

INFORME GEOTECNICO

OBJETO DE ESTUDIO: CONSTRUCCION DE PARQUE
RECREATIVO EL PRADO MUNICIPIO DE TURBACO,
DEPARTAMENTO DE BOLIVAR.



PETICIONARIO:
ALCALDIA MUNICIPAL DE TURBACO

DEPARTAMENTO DE BOLIVAR

MUNICIPIO DE TURBACO

5 DE MARZO DE 2026

HOJA DE CONTROL

Versión	Fecha de Modificación	Observaciones
0	Marzo de 2026	Estudio Geotécnico Preliminar

Título del Documento	CONSTRUCCION DE PARQUE RECREATIVO EL PRADO MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR.
Fecha	5 de marzo de 2026
Documento No.	056 – V0 - 2026

Control Interno	
Especialista Geotecnia	REALIZÓ:  DANIEL ALMANZA MERCADO T.P. No. 22202-339020COR

CONTENIDO

1.0- GENERALIDADES	10
1.1- OBJETIVOS DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO	10
1.2- ACTIVIDADES REALIZADAS	11
1.3- NORMATIVIDAD	12
1.4- LOCACION	12
1.5- RELIEVE Y TOPOGRAFIA	13
2.0- GEOLOGIA.....	15
2.1- ESTRATIGRAFIA REGIONAL	15
2.2- ESTRATIGRAFIA LOCAL	22
2.3- GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL	23
2.4- GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL	32
2.5- HIDROGEOLOGIA REGIONAL	32
3.0- GEOTECNIA DEL LOTE ESTUDIADO.....	33
3.1- AMENAZAS GEOTÉCNICAS GENERALES	33
3.2- RESULTADOS DE LOS SONDEO GEOTECNICOS	33
3.3- RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE LABORATORIO.....	36
3.4- ESTRATIGRAFIA Y CONCLUSIONES GEOTÉCNICAS	38
4.0- COMPORTAMIENTO SISMICO	39
4.1- REQUERIMIENTOS SISMICOS DE ACUERDO AL NSR 10.....	39
4.2- PERFIL DE SUELO.	40
4.3- COEFICIENTE DE IMPORTANCIA.....	42
5.0- PARAMETROS PARA EL DISEÑO GEOTECNICO	43
5.1- CRITERIO GENERAL.....	43
5.2- PERFIL GEOTÉCNICO	43
5.3- DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL PERFIL.....	44
5.4- CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE	44
5.5- RECOMENDACIONES PARA EL APOYO DE PAVIMENTO	45
6.0- RECOMENDACIONES.....	47
6.1- RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DEL PROYECTO	47
6.2- RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS PARA LA SUPERVISIÓN TÉCNICA	51

6.3- RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS PARA LA PROTECCIÓN DE EDIFICACIONES Y PREDIOS VECINOS	51
7.0- ANEXO 1 CRITERIOS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS	53
7.1- GEOTECNIA	53
7.2- ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR SPT	57
7.3- CRITERIOS UTILIZADOS PARA LA INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LOS SONDEOS Y ENSAYOS	57
7.4- CORRELACION A PARTIR DEL SPT	60
7.4.1- COHESION	60
7.4.2- ANGULO DE FRICCION INTERNA	60
7.4.3- DENSIDAD RELATIVA	60
7.5- INTERPRETACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO	61
7.6- PARÁMETROS PARA EL DISEÑO GEOTÉCNICO	62
7.7- CAPACIDAD DE SOPORTE CIMENTACIONES SUPERFICIALES	63
Capacidad de soporte por correlaciones directas con el ensayo SPT	65
7.8- CAPACIDAD DE SOPORTE CIMENTACIONES PROFUNDAS:	66
7.9- ASENTAMIENTOS	68
7.9.1 – MODULO DE ELASTICIDAD	68
7.9.2 – MODULO DE POISSON	68
7.9.3 – CALCULO DE CC	69
7.9.4 – CALCULO DE CS	69
7.9.5 – CALCULO DE EO	70
7.9.6 – CALCULO DE ASENTAMIENTOS	71
7.9.7 – MODULO DE BALASTO	74
8.0- ANEXO 2 CAPACIDAD DE SOPORTE Y COEFICIENTE DE BALASTO	76
8.1- PARAMETROS INICIALES PARA ASENTAMIENTOS.	76
8.2- CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTO MICROPILOTES	77
8.3- CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTO PARA ZAPATA AISLADA.	79
8.4- RESUMEN DE CAPACIDAD DE CARGA Y COEFICIENTE DE BALASTO ESCOGIDO PARA ZAPATA AISLADA.	80
8.5- CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTO PARA ZAPATA CORRIDA.	80

8.6- RESUMEN DE CAPACIDAD DE CARGA Y COEFICIENTE DE BALASTO ESCOGIDO PARA ZAPATA CORRIDA.	81
9.0- ANEXO 3 ESTABILIDAD DE EXCAVACIONES	81
9.1 – ESTABILIDAD DE EXCAVACIONES SLIDE 6.0.	81
9.1.1 – PROPIEDADES DE MATERIALES.....	82
9.1.2 – DIMENSIONES DEL TALUD DE EXCAVACIÓN A VERIFICAR.	82
9.1.3 – FACTOR DE SEGURIDAD.	83
REGISTRO FOTOGRAFICO.....	86



INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Localización de sondeos.</i>	12
<i>Ilustración 2. Localización de Turbaco con respecto a Bolívar y de este con respecto a Colombia.</i>	14
Ilustración 3. Mapa geológico de zona de estudio.	22
Ilustración 4. Mapa hidrogeológico de la zona de estudio.	32
Ilustración 5. Numero de sondeos.	33
Ilustración 6. Ubicación general de sondeos.	34
Ilustración 7. Tipo y cantidad de ensayos de laboratorio.	37
Ilustración 7- Plano de amenaza sísmica.	39
Ilustración 9. Plano Aa y Av.	40
Ilustración 10. Clasificación perfil de suelo.	41
Ilustración 11. Valores de coeficiente Fa.	41
Ilustración 12. Valores de coeficiente Fv.	42
<i>Ilustración 13. Valores coeficiente de importancia.</i>	42
Ilustración 14. Curva de correlación entre CBR y módulo de reacción (k). Fuente. Torres Ortega, Diseño de Pavimentos Rígidos, 2015.	46
Ilustración 15. Requisitos generales para rellenos de estructuras.	50
Ilustración 16. Clasificación de suelos expansivos.	53
Ilustración 17. Determinación de potencial de colapso.	54
Ilustración 18. Verificación de potencial de licuefacción para suelos granulares.	55
Ilustración 19. Ecuaciones para determinar consolidación.	72
Ilustración 20. Propiedades de materiales para estabilidad de excavación sondeo 3.	82
Ilustración 21. Datos generales borde de excavación sondeo 3.	83
Ilustración 22. Determinación factor de seguridad para excavación sondeo 3.	84

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Unidades de construcción.	10
Tabla 2. Coordenadas de sondeos.	13
Tabla 3. Coordenadas de sondeos.	13
Tabla 4. Características y localización de los sondeos realizados.	35
Tabla 5. Características y localización de los sondeos.	35
Tabla 6. Información preliminar.....	36
Tabla 7. Ensayos de clasificación sondeos 1 a 3.....	37
Tabla 8. Ensayos de clasificación apiques 1 a 2.....	37
Tabla 9. Estratigrafía y conclusiones geotécnicas.	38
Tabla 10. Estratigrafía de apique 1.....	38
Tabla 11. Estratigrafía de apique 2.....	38
Tabla 12. Valores de Aa y Av.	39
Tabla 13. Determinación de perfil de suelo.	40
Tabla 14. Propiedades geotécnicas.	44
Tabla 15. Tabla 2-13. Clasificación de la subrasante de acuerdo a su resistencia. Pág 80. manual de diseño de pavimentos en concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS.....	45
Tabla 16. Propiedades mecánicas a partir de CBR.	45
Tabla 17. Potencial de expansión.....	53
Tabla 18. Potencial de colapso.	55
Tabla 19. Potencial de licuefacción.	56
Tabla 20. Guía para interpretar las propiedades de los suelos.....	59
Tabla 21. Propuestas para el cálculo de cohesión.	60
Tabla 22. Guía para describir densidad relativa en suelos granulares.....	60
Tabla 23. Guía para describir la permeabilidad de los suelos.....	61
Tabla 24. Guía para describir la calidad de la roca con base en el RQD.	61
Tabla 25. Guía para analizar onda cortante vs tipo de material.	61
Tabla 26. Correlaciones empíricas para estimar el módulo de Young E en suelos cohesivos.	68
Tabla 27. Datos para asentamientos.....	77
Tabla 28. Capacidad de carga y asentamientos micropilote circular sondeo 1.	78
Tabla 29. Capacidad de carga y asentamientos micropilote circular sondeo 2.	78
Tabla 30. Capacidad de carga y asentamientos micropilote circular sondeo 3.	79
Tabla 31. Asentamientos zapata aislada.	80
Tabla 32. Resumen capacidad de carga y coeficiente de balasto escogida para zapata aislada.	80
Tabla 33. Asentamientos zapata corrida.....	81
Tabla 34. Resumen capacidad de carga y coeficiente de balasto escogida para zapata corrida.....	81
Tabla 35. Factores de seguridad a la excavación.	84

Proyecto	CONSTRUCCION DE PARQUE RECREATIVO EL PRADO MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR.
Localización	MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR.
Peticionario	ALCALDIA MUNICIPAL DE TURBACO.
Características	CUBIERTA CANCHA.
Tipo de formación geológica	Formación La Popa (Qpp).
Suelo	Sondeo 1: Superficialmente aparece un estrato de arenas arcillosas con limo que va desde el nivel natural del terreno hasta 1,0 metros de profundidad, apoyado sobre un estrato de limos de baja plasticidad que va hasta el final de la excavación. Sondeo 2: Superficialmente aparece un estrato de arenas limosas que va desde el nivel natural del terreno hasta 1,0 metros de profundidad, apoyado sobre un estrato de limos de baja plasticidad que va hasta el final de la excavación. Sondeo 3: Superficialmente aparece un estrato de limos de alta plasticidad que va desde el nivel natural del terreno hasta 1,0 metros de profundidad, apoyado sobre un estrato de limos de baja plasticidad que va hasta el final de la excavación.
Perfil de suelo	Perfil D (Norma NSR-10).
Nivel freático	El nivel freático no apareció en las exploraciones realizadas.
Capacidad de soporte	Para el caso de zapata aislada, a una profundidad de desplante de inicial de 1,70 metros con una capa de 0,30 metros de concreto ciclópeo que llevara las cargas hasta una profundidad de 2,0 metros, se tiene una capacidad de carga admisible de 54,27 ton/m² con una capacidad de carga neta de 50,41 ton/m², la cual presenta asentamientos bajos. Para el caso de zapata corrida, a una profundidad de desplante de inicial de 1,70 metros con una capa de 0,30 metros de concreto ciclópeo que llevara las cargas hasta una profundidad de 2,0 metros, se tiene una capacidad de carga admisible de 46,50 ton/m² con una capacidad de carga neta de 42,64 ton/m², la cual presenta asentamientos bajos. Para el uso de vigas de cimentación, se recomienda cimentar a una profundidad de 0,5 metros y diseñarse como viga aérea apoyada de dos maneras según sea la condición: - En el pedestal de la zapata para vigas de cimentación que van entre columnas o tienen uno de los apoyos en las mismas. - En micropilotes preexcavados de 0,3 metros de lado con una longitud de 1,5 metros medidos a partir de la profundidad de desplante, aplica para puntos intermedios de vigas de cimentación que tengan más de 3 metros, vigas de cimentación que tengan uno o todos los apoyos en zonas donde no se tengan columnas y en vigas de cimentación de longitud y carga de trabajo considerable que se apoyen en otras vigas. - De manera complementaria, el suelo en la base de la viga debe ser reemplazado por material granular compactado.

Cimentación recomendada

CUBIERTA

- 1) Se recomienda como opción principal el uso de cimentaciones superficiales como zapatas aisladas o corridas apoyados sobre capa de 30 cm de concreto ciclópeo.
 - Para material de relleno encima de la zapata, se recomienda el uso de material granular compactado al 95% de su densidad máxima del ensayo proctor modificado (norma INV E 142-13) que cumpla la especificación del INVIAS 2013 A610.
- 2) Para soporte de muros divisorios la cimentación se comportará como viga aérea apoyado en micropilotes, además, el suelo en la base de la viga de cimentación, se debe reemplazar por una capa de 30 cm de material granular compactado al 95% de su densidad máxima del ensayo proctor modificado (norma INV E 142-13) que cumpla la especificación del INVIAS 2013 A610.

PLACA, PISOS Y ANDENES

- 1) Para los pisos, losas y andenes se recomienda el uso de losa de contrapiso para otorgar mayor rigidez, reemplazando 50 cm de material seleccionado tipo A610, compactado al 95% del proctor modificado.
- 2) Para zonas de relleno, se recomienda usar material seleccionado tipo A610, compactado al 95% del proctor modificado.



1.0- GENERALIDADES

El presente informe contiene el estudio geotécnico realizado en el sitio donde se proyecta la CONSTRUCCION DE PARQUE RECREATIVO EL PRADO MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR, cumpliendo con la totalidad de los requerimientos del Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente NSR-10.

Número de unidades de construcción separadas por juntas (NSR-10): 1.

TIPO DE ESTRUCTURA	ALTURA (m)	PROFUNDIDAD GENERAL DE CIMENTACION (m)
CUBIERTA	-	1,70 (zapatas aisladas)
CUBIERTA	-	1,70 (zapatas corridas)
CUBIERTA	-	0,50 (viga de cimentación)
PISOS	-	0,00 (50 cm de relleno granular)

Tabla 1. Unidades de construcción.

1.1- OBJETIVOS DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO

El presente estudio geotécnico tiene los siguientes objetivos:

- Definir la viabilidad técnica del lote para la construcción del proyecto planteado.
- Identificar los problemas de cimentación inherentes a la formación geológica, los materiales del suelo, la topografía del lote y la hidrología subterránea.
- Determinar la amenaza sísmica, los movimientos sísmicos y efectos locales para el diseño sismo - resistente de la estructura.
- Determinar mediante sondeos y ensayos el perfil de suelo para el diseño de cimentaciones.
- Recomendar la profundidad y el sistema de cimentación más apropiado de acuerdo a las características de la estructura, de la geología y de la geotecnia del sitio.
- Calcular la capacidad de soporte del terreno al nivel de la cimentación.
- Recomendar las obras geotécnicas que se requieren para mitigar los efectos de los problemas geotécnicos identificados.
- Presentar recomendaciones geotécnicas para la construcción del proyecto.
- Presentar recomendaciones geotécnicas para la supervisión técnica.

1.2- ACTIVIDADES REALIZADAS

El alcance del estudio geotécnico incluye la totalidad de las actividades tendientes a definir la viabilidad de lote, los parámetros de diseño y las recomendaciones geotécnicas para el manejo de excavaciones de acuerdo a los requerimientos del Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente NSR-10.

Para la ejecución del estudio se realizaron entre otras las siguientes actividades:

- Recopilación de información disponible en lo que hace referencia a estudios geotécnicos anteriores en sitios cercanos.
- Visita al sitio de la obra, en donde se identificaron todos los aspectos que inciden directa e indirectamente en el proyecto, se identificaron los predios de construcciones vecinas y se analizaron características tales como: altura sobre el nivel del mar, pendientes, humedad del suelo superficial, presencia de rocas en la superficie, evidencias de erosión y/o formación de cárcavas, drenaje, vegetación, entre otras.
- Análisis de la caracterización geológica y geomorfológica del sitio.
- Ejecución de sondeos a percusión con recuperación de muestras de acuerdo al Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente NSR-10.
- Realización de ensayos de laboratorio de mecánica de suelos para definir las propiedades de los materiales.
- Análisis geotécnico de estabilidad de la cimentación y los taludes, asentamientos y otros análisis exigidos por el reglamento NSR-10.
- Elaboración de un informe que incluye las recomendaciones para el diseño y la construcción del proyecto las memorias de análisis, y las conclusiones del estudio.

La exploración geotécnica se considera suficiente para el diseño de construcción del proyecto; sin embargo, al construir el proyecto pueden encontrarse algunas condiciones diferentes, las cuales no fueron detectadas en el momento de la realización del estudio.

Por la razón anterior, es importante que un Ingeniero Geotecnista revise si las hipótesis del estudio corresponden a las encontradas en campo.

1.3- NORMATIVIDAD

Para la ejecución del presente estudio geotécnico se tiene en cuenta la siguiente información existente:

- Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10). Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. 2010.
- Normas INVIAS (I.N.V.E.) y/o ASTM para la realización de ensayos de campo y laboratorio.
- Normas de Ensayos para Suelos. Instituto Colombiano de Normas Técnicas – ICONTEC. 2002.
- AASHTO LRFD Bridge design specifications, 2012.

1.4- LOCACION



Ilustración 1. Localización de sondeos.

COORDENADAS DE SONDEOS		
PUNTOS	NORTE	ESTE
SONDEO 1	10°20'00.60"N	75°24'40.66"W
SONDEO 2	10°20'00.98"N	75°24'40.91"W
SONDEO 3	10°20'01.45"N	75°24'40.53"W

Tabla 2. Coordenadas de sondeos.

COORDENADAS DE SONDEOS		
PUNTOS	NORTE	ESTE
CBR 1	10°20'1.57"N	75°24'40.54"W
CBR 2	10°20'1.53"N	75°24'40.80"W

Tabla 3. Coordenadas de sondeos.

1.5- RELIEVE Y TOPOGRAFIA

Turbaco es un municipio colombiano en el Departamento de Bolívar. Está ubicado al lado sur de Cartagena y debido al desarrollo urbanístico entre ellos y su comunicación por la doble calzada de la Troncal de Occidente, se encuentra prácticamente unidos entre sí. En este municipio se encuentra la Sede de la Gobernación Departamental.

Turbaco limita al norte con los municipios de: Santa Rosa y Villanueva (Alipaya y Timiriguaco, sus nombres indígenas); Al este con San Estanislao de Kostka, Arenal; Al Sur con Arjona y Turbana y al Occidente con Turbana y Cartagena; Siguiendo con esta última el curso del arroyo de ahoga sapos, canalizado para la construcción de la Urbanización 11 de noviembre. Extensión total:170 km² Extensión área urbana:5.34 km² Extensión área rural:5.069 km² Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 200 Metros Temperatura media: 27 °C Distancia de referencia:10 km de Cartagena de Indias.

Vegetación

La vegetación del lote estudiado es nula.



Ilustración 2. Localización de Turbaco con respecto a Bolívar y de este con respecto a Colombia.

2.0- GEOLOGIA

En el área de las planchas 23 Cartagena y 29-30 Arjona afloran rocas sedimentarias pertenecientes a los cinturones de San Jacinto y Sinú, cuyas edades abarcan el lapso Paleoceno al Reciente; estas rocas se han interpretado como depósito de ambientes marinos y litorales.

Los eventos tectónicos controlaron la evolución geológica del área, formado por los cinturones fragmentados (San Jacinto y Sinú) con unidades litoestratigráficas independientes, lo que hace necesario el uso de dos nomenclaturas estratigráficas. Para el Cinturón de San Jacinto, donde afloran las unidades San Cayetano, Maco, Pendales y Las Perdices, la nomenclatura corresponde a la utilizada en la Plancha 38 Carmen de Bolívar y en el Anticlinorio de Luruaco. En el Cinturón del Sinú afloran las unidades Arjona, Bayunca, Rotinet, Arroyo Grande y La Popa, nombres que han sido utilizados y ampliamente difundidos en la literatura geológica. La relación tectónica entre los dos cinturones es intensamente fallada, especialmente en las unidades San Cayetano y Arjona. Estructuralmente, se conoce la subdivisión en tres anticlinorios; en este trabajo se utiliza una subdivisión en bloques tectónicos, separados por grandes fallas transversales y en algunos casos, sus límites coinciden con los anticlinorios según Duque-Caro (1980).

2.1- ESTRATIGRAFIA REGIONAL

FORMACIÓN SAN CAYETANO (Pgsc)

Ubicación: La Formación San Cayetano fue definida por Chenevart en 1963 (en Duque-Caro et al., 1991) al referirse a una secuencia arenosa aflorante en los Montes de María y Serranía de San Jacinto.

Litología: Lodolitas grises, amarillas alteradas, en capas delgadas y medias; laminación interna plana paralela y plana discontinua, Intercalaciones de areniscas de grano grueso, conglomeráticas sublíticas, mal seleccionadas, y chert rojo en capas delgadas, planas paralelas.

Edad: La edad de la Formación San Cayetano ha sido considerada como Cretácico Superior a Eoceno medio.

Posición estratigráfica: En el área no se conoce la base de la Formación San Cayetano; el techo se observó discordante con la Formación Pendales. Los

contactos con las otras unidades litoestratigráficas son fallados. Regionalmente, la posición estratigráfica está entre la Formación Cansona (contacto inferior, área de la Plancha 37 María la Baja) y la Formación Maco (contacto superior, área de las planchas 31 Campo de la Cruz y 37), este último discordante.

Ambiente de formación: Zimmerle, en 1968 (en Duque– Caro et al., 1972), por la ritmicidad y la estratificación gradada, la consideró como turbidita. Duque – Caro (1973) reconoció estas características y confirma el ambiente. El mismo autor en 1978 (en Angel et al., 1985) le asigna una profundidad de depósito a más de 400 m, teniendo en cuenta el nivel de compensación de carbonatos.

En el área de la Plancha 29-30 se observó secuencias granodecrecientes, pertenecientes a la secuencia Bouma Ta, Tb y Te y litofacies de Mutti & Ricci Lucchi (Howell & Normark, 1988), A, B y D, que se identificó en la sección de Parcelación de Jinete, y parte inferior de la Sección Bonga. La secuencia de Bouma permite reafirmar el ambiente turbidítico; las litofacies A y B indican ambientes proximales (Inner Fan) con alguna influencia del ambiente de abanico medio (Middle Fan) en donde aparece la litofacies D. En la parte superior de la sección de Bonga se observó facies Tc y Td de Bouma y litofacies D dominante sobre y G, que indica un ambiente predominante de abanico distal (Outer Fan); en esa sección se ve una retrogradación de base a techo.

En el área de la Plancha 23 se reconoce secuencias con alternancia de facies C y D que muestran granodecrecimiento; se trata de estratos paralelos que muestran características de este tipo de facies; en algunos de ellos, a pequeña escala, se reconoce la secuencia típica de Bouma. Este tipo de secuencias son considerados como tipos de Middle Fan (Mutti & Ricci Lucchi, 1978), descritas en (Howell & Normark, 1988).

En la parte más alta de la secuencia predominan las facies D y G de los mencionados previamente, pero predominan las facies G en capas finas a medias. Esta curva característica se observa a lo largo del Cinturón de San Jacinto mostrando una amplia extensión lateral; en detalle, en las facies finas de lodolitas silíceas se observa granodecrecimiento considerado por algunos autores como facies típicas de abanico submarino distal de Mutti & Ricci Lucchi 1978, descritas en Howell & Normark (1988).

FORMACIÓN MACO (Pgma)

Ubicación: suroriente del área en una franja NE-SW que se extiende desde el caserío Majagua al sur, hasta la localidad de Mahates al norte. A pesar de haber sufrido procesos de peneplanización, sus características son visibles en afloramientos mal conservados y aislados. Su mejor exposición está en la sección Caserío Limón – Canter Limón,

Litología: Litoarenitas arcósicas, de grano medio y grueso, conglomeráticas, generalmente amarillas por la alteración, cemento silíceo, localmente calcáreo, mal seleccionadas, capas muy gruesas. Intercalación de conglomerados de clastos de rocas ígneas y chert, presenta estructuras de derrumbe. Esporádicas intercalaciones de lodolitas grises en capas delgadas.

Edad: Se considera una edad del Eoceno medio para la Formación Maco.

Posición estratigráfica: Regionalmente se observa que la Formación Maco suprayace discordantemente a la Formación San Cayetano e infrayace transicionalmente a la Formación Chengue. En la Plancha 30 no se tiene ninguno de estos dos límites; la base aparece cubierta por los depósitos cuaternarios del Canal del Dique y el techo está cabalgado por la Formación San Cayetano.

Ambiente de formación: Las características estratigráficas muestran la presencia de la secuencia de Bouma, Ta, Tb, Tc y, subordinada, Td; en la parte media y superior de la unidad y en la inferior no es aplicable, debido a la desorganización interna de las capas. Las litofacies de Mutti & Ricci Lucchi se presentan en toda la secuencia; a la base están las litofacies B y al techo A y C, y, ocasionalmente, D; los conglomerados tienen litofacies F, y representan depósitos removilizados por derrumbes submarinos.

Las asociaciones de litofacies permiten considerar que la unidad se depositó en un abanico submarino con facies proximales (Inner Fan) para la parte media, proximal a media (Inner Fan – Middle Fan) al techo.

FORMACIÓN ARJONA (PgNga)

Ubicación: La Formación Arjona aflora al norte y sur del Municipio de Arjona, en inmediaciones de las localidades de Rocha, Bayano, Chiquito (Plancha 29-30),

Villanueva y Santa Catalin (Plancha 23); presenta una morfología ondulada levemente contrastante con la Formación San Cayetano.

Litología: La posición estratigráfica de la Formación Arjona no ha sido determinada. En el área de trabajo no se encuentra ninguno de sus límites; parcialmente está cubierta discordantemente por la Formación La Popa y por las Gravas de Rotinet; los afloramientos más orientales están fallados con la Formación San Cayetano.

Edad: Entre oligoceno y mioceno.

Posición estratigráfica: La posición estratigráfica de la Formación Arjona no ha sido determinada. En el área de trabajo no se encuentra ninguno de sus límites; parcialmente está cubierta discordantemente por la Formación La Popa y por las Gravas de Rotinet; los afloramientos más orientales están fallados con la Formación San Cayetano. El espesor de la unidad en la sección Cuatro Caminos-Chiquito es de 2.500 y en la sección Pover – Buenos Aires es de 1.600 m; en ambas secciones hay un fallamiento que puede estar aumentando el espesor.

Ambiente de formación: Hacia el techo de la secuencia se observa amplia continuidad lateral de las capas, canales rellenos con material clástico, alta bioturbación y una destrucción casi total de las estructuras sedimentarias primarias; hacia la base, sedimentos pelágicos y hemipelágicos con abundante concentración de material orgánico, restos de plantas y estructuras de derrumbe orientan a pensar en un depósito de plataforma continental afectada por movimientos tectónicos que eventualmente darían origen a flujos por gravedad, probablemente en una zona de quiebre de pendiente.

FORMACIÓN BAYUNCA (Ngb)

Ubicación: La Formación Bayunca tiene una morfología suave, ondulada plana y su descripción se hace con base en afloramientos aislados ubicados entre la localidad de Pasacaballos y el caserío de Albornoz.

Litología: Lodolitas gris oscuras, claras y negras con oxidación amarillenta, capas delgadas y medias, laminación interna ondulosa. Intercalaciones de arenisca de cuarzo, gris claro en capas delgadas.

Edad: Duque-Caro (1967) determina fauna del Mioceno inferior y medio, en las áreas de Pasacaballos. Guzmán (1994, comunicación escrita) encuentra fauna del Plioceno. Por lo tanto, a la unidad se le puede asignar un rango comprendido entre el Mioceno y el Plioceno.

