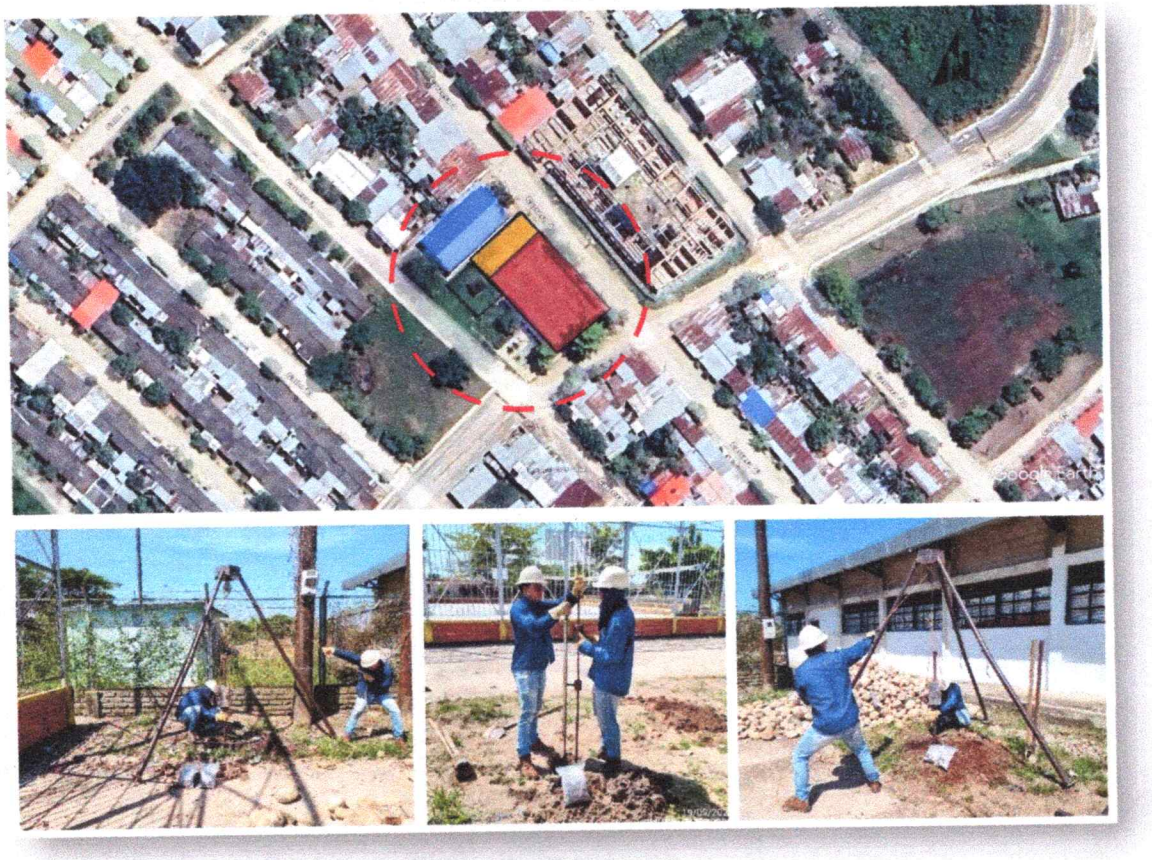
"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."



ESTUDIO DE SUELOS

Elaborado por

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT

Ingeniero Civil – Especialista en Geotecnia Ambiental

Localización:

ARAUQUITA – ARAUCA

Septiembre de 2025

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo

seincojedm@gmail.com **Cel. 3132635714**

Saravena-Arauca

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN **6**

1 PROYECTO **7**

1.1 PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO 7

1.2 OBJETIVOS 7

1.2.1 Objetivo general *7*

1.2.2 Objetivos específicos *7*

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 8

1.4 DESCRIPCIÓN SISTEMA ESTRUCTURAL Y EVALUACIÓN DE CARGAS 10

2 CARACTERÍSTICAS ÁREA DEL PROYECTO **12**

2.1 ASPECTOS FÍSICOS 12

2.1.1 Geomorfología *12*

2.1.2 Geología regional *14*

2.1.3 Geología local *16*

2.2 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES 19

2.2.1 Clima *19*

2.2.2 Hidrografía *19*

2.3 RECONOCIMIENTO DE CAMPO 19

2.4 EDIFICACIONES E INFRAESTRUCTURAS VECINAS 19

3 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO **20**

3.1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO 20

3.2 ENSAYOS EN CAMPO 21

3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO 22

4 CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO **23**

4.1 ESTRATIGRAFÍAS 23

4.2 PROPIEDADES FÍSICAS 24

4.3 PROPIEDADES MECÁNICAS 31

4.3.1 Ensayo normal de penetración, SPT *31*

4.4 POTENCIAL DE EXPANSIÓN 34

4.5 NIVEL FREÁTICO 37

5 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS **38**

5.1 ESTIMATIVOS DE PARÁMETROS EFECTIVOS DE RESISTENCIA CON EL SPT 38

5.2 PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA 40

5.3 ENSAYOS DE CONO DINÁMICO 41
5.4 CBR SOBRE MUESTRA INALTERADA Y SUMERGIDA EN LABORATORIO 42
5.5 CBR REPRESENTATIVO DE LA SUBRASANTE 43
5.6 COMPRESIBILIDAD 45
5.7 MÓDULO DE ELASTICIDAD 46
5.8 MÓDULO DE BALASTO 47
6 ASPECTOS SÍSMICOS Y CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE LOS SUELOS 49
6.1 PERFIL DE LOS SUELOS 49
6.2 CLASIFICACIÓN ZONA DE AMENAZA SÍSMICA 50
6.3 DETERMINACIÓN PARÁMETROS SÍSMICOS 52
6.4 ANÁLISIS DE LICUACIÓN DE LOS SUELOS 52
6.4.1 Condiciones para que ocurra la licuación en los suelos 53
6.4.2 Estimación de la susceptibilidad a la licuación de los suelos 54
7 CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS 55
7.1 GENERALIDADES 55
7.2 NIVEL Y SISTEMA DE CIMENTACIÓN 55
7.2.1 Cimentación superficial 56
7.3 CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE 56
7.3.1 Ecuaciones de capacidad portante utilizadas en el análisis 57
7.3.2 Cálculos de capacidad de carga admisible de los suelos de fundación ("perfil de diseño") 57
7.4 SELECCIÓN ALTERNATIVA DE CIMENTACIÓN 60
7.5 EXCAVACIONES PARA CIMENTACIÓN 62
7.5.1 Abatimiento del nivel freático 63
7.5.2 Estabilidad de los taludes de la excavación 65
8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 66
8.1 CONCLUSIONES 66
8.2 RECOMENDACIÓN DE CIMENTACIONES 67
9 REFERENCIAS 69
ANEXOS 70
ANEXO A-1. REGISTRO FOTOGRÁFICO 70
ANEXO A-2 PERFILES DE SUELO 83
ANEXO A-3 ENSAYOS DE LABORATORIO 92
ANEXO A-4 DOCUMENTACIÓN GEOTECNISTA 175

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Localización y profundidad de los apiques 18
Cuadro 2. Cantidad total de ensayos ejecutados en campo y laboratorio 20
Cuadro 3. Resumen de resultados de laboratorio sondeos ejecutados. 21
Cuadro 4. Resumen de resultados de laboratorio apiques ejecutados 22
Cuadro 5. Comportamiento del Suelo 26
Cuadro 6. Criterios de clasificación según ensayo de penetración estándar (N_{SPT}) 29
Cuadro 7. Número de golpes/pie N_{CAMPO} 29
Cuadro 8. Número de golpes/pie promedio N_{60} 30
Cuadro 9. Clasificación de suelo expansivos según NSR-10 30
Cuadro 10. Clasificación potencial de expansión para los valores máximos encontrados en todos los sondeos ejecutados 30
Cuadro 11. Grado de expansión de una arcilla según Das-1983 31
Cuadro 12. Grado de expansión de los suelos encontrados 31
Cuadro 13. Resumen parámetros de resistencia a partir del SPT 34
Cuadro 14. Parámetros de resistencia - Perfil de diseño. 35
Cuadro 15. Valores del índice PDC 35
Cuadro 16. Valores de CBR y expansión 37
Cuadro 17. Valores de CBR ordenados 37
Cuadro 18. Límites para selección de resistencia 37
Cuadro 19. Tipo de subrasante CBR en condición de inmersión 38
Cuadro 20. Correlaciones de Cc 39
Cuadro 21. Índice de compresión por correlación de los suelos encontrados 39
Cuadro 22. Correlaciones empíricas para estimar el módulo de Young Es en diferentes tipos de suelo a partir del ensayo de SPT. 40
Cuadro 23. Módulo de Young estimado para el perfil de diseño 40
Cuadro 24. Valores Típicos del Módulo de elasticidad (E) 41
Cuadro 25. Módulo de balasto a nivel de cimentación (B = L= 1.00 m) 42
Cuadro 26. Valores de referencia de k_{30}: 42
Cuadro 27. Promedio de SPT a lo largo de las exploraciones. 43
Cuadro 28. Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C, D o E ..... 43 Cuadro 29. Coeficiente de seguridad a la licuación de los suelos..... 47 Cuadro 30. Capacidad portante admisible 50
Cuadro 31. Capacidad portante admisible 53
Cuadro 32. Métodos de control de flujo de agua en excavaciones en diferentes tipos de suelos (Tamez, 2001) 55
Cuadro 33. Franjas granulométricas del material de subbase granular 58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación general de Arauquita en Colombia 8
Figura 2. Ubicación general del proyecto 9
Figura 3. Ubicación específica del proyecto 9
Figura 4. Detalle estructura a construir 10
Figura 5. Mapa geológico del Departamento de Arauca 13
Figura 6. Geología Plancha 124 – Arauquita 15
Figura 7. Ubicación de los sondeos y apiques exploratorios 19
Figura 8. Estado de un suelo de acuerdo a la cantidad de agua presente 22
Figura 9. Rangos del índice de liquidez 23
Figura 10. Humedad natural contra profundidad 24
Figura 11. Índice de plasticidad contra profundidad 25
Figura 12. Curvas de índice de liquidez contra profundidad.....
25 Figura 13. Grafica de humedad natural y humedad de equilibrio contra profundidad .....
27
Figura 14. Curvas de número de golpes, N, en el ensayo SPT, contra profundidad 28
Figura 15. Índice PDC suelos de subrasante 36
Figura 16. CBR representativo de la subrasante..... 38
Figura 17. Mapa de amenaza sísmica de Colombia 44
Figura 18. Esfuerzo máximo vs profundidad de desplante 51
Figura 19. Carga máxima vs profundidad de desplante 51
Figura 16. Esquema de cimentación recomendada 52

INTRODUCCIÓN

El presente informe hace parte fundamental del proyecto "MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA." el cual contiene el estudio de geotecnia necesario para el diseño estructural de la cimentación.

La cimentación puede definirse en general como el conjunto de elementos de cualquier edificación cuya misión es transmitir al terreno que la soporta las acciones procedentes de la estructura. Su diseño dependerá por tanto no solo de las características del edificio sino también de la naturaleza del terreno.

La importancia del conocimiento de los caracteres propios del suelo se pone de manifiesto desde el momento de la propia ejecución de la obra por su influencia sobre la seguridad de los trabajadores en la realización de excavaciones y movimientos de tierras, así como en la de los elementos auxiliares de la construcción: cimbras, encofrados, pozos y zanjas de cimentación líneas enterradas, etc.

Se realizaron tres (03) sondeos con recuperación con equipo a percusión, distribuidos dentro del predio ubicado en el Barrio San Isidro, alcanzando los 6.00 m de profundidad máxima y 18.00 m de profundidad total explorada, en los cuales se encontraron arcillas de mediana plasticidad con poco contenido de arenas. Adicionalmente se ejecutaron 3 apiques hasta una profundidad de 1.50 m para el diseño de las zonas duras de piso.

Se tomaron muestras representativas de los estratos encontrados para ser analizados en laboratorio. Los parámetros que se emplearon para los respectivos cálculos de la capacidad de carga son los más críticos, es decir los menores valores, arrojados por los respectivos análisis.

1 PROYECTO

1.1 PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO

El presente informe se realiza con el fin de dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo de fundación para el diseño la Adecuación y Mejoramiento de Cancha Multifuncional en la Carrera 4 con Calle 14 en el Barrio San Isidro, Municipio de Arauquita, Departamento de Arauca.

En el siguiente documento se observan las investigaciones geotécnicas, análisis de capacidad portante, cálculo de asentamientos y recomendaciones de los suelos para la construcción de la edificación.

Se describe la caracterización de materiales en lo referente a las propiedades físicas y mecánicas de los suelos existentes y se evalúan algunos fenómenos asociados con los parámetros sísmicos locales.

Adicionalmente antes de realizar la investigación, se recopilaron y evaluaron todos los datos disponibles sobre las condiciones del sitio y las características del proyecto. Para el efecto se realizó una inspección de campo, se solicitaron las características del proyecto para evaluar todos parámetros concernientes de la construcción del mismo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Elaboración del informe técnico correspondiente al Estudio de Geotécnico para el "MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.".

1.2.2 Objetivos específicos

- Describir las características principales del área de estudio.

- Realizar la identificación del suelo, tomando muestras e información necesaria para la realización de ensayos de laboratorio.

- Caracterizar el estado actual en campo de los suelos, evaluando puntos como expansividad y colapsabilidad.

- Determinar los parámetros de diseño que gobiernan la capacidad de carga de los suelos.
- Reconocer los aspectos y parámetros sísmicos del área de estudio y la clasificación del tipo de suelo según la NSR–10.

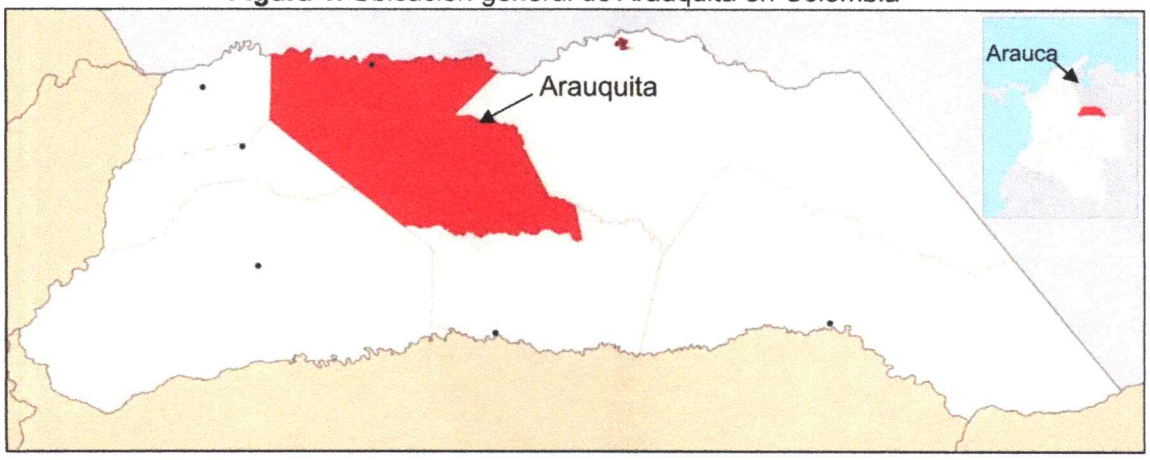
- Evaluar las condiciones de terreno

- Generar recomendaciones de diseño y construcción.

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto se localiza en el Barrio San Isidro del casco urbano del Municipio de Arauquita en el Departamento de Arauca, en la figura 1 se observa la ubicación del municipio de Arauquita en Colombia.

Figura 1. Ubicación general de Arauquita en Colombia



Fuente: Sitio web: https://es.wikipedia.org/wiki/Arauquita#/media/File:Colombia_-_Arauca__Arauquita.svg

El proyecto consiste en la ampliación de la placa polideportiva en concreto y la construcción de una malla contra impacto. No se contemplan obras de almacenamiento de cargas que involucren consideraciones adicionales de carga o uso.

En las figuras 2 y 3 se observa más detalladamente la ubicación geográfica de la unidad de estudio.

Figura 2. Ubicación general del proyecto



Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 9/15/2023

Figura 3. Ubicación específica del proyecto

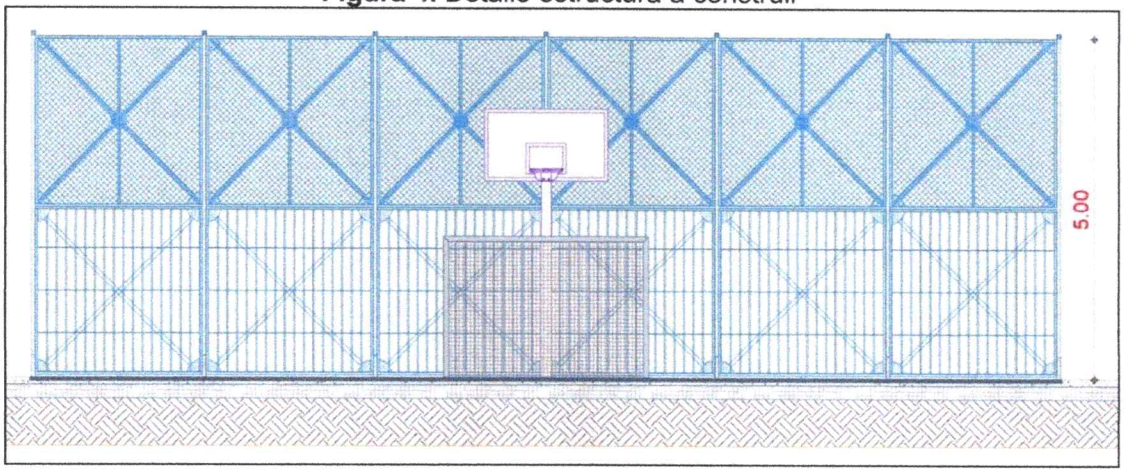


Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 9/15/2023

1.4 DESCRIPCIÓN SISTEMA ESTRUCTURAL Y EVALUACIÓN DE CARGAS

La estructura a construir es una malla contra impacto de 5 m de altura con entramado de tubo estructural La malla estará soportada sobre una viga de concreto reforzado y está a su vez anclada mediante micropilotes en concreto reforzado.

Figura 4. Detalle estructura a construir



Fuente: Proyecto Tipo 10. Construcción y dotación de una placa polideportiva cubierta. DNP

Adicionalmente se ampliará la superficie de la cancha mediante la construcción de una placa polideportiva en concreto.

La cimentación de las obras proyectadas será construida en concreto reforzado, cumpliendo las exigencias de la norma sismo resistente. En todos los casos la interacción suelo-estructura determinara la vida útil y de servicio de la misma.

2 CARACTERÍSTICAS ÁREA DEL PROYECTO

2.1 ASPECTOS FÍSICOS

El municipio de Arauquita está ubicado en la República de Colombia al Nor-Oriente de Santa Fe de Bogotá D.C. en el sector norte y centro del departamento de Arauca, limitado al Norte en toda su extensión con la República de Venezuela siendo límite natural el río Arauca, por el Oriente con el Municipio de Arauca, al Occidente con el municipio de Saravena con una extensión de 25 kilómetros aproximadamente, al Sur Occidente con los municipios de Fortul y Tame y por el Sur con el municipio de Puerto Rondón.

Su posición geo astronómica corresponde a la Latitud Norte 6°32', al Sur del municipio en el brazo Sur del río Lipa, y 7°02' en la parte Norte del municipio en el sitio la Pradera. En cuanto a la longitud está ubicado entre los 70°52' longitud Occidental, en la parte Sur del municipio por el brazo Sur del río Lipa y 71°41' Longitud Occidental en la desembocadura del río Banadía al río Arauca.

El Municipio de Arauquita tiene una extensión territorial de 2.083.27 Kilómetros Cuadrados siendo de relieve plano en un 75% aproximadamente y el 25% restante conformado por altitudes que van hasta los 200 m.s.n.m. La Altitud promedio del municipio es de 165 m.s.n.m. y tiene una temperatura promedio de 29° centígrados y una precipitación entre 2000 y 3000 mm. El periodo más seco es el comprendido entre los meses de noviembre a marzo y en el resto de meses se presentan lluvias periódicas, aunque con variaciones, siendo los meses de abril a agosto los de mayor índice de precipitaciones.

El suelo se clasifica como llanura aluvial de desborde y está constituido principalmente por sedimentos como arcillas, arenas y limos provenientes de la cordillera y también presenta formación de valles aluviales los cuales son menos extensos y se localizan a lo largo de los principales ríos.

2.1.1 Geomorfología.

En la zona de estudio se identificaron cinco unidades geomorfológicas, cada una de ellas con particularidades morfométricas y de procesos morfodinámicos, pero todas corresponden a la misma morfogénesis, ambiente fluvial lagunar. A continuación, se describen las unidades geomorfológicas encontradas.

Planicie aluvial extensa: Representa relieves positivos en el terreno, morfología plana, levemente convexa, con presencia de sedimentos compuestos de arenas silíceas finas a muy finos con limos estas zonas son moderadamente drenadas, y presentan los menores índices de inundación laminar o encharcamiento en épocas de intenso invierno, por sus características son usadas como bancos o altos para el establecimiento de praderas para el pastoreo y cultivos de pan coger los procesos erosivos más frecuentes son surcos de escurrimientos y cárcavas menores. En el área de estudio esta distribuidas en fajas occidente oriente, siguiendo el patrón de sedimentación de la cordillera oriental con mayor proporción de exposición En el tramo de la vía Puerto Jordán- Filipinas.

Planos y llanuras de inundación (Fpi): Fajas de terreno planas de Morfometría cóncava, con frecuentes eventos de inundación laminar, se presenta bordeando los cauces de los ríos Ele y tributarios menores del río Casanare, es característico una litología de renes muy finas con materiales arcillosos y limos al techo, producto de decantación de sedimentos en suspensión en la corriente, en algunos se pueden encontrar lóbulos de derrame caracterizados por un fuerte contraste con la litología infra yacente, caracterizada por presentar sedimentos de granulometrías mayores, por su cercanía a loa causes esta unidades presentan proceso de socavación lateral. Esta unidad morfogenéticos es susceptible a eventos de inundación en épocas de inviernos prolongados.

Planos anegadizos Fpa: Representa la unidad con mayor área de exposición a lo largo de la vía objeto de estudio, presenta una Morfometría plana cóncava con pendientes suaves hacia el interior de la geoforma, esta configuración favorece la acumulación de extensas masas de aguas en épocas de invierno y en los estados iniciales de épocas de verano, está compuesta por sedimentos finos de limos y arcillas con gran contenido de materia orgánica. En épocas de verano se pueden observar grietas de desecación y erosión lineada de bajo grado en la dirección de la escorrentía. Es altamente susceptible a eventos de inundación alminar por encharcamiento y acumulación de agua de escorrentía superficial.

Planos y artesas lagunares (Fpl): Esta unidad hace referencia a cuerpos naturales de agua de aspecto pantanoso, de formas irregulares y poca profundidad, (Carvajal, 2013), en el área de estudio se encuentran en zonas bajas cóncavas, se denominan esteros, presentan gran cantidad de agua de forma permanente. Se consideran dos posibles ambientes de formación, el primero una Morfometría cóncava con un piso o basamento compuesto por material arcilloso impermeabilizando e impidiendo le percolación de agua hacia niveles acuíferos, una posterior colonización de flora y que facilita la retención de humedad a lo largo del año. La segunda posibilidad de génesis es la conexión del cuerpo de agua en superficie con acuíferos libres, por el aumento del nivel freático a nivel de

superficie. Estas zonas presentan el peor escenario de estabilidad geotécnica por su litología y sus índices de saturación de agua.

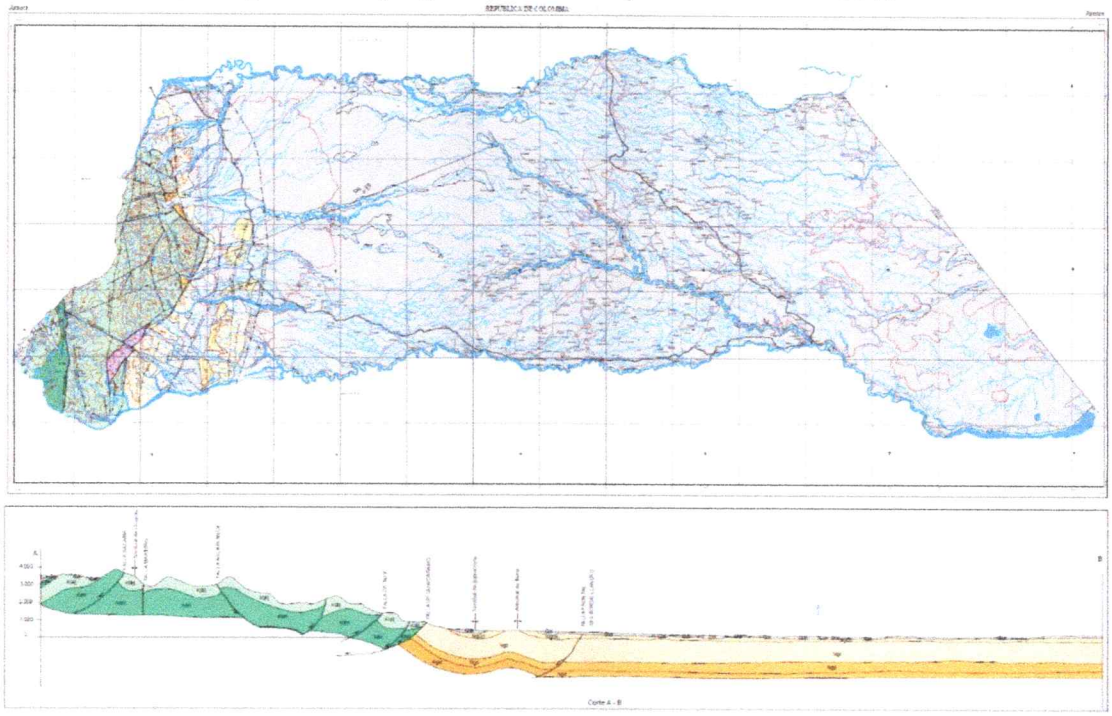
Meandros abandonados Fma: Corresponde a tramos curvos productos de la evolución del cauce en un sistema meandriforme, se encuentran a lo largo de la sección longitudinal de cauces activos o paleocauces, presentan una litológica de arenas finas al fondo seguido por materiales finos y turba al techo producto del estancamiento y desecación de lagos semilunares creados en el proceso evolutivo de la formación del Meandro abandonado.
Esta unidad está asociada a la llanura de inundación, presenta bajos estructurales y acumulación de agua en épocas de invierno.
A nivel regional la zona en estudio se encuentra ubicada sobre un sector de llanura aluvial de desborde y valles aluviales.

Las llanuras aluviales de desborde presentes se dividen en planos aluviales de desborde subcreciente con cobertura eólica localizada y generalizada.

2.1.2 Geología regional.

El Departamento de Arauca se encuentra ubicado en el sector nororiental del territorio colombiano, desde el punto de vista geológico se localiza en el borde occidental de la Cuenca de los Llanos Orientales, los límites geomorfológicos de la cuenca son al norte la cuenca Apure - Barinas (de la cual se separa por el límite internacional de Colombia con Venezuela); la Serranía de La Macarena y el Arco del Vaupés, al sur; el sistema de fallas de Guaicáramo y la Cordillera Oriental, al oeste; y el Escudo de Guyana, al este (ANH, 2012).

Figura 5. Mapa geológico del Departamento de Arauca



Fuente: INGEOMINAS

La Cuenca de los Llanos orientales está cubierta en su mayoría por rocas del Terciario Superior y Cuaternario , pero también se reconoce basamento del Precámbrico en el departamento de Meta, sobre el cual descansa de forma discordante rocas del Paleozoico, las cuales iniciaron su deposición a finales del Cámbrico o comienzos del Ordovícico, con una transgresión marina.(ANH, 2012).En el área de Arauca, se reporta la presencia de un graben al nororiente de la cuenca, el cual parece continuar hacia Venezuela, las rocas en este graben son esencialmente cámbrico – ordovícicas, y posiblemente devónicas, en algunos lugares (Molina, 1986 en ANH, 2012).

Capas rojas encontradas en Arauca son el único registro del Triásico- Jurásico para la Cuenca de los Llanos Orientales. En ningún otro sector de la cuenca se han observado rocas de edad similar. En el sector de Arauca, la secuencia cretácica se divide en: K3 : Formación Une o Ubaque, K2 o Formación Gachetá/Chipaque y K1 o Formación Guadalupe (ANH, 2012).

Durante el Terciario Temprano, correspondiente al Paleoceno tardío en la Cuenca Llanos Orientales, se depositaron las formaciones Barco – Los Cuervos, en un ambiente regresivo; la Formación Mirador del Eoceno tardío en ambiente fluvial deltaico y la Formación Carbonera del Oligoceno – Mioceno tardío como consecuencia de eventos transgresivos y regresivos (ANH, 2012).

2.1.3 Geología local.

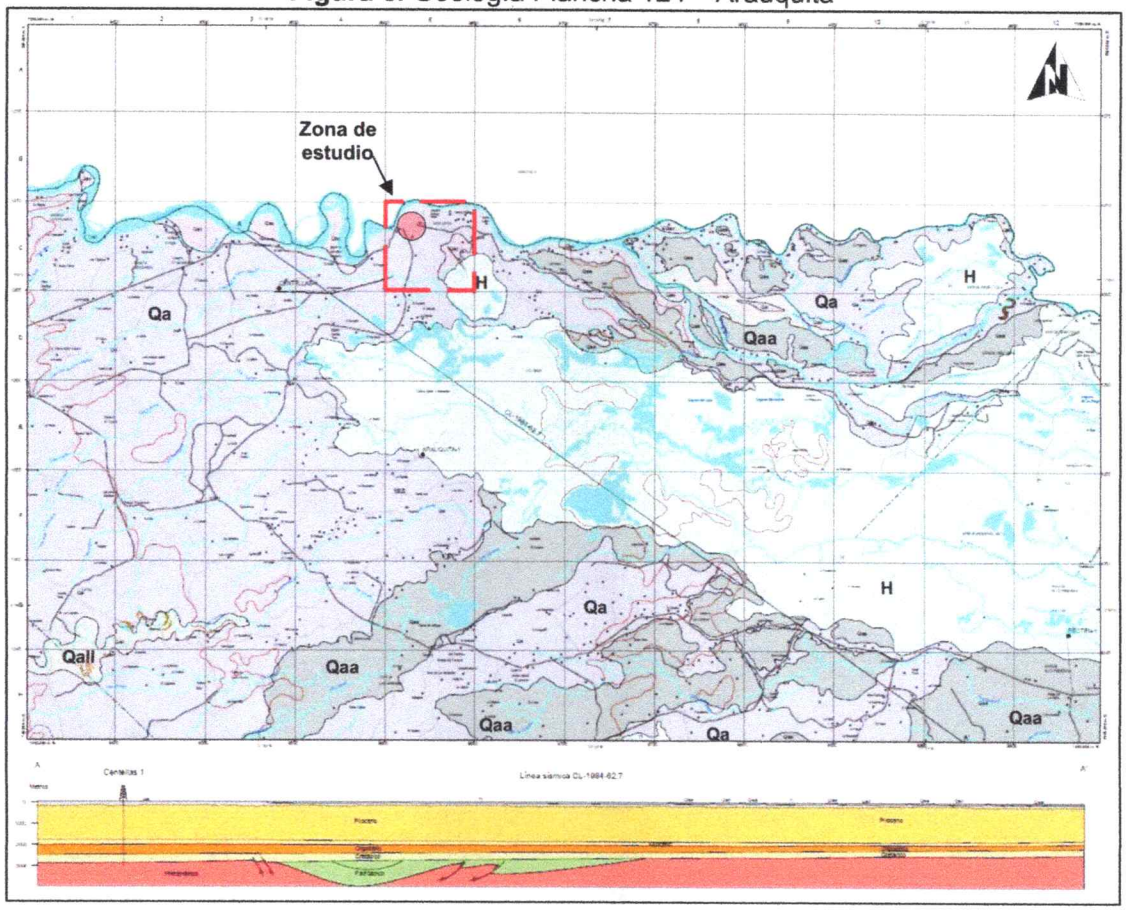
La zona de estudio se encuentra en el cuadrante G-9 de la Plancha 124-Arauquita de la Cartografía Geológica del Servicio Geológico Colombiano. En la zona de estudio afloran dos unidades geológicas de origen aluvial. A continuación, se describen las características, geométricas, litológicas y estratigráficas de cada unidad.

