AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL 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 **11**

2.1 ASPECTOS FÍSICOS 11
2.1.1 Geomorfología. *11*
2.1.2 Geología regional. *13*
2.1.3 Geología local. *14*
2.2 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES 16
2.2.1 Clima *16*
2.2.2 Hidrografía *17*

3 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO **18**

3.1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO 18
3.2 ENSAYOS EN CAMPO 19
3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO 19

4 CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO **21**

4.1 ESTRATIGRAFÍAS 21
4.2 PROPIEDADES FÍSICAS 22
4.3 PROPIEDADES MECÁNICAS 27
4.3.1 Ensayo normal de penetración, SPT *27*
4.4 POTENCIAL DE EXPANSIÓN 29
4.5 NIVEL FREÁTICO 32
4.6 CLASIFICACIÓN DEL SUELO GUÍA DE TRABAJO SEGURO EN EXCAVACIONES 32

5 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS **34**

5.1 ESTIMATIVOS DE PARÁMETROS EFECTIVOS DE RESISTENCIA CON EL SPT 34
5.2 PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA 36
5.3 COMPRESIBILIDAD 36
5.4 MÓDULO DE ELASTICIDAD 37

6 ASPECTOS SÍSMICOS Y CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE LOS SUELOS **39**

6.1 PERFIL DE LOS SUELOS 39
6.2 CLASIFICACIÓN ZONA DE AMENAZA SÍSMICA 39
6.3 DETERMINACIÓN PARÁMETROS SÍSMICOS 41
6.4 COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS BAJO CARGAS SISIMICAS 41
6.4.1 Análisis de licuación de los suelos *41*

7 CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS **43**

7.1 GENERALIDADES 43
7.2 NIVEL Y SISTEMA DE CIMENTACIÓN 43
7.2.1 Cimentación superficial. *44*
7.3 CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE 44
7.3.1 Ecuaciones de capacidad portante utilizadas en el análisis *44*
7.3.2 Cálculos de capacidad de carga admisible de los suelos de fundación ("perfil de diseño") *45*
7.4 ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS DE LAS OBRAS PROYECTADAS 48
7.4.1 Metodologías para el cálculo de asentamientos *50*
7.5 SELECCIÓN ALTERNATIVA DE CIMENTACIÓN MÁS FAVORABLE 54
7.6 EXCAVACIONES PARA CIMENTACIÓN 54
7.6.1 Abatimiento del nivel freático. *55*
7.6.2 Estabilidad de los taludes de la excavación. *57*

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 58

8.1 CONCLUSIONES 58
8.2 RECOMENDACIÓN DE CIMENTACIONES 59

9 REFERENCIAS 60

ANEXOS 61

ANEXO A-1. REGISTRO FOTOGRÁFICO 62
ANEXO A-2 PERFILES DE SUELO 68
ANEXO A-3 ENSAYOS DE LABORATORIO 73
ANEXO A-4 DOCUMENTACIÓN GEOTECNISTA 118

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. Comportamiento del Suelo 26
Cuadro 5. Criterios de clasificación según el número de golpes del ensayo de penetración estándar (N_{SPT}) 28
Cuadro 6. Número de golpes/pie N_{CAMPO} 29
Cuadro 7. Número de golpes/pie promedio N_{60} 29
Cuadro 8. Clasificación de suelo expansivos según NSR-10 30
Cuadro 9. Clasificación potencial de expansión para los valores máximos encontrados en todos los sondeos ejecutados 30
Cuadro 10. Grado de expansión de una arcilla según Das-1983 30
Cuadro 11. Grado de expansión de los suelos encontrados 31
Cuadro 12. Tipos de suelos 32
Cuadro 13. Parámetros de resistencia a partir del SPT 35
Cuadro 14. Parámetros de resistencia - Perfil de diseño. 36
Cuadro 15. Correlaciones de Cc 36
Cuadro 16. Índice de compresión por correlación de los suelos encontrados 37
Cuadro 17. Correlaciones empíricas para estimar el módulo de Young Es en diferentes tipos de suelo a partir del ensayo de SPT. 37
Cuadro 18. Módulo de Young estimado para el perfil de diseño 38
Cuadro 19. Promedio de SPT a lo largo de las exploraciones. 39
Cuadro 20. Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C, D o E 39
Cuadro 21. Parámetros sisimicos 41
Cuadro 22. Capacidad portante admisible Canal Rectangular 45
Cuadro 23. Capacidad portante admisible Canal Trapezoidal 47
Cuadro 24. Asentamientos diferenciales máximos. NSR-10. 49
Cuadro 25. Asentamiento total admisible 49
Cuadro 26. Métodos de control de flujo de agua en excavaciones en diferentes tipos de suelos (Tamez, 2001) 56

LISTA DE IMÁGENES

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 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. Curvas de humedad natural contra profundidad 24
Figura 11. Curvas de índice de plasticidad contra profundidad 24
Figura 12. Curvas de índice de liquidez contra profundidad 25
Figura 13. Grafica de humedad natural y humedad de equilibrio contra profundidad 26
Figura 14. Curvas de número de golpes, N, en el ensayo SPT, contra profundidad 28
Figura 15. Mapa de amenaza sísmica de Colombia 40
Figura 16. Esfuerzo máximo vs profundidad de desplante Canal Rectangular 1.20x1.00 m 46
Figura 17. Carga máxima vs profundidad de desplante Canal Rectangular 1.20x1.00 m 46
Figura 18. Esfuerzo máximo vs profundidad de desplante Canal Rectangular 3.00x2.40 m 48
Figura 19. Carga máxima vs profundidad de desplante Canal Rectangular 3.00x2.40 m 48
Figura 20. Modelo geométrico de la cimentación 50
Figura 21. Perfil del suelo debajo de la cimentación 51
Figura 22. Parámetros de los suelos 51
Figura 23. Generación de la malla cimentación 52
Figura 24. Malla deformada cimentación Df=1.30 m 53
Figura 25. Asentamientos totales cimentación 53

INTRODUCCIÓN

El presente informe hace parte fundamental del proyecto "AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA", el cual contiene el estudio de suelos necesario para determinarlas características geomecánicas del suelo, su capacidad máxima admisible y estabilidad de las excavaciones para la construcción de un canal de aguas lluvias.

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 cuatro (04) sondeos con recuperación con equipo a percusión, distribuidos a lo largo del trazado proyectado del canal colector de aguas lluvias, alcanzando los 6.00 m de profundidad máxima y 24.00 m de profundidad total explorada, en los cuales se encontraron tres estratos compuestos por arcillas de mediana plasticidad.

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 del canal colector de aguas lluvias del proyecto "AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL 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 Suelos para el proyecto de "AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA".

1.2.2 Objetivos específicos

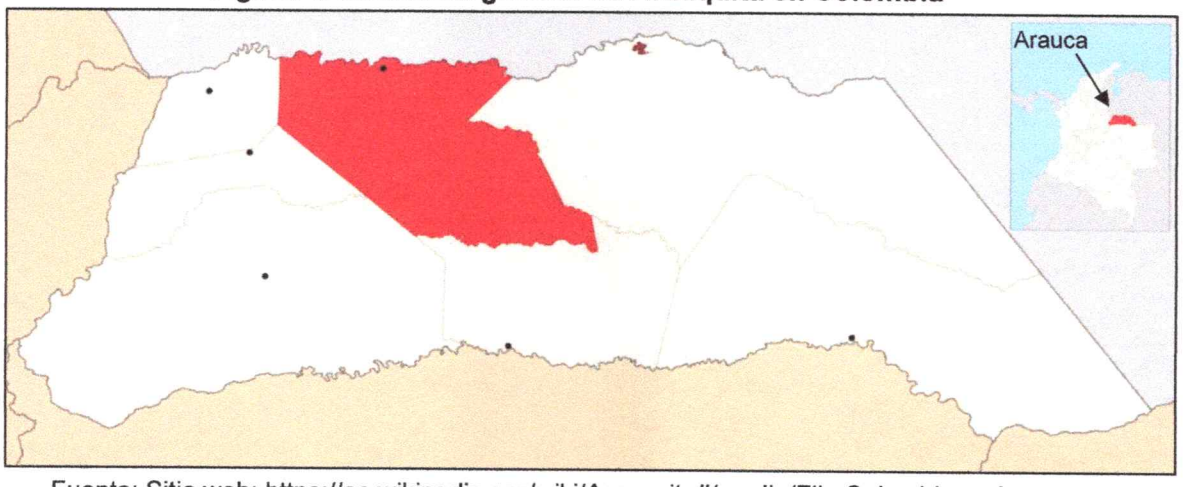
- Describir las características principales del área de estudio.
- Realizar la identificación del suelo, tomando muestras e información necesaria para la realización de ensayos de laboratorio.
- Determinar la profundidad del nivel freático.
- Caracterizar el estado actual en campo de los suelos, evaluando 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 analizando la estabilidad de las excavaciones.
- Generar recomendaciones de diseño y construcción.

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto se localiza en la Vía Principal Ruta 66 entre la Carrera 12 hasta la Carrera 14A 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 construcción de un canal colector de aguas lluvias en sistema monolítico de concreto reforzado, cumpliendo las exigencias de la NSR–10 y del Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. No se contemplan obras de almacenamiento de cargas que involucren consideraciones adicionales de carga o uso.

En la figura 2 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

El canal colector proyectado será construido en concreto reforzado en dos secciones: Un primer tramo cerrado, desde la carrera 12 hasta la carrera 12 B, tipo cajón conformado por muros y placas los cuales componen un sistema modular en el que cada parte se conecta con las otras para formar un túnel. Un segundo tramo cerrado, desde la carrera 12 B hasta la carrera 14 A, de forma rectangular de mayor sección hidráulica. Dichas estructuras se diseñarán cumpliendo las exigencias del Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.

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.

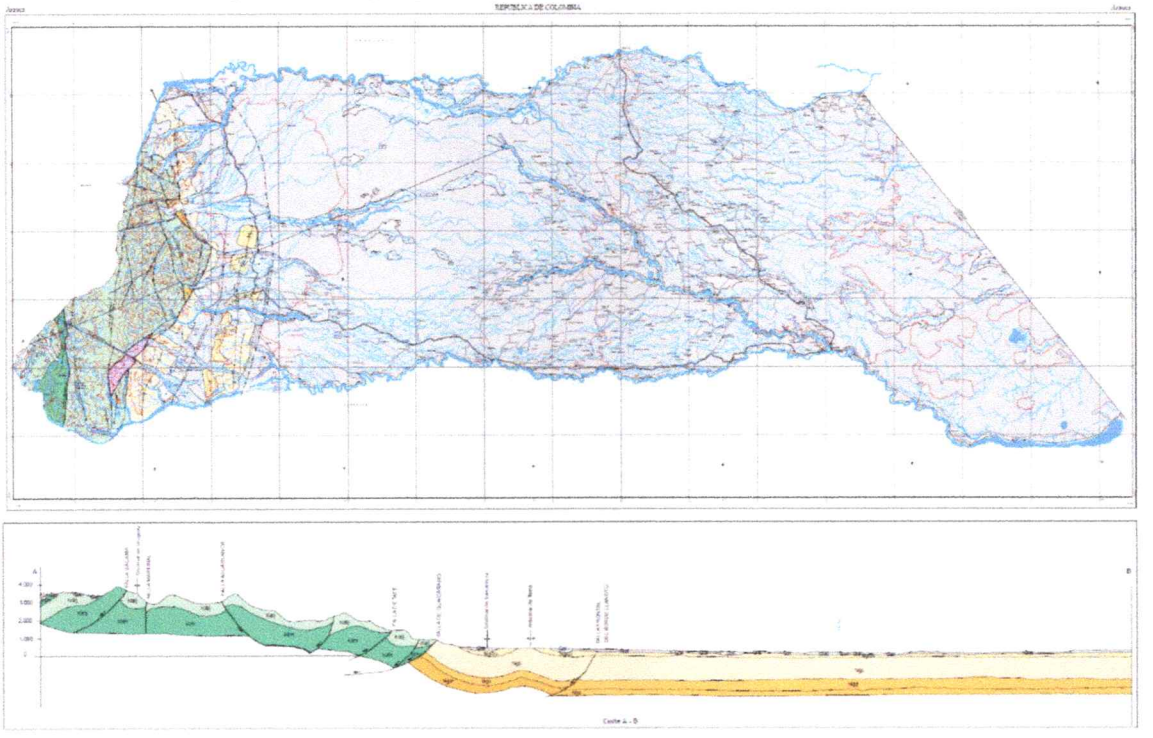
A nivel regional la zona en estudio se encuentra ubicada sobre un sector de llanura aluvial de desborde y valles aluviales.

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.

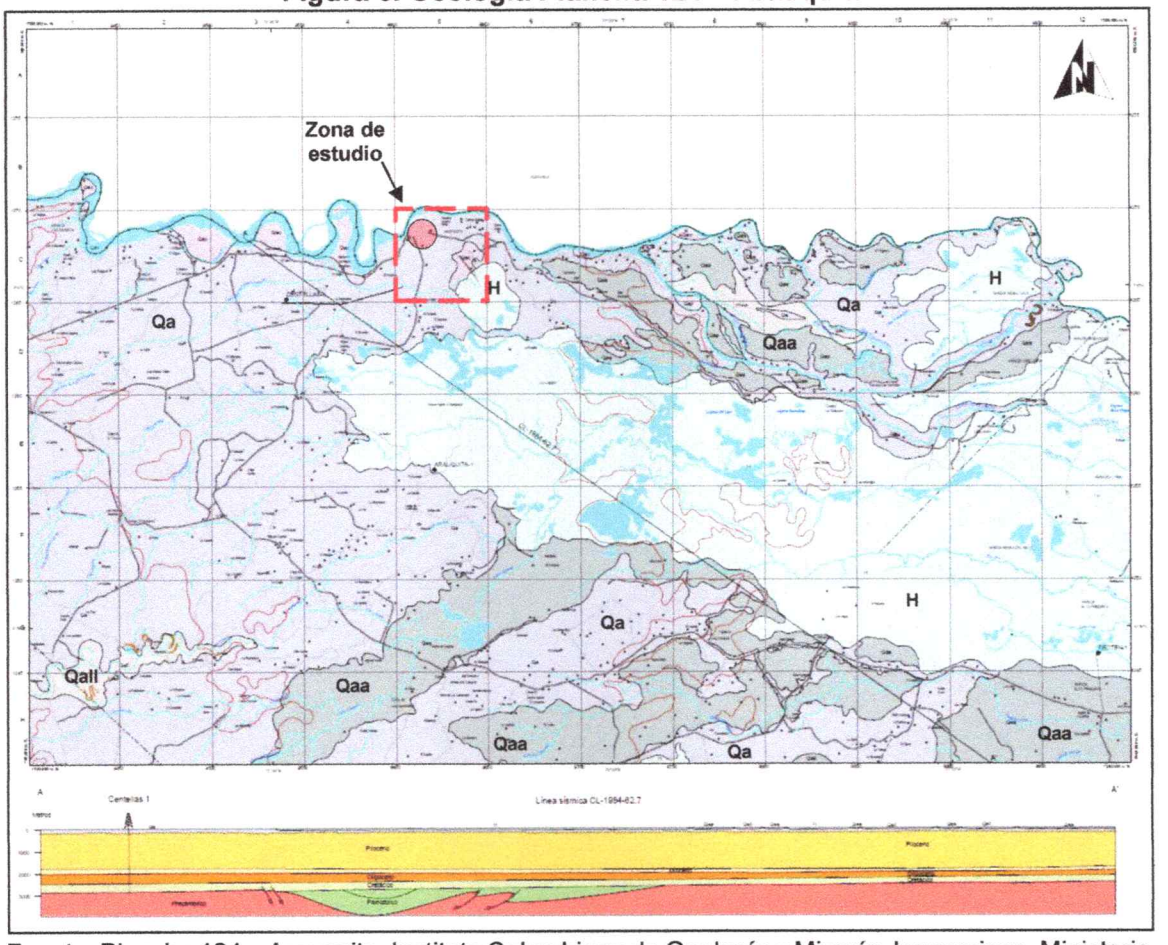
La zona de estudio se encuentra en el cuadrante G-9 de la Plancha 124-Arauquita de la Cartografía Geológica del Servicio Geológico Colombiano. En la zona de estudio afloran dos unidades geológicas de origen aluvial. A continuación, se describen las características, geométricas, litológicas y estratigráficas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

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 del canal colector de aguas lluvias para el proyecto AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA, comprendieron:

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

Sondeos manuales

Se realizaron cuatro (04) sondeos con equipo de perforación a percusión en el sector de construcción del canal colector, con el objetivo de recuperar muestras alteradas e inalteradas 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).

En el Cuadro 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° 1'43.34"N	71°25'26.73"O	-6.00 m	-1.00 m
S-02	7° 1'42.47"N	71°25'23.97"O	-6.00 m	-1.20 m
S-03	7° 1'41.12"N	71°25'22.72"O	-6.00 m	-1.20 m
S-04	7° 1'40.52"N	71°25'19.99"O	-6.00 m	-1.10 m

Figura 7. Ubicación de los sondeos exploratorios



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

De los sondeos se recuperaron muestras de suelo alteradas e inalteradas para ensayos de clasificación y propiedades físicas.

3.2 ENSAYOS EN CAMPO

En cada uno de los apiques realizados se llevaron a cabo los siguientes ensayos de campo:

- Barrenos manuales.
- Ensayo de Penetración Estándar (SPT).
- Profundidad de nivel freático.
- 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
Ensayos de Laboratorio		
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	12	INV E-125,126-127
Compresión inconfinada	3	INV E-153-13
Ensayos de Campo		
Penetración estándar	20	INV E-111-13

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

Cuadro 3. Resumen de resultados de laboratorio sondeos ejecutados

Sondeo	Muestra	Rango de muestreo (m)	Peso Unitario	Gravedad específica	Distribución granulométrica				Limites 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	1.872	2.711	0.00	12.45	-	**87.55**	35.50	20.57	**14.93**	-0.74	20.29	9.57	CL	A-6	13
	2	1.80 - 4.20	1.891	2.710	0.00	13.96	-	**86.04**	35.70	21.86	**13.84**	0.29	20.38	25.89	CL	A-6	12
	3	4.20 - 6.00	1.911	2.711	0.00	12.94	-	**87.06**	33.30	17.55	**15.75**	0.62	19.25	27.24	CL	A-6	13
S-02	1	0.00 - 1.90	1.878	2.711	0.00	12.91	-	**87.09**	35.00	20.26	**14.74**	-0.64	20.05	10.90	CL	A-6	13
	2	1.90 - 4.40	1.895	2.710	0.00	14.54	-	**85.46**	34.60	21.24	**13.36**	0.40	19.86	26.56	CL	A-6	11
	3	4.40 - 6.00	1.908	2.712	0.00	11.28	-	**88.72**	33.00	17.01	**15.99**	0.71	19.11	28.31	CL	A-6	13
S-03	1	0.00 - 1.80	1.875	2.711	0.00	12.24	-	**87.76**	35.80	19.34	**16.46**	-0.58	20.43	9.77	CL	A-6	14
	2	1.80 - 4.00	1.897	2.710	0.00	14.30	-	**85.70**	35.20	21.33	**13.87**	0.28	20.14	25.17	CL	A-6	12
	3	4.00 - 6.00	1.890	2.711	0.00	12.75	-	**87.25**	32.70	18.16	**14.54**	0.67	18.97	27.83	CL	A-6	12
S-04	1	0.00 - 2.00	1.884	2.711	0.00	13.48	-	**86.52**	34.08	19.29	**14.79**	-0.62	19.62	10.08	CL	A-6	12
	2	2.00 - 3.80	1.886	2.709	0.00	15.05	-	**84.95**	34.40	20.57	**13.83**	0.44	19.77	26.59	CL	A-6	11
	3	3.80 - 6.00	1.898	2.711	0.00	13.50	-	**86.50**	33.50	17.85	**15.65**	0.71	19.35	28.97	CL	A-6	13
Mínimo			1.872	2.709	0.00	11.28	-	84.95	32.70	17.01	13.36	-0.74	18.97	9.57	CL	A-6	11
Promedio			1.890	2.711	0.00	13.28	-	86.72	34.40	19.59	14.81	0.13	19.77	21.41	CL	A-6	12
Máximo			1.911	2.712	0.00	15.05	-	88.72	35.80	21.86	16.46	0.71	20.43	28.97	CL	A-6	14

Fuente: Propia

Los suelos del sector están compuestos a lo largo de la exploración superficialmente y hasta la profundidad máxima explorada por arcillas de mediana plasticidad de colores amarilla y gris. Los suelos de naturaleza fina abundan en toda la profundidad explorada. Se identificaron por medio de la campaña de exploración geotécnica La caracterización se realizó considerando los resultados de los ensayos presentados en el Cuadro 3.

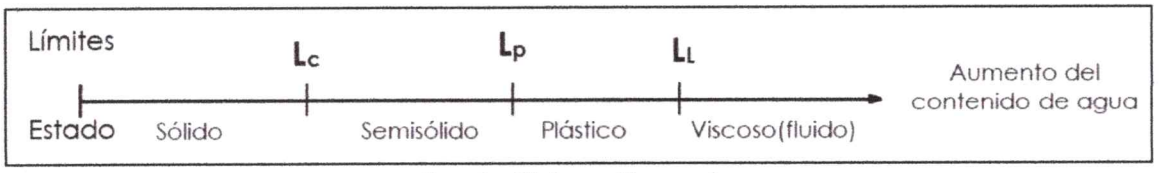
4.2 PROPIEDADES FÍSICAS

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

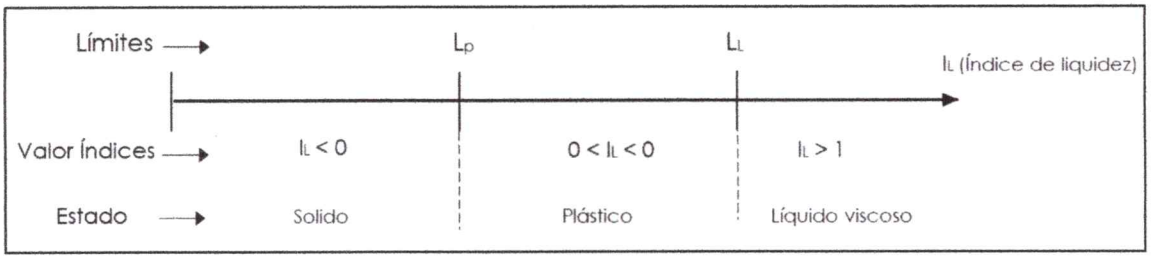
Los contenidos de humedad y los puntos de transición de uno a otro estado se denominan: Limite de contracción Lc, Limite de plástico Lp y limite de líquido LL .

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 9, 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.

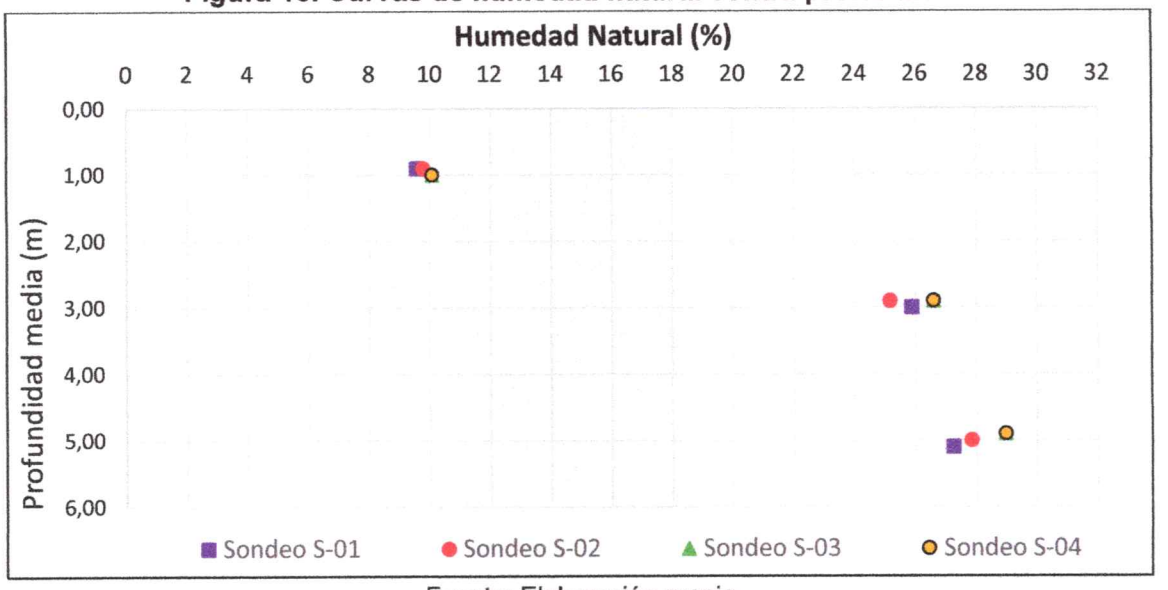
Según la fórmula anterior puede anotarse que para un suelo que tiene la humedad natural igual a su límite plástico el índice de liquidez es cero y para un contenido de humedad igual al límite líquido el índice es igual a 1. Con esto se puede concluir que:

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.