Posición estratigráfica: El límite inferior de la Formación Bayunca es desconocido en el área; el superior es discordante con la Formación La Popa y con la Formación Arroyo Grande.

Ambiente de formación: Aparentemente esta unidad se formó en una zona intermedia, pues muestra características de sedimentos con canales y abundante concentración de conchas, en otras partes, areniscas que rellenan canales abandonados y en otros, contactos erosionales en canales formados en zonas de mareas.

En detalle se observa también estratificación ondulosa paralela que puede ser completamente borrada por la alta bioturbación en otras capas se observa transporte de conchas de pelecípodos que se orientan a lo largo de la estratificación cruzada, pero también se puede observar conchas de pelecípodos que yacen en posición de vida. Esto hace pensar en depósitos en zonas de mareas (Reineck, 1967; Thompson, 1975; Weimer et al., 1992).

GRAVAS DE ROTINET (Qpr)

Ubicación: Link (1927, en De Porta et al. 1974) introduce el término Rotinet Gravels para designar un abanico formado por contactos y bloques de rocas ígneas, calizas y chert negro que se extiende en los alrededores de la ciénaga del Guájaro. Caro et al. (1985) designan informalmente Gravas de Rotinet a sedimentos que afloran en inmediaciones de la población de Rotinet y la Aguada de Pablo.

Litología: Las Gravas de Rotinet afloran en el extremo noroeste de la plancha al norte de la población de Piedras; presenta una morfología de mesetas que han sido disecadas. Está conformada por gravas de cuarzo, chert negro, rocas volcánicas, neises y limolitas, en capas muy gruesas, cuneiformes con estratificación en artesa macizas, con intercalaciones de arenitas cuarzosas a sublíticas, de grano fino a medio, deleznales, en capas cuneiformes delgadas y gruesas, con estratificación cruzada La interestratificación de las gravas y las arenitas es gradual.

Edad: Pleistoceno medio.

Posición estratigráfica: El espesor de la unidad en el área de trabajo es de alrededor de 70 m. La unidad reposa discordantemente sobre la Formación San Cayetano.

FORMACION LA POPA (Qpp)

Ubicación: La Formación La Popa aflora al oeste del área de trabajo, en las poblaciones de Ballesta, Turbaná, Turbaco, en las islas Barú y Tierra Bomba, al sur de la localidad de Albornoz y Cartagena.

Litología: Calizas arrecifales, amarillo-claras masivas de corales y moluscos.

Edad: pleistoceno inferior.

Posición estratigráfica: La Formación La Popa se aprecia discordante sobre la Formación Arjona en el área de Arjona, en el área de Coloncitos al norte de Turbaco y sobre la Formación Bayunca en el área costera entre Pasacaballos y Albornoz. En el área de Turbaco se aprecia concordante sobre la Formación Arroyo Grande. El techo está suprayacido por los depósitos aluviales y marinos recientes.

Ambiente de formación: Al realizar el reconocimiento regional, acerca de la posición de los cuerpos calcáreos de la Formación La Popa, se puede reconocer en diferentes sitios construcciones de biohermas coralinas o arrecifes completos donde se observa claramente diferentes etapas de crecimiento del arrecife, así como migraciones laterales en las diferentes etapas de desarrollo del cuerpo coralino. Esto hace pensar en arrecifes formados en una plataforma submarina con una pendiente muy suave y por debajo del nivel de base de las olas, un área con poco aporte de sedimentos, aguas claras y temperaturas entre 20°C y 25°C que permiten el desarrollo de estos cuerpos calcáreos.

DEPÓSITOS DE LLANURA ALUVIAL (Qlal)

Los depósitos de llanura aluvial son aquellos depósitos recientes localizados en el área de influencia del Canal del Dique. Se trata de depósitos de poco espesor formados por el fenómeno de arroyadas y compuestos generalmente, por material

fino de arcillas y arenas finas. La morfología de estos depósitos es de planicies ligeramente inclinadas, que siguen la dirección de escorrentía. Asociados con los drenajes mayores se presentan terrazas de extensión limitada alturas no superiores a los 10 m compuestos por gravas y esporádicamente bloques.

DEPÓSITOS FLUVIOLACUSTRES (Qfl)

Los depósitos fluvilacustres son depósitos asociados con la llanura de inundación del Canal del Dique; están compuestos principalmente por materiales finos tipo arcilla o limo, producto de las fluctuaciones invierno verano que aportan material a dicha zona de inundación.

DEPÓSITOS DE LLANURA COSTERA (Qfl)

Como se discutió en el capítulo de geomorfología, la Costa Caribe en el área de la Plancha 29-3 presenta un régimen de depósito progradante y origina la formación de depósitos orgánicos y clásticos en la llanura costera. Los depósitos orgánicos son de dos tipos, los llamados de manglares y los depósitos asociados con el crecimiento de corales.

Como depósitos clásticos se consideran las arenas depositadas y retrabajadas en la zona intermareal; las islas barreras son debidas a la acción de las corrientes marinas y los deltas formados en la desembocadura de las corrientes de agua en el mar.

DEPÓSITOS COLUVIO- ALUVIALES (Qcal)

Los depósitos coluvio-aluviales agrupan la sedimentación fluvial reciente y actual, y la generada por coluviones igualmente recientes, relacionados con arroyos y con los piedemontes.

Están constituidos por cantos, bloques, arenas y arcillas, mezclados a gradados, y cubren a las unidades rocosas y a los depósitos cuaternarios más antiguos.

DEPÓSITOS DE PLAYA (Qmp)

Los depósitos de playa están localizados a lo largo de la línea de costa y constan de arenas de grano fino a grueso, ocasionalmente con gravas; la mayoría son de color amarillo ocre a grises; en las playas de Barú son blancas.

DEPÓSITOS DE MANGLAR (Qmm)

2.3- GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL

ESTILO ESTRUCTURAL DEL CINTURÓN DE SAN JACINTO

Estilo Estructural del Cinturón de San Jacinto En las planchas 23 y 29-30 se presenta la parte occidental de Cinturón de San Jacinto, el cual está limitado por la Falla Villanueva-El Totumo, que corresponde con el lineamiento del Sinú (Duque-Caro, 1980). De acuerdo con Reyes & Clavijo (1996), al sureste de la Plancha 29-30 aflora el sector occidental del bloque tectónico de El Carmen y al noreste de la Plancha 29-30 y oriente de la Plancha 23 aflora el bloque tectónico de Luruaco.

Bloque tectónico de El Carmen

Plegamiento de Arroyo Hondo: El plegamiento de Arroyo Hondo está localizado al suroriente de la Plancha 29-30 (cuadrículas H-11 y H-12), sobre las cuchillas Arenita y Arroyo Hondo, reconocible sobre el arroyo Hondo. Se encuentra entre las fallas Bonga y Mangujal. Se trata de un sinclinal y anticlinal muy estrecho, con una longitud reconocible de 5 km en dirección N40oE. Al parecer se originaron a partir de un comportamiento plástico, relacionado con el empuje tectónico y movimiento a través de la Falla Bonga.

Sinclinal de Palenque: El Sinclinal de Palenque está localizado entre las poblaciones de Palenque y Mahates en la Plancha 29-30 (cuadrículas D-12, E-12, F-12, G-12); su rumbo preferencial es N15o-20oE. La amplitud máxima es de 3 km y dentro del área tiene una longitud de 20 km. No obstante estar rodeado por fallas inversas, sus flancos son simétricos y su plano axial es aproximadamente vertical. Se desarrolló en rocas del Eoceno medio, de la Formación Maco. Al sur de Palenque presenta cierre estructural, controlado por las fallas El Limón y María la Baja- Juan de Acosta.

Falla El Playón: La Falla El Playón está localizada al sureste de la Plancha 29-30 (cuadrícula H-12), y se prolonga a la Plancha 31 Campo de la Cruz al noreste y a la Plancha 37 María la Baja al suroeste. Su rumbo es N25oE; en superficie se inclina al oriente cerca de 70o. Las relaciones litológicas y el análisis indican un movimiento inverso que repite parte de la secuencia litoestratigráfica de la Formación San Cayetano. Cerca de esta falla son frecuentes plegamientos e inversiones de los estratos.

Falla Bonga: La Falla Bonga está localizada entre las cuchillas Arenita y Tigre y pasa por la localidad de Bonga (Plancha 29-30, cuadrículas H-12, G-12). En el área tiene una longitud aproximada de 15 km, en los cuales cambia rápidamente el rumbo, donde N40oE es el predominante al sur y N15oE al norte y un buzamiento aproximado de 70° al este. Es una falla inversa, con una débil componente dextral; afecta directamente a la Formación San Cayetano.

Falla de Majagual: La Falla Majagual está localizada al oeste de las cuchillas Arenita y Arroyo Hondito; en el área (Plancha 29-30, cuadrículas H-11, G-12) tiene una longitud aproximada de 12 km y se une a la Falla de Bonga al este de Palenque. El rumbo es más o menos constante de N35°E y buzamiento de 60° al este y al igual que las anteriores, es inversa, ligeramente dextral. Es satélite de la Falla de Bonga, y repite alrededor de 880 m de la secuencia de la Formación San Cayetano en la parte sur y hacia el norte pierde salto; es muy frecuente el plegamiento de los estratos cerca de la falla.

Falla María la Baja-Juan de Acosta: La Falla María la Baja - Juan de Acosta está localizada al este de Palenque y al norte cruza cerca de la localidad de Mahetes (Plancha 29-30, cuadrículas H-11 G-12, F-12, E-12). En el área presenta una longitud de 20 km. Al sur tiene un rumbo de N30oE, en Palenque es N50oE y al norte es N15oE; el buzamiento varía de 60° a 80° al este; su movimiento ha sido principalmente inverso, pero en su parte central tiene una importante componente dextral; se constituye en la falla de mayor salto, y coloca en contacto la parte media de la Formación San Cayetano, con la parte superior de la Formación Maco.

Falla El Limón: La Falla El Limón está localizada al oeste de las localidades de Palenque y Mahates en la Plancha 29-30, (cuadrículas G-11, F-12, D-12); al sur se desprende de la Falla María la Baja – Juan de Acosta en el Corregimiento El Limón y al norte queda fosilizada por los depósitos recientes del Canal del Dique. Presenta un rumbo general N20oE y buzamiento de 50° al este y el movimiento ha sido de tipo inverso, y repite la secuencia de la Formación Maco e igualmente sirve de límite al Sinclinal de Palenque.

Bloque Tectónico de Luruaco

Falla Las Mellas: La Falla Las Mellas se encuentra localizada a lo largo de las cuchillas Las Mellas y Juanito, en la región de Jinete al sur de Arjona (Plancha 29-30); al norte se le une a la Falla Villanueva – El Totumo y al sur entra a la depresión del Dique. Presenta una longitud aproximada de 15 km, rumbo N30o-40oE y buzamiento al oeste. Es una falla inversa que afecta a la Formación San Cayetano, y genera repliegues, inversión de estratos y un alto fracturamiento en las rocas.

Falla Jinete: La Falla Jinete está localizada al oeste de la región de Jinete, al sur de la localidad de Arjona (Plancha 29-30), y termina al norte en la Falla Villanueva - El Totumo. Se extiende por más de 12 km, con un rumbo general N30oE y buzamiento aproximado de 40° al este. Es una falla inversa, de gran salto vertical; al sur cabalga la parte inferior de la Formación San Cayetano, sobre la parte superior de la misma formación.

Falla Villanueva – El Totumo: La Falla Villanueva-El Totumo está localizada en la región de Rocha, al este de Arjona, en la localidad de Bayano (Plancha 29-30) y por las localidades de Villanueva y El Totumo (Plancha 23); tiene una extensión de más de 75 km, con un rumbo N40oE en el sector sur y al norte cambia a norte-sur. Es una falla inversa que genera gran perturbación en los estratos de las formaciones San Cayetano, Pendales y Arjona, como inversiones y plegamientos.

De acuerdo con la interpretación de información bioestratigrafía y litoestratigráfica, esta falla representa el lineamiento del Sinú.

Falla Laguna: La Falla Laguna está localizada al suroriente de la Plancha 23, tiene rumbo general N40oE e inclinación al noroccidente y una longitud de 8 km; hacia el nororiente continúa en la Plancha 24 Sabanalarga y al suroccidente termina contra la Falla del Dique. Las evidencias observadas en campo y la relación entre las unidades que separa, indican un movimiento principal inverso, aunque por posición espacial regional podría tener una componente lateral derecha. Esta falla coloca en contacto la Formación San Cayetano con la Formación Hibácharo. Su inclinación al occidente es contraria a la mayor parte de las fallas, por lo tanto, se considera como un Back Thrust.

Falla Banco: La Falla Banco está localizada al oriente de la Plancha 23, tiene rumbo N65oE e inclinación a sureste y una longitud dentro del área de 12 km; hacia el oriente se interna en la Plancha 24 y al suroeste choca contra la Falla Villanueva – El Totumo. En las observaciones de campo se vio un movimiento principalmente inverso, pero la geometría regional y algunas características morfológicas sugieren que hay también un movimiento lateral derecho. Esta falla repite la parte superior de la Formación San Cayetano.

Falla de Luruaco: La Falla de Luruaco está localizada al oriente de la Plancha 23, y cruza por la región de Mapurito. Tiene un rumbo general de N40oE e inclinación hacia el oriente, entre 40° y 60°, y una longitud de 12 km dentro del área; al nororiente se interna en la Plancha 24 y al suroccidente termina en la Falla Villanueva – El Totumo. Es una falla inversa que repite parte de la secuencia de la Formación San Cayetano, y deja a su paso cizallamiento y plegamiento muy pronunciado.

Falla Pendales: La Falla Pendales está localizada al nororiente de la Plancha 23, en inmediaciones de la localidad de Pendales. Tiene un rumbo N30o- 40oE y su inclinación es cercana a los 60°, hacia el oriente; se reconoce por una longitud de 20 km; hacia el suroccidente termina en la Falla Villanueva – El Totumo y la norte se interna en la Plancha 24. Es una falla inversa convergencia al occidente, sobre la cual cabalga la Formación San Cayetano sobre la Formación Pendales.

Plegamiento de San Estanislao: El plegamiento de San Estanislao está localizado en la esquina suroriental de la Plancha 23, al oriente del Municipio de Villanueva. Se trata de un sinclinal y un anticlinal con rumbo de sus ejes N50oE, una longitud promedio de 4 km y una amplitud de 5 km; el anticlinal presenta cierre al suroccidente mientras que el sinclinal lo presenta al nororiente, de tal forma que las dos estructuras tienen forma de “S”, provocada por un límite tectónico de dirección N60oW mencionado por Reyes (1995) como Falla del Dique. El plegamiento tiene su núcleo en la Formación Tubará y sus flancos en la Formación Hibácharo.

Anticlinal de Tocagua: El Anticlinal de Tocagua está localizado al nororiente de la Plancha 23, cerca de la población de San Juan de Tocagua. Tiene una longitud de 3,5 km sobre la Formación San Cayetano. Es una estructura asimétrica que muestra su flanco occidental más inclinado; al norte se insinúa un cierre estructural contra la Falla Pendales; hacia el sur está cubierto por depósitos cuaternarios y no se reconoce.

Bloque Tectónico de Turbaco

Falla Buenos Aires: La Falla Buenos Aires se extiende por 42 km desde la localidad de Rocha al sur, hasta la Falla del Dique al norte, y cruza al oeste de Arjona, entre los caseríos de Chiquito y Bayano (Plancha 29-30) y la localidad de Villanueva (Plancha 23). En el sector Rocha–Arjona, tiene un rumbo N30oE, para luego dar una curva al este en el sector de Chiquito, donde su rumbo es N50oE, y al norte es de N20oE; el buzamiento es siempre al este alrededor de 60°. En la mayor parte, su comportamiento es inverso, pero al norte de Arjona es claro un movimiento dextral asociado. Es una de las fallas con mayor desplazamiento en el Bloque Tectónico de Turbaco, dentro de la Formación Arjona.

Falla Quita Calzón: La Falla Quita Calzón se extiende por 8 km y conecta la Falla Casaloma con la Falla Buenos Aires (Plancha 29-30); el rumbo es N50oE y buzamiento al suroriente. Su comportamiento es principalmente inverso con componente dextral, y está afectando a la Formación Arjona, lo que se manifiesta en un alto fracturamiento y gran perturbación en los estratos.

Falla de Casaloma: La Falla de Casaloma se extiende por 20 km entre el caserío de Badel en el Canal del Dique y Arjona, donde se le une a la Falla Buenos Aires (Plancha 29-30); tiene rumbo N30°E y buza entre 40° y 50° al este; su comportamiento es inverso y repite parte de la secuencia de la Formación Arjona.

Falla Cuatro Caminos: La Falla Cuatro Caminos está localizada al oeste del caserío de Chiquito y se extiende dentro del área por 16 km, desde la Falla Buenos Aires (Plancha 29-30); se prolonga hacia el norte hasta la Falla del Dique (Plancha 23); tiene rumbo NS y buza 35° a 40° al este; es inversa, asociada a la Falla de Buenos Aires.

Falla de Turbaná: La Falla de Turbaná se extiende por 35 km desde el Canal del Dique en inmediaciones del caserío Recreo-Piedrecitas, hasta la Falla del Dique, al occidente de Villanueva (Plancha 23). Tiene un rumbo general N45°E y buzamiento de 40° al este. Es una falla inversa de cabalgamiento que presenta al este de Turbaco evidencia claras, como lo son planos estriados, y ruptura de la roca, mientras que al suroeste de Turbaná y noreste de Turbaco sólo presenta indicios de movimiento. Las evidencias muestran cabalgamiento de las Gravas de Rotinet sobre la Formación La Popa y repetición de la Formación La Popa. La ubicación de esta falla hace pensar que es la expresión cuaternaria de actividad tectónica.

Falla Pasacaballos: La Falla Pasacaballos se extiende por 30 km desde la localidad de Pasacaballos hasta el caserío de Algarrobo en la Plancha 23, donde termina en la Falla Villanueva –El Totumo. Tiene un rumbo N40°E y buzamiento al este de alrededor de 50°; es una falla inversa que afecta directamente a la Formación Bayunca y repite parte de su secuencia; son evidentes en el área de Pasacaballos inversiones de estratos y plegamientos rápidos y pequeños. En la región de Membrillal la mala exposición de la secuencia hace imposible su reconocimiento en campo; sin embargo, por rasgos fotogeológicos se hizo su proyección hacia el norte en forma inferida; sobre la Formación Arjona (Plancha 23) se reconoció y está desplazada en forma sinistral por la Falla del Dique.

Falla Mamonal: La Falla Mamonal se extiende por 60 km por el área de Mamonal y Arroz Barato al noroeste de la Plancha 29-30 y se prolonga a la Plancha 23; presenta un rumbo N50°E y buzamiento al este de alrededor de 50° a 60°; al suroccidente se interna en la bahía de Cartagena y probablemente pasa entre las islas de Barú y Tierra Bomba. La traza establece un cambio topográfico y controla la extensión de la Formación La Popa de Albornoz hacia el este y genera fracturamiento y plegamiento en las rocas lodolíticas y areniscas de la Formación Bayunca; su comportamiento es principalmente inverso, pero la disposición de la Formación La Popa sugiere una componente de desplazamiento sinistral.

Falla Henequén: La Falla Henequén está localizada en la región de Albornoz al noroeste de la Plancha 29-30; se extiende por 4 km, y termina en la Falla Mamonal; su expresión es clara en la cantera de caliza de la empresa Colclinker; presenta un rumbo N75°E y buzamiento 25° al sureste. Es una falla inversa de cabalgamiento que afecta la Formación La Popa.

Falla Clemencia: La Falla Clemencia está localizada en la parte central de la Plancha 23, y pasa por la localidad de Clemencia, con rumbo N10°- 30°E. Al sur se desprende de la Falla Pasacaballos y al norte se une con la Falla Mamonal. Es una falla inversa que repite parte de la secuencia de la Formación Arjona y así mismo sufre un desplazamiento en sentido sinistral de 800 m por la Falla del Dique

Lineamientos de Bayunca: Los lineamientos de Bayunca están localizados en el sector noroccidental de la Plancha 23, sobre la Formación Bayunca; tienen una orientación que varía de N45°W a E-W. Son muy claros en imagen de satélite y fotografías aéreas; sin embargo, en campo no se observó rasgos importantes.

Plegamiento de Turbaco: El plegamiento de Turbaco está localizado en el área de Turbaco en la Plancha 29-30 (cuadrículas A-7, B-7). Está constituido por dos estructuras anticlinales y dos sinclinales, muy estrechas, y de extensión máxima 7 km; sus planos axiales son verticales, y los flancos son simétricos con inclinaciones menores a los 15°; regionalmente son pequeñas ondulaciones estructurales desarrolladas en la Formación La Popa.

Plegamiento de Barú: El plegamiento de Barú está localizado en la isla Barú, entre la población de Ararca y la ciénaga Honda en la Plancha 29-30 (cuadrícula C-7); son un sinclinal y un anticlinal de rumbo N50°E, reconocibles por 2 km de longitud. Sus flancos son simétricos, y su inclinación no sobrepasa los 15°. Al igual que en Turbaco, son ondulaciones estructurales de poca extensión en la Formación La Popa.

Anticlinal de Santa Catalina: El Anticlinal de Santa Catalina está localizado en la parte central de la Plancha 23 (cuadrícula E- 6), al sur de la localidad de Santa Catalina. Tiene un rumbo N15°E, una longitud reconocida de 8 km, y amplitud de 8 km. Sus flancos son simétricos, aunque con variaciones rápidas de inclinación de sus estratos. El flanco occidental está limitado por la Falla Clemencia y el oriente por la Falla Villanueva- El Totumo. Esta estructura se desarrolló sobre la Formación Arjona.

Plegamiento El Coco: El plegamiento de El Coco está localizado al noroccidente de la Plancha 23 (cuadrículas D-3, D- 4), sobre la Formación Bayunca. Geométricamente son anticlinales y sinclinales de corta longitud (2-5 km), dispuestos radialmente o en forma errática; esta disposición aparentemente responde a eventos diapíricos que vienen actuando desde el Mioceno superior hasta la actualidad.

Volcán de lodo de Ternera: El volcán de lodo de Ternera es una estructura cómica localizada al noroeste de la Plancha 29-30, en cercanías de la parte sur de la ciudad de Cartagena. Se manifiesta en pequeños cráteres con diámetros inferiores a 50 cm, por los cuales salen lodo y gases. Topográficamente se manifiesta en una leve colina poco notoria. Actualmente, la presencia de este volcán está afectando la construcción de una carretera que da salida al complejo industrial d Mamonal, hacia la carretera de La Cordialidad.

Volcán de lodo de Cañaveral: El volcán de lodo de Cañaveral está localizado en el caserío Cañaveral (cuadrícula H-6), cerca al límite de las planchas 23 y 29-30. Se presenta como una estructura cómica elevada de notoria presencia en rocas de la Formación Arjona.

Volcán de lodo de Bayunca: El volcán de lodo de Bayunca está localizado al norte de Bayunca, afecta a la Formación Bayunca en una zona donde las estructuras radiales antiguas son frecuentes; esto da a pensar que el vulcanismo de lodo en este sector ha sido constante desde el Mioceno superior al Plioceno.

Estructura Diapírica de la Loma de los Volcanes: La estructura diapírica de la Loma de los Volcanes está localizada al oriente de Turbaco, en la finca Coloncitos; afecta la Formación Arroyo de Piedra en una zona d topografía suave, y presenta manifestaciones de vulcanismos de lodo.

Falla del Dique

Reyes & Camargo (1995) se refieren a la Falla Dique como Lineamiento del Dique; Reyes & Clavijo (1996), por evidencias de campo, le llaman Falla del Dique. Está localizada hacia la parte centro-sur de la Plancha 23, y pasa por las localidades de Villanueva y Punta Canoa. En el área tiene una longitud de 40 km, un rumbo de N60°W y plano vertical, con un movimiento lateral izquierdo que limita las unidades litoestratigráficas de San Cayetano, Arjona e Hibácharo. Sobre las unidades Tubará, Bayunca y depósitos cuaternarios se presenta como un lineamiento fotogeológico, sin evidencias de campo; sin embargo, al occidente en la localidad de Punta Canoa hay niveles de playa levantados (3 m) sobre el nivel actual, por movimientos verticales de esta falla.

Depresión del Dique

Falla inferida de Bolívar: La falla inferida de Bolívar es conocida ampliamente como Lineamiento de Bolívar (Beck 1921; Zimmerle, 1968; Irving, 1971; Duque-Caro, 1980), que designa una zona de falla inversa, presente en el Cinturón de San Jacinto. En las planchas 23 y 29- 30 se continúa su trazo en forma inferida en el Canal del Dique de acuerdo con rasgos morfológicos que son indicios de actividad tectónica en los depósitos cuaternarios.

En el área de Correa es la proyección de cómo ha sido cartografiada en el Cuadrángulo D-8 (INGEOMINAS, 1988) y al norte sigue, por alineamiento de algunos arroyos, especialmente cerca de Piedras, donde el rumbo es N40°E. Como se indicó anteriormente, y de acuerdo con análisis de esfuerzos en rocas pleistocénicas en el área de Turbaco y al cambio de rumbo de la falla inferida de Bolívar, ésta tiene comportamiento sinistral en Correa y dextral al norte. Este juego de movimientos de bloques determina la apertura de una cuenca, como es la depresión del Dique.

Falla Inferida de Rocha: La falla inferida de Rocha está localizada en el borde norte del segundo segmento de la depresión del Dique (Plancha 29-30); pasa cerca de la población de Rocha con rumbo N60°W y buzamiento al SW; su trazo se hace inferido y se piensa que es una falla normal sobre la cual resbala el bloque sur correspondiente a la depresión, lo que indica un proceso distensivo de dirección NE-SW.

La proyección al noroeste por la bahía de Barbacoas, hasta la isla Barú, coincide con un cambio topográfico en la isla y con mayor área emergida en el bloque norte, lo que refuerza las indicaciones de la existencia de la falla y su comportamiento.

Falla Inferida de Correa: La falla inferida de Correa está localizada al sur del área de la Plancha 29-30, por la localidad de Correa, y penetra en la Plancha 37 hacia la costa; tiene un rumbo N80°E y buzamiento al norte. Establece el límite sur del segundo segmento de la depresión del Dique, con el bloque de Correa.

Su comportamiento es normal y junto con la falla inferida de Rocha conforman una cuña que se ensancha al oeste, y representa un área deprimida rellena de sedimentos depositados por el Canal del Dique.

2.4- GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

El área de estudio no presenta evidencias de eventos tectónicos que afecten los materiales de origen residual que se encuentran superficialmente en el área de estudio.

2.5- HIDROGEOLOGIA REGIONAL



Ilustración 4. Mapa hidrogeológico de la zona de estudio.

La hidrología del municipio de Turbaco se compone de (Te) rocas sedimentarias de ambiente transicional, depositadas en diversas épocas del terciario; conglomerados, areniscas calcáreas y limolitas.

3.0- GEOTECNIA DEL LOTE ESTUDIADO

3.1- AMENAZAS GEOTÉCNICAS GENERALES

En general se presentan amenazas geotécnicas que afecten la estabilidad del proyecto después de construido.

Fenómenos de remoción en masa

El lote objeto del estudio se localiza regionalmente en una zona de pendientes bajas y no se localizan puntos críticos que desplieguen este fenómeno. Los suelos del sitio poseen una susceptibilidad baja a movimientos en masa.