Depósitos Aluviales en Planicies Extensas, Qa: Estos depósitos aluviales forman una llanura homogénea, casi completamente plana, con mínimas manifestaciones de relieve interno y una incisión muy baja de los cauces, menor de 5 m en los ríos principales y de 3 m en los caños más importantes.

Se trata de una unidad morfológica que exhibe un relieve casi plano a ligeramente ondulado con ocasionales zonas bajas de sustratos arcillosos (encharcables), cubiertas generalmente de pastos y zonas más altas (bancos o diques), conformadas por arenas o lodos arenosos con cobertura de pastos y rastrojos bajos. Este relieve responde a geoformas ligeramente onduladas, donde las partes bajas o depresiones corresponden a basines y las partes altas a diques.

Los depósitos aluviales en planicies extensas están conformados por sedimentos finos, en lo fundamental arenas muy finas, limos y arcillas que conforman el horizonte C, sobre las que se desarrolla un horizonte A de suelo orgánico inmaduro con espesores variables entre 0.2 y 0.5 m.

Figura 6. Geología Plancha 124 – Arauquita



Fuente: Plancha 124 – Arauquita. Instituto Colombiano de Geología y Minería, Ingeominas. Ministerio de Minas y Energía. Colombia, 2011.

En los sectores altos, el horizonte C está compuesto por arenas de cuarzo (armazón de cuarzo > 90%), de granos subangulares, bien seleccionadas, con matriz de lodo entre el 10 y el 40%, con geometría interna laminada plano-paralela. El color es predominantemente gris claro (N7), abigarrado con colores pardo claros y pardo moderados (5YR5/6 – 5YR4/4), en algunos sectores, estas arenas desarrollan un horizonte A orgánico inmaduro con espesor menor a 0,5 m, de color pardo amarillo oscuro (10YR4/2) a gris oliva claro (5Y5/2).

Depósitos aluviales en llanuras inundables (Qaa): Esta unidad se relaciona con extensas llanuras encharcables y en menor proporción inundables, que se encuentran

aledañas a los humedales; en donde se alternan zonas pantanosas y zonas que están pocos decímetros más altas, que no definen un humedal de manera continua, se caracterizan por vegetación mixta alta con predominio de palmas (morichales). Los suelos que acompañan las zonas pantanosas están dominados por sedimentos finos limosos, en tanto que las zonas altas aisladas se relacionan con suelos arenosos.

Esta unidad conforma un paisaje plano constituido por sedimentos aluviales de inundación con evidente presencia de procesos de decantación de finos en ambiente de pantano, la fluctuación periódica de las aguas inhibe el desarrollo de vegetación de altura, lo cual favorece el desarrollo de suelos orgánicos.

Se caracterizan por una asociación grano-decreciente de arenas muy finas, limos y arcillas que conforman el Horizonte C. Las arenas y limos, poseen acumulaciones de óxidos de hierro a manera de motas (textura abigarrada), de color naranja amarillo pálido (10YR8/6), se componen de cuarzo (80-85%) y líticos (5-10%), el armazón está constituido por granos tamaño limo a arena muy fina, bien calibrados y subangulares; la matriz (5-15%), es lodosa y en ocasiones se presentan matriz soportadas (hasta 60%). La edad de esta unidad es menor que la Qa porque sus suelos son más inmaduros y de menor espesor.

Las arcillas contienen cantidades menores de limos, son de color gris claro (N7) a gris oliva claro (5Y6/1), abigarradas, con presencia de pisolitos de óxidos de hierro de color pardo moderado y con acumulaciones centimétricas de materia orgánica.

Sobre esta unidad es frecuente el desarrollo de un horizonte A inmaduro, que varía de limo a arcilla, con abundantes raíces vivas, de color gris oscuro, de espesor muy variable (entre 10 y 30 cm.), rico en materia orgánica.

Los sedimentos observados en el área de estudio están constituidos por sedimentos finos, arenas de grano muy fino a fino, limos y arcillas, bien calibrados, con laminación plana paralela, aunque en su mayoría es borrada por la excavación de organismos vivos y por la acción de las raíces vegetales; también es característico el alto contenido de materia orgánica la cual es resultado de la descomposición de la vegetación y de la gran actividad de organismos.

2.2 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

2.2.1 Clima

El clima es tropical en Arauquita. La lluvia es significativa la mayoría de los meses del año, y la estación seca corta tiene poco efecto. La temperatura promedio en Arauquita es 25.9 °C. En un año, la precipitación media es 2308 mm. La precipitación varía 344 mm entre el mes más seco y el mes más húmedo. A lo largo del año, las temperaturas varían en 1.9 ° C. Con un promedio de 26.8 ° C, marzo es el mes más cálido, julio es el mes más frío, con temperaturas promediando 24.9 ° C. El mes más seco es enero. Hay 25 mm de precipitación en enero. La mayor parte de la precipitación cae en junio, promediando 369 mm.

2.2.2 Hidrografía

El Municipio de Arauquita pertenece a la cuenca del río Orinoco. Cuenta con abundantes cursos de agua, que nacen en su mayoría en la Cordillera Oriental y corren en dirección Este a través de un terreno plano, lo que origina en su trayecto numerosos ríos y caños secundarios. La gran riqueza hídrica representada lagunas y humedales, así como en numerosos ríos, caños y quebradas que bañan el municipio. Entre los principales ríos o caños están el río Arauca, el Lipa, el Ele y el Río Caranal; estas arterias fluviales conforman las principales cuencas y subcuencas presentes en el municipio subdivididas así:

La Subcuenca del río Arauca, localizada al norte del municipio a al cual drenan algunos caños de moderada importancia como son: El Caño Salibón o Jujú, El Curitero, el Troncal, Brazo Bayonero, Brazo Gaviotas y Caño Agua limón, entre los principales, otros de menor importancia el Terciario y el Matapalito.

2.3 RECONOCIMIENTO DE CAMPO

El área del proyecto presenta una geomorfología plana, sin terrazas o desniveles que indiquen la presencia de taludes o zonas de posible inestabilidad. No se evidencio procesos de erosión en los materiales superficiales.

2.4 EDIFICACIONES E INFRAESTRUCTURAS VECINAS

Las edificaciones construidas aledañas al área de intervención no se verán afectadas por la ejecución del proyecto.

3 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

3.1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

Las exploraciones geotécnicas realizadas con el fin de caracterizar y evaluar las condiciones de fundación para el diseño de la adecuación y mejoramiento de cancha multifuncional en el Barrio San Isidro del Municipio de Arauquita, Departamento de Arauca, comprendieron:

- Sondeos con equipo manual a percusión.
- Penetración estándar SPT.
- Profundidad del nivel freático.
- Recuperación de muestras para caracterización y cálculo de propiedades físicas.

Sondeos y apiques

Se realizaron tres (3) sondeos con equipo de perforación a percusión y tres apiques con barreno con el objetivo de recuperar muestras alteradas directamente de la excavación. La cantidad de perforaciones y su profundidad se basa en criterios mínimos definidos en el numeral H.3 del Título H de la NSR-10 para unidades de construcción de categoría baja (construcciones de hasta tres niveles).

Adicionalmente se ejecutaron tres (3) apiques hasta una profundidad de 1.50 m para el diseño de las zonas duras de piso.

En el Cuadro 1.1 se presentan las profundidades de las perforaciones finalmente ejecutadas y su ubicación geográfica. En la figura 7 se muestra la ubicación de las perforaciones ejecutadas.

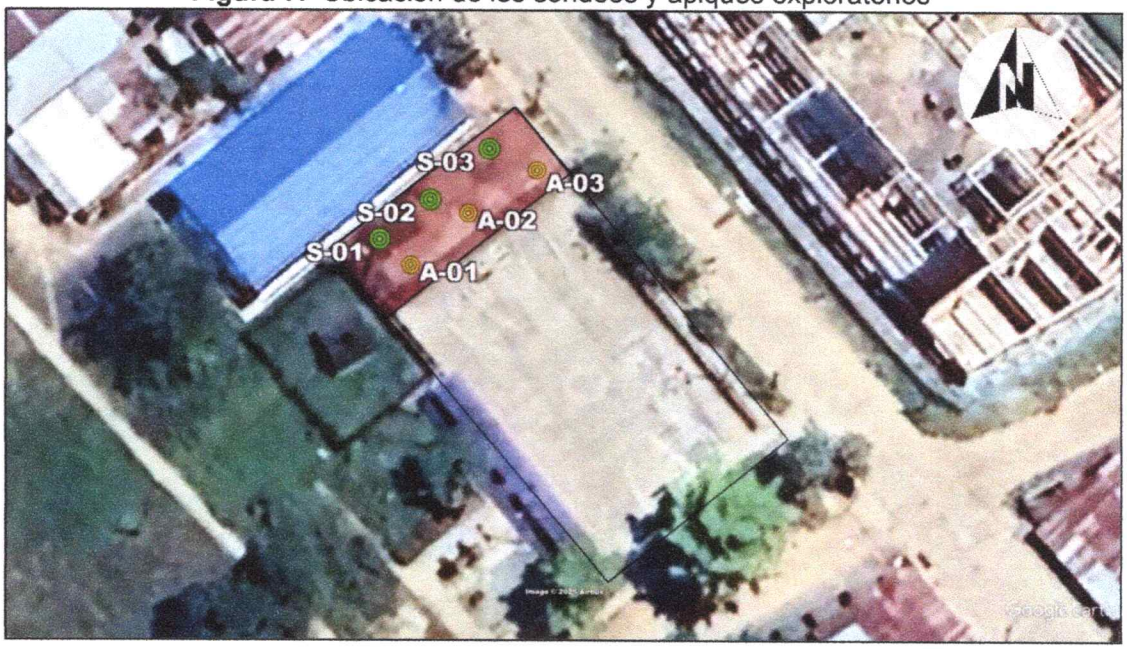
Cuadro 1. Localización y profundidad de los apiques

Sondeo	Latitud	Longitud	Profundidad	Nivel freático
S-01	7° 1'16.62"N	71°25'29.82"O	-6.00 m	-1.20 m
S-02	7° 1'16.75"N	71°25'29.67"O	-6.00 m	-1.20 m
S-03	7° 1'16.91"N	71°25'29.49"O	-6.00 m	-1.30 m
A-01	7° 1'16.58"N	71°25'29.70"O	-1.50 m	-1.30 m

A-02	7° 1'16.74"N	71°25'29.54"O	-1.50 m	-1.30 m
A-03	7° 1'16.87"N	71°25'29.37"O	-1.50 m	-1.30 m

Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Ubicación de los sondeos y apiques exploratorios



Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 9/15/2023

De los sondeos y apiques se recuperaron muestras de suelo alteradas e inalteradas para ensayos de clasificación, humedad. pesos unitarios y cálculo de parámetros de resistencia.

3.2 ENSAYOS EN CAMPO

En los sondeos y apiques realizados se llevaron a cabo los siguientes ensayos de campo:

- Barrenos manuales.
- Ensayo de Penetración Estándar (SPT).
- Extracción de muestras.

Con estos ensayos se conocieron las propiedades físicas de consistencia y humedad de los suelos, igualmente se estimaron los parámetros de resistencia de los suelos explorados y con las muestras extraídas se procedió a la realización de los ensayos de laboratorio.

3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

De las exploraciones realizadas se tomaron muestras para realizar los siguientes ensayos de laboratorio:

- Contenido de humedad.
- Granulometría.
- Límites de Attemberg.
- Peso unitario.
- Compresión inconfinada.

La exploración de campo y los ensayos de laboratorio se realizaron con el propósito de determinar las características y propiedades de los suelos que componen la zona de fundación de la obra mencionada. En el Anexo A-1 se incluyen los registros fotográficos, en el Anexo A-2 los perfiles de suelos y en el Anexo A-3 los ensayos de laboratorio realizados.

La cantidad de ensayos ejecutados se relaciona en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Cantidad total de ensayos ejecutados en campo y laboratorio

Ensayo	Cantidad	Norma
Contenido de humedad	12	INV E-122-13
Granulometría	12	INV E-123-13
Límites de Attemberg	12	INV E-125,126-13
Peso unitario	9	-
Compresión inconfinada	3	
Penetración estándar	15	INV E-111-13
Penetración dinámica de cono	3	INV E-172-13

Fuente: Elaboración propia

4 CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO

Para la clasificación y caracterización de los materiales extraídos de las exploraciones hechas en la zona se ejecutaron una serie de ensayos de laboratorio.

La clasificación de los suelos se realizó tanto con el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) como con el sistema de clasificación AASHTO. La descripción realizada para caracterizar los suelos se basa en la clasificación SUCS.

4.1 ESTRATIGRAFÍAS

Los suelos del sector están compuestos por arcillas de mediana plasticidad. Se identificaron por medio de la campaña de exploración geotécnica La caracterización se realizó considerando los resultados de los ensayos presentados en los cuadros 3 y 4.

Cuadro 3. Resumen de resultados de laboratorio sondeos ejecutados.

Sondeo	Muestra	Rango de muestreo (m)	Peso Unitario	Gravedad específica	Distribución granulométrica				Límites de plásticidad				Humedad		Clasificación de suelos		
					Grava	Arena	Limo	Arcilla	LL	LP	IP	IL	Weq	Natural			
			Ton / m3	Gs	%	%	%	%	%	%	%		%	%	U.S.C.	AASHTO	Indice de grupo
S-01	1	0.00 - 1.80	1.862	2.676	0.00	11.87	-	**88.13**	32.80	18.26	**14.54**	-0.80	19.02	6.65	CL	A-6	12
	2	1.80 - 4.00	1.899	2.710	0.00	14.98	-	**85.02**	35.40	21.85	**13.55**	0.36	20.24	26.78	CL	A-6	11
	3	4.00 - 6.00	1.911	2.710	0.00	14.53	-	**85.47**	32.30	20.66	**11.64**	0.70	18.78	28.81	CL	A-6	9
S-02	1	0.00 - 2.00	1.839	2.711	0.00	13.09	-	**86.91**	33.00	18.45	**14.55**	-0.68	19.11	8.62	CL	A-6	12
	2	2.00 - 4.00	1.904	2.709	0.00	15.88	-	**84.12**	35.10	22.51	**12.59**	0.30	20.10	26.34	CL	A-6	10
	3	4.00 - 6.00	1.909	2.711	0.00	12.91	-	**87.09**	33.08	20.21	**12.87**	0.63	19.15	28.29	CL	A-6	11
S-03	1	0.00 - 1.90	1.854	2.711	0.00	13.05	-	**86.95**	32.30	18.96	**13.34**	-0.80	18.78	8.35	CL	A-6	11

	2	1.90 - 4.20	1.910	2.709	0.00	15.61	-	**84.39**	34.90	22.24	**12.66**	0.38	20.00	27.04	CL	A-6	10
	3	4.20 - 6.00	1.914	2.710	0.00	13.74	-	**86.26**	33.80	20.93	**12.87**	0.65	19.49	29.27	CL	A-6	11
Mínimo			1.839	2.676	0.00	11.87	-	84.12	32.30	18.26	11.64	-0.80	18.78	6.65	CL	A-6	9
Promedio			1.889	2.706	0.00	13.96	-	86.04	33.63	20.45	13.18	0.08	19.41	21.13	CL	A-6	11
Máximo			1.914	2.711	0.00	15.88	-	88.13	35.40	22.51	14.55	0.70	20.24	29.27	CL	A-6	13
Promedio sobrecapa			1.852	2.699	0.00	12.67	-	87.33	32.70	18.56	14.14	-0.76	18.97	7.87	CL	A-6	12
Promedio suelo de fundación			1.908	2.710	0.00	14.61	-	85.39	34.10	21.40	12.70	0.50	19.63	27.76	CL	A-6	10

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4. Resumen de resultados de laboratorio apiques ejecutados

Apique	Mtra.	Litolo-	Hum. a la Prof.		L.L.	I.P.	Granulometría % pasa				Indice de	Clasificacion		Nivel Freático	CBR		
															CBR INALTERADO		PDC
No.	No.	gía	%	Mts	%	%	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	grupo	AASHTO	USC	Mts	CBR %	Exp %	mm/golpe
A-01	1		8.86	0.00 - 1.50	32.20	11.23	100	100	98.19	87.51	9	CL	A-6	1.30	2.25	0.45	19.50
A-02	1		9.87	0.00 - 1.50	34.30	15.82	100	100	97.94	87.01	13	CL	A-6	1.30	2.11	0.44	24.80
A-03	1		9.56	0.00 - 1.50	33.11	14.35	100	100	98.32	88.03	12	CL	A-6	1.30	2.35	0.40	25.40
Mínimo			8.86	-	32.20	11.23	100	100	97.94	87.01	9	CL	A-6	1.30	2.11	0.40	19.50
Promedio			9.43	-	33.20	13.80	100	100	98.15	87.52	11	CL	A-6	1.30	2.24	0.43	23.23
Máximo			9.87	-	34.30	15.82	100	100	98.32	88.03	13	CL	A-6	1.30	2.35	0.45	25.40

Fuente: Elaboración propia

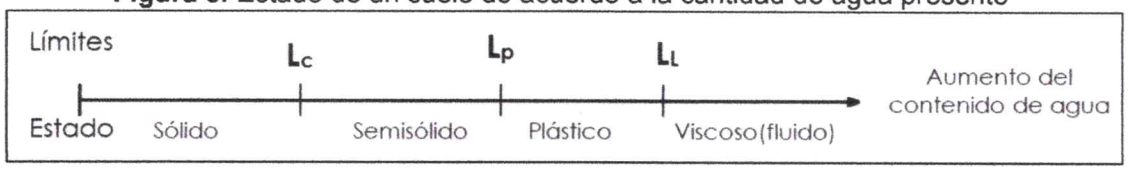
4.2 PROPIEDADES FÍSICAS

Las propiedades físicas permiten ubicar el suelo dentro de sistemas de clasificación comúnmente empleados en la práctica ingenieril, así como determinar ciertos parámetros numéricos que permiten inferir el comportamiento geotécnico del material.

Para clasificar los materiales encontrados según el sistema USC, es necesario llevar a cabo ensayos de lavado sobre el tamiz No. 200 y límites de consistencia.

En los suelos finos, su comportamiento está asociado a la cantidad de agua presente en los vacíos del mismo, para tal fin y como valores empíricos se han aceptado ciertos valores frontera donde estos cambian de comportamiento al cambiar la cantidad de agua presente en la muestra. Estos valores frontera son conocidos como límites, y son muy utilizados para caracterizar los conjuntos de partículas de suelo, agua, aire y se basan en el concepto de que un suelo fino de acuerdo a su contenido de humedad puede presentar cuatro estados de consistencia como se muestra en el diagrama. El primer estado es seco, y a partir de este la humedad va aumentando hasta alcanzar el estado viscoso, como se muestra en la figura así:

Figura 8. Estado de un suelo de acuerdo a la cantidad de agua presente



Fuente: Elaboración propia

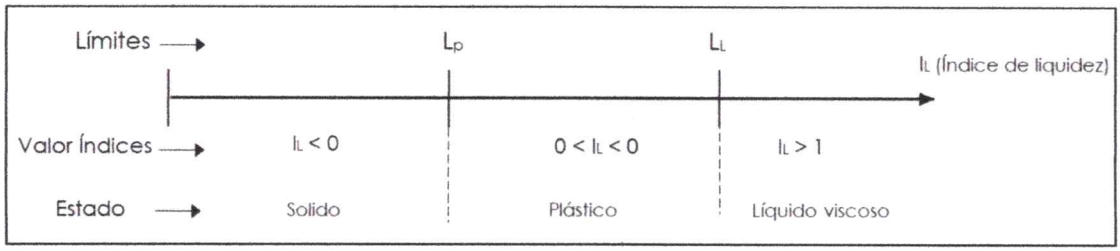
Los contenidos de humedad y los puntos de transición de uno a otro estado se denominan: Limite de contracción Lc, Limite de plástico Lp y limite de líquido LL .

De los valores numéricos de estos límites se derivan algunas relaciones matemáticas denominadas Índices, entre los cuales se encuentran el Índice de Plasticidad, IP, y el Índice de Líquidez, IL.

$$IL = \frac{W - LP}{IP}$$; IL: Índice de liquidez, W: Humedad natural, IP: Índice de Plasticidad.

En la expresión aparece el límite plástico del material y la humedad natural. De acuerdo al valor que alcance este índice se tiene un estado de comportamiento del material como se muestra en la Figura, estados de un suelo de acuerdo a la cantidad de agua presente.

Figura 9. Rangos del índice de liquidez



Fuente: Elaboración propia

El índice de liquidez indica el potencial de consistencia de un suelo de acuerdo al valor de la humedad natural.

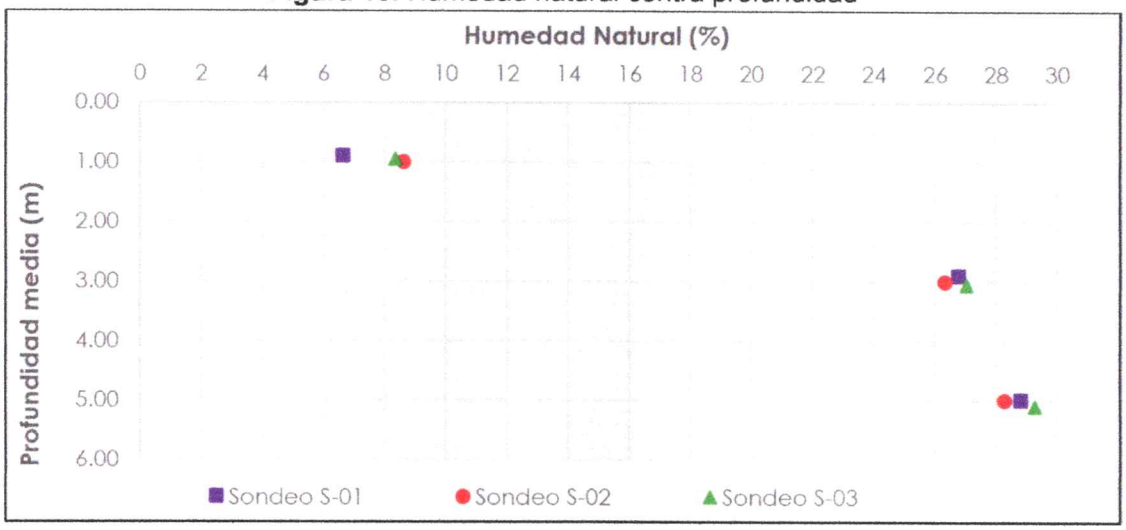
Según la fórmula anterior puede anotarse que para un suelo que tiene la humedad natural igual a su límite plástico el índice de liquidez es cero y para un contenido de humedad igual al límite líquido el índice es igual a 1. Con esto se puede concluir que:

IL < 0, el suelo tendrá un comportamiento rígido
0 < IL <1, el suelo se comportará como un material plástico
IL > 1, el suelo se convertirá en un líquido muy viscoso

En desarrollo de este informe se ha buscado caracterizar los estratos del subsuelo con las siguientes propiedades físicas: humedad natural, peso unitario, porosidad, relación de vacíos, peso específico de sólidos, límites de consistencia, porcentaje de partículas con tamaño menor a 0.075 mm, entre otros valores que se indican en los perfiles geotécnicos reportados. Los valores reportados en dichos perfiles obedecen a la caracterización física de los materiales recuperados en los sondeos, adicionalmente se presentan otros parámetros deducidos por medio de las expresiones matemáticas que vinculan las relaciones de fase y que provienen de la mecánica de suelos tradicional.

La Figura 10 muestra el perfil de los resultados encontrados en los ensayos de humedad natural realizados sobre cada una de las muestras evaluadas en función de su profundidad. Los valores encontrados para los sondeos exploratorios se encuentran en un intervalo definido por los extremos 6.65% y 29.27%; el comportamiento de las curvas muestra que la humedad en la superficie es menor. Se puede caracterizar el depósito como de humedad media.

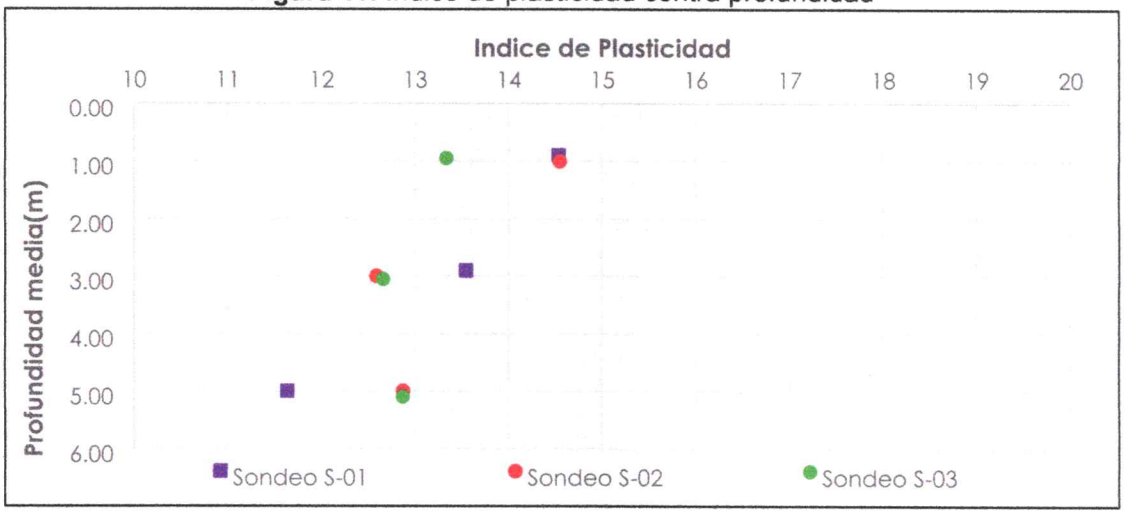
Figura 10. Humedad natural contra profundidad



Fuente: Elaboración propia

La Figura 11 muestra las curvas de comportamiento del índice de plasticidad contra profundidad. Los extremos en los resultados encontrados son 11.64% y 14.55%, lo que, unido a sus valores particulares del límite líquido, permiten clasificar el depósito como de arcillas de mediana plasticidad (CL), de acuerdo al sistema de ensayo y de las características de los materiales térreos evaluados, cuyo comportamiento no es estrictamente igual en todos los sondeos, ya que los procesos geológicos son diferenciales en espacio y tiempo. Un Índice de plasticidad bajo son indeseables, porque significa que un pequeño incremento en el contenido de humedad del suelo, cambia rápidamente (en términos de agua adicional) de un comportamiento de semisólido a la condición de líquido, es decir resulta muy sensible a los cambios de humedad. Por el contrario, un índice de plasticidad alto, indica que para que un suelo pase del estado semisólido al líquido, se le debe agregar gran cantidad de agua, Este valor permite determinar los parámetros de asentamiento de un suelo y su expansividad potencial, entre mayor sea el IP el suelo es más plástico y mayor será la compresibilidad del suelo.

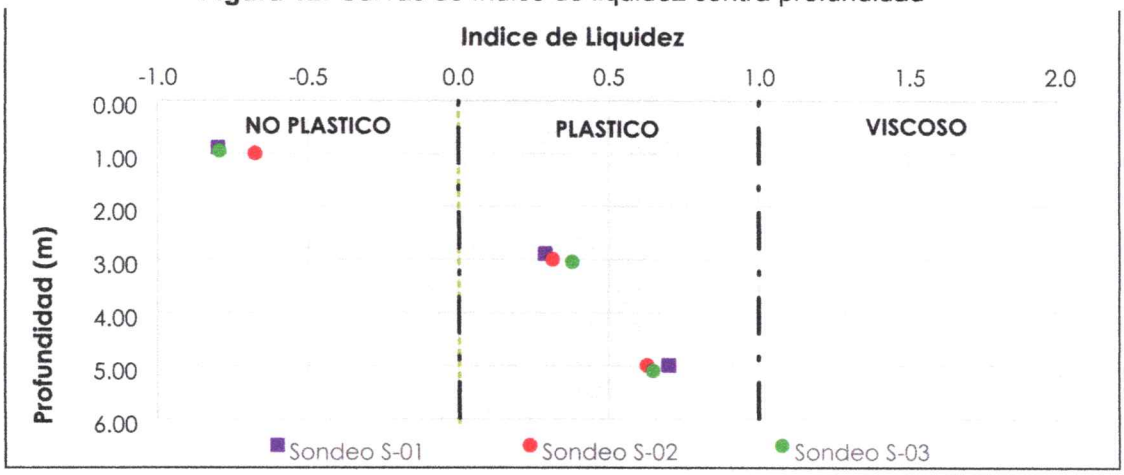
Figura 11. Índice de plasticidad contra profundidad



Fuente: Elaboración propia

De otro lado, en la Figura 12 se pueden observar los puntos del valor calculado del índice de liquidez contra profundidad. Como se indicó en líneas anteriores, el índice de liquidez es una medida indirecta de la consistencia del suelo, al considerar que tan cerca se encuentra la humedad natural de alguno de los límites de consistencia. El comportamiento encontrado para cada una de las curvas que se muestran en la Figura 12, de acuerdo al muestreo realizado, es muy homogéneo, con lo cual también es de esperar una respuesta mecánica homogénea a lo largo de todo el perfil. Los valores se encuentran entre -0.80 y 0.70, lo que indica que el estrato de arcilla encontrado presenta un comportamiento sólido a semisólido hasta una profundidad de 2.00 m y plástico a partir de los 2.00 m.

Figura 12. Curvas de índice de liquidez contra profundidad



Fuente: Elaboración propia

El **IL** en suelos plásticos indica la historia de esfuerzos a que ha estado sometido el suelo.

Un **IL** cercano a **0** significa que es un Suelo preconsolidado (suelo que ha soportado presiones efectivas mayores a las encontradas al momento de la prueba por los estratos en estado natural). Por ejemplo, suelos que en superficie han estado sometidos a la acción de la erosión (remoción de estratos superficiales).