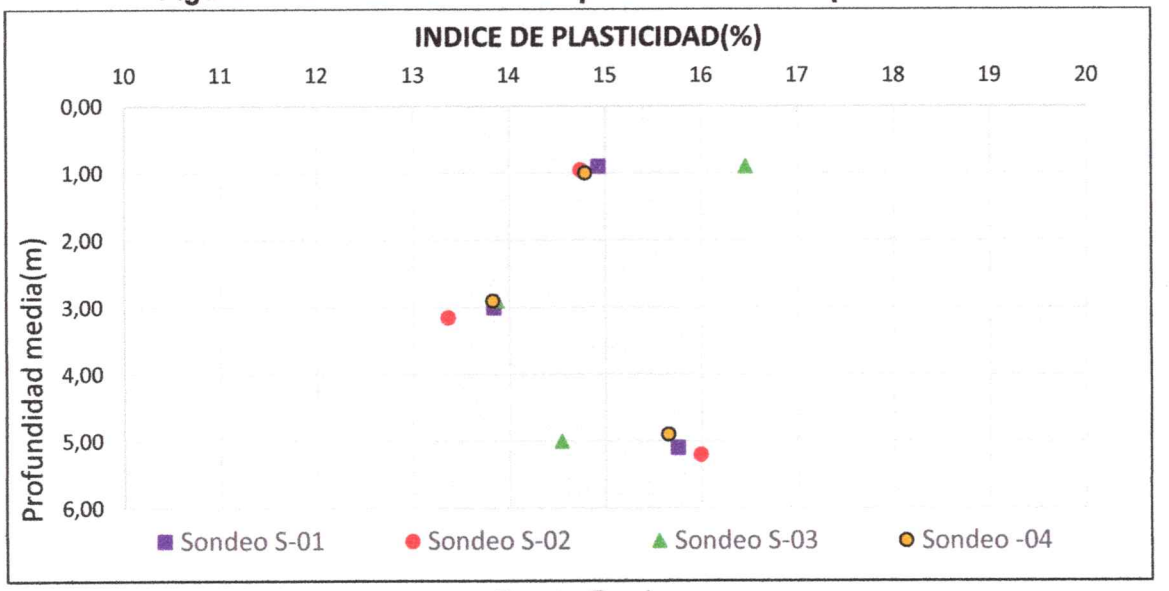
La Figura 10 muestra el perfil de los resultados encontrados en los ensayos de humedad natural realizados sobre cada una de las muestras evaluadas en función de su profundidad. Los valores encontrados para los sondeos exploratorios se encuentran en un intervalo definido por los extremos 9.57% y 28.97%; el comportamiento muestra que la humedad en la superficie es menor. Se puede caracterizar el depósito como de humedad media.

Figura 10. Curvas de humedad natural contra profundidad



Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Curvas de índice de plasticidad contra profundidad



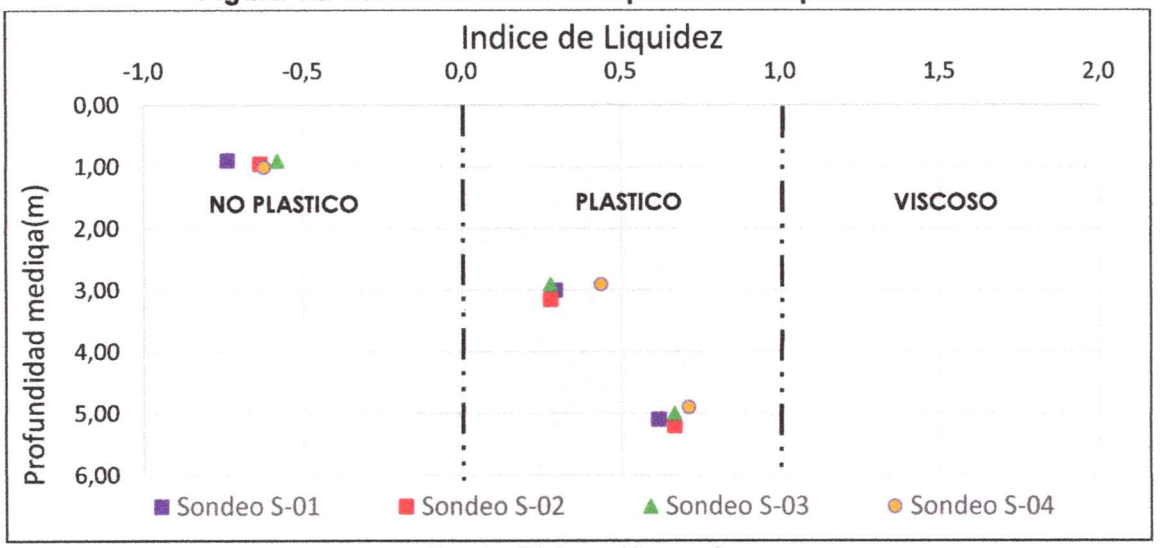
Fuente: Propia

La Figura 11 muestra las curvas de comportamiento del índice de plasticidad contra profundidad. Los extremos en los resultados encontrados son 13.36% y 16.46%, lo que, unido a sus valores particulares del límite líquido, permiten clasificar el depósito como 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.

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 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 -0.74 y 0.71, lo que permite esperar que los suelos encontrados por encima del nivel freático tengan un comportamiento sólido a semisólido, mientras que los suelos por debajo del nivel freático tendrán un comportamiento plástico.

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).

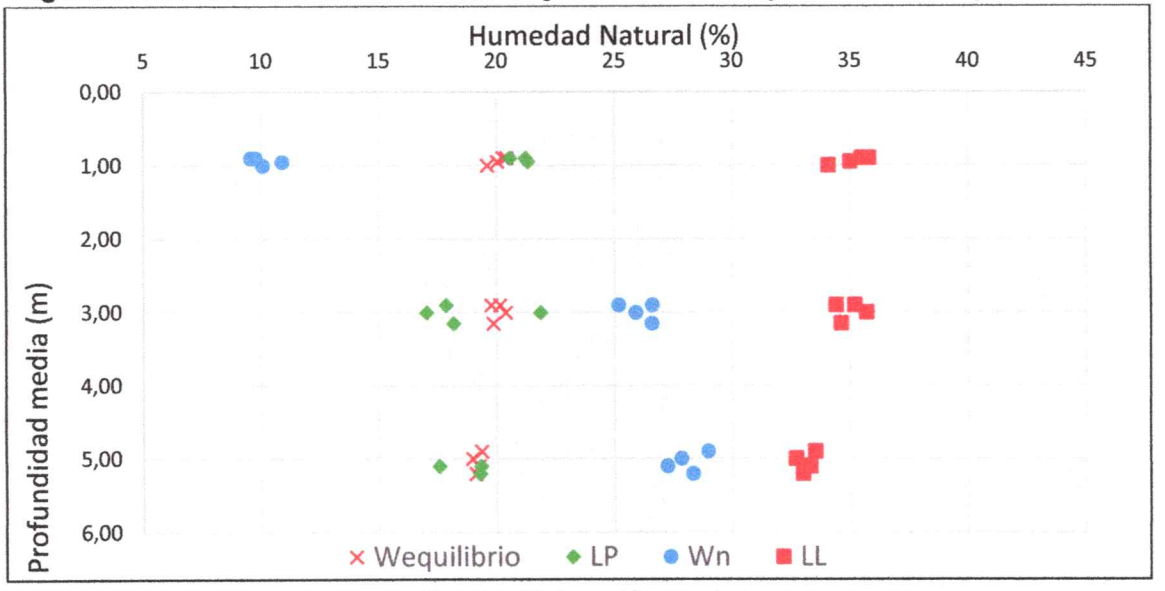
Ahora un **IL** cercano a **1** Significa que es un Suelo normalmente consolidado (suelo que nunca ha estado sometido a presiones efectivas mayores que las encontradas al momento de la prueba en estado natural). En estos suelos wn cercana a LL.

Cuadro 4. 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.

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.

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



Fuente: Elaboración propia

La humedad de equilibrio calculada de acuerdo con la expresión w_{eq} = 0.47LL + 3.6, los resultados obtenidos en la Figura 14 indican hasta una profundidad de 2.00 m en promedio, un contenido de humedad por debajo del LP,

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.

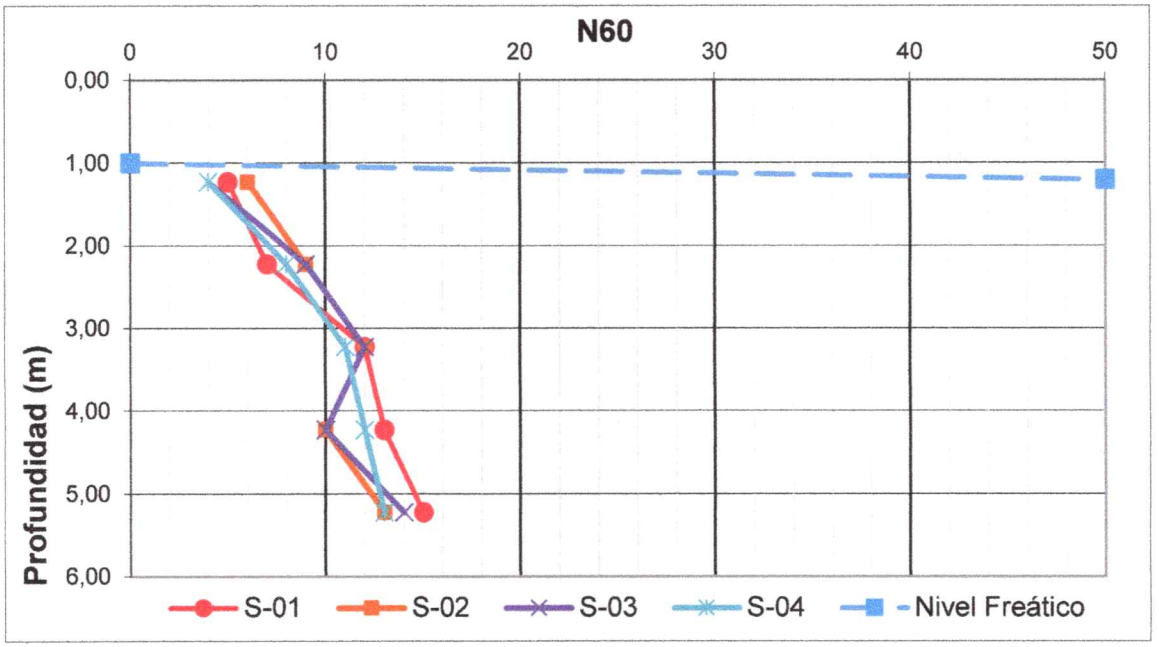
El muestreo de los suelos granulares con el toma muestras partido produce cambios intensos en su estructura original e imposibilita la correcta determinación de las propiedades mecánicas mediante pruebas de laboratorio. Para obviar esta dificultad se ha encontrado conveniente medir en forma sencilla 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 5 se muestran los criterios de clasificación según el número de golpes por pie del ensayo de penetración estándar (N_{SPT}).

Cuadro 5. Criterios de clasificación según el número de golpes del 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 6 se presenta el resumen del número de golpes/pie para cada depósito de suelo encontrado en los sondeos.

Cuadro 6. 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	3	5
	2	2.00	2.45	2.23	3	3	4	7
	3	3.00	3.45	3.23	4	6	6	12
	4	4.00	4.45	4.23	4	6	7	13
	5	5.00	5.45	5.23	5	7	8	15
S-02	1	1.00	1.45	1.23	2	3	3	6
	2	2.00	2.45	2.23	3	4	5	9
	3	3.00	3.45	3.23	4	6	6	12
	4	4.00	4.45	4.23	3	5	5	10
	5	5.00	5.45	5.23	4	6	7	13
S-03	1	1.00	1.45	1.23	1	2	2	4
	2	2.00	2.45	2.23	3	4	5	9
	3	3.00	3.45	3.23	4	6	6	12
	4	4.00	4.45	4.23	3	4	6	10
	5	5.00	5.45	5.23	4	7	7	14
S-04	1	1.00	1.45	1.23	1	2	2	4
	2	2.00	2.45	2.23	3	4	4	8
	3	3.00	3.45	3.23	4	5	6	11
	4	4.00	4.45	4.23	4	6	6	12
	5	5.00	5.45	5.23	5	6	7	13

Fuente: propia

Cuadro 7. Número de golpes/pie promedio N_{60}

Sondeo	Prof. [m]	N_{60}[-]
S-01	1.00 – 6.00	10
S-02	1.00 – 6.00	10
S-03	1.00 – 6.00	10
S-04	1.00 – 6.00	10

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

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 8. 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 9. Clasificación potencial de expansión para los valores máximos encontrados en todos los sondeos ejecutados

Parámetros	Valores máximos obtenidos	Valores referencia
LL %	35.80	< 39
IP %	16.46	< 20
Potencial de expansión		**BAJO**

Fuente: propia

Conforme al Cuadro 9 y los valores allí presentados, el potencial de expansión de los suelos encontrados es **BAJO.**

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 10. 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 11 donde se puede observar que los suelos encontrados presentan un grado de expansión baja a media.

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

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

P_{ex}= Presión de expansión probable en el campo kgf/cm^2
w_L = Límite líquido del suelo en fracción decimal
γ_d = peso unitario seco del suelo en g/cm^3
w_N = humedad natural del suelo en fracción decimal

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

Cuadro 11. 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	14,93	1,58	Medio	5,61
	1,80 - 4,20	13,84	1,31	Bajo	1,50
	4,20 - 6,00	15,75	1,80	Medio	1,23
S-02	0,00 - 1,80	14,74	1,53	Medio	4,93
	1,90 - 4,40	13,36	1,21	Bajo	1,36
	4,40 - 6,00	15,99	1,87	Medio	1,11
S-03	0,00 - 1,80	16,46	2,01	Medio	5,62
	1,80 - 4,00	13,87	1,32	Bajo	1,57
	4,00 - 6,00	14,54	1,48	Bajo	1,11
S-04	0,00 - 2,00	14,79	1,55	Medio	5,10
	2,00 - 3,80	13,83	1,31	Bajo	1,33
	3,80 - 6,00	15,65	1,77	Medio	1,07

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 la presión de expansión probable calculada oscila entre 1.07 y 5.62 Ton/m^2 (2.63 Ton/m^2 en promedio), pudiendo presentar pequeñas grietas si se cimienta directamente sobre la arcilla, por lo que se recomienda realizar un mejoramiento del suelo con material granular tamaño máximo 2" (tipo subbase granular) de 30 cm de espesor mínimo y sobre esté un solado en concreto pobre de 5 cm de espesor para luego apoyar la placa de fondo del canal.

4.5 NIVEL FREÁTICO

El nivel freático se evidenció a profundidades entre 1.00 y 1.20 m. La humedad promedio hasta la profundidad explorada de los suelos fue de 21.41% fluctuando entre 9.57% y 28.97%. El estrato superficial es el más seco, y los estratos por debajo del nivel freático se encuentra a humedad de saturación.

4.6 CLASIFICACIÓN DEL SUELO GUÍA DE TRABAJO SEGURO EN EXCAVACIONES

Cuadro 12. Tipos de suelos

Tipo A	Tipo B	Tipo C
Es un suelo cohesivo con una resistencia a la compresión no confinada de 144 KPa ó mayor. Tipo A, si: • El suelo está fisurado. • El suelo está sujeto a vibración de tráfico pesado, hincado de pilotes, efectos similares. • El suelo ha sido previamente perturbado. • Es suelo es parte de un talud, en un sistema de capas donde las capas llegan dentro de la excavación en una pendiente de 4 horizontal a 1 vertical (4H:1V) ó mayor. • El suelo está sujeto a otros factores que podrían requerirlo para ser clasificado como un material menos inestable.	Es un suelo cohesivo con una resistencia a la compresión no confinada mayor a 48 KPa pero menor de 144 KPa, ó: • Es un suelo granular sin cohesión incluyendo: grava angular (similar a roca partida), limo, margas limosas, margas arenosas y en algunos casos, margas arcillo limosas, y margas arcillo arenosos. • Suelos previamente perturbados, excepto aquellos que puedan ser clasificados como Tipo C. • Suelos que cumplan los requerimientos de resistencia a la compresión no confinada ó de cementación para el tipo A, pero está fisurado ó sometido a vibración. • Roca seca pero que no es estable. • Material que es parte de un talud, sistema de capas donde las capas entran a la excavación en una pendiente menos de 4H:1V, pero solamente si el material pueda ser clasificado como Tipo B.	Es suelo cohesivo con una resistencia a la compresión no confinada de 48 KPa ó menos, ó: • Suelo granular incluyendo gravilla, arena margas. • Suelo sumergido o suelo donde el agua está drenada de forma lenta. • Roca sumergida que no es estable. • Material en un talud, sistema de capas donde las capas entran en la excavación sobre un talud de 4H:1V ó mayor

Fuente: Guía de trabajo seguro en excavaciones 2014. Ministerio del Trabajo.

La primera actividad a realizar para determinar si una excavación requiere un sistema de protección es conocer el tipo del suelo en el cual se está realizando la excavación. A

continuación, se describen los tipos de suelos según la Guía de Trabajo Seguro en Excavaciones 2014 del Ministerio del Trabajo.

Los suelos encontrados en la exploración pueden ser clasificados como suelos cohesivos: Suelos Tipo C.

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 ϕ', 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 ϕ' 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 (σ), la presión de poros (u_w) y los esfuerzos efectivos ($\sigma' = \sigma - u_w$) 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 $Cn \leq 2$.

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

h) Se calcula el valor de $\tau = \sigma' \times \tan(\phi eq')$

i) Se agrupan los valores de τ y σ' por tipos de materia.j) Se hace la regresión τ vs σ' para cada tipo de material y se obtienen c' y tanϕ'. Si en la regresión resulta c' < 0, se obliga a la regresión a pasar por cero.

k) Se puede obtener el ϕ' mínimo de cada material haciendo ϕ' mínimo = ϕeq' mínimo

l) Se colocan los resultados en un diagrama c' - tanϕ' 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. Parámetros de resistencia a partir del SPT

Profundidad media	N_{campo}	Tipo suelo	$N_{corregido}$	$\phi_{eq.}$	Cu Kg/cm²	Consistencia
S-01						
1.23	5	Arcilla	4	1,00	0,23	Media
2.23	7	Arcilla	5	2,00	0,29	Media
3.23	12	Arcilla	9	1,00	0,53	Firme
4.23	13	Arcilla	11	2,50	0,64	Firme
5.23	15	Arcilla	13	3,50	0,76	Muy firme
S-02						
1.23	6	Arcilla	5	0.00	0,29	Media
2.23	9	Arcilla	7	1.00	0,41	Media
3.23	12	Arcilla	9	2.00	0,53	Firme
4.23	10	Arcilla	9	3.00	0,53	Firme
5.23	13	Arcilla	11	4.00	0,64	Firme
S-03						
1.23	4	Arcilla	3	1.00	0,18	Blanda
2.23	9	Arcilla	7	2.50	0,41	Media
3.23	12	Arcilla	9	2.00	0,53	Firme
4.23	10	Arcilla	9	3.50	0,53	Firme
5.23	14	Arcilla	12	4.00	0,70	Firme
S-04						
1.23	4	Arcilla	3	1.00	0,18	Blanda
2.23	8	Arcilla	6	2.00	0,35	Media
3.23	11	Arcilla	8	2.50	0,47	Firme
4.23	12	Arcilla	10	3.50	0,59	Firme
5.23	13	Arcilla	11	3.50	0,64	Firme
Promedio	10	Arcilla	8	2.28	0.47	-

Fuente: Elaboración propia

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

5.2 PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE ENSAYO 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/cm^2)
S-01 (M1)	Arcilla de mediana plasticidad CL color amarilla-gris	0.00 – 1.80	0.37
S-02 (M2)	Arcilla de mediana plasticidad CL	1.90 – 4.40	0.48
S-03 (M2)	Arcilla de mediana plasticidad CL	4.00 – 6.00	0.50
S-04 (M3)	Arcilla de mediana plasticidad CL	2.00 – 3.80	0.51
Promedio			0.46

5.3 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 15. 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 16. Índice de compresión por correlación de los suelos encontrados

Sondeo No.	Muestra	Rango de muestreo (m)	LL	Cc 0.009 (LL-10)	Cc 0.0089*(LL-15)
S-01	1	0.00 - 1.80	35.50	0.230	0.182
	2	1.80 - 4.20	35.70	0.231	0.184
	3	4.20 - 6.00	33.30	0.210	0.163
S-02	1	0.00 - 1.90	35.00	0.225	0.178
	2	1.90 - 4.40	34.60	0.221	0.174
	3	4.40 - 6.00	33.00	0.207	0.160
S-03	1	0.00 - 1.80	35.80	0.232	0.185
	2	1.80 - 4.00	35.20	0.227	0.180
	3	4.00 - 6.00	32.70	0.204	0.158
S-04	1	0.00 - 2.00	34.08	0.217	0.170
	2	2.00 - 3.80	34.40	0.220	0.173
	3	3.80 - 6.00	33.50	0.212	0.165

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 16, los suelos encontrados podrían presentar compresibilidad baja a media.

5.4 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 17.

Cuadro 17. 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) N ≤ 15 600(N+6)+2000 N > 15	Bowles, 1996
Arenas saturadas	250(N+15)	Bowles, 1996
Arenas limosas	1800+270N N ≤ 15 7740+135N N > 15	Ten et al, 1991
Arenas arcillosas	320(N+15)	Bowles, 1996
Limos	300(N+6)	Bowles, 1996
Arcillas	600N	Bowles, 1996

En el Cuadro 18 se presentan los valores de rigidez obtenidos para los materiales presentes en la zona.

Cuadro 18. Módulo de Young estimado para el perfil de diseño

Estrato	Material	N60	E [MPa]
0.00 – 1.90	Arcilla amarilla/gris (CL)	4	2.40
1.90 – 4.10	Arcilla gris/naranja (CL)	8	4.80
4.10 – 6.00	Arcilla gris (CL)	11	6.60

Fuente: Elaboración propia

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

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 19. Promedio de SPT a lo largo de las exploraciones.

Perfil	$\overline{N_{spt}}$
1.00 – 6.00 m	8

Cuadro 20. Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C, D o E

Tipo de perfil	$\overline{v}_s$	$\overline{N}$ o $\overline{N}_{ch}$	$\overline{s}_u$
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 15 se observa la ubicación del municipio de Arauquita en el mapa de amenaza sísmica de Colombia.

Figura 15. 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:

Cuadro 21. Parámetros sisimicos

Tipo de suelo	E
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 COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS BAJO CARGAS SISIMICOS

6.4.1 Análisis de licuación de los suelos

Las arenas mal gradadas y las arenas limpias presentan mayor susceptibilidad a ser licuadas, a medida que el porcentaje de contenido de finos de un suelo aumente, disminuye la susceptibilidad: "Cuando contenido de finos excede cierto porcentaje (aproximadamente 20-30%), el comportamiento del suelo es completamente gobernado por el contacto entre finos" (Chu, et al., 2002), es decir no son susceptibles a licuación.

Los suelos que presentan mayor susceptibilidad a la licuación son los que tienen bajas densidades, ya que hay una mayor cantidad de espacios vacíos que permitirían la reacomodación de las partículas de suelo cuando tiende a densificarse, producto de la aplicación de una carga. Un mismo material puede no ser susceptible a la licuación en estado denso, pero en estado suelto puede licuarse bajo la aplicación de una carga cíclica

o estática. Materiales con valores altos de densidad relativa presentan menor susceptibilidad a la licuación que materiales con valores menores, los cuales pueden desarrollar altas presiones de poros bajo la aplicación de cargas, produciéndose altos valores de deformación en el suelo.

La presencia de agua en el suelo es fundamental para que ocurra el fenómeno de licuación ya que el aumento en la presión de poros del suelo, producido por la aplicación de una carga cíclica o estática, es el detonante en la ocurrencia de este fenómeno

En los perfiles de suelo registrados, a nivel de cimentación se encontraron depósitos de arcillas de mediana plasticidad con poco contenido de arena. Se concluye que los suelos para el sector de la exploración no son licuables, y teniendo en cuenta que los suelos se encuentran medianamente densificados se minimizan los posibles efectos a deformaciones por licuación.

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 y a las estructuras a construir, el nivel de cimentación se sitúa entre 1.30 m y 2.70 m de profundidad, en los estratos de arcilla de color amarilla y gris de consistencia blanda a media.

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 ($\phi \neq 0$, $c \neq 0$), MEYERHOF.

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

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

Dónde:

c: cohesión del suelo
B: ancho de la cimentación
γ: peso unitario del suelo de fundación
q = γD: esfuerzo efectivo a nivel del fondo de la cimentación. D=profundidad de desplante, γ peso unitario del suelo por encima de la profundidad de desplante.
N_c, N_q, $N\gamma$: Factores de capacidad de carga
F_{cs}, F_{qs}, $F\gamma s$: Factores de forma
F_{cd}, F_{qd}, $F\gamma d$: Factores de profundidad
F_{ci}, F_{qi}, $F\gamma i$: 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 = 3.7 y 4.8 ton/m^2), y considerando el máximo nivel freático esperado durante la vida útil de la estructura.

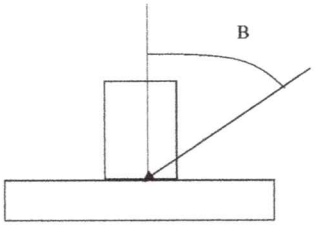
Cuadro 22. Capacidad portante admisible Canal Rectangular 1.20x1.00 m

CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE CANAL AGUAS LLUVIAS

SUELO NATURAL

Propiedades del suelo				
Ángulo de resistencia al corte	ϕ = 0.00 °			
	ϕ = 0.000 rad	N.F=	1.00	m
Cohesión	C = 4.80 T/m^2	γsat =	1.94	T/m^3
Peso unitario de la sobrecapa	γ_b = 1.877 T/m^3	$\gamma\omega$ =	1.00	T/m^3
Peso unitaro del suelo de fundación	γ = 1.897 T/m^3	γ`	0.94	T/m^3

Inclinación de cargas		
B =	0	°
	0	rad



Factores de Capacidad Portante	
Nc =	5.14
Nq =	1.00
Nγ =	0

H estrato	H=	6	m
FS		3	

Excentricidad	e =	0.00	m

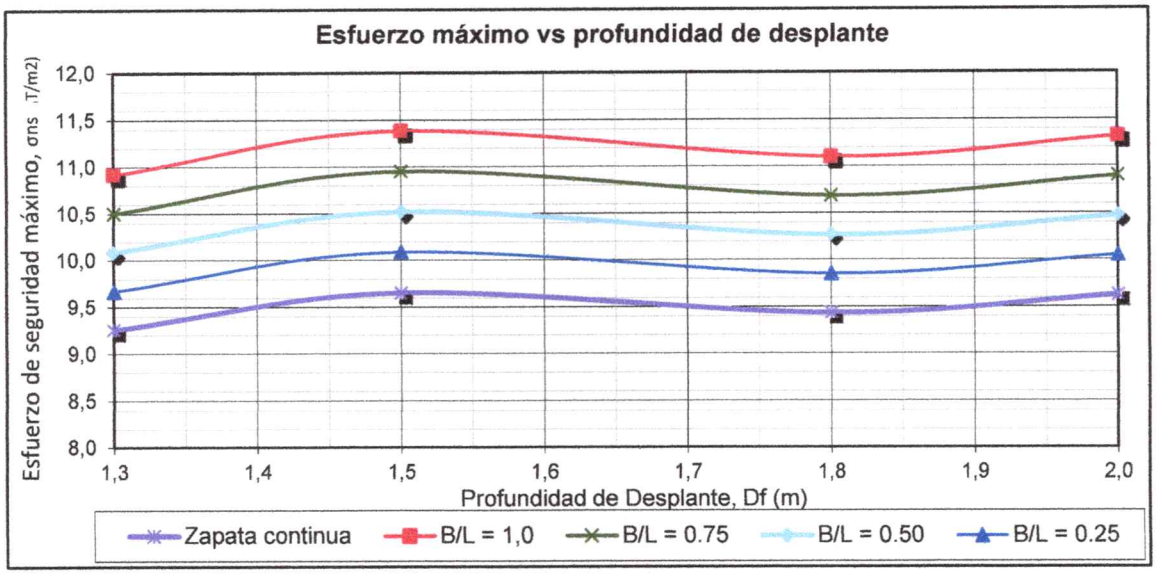
Cálculo de Capacidad Portante del Suelo para cimientos superficiales.

Df	B	B/L	L	B'/L'	L'	Fcs	Fqs	Fγs	D_f/B	Fcd	Fqd	Fγd	Fci	Fqi	Fγi	q	γ	σ_{u} (t/m2)	σ_{a}(t/m2)	σ_{n}(t/m2)	Qmax(T)
2.60	1.50	--	--	--		1.000	1.000	1.000	1.73	1.419	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.384	0.9420	38.39	12.80	9.41	14.12
	1.50	1.00	1.50	1.00	1.50	1.195	1.000	0.600	1.73	1.419	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.384	0.9420	45.21	15.07	11.68	26.29
	1.50	0.75	2.00	0.75	2.00	1.146	1.000	0.700	1.73	1.419	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.384	0.9420	43.50	14.50	11.12	33.35
	1.50	0.50	3.00	0.50	3.00	1.097	1.000	0.800	1.73	1.419	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.384	0.9420	41.80	13.93	10.55	47.47
	1.50	0.25	6.00	0.25	6.00	1.049	1.000	0.900	1.73	1.419	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.384	0.9420	40.10	13.37	9.98	89.83
2.70	1.50	--	--	--	--	1.000	1.000	1.000	1.80	1.425	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.478	0.9420	38.65	12.88	9.40	14.11
	1.50	1.00	1.50	1.00	1.50	1.195	1.000	0.600	1.80	1.425	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.478	0.9420	45.49	15.16	11.68	26.29
	1.50	0.75	2.00	0.75	2.00	1.146	1.000	0.700	1.80	1.425	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.478	0.9420	43.78	14.59	11.11	33.34
	1.50	0.50	3.00	0.50	3.00	1.097	1.000	0.800	1.80	1.425	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.478	0.9420	42.07	14.02	10.54	47.45
	1.50	0.25	6.00	0.25	6.00	1.049	1.000	0.900	1.80	1.425	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.478	0.9420	40.36	13.45	9.97	89.77
2.80	1.50	--	--	--	--	1.000	1.000	1.000	1.87	1.432	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.573	0.9420	38.89	12.96	9.39	14.09
	1.50	1.00	1.50	1.00	1.50	1.195	1.000	0.600	1.87	1.432	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.573	0.9420	45.76	15.25	11.68	26.29
	1.50	0.75	2.00	0.75	2.00	1.146	1.000	0.700	1.87	1.432	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.573	0.9420	44.05	14.68	11.11	33.33
	1.50	0.50	3.00	0.50	3.00	1.097	1.000	0.800	1.87	1.432	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.573	0.9420	42.33	14.11	10.54	47.42
	1.50	0.25	6.00	0.25	6.00	1.049	1.000	0.900	1.87	1.432	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.573	0.9420	40.61	13.54	9.96	89.68
3.00	1.50	--	--	--	--	1.000	1.000	1.000	2.00	1.443	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.761	0.9420	39.36	13.12	9.36	14.04
	1.50	1.00	1.50	1.00	1.50	1.195	1.000	0.600	2.00	1.443	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.761	0.9420	46.29	15.43	11.67	26.25
	1.50	0.75	2.00	0.75	2.00	1.146	1.000	0.700	2.00	1.443	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.761	0.9420	44.55	14.85	11.09	33.27
	1.50	0.50	3.00	0.50	3.00	1.097	1.000	0.800	2.00	1.443	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.761	0.9420	42.82	14.27	10.51	47.31
	1.50	0.25	6.00	0.25	6.00	1.049	1.000	0.900	2.00	1.443	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.761	0.9420	41.09	13.70	9.94	89.42

Convenciones:

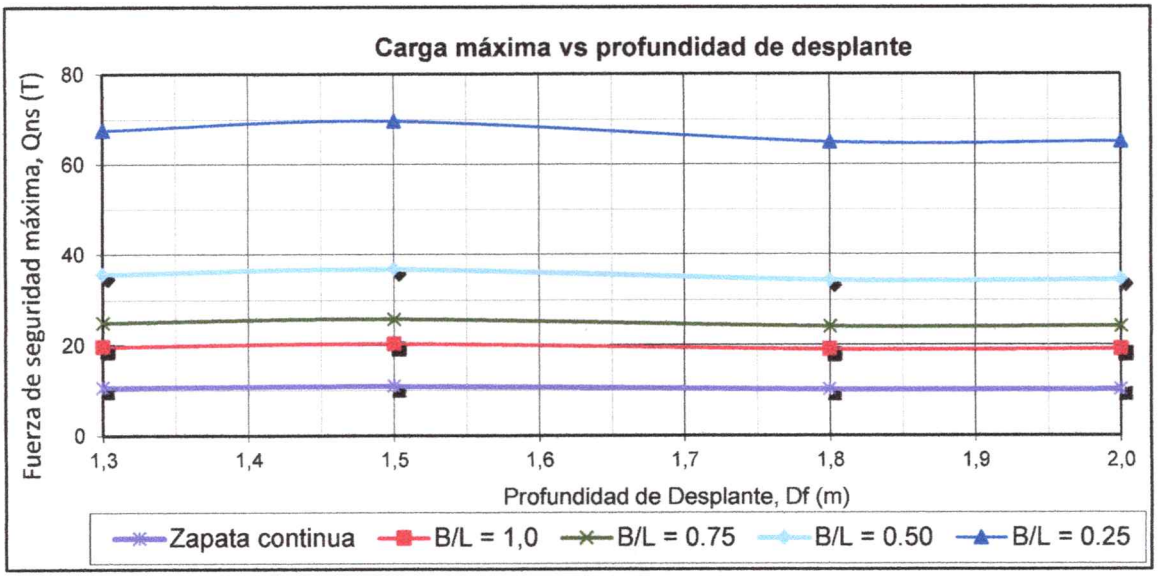
- ϕ = Ángulo de resistencia al corte
- C = Resistencia no drenada
- B = Ancho de cimentación
- L = Largo de cimentación
- D_f = Profunidad de desplante
- L' = Largo efectivo
- Fcs, Fqs, Fγs = Factor de corrección por fc
- Fcd, Fqd, Fγd = Factor de corrección por pi
- Fci, Fqi, Fγi = Factor de corrección por in
- σ_u = Esfuerzo último
- σ_n = Esfuerzo neto
- σ_{ns} = Esfuerzo neto de seguridad
- Qmax = Carga máxima

Figura 16. Esfuerzo máximo vs profundidad de desplante Canal Rectangular 1.20x1.00 m



Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Carga máxima vs profundidad de desplante Canal Rectangular 1.20x1.00 m



Fuente: Elaboración propia

La capacidad portante mínima a 1.30 m de profundidad para un cimiento de base B = 1.50 m es de 109 kPa (10.92 Ton/m^2), la cual se considera satisfactoria para las cargas transmitidas.

Cuadro 23. Capacidad portante admisible Canal Rectangular 3.00x2.40 m

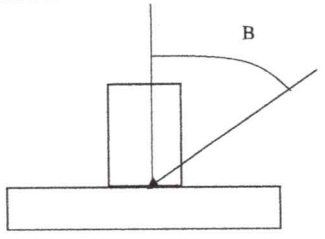
CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE CANAL AGUAS LLUVIAS B=3.30 M

SUELO NATURAL

Propiedades del suelo

Ángulo de resistencia al corte	ϕ = 0.00 °				
	ϕ = 0.000 rad	N.F=	1.00	m	
Cohesión	C = 4.80	T/m^2	γsat =	1.94	T/m^3
Peso unitario de la sobrecapa	γ_b = 1.877	T/m^3	$\gamma\omega$ =	1.00	T/m^3
Peso unitaro del suelo de fundación	γ = 1.897	T/m^3	γ'	0.94	T/m^3

Inclinación de cargas		
B =	0	°
	0	rad



Factores de Capacidad Portante	
Nc =	5.14
Nq =	1.00
Nγ =	0

H estrato	H= 6	m
FS	3	

Excentricidad	e = 0.00	m

Cálculo de Capacidad Portante del Suelo para cimientos superficiales.

Df	B	B/L	L	B'/L'	L'	Fcs	Fqs	Fγs	Df/B	Fcd	Fqd	Fγd	Fci	Fqi	Fγi	q	γ	$\sigma_{u\ (t/m2)}$	$\sigma_{a(t/m2)}$	$\sigma_{n(t/m2)}$	Qmax(T)
2.70	3.30	--	--	--		1.000	1.000	1.000	0.82	1.327	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.478	0.9420	36.22	12.07	8.60	28.37
	3.30	1.00	3.30	1.00	3.30	1.195	1.000	0.600	0.82	1.327	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.478	0.9420	42.60	14.20	10.72	116.74
	3.30	0.75	4.40	0.75	4.40	1.146	1.000	0.700	0.82	1.327	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.478	0.9420	41.00	13.67	10.19	147.95
	3.30	0.50	6.60	0.50	6.60	1.097	1.000	0.800	0.82	1.327	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.478	0.9420	39.41	13.14	9.66	210.36
	3.30	0.25	13.20	0.25	13.20	1.049	1.000	0.900	0.82	1.327	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.478	0.9420	37.82	12.61	9.13	397.59
2.80	3.30	--	--	--	--	1.000	1.000	1.000	0.85	1.339	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.573	0.9420	36.62	12.21	8.63	28.49
	3.30	1.00	3.30	1.00	3.30	1.195	1.000	0.600	0.85	1.339	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.573	0.9420	43.05	14.35	10.78	117.36
	3.30	0.75	4.40	0.75	4.40	1.146	1.000	0.700	0.85	1.339	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.573	0.9420	41.44	13.81	10.24	148.70
	3.30	0.50	6.60	0.50	6.60	1.097	1.000	0.800	0.85	1.339	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.573	0.9420	39.83	13.28	9.70	211.37
	3.30	0.25	13.20	0.25	13.20	1.049	1.000	0.900	0.85	1.339	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.573	0.9420	38.23	12.74	9.17	399.41
2.90	3.30	--	--	--	--	1.000	1.000	1.000	0.88	1.352	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.667	0.9420	37.01	12.34	8.67	28.61
	3.30	1.00	3.30	1.00	3.30	1.195	1.000	0.600	0.88	1.352	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.667	0.9420	43.50	14.50	10.83	117.97
	3.30	0.75	4.40	0.75	4.40	1.146	1.000	0.700	0.88	1.352	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.667	0.9420	41.88	13.96	10.29	149.44
	3.30	0.50	6.60	0.50	6.60	1.097	1.000	0.800	0.88	1.352	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.667	0.9420	40.26	13.42	9.75	212.39
	3.30	0.25	13.20	0.25	13.20	1.049	1.000	0.900	0.88	1.352	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.667	0.9420	38.63	12.88	9.21	401.23
3.00	3.30	--	--	--	--	1.000	1.000	1.000	0.91	1.364	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.761	0.9420	37.40	12.47	8.71	28.73
	3.30	1.00	3.30	1.00	3.30	1.195	1.000	0.600	0.91	1.364	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.761	0.9420	43.95	14.65	10.89	118.58
	3.30	0.75	4.40	0.75	4.40	1.146	1.000	0.700	0.91	1.364	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.761	0.9420	42.31	14.10	10.34	150.19
	3.30	0.50	6.60	0.50	6.60	1.097	1.000	0.800	0.91	1.364	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.761	0.9420	40.68	13.56	9.80	213.40
	3.30	0.25	13.20	0.25	13.20	1.049	1.000	0.900	0.91	1.364	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.761	0.9420	39.04	13.01	9.25	403.05

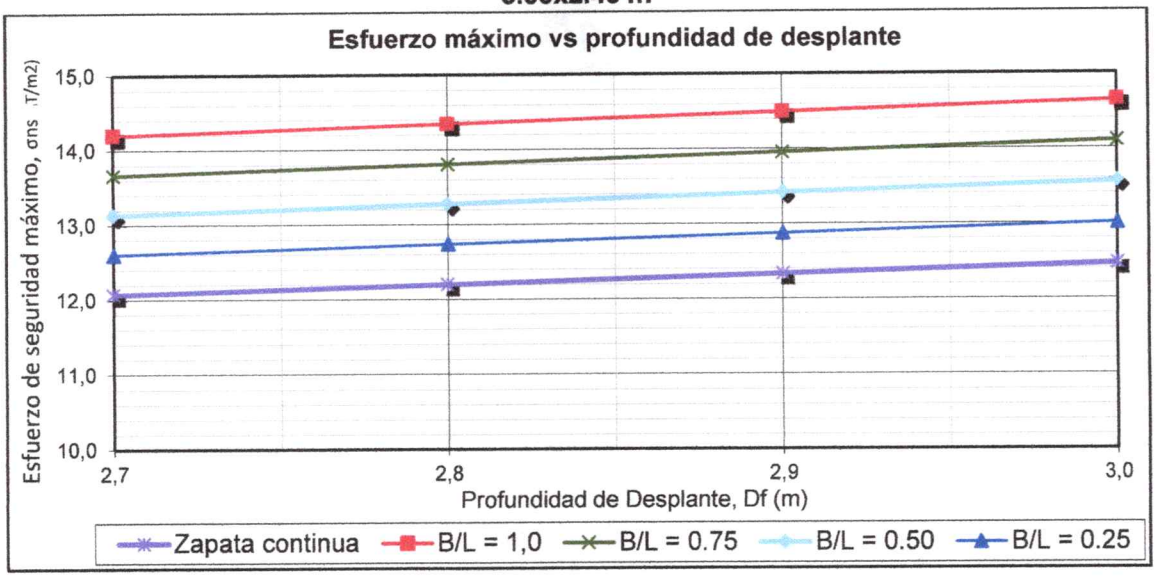
Convenciones:

- ϕ = Ángulo de resistencia al corte
- C = Resistencia no drenada
- B = Ancho de cimentación
- L = Largo de cimentación
- D_f = Profundidad de desplante
- L' = Largo efectivo
- Fcs, Fqs, Fγs = Factor de corrección por fc
- Fcd, Fqd, Fγd = Factor de corrección por pi
- Fci, Fqi, Fγi = Factor de corrección por in
- σ_u = Esfuerzo último
- σ_n = Esfuerzo neto
- σ_{ns} = Esfuerzo neto de seguridad
- Qmax = Carga máxima

Fuente: Elaboración propia

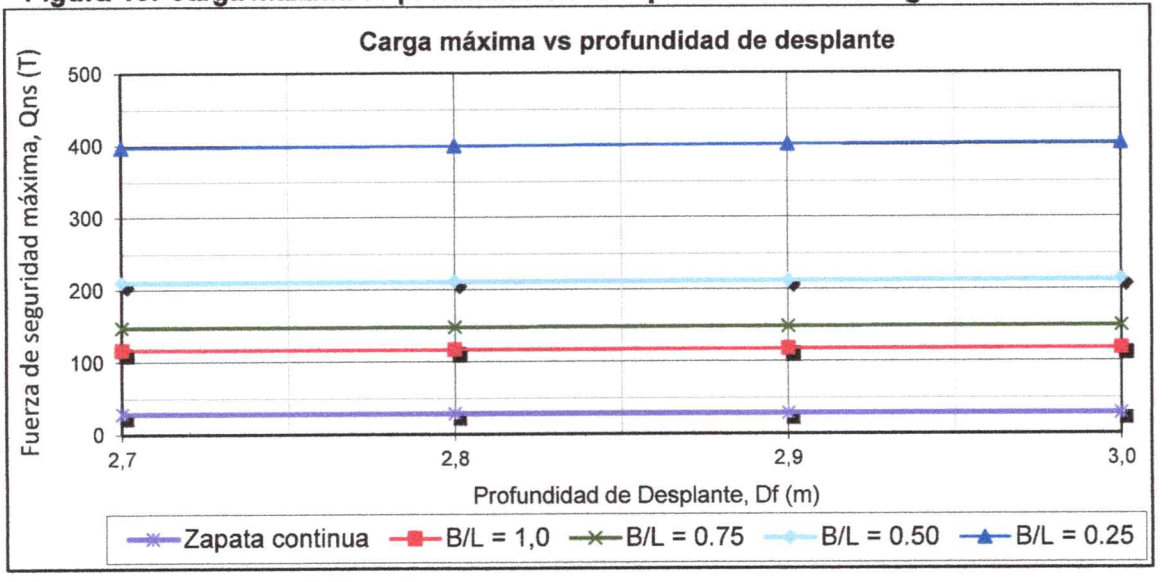
La capacidad portante mínima a 2.70 m de profundidad para un cimiento de base B = 3.30 m es de 142 kPa (14.20 Ton/m^2), la cual se considera satisfactoria para las cargas transmitidas.

Figura 18. Esfuerzo máximo vs profundidad de desplante Canal Rectangular 3.00x2.40 m



Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Carga máxima vs profundidad de desplante Canal Rectangular 3.00x2.40 m



Fuente: Elaboración propia

7.4 ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS DE LAS OBRAS PROYECTADAS

La NSR-10 en el numeral H.4.9.2 presenta la siguiente consideración sobre el límite de los asentamientos totales:

(a) Para construcciones aisladas 30 cm, siempre y cuando no se afecten la funcionalidad de conducciones de servicios y accesos a la construcción.

(b) Para construcciones entre medianeros 15 cm, siempre y cuando no se afecten las construcciones e instalaciones vecinas.[2]

El valor propuesto del asentamiento total por la norma colombiana es bastante alto, dado que lo que pretende es dar un tope máximo para casos especiales. Los asentamientos máximos permitidos serán verificados considerando los criterios dados en los cuadros 24 y 25.

Cuadro 24. Asentamientos diferenciales máximos. NSR-10.

Tipo de Construcción	Asentamiento Diferencial máximo
(a) Edificaciones con muros y acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores	L/1000
(b) Edificaciones con muros de carga en concreto o en mampostería	L/500
(c) Edificaciones con pórticos en concreto, sin acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores	L/300
(d) Edificaciones en estructura metálica, sin acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores.	L/160

L= distancia entre apoyos o columnas

Si se limitan los asentamientos máximos totales, también se limita la ocurrencia de asentamientos diferenciales. Por este motivo en la práctica se recomienda ser más estricto en los asentamientos máximos tolerables para una estructura. Es común encontrar valores en el rango de 2.5 a 5.0 cms. Los valores más pequeños se emplean en suelos firmes o granulares, con asentamientos de tipo elástico. Los valores más altos se emplean para el caso de suelos finos de consistencia media a blanda y con posibilidades de sufrir asentamientos por consolidación a mediano y largo plazo.[3]

Cuadro 25. Asentamiento total admisible[4]

Tipo de Estructura	Asentamiento total Admisible (mm)
Edificios de oficinas o residenciales	12 a 50 25 es el valor más común
Edificios Industriales, Fábricas	25 a 75
Puentes	50

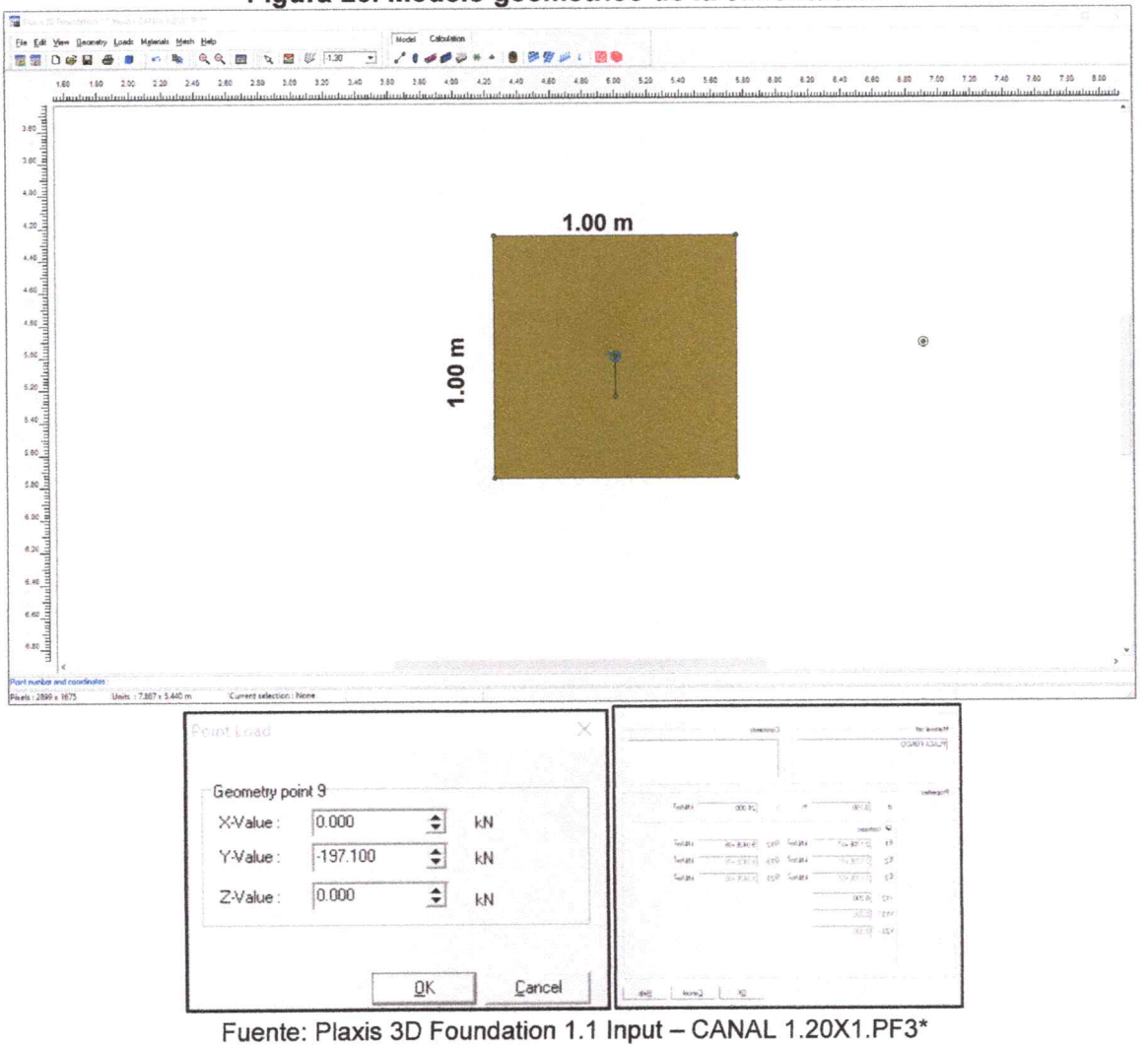
[2] MADS. NSR-10 Op. Cit., p. H-18.
[3] PINEDA, José Ricardo. Op. Cit., p 192.
[4] CODUTO. Op. cit., p 29.

7.4.1 Metodologías para el cálculo de asentamientos

Se analizarán los asentamientos de la cimentación con ayuda del software Plaxis 3D Foundation. Este método esencialmente divide la masa de suelo en unidades discretas que se llaman elementos finitos. Estos elementos se interconectan en sus nodos y en bordes predefinidos. El método típicamente utilizado es el de la formulación de desplazamientos, el cual presenta los resultados en forma de esfuerzos y desplazamientos a los puntos nodales. La condición de falla obtenida es la de un fenómeno progresivo en donde no todos los elementos fallan simultáneamente

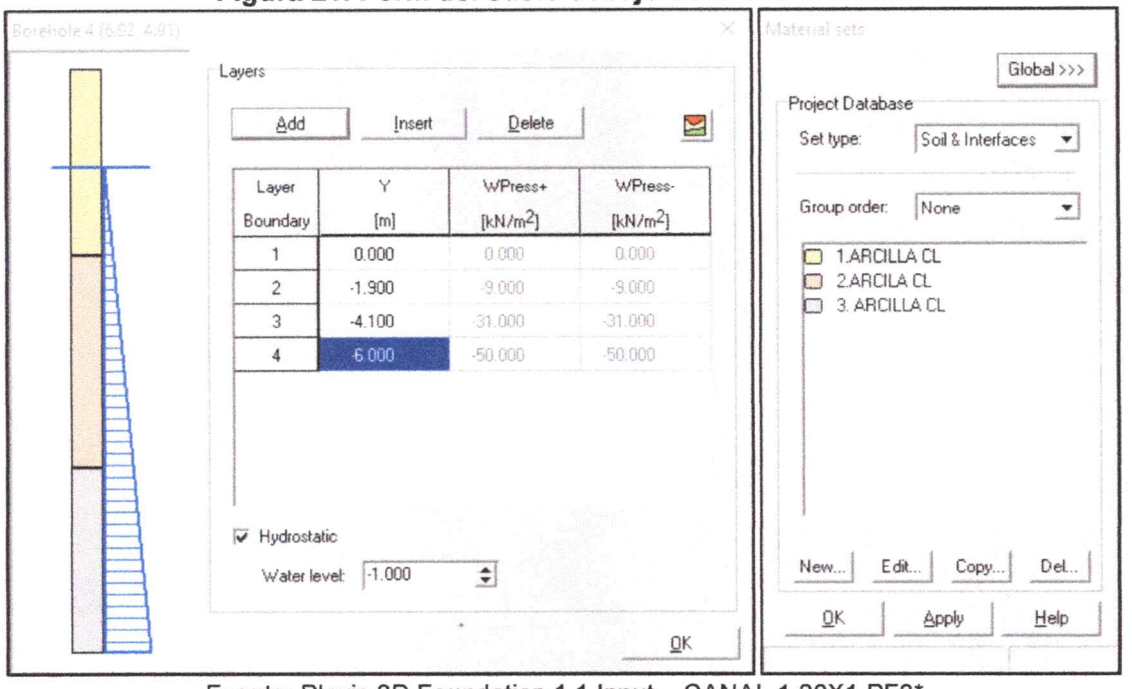
Para el cálculo de los asentamientos se consideró una placa de concreto de 3000 psi de 15 cm de espesor.

Figura 20. Modelo geométrico de la cimentación



Fuente: Plaxis 3D Foundation 1.1 Input – CANAL 1.20X1.PF3*

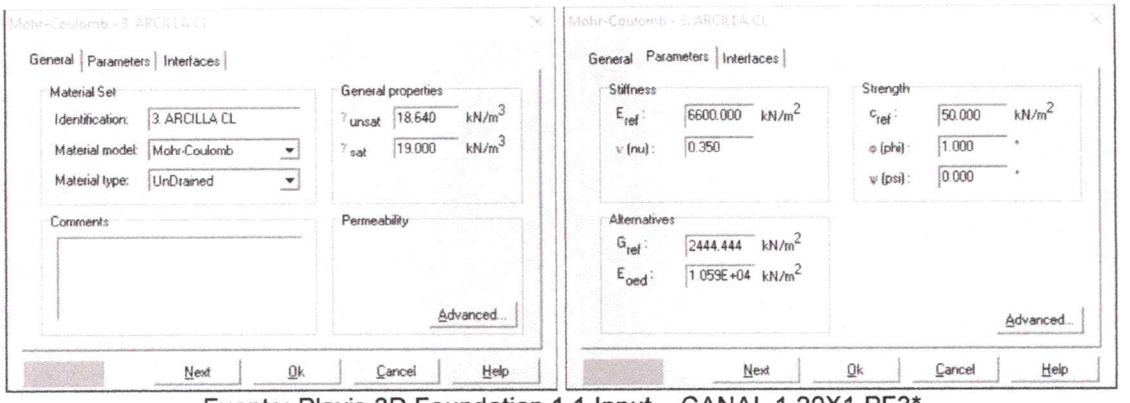
Figura 21. Perfil del suelo debajo de la cimentación



Fuente: Plaxis 3D Foundation 1.1 Input – CANAL 1.20X1.PF3*

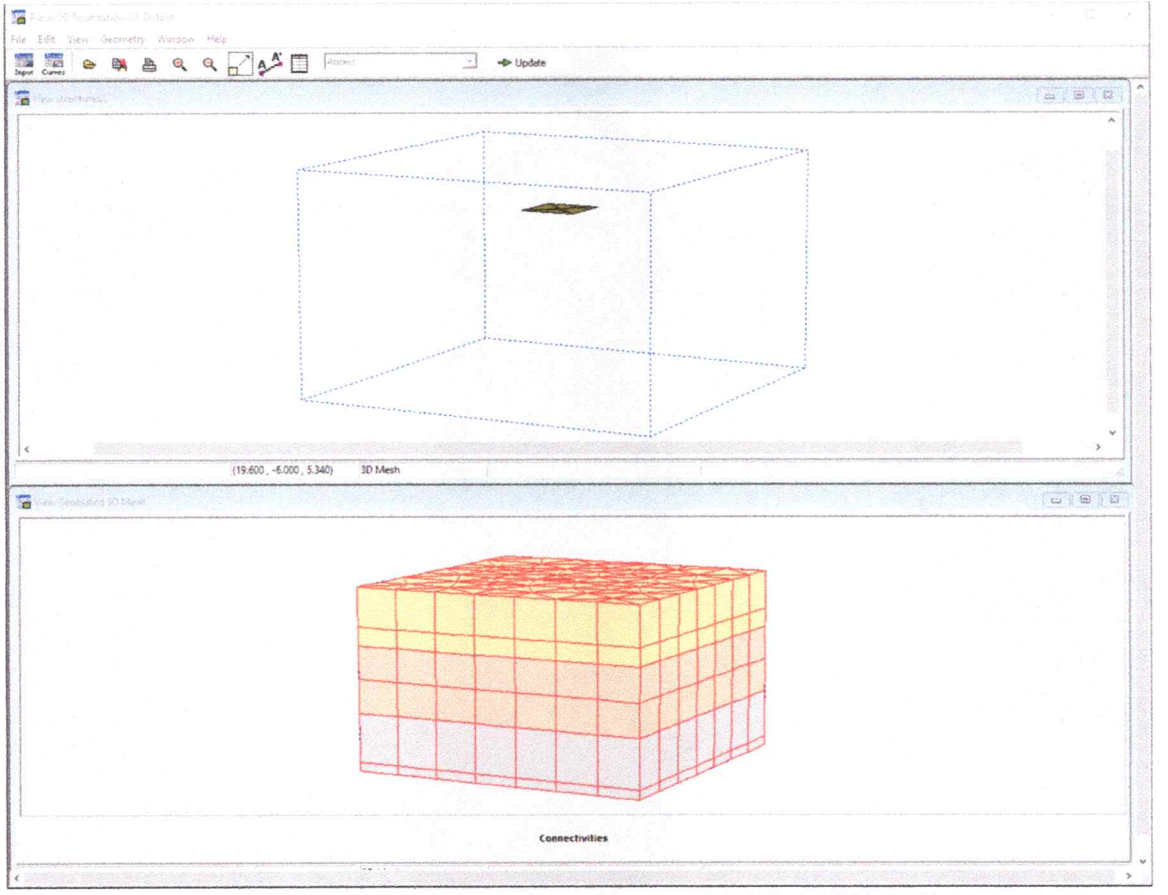
Figura 22. Parámetros de los suelos





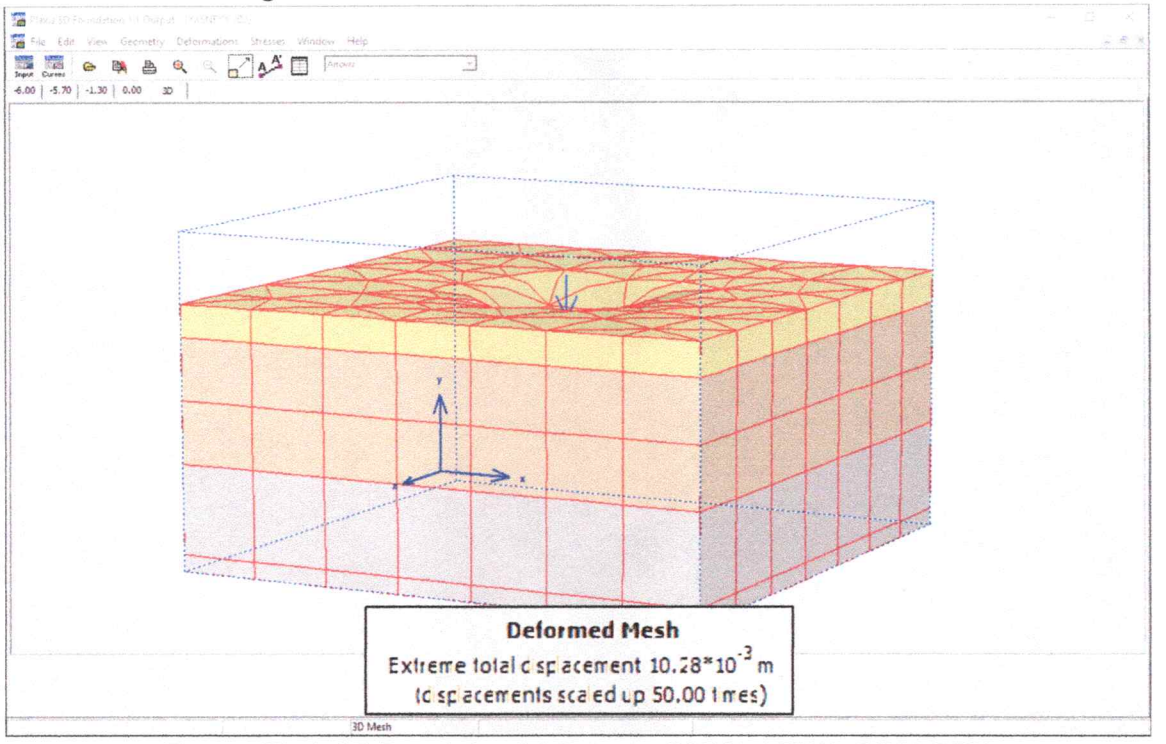
Fuente: Plaxis 3D Foundation 1.1 Input – CANAL 1.20X1.PF3*

Figura 23. Generación de la malla cimentación



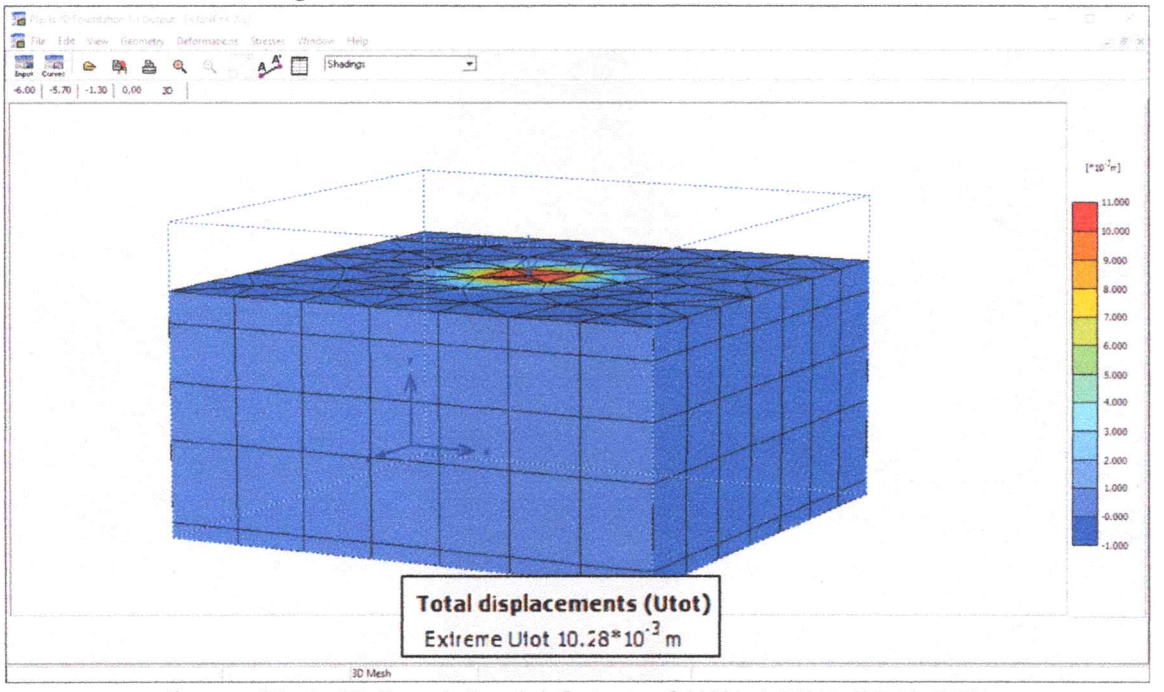
Fuente: Plaxis 3D Foundation 1.1 Input – CANAL 1.20X1.PF3*

Figura 24. Malla deformada cimentación Df=1.30 m



Fuente: Plaxis 3D Foundation 1.1 Output – CANAL 1.20X1. ROJO.PF3*

Figura 25. Asentamientos totales cimentación



Fuente: Plaxis 3D Foundation 1.1 Output – CANAL 1.20X1. ROJO.PF3*

Resultados

Carga : 197 kN (Carga máxima soportada)

Asentamiento : $10.28x10^{-3}$m = 10.3 mm profundidad de cimentación nivel -1.30 m.

Según los resultados, se tiene que los asentamientos esperados en el perfil de diseño considerado, son menores a los establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismoresistente (NSR-10), y los establecidos en el cuadro 7-3 (S_e = 25 mm) por lo que se considera que el dimensionamiento de la cimentación es satisfactorio.

7.5 SELECCIÓN ALTERNATIVA DE CIMENTACIÓN MÁS FAVORABLE

De acuerdo con los resultados presentados en numerales anteriores la placa de fondo del canal es suficiente para transmitir las cargas de la estructura al suelo de fundación, sin embargo, debido a la presión de expansión posible del suelo a nivel de cimentación, se podrían generar pequeñas grietas en la estructura de la placa, por lo que se recomienda realizar un mejoramiento del suelo con material granular tamaño máximo 2" (tipo subbase granular) de 30 cm de espesor mínimo y sobre esté un solado en concreto pobre de 5 cm de espesor.

7.6 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.

7.6.1 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 26. 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.

7.6.2 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 del sector están compuestos a lo largo de la exploración superficialmente y hasta la profundidad máxima explorada por arcillas de mediana plasticidad de color amarilla y gris. Los suelos de naturaleza fina abundan en toda la profundidad explorada.

- Según los resultados de los ensayos de SPT para el perfil de diseño se tiene que, las arcillas encontradas son de consistencia **BLANDA** a **MEDIA** (N_{SPT} entre 4 y 15).

- El nivel freático se evidenció a profundidades entre 1.00 y 1.20 m. La humedad promedio hasta la profundidad explorada de los suelos fue de 21.41% fluctuando entre 9.57% y 28.97%.

- 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' = 0.47, 0.38, 0.50 y 0.51 kg/cm^2, ϕ' = 0.0°.

- El potencial de expansión de los suelos encontrados es considerado bajo, sin embargo, la presión de expansión probable calculada oscila entre 1.07 y 5.62 Ton/m^2 (2.63 Ton/m^2 en promedio), pudiendo presentar pequeñas grietas si se cimienta directamente sobre la arcilla, por lo que se recomienda realizar un mejoramiento del suelo con material granular tamaño máximo 2" (tipo subbase granular) de 30 cm de espesor mínimo y sobre esté un solado en concreto pobre de 5 cm de espesor para luego apoyar la placa de fondo del canal.

- La capacidad portante admisible para la cimentación superficial del canal rectangular es de 109 kPa (10.92 Ton/m^2), con una profundidad de desplante de -1.30 m.

Cálculo de Capacidad Portante del Suelo para cimientos superficiales.

Df	B	B/L	L	B'/L'	L'	Fcs	Fqs	Fγs	D_f/B	Fcd	Fqd	Fγd	Fci	Fqi	Fγi	q	γ	$\sigma_{u\ (t/m2)}$	$\sigma_{a(t/m2)}$	$\sigma_{n(t/m2)}$	Qmax(T)
1.30	1.50	--	--	--		1.000	1.000	1.000	0.87	1.347	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	2.160	0.9420	27.77	9.26	7.10	10.65
	1.50	1.00	1.50	1.00	1.50	1.195	1.000	0.600	0.87	1.347	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	2.160	0.9420	32.75	10.92	8.76	19.71
	1.50	0.75	2.00	0.75	2.00	1.146	1.000	0.700	0.87	1.347	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	2.160	0.9420	31.51	10.50	8.34	25.03
	1.50	0.50	3.00	0.50	3.00	1.097	1.000	0.800	0.87	1.347	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	2.160	0.9420	30.26	10.09	7.93	35.67
	1.50	0.25	6.00	0.25	6.00	1.049	1.000	0.900	0.87	1.347	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	2.160	0.9420	29.02	9.67	7.51	67.61

- La capacidad portante admisible para la cimentación superficial del canal rectangular es de 142 kPa (14.20 Ton/m^2), con una profundidad de desplante de -2.70 m.

Cálculo de Capacidad Portante del Suelo para cimientos superficiales.																				
Df	B	B/L	L	B'/L'	L'	Fcs	Fqs	Fγs	D_f/B	Fcd	Fqd	Fγd	Fci	Fqi	Fγi	q	γ	$\sigma_{u\ (t/m2)}$	$\sigma_{a(t/m2)}$	$\sigma_{n(t/m2)}$	Qmax(T)
2.70	3.30	--	--	--		1.000	1.000	1.000	0.82	1.327	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.478	0.9420	36.22	12.07	8.60	28.37
	3.30	1.00	3.30	1.00	3.30	1.195	1.000	0.600	0.82	1.327	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.478	0.9420	42.60	14.20	10.72	116.74
	3.30	0.75	4.40	0.75	4.40	1.146	1.000	0.700	0.82	1.327	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.478	0.9420	41.00	13.67	10.19	147.95
	3.30	0.50	6.60	0.50	6.60	1.097	1.000	0.800	0.82	1.327	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.478	0.9420	39.41	13.14	9.66	210.36
	3.30	0.25	13.20	0.25	13.20	1.049	1.000	0.900	0.82	1.327	1.000	1.00	1.00	1.00	0.00	3.478	0.9420	37.82	12.61	9.13	397.59

- De acuerdo a la NSR-10 título A, el perfil de suelo es **Tipo E**, con un coeficiente de importancia de 1.00 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.

8.2 RECOMENDACIÓN DE CIMENTACIONES

- Se recomienda densificar el fondo de las excavaciones al 95 % del proctor modificado antes de aplicar la capa de mejoramiento y el concreto de saneamiento.

- Cualquier material indeseable que se detecte en las excavaciones (como rellenos contaminados o suelo muy suelto) deberá ser reemplazado por material seleccionado o suelo cemento debidamente compactado, concreto pobre o ciclópeo.

- 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.

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
C.C. 88215089 de Cúcuta – M.P. 5420272031 NTS
Ing. Civil UFPS. – Especialista en Geotecnia Ambiental UDES

9 REFERENCIAS

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

CONSTRUCCIÓN DE CENTROS COMUNITARIOS. Proyectos Tipo Soluciones Agiles para un nuevo País. Departamento Nacional de Planeación Subdirección Territorial y de Inversiones Públicas. Colombia, diciembre de 2016.

INGEOMINAS. Informe final Plancha 124 – Arauquita. Bogotá, Colombia, 2010.

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 S-01



Foto 2. Exploración de Campo S-01



Foto 3. Exploración de Campo S-01

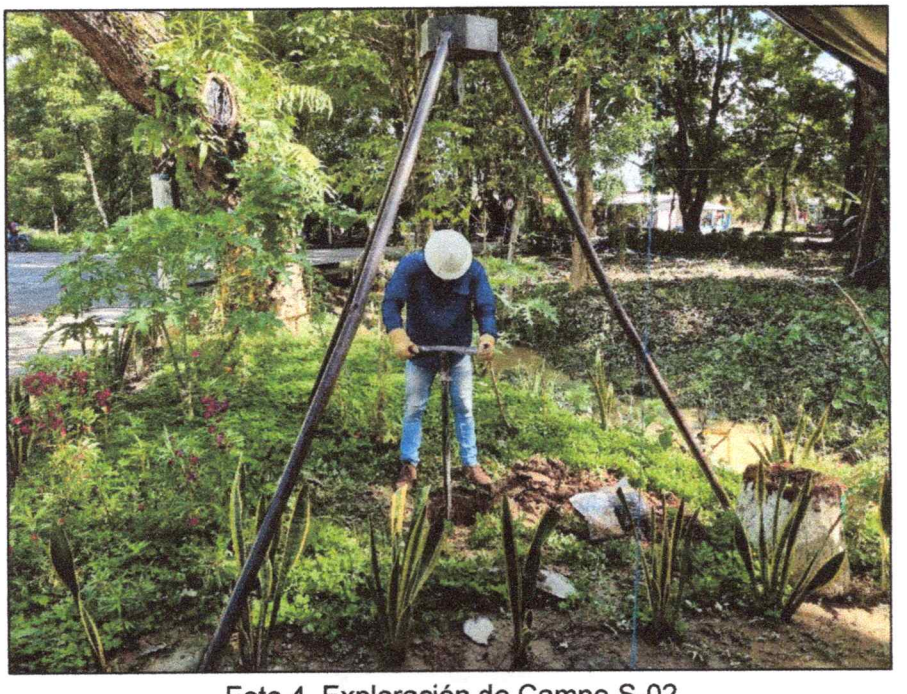


Foto 4. Exploración de Campo S-02



Foto 5. Exploración de Campo

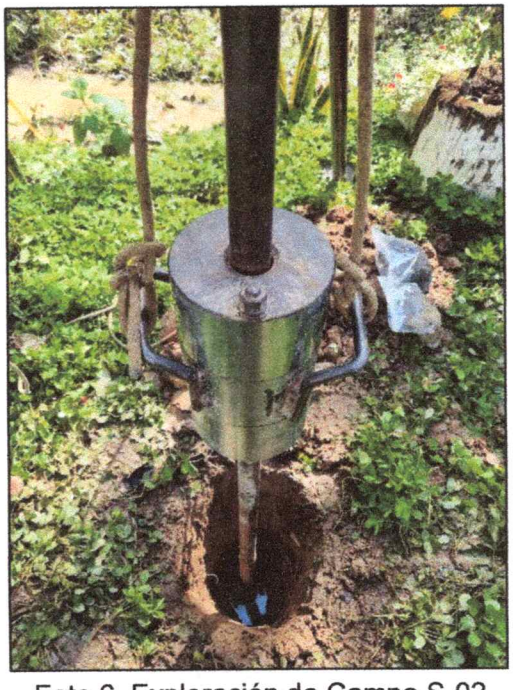


Foto 6. Exploración de Campo S-02



Foto 7. Exploración de Campo S-03

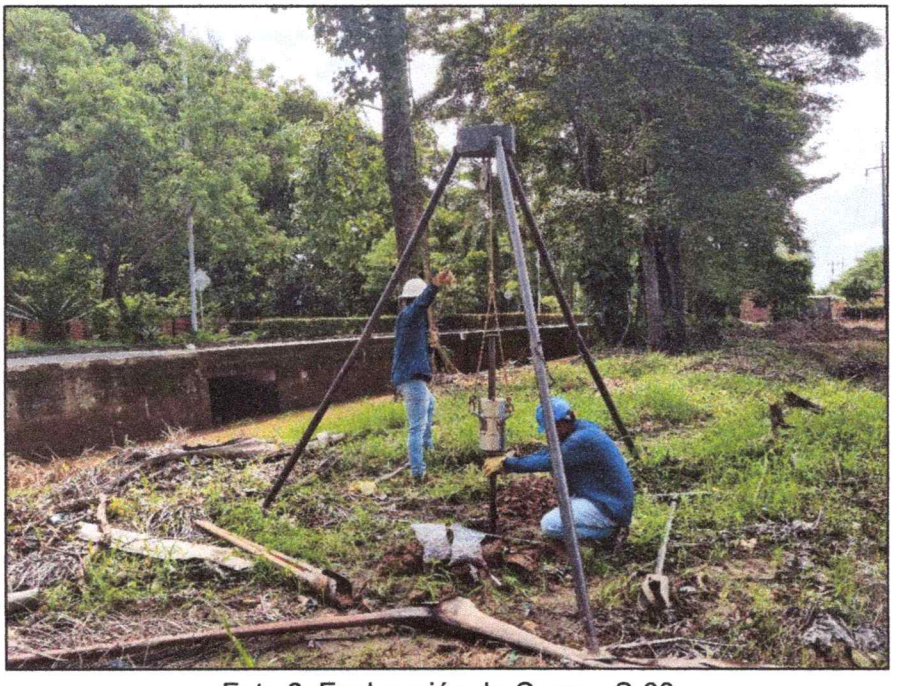


Foto 8. Exploración de Campo S-03



Foto 9. Exploración de Campo S-03



Foto 10. Exploración de Campo S-04



Foto 11. Exploración de Campo S-04



Foto 12. Exploración de Campo S-04

ANEXO A-2 PERFILES DE SUELO

REGISTRO DE SONDEO EXPLORATORIO

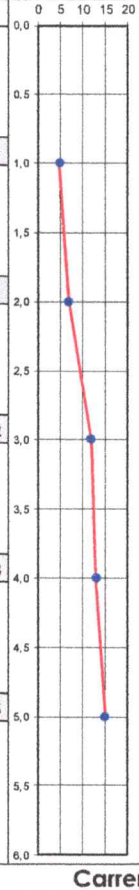
PROYECTO: AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA — **Contrato No.** — **Fecha:** AGOSTO DE 2025

SONDEO No. S-01 — **Sector:** — **Coordenadas:** 7° 1'43.34"N - 71°25'26.73"O

DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN SUC	CLASIFICACIÓN AASHTO	MUESTRA No.	PROF. mts.	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA GRAVA %	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	LIMITES PLASTICIDAD LL %	LP %	IP %	HUM. NATURAL %	PESO UNITARIO Ton / m3	SPT N1 0,15	N2 0,30	N3 0,45	N	Cohesion C Kg/cm2	Angulo Fricción Ø°	Capacidad Admisible (qa) Ton / m2	Asentamiento (mm)
COBERTURA VEGETAL				0,00																		19,70
ARCILLA ARENOSA De mediana plasticidad *Color amarilla con vetas grises*	CL	A-6(13)	**N.F. CP**	0,20 0,40 0,60 0,80 1,00 1,20 1,40 1,60 1,80		0,00	12,45	-	**87,55**	35,50	20,57	**14,93**	9,57	1,872	2	2	3	5	0,23	1,0°	10,92 11,38 11,10	B=1.50 m L=1.50 m 10.28 mm
ARCILLA ARENOSA De mediana plasticidad *Color gris con vetas naranjas*	CL	A-6(12)	**CP** **N.F. CP** **2** **CP**	2,00 2,20 2,40 2,50 2,80 3,00 3,30 3,50 3,60 3,80 4,00 4,20		0,00	13,96	-	**86,04**	35,70	21,86	**13,84**	25,89	1,891	3 4 4	3 6 6	4 6 7	7 12 13	0,29 0,53 0,64	2,0° 1,0° 2,5°	11,32	
ARCILLA De mediana plasticidad *Color gris*	CL	A-6(13)	**3** **CP**	4,40 4,60 4,80 5,00 5,20 5,40 5,60 5,80 6,00		0,00	12,94	-	**87,06**	33,30	17,55	**15,75**	27,24	1,911	5	7	8	15	0,76	3,5°		

Gráfico N vs Profundidad



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: AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA — **Contrato No.** — **Fecha:** AGOSTO DE 2025

SONDEO No. S-02 — **Sector:** — **Coordenadas:** 7° 1'42.47"N - 71°25'23.97"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	Cohesion C Kg/cm2	Angulo Fricción Ø°	Capacidad Admisible (qa) Ton/m2	Asentamiento (mm)
COBERTURA VEGETAL				0,00															Bowles			19,70
ARCILLA De mediana plasticidad *Color amarilla con gris*	CL	A-6(13)	N.F. CP	0,20 0,40 0,60 0,80 1,00 1,20 1,40 1,60 1,90		0,00	12,91	-	**87,09**	35,00	20,26	**14,74**	10,90	1,878	2	3	3	**6**	0,29	0,0°	10,92 11,38 11,10	B=1.50 m L=1.50 m 10.28 mm
ARCILLA ARENOSA De mediana plasticidad *Color gris con naranja*	CL	A-6(11)	CP 2 CP CP	2,00 2,20 2,40 2,50 2,80 3,00 3,30 3,50 3,60 3,80 4,00 4,20 4,40		0,00	14,54	-	**85,46**	34,60	21,24	**13,36**	26,56	1,895	3 4 3	4 6 5	5 6 5	**9** **12** **10**	0,41 0,53 0,53	1,0° 2,0° 3,0°	11,32	
ARCILLA De mediana plasticidad *Color gris*	CL	A-6(13)	3 CP	4,60 4,80 5,00 5,20 5,40 5,60 5,80 6,00		0,00	11,28	-	**88,72**	33,00	17,01	**15,99**	28,31	1,908	4	6	7	**13**	0,64	4,0°		

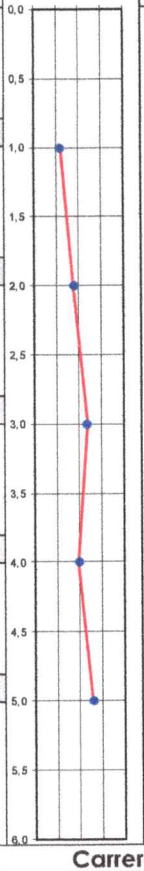


Gráfico N vs Profundidad

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

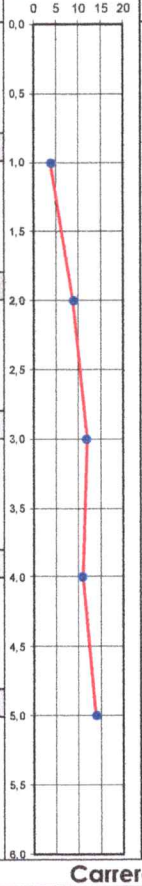
PROYECTO: AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA — **Contrato No.** — **Fecha:** AGOSTO DE 2025

SONDEO No. S-03 — **Sector:** — **Coordenadas:** 7° 1'41.12"N 71°25'22.72"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	Cohesion C Kg/cm2	Angulo Fricción Ø°	Capacidad Admisible (qa) Ton / m2	Asentamiento (mm)
COBERTURA VEGETAL				0,00															Bowles			
ARCILLA ARENOSA De mediana plasticidad *Color amarilla con gris*	CL	A-6(14)	N.F. CP	0,20 0,40 0,60 0,80 1,00 1,20 1,40 1,60 1,80		0,00	12,24	-	**87,76**	35,80	19,34	**16,46**	9,77	1,875	1	2	2	**4**	0,18	1,0°		
ARCILLA ARENOSA De mediana plasticidad *Color gris con naranja*	CL	A-6(12)	CP 2 CP CP	2,00 2,20 2,40 2,50 2,80 3,00 3,30 3,50 3,60 3,80 4,00		0,00	14,30	-	**85,70**	35,20	21,33	**13,87**	25,17	1,897	3 4 3	4 6 5	5 6 6	**9** **12** **11**	0,41 0,53 0,53	2,5° 2,0° 3,5°	14,20 14,35 14,65	
ARCILLA ARENOSA De mediana plasticidad *Color gris*	CL	A-6(12)	3 3 CP	4,20 4,40 4,60 4,80 5,00 5,20 5,40 5,60 5,80 6,00		0,00	12,75	-	**87,25**	32,70	18,16	**14,54**	27,83	1,890	4	7	7	**14**	0,70	4,0°		

Gráfico N vs Profundidad



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: AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA — **Contrato No.** — **Fecha:** AGOSTO DE 2025

SONDEO No. S-04 — **Sector:** — **Coordenadas:** 7° 1'40.52"N 71°25'19.99"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	Cohesion C Kg/cm2	Angulo Fricción Ø°	Capacidad Admisible (qa) Ton / m2	Asentamiento (mm)
COBERTURA VEGETAL				0,00															Bowles			
				0,20																		
				0,40																		
				0,60																		
ARCILLA ARENOSA				0,80																		
De mediana plasticidad	CL	A-6(12)		1,00		0,00	13,48	-	**86,52**	34,08	19,29	**14,79**	10,08	1,884	1	2	2	**4**	0,18	1,0°		
Color amarilla con vetas grises			**N.F. CP**	1,10										<								
				1,40																		
				1,60																		
				1,80																		
			CP	2,00											3	4	4	**8**	0,35	2,0°		
				2,20																		
				2,40																		
				2,50																	14,20	
ARCILLA ARENOSA				2,80																	14,35	
De mediana plasticidad			**N.F. CP**	3,00											4	5	6	**11**	0,47	2,5°	14,65	
Color gris con vetas naranjas	CL	A-6(11)	**2**	3,30		0,00	15,05	-	**84,95**	34,40	20,57	**13,83**	26,59	1,886								
				3,50																		
				3,60																		
				3,80																		
			CP	4,00											4	6	6	**12**	0,59	3,5°		
				4,20																		
			3	4,40																		
				4,60																		
ARCILLA ARENOSA				4,80																		
De mediana plasticidad	CL	A-6(13)	**CP**	5,00		0,00	13,50	-	**86,50**	33,50	17,85	**15,65**	28,97	1,898	5	6	7	**13**	0,64	3,5°		
Color gris				5,20																		
				5,40																		
				5,60																		
				5,80																		
				6,00																		

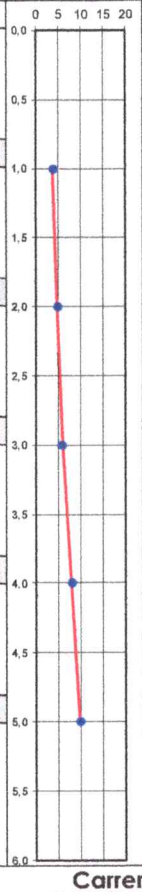


Gráfico N vs Profundidad

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

ANEXO A-3 ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-01
MUESTRA: M1

Peso Total 1 940,00 grs
Peso Total 2 117,00 grs
Pérdida por Lavado 823,00 grs

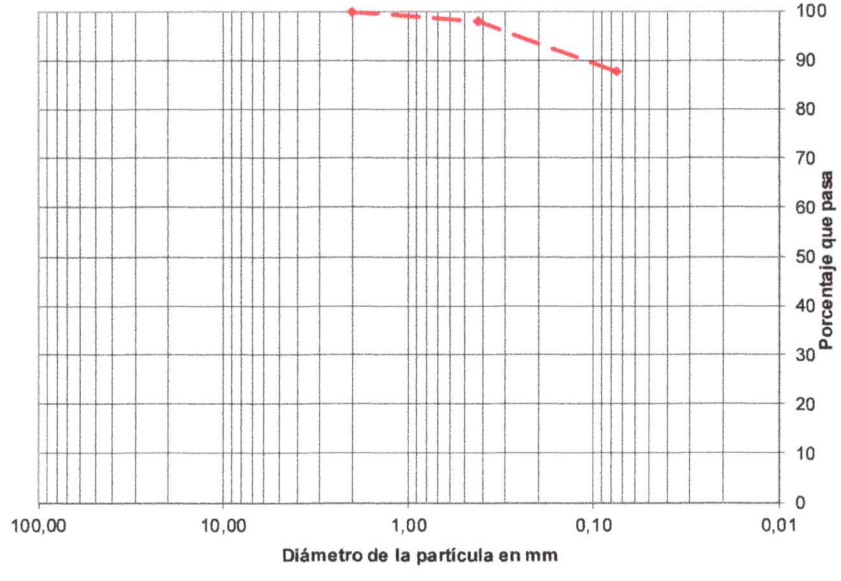
Descripción: ARCILLA ARENOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD

Color amarilla con gris

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

LL: 35,50 **USC:** CL
IP: 14,93 **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	20,00	2,13	2,13	97,87	-
0,075 mm	No. 200	97,00	10,32	12,45	87,55	-
Fondo		823,00	87,55	100,00	0,00	-
Suma=		940,00	100,0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	0,00 %
ARENAS	12,45 %
FINOS	87,55 %

PROYECTO:
AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

MATERIAL: ARCILLA ARENOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO No:

FECHA: AGOSTO DE 2025

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

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-01
MUESTRA: M2

Peso Total 1 931,00 grs
Peso Total 2 130,00 grs
Pérdida por Lavado 801,00 grs

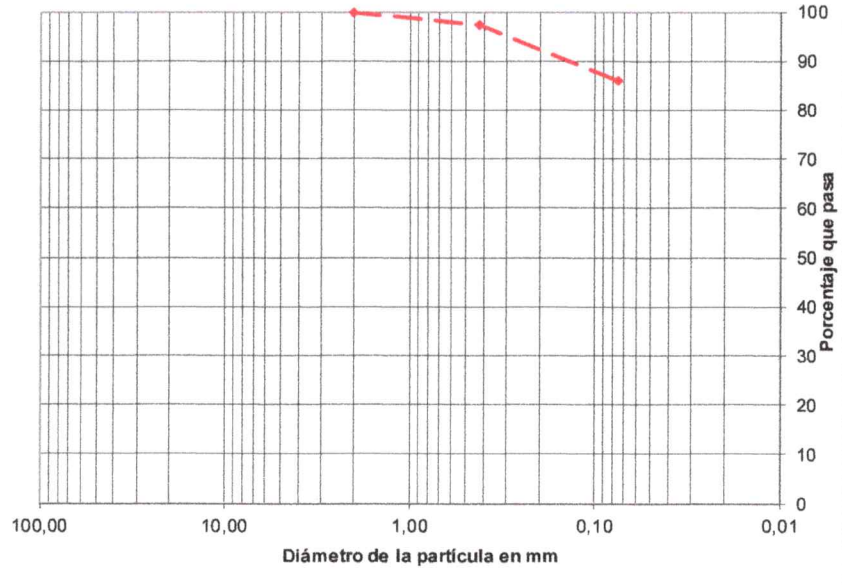
Descripción: ARCILLA ARENOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD

Color gris con naranja

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

LL: 35,70 **USC:** CL
IP: 13,84 **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	25,00	2,69	2,69	97,31	-
0,075 mm	No. 200	105,00	11,28	13,96	86,04	-
Fondo		801,00	86,04	100,00	0,00	-
Suma=		931,00	100,0			

Cu=
Cc=

GRAVAS 0,00 %
ARENAS 13,96 %
FINOS 86,04 %

PROYECTO:
AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL: ARCILLA ARENOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO No.

FECHA: AGOSTO DE 2025

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

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-01
MUESTRA: M3

Peso Total 1 1.028,00 grs
Peso Total 2 133,00 grs
Pérdida por Lavado 895,00 grs

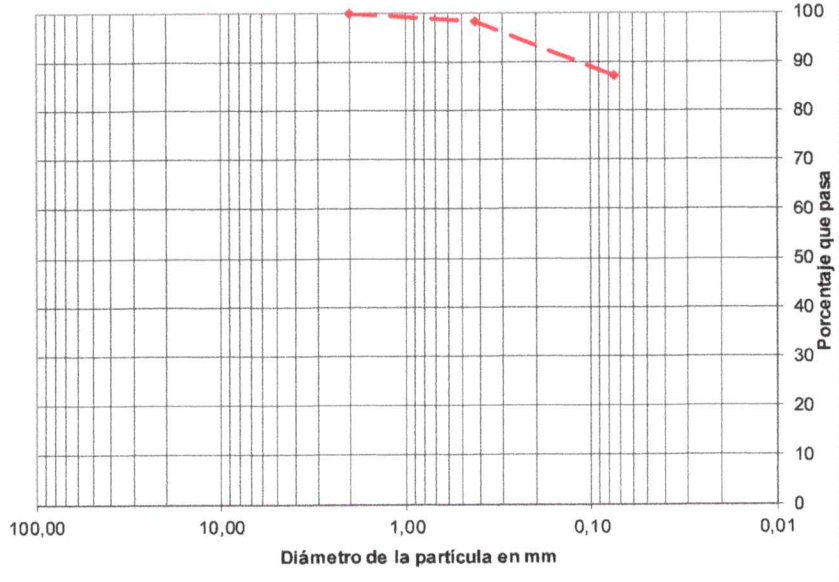
Descripción: ARCILLA ARENOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD

Color gris

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

LL: 33,30 **USC:** CL
IP: 15,75 **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	18,00	1,75	1,75	98,25	-
0,075 mm	No. 200	115,00	11,19	12,94	87,06	-
Fondo		895,00	87,06	100,00	0,00	-
Suma=		1.028,00	100,0			

Cu=
Cc=

GRAVAS 0,00 %
ARENAS 12,94 %
FINOS 87,06 %

PROYECTO:
AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL: ARCILLA ARENOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO No:

FECHA: AGOSTO DE 2025

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

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-02
MUESTRA: M1

Peso Total 1 945,00 grs
Peso Total 2 122,00 grs
Pérdida por Lavado 823,00 grs

Descripción: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD

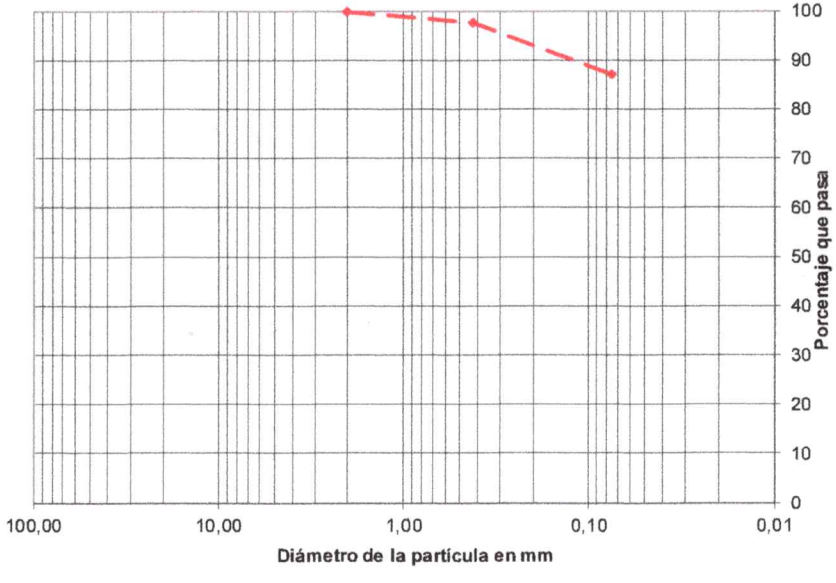
Color amarilla con gris

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

LL: 35,00
IP: 14,74

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	2,33	2,33	97,67	-
0,075 mm	No. 200	100,00	10,58	12,91	87,09	-
Fondo		823,00	87,09	100,00	0,00	-
Suma=		945,00	100,0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	0,00 %
ARENAS	12,91 %
FINOS	87,09 %

PROYECTO:
AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

MATERIAL: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO No:

FECHA: AGOSTO DE 2025

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

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-02
MUESTRA: M2

Peso Total 1 915,00 grs
Peso Total 2 133,00 grs
Pérdida por Lavado 782,00 grs

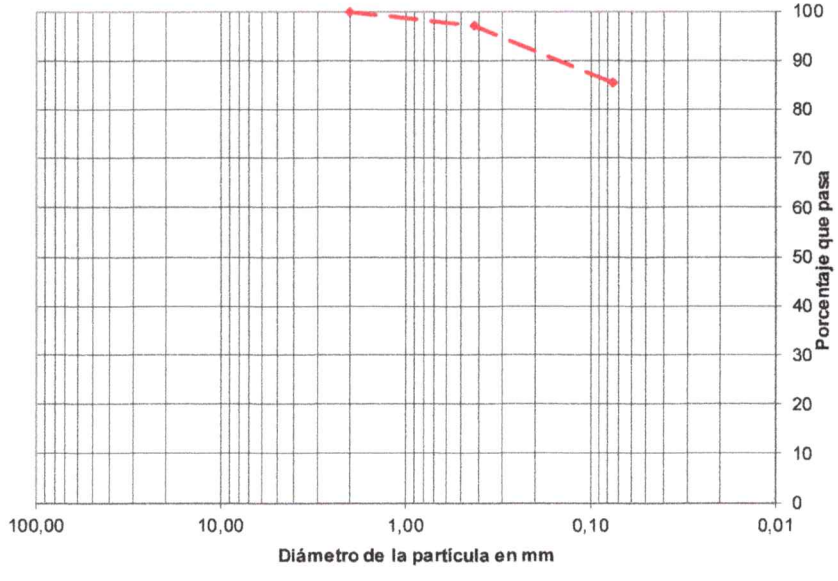
Descripción: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD

Color gris con naranja

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

LL: 34,60 **USC:** CL
IP: 13,36 **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	27,00	2,95	2,95	97,05	-
0,075 mm	No. 200	106,00	11,58	14,54	85,46	-
Fondo		782,00	85,46	100,00	0,00	-
Suma=		915,00	100,0			

Cu=
Cc=

GRAVAS 0,00 %
ARENAS 14,54 %
FINOS 85,46 %

PROYECTO:
AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO No:

FECHA: AGOSTO DE 2025

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

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-02
MUESTRA: M3

Peso Total 1 975,00 grs
Peso Total 2 110,00 grs
Pérdida por Lavado 865,00 grs

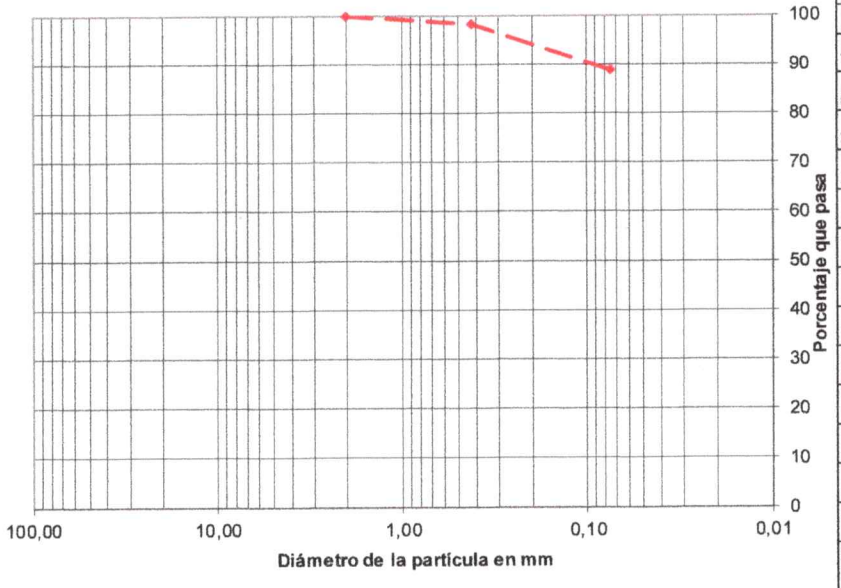
Descripción: ARCILLA ARENOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD

Color gris

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

LL: 33,00 **USC:** CL
IP: 15,99 **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	18,00	1,85	1,85	98,15	-
0,075 mm	No. 200	92,00	9,44	11,28	88,72	-
Fondo		865,00	88,72	100,00	0,00	-
Suma=		975,00	100,0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	0,00 %
ARENAS	11,28 %
FINOS	88,72 %

PROYECTO:
AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL: ARCILLA ARENOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO No: **FECHA:** AGOSTO DE 2025

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-03
MUESTRA: M1

Peso Total 1 931,00 grs
Peso Total 2 114,00 grs
Pérdida por Lavado 817,00 grs

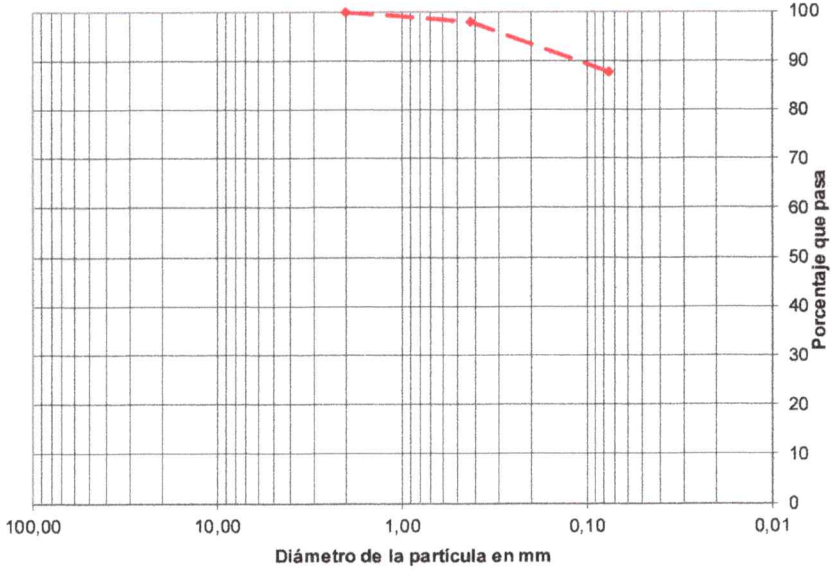
Descripción: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD

Color amarilla con gris

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

LL: 35,80
IP: 16,46
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	2,04	2,04	97,96	-
0,075 mm	No. 200	95,00	10,20	12,24	87,76	-
Fondo		817,00	87,76	100,00	0,00	-
Suma=		931,00	100,0			

Cu=
Cc=

GRAVAS 0,00 %
ARENAS 12,24 %
FINOS 87,76 %

PROYECTO:
AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO No.

FECHA: AGOSTO DE 2025

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

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-03
MUESTRA: M2

Peso Total 1 902,00 grs
Peso Total 2 129,00 grs
Pérdida por Lavado 773,00 grs

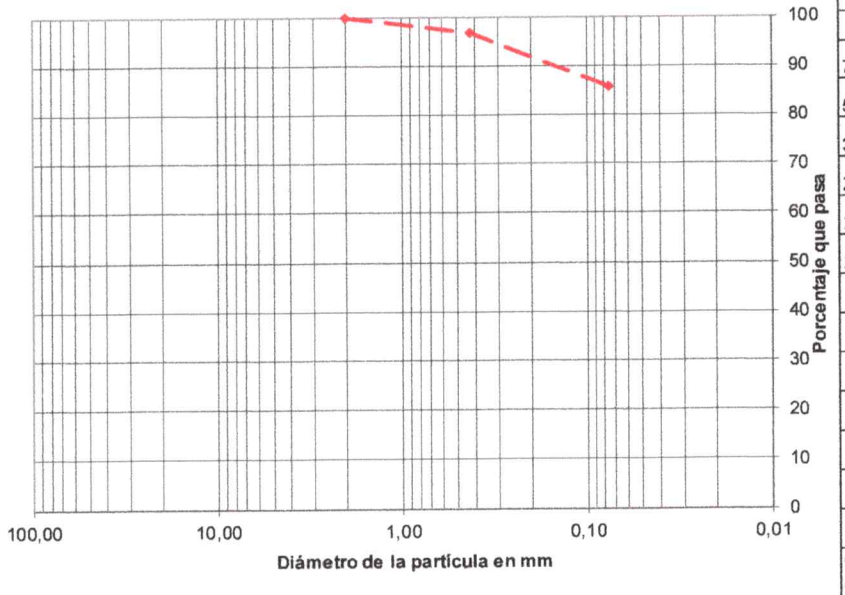
Descripción: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD

Color gris con naranja

LL: 35,20
IP: 13,87
USC: CL
AASHTO: A-6

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

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	3,22	3,22	96,78	-
0,075 mm	No. 200	100,00	11,09	14,30	85,70	-
Fondo		773,00	85,70	100,00	0,00	-
Suma=		902,00	100,0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	0,00 %
ARENAS	14,30 %
FINOS	85,70 %

PROYECTO:
AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

MATERIAL: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO No:

FECHA: AGOSTO DE 2025

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

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-03
MUESTRA: M3

Peso Total 1 902,00 grs
Peso Total 2 115,00 grs
Pérdida por Lavado 787,00 grs

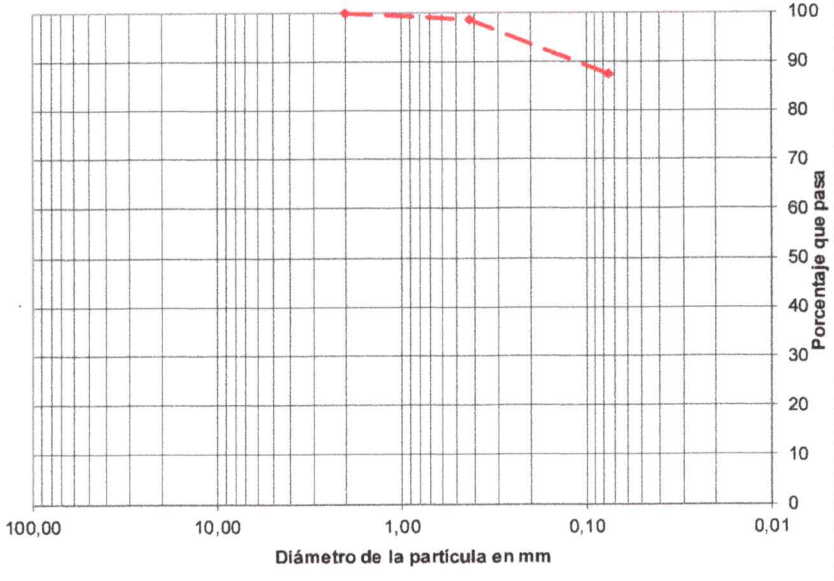
Descripción: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD

Color gris con naranja

LL: 32,70 **IP:** 14,54 **USC:** CL **AASHTO:** A-6

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

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	13,00	1,44	1,44	98,56	-
0,075 mm	No. 200	102,00	11,31	12,75	87,25	-
Fondo		787,00	87,25	100,00	0,00	-
Suma=		902,00	100,0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	0,00 %
ARENAS	12,75 %
FINOS	87,25 %

PROYECTO:
AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO No:

FECHA: AGOSTO DE 2025

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

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-04
MUESTRA: M1

Peso Total 1 942,00 grs
Peso Total 2 127,00 grs
Pérdida por Lavado 815,00 grs

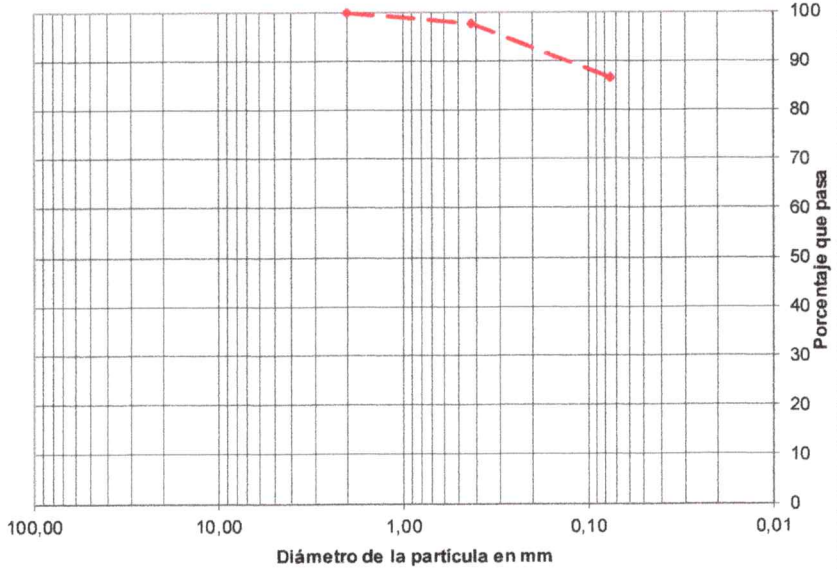
Descripción: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD

Color amarilla con gris

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

LL: 34,08 **USC:** CL
IP: 14,79 **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	23,00	2,44	2,44	97,56	-
0,075 mm	No. 200	104,00	11,04	13,48	86,52	-
Fondo		815,00	86,52	100,00	0,00	-
Suma=		942,00	100,0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	0,00 %
ARENAS	13,48 %
FINOS	86,52 %

PROYECTO:
AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO No:

FECHA: AGOSTO DE 2025

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

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-04
MUESTRA: M2

Peso Total 1 910,00 grs
Peso Total 2 137,00 grs
Pérdida por Lavado 773,00 grs

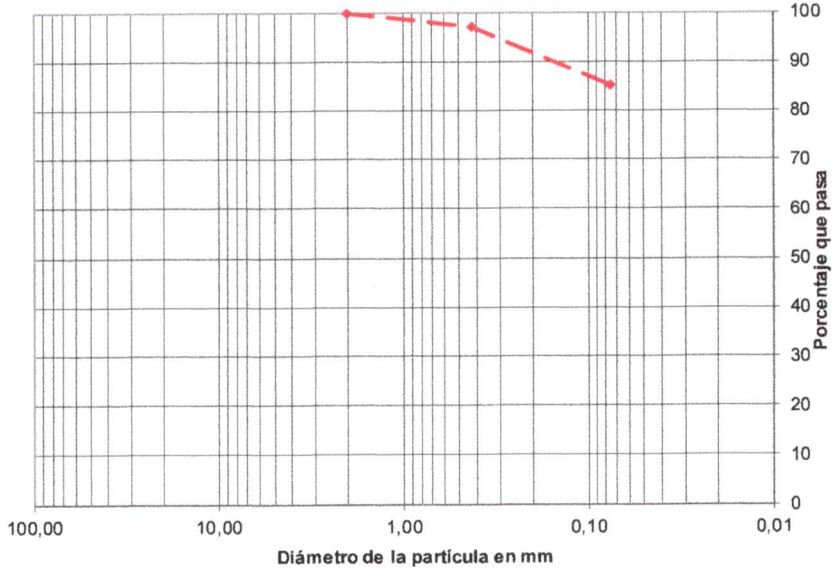
Descripción: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD

Color gris con naranja

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

LL: 34,40 **USC:** CL
IP: 13,83 **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	3,08	3,08	96,92	-
0,075 mm	No. 200	109,00	11,98	15,05	84,95	-
Fondo		773,00	84,95	100,00	0,00	-
Suma=		910,00	100,0			

Cu=
Cc=

GRAVAS 0,00 %
ARENAS 15,05 %
FINOS 84,95 %

PROYECTO:
AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

MATERIAL: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD

LABORATORISTA: Enderson Cacua
ENDERSON TABIR CACUA RICO

REVISO:
ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO Nº:

FECHA: AGOSTO DE 2025

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

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-04
MUESTRA: M3

Peso Total 1 963,00 grs
Peso Total 2 130,00 grs
Pérdida por Lavado 833,00 grs

Descripción: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD

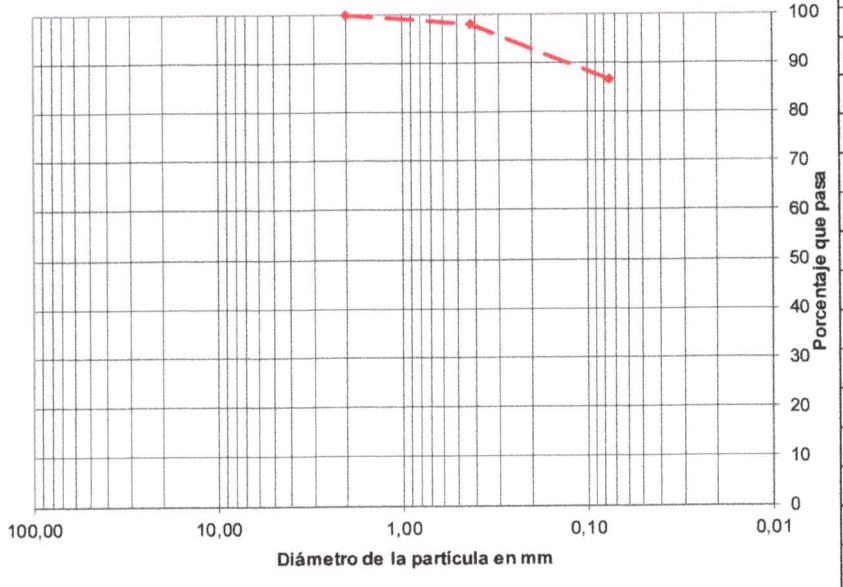
Color gris

LL:
IP:

USC: CL
AASHTO: A-6

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

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	2,18	2,18	97,82	-
0,075 mm	No. 200	109,00	11,32	13,50	86,50	-
Fondo		833,00	86,50	100,00	0,00	-
Suma=		963,00	100,0			

Cu=	GRAVAS	0,00 %
Cc=	ARENAS	13,50 %
	FINOS	86,50 %

PROYECTO:
AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO Nº:

FECHA: AGOSTO DE 2025

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

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

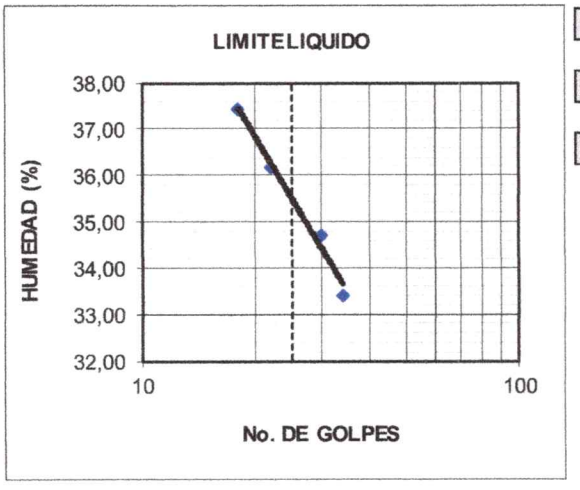
PROYECTO:	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA		
FECHA:	AGOSTO DE 2025	**SONDEO No. :**	S-01
PROFUNDIDAD :	0.00 - 1.80 m	**MUESTRA No. :**	1
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR AMARILLA CON GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	34	30	22	18
NÚMERO DEL RECIPIENTE	87	30	41	66
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,34	7,50	7,60	7,54
PESO HÚMEDO (Gr.)	23,51	16,93	17,80	17,93
PESO SECO (Gr.)	19,46	14,50	15,09	15,10
HUMEDAD (%)	33,42	34,71	36,18	37,43

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	42	52		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,16	7,28		
PESO HÚMEDO (Gr.)	10,06	10,42		
PESO SECO (Gr.)	9,56	9,89		
HUMEDAD (%)	20,83	20,31		



LIMITE LIQUIDO (%)	35,50
LIMITE PLASTICO (%)	20,57
INDICE DE PLASTICIDAD	14,93

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

%GRAVA	0,00
%ARENA	12,45
%FINOS	87,55

ENDERSON CACUA
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

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

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

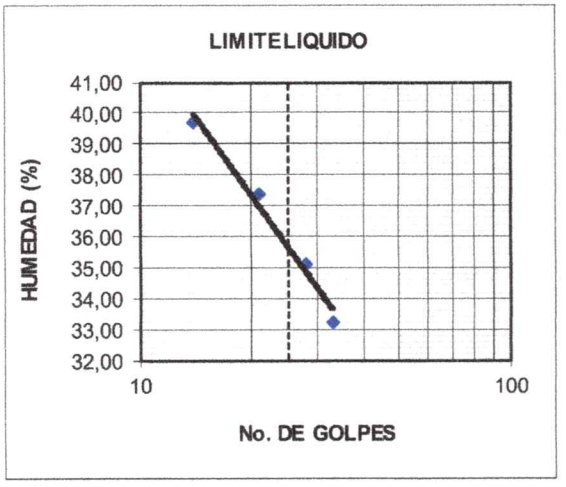
PROYECTO:	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA		
FECHA:	AGOSTO DE 2025	**SONDEO No. :**	S-01
PROFUNDIDAD :	1.80 -4.20 m	**MUESTRA No. :**	2
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS CON NARANJA		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	33	28	21	14
NÚMERO DEL RECIPIENTE	70	60	50	40
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,29	7,25	7,20	7,47
PESO HÚMEDO (Gr.)	20,12	19,24	22,41	21,16
PESO SECO (Gr.)	16,92	16,12	18,27	17,27
HUMEDAD (%)	33,24	35,11	37,39	39,68

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	87	11		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,34	7,28		
PESO HÚMEDO (Gr.)	12,14	13,18		
PESO SECO (Gr.)	11,28	12,12		
HUMEDAD (%)	21,83	21,90		



LIMITE LIQUIDO (%)	35,70
LIMITE PLASTICO (%)	21,86
INDICE DE PLASTICIDAD	13,84

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

%GRAVA	0,00
%ARENA	13,96
%FINOS	86,04

ENDERSON CACUA
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

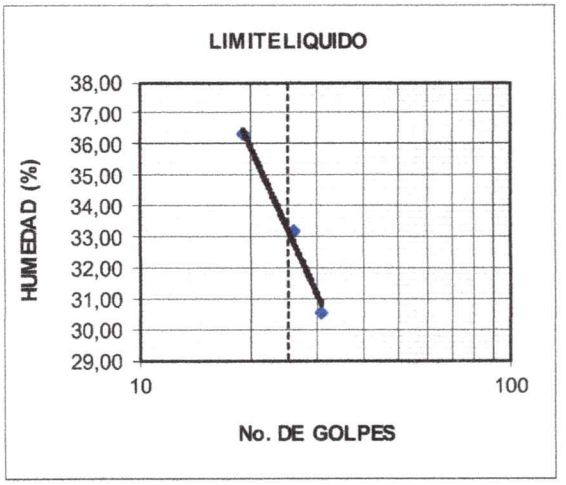
PROYECTO:	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA		
FECHA:	AGOSTO DE 2025	**SONDEO No. :**	S-01
PROFUNDIDAD :	4.20 -6.00 m	**MUESTRA No. :**	3
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	31	26	19	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	7	8	11	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,49	7,35	7,28	
PESO HÚMEDO (Gr.)	22,19	20,48	24,16	
PESO SECO (Gr.)	18,75	17,21	19,66	
HUMEDAD (%)	30,55	33,16	36,35	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	10	15		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,54	7,20		
PESO HÚMEDO (Gr.)	15,08	16,20		
PESO SECO (Gr.)	13,96	14,85		
HUMEDAD (%)	17,45	17,65		



LIMITE LIQUIDO (%)	33,30
LIMITE PLASTICO (%)	17,55
INDICE DE PLASTICIDAD	15,75

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

%GRAVA	0,00
%ARENA	12,94
%FINOS	87,06

ENDERSON CACUA
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

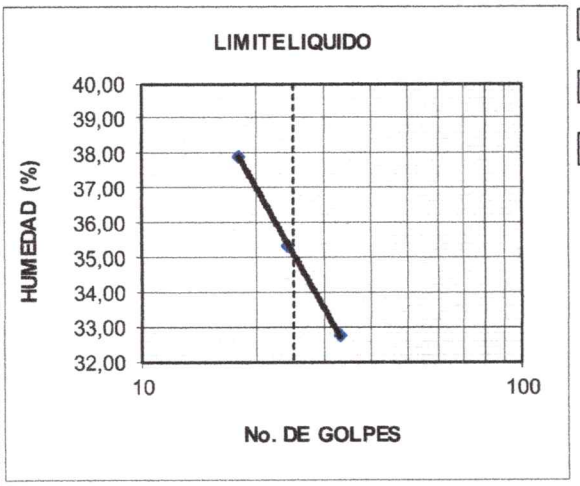
PROYECTO:	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA		
FECHA:	AGOSTO DE 2025	**SONDEO No. :**	S-02
PROFUNDIDAD :	0.00 - 1.90 m	**MUESTRA No. :**	1
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR AMARILLA CON GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	33	24	18	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	F	G	H	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	16,14	17,32	17,19	
PESO HÚMEDO (Gr.)	39,16	43,21	45,92	
PESO SECO (Gr.)	33,48	36,45	38,02	
HUMEDAD (%)	32,76	35,34	37,93	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	I	J		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	15,33	17,20		
PESO HÚMEDO (Gr.)	23,75	25,16		
PESO SECO (Gr.)	22,32	23,83		
HUMEDAD (%)	20,46	20,06		



LIMITE LIQUIDO (%)	35,00
LIMITE PLASTICO (%)	20,26
INDICE DE PLASTICIDAD	14,74

CLASIFICACIÓN	
AASHTO	A6
I.G.	13
U.S.C.	CL

%GRAVA	0,00
%ARENA	12,91
%FINOS	87,09

ENDERSON CACUA
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

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

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

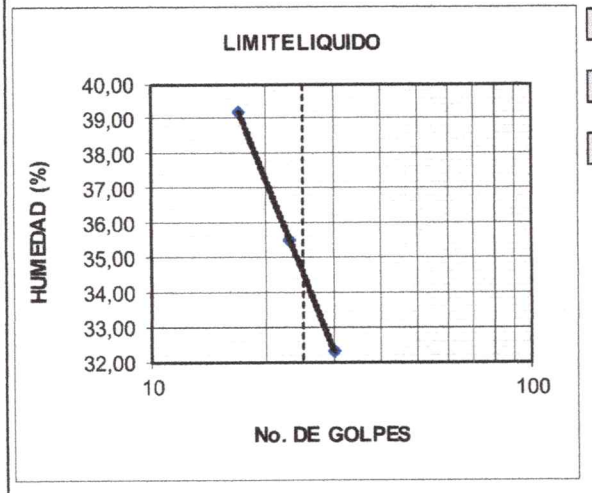
PROYECTO:	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA		
FECHA:	AGOSTO DE 2025	**SONDEO No. :**	S-02
PROFUNDIDAD :	1.90 - 4.40 m	**MUESTRA No. :**	2
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS CON NARANJA		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	30	23	17	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	6	3	5	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,46	7,51	7,31	
PESO HÚMEDO (Gr.)	32,02	35,45	29,16	
PESO SECO (Gr.)	26,02	28,13	23,01	
HUMEDAD (%)	32,33	35,50	39,17	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	4	9		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,62	7,48		
PESO HÚMEDO (Gr.)	23,19	22,44		
PESO SECO (Gr.)	20,45	19,83		
HUMEDAD (%)	21,36	21,13		



LIMITE LIQUIDO (%)	34,60
LIMITE PLASTICO (%)	21,24
INDICE DE PLASTICIDAD	13,36

CLASIFICACIÓN	
AASHTO	A6
I.G.	11
U.S.C.	CL

%GRAVA	0,00
%ARENA	14,54
%FINOS	85,46

ENDERSON CACUA
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

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

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

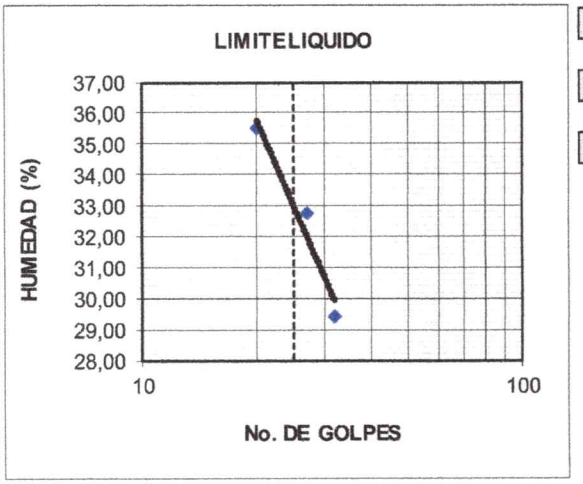
PROYECTO:	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA		
FECHA:	AGOSTO DE 2025	**SONDEO No. :**	S-02
PROFUNDIDAD :	4.40 - 6.00 m	**MUESTRA No. :**	3
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	32	27	20	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	12	15	18	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,40	7,20	7,46	
PESO HÚMEDO (Gr.)	24,16	20,29	25,02	
PESO SECO (Gr.)	20,35	17,06	20,42	
HUMEDAD (%)	29,42	32,76	35,49	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	21	20		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,55	7,48		
PESO HÚMEDO (Gr.)	17,02	16,24		
PESO SECO (Gr.)	15,64	14,97		
HUMEDAD (%)	17,06	16,96		



LIMITE LIQUIDO (%)	33,00
LIMITE PLASTICO (%)	17,01
INDICE DE PLASTICIDAD	15,99

CLASIFICACIÓN	
AASHTO	A6
I.G.	13
U.S.C.	CL

%GRAVA	0,00
%ARENA	11,28
%FINOS	88,72

ENDERSON CACUA
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

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

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

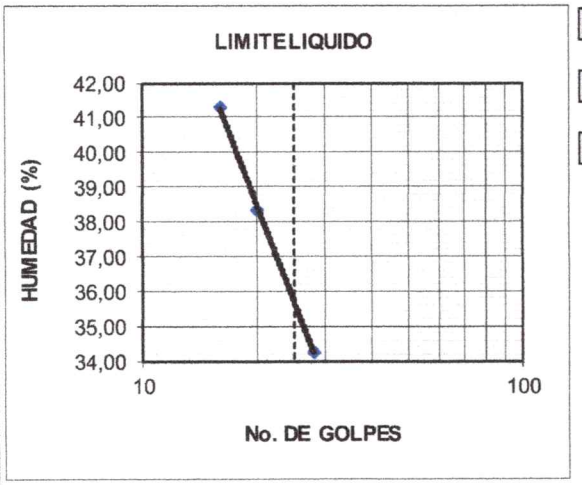
PROYECTO:	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA		
FECHA:	AGOSTO DE 2025	**SONDEO No. :**	S-03
PROFUNDIDAD :	0.00 - 1.80 m	**MUESTRA No. :**	1
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR AMARILLA CON GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	28	20	16	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	B	A	C	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	19,32	18,61	19,28	
PESO HÚMEDO (Gr.)	28,37	33,04	29,65	
PESO SECO (Gr.)	26,06	29,04	26,62	
HUMEDAD (%)	34,27	38,35	41,28	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	D	E		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	23,83	22,95		
PESO HÚMEDO (Gr.)	40,51	47,98		
PESO SECO (Gr.)	37,79	43,95		
HUMEDAD (%)	19,48	19,19		



LIMITE LIQUIDO (%)	35,80
LIMITE PLASTICO (%)	19,34
INDICE DE PLASTICIDAD	16,46

CLASIFICACIÓN	
AASHTO	A6
I.G.	14
U.S.C.	CL

%GRAVA	0,00
%ARENA	12,24
%FINOS	87,76

ENDERSON CACUA
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

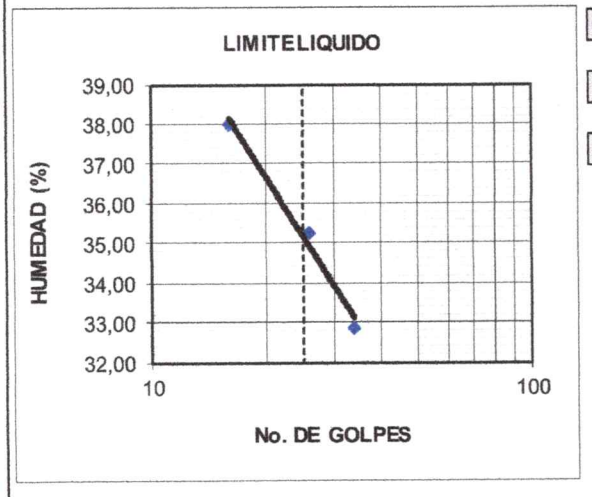
PROYECTO:	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA		
FECHA:	AGOSTO DE 2025	**SONDEO No. :**	S-03
PROFUNDIDAD :	1.80 - 4.00	**MUESTRA No. :**	2
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS CON NARANJA		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	34	26	16	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	1	7	2	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,36	7,49	7,32	
PESO HÚMEDO (Gr.)	25,63	22,19	21,01	
PESO SECO (Gr.)	21,11	18,36	17,24	
HUMEDAD (%)	32,87	35,23	38,00	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	3	5		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,51	7,31		
PESO HÚMEDO (Gr.)	14,33	15,10		
PESO SECO (Gr.)	13,14	13,72		
HUMEDAD (%)	21,14	21,53		



LIMITE LIQUIDO (%)	35,20
LIMITE PLASTICO (%)	21,33
INDICE DE PLASTICIDAD	13,87

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

%GRAVA	0,00
%ARENA	14,30
%FINOS	85,70

ENDERSON CACUA
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

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

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

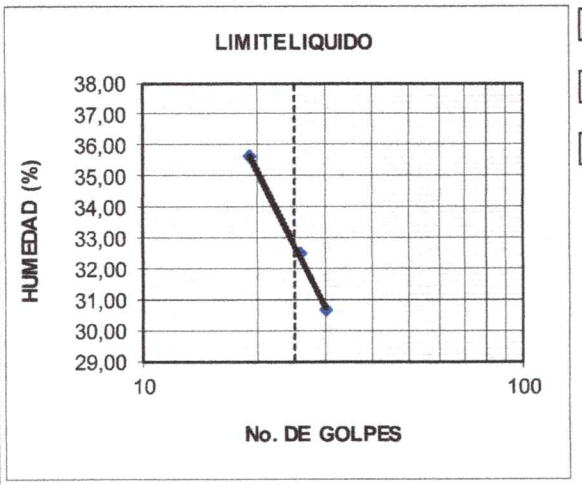
PROYECTO:	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA		
FECHA:	AGOSTO DE 2025	**SONDEO No. :**	S-03
PROFUNDIDAD :	4.00 - 6.00	**MUESTRA No. :**	3
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS CON NARANJA		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	30	26	19	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	13	22	23	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,37	7,20	7,60	
PESO HÚMEDO (Gr.)	23,06	25,19	20,28	
PESO SECO (Gr.)	19,38	20,78	16,95	
HUMEDAD (%)	30,64	32,47	35,61	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	25	28		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,31	7,47		
PESO HÚMEDO (Gr.)	16,18	17,01		
PESO SECO (Gr.)	14,82	15,54		
HUMEDAD (%)	18,11	18,22		



LIMITE LIQUIDO (%)	32,70
LIMITE PLASTICO (%)	18,16
INDICE DE PLASTICIDAD	14,54

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

%GRAVA	0,00
%ARENA	12,75
%FINOS	87,25

ENDERSON CACUA
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

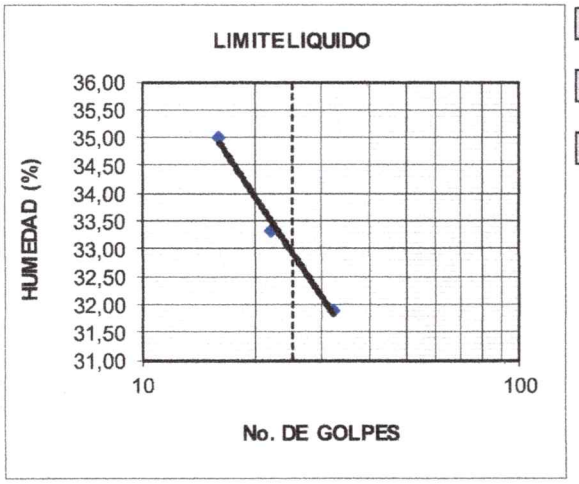
PROYECTO:	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA		
FECHA:	AGOSTO DE 2025	**SONDEO No. :**	S-04
PROFUNDIDAD :	0.00 - 2.00 m	**MUESTRA No. :**	1
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR AMARILLA CON GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	32	22	16	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	10	15	1	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,54	7,20	7,36	
PESO HÚMEDO (Gr.)	25,14	26,24	28,80	
PESO SECO (Gr.)	20,88	21,48	23,24	
HUMEDAD (%)	31,89	33,33	35,00	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	23	24		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,60	7,55		
PESO HÚMEDO (Gr.)	12,54	13,00		
PESO SECO (Gr.)	11,73	12,13		
HUMEDAD (%)	19,50	19,08		



LIMITE LIQUIDO (%)	34,08
LIMITE PLASTICO (%)	19,29
INDICE DE PLASTICIDAD	14,79

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

%GRAVA	0,00
%ARENA	13,48
%FINOS	86,52

ENDERSON CACUA
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

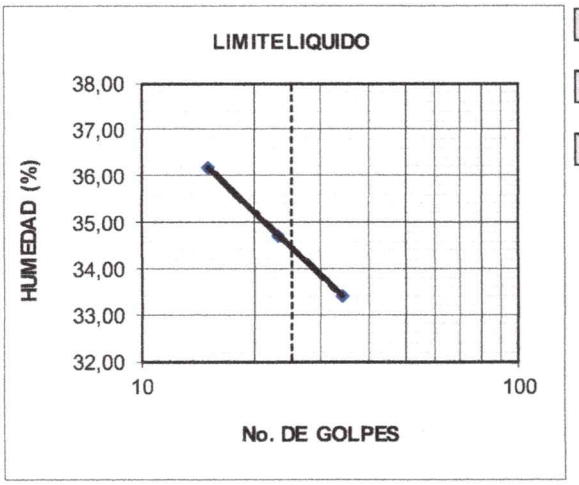
PROYECTO:	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA		
FECHA:	AGOSTO DE 2025	**SONDEO No. :**	S-04
PROFUNDIDAD :	2.00 - 3.80 m	**MUESTRA No. :**	2
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS CON NARANJA		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	34	23	15	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	87	30	41	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,34	7,50	7,60	
PESO HÚMEDO (Gr.)	23,51	16,93	17,80	
PESO SECO (Gr.)	19,46	14,50	15,09	
HUMEDAD (%)	33,42	34,71	36,18	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	42	52		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,16	7,28		
PESO HÚMEDO (Gr.)	10,06	10,42		
PESO SECO (Gr.)	9,56	9,89		
HUMEDAD (%)	20,83	20,31		



LIMITE LIQUIDO (%)	34,40
LIMITE PLASTICO (%)	20,57
INDICE DE PLASTICIDAD	13,83

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

%GRAVA	0,00
%ARENA	15,05
%FINOS	84,95

ENDERSON CACUA
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

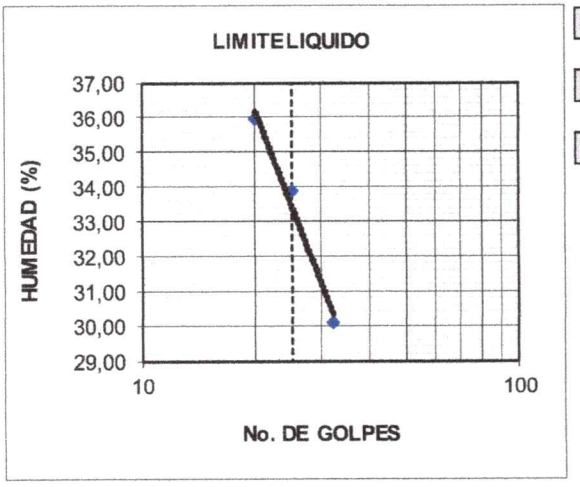
PROYECTO:	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA		
FECHA:	AGOSTO DE 2025	**SONDEO No. :**	S-04
PROFUNDIDAD :	2.00 - 3.80 m	**MUESTRA No. :**	3
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	32	25	20	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	17	18	19	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,40	7,46	7,37	
PESO HÚMEDO (Gr.)	24,25	20,62	21,44	
PESO SECO (Gr.)	20,35	17,29	17,72	
HUMEDAD (%)	30,12	33,88	35,94	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	26	27		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,60	7,36		
PESO HÚMEDO (Gr.)	18,02	17,21		
PESO SECO (Gr.)	16,44	15,72		
HUMEDAD (%)	17,87	17,82		



LIMITE LIQUIDO (%)	33,50
LIMITE PLASTICO (%)	17,85
INDICE DE PLASTICIDAD	15,65

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

%GRAVA	0,00
%ARENA	13,50
%FINOS	86,50

Enderson Cacua
ENDERSON CACUA
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

PESO UNITARIO

PROYECTO	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**APIQUE No.**	S-01
FECHA	AGOSTO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	0.00 - 1.80 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	ARCILLA 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)	9910		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	3962		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1,872		
Humedad natural del suelo (%)	9,57		
Densidad seca (gr/cm3)	1,708		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**APIQUE No.**	S-01
FECHA	AGOSTO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	1.80 - 4.20 m	**MUESTRA No.**	2
DESCRIPCION	ARCILLA 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)	9952		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4004		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1,891		
Humedad natural del suelo (%)	25,89		
Densidad seca (gr/cm3)	1,502		

OBSERVACIONES

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**APIQUE No.**	S-01
FECHA	AGOSTO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	4.20 - 6.00 m	**MUESTRA No.**	3
DESCRIPCION	ARCILLA 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 (%)	27,29		
Densidad seca (gr/cm3)	1,501		

OBSERVACIONES

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**APIQUE No.**	S-02
FECHA	AGOSTO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	0.00 - 1.90 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	ARCILLA 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)	9924		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	3976		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1,878		
Humedad natural del suelo (%)	10,90		
Densidad seca (gr/cm3)	1,694		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**APIQUE No.**	S-02
FECHA	AGOSTO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	1.90 - 4.40 m	**MUESTRA No.**	2
DESCRIPCION	ARCILLA 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)	9959		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4011		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1,895		
Humedad natural del suelo (%)	26,56		
Densidad seca (gr/cm3)	1,497		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**APIQUE No.**	S-02
FECHA	AGOSTO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	4.40 - 6.00 m	**MUESTRA No.**	3
DESCRIPCION	ARCILLA 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)	9987		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4039		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1,908		
Humedad natural del suelo (%)	28,31		
Densidad seca (gr/cm3)	1,487		

OBSERVACIONES

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**APIQUE No.**	S-03
FECHA	AGOSTO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	0.00 - 1.80 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	ARCILLA 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)	9918		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	3970		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1,875		
Humedad natural del suelo (%)	9,77		
Densidad seca (gr/cm3)	1,708		

OBSERVACIONES

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**APIQUE No.**	S-03
FECHA	AGOSTO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	1.80 - 4.00 m	**MUESTRA No.**	2
DESCRIPCION	ARCILLA 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)	9963		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4015		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1,897		
Humedad natural del suelo (%)	25,17		
Densidad seca (gr/cm3)	1,515		

OBSERVACIONES

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**APIQUE No.**	S-03
FECHA	AGOSTO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	4.00 - 6.00 m	**MUESTRA No.**	3
DESCRIPCION	ARCILLA 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)	9948		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4000		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1,890		
Humedad natural del suelo (%)	27,83		
Densidad seca (gr/cm3)	1,478		

OBSERVACIONES

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**APIQUE No.**	S-04
FECHA	AGOSTO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	0.00 - 2.00 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	ARCILLA 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)	9936		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	3988		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1,884		
Humedad natural del suelo (%)	10,08		
Densidad seca (gr/cm3)	1,711		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**APIQUE No.**	S-04
FECHA	AGOSTO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	2.00 - 3.80 m	**MUESTRA No.**	2
DESCRIPCION	ARCILLA 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)	9941		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	3993		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1,886		
Humedad natural del suelo (%)	26,59		
Densidad seca (gr/cm3)	1,490		

OBSERVACIONES

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**APIQUE No.**	S-04
FECHA	AGOSTO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	3.80 - 6.00 m	**MUESTRA No.**	3
DESCRIPCION	ARCILLA 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)	9966		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4018		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1,898		
Humedad natural del suelo (%)	28,97		
Densidad seca (gr/cm3)	1,472		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA

LOCALIZACIÓN :		AMPLIACION ALCANTARILLADO PLUVIAL MUNICIPIO DE ARAUQUITA		
SONDEO No. :		S-01		
MUESTRA No. :		1		
PROFUNDIDAD :		0.00 -1.80 m		
Ho (cm):	9.32	Peso humedo(W1):	302.70	Do / Ho.. / TIPO DE FALLA
Do (cm):	4.70	Peso seco(W2):	276.26	
Ao (cm^2):	17.35	Peso tara(W3):		
Vo (cm^3):	161.70	Humedad(%):	9.57	
Peso Total Muestra	302.70			

DEFORMACIÓN (0,001in)	CARGA	CARGA AXIAL (Kg)	AREA CORREGIDA (cm^2)	ε	ε (%)	ESFUERZO (Kg/cm^2)
0	0	0	17.349	0.0000	0.00	0.00
5	7	1.031	17.373	0.0014	0.14	0.06
10	10	1.473	17.397	0.0027	0.27	0.08
15	12	1.768	17.421	0.0041	0.41	0.10
20	14	2.063	17.445	0.0055	0.55	0.12
25	17	2.505	17.468	0.0068	0.68	0.14
30	19	2.799	17.492	0.0082	0.82	0.16
40	24	3.536	17.541	0.0109	1.09	0.20
50	26	3.831	17.589	0.0136	1.36	0.22
60	29	4.273	17.638	0.0164	1.64	0.24
80	36	5.304	17.736	0.0218	2.18	0.30
100	43	6.335	17.836	0.0273	2.73	0.36
120	49	7.219	17.936	0.0327	3.27	0.40
140	55	8.103	18.038	0.0382	3.82	0.45
170	64	9.429	18.192	0.0463	4.63	0.52
200	69	10.166	18.350	0.0545	5.45	0.55
250	77	11.344	18.618	0.0681	6.81	0.61
300	85	12.523	18.894	0.0818	8.18	0.66
350	92	13.554	19.179	0.0954	9.54	0.71
400	98	14.438	19.472	0.1090	10.90	0.74
500	102	15.027	20.087	0.1363	13.63	0.75
600	103	15.175	20.741	0.1635	16.35	0.73
700	96	14.144	21.440	0.1908	19.08	0.66

Enderson Cacua

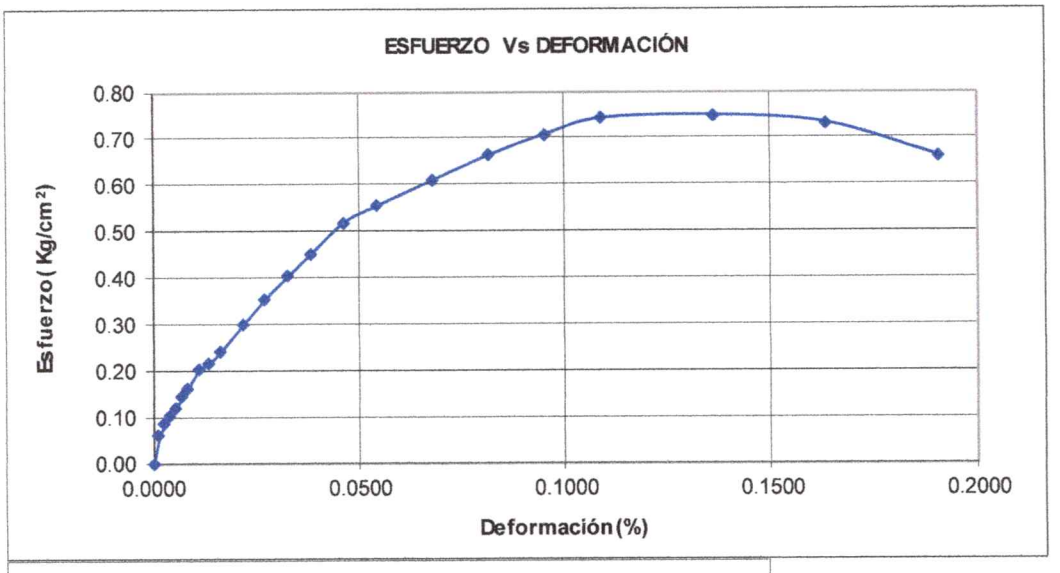
ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

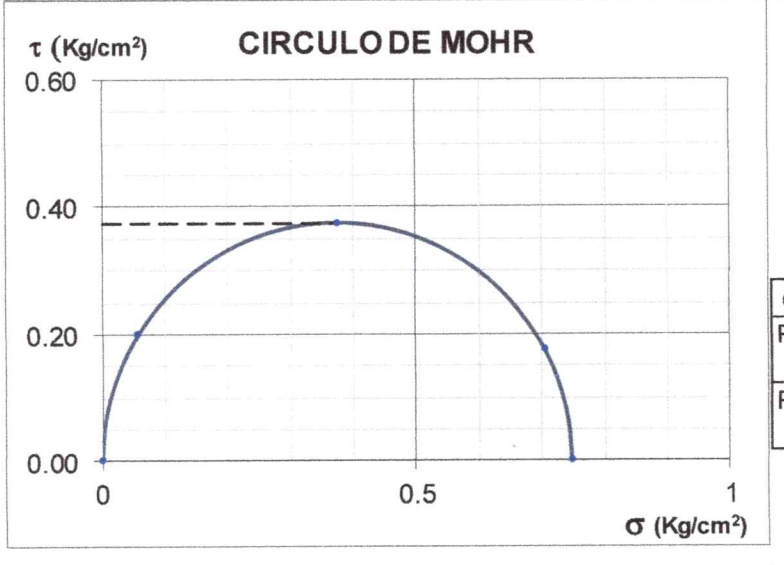
Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

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

GRÁFICA ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN Y CÍRCULO DE MOHR

LOCALIZACIÓN :	AMPLIACION ALCANTARILLADO PLUVIAL MUNICIPIO DE ARAUQUITA
SONDEO No. :	S-01
MUESTRA No. :	1
PROFUNDIDAD :	0.00 -1.80 m





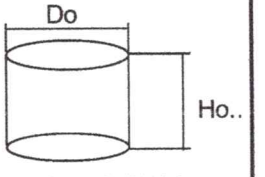
Cohesión:	0.37 Kg/cm²
Peso Unitario Húmedo	
1.872	Gr/cm3
Peso Unitario Seco	
1.709	Gr/cm3

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA

LOCALIZACIÓN :	AMPLIACION ALCANTARILLADO PLUVIAL MUNICIPIO DE ARAUQUITA		
SONDEO No. :	S-02		
MUESTRA No. :	2		
PROFUNDIDAD :	1.90 - 4.40 m		
Ho (cm):	9.40	Peso humedo(W1):	311.68
Do (cm):	4.72	Peso seco(W2):	246.27
Ao (cm^2):	17.50	Peso tara(W3):	
Vo (cm^3):	164.48	Humedad(%):	26.56
Peso Total Muestra	311.68		
		Kte Anillo Carga	0,1473 Kg/div.



TIPO DE FALLA

DEFORMACIÓN (0,001in)	CARGA	CARGA AXIAL (Kg)	AREA CORREGIDA (cm^2)	ε	ε (%)	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	10	1.473	17.545	0.0027	0.27	0.08
15	15	2.210	17.569	0.0041	0.41	0.13
20	15	2.210	17.592	0.0054	0.54	0.13
25	18	2.652	17.616	0.0068	0.68	0.15
30	22	3.241	17.640	0.0081	0.81	0.18
40	27	3.978	17.689	0.0108	1.08	0.22
50	31	4.567	17.737	0.0135	1.35	0.26
60	37	5.451	17.786	0.0162	1.62	0.31
80	49	7.219	17.884	0.0216	2.16	0.40
100	57	8.398	17.983	0.0270	2.70	0.47
120	64	9.429	18.084	0.0324	3.24	0.52
140	72	10.608	18.185	0.0378	3.78	0.58
170	80	11.786	18.340	0.0459	4.59	0.64
200	86	12.670	18.497	0.0540	5.40	0.68
250	96	14.144	18.765	0.0676	6.76	0.75
300	106	15.617	19.041	0.0811	8.11	0.82
350	114	16.795	19.325	0.0946	9.46	0.87
400	120	17.679	19.618	0.1081	10.81	0.90
500	131	19.300	20.231	0.1351	13.51	0.95
600	134	19.742	20.883	0.1621	16.21	0.95
700	108	15.911	21.579	0.1891	18.91	0.74

Enderson Cacua

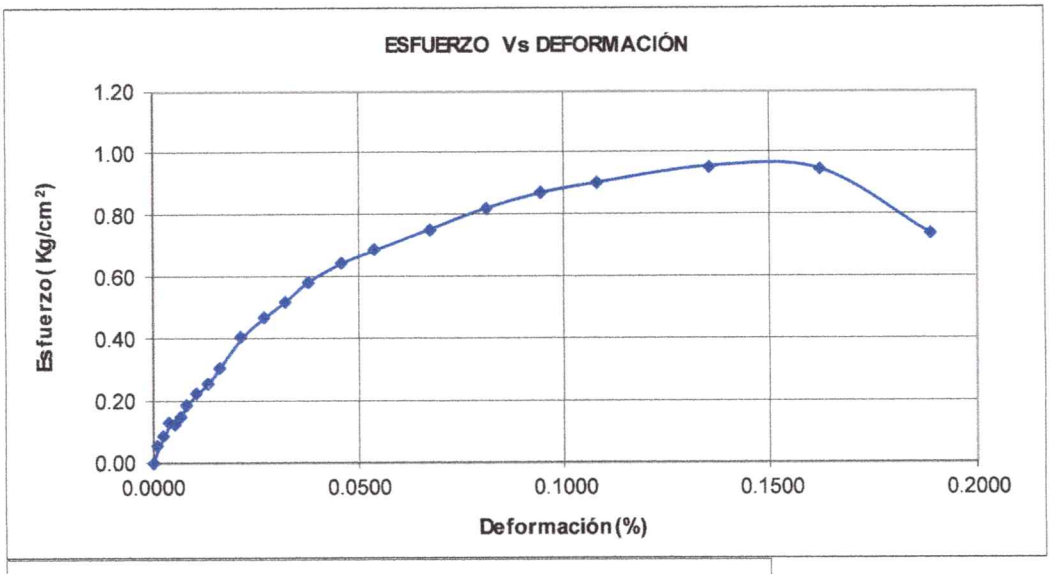
ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

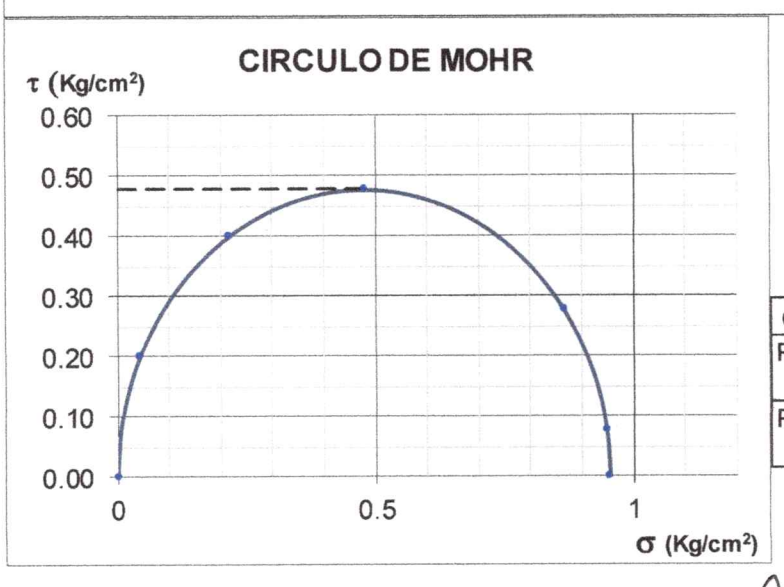
Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

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

GRÁFICA ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN Y CÍRCULO DE MOHR

LOCALIZACIÓN :	AMPLIACION ALCANTARILLADO PLUVIAL MUNICIPIO DE ARAUQUITA
SONDEO No. :	S-02
MUESTRA No. :	2
PROFUNDIDAD :	1.90 - 4.40 m





Cohesión:	0.48 Kg/cm²
Peso Unitario Húmedo	
1.895	Gr/cm3
Peso Unitario Seco	
1.497	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

ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA

LOCALIZACIÓN :	AMPLIACION ALCANTARILLADO PLUVIAL MUNICIPIO DE ARAUQUITA			
SONDEO No. :	S-03			
MUESTRA No. :	3			
PROFUNDIDAD :	4.00 - 6.00 m			
Ho (cm):	9.30	Peso humedo(W1):	304.95	Do / Ho..
Do (cm):	4.70	Peso seco(W2):	238.56	
Ao (cm^2):	17.35	Peso tara(W3):		
Vo (cm^3):	161.35	Humedad(%):	27.83	
Peso Total Muestra	304.95			
		Kte Anillo Carga	0,1473 Kg/div.	TIPO DE FALLA

DEFORMACIÓN (0,001in)	CARGA	CARGA AXIAL (Kg)	AREA CORREGIDA (cm^2)	ε	ε (%)	ESFUERZO (Kg/cm^2)
0	0	0	17.349	0.0000	0.00	0.00
5	9	1.326	17.373	0.0014	0.14	0.08
10	15	2.210	17.397	0.0027	0.27	0.13
15	20	2.947	17.421	0.0041	0.41	0.17
20	26	3.831	17.445	0.0055	0.55	0.22
25	28	4.125	17.469	0.0068	0.68	0.24
30	31	4.567	17.493	0.0082	0.82	0.26
40	36	5.304	17.541	0.0109	1.09	0.30
50	42	6.188	17.590	0.0137	1.37	0.35
60	47	6.924	17.638	0.0164	1.64	0.39
80	59	8.692	17.737	0.0218	2.18	0.49
100	66	9.724	17.837	0.0273	2.73	0.55
120	71	10.460	17.937	0.0328	3.28	0.58
140	76	11.197	18.039	0.0382	3.82	0.62
170	82	12.081	18.194	0.0464	4.64	0.66
200	88	12.965	18.352	0.0546	5.46	0.71
250	99	14.586	18.621	0.0683	6.83	0.78
300	108	15.911	18.898	0.0819	8.19	0.84
350	116	17.090	19.183	0.0956	9.56	0.89
400	123	18.121	19.477	0.1092	10.92	0.93
500	136	20.037	20.093	0.1366	13.66	1.00
600	138	20.331	20.750	0.1639	16.39	0.98
700	124	18.269	21.450	0.1912	19.12	0.85

Enderson Cacua

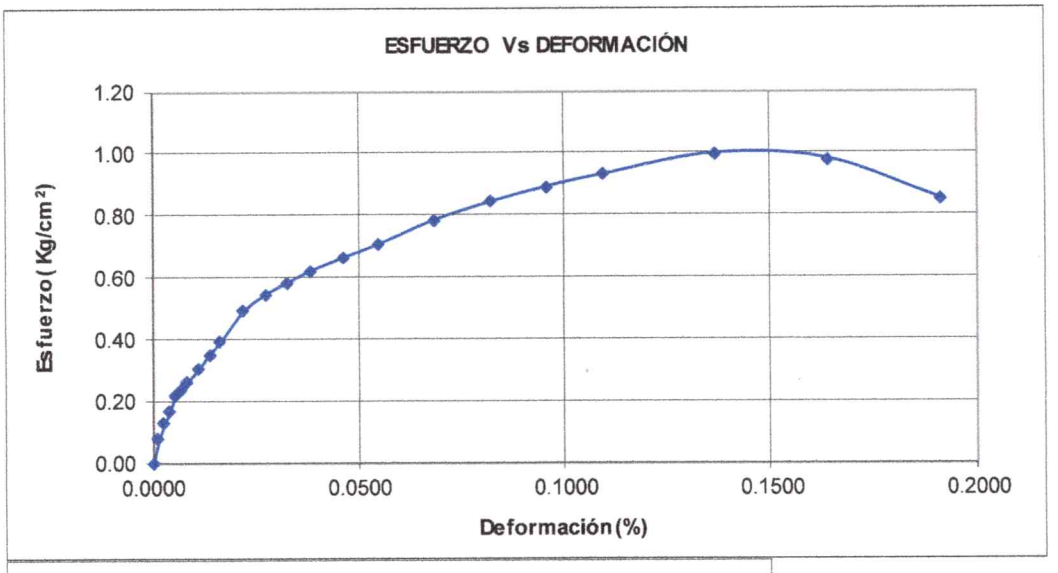
ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

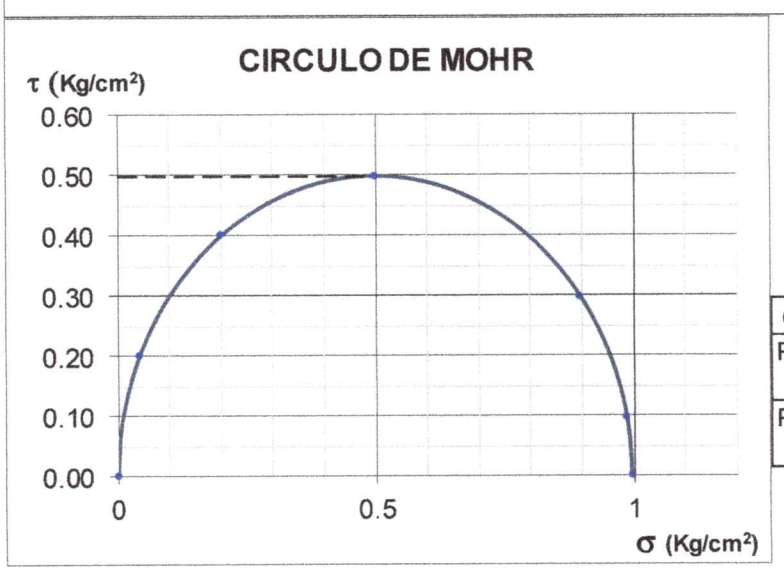
Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP 5420272031 NTS

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

GRÁFICA ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN Y CÍRCULO DE MOHR

LOCALIZACIÓN :	AMPLIACION ALCANTARILLADO PLUVIAL MUNICIPIO DE ARAUQUITA
SONDEO No. :	S-03
MUESTRA No. :	3
PROFUNDIDAD :	4.00 - 6.00 m





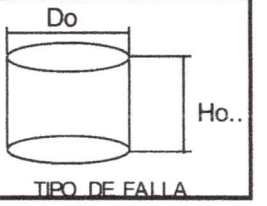
Cohesión:	0.50 Kg/cm²
Peso Unitario Húmedo	
1.890	Gr/cm3
Peso Unitario Seco	
1.479	Gr/cm3

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA

LOCALIZACIÓN :	AMPLIACION ALCANTARILLADO PLUVIAL MUNICIPIO DE ARAUQUITA		
SONDEO No. :	S-04		
MUESTRA No. :	2		
PROFUNDIDAD :	2.00 - 3.80 m		
Ho (cm):	9.36	Peso humedo(W1):	308.88
Do (cm):	4.72	Peso seco(W2):	244.00
Ao (cm^2):	17.50	Peso tara(W3):	
Vo (cm^3):	163.78	Humedad(%):	26.59
Peso Total Muestra	308.88		
		Kte Anillo Carga	0,1473 Kg/div.



DEFORMACIÓN (0,001in)	CARGA	CARGA AXIAL (Kg)	AREA CORREGIDA (cm^2)	ε	ε (%)	ESFUERZO (Kg/cm^2)
0	0	0	17.497	0.0000	0.00	0.00
5	7	1.031	17.521	0.0014	0.14	0.06
10	11	1.621	17.545	0.0027	0.27	0.09
15	16	2.357	17.569	0.0041	0.41	0.13
20	22	3.241	17.593	0.0054	0.54	0.18
25	27	3.978	17.617	0.0068	0.68	0.23
30	31	4.567	17.641	0.0081	0.81	0.26
40	38	5.598	17.689	0.0109	1.09	0.32
50	42	6.188	17.738	0.0136	1.36	0.35
60	46	6.777	17.787	0.0163	1.63	0.38
80	58	8.545	17.886	0.0217	2.17	0.48
100	66	9.724	17.985	0.0271	2.71	0.54
120	73	10.755	18.086	0.0326	3.26	0.59
140	81	11.934	18.188	0.0380	3.80	0.66
170	88	12.965	18.344	0.0461	4.61	0.71
200	94	13.849	18.502	0.0543	5.43	0.75
250	104	15.322	18.771	0.0678	6.78	0.82
300	114	16.795	19.048	0.0814	8.14	0.88
350	123	18.121	19.334	0.0950	9.50	0.94
400	129	19.005	19.628	0.1085	10.85	0.97
500	140	20.626	20.244	0.1357	13.57	1.02
600	144	21.215	20.900	0.1628	16.28	1.02
700	129	19.005	21.601	0.1900	19.00	0.88

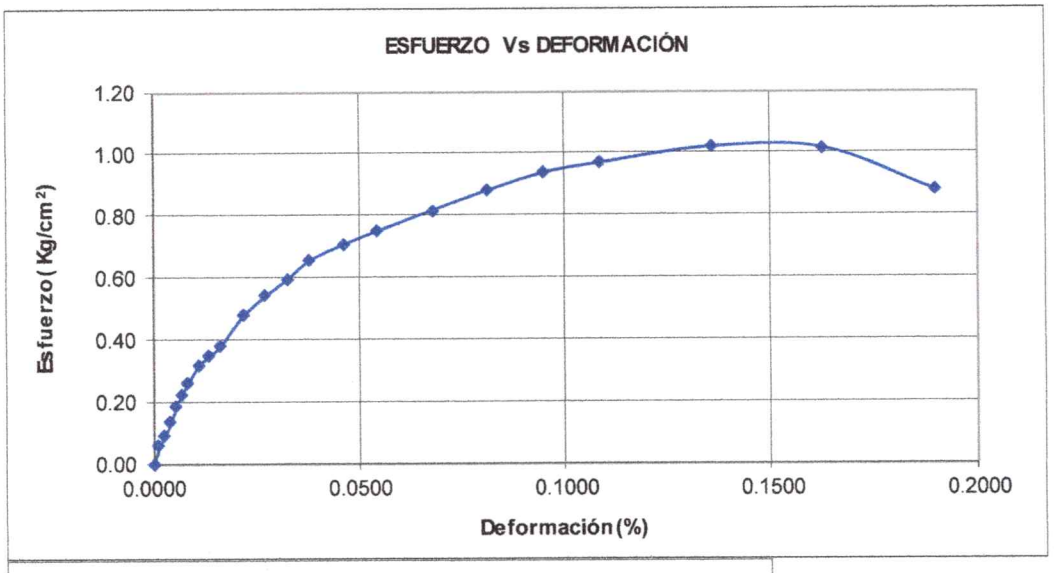
Enderson Cacua

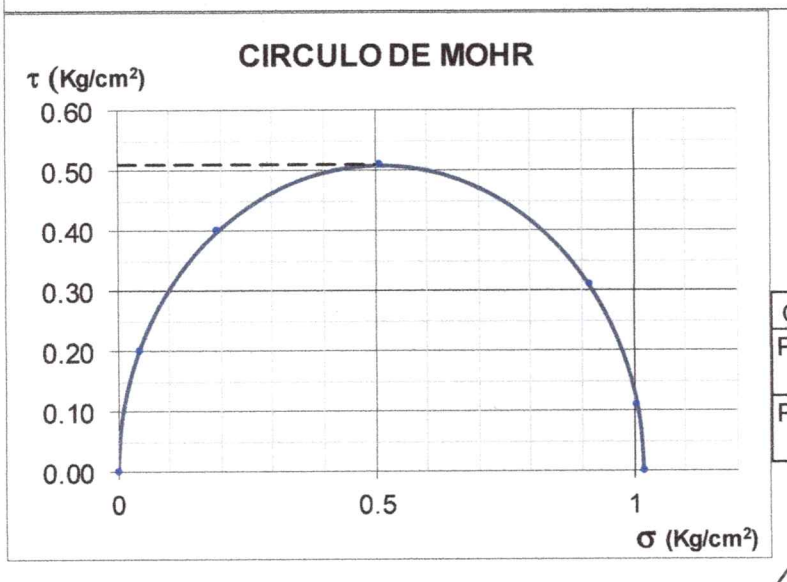
ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

GRÁFICA ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN Y CÍRCULO DE MOHR

LOCALIZACIÓN :	AMPLIACION ALCANTARILLADO PLUVIAL MUNICIPIO DE ARAUQUITA
SONDEO No. :	S-04
MUESTRA No. :	2
PROFUNDIDAD :	2.00 - 3.80 m





Cohesión:	0.51 Kg/cm²
Peso Unitario Húmedo	
1.886	Gr/cm3
Peso Unitario Seco	
1.490	Gr/cm3

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

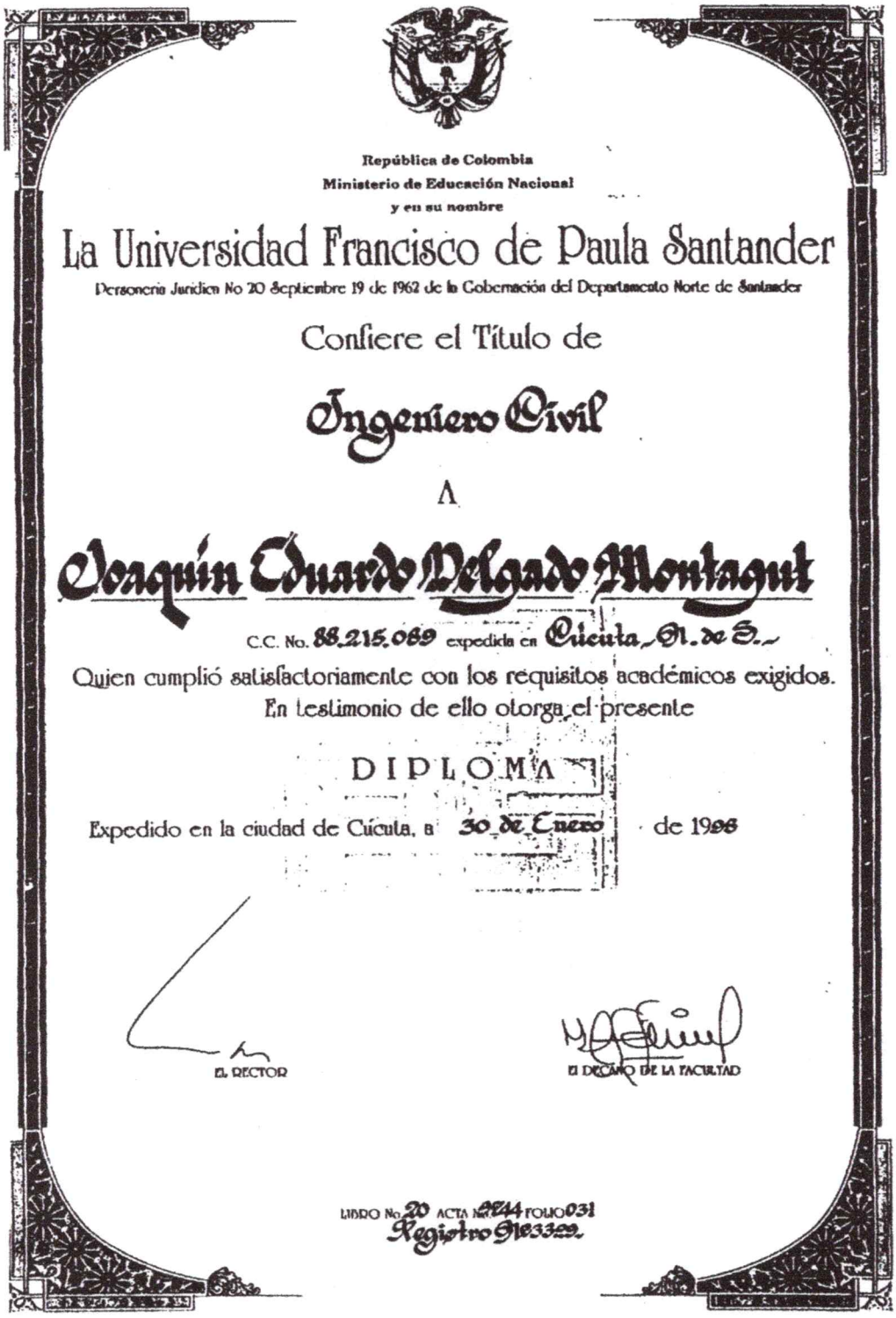
Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

ANEXO A-4 DOCUMENTACIÓN GEOTECNISTA


REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA
NUMERO 88.215.089
DELGADO MONTAGUT
APELLIDOS
JOAQUIN EDUARDO
NOMBRES
FIRMA
REPUBLICA DE COLOMBIA


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
6980005837


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



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

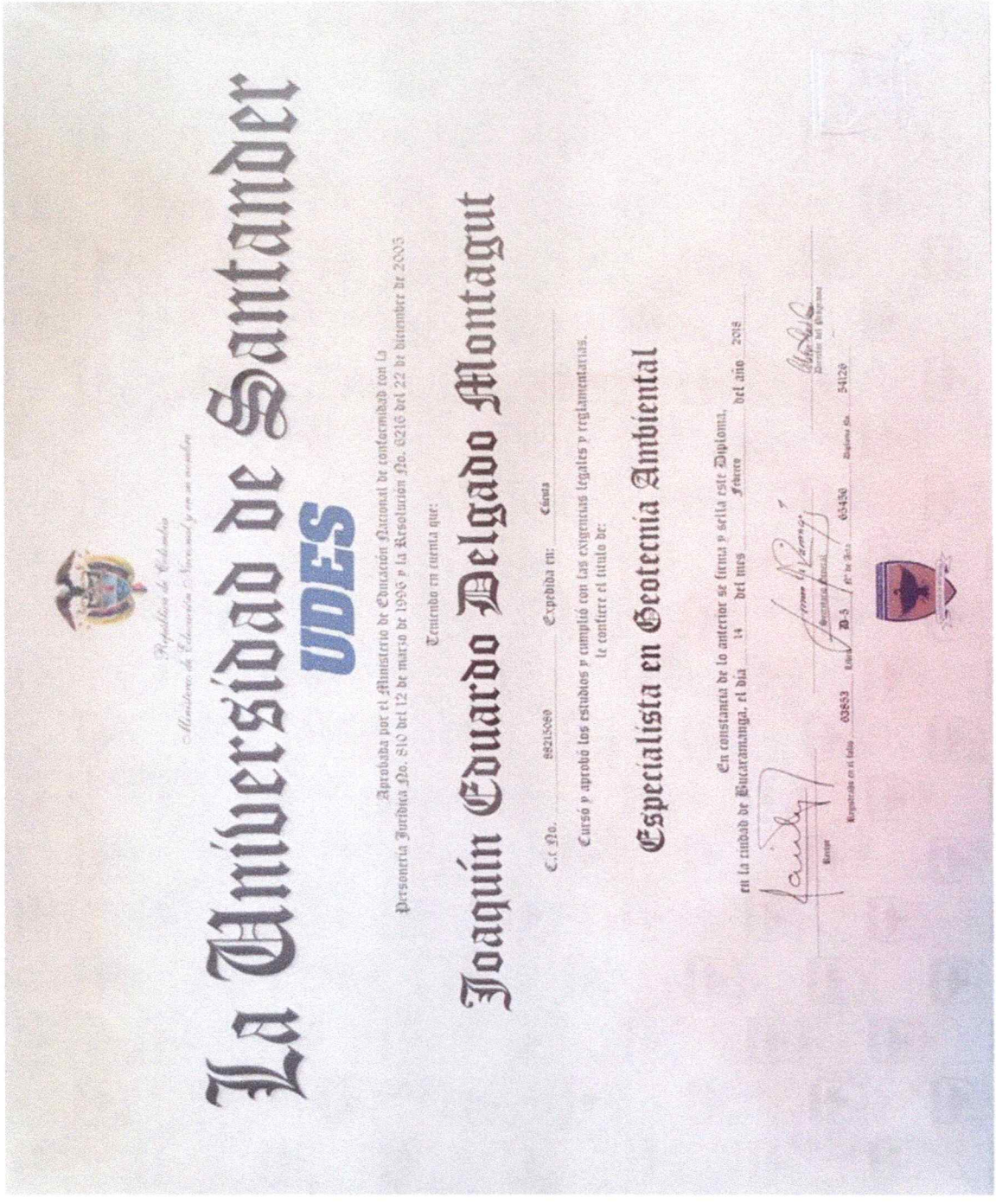
DIPLOMA

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 9103329



La Universidad de Santander
UDES

Joaquín Eduardo Delgado Montagut

Especialista en Geotecnia Ambiental

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4732135

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 nueve (09) días del mes de Septiembre del año dos mil veintiseis (2026).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firmal 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.

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 de Suelos y Geotécnico para el proyecto cuyo objeto es ***"AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA EN LA VIA PRINCIPAL RUTA 66 ENTRE LA CARRERA 12 HASTA LA CARRERA 14A, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"*** de conformidad con lo establecido en el Art. 22 del Decreto 1469 de 2010, NSR 10, RAS y demás normas vigentes.

Por lo anterior, manifiesto que es viable el proyecto de construcción conforme a los estudios realizados.

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

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 los Decretos y/o normas antes mencionadas.

Se expide a solicitud del interesado, a los veinte (20) días del mes de septiembre de 2025.

Cordialmente,

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
C.C. 88215089 de Cúcuta – M.P. 5420272031 NTS
Ing. Civil UFPS. - Especialista en Geotecnia Ambiental UDES

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 ***"AMPLIACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA URBANA EN LA VIA PRINCIPAL RUTA 66 ENTRE LA CARRERA 12 HASTA LA CARRERA 14A, MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"***.

Por medio de la presente 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 de la misma y copia de la cédula de ciudadanía.

Se expide a solicitud del interesado, a los veinte (20) días del mes de septiembre de 2025.

Cordialmente,

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
C.C. 88215089 de Cúcuta – M.P. 5420272031 NTS
Ing. Civil UFPS. - Especialista en Geotecnia Ambiental UDES