio-lacustres (Qfl)**

Estos ocurren en las márgenes del Río Magdalena como en sus orillares y en las ciénagas asociadas, geomorfológicamente barras de meandros con su forma característica de medialuna, islas interiores del cauce del Río, las cuales emergen o desaparecen estacionalmente de acuerdo al nivel del Río u otras ya colonizadas por vegetación. Los sedimentos asociados al lecho actual del Río Magdalena están constituidos por arenas de grano fino a medio, de color gris amarillento compuesto por cuarzo, chert, y fragmentos líticos, subangulares, a sub-redondeadas, con buena selección. Los sedimentos asociados al lecho actual del Río Magdalena están constituidos por arenas de grano fino a medio, de color gris amarillento compuesto por cuarzo, chert, y fragmentos líticos, subangulares, a sub-redondeadas, con buena selección (Barrera, 2001).

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

6. GEOLOGÍA LOCAL

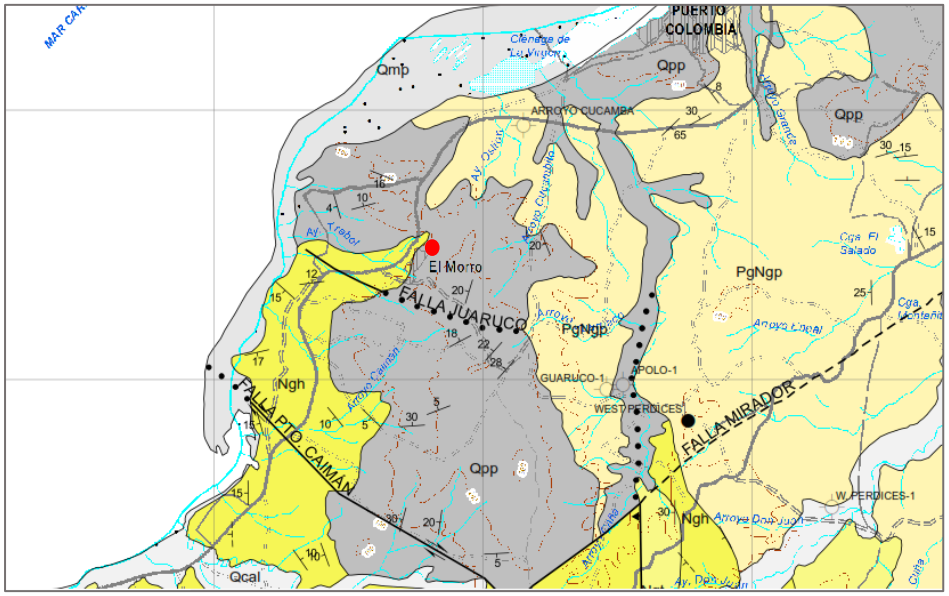


Ilustración 29. Plancha 16-17 – Estado de la cartografía geológica
Fuente: Servicio geológico colombiano

En la zona de estudio, se destacan suelos pertenecientes a la formación La Popa (Qpp), de los estratos que constituyen el cerro de La Popa en Cartagena, con un espesor de 150 metros y cuya descripción es:

Nivel e: caliza maciza de arrecifes coralinos.
Nivel d: caliza porosa arrecifal
Nivel c: caliche amarillo con bloques y grumos de calizas arrecifales
Nivel b: arcillas arenosas con bloques y grumos de calizas arrecifales.
Nivel a: arcillas micáceas gris oscuras, con yeso.

La formación la popa aflora hacia la parte más noroccidental de la plancha donde forma una serie de colinas menos abruptas y alargadas que las constituyen las serranías de Pajuancho y Capiro, y las montañas de Tubará. La más representativas de esta morfología son las lomas de Cámarón y Juaruco al nororiente y norte de la población de Tubará, las lomas de Risota, Nisperal, Aguas Vivas y Pan Azucar en los alrededores de Puerto Colombia, con un patrón de drenaje subparalelo. (Barrera, 2001)

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

6.1. Sismicidad del entorno.

El Caribe Colombiano es considerado como de sismicidad baja de acuerdo con la información histórica existente. Como fuentes sismo génicas en el área se destacan las fallas de Oca, Cuiza, Santa Marta, Urumita, Punta Canoa y Rosario, estas dos últimas postuladas por Vernette y otros (1993), con dirección E–W. Del mismo modo se consideran como fuentes sismogénicas de primer orden la falla de Romeral, Mamonal de dirección NNE y el cinturón deformado del caribe meridional. La región se caracteriza por el registro histórico de sismos en la mayoría de magnitud MS entre 4.1–5.5 y menores; aunque igualmente se presentan registros de sismos de magnitudes mayores asociadas al cinturón deformado del caribe meridional.

Los sismos cuyo epicentro se ha demarcado en cercanías de la Ciudad de Cartagena (Escallón y otros 1993, Ingeominas 1993) son de magnitudes de 4.1–5.5 y por su ubicación podrían relacionarse con las fallas de Canoas y Mamonal. Haciendo el análisis de recurrencia de magnitudes en un área de 250 Km. de radio alrededor de Barranquilla y siguiendo la metodología expresada por Sarrias (1990), se encontró la probabilidad de ocurrencia de un sismo de MS = 6.8 en esta zona.

De igual manera se determinó la predominancia de sismo de magnitud pequeña en esta región. Estos resultados preliminares son apenas una pequeña aproximación a la inexactitud introducida por la predominancia de eventos de magnitud pequeña, que camuflan la probabilidad de sismos de magnitud más grande con un período de recurrencia mayor al registrado histórico. También, se indica el número bajo de epicentros localizados en el área analizada (74 epicentros) la mayoría de los cuales no presenta localización instrumental.

6.2. Sismicidad en la zona.

Para dar cumplimiento a lo estipulado en el Título **A** de la Norma Colombiana de Diseño Sismo Resistente (**NSR-10**), en el apartado A-2-4, los efectos locales de respuesta sísmica del proyecto deben evaluarse utilizando los siguientes parámetros básicos, de la tabla 2.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN
Localidad	El Morro, Tubará - Atlántico
Riesgo sísmico	BAJO
Coeficiente de aceleración pico esperado para diseño (Aa)	0.10
Coeficiente de velocidad pico efectiva (Av)	0.10
Tipo de perfil del suelo	D
Coeficiente de ampliación que modifica la aceleración en periodos cortos, Fa (NSR-10 tabla A.2.4-3)	1.6
Coeficiente de ampliación que modifica la aceleración en periodos intermedios, Fv (NSR-10 A.2.4-4)	2.4

Tabla 2. Parámetros sísmicos de diseño.
Fuente: Elaboración

Con base a los tipos de suelos, su grado de compacidad y consistencia, correlacionada con los valores del número de golpes corregidos obtenidos mediante el ensayo SPT en los metros explorados, más los valores encontrados de N corregidos a N_{160} en estudios de suelos realizados en el perímetro del área a profundidades de 30.0 metros, se define el perfil de suelo, siguiendo los lineamientos del numeral A.2.4.2 (TIPOS DE PERFIL DE SUELO) de la NSR-10, se considera un tipo de perfil del suelo **D,** que contiene perfiles de suelos rígidos, que tienen un número de golpes 50> N $\geq$ 15.

En relación con el tipo de suelo, se consideran los coeficientes de amplificación Fa y Fv del suelo, para las zonas de períodos cortos y períodos intermedios del espectro, los valores se detallan a continuación, como se muestra en los siguientes gráficos:

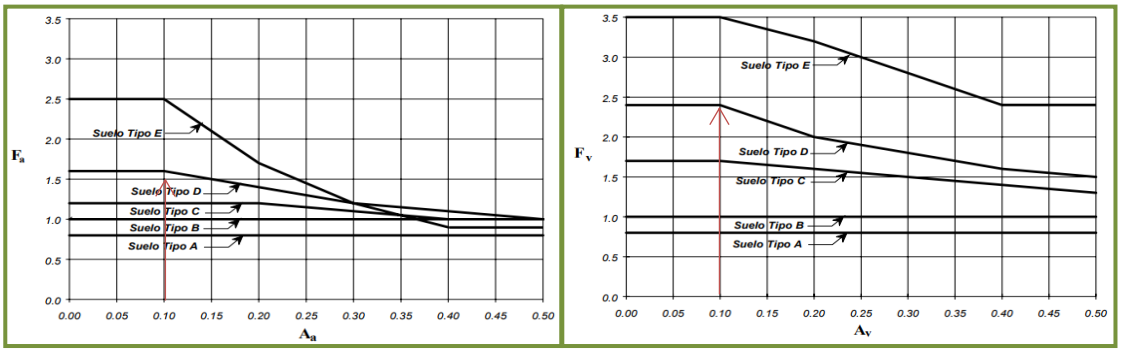


Ilustración 30. Coeficiente Fa y Coeficiente Fv del suelo

Según lo expuesto en el aparte H.5.2.5 de la norma NSR – 10, para los análisis se debe emplear la aceleración máxima del terreno obtenida de un espectro para periodo cero, la cual se calcula como:

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

$$Sa = A_a * F_a * I$$

Dónde:

Aa: es la aceleración máxima horizontal en roca.
Fa: Coeficiente de amplificación tomado de la Tabla A.2.4-4 (NSR, 2010).
I: Coeficiente de importancia, equivalente a uno.

El coeficiente sísmico de diseño para análisis pseudoestático de taludes KST tiene valor inferior o igual al de amáx, para suelos, enrocados y macizos rocosos muy fracturados se recomienda usar una relación KST/amáx =0,8.

$$Sa = A_a * F_a * I = \ 0.10 * 1.60 \ * 1.00 = 0.16$$

$$Kh = 0.16 * 0.80 = 0.128$$

$$Kv = 10\% * 0.192 = 0.0128$$

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

7. ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO Y GEOTÉCNICO

7.1. Ensayos de laboratorio

En cada una de las perforaciones ejecutadas se recuperaron muestras de naturaleza alterada, las cuales se consideran representativas del perfil natural del terreno. Las muestras, se analizaron inicialmente en forma visual y se seleccionaron algunas para ser sometidas en el laboratorio a los ensayos principales, de acuerdo con las necesidades del estudio y las características de los suelos encontrados.

ENSAYOS DE LABORATORIO	NORMA ASTM	NORMA INVE	CANTIDAD
Ensayo de identificación y clasificación			
Contenido de Humedad Natural	ASTM D 2216-22	INVE-122-13	22
Granulometría por tamizado	ASTM 422-63	INVE-123-13	22
Límites de Atterberg	ASTM D 4318-95	INVE-125-126-13	22
Ensayo de expansividad			
Expansión libre en probeta			3
Expansión en multi ensayo.			3

Tabla 3. Ensayos de laboratorios realizados y Normas aplicadas.

Los ensayos de laboratorio realizados permiten conocer realmente el tipo de suelo, sus características y propiedades físicas.

El análisis granulométrico, tiene por objeto determinar los tamaños de las partículas, inferir su origen geológico y obtener parámetros como diámetro efectivo, coeficiente de uniformidad y curvatura; junto con la granulometría, se calculan los límites de Atterberg, método que evalúa los cambios de estados del suelo, dependiendo del contenido de agua.

El límite líquido y el Índice de plasticidad constituyen unidos una medida de la plasticidad del suelo. La interpretación de las pruebas de los límites líquidos y plásticos se facilita usando la Carta de plasticidad desarrollada por A. Casagrande.

El ensayo de contenido de humedad es una de las características fundamentales para explicar el comportamiento del suelo, como por ejemplo los cambios de volumen, cohesión y estabilidad mecánica. La humedad natural de un suelo es en sí una propiedad

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

índice útil. Sin embargo, tiene un mayor significado la relación de la humedad natural a los límites líquido y plástico.

El ángulo de fricción de depósitos granulares, están determinados en base a correlaciones de los valores de N_{160} del ensayo SPT, modificado según Bowles, 1977 y de acuerdo con nuestra experiencia y criterio, se seleccionaron valores específicos dentro de los rangos.

7.2. Nivel freático

Uno de los aspectos más importantes es el lograr detectar durante el proceso de perforación la existencia del agua subterránea libre o confinada; ya que la presencia de agua, en relación a los esfuerzos, produce una disminución de las propiedades de resistencia; además de flujo y erosión interna. En la fecha de exploración geotécnica no se encontró presencia de nivel freático.

7.3. Estratigrafía

Al visualizar las muestras extraídas en cada uno de los sondeos de campo y complementando con los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio, se obtiene que la estratigrafía presente predomina suelos cohesivos, que clasifican como: arcilla de baja plasticidad (CL).

Los perfiles estratigráficos, se pueden detallar en el **ANEXO N° 2** del presente informe, para su presentación se emplea el software Stratigrapher – GeoStru 2011.

- **Sondeo 1 Y 2**

La columna estratigráfica está compuesta en toda su extensión por una arcilla de baja plasticidad (CL) color marrón. La consistencia del suelo va de firme a dura en ambos sondeos. Esto va relacionado con el número de golpes por pie que se obtiene del ensayo de SPT.

- **Sondeo 3**

La columna estratigráfica está compuesta inicialmente por una arcilla de alta plasticidad (CH) color marrón claro con vetas grises de 5.50 m de espesor. Seguido por

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

una arcilla de baja plasticidad (CL) color marrón claro con vetas gris de 2.00 m de espesor. Subyacido por una arcilla de alta plasticidad (CH) color marrón claro con vetas gris de 2.50 m de espesor. Finalmente, se encontró nuevamente arcilla de baja plasticidad (CL) color marrón claro con vetas gris hasta finalizar la perforación de los 20.0 m de profundidad. La consistencia va de media a dura. Esto va relacionado con el número de golpes por pie que se obtiene del ensayo de SPT.

- **Sondeo 4**

La columna estratigráfica está compuesta inicialmente por una arcilla de alta plasticidad (CH) color marrón claro con vetas grises de 5.00 m de espesor. Seguido por una arcilla de baja plasticidad (CL) color marrón claro con vetas gris de 2.50 m de espesor. Subyacido por una arcilla de alta plasticidad (CH) color marrón claro con vetas gris de 2.50 m de espesor. Finalmente se encontró nuevamente arcilla de baja plasticidad (CL) color marrón claro con vetas gris hasta finalizar la perforación de los 20.0 m de profundidad. La consistencia va de blanda a dura. Esto va relacionado con el número de golpes por pie que se obtiene del ensayo de SPT.

7.4. Caracterización geotécnica

En el presente aparte se resumen las propiedades índices obtenidas mediante las pruebas de laboratorio realizadas sobre los especímenes de suelo recuperados en la exploración de campo.

7.4.1. Caracterización geotécnica – Arcillas

El límite líquido (LL) y el índice de plasticidad (IP), constituyen unidos una medida de la plasticidad del suelo. Dado a que este tipo de suelos está representado por arriba de la línea “A” de la carta de plasticidad de Casagrande, clasifica como de alta plasticidad; en donde su plasticidad está en un rango bajo (LL< 50%), con valores crecientes del límite líquido en profundidad.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm²	Limite líquido LL, en (%)	Límite de contracción, en (%)	Índice de plasticidad IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra(μ)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy Alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37	>100
Alto	20 - 30	50 - 63	6 – 12	23 - 45	18 - 37	>100
Medio	10 - 20	39 - 50	8 – 18	12 - 34	12 - 27	50-100
Bajo	< 10	< 39	> 13	> 20	< 17	<50

Tabla 4. Potencial de expansión de suelos cohesivos según NSR – 10.

Se debe tener en cuenta que, para determinar la consistencia de los suelos cohesivos, se debe conocer el número de golpes obtenidos en la exploración de campo utilizando equipos de percusión o Ensayo de Penetración Estándar (SPT). A continuación, en la Tabla 5 se puede estipular la consistencia de acuerdo con el recuento de golpes que se efectúa por tramos de 15 cm (6”). Para el caso de las arcillas, la consistencia es dura a cuando el número de golpes es mayor a 30 golpes/pie. No obstante, el número de golpes mayor a 50 en el ensayo SPT, se considera que está en condición de rechazo.

CONSISTENCIA DE SUELOS COHESIVOS	
No. De golpes N (SPT)	Consistencia
Menos de 2	Muy blanda
2 – 4	Blanda
4 – 8	Media
8 – 15	Firme
15 - 30	Muy firme
> 30	Dura

Tabla 5. Consistencia de suelos cohesivos.