Ahora un **IL** cercano a **1** Significa que es un Suelo normalmente consolidado (suelo que nunca ha estado sometido a presiones efectivas mayores que las encontradas al momento de la prueba en estado natural). En estos suelos wn cercana a LL.

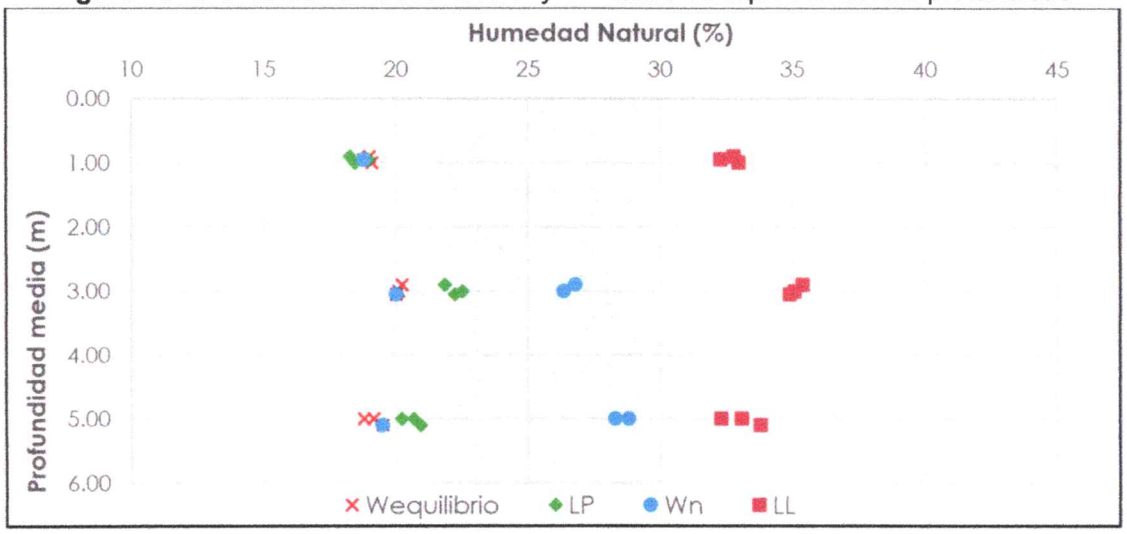
En general, se puede concluir que los suelos encontrados en los están Sobre Consolidados (SC), los suelos SC fueron suelos que estuvieron sometidos en algún tiempo de su pasado geológico a una presión mayor que la actual, la cual sobre consolido los materiales allí presentes, fenómeno debido posiblemente a una mayor sobrecarga, al proceso de secado y los esfuerzos de contracción resultante, o a un cambio en el nivel de aguas freáticas; los suelos SC al encontrarse sometido a sobrecargas mayores a los que actualmente hay en el depósito aumentan su rigidez, permitiendo una baja deformación, ubicándose en el rango de arcillas moderadamente compresibles; los resultados encontrados para el índice de liquidez, permiten esperar que el comportamiento de los suelos encontrados como terreno de cimentación sea favorable.

Cuadro 5. Comportamiento del Suelo

IL	COMPORTAMIENTO DEL SUELO
< 0.0	Demostrará fractura rígida al ser sometido a corte, porque el contenido natural de humedad wn es menor que el límite plástico LP. En este caso el suelo estará en estado sólido a semi sólido.
0.0 - 1.0	Como un plástico. Rango que comprende la mayoría de las arcillas en estado natural.
> 1.0	Será esencialmente un líquido muy viscoso cuando se somete a corte, porque el contenido natural de humedad wn es mayor que el límite líquido LL. Tales suelos pueden ser extremadamente sensibles al colapso de la estructura del suelo. Mientras no sean alterados de manera alguna pueden ser relativamente fuertes, pero si por alguna razón son sometidos a corte (remoldeo) y la estructura del suelo colapsa, entonces literalmente pueden fluir como un líquido viscoso.

La humedad de equilibrio calculada de acuerdo con la expresión w_{eq} = 0.47LL + 3.6, los resultados obtenidos en la Figura 13 indican hasta una profundidad de 2.00 m en promedio, un contenido de humedad por debajo del LP, mostrando un comportamiento sólido a semisólido del material con pocas deformaciones ante el incremento de carga. Para profundidades mayores a 2.00 m, la humedad natural se encuentra por encima del límite plástico y la humedad de equilibrio y por debajo del límite líquido, lo que indica que estos suelos se encuentran en el rango plástico.

Figura 13. Grafica de humedad natural y humedad de equilibrio contra profundidad



Fuente: Propia

4.3 PROPIEDADES MECÁNICAS

Para modelar el comportamiento mecánico del suelo de cimentación se realizan ensayos mecánicos de laboratorio, que permiten evaluar parámetros numéricos que serán la base de los modelos de análisis de estabilidad. Estos ensayos se clasifican en dos grupos, el primer de ellos, pretende definir el comportamiento resistente del suelo frente a diferentes niveles de esfuerzos, el segundo grupo indica el comportamiento deformacional del suelo también bajo diferentes niveles de carga.

Para definir la resistencia del suelo se ha recurrido en el desarrollo del presente estudio al Criterio de resistencia de falla de Mohr-Coulomb, el cual considera el aumento de la resistencia cuando crece el esfuerzo de confinamiento del material, debido a fenómenos de fricción y dilatancia que presentan las partículas constituyentes del suelo. Este criterio exige la definición de dos parámetros para la elaboración del modelo: ángulo de resistencia al corte, φ, y cohesión, C. Estos parámetros se evaluaron a partir de los golpes de avance en el ensayo SPT.

A continuación, se presentan las características del ensayo SPT y la metodología propuesta por González (1998), para la determinación de los parámetros de resistencia.

4.3.1 Ensayo normal de penetración, SPT.

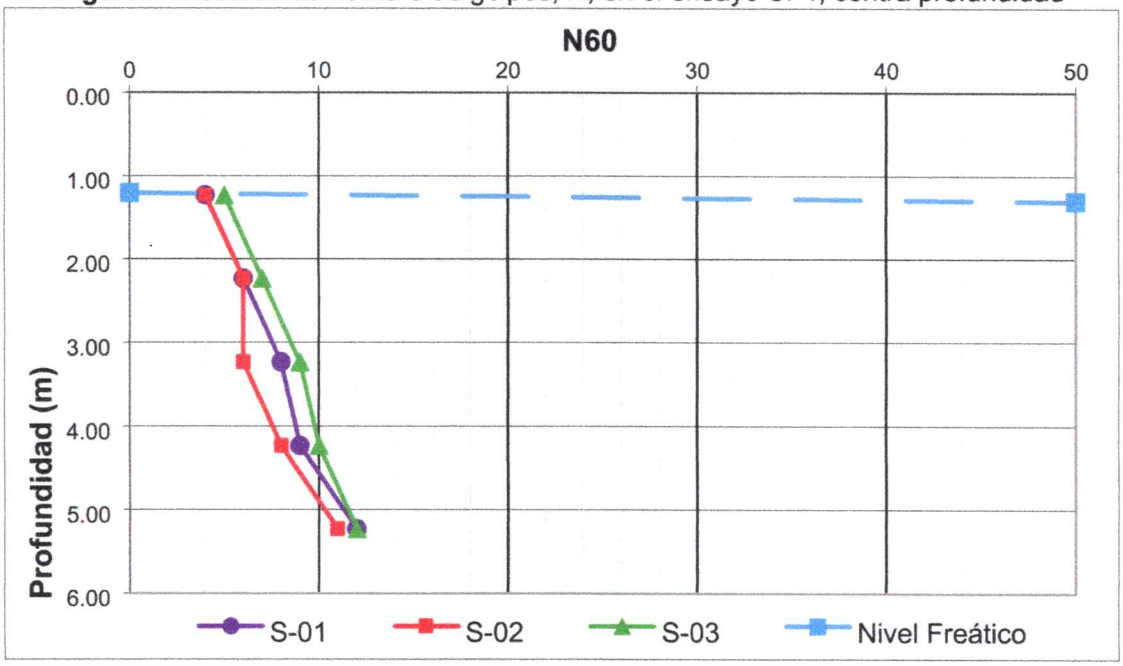
El muestreo de los suelos granulares con el toma muestras partido produce cambios intensos en su estructura original e imposibilita la correcta determinación de las propiedades mecánicas mediante pruebas de laboratorio. Para obviar esta dificultad se ha encontrado conveniente medir en forma sencilla el grado de compacidad del suelo en el sitio, al convertir el proceso de hincar el toma muestras en el terreno en un ensayo dinámico de penetración conocido como Ensayo Normal de Penetración, SPT.

Suelo inalterado un toma muestras partido normalizado (Split spoon) en una distancia de 305 mm (1 Desde 1958 los procedimientos para su ejecución y los equipos usados fueron normalizados como la prueba ASTM D-1586). EL ensayo SPT es una prueba in-situ que se realiza en el fondo de una perforación; consiste en determinar el número N de golpes de un martillo con peso de 63 kg (140 lb) y 762 mm (30 pg.) de altura de caída, necesarios para hincar en el pie).

No obstante, la aparente simplicidad del ensayo, incontables experiencias documentales indican una acentuada sensibilidad de los resultados a numerosos factores y variables involucrados en su ejecución.

En la Figura 14 se muestra el perfil encontrado para el número de golpes, N, en el ensayo normal de penetración, SPT, para cada uno de los sondeos realizados. Se aprecia un aumento leve para los valores del número de golpes encontrados en cada sondeo a medida que aumenta la profundidad.

Figura 14. Curvas de número de golpes, N, en el ensayo SPT, contra profundidad



Fuente: Elaboración propia

El ensayo de penetración estándar (SPT) realizado en los barrenos manuales, permitió determinar los parámetros de resistencia de los suelos, tales como el ángulo de fricción interna y resistencia al corte no drenado (Su). La consistencia y densidad relativa de los suelos puede ser calificada de acuerdo con lo indicado por Terzaghi y Peck. En el Cuadro 6 se muestran los criterios de clasificación según el número de golpes por pie del ensayo de penetración estándar (N_{SPT}).

Cuadro 6. Criterios de clasificación según ensayo de penetración estándar (N_{SPT})

CONSISTENCIA ARCILLAS	N	DENSIDAD RELATIVA ARENAS Y LIMOS	N
Muy blanda	< 2	Muy suelta	<4
Blanda	2 - 4	Suelta	4 - 10
Media	4 - 8	Media	10 - 30
Firme	8 - 15	Densa	30 - 50
Muy Firme	15 - 30	Muy Densa	>50
Dura	>30		

En el Cuadro 7 se presenta el resumen del número de golpes/pie para cada depósito de suelo encontrado en los sondeos.

Cuadro 7. Número de golpes/pie N_{CAMPO}

Sondeo	Muestra	Profundidad Inicial (m.)	Profundidad Final (m.)	Profundidad Media (m.)	golpes/pie cuchara			N_{CAMPO}
					1	2	3	
S-01	1	1.00	1.45	1.23	2	2	2	4
	2	2.00	2.45	2.23	3	3	3	6
	3	3.00	3.45	3.23	3	4	4	8
	4	4.00	4.45	4.23	3	4	5	9
	5	5.00	5.45	5.23	5	5	7	12
S-02	1	1.00	1.45	1.23	2	2	2	4
	2	2.00	2.45	2.23	2	3	3	6
	3	3.00	3.45	3.23	3	3	3	6

	4	4.00	4.45	4.23	3	3	5	8
	5	5.00	5.45	5.23	4	5	6	11
S-03	1	1.00	1.45	1.23	2	2	3	5
	2	2.00	2.45	2.23	3	3	4	7
	3	3.00	3.45	3.23	3	4	5	9
	4	4.00	4.45	4.23	3	5	5	10
	5	5.00	5.45	5.23	4	6	6	12

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados de los ensayos de SPT para el perfil de suelos, las arcillas encontradas son de consistencia **BLANDA A FIRME**.

Cuadro 8. Número de golpes/pie promedio N_{60}

Sondeo	Estrato	Prof. [m]	N_{60}[-]
S-01	Arcilla	1.00 – 6.00	8
S-02	Arcilla	1.00 – 6.00	7
S-03	Arcilla	1.00 – 6.00	9

Fuente: Elaboración propia

4.4 POTENCIAL DE EXPANSIÓN

Para determinar las características de expansión de los suelos encontrados, se utilizaron las propiedades índices de estos. Con estas propiedades y mediante el uso de la Tabla H. 9.1-1 de la NSR-10 se definió el potencial de expansión de los suelos.

Cuadro 9. Clasificación de suelo expansivos según NSR-10

Potencial de expansión	Expansión Consolidómetro (%)	LL (%)	LC (%)	IP (%)	Partículas menores 1μ (%)	Expansión libre 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 - 37.	50 – 100

Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Fuente: Título H de la NSR-10

Cuadro 10. Clasificación potencial de expansión para los valores máximos encontrados en todos los sondeos ejecutados

Parámetros	Valores máximos obtenidos	Valores referencia
LL %	40.15	< 39
IP %	13.37	< 20
Potencial de expansión		**BAJO A MEDIO**

Fuente: Elaboración propia

Conforme al cuadro 10 y los valores allí presentados, el potencial de expansión de los suelos encontrados puede ser **BAJO** a **MEDIO.**

Otras de las metodologías utilizadas en la presente investigación para determinar el potencial de expansión fue la propuesta por Seed en 1962, en la que realizó una serie de pruebas para identificar los potenciales de expansión en suelos arcillosos, pudiendo establecer el potencial de expansión de una arcilla utilizando los resultados de su límite plástico:

$$S = 2.16 \times 10^{-3} IP^{2.44}$$

S = Grado de expansión
IP = Índice de plasticidad.
De los resultados obtenidos se puede determinar el grado de expansión de acuerdo a Das 1983 mediante la siguiente tabla:

Cuadro 11. Grado de expansión de una arcilla según Das-1983

Grado de expansión	S
Bajo	0 – 1.5
Medio	1.5 – 5
Alto	5 – 25
Muy alto	> 25

Los resultados obtenidos de la presente investigación se muestran en el cuadro 12 donde se puede observar que los estratos de suelo encontrados pueden presentar un grado de expansión **BAJO**.

Continuando con la investigación se estimó la presión de expansión por medio de la siguiente expresión:

$$\text{Log } P_{ex} = -1.868 + 2.08\, w_L + 0.665\, \square_d - 2.69\, w_N$$

P_{ex}= Presión de expansión probable en el campo kgf/cm^2 w_L
= Límite líquido del suelo en fracción decimal

$\square_d$ = peso unitario seco del suelo en g/cm^3 w_N =

humedad natural del suelo en fracción decimal

Los resultados de la presión expansión probable calculada se muestran en el cuadro 12.

Cuadro 12. Grado de expansión de los suelos encontrados

Sondeo	Profundidad (m)	IP (%)	Grado de Expansión		Presión de Expansión Probable (Ton/m^2)
S-01	0.00 - 1.80	14.54	1.48	Bajo	6.26
	1.80 - 4.00	13.55	1.25	Bajo	1.39
	4.00 - 6.00	11.64	0.86	Bajo	1.04
S-02	0.00 - 2.00	14.55	1.49	Bajo	5.16
	2.00 - 4.00	12.59	1.04	Bajo	1.43
	4.00 - 6.00	12.87	1.10	Bajo	1.12
S-03	0.00 - 1.90	13.34	1.20	Bajo	5.21
	1.90 - 4.20	12.66	1.06	Bajo	1.35
	4.20 - 6.00	12.87	1.10	Bajo	1.08

Fuente: Elaboración propia

Presiones de expansión menores a 2 Ton/m^2 no presentan ningún riesgo para la estructura y el potencial de expansivo se caracteriza como bajo.

Para presiones de expansión entre 2 y 5 Ton/m^2 a veces se presentan pequeñas grietas.

Para presiones de expansión entre 5 y 10 Ton/m^2 ya se presentan grietas importantes que pueden afectar la estructura, para presiones de expansión entre 10 y 20 Ton/m^2 se presentan daños graves y finalmente para presiones mayores a 20 Ton/m^2 los daños llevan generalmente a demoler la estructura.

Los resultados muestran que en el estrato superficial de arcilla podríamos tener presiones de expansión entre 5.16 y 6.26 Ton/m^2, por lo que NO es posible cimentar directamente sobre estos suelos sin presentar riegos para la estructura.

4.5 NIVEL FREÁTICO

El nivel freático se evidenció a profundidades entre 1.20 y 1.30 m. La humedad promedio hasta la profundidad explorada de los suelos fue de 21.03% fluctuando entre 6.65% y 29.27%. El estrato superficial es el más seco, y los estratos por debajo del nivel freático se encuentra a humedad de saturación.

5 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

5.1 ESTIMATIVOS DE PARÁMETROS EFECTIVOS DE RESISTENCIA CON EL SPT

Se presenta un método aproximado de evaluación de los parámetros efectivos de resistencia c' y □', mediante el empleo de los datos de SPT (N en golpes/pie). Aunque el método provee valores estimados, se obtienen resultados razonables útiles iniciales, especialmente para materiales granulares o intermedios, siendo menos aproximados para materiales cohesivos.

El procedimiento para obtener valores aproximados de valores efectivos de resistencia c' y □' con SPT es el siguiente:

a) Obtener el valor de N (golpes/pie) en campo, con la profundidad respectiva e identificar al tipo de suelo en el cual se hizo el ensayo.

b) Colocar al ensayo la profundidad media entre las dos lecturas de golpes que se usen.

c) Obtener o estimar el valor del peso unitario total de la muestra, preferentemente en el sitio. Esta se puede obtener de la muestra de la cuchara perdida, pero corrigiendo el área por la compresión que sufre la muestra al entrar al muestreador.

d) Obtener lo más fiablemente posible la posición del nivel piezométrico

e) Calcular el valor de los esfuerzos totales (□), la presión de poros (u_w) y los esfuerzos efectivos (□' = □ - u_w) para toda la columna de ensayo. Hay que tener en cuenta que el material puede estar saturado y la presión de poros puede ser negativa hasta la altura de capilaridad.

f) El valor de N_{45} para Colombia se corrige por confinamiento con la formulación de Cn de SeedIdriss (Marcuson), teniendo cuidado que Cn ≤ 2.

g) Se obtiene el valor de □eq' con la fórmula de Kishida.

h) Se calcula el valor de □ = □' x tan(□eq')

i) Se agrupan los valores de □ y □' por tipos de material.

j) Se hace la regresión □ vs □' para cada tipo de material y se obtienen c' y tan□'. Si en la regresión resulta c' < 0, se obliga a la regresión a pasar por cero.

k) Se puede obtener el □' mínimo de cada material haciendo □' mínimo = □eq' mínimo

l) Se colocan los resultados en un diagrama c' - tan□' y si son materiales del mismo origen geológico, los puntos normalmente se alinean en forma aproximada.

En arcillas los valores de N_{campo} no se corrigen. En todos los casos, el valor N_{campo} debe modificarse por la longitud del vástago según la profundidad de los sondeos. Si la profundidad del sondeo está entre 0 y 4.00 m, debe multiplicarse por 0.75, si está entre 4.00 y 6.00 m debe multiplicarse por 0.85, si está entre 6.00 y 10.00 m debe multiplicarse por 0.95, para 10.00 m o más, multiplicar por 1.00. De igual forma se aconseja que los valores de N_{campo} obtenido en sondeos a cielo abierto deben multiplicarse por 1.15 por la carencia del sobrepeso.[1]

Cuadro 13. Resumen parámetros de resistencia a partir del SPT

Profundidad media	N_{campo}	Tipo suelo	$N_{corregido}$	□eq.	Cu Kg/cm²	Densidad relativa / Consistencia
S-01						
1.23	4	Arcilla	3	1.00	0.18	Blanda
2.23	6	Arcilla	5	2.00	0.29	Media
3.23	8	Arcilla	6	3.00	0.35	Media
4.23	9	Arcilla	8	4.00	0.47	Firme
5.23	12	Arcilla	10	4.60	0.59	Firme
S-02						
1.23	4	Arcilla	3	1.00	0.18	Blanda
2.23	6	Arcilla	5	2.50	0.29	Media
3.23	6	Arcilla	5	2.50	0.29	Media
4.23	8	Arcilla	7	3.50	0.41	Media
5.23	11	Arcilla	9	4.30	0.53	Firme

[1] Mecánica de suelos y cimentaciones. Carlos Crespo Villalaz. Pág. 179.

S-03						
1.23	5	Arcilla	4	2.00	0.23	Media
2.23	7	Arcilla	5	2.50	0.29	Media
3.23	9	Arcilla	7	3.50	0.41	Media
4.23	10	Arcilla	9	4.30	0.53	Firme
5.23	12	Arcilla	10	4.60	0.59	Firme
Promedio	8		6	3.10	0.37	

Fuente: Elaboración propia

5.2 PARÁMETROS A PARTIR DEL DE COMPRESIÓN INCONFINADA

Debido a que en el sitio se presenta niveles de arcillas de mediana plasticidad, se determina el valor de su cohesión no drenada mediante el ensayo de compresión inconfinada, siendo esta condición con la cual el suelo se va a comportar en el sitio ante la aplicación de cargas,

ya que al ser materiales finos la disipación del agua intersticial se lleva a cabo de forma muy lenta.

En el cuadro 14, se presentan los resultados de los ensayos de compresión inconfinada realizados a las muestras de los diferentes sondeos obtenidas por medio de extracción de muestras inalteradas.

Cuadro 14. Parámetros de resistencia - Perfil de diseño.

Sondeo	Descripción	Prof. [m]	C (kg/cm²)
S-01 (M1)	Arcilla de mediana plasticidad CL	1.60	0.25
S-02 (M2)	Arcilla de mediana plasticidad CL	2.60	0.35
S-03 (M3)	Arcilla de mediana plasticidad CL	4.60	0.48

Promedio	0.36

Fuente: Elaboración propia

5.3 ENSAYOS DE CONO DINÁMICO

El ensayo de cono dinámico es un método de campo para estimar el CBR de la sub-rasante de los materiales en campo. El uso de los valores de CBR obtenidos mediante este ensayo debe ser ajustado al tipo de suelo y las condiciones de humedad del sitio. Es un ensayo que proporciona datos sobre la consistencia del suelo, siendo en algunas ocasiones un ensayo rápido de buena aproximación al valor de soporte de los suelos en estado natural.

Los datos de PDC obtenidos en campo son un indicativo indirecto de la consistencia del suelo del sitio. El uso de estos resultados en el diseño de los pavimentos debe realizarse bajo buenas consideraciones y criterios de acuerdo al estado del suelo explorado.

Con la finalidad de establecer la homogeneidad de los suelos de subrasante con respecto a su comportamiento mecánico se efectuaron pruebas con el penetrómetro dinámico de cono, obteniéndose el índice de penetración a profundidades entre 40 y 139 cm.

Cuadro 15. Valores del índice PDC

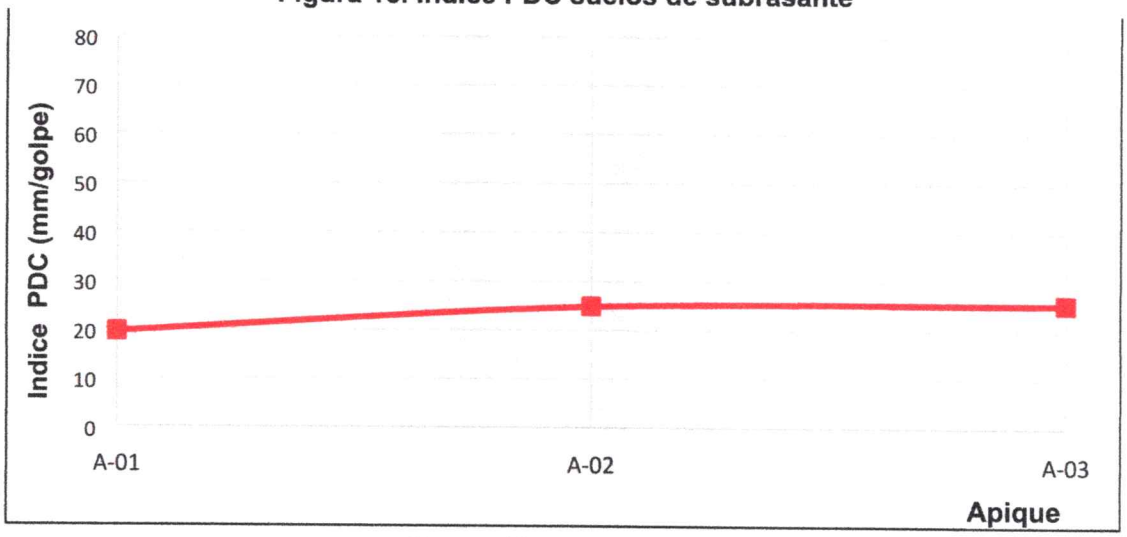
Apique	Sector	Índice PDC		Profundidad de Rechazo (m)
		(mm/golpe)	Promedio	
A-01	Ampliación placa polideportiva	19.50	23.23	-
A-02	Ampliación placa polideportiva	24.80		-
A-04	Ampliación placa polideportiva	25.40		

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 15 se puede observar los valores del índice PDC obtenidos sobre los suelos de subrasante. Los reportes de los ensayos de penetración dinámica de cono sobre los suelos de subrasante se pueden observar en el anexo A-3 Ensayos de laboratorio.

Los resultados de los ensayos de penetración dinámica de cono efectuados hasta profundidades de 1.39 m arrojaron valores del índice PDC entre 19.50 y 25.40 mm/golpe. Dichos ensayos nos permiten determinar un segmento homogéneo tipo A con un índice de penetración promedio de 23.23 mm/golpe.

Figura 15. Índice PDC suelos de subrasante



Fuente: Elaboración propia

5.4 CBR SOBRE MUESTRA INALTERADA Y SUMERGIDA EN LABORATORIO

Teniendo en cuenta los resultados de ensayos de laboratorio, se realizó la caracterización de los materiales existentes en el sector de construcción del proyecto, y con base en los ensayos de penetración CBR sobre muestras inalteradas se determinaron los valores de la capacidad de soporte de la subrasante.

Durante la ejecución de los apiques se tomaron muestras inalteradas representativas de las capas de subrasante, con la finalidad de realizar ensayos CBR sumergiéndolas 4 días, según norma INV. E-148.

El Cuadro 16 muestra los resultados de CBR sobre las muestras inalteradas.

Cuadro 16. Valores de CBR y expansión

Apique	Sector	Clasificación del suelo		CBR (%)		Expansión (%)
		USC	AASHTO	0.1"	0.2"	
A-01	CANCHA MULTIFUNCIONAL	CL	A-6	1.98	2.25	0.45
A-02	CANCHA MULTIFUNCIONAL	CL	A-6	2.06	2.11	0.44

A-03	CANCHA MULTIFUNCIONAL	CL	A-6	2.28	2.35	0.40

Fuente: Elaboración propia

5.5 CBR REPRESENTATIVO DE LA SUBRASANTE

Definidos los valores de CBR, determinados mediante penetración CBR de laboratorio en muestras inalteradas, se organiza los valores de menor a mayor y analizarlos en conjunto para elegir un valor representativo de la capacidad de soporte de la unidad definitiva de diseño.

Cuadro 17. Valores de CBR ordenados

CBR (%)	Frecuencia	Número de valores mayores o iguales	% de valores iguales o mayores
2.11	1	3	100.0
2.25	1	2	66.7
2.35	1	1	33.3

Fuente: Elaboración propia

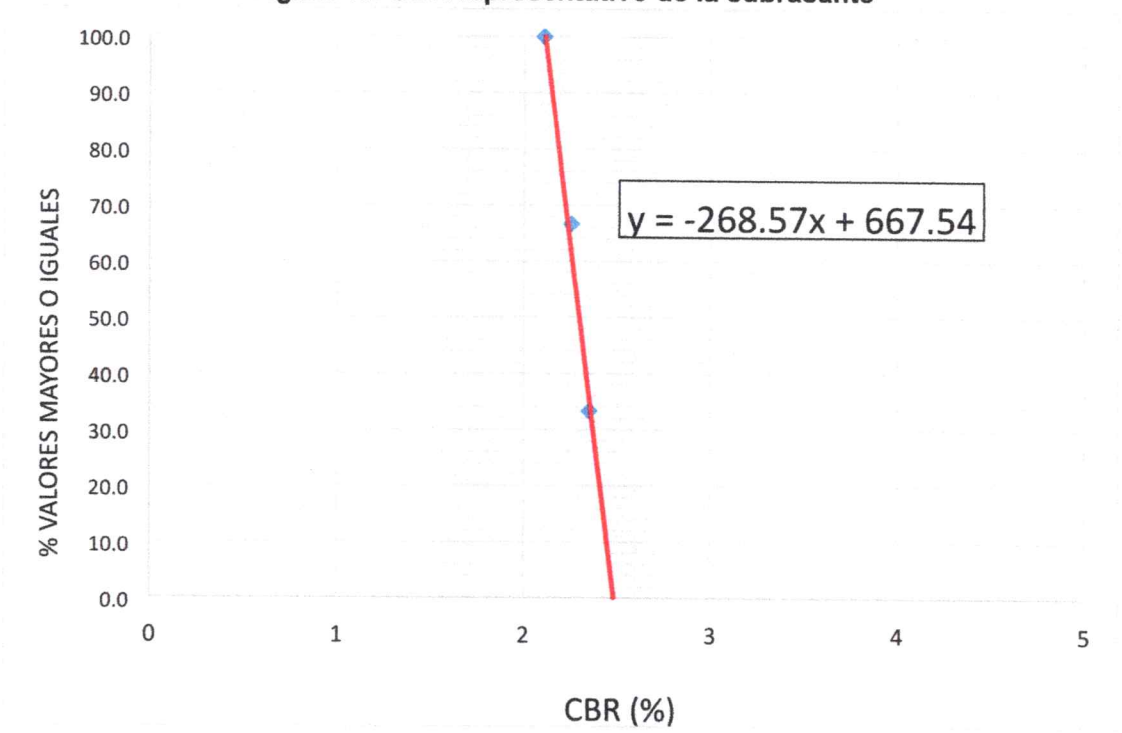
El criterio más difundido para la determinación de valores de la resistencia de diseño es el propuesto por el Instituto del Asfalto, el cual recomienda tomar un valor total, que el 60, el 75 o el 87.2% de los valores individuales sea igual o mayor que él, de acuerdo con el tránsito que se espera circule sobre el pavimento, como se muestra en el cuadro 10.

Cuadro 18. Límites para selección de resistencia

Numero de ejes de 8.2 Toneladas en el carril de diseño (N)	Percentil a seleccionar para hallar la resistencia
$<10^{\wedge 4}$	60
$10^{\wedge 4} - 10^{\wedge 6}$	75
$>10^{\wedge 6}$	87.5

(**Fuente**: MS-1 Asphalt Institute, Thickness Dessing, 1981).

Figura 16. CBR representativo de la subrasante



Fuente: Elaboración Propia

Percentil : 60% (Se escoge este percentil ya que es transito solo peatonal)
CBR seleccionado : 2.26 %
Mr ($2555 \times CBR^{0.64}$) : 4305 psi

Según el cuadro 19 la subrasante para el diseño de las estructuras de las zonas duras en Cancha Multifuncional del Barrio San Isidro es Tipo S2.