Fenómenos de erosión

Los suelos encontrados en este sector del estudio presentan una susceptibilidad baja a erosión dado que según la caracterización de suelos erodables de la norma NSR 10 título H (sección H.9.2.2), no se presentan suelos caracterizados como limos no cohesivos y no se hallaron en la zona de construcción fallas por tubificación, erosión en las pendientes presentes del lote, grietas o cárcavas por efecto de erosión.

Fenómenos de colapso

En los sondeos realizados, los suelos en general no presentan susceptibilidad al colapso.

Fenómenos de expansión

En los sondeos en general, los suelos presentan susceptibilidad al fenómeno de expansión hasta 1,0 metros de profundidad en el sondeo 3.

Fenómenos de licuefacción

En los sondeos realizados, los suelos en general no presentan susceptibilidad a la licuefacción.

3.2- RESULTADOS DE LOS SONDEO GEOTECNICOS

Requerimientos de sondeos de acuerdo al reglamento NSR-10 El proyecto que se plantea la CONSTRUCCION DE PARQUE RECREATIVO EL PRADO MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR, tiene las siguientes características: La construcción propuesta es de categoría baja. El número mínimo de sondeos por cada unidad de construcción está definido por la siguiente tabla:

Tabla H.3.2-1
Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción
Categoría de la unidad de construcción

Categoría Baja	Categoría Media	Categoría Alta	Categoría Especial
Profundidad Mínima de sondeos: 6 m. Número mínimo de sondeos: 3	Profundidad Mínima de sondeos: 15 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 25 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 30 m. Número mínimo de sondeos: 5

Ilustración 5. Numero de sondeos.

Teniendo en cuenta que el proyecto está conformado por una (1) unidad de construcción de categoría baja, se obtiene el siguiente requerimiento: Número mínimo de sondeos: 3.

El artículo H.3.2.5 especifica que al menos el 50% de los 3 sondeos exigidos debe alcanzar la profundidad de 6.0 metros por debajo del nivel de excavación; sin embargo, en el numeral (d) se define que en los casos donde se encuentre aglomerados rocosos o capas de suelos firmes asimilables a rocas, a profundidades inferiores a las establecidas en material firme, el 50% de los sondeos deberán alcanzar a penetrar en este material, siempre y cuando se verifique su continuidad de la capa o la consistencia adecuada de los materiales y su consistencia con el marco geológico local.

Localización de los sondeos realizados

Los sondeos se localizaron en tal forma que permitieron obtener información suficiente para el diseño de las cimentaciones proyectadas y las obras de mitigación que se pudieran requerir.

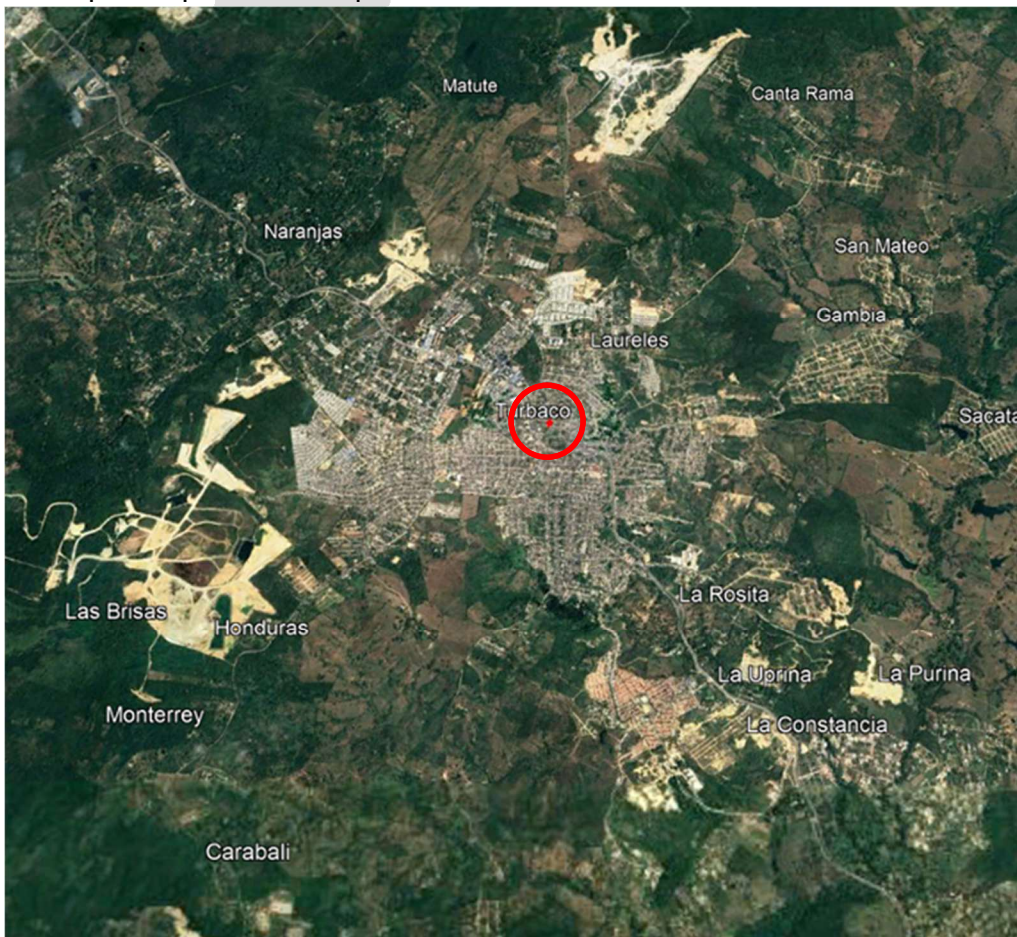


Ilustración 6. Ubicación general de sondeos.

Características y localización de los sondeos realizados					
SONDEO	TIPO	COOR. NORTE	COOR. ESTE	LOCALIZACION	PROF. (M)
1	PERCUSION	10°20'00.60"N	75°24'40.66"W	-	6
2	PERCUSION	10°20'00.98"N	75°24'40.91"W	-	6
3	PERCUSION	10°20'01.45"N	75°24'40.53"W	-	6

Tabla 4. Características y localización de los sondeos realizados.

Características y localización de los apiques realizados					
APIQUE	TIPO	COOR. NORTE	COOR. ESTE	LOCALIZACION	PROF. (M)
1	CBR	10°20'1.57"N	75°24'40.54"W	-	1,5
2	CBR	10°20'1.53"N	75°24'40.80"W	-	1,5

Tabla 5. Características y localización de los sondeos.

En cumplimiento del Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente se realizaron los siguientes ensayos de campo:

- Ensayo de Penetración Estándar (SPT) Norma ASTM D 1586, I.N.V.E. 111.
- Extracción de muestras de suelo.
- Descripción de muestras a partir de los siguientes criterios: Litología, Textura, Tamaño de los granos, Minerales presentes, Estructura, Color, Presencia de materiales orgánicos y raíces, Porosidad, Consistencia o resistencia y demás características que permitan una descripción completa de la muestra de suelo.

Convención: R = Rechazo

Nivel Freático

El perfil de suelo se encuentra generalmente en estado húmedo. El nivel freático no apareció en las exploraciones realizadas.

No se evidencia presencia de paleocauces dentro del lote.

SONDEO	PROF INICIAL (m)	PROF FINAL (m)	ENSAYO SPT			γd (ton/m3)	ESF. TOTAL (TON/M2)	P. POROS (TON/M2)	ESF. EFECTIVO TOTAL (TON/M2)
			N 0-15	N 15-30	N 30-45				
#1	0,0	1,0	8	10	12	1,96	1,96		1,96
	1,0	2,0	11	17	17	1,90	3,86		3,86
	2,0	3,0	15	18	22	1,90	5,76		5,76
	3,0	4,0	19	22	R	1,90	7,67		7,67
	4,0	5,0	R	R	R	1,91	9,57		9,57
	5,0	6,0	R	R	R	1,91	11,48		11,48
#2	0,0	1,0	8	10	12	1,94	1,94		1,94
	1,0	2,0	11	13	17	1,91	3,85		3,85
	2,0	3,0	16	20	23	1,91	5,76		5,76
	3,0	4,0	18	23	26	1,91	7,66		7,66
	4,0	5,0	22	R	R	1,91	9,58		9,58
	5,0	6,0	R	R	R	1,91	11,49		11,49
#3	0,0	1,0	9	11	13	1,91	1,91		1,91
	1,0	2,0	11	13	17	1,91	3,83		3,83
	2,0	3,0	16	20	23	1,91	5,74		5,74
	3,0	4,0	18	23	26	1,91	7,65		7,65
	4,0	5,0	22	R	R	1,92	9,56		9,56
	5,0	6,0	R	R	R	1,92	11,48		11,48

Tabla 6. Información preliminar.

3.3- RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE LABORATORIO

Ensayos de laboratorio

Las muestras obtenidas fueron transportadas al laboratorio de suelos de GEOMATD INGENIERIA S.A.S, en la ciudad de Sincelejo. Después de descritas las muestras obtenidas en los sondeos, se identificaron las muestras típicas y se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio:

ENSAYO	CANTIDAD
Granulometría y límites	20
Peso unitario	18

Humedad natural	20
CBR In Situ	2

Ilustración 7. Tipo y cantidad de ensayos de laboratorio.

Convenciones:

W= humedad; L.L.= Límite Líquido; L.P. = Límite Plástico I.P. = Índice Plástico;
S.U.C.S. = Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

ENSAYOS DE CLASIFICACION									
SONDEO	prof inicial (m)	prof final (m)	% pasa 200	W %	% L.L.	% L.P.	% I.P.	CLASIFICACION S.U.C.S	CONSIDERACION
1	0,0	1,0	35,6	8,27	24,64	18,23	6,41	SC-SM	ARENOSO
	1,0	2,0	60,0	11,53	18,22	15,58	2,64	ML	COHESIVO
	2,0	3,0	60,0	11,53	18,22	15,58	2,64	ML	COHESIVO
	3,0	4,0	60,0	11,53	18,22	15,58	2,64	ML	COHESIVO
	4,0	5,0	60,8	11,70	17,20	16,12	1,08	ML	COHESIVO
	5,0	6,0	60,8	11,70	17,20	16,12	1,08	ML	COHESIVO
2	0,0	1,0	37,8	25,36	16,71	15,21	1,49	SM	ARENOSO
	1,0	2,0	51,9	11,66	17,81	14,82	2,99	ML	COHESIVO
	2,0	3,0	51,9	11,66	17,81	14,82	2,99	ML	COHESIVO
	3,0	4,0	51,9	11,66	17,81	14,82	2,99	ML	COHESIVO
	4,0	5,0	63,0	11,72	16,94	16,42	0,51	ML	COHESIVO
	5,0	6,0	63,0	11,72	16,94	16,42	0,51	ML	COHESIVO
3	0,0	1,0	86,6	28,68	57,59	46,78	10,81	MH	COHESIVO
	1,0	2,0	59,0	11,85	17,96	14,86	3,10	ML	COHESIVO
	2,0	3,0	59	11,85	17,96	14,86	3,10	ML	COHESIVO
	3,0	4,0	59	11,85	17,96	14,86	3,10	ML	COHESIVO
	4,0	5,0	63,0	11,74	17,45	17,40	0,05	ML	COHESIVO
	5,0	6,0	63,0	11,74	17,45	17,40	0,05	ML	COHESIVO

Tabla 7. Ensayos de clasificación sondeos 1 a 3.

APIQUE	PROFUNDIDAD		PROPIEDADES FÍSICAS									
	Inicio	Final	Limite Liquido	Limite Plástico	Índice Plástico	Humedad	Gravas	Arenas	Finos	Tipo de suelo		Potencial de Expansión
	cm	cm	%	%	%	%	%	%	%	SUCS	AASTHO	
1	0	150	18,30	16,77	1,53	14,87	16,10	10,50	73,40	ML	A-4	No Expansiva
2	0	150	21,02	17,45	3,57	15,50	9,50	11,40	79,10	ML	A-4	No Expansiva

Tabla 8. Ensayos de clasificación apiques 1 a 2.

3.4- ESTRATIGRAFIA Y CONCLUSIONES GEOTÉCNICAS

RESUMEN CARACTERIZACION DE SUELOS								
Sondeo	Prof (m)		N corr	N.F (m)	Clasificación S.U.C.S	Compacidad/ Consistencia	Susceptibilidad a Expansión	Formación geológica
1	0,0-1,0		24,7		SC-SM	COMPACTA	BAJO	Formación La Popa (Qpp), compuesta superficialmente por suelos residuales Arenas arcillosas pardas o blanquecinas de baja plasticidad
	1,0-2,0		19,1		ML	MUY COMPACTA	BAJO	
	2,0-3,0		22,5		ML	MUY COMPACTA	BAJO	
	3,0-4,0		56,2		ML	DURA	BAJO	
	4,0-5,0		56,2		ML	DURA	BAJO	
	5,0-6,0		63,7		ML	DURA	BAJO	
2	0,0-1,0		24,7		SM	COMPACTA	BAJO	Formación La Popa (Qpp), compuesta superficialmente por suelos residuales Arenas arcillosas pardas o blanquecinas de baja plasticidad
	1,0-2,0		16,8		ML	MUY COMPACTA	BAJO	
	2,0-3,0		24,1		ML	MUY COMPACTA	BAJO	
	3,0-4,0		27,5		ML	MUY COMPACTA	BAJO	
	4,0-5,0		56,2		ML	DURA	BAJO	
	5,0-6,0		63,7		ML	DURA	BAJO	
3	0,0-1,0		13,5		MH	COMPACTA	ALTO	Formación La Popa (Qpp), compuesta superficialmente por suelos residuales Arenas arcillosas pardas o blanquecinas de baja plasticidad
	1,0-2,0		16,8		ML	MUY COMPACTA	BAJO	
	2,0-3,0		24,1		ML	MUY COMPACTA	BAJO	
	3,0-4,0		27,5		ML	MUY COMPACTA	BAJO	
	4,0-5,0		56,2		ML	DURA	BAJO	
	5,0-6,0		63,7		ML	DURA	BAJO	

Tabla 9. Estratigrafía y conclusiones geotécnicas.

APIQUE 1			
Prof. (cm)		NAF	Tipo de suelo USC
0 - 150			ML

Tabla 10. Estratigrafía de apique 1.

APIQUE 2			
Prof. (cm)		NAF	Tipo de suelo USC
0 - 150			ML

Tabla 11. Estratigrafía de apique 2.

Nivel freático: El nivel freático no apareció en las exploraciones realizadas.

Clasificación de los suelos: Los suelos se clasifican como limos de baja plasticidad (ML), limos de alta plasticidad (MH), arenas arcillosas con limo (SC-SM) y arenas limosas (SM).

4.0- COMPORTAMIENTO SISMICO

4.1- REQUERIMIENTOS SISMICOS DE ACUERDO AL NSR 10.

El Reglamento NSR-10 especifica para el municipio de Turbaco da una amenaza sísmica baja.

Valores de Aa y Av para Turbaco de acuerdo al NSR-10			
MUNICIPIO	Aa	Av	ZONA DE AMEMAZA SISMICA
TURBACO	0,10	0,10	BAJA

Tabla 12. Valores de Aa y Av.

Los parámetros sísmicos dados por la norma Sismo-resistente NSR 2010:

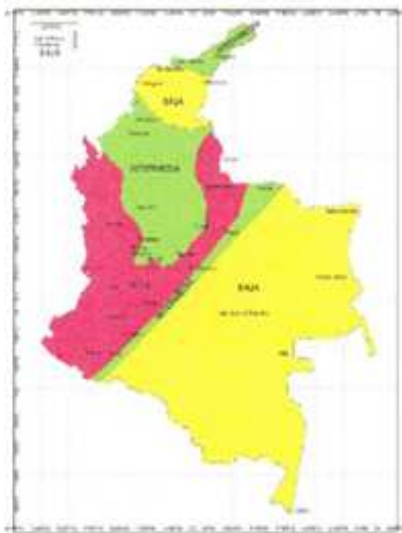


Ilustración 8- Plano de amenaza sísmica.

Los parámetros sísmicos dados por la norma Sismo-resistente NSR 2010:

Municipio: Turbaco.

Amenaza sísmica: Baja.

Aa: 0,10.

Av: 0,10.

Perfil de terreno para Efectos locales El tipo y perfil de suelo es D. Teniendo en cuenta lo establecido en el aparte H.3.1.1. De la NSR-10, podemos decir que la categoría de la edificación proyectada se califica como baja.

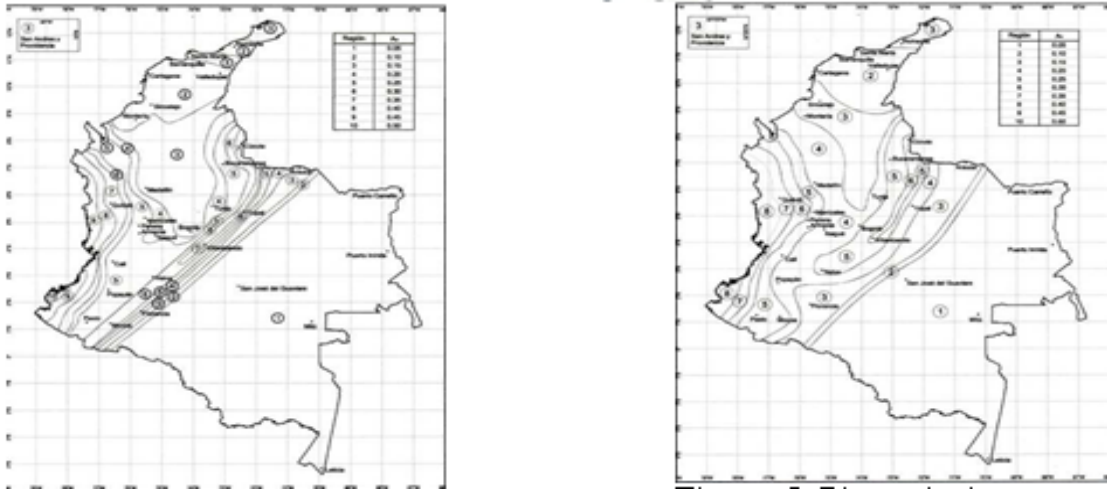


Ilustración 9. Plano Aa y Av.

4.2- PERFIL DE SUELO.

En esta sección se dan los tipos de perfil de suelo y los valores de los coeficientes de sitio. El perfil de suelo debe ser determinado por el Ingeniero Geotecnista a partir de datos geotécnicos debidamente sustentados. A continuación, se presenta un resumen de cálculo para cada sondeo hecho a partir del número de SPT corregido solo por energía según norma:

PERFIL DE SUELO (N SPT)					
SONDEO	PROF INICIAL (m)	PROF FINAL (m)	N60(SPT)	PROMEDIO N(SPT)	PERFIL DE SUELO
1	0,0	1,0	17	49,50	D
	1,0	2,0	26		
	2,0	3,0	30		
	3,0	4,0	75		
	4,0	5,0	75		
	5,0	6,0	75		
2	0,0	1,0	17	43,00	D
	1,0	2,0	23		
	2,0	3,0	32		
	3,0	4,0	37		
	4,0	5,0	75		
	5,0	6,0	75		
3	0,0	1,0	18	43,25	D
	1,0	2,0	23		
	2,0	3,0	32		
	3,0	4,0	37		
	4,0	5,0	75		
	5,0	6,0	75		

Tabla 13. Determinación de perfil de suelo.

Tabla A.2.4-1
Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100$ kPa (≈ 1 kgf/cm ²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$, o $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180 \text{ m/s} > \bar{v}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F₁ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F₂ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas ($H > 3$ m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F₃ — Arcillas de muy alta plasticidad ($H > 7.5$ m con Índice de Plasticidad $IP > 75$) F₄ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda ($H > 36$ m)	

Ilustración 10. Clasificación perfil de suelo.

Tabla A.2.4-3
Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos cortos del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Ilustración 11. Valores de coeficiente F_a .

En la siguiente tabla se dan los valores del coeficiente.

F_v que amplifica las coordenadas del espectro en roca para tener en cuenta los efectos de sitio en el rango de períodos intermedios del orden de 1 s.

Para valores intermedios de A_v se permite interpolar linealmente entre valores del mismo tipo de perfil.

Tabla A.2.4-4
Valores del coeficiente F_v , para la zona de periodos intermedios del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Ilustración 12. Valores de coeficiente F_v .

De acuerdo a las características del lote estudiado se obtienen los siguientes valores:

Tipo de perfil: D

Aa: 0.10 y Av: 0.10

Fa: 1.60

Fv: 2.40

4.3- COEFICIENTE DE IMPORTANCIA

En esta sección se definen los grupos de tipo de uso y los valores del coeficiente de importancia. Todas las edificaciones deben clasificarse dentro de uno de los siguientes grupos de uso:

Grupo IV: Edificaciones indispensables.

Grupo III: Edificaciones de atención a la comunidad.

Grupo II: Estructuras de ocupación especial.

Grupo I: Estructuras de ocupación normal.

Tabla A.2.5-1
Valores del coeficiente de Importancia, I

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Ilustración 13. Valores coeficiente de importancia.

Coeficiente de importancia del proyecto, I: 1.00

5.0- PARAMETROS PARA EL DISEÑO GEOTECNICO

5.1- CRITERIO GENERAL

De acuerdo a nuestro criterio, el ensayo de penetración estándar es el que permite caracterizar de mejor manera los suelos del municipio de Turbaco.

El ensayo de penetración estándar (SPT) es el ensayo más utilizado en el mundo (Zekkos y otros, 2004) para la caracterización geotécnica de perfiles de suelo en el sitio y es el ensayo que más se ha empleado para el diseño de cimentaciones.

El ensayo SPT se encuentra estandarizado con la norma ASTM D1586-99. La Norma D1586-99 sugiere que en el mismo suelo el valor de N de SPT utilizando el mismo tipo de equipo, puede reproducirse con un coeficiente de variación de aproximadamente el 10%, el cual se considera muy bajo; esto conduce a concluir que si en un suelo como el de Turbaco se está utilizando el valor de N como parámetro para el diseño de cimentaciones en forma continua durante muchos años, la obtención de nuevos valores de N permite compararse sin errores importantes con los valores de N históricos de la experiencia obtenida.

La totalidad de las cimentaciones diseñadas adecuadamente utilizando el SPT como correlación han tenido un comportamiento satisfactorio.

El ensayo de penetración estándar (SPT), genera una información muy valiosa para investigar suelos con un perfil irregular (Spagnoli G., 2006,); esto permite detectar la dureza relativa de los diversos mantos.

El ensayo SPT correlaciona muy bien tanto para suelos granulares o cohesivos cuando el N es alto; en estos casos se trata de suelos granulares relativamente gruesos o suelos cohesivo-granulares cementados.

5.2- PERFIL GEOTÉCNICO

El lote en general está compuesto por limos de baja plasticidad, arenas arcillosas con limo, limos de alta plasticidad y arenas limosas.

En el estudio realizado se detectaron suelos con características especiales, de acuerdo a la definición del NSR- 10. En este lote no aparecen suelos dispersivos, colapsables, licuables, aunque si suelos expansivos hasta 1,0 metros de profundidad en el sondeo 3.

5.3- DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL PERFIL

Se realizaron ensayos de penetración estándar SPT en cada uno de los sondeos, con el fin de generar un perfil geotécnico representativo en cada una de las zonas geotécnicas definidas en el lote en estudio.

PROPIEDADES GEOTECNICAS													
SONDEO	PROF INICIAL (m)	PROF FINAL (m)	N SPT	FACTORES DE CORRECCION						N CORR	Cu (ton/m2)	Ø	E (ton/m2)
				CN	H1	N2	N3	N4	N5				
1	0,0	1,0	22	2,00	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	24,7	0,0	34,2	1717,8
	1,0	2,0	34	1,00	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	19,1	15,2	0,0	2644,2
	2,0	3,0	40	1,00	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	22,5	17,9	0,0	3178,5
	3,0	4,0	100	1,00	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	56,2	44,9	0,0	8474,1
	4,0	5,0	100	1,00	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	56,2	44,9	0,0	8474,1
	5,0	6,0	100	1,00	0,75	0,85	1,00	1,00	1,00	63,7	44,9	0,0	9652,7
2	0,0	1,0	22	2,00	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	24,70	0,00	34,18	1717,84
	1,0	2,0	30	1,00	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	16,80	13,46	0,00	2282,81
	2,0	3,0	43	1,00	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	24,10	19,29	0,00	3429,93
	3,0	4,0	49	1,00	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	27,50	21,98	0,00	3964,21
	4,0	5,0	100	1,00	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	56,20	44,85	0,00	8474,13
	5,0	6,0	100	1,00	0,75	0,85	1,00	1,00	1,00	63,70	44,85	0,00	9652,68
3	0,0	1,0	24	1,00	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	13,50	10,76	0,00	1764,25
	1,0	2,0	30	1,00	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	16,80	13,46	0,00	2282,81
	2,0	3,0	43	1,00	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	24,10	19,29	0,00	3429,93
	3,0	4,0	49	1,00	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	27,50	21,98	0,00	3964,21
	4,0	5,0	100	1,00	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	56,20	44,85	0,00	8474,13
	5,0	6,0	100	1,00	0,75	0,85	1,00	1,00	1,00	63,70	44,85	0,00	9652,68

Tabla 14. Propiedades geotécnicas.

5.4- CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE

El estudio del suelo de la subrasante para el diseño de un pavimento de concreto consiste en seleccionar unidades homogéneas de diseño, con base en sus propiedades mecánicas, en la geología de la zona, en las características geotécnicas del lugar y en las condiciones de drenaje.

Además, para asegurar que la estructura del mismo esté apoyada sobre una plataforma uniforme y constante se deben considerar durante el proceso del diseño del pavimento las variaciones horizontales y verticales en los distintos tipos del suelo, los contenidos de agua, las densidades y la profundidad del nivel freático (tabla del agua).

Para el diseño del pavimento, el manual de diseño de pavimentos en concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS se tiene en cuenta cinco clases de fundación en función de la capacidad de soporte, evaluada mediante la Relación de soporte de California –CBR (Norma INV E148-07) como se indica en Tabla 2-13.

Clase o Tipo	CBR (%)
S1	< 2
S2	2 - 5
S3	5 - 10
S4	10 - 20
S5	>20

Tabla 2-13. Clasificación de la subrasante de acuerdo a su resistencia

Tabla 15. Tabla 2-13. Clasificación de la subrasante de acuerdo a su resistencia. Pág 80. manual de diseño de pavimentos en concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS.

APIQUE	PROPIEDADES MECANICAS			
	CBR ANTES DE INMERSION	CBR DESPUES DE INMERSION	MODULO DE REACCION	PRESION ADMISIBLE
	%	%	MPa/m	
1	9,36	6,22	47,02	Medio
2	10,04	6,52	48,63	Medio

Tabla 16. Propiedades mecánicas a partir de CBR.

5.5- RECOMENDACIONES PARA EL APOYO DE PAVIMENTO

En consideración a los valores obtenidos en los ensayos de CBR en las muestras In Situ después de inmersión a los 4 días y sobre esta una capa de relleno granular sobre la subrasante existente, en un espesor mínimo de 50 cm, esto con el fin primordial de prevenir la ocurrencia del fenómeno de bombeo y controlar posibles fenómenos expansivos.

En la ilustración 14, se representa una de las frecuentemente utilizadas curvas de correlación para la determinación del Módulo de reacción (k) de la subrasante, en función del valor representativo de CBR. Esta curva será la utilizada para la determinación del k de la subrasante en función del CBR de proyecto.