7.4.1.1. Arcilla de baja plasticidad (CL).

El tipo de suelo clasificado como Arcilla de baja plasticidad presente en la zona de estudio, tiene un contenido de humedad natural (w) variable entre el 15.41% y 23.30%; con Límite Líquido (LL) entre 44.50% y 49.48%, Límite Plástico (LP) mínimo y máximo de 18.28% y 23.35% e Índice de Plasticidad (IP) que oscila entre 24.09% y 31.12%. El porcentaje de partículas que pasan el tamiz N°200 varía del 80.31% al 96.59%, de acuerdo a sus características granulométricas y plásticas clasifica como: CL según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (U.S.C.S.).

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

Según el contenido de la tabla H.9.1-1 del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), se verificó en el laboratorio mediante los ensayos de las propiedades índices correspondientes que, las arcillas de baja plasticidad (CL) encontradas en la zona de estudio, clasifican como suelos con potencial de expansión **ALTO**, con un porcentaje máximo de IP de 31.12% y el LL del 49.50%, estos resultados en base a los ensayos de laboratorios de los límites de Atterberg.

PARÁMETROS	RANGO DE VALORES	
	Mínimo	Máximo
Contenido de Humedad (%)	15.41	23.30
Limite liquido (%)	44.50	49.48
Limite plástico (%)	18.28	23.35
Índice de plasticidad (%)	24.09	31.12
Porcentaje de pasa tamiz 200 (%)	80.31	96.59
Clasificación S.U.C.S.	CL	

Tabla 6. Arcilla de baja plasticidad (CL).
Fuente: Elaboración propia.

Como referencia se midió en campo la resistencia a la penetración estándar (N), con valores corregidos (N60) desde 11 hasta 75 (condición de rechazo) de penetración, lo que indica que la consistencia firme a dura. Esto evaluado con base a correlaciones de los datos obtenidos al ejecutar el Ensayo de Penetración Estándar (SPT).

7.4.1.2. Arcilla de alta plasticidad (CH).

El tipo de suelo clasificado como Arcilla de baja plasticidad presente en la zona de estudio, tiene un contenido de humedad natural (w) variable entre el 11.77% y 18.33%; con Límite Líquido (LL) entre 50.13% y 56.34%, Límite Plástico (LP) mínimo y máximo de 20.15% y 25.12% e Índice de Plasticidad (IP) que oscila entre 25.97% y 32.38%. El porcentaje de partículas que pasan el tamiz N°200 varía del 92.84% al 96.65%, de acuerdo a sus características granulométricas y plásticas clasifica como: CH según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (U.S.C.S.).

Según el contenido de la tabla H.9.1-1 del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), se verificó en el laboratorio mediante los ensayos de las propiedades índices correspondientes que, las arcillas de baja plasticidad

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

(CL) encontradas en la zona de estudio, clasifican como suelos con potencial de expansión **ALTO**, con un porcentaje máximo de IP de 25.97% y el LL del 32.38%, estos resultados en base a los ensayos de laboratorios de los límites de Atterberg.

PARÁMETROS	RANGO DE VALORES	
	Mínimo	Máximo
Contenido de Humedad (%)	11.77	18.33
Limite liquido (%)	50.13	56.34
Limite plástico (%)	20.15	25.12
Índice de plasticidad (%)	25.97	32.38
Porcentaje de pasa tamiz 200 (%)	92.84	96.65
Clasificación S.U.C.S.	CH	

Tabla 7. Arcilla de alta plasticidad (CH).
Fuente: Elaboración propia.

Como referencia se midió en campo la resistencia a la penetración estándar (N), con valores corregidos (N60) desde 3 hasta 68 (condición de rechazo) de penetración, lo que indica que la consistencia firme a dura. Esto evaluado con base a correlaciones de los datos obtenidos al ejecutar el Ensayo de Penetración Estándar (SPT).

Los resultados concernientes a los ensayos de laboratorios realizados a las muestras recuperadas en la exploración geotécnica, se pueden detallar en el **ANEXO N° 3** del presente informe.

7.5. Análisis de condiciones geotécnicas especiales.

En el presente aparte, se efectúan las verificaciones correspondientes a las condiciones geotécnicas especiales, según lo indicado en el capítulo H.9 de la normativa NSR-10.

7.5.1. Identificación de suelos colapsables.

De acuerdo a lo expuesto en el numeral H.9.3. – SUELOS COLAPSABLES, establecido en la Norma Sismo Resistente NSR - 10, “se identifican como suelos colapsables aquellos depósitos formados por arenas y limos, en algunos casos cementados por arcillas y sales (carbonato de calcio), que, si bien resisten cargas

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

considerables en su estado seco, sufren perdidas de su conformación estructural, acompañadas de severas reducciones en el volumen exterior cuando se aumenta su humedad o se saturan. Dentro de los principales tipos de suelos colapsables, se destacan:

- Suelos aluviales y coluviales.
- Suelos eólicos.
- Cenizas volcánicas
- Suelos residuales.

En el caso de los depósitos de suelo encontrados en la zona de estudio, cuya naturaleza corresponde predominantemente a materiales cohesivos clasificados como arcillas de baja plasticidad (CL) y arcillas de alta plasticidad (CH), se establece que el perfil estratigráfico obtenido de la zona de estudio, presenta estratos de suelo con baja susceptibilidad a desarrollar fenómenos relacionados con la colapsabilidad. Lo anterior se fundamente, en los valores de peso unitario o densidades obtenidas para los distintos especímenes analizados, cuyos valores se encuentran en promedio por encima de los 17.00 KN/m3, de acuerdo a la literatura especializada, los depósitos de suelo con susceptibilidad a ser potencialmente colapsables presentan pesos unitarios cercanos o inferiores a los 16.00 KN/m3.

7.5.2. Susceptibilidad a la licuación.

De acuerdo a lo expuesto en el numeral H.7.4.4 – SUSCEPTIBILIDAD A LA LICUACIÓN, establecido en la Norma Sismo Resistente NSR - 10, se indica que los depósitos de suelo clasificados como arenas finas y arenas limosas de granulometría relativamente uniforme, cuya compacidad se encuentre en estado suelto a medio, pueden ser muy susceptibles a sufrir variaciones volumétricas severas como consecuencia de la ocurrencia de fenómenos de licuefacción si estos además se encuentran en estado de saturación o cerca de la saturación. Se establece además que los suelos clasificados como limos, limos arcillosos y arcillas limosas, de baja plasticidad y con la humedad natural cercana al límite liquido (LL), también son susceptibles de presentar licuación. En el caso de los depósitos de suelo encontrados en la zona de estudio, cuya naturaleza corresponde predominantemente a materiales cohesivos clasificados como arcillas de baja plasticidad (CL) y arcillas de alta plasticidad (CH), se establece que el perfil estratigráfico obtenido de la zona de estudio, presenta estratos de suelo con baja

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

susceptibilidad a desarrollar fenómenos relacionados con la licuación, considerando el alto grado de densidad o consistencia obtenido en referencia al número de golpes por pie medidos a partir del ensayo de penetración estándar.

7.5.3. Potencial de expansión o cambio volumétrico.

De acuerdo a lo expuesto en el numeral H.9.1. – SUELOS EXPANSIVOS, establecido en la Norma Sismo Resistente NSR - 10, “Como característica especial, todas las arcillas tienen, de una forma u otra, la propiedad de contraerse cuando pierden humedad y de expandirse cuando la ganan de nuevo según las condiciones ambientales. Como minerales activos se reconocen la montmorilonita, la vermiculita y algunas variedades de haloisita; la particularidad de estos radica en que tienen la propiedad de “absorber” moléculas de agua dentro de su propia estructura molecular”.

“Los daños que presentan las edificaciones cimentadas superficialmente en estos suelos se manifiestan progresivamente mediante fisuramientos, agrietamientos y giros de conjunto de los muros y elementos estructurales, a causa de movimientos desiguales de sus cimientos, especialmente en los años de prolongados periodos de verano e invierno, como los causados por los fenómenos del Niño y de la Niña” NSR-10.

La identificación del potencial de expansión de los depósitos de suelo presentes en la zona de estudio se realizó mediante las siguientes pruebas de laboratorio:

- Evaluación de las propiedades índice (LL y IP) según los parámetros indicados dentro de la Tabla H.9.1-1
- Evaluación del porcentaje de expansión libre EL (%), medida en probeta.
- Estimación de la magnitud de esfuerzo expansión o hinchamiento.

Teniendo en cuenta que en la zona de estudio se identificaron depósitos de arcillas de alta plasticidad (CH), que de acuerdo a los resultados de las pruebas realizadas para la estimación de las propiedades índice (LL, LP, w), indican un potencial de expansión **MEDIO**, se llevaron a cabo pruebas complementarias para establecer el potencial de expansión del suelo como el índice de expansión en probeta (IEL). Los resultados obtenidos en referencia al índice de expansión en probeta (IEL) se incluyen dentro del ANEXO No. 3 Ensayos de laboratorio,

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

ESTUDIO DE SUELOS PARA CONSTRUCCIÓN DE EBAP BAJO OSTION UBICADA EN EL CORREGIMIENTO EL MORRO, TUBARÁ (ATLÁNTICO).												
INFORMACIÓN GENERAL					PARÁMETROS ÍNDICE							
Sondeo	Profundidad Inicial (m)	Profundidad Final (m)	Espesor del estrato (m)	Tipo de suelo	Wn (%)	% pasa Tamiz 200	Límite Líquido LL (%)	Límite Plástico LP (%)	Índice de plasticidad IP (%)	N campo	N60	(N1)60
S1												
	0,00	0,50	0,50	CL	23,30	89,57	49,48	18,36	31,12			
	0,50	1,00	0,50	CL	23,30	89,57	49,48	18,36	31,12			
	1,00	1,50	0,50	CL	23,30	89,57	49,48	18,36	31,12	14,00	11,00	11,00
	1,50	2,00	0,50	CL	23,30	89,57	49,48	18,36	31,12	30,00	23,00	23,00
	2,00	2,50	0,50	CL	21,10	91,52	45,60	19,27	26,33	63,00	47,00	47,00
	2,50	3,00	0,50	CL	21,10	91,52	45,60	19,27	26,33	74,00	56,00	56,00
	3,00	3,50	0,50	CL	21,10	91,52	45,60	19,27	26,33	78,00	59,00	59,00
	3,50	4,00	0,50	CL	22,04	93,35	47,96	20,25	27,71	82,00	62,00	62,00
	4,00	4,50	0,50	CL	22,04	93,35	47,96	20,25	27,71	82,00	62,00	62,00
	4,50	5,00	0,50	CL	22,04	93,35	47,96	20,25	27,71	85,00	64,00	64,00
	5,00	5,50	0,50	CL	22,04	93,35	47,96	20,25	27,71	84,00	63,00	63,00
	5,50	6,00	0,50	CL	22,04	93,35	47,96	20,25	27,71	86,00	65,00	65,00
S2												
	0,00	0,50	0,50	CL	16,20	89,91	44,50	18,28	26,22			
	0,50	1,00	0,50	CL	16,20	89,91	44,50	18,28	26,22			
	1,00	1,50	0,50	CL	16,20	89,91	44,50	18,28	26,22	15,00	11,00	11,00
	1,50	2,00	0,50	CL	16,20	89,91	44,50	18,28	26,22	14,00	11,00	11,00
	2,00	2,50	0,50	CL	21,30	91,34	48,78	19,28	29,50	34,00	26,00	26,00
	2,50	3,00	0,50	CL	21,30	91,34	48,78	19,28	29,50	60,00	45,00	45,00

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

ESTUDIO DE SUELOS PARA CONSTRUCCIÓN DE EBAP BAJO OSTION UBICADA EN EL CORREGIMIENTO EL MORRO, TUBARÁ (ATLÁNTICO).												
INFORMACIÓN GENERAL					PARÁMETROS ÍNDICE							
Sondeo	Profundidad Inicial (m)	Profundidad Final (m)	Espesor del estrato (m)	Tipo de suelo	Wn (%)	% pasa Tamiz 200	Límite Líquido LL (%)	Límite Plástico LP (%)	Índice de plasticidad IP (%)	N campo	N60	(N1)60
	3,00	3,50	0,50	CL	21,30	91,34	48,78	19,28	29,50	72,00	54,00	54,00
	3,50	4,00	0,50	CL	21,90	90,61	47,66	19,58	28,08	76,00	57,00	57,00
	4,00	4,50	0,50	CL	21,90	90,61	47,66	19,58	28,08	78,00	59,00	59,00
	4,50	5,00	0,50	CL	21,90	90,61	47,66	19,58	28,08	77,00	58,00	58,00
	5,00	5,50	0,50	CL	21,90	90,61	47,66	19,58	28,08	79,00	59,00	59,00
	5,50	6,00	0,50	CL	21,90	90,61	47,66	19,58	28,08	81,00	61,00	61,00
	6,00	6,50	0,50	CL	20,33	86,70	46,18	18,61	27,57	83,00	62,00	62,00
	6,50	7,00	0,50	CL	20,33	86,70	46,18	18,61	27,57	84,00	63,00	63,00
	7,00	7,50	0,50	CL	20,33	86,70	46,18	18,61	27,57	86,00	65,00	65,00
	7,50	8,00	0,50	CL	20,33	86,70	46,18	18,61	27,57	87,00	65,00	65,00
S3												
	0,00	0,50	0,50	CH	11,80	96,65	51,51	24,02	27,49	6,00	5,00	5,00
	0,50	1,00	0,50	CH	11,80	96,65	51,51	24,02	27,49	16,00	12,00	12,00
	1,00	1,50	0,50	CH	11,80	96,65	51,51	24,02	27,49	18,00	14,00	14,00
	1,50	2,00	0,50	CH	11,80	96,65	51,51	24,02	27,49	24,00	18,00	18,00
	2,00	2,50	0,50	CH	11,80	96,65	51,51	24,02	27,49	29,00	22,00	22,00
	2,50	3,00	0,50	CH	11,80	96,65	51,51	24,02	27,49	34,00	26,00	26,00
	3,00	3,50	0,50	CH	17,60	95,30	56,34	25,12	31,22	38,00	29,00	29,00
	3,50	4,00	0,50	CH	17,60	95,30	56,34	25,12	31,22	43,00	32,00	32,00

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

ESTUDIO DE SUELOS PARA CONSTRUCCIÓN DE EBAP BAJO OSTION UBICADA EN EL CORREGIMIENTO EL MORRO, TUBARÁ (ATLÁNTICO).												
INFORMACIÓN GENERAL					PARÁMETROS ÍNDICE							
Sondeo	**Profundidad Inicial (m)**	**Profundidad Final (m)**	**Espesor del estrato (m)**	**Tipo de suelo**	**Wn (%)**	**% pasa Tamiz 200**	**Límite Líquido LL (%)**	**Límite Plástico LP (%)**	**Índice de plasticidad IP (%)**	**N campo**	**N60**	**(N1)60**
ROT	4,00	4,50	0,50	CH	17,60	95,30	56,34	25,12	31,22			
ROT	4,50	5,00	0,50	CH	17,60	95,30	56,34	25,12	31,22			
	5,00	5,50	0,50	CH	17,60	95,30	56,34	25,12	31,22	53,00	40,00	40,00
	5,50	6,00	0,50	CL	18,30	95,24	48,85	23,35	25,50	52,00	39,00	39,00
	6,00	6,50	0,50	CL	18,30	95,24	48,85	23,35	25,50	51,00	38,00	38,00
	6,50	7,00	0,50	CL	18,30	95,24	48,85	23,35	25,50	54,00	41,00	41,00
	7,00	7,50	0,50	CL	18,30	95,24	48,85	23,35	25,50	57,00	43,00	43,00
	7,50	8,00	0,50	CH	18,20	93,50	51,48	21,74	29,74	60,00	45,00	45,00
	8,00	8,50	0,50	CH	18,20	93,50	51,48	21,74	29,74	72,00	54,00	54,00
	8,50	9,00	0,50	CH	18,20	93,50	51,48	21,74	29,74	87,00	65,00	65,00
	9,00	9,50	0,50	CH	18,20	93,50	51,48	21,74	29,74	86,00	65,00	65,00
	9,50	10,00	0,50	CH	18,20	93,50	51,48	21,74	29,74	87,00	65,00	65,00
	10,00	10,50	0,50	CL	15,80	95,15	47,22	20,83	26,39	87,00	65,00	65,00
	10,50	11,00	0,50	CL	15,80	95,15	47,22	20,83	26,39	85,00	64,00	64,00
ROT	11,00	11,50	0,50	CL	15,80	95,15	47,22	20,83	26,39			
ROT	11,50	12,00	0,50	CL	15,80	95,15	47,22	20,83	26,39			
	12,00	12,50	0,50	CL	15,80	95,15	47,22	20,83	26,39	84,00	63,00	63,00
ROT	12,50	13,00	0,50	CL	15,80	95,15	47,22	20,83	26,39			
ROT	13,00	13,50	0,50	CL	15,80	95,15	47,22	20,83	26,39			

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

ESTUDIO DE SUELOS PARA CONSTRUCCIÓN DE EBAP BAJO OSTION UBICADA EN EL CORREGIMIENTO EL MORRO, TUBARÁ (ATLÁNTICO).												
INFORMACIÓN GENERAL					PARÁMETROS ÍNDICE							
Sondeo	**Profundidad Inicial (m)**	**Profundidad Final (m)**	**Espesor del estrato (m)**	**Tipo de suelo**	**Wn (%)**	**% pasa Tamiz 200**	**Límite Líquido LL (%)**	**Límite Plástico LP (%)**	**Índice de plasticidad IP (%)**	**N campo**	**N60**	**(N1)60**
	13,50	14,00	0,50	CL	15,80	95,15	47,22	20,83	26,39	86,00	65,00	65,00
	14,00	14,50	0,50	CL	15,80	95,15	47,22	20,83	26,39	87,00	65,00	65,00
ROT	14,50	15,00	0,50	CL	15,80	95,15	47,22	20,83	26,39			
ROT	15,00	15,50	0,50	CL	15,89	95,66	49,17	21,23	27,94			
ROT	15,50	16,00	0,50	CL	15,89	95,66	49,17	21,23	27,94			
	16,00	16,50	0,50	CL	15,89	95,66	49,17	21,23	27,94	85,00	64,00	64,00
	16,50	17,00	0,50	CL	15,89	95,66	49,17	21,23	27,94	86,00	65,00	65,00
	17,00	17,50	0,50	CL	16,12	93,73	49,01	22,23	26,78	87,00	65,00	65,00
ROT	17,50	18,00	0,50	CL	16,12	93,73	49,01	22,23	26,78			
	18,00	18,50	0,50	CL	16,12	93,73	49,01	22,23	26,78	87,00	65,00	65,00
	18,50	19,00	0,50	CL	16,12	93,73	49,01	22,23	26,78	88,00	66,00	66,00
ROT	19,00	19,50	0,50	CL	16,12	93,73	49,01	22,23	26,78			
	19,50	20,00	0,50	CL	16,12	93,73	49,01	22,23	26,78	88,00	66,00	66,00
S4												
	0,00	0,50	0,50	CH	11,77	96,47	50,13	24,16	25,97	4,00	3,00	3,00
	0,50	1,00	0,50	CH	11,77	96,47	50,13	24,16	25,97	11,00	8,00	8,00
	1,00	1,50	0,50	CH	11,77	96,47	50,13	24,16	25,97	17,00	13,00	13,00
	1,50	2,00	0,50	CH	11,77	96,47	50,13	24,16	25,97	20,00	15,00	15,00
	2,00	2,50	0,50	CH	11,77	96,47	50,13	24,16	25,97	28,00	21,00	21,00

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

ESTUDIO DE SUELOS PARA CONSTRUCCIÓN DE EBAP BAJO OSTION UBICADA EN EL CORREGIMIENTO EL MORRO, TUBARÁ (ATLÁNTICO).												
INFORMACIÓN GENERAL					PARÁMETROS ÍNDICE							
Sondeo	Profundidad Inicial (m)	Profundidad Final (m)	Espesor del estrato (m)	Tipo de suelo	Wn (%)	% pasa Tamiz 200	Límite Líquido LL (%)	Límite Plástico LP (%)	Índice de plasticidad IP (%)	N campo	N60	(N1)60
	2,50	3,00	0,50	CH	17,52	92,84	53,37	24,16	29,21	33,00	25,00	25,00
	3,00	3,50	0,50	CH	17,52	92,84	53,37	24,16	29,21	36,00	27,00	27,00
	3,50	4,00	0,50	CH	17,52	92,84	53,37	24,16	29,21	41,00	31,00	31,00
	4,00	4,50	0,50	CH	17,52	92,84	53,37	24,16	29,21	49,00	37,00	37,00
	4,50	5,00	0,50	CH	17,52	92,84	53,37	24,16	29,21	49,00	37,00	37,00
ROT	5,00	5,50	0,50	CL	17,66	93,11	47,25	21,28	25,97			
ROT	5,50	6,00	0,50	CL	17,66	93,11	47,25	21,28	25,97			
ROT	6,00	6,50	0,50	CL	17,66	93,11	47,25	21,28	25,97			
	6,50	7,00	0,50	CL	17,66	93,11	47,25	21,28	25,97	64,00	48,00	48,00
	7,00	7,50	0,50	CL	17,66	93,11	47,25	21,28	25,97	52,00	39,00	39,00
	7,50	8,00	0,50	CH	18,33	95,99	52,53	20,15	32,38	58,00	44,00	44,00
	8,00	8,50	0,50	CH	18,33	95,99	52,53	20,15	32,38	55,00	41,00	41,00
	8,50	9,00	0,50	CH	18,33	95,99	52,53	20,15	32,38	72,00	54,00	54,00
ROT	9,00	9,50	0,50	CH	18,33	95,99	52,53	20,15	32,38			
ROT	9,50	10,00	0,50	CH	18,33	95,99	52,53	20,15	32,38			
	10,00	10,50	0,50	CL	15,41	80,31	46,37	19,56	26,81	76,00	57,00	57,00
	10,50	11,00	0,50	CL	15,41	80,31	46,37	19,56	26,81	74,00	56,00	56,00
ROT	11,00	11,50	0,50	CL	15,41	80,31	46,37	19,56	26,81			
ROT	11,50	12,00	0,50	CL	15,41	80,31	46,37	19,56	26,81			

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

ESTUDIO DE SUELOS PARA CONSTRUCCIÓN DE EBAP BAJO OSTION UBICADA EN EL CORREGIMIENTO EL MORRO, TUBARÁ (ATLÁNTICO).												
INFORMACIÓN GENERAL					PARÁMETROS ÍNDICE							
Sondeo	Profundidad Inicial (m)	Profundidad Final (m)	Espesor del estrato (m)	Tipo de suelo	Wn (%)	% pasa Tamiz 200	Límite Líquido LL (%)	Límite Plástico LP (%)	Índice de plasticidad IP (%)	N campo	N60	(N1)60
	12,00	12,50	0,50	CL	15,41	80,31	46,37	19,56	26,81	81,00	61,00	61,00
	12,50	13,00	0,50	CL	16,01	96,59	48,48	20,43	28,05	83,00	62,00	62,00
	13,00	13,50	0,50	CL	16,01	96,59	48,48	20,43	28,05	84,00	63,00	63,00
	13,50	14,00	0,50	CL	16,01	96,59	48,48	20,43	28,05	86,00	65,00	65,00
ROT	14,00	14,50	0,50	CL	16,01	96,59	48,48	20,43	28,05			
ROT	14,50	15,00	0,50	CL	16,01	96,59	48,48	20,43	28,05			
ROT	15,00	15,50	0,50	CL	16,01	96,59	48,48	20,43	28,05			
	15,50	16,00	0,50	CL	16,52	95,68	45,25	21,16	24,09	87,00	65,00	65,00
	16,00	16,50	0,50	CL	16,52	95,68	45,25	21,16	24,09	88,00	66,00	66,00
	16,50	17,00	0,50	CL	16,52	95,68	45,25	21,16	24,09	88,00	66,00	66,00
ROT	17,00	17,50	0,50	CL	16,52	95,68	45,25	21,16	24,09			
	17,50	18,00	0,50	CL	17,28	84,99	49,20	21,53	27,67	87,00	65,00	65,00
ROT	18,00	18,50	0,50	CL	17,28	84,99	49,20	21,53	27,67			
	18,50	19,00	0,50	CL	17,28	84,99	49,20	21,53	27,67	89,00	67,00	67,00
	19,00	19,50	0,50	CL	17,28	84,99	49,20	21,53	27,67	90,00	68,00	68,00
	19,50	20,00	0,50	CL	17,28	84,99	49,20	21,53	27,67	92,00	69,00	69,00

Tabla 8. Corrección de Nspt y correlaciones de los parámetros del subsuelo.
Fuente: elaboración propia

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

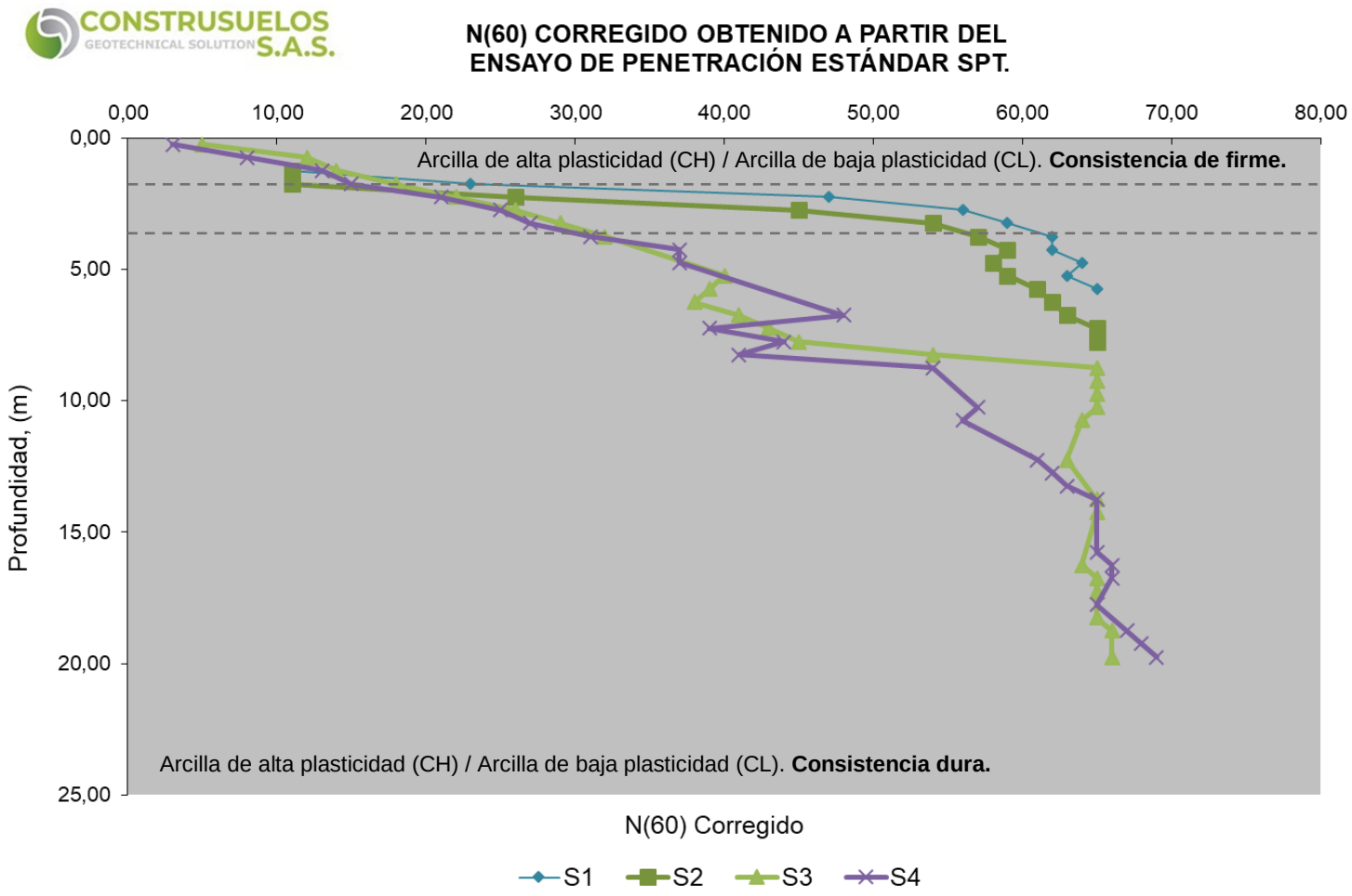


Ilustración 31. Valores de número de golpes N (60) corregidos obtenidos a partir de la aplicación del ensayo de penetración estándar (SPT)

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

8. RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS

Teniendo como criterio el uso de una cimentación que permita un comportamiento favorable para las estructuras a construir y teniendo en cuenta el aspecto económico, se proponen a continuación las recomendaciones geotécnicas para el diseño de los sistemas de cimentación.

También, es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- Perfiles estratigráficos, elaborados a partir de los materiales encontrados durante la exploración de campo.
- Características de esfuerzo y deformación del terreno, las cuales fueron estimadas con base en los resultados del Ensayo de Penetración Estándar (SPT).
- Magnitud de las cargas, sistema estructural y número de pisos de la edificación.
- Ausencia de niveles freáticos.

Las memorias de cálculo de dicho análisis se presentan en el **Anexo N° 4**, del presente informe; a continuación, se resumen las recomendaciones del sistema de cimentación. Los parámetros geotécnicos empleados en la estimación de la capacidad de carga para el sistema de cimentación propuesto, así como en el cálculo de la magnitud de asentamientos se presentan en la Tabla 9:

ESPESOR (m)	DESCRIPCIÓN	PESO UNITARIO (γ) (KN/m3)	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	COHESIÓN (KN/m2)	MÓDULO ELÁSTICO (KN/m2)
3.50	Arcilla de baja plasticidad (CL). Consistencia firme a muy firme.	17.40	17.00	21.00	18500
16.50	Arcilla de baja plasticidad (CL). Consistencia dura.	17.70	19.20	23.00	62500

Tabla 9. Resumen de parámetros geotécnicos.
Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta las características del suelo encontradas a la profundidad de desplante, se proponen en el presente aparte los parámetros geotécnicos necesarios para el diseño de un sistema de cimentación superficial.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

8.1. Teoría de capacidad ultima de cimientos superficiales.

La carga última de una cimentación superficial se puede definir como el valor máximo de la carga con el cual en ningún punto del subsuelo se alcanza la condición de rotura (método de Frohlich, 1934), o también refiriéndose al valor de la carga, mayor del anterior, para el cual el fenómeno de rotura se extiende a un amplio volumen del suelo (método de Prandtl y sucesores).

La falla generalizada según Prandtl (1920), consiste en la teoría de equilibrio plástico para determinar la capacidad de carga a la falla de áreas cargadas en forma continua; teoría desarrollada para materiales con cohesión y ángulo de fricción interna (teoría de Mohr – Coulomb). En el acto de la rotura se verifica la plasticidad del material contenido entre la superficie límite del semiespacio y la superficie GFBCD. En el triángulo *AEB* la rotura se da según dos familias de segmentos rectilíneos e inclinados en *45°+Φ/2* con respecto al horizontal. En las zonas *ABF y EBC* la rotura se produce a lo largo de dos familias de líneas, una constituida por segmentos rectilíneos que pasan respectivamente por los puntos *A* y *E* y la otra por arcos de familias de espirales logarítmicas. Los polos de éstas son los puntos *A* y *E*. En los triángulos *AFG y ECD* la rotura se da en segmentos inclinados en ± *(45°+ Φ /2)* con respecto a la vertical. Individuado así el volumen de terreno llevado a rotura por la carga límite, éste se puede calcular escribiendo la condición de equilibrio entre las fuerzas que actúan en cualquier volumen de terreno delimitado debajo de cualquiera de las superficies de deslizamiento.

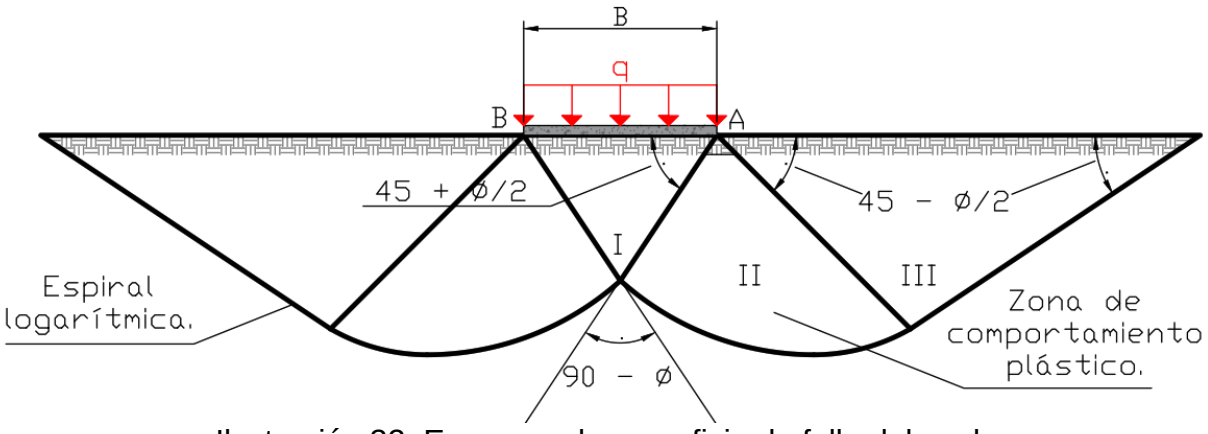


Ilustración 32. Esquema de superficie de falla del suelo.
Fuente: Elaboración propia.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

El cálculo de la capacidad de carga última o límite de un suelo está definido como la máxima presión, que se puede aplicar a la cimentación, sin que penetre en el suelo de fundación. Mientras que la capacidad portante, es aquella donde la carga última esta reducida por un factor de seguridad, también se le denomina “Capacidad de carga admisible.

8.1.1. Capacidad de carga admisible y asentamientos obtenidos para el sistema de cimentación propuesto.

Para las diferentes estructuras proyectadas, se ha estimado una carga última reducida por un factor de seguridad mínimo de 3.0 (Tabla H.4.7-1. NSR-10) (según la información preliminar suministrada por el cliente). A continuación, se presentan los resultados de capacidad de carga admisible (Qadm) y los asentamientos elásticos obtenidos para cada caso.

NO.	ESTRUCTURA	ALTERNATIVA DE CIMENT.	PROF. DE DESP. (Df) (m)	CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE (Qadm) KN /m2.	CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE (Qadm) Ton /m2.
1	Tanque de almacenamiento de 600 m3.	Losa de fundación.	Entre 1.90 y 3.20 m.	130,47	13,30
2	Cuarto de cloración.	Zapata	1.50	95,16	9,70
3	Base para tanque de Hipoclorito.	Losa de fundación.	Superficial.	59,84	6,10
4	Cuarto eléctrico.	Losa de fundación.	Superficial.	61,80	6,30
5	Tanque de combustible	Losa de fundación.	Superficial.	65,73	6,70
6	Garita de vigilancia.	Zapata	1.50	95,16	9,70

Tabla 10. Capacidad de carga admisible (Qadm).
Fuente: Elaboración propia.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

En la determinación de la capacidad de carga admisible, Qadm, se utilizaron las metodologías de estimación de capacidad de carga última por resistencia al corte y a la presión que se le pueda aplicar al suelo sin que se generen asentamientos excesivos, empleando los métodos de cálculos de Terzaghi (1955), Meyerhof (1963), Hansen (1970) y Vesic (1975), seleccionando la fórmula que produjera el menor resultado. Para el cálculo de la capacidad de carga admisible y asentamientos, se empleó el software Loadcap – GeoStru.

Para el caso de las estructuras analizadas se obtuvieron valores de asentamiento inferiores al límite tolerable por la estructura, el cual se establece en 5.0 cm para losa (ver Tabla 10). En el caso de los sistemas de cimentación constituidos por zapatas aisladas, será necesario realizar la verificación de los asentamientos diferenciales producidos. Por la naturaleza principalmente cohesiva del subsuelo presente y la inexistencia de niveles freáticos o una condición de saturación de los depósitos de suelo donde se proyecta un incremento de esfuerzos, las estimaciones de los asentamientos fueron realizadas mediante expresiones de la teoría elástica. Con base en los resultados obtenidos en los análisis de asentamientos y considerando la presión de contacto transmitida al sistema de cimentación, se ha calculado el coeficiente de reacción vertical (Kv) requerido para la ejecución de los análisis y diseños estructurales del proyecto, obteniendo como resultado los valores indicados en la Tabla 10.

La elección entre el sistema de cimentación de losa en concreto reforzado aligerada o maciza obedecerá a un análisis estructural y de costos que deberá realizar un Ingeniero Especialista en estructuras y proyectista. El espesor definitivo de la losa debe ser calculado por un Ingeniero Especialista en Estructuras. Los análisis se desarrollaron por medio del software de análisis Settle 3D de la Suit Rocscience. En el Anexo N° 4 Memoria de cálculo, se presenta el resumen del proceso de cálculo realizado.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

NO.	ESTRUCTURA	ALTERNATIVA DE CIMENT.	PROF. DE DESP. (Df) (m)	ASENTAMIENTOS TOTALES PRODUCIDOS (cm).	MÓDULO DE REACCIÓN Kv (KN/m3).	MÓDULO DE REACCIÓN Kv (kg/cm3).
1	Tanque de almacenamiento de 600 m3.	Losa de fundación.	Entre 1.90 y 3.20 m.	2,25	5798,80	0,59
2	Cuarto de cloración.	Zapata	1.50	0,36	26432,50	2,70
3	Base para tanque de Hipoclorito.	Losa de fundación.	Superficial.	1,15	5203,57	0,53
4	Cuarto eléctrico.	Losa de fundación.	Superficial.	0,80	7725,38	0,79
5	Tanque de combustible	Losa de fundación.	Superficial.	0,35	18779,14	1,91
6	Garita de vigilancia.	Zapata	1.50	0,36	26432,50	2,70

Tabla 11. Módulo de reacción y asentamientos máximos producidos.
Fuente: Elaboración propia.

Para la estimación de la capacidad de carga admisible (Qadm), asentamientos totales producidos y módulos de reacción verticales (Kv) para los elementos de cimentación tipo zapata, se asume una configuración cuadrada con base (B) igual a 1.00 m y longitud (L) igual a 1.00 m.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

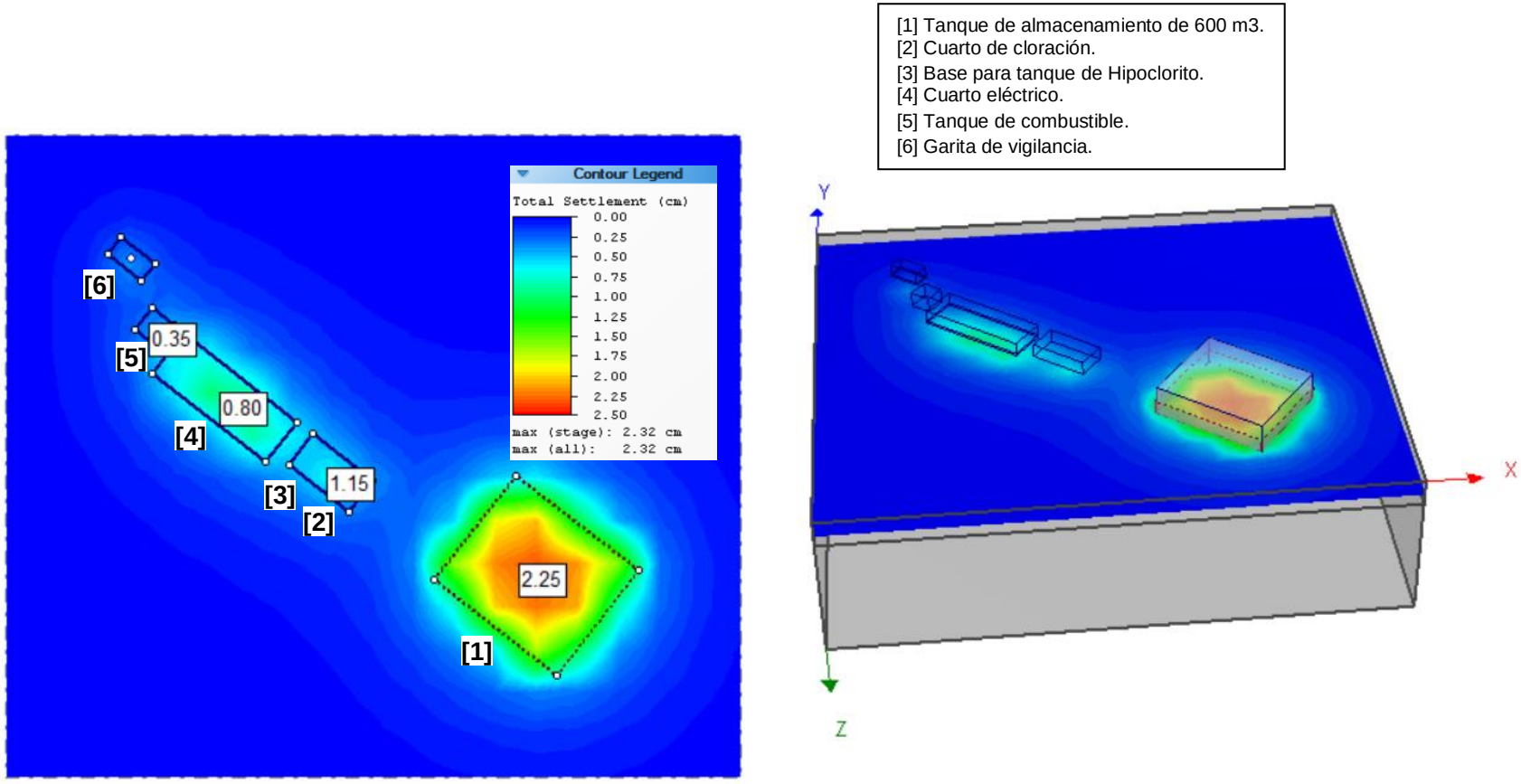


Ilustración 33. Análisis de asentamientos elásticos máximos proyectados en la zona de estudio.
Fuente: Settle 3D.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

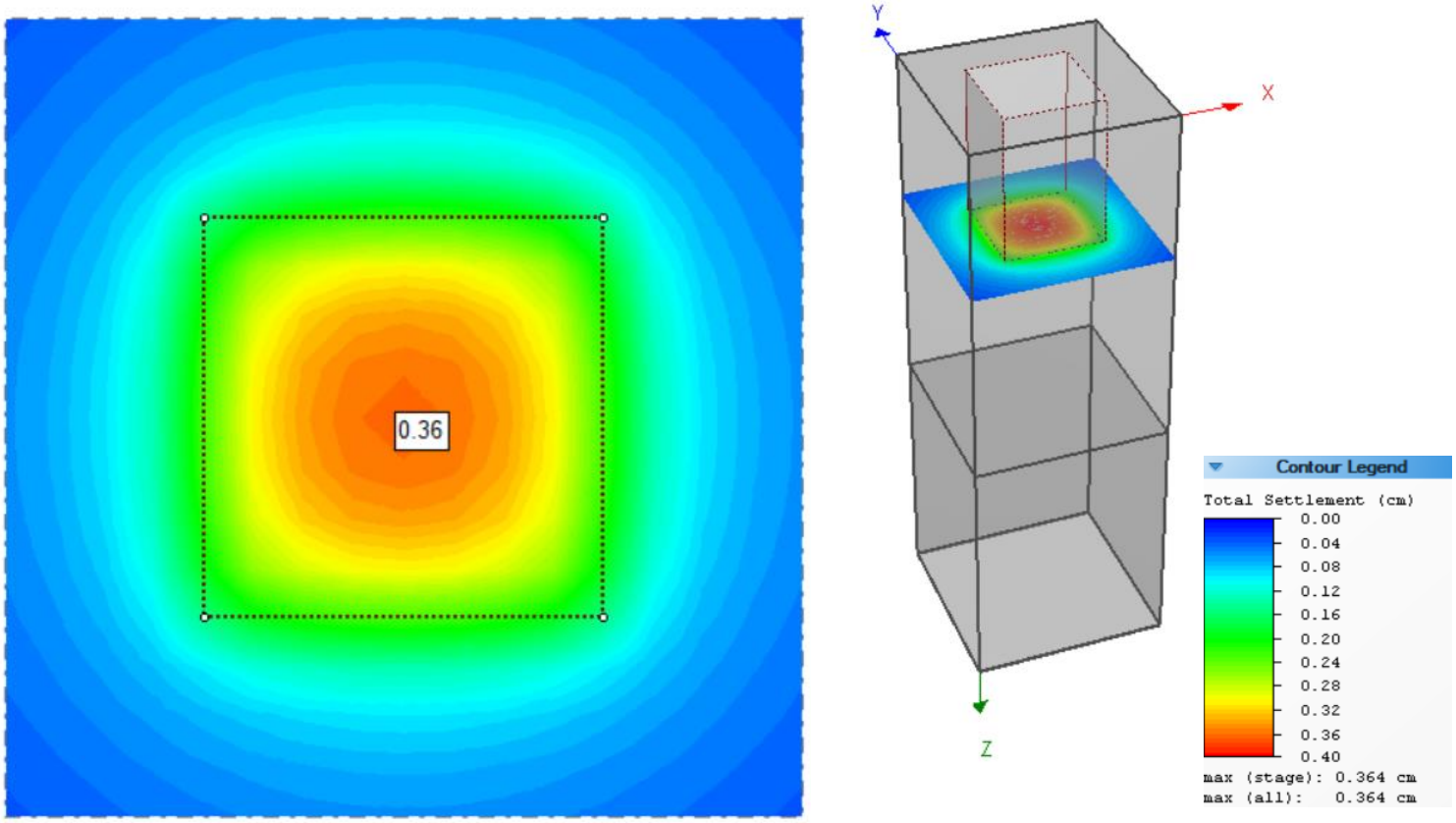


Ilustración 34. Análisis de asentamientos elásticos máximos proyectados para zapatas.
Fuente: Settle 3D.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

8.2. Presión lateral de tierras

En el presente se resumen los parámetros de presión lateral de tierras que deberán ser empleados en el análisis de empuje lateral producido sobre las estructuras de contención proyectadas. En el caso de la estimación de esfuerzos laterales sobre las estructuras de contención, podrán presentarse tres condiciones de análisis como lo es la condición de tierras en reposo (Ko), condición activa de presión de tierras (Ka) y condición pasiva de presión de tierras (Kp).

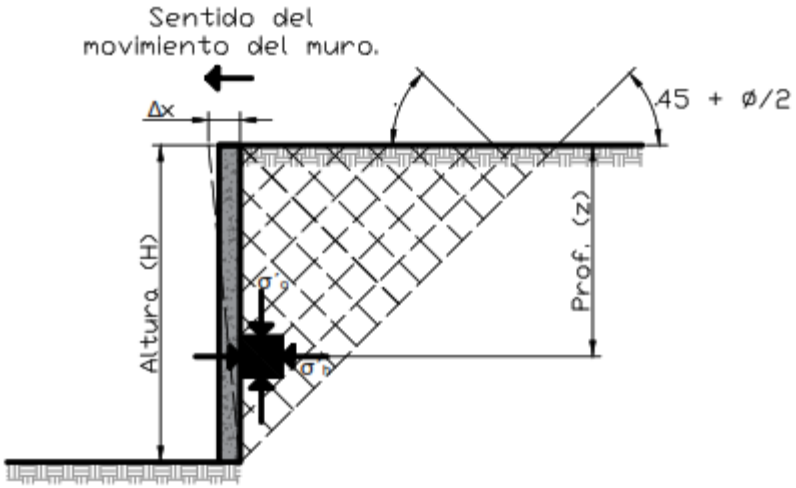


Ilustración 35. Condición activa de presión de tierras de Rankine (Ka).

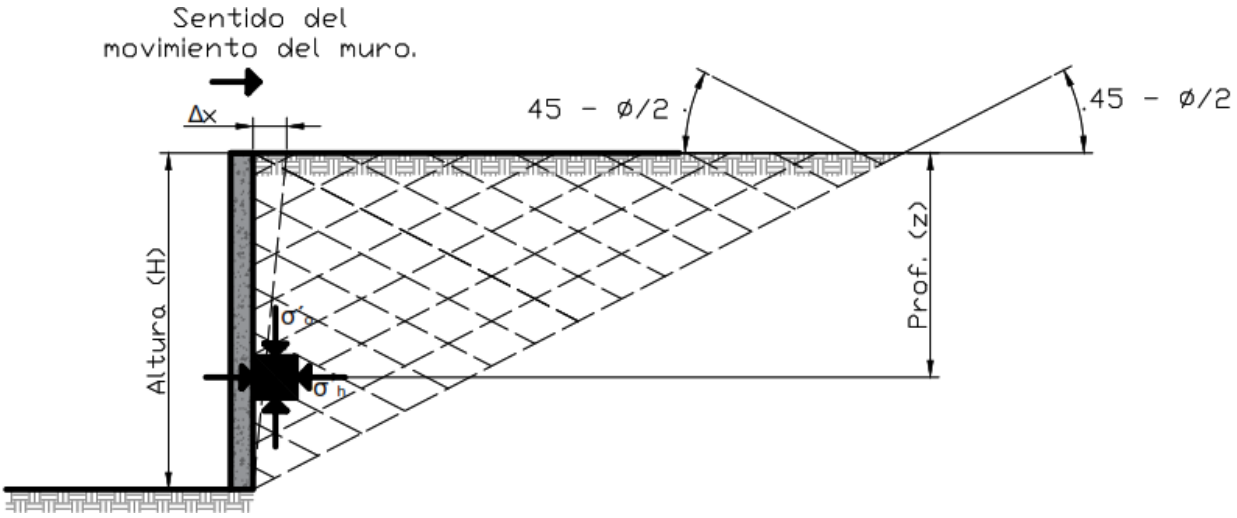


Ilustración 36. Condición pasiva de presión de tierras de Rankine (Kp).

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

PARÁMETROS PARA ANALISIS DE PRESIÓN DE TIERRAS.	
Coeficiente de presión de tierras en reposo (Ko)	0,71
Coeficiente de presión activa de tierras (Ka)	0,55
Coeficiente de presión pasiva de tierras (Kp)	1,83
Peso específico del suelo (γ) (KN/m3)	17,40
Angulo de fricción (ϕ) (°)	17,00

Tabla 12. Parámetros empleados en el análisis de presión de tierras.
Fuente: Elaboración propia.

En la condición de tierras en reposo (Ko), se considera que la estructura de contención no cederá en absoluto, sin embargo, si una estructura de contención se desplaza como se muestra en la Ilustración 35, (movimiento del muro a la izquierda según como se ilustra) se presenta una condición activa de presión de tierras (Ka), en caso contrario (movimiento del muro a la derecha según como se ilustra) se presenta una condición pasiva de presión de tierras (Kp) ver Ilustración 36.

Para el caso de muros atirantados o apuntalados, se adopta un diagrama de presión de tierras aparente con distribución trapezoidal (NSR – 10 numeral H.6.4.6), considerando las siguientes expresiones:

a) Suelos Granulares

$$\boldsymbol{P_h = 0,65 * K_A * \gamma_t * H} \quad (NSR - 10 \quad H.6.4 - 6)$$

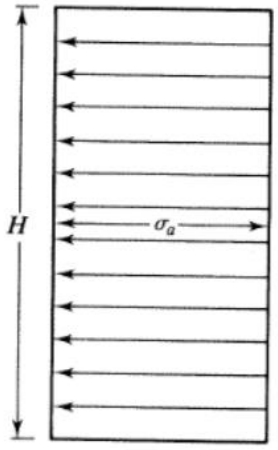
b) Suelos Cohesivos

$$\boldsymbol{P_h = 0,20 * \gamma_t * H} \quad para \ S_u \geq 100\,kPa \left(10\frac{tonf}{m^2}\right) \quad (NSR - 10 \quad H.6.4 - 6)$$

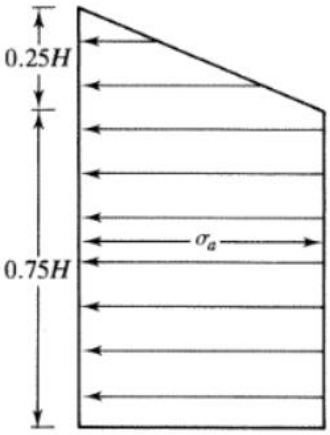
$$\boldsymbol{P_h = 0,30 * \gamma_t * H} \quad para \ 25 \ kPa \left(2.5\frac{tonf}{m^2}\right) < S_u < 100\,kPa \left(10\frac{tonf}{m^2}\right) \quad (NSR - 10 \quad H.6.4 - 7)$$

$$\boldsymbol{P_h = 0,40 * \gamma_t * H} \quad para \ S_u \leq 25\,kPa \left(2.5\frac{tonf}{m^2}\right) \quad (NSR - 10 \quad H.6.4 - 8)$$

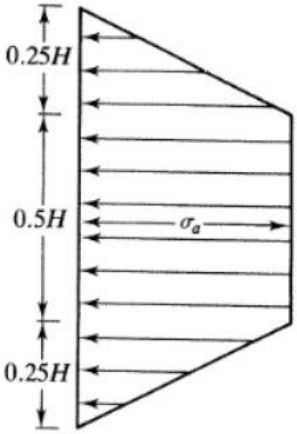
Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com



Envolvente de presión aparente para cortes en arena según Peck (1969).



Envolvente de presión aparente para cortes en arcillas blandas y medias según Peck (1969).



Envolvente de presión aparente para cortes en arcilla firme según Peck (1969).

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

9. RECOMENDACIONES GENERALES

En esta sección se registran las recomendaciones constructivas dentro del ámbito geotécnico necesarias garantizar la calidad y la seguridad de las estructuras en referencia. Este aparte no pretende ser un compendio de todos los procesos constructivos que se generarán en la obra, sino una guía para la buena ejecución de las labores. Estas recomendaciones son susceptibles de ser ajustadas en campo, no obstante, tienen carácter imperativo cuando así se indica.

9.1. Excavaciones

La alternativa de construcción implementada, deberá cumplir con lo señalado en la Norma Colombiana “Guía de Trabajo Seguro en Excavaciones” del Ministerio de Trabajo (Comisión nacional de salud ocupacional del sector de la construcción”.

- Resolución 2400 del estatuto de seguridad industrial, articulo 616 de 1979. Todas las excavaciones cuya profundidad sea mayor a 1.50 m deben ser entibadas.
- Resolución 1409 del 2012 del Ministerio de Trabajo. Por la cual se establece el Reglamento de seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas.
- Reglamento de Construcciones Sismorresistentes para estructuras temporales de construcción.

Todo el proceso de construcción de las estructuras, desde el inicio de las excavaciones hasta su sellado deberá programarse de forma que transcurra el menor tiempo posible, para evitar exponer por tiempo prolongado el suelo de fundación a los efectos adversos de la intemperie, efectos por ciclos de humedecimiento - secado, que pueden conllevar a variaciones en las propiedades geomecánicas del subsuelo, en especial si la obra se realiza en épocas lluviosas.

Considerando la naturaleza de los depósitos de suelo encontrados en la zona de estudio y la profundidad de excavación proyectada para el caso del tanque semi enterrado, se recomienda que las excavaciones sean desarrolladas a partir de una relación de inclinación de máximo 78.70° (5V: 1H).

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

9.1.1. Análisis de estabilidad para taludes de excavación.

A continuación, se presentan las modelaciones de estabilidad de taludes realizadas a partir del software de análisis geotécnico SLIDE v6.0, para cada profundidad de análisis, la relación de corte de excavación empleada en los análisis es de 78.70° (5V: 1H). De acuerdo a la normativa que rige el análisis de estabilidad (NSR-10) para una condición de equilibrio estático con condición de aguas (nivel freático) actual, durante un proceso constructivo deberá garantizarse un factor de estabilidad global de por lo menos FS = 1.20 (ver tabla H.6.9-1 Titulo H NSR-10).

Para el análisis pseudo estático, se realizó el cálculo de los coeficientes de carga sísmicos horizontal y vertical (Kh Kv) de acuerdo a los lineamientos de la norma Sismo resistente NSR – 10 titulo H. En los modelos de estabilidad realizados se aplicaron los coeficientes al 50% del sismo de diseño según lo indicado en la tabla H.6.9-1 Titulo H NSR-10.

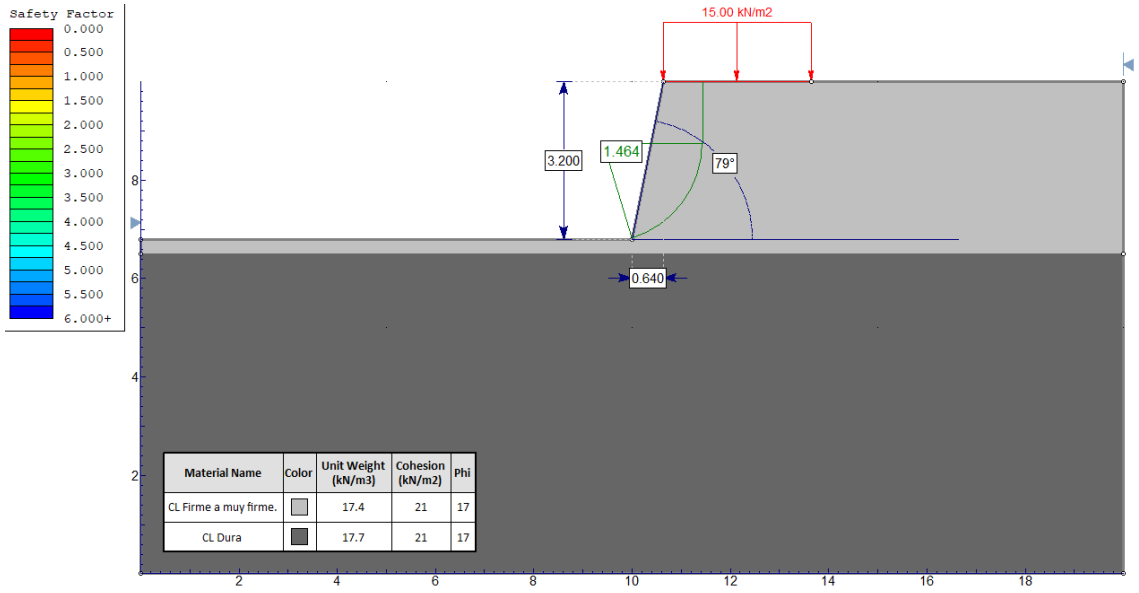


Ilustración 37. Análisis de estabilidad de taludes para excavación de 3.20 m de profundidad (Condición estático) relación de inclinación en corte (5V:1H). Factor de seguridad obtenido F.S = 1.464 > 1.20 (requerido según tabla H.6.9-1 NSR-10).
Fuente: Slide v.6.0.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

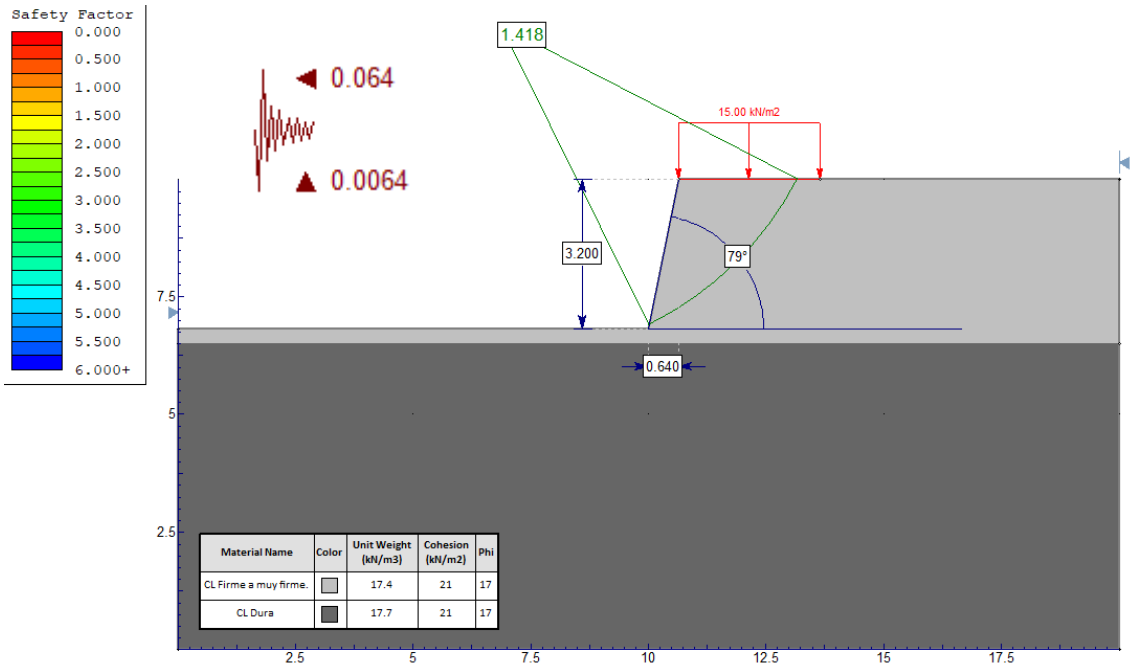


Ilustración 38. Análisis de estabilidad de taludes para excavación de 3.20 m de profundidad (Condición pseudo estática 50% de sismo de diseño Kh = 0.064 y Kv = 0.0064) relación de inclinación en corte (5V:1H). Factor de seguridad obtenido F.S = 1.418 > 1.00 (requerido). Fuente: Slide v.6.0.

9.2. Requisitos granulométricos para llenos estructurales.

Para la nivelación del predio (en caso de ser necesaria), se recomienda implementar un material seleccionado cumpliendo con las siguientes especificaciones: El material seleccionado tipo AFIRMADO (INV-E Artículo 311 – 13) deberá ser un material constituido por grava natural o material proveniente de la trituración de fragmentos rocosos o una mezcla de ambos. Las partículas deberán ser duras y resistentes, de características uniformes, libres de terrones de arcilla u otras sustancias objetables. Se deberán ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la siguiente tabla:

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

Tipo de gradación.	Tamiz (mm / U.S Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA							
A-38	100	-	80-100	60-85	40-65	30-50	13-30	9-18
A-25	-	100	90-100	65-90	45-70	35-55	15-35	10-20
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (+-).	0%	7%			6%			3%

Tabla 13. Franjas granulométricas del material seleccionado afirmado.
Fuente: INVIAS 2013.

Para prevenir segregaciones y garantizar la obtención de los niveles de densidad y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que suministre el constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja autorizada, sin saltos bruscos en la parte superior de un tamiz a la inferior del adyacente o viceversa. El tamaño máximo nominal no deberá exceder de 1/3 del espesor de la capa compactada.

Los materiales serán colocados por capas con espesores no mayores a 0.25 m, humedecidos y compactados hasta obtener densidades secas mayores o iguales al 95% de lo correspondiente al Proctor modificado, (Norma ASTM D 1557). También es necesario destacar que el material a implementar para los rellenos requeridos del proyecto, será un material granular seleccionado, bien gradado, libre de contaminación orgánica, raíces y terrones de arcilla.

El material seleccionado no se descargará hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a apoyar tenga la densidad apropiada y el terreno este nivelado de acuerdo a las cotas indicadas.

La fracción del material ya preparado de base granular tipo afirmado que pase el tamiz N. 40 deberá presentar un índice plástico entre 4% y 9%. El desgaste del agregado, determinado mediante la máquina de los Ángeles, no podrá ser superior al cincuenta por ciento (50%). El agregado triturado no deberá mostrar señales de desintegración ni pérdida mayor de doce por ciento (12%) o de dieciocho por ciento (18%), al someterlo a cinco ciclos en la prueba de solidez en sulfato de sodio o magnesio, respectivamente.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

9.3. Otras recomendaciones

Se recomienda que, por debajo de todas las losas de piso de las estructuras proyectadas, sea realizado un mejoramiento por medio del reemplazo de 50.00 cm de material propio de sitio por un material seleccionado tipo Afirmado INVIAS 2013.

Para el caso de las estructuras que se proyectan cimentar por medio de cimientos superficiales tipo zapata aislada, se propone realizar por debajo del reemplazo en material Afirmado INVIAS 2013 anteriormente mencionado, un mejoramiento por medio de suelo estabilizado con Cal de 50.00 cm. Se recomienda, de acuerdo a lo anterior realizar un mejoramiento del terreno sobre el que serán soportadas la garita de vigilancia y el cuarto de cloración a partir de un remplazo del material existente hasta una profundidad de -1.00 m medidos desde la profundidad de desplante de la loseta de piso. Este mejoramiento deberá realizarse con 50.00 cm de suelo estabilizado con cal y sobre este un relleno de 50.00 cm de afirmado INVIAS 2013. El material estabilizado con cal deberá ser colocado en dos subcapas de 25 centímetros, garantizando una compactación mínima del 95% del Proctor modificado de laboratorio.

A partir de la estabilización con cal, se espera que las partículas de suelo se aglomeren o aglutinen formando conglomerados más grandes. El suelo estabilizado disminuirá su límite líquido y se generará un incremento en el límite plástico, a partir de esta condición se produce una disminución significativa en el potencial de expansión volumétrico del material.

Para la proporción de la mezcla, se deberá combinar la arcilla con 4% de su peso en cal, estimándose que por metro cubico de material deberán utilizarse 72 kilogramos de cal. El proceso consiste en cortar 50 centímetro de suelo arcilloso, posteriormente mezclarlos y luego recompactar, garantizando mínimo un porcentaje de compactación del 95% del Proctor modificado de laboratorio.

Todos los mejoramientos de suelo y reemplazos de material descritos anteriormente deberán cubrir el sobre ancho proyectado hasta la estructura de andenes perimetral a cada una de las estructuras.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

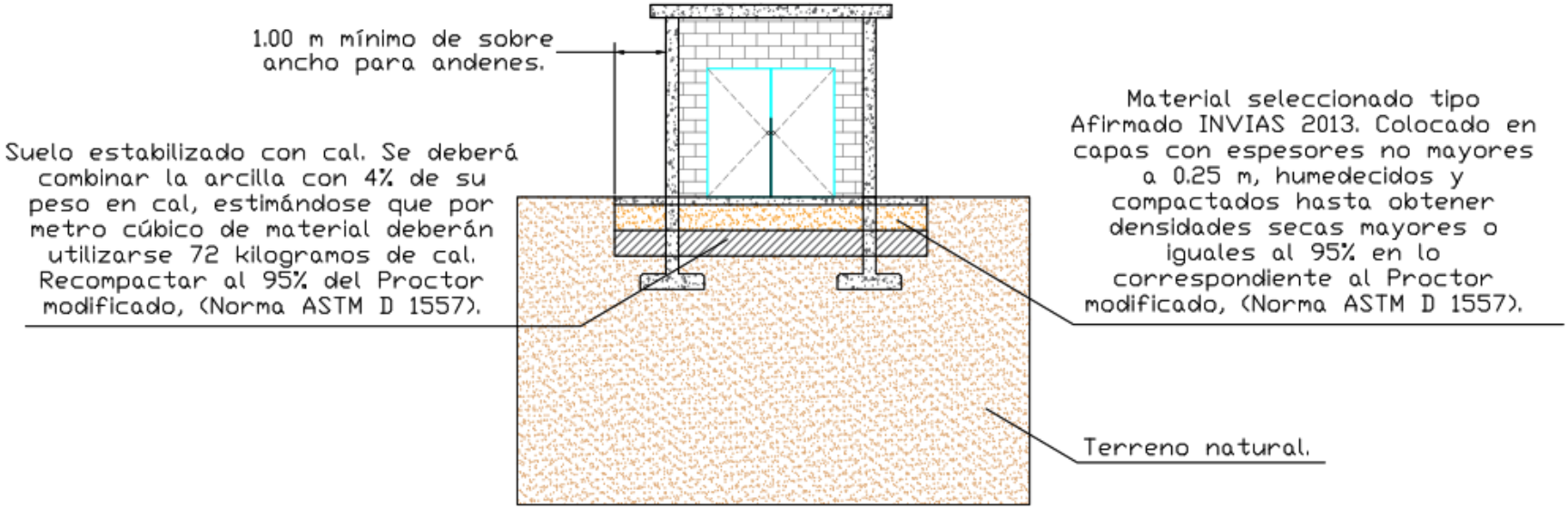


Ilustración 39. Esquema de alternativa de cimentación propuesta para estructura de garita y cuarto de cloración.
Fuente: Elaboración propia.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

En caso de que las obras sean desarrolladas durante la temporada invernal, para el proceso constructivo de la cimentación y la estructura, se deberá contar con un sistema de bombeo superficial, para controlar el flujo de agua en el subsuelo del predio, de tal manera que desaloje el agua contenida sobre el terreno hacia zonas donde se recolecta las aguas de escurrimiento.

Los materiales sobrantes de las excavaciones deberán disponerse en los sitios aprobados por la Interventoría y la autoridad ambiental y sanitaria competente y se deberá cumplir con la normatividad ambiental actual que rige en nuestro país, preservando el ecosistema presente en el entorno.

Es importante que el Ingeniero Calculista, tenga en cuenta para la cota de cimentación la capacidad admisible del terreno; el análisis de asentamientos; el uso adecuado del sistema de cimentación; el perfil estratigráfico del presente estudio; las recomendaciones de mejoramiento del suelo si aplica y por último las especificaciones contempladas en la NSR-10.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

10. CONCLUSIONES

Como resultados del análisis de Ingeniería Geotécnica practicado para alcanzar los puntos propuestos en este informe, se pueden citar las siguientes conclusiones:

a. En los sondeos elaborados por métodos mecánicos, se destacó que los depósitos presentes en la zona de estudio son homogéneos, en cuanto a tipos de materiales y composición físico mecánica, encontrándose que el subsuelo está constituido por materiales cohesivos clasificados como arcillas de baja plasticidad (CL) y arcillas de alta plasticidad (CH) de consistencia media a dura.

b. Durante la exploración de campo en la fecha de su ejecución, no se detectó la presencia de aguas libres subterráneas provenientes del nivel. No obstante, se destaca que estas condiciones pueden variar de acuerdo al régimen de lluvias.

c. Teniendo en cuenta las condiciones estratigráficas del predio de estudio y las características de las estructuras proyectadas, se recomienda el uso de cimientos superficiales tipo losa de fundación o zapatas aisladas para las diferentes estructuras proyectadas, según como se especifica en la Tabla 10.

d. Previo al proceso de nivelación o relleno del predio en referencia, será necesario llevar a cabo un proceso de descapote y limpieza de por lo menos 30.00 cm o hasta remover toda la maleza o vegetación encontrada superficialmente.

e. Desde el punto de vista constructivo, si se tienen en cuenta las recomendaciones de excavación y retiro de material; es posible que no ocurran complicaciones mayores considerándose suficiente utilizar procedimientos convencionales, en particular si el proyecto se ejecuta durante la estación seca y el proceso de excavación se ejecuta en el menor tiempo posible.

f. Como resultado de la ejecución de esta obra, se deben estudiar las variantes que puedan presentarse en cuanto a condiciones ambientales, dado lo anterior siempre se le pide al constructor tener en cuenta las recomendaciones expuestas en este informe.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

11. LIMITACIONES

Las recomendaciones propuestas en el presente informe, se lograron establecer a partir de los perfiles estratigráficos obtenidos de la secuencia de muestras recuperadas en el sub-suelo producto del trabajo de campo y se complementaron con los resultados de los ensayos de laboratorio.

En relación a las muestras extraídas por el método de exploración de campo; éstas se tomaron a partir de profundidades idénticas de acuerdo a la práctica común de la Ingeniería de Suelos y los requerimientos de la Norma que rige el diseño y construcción de las estructuras en el país (NSR-10); por la distancia entre un punto de perforación y otro, es posible que se presenten condiciones del sub-suelo no reveladas en la investigación efectuada; sin embargo, se considera que el alcance de los trabajos ejecutados es adecuado para definir las condiciones del sub-suelo en el área del proyecto y emitir las recomendaciones geotécnicas a las que haya lugar.

Se solicita a nuestros Clientes, que si en el periodo de diseño se realizan cambios o si durante la construcción se encuentran diferencias en las condiciones del sub-suelo establecida como típicas en este informe, se nos comunique inmediatamente y de manera revisar las recomendaciones expuestas y emitir nuestro concepto. Así mismo, debido a la falta de información en cuanto a la implantación del proyecto y niveles de diseño, el Cliente nos deberá informar y suministrar los planos del proyecto para que nuestra firma dé el Visto Bueno. Si existe alguna información adicional y/o cambios arquitectónicos en el proyecto, que no fueron suministrados en la fecha de realización del presente estudio, será necesario informar a la Empresa Construsuelos S.A.S., para realizar los respectivos ajustes al informe final o emitir un informe de ADENDA.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

12. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).
- Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 1998, Normas de ensayo de materiales para Suelos, Bogotá.
- AASHTO, ASTM, 1994, Book of Standards. V 4.08 y 4.09, Philadelphia.
- Braja M. Das. (2008). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, CENGAGE Learning, México.
- Ralph B. Peck (1987). Ingeniería de Cimentaciones. Editorial Limusa, México.
- Bowles, J. E. Manual de Laboratorio de Suelos en la Ingeniería Civil. Mc. Graw-Hill Latinoamericana.
- Acero, O. U. (2002). *Proyecto SIGAM - Agenda ambiental del Municipio de Tubará.* CRA - Corporación Regional del Atlántico: Opciones Gráficas Editores LTDA.
- Bastidas, D. I. (2020). *Caracterización composicional y textural de las principales unidades conglométricas neógenas y cuatrernarias expuestas al norte del conturón plegado de San Jacinto .* Barranquilla, Atlático : Pregado de Geología-Departamento de Fisica y Geociencias .
- Barrera. (2001). *GEOLOGÌA DE LAS PLANCHAS 16-17 GALERAZAMBA Y BARRANQUILLA.*

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

ANEXO N° 1
UBICACIÓN DE SONDEOS

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

COORDENADAS SWG		
SONDEO	NORTE	OESTE
S1	10.945758°	-75.001879°
S2	10.945808°	-75.001953°
S3	10.945690°	-75.001697°
S4	10.945570°	-75.001619°

PROYECTO: E.S. PARA CONSTRUCCIÓN DE EBAP	CLIENTE: TRIPLE A E.S E.S.P			CONSTRUSUELOS GEOTECHNICAL SOLUTION S.A.S.
LOCALIZACIÓN: JUARUCO; TUBARÁ (ATLÁNTICO)	DISEÑADO POR: Ing. Melanys Lozada M.	APROBADO POR: Ing. Pedro Leiva	ING A CARGO : Ing. Johnny Vargas	
COORDENADA: -75.001758°O; 10.945830°N / ELEVACIÓN: 132.0 m.s.n.m	FECHA: 09/2022 / ESCALA: N/A	UNIDAD: N/A	PLANO 1/1	

ANEXO N° 2
PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

CONSTRUSUELOS GEOTECHNICAL SOLUTION S.A.S.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

VERSIÓN 2:
FECHA: ENERO DEL 2017

Cliente: TRIPLE A S.A E.S.P	N° de perforación: S1	Equipo de perforación: SPT	Método de perforación: PERCUSIÓN	Caída: 30" (0.76 m)	Hoja: 1 de 1
Proyecto: CONSTRUCCIÓN DE EBAP	Profundidad: 6.00 m	Coordenadas X, Y: -75.001619°O;10.945570°N	Elevación: 138.0 msnm	Peso del martillo: 140.0 lbf	
Localización: MORRO JUARUCO; TUBARÁ-ATLÁNTICO	Fecha de inicio: 26/08/2022	Fecha final: 26/08/2022	Detalles del sitio: Terreno ondulado	Tipo de martillo: Manual	

Escala	Litología	Descripción	Cota	% Recuperación % R.Q.D.	S.P.T. N° (Golpes/pie)	Método Perforación	Tipo de Muestras	Tipo de camisa	Método estabilización	Nivel freático	Compacidad y/o Consistencia
1		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) Se dispone de una estructura laminar de color marrón	0.00	%C=50	30 1.00 PA	APQ	A 0.00				
						SPT	As 1.00				MUY FIRME 1.00
							1.30				
2		ARCILLA DE BAJA PLSTICIDAD (CL) Se dispone de una estructura laminar de color marón	2.00		95 2.00 PA	SPT	As 2.00				DURA 2.00
							2.20				
3			3.50	%C=40	100 3.00 PA	SPT	As 3.00				DURA 3.00
							3.20				
					100 3.50 PA	SPT	As 3.50				DURA 3.50
							3.70				
4		ARCILLA DE BAJA PLSTICIDAD (CL) Se dispone de una estructura laminar de color marón			98 4.00 PA	SPT	As 4.00				DURA 4.00
							4.20				
5				%C=40	88 5.00 PA	SPT	As 5.00				DURA 5.00
							5.20				
			6.00								

Muestras: S-Paredes finas, O-Osterberg, M-Mazier, A-Alterado, As-Alterado por SPT
Estabilización:RVT-Revestimiento metálico, L-Lodos
Pruebas SPT:PA-Punta abierta, PC-Punta cerrada
Sondeo:PERCUSIÓN

Perforador: Misael Castro ROT | Asistente: Luis Ayala- Jorge Labarces

Máquina de sondeo:Sondeo:PERCUSIÓN

Nivel de agua inicial: N/A Fecha: 26/08/2022 Hora:
Nivel de agua final: N/A Fecha: 26/08/2022 Hora:

Vo.Bo. Supervisor

Vo.Bo. Director Técnico

CONSTRUSUELOS GEOTECHNICAL SOLUTION S.A.S.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

VERSIÓN 2:
FECHA: ENERO DEL 2017

Cliente: TRIPLE A S.A E.S.P	N° de perforación: S2	Equipo de perforación: SPT	Método de perforación: PERCUSIÓN	Caída: 30" (0.76 m)	Hoja: 1 de 1
Proyecto: CONSTRUCCIÓN DE EBAP	Profundidad: 8.00 m	Coordenadas X, Y: -75.001697°O;10.945690°N	Elevación: 134.0 msnm	Peso del martillo: 140.0 lbf	
Localización: MORRO JUARUCO; TUBARÁ-ATLÁNTICO	Fecha de inicio: 26/08/2022	Fecha final: 26/08/2022	Detalles del sitio: Terreno ondulado	Tipo de martillo: Manual	

Escala	Litología	Descripción	Cota	% Recuperación % R.Q.D.	S.P.T. N° (Golpes/pie)	Método Perforación	Tipo de Muestras	Tipo de camisa	Método estabilización	Nivel freático	Compacidad y/o Consistencia
1		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) Se dispone de una estructura laminar de color marrón	2.00	%C=60	14 1.00 PA 60 2.00 PA	APQ SPT	A 0.00 1.00 As 1.30 2.00				FIRME 1.00 DURA 2.00
2		ARCILLA DE BAJA PLSTICIDAD (CL) Se dispone de una estructura laminar de color marón	3.50	%C=50	100 3.00 PA 100 3.50 PA	SPT	As 2.25 3.00 As 3.25 3.50 As 3.75				DURA 3.00 DURA 3.50
3											
4					71 4.00 PA	SPT	4.00 As 4.25				DURA 4.00
5		ARCILLA DE BAJA PLSTICIDAD (CL) Se dispone de una estructura laminar de color marón	6.00	%C=50	90 5.00 PA	SPT	5.00 As 5.25				DURA 5.00
6					84 6.00 PA	SPT	6.00 As 6.25				DURA 6.00
7		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) Se dispone de una estructura laminar de color marrón	8.00	%C=50	99 7.00 PA	SPT	7.00 As 7.25				DURA 7.00

Muestras: S-Paredes finas, O-Osterberg, M-Mazier, A-Alterado, As-Alterado por SPT
Estabilización:RVT-Revestimiento metálico, L-Lodos
Pruebas SPT:PA-Punta abierta, PC-Punta cerrada
Sondeo:PERCUSIÓN

Perforador: Misael Castro | Asistente: Luis Ayala- Jorge Labarces

Máquina de sondeo:Sondeo:PERCUSIÓN

Nivel de agua inicial: N/A Fecha: 26/08/2022 Hora:
Nivel de agua final: N/A Fecha: 26/08/2022 Hora:

Vo.Bo. Supervisor

Vo.Bo. Director Técnico

CONSTRUSUELOS GEOTECHNICAL SOLUTION S.A.S.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

VERSIÓN 2:
FECHA: ENERO DEL 2017

Cliente: TRIPLE A S.A E.S.P	N° de perforación: S3	Equipo de perforación: TP 50	Método de perforación: ROTO-PERCUSIÓN	Caída: 30" (0.76 m)	Hoja: 1 de 2
Proyecto: CONSTRUCCIÓN DE EBAP	Profundidad: 20.00 m	Coordenadas X, Y: -75.001697°O;10.945690°N	Elevación: 131.0 msnm	Peso del martillo: 140.0 lbf	
Localización: MORRO JUARUCO; TUBARÁ-ATLÁNTICO	Fecha de inicio: 26/08/2022	Fecha final: 30/08/2022	Detalles del sitio: Terreno inclinado	Tipo de martillo: Mecanico	

Escala	Litología	Descripción	Cota	% Recuperación % R.Q.D.	S.P.T. N° (Golpes/pie)	Método Perforación	Tipo de Muestras	Tipo de camisa	Método estabilización	Nivel freático	Compacidad y/o Consistencia
					16		0.00				DURA
1		ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH) Se dispone d euna estructura laminar de color marrón claro con vetas grises		%C=80	0.00 PA	SPT	As 0.40				0.00
					24		1.00				DURA
					1.00 PA	SPT	As 1.40				1.00
2					34		2.00				DURA
					2.00 PA	SPT	As 2.40				2.00
					43		3.00				DURA
3					3.00 PA	SPT	As 3.40				3.00
			4.00				4.00				
4		ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH) Se dispone d euna estructura laminar de color marrón claro con vetas grises		%C=70		ROT	M 5.00				
					60						DURA
5					5.00 PA	SPT	As 5.35				5.00
					65		6.00				DURA
6					6.00 PA	SPT	As 6.35				6.00
			7.00		60		7.00				DURA
7		ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH) Se dispone d euna estructura laminar de color marrón claro con vetas grises		%C=75	7.00 PA	SPT	As 7.40				7.00
					87		8.00				DURA
8					8.00 PA	SPT	As 8.40				8.00
					87		9.00				DURA
					9.00 PA	SPT	As 9.40				9.00
			10.00								

Muestras: S-Paredes finas, O-Osterberg, M-Mazier, A-Alterado, As-Alterado por SPT
Estabilización:RVT-Revestimiento metálico, L-Lodos
Pruebas SPT:PA-Punta abierta, PC-Punta cerrada
Sondeo:ROTO-PERCUSIÓN

Perforador: Jorge Labarces | Asistente: Misael Castro

Máquina de sondeo:Sondeo:ROTO-PERCUSIÓN

Nivel de agua inicial: N/A Fecha: 26/08/2022 Hora:
Nivel de agua final: N/A Fecha: 30/08/2022 Hora:

Vo.Bo. Supervisor

Vo.Bo. Director Técnico

CONSTRUSUELOS GEOTECHNICAL SOLUTION S.A.S.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

VERSIÓN 2:
FECHA: ENERO DEL 2017

Cliente: TRIPLE A S.A E.S.P	N° de perforación: S3	Equipo de perforación: TP 50	Método de perforación: ROTO-PERCUSIÓN	Caída: 30" (0.76 m)	Hoja: 2 de 2
Proyecto: CONSTRUCCIÓN DE EBAP	Profundidad: 20.00 m	Coordenadas X, Y: -75.001697°O;10.945690°N	Elevación: 131.0 msnm	Peso del martillo: 140.0 lbf	
Localización: MORRO JUARUCO; TUBARÁ-ATLÁNTICO	Fecha de inicio: 26/08/2022	Fecha final: 30/08/2022	Detalles del sitio: Terreno inclinado	Tipo de martillo: Mecanico	

Escala	Litología	Descripción	Cota	% Recuperación % R.Q.D.	S.P.T. N° (Golpes/pie)	Método Perforación	Tipo de Muestras	Tipo de camisa	Método estabilización	Nivel freático	Compacidad y/o Consistencia
11		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) Se dispone de una estructura laminar de color marrón claro con vetas grises		%C=80	85 10.00 PA	STP	10.00 As 10.40				DURA 10.00
						ROT	11.00 M 12.00				
12					84 12.00 PA	STP	12.00 As 12.50				DURA 12.00
			13.00			ROT	M 13.50				
13		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) Se dispone de una estructura laminar de color marrón claro con vetas grises			87 13.50 PA	STP	As 13.85				DURA 13.50
14				%C=75			14.50				
15						ROT	M 16.00				
16			16.00		86 16.00 PA	STP	As 16.30				DURA 16.00
17		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) Se dispone de una estructura laminar de color marrón claro con vetas grises			87 17.00 PA	STP	17.00 As 17.30				DURA 17.00
							17.50 M 18.00				
18				%C=70	88 18.00 PA	STP	As 18.30				DURA 18.00
						ROT	19.00 M 19.50				
			20.00								

Muestras: S-Paredes finas, O-Osterberg, M-Mazier, A-Alterado, As-Alterado por SPT
Estabilización:RVT-Revestimiento metálico, L-Lodos
Pruebas SPT:PA-Punta abierta, PC-Punta cerrada
Sondeo:ROTO-PERCUSION

Perforador: Misael Castro | Asistente:Jorge Labarces

Máquina de sondeo:Sondeo:ROTO-PERCUSIÓN

Nivel de agua inicial: N/A Fecha: 26/08/2022 Hora:
Nivel de agua final: N/A Fecha: 30/08/2022 Hora:

Vo.Bo. Supervisor

Vo.Bo. Director Técnico

CONSTRUSUELOS GEOTECHNICAL SOLUTION S.A.S.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

VERSIÓN 2:
FECHA: ENERO DEL 2017

Cliente: TRIPLE A S.A E.S.P	N° de perforación: S4	Equipo de perforación: TP 50	Método de perforación: ROTO-PERCUSIÓN	Caída: 30" (0.76 m)	Hoja: 1 de 2
Proyecto: CONSTRUCCIÓN DE EBAP	Profundidad: 20.00 m	Coordenadas X, Y: -75.001697°O;10.945690°N	Elevación: 138.0 msnm	Peso del martillo: 140.0 lbf	
Localización: MORRO JUARUCO; TUBARÁ-ATLÁNTICO	Fecha de inicio: 30/08/2022	Fecha final: 5/09/2022	Detalles del sitio: Terreno inclinado	Tipo de martillo: Mecanico	

Escala	Litología	Descripción	Cota	% Recuperación % R.Q.D.	S.P.T. N° (Golpes/pie)	Método Perforación	Tipo de Muestras	Tipo de camisa	Método estabilización	Nivel freático	Compacidad y/o Consistencia
					17		0.00				DURA
1		ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH) Se dispone d euna estructura laminar de color marrón claro con vetas grises		%C=80	0.00 PA	STP	As 0.40				0.00
					28		1.50				DURA
2					1.50 PA	STP	As 1.90				1.50
					36		2.50				DURA
3					2.50 PA	STP	As 2.90				2.50
					49		3.50				DURA
4					3.50 PA	STP	As 3.90				3.50
			5.00				5.00				
5		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) Se dispone d euna estructura laminar de color marrón claro con vetas grises		%C=70		ROT	M 6.50				
					52		6.50				DURA
6					6.50 PA	STP	As 6.90				6.50
					72		7.50				DURA
7			7.50		7.50 PA	STP	As 7.85				7.50
							9.00				
8		ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH) Se dispone d euna estructura laminar de color marrón claro con vetas grises		%C=75		ROT	M				
			10.00				10.00				

Muestras: S-Paredes finas, O-Osterberg, M-Mazier, A-Alterado, As-Alterado por SPT
Estabilización:RVT-Revestimiento metálico, L-Lodos
Pruebas SPT:PA-Punta abierta, PC-Punta cerrada
Sondeo:ROTO-PERCUSIÓN

Perforador: Jorge Labarces
Asistente: Misael Castro
Máquina de sondeo:Sondeo:ROTO-PERCUSIÓN

Nivel de agua inicial: N/A Fecha: 30/08/2022 Hora:
Nivel de agua final: N/A Fecha: 5/09/2022 Hora:

Vo.Bo. Supervisor

Vo.Bo. Director Técnico

CONSTRUSUELOS GEOTECHNICAL SOLUTION S.A.S.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

VERSIÓN 2:
FECHA: ENERO DEL 2017

Cliente:	N° de perforación:	Equipo de perforación:	Método de perforación:	Caída:	Hoja:
TRIPLE A S.A E.S.P	S4	TP 50	ROTO-PERCUSIÓN	30" (0.76 m)	2 de 2
Proyecto:	**Profundidad:**	**Coordenadas X, Y:**	**Elevación:**	**Peso del martillo:**	
CONSTRUCCIÓN DE EBAP	20.00 m	-75.001619°O;10.945570°N	138.0 msnm	140.0 lbf	
Localización:	**Fecha de inicio:**	**Fecha final:**	**Detalles del sitio:**	**Tipo de martillo:**	
MORRO JUARUCO; TUBARÁ-ATLÁNTICO	30/08/2022	05/09/2022	Terreno inclinado	Mecanico	

Escala	Litología	Descripción	Cota	% Recuperación % R.Q.D.	S.P.T. N° (Golpes/pie)	Método Perforación	Tipo de Muestras	Tipo de camisa	Método estabilización	Nivel freático	Compacidad y/o Consistencia
					74						DURA
11		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) Se disponde de una estructura laminar de color marrón con vetas grises		%C=70	10.00 PA 83 12.00 PA 86	STP ROT STP	10.00 As 10.42 11.00 M 12.00 As 12.30				10.00 DURA 12.00 DURA
12			13.00								
13		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) Se disponde de una estructura laminar de color marrón con vetas grises		%C=75	13.00 PA 88 15.50 PA 88 16.50 PA	STP ROT STP STP	13.00 As 13.35 14.00 M 15.50 As 15.85 16.50 As 16.85				13.00 DURA 15.50 DURA 16.50
14											
15											
16											
17		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) Se disponde de una estructura laminar de color marrón con vetas grises	17.00	%C=65	90 18.50 PA 92 19.50 PA	ROT STP STP	17.00 M 17.50 18.00 M 18.50 As 18.80 19.50 As 19.80				DURA 18.00 DURA 18.50 DURA 19.50
18											
			20.00								

Muestras: S-Paredes finas, O-Osterberg, M-Mazier, A-Alterado, As-Alterado por SPT
Estabilización:RVT-Revestimiento metálico, L-Lodos
Pruebas SPT:PA-Punta abierta, PC-Punta cerrada
Sondeo:ROTO-PERCUSIÓN

Perforador: Jorge Labarces | Asistente: Misael Castro

Máquina de sondeo:Sondeo:ROTO-PERCUSIÓN

Nivel de agua inicial: N/A Fecha: 30/08/2022 Hora:
Nivel de agua final: N/A Fecha: 05/09/2022 Hora:

Vo.Bo. Supervisor

Vo.Bo. Director Técnico

ANEXO N° 3
ENSAYOS DE LABORATORIO

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

CLASIFICACIONES

INVE 122-13 - INVE 123-13 - INVE 125-13 - INVE 126-13

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

ANEXO N° 4
MEMORIA DE CALCULO

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE 600 M3.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

DATOS GENERALES

Anchura cimentación	13,3 m
Longitud cimentación	15,01 m
Profundidad de cimentación	1,9 m
Altura de empotramiento	1,0 m

ESTRATIGRAFÍA TERRENO

Corr: Parámetros con factor de corrección (TERZAGHI)

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams:Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico; Ni: Poisson; Cv: Coef. consolidac. primaria; Cs: Coef. consolidación secundaria; cu: Cohesión sin drenar

DH [m]	Gam [kN/m³]	Gams [kN/m³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [kN/m²]	c Corr. [kN/m²]	Ey [kN/m²]
3,5	17,4	17,9	17,0	11,58	21,0	14,07	18500,0
16,5	17,7	18,2	19,2	13,13	23,0	15,41	62500,0

CARGA ÚLTIMA CIMENTACIÓN COMBINACIÓN…Carga última
Autor: HANSEN (1970)

Carga última [Qult]	392,22 kN/m²
Resistencia de proyecto[Rd]	130,74 kN/m²
Factor de seguridad [Fs=Qult/Ed]	--

COEFICIENTE DE ASENTAMIENTO BOWLES (1982)

Costante di Winkler	15688,66 kN/m³

Carga última

Autore: HANSEN (1970) (Condición drenada)

Factor [Nq]	3,22
Factor [Nc]	9,73
Factor [Ng]	0,76
Factor forma [Sc]	1,29
Factor profundidad [Dc]	1,06
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor inclinación talud [Gc]	1,0
Factor inclinación base [Bc]	1,0
Factor forma [Sq]	1,2
Factor profundidad [Dq]	1,04
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor inclinación talud [Gq]	1,0

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

Factor inclinación base [Bq]	1,0
Factor forma [Sg]	0,65
Factor profundidad [Dg]	1,0
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor inclinación talud [Gg]	1,0
Factor inclinación base [Bg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0
Carga última	392,22 kN/m²
Resistencia de proyecto	130,74 kN/m²

Autore: TERZAGHI (1955) (Condición drenada)

Factor [Nq]	3,58
Factor [Nc]	11,31
Factor [Ng]	1,92
Factor forma [Sc]	1,0
Factor forma [Sg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0
Carga última	514,84 kN/m²
Resistencia de proyecto	171,61 kN/m²

Autore: MEYERHOF (1963) (Condición drenada)

Factor [Nq]	3,22
Factor [Nc]	9,73
Factor [Ng]	0,72
Factor forma [Sc]	1,28
Factor profundidad [Dc]	1,04
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor forma [Sq]	1,14
Factor profundidad [Dq]	1,02
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor forma [Sg]	1,14
Factor profundidad [Dg]	1,02
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0
Carga última	416,89 kN/m²
Resistencia de proyecto	138,96 kN/m²

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

==========

Autore: VESIC (1975) (Condición drenada)

==========

Factor [Nq]	3,22
Factor [Nc]	9,73
Factor [Ng]	1,92
Factor forma [Sc]	1,29
Factor profundidad [Dc]	1,06
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor inclinación talud [Gc]	1,0
Factor inclinación base [Bc]	1,0
Factor forma [Sq]	1,2
Factor profundidad [Dq]	1,04
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor inclinación talud [Gq]	1,0
Factor inclinación base [Bq]	1,0
Factor forma [Sg]	0,65
Factor profundidad [Dg]	1,0
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor inclinación talud [Gg]	1,0
Factor inclinación base [Bg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0

==========

Carga última	480,51 kN/m²
Resistencia de proyecto	160,17 kN/m²

==========

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condición drenada)

==========

Factor [Nq]	3,22
Factor [Nc]	9,73
Factor [Ng]	0,76
Factor forma [Sc]	1,29
Factor profundidad [Dc]	1,06
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor inclinación talud [Gc]	1,0
Factor inclinación base [Bc]	1,0
Factor forma [Sq]	1,2
Factor profundidad [Dq]	1,04
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor inclinación talud [Gq]	1,0
Factor inclinación base [Bq]	1,0
Factor forma [Sg]	0,73
Factor profundidad [Dg]	1,0
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor inclinación talud [Gg]	1,0

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

Factor inclinación base [Bg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0
Carga última	398,41 kN/m²
Resistencia de proyecto	132,8 kN/m²

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

BASE PARA TANQUE DE HIPOCLORITO.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

DATOS GENERALES

Anchura cimentación	4,0 m
Longitud cimentación	4,0 m
Profundidad de cimentación	0,0 m
Altura de empotramiento	1,0 m

ESTRATIGRAFÍA TERRENO

Corr: Parámetros con factor de corrección (TERZAGHI)

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams:Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico; Ni: Poisson; Cv: Coef. consolidac. primaria; Cs: Coef. consolidación secundaria; cu: Cohesión sin drenar

DH [m]	Gam [kN/m³]	Gams [kN/m³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [kN/m²]	c Corr. [kN/m²]	Ey [kN/m²]
3,5	17,4	17,9	17,0	11,58	21,0	14,07	18500,0
16,5	17,7	18,2	19,2	13,13	23,0	15,41	62500,0

CARGA ÚLTIMA CIMENTACIÓN COMBINACIÓN…Carga última
Autor: HANSEN (1970)

Carga última [Qult]	179,87 kN/m²
Resistencia de proyecto[Rd]	59,96 kN/m²
Factor de seguridad [Fs=Qult/Ed]	--

COEFICIENTE DE ASENTAMIENTO BOWLES (1982)

Costante di Winkler	7194,88 kN/m³

Carga última

Autore: HANSEN (1970) (Condición drenada)

Factor [Nq]	2,86
Factor [Nc]	9,08
Factor [Ng]	0,57
Factor forma [Sc]	1,32
Factor profundidad [Dc]	1,0
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor inclinación talud [Gc]	1,0
Factor inclinación base [Bc]	1,0
Factor forma [Sq]	1,2
Factor profundidad [Dq]	1,0
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor inclinación talud [Gq]	1,0

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

Factor inclinación base [Bq]	1,0
Factor forma [Sg]	0,6
Factor profundidad [Dg]	1,0
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor inclinación talud [Gg]	1,0
Factor inclinación base [Bg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0
Carga última	179,87 kN/m²
Resistencia de proyecto	59,96 kN/m²

Autore: TERZAGHI (1955) (Condición drenada)

Factor [Nq]	3,15
Factor [Nc]	10,51
Factor [Ng]	1,6
Factor forma [Sc]	1,0
Factor forma [Sg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0
Carga última	203,44 kN/m²
Resistencia de proyecto	67,81 kN/m²

Autore: MEYERHOF (1963) (Condición drenada)

Factor [Nq]	2,86
Factor [Nc]	9,08
Factor [Ng]	0,54
Factor forma [Sc]	1,3
Factor profundidad [Dc]	1,0
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor forma [Sq]	1,15
Factor profundidad [Dq]	1,0
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor forma [Sg]	1,15
Factor profundidad [Dg]	1,0
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0
Carga última	187,71 kN/m²
Resistencia de proyecto	62,57 kN/m²

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

==========

Autore: VESIC (1975) (Condición drenada)

==========

Factor [Nq]	2,86
Factor [Nc]	9,08
Factor [Ng]	1,58
Factor forma [Sc]	1,32
Factor profundidad [Dc]	1,0
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor inclinación talud [Gc]	1,0
Factor inclinación base [Bc]	1,0
Factor forma [Sq]	1,2
Factor profundidad [Dq]	1,0
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor inclinación talud [Gq]	1,0
Factor inclinación base [Bq]	1,0
Factor forma [Sg]	0,6
Factor profundidad [Dg]	1,0
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor inclinación talud [Gg]	1,0
Factor inclinación base [Bg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0

==========

Carga última	200,96 kN/m²
Resistencia de proyecto	66,99 kN/m²

==========

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condición drenada)

==========

Factor [Nq]	2,86
Factor [Nc]	9,08
Factor [Ng]	0,57
Factor forma [Sc]	1,31
Factor profundidad [Dc]	1,0
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor inclinación talud [Gc]	1,0
Factor inclinación base [Bc]	1,0
Factor forma [Sq]	1,2
Factor profundidad [Dq]	1,0
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor inclinación talud [Gq]	1,0
Factor inclinación base [Bq]	1,0
Factor forma [Sg]	0,7
Factor profundidad [Dg]	1,0
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor inclinación talud [Gg]	1,0

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

Factor inclinación base [Bg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0

Carga última	181,04 kN/m²
Resistencia de proyecto	60,35 kN/m²

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

CUARTO ELÉCTRICO.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

DATOS GENERALES

Anchura cimentación	5,0 m
Longitud cimentación	14,4 m
Profundidad de cimentación	0,3 m
Altura de empotramiento	1,0 m

ESTRATIGRAFÍA TERRENO

Corr: Parámetros con factor de corrección (TERZAGHI)

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams:Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico; Ni: Poisson; Cv: Coef. consolidac. primaria; Cs: Coef. consolidación secundaria; cu: Cohesión sin drenar

DH [m]	Gam [kN/m³]	Gams [kN/m³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [kN/m²]	c Corr. [kN/m²]	Ey [kN/m²]
3,5	17,4	17,9	17,0	11,58	21,0	14,07	18500,0
16,5	17,7	18,2	19,2	13,13	23,0	15,41	62500,0

CARGA ÚLTIMA CIMENTACIÓN COMBINACIÓN…Carga última
Autor: HANSEN (1970)

Carga última [Qult]	184,68 kN/m²
Resistencia de proyecto[Rd]	61,56 kN/m²
Factor de seguridad [Fs=Qult/Ed]	--

COEFICIENTE DE ASENTAMIENTO BOWLES (1982)

Costante di Winkler	7387,13 kN/m³

Carga última

Autore: HANSEN (1970) (Condición drenada)

Factor [Nq]	2,88
Factor [Nc]	9,12
Factor [Ng]	0,58
Factor forma [Sc]	1,11
Factor profundidad [Dc]	1,02
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor inclinación talud [Gc]	1,0
Factor inclinación base [Bc]	1,0
Factor forma [Sq]	1,07
Factor profundidad [Dq]	1,02
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor inclinación talud [Gq]	1,0

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

Factor inclinación base [Bq]	1,0
Factor forma [Sg]	0,86
Factor profundidad [Dg]	1,0
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor inclinación talud [Gg]	1,0
Factor inclinación base [Bg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0
Carga última	184,68 kN/m²
Resistencia de proyecto	61,56 kN/m²

Autore: TERZAGHI (1955) (Condición drenada)

Factor [Nq]	3,18
Factor [Nc]	10,55
Factor [Ng]	1,62
Factor forma [Sc]	1,0
Factor forma [Sg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0
Carga última	236,26 kN/m²
Resistencia de proyecto	78,75 kN/m²

Autore: MEYERHOF (1963) (Condición drenada)

Factor [Nq]	2,88
Factor [Nc]	9,12
Factor [Ng]	0,55
Factor forma [Sc]	1,1
Factor profundidad [Dc]	1,01
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor forma [Sq]	1,05
Factor profundidad [Dq]	1,01
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor forma [Sg]	1,05
Factor profundidad [Dg]	1,01
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0
Carga última	185,85 kN/m²
Resistencia de proyecto	61,95 kN/m²

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

==========

Autore: VESIC (1975) (Condición drenada)

==========

Factor [Nq]	2,88
Factor [Nc]	9,12
Factor [Ng]	1,6
Factor forma [Sc]	1,11
Factor profundidad [Dc]	1,02
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor inclinación talud [Gc]	1,0
Factor inclinación base [Bc]	1,0
Factor forma [Sq]	1,07
Factor profundidad [Dq]	1,02
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor inclinación talud [Gq]	1,0
Factor inclinación base [Bq]	1,0
Factor forma [Sg]	0,86
Factor profundidad [Dg]	1,0
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor inclinación talud [Gg]	1,0
Factor inclinación base [Bg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0

==========

Carga última	222,9 kN/m²
Resistencia de proyecto	74,3 kN/m²

==========

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condición drenada)

==========

Factor [Nq]	2,88
Factor [Nc]	9,12
Factor [Ng]	0,58
Factor forma [Sc]	1,11
Factor profundidad [Dc]	1,02
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor inclinación talud [Gc]	1,0
Factor inclinación base [Bc]	1,0
Factor forma [Sq]	1,07
Factor profundidad [Dq]	1,02
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor inclinación talud [Gq]	1,0
Factor inclinación base [Bq]	1,0
Factor forma [Sg]	0,9
Factor profundidad [Dg]	1,0
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor inclinación talud [Gg]	1,0

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

Factor inclinación base [Bg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0

Carga última	185,24 kN/m²
Resistencia de proyecto	61,75 kN/m²

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

TANQUE DE COMBUSTIBLE

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

DATOS GENERALES

Anchura cimentación	2,5 m
Longitud cimentación	2,8 m
Profundidad de cimentación	0,3 m
Altura de empotramiento	1,0 m

ESTRATIGRAFÍA TERRENO

Corr: Parámetros con factor de corrección (TERZAGHI)

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams:Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico; Ni: Poisson; Cv: Coef. consolidac. primaria; Cs: Coef. consolidación secundaria; cu: Cohesión sin drenar

DH [m]	Gam [kN/m³]	Gams [kN/m³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [kN/m²]	c Corr. [kN/m²]	Ey [kN/m²]
3,5	17,4	17,9	17,0	11,58	21,0	14,07	18500,0
16,5	17,7	18,2	19,2	13,13	23,0	15,41	62500,0

CARGA ÚLTIMA CIMENTACIÓN COMBINACIÓN…Carga última
Autor: MEYERHOF (1963)

Carga última [Qult]	197,44 kN/m²
Resistencia de proyecto[Rd]	65,81 kN/m²
Factor de seguridad [Fs=Qult/Ed]	--

COEFICIENTE DE ASENTAMIENTO BOWLES (1982)

Costante di Winkler	7897,44 kN/m³

Carga última

Autore: HANSEN (1970) (Condición drenada)

Factor [Nq]	2,86
Factor [Nc]	9,08
Factor [Ng]	0,57
Factor forma [Sc]	1,28
Factor profundidad [Dc]	1,05
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor inclinación talud [Gc]	1,0
Factor inclinación base [Bc]	1,0
Factor forma [Sq]	1,18
Factor profundidad [Dq]	1,03
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor inclinación talud [Gq]	1,0

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

Factor inclinación base [Bq]	1,0
Factor forma [Sg]	0,64
Factor profundidad [Dg]	1,0
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor inclinación talud [Gg]	1,0
Factor inclinación base [Bg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0
Carga última	197,69 kN/m²
Resistencia de proyecto	65,9 kN/m²

Autore: TERZAGHI (1955) (Condición drenada)

Factor [Nq]	3,15
Factor [Nc]	10,51
Factor [Ng]	1,6
Factor forma [Sc]	1,0
Factor forma [Sg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0
Carga última	199,04 kN/m²
Resistencia de proyecto	66,35 kN/m²

Autore: MEYERHOF (1963) (Condición drenada)

Factor [Nq]	2,86
Factor [Nc]	9,08
Factor [Ng]	0,54
Factor forma [Sc]	1,27
Factor profundidad [Dc]	1,03
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor forma [Sq]	1,13
Factor profundidad [Dq]	1,01
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor forma [Sg]	1,13
Factor profundidad [Dg]	1,01
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0
Carga última	197,44 kN/m²
Resistencia de proyecto	65,81 kN/m²

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

==========

Autore: VESIC (1975) (Condición drenada)

==========

Factor [Nq]	2,86
Factor [Nc]	9,08
Factor [Ng]	1,58
Factor forma [Sc]	1,28
Factor profundidad [Dc]	1,05
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor inclinación talud [Gc]	1,0
Factor inclinación base [Bc]	1,0
Factor forma [Sq]	1,18
Factor profundidad [Dq]	1,03
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor inclinación talud [Gq]	1,0
Factor inclinación base [Bq]	1,0
Factor forma [Sg]	0,64
Factor profundidad [Dg]	1,0
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor inclinación talud [Gg]	1,0
Factor inclinación base [Bg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0

==========

Carga última	211,81 kN/m²
Resistencia de proyecto	70,6 kN/m²

==========

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condición drenada)

==========

Factor [Nq]	2,86
Factor [Nc]	9,08
Factor [Ng]	0,57
Factor forma [Sc]	1,28
Factor profundidad [Dc]	1,05
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor inclinación talud [Gc]	1,0
Factor inclinación base [Bc]	1,0
Factor forma [Sq]	1,18
Factor profundidad [Dq]	1,03
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor inclinación talud [Gq]	1,0
Factor inclinación base [Bq]	1,0
Factor forma [Sg]	0,73
Factor profundidad [Dg]	1,0
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor inclinación talud [Gg]	1,0

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

Factor inclinación base [Bg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0

Carga última	197,97 kN/m²
Resistencia de proyecto	65,99 kN/m²

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

GARITA DE VIGILANCIA.

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

DATOS GENERALES

Anchura cimentación	1,0 m
Longitud cimentación	1,0 m
Profundidad de cimentación	1,5 m
Altura de empotramiento	1,0 m

ESTRATIGRAFÍA TERRENO

Corr: Parámetros con factor de corrección (TERZAGHI)

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams:Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico; Ni: Poisson; Cv: Coef. consolidac. primaria; Cs: Coef. consolidación secundaria; cu: Cohesión sin drenar

DH [m]	Gam [kN/m³]	Gams [kN/m³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [kN/m²]	c Corr. [kN/m²]	Ey [kN/m²]
3,5	17,4	17,9	17,0	11,58	21,0	14,07	18500,0
16,5	17,7	18,2	19,2	13,13	23,0	15,41	62500,0

CARGA ÚLTIMA CIMENTACIÓN COMBINACIÓN…Carga última
Autor: TERZAGHI (1955)

Carga última [Qult]	285,57 kN/m²
Resistencia de proyecto[Rd]	95,19 kN/m²
Factor de seguridad [Fs=Qult/Ed]	--

COEFICIENTE DE ASENTAMIENTO BOWLES (1982)

Costante di Winkler	11422,72 kN/m³

Carga última

Autore: HANSEN (1970) (Condición drenada)

Factor [Nq]	2,86
Factor [Nc]	9,08
Factor [Ng]	0,57
Factor forma [Sc]	1,32
Factor profundidad [Dc]	1,39
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor inclinación talud [Gc]	1,0
Factor inclinación base [Bc]	1,0
Factor forma [Sq]	1,2
Factor profundidad [Dq]	1,26
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor inclinación talud [Gq]	1,0

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

Factor inclinación base [Bq]	1,0
Factor forma [Sg]	0,6
Factor profundidad [Dg]	1,0
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor inclinación talud [Gg]	1,0
Factor inclinación base [Bg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0
Carga última	350,01 kN/m²
Resistencia de proyecto	116,67 kN/m²

Autore: TERZAGHI (1955) (Condición drenada)

Factor [Nq]	3,15
Factor [Nc]	10,51
Factor [Ng]	1,6
Factor forma [Sc]	1,3
Factor forma [Sg]	0,8
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0
Carga última	285,57 kN/m²
Resistencia de proyecto	95,19 kN/m²

Autore: MEYERHOF (1963) (Condición drenada)

Factor [Nq]	2,86
Factor [Nc]	9,08
Factor [Ng]	0,54
Factor forma [Sc]	1,3
Factor profundidad [Dc]	1,37
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor forma [Sq]	1,15
Factor profundidad [Dq]	1,18
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor forma [Sg]	1,15
Factor profundidad [Dg]	1,18
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0
Carga última	335,18 kN/m²
Resistencia de proyecto	111,73 kN/m²

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

==========

Autore: VESIC (1975) (Condición drenada)

==========

Factor [Nq]	2,86
Factor [Nc]	9,08
Factor [Ng]	1,58
Factor forma [Sc]	1,32
Factor profundidad [Dc]	1,39
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor inclinación talud [Gc]	1,0
Factor inclinación base [Bc]	1,0
Factor forma [Sq]	1,2
Factor profundidad [Dq]	1,26
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor inclinación talud [Gq]	1,0
Factor inclinación base [Bq]	1,0
Factor forma [Sg]	0,6
Factor profundidad [Dg]	1,0
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor inclinación talud [Gg]	1,0
Factor inclinación base [Bg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0

==========

Carga última	355,29 kN/m²
Resistencia de proyecto	118,43 kN/m²

==========

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condición drenada)

==========

Factor [Nq]	2,86
Factor [Nc]	9,08
Factor [Ng]	0,57
Factor forma [Sc]	1,31
Factor profundidad [Dc]	1,39
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor inclinación talud [Gc]	1,0
Factor inclinación base [Bc]	1,0
Factor forma [Sq]	1,2
Factor profundidad [Dq]	1,26
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor inclinación talud [Gq]	1,0
Factor inclinación base [Bq]	1,0
Factor forma [Sg]	0,7
Factor profundidad [Dg]	1,0
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor inclinación talud [Gg]	1,0

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com

Factor inclinación base [Bg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0

Carga última	348,98 kN/m²
Resistencia de proyecto	116,33 kN/m²

Calle 106 # 12A – 67 Barrio la Paz – PBX 3 855 600 – Celulares: 300 850 4949 - 300 850 4747 - 300 850 4848
comercial@construsuelos.com - presidencia@construsuelos.com - ingenieria@construsuelos.com