Cuadro 19. Tipo de subrasante CBR en condición de inmersión

Tipo de subrasante	CBR (%)
S1	Mayor o igual a 3%
S2	Menor de 3%

Fuente: CARTILLA DE ANDENES BOGOTA D.C. Secretaría Distrital de Planeación, Dirección de Taller del Espacio Público.

5.6 COMPRESIBILIDAD

A continuación, se presentan las principales correlaciones entre el índice de compresión Cc, y el límite líquido, encontradas por algunos autores en Colombia. Adicionalmente se incluye la correlación, comúnmente conocida, presentada por Karl Terzaghi.

Cuadro 20. Correlaciones de Cc

Fuente	Correlación
Karl Terzaghi (Arcilla de Chicago)	Cc=0.009(LL-10)
Ing. Julio Moya	Cc=0.0136(LL-9)
Tarazona, Castro y González	Cc=0.016(LL-29.8)
Augusto Espinosa y Aquiles Arrieta	Cc=0.007(LL+106)
Orlando Paredes	Cc=0.004(LL+250)
Ingeominas	Cc=0.0089(LL-15)
Ferney Pachón	Cc=0.009LL+0.161
Danilo Montaña Sanabria	Cc=0.0116(LL-10)

Dónde:

$Cc =$ es la pendiente de la rama virgen en un plano $\log(p) - e$.
$LL =$ es el valor del Limite Liquido porcentaje.

Cuadro 21. Índice de compresión por correlación de los suelos encontrados

Sondeo No.	Muestra	Rango de mue			LL	Cc 0.009 (LL-10)	Cc 0.0089*(LL-15)
S-01	1	0.00	-	1.80	32.80	0.205	0.158
	2	1.80	-	4.00	35.40	0.229	0.182
	3	4.00	-	6.00	32.30	0.201	0.154
S-02	1	0.00	-	2.00	33.00	0.207	0.160

	2	2.00	- 4.00	35.10	0.226	0.179
	3	4.00	- 6.00	33.08	0.208	0.161
S-03	1	0.00	- 1.90	32.30	0.201	0.154
	2	1.90	- 4.20	34.90	0.224	0.177
	3	4.20	- 6.00	33.80	0.214	0.167

0.0≤Cc≤0.19 Compresibilidad baja 0.20≤Cc≤0.39 Compresibilidad media Cc□0.4 Compresibilidad alta

Según los resultados mostrados en el cuadro 21, los suelos encontrados podrían presentar compresibilidad media.

5.7 MÓDULO DE ELASTICIDAD

El módulo de elasticidad E_s se obtuvo a partir del número de golpes del ensayo de penetración estándar, tal como se presenta en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Correlaciones empíricas para estimar el módulo de Young Es en diferentes tipos de suelo a partir del ensayo de SPT.

TIPO DE SUELO	CORRELACIÓN (E_s en kPa)		REFERENCIA
Gravas	600(N+6) 600(N+6)+2000	N □ 15 N > 15	Bowles, 1996
Arenas saturadas	250(N+15)		Bowles, 1996
Arenas limosas	1800+270N 7740+135N	N □ 15 N > 15	Ten et al, 1991
Arenas arcillosas	320(N+15)		Bowles, 1996
Limos	300(N+6)		Bowles, 1996
Arcillas	600N		Bowles, 1996

Fuente: Varios autores

En el Cuadro 23 se presentan los valores de rigidez obtenidos para los materiales presentes en la zona.

Cuadro 23. Módulo de Young estimado para el perfil de diseño

Estrato	Material	N60	E [MPa]
1.00 – 2.00	Arcilla amarilla (CL)	3	1.80
2.00 – 4.00	Arcilla naranja (CL)	6	3.60
4.00 – 6.00	Arcilla gris (CL)	9	5.40

Fuente: Elaboración Propia

Los valores de módulo de elasticidad de los materiales del perfil de diseño corresponden a la correlación para arcillas.

Cuadro 24. Valores Típicos del Módulo de elasticidad (E)[2]

Tipo de Suelo	Módulo de Elasticidad (E) Mpa
Arcilla	
Muy blanda	2-15
Blanda	5-25
Media	15-50
Dura	50-100
Arenosa	25-250
Limo	2-20
Arena	
Limosa	5-20
Suelta	10-25
Densa	50-81
Arena y Grava	
Suelta	50-150
Densa	100-200

Fuente: Bowles

5.8 MÓDULO DE BALASTO

Para los sitios donde predominan los suelos arenosos a nivel de fundación, el módulo de balasto se calcula en función del ensayo SPT con la siguiente expresión:

En arenas secas:

$$k_{30}\left(\frac{kg}{cm^3}\right) = 10^{\frac{N+2}{34}}$$

Para arenas sumergidas:

$$k_{30}\left(\frac{kg}{cm^3}\right) = 0.6 \cdot 10^{\frac{N+2}{34}}$$

Para una zapata cuadrada de lado B(m):

$$k = k_{30}\left(\frac{B+0.3}{2B}\right)^2$$

Para una cimentación rectangular B(m) x L(m):

$$k_{rectangular} = \frac{2}{3}k_{cuadrado}\left(1+\frac{B}{2L}\right)$$

---

[2] BOWLES. Op. cit., p 99.

Para los sitios donde predominan los suelos cohesivos a nivel de fundación, el módulo de balasto se calcula en función del ensayo SPT con la siguiente expresión:

$$k\left(\frac{t}{m^3}\right) = 40 \cdot N \cdot \frac{1}{B}\left(1+\frac{B}{2L}\right)$$

Cuadro 25. Módulo de balasto a nivel de cimentación (B = L= 1.00 m)

Profundidad (Df)	USC	N60	K_{30} [Kg/cm³]	k_R [Kg/cm ³]	
				Seco	Sumergido
1.00	CL	3	0.12	0.18	0.18
2.00	CL	5	0.20	0.30	0.30
3.00	CL	6	0.24	0.36	0.36
4.00	CL	8	0.32	0.48	0.48
5.00	CL	10	0.40	0.60	0.60

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 26. Valores de referencia de k_{30}:

Valores de K30 en Kg/cm3 por Rodriguez Ortiz		
Tipo Suelo	K30 min	K30 max
Arena fina de playa	1	1,5
Arena floja, seca o húmeda	1	3
Arena media, seca o húmeda	3	9
Arena compacta, seca o humeda	9	20
Gravilla arenosa floja	4	8
Gravilla arenosa compacta	9	25
Grava arenosa floja	7	12
Grava arenosa compacta	12	30
Margas arcillosas	20	40
Rocas blandas o alteradas	30	500
Rocas sanas	800	30000
Arcilla (qu=1-2 kg/cm2)	1,6	3,2
Arcilla (qu=2-4 kg/cm2)	3,2	6,4
Arcilla (qu=>4 kg/cm2)	>6,4	

Fuente: Rodríguez Ortiz

6 ASPECTOS SÍSMICOS Y CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE LOS SUELOS

6.1 PERFIL DE LOS SUELOS

Para la clasificación del perfil del suelo se utilizó el promedio de los golpes SPT desde el primer metro de profundidad, obteniéndose:

Cuadro 27. Promedio de SPT a lo largo de las exploraciones.

Perfil	$\bar{\bar{N}}_{spt}$
1.00 – 6.00 m	6

Cuadro 28. Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C, D o E

Tipo de perfil	$\bar{v}_s$	$\bar{N}$ o $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$
C	entre 360 y 760 m/s	mayor que 50	mayor que 100 kPa (≈ 1 kgf/cm²)
D	entre 180 y 360 m/s	entre 15 y 50	entre 100 y 50 kPa (0.5 a 1 kgf/cm²)
E	menor de 180 m/s	menor de 15	menor de 50 kPa (≈0.5 kgf/cm²)

Fuente: Tabla A.2.4-2 NSR-10

De acuerdo con las características predominantes de los perfiles, los suelos se sitúan en un **Tipo E** (N□15).

Coeficiente de importancia: I = 1.00 (Estructuras de ocupación normal) Grupo I.

6.2 CLASIFICACIÓN ZONA DE AMENAZA SÍSMICA

Debido a que no existe mapa de micro zonificación sísmica para el municipio de Arauquita, la información de zonificación se basó en el Mapa de Amenaza Sísmica de Colombia del Servicio Geológico Colombiano.

De acuerdo a la NSR (Normas Sismo Resistentes Colombianas 2010) título A, El municipio de Arauquita – Arauca, pertenece a una zona de amenaza sísmica Intermedia, en la figura 17 se observa la ubicación del municipio de Arauquita en el mapa de amenaza sísmica de Colombia.

Figura 17. Mapa de amenaza sísmica de Colombia



Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

6.3 DETERMINACIÓN PARÁMETROS SÍSMICOS

De acuerdo a la NSR – 10, el tipo de clasificación del suelo y la zona de amenaza sísmica, se concluye que los parámetros símicos que caracterizan esta son:

A_a	0.20
A_v	0.15
F_a	1.70
F_v	3.35
A_e	0.07
A_d	0.03

Donde:

Aa: Coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva, para diseño.
Av: Coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva, para diseño. **Fa**: Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos, debido a los efectos de sitio, adimensional.
Fv: Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios, debida a los efectos de sitio, adimensional.
Ae: Es la suma de los espesores de los k estratos de suelos cohesivos localizados dentro de los 30 m superiores del perfil.
Ad: Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva, para el umbral de daño.

6.4 ANÁLISIS DE LICUACIÓN DE LOS SUELOS

Se habla de la **licuefacción de un suelo** o también llamada **licuación de suelos** cuando el terreno pierde su resistencia al corte y por tanto se comporta como un líquido debido a que se desarrollan presiones intersticiales de forma rápida (sin drenaje) como consecuencia de un sismo o terremoto.

Generalmente los suelos potencialmente más licuables son las arenas finas y poco densas y los limos y arenas mal gradados aunque también se han dado casos en arenas gruesas y gravas y en turbas o suelos altamente orgánicos.

6.4.1 Condiciones para que ocurra la licuación en los suelos.

Además del tipo de terreno, para que se produzca este fenómeno, el nivel freático debe encontrarse cerca de la superficie, la compacidad de los materiales suele ser baja (NSPT<20) y la intensidad del terremoto alta.

Concretamente, según González De Vallejo, 2002, se pueden establecer las siguientes circunstancias desencadenantes de este fenómeno:

- Sismos de magnitud igual o superior a 5.5, con aceleraciones superiores o iguales a 0.2g.
- A partir de los 15 m de profundidad no se han conocido fenómenos de licuefacción en suelos.
- El nivel freático, en la mayoría de los casos en los que se ha presentado la licuefacción se encontraba a poca profundidad, inferior a 3 m; por debajo de los 5 m de profundidad, la susceptibilidad a la licuefacción es muy baja.

De modo general, las propiedades que caracterizan a los suelos licuefactables (González de Vallejo, 2002) son las siguientes:

- Grado de saturación del 100%.
- Diámetro medio D50 entre 0.05 y 100 mm.
- Coeficiente de uniformidad Cu=D60/D10<15.
- Contenido en finos inferior al 10%.
- Bajo grado de compactación, es decir NSPT<10 para profundidades <10m y NSPT<20 para profundidades >10m.

O según Wang, 1979, los suelos con las siguientes propiedades:

- Tamiz 0,005 mm ≤ 15%
- Límite líquido LL ≤ 35%
- Humedad natural w ≥ 0.9 LL
- Índice líquido IL ≤ 0.75

Como puede verse los suelos licuables suelen estar comprendidos entre las arenas y los limos.

6.4.2 Estimación de la susceptibilidad a la licuación de los suelos.

Estimaremos el potencial de licuación con el método de la ROM-05 el cual puede verificar la seguridad frente a la licuefacción según la siguiente expresión:

$$F=CRR/CSR$$

Siendo:

F: Coeficiente de seguridad, cuando el valor es próximo a la unidad (0.9 a 1.1) las probabilidades de licuefacción son altas.
CRR: Valor de resistencia a la licuefacción (Cyclic Resistance Ratio). Se trata de un número adimensional que trata de medir la resistencia a la licuefacción en base al contenido en finos y valor del SPT corregido por la sobrecarga y efecto de la energía de ensayo.

CSR: Solicitación sísmica. Se trata de un número adimensional que puede calcularse según la siguiente expresión:

$$CSR = a_{max} \frac{\sigma^{v0}}{\sigma'_{vo}} (1\text{-}0.015d)$$

Donde:

σ_{vo} = tensión vertical total, antes del terremoto. σ'_{vo} = tensión vertical efectiva, antes del terremoto.
a_{max} = valor de cálculo de la aceleración horizontal máxima del terreno en el emplazamiento considerado, equivalente a la aceleración sísmica de cálculo obtenida a partir de la aceleración sísmica básica PGA (a_{max} = 2/3 PGA). g = aceleración de la gravedad.

Cuadro 29. Coeficiente de seguridad a la licuación de los suelos.

Valor de la Magnitud	7.5 Ms
Nivel Freatico	1.20 m
Aceleracion Maxima	0.20 g

						σvo	σ'vo	CSR	CRR	
Prof	Clasif	Dens	Cont finos	D50	N	Esf Total	Esf Efec	Por Sismo	Por suelo	F

m	SUCS	Ton/m	%	mm	gol/pie	Kg/cm2	Kg/cm2	Td/Sv	Tl/Sv	
1.23	CL	1.852	11.19	0.01	3	0.227796	0.224796	0.199	0.506	2.545
2.23	CL	1.904	89.89	0.01	5	0.418196	0.315196	0.256	0.543	2.118
3.23	CL	1.904	89.89	0.01	6	0.608596	0.405596	0.286	0.553	1.936
4.23	CL	1.911	89.89	0.01	8	0.799696	0.496696	0.302	0.575	1.908
5.23	CL	1.911	89.89	0.01	10	0.990796	0.587796	0.311	0.593	1.909

Fuente: Elaboración propia

Considerando los resultados presentados en el cuadro anterior, se concluye que los suelos NO son susceptibles a licuación (F>1.1).

7 CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS

En este capítulo se realiza una evaluación de las condiciones de soporte del suelo y el cálculo de la capacidad portante de los suelos para las obras de este proyecto.

7.1 GENERALIDADES

Se define capacidad admisible para una cimentación como: "el menor valor entre la capacidad calculada a partir de la resistencia ante falla, reducida por el factor de seguridad, y la que produzca asentamientos inferiores a los permitidos. Esta capacidad debe ser claramente establecida en los estudios geotécnicos. Después de conocer las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que conforman la zona geotécnica encontrada mediante la exploración realizada se procede a determinar la capacidad de carga y el nivel de deformaciones que se pueden presentar debido a las cargas impuestas, se establece ahora el nivel de cimentación para entrar a valorar la capacidad portante. Para el sitio de estudio se determinarán las capacidades portantes del suelo a diferentes profundidades.

7.2 NIVEL Y SISTEMA DE CIMENTACIÓN

Este nivel de la cimentación debe quedar a una profundidad tal que se garantice una resistencia adecuada del suelo y que presente deformaciones inmediatas y por consolidación tolerable para el tipo de proyecto y las cargas que se impondrán.

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR 10, en el numeral H4.6 – Profundidad de cimentación, establece para la profundidad de cimentación:

(a) La profundidad tal que se elimine toda posibilidad de erosión o meteorización acelerada del suelo, arrastre del mismo por tubificación causada por flujo de las aguas superficiales o subterráneas de cualquier origen.

(b) En los suelos arcillosos, la profundidad de las cimentaciones debe llevarse hasta un nivel tal que no haya influencia de los cambios de humedad inducidos por agentes externos.

(c) Es preciso diseñar las cimentaciones superficiales en forma tal que se eviten los efectos de las raíces principales de los árboles próximos a la edificación o alternativamente se deben dar recomendaciones en cuanto a arborización.

Según las condiciones encontradas en el sitio de estudio se recomienda cimentar las estructuras en el estrato de arcilla de consistencia media, por lo que el nivel de cimentación mínimo se tomará a partir de los 2.00 metros de profundidad.

7.2.1 Cimentación superficial.

De acuerdo a la zona geotécnica encontrada y definida, se hace la evaluación de la capacidad de carga con las expresiones de cimentaciones. De manera que se pueda establecer un perfil de capacidad de carga. También se evalúa la capacidad de carga como máximo a 4.00 m de profundidad. Es necesario mencionar que para aplicar los valores de carga a áreas resultantes es indispensable comprobar que los materiales existentes son los reportados en el estudio realizado. La capacidad de soporte del suelo reportada en la exploración realizada se calculó ecuación presentada por Meyerhof; la cual dice que una cimentación es superficial si la profundidad Df de la cimentación es menor o igual al ancho de la misma. Sin embargo, investigadores posteriores han sugerido que cimentaciones con Df igual a 3 o 4 veces el ancho se definen como cimentaciones superficiales.

7.3 CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE

En este literal se procederá a realizar los diferentes cálculos de capacidad portante que apliquen a este proyecto, adicionalmente se presentaran las metodologías y expresiones matemáticas que se emplearan para el desarrollo y obtención de dichos cálculos.

7.3.1 Ecuaciones de capacidad portante utilizadas en el análisis

Ecuación general de capacidad portante para suelo con fricción y cohesión (□≠0, c≠0), MEYERHOF.

$$q_u = cN_cF_{cs}F_{cd}F_{ci} + qN_qF_{qs}F_{qd}F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma F_{\gamma s}F_{\gamma d}F_{\gamma i}$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot\phi \qquad N_q = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)e^{\pi\tan\phi} \qquad N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan\phi$$

Dónde:

c: cohesión del suelo
B: ancho de la cimentación
□: peso unitario del suelo de fundación q = □D: esfuerzo efectivo a nivel del fondo de la cimentación. D=profundidad de desplante, □ peso unitario del suelo por encima de la profundidad de desplante.
N_c, N_q, N□: Factores de capacidad de carga
F_{cs}, F_{qs}, F□s: Factores de forma
F_{cd}, F_{qd}, F□d: Factores de profundidad
F_{ci}, F_{qi}, F□i: Factores de inclinación de la carga sobre la cimentación

7.3.2 Cálculos de capacidad de carga admisible de los suelos de fundación ("perfil de diseño")

La capacidad de carga nominal del suelo fue evaluada utilizando análisis de esfuerzos totales y parámetros de resistencia obtenido de los resultados del ensayo de compresión inconfinada (C = 2.5 y 3.5 ton/m^2), y considerando el máximo nivel freático esperado durante la vida útil de la estructura.

Cuadro 30. Capacidad portante admisible

SUELO NATURAL	
Propiedades del suelo	

Ángulo de resistencia al corte □ = 0.00 °

□ = 0.000 rad N.F= 1.20 m

Cohesión C = 2.5/3.5 T/m² γsat = 1.94 T/m³

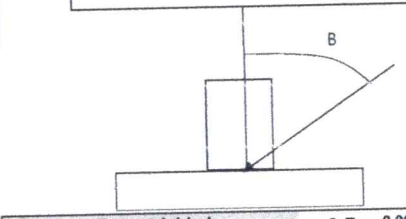
Peso unitario de la sobrecapa □b = 1.852 T/m³ □w = 1.00 T/m³ Peso unitario del suelo de fundación □ = 1.908 T/m³ γ` 0.94 T/m³

Factores de Capacidad Portante	
Nc =	5.14
Nq =	1.00
N□ =	0

C=2.50 T/m2 (Df < 2.00 m)

H estrato	H= 6 m
FS	3

Inclinación de cargas	
B =	0 ° / 0 rad



Excentricidad	e = 0.00 m

C=3.50 T/m2 (2.00 m < Df < 4.00 m)

Cálculo de Capacidad Portante del Suelo para cimientos superficiales.

Df	B	B/L	L	B'/L'	L'	Fcs	Fqs	F□s	Df/B	Fcd	Fqd	F□d	Fci	Fqi	F□i	q	□	□u (t/m2)	□a(t/m2)	□n(t/m2)	Qmax(T)
1.50	1.00	--	--	--		1.000	1.000	1.000	1.50	1.393	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	2.505	0.9430	20.41	6.80	4.30	4.30
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.195	1.000	0.600	1.50	1.393	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	2.505	0.9430	23.89	7.96	5.46	5.46
	1.00	0.75	1.33	0.75	1.33	1.146	1.000	0.700	1.50	1.393	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	2.505	0.9430	23.02	7.67	5.17	6.89
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.097	1.000	0.800	1.50	1.393	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	2.505	0.9430	22.15	7.38	4.88	9.75
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.049	1.000	0.900	1.50	1.393	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	2.505	0.9430	21.28	7.09	4.59	18.35
2.00	1.00	--	--	--	--	1.000	1.000	1.000	2.00	1.443	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	2.977	0.9430	28.93	9.64	6.67	6.67
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.195	1.000	0.600	2.00	1.443	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	2.977	0.9430	33.98	11.33	8.35	8.35
	1.00	0.75	1.33	0.75	1.33	1.146	1.000	0.700	2.00	1.443	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	2.977	0.9430	32.72	10.91	7.93	10.57
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.097	1.000	0.800	2.00	1.443	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	2.977	0.9430	31.46	10.49	7.51	15.02
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.049	1.000	0.900	2.00	1.443	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	2.977	0.9430	30.20	10.07	7.09	28.35
3.00	1.00	--	--	--	--	1.000	1.000	1.000	3.00	1.500	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.920	0.9430	30.90	10.30	6.38	6.38
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.195	1.000	0.600	3.00	1.500	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.920	0.9430	36.15	12.05	8.13	8.13
	1.00	0.75	1.33	0.75	1.33	1.146	1.000	0.700	3.00	1.500	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.920	0.9430	34.83	11.61	7.69	10.26
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.097	1.000	0.800	3.00	1.500	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.920	0.9430	33.52	11.17	7.25	14.51
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.049	1.000	0.900	3.00	1.500	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.920	0.9430	32.21	10.74	6.82	27.27
4.00	1.00	--	--	--	--	1.000	1.000	1.000	4.00	1.530	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	4.863	0.9430	32.39	10.80	5.94	5.94
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.195	1.000	0.600	4.00	1.530	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	4.863	0.9430	37.75	12.58	7.72	7.72
	1.00	0.75	1.33	0.75	1.33	1.146	1.000	0.700	4.00	1.530	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	4.863	0.9430	36.41	12.14	7.27	9.70
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.097	1.000	0.800	4.00	1.530	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	4.863	0.9430	35.07	11.69	6.83	13.66
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.049	1.000	0.900	4.00	1.530	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	4.863	0.9430	33.73	11.24	6.38	25.53

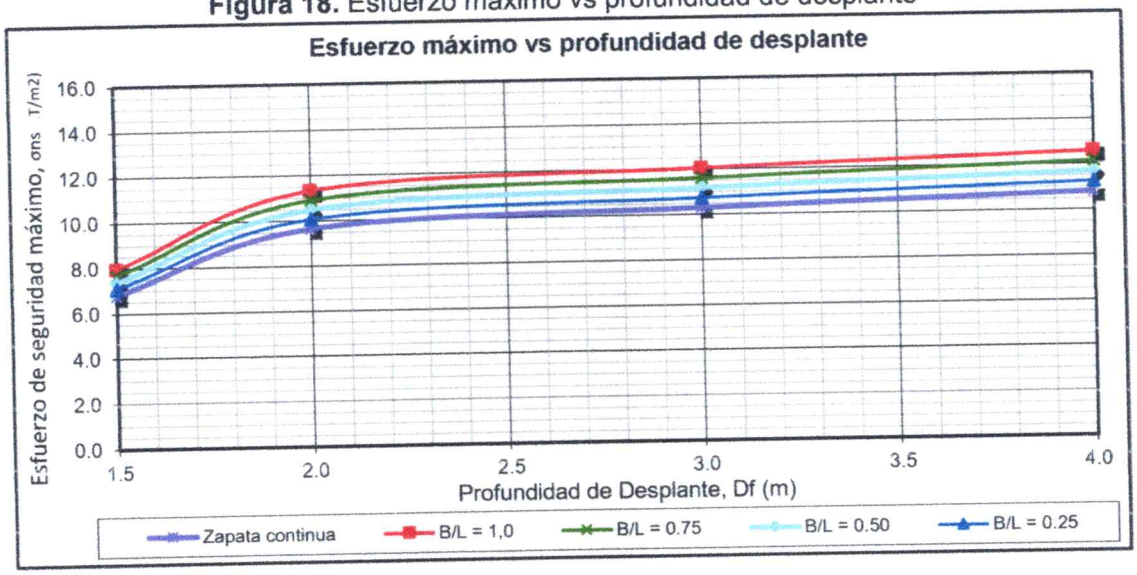
Convenciones:

□ = Ángulo de resistencia al corte Fcd =

C = Resistencia no drenada
B = Ancho de cimentación
L = Largo de cimentación
Df = Profunidad de desplante
L' = Largo efectivo
Fcs = Factor de corrección por fo
Fqs = Factor de corrección por fo
Fcd = Factor de corrección por pr
Fqd = Esfuerzo neto
FOd Esfuerzo neto de seguridad
– Carga máxima
Fci = Factor de corrección por in
Fqi =
FOi =
Qu = Esfuerzo último
Qn =
Qns –
Qmax =

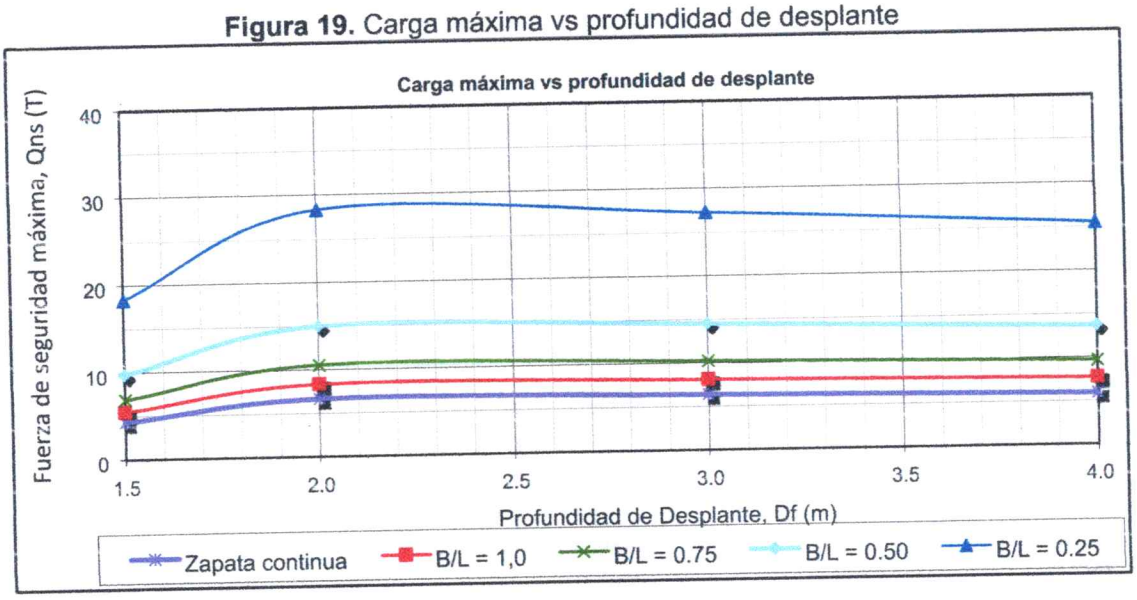
Las capacidades portantes evaluadas para diferentes relaciones ancho, longitud y profundidad de desplante, se presentan en el cuadro 30 para el perfil geotécnico de diseño encontrado en el sitio del proyecto.

Figura 18. Esfuerzo máximo vs profundidad de desplante



Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Carga máxima vs profundidad de desplante



Fuente: Elaboración propia

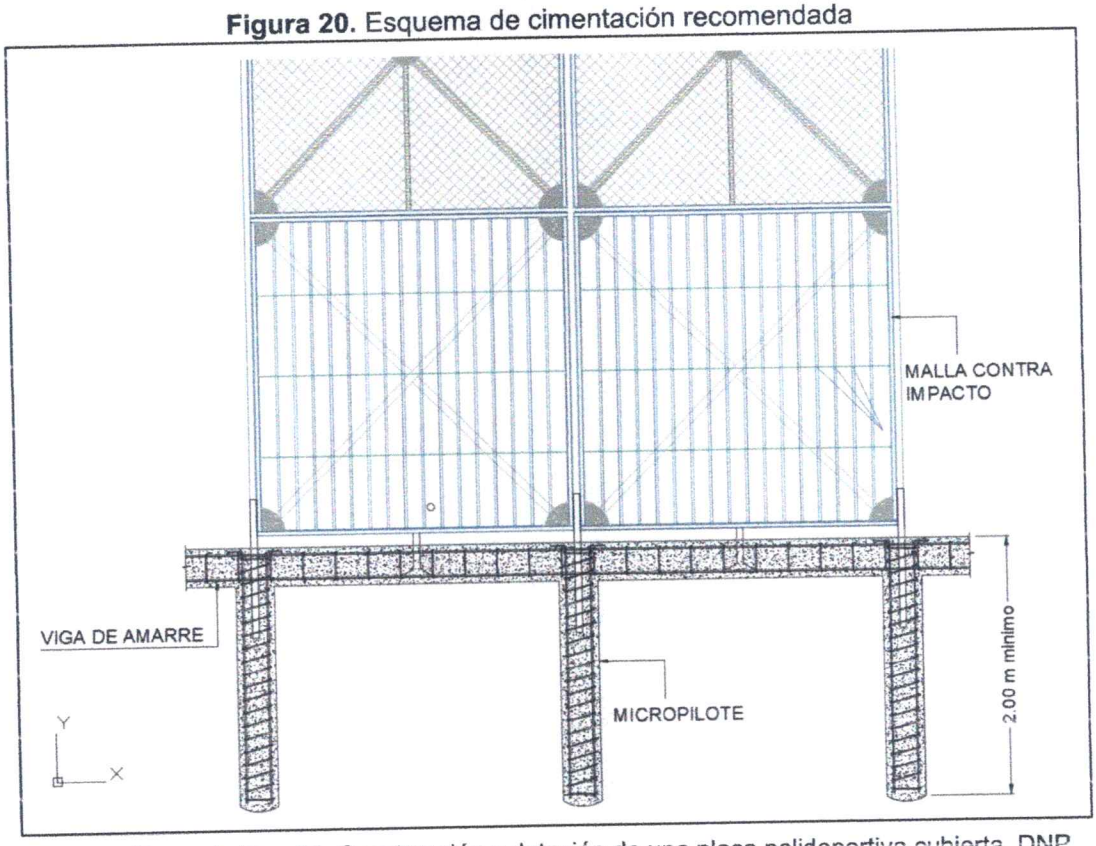
Se puede observar que la capacidad portante c, la cual se considera satisfactoria para las cargas transmitidas.

7.4 SELECCIÓN ALTERNATIVA DE CIMENTACIÓN

De acuerdo con los resultados presentados en numerales anteriores y al tipo de estructura a construir (malla contra impacto), se recomienda una cimentación mediante micropilotes en concreto reforzado de 30 cm de diámetro, de 1.80 m de longitud mínima con una viga de amarre en concreto reforzado de 0.40 m x 0.30 m de sección.