Ilustración 14. Curva de correlación entre CBR y módulo de reacción (k). Fuente. Torres Ortega, Diseño de Pavimentos Rígidos, 2015.

También es posible utilizar relaciones empíricas entre el K y el CBR de la siguiente forma:

Para valores de CBR < 10%:

$$K = 2.55 + 52.5 \log(CBR)$$

Para valores de CBR $\geq$ 10%:

$$K = 46 + 9.08[\log(CBR)]^{4.34}$$

Donde:

K: Modulo de reacción de la subrasante (MPa/m)

CBR: Capacidad de soporte de la subrasante (%)

6.0- RECOMENDACIONES

6.1- RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DEL PROYECTO

Características principales y limitaciones geotécnicas para el manejo del proyecto

- El análisis de las características geológicas y geotécnicas del lote localizado en el municipio de Turbaco, permitió determinar que existen limitaciones a considerar que afecten la estabilidad del proyecto como lo es la susceptibilidad al fenómeno de expansión.
- El nivel freático no apareció en las exploraciones realizadas.
- La cimentación debe ser totalmente rígida y se debe profundizar hasta suelo competente.

Tipo de cimentación

CUBIERTA

Zapata aislada.

- Tipo de cimentación: Zapata aislada, apoyada sobre capa de concreto ciclópeo, a partir del fondo de la cimentación.
- Desplante: 170 cm a partir del terreno natural.
- Capacidad admisible: 54,27 Ton/m².
- Capacidad neta admisible: 50,41 Ton/m².
- Superficie de apoyo: Núcleo de concreto ciclópeo. Espesor mínimo de 30 cm.
- Profundidad de excavación mínima: 200 cm de profundidad teniendo en cuenta el terreno natural.
- Para material de relleno encima de la zapata, se recomienda el uso de material granular compactado al 95% de su densidad máxima del ensayo proctor modificado (norma INV E 142-13) que cumpla la especificación del INVIAS 2013 A610.
- En todos los casos la cimentación debe ser totalmente rígida para minimizar la ocurrencia de asentamientos diferenciales.

Zapata corrida.

- Tipo de cimentación: Zapata corrida, apoyada sobre capa de solado de concreto, a partir del fondo de la cimentación.
- Desplante: 170 cm medidos a partir de nivel natural del terreno.
- Capacidad admisible: 46,50 Ton/m².
- Capacidad neta admisible: 42,64 Ton/m².
- Superficie de apoyo: Capa de concreto ciclópeo. Espesor mínimo de 30 cm.
- Profundidad de excavación mínima: 200 cm de profundidad teniendo en cuenta el terreno natural.
- Para material de relleno encima de la zapata, se recomienda el uso de material granular compactado al 95% de su densidad máxima del ensayo proctor modificado (norma INV E 142-13) que cumpla la especificación del INVIAS 2013 A610.
- En todos los casos la cimentación debe ser totalmente rígida para minimizar la ocurrencia de asentamientos diferenciales.

Para el uso de vigas de cimentación

- Ancho mínimo: B igual a 30 cm.
- Peralte mínimo: H igual a 30 cm.
- Se recomienda a una profundidad de 0,5 metros y comportándose como viga aérea apoyada de dos maneras según sea la condición:
- En el pedestal de la zapata para vigas de cimentación que van entre columnas o tienen uno de los apoyos en las mismas.
- En micropilotes preexcavados de 0,3 metros de lado con una longitud de 1,5 metros medidos a partir de la profundidad de desplante, aplica para puntos intermedios de vigas de cimentación que tengan más de 3 metros, vigas de cimentación que tengan uno o todos los apoyos en zonas donde no se tengan columnas y en vigas de cimentación de longitud y carga de trabajo considerable que se apoyen en otras vigas.
- De manera complementaria, el suelo en la base de la viga debe ser reemplazado por 30 cm de suelo natural con de material granular tipo A610 para relleno de estructuras combinado con cal a una relación de 95-5% y compactado al 95% del proctor modificado.

PISOS, LOSA, ANDENES Y ZONAS DE RELLENO

- Para los pisos, losas y andenes se recomienda el uso de losa de contrapiso para otorgar mayor rigidez, reemplazando 50 cm de suelo natural con material seleccionado tipo A610, compactado al 95% del proctor modificado.
- Para zonas de relleno, se recomienda usar material seleccionado tipo A610, compactado al 95% del proctor modificado.

Perfil de suelo para diseño sismo-resistente

De acuerdo al NSR-10 (Tabla A.2.4-1) el perfil recomendado para diseño sísmico es D.

OTRAS CONSIDERACIONES

Material del relleno (INVIAS A-610)

- Los materiales que se empleen en la construcción de rellenos para estructuras deberán provenir de las excavaciones del proyecto, de presas laterales o de fuentes aprobadas. Estarán libres de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales, además no tendrán características expansivas ni colapsables.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUELOS SELECCIONADOS	SUELOS ADECUADOS	SUELOS TOLERABLES
Tamaño máximo, mm	E-123	75	100	150
Porcentaje que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10) en masa, máximo	E-123	80	80	-
Porcentaje que pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200) en masa, máximo	E-123	25	35	35
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	0	1.0	1.0
Límite líquido, máximo (%)	E-125	30	40	40
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-126	10	15	-
CBR de laboratorio, mínimo (%) (Nota 1)	E-148	10	5	3
Expansión en prueba CBR, máximo (%) (Nota 1)	E-148	0.0	2.0	2.0
Índice de colapso, máximo (%) (Nota 2)	E-157	2.0	2.0	2.0
Contenido de sales Solubles, máximo (%)	E-158	0.2	0.2	-

Ilustración 15. Requisitos generales para rellenos de estructuras.

Recomendaciones especiales

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.

- 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.
- 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.

6.2- RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS PARA LA SUPERVISIÓN TÉCNICA

Para proyectos clasificados como categoría baja, no es obligatorio que se realice la asesoría en la etapa de diseño, pero si se recomienda el acompañamiento por parte de un Ingeniero civil Especialista en geotecnia, con la experiencia estipulada en el Título VI de la Ley 400 de 1997. En todos los casos de clasificación de las unidades, los planos de diseño deben guardar relación con el estudio geotécnico. Así mismo se deberán contar con el acompañamiento de un Ingeniero durante la ejecución de la obra que garantice los correctos procesos para el manejo de los niveles y estratos de cimentación, los procedimientos y El comportamiento durante la ejecución de las excavaciones, rellenos y actividades especiales de adecuación y/o mejoramiento del terreno. Para esto, deberá dejar memoria escrita del desarrollo de dichas actividades y los resultados obtenidos.

Aspectos a tener en cuenta en la supervisión técnica.

Chequear que el proceso y etapas de excavación se estén realizando de acuerdo a las recomendaciones del presente estudio. Comprobar que el procedimiento de construcción de los cimientos se esté realizando de acuerdo a las especificaciones.

6.3- RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS PARA LA PROTECCIÓN DE EDIFICACIONES Y PREDIOS VECINOS

- Es importante que se realicen con detalle las actas de vecindad en las construcciones contiguas.
- En el caso de viviendas o edificios se debe investigar todos los elementos de infraestructura urbana adyacentes al proyecto. Igualmente se debe realizar un importante registro fotográfico detallado de las condiciones en las que se encuentra actualmente las vías próximas al proyecto.
- La importancia de las actas de vecindad en este proyecto radica en conocer las condiciones actuales de las construcciones y vías vecinas y de esta manera evitar futuros inconvenientes con la comunidad.
- En el proceso de cimentación del proyecto se deben seguir estrictamente los procedimientos y etapas que se indican en el presente estudio.
- Se deberá suscribir un acta de vecindad de forma previa al inicio del proyecto que deje constancia del estado de las construcciones cercanas al proyecto, el

pavimento de la vía, redes de alcantarillado (puede requerirse cámara de video) y todos los elementos de infraestructura urbana adyacentes al proyecto.

Daniel J. Almanza M.
DANIEL JOSÉ ALMANZA MERCADO

ING. CIVIL – ESP. EN GEOTECNIA Y ESTABILIDAD DE TALUDES

MP#22202339020COR



7.0- ANEXO 1 CRITERIOS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS

7.1- GEOTECNIA

Para el análisis geotécnico se utilizó la información de estudios realizados anteriormente en el sector, los sondeos, ensayos de campo y ensayos de laboratorio. Para determinar la expansividad de los suelos se utilizaron los criterios de la siguiente tabla: El análisis se realizó según la tabla H.9.1 – 1 de la norma NSR 10.

Tabla H.9.1-1
Clasificación de suelos expansivos

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm ²	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

Ilustración 16. Clasificación de suelos expansivos.

POTENCIAL DE EXPANSION						
Sondeo	prof inicial (cm)	prof final (cm)	Limite Liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice Plástico (%)	criterio de evaluación
SONDEO #1	0	100	24,64	18,23	6,41	BAJO
	100	200	18,22	15,58	2,64	BAJO
	200	300	18,22	15,58	2,64	BAJO
	300	400	18,22	15,58	2,64	BAJO
	400	500	17,20	16,12	1,08	BAJO
	500	600	17,20	16,12	1,08	BAJO
SONDEO #2	0	100	16,71	15,21	1,49	BAJO
	100	200	17,81	14,82	2,99	BAJO
	200	300	17,81	14,82	2,99	BAJO
	300	400	17,81	14,82	2,99	BAJO
	400	500	16,94	16,42	0,51	BAJO
	500	600	16,94	16,42	0,51	BAJO
SONDEO #3	0	100	57,59	46,78	10,81	ALTO
	100	200	17,96	14,86	3,10	BAJO
	200	300	17,96	14,86	3,10	BAJO
	300	400	17,96	14,86	3,10	BAJO
	400	500	17,45	17,40	0,05	BAJO
	500	600	17,45	17,40	0,05	BAJO

Tabla 17. Potencial de expansión.

Para determinar la Colapsabilidad de los suelos se utilizó la siguiente tabla:
A pesar de no existir en la zona de estudio referencias de suelos en los que se presente este tipo de fenómenos, se aplica el Criterio de Gibbs, que relaciona el peso específico seco (densidad seca) del suelo y su límite líquido, para determinar si el suelo es o no potencialmente colapsable.

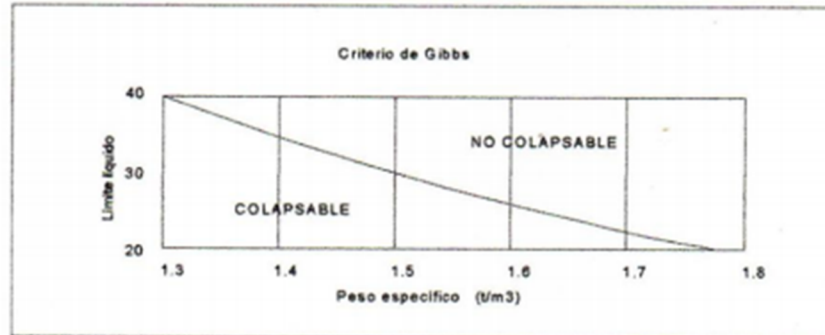


Ilustración 17. Determinación de potencial de colapso.

POTENCIAL DE COLAPSO					
Sondeo	prof inicial (cm)	prof final (cm)	Límite Líquido (%)	Densidad Seca (ton/m³)	Criterio de evaluación
SONDEO #1	0	100	24,64	1,81	NO COLAPSABLE
	100	200	18,22	1,71	NO COLAPSABLE
	200	300	18,22	1,71	NO COLAPSABLE
	300	400	18,22	1,71	NO COLAPSABLE
	400	500	17,20	1,71	NO COLAPSABLE
	500	600	17,20	1,71	NO COLAPSABLE
SONDEO #2	0	100	16,71	1,54	NO COLAPSABLE
	100	200	17,81	1,71	NO COLAPSABLE
	200	300	17,81	1,71	NO COLAPSABLE
	300	400	17,81	1,71	NO COLAPSABLE
	400	500	16,94	1,71	NO COLAPSABLE
	500	600	16,94	1,71	NO COLAPSABLE
SONDEO #3	0	100	57,59	1,49	NO COLAPSABLE
	100	200	17,96	1,71	NO COLAPSABLE
	200	300	17,96	1,71	NO COLAPSABLE
	300	400	17,96	1,71	NO COLAPSABLE
	400	500	17,45	1,72	NO COLAPSABLE
	500	600	17,45	1,72	NO COLAPSABLE

Tabla 18. Potencial de colapso.

Para determinar la probabilidad de licuefacción de los suelos se utilizó la siguiente información:

Para suelos granulares:

Método de Kishida (1969) y Ohsaki (1970)

Requisitos:

- Suelos de formación reciente (Holoceno).
- Presencia de nivel freático en el estrato a considerar.
- El número de SPT es menor que el valor límite dado para cada método por la siguiente figura en la profundidad considerada.

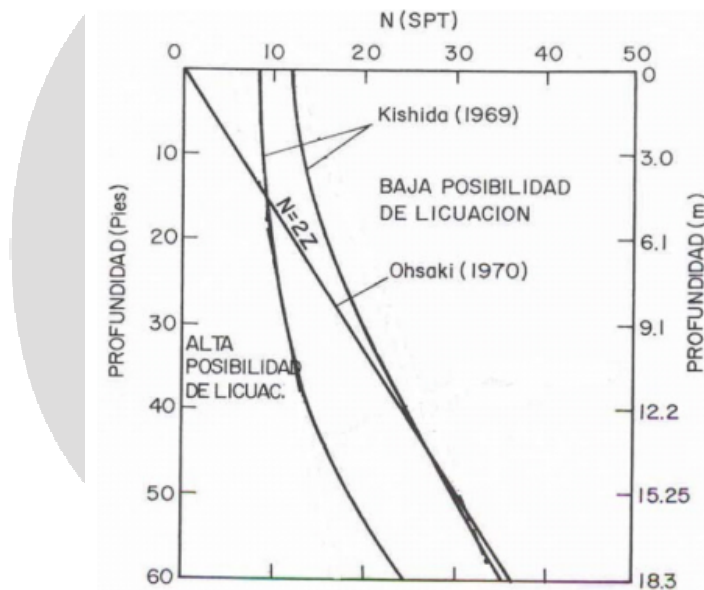


Ilustración 18. Verificación de potencial de licuefacción para suelos granulares.

Para suelos de grano fino (limos y arenas finas):

Método de Wang (1979).

Requisitos:

- Suelos de formación reciente (Holoceno).
- Presencia de nivel freático en el estrato a considerar.
- Límite líquido $LL < 35\%$.
- Contenido natural de agua (H) $> 0,9LL$.
- Índice de liquida $IL > 75\%$.

POTENCIAL DE LICUEFACCION										
Sondeo	prof inicial (cm)	prof final (cm)	N (spt)	Clasificación S.U.S.C	N. F	W %	% L.L.	% L.P.	% I.L	potencial de licuefacción
#1	0	100	22	SC-SM	NO	8,3	24,6	18,2	-1,55	BAJA
	100	200	34	ML	NO	11,5	18,2	15,6	-1,53	BAJA
	200	300	40	ML	NO	11,5	18,2	15,6	-1,53	BAJA
	300	400	100	ML	NO	11,5	18,2	15,6	-1,53	BAJA
	400	500	100	ML	NO	11,7	17,2	16,1	-4,09	BAJA
	500	600	100	ML	NO	11,7	17,2	16,1	-4,09	BAJA
#2	0	100	22	SM	NO	25,4	16,7	15,2	6,79	BAJA
	100	200	30	ML	NO	11,7	17,8	14,8	-1,06	BAJA
	200	300	43	ML	NO	11,7	17,8	14,8	-1,06	BAJA
	300	400	49	ML	NO	11,7	17,8	14,8	-1,06	BAJA
	400	500	100	ML	NO	11,7	16,9	16,4	-9,16	BAJA
	500	600	100	ML	NO	11,7	16,9	16,4	-9,16	BAJA
#3	0	100	24	MH	NO	28,7	57,6	46,8	-1,67	BAJA
	100	200	30	ML	NO	11,8	18,0	14,9	-0,97	BAJA
	200	300	43	ML	NO	11,8	18,0	14,9	-0,97	BAJA
	300	400	49	ML	NO	11,8	18,0	14,9	-0,97	BAJA
	400	500	100	ML	NO	11,7	17,4	17,4	-105,02	BAJA
	500	600	100	ML	NO	11,7	17,4	17,4	-105,02	BAJA

Tabla 19. Potencial de licuefacción.

Se realizaron ensayos de penetración estándar SPT utilizando los estándares indicados a continuación:

7.2- ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR SPT

Se realizaron ensayos de penetración estándar utilizando la norma ASTM D 1586, equivalente a la norma I.N.V.E. 111.

- Peso del martillo: 140 libras
- Altura de caída: 76 centímetros
- Penetración: 3 intervalos de 15 centímetros cada uno (6")
- N de diseño: Sumatoria de los golpes de los últimos 30 centímetros (12")
- Diámetro exterior del tubo: 50.8 mm
- Diámetro interior del muestreador en la punta: 34.93 mm
- Longitud del tubo: 75 centímetros
- Sistema de hincado: Malacate y polea
- Motor del equipo: B & S 16 HP
- Criterio de Rechazo: Más de 50 golpes para 15 centímetros (6").

7.3- CRITERIOS UTILIZADOS PARA LA INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LOS SONDEOS Y ENSAYOS

Se analizó la información de los estudios geológicos y geotécnicos realizados anteriormente en el área y los efectuados para el presente estudio, con el objeto de tener la información de las características geológicas y geotécnicas de toda el área en estudio; esta información con su respectivo control de campo, permitió mapear a detalle los contactos geológicos superficiales.

Con los resultados obtenidos en los ensayos de campo y de laboratorio se determinaron los parámetros para el diseño.

. Una vez ejecutados los sondeos y apiques se realizó la descripción detallada de las muestras obtenidas de acuerdo a los siguientes criterios:

- Litología
- Textura
- Tamaño de los granos
- Minerales presentes
- Estructura
- Color
- Presencia de materiales orgánicos y raíces
- Porosidad
- Consistencia o resistencia

- Resultados de los ensayos de Granulometría, Plasticidad, Clasificación y compresión simple.

GUIA PARA INTERPRETAR LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS						
TIPO DE SUELO	Aluvial, Coluvial, Residual, Orgánico, Relleno compactado, Relleno sin compactar, Roca sana, Roca meteorizada, Roca muy meteorizada					
COMPOSICION	Bloques de rocas	se puede conjugar con:			Arenosa	
	Gravas				Limosas	
	Arenas				Arcillosas	
	Limos					
	Arcillas					
PERMEABILIDAD	Gravas y arenas con poco o nada de finos	GW-GP-SW-SP			Permeable	
	Gravas y arenas con presencia de finos	GM-GC-SM-SC			Algo permeable	
	Material de finos	ML-CL			Poco permeable	
CONSISTENCIA	N DE GOLPES / CONSISTENCIA	0--3	3--8	8--25	25--42	42--58

	GRAVAS Y ARENAS	muy suelto	suelto	medio	denso	muy denso	
	N DE GOLPES / CONSISTENCIA	0--2	2--5	5--10	10--20	20--30	>30
	FINOS	muy blanda	blanda	medio firme	firme	muy firme	dura
HUMEDAD	SATURADA (por debajo del nivel freático)						
	MUY HUMEDA						
	HUMEDA						
	ALGO HUMEDA						

Tabla 20. Guía para interpretar las propiedades de los suelos.

7.4- CORRELACION A PARTIR DEL SPT

7.4.1- COHESION

AUTOR	AERVIATURA	TIPO DE SUELOS	Su (Kpa) [Campo]	ECU. AL 60%	ECU. AL 45%
Sanglerat (1972)	CL/CH	Arcillas no orgánicas de plasticidad pequeña y media / Arcillas no orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	12.5 N		
Terzaghi & Peck (1967)	CL/CH	Arcillas no orgánicas de plasticidad pequeña y media / Arcillas no orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	6.25 N		
Hara et al. (1974)	CL/CH	Arcillas no orgánicas de plasticidad pequeña y media / Arcillas no orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	29 N ^{0.72}		
Sowers (1979)	CH	Arcillas no orgánicas de plasticidad pequeña y media	12.5 N		
	CL	Arcillas no orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	3.75 N		
Nixon (1982)	CL/CH	Arcillas no orgánicas de plasticidad pequeña y media / Arcillas no orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	12 N		
Sivrikaya & Toğrol (2002)	CH	Arcillas no orgánicas de plasticidad pequeña y media	4.85 N	6.82 N	5.119 N
	CL	Arcillas no orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	3.35 N	4.93 N	3.700 N
Stroud (1974)	CL/CH	Arcillas no orgánicas de plasticidad pequeña y media / Arcillas no orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	4.4 N		
Décourt (1990)	CL/CH	Arcillas no orgánicas de plasticidad pequeña y media / Arcillas no orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	12.5 N	15 N	11.259 N
Ajayi & Balogun (1988)	CL/CH	Arcillas no orgánicas de plasticidad pequeña y media / Arcillas no orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	1.39N+74.2		
Hettiarachchi & Brown (2009)	CL/CH	Arcillas no orgánicas de plasticidad pequeña y media / Arcillas no orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.		4.1 N	3.077 N

Tabla 21 Propuestas para el cálculo de cohesión.

7.4.2- ANGULO DE FRICCION INTERNA

Correlaciones por Peck, Haanson y Thornburn.

$$\theta = 27,1 + 0,3 * N_{corr} - 0,0054 * N_{corr}^2$$

7.4.3- DENSIDAD RELATIVA

Jamiel Kowski y otros, "New correlations of penetration tests for design practice" Penetration testing, 1988 ISOPT-1, Balkema, (1988).

GUÍA PARA DESCRIBIR LA DENSIDAD RELATIVA DE SUELOS GRANULARES		
Numero de penetración estándar N	Densidad relativa %	Estado del suelo
0 a 3	0 a 15	Muy suelto
3 a 8	15 a 35	Suelto
8 a 25	35 a 65	Medio
25 a 42	65 a 85	Denso
42 a 58	85 a 100	Muy denso

Tabla 22. Guía para describir densidad relativa en suelos granulares.

7.5- INTERPRETACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO.

A continuación, se muestran las tablas utilizadas para describir las diversas propiedades de los suelos obtenidas en los ensayos de laboratorio.

Burt G. Look Handbook of Geotechnical Investigation Balkema (2007)

GUIA PARA DESCRIBIR LA PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS	
Permeabilidad	Coficiente de permeabilidad
Alta (Gravas)	10-1 a 10-2
Buena (Arenas)	10-2 a 10-6
Baja (Limos)	10-6 a 10-7
Muy baja (Arcilla)	10-7 a 10-9

Tabla 23. Guía para describir la permeabilidad de los suelos.

Burt G. Look Handbook of Geotechnical Investigation Balkema (2007)

GUIA PARA DESCRIBIR LA CALIDAD DE LA ROCA CON BASE EN EL RQD	
RQD (%)	Calidad de la masa de la roca
90-100	Excelente
75-90	Buena
50-75	Regular
25-50	Pobre
0-25	Muy pobre

Tabla 24. Guía para describir la calidad de la roca con base en el RQD.

Day R. W. (2012) —Geotechnical earthquake engineering Mc Graw- Hill. New York

GUIA PARA ANALIZAR ONDA DE CORTANTE VS TIPO DE MATERIAL (m/s)		
Clase	Nombre del perfil de suelo	Velocidad de onda de cortante (m/s)
A	Roca dura	$VS > 1524$
B	Roca dura	$762 > VS > 1524$
C	Suelo muy denso y roca blanda	$365 > VS > 762$
D	Suelo duro	$183 > VS > 365$
E	Suelo blando	$VS < 183$
F	Suelos muy plásticos, turbas y suelos licuables	No aplica

Tabla 25. Guía para analizar onda cortante vs tipo de material.

7.6- PARÁMETROS PARA EL DISEÑO GEOTÉCNICO

Factores de corrección para el SPT

$$N_{corr} = N_{spt} * CN * H1 * N2 * N3 * N4 * N5$$

Corrección por sobrecarga (CN)

Peck	$C_n = \log(20/R_s)/\log(20)$
Seed	$C_n = 1 - 1.25\log(R_s)$
Meyerhof-Ishihara	$C_n = 1.7/(0.7+R_s)$
Liao-Whitman	$C_n = (1/R_s)^{0.5}$
Skempton	$C_n = 2/(1+R_s)$
Seed-Idriss	$C_n = 1 - K \cdot \log R_s$
(Marcuson)	($K=1.41$ para $R_s < 1$; $K=0.92$ para $R_s \geq 1$)
González (Logaritmo)	$C_n = \log(10/R_s)$
Schmertmann	$C_n = 32.5/(10.2+20.3R_s)$

Se uso el promedio de todos los resultados calculados a partir de todas las correlaciones anteriores, pero, si el valor supera el valor máximo igual a ($C_n = 2,0$), se tomará este valor. Además, si el suelo es de tipo cohesivo, se toma el valor igual a 1.

Corrección por energía (H1)

$$H1 = \frac{ER}{60\%}$$

$$Er = 45\%$$

$$H1 = \frac{45}{60} = 0,75$$

Corrección por longitud de varilla (N2)

Red length		C_R
> 10 m (> 30 ft)		1.0
6 to 10 m (20 to 30 ft)		0.95
4 to 6 m (13 to 20 ft)		0.85
3 to 4 m (10 to 13 ft)		0.75

Corrección por revestimiento interno de la toma muestras (N3)

Sin revestimiento = 1,0

Con revestimiento = 0,8 a 0,9

Corrección por diámetro del muestreador (N4)

Borehole diameter	65 to 115 mm (2.5 to 4.5 in)	C_B	1.0
	150 mm (6 in)		1.05
	200 mm (8 in)		1.15

Corrección por nivel freático (N5)

Se tomó el factor de corrección ($N5 = 1$)

7.7- CAPACIDAD DE SOPORTE CIMENTACIONES SUPERFICIALES

Capacidad de soporte utilizando el criterio de condición de rotura

Para la carga admisible se trabajará con un factor de seguridad indirecto igual a 3.0 y uno directo (FSB) igual a 1,5.

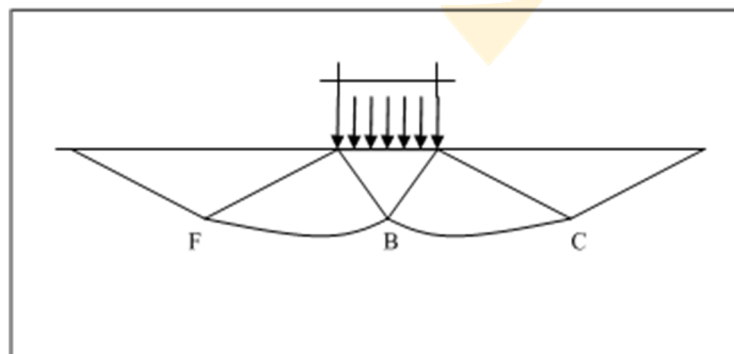
La capacidad de soporte se obtiene utilizando el método de falla para condición de rotura se muestra en la siguiente figura.

En el triángulo AEB la rotura se produce según dos familias de segmentos rectilíneos e inclinados en $45^\circ + 1/2$ con respecto al horizontal.

En las zonas ABF y EBC la rotura se produce a lo largo de dos familias de líneas, una constituida por segmentos rectilíneos que pasan respectivamente por los puntos A y E; y la otra por arcos de familias de espirales logarítmicas.

Los polos de éstas son los puntos A y E. En los triángulos AFG y ECD la rotura se da en segmentos inclinados en $\pm (45^\circ + 1/2)$ con respecto a la vertical.

Falla por condición de rotura del suelo



Método de Meyerhof (1995)

Terzaghi utiliza la siguiente ecuación para el cálculo de la capacidad de soporte.

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Dónde:

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

Factor de forma:

$$F_{cs} = 1 + \frac{B N_q}{L N_c}$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L \tan \phi}$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

Factor de profundidad:

Si $D_f/B \leq 1$:

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D_f}{B}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{D_f}{B}$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Si $D_f/B > 1$:

$$F_{cd} = 1 + (0.4) \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Nota: no se tuvo en cuenta el factor de profundidad en profundidades menores a 1,0 metros, dada la inestabilidad de este.

Factor de inclinación:

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ} \right)^2$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi} \right)^2$$

Capacidad de soporte por correlaciones directas con el ensayo SPT

Para suelos granulares:

Meyerhof (1956) para asentamiento de una pulgada:

$$q_{neta(adm)} \text{ (kN/m}^2\text{)} = 11.98 N_{cor} \quad (\text{para } B \leq 1.22 \text{ m})$$

$$q_{neta(adm)} \text{ (kN/m}^2\text{)} = 7.99 N_{cor} \left(\frac{3.28B + 1}{3.28B} \right)^2 \quad (\text{para } B > 1.22 \text{ m})$$

Dónde:

B = lado más pequeño de zapata

N_{cor} = N₁ (60)

7.8- CAPACIDAD DE SOPORTE CIMENTACIONES PROFUNDAS:

La capacidad de carga última de un pilote individual en este caso se calcula usando su capacidad por punta y por fricción. Para la carga admisible se trabajará con un factor de seguridad indirecto cercano a 3.5 y uno directo (FSB) igual a 1,5.

Capacidad de carga por fricción (Fsu)

Para suelos granulares:

$$F_{su} = k * Gv * \tan(\phi')$$

Donde:

$$k = 1 - \sin(\phi) \text{ (Pilotes preexcavados)}$$

$$k = 1,4 * (1 - \sin(\phi)) \text{ (Pilotes hincados de bajo desplazamiento)}$$

$$k = 1,8 * (1 - \sin(\phi)) \text{ (Pilotes hincados de alto desplazamiento)}$$

$$\phi' = 20 \text{ grados (acero)}$$

$$\phi' = \left(\frac{3}{4}\right) * \phi \text{ (concreto)}$$

$$\phi' = \left(\frac{2}{3}\right) * \phi \text{ (madera)}$$

Para suelos cohesivos:

$$F_{su} = \alpha * C_u$$

Dónde:

Pilotes preexcavados

$$\alpha = 0,4$$

Pilotes hincados de bajo desplazamiento

$$\alpha = C_u \leq 50; 0,9$$

0

$$\alpha = Cu > 50; (30/cu) + 0,294$$

Cu = Cohesión n drenada (kn/m2)

Por lo tanto:

$$P_f = \Sigma f_{su} * p * \Delta L$$

Capacidad de carga por punta (q_{bu})

Para suelos granulares:

La menor de:

$$q_{bu} = Gv * N_q$$

$$q_{bu} = 10000$$

$$q_{bu} = 50 * N_q * \tan(\phi)$$

Para suelos cohesivos:

$$q_{bu} = C_u * N_c$$

Dónde:

$$N_c = 9$$

Por lo tanto:

$$P_p = q_{bu} * A_p$$

La capacidad de carga total se calcula como la suma de la capacidad de carga admisible por fricción y la capacidad de carga admisible por punta.

$$P_u = p_f + p_p$$

$$P_a = \frac{p_u}{FS}$$

Para este caso se usa un factor de seguridad indirecto de 3,5 y un factor de seguridad directo (FSB) de 1,5.

7.9- ASENTAMIENTOS

7.9.1 – MODULO DE ELASTICIDAD

Para suelos cohesivos:

Tabla 11.1

<i>N</i>	<i>En arcillas</i>		ϕ <i>Ángulo de fricción interna</i>	<i>E kg/cm²</i>
	<i>q_u, kg/cm²</i>	<i>Descripción</i>		
< 2	< 0.25	Muy blanda	0°	3
2 — 4	0.25 — 0.50	Blanda	0 — 2	30
4 — 8	0.50 — 1.00	Media	2 — 4	45 — 90
8 — 15	1.00 — 2.00	Compacta	4 — 6	90 — 200
15 — 30	2.00 — 4.00	Muy compacta	6 — 12	> 200
> 30	> 4.00	Dura	> 14	

Tabla 26. Correlaciones empíricas para estimar el módulo de Young E en suelos cohesivos.

Para suelos granulares:

Schertmann (1970) (kn/m²)

$$E = 0,766 * N_{spt}$$

7.9.2 – MODULO DE POISSON

Para suelos granulares:

Si N (spt) > 15: 0,3.

Si N (spt) < 15: 0,1.

Para suelos cohesivos:

Suelos saturados: 0,5.

Suelos no saturados: 0,2.

7.9.3 – CALCULO DE CC

Cc = f (Limite Liquido - LL)	
Cc = 0,009 (LL - 10)	Skempton (1944) Arcillas inalteradas
Cc = 0,007 (LL - 10)	Terzagui y Peck (1967) Arcillas remoldeadas
Cc = 0,0046 (LL - 9)	Azzouz - Arcillas Brasileñas
Cc = 0,013 (LL - 13,5)	Yamagutsi (1959)
Cc = 0,017 (LL - 20)	Shouka (1964)
Cc = (LL - 13)/109	Mayne (1980)
Cc = 0,00463 LL - 0,013	Balasubramaniam y Brenner (1981)

Cc = f (Indice de Plasticidad - IP)	
Cc = 0,02 + 0,014 (IP)	Nacci (1975) Arcillas del Atlantico Norte
Cc = 0,046 + 0,0104 (IP)	Nakase (1988)

Las que esta resaltada en rojo es la usada para calcular (Cc).

7.9.4 – CALCULO DE CS

El valor de (Cs) se toma a partir de la consideración de que esta aproximadamente entre 1/4 o 1/5 del valor de (Cc), en este caso se tomó un valor de 1/4.

7.9.5 – CALCULO DE EO

Cc = f (Relación de vacíos - eo)	
$Cc = 0,75 (eo - 0,5)$	Sower (1970) Arcillas de baja plasticidad
$Cc = 0,54 (eo - 0,35)$	Nishida (1956) Todas las arcillas
$Cc = 1,15 (eo - 0,27)$	Nishida (1956) Todas las arcillas
$Cc = 1,15 (eo - 0,35)$	Nishida (1956) Todas las arcillas
$Cc = 0,43 (eo - 0,25)$	Cozzolino (1961) Arcillas brasileñas
$Cc = 1,21 + 1,005 (eo - 1,87)$	Azzouz (1976) Arcillas de Sao Paulo
$Cc = 0,208 eo + 0,0083$	Azzouz (1976) Arcillas de Chicago
$Cc = 0,156 eo + 0,0107$	Hough (1957)
$Cc = 0,3 (eo - 0,27)$	Hough (1957)
Cc = f (Humedad Natural - Wn)	
$Cc = 0,01 Wn$	Azzouz (1976) Arcillas de Chicago
$Cc = 0,01 (Wn - 5)$	Azzouz (1976)
$Cc = 0,0093 Wn$	Koppula (1981)
$Cc = 0,00566 Wn - 0,037$	Balasubramaniam y Brenner (1981)
$Cc = 0,0115 Wn$	Hough (1957) Arcillas y Limos Organicos, Turbas
$Cc = 0,0001766 Wn^2 + 0,00593 Wn - 0,135$	Arcillas de Chicago
Cc = f (Varios parametros)	
$Cc = 0,141 Gs^{1,2} ((1 + eo)/Gs)^{2,38}$	Rendon - Herrero (1983)
$Cc = 0,2343 (LL/100) Gs$	Nagaraj y Murty (1985)
$Cc = 0,00234 * LL * Gs$	Nagaraj y Srinivasa Murthy
$Cc = 0,37 (eo + 0,003 LL + 0,0004 Wn - 0,34)$	Azzouz (1976)
$Cc = 0,009 Wn + 0,005 LL$	Koppula (1986)
$Cc = -0,156 + 0,411 eo + 0,00058 LL$	Al - Khafaji y Andersland (1992)

La que está resaltada en azul es la usadas para calcular (eo) a partir de (Cc).

7.9.6 – CALCULO DE ASENTAMIENTOS

Los asentamientos totales en una edificación comprenden los producidos conjuntamente con la construcción de la cimentación (asentamientos elásticos) y los causados por la expulsión del agua en los vacíos intersticiales del suelo (asentamientos por consolidación).

Para zapatas y losas:

Para asentamiento elástico:

Profundidad critica a considerar (z):

$$0 = \frac{1}{4\pi} \left[\frac{2mn(m^2 + n^2 + 1)^{1/2}}{m^2 + n^2 + m^2n^2 + 1} * \frac{m^2 + n^2 + 2}{m^2 + n^2 + 1} + \tan^{-1} \frac{2mn(m^2 + n^2 + 1)^{1/2}}{m^2 + n^2 - m^2n^2 + 1} \right] - I_c$$

Dónde:

$$m = n = B/2/Z$$

$$Z = B/2/n$$

Asentamiento inmediato (si) en mm:

$$F1 = \frac{1}{\pi} \left(\left(m \ln \frac{(1 + \sqrt{m^2 + 1})(\sqrt{m^2 + n^2})}{m(1 + \sqrt{m^2 + n^2 + 1})} \right) + \left(n \ln \frac{(m + \sqrt{m^2 + 1})(\sqrt{n^2 + 1})}{(m + \sqrt{m^2 + n^2 + 1})} \right) \right)$$

$$F2 = \frac{n}{2\pi} \tan^{-1} \left(\frac{m}{n\sqrt{m^2 + n^2 + 1}} \right)$$

Dónde:

$$m = \frac{B}{2Z}$$

$$n = \frac{Z}{B/2}$$

Por lo tanto:

$$I_s = F1 + \left(\frac{1 - 2v}{1 - v} \right) * F2$$

$$S_i = \frac{4qB(1 - v^2)}{2E1} I_s$$

Si = asentamiento inmediato

V = Módulo de poisson

E1 = módulo de elasticidad

B = ancho menor de zapata

q = carga aplicada dividida entre el área de la zapata

El asentamiento por consolidación, se da a lo largo del tiempo y ocurre en suelos arcillosos saturados. Cuando son sometidos a una carga creciente causada por la construcción de una cimentación.

Este fenómeno se manifiesta por un asentamiento o hundimiento de las estructuras y va creciendo a medida que transcurre el tiempo, pero con el paso de éste la magnitud del incremento de los asentamientos es menor, hasta que llega a un punto en el cual no siguen creciendo.

$S_c = \frac{C_c H_c}{1 + e_o} \log \frac{p_o + \Delta p_{prom}}{p_o}$	(para arcillas normalmente consolidadas)	(1.64)
$S_c = \frac{C_s H_c}{1 + e_o} \log \frac{p_o + \Delta p_{prom}}{p_o}$	(para arcillas preconsolidadas con $p_o + \Delta p_{prom} < p_c$)	(1.66)
$S_c = \frac{C_s H_c}{1 + e_o} \log \frac{p_c}{p_o} + \frac{C_c H_c}{1 + e_o} \log \frac{p_o + \Delta p_{prom}}{p_c}$	(para arcillas preconsolidadas con $p_o < p_c < p_o + \Delta p_{prom}$)	(1.68)

Ilustración 19. Ecuaciones para determinar consolidación.

Dónde:

St = Asentamiento total de la cimentación.

e0 = Relación de vacíos inicial determinada aproximadamente en la mitad del estrato que se va a consolidar.

Cc = Índice de compresibilidad determinado aproximadamente en la mitad del estrato que se va a consolidar, si el suelo es Sobreconsolidado se utilizará el Cs.

Hc = Espesor del estrato que se va a consolidar.

Po = Esfuerzo efectivo inicial antes de colocar la estructura y calculado en la mitad del estrato que se va a consolidar.

$\Delta Prom$ = Incremento de esfuerzo vertical debido a la sobrecarga, debe calcularse en la mitad del estrato que se va a consolidar y debajo del centro del área cargada.

El análisis siempre se hace con un elemento situado debajo del centro del área cargada, esta es la condición más crítica.

Para pilotes:

Para el cálculo de asentamiento en pilotes es necesario realizar la sumatoria de 3 tipos de asentamientos:

Asentamientos elásticos del material del pilote (S1):

$$S_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p}$$

Asentamientos elásticos por carga en punta del pilote (S2):

$$S_{e(2)} = \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp}$$

Asentamientos elásticos por carga en el fuste del pilote (S3):

$$S_{e(3)} = \left(\frac{Q_{ws}}{pL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$$

q_{wp} = Carga en la punta por área unitaria de la punta del pilote = Q_{wp} / A_p .

Q_{ws} = Carga tomada por la resistencia de fricción (superficial) bajo condición de carga de trabajo.

Q_{wp} = Carga tomada en la punta del pilote bajo condición de carga de trabajo.

A_p = Área de sección transversal del pilote.

L = Longitud del pilote.

E_p = Módulo de elasticidad de material del pilote.

E_s = Modulo de elasticidad del suelo.

U_s = relación de poisson del suelo.

P = perímetro sección transversal del pilote.

D = diámetro del pilote.

I_{wp} = Factor de influencia ≈ 0.85 .

I_{ws} = Factor de influencia.

7.9.7 – MODULO DE BALASTO

Módulo de balasto (K_s) para suelos en general:

Para este caso se optó por hacer el siguiente procedimiento:

$$K_s = \frac{E_r + S}{A}$$

E_r = esfuerzo real aplicado al suelo de acuerdo a la carga y a las dimensiones de la zapata.

S = sobrecarga provocada por el suelo de relleno arriba de la profundidad de desplante.

A = asentamientos totales calculados.

Módulo de balasto horizontal

Se aplica la metodología de Vesic (1961):

$$k_h = 0,65 \cdot \sqrt[.12]{\frac{E_s \cdot D^4}{E_p \cdot I_p}} \cdot \frac{E_s}{(1 - \mu^2)}$$

Donde:

Kh = módulo de balasto lateral.

D = Diámetro de pilote.

Es = Módulo de elasticidad de suelo.

Ep = Módulo de elasticidad de material de pilote.

Ep = Momento de inercia de la sección.

U = Modulo de poisson.

8.0- ANEXO 2 CAPACIDAD DE SOPORTE Y COEFICIENTE DE BALASTO

8.1- PARAMETROS INICIALES PARA ASENTAMIENTOS.

DATOS PARA ASENTAMIENTOS											
Sondeo	prof inicial (cm)	prof final (cm)	N (spt)	Clasificación S.U.S.C	N. F	E (ton/m2)	U	CC	CS	EO	OCR
#1	0	100	22	SC-SM	NO	1717,84	0,3	N/A	N/A	N/A	N/A
	100	200	34	ML	NO	2644,23	0,2	N/A	N/A	N/A	N/A
	200	300	40	ML	NO	3178,51	0,2	N/A	N/A	N/A	N/A
	300	400	100	ML	NO	8474,13	0,2	N/A	N/A	N/A	N/A
	400	500	100	ML	NO	8474,13	0,2	N/A	N/A	N/A	N/A
	500	600	100	ML	NO	9652,68	0,2	N/A	N/A	N/A	N/A
#2	0	100	22	SM	NO	1717,84	0,3	N/A	N/A	N/A	N/A
	100	200	30	ML	NO	2282,81	0,2	N/A	N/A	N/A	N/A
	200	300	43	ML	NO	3429,93	0,2	N/A	N/A	N/A	N/A
	300	400	49	ML	NO	3964,21	0,2	N/A	N/A	N/A	N/A
	400	500	100	ML	NO	8474,13	0,2	N/A	N/A	N/A	N/A
	500	600	100	ML	NO	9652,68	0,2	N/A	N/A	N/A	N/A
#3	0	100	24	MH	NO	1764,25	0,2	N/A	N/A	N/A	N/A
	100	200	30	ML	NO	2282,81	0,2	N/A	N/A	N/A	N/A
	200	300	43	ML	NO	3429,93	0,2	N/A	N/A	N/A	N/A
	300	400	49	ML	NO	3964,21	0,2	N/A	N/A	N/A	N/A
	400	500	100	ML	NO	8474,13	0,2	N/A	N/A	N/A	N/A

	500	600	100	ML	NO	9652,68	0, 2	N/ A	N/A	N/A	N/A
--	-----	-----	-----	----	----	---------	---------	---------	-----	-----	-----

Tabla 27. Datos para asentamientos.

8.2- CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTO MICROPILOTES.

Para el cálculo de capacidad de carga admisible y asentamientos por micropilote individual, se tomaron en cuenta una profundidad de desplante de 0,5 metros, una forma tanto rectangular como circular y un rango de dimensiones y longitud de micropilote que abarque lo más posible las condiciones reales que se encontraran en el proyecto.

CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTO DE PILOTE CIRCULAR INDIVIDUAL SONDEO 1										
DF	LONGITUD	DIAMETRO	CARGA POR PUNTA	CARGA POR FUSTE	CARGA TOTAL ADMISIBLE (TON)	s1 (mm)	s2 (mm)	s3 (mm)	ST (mm)	KS VERTICAL (ton/m3)
0,50	1,00	0,30	2,77	0,86	3,63	0,03	3,63	0,31	3,97	12952,00
0,50	1,50	0,30	3,26	1,68	4,95	0,06	3,55	0,40	4,01	17431,95
0,50	2,00	0,30	3,26	2,65	5,91	0,09	3,55	0,46	4,10	20389,52
0,50	1,00	0,35	3,77	1,01	4,78	0,03	4,24	0,36	4,62	10753,50
0,50	1,50	0,35	4,44	1,96	6,40	0,05	4,15	0,46	4,66	14282,44
0,50	2,00	0,35	4,44	3,09	7,53	0,09	4,15	0,52	4,75	16472,59
0,50	1,00	0,40	4,93	1,15	6,08	0,03	4,84	0,40	5,27	9180,05
0,50	1,50	0,40	5,80	2,25	8,04	0,05	4,74	0,52	5,31	12060,73
0,50	2,00	0,40	5,80	3,53	9,33	0,08	4,74	0,58	5,40	13744,64
0,50	1,00	0,45	6,24	1,29	7,53	0,03	5,45	0,45	5,92	8001,22
0,50	1,50	0,45	7,34	2,53	9,86	0,05	5,33	0,57	5,95	10417,09
0,50	2,00	0,45	7,34	3,98	11,31	0,08	5,33	0,65	6,05	11750,10
0,50	1,00	0,50	7,70	1,44	9,14	0,03	6,05	0,49	6,57	7086,60

0,50	1,50	0,50	9,06	2,81	11,87	0,05	5,92	0,63	6,60	9155,86
0,50	2,00	0,50	9,06	4,42	13,48	0,08	5,92	0,71	6,70	10235,94

Tabla 28. Capacidad de carga y asentamientos micropilote circular sondeo 1.

CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTO DE PILOTE CIRCULAR INDIVIDUAL SONDEO 2										
DF	LONGITUD	DIAMETRO	CARGA POR PUNTA	CARGA POR FUSTE	CARGA TOTAL ADMISIBLE (TON)	s1 (mm)	s2 (mm)	s3 (mm)	ST (mm)	KS VERTICAL (ton/m3)
0,50	1,00	0,30	2,45	0,77	3,21	0,02	3,71	0,30	4,04	11254,87
0,50	1,50	0,30	3,51	1,49	5,00	0,06	3,54	0,40	4,00	17691,51
0,50	2,00	0,30	3,51	2,53	6,03	0,09	3,54	0,46	4,09	20872,45
0,50	1,00	0,35	3,33	0,89	4,22	0,02	4,33	0,35	4,70	9340,87
0,50	1,50	0,35	4,77	1,74	6,51	0,06	4,13	0,45	4,64	14586,26
0,50	2,00	0,35	4,77	2,95	7,72	0,09	4,13	0,52	4,74	16938,58
0,50	1,00	0,40	4,35	1,02	5,37	0,02	4,95	0,39	5,36	7971,78
0,50	1,50	0,40	6,23	1,99	8,22	0,05	4,72	0,51	5,28	12380,60
0,50	2,00	0,40	6,23	3,37	9,60	0,08	4,72	0,58	5,39	14187,06
0,50	1,00	0,45	5,50	1,15	6,65	0,02	5,57	0,43	6,02	6946,49
0,50	1,50	0,45	7,89	2,24	10,12	0,05	5,31	0,57	5,93	10739,11
0,50	2,00	0,45	7,89	3,79	11,68	0,08	5,31	0,65	6,04	12167,58
0,50	1,00	0,50	6,79	1,28	8,07	0,02	6,18	0,48	6,68	6151,28
0,50	1,50	0,50	9,74	2,48	12,22	0,05	5,90	0,62	6,57	9473,02
0,50	2,00	0,50	9,74	4,22	13,95	0,08	5,90	0,71	6,69	10629,26

Tabla 29. Capacidad de carga y asentamientos micropilote circular sondeo 2.

CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTO DE PILOTE CIRCULAR INDIVIDUAL SONDEO 3										
DF	LONGITUD	DIAMETRO	CARGA POR PUNTA	CARGA POR FUSTE	CARGA TOTAL ADMISIBLE (TON)	s1 (mm)	s2 (mm)	s3 (mm)	ST (mm)	KS VERTICAL (ton/m3)

0,50	1,00	0,30	2,45	1,30	3,75	0,03	3,71	0,52	4,26	12455,82
0,50	1,50	0,30	3,51	2,03	5,53	0,06	3,54	0,55	4,15	18870,94
0,50	2,00	0,30	3,51	3,07	6,57	0,10	3,54	0,56	4,20	22144,08
0,50	1,00	0,35	3,33	1,52	4,85	0,03	4,33	0,60	4,95	10181,14
0,50	1,50	0,35	4,77	2,37	7,14	0,06	4,13	0,62	4,81	15415,17
0,50	2,00	0,35	4,77	3,58	8,35	0,10	4,13	0,64	4,86	17856,76
0,50	1,00	0,40	4,35	1,74	6,09	0,03	4,95	0,67	5,64	8582,00
0,50	1,50	0,40	6,23	2,71	8,94	0,06	4,72	0,70	5,48	12984,61
0,50	2,00	0,40	6,23	4,09	10,32	0,09	4,72	0,71	5,52	14874,75
0,50	1,00	0,45	5,50	1,96	7,46	0,03	5,57	0,75	6,34	7402,03
0,50	1,50	0,45	7,89	3,04	10,93	0,06	5,31	0,78	6,14	11191,24
0,50	2,00	0,45	7,89	4,60	12,49	0,09	5,31	0,79	6,18	12697,37
0,50	1,00	0,50	6,79	2,17	8,97	0,03	6,18	0,82	7,03	6498,47
0,50	1,50	0,50	9,74	3,38	13,12	0,06	5,90	0,85	6,81	9818,39
0,50	2,00	0,50	9,74	5,11	14,85	0,08	5,90	0,86	6,85	11046,57

Tabla 30. Capacidad de carga y asentamientos micropilote circular sondeo 3.

8.3- CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTO PARA ZAPATA AISLADA.

Para el cálculo de capacidad de carga admisible, neta admisible y asentamientos, se tomaron en cuenta un rango de profundidades de desplante y una carga de 50,0 toneladas que abarque lo más posible las condiciones reales que se encontraran en el proyecto.

ASENTAMIENTO ZAPATA CUADRA												
SONDEO	DF (m)	CARGA (ton)	Q ADM (ton/m2)	Q NETO ADM (ton/m2)	Q NETA ADMISIBLE		ASENTAMIENTO		SI (mm)	SC (mm)	S. TOTAL (mm)	K (ton/m3)
					LADO B MIN (m)	LADO L MIN (m)	LADO B MIN (m)	LADO L MIN (m)				
1	1,0	50,00	42,27	40,31	1,20	1,20	1,20	1,20	4,49	0,00	4,49	7726,00
	1,5	50,00	43,37	40,46	1,20	1,20	1,20	1,20	4,25	0,00	4,25	8174,29
	2,0	50,00	54,27	50,41	1,00	1,00	1,00	1,00	3,50	0,00	3,50	14295,06
	2,5	50,00	55,81	50,99	1,00	1,00	1,00	1,00	3,32	0,00	3,32	15050,27
	3,0	50,00	139,58	133,82	1,00	1,00	1,00	1,00	1,57	0,00	1,57	31769,69
2	1,0	50,00	37,36	35,43	1,20	1,20	1,20	1,20	5,12	0,00	5,12	6776,55
	1,5	50,00	38,37	35,48	1,20	1,20	1,20	1,20	4,83	0,00	4,83	7193,46
	2,0	50,00	58,24	54,39	1,00	1,00	1,00	1,00	3,71	0,00	3,71	13492,20
	2,5	50,00	59,87	55,07	1,00	1,00	1,00	1,00	3,83	0,00	3,83	13041,81
	3,0	50,00	69,37	63,62	1,00	1,00	1,00	1,00	2,88	0,00	2,88	17339,69
3	1,0	50,00	37,36	35,44	1,20	1,20	1,20	1,20	5,12	0,00	5,12	6776,55
	1,5	50,00	38,37	35,50	1,20	1,20	1,20	1,20	4,83	0,00	4,83	7193,46

	2,0	50,00	58,23	54,40	1,00	1,00	1,00	1,00	3,71	0,00	3,71	13492,20
	2,5	50,00	59,86	55,08	1,00	1,00	1,00	1,00	3,83	0,00	3,83	13041,81
	3,0	50,00	69,37	63,63	1,00	1,00	1,00	1,00	2,88	0,00	2,88	17339,69

Tabla 31. Asentamientos zapata aislada.

8.4- RESUMEN DE CAPACIDAD DE CARGA Y COEFICIENTE DE BALASTO ESCOGIDO PARA ZAPATA AISLADA.

RESUMEN ZAPATA AISLADA				
SONDEO	DF	Q adm (ton/m2)	Q adm neta (ton/m2)	Ks (ton/m3)
1 A 6	1,0	37,36	35,43	6776,55
	1,5	38,37	35,48	7193,46
	2,0	54,27	50,41	13492,20
	2,5	55,81	50,99	13041,81
	3,0	69,37	63,62	17339,69

Tabla 32. Resumen capacidad de carga y coeficiente de balasto escogida para zapata aislada.

8.5- CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTO PARA ZAPATA CORRIDA.

Para el cálculo de capacidad de carga admisible, neta admisible y asentamientos, se tomaron en cuenta un rango de profundidades de desplante y una carga de 5,0 toneladas/ml que abarque lo más posible las condiciones reales que se encontraran en el proyecto.

ASENTAMIENTO ZAPATA CORRIDA												
SONDEO	DF (m)	CARGA (ton/ml)	Q ADM (ton/m2)	Q NETO ADM (ton/m2)	Q NETA ADMISIBLE		ASENTAMIENTO		SI (mm)	SC (mm)	S. TOTAL (mm)	K (ton/m3)
					LADO B MIN (m)	LADO L MIN (m)	LADO B MIN (m)	LADO L MIN (m)				
1	1,00	5,00	37,94	35,98	1,00	-	1,00	-	0,31	0,00	0,31	16144,25
	1,50	5,00	38,08	35,17	1,00	-	1,00	-	0,34	0,00	0,34	14605,07
	2,00	5,00	46,50	42,64	1,00	-	1,00	-	0,22	0,00	0,22	22570,32
	2,50	5,00	47,86	43,05	1,00	-	1,00	-	0,24	0,00	0,24	20595,98
	3,00	5,00	119,40	113,64	1,00	-	1,00	-	0,12	0,00	0,12	40296,38
2	1,00	5,00	33,55	31,61	1,00	-	1,00	-	0,35	0,00	0,35	14097,78
	1,50	5,00	33,71	30,81	1,00	-	1,00	-	0,39	0,00	0,39	12824,85
	2,00	5,00	49,89	46,04	1,00	-	1,00	-	0,24	0,00	0,24	20441,14
	2,50	5,00	51,33	46,53	1,00	-	1,00	-	0,28	0,00	0,28	18058,35
	3,00	5,00	59,48	53,73	1,00	-	1,00	-	0,19	0,00	0,19	26568,88
3	1,00	5,00	33,54	31,63	1,00	-	1,00	-	0,35	0,00	0,35	14097,78
	1,50	5,00	33,70	30,83	1,00	-	1,00	-	0,39	0,00	0,39	12824,85
	2,00	5,00	49,88	46,06	1,00	-	1,00	-	0,24	0,00	0,24	20441,14

	2,50	5,00	51,32	46,54	1,00	-	1,00	-	0,28	0,00	0,28	18058,35
	3,00	5,00	59,48	53,74	1,00	-	1,00	-	0,19	0,00	0,19	26568,88

Tabla 33. Asentamientos zapata corrida.

8.6- RESUMEN DE CAPACIDAD DE CARGA Y COEFICIENTE DE BALASTO ESCOGIDO PARA ZAPATA CORRIDA.

RESUMEN ZAPATA CORRIDA				
SONDEO	DF	Q adm (ton/m2)	Q adm neta (ton/m2)	Ks (ton/m3)
1 A 6	1,0	33,54	31,61	14097,78
	1,5	33,70	30,81	12824,85
	2,0	46,50	42,64	20441,14
	2,5	47,86	43,05	18058,35
	3,0	59,48	53,73	26568,88

Tabla 34. Resumen capacidad de carga y coeficiente de balasto escogida para zapata corrida.

9.0- ANEXO 3 ESTABILIDAD DE EXCAVACIONES

9.1 – ESTABILIDAD DE EXCAVACIONES SLIDE 6.0.

Estabilidad de excavaciones

Para determinar la estabilidad de las excavaciones a realizar para la construcción de la cimentación, se procedió a utilizar el software SLIDE 6.0, con el cual se determinó el factor de seguridad a la falla utilizando la siguiente información:

Para este caso se determinó la estabilidad de excavación simulando una profundidad de dos metros, la cual sería la máxima profundidad posible sin el uso de entibados en los diferentes sondeos, tomando los como información las propiedades de los estratos de suelo del sondeo 3 (critico) y simulando una sobrecarga de 10 kn/m2 para estar en rango de posibles sobrecargas por acumulamiento de material de excavación, la cual se propuso para efectos de calculo que este alejada al menos 0,5 metros del borde de la excavación.

9.1.1 – PROPIEDADES DE MATERIALES.

Propiedades de materiales:

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Cohesion Type	Water Surface	Ru
MH1		18.8	Undrained	105.6	Constant	None	0
ML1		18.7	Undrained	132	Constant	None	0
ML2		18.7	Undrained	189.2	Constant	None	0
ML3		18.7	Undrained	215.6	Constant	None	0
ML4		18.8	Undrained	440	Constant	None	0
ML5		18.8	Undrained	440	Constant	None	0

Ilustración 20. Propiedades de materiales para estabilidad de excavación sondeo 3.

9.1.2 – DIMENSIONES DEL TALUD DE EXCAVACIÓN A VERIFICAR.

Dimensiones del talud de excavación a verificar:

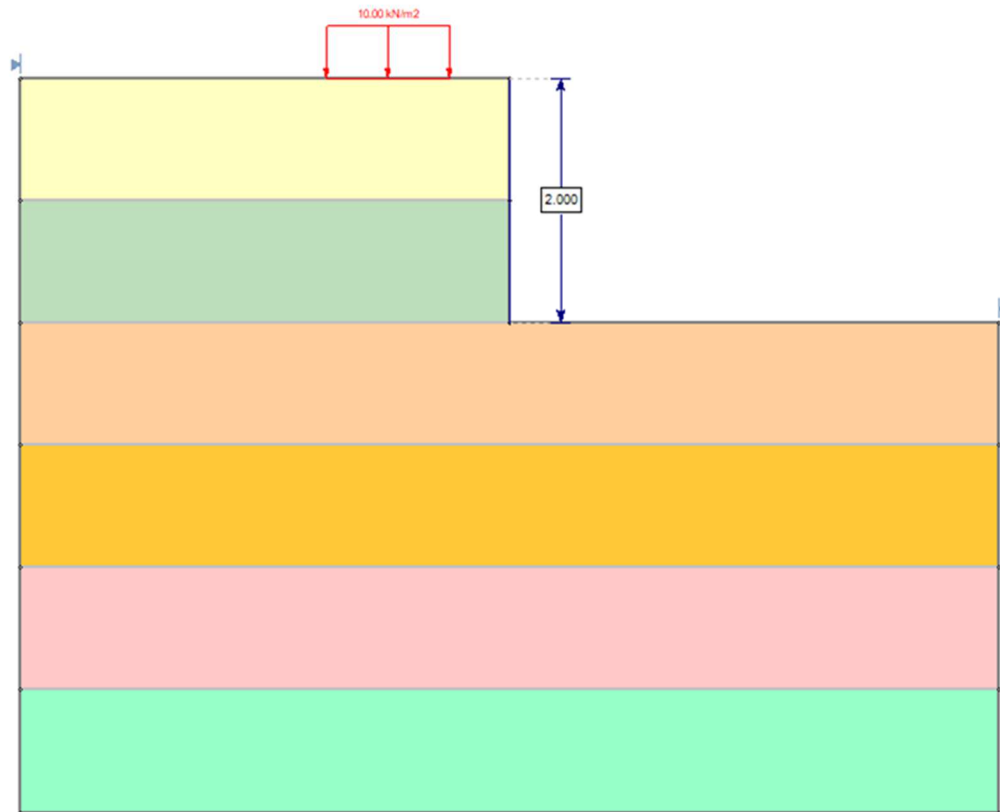


Ilustración 21. Datos generales borde de excavación sondeo 3.

9.1.3 – FACTOR DE SEGURIDAD.

Para obtener el resultado se realizó basándonos en la teoría de Bishop simplificado, el cual arroja valores más conservadores para una superficie de falla crítica:

Sondeo 3:

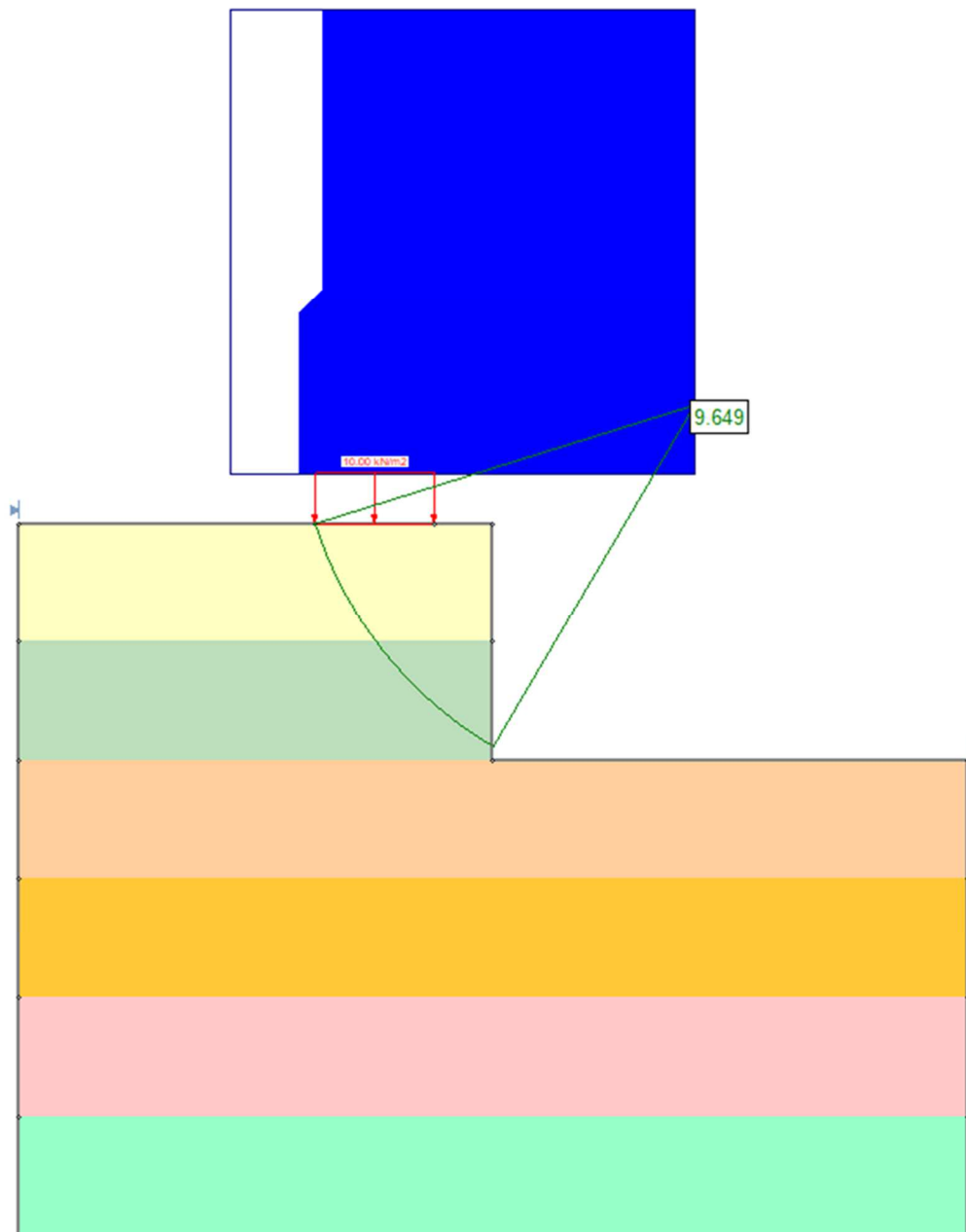


Ilustración 22. Determinación factor de seguridad para excavación sondeo 3.

Sondeo	Profundidad máxima de excavación (m)	Factor de seguridad
3	2,00	9,649

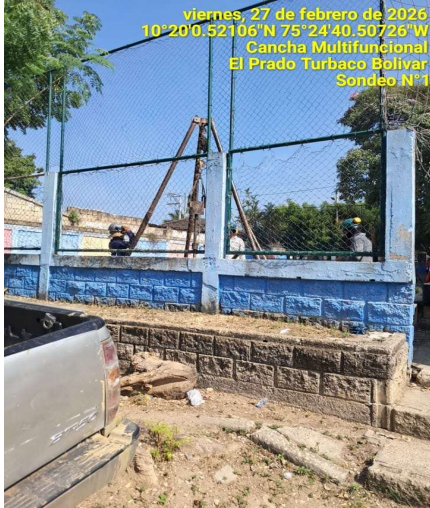
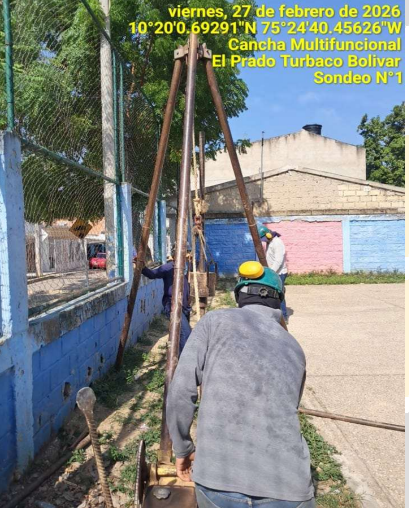
Tabla 35. Factores de seguridad a la excavación.

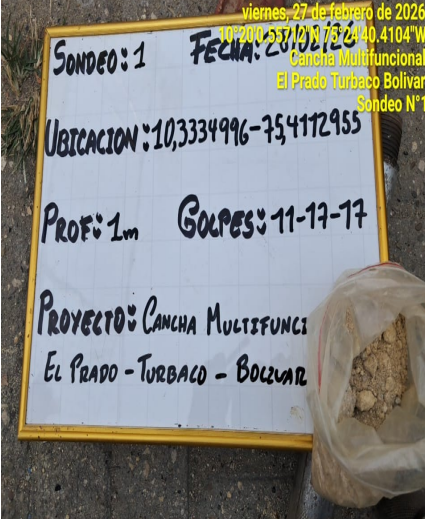
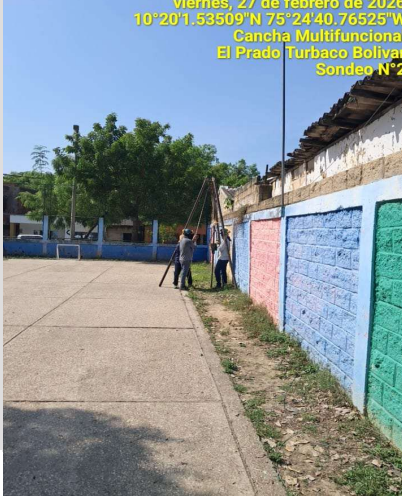
Para que las excavaciones sean estables y no se haga necesidad del uso de elementos de protección para los bordes de excavación, debe cumplir con la siguiente condición:

- 1) su factor de seguridad calculado a partir del software SLIDE 6.0, debe ser mayor al valor mínimo de 1.5 según NSR-10 título H (tabla H.2.4-1).
- A partir de los datos anteriores, no es necesario el uso de elementos de protección de excavación.
 - si las excavaciones colindan con construcciones vecinas, se deben usar entibados y apuntalamientos para mantener estables las construcciones existentes de posibles derrumbes o hundimientos de su cimentación.
 - Igualmente se debe verificar que el material de excavación no se acumule en un solo lado (distribuir en mínimo 2 caras de la excavación preferiblemente), que tanto el material de excavación como la maquinaria que posiblemente sea utilizada deben alejarse mínimo 50 cm del borde de la excavación.

REGISTRO FOTOGRAFICO



viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'0.52106"N 75°24'40.50726"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°1 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'0.59741"N 75°24'40.53592"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°1 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'0.52936"N 75°24'40.47889"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°1 
FOTO 1	FOTO 2	FOTO 3
viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.02091"N 75°24'40.64274"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°1 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'0.69291"N 75°24'40.45626"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°1 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'0.66077"N 75°24'40.33405"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°1 
FOTO 4	FOTO 5	FOTO 6

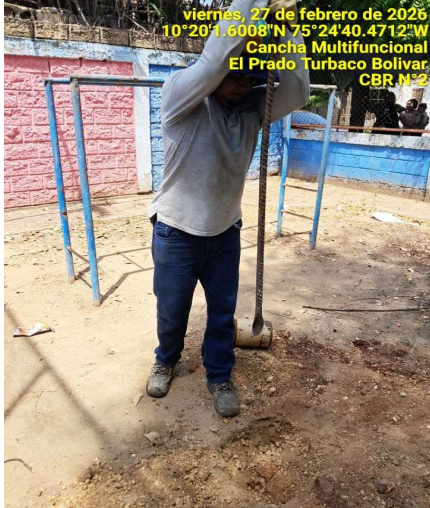
viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'0.25710"N 75°24'40.4104"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°1 SONDEO: 1 FECHA: 28/02/2026 UBICACION: 10,3334996-75,4112955 PROF: 1m GOLPES: 11-17-17 PROYECTO: CANCHA MULTIFUNCI EL PRADO - TURBACO - BOLIVAR 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'0.99149"N 75°24'40.74685"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°1 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'0.61717"N 75°24'40.56006"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°1 
FOTO 7	FOTO 8	FOTO 9
viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'0.82734"N 75°24'40.69827"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°2 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.53509"N 75°24'40.76525"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°2 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'0.99074"N 75°24'40.74624"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°2 
FOTO 10	FOTO 11	FOTO 12

viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'0.81693"N 75°24'40.8244"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°2 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.58865"N 75°24'40.82168"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°2 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.13686"N 75°24'40.89319"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°2 
FOTO 13	FOTO 14	FOTO 15
viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.55123"N 75°24'40.7387"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°2 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.47791"N 75°24'40.47527"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar CBR N°1 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.59466"N 75°24'40.58311"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar CBR N°1 
FOTO 16	FOTO 17	FOTO 18

viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.56466"N 75°24'40.58511"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar CBR N°1 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.13588"N 75°24'40.89319"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°2 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.57824"N 75°24'40.53011"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°3 
FOTO 19	FOTO 20	FOTO 21
viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.61068"N 75°24'40.5827"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar CBR N°1 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.53328"N 75°24'40.52114"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°3 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.58274"N 75°24'40.56489"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°3 
FOTO 22	FOTO 23	FOTO 24

viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.65141"N 75°24'40.50484"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°3 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.62096"N 75°24'48.47732"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar CBR N°1 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.64327"N 75°24'40.52687"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°3 
FOTO 25	FOTO 26	FOTO 27
viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.65368"N 75°24'40.62916"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°3 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.47972"N 75°24'40.68348"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°3 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.67103"N 75°24'40.82802"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°3 
FOTO 28	FOTO 29	FOTO 30

viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.48047"N 75°24'40.68438"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°3 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.48334"N 75°24'40.6621"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°3 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.64297"N 75°24'40.58088"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°3 
FOTO 31	FOTO 32	FOTO 33
viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.64004"N 75°24'40.464"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar CBR N°2 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.49647"N 75°24'40.66749"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°3 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.57764"N 75°24'40.81806"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar CBR N°2 
FOTO 34	FOTO 35	FOTO 36

viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.6008"N 75°24'40.4712"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar CBR N°2 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.6008"N 75°24'40.4712"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar CBR N°2 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.6008"N 75°24'40.4712"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar CBR N°2 
FOTO 37	FOTO 38	FOTO 39
viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.69788"N 75°24'40.77702"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar CBR N°2 	viernes, 27 de febrero de 2026 10°20'1.69788"N 75°24'40.58006"W Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar Sondeo N°3 	viernes, 27 de febrero de 2026 Cancha Multifuncional El Prado Turbaco Bolívar CBR N°2 
FOTO 40	FOTO 41	FOTO 42



ENSAYOS

	DETERMINACION EN LABORATORIO DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD, TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS, CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	CG-001
		FECHA	
		REVISIÓN	001
		PÁGINA	1 DE 1
INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13			

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE PARQUE RECREATIVO EL PRADO MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	FECHA:	3-mar-26
LOCALIZACION:	MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	10°20'0.60"N 75°24'40.66"W	
PETICIONARIO:	ALCALDIA MUNICIPAL DE TURBACO	SONDEO:	1
CONSTRUCCION:	CUBIERTA CANCHA	MUESTRA:	1
		PROFUNDIDAD (m):	0,00 - 1,50

ENSAYOS DE LABORATORIO

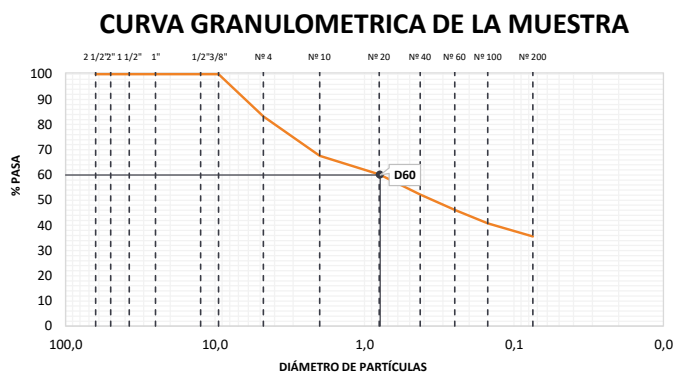
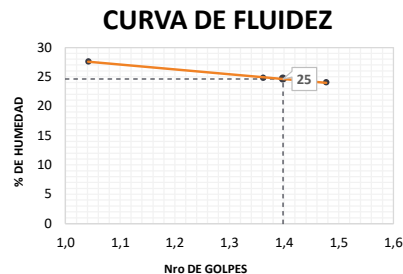
LÍMITE LÍQUIDO INV E – 125 – 13			
Ensayo [N]	1	2	3
Peso del recipiente [gr]	8,08	7,90	8,20
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	18,24	18,20	18,41
Peso recipiente + suelo seco [gr]	16,27	16,15	16,20
Contenido de humedad [%]	24,05%	24,85%	27,63%
Nº de golpes [N]	30	23	11

LÍMITE PLÁSTICO INV E – 126 – 13		
Ensayo [N]	4	5
Peso del recipiente [gr]	8,03	8,03
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	19,51	19,51
Peso recipiente + suelo seco [gr]	17,74	17,74
Contenido de humedad [%]	18,23%	18,23%

DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS INV E – 123 – 13				
P. Inicial	100,0 gr			
TAMIZ	PESO		PORCENTAJES	
mm	Nº	RETENIDO	RETENIDO	PASA
63,000	2 1/2"	0,0	0,00	100,00
50,000	2"	0,0	0,00	100,00
37,500	1 1/2"	0,0	0,00	100,00
25,000	1"	0,0	0,00	100,00
12,500	1/2"	0,0	0,00	100,00
9,500	3/8"	0,0	0,00	100,00
4,750	Nº 4	16,8	16,80	83,20
2,000	Nº 10	15,6	15,60	67,60
0,800	Nº 20	7,4	7,40	60,20
0,425	Nº 40	8,0	8,00	52,20
0,250	Nº 60	6,1	6,10	46,10
0,150	Nº 100	5,3	5,30	40,80
0,075	Nº 200	5,2	5,20	35,60
	Fondo	35,6		
	Total	100,0		

HUMEDAD INV E – 122 – 13	
Ensayo [N]	6
Peso del recipiente [gr]	4,60
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	71,40
Peso recipiente + suelo seco [gr]	66,30
Contenido de humedad [%]	8,27%

PESO UNITARIO ASTM 2937 - 71	
Ensayo [N]	7
Masa [gr]	66,80
Diametro [cm]	3,52
Altura [cm]	3,50
Peso unitario humedo [kN/m³]	19,23
Peso unitario seco [kN/m³]	17,77



RESULTADOS

% DE GRAVAS	16,80	D60 (mm)	0,787	Cc	LÍMITE LIQUIDO	24,64	CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-4 <i>Suelo limoso</i>
% DE ARENAS	47,60	D50 (mm)	0,351		LÍMITE PLASTICO	18,23		
% DE FINOS	35,60	D30 (mm)		Cu	INDICE DE PLASTICIDA	6,41	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SC-SM <i>Arena arcilloso-limosa con grava</i>
		D10 (mm)						

OBSERVACIONES:

Daniel J. Almanza M.

DANIEL JOSE ALMANZA MERCADO
ING. CIVIL - ESP. EN GEOTECNIA Y ESTABILIDAD DE TALUDES
T.P. 22202-339020COR

LOS RESULTADOS PRESENTES EN ESTE INFORME CORRESPONDEN UNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS
EL PRESENTE INFORME NO ES VALIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE PARQUE RECREATIVO EL PRADO MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	FECHA:	3-mar-26
LOCALIZACION:	MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	10°20'0.60"N 75°24'40.66"W	
PETICIONARIO:	ALCALDIA MUNICIPAL DE TURBACO	SONDEO:	1
CONSTRUCCION:	CUBIERTA CANCHA	MUESTRA:	2
		PROFUNDIDAD (m):	1,50 - 4,00

ENSAYOS DE LABORATORIO

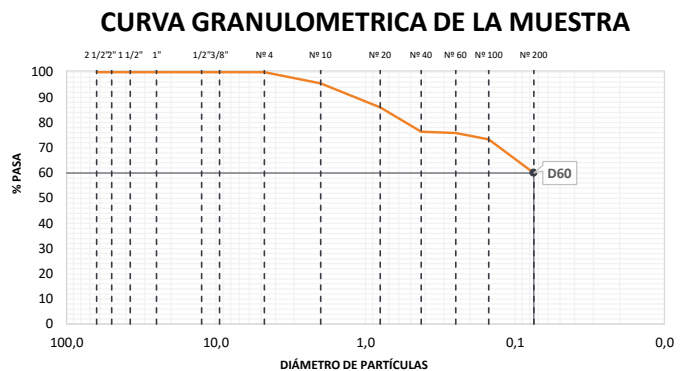
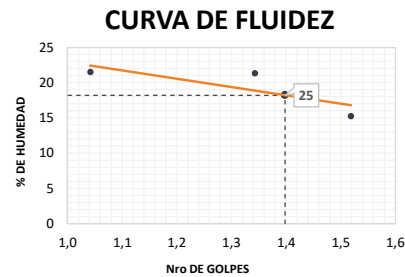
LÍMITE LÍQUIDO INV E – 125 – 13			
Ensayo [N]	1	2	3
Peso del recipiente [gr]	10,26	10,12	10,16
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	16,06	15,88	17,57
Peso recipiente + suelo seco [gr]	15,04	14,86	16,59
Contenido de humedad [%]	21,34%	21,52%	15,24%
Nº de golpes [N]	22	11	33

LÍMITE PLÁSTICO INV E – 126 – 13		
Ensayo [N]	4	5
Peso del recipiente [gr]	10,13	10,21
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	19,20	20,51
Peso recipiente + suelo seco [gr]	17,97	19,13
Contenido de humedad [%]	15,69%	15,47%

DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS INV E – 123 – 13				
P. Inicial	100,0	gr	PORCENTAJES	
TAMIZ	PESO			
mm	N°	RETENIDO	RETENIDO	PASA
63,000	2 1/2"	0,0	0,00	100,00
50,000	2"	0,0	0,00	100,00
37,500	1 1/2"	0,0	0,00	100,00
25,000	1"	0,0	0,00	100,00
12,500	1/2"	0,0	0,00	100,00
9,500	3/8"	0,0	0,00	100,00
4,750	Nº 4	0,0	0,00	100,00
2,000	Nº 10	4,5	4,50	95,50
0,800	Nº 20	9,5	9,50	86,00
0,425	Nº 40	9,7	9,70	76,30
0,250	Nº 60	0,5	0,50	75,80
0,150	Nº 100	2,5	2,50	73,30
0,075	Nº 200	13,3	13,30	60,00
	Fondo	60,0		
	Total	100,0		

HUMEDAD INV E – 122 – 13	
Ensayo [N]	6
Peso del recipiente [gr]	4,50
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	51,90
Peso recipiente + suelo seco [gr]	47,00
Contenido de humedad [%]	11,53%

PESO UNITARIO ASTM 2937 - 71	
Ensayo [N]	7
Masa [gr]	47,40
Diametro [cm]	3,39
Altura [cm]	2,76
Peso unitario humedo [kN/m³]	18,66
Peso unitario seco [kN/m³]	16,73



RESULTADOS

% DE GRAVAS	0,00	D60 (mm)	0,075	Cc	LÍMITE LIQUIDO	18,22	CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-4
% DE ARENAS	40,00	D50 (mm)			LÍMITE PLASTICO	15,58		Suelo limoso
% DE FINOS	60,00	D30 (mm)		Cu	INDICE DE PLASTICIDA	2,64	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	ML
		D10 (mm)						Limo baja plasticidad arenoso

OBSERVACIONES:

Daniel J. Almanza M.

DANIEL JOSE ALMANZA MERCADO
ING. CIVIL - ESP. EN GEOTECNIA Y ESTABILIDAD DE TALUDES
T.P. 22202-339020COR

LOS RESULTADOS PRESENTES EN ESTE INFORME CORRESPONDEN UNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS
EL PRESENTE INFORME NO ES VALIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE PARQUE RECREATIVO EL PRADO MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	FECHA:	3-mar-26
LOCALIZACION:	MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	10°20'0.60"N 75°24'40.66"W	
PETICIONARIO:	ALCALDIA MUNICIPAL DE TURBACO	SONDEO:	1
CONSTRUCCION:	CUBIERTA CANCHA	MUESTRA:	3
		PROFUNDIDAD (m):	4,00 - 6,00

ENSAYOS DE LABORATORIO

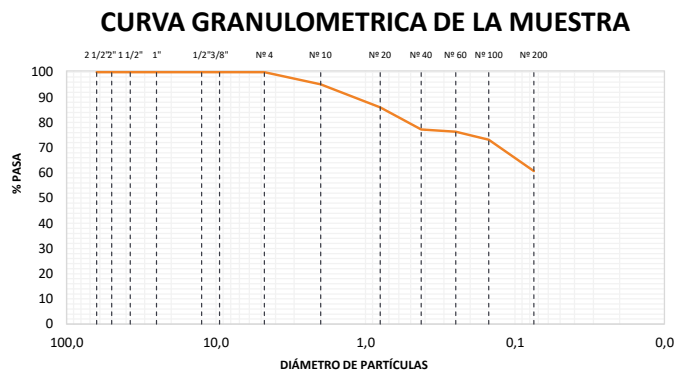
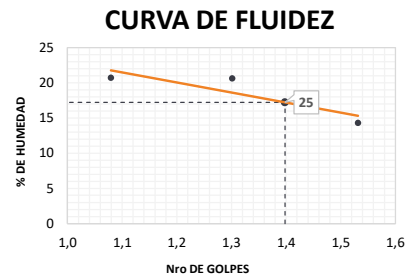
LÍMITE LÍQUIDO INV E – 125 – 13			
Ensayo [N]	1	2	3
Peso del recipiente [gr]	10,25	10,13	10,20
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	16,02	15,87	17,55
Peso recipiente + suelo seco [gr]	15,03	14,89	16,63
Contenido de humedad [%]	20,71%	20,59%	14,31%
Nº de golpes [N]	12	20	34

LÍMITE PLÁSTICO INV E – 126 – 13		
Ensayo [N]	4	5
Peso del recipiente [gr]	10,22	10,12
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	20,51	19,28
Peso recipiente + suelo seco [gr]	19,08	18,01
Contenido de humedad [%]	16,14%	16,10%

DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS INV E – 123 – 13				
P. Inicial	100,0 gr			
TAMIZ	PESO	PORCENTAJES		
mm	Nº	RETENIDO	RETENIDO	PASA
63,000	2 1/2"	0,0	0,00	100,00
50,000	2"	0,0	0,00	100,00
37,500	1 1/2"	0,0	0,00	100,00
25,000	1"	0,0	0,00	100,00
12,500	1/2"	0,0	0,00	100,00
9,500	3/8"	0,0	0,00	100,00
4,750	Nº 4	0,0	0,00	100,00
2,000	Nº 10	4,9	4,90	95,10
0,800	Nº 20	9,1	9,10	86,00
0,425	Nº 40	8,8	8,80	77,20
0,250	Nº 60	0,9	0,90	76,30
0,150	Nº 100	3,1	3,10	73,20
0,075	Nº 200	12,4	12,40	60,80
	Fondo	60,8		
	Total	100,0		

HUMEDAD INV E – 122 – 13	
Ensayo [N]	6
Peso del recipiente [gr]	4,40
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	48,30
Peso recipiente + suelo seco [gr]	43,70
Contenido de humedad [%]	11,70%

PESO UNITARIO ASTM 2937 - 71	
Ensayo [N]	7
Masa [gr]	43,90
Diametro [cm]	3,37
Altura [cm]	2,58
Peso unitario humedo [kN/m³]	18,71
Peso unitario seco [kN/m³]	16,75



RESULTADOS

% DE GRAVAS	0,00	D60 (mm)	Cc	LÍMITE LIQUIDO	17,20	CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-4 Suelo limoso
% DE ARENAS	39,20	D50 (mm)		LÍMITE PLASTICO	16,12		
% DE FINOS	60,80	D30 (mm)	Cu	INDICE DE PLASTICIDA	1,08	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	ML Limo baja plasticidad arenoso
		D10 (mm)					

OBSERVACIONES:

Daniel J. Almanza M.

DANIEL JOSE ALMANZA MERCADO
ING. CIVIL - ESP. EN GEOTECNIA Y ESTABILIDAD DE TALUDES
T.P. 22202-339020COR

LOS RESULTADOS PRESENTES EN ESTE INFORME CORRESPONDEN UNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS
EL PRESENTE INFORME NO ES VALIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE PARQUE RECREATIVO EL PRADO MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	FECHA:	3-mar-26
LOCALIZACION:	MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	10°20'0.98"N 75°24'40.91"W	
PETICIONARIO:	ALCALDIA MUNICIPAL DE TURBACO	SONDEO:	2
CONSTRUCCION:	CUBIERTA CANCHA	MUESTRA:	4
		PROFUNDIDAD (m):	0,00 - 1,50

ENSAYOS DE LABORATORIO

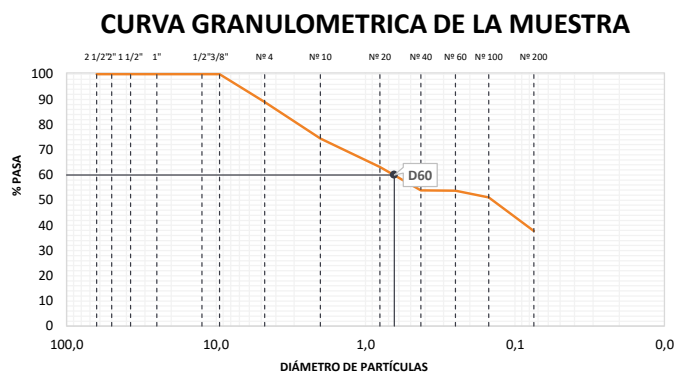
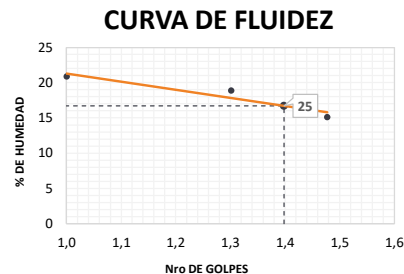
LÍMITE LÍQUIDO INV E - 125 - 13			
Ensayo [N]	1	2	3
Peso del recipiente [gr]	10,22	10,12	10,11
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	16,01	15,85	17,57
Peso recipiente + suelo seco [gr]	15,09	14,86	16,59
Contenido de humedad [%]	18,89%	20,89%	15,12%
Nº de golpes [N]	20	10	30

LÍMITE PLÁSTICO INV E - 126 - 13		
Ensayo [N]	4	5
Peso del recipiente [gr]	10,10	10,16
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	20,47	19,11
Peso recipiente + suelo seco [gr]	19,11	17,92
Contenido de humedad [%]	15,09%	15,34%

DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS INV E - 123 - 13				
P. Inicial	100,0 gr			
TAMIZ	PESO	PORCENTAJES		
mm	Nº	RETENIDO	RETENIDO	PASA
63,000	2 1/2"	0,0	0,00	100,00
50,000	2"	0,0	0,00	100,00
37,500	1 1/2"	0,0	0,00	100,00
25,000	1"	0,0	0,00	100,00
12,500	1/2"	0,0	0,00	100,00
9,500	3/8"	0,0	0,00	100,00
4,750	Nº 4	11,0	11,00	89,00
2,000	Nº 10	14,5	14,50	74,50
0,800	Nº 20	11,3	11,30	63,20
0,425	Nº 40	9,3	9,30	53,90
0,250	Nº 60	0,1	0,10	53,80
0,150	Nº 100	2,7	2,70	51,10
0,075	Nº 200	13,3	13,30	37,80
	Fondo	37,8		
	Total	100,0		

HUMEDAD INV E - 122 - 13	
Ensayo [N]	6
Peso del recipiente [gr]	4,60
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	83,70
Peso recipiente + suelo seco [gr]	67,70
Contenido de humedad [%]	25,36%

PESO UNITARIO ASTM 2937 - 71	
Ensayo [N]	7
Masa [gr]	79,10
Diametro [cm]	3,51
Altura [cm]	4,22
Peso unitario humedo [kN/m³]	19,00
Peso unitario seco [kN/m³]	15,15



RESULTADOS

% DE GRAVAS	11,00	D60 (mm)	0,644	Cc	LÍMITE LIQUIDO	16,71	CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-4 Suelo limoso
% DE ARENAS	51,20	D50 (mm)	0,142		LÍMITE PLASTICO	15,21		
% DE FINOS	37,80	D30 (mm)		Cu	INDICE DE PLASTICIDA	1,49	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SM Arena limosa
		D10 (mm)						

OBSERVACIONES:

Daniel J. Almanza M.

DANIEL JOSE ALMANZA MERCADO
ING. CIVIL - ESP. EN GEOTECNIA Y ESTABILIDAD DE TALUDES
T.P. 22202-339020COR

LOS RESULTADOS PRESENTES EN ESTE INFORME CORRESPONDEN UNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS
EL PRESENTE INFORME NO ES VALIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE PARQUE RECREATIVO EL PRADO MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	FECHA:	3-mar-26
LOCALIZACION:	MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	10°20'0.98"N 75°24'40.91"W	
PETICIONARIO:	ALCALDIA MUNICIPAL DE TURBACO	SONDEO:	2
CONSTRUCCION:	CUBIERTA CANCHA	MUESTRA:	5
		PROFUNDIDAD (m):	1,50 - 4,00

ENSAYOS DE LABORATORIO

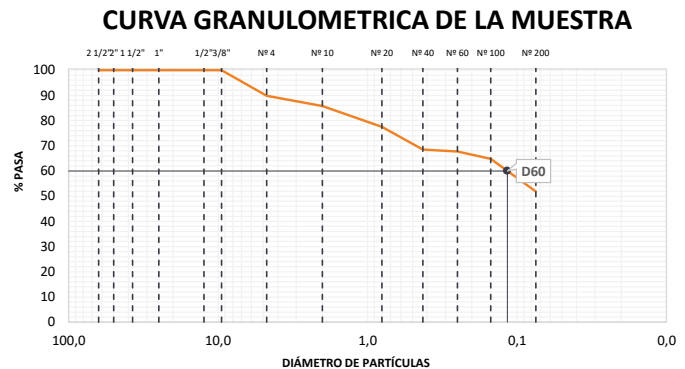
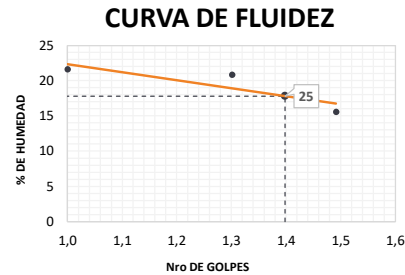
LÍMITE LÍQUIDO INV E – 125 – 13			
Ensayo [N]	1	2	3
Peso del recipiente [gr]	10,11	10,11	10,24
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	17,61	15,85	16,04
Peso recipiente + suelo seco [gr]	16,60	14,86	15,01
Contenido de humedad [%]	15,56%	20,84%	21,59%
Nº de golpes [N]	31	20	10

LÍMITE PLÁSTICO INV E – 126 – 13		
Ensayo [N]	4	5
Peso del recipiente [gr]	10,16	10,15
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	20,41	19,13
Peso recipiente + suelo seco [gr]	19,10	17,96
Contenido de humedad [%]	14,65%	14,98%

DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS INV E – 123 – 13				
P. Inicial	100,0 gr			
TAMIZ	PESO	PORCENTAJES		
mm	Nº	RETENIDO	RETENIDO	PASA
63,000	2 1/2"	0,0	0,00	100,00
50,000	2"	0,0	0,00	100,00
37,500	1 1/2"	0,0	0,00	100,00
25,000	1"	0,0	0,00	100,00
12,500	1/2"	0,0	0,00	100,00
9,500	3/8"	0,0	0,00	100,00
4,750	Nº 4	10,2	10,20	89,80
2,000	Nº 10	4,0	4,00	85,80
0,800	Nº 20	8,3	8,30	77,50
0,425	Nº 40	9,0	9,00	68,50
0,250	Nº 60	0,8	0,80	67,70
0,150	Nº 100	2,9	2,90	64,80
0,075	Nº 200	12,9	12,90	51,90
	Fondo	51,9		
	Total	100,0		

HUMEDAD INV E – 122 – 13	
Ensayo [N]	6
Peso del recipiente [gr]	4,60
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	47,70
Peso recipiente + suelo seco [gr]	43,20
Contenido de humedad [%]	11,66%

PESO UNITARIO ASTM 2937 - 71	
Ensayo [N]	7
Masa [gr]	43,10
Diametro [cm]	3,37
Altura [cm]	2,53
Peso unitario humedo [kN/m³]	18,73
Peso unitario seco [kN/m³]	16,77



RESULTADOS

% DE GRAVAS	10,20	D60 (mm)	0,116	Cc	LIMITE LIQUIDO	17,81	CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-4
% DE ARENAS	37,90	D50 (mm)			LIMITE PLASTICO	14,82		
% DE FINOS	51,90	D30 (mm)		Cu	INDICE DE PLASTICIDA	2,99	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	ML
		D10 (mm)						
								Limo baja plasticidad arenoso

OBSERVACIONES:

Daniel J. Almanza M.

DANIEL JOSE ALMANZA MERCADO
ING. CIVIL - ESP. EN GEOTECNIA Y ESTABILIDAD DE TALUDES
T.P. 22202-339020COR

LOS RESULTADOS PRESENTES EN ESTE INFORME CORRESPONDEN UNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS
EL PRESENTE INFORME NO ES VALIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE PARQUE RECREATIVO EL PRADO MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	FECHA:	3-mar-26
LOCALIZACION:	MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	10°20'0.98"N 75°24'40.91"W	
PETICIONARIO:	ALCALDIA MUNICIPAL DE TURBACO	SONDEO:	2
CONSTRUCCION:	CUBIERTA CANCHA	MUESTRA:	6
		PROFUNDIDAD (m):	4,00 - 6,00

ENSAYOS DE LABORATORIO

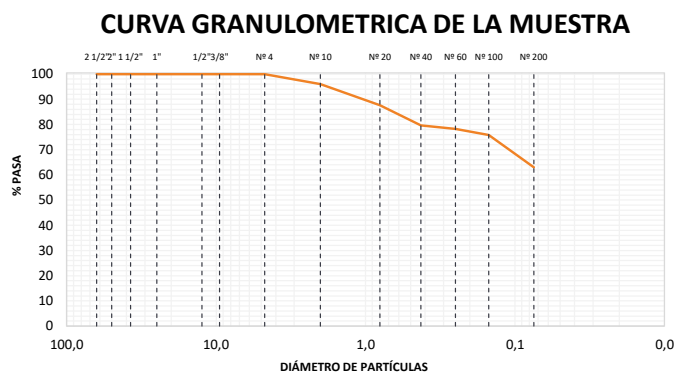
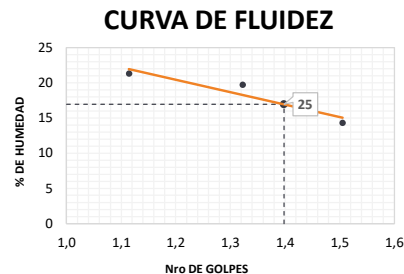
LÍMITE LÍQUIDO INV E – 125 – 13			
Ensayo [N]	1	2	3
Peso del recipiente [gr]	10,22	10,21	10,13
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	17,50	15,98	15,89
Peso recipiente + suelo seco [gr]	16,59	15,03	14,88
Contenido de humedad [%]	14,29%	19,71%	21,26%
Nº de golpes [N]	32	21	13

LÍMITE PLÁSTICO INV E – 126 – 13		
Ensayo [N]	4	5
Peso del recipiente [gr]	10,16	10,21
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	19,32	20,55
Peso recipiente + suelo seco [gr]	18,02	19,10
Contenido de humedad [%]	16,54%	16,31%

DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS INV E – 123 – 13				
P. Inicial	100,0 gr			
TAMIZ	PESO	PORCENTAJES		
mm	Nº	RETENIDO	RETENIDO	PASA
63,000	2 1/2"	0,0	0,00	100,00
50,000	2"	0,0	0,00	100,00
37,500	1 1/2"	0,0	0,00	100,00
25,000	1"	0,0	0,00	100,00
12,500	1/2"	0,0	0,00	100,00
9,500	3/8"	0,0	0,00	100,00
4,750	Nº 4	0,0	0,00	100,00
2,000	Nº 10	4,0	4,00	96,00
0,800	Nº 20	8,4	8,40	87,60
0,425	Nº 40	8,0	8,00	79,60
0,250	Nº 60	1,3	1,30	78,30
0,150	Nº 100	2,5	2,50	75,80
0,075	Nº 200	12,8	12,80	63,00
	Fondo	63,0		
	Total	100,0		

HUMEDAD INV E – 122 – 13	
Ensayo [N]	6
Peso del recipiente [gr]	4,50
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	51,20
Peso recipiente + suelo seco [gr]	46,30
Contenido de humedad [%]	11,72%

PESO UNITARIO ASTM 2937 - 71	
Ensayo [N]	7
Masa [gr]	46,70
Diametro [cm]	3,35
Altura [cm]	2,77
Peso unitario humedo [kN/m³]	18,76
Peso unitario seco [kN/m³]	16,79



RESULTADOS

% DE GRAVAS	0,00	D60 (mm)	Cc	LÍMITE LIQUIDO	16,94	CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-4 Suelo limoso
% DE ARENAS	37,00	D50 (mm)		LÍMITE PLASTICO	16,42		
% DE FINOS	63,00	D30 (mm)	Cu	INDICE DE PLASTICIDA	0,51	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	ML Limo baja plasticidad arenoso
		D10 (mm)					

OBSERVACIONES:

Daniel J. Almanza M.

DANIEL JOSE ALMANZA MERCADO
ING. CIVIL - ESP. EN GEOTECNIA Y ESTABILIDAD DE TALUDES
T.P. 22202-339020COR

LOS RESULTADOS PRESENTES EN ESTE INFORME CORRESPONDEN UNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS
EL PRESENTE INFORME NO ES VALIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE PARQUE RECREATIVO EL PRADO MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	FECHA:	3-mar-26
LOCALIZACION:	MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	10°20'1.45"N 75°24'40.53"W	
PETICIONARIO:	ALCALDIA MUNICIPAL DE TURBACO	SONDEO:	3
CONSTRUCCION:	CUBIERTA CANCHA	MUESTRA:	7
		PROFUNDIDAD (m):	0,00 - 1,50

ENSAYOS DE LABORATORIO

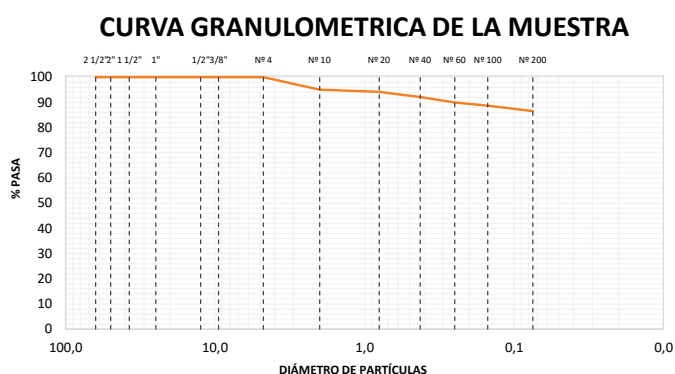
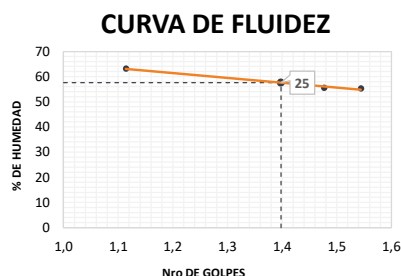
LÍMITE LÍQUIDO INV E – 125 – 13			
Ensayo [N]	1	2	3
Peso del recipiente [gr]	10,39	10,62	10,05
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	27,74	25,85	26,63
Peso recipiente + suelo seco [gr]	21,55	20,43	20,21
Contenido de humedad [%]	55,47%	55,25%	63,19%
Nº de golpes [N]	30	35	13

LÍMITE PLÁSTICO INV E – 126 – 13		
Ensayo [N]	4	5
Peso del recipiente [gr]	10,23	10,10
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	21,52	21,37
Peso recipiente + suelo seco [gr]	17,93	17,77
Contenido de humedad [%]	46,62%	46,94%

DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS INV E – 123 – 13				
P. Inicial	100,0 gr		PORCENTAJES	
TAMIZ	PESO		RETENIDO	
mm	Nº	RETENIDO	RETENIDO	PASA
63,000	2 1/2"	0,0	0,00	100,00
50,000	2"	0,0	0,00	100,00
37,500	1 1/2"	0,0	0,00	100,00
25,000	1"	0,0	0,00	100,00
12,500	1/2"	0,0	0,00	100,00
9,500	3/8"	0,0	0,00	100,00
4,750	Nº 4	0,0	0,00	100,00
2,000	Nº 10	5,0	5,00	95,00
0,800	Nº 20	0,8	0,80	94,20
0,425	Nº 40	2,1	2,10	92,10
0,250	Nº 60	2,1	2,10	90,00
0,150	Nº 100	1,3	1,30	88,70
0,075	Nº 200	2,1	2,10	86,60
	Fondo	86,6		
	Total	100,0		

HUMEDAD INV E – 122 – 13	
Ensayo [N]	6
Peso del recipiente [gr]	4,30
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	38,40
Peso recipiente + suelo seco [gr]	30,80
Contenido de humedad [%]	28,68%

PESO UNITARIO ASTM 2937 - 71	
Ensayo [N]	7
Masa [gr]	34,10
Diametro [cm]	3,51
Altura [cm]	1,84
Peso unitario humedo [kN/m³]	18,78
Peso unitario seco [kN/m³]	14,60



RESULTADOS

% DE GRAVAS	0,00	D60 (mm)	Cc	LIMITE LIQUIDO	57,59	CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-7-5 <i>Suelo arcilloso</i>
% DE ARENAS	13,40	D50 (mm)		LIMITE PLASTICO	46,78		
% DE FINOS	86,60	D30 (mm)	Cu	INDICE DE PLASTICIDA	10,81	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	MH <i>Limo alta plasticidad</i>
		D10 (mm)					

OBSERVACIONES:

Daniel J. Almanza M.

DANIEL JOSE ALMANZA MERCADO
ING. CIVIL - ESP. EN GEOTECNIA Y ESTABILIDAD DE TALUDES
T.P. 22202-339020COR

LOS RESULTADOS PRESENTES EN ESTE INFORME CORRESPONDEN UNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS
EL PRESENTE INFORME NO ES VALIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE PARQUE RECREATIVO EL PRADO MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	FECHA:	3-mar-26
LOCALIZACION:	MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	10°20'1.45"N 75°24'40.53"W	
PETICIONARIO:	ALCALDIA MUNICIPAL DE TURBACO	SONDEO:	3
CONSTRUCCION:	CUBIERTA CANCHA	MUESTRA:	8
		PROFUNDIDAD (m):	1,50 - 4,00

ENSAYOS DE LABORATORIO

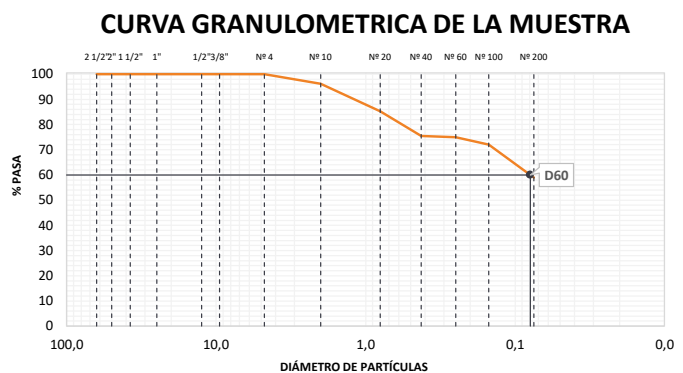
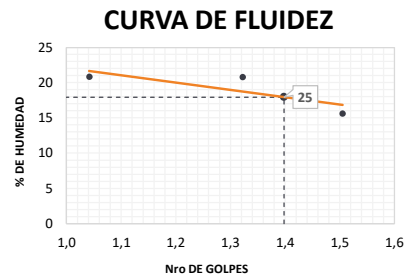
LÍMITE LÍQUIDO INV E – 125 – 13			
Ensayo [N]	1	2	3
Peso del recipiente [gr]	10,23	10,12	10,12
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	16,03	17,60	15,87
Peso recipiente + suelo seco [gr]	15,03	16,59	14,88
Contenido de humedad [%]	20,83%	15,61%	20,80%
Nº de golpes [N]	11	32	21

LÍMITE PLÁSTICO INV E – 126 – 13		
Ensayo [N]	4	5
Peso del recipiente [gr]	10,15	10,13
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	19,11	20,42
Peso recipiente + suelo seco [gr]	17,95	19,09
Contenido de humedad [%]	14,87%	14,84%

DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS INV E – 123 – 13				
P. Inicial	100,0 gr			
TAMIZ	PESO	PORCENTAJES		
mm	Nº	RETENIDO	RETENIDO	PASA
63,000	2 1/2"	0,0	0,00	100,00
50,000	2"	0,0	0,00	100,00
37,500	1 1/2"	0,0	0,00	100,00
25,000	1"	0,0	0,00	100,00
12,500	1/2"	0,0	0,00	100,00
9,500	3/8"	0,0	0,00	100,00
4,750	Nº 4	0,0	0,00	100,00
2,000	Nº 10	3,8	3,80	96,20
0,800	Nº 20	10,9	10,90	85,30
0,425	Nº 40	9,8	9,80	75,50
0,250	Nº 60	0,5	0,50	75,00
0,150	Nº 100	3,0	3,00	72,00
0,075	Nº 200	13,0	13,00	59,00
	Fondo	59,0		
	Total	100,0		

HUMEDAD INV E – 122 – 13	
Ensayo [N]	6
Peso del recipiente [gr]	4,70
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	45,30
Peso recipiente + suelo seco [gr]	41,00
Contenido de humedad [%]	11,85%

PESO UNITARIO ASTM 2937 - 71	
Ensayo [N]	7
Masa [gr]	40,60
Diametro [cm]	3,35
Altura [cm]	2,41
Peso unitario humedo [kN/m³]	18,74
Peso unitario seco [kN/m³]	16,76



RESULTADOS

% DE GRAVAS	0,00	D60 (mm)	0,079	Cc	LÍMITE LIQUIDO	17,96	CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-4 Suelo limoso
% DE ARENAS	41,00	D50 (mm)			LÍMITE PLASTICO	14,86		
% DE FINOS	59,00	D30 (mm)		Cu	INDICE DE PLASTICIDA	3,10	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	ML Limo baja plasticidad arenoso
		D10 (mm)						

OBSERVACIONES:

Daniel J. Almanza M.

DANIEL JOSE ALMANZA MERCADO
ING. CIVIL - ESP. EN GEOTECNIA Y ESTABILIDAD DE TALUDES
T.P. 22202-339020COR

LOS RESULTADOS PRESENTES EN ESTE INFORME CORRESPONDEN UNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS
EL PRESENTE INFORME NO ES VALIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE PARQUE RECREATIVO EL PRADO MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	FECHA:	3-mar-26
LOCALIZACION:	MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	10°20'1.45"N 75°24'40.53"W	
PETICIONARIO:	ALCALDIA MUNICIPAL DE TURBACO	SONDEO:	3
CONSTRUCCION:	CUBIERTA CANCHA	MUESTRA:	9
		PROFUNDIDAD (m):	4,00 - 6,00

ENSAYOS DE LABORATORIO

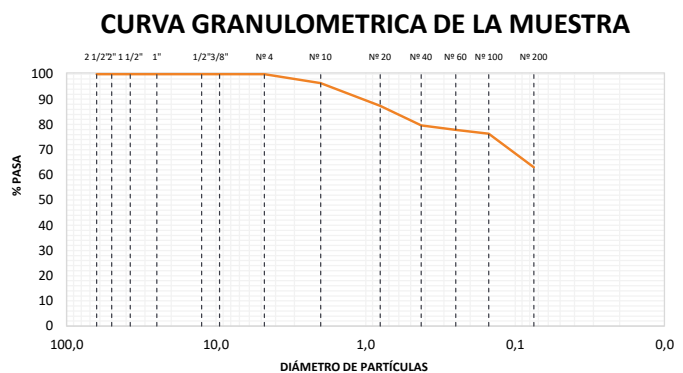
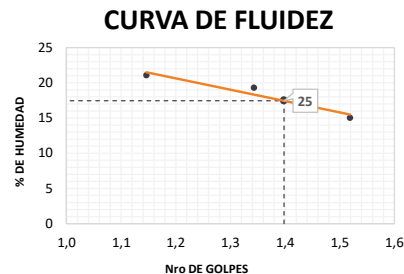
LÍMITE LÍQUIDO INV E – 125 – 13			
Ensayo [N]	1	2	3
Peso del recipiente [gr]	10,25	10,16	10,21
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	16,00	15,91	17,49
Peso recipiente + suelo seco [gr]	15,07	14,91	16,54
Contenido de humedad [%]	19,29%	21,05%	15,01%
Nº de golpes [N]	22	14	33

LÍMITE PLÁSTICO INV E – 126 – 13		
Ensayo [N]	4	5
Peso del recipiente [gr]	10,12	10,25
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	19,35	20,66
Peso recipiente + suelo seco [gr]	17,98	19,12
Contenido de humedad [%]	17,43%	17,36%

DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS INV E – 123 – 13				
P. Inicial	100,0 gr			
TAMIZ	PESO	PORCENTAJES		
mm	Nº	RETENIDO	RETENIDO	PASA
63,000	2 1/2"	0,0	0,00	100,00
50,000	2"	0,0	0,00	100,00
37,500	1 1/2"	0,0	0,00	100,00
25,000	1"	0,0	0,00	100,00
12,500	1/2"	0,0	0,00	100,00
9,500	3/8"	0,0	0,00	100,00
4,750	Nº 4	0,0	0,00	100,00
2,000	Nº 10	3,6	3,60	96,40
0,800	Nº 20	9,0	9,00	87,40
0,425	Nº 40	7,7	7,70	79,70
0,250	Nº 60	1,8	1,80	77,90
0,150	Nº 100	1,6	1,60	76,30
0,075	Nº 200	13,3	13,30	63,00
	Fondo	63,0		
	Total	100,0		

HUMEDAD INV E – 122 – 13	
Ensayo [N]	6
Peso del recipiente [gr]	4,40
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	52,00
Peso recipiente + suelo seco [gr]	47,00
Contenido de humedad [%]	11,74%

PESO UNITARIO ASTM 2937 - 71	
Ensayo [N]	7
Masa [gr]	47,60
Diametro [cm]	3,36
Altura [cm]	2,80
Peso unitario humedo [kN/m³]	18,80
Peso unitario seco [kN/m³]	16,83



RESULTADOS

% DE GRAVAS	0,00	D60 (mm)	Cc	LÍMITE LIQUIDO	17,45	CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-4 Suelo limoso
% DE ARENAS	37,00	D50 (mm)		LÍMITE PLASTICO	17,40		
% DE FINOS	63,00	D30 (mm)	Cu	INDICE DE PLASTICIDA	0,05	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	ML Limo baja plasticidad arenoso
		D10 (mm)					

OBSERVACIONES:

Daniel J. Almanza M.

DANIEL JOSE ALMANZA MERCADO
ING. CIVIL - ESP. EN GEOTECNIA Y ESTABILIDAD DE TALUDES
T.P. 22202-339020COR

LOS RESULTADOS PRESENTES EN ESTE INFORME CORRESPONDEN UNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS
EL PRESENTE INFORME NO ES VALIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL

	DETERMINACION EN LABORATORIO DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD, TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS, CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	CG-001
		FECHA	
		REVISIÓN	001
		PÁGINA 1 DE 1	
INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13			

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE PARQUE RECREATIVO EL PRADO MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR		
LOCALIZACION:	MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR		
PETICIONARIO:	ALCALDIA MUNICIPAL DE TURBACO		
CONSTRUCCION:	CUBIERTA CANCHA	FECHA:	3-mar-26

DATOS del SPT

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD	NF	N 0-15	N 15-30	N 30-45
1	1	0,50 - 1,00		8	10	12
	2	1,50 - 2,00		11	17	17
	3	2,50 - 3,00		15	18	22
	4	3,50 - 4,00		19	22	R
	5	4,50 - 5,00		R		
	6	5,50 - 6,00		R		
2	7	0,50 - 1,00		8	10	12
	8	1,50 - 2,00		11	13	17
	9	2,50 - 3,00		16	20	23
	10	3,50 - 4,00		18	23	26
	11	4,50 - 5,00		22	R	
	12	5,50 - 6,00		R		
3	13	0,50 - 1,00		9	11	13
	14	1,50 - 2,00		11	13	17
	15	2,50 - 3,00		16	20	23
	16	3,50 - 4,00		18	23	26
	17	4,50 - 5,00		22	R	
	18	5,50 - 6,00		R		

OBSERVACIONES:

Daniel J. Almanza M.

DANIEL JOSE ALMANZA MERCADO
ING. CIVIL - ESP. EN GEOTECNIA Y ESTABILIDAD DE TALUDES
T.P. 22202-339020COR

LOS RESULTADOS PRESENTES EN ESTE INFORME CORRESPONDEN UNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS
EL PRESENTE INFORME NO ES VALIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL

CRA. 13 A No. 22c - 36 Barrio 28 de Mayo, geomatdingenieriasas@gmail.com, Cel.: 3002801386

	DETERMINACION EN LABORATORIO DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD, TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS, CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	CG-001
		FECHA	
		REVISIÓN	001
		PÁGINA	1 DE 1
INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13			

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE PARQUE RECREATIVO EL PRADO MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	FECHA:	3-mar-26
LOCALIZACION:	MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	APIQUE:	1
PETICIONARIO:	ALCALDIA MUNICIPAL DE TURBACO	MUESTRA:	1
CONSTRUCCION:	PISOS Y ZONAS DE JUEGO	PROFUNDIDAD (m):	0,00 - 1,50

ENSAYOS DE LABORATORIO

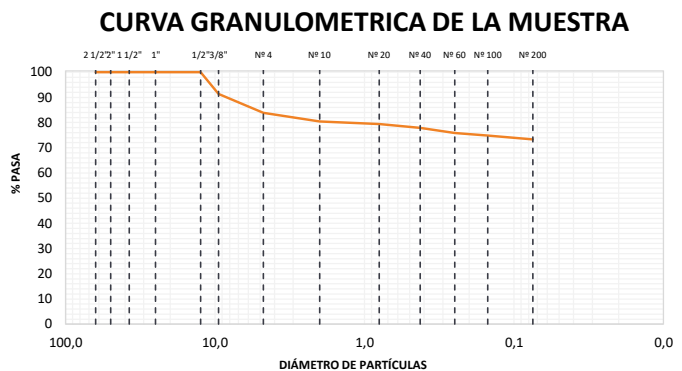
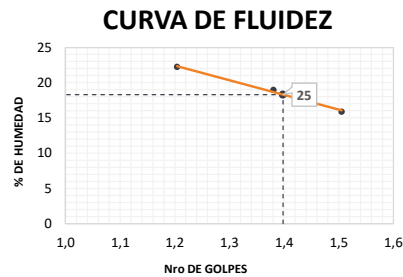
LÍMITE LÍQUIDO INV E - 125 - 13			
Ensayo [N]	1	2	3
Peso del recipiente [gr]	10,31	10,23	10,14
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	15,96	17,52	15,86
Peso recipiente + suelo seco [gr]	15,06	16,52	14,82
Contenido de humedad [%]	18,95%	15,90%	22,22%
Nº de golpes [N]	24	32	16

LÍMITE PLÁSTICO INV E - 126 - 13		
Ensayo [N]	4	5
Peso del recipiente [gr]	10,13	10,24
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	19,34	20,60
Peso recipiente + suelo seco [gr]	18,01	19,12
Contenido de humedad [%]	16,88%	16,67%

DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS INV E - 123 - 13				
P. Inicial	100,0 gr			
TAMIZ	PESO	PORCENTAJES		
mm	Nº	RETENIDO	RETENIDO	PASA
63,000	2 1/2"	0,0	0,00	100,00
50,000	2"	0,0	0,00	100,00
37,500	1 1/2"	0,0	0,00	100,00
25,000	1"	0,0	0,00	100,00
12,500	1/2"	0,0	0,00	100,00
9,500	3/8"	8,6	8,60	91,40
4,750	Nº 4	7,5	7,50	83,90
2,000	Nº 10	3,5	3,50	80,40
0,800	Nº 20	1,0	1,00	79,40
0,425	Nº 40	1,5	1,50	77,90
0,250	Nº 60	2,0	2,00	75,90
0,150	Nº 100	1,0	1,00	74,90
0,075	Nº 200	1,5	1,50	73,40
	Fondo	73,4		
	Total	100,0		

HUMEDAD INV E - 122 - 13	
Ensayo [N]	6
Peso del recipiente [gr]	4,40
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	46,50
Peso recipiente + suelo seco [gr]	41,05
Contenido de humedad [%]	14,87%

PESO UNITARIO ASTM 2937 - 71	
Ensayo [N]	7
Masa [gr]	42,10
Diametro [cm]	
Altura [cm]	
Peso unitario humedo [kN/m³]	
Peso unitario seco [kN/m³]	



RESULTADOS

% DE GRAVAS	16,10	D60 (mm)	Cc	LÍMITE LIQUIDO	18,30	CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-4 <i>Suelo limoso</i>
% DE ARENAS	10,50	D50 (mm)		LÍMITE PLASTICO	16,77		
% DE FINOS	73,40	D30 (mm)	Cu	INDICE DE PLASTICIDA	1,53	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	ML <i>Limo baja plasticidad con grava</i>
		D10 (mm)					

OBSERVACIONES:

Daniel J. Almanza M.

DANIEL JOSE ALMANZA MERCADO
ING. CIVIL - ESP. EN GEOTECNIA Y ESTABILIDAD DE TALUDES
T.P. 22202-339020COR

LOS RESULTADOS PRESENTES EN ESTE INFORME CORRESPONDEN UNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS
EL PRESENTE INFORME NO ES VALIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL

	DETERMINACION EN LABORATORIO DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD, TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS, CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	CG-001
		FECHA	
		REVISIÓN	001
		PÁGINA	1 DE 1
INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13			

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE PARQUE RECREATIVO EL PRADO MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	FECHA:	3-mar-26
LOCALIZACION:	MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	10°20'1.53"N 75°24'40.80"W	
PETICIONARIO:	ALCALDIA MUNICIPAL DE TURBACO	APIQUE:	2
CONSTRUCCION:	PISOS Y ZONAS DE JUEGO	MUESTRA:	2
		PROFUNDIDAD (m):	0,00 - 1,50

ENSAYOS DE LABORATORIO

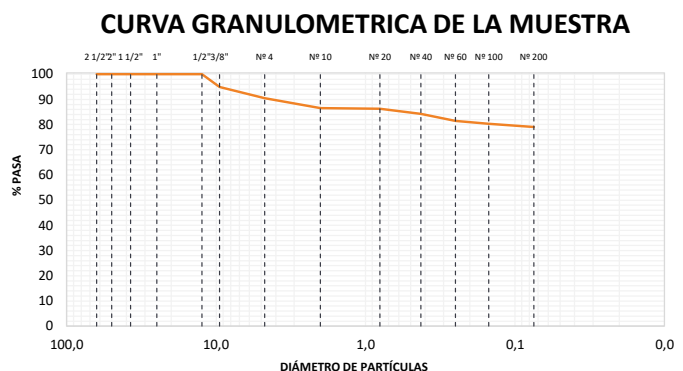
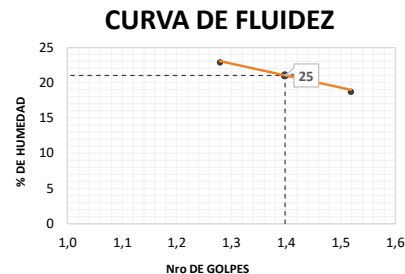
LÍMITE LÍQUIDO INV E – 125 – 13			
Ensayo [N]	1	2	3
Peso del recipiente [gr]	10,29	10,19	10,21
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	16,00	15,91	17,52
Peso recipiente + suelo seco [gr]	15,10	14,91	16,16
Contenido de humedad [%]	18,71%	21,19%	22,86%
Nº de golpes [N]	33	26	19

LÍMITE PLÁSTICO INV E – 126 – 13		
Ensayo [N]	4	5
Peso del recipiente [gr]	10,09	10,21
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	19,37	20,71
Peso recipiente + suelo seco [gr]	18,00	19,14
Contenido de humedad [%]	17,32%	17,58%

DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS INV E – 123 – 13				
P. Inicial	100,0 gr			
TAMIZ	PESO	PORCENTAJES		
mm	Nº	RETENIDO	RETENIDO	PASA
63,000	2 1/2"	0,0	0,00	100,00
50,000	2"	0,0	0,00	100,00
37,500	1 1/2"	0,0	0,00	100,00
25,000	1"	0,0	0,00	100,00
12,500	1/2"	0,0	0,00	100,00
9,500	3/8"	5,1	5,10	94,90
4,750	Nº 4	4,4	4,40	90,50
2,000	Nº 10	4,0	4,00	86,50
0,800	Nº 20	0,2	0,20	86,30
0,425	Nº 40	2,1	2,10	84,20
0,250	Nº 60	2,8	2,80	81,40
0,150	Nº 100	1,1	1,10	80,30
0,075	Nº 200	1,2	1,20	79,10
	Fondo	79,1		
	Total	100,0		

HUMEDAD INV E – 122 – 13	
Ensayo [N]	6
Peso del recipiente [gr]	4,30
Peso recipiente + suelo humedo [gr]	44,90
Peso recipiente + suelo seco [gr]	39,45
Contenido de humedad [%]	15,50%

PESO UNITARIO ASTM 2937 - 71	
Ensayo [N]	7
Masa [gr]	40,60
Diametro [cm]	
Altura [cm]	
Peso unitario humedo [kN/m³]	
Peso unitario seco [kN/m³]	



RESULTADOS

% DE GRAVAS	9,50	D60 (mm)	Cc	LÍMITE LIQUIDO	21,02	CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-4 Suelo limoso
% DE ARENAS	11,40	D50 (mm)		LÍMITE PLASTICO	17,45		
% DE FINOS	79,10	D30 (mm)	Cu	INDICE DE PLASTICIDA	3,57	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	ML Limo baja plasticidad con arena
		D10 (mm)					

OBSERVACIONES:

Daniel J. Almanza M.

DANIEL JOSE ALMANZA MERCADO
ING. CIVIL - ESP. EN GEOTECNIA Y ESTABILIDAD DE TALUDES
T.P. 22202-339020COR

LOS RESULTADOS PRESENTES EN ESTE INFORME CORRESPONDEN UNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS
EL PRESENTE INFORME NO ES VALIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL

	RELACIÓN DE SOPORTE DEI SUELO EN EL LABORATORIO (CBR)	CÓDIGO	CG-003
		FECHA	
		REVISIÓN	001
		PÁGINA 1 DE 1	
INV E 148 - 13			

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE PARQUE RECREATIVO EL PRADO MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	FECHA:	5-mar-26
LOCALIZACION:	MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	APIQUE:	1
PETICIONARIO:	ALCALDIA MUNICIPAL DE TURBACO	MUESTRA:	1
CONSTRUCCION:	PISOS Y ZONAS DE JUEGO	PROFUNDIDAD (m):	0,00 - 1,50

COMPACTACION CBR			
PRUEBA [N]	1	2	3
Capas [N]	5	5	5
Golpes x Capa [N]	12	25	56
Peso molde + muestra [g]			
Peso del molde [g]			
Peso neto muestra humeda [g]			
Volumen del molde [cm³]			
Densidad humeda [gr/cm³]			
Densidad seca [g/cm³]			
Densidad seca [Lbs/pie³]			

Humedad De Compactacion			
Recipiente [N]	1	2	3
Peso del recipiente [g]			
Peso recipiente + suelo humedo [g]			
Peso recipiente + suelo seco [g]			
Contenido de humedad [%]			

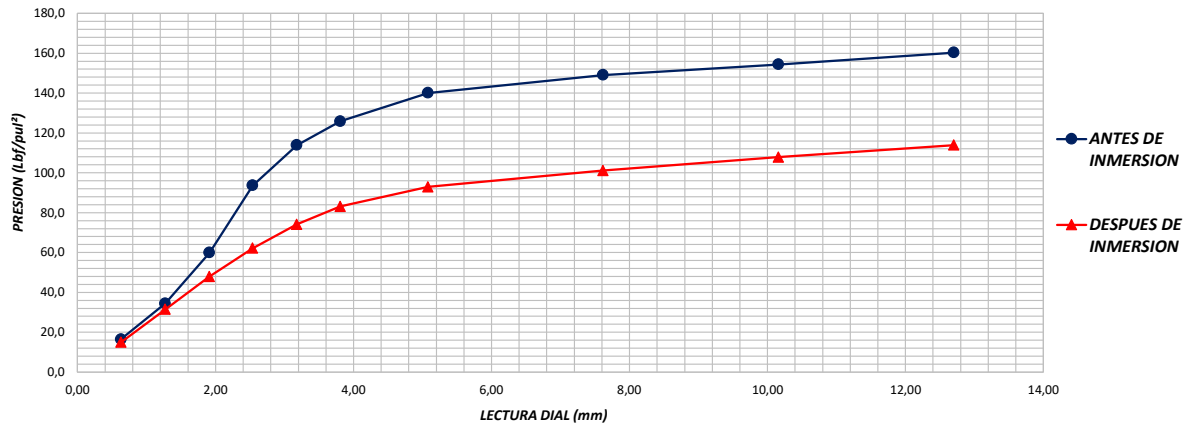
EXPANSION POR SUMERNISION EN AGUA (Con sobrecarga de : 10 lbs.)							
INMERSION			Lectura	Expans.	Lectura	Expans.	Lectura
Fecha	Hora	Tiempo	(pulg.)	(%)	(pulg.)	(%)	(pulg.)
28-feb-26	16:00	0		0,0%		0,0%	0,0%
1-mar-26	16:00	24		0,0%		0,0%	0,0%
2-mar-26	16:00	48		0,0%		0,0%	0,0%
3-mar-26	16:00	72		0,0%		0,0%	0,0%
4-mar-26	16:00	96		0,0%		0,0%	0,0%

PENETRACION DEL ENSAYO			
No de Golpes	ANTES DE INMERSION	DESPUES DE INMERSION	
Molde No	1	2	
Dias de Inmersion	4	4	

PENETRACION			LECTURA		PRESION	LECTURA		PRESION	LECTURA		PRESION
Tiempo (min)	(pulg.)	(mm)	(KN)	(KG)	(Lb/Pul²)	(KN)	(KG)	(Lb/Pul²)	(KN)	(KG)	(Lb/Pul²)
0,50	0,025	0,63	0,22	22	16,5	0,20	20	15,0			
1,00	0,050	1,27	0,46	47	34,5	0,42	43	31,5			
1,50	0,075	1,91	0,80	82	59,9	0,64	65	47,9			
2,00	0,100	2,54	1,25	127	93,6	0,83	85	62,2			
2,50	0,125	3,18	1,52	155	113,9	0,99	101	74,2			
3,00	0,150	3,81	1,68	171	125,9	1,11	113	83,2			
4,00	0,200	5,08	1,87	191	140,1	1,24	126	92,9			
6,00	0,300	7,62	1,99	203	149,1	1,35	138	101,1			
8,00	0,400	10,16	2,06	210	154,3	1,44	147	107,9			
10,00	0,500	12,70	2,14	218	160,3	1,52	155	113,9			
% Hum. De Penetracion											
CBR de 0,1"			9,36			6,22					
CBR de 0,2"			9,34			6,19					

CBR ANTES DE INMERSIÓN	9,36
CBR DESPUES DE INMERSIÓN	6,22

GRAFICA PRESION VS. PENETRACION



OBSERVACIONES: _____

Daniel J. Almanza M.
DANIEL JOSE ALMANZA MERCADO
 ING. CIVIL - ESP. EN GEOTECNIA Y ESTABILIDAD DE TALUDES
 T.P. 22202-339020COR

LOS RESULTADOS PRESENTES EN ESTE INFORME CORRESPONDEN UNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS
 EL PRESENTE INFORME NO ES VALIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL

	RELACIÓN DE SOPORTE DEI SUELO EN EL LABORATORIO (CBR)	CÓDIGO	CG-003
		FECHA	
		REVISIÓN	001
		PÁGINA 1 DE 1	
INV E 148 - 13			

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE PARQUE RECREATIVO EL PRADO MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	FECHA:	5-mar-26
LOCALIZACION:	MUNICIPIO DE TURBACO, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	APIQUE:	2
PETICIONARIO:	ALCALDIA MUNICIPAL DE TURBACO	MUESTRA:	2
CONSTRUCCION:	PISOS Y ZONAS DE JUEGO	PROFUNDIDAD (m):	0,00 - 1,50

COMPACTACION CBR			
PRUEBA [N]	1	2	3
Capas [N]	5	5	5
Golpes x Capa [N]	12	25	56
Peso molde + muestra [g]			
Peso del molde [g]			
Peso neto muestra humeda [g]			
Volumen del molde [cm³]			
Densidad humeda [gr/cm³]			
Densidad seca [g/cm³]			
Densidad seca [Lbs/pie³]			

Humedad De Compactacion			
Recipiente [N]	1	2	3
Peso del recipiente [g]			
Peso recipiente + suelo humedo [g]			
Peso recipiente + suelo seco [g]			
Contenido de humedad [%]			

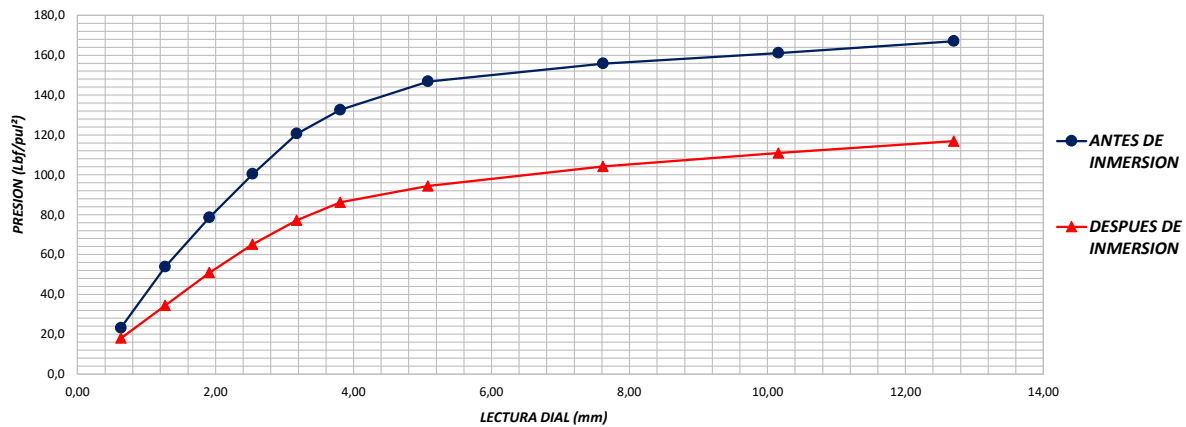
EXPANSION POR SUMERNISION EN AGUA (Con sobrecarga de : 10 lbs.)							
INMERSION			Lectura	Expans.	Lectura	Expans.	Lectura
Fecha	Hora	Tiempo	(pulg.)	(%)	(pulg.)	(%)	(pulg.)
28-feb-26	16:00	0		0,0%		0,0%	0,0%
1-mar-26	16:00	24		0,0%		0,0%	0,0%
2-mar-26	16:00	48		0,0%		0,0%	0,0%
3-mar-26	16:00	72		0,0%		0,0%	0,0%
4-mar-26	16:00	96		0,0%		0,0%	0,0%

PENETRACION DEL ENSAYO			
No de Golpes	ANTES DE INMERSION	DESPUES DE INMERSION	
Molde No	1	2	
Dias de Inmersion	4	4	

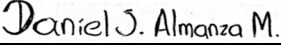
PENETRACION			LECTURA		PRESION	LECTURA		PRESION	LECTURA		PRESION
Tiempo (min)	(pulg.)	(mm)	(KN)	(KG)	(Lb/Pul²)	(KN)	(KG)	(Lb/Pul²)	(KN)	(KG)	(Lb/Pul²)
0,50	0,025	0,63	0,31	32	23,2	0,24	24	18,0			
1,00	0,050	1,27	0,72	73	53,9	0,46	47	34,5			
1,50	0,075	1,91	1,05	107	78,7	0,68	69	50,9			
2,00	0,100	2,54	1,34	137	100,4	0,87	89	65,2			
2,50	0,125	3,18	1,61	164	120,6	1,03	105	77,2			
3,00	0,150	3,81	1,77	180	132,6	1,15	117	86,2			
4,00	0,200	5,08	1,96	200	146,8	1,26	128	94,4			
6,00	0,300	7,62	2,08	212	155,8	1,39	142	104,1			
8,00	0,400	10,16	2,15	219	161,1	1,48	151	110,9			
10,00	0,500	12,70	2,23	227	167,1	1,56	159	116,9			
% Hum. De Penetracion											
CBR de 0,1"			10,04			6,52					
CBR de 0,2"			9,79			6,29					

CBR ANTES DE INMERSIÓN	10,04
CBR DESPUES DE INMERSIÓN	6,52

GRAFICA PRESION VS. PENETRACION



OBSERVACIONES: _____


DANIEL JOSE ALMANZA MERCADO
 ING. CIVIL - ESP. EN GEOTECNIA Y ESTABILIDAD DE TALUDES
 T.P. 22202-339020COR

LOS RESULTADOS PRESENTES EN ESTE INFORME CORRESPONDEN UNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS
 EL PRESENTE INFORME NO ES VALIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL