ESTUDIO DE SUELOS Y GEOTÉCNICO



ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLAZOLETA DE FERIAS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN MARTÍN CESAR.

JUNIO

2025

Ocaña N.S Calle 20C N°14I-02 Urb Villas del Rosario
Correo: victor2218f@gmail.com
Cel: 3146684953

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 9
1.1 Objetivo del estudio geotécnico. 9
2 ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO. 10
2.1 Objetivo del Estudio. 10
2.2 Aspectos de Localización 10
2.3 Descripción General, Sistema Estructural y Evaluación de Cargas del Proyecto. 12
3 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS REGIONALES Y LOCALES. 12
3.1 Geología regional. 12
3.2 Geología local. 13
3.3 Geología estructural. 14
3.4 Clima. 15
4 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO 15
4.1 Metodología 15
4.2 Reconocimiento de Campo. 16
4.3 Exploración del perfil del suelo. 16
4.4 Ensayos de laboratorio. 17
4.5 Nivel Piezométrico o de Aguas Freáticas. 18
5 EFECTOS LOCALES 18
5.1 Sismicidad. 18
5.2 Tipo de perfil de suelo 19
5.3 Espectro de diseño 19
6 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO 21
6.1 Características Generales del Terreno de Fundación. 21
6.2 Perfil Litológico. 22
6.2.1 Sondeos: 22
6.2.2 Apiques 46
6.3 Resultados de granulometría sondeos y perfil de humedad. 52
6.4 Pesos unitarios 55
6.5 Suelos Expansivos. 57
6.6 Suelos Dispersos o Erodables. 58
6.7 Suelos Colapsables. 59
6.8 Efectos de la Vegetación. 60
6.9 Consistencia del Suelo 61
7 ANÁLISIS GEOTÉCNICO 63

7.1 Resumen caracterización geotécnica. 63
8 PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE. 65
9 CAPACIDAD DE CARGA. 70
9.1 Alternativas de cimentación. 70
9.2 Nivel o cota de cimentación. 70
9.3 Cimentaciones superficiales. 71
9.4 Ecuación de Terzaghi. 72
9.5 Resultados de capacidad de carga admisible. 72
9.6 Análisis de factor de seguridad, teniendo en cuenta las cargas de servicio (CM+CVN) vs la carga última del suelo. 75
10 MÓDULO DE REACCIÓN DEL SUELO DE FUNDACIÓN. 76
11 ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS. 77
12 ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL SUELO CBR. 78
12.1 Ensayo método CBR SUMERGIDO INV E – 148- 13. 78
12.2 Clasificación del potencial de expansión del suelo de la subrasante de cada una de las Unidades de Diseño. 78
12.3 Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia. 79
13 CONCLUSIONES. 81
14 RECOMENDACIONES. 83
15 ANEXOS. 89
15.1 Ensayos del Laboratorio. 90
15.2 Perfiles. 91

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización general de la zona de estudio, m/pio de San Martín, Cesar. 10
Figura 2. Localización especifica de la zona de Estudio. 10
Figura 3. Localización de la zona de estudio 11
Figura 4. Localización de la zona de estudio Sondeo No.1, No.2 y No.3 - Planta Arquitectónica 12
Figura 5. Mapa geológico plancha 86 – Abrego. 14
Figura 6. Localización de amenaza sísmica del Municipio de San Martín, Cesar. 18
Figura 7. Espectro de Diseño para la zona de estudio 20
Figura 8. Perfil litológico del sondeo No. 1 27
Figura 9. Perfil litológico del sondeo No. 2 33
Figura 10. Perfil litológico del sondeo No. 3. 39
Figura 11. Perfil litológico del sondeo No. 4. 45
Figura 12. Perfil estratigráfico del Apique No.1-2 48
Figura 13. Perfil estratigráfico del Apique No.3-4 51
Figura 14 Distribución porcentual de materiales a lo largo del terreno. 54
Figura 15. Consistencia del suelo vs Limites de Atterberg. 61

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Localización de Sondeos en la zona de estudio. 11
Tabla 2. Localización de Apiques en la zona de estudio. 11
Tabla 3. Observaciones rechazo al NSPT. 17
Tabla 4. Ensayos de Laboratorio. 17
Tabla 5. Parámetros sísmicos y definición de amenaza para la zona de estudio 18
Tabla 6. Determinación de la Velocidad de Onda de Corte. 19
Tabla 7. Clasificación de los perfiles de suelo según la NSR-10. 19
Tabla 8. Coeficientes de ampliación para el espectro de diseño. 19
Tabla 9 Perfil granulométrico, humedad y consistencia - Perforación geotécnica Sondeo 1-2. 52
Tabla 10 Perfil granulométrico, humedad y consistencia - Perforación geotécnica Sondeo 3. 53
Tabla 11 Perfil granulométrico, humedad y consistencia - Perforación geotécnica Sondeo 4. 53
Tabla 12. Perfil pesos unitarios Sondeo 1-2. 55
Tabla 13. Perfil pesos unitarios Sondeo 3. 56
Tabla 14. Perfil pesos unitarios Sondeo 4. 56
Tabla 15. Clasificación de suelos expansivos. 57
Tabla 16. Clasificación de suelos expansivos para cada sondeo. 58
Tabla 17. Determinación de la Colapsabilidad. 60
Tabla 18. Consistencia del suelo vs Limites de Atterberg. 62
Tabla 19. Caracterización geotécnica sondeos. 63
Tabla 20. Caracterización geotécnica Apiques 64
Tabla 21. Valores de densidad relativa y γhum en suelos granulares, relacionados con el número de golpes, N, del ensayo normal de penetración. 65
Tabla 22. Valores empíricos de qu (*) y consistencia de suelos cohesivos, relacionados con el número de golpes, N, del ensayo normal de penetración. 65
Tabla 23. Correlaciones usadas para estimar Su en suelos cohesivos a partir del N60. 67
Tabla 24. Correlaciones usadas para determinar φ en suelos granulares a partir del $N1_{45}$ 67
Tabla 25. Valores de N_{45}, N_{60}, Cu y Ángulo de Fricción - Sondeo No. 1. 68
Tabla 26. Valores de N_{45}, N_{60}, Cu y Ángulo de Fricción - Sondeo No. 2. 68
Tabla 27. Valores de N_{45}, N_{60}, Cu y Ángulo de Fricción - Sondeo No. 3. 69
Tabla 28. Valores de N_{45}, N_{60}, Cu y Ángulo de Fricción - Sondeo No. 4. 69
Tabla 29. Capacidad de carga admisible, coeficiente de balasto Suelo Granulares – Sondeo No. 1. 73
Tabla 30. Capacidad de carga admisible, coeficiente de balasto Suelo Granulares – Sondeo No. 2. 73
Tabla 31. Capacidad de carga admisible, coeficiente de balasto Suelos Cohesivos– Sondeo No. 3. 74
Tabla 32. Capacidad de carga admisible, coeficiente de balasto Suelos Cohesivos– Sondeo No. 4. 74

Tabla 33. Capacidad de carga admisible, coeficiente de balasto Suelos Granulares – Sondeo No. 4. 75
Tabla 34. Factores de seguridad indirectos según NSR-10. 75
Tabla 35. Chequeo de factor de seguridad Carga ultima vs Presión de contacto. 76
Tabla 36. Chequeo de factor de seguridad Carga ultima vs Presión de contacto. 76
Tabla 37. Asentamientos inmediatos tarima. 77
Tabla 38. Asentamientos inmediatos cubierta. 78
Tabla 39. % CBR Apiques 78
Tabla 40. Correlación Límites de consistencia vs. Potencial de expansión. 79
Tabla 41. Hinchamiento Potencial 79
Tabla 42. Categoría de subrasante según el CBR (%). 79
Tabla 43. Clasificación de la subrasante de acuerdo a su resistencia - % CBR SUMERGIDO INVE-148-13 79

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Realización del Sondeo No. 1. 22
Fotografía 2. Realización del Sondeo No. 1. 22
Fotografía 3. Material encontrado de 0.0 – 0.5 m del Sondeo No. 1..... 23
Fotografía 4. Material encontrado de 0.5 – 1.0 m del Sondeo No. 1..... 23
Fotografía 5. Material encontrado de 1.0 – 1.5 m del Sondeo No. 1..... 23
Fotografía 6. Material encontrado de 1.5 – 2.0 m del Sondeo No. 1..... 24
Fotografía 7. Material encontrado de 2.0 – 2.5 m del Sondeo No. 1..... 24
Fotografía 8. Material encontrado de 2.5 – 3.0 m del Sondeo No. 1..... 24
Fotografía 9. Material encontrado de 3.0 – 3.5 m del Sondeo No. 1..... 25
Fotografía 10. Material encontrado de 3.5 – 4.0 m del Sondeo No. 1..... 25
Fotografía 11. Material encontrado de 4.0 – 4.5 m del Sondeo No. 1..... 25
Fotografía 12. Material encontrado de 4.5 – 5.0 m del Sondeo No. 1..... 26
Fotografía 13. Material encontrado de 5.0 – 5.5 m del Sondeo No. 1..... 26
Fotografía 14. Material encontrado de 5.5 – 6.0 m del Sondeo No. 1..... 26
Fotografía 15. Realización del Sondeo No. 2. 28
Fotografía 16. Realización del Sondeo No. 2. 28
Fotografía 17. Material encontrado de 0.0 – 0.5 m del Sondeo No. 2..... 29
Fotografía 18. Material encontrado de 0.5 – 1.0 m del Sondeo No. 2..... 29
Fotografía 19. Material encontrado de 1.0 – 1.5 m del Sondeo No. 2..... 29
Fotografía 20. Material encontrado de 1.5 – 2.0 m del Sondeo No. 2..... 30
Fotografía 21. Material encontrado de 2.0 – 2.5 m del Sondeo No. 2..... 30
Fotografía 22. Material encontrado de 2.5 – 3.0 m del Sondeo No. 2..... 30
Fotografía 23. Material encontrado de 3.0 – 3.5 m del Sondeo No. 2..... 31
Fotografía 24. Material encontrado de 3.5 – 4.0 m del Sondeo No. 2..... 31
Fotografía 25. Material encontrado de 4.0 – 4.5 m del Sondeo No. 2..... 31
Fotografía 26. Material encontrado de 4.5 – 5.0 m del Sondeo No. 2..... 32
Fotografía 27. Material encontrado de 5.0 – 5.5 m del Sondeo No. 2..... 32
Fotografía 28. Material encontrado de 5.5 – 6.0 m del Sondeo No. 2..... 32
Fotografía 29. Realización del Sondeo No. 3. 34
Fotografía 30. Realización del Sondeo No. 3. 34
Fotografía 31. Material encontrado de 0.0 – 0.5 m del Sondeo No. 3..... 35
Fotografía 32. Material encontrado de 0.5 – 1.0 m del Sondeo No. 3..... 35
Fotografía 33. Material encontrado de 1.0 – 1.5 m del Sondeo No. 3..... 35
Fotografía 34. Material encontrado de 1.5 – 2.0 m del Sondeo No. 3..... 36

Fotografía 35. Material encontrado de 2.0 – 2.5 m del Sondeo No. 3 36
Fotografía 36. Material encontrado de 2.5 – 3.0 m del Sondeo No. 3 36
Fotografía 37. Material encontrado de 3.0 – 3.5 m del Sondeo No. 3 37
Fotografía 38. Material encontrado de 3.5 – 4.0 m del Sondeo No. 3 37
Fotografía 39. Material encontrado de 4.0 – 4.5 m del Sondeo No. 3 37
Fotografía 40. Material encontrado de 4.5 – 5.0 m del Sondeo No. 3 38
Fotografía 41. Material encontrado de 5.0 – 5.5 m del Sondeo No. 3 38
Fotografía 42. Material encontrado de 5.5 – 6.0 m del Sondeo No. 3 38
Fotografía 43. Realización del Sondeo No. 4. 40
Fotografía 44. Realización del Sondeo No. 4. 40
Fotografía 45. Material encontrado de 0.0 – 0.5 m del Sondeo No. 4 41
Fotografía 46. Material encontrado de 0.5 – 1.0 m del Sondeo No. 4 41
Fotografía 47. Material encontrado de 1.0 – 1.5 m del Sondeo No. 4 41
Fotografía 48. Material encontrado de 1.5 – 2.0 m del Sondeo No. 4 42
Fotografía 49. Material encontrado de 2.0 – 2.5 m del Sondeo No. 4 42
Fotografía 50. Material encontrado de 2.5 – 3.0 m del Sondeo No. 4 42
Fotografía 51. Material encontrado de 3.0 – 3.5 m del Sondeo No. 4 43
Fotografía 52. Material encontrado de 3.5 – 4.0 m del Sondeo No. 4 43
Fotografía 53. Material encontrado de 4.0 – 4.5 m del Sondeo No. 4 43
Fotografía 54. Material encontrado de 4.5 – 5.0 m del Sondeo No. 4 44
Fotografía 55. Material encontrado de 5.0 – 5.5 m del Sondeo No. 4 44
Fotografía 56. Material encontrado de 5.5 – 6.0 m del Sondeo No. 4 44
Fotografía 57. Realización Apique No.1 46
Fotografía 58. Realización Apique No.1 46
Fotografía 59. Realización Apique No.2 47
Fotografía 60. Realización Apique No.2 47
Fotografía 61. Realización Apique No.3 49
Fotografía 62. Realización Apique No.3 49
Fotografía 63. Realización Apique No.4 50
Fotografía 64. Realización Apique No.4 50

1 INTRODUCCIÓN.

Este proyecto surge de una necesidad expresada, la cual requiere de la ejecución del proyecto **"ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLAZOLETA DE FERIAS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN MARTÍN CESAR".**

En la construcción de obras civiles, no solo basta tener en cuenta las variables que involucra el diseño de la estructura, sino que debe realizarse un estudio geotécnico y de suelos que permita establecer las propiedades geomecánicas, que determinan las condiciones necesarias de estabilidad y que permiten dar las conclusiones y recomendaciones en los procesos geodinámicos para dar las condiciones de estabilidad necesarias para el diseño de la estructura y la cimentación.

El presente informe contiene detalles acerca de los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, estratigrafía, análisis de capacidad portante, asentamientos, estabilidad, un resumen y recomendaciones.

Para la realización del presente informe se han seguido los lineamientos generales de las normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente NSR – 10, el manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, y las normas colombianas para ensayos de laboratorio del INVIAS 2023.

1.1 Objetivo del estudio geotécnico.

El presente estudio geotécnico está orientado a la investigación, el análisis de las propiedades físicas del suelo de fundación, localización del nivel del agua subterránea o freático, identificación de los problemas inherentes al suelo, a la formación geológica, a la topografía de la zona y a las características hidrogeológicas del sitio; para finalmente suministrar la información necesaria para una óptima construcción de la obra proyectada.

2 ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO.

2.1 Objetivo del Estudio.

Definir las características actuales del suelo para la construcción de la plazoleta de ferias, ubicado en el municipio de San Martín, Cesar.

2.2 Aspectos de Localización.

La zona de estudio está ubicada en el municipio de San Martín, departamento Cesar.

Figura 1. Localización general de la zona de estudio, m/pio de San Martín, Cesar.



Fuente. Editado de Wikipedia.

Figura 2. Localización especifica de la zona de Estudio.



Fuente. Google Earth

El municipio de San Martín se encuentra localizado en el departamento del Cesar entre las coordenadas geográficas 8°00'00"N y 73°30'37"O. Su extensión total es de 905.55 Km2 aproximadamente. Limita al Sur con el municipio de San Alberto, al oriente con el municipio de Ocaña, al norte con los municipios de Aguachica y Rio de Oro, y al occidente limita con el departamento de Santander.

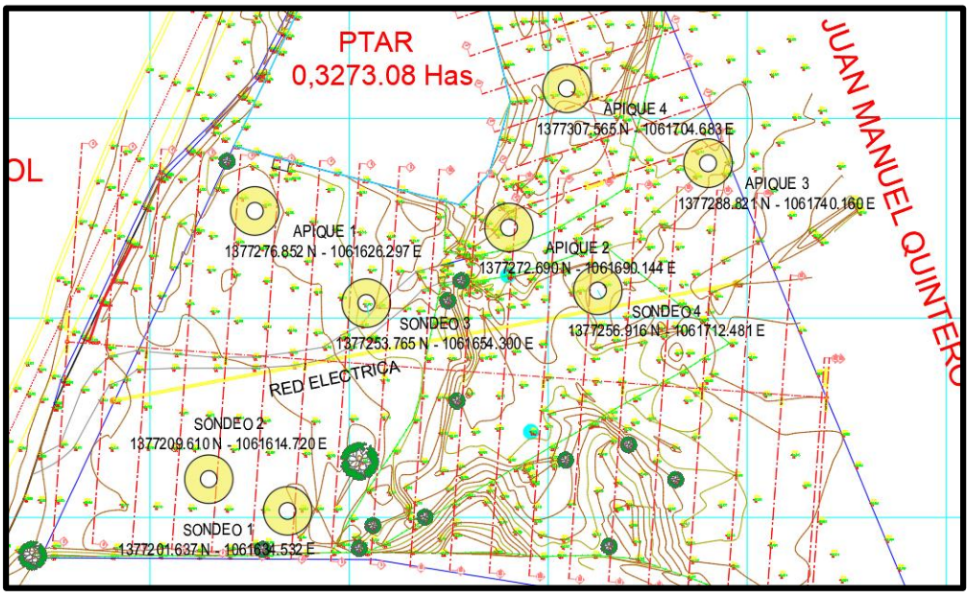
Tabla 1. Localización de Sondeos en la zona de estudio.

UBICACIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO							
Sondeo No.	Ubicación	Localicación en el sitio	Profundidad (m)	Cota Inicial (m)	Cota Final (m)	Coordenadas	
						N	E
S1	Plazoleta de ferias, San Martín, Cesar	Área de oficinas y tarima	6,0	NT	-6,00	1377201,637	1061634,532
S2			6,0	NT	-6,00	1377209,610	1061614,720
S3		Plazuela	6,0	NT	-6,00	1377253,765	1061654,300
S4		Zona juegos	6,0	NT	-6,00	1377256,916	1061712,481

Tabla 2. Localización de Apiques en la zona de estudio.

UBICACIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO					
APIQUE No.	UBICACIÓN	LADO	COORDENADAS PLANO		PROFUNDIDAD (m)
			NORTE	ESTE	
1	Plaza de ferias, San Martín	Vía de Acceso	1377276,852	1061626,297	1,5
2			1377272,690	1061690,144	1,5
3		Parqueadero	1377288,821	106174,160	1,5
4			1377307,565	10617044,683	1,5

Figura 3. Localización de la zona de estudio

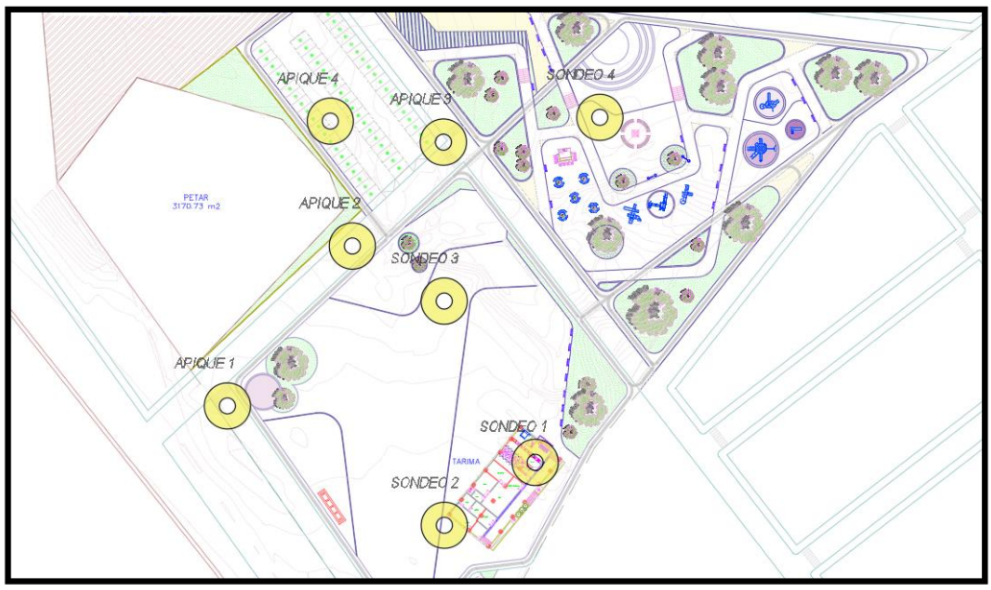


2.3 Descripción General, Sistema Estructural y Evaluación de Cargas del Proyecto.

El proyecto consiste en elaborar los estudios y diseños para la zonstrucción de la plazoleta de ferias, en el municipio de San Martín, Cesar.

Contará con una tarima, zona de juegos biosaludables, parqueaderos y vía de acceso.

Figura 4. Localización de la zona de estudio Sondeo No.1, No.2 y No.3 - Planta Arquitectónica



3 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS REGIONALES Y LOCALES.

Todo proyecto para construir está influenciado por las condiciones geológicas, tanto locales como regionales, y ninguna de las dos debe descartarse con miras a realizar los diseños respectivos y evaluar el comportamiento futuro de las obras construidas.

3.1 Geología regional.

Las formaciones litológicas existentes en el municipio se encuentran dentro de la zona comprendida entre parte de la cordillera oriental y la Serranía del Perijá hasta las márgenes del río Lebrija. La mayor parte del municipio se encuentra sobre depósitos fluviales, los cuales se formaron en el periodo cuaternario, la gran parte de la montañosa se encuentra sobre rocas metamórficas e Ígneas de precámbrico y jurásico.

De las rocas más antiguas a más recientes se presentan las siguientes:

ROCA METAMORFICA

NEIS DE BUCARAMANGA (pDb). Se presenta en la margen oriental del municipio; Consta de paraneis, pocos esquistos, neis biotitico-hornblendico con numerosas masas de pequeñas de ortoneis. Presentan un metamorfismo de alto grado. Predevonico, con edad de aproximadamente 408m.a.

ROCA ÍGNEA - TONALITA (TRt). Se presenta en la margen oriental del municipio en franja alargada instruyendo a la roca metamórfica. Color gris, ligeramente verdoso, fanerítica de grano medio y constituido por cuarzo, plagioclasa, hornblenda y biotita. Triásico, con edad aproximadamente 245m.a.

RIOLITA**.** Se presenta en la margen oriental del municipio en franja alargada en contacto con la tonalita. Color gris a gris ligeramente verdoso, con fenocristales de cuarzo y feldespato en una matriz de color rosado. Triasico, con edad aproximadamente 245 m.a.

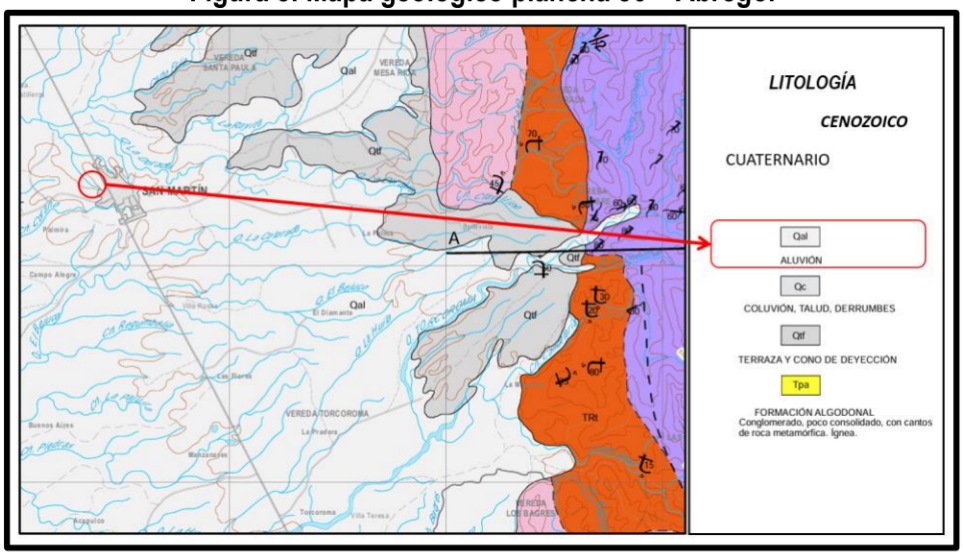
DEPÓSITOS INCONSOLIDADOS. Depósitos fluviales (Qal – Qfl), Corresponde a depósitos jóvenes de la era Cenozoica, periodo Cuaternario, provenientes de los sedimentos de la cordillera Oriental, se encuentran en la mayor parte del municipio correspondiente a la zona plana, desde la ribera del río Lebrija hasta las estribaciones de la cordillera.

3.2 Geología local.

Se distinguen depósitos de terraza y conos de deyección. Los depósitos coluviales, de talud y derrumbes son relativamente escasos y de pequeñas dimensiones. Los depósitos aluviales que corresponden a los valles de los ríos son los de mayor extensión superficiaria, siendo los más importantes los de borde oeste del área y que corresponden a los valles de los ríos Lebrija y Magdalena.

(Qal) Aluvión: Los depósitos aluviales corresponden a los valles de los ríos, son los de mayor extensión superficiaria, siendo los más importantes los de borde oeste del área y que corresponden a los valles de los ríos Lebrija y Magdalena.

Figura 5. Mapa geológico plancha 86 – Abrego.



Fuente. Editado de la Plancha 86 – Ábrego del SGC.

3.3 Geología estructural.

En la Provincia Cordillerana se ubica la terminación noreste del Sistema de Fallas de Algeciras.
Sistema de Fallas de Algeciras

La Falla de Algeciras constituye un rasgo tectónico principal, de extensión regional que se presenta en la Cordillera Oriental de Colombia, y se ha interpretado como una estructura de rumbo con desplazamiento dextral que converge al norte con el Sistema de Fallas de Guaicáramo, se extiende al suroccidente de Colombia y alcanza territorio ecuatoriano.

Falla de Algeciras sur

La Falla Algeciras sur en San Martín, tiene un rumbo regional NE, y buzamiento hacia el NW, durante parte de su evolución ha tenido movimientos dextrales inversos ocasionando una vergencia NE y un pronunciado levantamiento del bloque colgante. El trazo de la falla se localiza al oeste de los municipios de San Martin, Granada, Cubarral y Lejanías, donde pone en contacto rocas paleozoicas y neógenas.

Geometría de la falla: La Falla Algeciras presenta una tendencia regional NE, tiene una serie de ramificaciones en el bloque NW que generan sub-bloques de formas lenticulares nucleados en cuerpos de roca de diferente composición y edad (por ejemplo, Metagabro del Ariari). El bloque sureste de la

estructura tiene al menos tres ramificaciones en la zona de estudio, que parecen corresponder a fallas sintéticas. Las ramificaciones nombradas de sur a norte como fallas La Florida y Villa Lucía corresponderían a una terminación en cola de caballo característica de este tipo de estructuras.

Deformación asociada: Los afloramientos analizados localizados en la zona de deformación permitieron identificar rocas de falla en las que hay deformación dúctil (rocas de las serie de las milonitas) y deformación frágil (rocas de la serie de las cataclasitas, brechas y harina de falla). Se muestran estructuras mesoscópicas asociadas a la falla y diagramas estereográficos de datos estructurales. Se muestran algunos datos de superficies estriadas los cuales indican movimientos inversos dextrales y dextrales. La deformación dúctil generada por la falla se describe principalmente en dos sitios, en la margen derecha del río Yamánez y en la quebrada La Cristalina sur en inmediaciones de la vereda Lusitania, se asocia a una región relativamente ancha de milonitas sobre la margen derecha del río Guejar. Por otro lado, las rocas miloníticas derivadas de la Formación Ariari, formadas dúctilmente tienen sobreimpuesta una deformación frágil representada por una foliación cataclástica y zonas con desarrollo de cataclasis.

3.4 Clima.

El municipio de San Martín, está opresivo, mojado y nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 24°C a 33°C y rara vez baja a menos de 22 °C o sube a más de 36°C.

4 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

4.1 Metodología

Para definir las características actuales del suelo para la para la construcción de la plaza de ferias del municipio de San Martín, se efectuó la siguiente metodología:

- Establecer el número de sondeos y la profundidad de perforación, así como el tipo de ensayo in situ y ensayos de laboratorio.

- Realizar los análisis geotécnicos para determinar el sistema de cimentación más conveniente, incluyendo tipo y profundidad de cimentación, capacidad de soporte y asentamientos probables.

- Los ensayos de laboratorio se realizan para obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo, sus propiedades de resistencia, asentamientos, se presenta el resumen del proceso:

- ✓ Reconocimiento de Campo.
- ✓ Tomas de muestras alteradas y ensayo de campo SPT.
- ✓ Ejecución de ensayos de laboratorio.
- ✓ Evaluación de los trabajos de campo y laboratorio.
- ✓ Perfil litológico.
- ✓ Análisis de la Capacidad Portante Admisible.
- ✓ Conclusiones y recomendaciones.

4.2 Reconocimiento de Campo.

Se realiza inicialmente una exploración rápida del área de trabajo para recolectar información característica del sitio, identificar las características topografías, geotécnicas y definir los sitios donde se realizan los ensayos de campo.

La zona de estudio consiste en un terreno con poca vegetación, se observa en toda la zona material de relleno; se realizaron cuatro (4) sondeos y cuatro (4) apiques distribuidos uniformemente dentro de la zona para cubrir completamente el área que ocupara la construcción y pavimentación proyectada.

4.3 Exploración del perfil del suelo.

Para la ejecución de los trabajos de investigación del subsuelo se tomó como referencia el título H de la norma NSR-10 y las normas del INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, con el fin de determinar los espesores de los suelos sueltos y encontrar los horizontes de roca o suelo residual competente para cimentar la estructura proyectada.

Se realizaron cuatro (4) sondeos continuos a Percusión con SPT a seis (6.0) metros de profundidad, el suelo no presenta rechazo al NSPT hasta la profundidad explorada.

Nota importante: De acuerdo con la norma ASTM D 1586, para considerar rechazo se debe cumplir alguna de las siguientes condiciones:

1. Se aplica un total de 50 golpes durante cualquiera de los tres incrementos de 15 cm que componen la prueba.

2. No se observa avance de la cuchara, durante la aplicación de 10 golpes sucesivos.

3. Se aplica más de 100 golpes en la suma de los dos últimos intervalos de 15 cm que componen un pie (30 cm).

Tabla 3. Observaciones rechazo al NSPT.

No. Sondeo	Profundidad rechazo(m)	Observaciones
1	6,0	Suelo no presenta rechazo.
2	6,0	Suelo no presenta rechazo.
3	6,0	Suelo no presenta rechazo.
4	6,0	Suelo no presenta rechazo.

4.4 Ensayos de laboratorio.

En los distintos sondeos se realizaron muestreos representativos de los diferentes estratos o capas de suelo, tomando muestras alteradas mediante recuperación con tubo partido para realizar ensayos de Humedad (contenido de agua), Limites de Atterberg (plasticidad), Granulometría (tamaño de grano) y Peso Unitario Parafinado con el fin de determinar las propiedades físicas de los suelos explorados.

Estos ensayos se realizaron en el laboratorio de suelos, pavimentos y concretos **SOLUCIONES GEOCIVILES S.A.S** de la ciudad Ocaña. Las muestras obtenidas se describieron e identificaron en campo y laboratorio para posteriormente realizar el programa de ensayos que se muestra en la Siguiente Tabla Estos se pueden ver en los anexos de este estudio.

Tabla 4. Ensayos de Laboratorio.

ENSAYO	*NORMA*
Granulometría (tamaño de granos)	INV E-123-13
Contenido de humedad	INV E-122-13
Limite plástico e Índice de Plasticidad	INV E-126-13
Limite Liquido	INV E-125-13
Clasificación	INV E-180 Y 181-13
Penetración Estándar	INV E-111-13
Peso Unitario Parafinado	ASTM D 7263
Proctor Modificado	INV E -142-13
CBR	INV E – 148-13

En el **Anexo 1** se muestran los resultados de los ensayos de laboratorio para cada sondeo.

4.5 Nivel Piezométrico o de Aguas Freáticas.

En la zona de estudio se encontró nivel freático a un (1.0) metro en el Sondeo No. 1 y No. 2, sondeo No.3 a dos punto cinco (2.5) metros y sondeo No.4 a dos (2.0) metros de profundidad al momento de la exploración cabe resaltar que los sondeos se realizaron en el mes de junio del 2025.

5 EFECTOS LOCALES

5.1 Sismicidad.

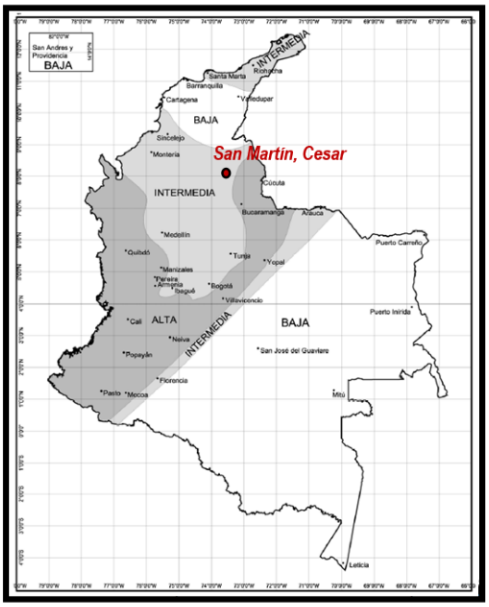
De acuerdo con la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10, los parámetros de diseño sismo-resistente específicos para el proyecto son los siguientes:

Tabla 5. Parámetros sísmicos y definición de amenaza para la zona de estudio

Departamento	*Municipio*	*Aa*	*Av*	*Zona de Amenaza*
San Martín	Cesar	0,20	0,15	Intermedia

Fuente: Apéndice A-4, Título A, NSR-10

Figura 6. Localización de amenaza sísmica del Municipio de San Martín, Cesar.



Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10

5.2 Tipo de perfil de suelo

Para la definición del tipo de perfil de suelo Según el Artículo A.2.4.4 de la NSR-10, se calculó un N promedio de los cuatro (4) sondeos para el cálculo de la velocidad de onda de corte (Vs)

- Perfil de suelo natural = ***Tipo D***; Velocidad de onda de Corte 180 m/s < VS = 220.26 m/s < 360 m/s.
- Coeficiente Fa para la zona de periodos cortos del espectro= 1.2
- Coeficiente de sitio Fv para la zona de periodos intermedios del espectro= 1.9

Tabla 6. Determinación de la Velocidad de Onda de Corte.

DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE	
PENETRACIÓN ESTANDAR (golpes) (NSPT)	15
VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE (VS m/s)	220,26

Tabla 7. Clasificación de los perfiles de suelo según la NSR-10.

Tabla A.2.4-1 *Clasificación de los Perfiles de Suelo*		
Tipo de perfil	**Descripción**	**Definición**
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s > $\overline{V_s}$ ≥ 180 m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	50 > $\overline{N}$ ≥ 15, o 100 kPa (≈1 kgf/cm²) > $\overline{s_u}$ ≥ 50 kPa (≈0.5 kgf/cm²)

Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10

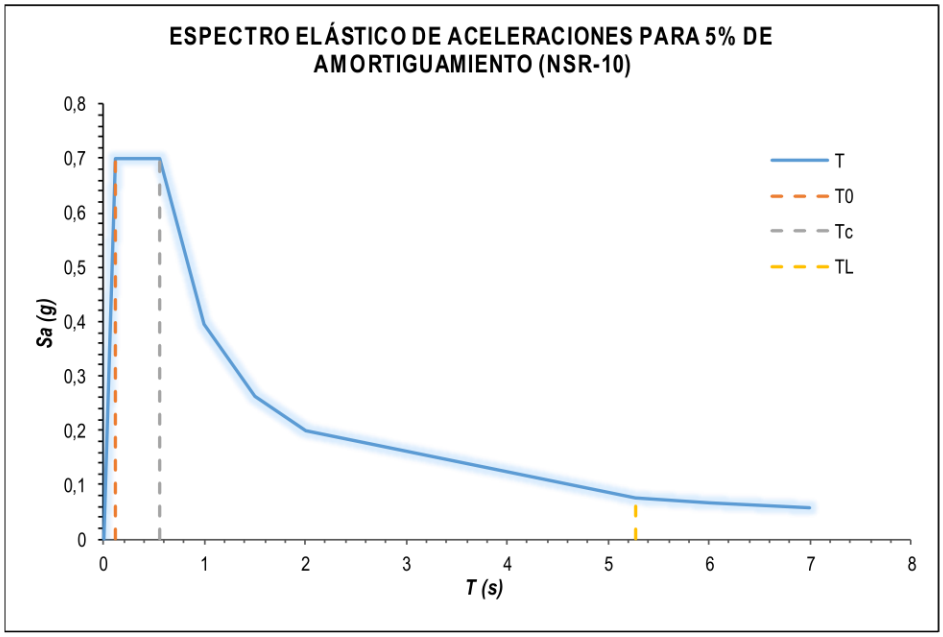
5.3 Espectro de diseño

De acuerdo con El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), un espectro es la colección de valores máximos, ya sea de aceleración, velocidad o desplazamientos que tienen los sistemas de un grado de libertad durante un sismo. (Capítulo A.13, Título A, NSR-10)

Tabla 8. Coeficientes de ampliación para el espectro de diseño.

Departamento	*Municipio*	*Aa*	*Av*	*Fa*	*Fv*	*Grupo de Uso*	*Coeficiente de Importancia*
San Martín	Cesar	0,20	0,15	1,40	2,20	I	1,00

Figura 7. Espectro de Diseño para la zona de estudio



Aa	0,20
Fa	1,40
Av	0,15
Fv	2,20
I	1,00
T_0	0,12
T_c	0,57
T_L	5,28

6 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO

6.1 Características Generales del Terreno de Fundación.

El terreno en estudio presenta las siguientes características:

- ✓ En el área de estudio se proyecta la construcción de la plazoleta de ferias del municipio de San Martín, Cesar.
- ✓ En la exploración de campo se encontraron *suelos compuestos por rellenos colocados con poca compactación* (Arena arcillosa de plasticidad media, en estado húmedo y saturado (SC); arena bien gradada de finos limosos de plasticidad nula, en estado saturado (SW-SM); arena limosa de plasticidad nula en estado saturado (SM) y arena bien gradada de finos arcillosos de plasticidad media (SW-SC)).
- ✓ El suelo presenta características granulares en los Sondeos No.1, No.2 y No.4, y características cohesivas en los sondeos No.3 y No.4.
- ✓ La zona de estudio se caracteriza por tener una topografía de plana a suavemente inclinada.
- ✓ En la zona de estudio se encontró nivel freático a un (1.0) metro en el Sondeo No. 1 y No. 2, sondeo No.2 a dos punto cinco (2.5) metros y sondeo No.4 a dos (2.0) metros de profundidad al momento de la exploración cabe resaltar que los sondeos se realizaron en el mes de junio del 2025.
- ✓ Se realizaron cuatro (4) sondeos continuos a Percusión con SPT a seis (6.0) metros de profundidad, el suelo no presenta rechazo al NSPT hasta la profundidad explorada.

6.2 Perfil Litológico.

6.2.1 Sondeos:

Sondeo No. 1 – Área de oficinas y Tarima: Se encontró un perfil litológico, definido de la siguiente manera: Relleno; de 0.0 a 1.0 m, arena bien gradada de finos arcillosos con presencia de grava, color marrón (7,5YR-4/4), en estado húmedo (SW-SC); de 1.0 a 2.0 m, arena arcillosa de plasticidad media, color gris muy oscuro (5Y-3/1), en estado saturado (SC); de 2.0 a 3.0 m, arena limosa de plasticidad media, color gris muy oscuro (5Y-3/1), en estado saturado (SM); de 3.0 a 4.0 m, arena bien gradada de finos limosos de plasticidad nula, color gris oliva oscuro (5Y-3/2), en estado saturado (SW-SM); de 4.0 a 5.0 m, arena bien gradada de finos arcillosos, de plasticidad media, color marrón (10YR-5/3), en estado saturado (SW-SC); de 5.0 a 6.0 m, arena arcillosa de plasticidad media, color marrón (10YR-5/3) y marrón amarillento oscuro (10YR-4/6), en estado saturado (SC). ***Ver fotografías 1 a 14 – figura 7.***

Fotografía 1. Realización del Sondeo No. 1.



Fotografía 2. Realización del Sondeo No. 1.



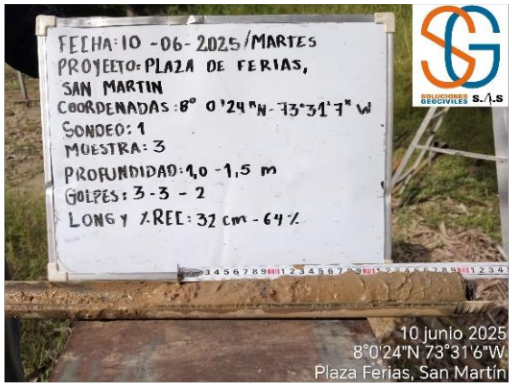
Fotografía 3. Material encontrado de 0.0 – 0.5 m del Sondeo No. 1.



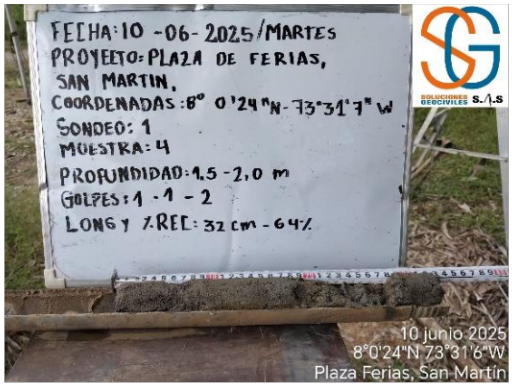
Fotografía 4. Material encontrado de 0.5 – 1.0 m del Sondeo No. 1.



Fotografía 5. Material encontrado de 1.0 – 1.5 m del Sondeo No. 1.



Fotografía 6. Material encontrado de 1.5 – 2.0 m del Sondeo No. 1.



Fotografía 7. Material encontrado de 2.0 – 2.5 m del Sondeo No. 1.



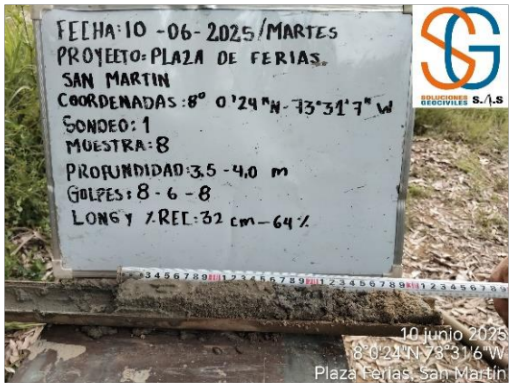
Fotografía 8. Material encontrado de 2.5 – 3.0 m del Sondeo No. 1.



Fotografía 9. Material encontrado de 3.0 – 3.5 m del Sondeo No. 1.



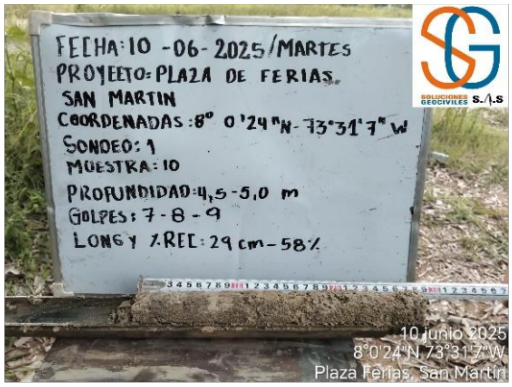
Fotografía 10. Material encontrado de 3.5 – 4.0 m del Sondeo No. 1.



Fotografía 11. Material encontrado de 4.0 – 4.5 m del Sondeo No. 1.



Fotografía 12. Material encontrado de 4.5 – 5.0 m del Sondeo No. 1.



Fotografía 13. Material encontrado de 5.0 – 5.5 m del Sondeo No. 1.



Fotografía 14. Material encontrado de 5.5 – 6.0 m del Sondeo No. 1.



Figura 8. Perfil litológico del sondeo No. 1.

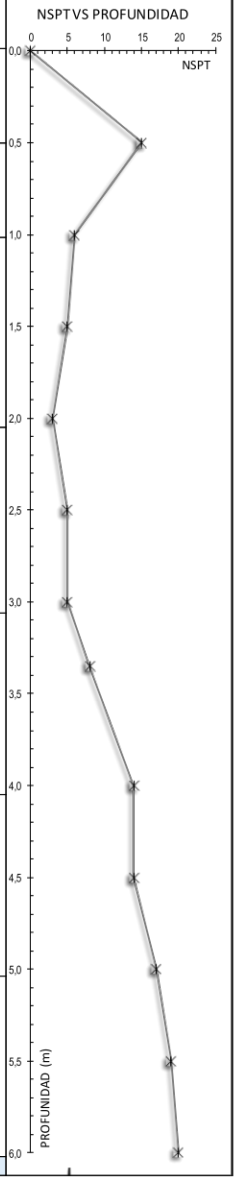
Proyecto	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLAZOLETA DE FERIAS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN MARTÍN CESAR	**Sondeo**	1
Localizacion	San Martín, Cesar	**Fecha**	10/06/2025
Cliente	Municipio de San Martin	**Nivel freatico**	1,0 m

PERFIL LITOLOGICO DEL SONDEO

PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR (m)	CLASIFICACIÓN USC	COLOR	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Nivel Freático	Muestra	Tipo	SPT No GOLPES PARA PENETRAR 6"	12"	18"	N SPT	% PT4	% PT200	%LL	%LP	%IP	Wn (%)	γ (kg/cm³)	γd (kg/cm³)	PH en agua destilada
0,10 – 1,00	1,00	SW-SC		Arena bien gradada de finos arcillosos con presencia de grava, color marrón (7,5YR-4/4), en estado húmedo.	N.F = 1,0 m	1		5	12	3	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
						2		2	2	4	6	67,22	11,18	24,57	16,13	8,44	13,79	2,06	1,82	-
1,10 – 2,00	1,00	SC		Arena arcillosa de plasticidad media, color gris muy oscuro (5Y-3/1), en estado saturado.		3		3	3	2	5	86,25	25,56	25,07	16,95	8,12	15,32	2,09	1,82	-
						4		1	1	2	3									
2,10 – 3,00	1,00	SM		Arena limosa de plasticidad nula, color gris muy oscuro (5Y-3/1), en estado saturado.		5		1	3	2	5	95,18	23,88	NL	NP	NIP	11,74	2,19	1,95	-
						6		1	2	3	5									
3,10 – 4,00	1,00	SW-SM		Arena bien gradada de finos limosos de plasticidad nula, color gris oliva oscuro (5Y-3/2), en estado saturado.		7		1	2	6	8	97,15	10,96	NL	NP	NIP	13,16	2,12	1,87	-
						8		8	6	8	14									
4,10 – 5,00	1,00	SW-SC		Arena bien gradada de finos arcillosos, de plasticidad media, color marrón (10YR-5/3), en estado saturado.		9		7	5	9	14	99,20	8,71	21,95	14,32	7,63	13,77	2,11	1,86	-
						10		7	8	9	17									
5,10 – 6,00	1,00	SC		Arena arcillosa de plasticidad media, color marrón (10YR-5/3) y marrón amarillento oscuro (10YR-4/6), en estado saturado.		11		7	9	10	19	94,16	12,80	22,70	15,26	7,44	16,13	2,09	1,81	-
						12		10	9	11	20									

FIN DEL SONDEO 6,0 m

PERFIL GOLPES NSPT



Sondeo No. 2 – Área de oficinas y Tarima: Se encontró un perfil litológico, definido de la siguiente manera: Relleno; de 0.0 a 1.0 m, arena bien gradada de finos arcillosos con presencia de grava, color marrón (7,5YR-4/4), en estado húmedo (SW-SC); de 1.0 a 2.0 m, arena arcillosa de plasticidad media, color gris muy oscuro (5Y-3/1), en estado saturado (SC); de 2.0 a 3.0 m, arena limosa de plasticidad media, color gris muy oscuro (5Y-3/1), en estado saturado (SM); de 3.0 a 4.0 m, arena bien gradada de finos limosos de plasticidad nula, color gris oliva oscuro (5Y-3/2), en estado saturado (SW-SM); de 4.0 a 5.0 m, arena bien gradada de finos arcillosos, de plasticidad media, color marrón (10YR-5/3), en estado saturado (SW-SC); de 5.0 a 6.0 m, arena arcillosa de plasticidad media, color marrón (10YR-5/3) y marrón amarillento oscuro (10YR-4/6), en estado saturado (SC). ***Ver fotografías 15 a 28 – figura 8.***

Fotografía 15. Realización del Sondeo No. 2.



Fotografía 16. Realización del Sondeo No. 2.



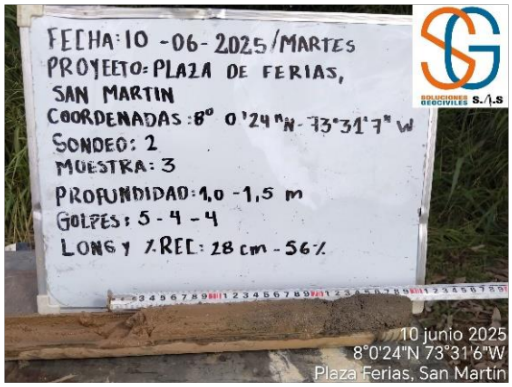
Fotografía 17. Material encontrado de 0.0 – 0.5 m del Sondeo No. 2.



Fotografía 18. Material encontrado de 0.5 – 1.0 m del Sondeo No. 2.



Fotografía 19. Material encontrado de 1.0 – 1.5 m del Sondeo No. 2.



Fotografía 20. Material encontrado de 1.5 – 2.0 m del Sondeo No. 2.



Fotografía 21. Material encontrado de 2.0 – 2.5 m del Sondeo No. 2.



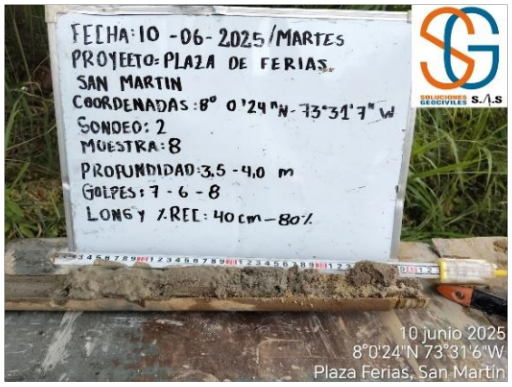
Fotografía 22. Material encontrado de 2.5 – 3.0 m del Sondeo No. 2.



Fotografía 23. Material encontrado de 3.0 – 3.5 m del Sondeo No. 2.



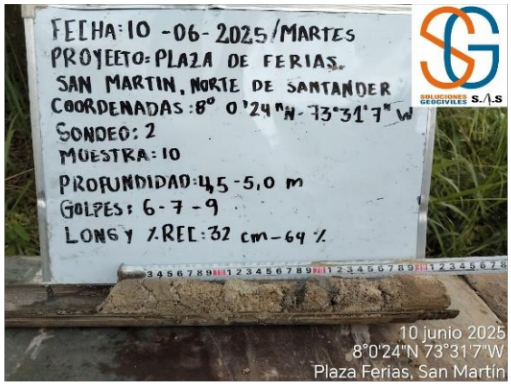
Fotografía 24. Material encontrado de 3.5 – 4.0 m del Sondeo No. 2.



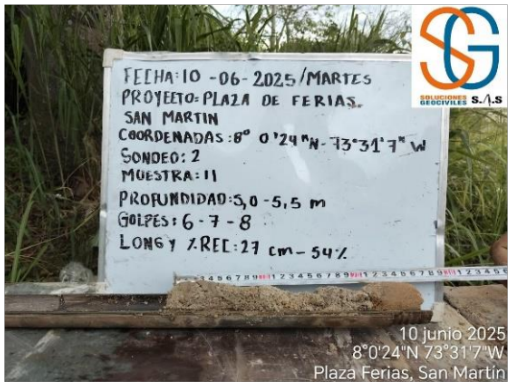
Fotografía 25. Material encontrado de 4.0 – 4.5 m del Sondeo No. 2.



Fotografía 26. Material encontrado de 4.5 – 5.0 m del Sondeo No. 2.



Fotografía 27. Material encontrado de 5.0 – 5.5 m del Sondeo No. 2.



Fotografía 28. Material encontrado de 5.5 – 6.0 m del Sondeo No. 2.



Figura 9. Perfil litológico del sondeo No. 2.

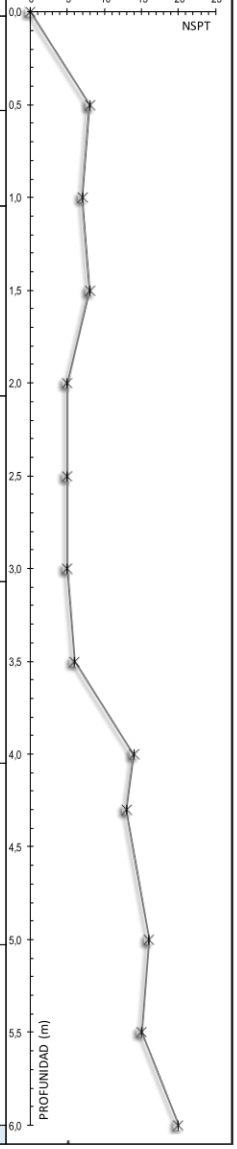
Proyecto	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLAZOLETA DE FERIAS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN MARTÍN CESAR	**Sondeo**	2
Localizacion	San Martín, Cesar	**Fecha**	10/06/2025
Cliente	Municipio de San Martin	**Nivel freatico**	2,0 m

PERFIL LITOLOGICO DEL SONDEO

PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR (m)	CLASIFICACIÓN USC	COLOR	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Nivel Freatico	Muestra	Tipo	SPT No GOLPES PARA PENETRAR 6"	12"	18"	N SPT	% PT4	% PT200	%LL	%LP	%IP	Wn (%)	γ (kg/cm³)	γd (kg/cm³)	PH en agua destilada
0,10 – 1,00	1,00	SC		Arena bien gradada de finos arcillosos con presencia de grava, color marrón (7,5YR-4/4), en estado húmedo.	N.F = 1,0 m	1		3	3	5	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
						2		4	3	4	7	67,22	11,18	24,57	16,13	8,44	13,79	2,06	1,82	-
1,10 – 2,00	1,00	SC		Arena arcillosa de plasticidad media, color gris muy oscuro (5Y-3/1), en estado saturado.		3		5	4	4	8	86,25	25,56	25,07	16,95	8,12	15,32	2,09	1,82	-
						4		2	2	3	5									
2,10 – 3,00	1,00	SM		Arena limosa de plasticidad nula, color gris muy oscuro (5Y-3/1), en estado saturado.		5		2	3	2	5	95,18	23,88	NL	NP	NIP	11,74	2,19	1,95	-
						6		2	2	3	5									
3,10 – 4,00	1,00	SW-SM		Arena bien gradada de finos limosos de plasticidad nula, color gris oliva oscuro (5Y-3/2), en estado saturado.		7		2	2	4	6	97,15	10,96	NL	NP	NIP	13,16	2,12	1,87	-
						8		7	6	8	14									
4,10 – 5,00	1,00	SC		Arena bien gradada de finos limosos, de plasticidad media, color marrón (10YR-5/3), en estado saturado.		9		5	5	8	13	99,20	8,71	21,95	14,32	7,63	13,77	2,11	1,86	-
						10		6	7	9	16									
5,10 – 6,00	1,00	SC		Arena arcillosa de plasticidad media, color marrón (10YR-5/3) y marrón amarillento oscuro (10YR-4/6), en estado saturado.		11		6	7	8	15	94,16	12,80	22,70	15,26	7,44	16,13	2,09	1,81	-
						12		11	10	10	20									

FIN DEL SONDEO 6,0 m

PERFIL GOLPES NSPT



Sondeo No. 3 – Plazuela: Se encontró un perfil litológico, definido de la siguiente manera: relleno; de 0.0 a 1.0 m, arena arcillosa de plasticidad media, con presencia de gravas, color marrón oscuro (7,5YR-3/4), en estado húmedo (SC); de 1.0 a 2.0 m, arena arcillosa de plasticidad media, color negro (10YR-2/1) y marrón amarillento oscuro (10YR-4/4), en estado húmedo (SC); de 2.0 a 3.0 m, arcillosa de plasticidad media, color marrón amarillento oscuro (10YR-4/4), en estado húmedo y saturado (SC); de 3.0 a 4.0 m, arcillosa de plasticidad media, color marrón amarillento oscuro (10YR-4/4) y marrón oliva (2,5Y-4/3), en estado saturado (SC); de 4.0 a 5.0 m, arcillosa de plasticidad media, color marrón oliva (2,5Y-4/3), en estado saturado (SC); de 5.0 a 6.0 m, arena arcillosa de plasticidad media, color marrón oliva (2,5Y-4/3), en estado saturado (SC). ***Ver fotografías 29 a 42 – figura 9.***

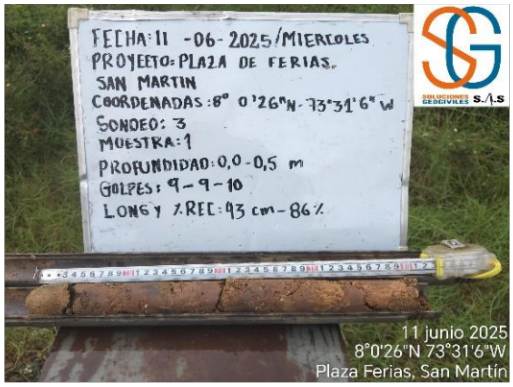
Fotografía 29. Realización del Sondeo No. 3.



Fotografía 30. Realización del Sondeo No. 3.



Fotografía 31. Material encontrado de 0.0 – 0.5 m del Sondeo No. 3.



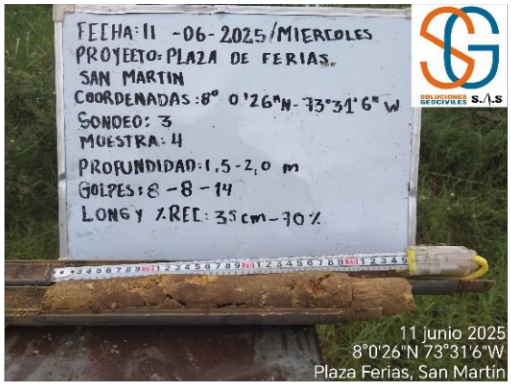
Fotografía 32. Material encontrado de 0.5 – 1.0 m del Sondeo No. 3.



Fotografía 33. Material encontrado de 1.0 – 1.5 m del Sondeo No. 3.



Fotografía 34. Material encontrado de 1.5 – 2.0 m del Sondeo No. 3.



Fotografía 35. Material encontrado de 2.0 – 2.5 m del Sondeo No. 3.



Fotografía 36. Material encontrado de 2.5 – 3.0 m del Sondeo No. 3.



Fotografía 37. Material encontrado de 3.0 – 3.5 m del Sondeo No. 3.



Fotografía 38. Material encontrado de 3.5 – 4.0 m del Sondeo No. 3.



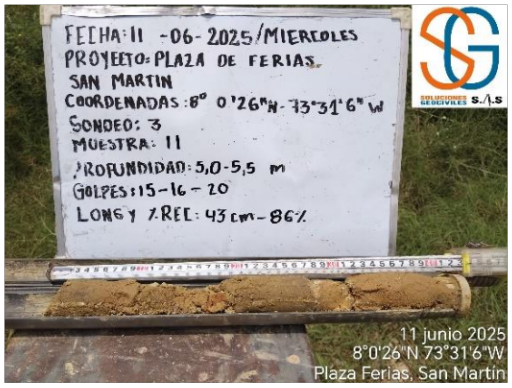
Fotografía 39. Material encontrado de 4.0 – 4.5 m del Sondeo No. 3.



Fotografía 40. Material encontrado de 4.5 – 5.0 m del Sondeo No. 3.



Fotografía 41. Material encontrado de 5.0 – 5.5 m del Sondeo No. 3.



Fotografía 42. Material encontrado de 5.5 – 6.0 m del Sondeo No. 3.



Figura 10. Perfil litológico del sondeo No. 3.

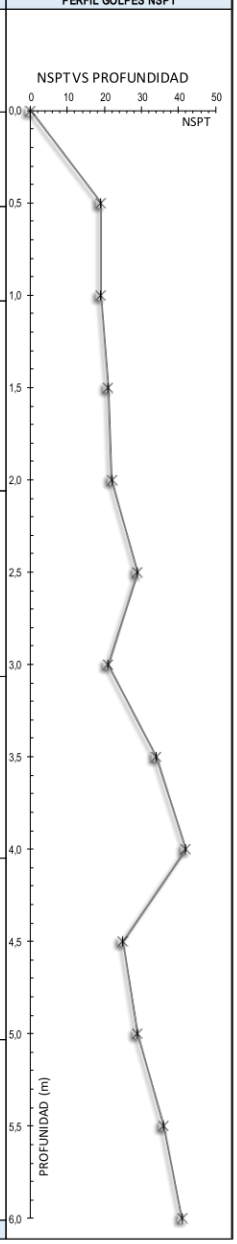
Proyecto	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLAZOLETA DE FERIAS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN MARTÍN CESAR	**Sondeo**	3
Localizacion	San Martín, Cesar	**Fecha**	11/06/2025
Cliente	Municipio de San Martin	**Nivel freatico**	2,5 m

PERFIL LITOLOGICO DEL SONDEO

PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR (m)	CLASIFICACIÓN USC	COLOR	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Nivel Freático	Muestra	Tipo	SPT No GOLPES PARA PENETRAR 6"	12"	18"	N SPT	% PT4	% PT200	%LL	%LP	%IP	Wn (%)	γ (kg/cm³)	γd (kg/cm³)	PH en agua destilada
0,10 – 1,00	1,00	SC		Arena arcillosa de plasticidad media, con presencia de gravas, color marrón oscuro (7,5YR-3/4), en estado húmedo.		1		9	9	10	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
						2		11	9	10	19	79,78	36,51	30,27	18,02	12,25	20,06	2,04	1,73	-
1,10 – 2,00	1,00	SC		Arena arcillosa de plasticidad media, color negro (10YR-2/1) y marrón amarillento oscuro (10YR-4/4), en estado húmedo.		3		12	10	11	21	85,48	30,34	24,22	16,81	7,41	19,99	2,02	1,70	-
						4		8	8	14	22									
2,10 – 3,00	1,00	SC		Arena arcillosa de plasticidad media, color marrón amarillento oscuro (10YR-4/4), en estado húmedo y saturado.	N.F = 2,5 m	5		11	14	15	29	91,93	42,42	35,39	21,12	14,27	25,23	1,99	1,57	-
						6		10	10	11	21									
3,10 – 4,00	1,00	SC		Arena arcillosa de plasticidad media, color marrón amarillento oscuro (10YR-4/4) y marrón oliva (2,5Y-4/3), en estado saturado.		7		10	13	21	34	95,76	33,97	32,95	19,94	13,01	24,39	1,95	1,56	-
						8		25	20	22	42									
4,10 – 5,00	1,00	SC		Arena arcillosa de plasticidad media, color marrón oliva (2,5Y-4/3), en estado saturado.		9		16	15	10	25	89,91	35,48	32,15	21,57	10,58	23,87	1,94	1,57	-
						10		10	13	16	29									
5,10 – 6,00	1,00	SC		Arena arcillosa de plasticidad media, color marrón oliva (2,5Y-4/3), en estado saturado.		11		15	16	20	36	94,33	37,34	30,22	21,43	8,79	22,75	1,99	1,62	-
						12		18	20	21	41									

FIN DEL SONDEO 6,0 m

PERFIL GOLPES NSPT



Sondeo No. 4 – Zona de juegos biosaludables: Se encontró un perfil litológico, definido de la siguiente manera: Relleno; de 0.0 a 1.5 m, arena arcillosa de plasticidad media, con presencia de grava, color marrón (10YR-4/3), en estado húmedo (SC); de 1.5 a 3.0 m, arena arcillosa de plasticidad media, color marrón (10YR-4/3) y gris verdoso (10Y - 5/1), en estado húmedo y saturado (SC); de 3.0 a 4.5 m, arena arcillo limosa de plasticidad media, color marrón grisáceo oscuro (2,5Y-4/2), en estado saturado (SC-SM); de 4.5 a 6.0 m, arena limosa de plasticidad nula, color marrón grisáceo oscuro (2,5Y-4/2), en estado saturado (SM). ***Ver fotografías 42 a 56 – figura 10.***

Fotografía 43. Realización del Sondeo No. 4.



Fotografía 44. Realización del Sondeo No. 4.



Fotografía 45. Material encontrado de 0.0 – 0.5 m del Sondeo No. 4.



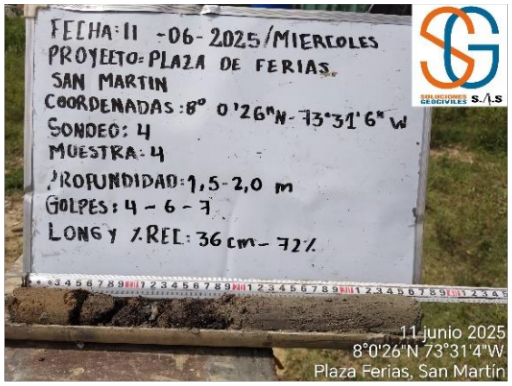
Fotografía 46. Material encontrado de 0.5 – 1.0 m del Sondeo No. 4.



Fotografía 47. Material encontrado de 1.0 – 1.5 m del Sondeo No. 4.



Fotografía 48. Material encontrado de 1.5 – 2.0 m del Sondeo No. 4.



Fotografía 49. Material encontrado de 2.0 – 2.5 m del Sondeo No. 4.



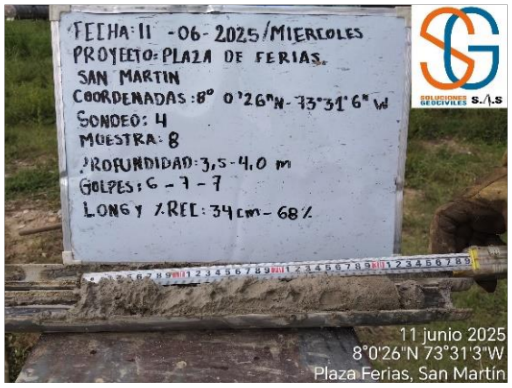
Fotografía 50. Material encontrado de 2.5 – 3.0 m del Sondeo No. 4.



Fotografía 51. Material encontrado de 3.0 – 3.5 m del Sondeo No. 4.



Fotografía 52. Material encontrado de 3.5 – 4.0 m del Sondeo No. 4.



Fotografía 53. Material encontrado de 4.0 – 4.5 m del Sondeo No. 4.



Fotografía 54. Material encontrado de 4.5 – 5.0 m del Sondeo No. 4.



Fotografía 55. Material encontrado de 5.0 – 5.5 m del Sondeo No. 4.



Fotografía 56. Material encontrado de 5.5 – 6.0 m del Sondeo No. 4.



Figura 11. Perfil litológico del sondeo No. 4.

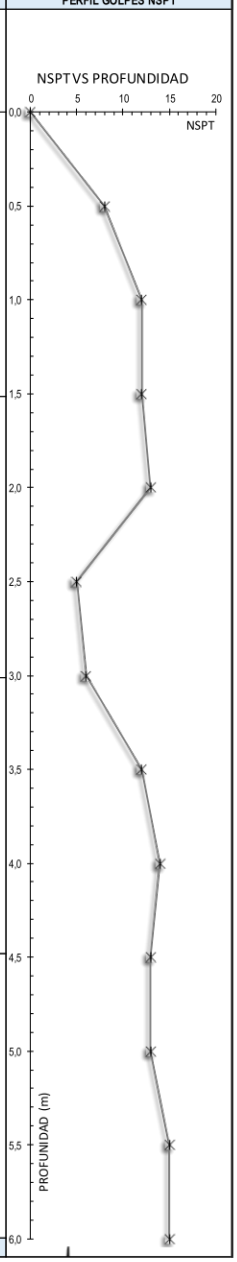
Proyecto	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLAZOLETA DE FERIAS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN MARTÍN CESAR	**Sondeo**	4
Localizacion	San Martín, Cesar	**Fecha**	11/06/2025
Cliente	Municipio de San Martin	**Nivel freatico**	2,0 m

PERFIL LITOLOGICO DEL SONDEO

PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR (m)	CLASIFICACIÓN USC	COLOR	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Nivel Freático	Muestra	Tipo	SPT No GOLPES PARA PENETRAR 6"	12"	18"	N SPT	% PT4	% PT200	%LL	%LP	%IP	Wn (%)	γ (kg/cm³)	γd (kg/cm³)	PH en agua destilada
0,10																				
0,20																				
0,30						1		5	6	2	8									
0,40																				
0,50																				
0,60																				
0,70																				
0,80	1,50	SC		Arena arcillosa de plasticidad media, con presencia de grava, color marrón (10YR-4/3), en estado húmedo.		2		3	5	7	12	75,11	31,20	25,15	14,86	10,29	19,31	2,05	1,70	-
0,90																				
1,00																				
1,10																				
1,20																				
1,30						3		3	6	6	12									
1,40																				
1,50																				
1,60																				
1,70																				
1,80																				
1,90																				
2,00					N.F = 2,0 m	4		4	6	7	13									
2,10																				
2,20																				
2,30	1,50	SC		Arena arcillosa de plasticidad media, color marrón (10YR-4/3) y gris verdoso (10Y - 5/1), en estado húmedo y saturado.		5		2	2	3	5	91,76	49,65	22,55	14,79	7,76	19,24	2,07	1,74	-
2,40																				
2,50																				
2,60																				
2,70																				
2,80						6		2	3	3	6									
2,90																				
3,00																				
3,10																				
3,20																				
3,30						7		8	6	6	12									
3,40																				
3,50																				
3,60																				
3,70																				
3,80	1,50	SC-SM		Arena arcillo limosa de plasticidad media, color marrón grisáceo oscuro (2,5Y-4/2), en estado saturado.		8		6	7	7	14	95,33	17,66	18,29	12,11	6,18	16,49	2,04	1,74	-
3,90																				
4,00																				
4,10																				
4,20																				
4,30						9		8	7	6	13									
4,40																				
4,50																				
4,60																				
4,70																				
4,80																				
4,90																				
5,00																				
5,10						10		5	6	7	13									
5,15																				
5,30	1,50	SM		Arena limosa de plasticidad nula, color marrón grisáceo oscuro (2,5Y-4/2), en estado saturado.		11		6	8	7	15	88,32	12,43	16,60	13,54	3,06	19,43	2,04	1,72	-
5,40																				
5,50																				
5,60																				
5,70																				
5,80						12		7	7	8	15									
5,90																				
6,00																				

FIN DEL SONDEO 6,0 m

PERFIL GOLPES NSPT



6.2.2 Apiques

Apique No.1 y No.2 – Vía de acceso: Se encontró un perfil estratigráfico, definido de la siguiente manera: de 0.0 a 0.1 m, capa de material orgánico; de 0.1 a 1.5 m, arena arcillosa de plasticidad media, color marrón amarillento oscuro (10YR-4/4), en estado húmedo. (SC), estrato con una resistencia al CBR INVE-148 = 8.8%. ***Ver fotografía 57 – 60 – figura 13.***

Fotografía 57. Realización Apique No.1



Fotografía 58. Realización Apique No.1



Fotografía 59. Realización Apique No.2



Fotografía 60. Realización Apique No.2



Figura 12. Perfil estratigráfico del Apique No.1-2

PROYECTO	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLAZOLETA DE FERIAS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN MARTÍN CESAR		
APIQUE No.	1-2	**NIVEL FREÁTICO**	No se encontró
CLIENTE	Municipio de San Martín	**PROF. TOTAL APIQUE**	1.5 m
EQUIPO	Herramienta menor	**FECHA**	11/06/2025
LOCALIZACIÓN	San Martín, Cesar		

PERFIL LITOLÓGICO DEL APIQUE

PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGIA	CLASIFICACIÓN SUSC	CLASIFICACIÓN ASSTHO	LL (%)	IP (%)	W (%)	CBR (%) INVE-148-13	NIVEL FREÁTICO	DESCRIPCION Y OBSERVACIONES	Muestra
0,10 m		Capa de material orgánico								
0,20 m		SC	A-4	30,14	9,72	16,94	8,80	N.E	Arena arcillosa de plasticidad media, color marrón amarillento oscuro (10YR-4/4), en estado húmedo.	
0,30 m										
0,40 m										
0,50 m										
0,60 m										
0,70 m										
0,80 m										
0,90 m										
1,00 m										
1,10 m										
1,20 m										
1,30 m										
1,40 m										
1,50 m										
FIN DEL APIQUE 1.5 m										

Apique No.3 y No. 4 – Parqueaderos: Se encontró un perfil estratigráfico, definido de la siguiente manera: de 0.0 a 0.3 m, capa de material orgánico; de 0.3 a 1.5 m, arena arcillosa de plasticidad media, color marrón (10YR-4/3), en estado húmedo. (SC), estrato con una resistencia al CBR INVE-148 = 6.8%. ***Ver fotografía 61 - 64 – figura 14.***

Fotografía 61. Realización Apique No.3



Fotografía 62. Realización Apique No.3



Fotografía 63. Realización Apique No.4



Fotografía 64. Realización Apique No.4



Figura 13. Perfil estratigráfico del Apique No.3-4

PROYECTO	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLAZOLETA DE FERIAS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN MARTÍN CESAR		
APIQUE No.	3-4	**NIVEL FREÁTICO**	No se encontró
CLIENTE	Municipio de San Martín	**PROF. TOTAL APIQUE**	1.5 m
EQUIPO	Herramienta menor	**FECHA**	11/06/2025
LOCALIZACIÓN	San Martín, Cesar		

PERFIL LITOLÓGICO DEL APIQUE

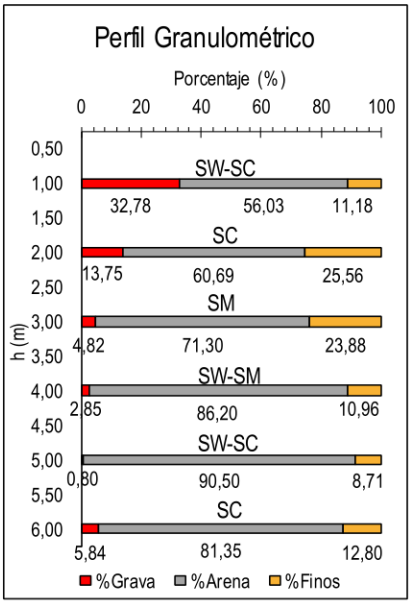
PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGIA	CLASIFICACIÓN SUSC	CLASIFICACIÓN ASSTHO	LL (%)	IP (%)	W (%)	CBR (%) INVE-148-13	NIVEL FREÁTICO	DESCRIPCION Y OBSERVACIONES	Muestra
0,10 m		Capa de material orgánico								
0,20 m										
0,30 m										
0,40 m		SC	A-4(2)	24,70	8,27	17,32	6,80	N.E	Arena arcillosa de plasticidad media, color marrón (10YR-4/3), en estado húmedo.	
0,50 m										
0,60 m										
0,70 m										
0,80 m										
0,90 m										
1,00 m										
1,10 m										
1,20 m										
1,30 m										
1,40 m										
1,50 m										

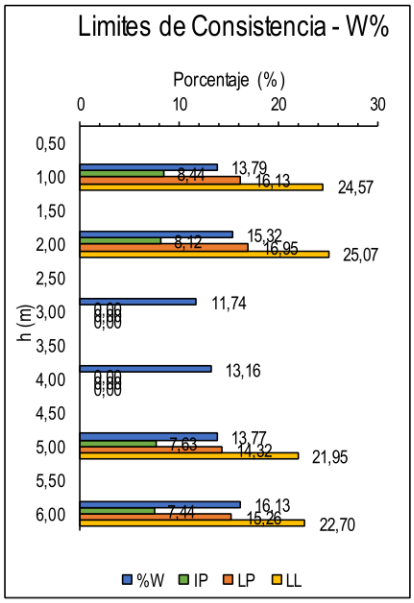
FIN DEL APIQUE 1.5 m

6.3 Resultados de granulometría sondeos y perfil de humedad.

A continuación, se describirán los resultados de los ensayos de laboratorio teniendo en cuenta las condiciones en el momento de la extracción, tanto su humedad, consistencia y granulometría.

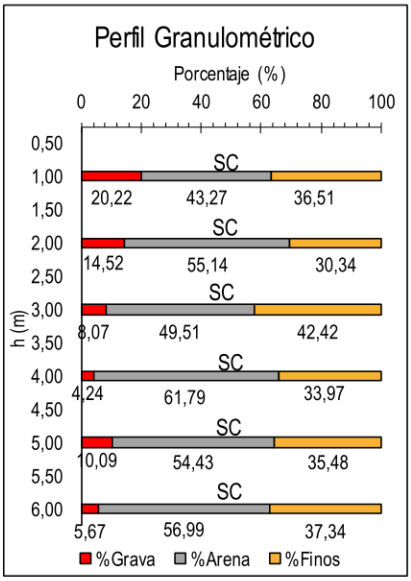
Tabla 9 Perfil granulométrico, humedad y consistencia - Perforación geotécnica Sondeo 1-2.

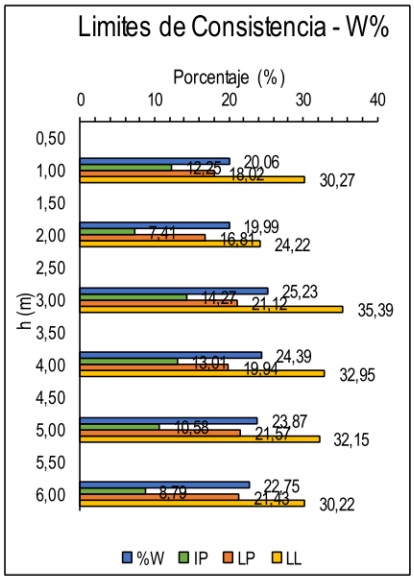




Espesor	6,00 m
% Grava	0,8 - 32,78
% Arena	56,03 - 90,5
% Finos	8,71 - 25,56
% LL	0,00 - 25,07
% LP	0,00 - 16,95
% IP	0,00 - 8,44
% Humedad	11,74 - 16,13
Estado	Semisólido- Sólido-Plástico

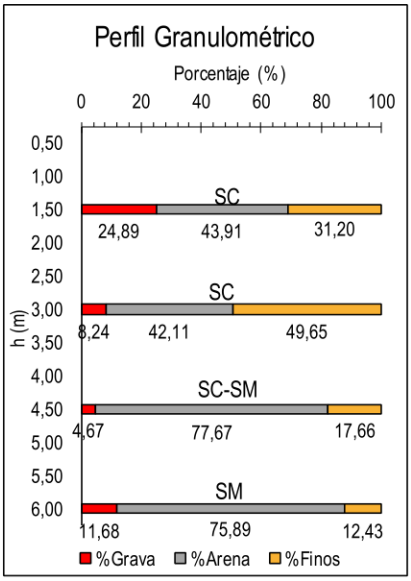
Tabla 10 Perfil granulométrico, humedad y consistencia - Perforación geotécnica Sondeo 3.

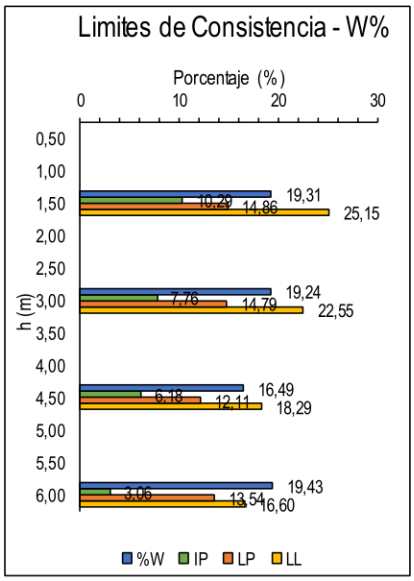




Espesor	6,00 m
% Grava	4,24 - 20,22
% Arena	43,27 - 61,79
% Finos	30,34 - 42,42
% LL	24,22 - 35,39
% LP	16,81 - 21,57
% IP	7,41 - 14,27
% Humedad	19,99 - 25,23
Estado	Plástico

Tabla 11 Perfil granulométrico, humedad y consistencia - Perforación geotécnica Sondeo 4.

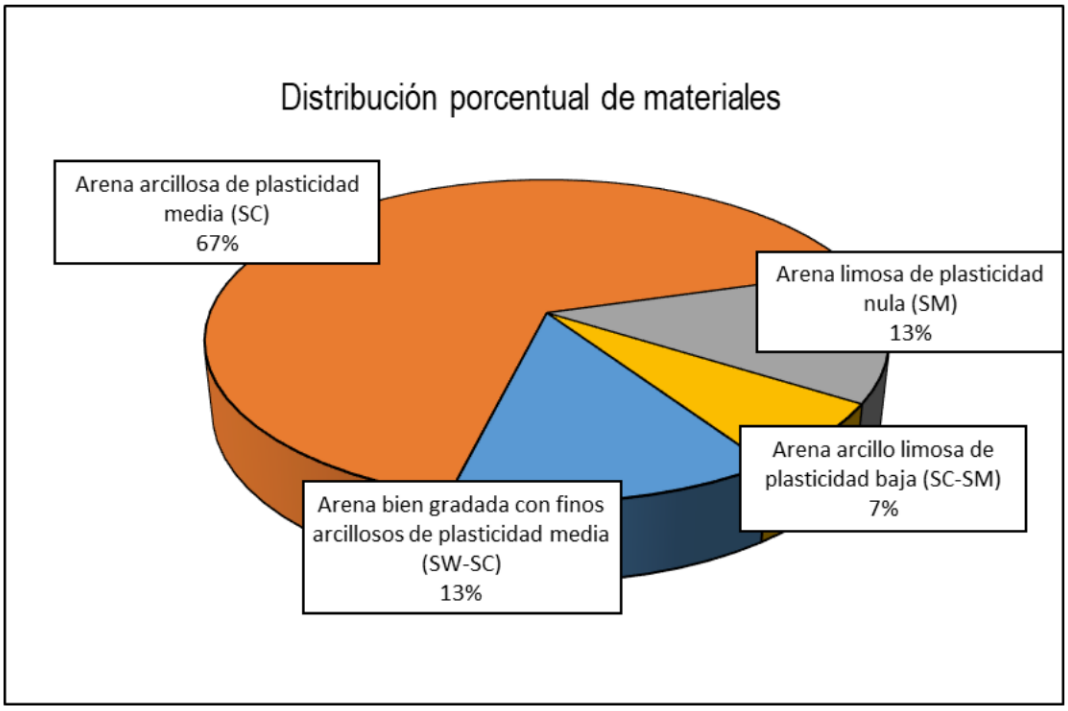




Espesor	6,00 m
% Grava	4,67 - 24,89
% Arena	42,11 - 77,67
% Finos	12,43 - 49,65
% LL	16,6 - 25,15
% LP	12,11 - 14,86
% IP	3,06 - 10,29
% Humedad	16,49 - 19,43
Estado	Plástico - Líquido

De acuerdo con los materiales explorados para la construcción de la plazoleta de ferias del municipio de San Martín, Cesar, se reportan en su mayoría arenas arcillosas de plasticidad media.

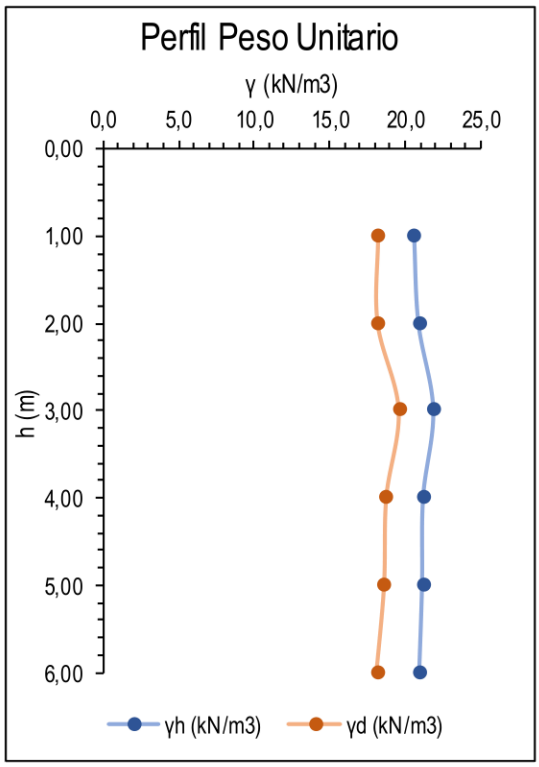
Figura 14 Distribución porcentual de materiales a lo largo del terreno.



6.4 Pesos unitarios

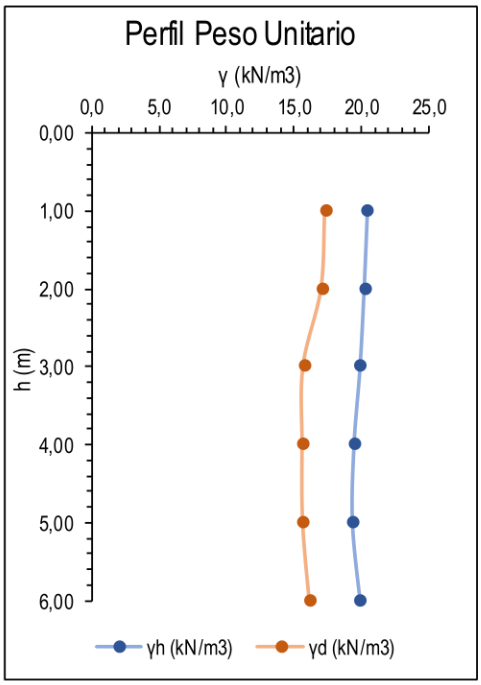
Para las diferentes muestras extraídas se realiza ensayos pesos unitarios, a continuación, se presentan los resultados.

Tabla 12. Perfil pesos unitarios Sondeo 1-2.



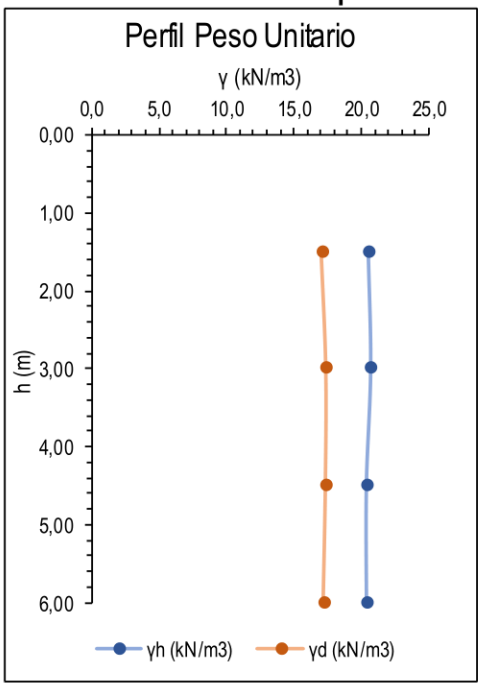
Espesor	6,00 m
Rango γ (kN/m3)	20,6 - 21,9
γprom (kN/m3)	21,15
Rango γd (kN/m3)	18,1 - 19,5
γd prom (kN/m3)	18,67

Tabla 13. Perfil pesos unitarios Sondeo 3.



Espesor	6,00 m
Rango γ (kN/m3)	19,4 - 20,4
γprom (kN/m3)	20,01
Rango γd (kN/m3)	15,6 - 17,3
γd prom (kN/m3)	16,43

Tabla 14. Perfil pesos unitarios Sondeo 4.



Espesor	6,00 m
Rango γ (kN/m3)	20,4 - 20,7
γprom (kN/m3)	20,49
Rango γd (kN/m3)	17,0 - 17,4
γd prom (kN/m3)	17,25

6.5 Suelos Expansivos.

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 montmorillonita, la vermiculita y algunas variedades de haloisita; la particularidad de éstos radica en que tienen la propiedad de "absorber" moléculas de agua dentro de su propia estructura molecular.

Se reproducen los criterios de laboratorio más aceptados para el reconocimiento de los suelos expansivos basados en altos valores del límite líquido, del índice de plasticidad.

Tabla 15. Clasificación de suelos expansivos.

Tabla H.9.1-1 *Clasificación de Suelos Expansivos*						
Potencial de expansión	**Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0,07 kgf/cm2**	**Límite 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

Fuente: Título H, Norma Sismo Resistente NSR-10

La mayoría de los suelos encontrados posees características granulares que no requieren análisis de expansión, sin embargo, los suelos de características cohesivas (%finos y/o %límites líquido >30%) hallados en la exploración, poseen un potencial de expansión **Bajo,** de acuerdo con el límite líquido e índice de plasticidad, como se muestra la tabla siguiente.

Tabla 16. Clasificación de suelos expansivos para cada sondeo.

Potencial de Expansión Según Límite Líquido (%LL) e Índice de Pasticidad (%IP)							
Sondeo No.	Profundidad de estrato (m)	SUCS	%LL	Potencial de Expansión Según %LL	%IP	Potencial de Expansión Según %IP	Valoración
1-2	0,0 - 1,0 m	A-2-4	24,57	N/A	8,44	N/A	**N/A**
	1,0 - 2,0 m	A-2-4	25,07	N/A	8,12	N/A	**N/A**
	2,0 - 3,0 m	A-2-4	NL	N/A	NIP	N/A	**N/A**
	3,0 - 4,0 m	A-1b	NL	N/A	NIP	N/A	**N/A**
	4,0 - 5,0 m	A-2-4	21,95	N/A	7,63	N/A	**N/A**
	5,0 - 6,0 m	A-2-4	22,70	N/A	7,44	N/A	**N/A**
3	0,0 - 1,0 m	A-6(1)	30,27	BAJO	12,25	BAJO	**BAJO**
	1,0 - 2,0 m	A-2-4	24,22	BAJO	7,41	BAJO	**BAJO**
	2,0 - 3,0 m	A-6(3)	35,39	BAJO	14,27	BAJO	**BAJO**
	3,0 - 4,0 m	A-2-6(1)	32,95	BAJO	13,01	BAJO	**BAJO**
	4,0 - 5,0 m	A-6	32,15	BAJO	10,58	BAJO	**BAJO**
	5,0 - 6,0 m	A-4	30,22	BAJO	8,79	BAJO	**BAJO**
4	0,0 - 1,5 m	A-2-6	25,15	BAJO	10,29	BAJO	**BAJO**
	1,5 - 3,0 m	A-4(3)	22,55	BAJO	7,76	BAJO	**BAJO**
	3,0 - 4,5 m	A-2-4	18,29	N/A	6,18	N/A	**N/A**
	4,5 - 6,0 m	A-1b	16,60	N/A	3,06	N/A	**N/A**

6.6 Suelos Dispersos o Erodables.

Se identifican como suelos Erodables, las arenas muy finas o los suelos que exhiben una manifiesta vulnerabilidad ante la presencia de agua, los suelos Erodables se distinguen en dos tipos de suelos muy sensibles al agua, estos son:

- Suelos dispersivos: arcillas cuya concentración de sales de sodio (Na) en el agua intersticial pasa de 40% o 60% del total de sales disueltas.
- Suelos Erodables: arenas finas, polvo de roca, limos no cohesivos y depósitos eólicos, propios de ambientes aluviales tranquilos y constantes que resulten en una granulometría homogénea.

En la exploración no se encontraron arcillas con alta concentración de sales de sodio por lo cual no hay presencia de suelos dispersivos.

Respecto a los suelos Erodables el ambiente donde se desarrolla el proyecto es de tipo aluvial, sin embargo, no se encontraron Limos no cohesivos, ni arenas finas de granulometrías homogéneas, de modo que no hay presencia de suelos Erodables.

6.7 Suelos Colapsables.

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 considerables en su estado seco, sufren pérdidas de su conformación estructural, acompañadas de severas reducciones en el volumen exterior cuando se aumenta su humedad o se saturan.

Se identifica la colapsabilidad de estos depósitos, cuando el volumen de vacíos iguala la cantidad de agua en el punto del límite líquido. Para mayor cantidad de agua o menor volumen de vacíos el depósito es inestable. La evaluación se puede hacer mediante la siguiente formulación:

$$\gamma dcrit = \frac{\gamma w}{(1/\mathrm{Gs}) + \mathrm{WL}}$$

Criterio de evaluación: de esta manera puede decirse que si:

$$\frac{\gamma d}{\gamma dcrit} > 1 \; el\ suelo\ es\ estable\ o\ expansivo\ y\ si:$$

$$\frac{\gamma d}{\gamma dcrit} \leq 1 \; el\ suelo\ es\ colapsable$$

Los suelos encontrados en la exploración están sobre uno (1) en el criterio de evaluación $\frac{\gamma d}{\gamma dcrit} \leq 1$, por lo tanto, tenemos suelos **Estables o Expansivos** de acuerdo con el capítulo H.9.3 de la NSR-10.

Tabla 17. Determinación de la Colapsabilidad.

Colapsibilidad del Suelo													
Sondeo No.	Profundidad de estrato (m)	SUCS	Gravedad especifica Gs	%W	%LL	Yd (g/cm3)	Y_{dcrit}	$\frac{Y_d}{Y_{dcirt}}$	% Finos	Colapsabilidad por:			VALORACIÓN
										Yd / Ydcrit	Yd	%F	
1-2	0,0 - 1,0 m	A-2-4	2,58	13,79	24,57	1,82	1,58	1,15	11,18	No	No	Sí	No Colapsable
	1,0 - 2,0 m	A-2-4	2,58	15,32	25,07	1,82	1,57	1,16	25,56	No	No	No	No Colapsable
	2,0 - 3,0 m	A-2-4	2,58	11,74	NL	1,95	-	-	23,88	No	No	Sí	No Colapsable
	3,0 - 4,0 m	A-1b	2,58	13,16	NL	1,87	-	-	10,96	No	No	Sí	No Colapsable
	4,0 - 5,0 m	A-2-4	2,58	13,77	21,95	1,86	1,65	1,13	8,71	No	No	Sí	No Colapsable
	5,0 - 6,0 m	A-2-4	2,58	16,13	22,70	1,81	1,63	1,11	12,80	No	No	Sí	No Colapsable
3	0,0 - 1,0 m	A-6(1)	2,58	20,06	30,27	1,73	1,45	1,20	36,51	No	No	No	No Colapsable
	1,0 - 2,0 m	A-2-4	2,58	19,99	24,22	1,70	1,59	1,07	30,34	No	No	No	No Colapsable
	2,0 - 3,0 m	A-6(3)	2,57	25,23	35,39	1,57	1,35	1,17	42,42	No	No	No	No Colapsable
	3,0 - 4,0 m	A-2-6(1)	2,57	24,39	32,95	1,56	1,39	1,12	33,97	No	No	No	No Colapsable
	4,0 - 5,0 m	A-6	2,57	23,87	32,15	1,57	1,41	1,11	35,48	No	No	No	No Colapsable
	5,0 - 6,0 m	A-4	2,57	22,75	30,22	1,62	1,45	1,12	37,34	No	No	No	No Colapsable
4	0,0 - 1,5 m	A-2-6	2,58	19,31	25,15	1,70	1,56	1,09	31,20	No	No	No	No Colapsable
	1,5 - 3,0 m	A-4(3)	2,58	19,24	22,55	1,74	1,63	1,07	49,65	No	No	No	No Colapsable
	3,0 - 4,5 m	A-2-4	2,58	16,49	18,29	1,74	1,75	0,99	17,66	No	No	Sí	No Colapsable
	4,5 - 6,0 m	A-1b	2,58	19,43	16,60	1,72	1,80	0,95	12,43	No	No	Sí	No Colapsable

6.8 Efectos de la Vegetación.

Las raíces propias de la vegetación tienen la capacidad de extraer agua del suelo para garantizar su supervivencia. En consecuencia, la humedad natural del mismo suelo se altera en relación con el estado que tendría si no existieran tales raíces; la alteración de la humedad causa, a su vez, cambios en el volumen del suelo en relación inversa con su permeabilidad, por lo cual son afectados mayormente los suelos de carácter arcilloso, Así, las cimentaciones situadas en la vecindad, o apoyadas sobre los suelos afectados, pueden sufrir movimientos verticales y, eventualmente, también horizontales.

Acción de la vegetación — Deben considerarse los siguientes aspectos:

Asentamientos — Producidos por los árboles individualmente o en conjunto, cuando son sembrados en las cercanías de edificaciones y el suministro de agua es deficiente ya sea por el clima o por reducción excesiva del área descubierta expuesta a la lluvia.

Levantamientos — Producidos cuando un sistema de suelo-vegetación, previamente equilibrado, es súbitamente desprovisto de su cobertura vegetal; al cesar la succión, aumenta la humedad hasta aproximarse a su nuevo punto de equilibrio con la consiguiente expansión.

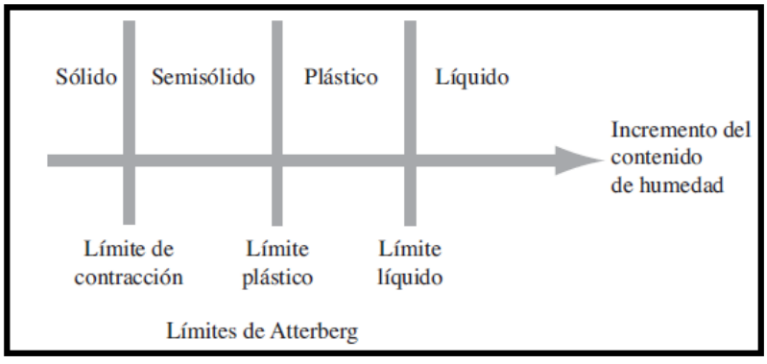
Especies agresivas — Especies particularmente agresivas buscan el agua bajo la cubierta propicia de la edificación y en algunos casos invaden con sus raíces las tuberías de los alcantarillados.
Cambios estacionales — Los cambios estacionales del clima y, aún alteraciones más substanciales como el Fenómeno del Niño, producen un desequilibrio puntual del sistema.

En la exploración del suelo, se encontraron cuerpos de agua cercanos a la zona del proyecto y se observa nivel freático desde profundidades superficiales como un (1.0) metro en los sondeos 1 y 2; no se encontraron árboles ni raíces en el área que afecten al momento de la perforación.

6.9 Consistencia del Suelo.

Cuando los minerales de arcilla están presentes en el suelo de grano fino, el suelo se puede remover en presencia de algo de humedad sin que se desmorone. Esta naturaleza cohesiva se debe al agua adsorbida que rodea a las partículas de arcilla. En 1900, un científico sueco llamado Albert Mauritz Atterberg desarrolló un método para describir la consistencia de los suelos de grano fino con diferentes contenidos de humedad. Con un contenido de humedad muy bajo, el suelo se comporta más como un sólido quebradizo. Cuando el contenido de humedad es muy alto, el suelo y el agua pueden fluir como un líquido. Por lo tanto, sobre una base arbitraria, dependiendo del contenido de humedad, la naturaleza del comportamiento del suelo puede ser divido en cuatro estados básicos: sólido, semisólido, plástico y líquido, como se muestra en la figura.

Figura 15. Consistencia del suelo vs Limites de Atterberg.



En los suelos explorados se identificaron los cuatro tipos de consistencia. Los suelos con contenido de humedad entre el límite líquido y el límite plástico, indican una consistencia **Plástica**; y los suelos que presentan un contenido de humedad por debajo del límite plástico, se clasifican como

Semisólidos; además, los suelos que tienen plasticidad nula (NP), se encuentran en estado de consistencia **Sólido.**

Tabla 18. Consistencia del suelo vs Limites de Atterberg.

Consistencia del Suelo Según Incremento del Contenido de Húmedad					
Sondeo No.	**Profundidad de estrato (m)**	**%W**	**%LP**	**%LL**	**Consistencia del Suelo**
1-2	0,0 - 1,0 m	13,79	16,13	24,57	Semisólido
	1,0 - 2,0 m	15,32	16,95	25,07	Semisólido
	2,0 - 3,0 m	11,74	NP	NL	Sólido
	3,0 - 4,0 m	13,16	NP	NL	Sólido
	4,0 - 5,0 m	13,77	14,32	21,95	Semisólido
	5,0 - 6,0 m	16,13	15,26	22,70	Plástico
3	0,0 - 1,0 m	20,06	18,02	30,27	Plástico
	1,0 - 2,0 m	19,99	16,81	24,22	Plástico
	2,0 - 3,0 m	25,23	21,12	35,39	Plástico
	3,0 - 4,0 m	24,39	19,94	32,95	Plástico
	4,0 - 5,0 m	23,87	21,57	32,15	Plástico
	5,0 - 6,0 m	22,75	21,43	30,22	Plástico
4	0,0 - 1,5 m	19,31	14,86	25,15	Plástico
	1,5 - 3,0 m	19,24	14,79	22,55	Plástico
	3,0 - 4,5 m	16,49	12,11	18,29	Plástico
	4,5 - 6,0 m	19,43	13,54	16,60	Líquido

7 ANÁLISIS GEOTÉCNICO

7.1 Resumen caracterización geotécnica.

Para los suelos encontrados en la exploración de campo tenemos:

Tabla 19. Caracterización geotécnica sondeos.

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA															
Sondeo No.	Profundidad de estrato (m)	Espesor (m)	%LL	%LP	%IP	%W	% PT4	% PT200	AASTHO	SUCS	Consistencia / Compacidad	Tipo de suelo	Peso unitario Húmedo Y (g/cm3)	Peso unitario seco Yd (g/cm3)	Gravedad especifica Gs
1-2	0,0 - 1,0 m	1,00 m	24,57	16,13	8,44	13,79	67,22	11,18	SW-SC	A-2-4	Muy consistente	Granular	2,06	1,82	2,58
	1,0 - 2,0 m	1,00 m	25,07	16,95	8,12	15,32	86,25	25,56	SC	A-2-4	Densa	Granular	2,09	1,82	2,58
	2,0 - 3,0 m	1,00 m	NL	NP	NIP	11,74	95,18	23,88	SM	A-2-4	Muy densa	Granular	2,19	1,95	2,58
	3,0 - 4,0 m	1,00 m	NL	NP	NIP	13,16	97,15	10,96	SW-SM	A-1b	Muy consistente	Granular	2,12	1,87	2,58
	4,0 - 5,0 m	1,00 m	21,95	14,32	7,63	13,77	99,20	8,71	SW-SC	A-2-4	Densa	Granular	2,11	1,86	2,58
	5,0 - 6,0 m	1,00 m	22,70	15,26	7,44	16,13	94,16	12,80	SC	A-2-4	Densa	Granular	2,09	1,81	2,58
3	0,0 - 1,0 m	1,00 m	30,27	18,02	12,25	20,06	79,78	36,51	SC	A-6(1)	Muy consistente	Cohesivo	2,04	1,73	2,58
	1,0 - 2,0 m	1,00 m	24,22	16,81	7,41	19,99	85,48	30,34	SC	A-2-4	Densa	Cohesivo	2,02	1,70	2,58
	2,0 - 3,0 m	1,00 m	35,39	21,12	14,27	25,23	91,93	42,42	SC	A-6(3)	Muy densa	Cohesivo	1,99	1,57	2,57
	3,0 - 4,0 m	1,00 m	32,95	19,94	13,01	24,39	95,76	33,97	SC	A-2-6(1)	Muy densa	Cohesivo	1,95	1,56	2,57
	4,0 - 5,0 m	1,00 m	32,15	21,57	10,58	23,87	89,91	35,48	SC	A-6	Muy densa	Cohesivo	1,94	1,57	2,57
	5,0 - 6,0 m	1,00 m	30,22	21,43	8,79	22,75	94,33	37,34	SC	A-4	Muy densa	Cohesivo	1,99	1,62	2,57
4	0,0 - 1,5 m	1,50 m	25,15	14,86	10,29	19,31	75,11	31,20	SC	A-2-6	Muy densa	Cohesivo	2,05	1,70	2,58
	1,5 - 3,0 m	1,50 m	22,55	14,79	7,76	19,24	91,76	49,65	SC	A-4(3)	Muy densa	Cohesivo	2,07	1,74	2,58
	3,0 - 4,5 m	1,50 m	18,29	12,11	6,18	16,49	95,33	17,66	SC-SM	A-2-4	Muy densa	Granular	2,04	1,74	2,58
	4,5 - 6,0 m	1,50 m	16,60	13,54	3,06	19,43	88,32	12,43	SM	A-1b	Muy densa	Granular	2,04	1,72	2,58

**Nota: Se identificó material de relleno colocado en sitio con pobre compactación en la totalidad de las excavaciones y sondeos realizados, independientemente de los estratos definidos.

Tabla 20. Caracterización geotécnica Apiques.

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA																		
APIQUE No.	UBICACIÓN	PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR (m)	%LL	%LP	%IP	%W	% PT4	% PT200	SUCS	ASSTHO	CLASIFICACIÓN DEL HINCHAMIENTO POTENCIAL %LL	CLASIFICACIÓN DEL HINCHAMIENTO POTENCIAL %IP	DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	%W OPTIMA	%CBR SUMERGIDO INVE-148-13	TIPO SR SEGÚN %CBR SUMERGIDO INVE-148-13	COMPORTAMIENTO COMO SUBRASANTE - INVE-148-13
1-2	Vía de Acceso	0,10 - 1,50	1,40	30,14	20,42	9,72	16,94	91,89	35,87	SC	A-4	Bajo	Bajo	1,985	9,10	8,80	S3	Bueno
3-4	Parqueadero	0,30 - 1,50	1,20	24,70	16,43	8,27	17,32	94,58	47,02	SC	A-4(2)	Bajo	Bajo	1,964	10,20	6,80	S3	Bueno

Tabla 21. Valores de densidad relativa y γhum en suelos granulares, relacionados con el número de golpes, N, del ensayo normal de penetración.

Caracteristicas suelos granulares				
No. De golpes N	Densidad Relativa		γ hum (KN/m3)	
0 - 4	0.0 a 15	Muy suelta	11	16
4 - 10	15 a 35	Suelta	14	18
10 - 30	35 a 65	Mediana	17	20
30 - 50	65 a 85	Densa	17	22
Mayor que 50	85 a 100	Muy densa	20	23

Tabla 22. Valores empíricos de qu (*) y consistencia de suelos cohesivos, relacionados con el número de golpes, N, del ensayo normal de penetración.

Valores empíricos de qu (*) y consistencia de suelos cohesivos, relacionados con el número de golpes, N, del ensayo normal de penetración			
Consistencia	N	qu (Kg/cm2)	Intervalo aproximado de γ saturado (t/m3)
Muy blanda	0 -2	0 - 0.25	1.60 - 1.90
Blanda	2 - 4	0.25 - 0.50	1.60 - 1.90
Media	4 - 8	0.50 - 1.00	1.76 - 2.07
Consistente	8 - 15	1.00 - 2.00	1.90 - 2.24
Muy consistente	15 - 30	2.00 - 4.00	1.90 - 2.24
Dura	≥ 30	≥ 4.00	1.90 - 2.24
(*) qu = resistencia a la compresión inconfinada			

Fuente: Terzaghi & Peck, 1967

8 PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE.

Para el análisis de los parámetros de resistencia se asumirán condiciones cohesivas o granulares analizando la cohesión no drenada y el ángulo de fricción para la primera y el ángulo de fricción para los estratos granulares. Los resultados de los ensayos realizados y la condición natural del suelo

permiten obtener por correlación mediante el ensayo dinámico SPT (N Corregido) los siguientes parámetros de resistencia al corte.

Ensayo de Penetración Estándar N SPT, $N_{corregido}$, Angulo de fricción y Cohesión.

Se realizaron cuatro (4) sondeos continuos a percusión en tramos de 50 centímetros de longitud realizando ensayos de penetración estándar SPT en cada uno de los tramos, para la realización de los sondeos se utilizó un equipo operado por un motor de 8 HP, polea y pesa tipo martillo de seguridad.

La energía resulta afectada por el tipo de martillo utilizado para avanzar él toma muestras en el terreno, el procedimiento para golpear y otros factores. La energía efectiva entregada por el denominado martillo de seguridad y el macizo corto (donut) es del orden del 45% para Colombia.

Número total de sondeos: 4

Ensayos de campo: Penetración estándar (SPT) Norma AS TM D 1586, I.N.V.E. 111.

Tipo de muestras obtenidas: Muestras en tubo partido.

Cálculo de N_{60}.

$$N60 = n1 * n2 * n3 * n4$$

$$n1 = \frac{ER}{ERs} = \frac{45\%}{60\%} = 0.75, \text{relación de energia del martillo}$$

Cálculo de N_{145}.

Donde:

N_{45}: N de SPT campo para los últimos 30 cm de penetración.

$$n1 = \frac{ER}{ERs} = \frac{45\%}{60\%} = 0.75, \text{relación de energia del martillo}$$

$$n2 = 0.75, \text{corrección por longitud de las barras}$$

$$n3 = 1.0, \text{corrección por el tomamuestras}$$

$$n4 = 1.0, \text{corrección por el diametro de la perforación}$$

N_{145} calculado por la fórmula:

$$N145 = NSPT * n1 * n2 * n3 * n4 * CN$$

Donde:

CN es el coeficiente de corrección, y según los autores como Skempton, se considera que:

$$CN = \frac{2}{(1 + \frac{\sigma v'}{Pa})}$$

La correlación $N1_{45}$ se utiliza para determinar el parámetro de fricción en suelos granulares. Sin embargo, para materiales cohesivos, la estimación de la resistencia al cortante no drenada se realiza mediante el uso del N corregido con energía del 45% aplicada por el martillo de seguridad. En este caso, es importante mencionar que se utilizan correlaciones desarrolladas con una energía del 45%.

Tabla 23. Correlaciones usadas para estimar Su en suelos cohesivos a partir del N60.

Correlaciones para suelos cohesivos (N_{60}) Su (kPa)
$Su=2.5\ N_{60}$ Bowles (1988)
$Su=10.5\ N_{60}$. Decourt (1989)
$Su=4.1\ N_{60}$ Hettiarachchi & Brown (2009)
$Su=4.5\ N_{60}$ Stroud (1974)
$Su=7*N_{60}$ Reese & O'Neil (1976)

Para el cálculo de la cohesión no drenada se usó el N_{60} de SPT por cada 60 centímetros.

Angulo de fricción suelos granulares para Colombia N_{145}:

Tabla 24. Correlaciones usadas para determinar φ en suelos granulares a partir del $N1_{45}$

Correlación para suelos granulares ($N1_{45}$)
$\varphi = 15+(9.375*N1_{45})0.5$ Japan Road Bureau (JRB)
$\varphi = 28.5+0.25N1_{45}$ Peck
$\varphi = 15+(12.5N1_{45})0.5$ Kishida

Fuente: Á. González, "Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT," in X Jornadas geotécnicas de la ingeniería colombiana, 1999.

Tabla 25. Valores de N_{45}, N_{60}, Cu y Ángulo de Fricción - Sondeo No. 1.

VALORES DE N SPT , N 60 , N 145 , ANGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN - SONDEO No.1

Profundidad (m)	N_{SPT}	N_{60}	h (m)	Espesor Capa	CN	N_{145}	Condicion del suelo	Tipo de suelo	Angulo de Fricción	Promedio Angulo de Fricción
0.0 - 0.5	15	8	0,5	0,5	1,83	15	HÚMEDO	Granular	26,86	**26,86**
0.5 - 1.0	6	3	1,0	0,5	1,68	6			22,50	**22,50**
1.0 - 1.5	5	3	1,5	0,5	1,60	5	SATURADO		21,85	**21,07**
1.5 - 2.0	3	2	2,0	0,5	1,54	3			20,30	
2.0 - 2.5	5	3	2,5	0,5	1,47	4			21,12	**21,12**
2.5 - 3.0	5	3	3,0	0,5	1,41	4			21,12	
3.0 - 3.5	8	5	3,5	0,5	1,35	6			22,50	**23,59**
3.5 - 4.0	14	8	4,0	0,5	1,30	10			24,68	
4.0 - 4.5	14	8	4,5	0,5	1,26	10			24,68	**25,14**
4.5 - 5.0	17	10	5,0	0,5	1,22	12			25,61	
5.0 - 5.5	19	11	5,5	0,5	1,18	13			26,04	**26,04**
5.5 - 6.0	20	11	6,0	0,5	1,14	13			26,04	

Tabla 26. Valores de N_{45}, N_{60}, Cu y Ángulo de Fricción - Sondeo No. 2.

VALORES DE N SPT , N 60 , N 145 , ANGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN - SONDEO No.2

Profundidad (m)	N_{SPT}	N_{60}	h (m)	Espesor Capa	CN	N_{145}	Condicion del suelo	Tipo de suelo	Angulo de Fricción	Promedio Angulo de Fricción
0.0 - 0.5	8	5	0,5	0,5	1,84	8	HÚMEDO	Granular	23,66	**23,66**
0.5 - 1.0	7	4	1,0	0,5	1,68	7			23,10	**23,10**
1.0 - 1.5	8	5	1,5	0,5	1,55	7			23,10	**22,11**
1.5 - 2.0	5	3	2,0	0,5	1,43	4			21,12	
2.0 - 2.5	5	3	2,5	0,5	1,37	4	SATURADO		21,12	**21,12**
2.5 - 3.0	5	3	3,0	0,5	1,32	4			21,12	
3.0 - 3.5	6	3	3,5	0,5	1,27	4			21,12	**22,90**
3.5 - 4.0	14	8	4,0	0,5	1,23	10			24,68	
4.0 - 4.5	13	7	4,5	0,5	1,19	9			24,19	**24,43**
4.5 - 5.0	16	9	5,0	0,5	1,15	10			24,68	
5.0 - 5.5	15	8	5,5	0,5	1,11	9			24,19	**24,90**
5.5 - 6.0	20	11	6,0	0,5	1,08	12			25,61	

Tabla 27. Valores de N_{45}, N_{60}, Cu y Ángulo de Fricción - Sondeo No. 3.

VALORES DE N_{SPT}, N_{60}, N_{145}, ANGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN - SONDEO No.3

Profundidad (m)	N_{SPT}	N_{60}	h (m)	Espesor Capa	CN	N_{145}	Condicion del suelo	Tipo de suelo	Cohesión no drenada Cu (KN/m2)	Promedio Cohesión no drenada Cu (KN/m2)
0.0 - 0.5	19	11	0,5	0,5	1,83	20	HÚMEDO	Cohesivo	47,03	**47,03**
0.5 - 1.0	19	11	1,0	0,5	1,67	18			47,03	**47,03**
1.0 - 1.5	21	12	1,5	0,5	1,54	18			51,98	**53,21**
1.5 - 2.0	22	12	2,0	0,5	1,43	18			54,45	
2.0 - 2.5	29	16	2,5	0,5	1,34	22			71,78	**61,88**
2.5 - 3.0	21	12	3,0	0,5	1,29	15			51,98	
3.0 - 3.5	34	19	3,5	0,5	1,25	24	SATURADO		84,15	**94,05**
3.5 - 4.0	42	24	4,0	0,5	1,22	29			103,95	
4.0 - 4.5	25	14	4,5	0,5	1,18	17			61,88	**66,83**
4.5 - 5.0	29	16	5,0	0,5	1,15	19			71,78	
5.0 - 5.5	36	20	5,5	0,5	1,12	23			89,10	**95,29**
5.5 - 6.0	41	23	6,0	0,5	1,09	25			101,48	

Tabla 28. Valores de N_{45}, N_{60}, Cu y Ángulo de Fricción - Sondeo No. 4.

VALORES DE NSPT, N60, N145, ANGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN - SONDEO No.4

Profundidad (m)	N_{SPT}	N_{60}	h (m)	Espesor Capa	CN	N_{145}	Condicion del suelo	Tipo de suelo	Angulo de Fricción	Promedio Angulo de Fricción	Cohesión no drenada Cu (KN/m2)	Promedio Cohesión no drenada Cu (KN/m2)
0.0 - 0.5	8	5	0,5	0,5	1,81	8	HÚMEDO	Cohesivo			19,80	**26,40**
0.5 - 1.0	12	7	1,0	0,5	1,66	11					29,70	
1.0 - 1.5	12	7	1,5	0,5	1,53	10					29,70	
1.5 - 2.0	13	7	2,0	0,5	1,42	10					32,18	**19,80**
2.0 - 2.5	5	3	2,5	0,5	1,37	4	SATURADO				12,38	
2.5 - 3.0	6	3	3,0	0,5	1,32	4					14,85	
3.0 - 3.5	12	7	3,5	0,5	1,27	9		Granular	24,19			
3.5 - 4.0	14	8	4,0	0,5	1,23	10			24,68	**24,35**		
4.0 - 4.5	13	7	4,5	0,5	1,19	9			24,19			
4.5 - 5.0	13	7	5,0	0,5	1,16	8			23,66			
5.0 - 5.5	15	8	5,5	0,5	1,12	9			24,19	**24,01**		
5.5 - 6.0	15	8	6,0	0,5	1,09	9			24,19			

9 CAPACIDAD DE CARGA.

De acuerdo con los resultados de investigación del subsuelo en cuanto a resistencia, compresibilidad, condiciones hidráulicas y teniendo en cuenta las características estructurales del proyecto, se efectuaron los análisis de estabilidad (Capacidad Portante).

9.1 Alternativas de cimentación.

De acuerdo con la magnitud de sobrecargas del proyecto y el suelo de fundación, caracterizado geotécnicamente mediante este estudio: se puede utilizar una cimentación superficial, conformada por zapatas aisladas, mientras que en la zona de tarima y oficinas se utilizará cimentación continua.

9.2 Nivel o cota de cimentación.

La cota de fundación depende del nivel de desplante requerido, el cual está condicionado por las dimensiones estructurales de los elementos que conformen la cimentación; dimensiones que varían de acuerdo con la alternativa finalmente adoptada.

Tarima.

- *La profundidad de cimentación es de menos uno punto cincuenta (-1.5) metros desde el nivel cero proyectado con un nivel de desplante de 90 cm, para la zona donde se ubican los sondeos 1 y 2.*

Df = 1.5 metros.

La cimentación se debe apoyar sobre un concreto ciclópeo en un espesor no menor de 60 centímetros.

La profundidad de excavación final es de menos tres (-3.0) metros.

Parámetros geotécnicos.

Tipo de suelo: arenas bien gradadas con limo – suelo granular.

Angulo de fricción: 22.5°.

Capacidad de carga última del terreno: 49.5 ton/m2 (495 KPa).

Factor de seguridad: 3.0.

Capacidad de carga admisible del terreno: 16.5 ton/m2 (165 KPa).

Cubierta:

- *La profundidad de cimentación es de menos dos (-2.0) metros desde el nivel actual del terreno para la zona donde se ubican los sondeos 1 y 2.*

Df = 2.0 metros.

La cimentación se debe apoyar sobre un concreto ciclópeo en un espesor no menor de un metro.

La profundidad de excavación final es de menos tres (-3.0) metros.

Parámetros geotécnicos.

Parámetros geotécnicos.

Tipo de suelo: arenas bien gradadas con limo – suelo granular.

Angulo de fricción: 22.5°.

Capacidad de carga última del terreno: 49.5 ton/m2 (495 KPa).

Factor de seguridad: 3.0.

Capacidad de carga admisible del terreno: 16.5 ton/m2 (165 KPa).

9.3 Cimentaciones superficiales.

Se les conoce como cimentaciones superficiales a aquellas cuya profundidad de desplante Df es menor o igual que el ancho de esta, pero también se sugiere que se tomen como cimentaciones superficiales aquellas cuya profundidad de desplante sea menor o igual a tres o cuatro veces el ancho de la cimentación. Entre este tipo de cimentaciones se encuentran las zapatas aisladas, las cimentaciones corridas y las losas de cimentación. Las zapatas aisladas son elementos estructurales, por lo general de forma cuadrada o rectangular, a veces circular, que se construyen para poder transmitir la carga de las columnas hacia el suelo por medio de una mayor área para disminuir la presión.

Los cimientos o zapatas corridas son elementos análogos a los anteriores, en el caso de éstos la longitud del cimiento es grande en comparación con el ancho. Soportan varías columnas o muros de

mampostería, es una forma derivada de la zapata aislada, debido al caso en el que el suelo sea de baja resistencia que cree la necesidad de una mayor área de repartición o en caso de que se deban transmitir mayores cargas hacia el suelo.

9.4 Ecuación de Terzaghi.

El método de Terzaghi (1943) propone un mecanismo de falla idealizado, en el que supone que el suelo por encima del nivel de fundación actúa exclusivamente como una sobrecarga vertical y se ignora la incidencia de superficies de deslizamiento entre el plano de fundación y la superficie del terreno. En un cimiento en faja continua de ancho B, sobre arcillas saturadas bajo condiciones de corte no drenado, el suelo se comporta como si Φ fuera nulo. Para los suelos granulares, el suelo se comporta con cohesión nula y se tiene en cuenta solo el parámetro de fricción. Si, además, se considera fundado a una profundidad D.

$$q_u = 1.3c'N_C + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma \quad (cimentación\ cuadrada)$$

$$q_u = c'N_C + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma \quad (cimentación\ continua\ o\ corrida)$$

9.5 Resultados de capacidad de carga admisible.

Se analizó la capacidad de carga admisible por cada muestra, desde el nivel cero hasta la profundidad explorada para cada sondeo en el centro de cada muestra.

Tabla 29. Capacidad de carga admisible, coeficiente de balasto Suelo Granulares – Sondeo No. 1.

CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE SUELOS GRANULARES - ECUACIÓN DE TERZAGHI - Fs = 3.0 - SONDEO No.1										
Estrato (m)	Df (m)	Φ'	γ (KN/m3)	q' (KN/m2)	Q admisible (KN/m2) para anchos B					Coeficiente de balasto Ks (Kg/cm3)
					1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	
0.0 - 0.5	0,25	26,86	18,10	4,53	57,86	74,99	92,11	109,23	126,35	1,55
0.5 - 1.0	0,75	22,50	20,60	14,20	65,00	74,52	84,04	93,56	103,07	1,26
1.0 - 1.5	1,25	21,85	20,90	22,08	83,89	92,54	101,20	109,86	118,51	1,45
1.5 - 2.0	1,75	20,30	20,90	27,53	83,93	90,62	97,32	104,01	110,71	1,35
2.0 - 2.5	2,25	21,12	21,90	33,23	108,84	116,88	124,92	132,96	141,01	1,73
2.5 - 3.0	2,75	21,12	21,90	39,18	125,45	133,49	141,53	149,57	157,62	1,93
3.0 - 3.5	3,25	22,50	21,20	44,95	165,08	174,88	184,67	194,47	204,27	2,50
3.5 - 4.0	3,75	24,68	21,20	50,55	235,32	249,35	263,38	277,41	291,43	3,57
4.0 - 4.5	4,25	24,68	21,10	56,13	258,05	272,01	285,97	299,93	313,89	3,84
4.5 - 5.0	4,75	25,61	21,10	61,68	312,61	328,88	345,14	361,41	377,67	4,62
5.0 - 5.5	5,25	26,04	20,90	67,18	354,21	371,47	388,73	405,99	423,25	5,18
5.5 - 6.0	5,75	26,04	20,90	72,63	380,14	397,40	414,66	431,92	449,18	5,50

Tabla 30. Capacidad de carga admisible, coeficiente de balasto Suelo Granulares – Sondeo No. 2.

CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE SUELOS GRANULARES - ECUACIÓN DE TERZAGHI - Fs = 3.0 - SONDEO No.2										
Estrato (m)	Df (m)	Φ'	γ (KN/m3)	q' (KN/m2)	Q admisible (KN/m2) para anchos B					Coeficiente de balasto Ks (Kg/cm3)
					1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	
0.0 - 0.5	0,25	23,66	17,12	4,28	34,85	44,43	54,01	63,58	73,16	0,90
0.5 - 1.0	0,75	23,10	20,60	13,71	68,26	78,75	89,24	99,73	110,21	1,35
1.0 - 1.5	1,25	23,10	20,90	21,59	95,73	106,37	117,01	127,65	138,29	1,69
1.5 - 2.0	1,75	21,12	20,90	27,04	90,82	98,50	106,17	113,85	121,52	1,49
2.0 - 2.5	2,25	21,12	21,90	32,74	107,47	115,51	123,55	131,60	139,64	1,71
2.5 - 3.0	2,75	21,12	21,90	38,69	124,08	132,12	140,16	148,21	156,25	1,91
3.0 - 3.5	3,25	21,12	21,20	44,46	139,69	147,47	155,26	163,04	170,83	2,09
3.5 - 4.0	3,75	24,68	21,20	50,06	233,31	247,34	261,37	275,40	289,42	3,54
4.0 - 4.5	4,25	24,19	21,10	55,64	241,68	254,54	267,40	280,26	293,12	3,59
4.5 - 5.0	4,75	24,68	21,10	61,19	278,80	292,76	306,72	320,68	334,64	4,10
5.0 - 5.5	5,25	24,19	20,90	66,69	284,32	297,06	309,80	322,54	335,28	4,10
5.5 - 6.0	5,75	25,61	20,90	72,14	359,81	375,92	392,03	408,14	424,25	5,19

Tabla 31. Capacidad de carga admisible, coeficiente de balasto Suelos Cohesivos– Sondeo No. 3.

CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE SUELOS COHESIVOS - ECUACIÓN DE TERZAGHI - Fs = 3.0 - SONDEO No.3						
Estrato (m)	Df (m)	C (KN/m2)	γ (KN/m3)	q' (KN/m2)	Q admisible (KN/m2)	Coeficiente de balasto Ks (Kg/cm3)
0.0 - 0.5	0,25	47,03	18,66	4,67	117,71	1,44
0.5 - 1.0	0,75	47,03	20,40	14,43	120,96	1,48
1.0 - 1.5	1,25	51,98	20,20	24,58	136,57	1,67
1.5 - 2.0	1,75	54,45	20,20	34,68	146,05	1,79
2.0 - 2.5	2,25	71,78	19,90	44,71	192,19	2,35
2.5 - 3.0	2,75	51,98	19,90	54,66	146,60	1,79
3.0 - 3.5	3,25	84,15	19,50	62,01	228,52	2,80
3.5 - 4.0	3,75	103,95	19,50	66,76	279,01	3,41
4.0 - 4.5	4,25	61,88	19,40	71,48	176,66	2,16
4.5 - 5.0	4,75	71,78	19,40	76,18	202,68	2,48
5.0 - 5.5	5,25	89,10	19,90	81,01	247,08	3,02
5.5 - 6.0	5,75	101,48	19,90	85,96	279,29	3,42

Tabla 32. Capacidad de carga admisible, coeficiente de balasto Suelos Cohesivos– Sondeo No. 4.

CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE SUELOS COHESIVOS - ECUACIÓN DE TERZAGHI - Fs = 3.0 - SONDEO No.4						
Estrato (m)	Df (m)	C (KN/m2)	γ (KN/m3)	q' (KN/m2)	Q admisible (KN/m2)	Coeficiente de balasto Ks (Kg/cm3)
0.0 - 0.5	0,25	19,80	20,50	5,13	50,61	0,62
0.5 - 1.0	0,75	29,70	20,50	15,38	78,48	0,96
1.0 - 1.5	1,25	29,70	20,50	25,63	81,90	1,00
1.5 - 2.0	1,75	32,18	20,70	35,93	91,45	1,12
2.0 - 2.5	2,25	12,38	20,70	43,78	45,16	0,55
2.5 - 3.0	2,75	14,85	20,70	49,13	53,05	0,65

Tabla 33. Capacidad de carga admisible, coeficiente de balasto Suelos Granulares – Sondeo No. 4.

CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE SUELOS GRANULARES - ECUACIÓN DE TERZAGHI - Fs = 3.0 - SONDEO No.4										
Estrato (m)	Df (m)	Φ'	γ (KN/m3)	q' (KN/m2)	Q admisible (KN/m2) para anchos B					Coeficiente de balasto Ks (Kg/cm3)
					1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	
3.0 - 3.5	3,25	24,19	20,40	54,40	231,06	241,00	250,95	260,90	270,84	3,31
3.5 - 4.0	3,75	24,68	20,40	59,60	265,97	276,77	287,57	298,37	309,17	3,78
4.0 - 4.5	4,25	24,19	20,40	64,80	271,43	281,37	291,32	301,27	311,21	3,81
4.5 - 5.0	4,75	23,66	20,40	70,00	274,98	284,11	293,24	302,37	311,50	3,81
5.0 - 5.5	5,25	24,19	20,40	75,20	311,79	321,74	331,69	341,63	351,58	4,30
5.5 - 6.0	5,75	24,19	20,40	80,40	331,98	341,93	351,87	361,82	371,77	4,55

9.6 Análisis de factor de seguridad, teniendo en cuenta las cargas de servicio (CM+CVN) vs la carga última del suelo.

Este chequeo se realiza con el fin determinar el ancho mínimo de cimentación de acuerdo con la presión de contacto máxima ejercida por la carga de servicio (CM+CVN) y la capacidad de carga última del suelo. Debe cumplir un factor de seguridad mínimo de 3.0 de acuerdo con el numeral H.4.7.1 factores de seguridad indirectos NSR-10.

Tabla 34. Factores de seguridad indirectos según NSR-10.

Tabla H.4.7-1 *Factores de Seguridad Indirectos F_{SICP} Mínimo*	
Condición	F_{SICP} Mínimo Diseño
Carga Muerta + Carga Viva Normal	3,0
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2,5
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo Estático	1,5

Fuente: Título H, Norma Sismo Resistente, NSR-10

Tarima.

Tabla 35. Chequeo de factor de seguridad Carga ultima vs Presión de contacto.

Dimensionamiento de zapatas para carga de servicio (CM+CV)								
Prof. Desplante (m)	Zapata	Joint	Carga de servicio (KN)	Esfuerzo (KN/m2) para dimensiones de zapata (m)				
				1,0	1,5	2	2,5	3
1.5	Mas cargada		200	200,00	88,89	50,00	32,00	22,22
	Esfuerzo ultimo del suelo Qu (Kpa)			495,00	495,00	495,00	495,00	495,00
Factor de seguridad > 3.0			**Fs**	**2,5**	**5,6**	**9,9**	**15,5**	**22,3**

Para este caso tenemos un ancho mínimo de cimiento de 1.5 metros con Fs = 5.6 > 3.0, para aplicar en el diseño estructural, teniendo una carga de servicio asumida de 200 KN.

Cubierta.

Tabla 36. Chequeo de factor de seguridad Carga ultima vs Presión de contacto.

Dimensionamiento de zapatas para carga de servicio (CM+CV)								
Prof. Desplante (m)	Zapata	Joint	Carga de servicio (KN)	Esfuerzo (KN/m2) para dimensiones de zapata (m)				
				1,0	1,5	1,8	2	2,5
2.0	Mas cargada		103	103,00	45,78	31,79	25,75	16,48
	Esfuerzo ultimo del suelo Qu (Kpa)			495,00	495,00	495,00	495,00	495,00
Factor de seguridad > 3.0			**Fs**	**4,8**	**10,8**	**15,6**	**19,2**	**30,0**

Para este caso tenemos un ancho mínimo de cimiento de 1.0 metros con Fs = 4.8 > 3.0, para aplicar en el diseño estructural, teniendo una carga de servicio asumida de 200 KN.

10 MÓDULO DE REACCIÓN DEL SUELO DE FUNDACIÓN.

El módulo de reacción o balastro del suelo se emplea en función de la carga admisible de la cimentación: formula de Bowles, 1997.

Tarima y cubierta.

$$K = 40 * Fs * Qadmisible = 40 * 3 * Qadm = 40 * 3 * 165\ KPa = 198000 \frac{KN}{m3}$$
$$= 2.02\ Kg/cm3$$

11 ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS.

Originado en la distorsión a volumen constante de la masa de suelo cargada, es decir, es aquella parte del asentamiento total que ocurre en forma sensiblemente simultáneamente con la aplicación de las cargas, principalmente como consecuencia del cambio de forma, no del cambio del volumen en el suelo de fundación.

Esta parte del asentamiento ocurre en un tiempo relativamente corto, posiblemente antes de terminar la construcción; de aquí proviene la denominación asentamiento inmediato. Como es la parte que ocurre esencialmente en primer lugar, después de aplicar la carga.

Los métodos más comunes emplean varias integraciones de la solución de Boussinesq para determinar el asentamiento de una carga puntual en la superficie de un semi-espacio homogéneo, isotrópico y elástico.

Correlación de SPT.

El cálculo de los asentamientos se realiza utilizando las expresiones dadas por el método empírico de Terzaghi-Peck (1968) en las cuales se relacionan los sentamientos de la fundación con la resistencia a la penetración estándar N. estas expresiones son:

$$S = q * C1 * KB * KD * Kw$$

$$KB = \left(\frac{2 * B}{0.3 + B}\right)^2$$

$$C1 = \frac{7.62}{N}$$

$$KD = 1.0 - 0.25 * \frac{D}{B}$$

Tabla 37. Asentamientos inmediatos tarima.

Asentamientos diferenciales							
Qadm (Kg/cm2)	Df (m)	Anchos de cimentación					
		B (m)	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
1,65	2,0	S (cm)	0,992	1,552	1,901	2,138	2,309

Para una carga admisible de 200 KN/m2, ancho de 1.5 m, tenemos un asentamiento inmediato de 1.552 cm.

Tabla 38. Asentamientos inmediatos cubierta.

Asentamientos diferenciales							
Qadm (Kg/cm2)	Df (m)	Anchos de cimentación					
		B (m)	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
1,65	2,0	S (cm)	0,992	1,552	1,901	2,138	2,309

Para una carga admisible de 165 KN/m2, ancho de 1.0 m, tenemos un asentamiento inmediato de 0.992 cm.

12 ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL SUELO CBR.

12.1 Ensayo método CBR SUMERGIDO INV E – 148- 13.

Esta norma describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos de subrasante, subbase y base, denominado CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales que contenga tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

Tabla 39. % CBR Apiques

% CBR SUMERGIDO PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELOS - INVE-148-13								
APIQUE No.	UBICACIÓN		TIPO DE SUELO SUCS	TIPO DE SUELO ASSTHO	DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	%W OPTIMA	% CBR INVE-148-13	% PROMEDIO CBR INVE-148-13
1	Plaza de ferias, San Martín	Vía de Acceso	SC	A-4	1,985	9,10	8,80	7,80
2		Parqueadero	SC	A-4(2)	1,964	10,20	6,80	

12.2 Clasificación del potencial de expansión del suelo de la subrasante de cada una de las Unidades de Diseño.

Para ello el ingeniero deberá analizar la clasificación de las muestras de subrasante tomadas y sus valores del límite líquido e índice plástico y compararlos con la correlación presentada en la tabla en la que se indica el potencial expansivo en función de los límites de consistencia. No sobra mencionar que un elemento de juicio que debe usar el ingeniero al momento de evaluar las probables

características expansivas de los suelos de la zona es la existencia de antecedentes que indiquen problemas con obras ya construida.

Tabla 40. Correlación Límites de consistencia vs. Potencial de expansión.

LL (%)	IP (%)	Clasificación del Hinchamiento Potencial
> 60	> 35	Alto
50 - 60	25 - 35	Marginal
50 <	< 25	Bajo

Tabla 41. Hinchamiento Potencial

CLASIFICACIÓN DEL HINCHAMIENTO POTENCIAL								
APIQUE No.	UBICACIÓN		SUCS	ASSTHO	%LL	%IP	CLASIFICACIÓN DEL HINCHAMIENTO POTENCIAL %LL	CLASIFICACIÓN DEL HINCHAMIENTO POTENCIAL %IP
1	Plaza de ferias, San Martín	Vía de Acceso	SC	A-4	30,14	9,72	Bajo	Bajo
2		Parqueadero	SC	A-4(2)	24,70	8,27	Bajo	Bajo

Las subrasantes encontradas tienen un hinchamiento potencial **Bajo** para los cuatro (4) apiques de acuerdo con el límite líquido y al índice de plasticidad.

12.3 Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia.

Tabla 42. Categoría de subrasante según el CBR (%).

CATEGORÍA	CBR (%)	COMPORTAMIENTO COMO SUBRASANTE
S1	CBR ≤3	Malo
S2	3 < CBR ≤ 5	Regular
S3	5 < CBR ≤ 10	Bueno
S4	CBR > 10	Muy bueno

Tabla 43. Clasificación de la subrasante de acuerdo a su resistencia - % CBR SUMERGIDO INVE-148-13

CLASIFICACIÓN DE LA SUBRASANTE DE ACUERDO A SU RESISTENCIA - % CBR SUMERGIDO INVE-148-13								
APIQUE No.	UBICACIÓN		SUCS	ASSTHO	%CBR SUMERGIDO INVE-148-13	% PROMEDIO CBR SUMERGIDO INVE-148-13	TIPO SR SEGÚN PROM %CBR SUMERGIDO	COMPORTAMIENTO SUBRASANTE NATURAL SEGÚN PROM%CBR SUMERGIDO
1	Plaza de ferias, San Martín	Vía de Acceso	SC	A-4	8,80	7,80	S3	Bueno
2		Parqueadero	SC	A-4(2)	6,80		S3	Bueno

Las subrasantes encontradas en la exploración corresponden a clase o tipo **S3**, correspondiente a comportamiento **Bueno,** según % CBR SUMERGIDO INVE-148-13.

Diseño vias internas.

- Para la via de acceso se recomienda un CBR de diseño de 7.8%. subrasante tipo 3.
- Se recomienda un mejoramiento de la subrasante con material de adición tipo terraplen en un espesor minimo de 20 cm, que cumpla con la norma invias articulo 220 suelos seleccionado. Este material debe cumplir con % de finos < 30%, limite liquido < 30%, indice de plasticidad < 10%,CBR > 10%, densidad en el terreno % compactación > 90%.
- La estructura debe estar compuesta por una subbase granular que cumpla con la norma invias articulo 320.

Requisitos de calidad.

Los agregados deben ser naturales y clasificados, las partículas deben ser duras, resistentes y durables, no deben tener exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables, no deben tener materia orgánica u otras sustancias perjudiciales, deben estar exentos de materias vegetales, basura, terrones de arcilla.

Compactación.

Se debe compactar con el equipo aprobado por el Interventor, se debe alcanzar la densidad seca especificada, la compactación se debe efectuar longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, en las zonas peraltadas, la compactación se debe hacer del borde inferior al superior.

Otros aspectos.

Se deben ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 320 – 3, se debe dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, el tamaño máximo nominal no debe exceder de 1/3 del espesor de la capa compactada.

13 CONCLUSIONES.

- ✓ En el área de estudio se proyecta la construcción de la plazoleta de ferias del municipio de San Martín, Cesar.
- ✓ **(Qal) Aluvión:** depósitos recientes de origen fluvial, compuestos principalmente por gravas, arenas, limos y arcillas transportadas y depositadas por corrientes de agua. Estos sedimentos suelen encontrarse en los valles y terrazas bajas, caracterizándose por su alta variabilidad granulométrica, poca consolidación y posible presencia de materia orgánica.
- ✓ En la exploración de campo se encontró: rellenos colocados - arenas arcillosa de plasticidad media, en estado húmedo y saturado (SC); arena bien gradada de finos limosos de plasticidad nula, en estado saturado (SW-SM); arena limosa de plasticidad nula en estado saturado (SM) y arena bien gradada de finos arcillosos de plasticidad media (SW-SC).
- ✓ El suelo presenta características granulares en los Sondeos No.1, No.2 y No.4, y características cohesivas en los sondeos No.3 y No.4.
- ✓ Se se realizaron cuatro (4) apiques a una profundidad de uno punto cinco (1.5) metros.

  Apique No.1 y No.2 – Vía de acceso: Se encontró un perfil estratigráfico, definido de la siguiente manera: de 0.0 a 0.1 m, capa de material orgánico; de 0.1 a 1.5 m, rellenos colocados arena arcillosa de plasticidad media, color marrón amarillento oscuro (10YR-4/4), en estado húmedo. (SC), estrato con una resistencia al CBR INVE-148 = 8.8%.

  Apique No.3 y No. 4 – Parqueaderos: Se encontró un perfil estratigráfico, definido de la siguiente manera: de 0.0 a 0.3 m, capa de material orgánico; de 0.3 a 1.5 m, rellenos colocados arena arcillosa de plasticidad media, color marrón (10YR-4/3), en estado húmedo. (SC), estrato con una resistencia al CBR INVE-148 = 6.8%.
- ✓ En la zona de estudio se encontró nivel freático a 1.0 m para los sondeo 1 y 2, sondeo 3 a 2.5 m y sondeo 4 a 2.0 m al momento de la exploración cabe resaltar que los sondeos se realizaron en el mes de enero del 2025.
- ✓ Se realizaron cuatro (4) sondeos continuos a Percusión con SPT a seis (6.0) metros de profundidad, el suelo no presenta rechazo al NSPT hasta la profundidad explorada.

- ✓ En la exploración del suelo, se encontraron cuerpos de agua cercanos a la zona del proyecto y se observa nivel freático desde profundidades superficiales como un (1.0) metro en los sondeos 1 y 2; no se encontraron árboles ni raíces en el área que afecten al momento de la perforación.

- ✓ En los suelos explorados se identificaron los cuatro tipos de consistencia. Los suelos con contenido de humedad entre el límite líquido y el límite plástico, indican una consistencia **Plástica**; y los suelos que presentan un contenido de humedad por debajo del límite plástico, se clasifican como **Semisólidos**; además, los suelos que tienen plasticidad nula (NP), se encuentran en estado de consistencia **Sólido**.

- ✓ La mayoría de los suelos encontrados posees características granulares que no requieren análisis de expansión, sin embargo, los suelos de características cohesivas (%finos y/o %límites líquido >30%) hallados en la exploración, poseen un potencial de expansión **Bajo,** de acuerdo con el límite líquido e índice de plasticidad, como se muestra la tabla siguiente.

- ✓ Respecto a los suelos Erodables el ambiente donde se desarrolla el proyecto es de tipo aluvial, sin embargo, no se encontraron Limos no cohesivos, ni arenas finas de granulometrías homogéneas, de modo que no hay presencia de suelos Erodables.

- ✓ Los suelos encontrados en la exploración mayormente poseen peso unitario seco (γd) mayor a 14.0 kN/m3 y %finos mayor a 24%, por lo tanto, tenemos **Estables o Expansivos** de acuerdo a los criterios de Clevenger (1958) y Handy (1973).

- ✓ El perfil del suelo según la NSR-10 es tipo D con VS = 220.26 m/s.

- ✓ El Municipio de San Martín, Cesar, está clasificado dentro de una zona de amenaza sísmica **Intermedia**, según la NSR-10.

- ✓ Las subrasantes encontradas tienen un hinchamiento potencial **Bajo** para los cuatro (4) apiques de acuerdo con el límite líquido y al índice de plasticidad.

- ✓ Las subrasantes encontradas en la exploración corresponden a clase o tipo **S3**, correspondiente a comportamiento **Bueno,** según % CBR SUMERGIDO INVE-148-13.

- ✓ Los suelos encontrados en la exploración corresponden a rellenos colocados in situ.

14 RECOMENDACIONES.

PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS GENERALES.

Actividades preliminares:

- ✓ Dentro de estas actividades se encuentran aquellas necesarias para empezar la ejecución de la obra, tales como: Localización y replanteo, cerramiento, descapotes, excavaciones manuales, limpieza y nivelación del terreno.

Cerramiento:

- ✓ Se aislará el lugar de los trabajos de la zona verde, mediante cerramientos provisionales con una altura mínima de 2.1 m. usando tela sintetica de color verde o similar.

Localización y replanteo:

- ✓ Esta actividad tiene por objeto trasladar el proyecto a la zona de intervención para la correcta localización de la infraestructura. Se representan en terreno con medios temporales, las dimensiones y formas de los elementos a construir, según lo indicado en los planos que integran la documentación técnica de la obra.

- ✓ La implantacion de las estructuras se deberá localizar horizontal y verticalmente.

Cimentación:

Adecuación del terreno.

- ✓ En esta actividad se realizará la nivelación y adecuación del terreno donde se implantarán las estructuras. Esto consiste en limpiar y despejar toda el área a intervenir quedando libre de materia orgánica y cualquier material contaminante.

Movimiento de tierras y excavación de cimentaciones.

- ✓ Se debe identificar, ubicar y trazar en el suelo el diseño de la cimentación, mediante comisión topografica.

- ✓ No se puede comenzar a excavar si está lloviendo.

- ✓ Una vez se llega a la profundidad deseada de excavación se debe vaciar el concreto ciclopeo de mejoramiento con una resistencia no menor a 2000 PSI en un espesor minimo de 60 cm para la tarima y de un metro para la cubierta.
- ✓ Por ningun motivo se debe almacenar material o equipos a menos de un metro de distancia del borde de la excavación, toda excavación se debe delimitar por medio de cinta metrica a su alrededor.
- ✓ Se recomienda evitar cargar los bordes superiores de la excavación con materiales y o equipos.
- ✓ Tiempo máximo de exposición: El Reglamento NSR-10 exige indicar en el estudio geotécnico el tiempo máximo de exposición del suelo en los cimientos.
- ✓ Se recomienda que la exposición del suelo no sea superior a 12 horas; por esta razón se recomienda colocar un solado o concreto pobre en toda el área perimetral del cimiento inmediatamente se realicen las excavaciones. Para este proceso se recomienda colocar una malla de gallinero que evite el agrietamiento excesivo de esta protección.
- ✓ Disposición de sobrantes: La Norma NSR-10 exige que en el estudio geotécnico se indique la forma y sitio de disposición de sobrantes.
- ✓ Se recomienda los sobrantes de las excavaciones transportarlos y depositarlos en un botadero que tenga la respectiva licencia ambiental para su funcionamiento.
- ✓ Se recomienda entibar a partir de 1.50 metros de profundidad.

Cimentación superficial zapatas aisladas.

Cubierta.

- ✓ La profundidad de cimentación es de menos dos (-2.0) metros desde el nivel actual del terreno.
- ✓ Se recomienda un mejoramiento del suelo natural en concreto ciclópeo de espesor mínimo de 1.0 m.
- ✓ Se recomienda una capacidad de carga admisible de 16.5 ton/m2, coeficiente de balasto de 2.02 kg/cm3.

Cerramiento.

- ✓ La profundidad de cimentación es de menos uno punto cincuenta (-1.5) metros desde el nivel cero proyectado, teniendo en cuenta un nivel de desplante inicial de 90 cm.
- ✓ Se recomienda un mejoramiento del suelo natural en concreto ciclópeo de espesor mínimo de 60 cm.
- ✓ Se recomienda una capacidad de carga admisible de 16.5 ton/m2, coeficiente de balasto de 2.02 kg/cm3.
- ✓ El ingeniero Calculista, debe realizar una evaluación detallada de las cargas de la superestructura (muertas, Vivas, Sismo, Viento), y con base en el valor de capacidad portante; podrá calcular las dimensiones de las zapatas aisladas, teniendo en cuenta que por ningún motivo la dimensión menor de una zapata cuadrada puede ser inferior a 1.0 m.

Diseño estructura vías internas.

- Para las vías internas se recomienda un CBR de diseño de 7.48%. subrasante tipo S3.
- Se recomienda un mejoramiento de la subrasante con material de adición tipo terraplen en un espesor minimo de 20 cm, que cumpla con la norma invias articulo 220 suelos seleccionado. Este material debe cumplir con % de finos < 30%, limite liquido < 30%, indice de plasticidad < 10%,CBR > 10%, densidad en el terreno % compactación > 90%.
- La estructura debe estar compuesta por una subbase granular que cumpla con la norma invias articulo 320.

Requisitos de calidad.

Los agregados deben ser naturales y clasificados, las partículas deben ser duras, resistentes y durables, no deben tener exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables, no deben tener materia orgánica u otras sustancias perjudiciales, deben estar exentos de materias vegetales, basura, terrones de arcilla.

Compactación.

Se debe compactar con el equipo aprobado por el Interventor, se debe alcanzar la densidad seca especificada, la compactación se debe efectuar longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, en las zonas peraltadas, la compactación se debe hacer del borde inferior al superior.

Otros aspectos.

Se deben ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 320 – 3, se debe dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, el tamaño máximo nominal no debe exceder de 1/3 del espesor de la capa compactada.

Drenajes.

- ✓ Es necesario analizar el comportamiento del sitio del proyecto en épocas de lluvia para identificar zonas de estancamiento, y asi poder plantear una solucion para su drenaje.
- ✓ Las redes y estructuras hidrosanitarias deben diseñarse flexibles y herméticas para absorber las deformaciones causadas por reacomodación de la estructura y por movimiento de señales sísmicas, de tal forma que se eviten infiltraciones que deterioren el suelo de fundación.
- ✓ Se deben evitar infiltraciones exteriores por aguas lluvias que alteren las condiciones de humedad del suelo. Las zonas verdes deben poseer bermas y sistemas de evacuacion rapida de aguas lluvias para evitar infiltracion que altere la humedad del suelo.
- ✓ Si durante las excavaciones se encuentra presencia del nivel freatico se recomienda controlarlo mediante el uso de motobombas.
- ✓ Se recomienda diseñar obras de drenaje para controlar el nivel freatico y evitar afectaciones en la cimentación.

Drenaje perimetral:

Se puede instalar un sistema de drenaje perimetral alrededor de la estructura, que recoja el agua subterránea y la conduzca a un lugar seguro.

Impermeabilización:

Se pueden aplicar tratamientos impermeabilizantes a la cimentación y a las paredes del sótano para evitar la entrada de agua.

Sistema de bombeo:

En casos donde el nivel freático sea muy alto o variable, se puede instalar un sistema de bombeo permanente para mantener el nivel del agua por debajo de la cimentación.

Rellenos.

- ✓ Los materiales provenientes de la excavacion podran utilizarse en los rellenos compactos siempre y cuando no se contaminen con materia organica o se saturen por lluvias. Estos deben ser compactados en capas de máximo 10 cm de espesor.
- ✓ En el caso de requerirse adelantar rellenos de nivelacion durante la preparacion del terreno, se podrá emplear material de prestamo (receba o pedraplen en casos de inestablidad del suelo de fundacion). Ademas este relleno se debe compactar con una densidad mayor al 90 % con relación al proctor modificado, en capas no superiores a 10 cm.

Limitaciones.

- ✓ Los resultados obtenidos en esta caracterización geotécnica, al igual que las recomendaciones, están basados en la información suministrada por los proyectistas.
- ✓ Cualquier modificación del nivel de profundidad del proyecto se deberá consultar con el Ingeniero Geotecnista, teniendo en cuenta que las condiciones del suelo de cimentación y estabilidad de excavaciones pueden variar.

Atentamente:



Victor Alfonso Florez Duran
Ingeniero Civil
MP: 54202251799 NTS
Especialista en Geotecnia Ambiental

15 ANEXOS.

15.1 Ensayos del Laboratorio.

15.2 Perfiles.