En la figura 16 se presenta un esquema de la cimentación recomendada

Figura 20. Esquema de cimentación recomendada



Fuente: Proyecto Tipo 10. Construcción y dotación de una placa polideportiva cubierta. DNP

Para la construcción de la ampliación de la placa polideportiva, se recomienda que se apoye sobre una capa de material granular seleccionado tipo subbase de acuerdo con las indicaciones de la Tabla 2 "Espesores de subbase granular bajo la placa polideportiva", del Proyecto Tipo 10 "Construcción y dotación de una placa polideportiva cubierta" versión 2.0 del Departamento Nacional de Planeación, DNP.

Cuadro 31. Capacidad portante admisible

PERFIL DE SUELO	ESPESOR DE SUBBASE GRANULAR
A y B	0,15 m
C y D	0,20 m
E	0,25 m
F	Mejora del suelo = 0,20 m Subbase = 0,15 m

Fuente: Proyecto Tipo 10. Construcción y dotación de una placa polideportiva cubierta. DNP

El espesor sugerido de subbase según el perfil de suelo es de 25 cm (0.25 m), sin embargo, debido a la baja capacidad de soporte de la subrasante CBR<3% (subrasante tipo S2) se recomienda realizar un mejoramiento del suelo con material granular TM 4" de 20 cm de espesor y 15 cm de subbase granular como soporte de la placa polideportiva.

7.5 EXCAVACIONES PARA CIMENTACIÓN

Las excavaciones para la cimentación podrán proyectarse con taludes verticales dado su carácter temporal, se debe evitar someterlas demasiado tiempo a la acción de los agentes atmosféricos. El material deberá colocarse a una distancia conveniente de la excavación, para evitar riesgos de material suelto que caiga dentro de la misma.

Para profundidades superiores a 1.50 m, las excavaciones pueden sufrir asentamientos a causa del nivel freático. Cuando se hacen grandes cortes en arena, abajo del nivel freático, es aconsejable abatirlo antes de la construcción, después es posible proceder a la excavación, sin que se produzcan más asentamientos que los correspondientes a la misma excavación hecha en arena húmeda. Sin embargo, el proceso de abatir el nivel freático puede producir por sí mismo asentamientos en ciertas condiciones.

En el caso de suelos sin cohesión, la estabilidad del fondo se debe analizar por flujo de agua. Para reducir el peligro de falla de este tipo, el agua freática deberá controlarse y

extraerse de la excavación por bombeo desde cárcamos, pozos punta o pozos de alivio con nivel dinámico sustancialmente inferior al fondo de la excavación.

Un abatimiento diseñado, instalado y operado apropiadamente facilitará la construcción:

- Bajando el nivel del agua e interceptando la infiltración, evitando que el agua emerja por las paredes o por el fondo de la excavación.
- Incrementando la estabilidad de las paredes excavadas.
- Previniendo la erosión del material en las paredes o en el fondo de la excavación. • Previniendo la ruptura o empuje del fondo de una excavación

Si el abatimiento del nivel freático es insuficiente para evitar el flujo de agua hacia la excavación, las fuerzas de filtración pueden provocar inestabilidad del fondo.

El tiempo que dure una excavación abierta y más si ésta tiene control de los niveles de agua, afecta de manera directa a las propiedades del suelo. Si suponemos una excavación que pudiera realizarse de forma instantánea, los esfuerzos y deformaciones que experimentaría el suelo serían en una condición de no flujo de agua, sería una condición no drenada. Por el contrario, si la misma excavación se realizara en un tiempo infinito, los esfuerzos y deformaciones en el suelo ocurrirían con flujo de agua, por lo que la excavación se realizaría en una condición drenada. En general los procesos de excavación se realizan en un tiempo finito que representan una condición parcialmente drenada. De manera práctica se puede suponer que excavaciones en suelos cohesivos se pueden considerar que responden a un comportamiento no drenado; con el mismo criterio se puede suponer que excavaciones que se realicen en suelos granulares responden a un comportamiento drenado.

7.5.1 Abatimiento del nivel freático.

La presencia del nivel freático cerca de la superficie del terreno o a poca profundidad trae una multitud de problemas a la hora de realizar trabajos por debajo de dicho nivel. Una de las soluciones a considerar ante este problema, es el abatimiento del nivel freático, tanto por sus plazos de ejecución como por su economía. El abatimiento del nivel freático es la técnica que consiste en la extracción continua de agua intersticial del terreno, de modo que el perfil de la lámina freática se mantenga por debajo de la excavación a ejecutar, dejando prácticamente seca una zona.

Se recomienda emplear el abatimiento del nivel freático, ya sea por estabilidad del terreno o por facilidad de ejecución de obra, realizar un descenso general del nivel freático, en vez de retirar el agua de las zonas ya excavadas mediante bombeo abierto. Para la aplicación de esta técnica se debe tener en cuenta las características hidrológicas del terreno, el tamaño y profundidad de la zona que se quiere desecar, los métodos provistos o posibles de excavación y contención del suelo, el destino y condiciones de funcionamiento de la obra a construir, la proximidad de estructuras ya existentes y el plazo de ejecución.

Cuadro 32. Métodos de control de flujo de agua en excavaciones en diferentes tipos de suelos (Tamez, 2001)

Tipo de suelo	D10 (mm)	k (cm/s)	Procedimiento aplicable
Grava con arena, con menos de 10% de finos no plásticos	>1	>1	Pantallas impermeables
Arena con menos de 10% de finos plásticos	1	1	Muros de concreto
	0.3	10^{-1}	Pozos profundos
	0.1	10^{-2}	Pozos punta pozos profundos con eyector
Arena limosa con 10 a 50 % de finos no plásticos	0.03	10^{-3}	
Limos con arena, más de 50 % de finos no plásticos		10^{-4} -10^{-5}	pozos punta combinados con vacio
Arena arcillosa, con más de 15% de finos plásticos, limo plástico , o arcillas		$< 10^{-5}$	Pozos profundos o pozos punta, combinados con electroósmosis

El método adoptado para el abatimiento del nivel freático depende de los siguientes aspectos:

a) Condiciones del suelo, como la permeabilidad de las capas
b) Profundidad de la excavación bajo el nivel freático.
c) Método de soporte de las paredes de la excavación, como tableros cerrados o con intervalos
d) Necesidad de garantizar la seguridad de las construcciones o edificios vecinos.

Cuando se aplique un sistema de abatimiento del nivel freático, se debe cumplir con las condiciones siguientes:

a) El nivel freático rebajado debe ser controlado constantemente, evitando fluctuaciones que alterarían la estabilidad del talud;

b) El método adoptado debe ser completamente estable, a fin de evitar derrumbes y otros desequilibrios del talud
c) No debe ocurrir ninguna pérdida de suelo de granulación fina; el control mediante un depósito clarificador, donde este suelo se decanta, debe indicar si es necesario instalar un sistema de filtros a fin de retener el suelo fino
d) Debe haber una reserva de capacidad adecuada de bombeo y una planta auxiliar de seguridad, que pueda servir también durante el mantenimiento
e) La salida del sistema de desagüe debe estar lejos de la excavación;
f) La actividad de bombeo no debe afectar las construcciones que estén junto o cerca a la excavación;
g) El nivel freático del agua no debe estar más abajo que lo requerido para la construcción.

7.5.2 Estabilidad de los taludes de la excavación.

La estabilidad de un talud depende de varios factores y algunas circunstancias pueden influir en ésta de una manera negativa, como:

a) Un nivel freático al nivel del piso de excavación o más alto (agua que llega por otras razones como lluvia excesiva)
b) Carga lateral o cercanía a excavaciones para edificios, caminos, materiales de construcción, equipamientos de excavación o el suelo que salga de la excavación misma
c) Heterogeneidad del terreno y/o suelo conformado en capas; rellenos antiguos cerca de la excavación y cavidades con arena movediza
d) Vibraciones originadas por máquinas excavadoras, máquinas para la hincadura de pilotes, tránsito pesado (ferroviario) y uso de explosivos.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

- Los suelos de la zona están compuestos por arcillas de mediana plasticidad de consistencia blanda a firme. Los suelos de naturaleza fina abundan en toda la profundidad explorada.

- Del análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio en el sector de diseño obtenidos para el perfil promedio establecido, se obtienen los parámetros de resistencia del suelo a nivel de cimentación, por medio de ensayos de compresión inconfinada en estado inalterado: c' = 0.25, 0.35 y 0.48 kg/cm^2, □' = 0.0°.

- La capacidad portante admisible para una cimentación superficial entre 1.50 y 4.00 m de profundidad es de 79.6 y 126 kPa (7.96 y 12.58 Ton/m^2).

- El potencial de expansión de los suelos encontrados es considerado bajo a medio.

- El nivel freático se evidenció a profundidades entre 1.20 y 1.30 m. La humedad promedio hasta la profundidad explorada de los suelos fue de 21.13% fluctuando entre 6.65% y 29.27%.

- De acuerdo a la NSR-10 título A, el perfil de suelo es **Tipo E**, con un coeficiente de importancia de 1.0 perteneciente al grupo I (Estructuras de ocupación normal).

- Durante las exploraciones no se identificaron suelos problemáticos (orgánicos).

- Los asentamientos máximos esperados totales son menores a 25 mm.

- Par la capa superficial de subrasante el CBR de diseño es de 2.260%, con un módulo elástico Mr, de 4305 psi, subrasante tipo S2 (CBR < 3%).

8.2 RECOMENDACIÓN DE CIMENTACIONES

- Para la construcción de la malla contra impacto se recomienda una cimentación mediante micropilotes en concreto reforzado de 30 cm de diámetro, de 1.80 m de longitud mínima con una viga de amarre en concreto reforzado de 0.40 m x 0.30 m de sección (ver figura 16, pág 52).

- Debido a la baja capacidad de soporte de la subrasante CBR<3% (subrasante tipo S2) se recomienda realizar un mejoramiento del suelo con material granular TM 4" de 20 cm de espesor y 15 cm de subbase granular como soporte de la placa polideportiva

- El mejoramiento del suelo debe realizarse retirando el material del suelo por debajo del nivel de fundación de la losa y reemplazarlo por material granular TM 2" compactado al 95% del Proctor modificado, para después aplicar una capa de concreto de saneamiento de 5 cm de espesor mínimo. Dependiendo de las cotas de diseño de la placa de cimentación, se determinará si es necesario realizar una excavación para la colocación del material granular de mejoramiento o si éste se deberá colocar sobre el relleno actual.

- El material de mejoramiento que servirá de apoyo para las losas de concreto hidráulico designado como subbase granular con un espesor mínimo de 15 cm, deberá cumplir los requisitos exigidos en el artículo 320-13, el cual destaca las condiciones mínimas recomendadas para suministro, transporte, colocación, humedecimiento o aireación, extensión y conformación, compactación y terminado. Se puede emplear la granulometría descrita en el artículo 320-13 tipo SBG-50 o SBG-38, dependiendo de las características encontradas de los materiales aledaños a la zona del proyecto.

Cuadro 33. Franjas granulométricas del material de subbase granular

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	50.0	37.5	25.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	2"	1 ½"	1"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA								
SBG-50	100	70-95	60-90	45-75	40-70	25-55	15-40	6-25	2-15
SBG-38	-	100	75-95	55-85	45-75	30-60	20-45	8-30	2-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

Fuente: Tabla 320-3, Artículo 320-13 Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, INVIAS, 2013.

- Se recomienda el buen manejo de las aguas superficiales con canales perimetrales al proyecto de construcción que entreguen directamente a los sistemas de alcantarillado o cuerpos de aguas cercanos y no permita la infiltración a los suelos de la fundación. En caso de presentarse lluvias que inunden las excavaciones, se deberá evacuar el agua con motobombas con el fin de mantener este recinto los más seco posible durante la ejecución de los trabajos de construcción de las zapatas.
- En todo caso las condiciones en campo deben ser verificadas por el geotecnista del proyecto durante la realización de la obra y ajustar los parámetros a los suelos encontrados diferentes a los reportados en este informe o en su defecto comunicarse con el laboratorio para realizar los ajustes respectivos.

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Ing. Civil UFPS - Esp. En Geotecnia Ambiental UDES MP.
54202-72031 NTS - CC. 88.215.089 de Cúcuta

9 REFERENCIAS

BOWLES J. E. Foundation analysis and design. McGraw-Hill, 1997.

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DEL SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Plancha 124 – Arauquita. 2011

CONSTRUCCIÓN Y DOTACIÓN DE UNA PLACA POLIDEPORTIVA CUBIERTA. Proyectos Tipo Soluciones Agiles para un nuevo País. Departamento Nacional de Planeación Subdirección Territorial y de Inversiones Públicas. Colombia, febrero de 2017.

Das D. Shallow foundations-Bearing capacity and settlement. Taylor & Francis Group, 2009.

INVIAS. Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, Artículo 220-07, agosto de 2007.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10), marzo de 2010.

ANEXOS

ANEXO A-1. REGISTRO FOTOGRÁFICO



Foto 1. Exploración de Campo Apique A-01



Foto 2. Ensayo de (PDC) Apique A-01



Foto 3. Toma (CBR) Apique A -01



Foto 4. Exploración de Campo Apique A-02



Foto 5. Ensayo de (PDC) Apique A-02



Foto 6. Toma (CBR) Apique A-02



Foto 7. Exploración de Campo Apique A-03



Foto 8. Ensayo de (PDC) Apique A-03



Foto 9. Toma (CBR) Apique A -03

Foto Sondeo



10. Exploración de Campo S-01

Foto Sondeo



Foto 11. Exploración de Campo S-01

Foto Sondeo



12. Exploración de Campo S-02

Foto Sondeo



Foto 13. Exploración de Campo Sondeo S-02

Foto Sondeo



14. Exploración de Campo S-03

Foto Sondeo



Foto 15. Exploración de Campo S-03

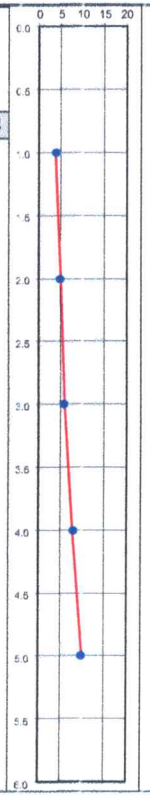
ANEXO A-2 PERFILES DE SUELO

REGISTRO DE SONDEO EXPLORATORIO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."				
SOLICITANTE:	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**Contrato No.**		**Fecha:**	SEPTIEMBRE DE 2025
SONDEO No.	S-01	**Sector:**		**Coordenadas:**	7° 1'16.62"N - 71°25'29.82"O

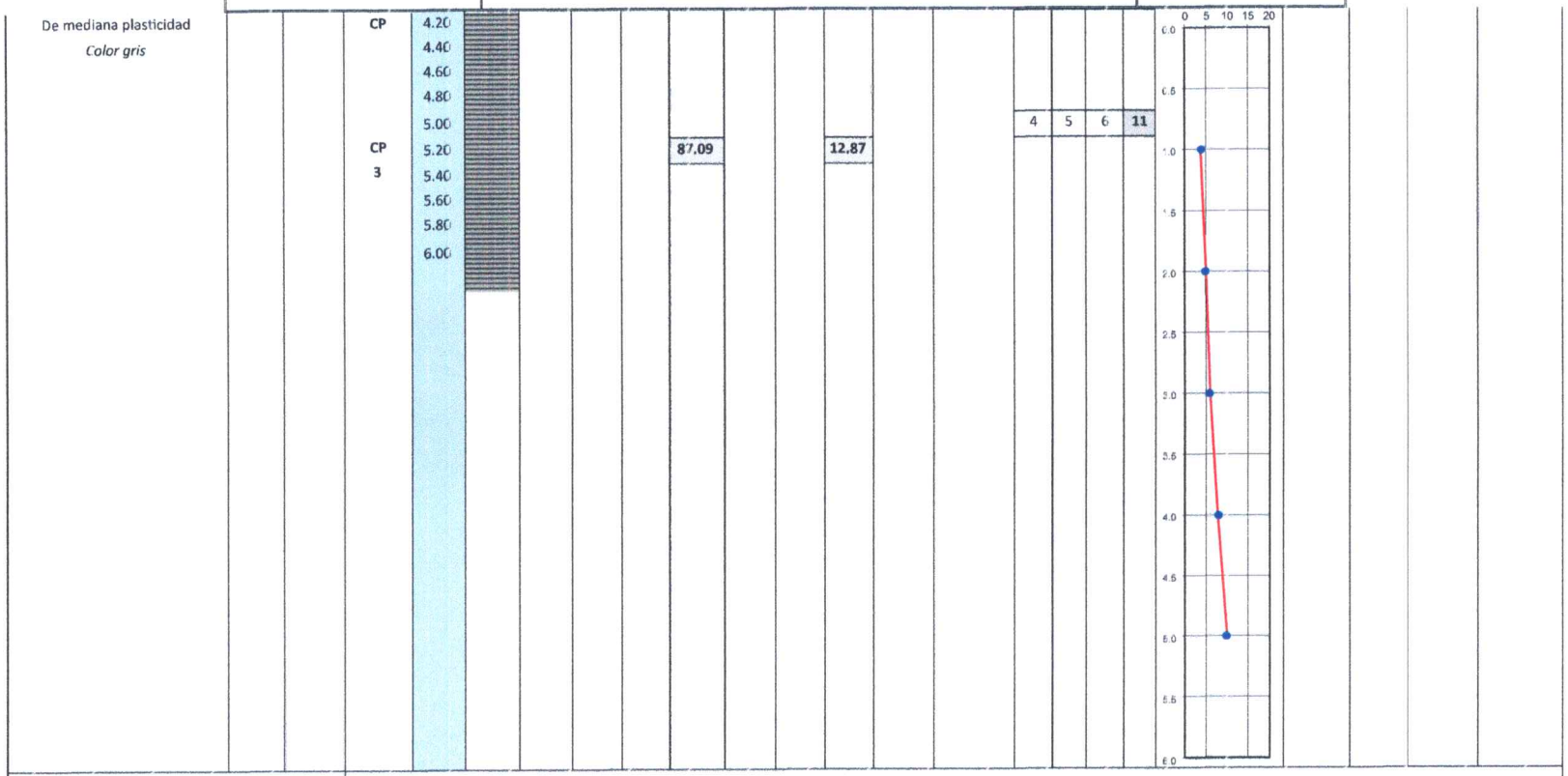
DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN SUC	CLASIFICACIÓN AASHTO	MUESTRA No.	PROF. mts.	LITOLOGÍA.	GRANULOMETRÍA GRAVA %	GRANULOMETRÍA ARENA %	GRANULOMETRÍA LIMO %	GRANULOMETRÍA ARCILLA %	LIMITES PLASTICIDAD LL %	LIMITES PLASTICIDAD LP %	LIMITES PLASTICIDAD IP %	HUM. NATURAL %	PESO UNITARIO Ton / m3	SPT N1 0.15	SPT N2 0.30	SPT N3 0.45	SPT N	Gráfico N vs Profundidad	Cohesion C Kg/cm2	Angulo Fricción Ø°	Capacidad Admisible (qa) Ton / m2	Asentamiento (mm)
COBERTURA VEGETAL				0.00																Bowles			
ARCILLA De mediana plasticidad *Color amarilla con gris*	CL	A-6(12)	1 CP N.F TS	0.20 0.40 0.60 0.90 1.00 1.20 1.40 1.60 1.80		0.00	11.87	-	88.13	32.80	18.26	14.54	6.65	1.862	2	2	2	4		0.18 0.29	1.0° 2.5°	7.96 11.33 12.05	
ARCILLA De mediana plasticidad *Color gris con naranja*	CL	A-6(11)	CP 2 CP CP	2.00 2.20 2.40 2.60 2.70 3.00 3.20 3.40 3.60 3.80 4.00		0.00	14.98	-	85.02	35.40	21.85	13.55	26.78	1.899	3 3 3	3 4 4	3 4 5	6 8 9		0.35 0.47 0.59	3.0° 4.0° 4.6°	12.58	

				4.20															
				4.40															
				4.60															
				4.80															
				5.00											5	5	7	12	
				5.20					85.47			11.64							
				5.40															
				5.60															
				5.80															
				6.00															
ARCILLA De mediana plasticidad *Color gris*	CL	A-6(9)	CP 3			0.00	14.53	-		32.30	20.66		28.81	1.913					
Fin de la exploración																			
Equipo: SPT MANUAL			**CP**: CUCHARA PARTIDA **PC**: PUNTAZA CIEGA **TS**: TUBO SHELBY **B**: BARRENO **N.F.**: Nivel freático															Perforador: ENDERSON JADIR CACUA RICO	



REGISTRO DE SONDEO EXPLORATORIO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."																						
SOLICITANTE:	MUNICIPIO DE ARAUQUITA											**Contrato No.**					**Fecha:**	SEPTIEMBRE DE 2025					
			SONDEO No.	S-02	**Sector:**												**Coordenadas:**	7° 1'16.75"N - 71°25'29.67"O					
DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		MUESTRA No.	PROF. mts.	LITOLOGÍA.	GRANULOMETRÍA				LIMITES PLASTICIDAD			HUM. NATURAL	PESO UNITARIO	SPT				Gráfico N vs Profundidad	Cohesion C	Angulo Fricción	Capacidad Admisible (qa)	Asentamiento
	SUC	AASHTO				GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA	LL	LP	IP			N1	N2	N3	N					
						%	%	%	%	%	%	%	%	Ton / m3	0.15	0.30	0.45			Kg/cm2	Ø°	Ton / m2	(mm)
COBERTURA VEGETAL				0.00																Bowles			
ARCILLA	CL	A-6(12)		0.20		0.00	13.09	-		33.00	18.45		8.62	1.839						0.18	1.0°	7.96	
De mediana plasticidad				0.40																			
Color amarilla con gris				0.60																		11.33	
				0.90																			
				1.00					**86.91**			**14.55**			2	2	2	4					
			1 CP	1.20																0.29	2.5°		
			N.F																			12.05	
				1.40																			
				1.60																			
				1.80																			
			CP	2.00											2	3	3	6		0.29	2.5°		
			TS 2	2.20																		12.58	
			CP	2.40																			
				2.60																			
ARCILLA				2.70																			
De mediana plasticidad	CL	A-6(10)		3.00		0.00	15.88	-	**84.12**	35.10	22.51	**12.59**	26.34	1.904	3	3	3	6		0.41	3.5°		
Color gris con naranja				3.20																			
				3.40																			
				3.60																			
				3.80																0.53	4.3°		
ARCILLA	CL	A-6(11)		4.00		0.00	12.91	-		33.08	20.21		28.29	1.909	3	3	5	8					



Fin de la exploración		
Equipo: SPT MANUAL	CP: CUCHARA PARTIDA PC: PUNTAZA CIEGA TS: TUBO SHELBY B: BARRENO N.F.: Nivel freático	Perforador: ENDERSON JADIR CACUA RICO

REGISTRO DE SONDEO EXPLORATORIO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."																							
SOLICITANTE:	MUNICIPIO DE ARAUQU TA											**Contrato No.**						**Fecha:**		SEPTIEMBRE DE 2025				
			SONDEO No.	S-03	**Sector:**													**Coordenadas:**		7° 1'16.91"N - 71°25'29.49"O				
DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		MUESTRA No.	PROF. mts	LITOLOGÍA.	GRANULOMETRÍA				LIMITES PLASTICIDAD			HUM. NATURAL	PESO UNITARIO	SPT				Gráfico N vs Profundidad	Cohesion C	Angulo Fricción	Capacidad Admisible (qa)	Asentamiento
	SUC	AASHTO				GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA	LL	LP	IP			N1	N2	N3	N					
						%	%	%	%	%	%	%	%	Ton / m3	0.15	0.30	0.45			Kg/cm2	Ø°	Ton / m2	(mm)
COBERTURA VEGETAL				0.00																Bowles			
				0.20																0.23	2.0°	7.96	
				0.40																			
				0.60																		11.33	
				0.90																			
ARCILLA				1.00																			
De mediana plasticidad	CL	A-6(11)	1 CP	1.20		0.00	13.05	-	86.95	32.30	18.96	13.34	8.35	1.854	2	2	3	5					
Color amarilla con gris				1.30																0.29	2.5°		
			N.F																			12.05	
				1.60																			
				1.90																			
			CP	2.00											3	3	4	7		0.41	3.5°		
				2.20																			
				2.40																		12.58	
				2.60																			
				2.70																			
				3.00											3	4	5	9					
			2	3.20					84.39			12.66								0.53	4.3°		
				3.40																			
				3.60																			
				3.80																			
ARCILLA			CP	4.00											3	5	5	10					
De mediana plasticidad																				0.59	4.6°		
Color gris con naranja	CL	A-6(10)		4.20		0.00	15.61	-		34.90	22.24		27.04	1.910									
ARCILLA			TS	4.40																			
De mediana plasticidad	CL	A-6(11)		4.60		0.00	13.74	-		33.80	20.93		29.27	1.914									
Color gris			CP	4.80																			

| | | |

REGISTRO DE APIQUES EXPLORATORIOS

Proyecto: "MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."

Solicitante: MUNICIPIO DE ARAUQUITA — **REGISTRO DE APIQUES EXPLORATORIOS** — **TRAMO**

SONDEO - APIQUE No. A-01 — **LOCALIZACION: 7° 1'16.58"N - 71°25'29.70"O** — **Fecha: SEPTIEMBRE DE 2025**

DESCRIPCIÓN	MUESTRA No.	PROF. mts.	LITOLOGÍA.	GRANULOMETRÍA				LIMITES DE PLASTICIDAD			HUMEDAD NATURAL	CLASIFICACION	
				GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA	LL	LP	IP			
				%	%	%	%	%	%	%	%	AASHTO	SUC
		0.00											
ARCILLA ARENOSA **De mediana plasticidad** Color amarilla con gris	1	0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20		0.00	12.49	-	**87.51**	32.20	20.97	11.23	8.86	A-6	CL
	N.F.	1.30											
		1.40											
		1.50											

Fin de la exploración — N.F. = Nivel Freático

SONDEO - APIQUE No. A-02 — **LOCALIZACION: 7° 1'16.74"N - 71°25'29.54"O** — **Fecha: SEPTIEMBRE DE 2025**

DESCRIPCIÓN	MUESTRA No.	PROF. mts.	LITOLOGÍA.	GRANULOMETRÍA				LIMITES DE PLASTICIDAD			HUMEDAD NATURAL	CLASIFICACION	
				GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA	LL	LP	IP			
				%	%	%	%	%	%	%	%	AASHTO	SUC
		0.00											

ARCILLA ARENOSA **De mediana plasticidad** Color amarilla con gris	1	0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20		0.00	12.99	-	**87.01**	34.30	18.48	15.82	9.87	A-6	CL
	N.F.	1.30											
		1.40											
		1.50											

Fin de la exploración — **N.F.** = Nivel Freático

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
M.P. 5420272031

REGISTRO DE APIQUES EXPLORATORIOS

Proyecto: "MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."

Solicitante: MUNICIPIO DE ARAUQUITA — REGISTRO DE APIQUES EXPLORATORIOS — **TRAMO**

SONDEO - APIQUE No. **A-03** — **LOCALIZACION:** 7° 1'16.87"N - 71°25'29.37"O — **Fecha:** SEPTIEMBRE DE 2025

DESCRIPCIÓN	MUESTRA No.	PROF. mts.	LITOLOGÍA.	GRANULOMETRÍA				LIMITES DE PLASTICIDAD			HUMEDAD NATURAL	CLASIFICACION	
				GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA	LL	LP	IP			
				%	%	%	%	%	%	%	%	AASHTO	SUC
		0.00											

ARCILLA ARENOSA De mediana plasticidad Color amarilla con gris		0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20		0.00	11.97	-	**88.03**	33.11	18.76	14.35	9.56	A-6	CL
	1												
	N.F.	1.30											
		1.40											
		1.50											

Fin de la exploración — N.F. = Nivel Freático

SONDEO - APIQUE	No.	A-04	LOCALIZACION:								Fecha:	SEPTIEMBRE DE 2025	
DESCRIPCION	MUESTRA No.	PROF. mts.	LITOLOGÍA.	GRANULOMETRÍA				LIMITES DE PLASTICIDAD			HUMEDAD NATURAL	CLASIFICACION	
				GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA	LL	LP	IP			
				%	%	%	%	%	%	%	%	AASHTO	SUC

Fin de la exploración — N.F. = Nivel Freático

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
M.P. 5420272031

ANEXO A-3 ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

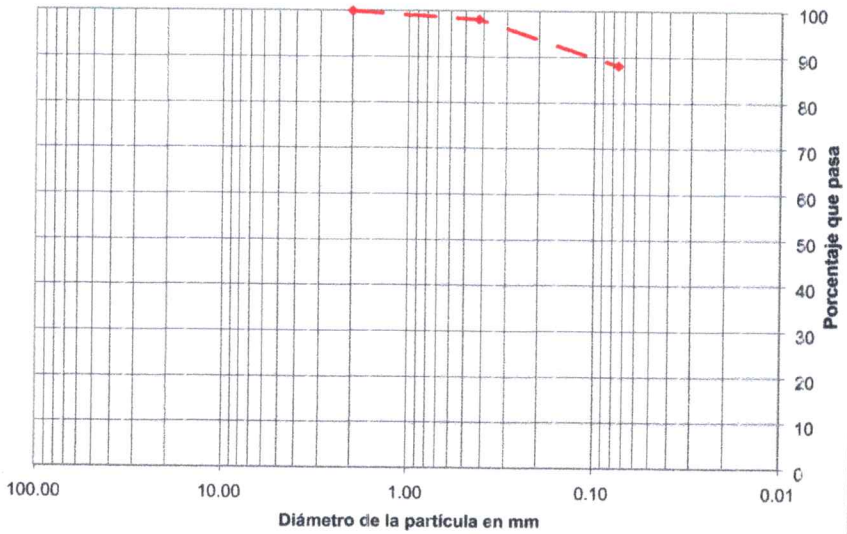
SONDEO: S-01
MUESTRA: M1
Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA

Peso Total 1	977.00 grs
Peso Total 2	116.00 grs
Pérdida por Lavado	861.00 grs

DE MEDIANA PLASTICIDAD
Color amarilla con gris

LL: 32.80
IP: 14.54
USC: CL
AASHTO: A-6

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	19.00	1.94	1.94	98.06	-
0.075 mm	No. 200	97.00	9.93	11.87	88.13	-
Fondo		861.00	88.13	100.00	0.00	-
Suma=		977.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	0.00 %
Cc=	ARENAS	11.87 %
	FINOS	88.13 %

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."	**MATERIAL:** ARCILLA CON POCA ARENA
	LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**REVISO:** ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS
	CONTRATO Nº: / **FECHA:** SEPTIEMBRE DE 2025

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

GRAVAS		AREN S			
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	LIMO Y/O ARCILLA

SONDEO: S-01 **Peso Total 1** 901.00 grs

Descripción: **ARCILLA CON POCA ARENA**

MUESTRA: M2 **Peso Total 2** 135.00 grs

Pérdida por Lavado 766.00 grs

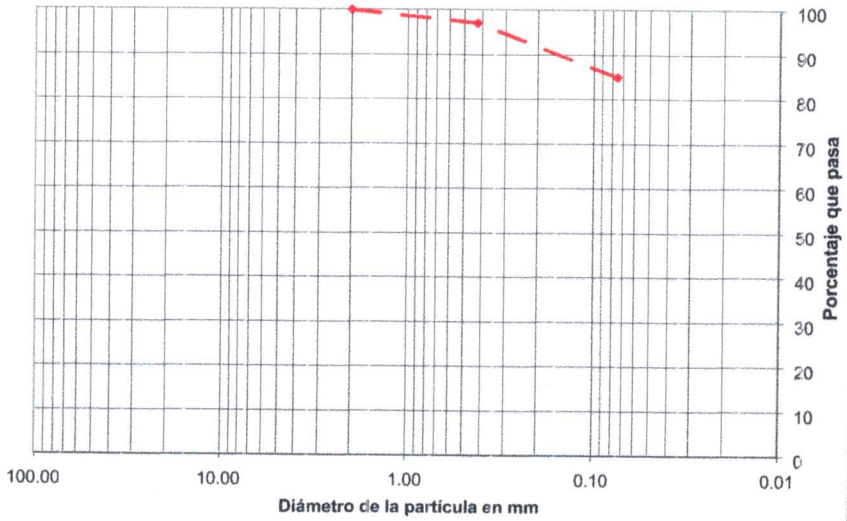
DE MEDIANA PLASTICIDAD

Color gris con naranja

LL: 35.40 **USC:** CL

IP: 13.55 **AASHTO:** A-6

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	28.00	3.11	3.11	96.89	-
0.075 mm	No. 200	107.00	11.88	14.98	85.02	-
Fondo		766.00	85.02	100.00	0.00	-
Suma=		901.00	100.0			

Cu=		GRAVAS	0.00 %
Cc=		ARENAS	14.98 %
		FINOS	85.02 %

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."	**MATERIAL:** ARCILLA CON POCA ARENA **LABORATORISTA:** ENDERSON JADIR CACUA RICO
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**REVISO:** ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS **CONTRATO No:** — **FECHA:** SEPTIEMBRE DE 2025

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

GRAVAS		AREN S			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

SONDEO: S-01 **Descripción:** ARCILLA CON POCA ARENA

MUESTRA: M3

Peso Total 1 826.00 grs

Peso Total 2 120.00 grs

Pérdida por Lavado 706.00 grs

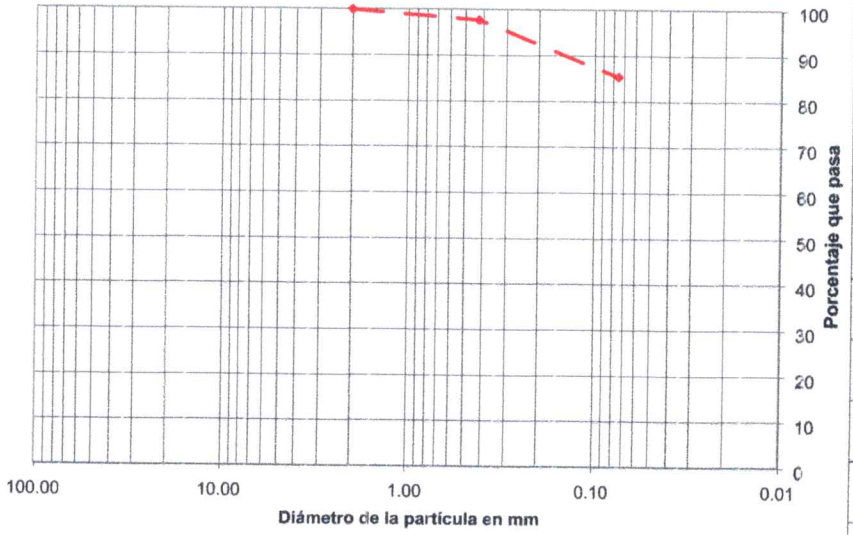
DE MEDIANA PLASTICIDAD

Color gris

LL: 32.30 **USC:** CL

IP: 11.64 **AASHTO:** A-6

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ		Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
Normal	Alterno					
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	20.00	2.42	2.42	97.58	-
0.075 mm	No. 200	100.00	12.11	14.53	85.47	-
Fondo		706.00	85.47	100.00	0.00	-
Suma=		826.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	0.00 %
Cc=	ARENAS	14.53 %
	FINOS	85.47 %

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."	**MATERIAL:** ARCILLA CON POCA ARENA
	LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**REVISO:** ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS
CONTRATO No:	**FECHA:** SEPTIEMBRE DE 2025

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

SONDEO: S-02
Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA
MUESTRA: M1

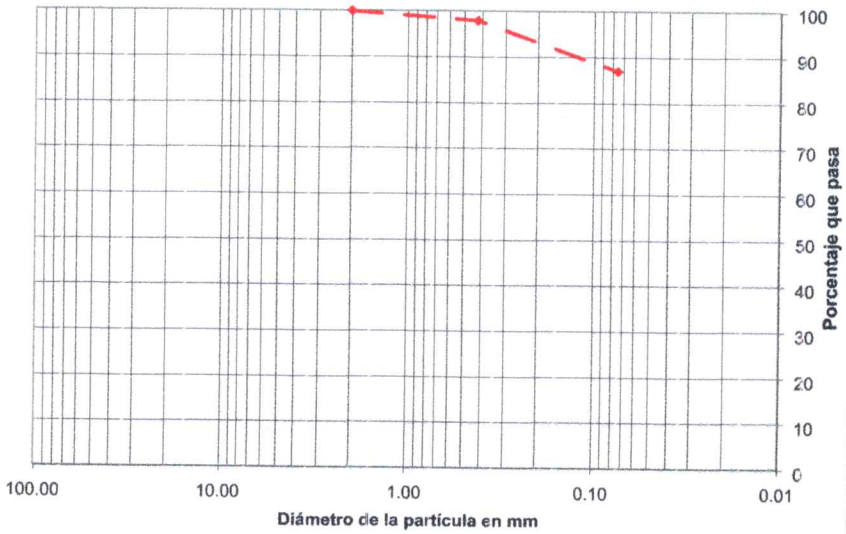
Peso Total 1 940.00 grs
Peso Total 2 123.00 grs
Pérdida por Lavado 817.00 grs

DE MEDIANA PLASTICIDAD
Color amarilla con gris

LL: 33.00
IP: 14.55
USC: CL
AASHTO: A-6

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	21.00	2.23	2.23	97.77	-
0.075 mm	No. 200	102.00	10.85	13.09	86.91	-
Fondo		817.00	86.91	100.00	0.00	-
Suma=		940.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	0.00 %
Cc=	ARENAS	13.09 %
	FINOS	86.91 %

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."	**MATERIAL:** ARCILLA CON POCA ARENA
	LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**REVISO:** ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS
CONTRATO No:	**FECHA:** SEPTIEMBRE DE 2025

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

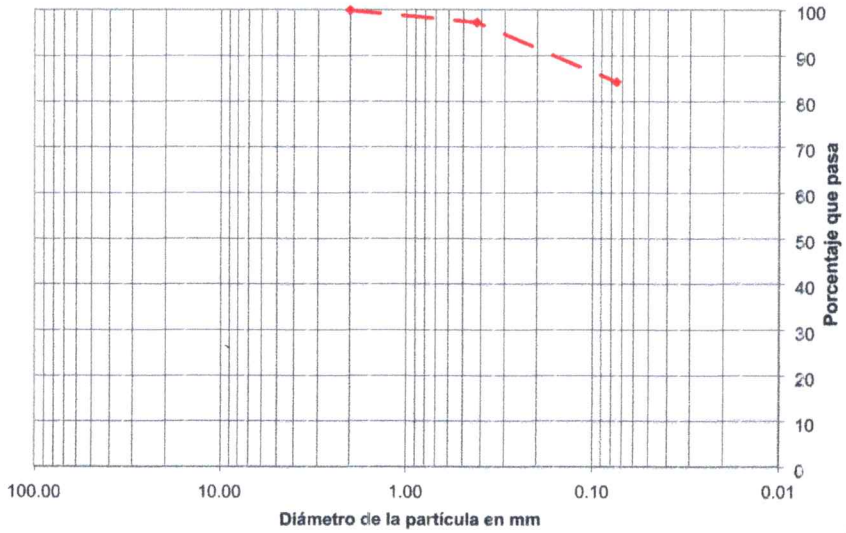
SONDEO: S-02
Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA
MUESTRA: M2

Peso Total 1 894.00 grs
Peso Total 2 142.00 grs
Pérdida por Lavado 752.00 grs

DE MEDIANA PLASTICIDAD
Color gris con naranja

LL: 35.10
IP: 12.59
USC: CL
AASHTO: A-6

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	26.00	2.91	2.91	97.09	-
0.075 mm	No. 200	116.00	12.98	15.88	84.12	-
Fondo		752.00	84.12	100.00	0.00	-
Suma=		894.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	0.00 %
Cc=	ARENAS	15.88 %
	FINOS	84.12 %

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."	**MATERIAL:** ARCILLA CON POCA ARENA
	LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**REVISO:** ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS
	CONTRATO Nº: / **FECHA:** SEPTIEMBRE DE 2025

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

GRAVAS		AREN S			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

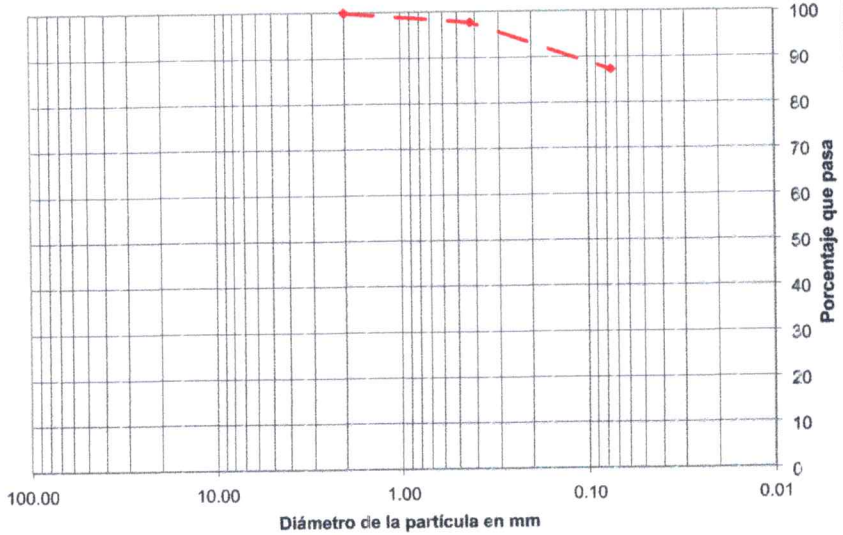
SONDEO: S-02
Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA
MUESTRA: M3

Peso Total 1 937.00 grs
Peso Total 2 121.00 grs
Pérdida por Lavado 816.00 grs

DE MEDIANA PLASTICIDAD
Color gris

LL: 33.08
IP: 12.87
USC: CL
AASHTO: A-6

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	22.00	2.35	2.35	97.65	-
0.075 mm	No. 200	99.00	10.57	12.91	87.09	-
Fondo		816.00	87.09	100.00	0.00	-
Suma=		937.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	0.00 %
Cc=	ARENAS	12.91 %
	FINOS	87.09 %

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."	**MATERIAL:** ARCILLA CON POCA ARENA	
	LABORATORISTA: Enderson Cacua ENDERSON JADIR CACUA RICO	
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**REVISO:** ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS	
	CONTRATO No:	**FECHA:** SEPTIEMBRE DE 2025

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

GRAVAS		AREN S			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

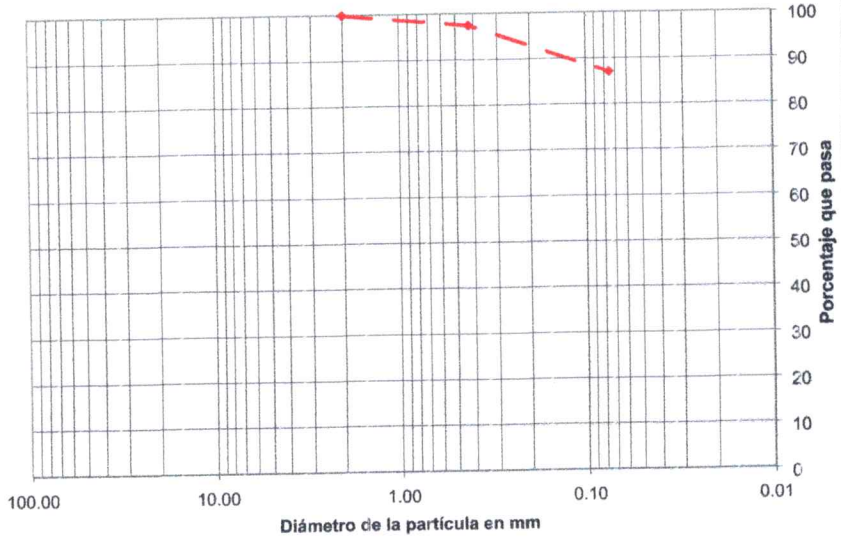
SONDEO: S-03
Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA
MUESTRA: M1

Peso Total 1	958.00 grs
Peso Total 2	125.00 grs
Pérdida por Lavado	833.00 grs

DE MEDIANA PLASTICIDAD
Color amarilla con gris

LL: 32.30
IP: 13.34
USC: CL
AASHTO: A-6

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	24.00	2.51	2.51	97.49	-
0.075 mm	No. 200	101.00	10.54	13.05	86.95	-
Fondo		833.00	86.95	100.00	0.00	-
Suma=		958.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	0.00 %
Cc=	ARENAS	13.05 %
	FINOS	86.95 %

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."	**MATERIAL:** ARCILLA CON POCA ARENA **LABORATORISTA:** Enderson Cacua ENDERSON JADIR CACUA RICO	
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**REVISO:** ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS	
	CONTRATO Nº:	**FECHA:** SEPTIEMBRE DE 2025

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

GRAVAS		AREN S			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

SONDEO: S-03
Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA
MUESTRA: M2

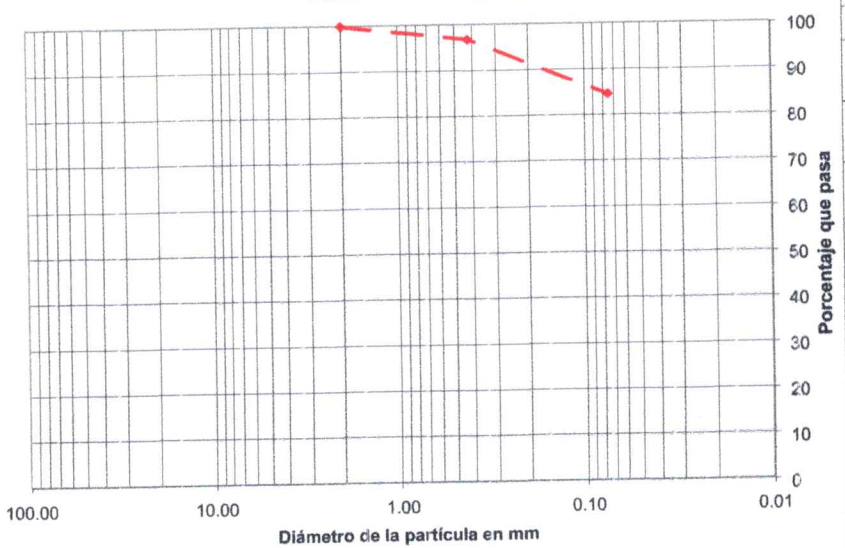
Peso Total 1 903.00 grs
Peso Total 2 141.00 grs
Pérdida por Lavado 762.00 grs

DE MEDIANA PLASTICIDAD
Color gris con naranja

LL: 34.90
IP: 12.66

USC: CL
AASHTO: A-6

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	29.00	3.21	3.21	96.79	-
0.075 mm	No. 200	112.00	12.40	15.61	84.39	-
Fondo		762.00	84.39	100.00	0.00	-
Suma=		903.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	0.00 %
Cc=	ARENAS	15.61 %
	FINOS	84.39 %

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."	**MATERIAL:** ARCILLA CON POCA ARENA
	LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**REVISO:** ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS
	CONTRATO Nc: / **FECHA:** SEPTIEMBRE DE 2025

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

GRAVAS		AREN S			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

SONDEO: S-03 **Descripción:** ARCILLA CON POCA ARENA DE MEDIANA PLASTICIDAD

MUESTRA: M3 Color gris

Peso Total 1 844.00 grs

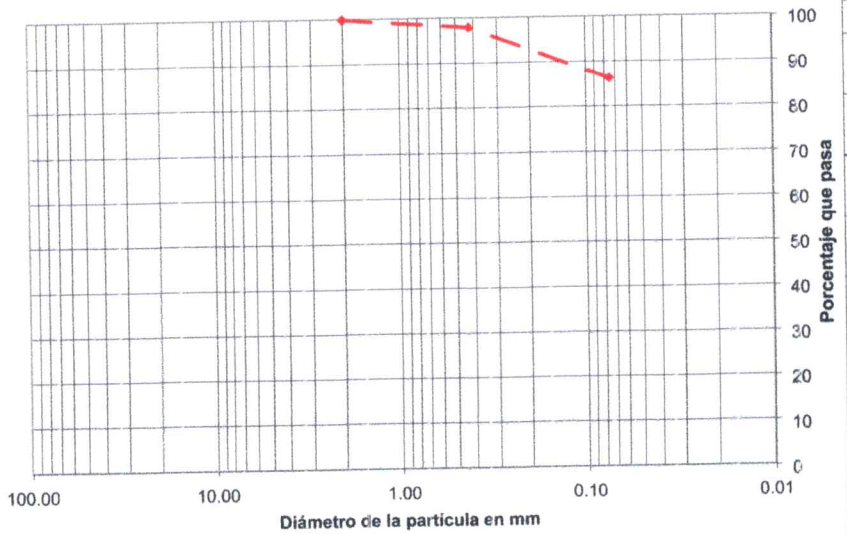
Peso Total 2 116.00 grs

Pérdida por Lavado 728.00 grs

LL: 33.80 **USC:** CL

IP: 12.87 **AASHTO:** A-6

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	19.00	2.25	2.25	97.75	-
0.075 mm	No. 200	97.00	11.49	13.74	86.26	-
Fondo		728.00	86.26	100.00	0.00	-
Suma=		844.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	0.00 %
Cc=	ARENAS	13.74 %
	FINOS	86.26 %

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."	MATERIAL: ARCILLA CON POCA ARENA	
	LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO	
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA	REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS	
	CONTRATO No:	FECHA: SEPTIEMBRE DE 2025

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

GRAVAS		AREN S			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

APIQUE: A-01 **Descripción:** ARCILLA CON POCA ARENA

MUESTRA: M1

Peso Total 1 937.00 grs

Peso Total 2 117.00 grs

Pérdida por Lavado 820.00 grs

DE MEDIANA PLASTICIDAD

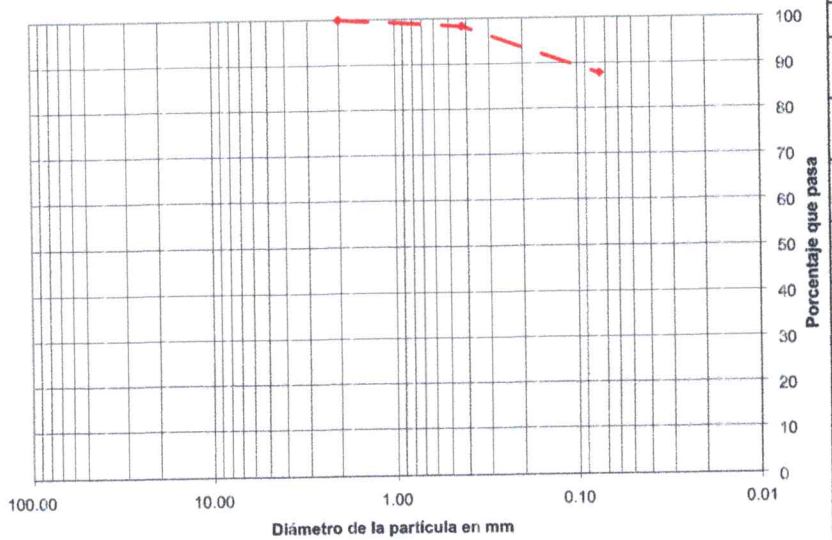
Color amarilla con gris

LL: 32.20 **USC:** CL

IP: 11.23 **AASHTO:** A-6

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ		Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
Normal	Alterno					
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	17.00	1.81	1.81	98.19	-
0.075 mm	No. 200	100.00	10.67	12.49	87.51	-
Fondo		820.00	87.51	100.00	0.00	-
Suma=		937.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS 0.00 % ARENAS 12.49 %
FINOS 87.51 %

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."	**MATERIAL:** ARCILLA CON POCA ARENA **LABORATORISTA:** Enderson cacua. ENDERSON JADIR CACUA RICO
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**REVISO:** ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS **CONTRATO No:** **FECHA:** SEPTIEMBRE DE 2025

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

GRAVAS		AREN S			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

APIQUE: A-02 **Peso Total 1** 924.00 grs

Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA

MUESTRA: M1 **Peso Total 2** 120.00 grs

Pérdida por Lavado 804.00 grs

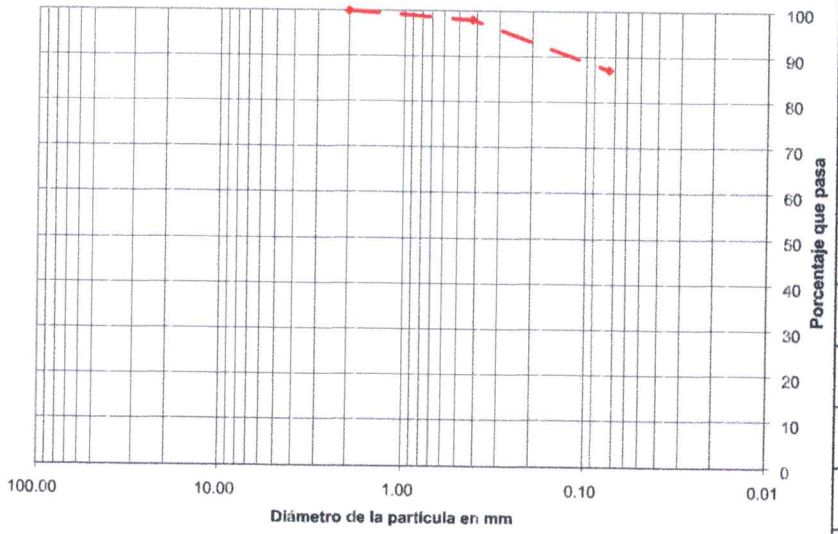
DE MEDIANA PLASTICIDAD

Color amarilla con gris

LL: 34.30 **USC:** CL

IP: 15.82 **AASHTO:** A-6

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ		Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
Normal	Alterno					
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	19.00	2.06	2.06	97.94	-
0.075 mm	No. 200	101.00	10.93	12.99	87.01	-
Fondo		804.00	87.01	100.00	0.00	-
Suma=		924.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS 0.00 % ARENAS 12.99 %
FINOS 87.01 %

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."	**MATERIAL:** ARCILLA CON POCA ARENA
	LABORATORISTA: Enderson Cacua. ENDERSON JADIR CACUA RICO
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**REVISO:** ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS
	CONTRATO No: / **FECHA:** SEPTIEMBRE DE 2025

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

GRAVAS		AREN S			
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	LIMO Y/O ARCILLA

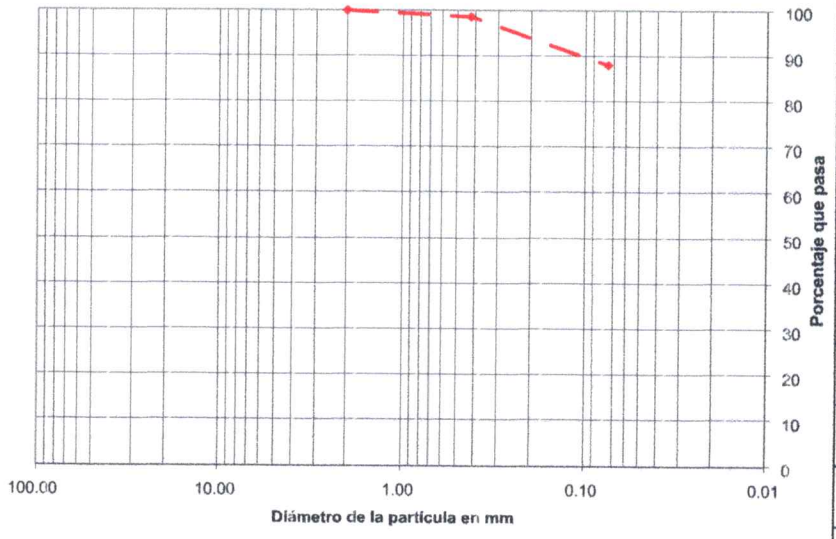
APIQUE: A-02
Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA
MUESTRA: M1

Peso Total 1 952.00 grs
Peso Total 2 114.00 grs
Pérdida por Lavado 838.00 grs

DE MEDIANA PLASTICIDAD
Color amarilla con gris

LL: 33.11 **USC:** CL
IP: 14.35 **AASHTO:** A-6

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ		Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
Normal	Alterno					
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	16.00	1.68	1.68	98.32	-
0.075 mm	No. 200	98.00	10.29	11.97	88.03	-
Fondo		838.00	88.03	100.00	0.00	-
Suma=		952.00	100.0			
Cu=			GRAVAS	0.00 % ARENAS 11.97		
Cc=			% FINOS	88.03 %		

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."	**MATERIAL:** ARCILLA CON POCA ARENA **LABORATORISTA:** Enderson cacua ENDERSON JADIR CACUA RICO
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**REVISO:** ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS **CONTRATO No:** **FECHA:** SEPTIEMBRE DE 2025

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	SEPTIEMBRE DE 2025
LOCALIZACIÓN	7° 1'16.62"N - 71°25'29.82"O	**SONDEO No. :**	S-01
PROFUNDIDAD :	0.00 - 1.80 m	**MUESTRA No. :**	1
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA CON POCA ARENA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR AMARILLA CON GRIS		

LIMITE LIQUIDO

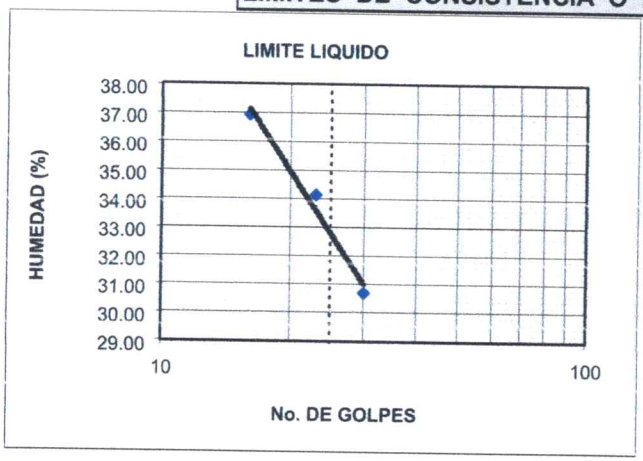
NÚMERO DE GOLPES	30	23	16	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	A	B	C	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	17.74	17.28	17.50	
PESO HÚMEDO (Gr.)	43.29	43.05	40.52	
PESO SECO (Gr.)	37.29	36.49	34.31	
HUMEDAD (%)	30.69	34.15	36.94	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	D	E		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	16.54	17.25		
PESO HÚMEDO (Gr.)	23.45	23.88		
PESO SECO (Gr.)	22.39	22.85		
HUMEDAD (%)	18.12	18.39		

LIMITE LIQUIDO (%)	32.80

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG



LIMITE PLASTICO (%)	18.26
INDICE DE PLASTICIDAD	14.54

CLASIFICACIÓN	
AASHTO	A-6
I.G.	12
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	11.87
%FINOS	88.13

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	SEPTIEMBRE DE 2025
LOCALIZACIÓN	7° 1'16.62"N - 71°25'29.82"O	**SONDEO No. :**	S-01
PROFUNDIDAD :	1.80 - 4.00 m	**MUESTRA No. :**	2
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA CON POCA ARENA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS CON NARANJA		

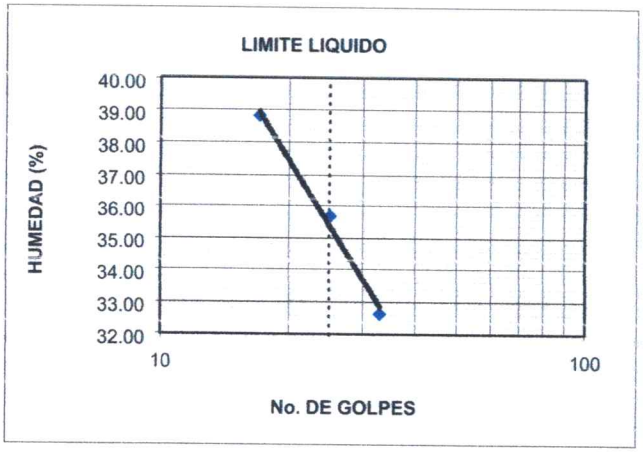
LIMITE LIQUIDO

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

NÚMERO DE GOLPES	33	25	17	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	A	B	C	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	17.74	17.28	17.50	
PESO HÚMEDO (Gr.)	40.67	42.17	43.35	
PESO SECO (Gr.)	35.03	35.62	36.12	
HUMEDAD (%)	32.62	35.71	38.83	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	D	E		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	16.54	17.25		
PESO HÚMEDO (Gr.)	25.62	26.35		
PESO SECO (Gr.)	24.00	24.71		
HUMEDAD (%)	21.72	21.98		



LIMITE LIQUIDO (%)	35.40
LIMITE PLASTICO (%)	21.85
INDICE DE PLASTICIDAD	13.55

CLASIFICACIÓN	
AASHTO	A-6
I.G.	11
U.S.C.	CL

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

%GRAVA	0.00
%ARENA	14.98
%FINOS	85.02

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	SEPTIEMBRE DE 2025
LOCALIZACIÓN	7° 1'16.62"N - 71°25'29.82"O	**SONDEO No. :**	S-01
PROFUNDIDAD :	4.00 - 6.00 m	**MUESTRA No. :**	3
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA CON POCA ARENA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS		

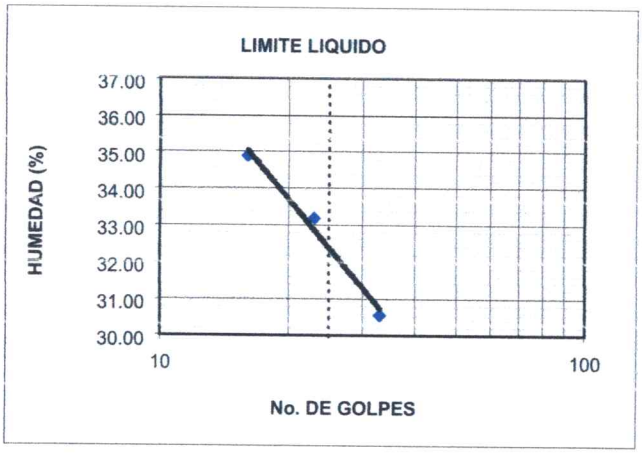
LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	33	23	16	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	A	B	C	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	17.74	17.28	17.50	
PESO HÚMEDO (Gr.)	41.15	40.00	38.25	
PESO SECO (Gr.)	35.67	34.34	32.88	
HUMEDAD (%)	30.56	33.18	34.92	

LIMITE PLASTICO

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

NÚMERO DEL RECIPIENTE	D	E		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	16.54	17.25		
PESO HÚMEDO (Gr.)	28.14	27.40		
PESO SECO (Gr.)	26.19	25.63		
HUMEDAD (%)	20.21	21.12		



LIMITE LIQUIDO (%)	32.30
LIMITE PLASTICO (%)	20.66
INDICE DE PLASTICIDAD	11.64

CLASIFICACIÓN	
AASHTO	A-6
I.G.	9
U.S.C.	CL
%GRAVA	0.00
%ARENA	14.53
%FINOS	85.47

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	SEPTIEMBRE DE 2025
LOCALIZACIÓN	7° 1'16.75"N - 71°25'29.67"O	**SONDEO No. :**	S-02
PROFUNDIDAD :	0.00 - 2.00 m	**MUESTRA No. :**	1
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA CON POCA ARENA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR AMARILLA CON GRIS		

LIMITE LIQUIDO

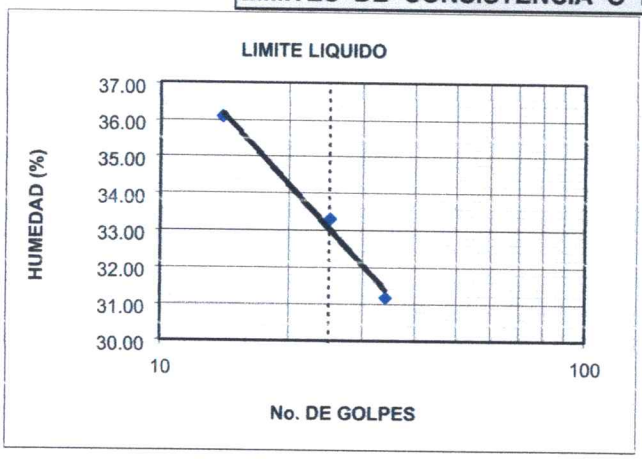
NÚMERO DE GOLPES	34	25	14	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	A	B	C	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	17.74	17.28	17.50	
PESO HÚMEDO (Gr.)	39.70	43.17	40.88	
PESO SECO (Gr.)	34.48	36.70	34.68	
HUMEDAD (%)	31.18	33.32	36.09	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	D	E		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	16.54	17.25		
PESO HÚMEDO (Gr.)	23.78	24.39		
PESO SECO (Gr.)	22.64	23.29		
HUMEDAD (%)	18.69	18.21		

LIMITE LIQUIDO (%)	33.00

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG



LIMITE PLASTICO (%)	18.45
INDICE DE PLASTICIDAD	14.55

CLASIFICACIÓN	
AASHTO	A-6
I.G.	12
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	13.09
%FINOS	86.91

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	SEPTIEMBRE DE 2025
LOCALIZACIÓN	7° 1'16.75"N - 71°25'29.67"O	**SONDEO No. :**	S-02
PROFUNDIDAD :	2.00 - 3.80 m	**MUESTRA No. :**	2
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA CON POCA ARENA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS CON NARANJA		

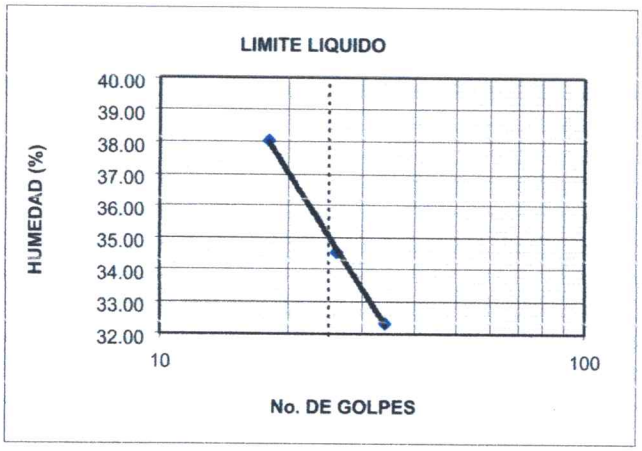
LIMITE LIQUIDO

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

NÚMERO DE GOLPES	34	26	18	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	F	G	H	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	16.14	17.32	17.19	
PESO HÚMEDO (Gr.)	38.04	35.16	38.59	
PESO SECO (Gr.)	32.69	30.58	32.69	
HUMEDAD (%)	32.33	34.54	38.06	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	I	J		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	15.33	17.20		
PESO HÚMEDO (Gr.)	25.02	24.94		
PESO SECO (Gr.)	23.25	23.51		
HUMEDAD (%)	22.35	22.66		



LIMITE LIQUIDO (%)	35.10
LIMITE PLASTICO (%)	22.51
INDICE DE PLASTICIDAD	12.59

CLASIFICACIÓN	
AASHTO	A-6
I.G.	10
U.S.C.	CL

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

%GRAVA	0.00
	15.88
%ARENA	
%FINOS	84.12

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	SEPTIEMBRE DE 2025
LOCALIZACIÓN	7° 1'16.75"N - 71°25'29.67"O	**SONDEO No. :**	S-02
PROFUNDIDAD :	3.80 - 6.00 m	**MUESTRA No. :**	3
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA CON POCA ARENA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS		

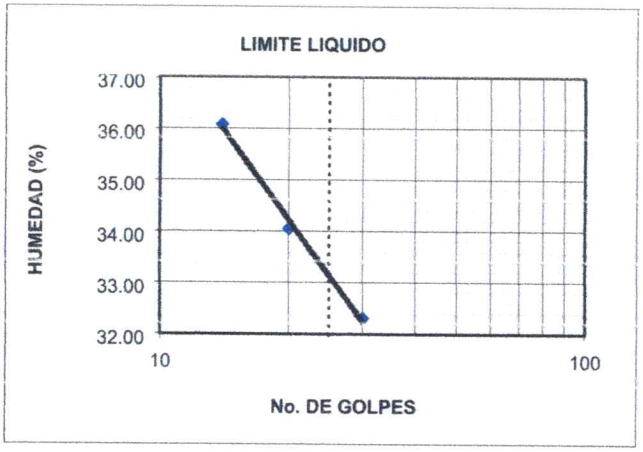
LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	30	20	14	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	F	G	H	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	16.14	17.32	17.19	
PESO HÚMEDO (Gr.)	37.14	35.35	33.63	
PESO SECO (Gr.)	32.01	30.77	29.27	
HUMEDAD (%)	32.33	34.05	36.09	

LIMITE PLASTICO

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

NÚMERO DEL RECIPIENTE		I	J		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		15.33	17.20		
PESO HÚMEDO (Gr.)		30.31	32.24		
PESO SECO (Gr.)		27.82	29.68		
HUMEDAD (%)		19.90	20.51		



LIMITE LIQUIDO (%)	33.08
LIMITE PLASTICO (%)	20.21
INDICE DE PLASTICIDAD	12.87

CLASIFICACIÓN

AASHTO	A-6
I.G.	11
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	12.91
%FINOS	87.09

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	SEPTIEMBRE DE 2025
LOCALIZACIÓN	7° 1'16.91"N - 71°25'29.49"O	**SONDEO No. :**	S-03
PROFUNDIDAD :	0.00 - 1.90 m	**MUESTRA No. :**	1
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA CON POCA ARENA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR AMARILLA CON GRIS		

LIMITE LIQUIDO

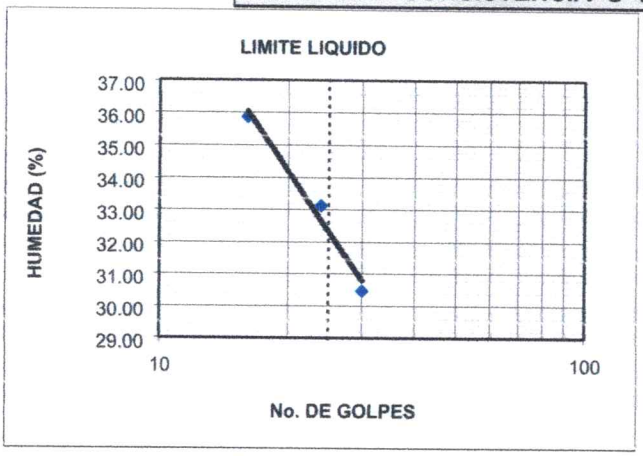
NÚMERO DE GOLPES	30	24	16	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	F	G	H	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	16.14	17.32	17.19	
PESO HÚMEDO (Gr.)	35.54	32.18	41.23	
PESO SECO (Gr.)	31.01	28.48	34.88	
HUMEDAD (%)	30.46	33.15	35.90	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	I	J		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	15.33	17.20		
PESO HÚMEDO (Gr.)	22.51	25.02		
PESO SECO (Gr.)	21.36	23.78		
HUMEDAD (%)	19.07	18.84		

LIMITE LIQUIDO (%)	32.30

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG



LIMITE PLASTICO (%)	18.96
INDICE DE PLASTICIDAD	13.34

CLASIFICACIÓN

AASHTO	A-6
I.G.	11
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	13.05
%FINOS	86.95

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	SEPTIEMBRE DE 2025
LOCALIZACIÓN	7° 1'16.91"N - 71°25'29.49"O	**SONDEO No. :**	S-03
PROFUNDIDAD :	1.90 - 4.20 m	**MUESTRA No. :**	2
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA CON POCA ARENA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS CON NARANJA		

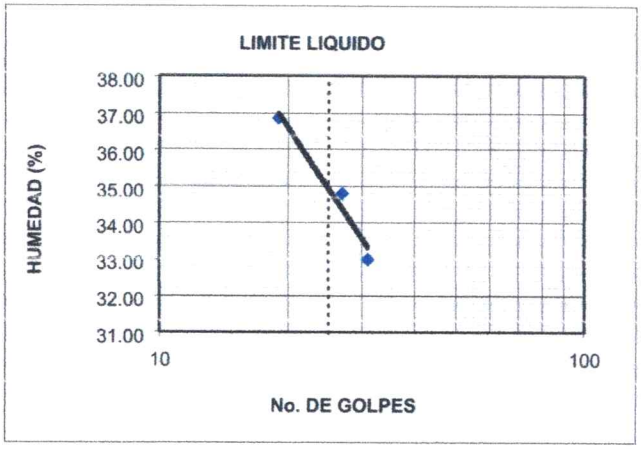
LIMITE LIQUIDO

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

NÚMERO DE GOLPES	31	27	19	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	A	B	C	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	17.74	17.28	17.50	
PESO HÚMEDO (Gr.)	40.08	39.16	37.51	
PESO SECO (Gr.)	34.54	33.51	32.12	
HUMEDAD (%)	32.98	34.81	36.87	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	D	E		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	16.54	17.25		
PESO HÚMEDO (Gr.)	25.19	24.47		
PESO SECO (Gr.)	23.60	23.17		
HUMEDAD (%)	22.52	21.96		



LIMITE LIQUIDO (%)	34.90
LIMITE PLASTICO (%)	22.24
INDICE DE PLASTICIDAD	12.66

CLASIFICACIÓN	
AASHTO	A-6
I.G.	10
U.S.C.	CL

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

%GRAVA	0.00
%ARENA	15.61
%FINOS	84.39

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	SEPTIEMBRE DE 2025
LOCALIZACIÓN	7° 1'16.91"N - 71°25'29.49"O	**SONDEO No. :**	S-03
PROFUNDIDAD :	4.20 - 6.00 m	**MUESTRA No. :**	3
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA CON POCA ARENA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS		

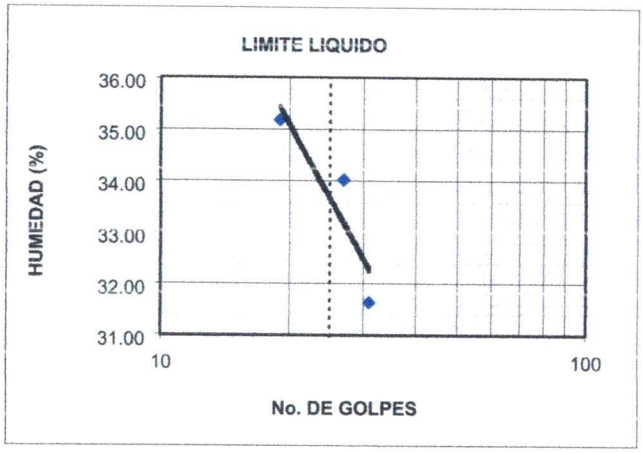
LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	31	27	19	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	A	B	C	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	17.74	17.28	17.50	
PESO HÚMEDO (Gr.)	42.25	38.74	40.97	
PESO SECO (Gr.)	36.36	33.29	34.86	
HUMEDAD (%)	31.63	34.04	35.20	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	D	E		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	16.54	17.25		
PESO HÚMEDO (Gr.)	26.28	28.00		
PESO SECO (Gr.)	24.64	26.09		
HUMEDAD (%)	20.29	21.57		

LIMITE LIQUIDO (%)	33.80
LIMITE PLASTICO (%)	20.93



INDICE DE PLASTICIDAD	12.87

CLASIFICACIÓN

AASHTO	A-6
I.G.	11
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	13.74
%FINOS	86.26

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

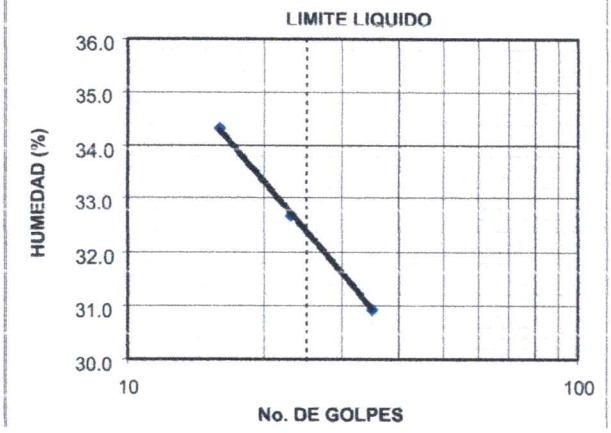
PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA :**	SEPTIEMBRE DE 2025
		APIQUE No. :	A-01
LOCALIZACIÓN:	7° 1'16.58"N - 71°25'29.70"O	**MUESTRA No. :**	1
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA ARENOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLA CON GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	35	23	16	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	A	B	C	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	16.16	17.30	17.17	
PESO HÚMEDO (Gr.)	36.64	37.89	39.91	
PESO SECO (Gr.)	31.80	32.82	34.10	
HUMEDAD (%)	30.95	32.67	34.32	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	D	E		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	15.31	17.19		
PESO HÚMEDO (Gr.)	30.11	28.41		
PESO SECO (Gr.)	27.59	26.43		
HUMEDAD (%)	20.52	21.43		



LIMITE LIQUIDO (%)	**32.20**
LIMITE PLASTICO (%)	**20.97**
INDICE DE PLASTICIDAD	**11.23**

CLASIFICACIÓN	
AASHTO	A-6
I.G.	9
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	12.49
%FINOS	87.51

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

DO DELGADO MONTAGUT
MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

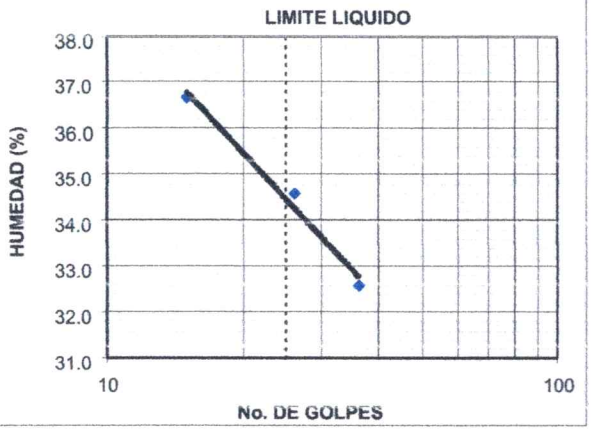
PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA :**	SEPTIEMBRE DE 2025
		APIQUE No. :	A-02
LOCALIZACIÓN:	7° 1'16.74"N - 71°25'29.54"O	**MUESTRA No. :**	1
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA ARENOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLA CON GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	36	26	15	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	F	G	H	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	17.42	17.70	17.20	
PESO HÚMEDO (Gr.)	36.63	41.47	38.00	
PESO SECO (Gr.)	31.91	35.36	32.42	
HUMEDAD (%)	32.57	34.60	36.66	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	I	J		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	16.59	17.78		
PESO HÚMEDO (Gr.)	22.24	23.61		
PESO SECO (Gr.)	21.35	22.71		
HUMEDAD (%)	18.70	18.26		



LIMITE LIQUIDO (%)	**34.30**
LIMITE PLASTICO (%)	**18.48**
INDICE DE PLASTICIDAD	**15.82**

CLASIFICACIÓN	
AASHTO	A-6
I.G.	13
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	12.99
%FINOS	87.01

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

DO DELGADO MONTAGUT
MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA :**	SEPTIEMBRE DE 2025
		APIQUE No. :	A-03
LOCALIZACIÓN:	7° 1'16.87"N - 71°25'29.37"O	**MUESTRA No. :**	1
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA ARENOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLA CON GRIS		

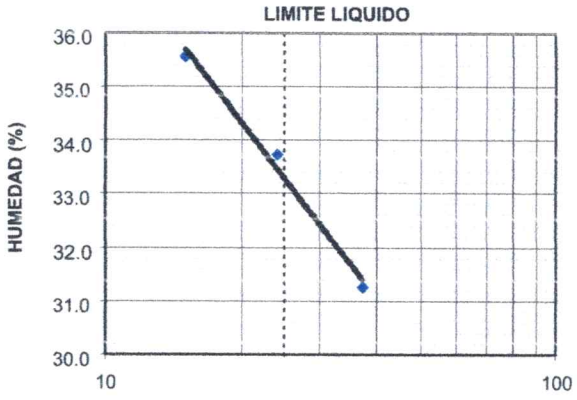
LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	37	24	15	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	A	B	C	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	16.16	17.30	17.17	
PESO HÚMEDO (Gr.)	34.00	35.58	34.17	
PESO SECO (Gr.)	29.75	30.97	29.71	
HUMEDAD (%)	31.27	33.72	35.57	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	D	E		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	15.31	17.19		
PESO HÚMEDO (Gr.)	25.00	24.47		
PESO SECO (Gr.)	23.51	23.29		

HUMEDAD (%)	18.17	19.34		



LIMITE LIQUIDO (%)	**33.11**
LIMITE PLASTICO (%)	**18.76**
INDICE DE PLASTICIDAD	**14.35**

CLASIFICACIÓN	
AASHTO	A-6
I.G.	12
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	11.97
%FINOS	88.03

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

DO DELGADO MONTAGUT
MP 5420272031 NTS

PESO UNITARIO

PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**APIQUE No.**	S-01
FECHA	SEPTIEMBRE DE 2025	**PROFUNDIDAD**	0.00 - 1.80 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR AMARILLA CON GRIS				
Diametro del molde (cm)		15.23			
Altura del molde (cm)		11.62			
Volumen del molde (cm3)		2117			
W suelo húmedo + molde (gr)		9890			
W molde (gr)		5948			
W suelo húmedo (gr)		3942			
Densidad húmeda (gr/cm3)		1.862			
Humedad natural del suelo (%)		6.65			
Densidad seca (gr/cm3)		1.746			
OBSERVACIONES					

PESO UNITARIO

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**APIQUE No.**	S-01
FECHA	SEPTIEMBRE DE 2025	**PROFUNDIDAD**	1.80 - 4.00 m	**MUESTRA No.**	2
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS CON NARANJA				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9967		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4019		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.899		
Humedad natural del suelo (%)	26.78		
Densidad seca (gr/cm3)	1.498		

OBSERVACIONES

PESO UNITARIO

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**APIQUE No.**	S-01
FECHA	SEPTIEMBRE DE 2025	**PROFUNDIDAD**	4.00 - 6.00 m	**MUESTRA No.**	3
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9993		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4045		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.911		
Humedad natural del suelo (%)	28.81		
Densidad seca (gr/cm3)	1.483		

OBSERVACIONES	

PESO UNITARIO

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**APIQUE No.**	S-02
FECHA	SEPTIEMBRE DE 2025	**PROFUNDIDAD**	0.00 - 2.00 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR AMARILLA CON GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9841		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	3893		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.839		
Humedad natural del suelo (%)	8.62		
Densidad seca (gr/cm3)	1.693		

OBSERVACIONES	

PESO UNITARIO

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**APIQUE No.**	S-02
FECHA	SEPTIEMBRE DE 2025	**PROFUNDIDAD**	2.00 - 3.80 m	**MUESTRA No.**	2
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS CON NARANJA				
Diametro del molde (cm)		15.23			
Altura del molde (cm)		11.62			
Volumen del molde (cm3)		2117			
W suelo húmedo + molde (gr)		9979			
W molde (gr)		5948			
W suelo húmedo (gr)		4031			
Densidad húmeda (gr/cm3)		1.904			
Humedad natural del suelo (%)		26.34			
Densidad seca (gr/cm3)		1.507			
OBSERVACIONES					

PESO UNITARIO

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**APIQUE No.**	S-02
FECHA	SEPTIEMBRE DE 2025	**PROFUNDIDAD**	3.80 - 6.00 m	**MUESTRA No.**	3
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS				
Diametro del molde (cm)		15.23			
Altura del molde (cm)		11.62			
Volumen del molde (cm3)		2117			
W suelo húmedo + molde (gr)		9989			
W molde (gr)		5948			
W suelo húmedo (gr)		4041			
Densidad húmeda (gr/cm3)		1.909			
Humedad natural del suelo (%)		28.29			
Densidad seca (gr/cm3)		1.488			
OBSERVACIONES					

PESO UNITARIO

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo M.

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**APIQUE No.**	S-03
FECHA	SEPTIEMBRE DE 2025	**PROFUNDIDAD**	0.00 - 1.90 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR AMARILLA CON GRIS				
Diametro del molde (cm)		15.23			
Altura del molde (cm)		11.62			
Volumen del molde (cm3)		2117			
W suelo húmedo + molde (gr)		9873			
W molde (gr)		5948			
W suelo húmedo (gr)		3925			
Densidad húmeda (gr/cm3)		1.854			
Humedad natural del suelo (%)		8.35			
Densidad seca (gr/cm3)		1.711			
OBSERVACIONES					

PESO UNITARIO

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**APIQUE No.**	S-03
FECHA	SEPTIEMBRE DE 2025	**PROFUNDIDAD**	1.90 - 4.20 m	**MUESTRA No.**	2
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR AMARILLA CON GRIS				
Diametro del molde (cm)		15.23			
Altura del molde (cm)		11.62			
Volumen del molde (cm3)		2117			
W suelo húmedo + molde (gr)		9992			
W molde (gr)		5948			
W suelo húmedo (gr)		4044			
Densidad húmeda (gr/cm3)		1.910			
Humedad natural del suelo (%)		27.04			
Densidad seca (gr/cm3)		1.504			
OBSERVACIONES					

PESO UNITARIO

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**APIQUE No.**	S-03
FECHA	SEPTIEMBRE DE 2025	**PROFUNDIDAD**	4.20 - 6.00 m	**MUESTRA No.**	3
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9999		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4051		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.914		
Humedad natural del suelo (%)	29.27		
Densidad seca (gr/cm3)	1.480		

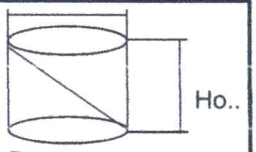
OBSERVACIONES	

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA

LOCALIZACIÓN :		ADECUACION Y MEJORAMIENTO CANCHA - MUNICIPIO DE ARAUQUITA	
SONDEO No. :		S-01	
MUESTRA No. :		1	
PROFUNDIDAD :		1.60 m	
Ho (cm):	9.36	Peso humedo(W1):	302.37
Do (cm):	4.70	Peso seco(W2):	239.64
Ao (cm^2):	17.35	Peso tara(W3):	
Vo (cm^3):	162.39	Humedad(%):	26.18
Peso Total Muestra	302.37		



TIPO DE FALLA

DEFORMACIÓN (0,001in)	CARGA	CARGA AXIAL (Kg)	AREA CORREGIDA (cm^2)	e	e (%)	ESFUERZO (Kg/cm^2)
0	0	0	17.349	0.0000	0.00	0.00
5	6	0.884	17.373	0.0014	0.14	0.05
10	9	1.326	17.397	0.0027	0.27	0.08
15	13	1.915	17.420	0.0041	0.41	0.11
20	16	2.357	17.444	0.0054	0.54	0.14
25	19	2.799	17.468	0.0068	0.68	0.16
30	22	3.241	17.492	0.0081	0.81	0.19
40	26	3.831	17.540	0.0109	1.09	0.22
50	29	4.273	17.588	0.0136	1.36	0.24
60	33	4.862	17.637	0.0163	1.63	0.28
80	38	5.598	17.734	0.0217	2.17	0.32
100	41	6.040	17.833	0.0271	2.71	0.34
120	45	6.630	17.933	0.0326	3.26	0.37
140	48	7.072	18.035	0.0380	3.80	0.39

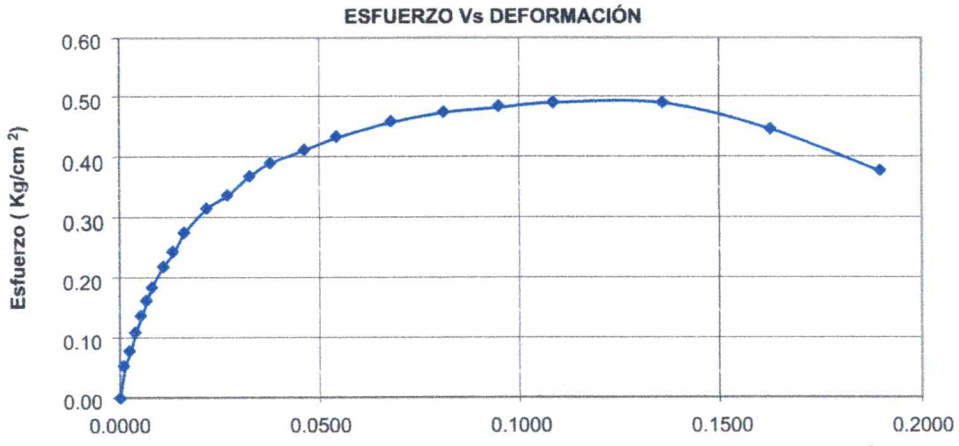
ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

GRÁFICA ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN Y CÍRCULO DE MOHR

170	51	7.514	18.189	0.0461	4.61	0.41
200	54	7.956	18.345	0.0543	5.43	0.43
250	58	8.545	18.612	0.0678	6.78	0.46
300	61	8.987	18.887	0.0814	8.14	0.48
350	63	9.282	19.170	0.0950	9.50	0.48
400	65	9.576	19.462	0.1085	10.85	0.49
500	67	9.871	20.073	0.1357	13.57	0.49
600	63	9.282	20.724	0.1628	16.28	0.45
700	55	8.103	21.418	0.1900	19.00	0.38

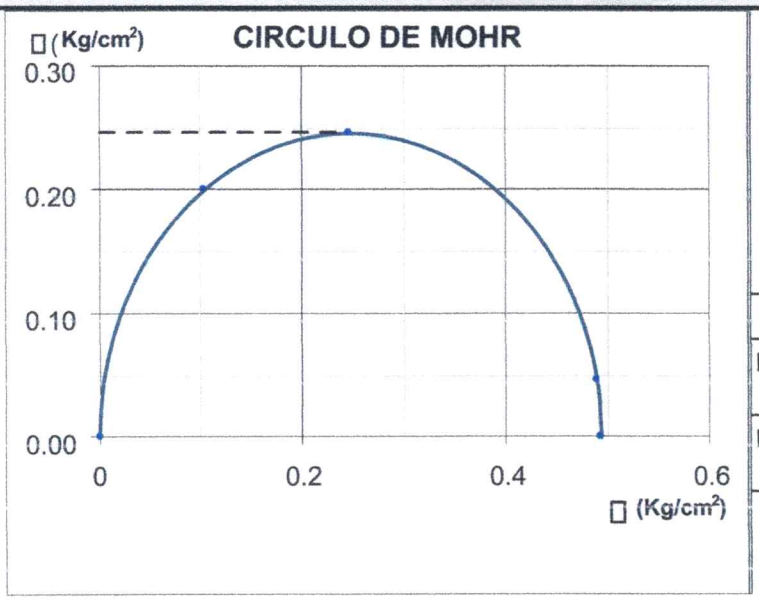
LOCALIZACIÓN :	ADECUACION Y MEJORAMIENTO CANCHA - MUNICIPIO DE ARAUQUITA
APIQUE No. :	S-01
MUESTRA No. :	1
PROFUNDIDAD :	1.60 m



ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

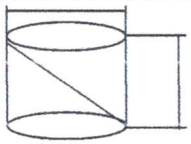
Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA



Cohesión:	0.25 Kg/cm²
Peso Unitario Húmedo	1.862 Gr/cm3
Peso Unitario Seco	1.476 Gr/cm3

LOCALIZACIÓN :	ADECUACION Y MEJORAMIENTO CANCHA - MUNICIPIO DE ARAUQUITA		
SONDEO No. :	S-02		
MUESTRA No. :	2		
PROFUNDIDAD :	2.60 m		
Ho (cm):	9.35	Peso humedo(W1):	311.50
Do (cm):	4.72	Peso seco(W2):	239.85
Ao (cm^2):	17.50	Peso tara(W3):	
Vo (cm^3):	163.60	Humedad(%):	29.87
Peso Total Muestra	311.50		



TIPO DE FALLA

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

GRÁFICA ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN Y CÍRCULO DE MOHR

DEFORMACIÓN (0,001in)	CARGA	CARGA AXIAL (Kg)	AREA CORREGIDA (cm^2)	e	e (%)	ESFUERZO (Kg/cm^2)
0	0	0	17.497	0.0000	0.00	0.00
5	6	0.884	17.521	0.0014	0.14	0.05
10	9	1.326	17.545	0.0027	0.27	0.08
15	13	1.915	17.569	0.0041	0.41	0.11
20	18	2.652	17.593	0.0054	0.54	0.15
25	23	3.389	17.617	0.0068	0.68	0.19
30	27	3.978	17.641	0.0081	0.81	0.23
40	33	4.862	17.690	0.0109	1.09	0.27
50	37	5.451	17.738	0.0136	1.36	0.31
60	42	6.188	17.787	0.0163	1.63	0.35
80	48	7.072	17.886	0.0217	2.17	0.40
100	53	7.808	17.986	0.0272	2.72	0.43
120	57	8.398	18.087	0.0326	3.26	0.46
140	62	9.134	18.189	0.0380	3.80	0.50
170	68	10.018	18.345	0.0462	4.62	0.55
200	73	10.755	18.503	0.0543	5.43	0.58
250	78	11.492	18.772	0.0679	6.79	0.61
300	83	12.228	19.050	0.0815	8.15	0.64
350	86	12.670	19.336	0.0951	9.51	0.66
400	90	13.260	19.631	0.1087	10.87	0.68
500	96	14.144	20.248	0.1358	13.58	0.70
600	100	14.733	20.905	0.1630	16.30	0.70
700	92	13.554	21.606	0.1902	19.02	0.63

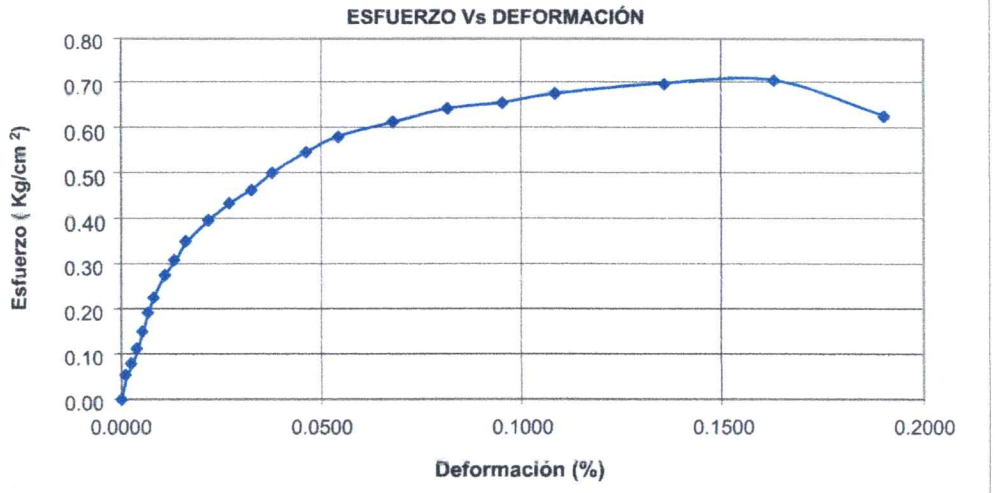
LOCALIZACIÓN :	ADECUACION Y MEJORAMIENTO CANCHA - MUNICIPIO DE ARAUQUITA

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA

APIQUE No. :	S-02
MUESTRA No. :	2
PROFUNDIDAD :	2.60 m



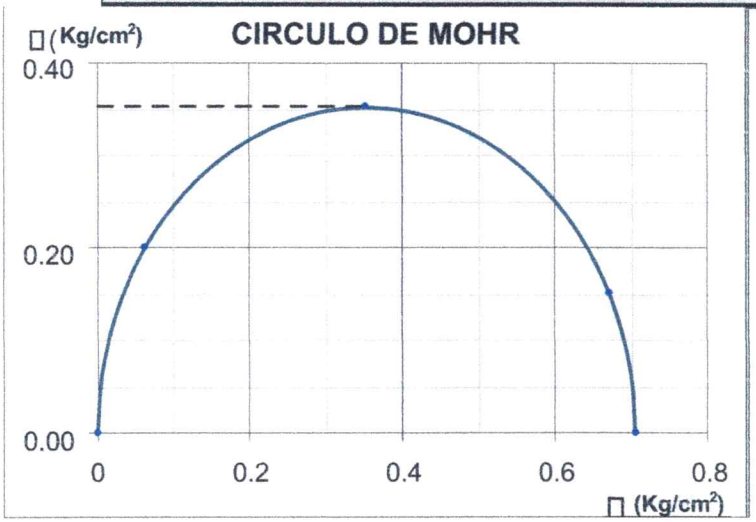
Cohesión:	0.35 Kg/cm^2
Peso Unitario Húmedo	1.904 Gr/cm3
Peso Unitario Seco	1.466 Gr/cm3

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

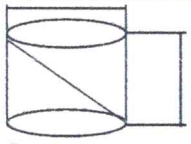
Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

GRÁFICA ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN Y CÍRCULO DE MOHR



LOCALIZACIÓN :	ADECUACION Y MEJORAMIENTO CANCHA - MUNICIPIO DE ARAUQUITA					
SONDEO No. :	S-02					
MUESTRA No. :	2					
PROFUNDIDAD :	4.60 m					
Ho (cm):	9.32	Peso humedo(W1):	310.81			
Do (cm):	4.71	Peso seco(W2):	245.25			
Ao (cm^2):	17.42	Peso tara(W3):				
Vo (cm^3):	162.39	Humedad(%):	26.73			
Peso Total Muestra	310.81					



TIPO DE FALLA

DEFORMACIÓN (0,001in)	CARGA	CARGA AXIAL (Kg)	AREA CORREGIDA (cm^2)	e	e (%)	ESFUERZO (Kg/cm^2)
0	0	0	17.423	0.0000	0.00	0.00

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA

5	7	1.031	17.447	0.0014	0.14	0.06
10	11	1.621	17.471	0.0027	0.27	0.09
15	17	2.505	17.495	0.0041	0.41	0.14
20	24	3.536	17.519	0.0055	0.55	0.20
25	29	4.273	17.543	0.0068	0.68	0.24
30	33	4.862	17.567	0.0082	0.82	0.28
40	39	5.746	17.615	0.0109	1.09	0.33
50	44	6.482	17.664	0.0136	1.36	0.37
60	50	7.366	17.713	0.0164	1.64	0.42
80	58	8.545	17.812	0.0218	2.18	0.48
100	65	9.576	17.911	0.0273	2.73	0.53
120	71	10.460	18.012	0.0327	3.27	0.58
140	76	11.197	18.115	0.0382	3.82	0.62
170	84	12.376	18.270	0.0463	4.63	0.68
200	89	13.112	18.428	0.0545	5.45	0.71
250	100	14.733	18.697	0.0681	6.81	0.79
300	108	15.911	18.975	0.0818	8.18	0.84
350	117	17.237	19.261	0.0954	9.54	0.89
400	124	18.269	19.555	0.1090	10.90	0.93
500	132	19.447	20.172	0.1363	13.63	0.96
600	136	20.037	20.829	0.1635	16.35	0.96
700	128	18.858	21.531	0.1908	19.08	0.88

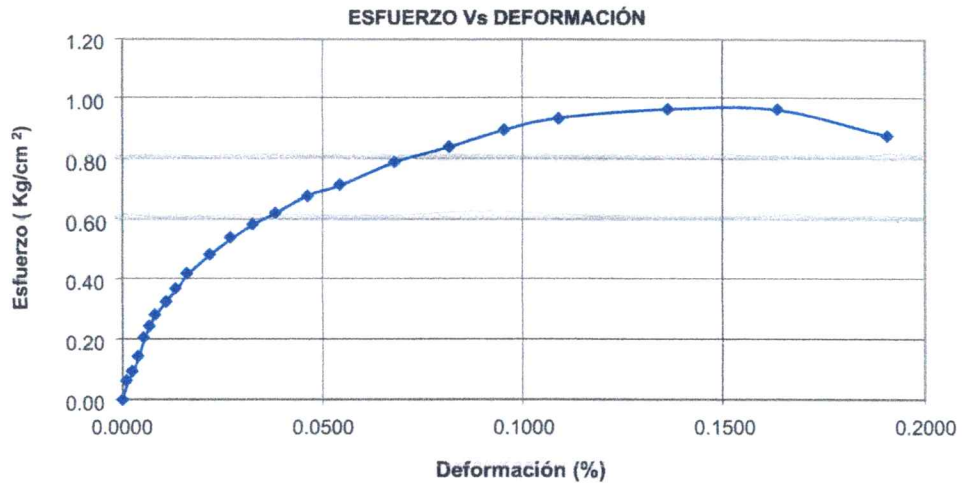
LOCALIZACIÓN :	ADECUACION Y MEJORAMIENTO CANCHA - MUNICIPIO DE ARAUQUITA
APIQUE No. :	S-02
MUESTRA No. :	2
PROFUNDIDAD :	4.60 m

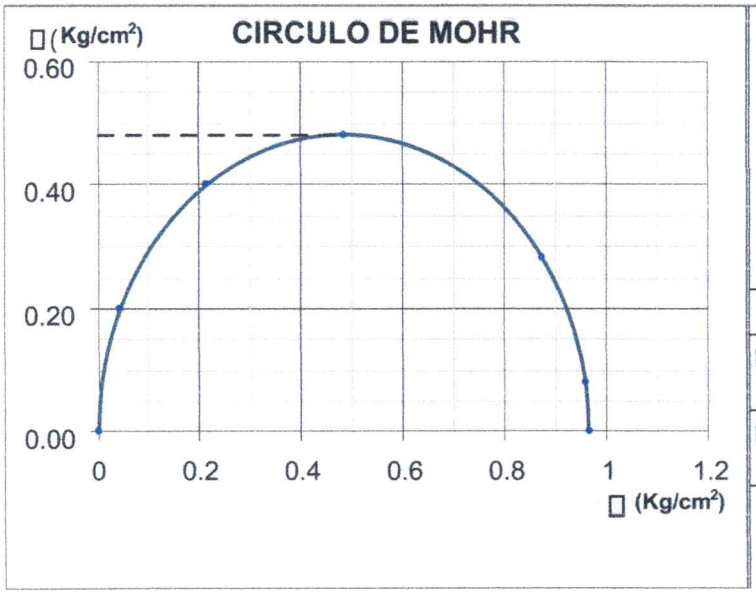
Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

GRÁFICA ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN Y CÍRCULO DE MOHR





Cohesión:	0.48 Kg/cm²
Peso Unitario Húmedo	
1.914	Gr/cm3
Peso Unitario Seco	
1.510	Gr/cm3

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA DE CONO

Proyecto: "MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."

Solicitante: MUNICIPIO DE ARAUQUITA — FECHA: SEPTIEMBRE DE 2025 — TRAMO

Ubicación: 7° 1'16.58"N - 71°25'29.70"O — **APIQUE:** A-01

Profundidad		No. Golpes		PDC (mm/golpe)		CBR	
Terreno (M)	Penetración (mm)	Parcial	Consecutivo	Parcial	Consecutivo	MOPT	C.I. USA
0.00	0	0	0	18.0	18.0		
0.40	0	10	10	36.0	27.0		
0.58	180	10	20	18.0	24.0		
0.94	540	10	30	0.0	19.5		
1.12	720	7	37				
1.12	720						
						8.86	**10.48**

Ubicación: 7° 1'16.74"N - 71°25'29.54"O — **APIQUE:** A-02

Profundidad		No. Golpes		PDC (mm/golpe)		CBR	
Terreno (M)	Penetración (mm)	Parcial	Consecutivo	Parcial	Consecutivo	MOPT	C.I. USA
0.00	0	0	0	21.0			
0.40	0	10	10	29.0			
0.61	210	10	20	27.0			
0.90	500	10	30	22.0			
1.17	770	10	40				
1.39	990				21.0		
					25.0		
					25.7		
					24.8		
						6.33	**8.01**

Ubicación: 7° 1'16.87"N - 71°25'29.37"O — **APIQUE:** A-03

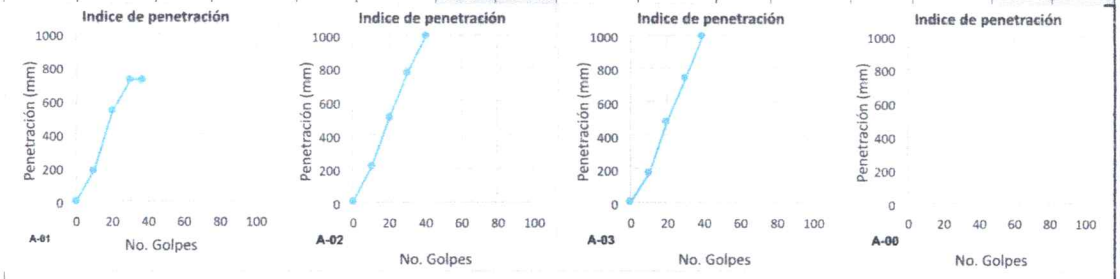
Profundidad		No. Golpes		PDC (mm/golpe)		CBR	
Terreno (M)	Penetración (mm)	Parcial	Consecutivo	Parcial	Consecutivo	MOPT	C.I. USA
0.00	0	0	0	17.0	17.0		
		10	10	31.0	24.0		
0.40	0	10	20	26.0	24.7		
		10	30	27.8	25.4		
0.57	170	9	39				
0.88	480						
1.14	740						
1.39	990						

Ubicación: — **APIQUE:**

Profundidad		No. Golpes		PDC (mm/golpe)		CBR	
Terreno (M)	Penetración (mm)	Parcial	Consecutivo	Parcial	Consecutivo	MOPT	C.I. USA

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."								
SOLICITADO POR:	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**ENSAYO CBR TIPO INALTERADO**				**CONTRATO No.:**	-		
NORMA ASOCIADA:	INVIAS E-148-13	**EQUIPO UTILIZADO:**	MOLDE PARA CBR - PRENSA MARSHALL			**FECHA:**	SEPTIEMBRE DE 2025		
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	ARCILLA ARENOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLA CON GRIS					**LL:**	32.20	**USC:**	CL
	APIQUE:	A-01	**MUESTRA:**	1	**PROFUNDIDAD (m):**	0.40	**IP:**	11.23	**AASHTO:**	A-6

		6.12	7.80



Ø Varilla Penetracion	16 mm	Altura caida	575 mm	Colombia MOPT: CBR = 567(PDC)$^{-1.40}$
Ø Punta Cónica	20 mm	Peso martillo	8 Kg	

ENDERSON JADIR CACUA RICO
Laboratorista

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
M.P. 5420272031

COMPACTACIÓN CBR

MOLDE	1				ESTADO NATURAL			LUEGO DE INMERSION		
Diámetro (mm)	152.2		PENETRACION		CARGA		ESFUERZO	CARGA		ESFUERZO
Altura (mm)	116.0		mm	pulg	Kg	Lb	Lb/pulg2	Kg	Lb	Lb/pulg2
Peso (gr)	7341		0	0.000	0	0	0.0	0	0	0.0
No. Capas	-		0.635	0.025	14	31	10.3	8	18	5.9
No. Golpes/Capa	-		1.270	0.050	26	57	19.1	16	35	11.8
Cond. Muestra	**ANTES DE SUMERGIR**	**DESPUES**	1.905	0.075	34	75	25.0	24	53	17.6
P. Húm.+ Molde	10542	10768	2.540	0.100	41	90	30.1	27	60	19.8

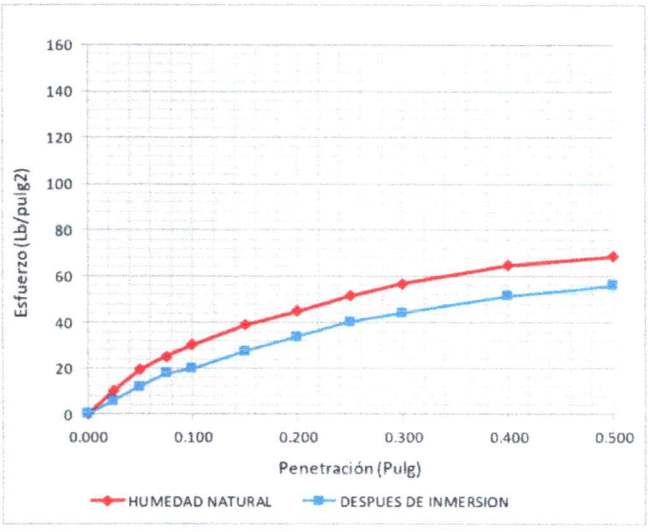
ENSAYO CBR TIPO INALTERADO

Peso Húmedo (gr)	3201			3427		3.810	0.150	53	117	38.9	37	82	27.2
Vol. Molde (cc)	2110			2110		5.080	0.200	61	134	44.8	46	101	33.8
Densidad H(gr/cc)	1.517			1.624		6.350	0.250	70	154	51.4	55	121	40.4
Tara No.	6					7.620	0.300	77	170	56.6	60	132	44.1
Peso Tara (gr)	7.46					10.160	0.400	88	194	64.7	70	154	51.4
P.Húmedo + Tara	32.03					12.700	0.500	93	205	68.3	76	168	55.9
Peso Seco + Tara	30.03					C.B.R. 0.1"		3.01			1.98		
Cont. Humedad	8.86					C.B.R. 0.2"		2.99			2.25		
Cont.Hum.Prom.	8.86			15.92		C.B.R. 0.1" Corregido							
DENSIDAD SECA	1.393			1.401		C.B.R. 0.2" Corregido							

INMERSIÓN

Dias de inmersión	4
Lect. Expansión inicial (mm)	5.25
Lect. Expansión Día 1 (mm)	5.54
Lect. Expansión Día 2 (mm)	5.77
Lect. Expansión Día 3 (mm)	5.77
Lect. Expansión Día 4 (mm)	5.77
Expansión Total (%)	0.45

	(Lb)	(gr)
Sobrecarga Saturación:	12.58	5706
Sobrecarga Penetración:	9.98	4529



ENSAYO CBR TIPO INALTERADO

ENDERSON JADIR CACUA RICO
Laboratorista

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
M.P. 5420272031 NTS

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."									
SOLICITADO POR:	MUNICIPIO DE ARAUQUITA						**CONTRATO No.:**	-		
NORMA ASOCIADA:	INVIAS E-148-13		**EQUIPO UTILIZADO:**		MOLDE PARA CBR - PRENSA MARSHALL		**FECHA:**	SEPTIEMBRE DE 2025		
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	ARCILLA ARENOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLA CON GRIS						**LL:**	34.30	**USC:**	CL
	APIQUE:	A-02	**MUESTRA:**	1	**PROFUNDIDAD (m):**	0.40	**IP:**	15.82	**AASHTO:**	A-6

COMPACTACIÓN CBR

MOLDE	2			ESTADO NATURAL			LUEGO DE INMERSION		
Diámetro (cm)	152.0		PENETRACION		CARGA	ESFUERZO	CARGA		ESFUERZO
Altura (mm)	116.3		mm	pulg	Kg	Lb	Lb/pulg2	Kg	Lb	Lb/pulg2
Peso (gr)	7006		0	0.000	0	0	0.0	0	0	0.0
No. Capas	-		0.635	0.025	13	29	9.6	7	15	5.1
No. Golpes/Capa	-		1.270	0.050	25	55	18.4	14	31	10.3
Cond. Muestra	**ANTES DE SUMERGIR**	**DESPUES**	1.905	0.075	35	77	25.7	20	44	14.7
P. Húm.+ Molde	10412	10501	2.540	0.100	42	93	30.9	28	62	20.6
Peso Húmedo (gr)	3406	3495	3.810	0.150	54	119	39.7	36	79	26.5

ENSAYO CBR TIPO INALTERADO

Vol. Molde (cc)	2110		2110		5.080	0.200	62	137	45.6	43	95	31.6
Densidad H(gr/cc)	1.614		1.656		6.350	0.250	69	152	50.7	47	104	34.5
Tara No.	8				7.620	0.300	76	168	55.9	51	112	37.5
Peso Tara (gr)	7.35				10.160	0.400	83	183	61.0	56	123	41.2
P.Húmedo + Tara	32.06				12.700	0.500	86	190	63.2	59	130	43.4
Peso Seco + Tara	29.84				C.B.R. 0.1"		3.09			2.06		
Cont. Humedad	9.87				C.B.R. 0.2"		3.04			2.11		
Cont.Hum.Prom.	9.87		12.48		C.B.R. 0.1" Corregido							
DENSIDAD SECA	1.469		1.472		C.B.R. 0.2" Corregido							

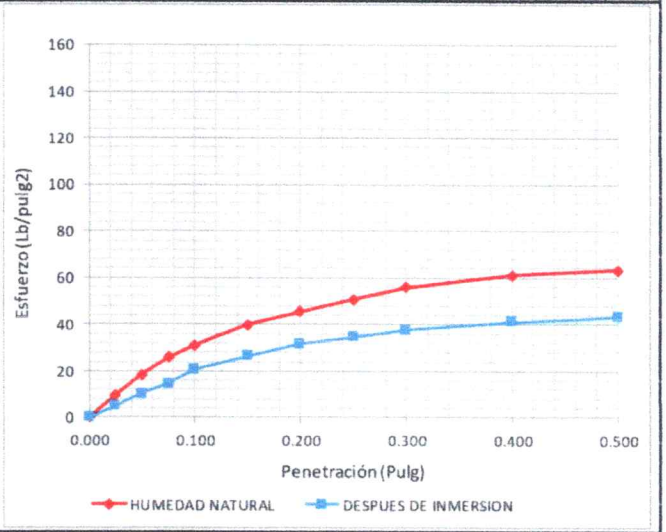
INMERSIÓN

Dias de inmersión	4
Lect. Expansión Inicial (mm)	5.77
Lect. Expansión Día 1 (mm)	5.80
Lect. Expansión Día 2 (mm)	6.28
Lect. Expansión Día 3 (mm)	6.28
Lect. Expansión Día 4 (mm)	6.28
Expansión Total (%)	**0.44**

	(Lb)	(gr)
Sobrecarga Saturación:	12.58	5706
Sobrecarga Penetración:	9.98	4529

ENSAYO CBR TIPO INALTERADO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."									
SOLICITADO POR:	MUNICIPIO DE ARAUQUITA						**CONTRATO No.:**	-		
NORMA ASOCIADA:	INVIAS E-148-13		**EQUIPO UTILIZADO:**		MOLDE PARA CBR - PRENSA MARSHALL		**FECHA:**	SEPTIEMBRE DE 2025		
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	ARCILLA ARENOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLA CON GRIS						**LL:**	33.11	**USC:**	CL
	APIQUE:	A-03	**MUESTRA:**	1	**PROFUNDIDAD (m):**	0.40	**IP:**	14.35	**AASHTO:**	A-6



ENDERSON JADIR CACUA RICO
Laboratorista

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT M.P.
5420272031 NTS

COMPACTACIÓN CBR

MOLDE	3			ESTADO NATURAL			LUEGO DE INMERSION		
Diámetro (cm)	152.2		**PENETRACION**		**CARGA**	**ESFUERZO**	**CARGA**		**ESFUERZO**
Altura (mm)	116.5		mm	pulg	Kg	Lb	Lb/pulg2	Kg	Lb	Lb/pulg2
Peso (gr)	7037		0	0.000	0	0	0.0	0	0	0.0
No. Capas	-		0.635	0.025	13	29	9.6	9	20	6.6
No. Golpes/Capa	-		1.270	0.050	23	51	16.9	17	37	12.5
Cond. Muestra	**ANTES DE SUMERGIR**	**DESPUES**	1.905	0.075	34	75	25.0	25	55	18.4

ENSAYO CBR TIPO INALTERADO

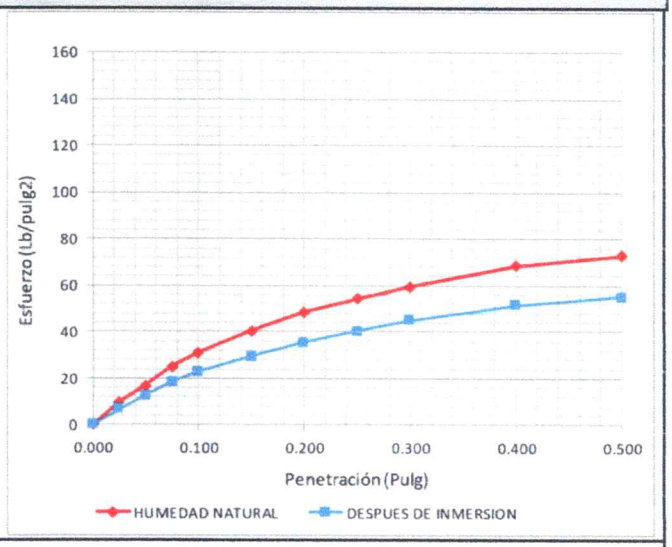
P. Húm.+ Molde	10230		10335		2.540	0.100	42	93	30.9	31	68	22.8
Peso Húmedo (gr)	3193		3298		3.810	0.150	55	121	40.4	40	88	29.4
Vol. Molde (cc)	2120		2120		5.080	0.200	66	146	48.5	48	106	35.3
Densidad H(gr/cc)	1.506		1.556		6.350	0.250	74	163	54.4	55	121	40.4
Tara No.	8				7.620	0.300	81	179	59.5	61	134	44.8
Peso Tara (gr)	7.35				10.160	0.400	93	205	68.3	70	154	51.4
P.Húmedo + Tara	29.81				12.700	0.500	99	218	72.8	75	165	55.1
Peso Seco + Tara	27.85				C.B.R. 0.1"		3.09			2.28		
Cont. Humedad	9.56				C.B.R. 0.2"		3.23			2.35		
Cont.Hum.Prom.	9.56		12.85		C.B.R. 0.1" Corregido							
DENSIDAD SECA	1.375		1.379		C.B.R. 0.2" Corregido							

INMERSIÓN

Dias de inmersión	4
Lect. Expansión Inicial (mm)	4.92
Lect. Expansión Día 1 (mm)	4.97
Lect. Expansión Día 2 (mm)	5.38
Lect. Expansión Día 3 (mm)	5.38
Lect. Expansión Día 4 (mm)	5.38
Expansión Total (%)	**0.40**

	(Lb)	(gr)
Sobrecarga Saturación:	12.58	5706
Sobrecarga Penetración:	9.98	4529

ENSAYO CBR TIPO INALTERADO



Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
Laboratorista

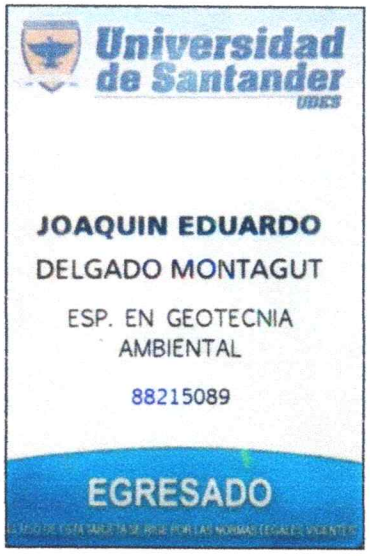
Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
M.P. 5420272031 NTS

ANEXO A-4 DOCUMENTACIÓN GEOTECNISTA




FECHA DE NACIMIENTO 20-AGO-1974
CUCUTA
(NORTE DE SANTANDER)
LUGAR DE NACIMIENTO
1.70
ESTATURA
A+
G.S. RH
M
SEXO
10-SEP-1993 CUCUTA
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION
REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARIEL SÁNCHEZ TORRES
INDICE DERECHO
A-2500100-00125777-M-0088215089-20081107
0005483681A 1
6980006837


REPUBLICA DE COLOMBIA
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA
COPNIA
MATRICULA PROFESIONAL No.
5420272031NTS
INGENIERO CIVIL
DE FECHA 14/05/1998
JOAQUIN EDUARDO
DELGADO MONTAGUT
C.C. 88215089
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE
PAULA SANTANDER
PRESIDENTE DEL CONSEJO


Universidad de Santander
UDES
JOAQUIN EDUARDO
DELGADO MONTAGUT
ESP. EN GEOTECNIA
AMBIENTAL
88215089
EGRESADO

República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional
y en su nombre

La Universidad Francisco de Paula Santander

Personería Jurídica No 20 Septiembre 19 de 1962 de la Gobernación del Departamento Norte de Santander

Confiere el Título de

Ingeniero Civil

A

Joaquín Eduardo Delgado Montagut

C.C. No. 88.215.089 expedida en Cúcuta, N. de S.

Quien cumplió satisfactoriamente con los requisitos académicos exigidos.
En testimonio de ello otorga el presente

DIPLOMA

Expedido en la ciudad de Cúcuta, a 30 de Enero de 1998

EL RECTOR

EL DECANO DE LA FACULTAD

LIBRO No. 20 ACTA No. 0244 FOLIO 031
Registro 5103329



La Universidad de Santander
UDES

Aprobada por el Ministerio de Educación Nacional de conformidad con la Personería Jurídica No. 810 del 12 de mayo de 1986 y la Resolución No. 6246 del 22 de diciembre de 2005

Teniendo en cuenta que:

Joaquín Eduardo Delgado Montagut

C.C. No. 88215090 Expedida en: Cúcuta

Cursó y aprobó los estudios y cumplió con las exigencias legales y reglamentarias, le confiere el título de:

Especialista en Geotecnia Ambiental

En constancia de lo anterior se firma y sella este Diploma, en la ciudad de Bucaramanga, el día 14 del mes Febrero del año 2018

Rector

Secretaria General

Registrado en el folio 03853 Libro D-5 Nº de Acta 05456 Diploma No. 54126

Secretaria del Programa

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2025-3922257

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 88215089, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 54202-72031 desde el 14 de Mayo de 1998, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 1216.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los veinte (20) días del mes de Septiembre del año dos mil veinticinco (2025).

Rubén Darío Ochoa Arbeláez

Firma del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado

El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.

Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA - COPNIA
Calle 78 Nº 9 - 57 - Teléfono 322 0191 - Bogotá D.C.
e-mail: contactenos@copnia.gov.co
www.copnia.gov.co

CARTA DE RESPONSABILIDAD

Yo **JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT**, identificado con cédula de ciudadanía No. 88.215.089 expedida en la Ciudad de Cúcuta – N.S., en mi condición de INGENIERO CIVIL portador de Matrícula Profesional No. 54202-72031 NTS, declaro que realicé el informe **ESTUDIO SUELOS Y GEOTÉCNICO** para el proyecto cuyo objeto es **"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."** asimismo, declaro que asumo la responsabilidad del perjuicio que por causa de él pueda deducirse.

En consecuencia, asumo toda la responsabilidad referente al **ESTUDIO DE SUELOS Y GEOTÉCNICO**, y exonero al Municipio de Arauquita, de cualquier responsabilidad, civil, penal o administrativa, por cualquier falta u omisión del presente diseño.

Declaro así mismo, que asumo la responsabilidad por los perjuicios que por causa de ellos pueda deducirse, exonerando al Municipio de Arauquita de cualquier responsabilidad.

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por el Municipio no constituye una aprobación al estudio y/o diseño, sino una verificación del cumplimiento de las normas aplicables.

Se expide a los siete (07) días del mes de mayo de 2026.

Atentamente,

Nombre: JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT Firma: _____

Profesión: INGENIERO CIVIL Nº C.c.: 88.215.089

Título de Matrícula post-grado: ESP. GEOTECNIA AMBIENTAL Profesional No 54202-72031 NTS

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo **JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT**, identificado con cédula de ciudadanía No. 88.215.089 expedida en la Ciudad de Cúcuta – N.S., en mi condición de INGENIERO CIVIL portador de Matrícula Profesional No. 54202-72031 NTS, certifico que realicé el informe **ESTUDIO DE SUELOS Y GEOTÉCNICO** para el proyecto cuyo objeto es **"MEJORAMIENTO DE CANCHA MULTIFUNCIONAL EN LA CARRERA 4 CON CALLE 14 EN EL BARRIO SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."**

Por lo anterior, manifiesto ceder plenamente los derechos al MUNICIPIO DE ARAUQUITA.

La duración de los derechos cedidos será por término indefinido a partir de la fecha de la firma de la presente carta de cesión de derechos.

Para los fines pertinentes, anexo:

- Copia de mi Tarjeta o Matrícula Profesional
- Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios (profesionales) – Copia de la cédula de ciudadanía.

Se expide a los siete (07) días del mes de mayo de 2026.

Atentamente,

Nombre: JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT Firma: _____

Profesión: INGENIERO CIVIL Nº C.c.: 88.215.089

Título de Matrícula post-grado: ESP. GEOTECNIA AMBIENTAL Profesional No 54202-72031 NTS

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca