MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.

ESTUDIO DE SUELOS

Elaborado por
JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Ingeniero Civil – Especialista en Geotecnia Ambiental

Localización:
SARAVENA – ARAUCA
JUNIO de 2026

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

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN **4**

1 PROYECTO **5**

1.1 PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO 5
1.2 OBJETIVOS 5
1.2.1 Objetivo general *5*
1.2.2 Objetivos específicos *5*
1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 6
1.4 DESCRIPCIÓN SISTEMA ESTRUCTURAL Y EVALUACIÓN DE CARGAS 8

2 CARACTERÍSTICAS ÁREA DEL PROYECTO **10**

2.1 ASPECTOS FÍSICOS 10
2.1.1 Geomorfología *10*
2.1.2 Fisiografía *11*
2.1.3 Estratigrafía. *12*
2.2 RECONOCIMIENTO DE CAMPO 14
2.3 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES 14
2.3.1 Clima *14*
2.3.2 Vegetación *15*
2.3.3 Hidrografía *15*
2.4 EDIFICACIONES E INFRAESTRUCTURAS VECINAS 15

3 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO **16**

3.1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO 16
3.2 ENSAYOS EN CAMPO 18
3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO 18

4 CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO **19**

4.1 ESTRATIGRAFÍAS 19
4.2 PROPIEDADES MECÁNICAS 20
4.2.1 Ensayo normal de penetración, SPT. *21*
4.3 ESTRATIGRAFÍA DE DISEÑO 24
4.4 POTENCIAL DE EXPANSIÓN 25
4.5 NIVEL FREÁTICO 25

5 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS **26**

5.1 ESTIMATIVOS DE PARÁMETROS EFECTIVOS DE RESISTENCIA CON EL SPT 26
5.2 COMPRESIBILIDAD 29
5.3 MÓDULO DE ELASTICIDAD 30

6 ASPECTOS SÍSMICOS Y CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE LOS SUELOS **32**

6.1 PERFIL DE LOS SUELOS 32
6.2 CLASIFICACIÓN ZONA DE AMENAZA SÍSMICA 32
6.3 DETERMINACIÓN PARÁMETROS SÍSMICOS 34
6.4 ANÁLISIS DE LICUACIÓN DE LOS SUELOS 34
6.5 VERIFICACIÓN DE LA DISPERSIVIDAD DEL MATERIAL FINO 35

7 CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS 37

7.1 GENERALIDADES 37
7.2 NIVEL Y SISTEMA DE CIMENTACIÓN 37
7.2.1 Cimentación superficial. 38
7.3 CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE 38
7.3.1 Ecuaciones de capacidad portante utilizadas en el análisis 38
7.3.2 Cálculos de capacidad de carga admisible de los suelos de fundación ("perfil de diseño") 39
7.4 ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS DE LAS OBRAS PROYECTADAS 42
7.4.1 Metodologías para el cálculo de asentamientos 44

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA CIMENTACIÓN DE LAS OBRAS 47

8.1 CONCLUSIONES 47
8.2 RECOMENDACIÓN DE CIMENTACIONES 48

9 REFERENCIAS 50

ANEXOS 51

ANEXO A-1. REGISTRO FOTOGRÁFICO 52
ANEXO A-2. PERFILES DE SUELOS 58
ANEXO A-3. ENSAYOS DE LABORATORIO 65
ANEXO A-4. DOCUMENTOS GEOTECNISTA 90
ANEXO A-5. MEMORIA DE RESPONSABILIDAD Y CESIÓN DE DERECHOS 94

INTRODUCCIÓN

El presente informe hace parte fundamental del Estudio de Suelos para el proyecto "MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA". el cual se efectuó con base en la información de seis sondeos con equipo de perforación a percusión, de las muestras tomadas del sitio de ubicación de las obras y en los ensayos de laboratorio del material encontrado en los sondeos, con el fin de obtener los parámetros necesarios para la determinación de la capacidad última y admisible del suelo de cimentación.

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

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

Se realizaron seis (06) sondeos con recuperación utilizando herramienta manual y equipo a percusión, alcanzando los 6,00 m de profundidad máxima y 36.00 m de profundidad total explorada, en los cuales se encontraron dos estratos diferentes compuestos por arenas limosas y gravas limosa con arena en la sede Alto Citica; en la zona de estudio sobre la sede educativa calafitas se encontraron dos estratos diferentes compuestos por arenas limosas y arenas mal graduada con limo.

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 de las estructuras para el proyecto "MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, 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

Realizar el informe técnico correspondiente al Estudio de Suelos para el proyecto "Mejoramiento y Adecuación de la Infraestructura Física de los Centros Educativos Indígenas U'wa Calafitas, Alto San Miguel y Tutukana del Municipio de Saravena, Departamento de Arauca".

1.2.2 Objetivos específicos

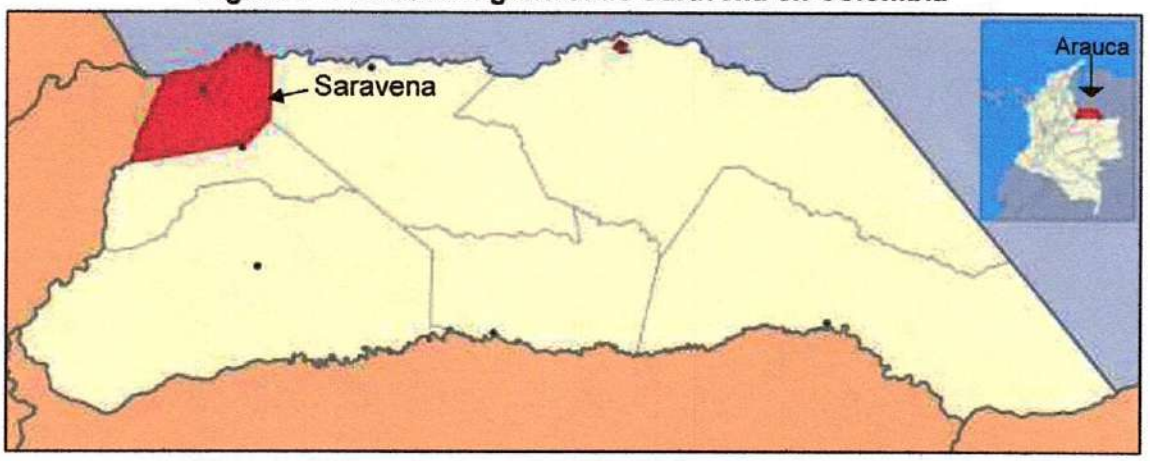
- Describir las características principales del área de estudio.
- Realizar la identificación del suelo, tomando muestras e información necesaria para la realización de ensayos de laboratorio.

- Caracterizar el estado actual en campo de los suelos, evaluando puntos como expansividad y colapsabilidad.
- Determinar los parámetros de diseño que gobiernan la capacidad de carga de los suelos.
- Reconocer los aspectos y parámetros sísmicos del área de estudio y la clasificación del tipo de suelo según la NSR – 10.
- Evaluar las condiciones de terreno y definir las alternativas de cimentación.
- Generar recomendaciones de diseño y construcción.

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto se localiza en la zona rural del Municipio de Saravena en el Departamento de Arauca, en la vereda Calafitas ubicada en las siguientes coordenadas geográficas 6°51'49.66" Latitud Noreste - 71°49'28.86" Longitud Oeste, y en la vereda Alto San Miguel en 6°50'18.70" Latitud Noreste - 71°56'4.20" Longitud Oeste.

Figura 1-1 Ubicación general de Saravena en Colombia



Fuente: Sitio web: www.es.wikipedia.org/wiki/ Saravena#.

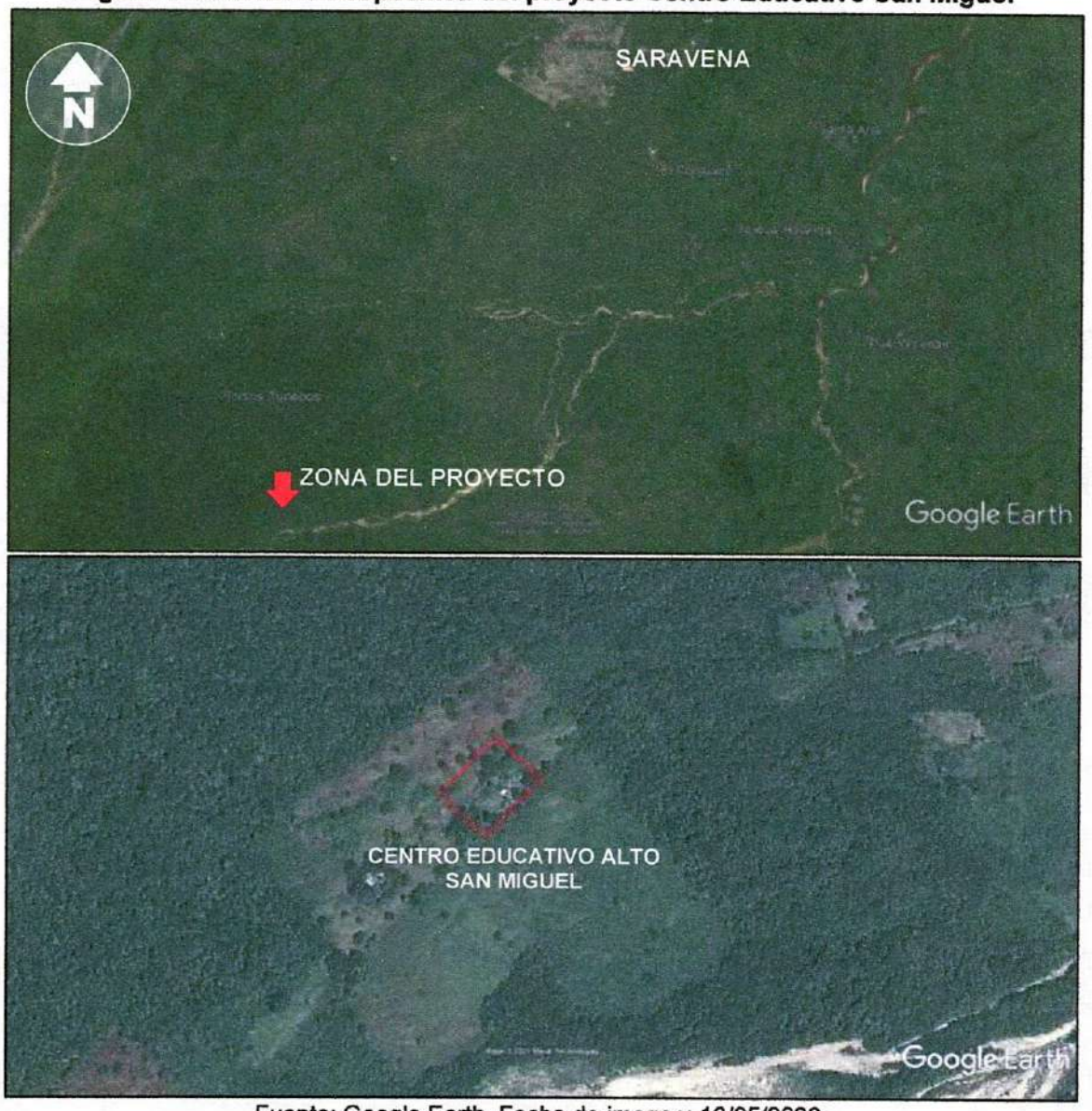
El proyecto consiste en la construcción de edificaciones en sistema a porticado con vigas y columnas en concreto reforzado, en los centros educativos indígenas U'wa del Municipio de Saravena clasificado como Edificaciones de Atención a la Comunidad (Grupo III), según la Norma Sismo Resistente, NSR-10. No se contemplan obras de almacenamiento que involucren consideraciones adicionales de carga o uso.

En la figura 1-2 y 1-3 se observa más detalladamente la ubicación del proyecto en el municipio de Saravena.

Figura 1-2 Ubicación específica del proyecto Centro Educativo Calafitas

Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 13/05/2026

Figura 1-3 Ubicación específica del proyecto Centro Educativo San Miguel

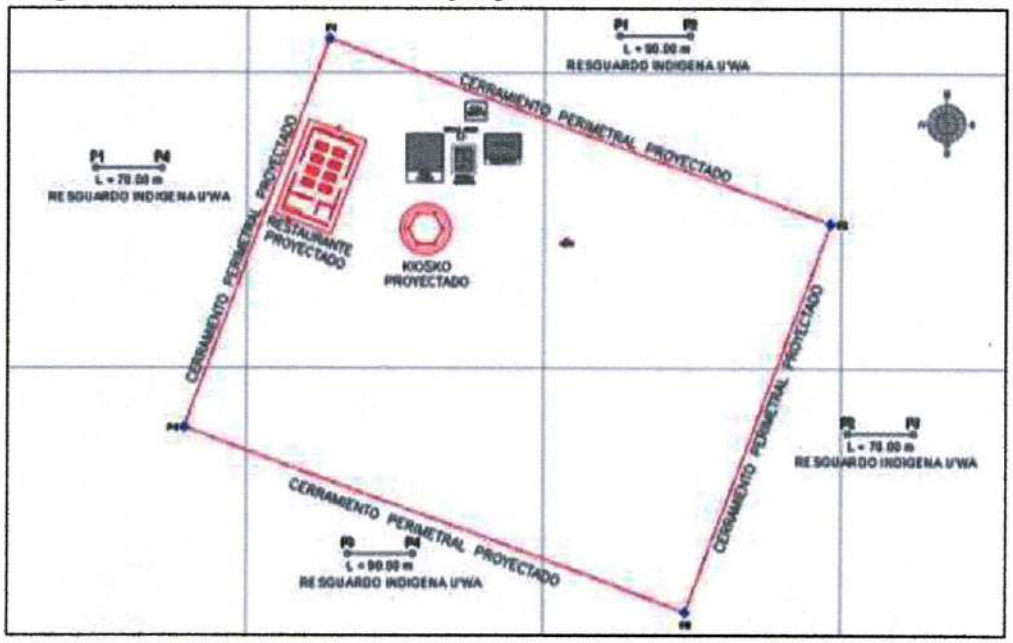


Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 13/05/2026

1.4 DESCRIPCIÓN SISTEMA ESTRUCTURAL Y EVALUACIÓN DE CARGAS

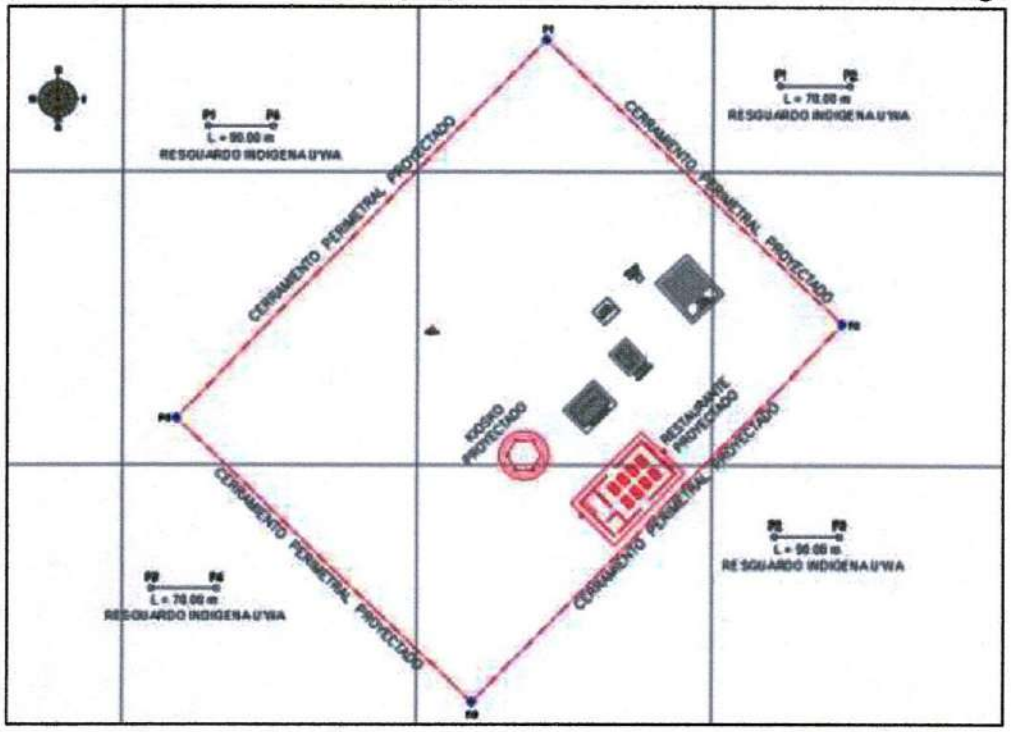
Las obras proyectadas serán construidas en concreto reforzado, cumpliendo las exigencias de la norma sismo resistente. En todos los casos la interacción suelo-estructura determinará la vida útil y de servicio de la misma, por lo tanto, se esperan cargas a pedestal entre 10 y 20 Toneladas aproximadamente. La estructura a construir está conformada por pórticos en concreto reforzado constituida por columnas y vigas.

Figura 1-4 Detalle de las obras proyectadas Centro Educativo Calafitas



Fuente: Diseño arquitectónico, vista planta general

Figura 1-5 Detalle de las obras proyectadas Centro Educativo Alto San Miguel



Fuente: Diseño arquitectónico, vista planta general

2 CARACTERÍSTICAS ÁREA DEL PROYECTO

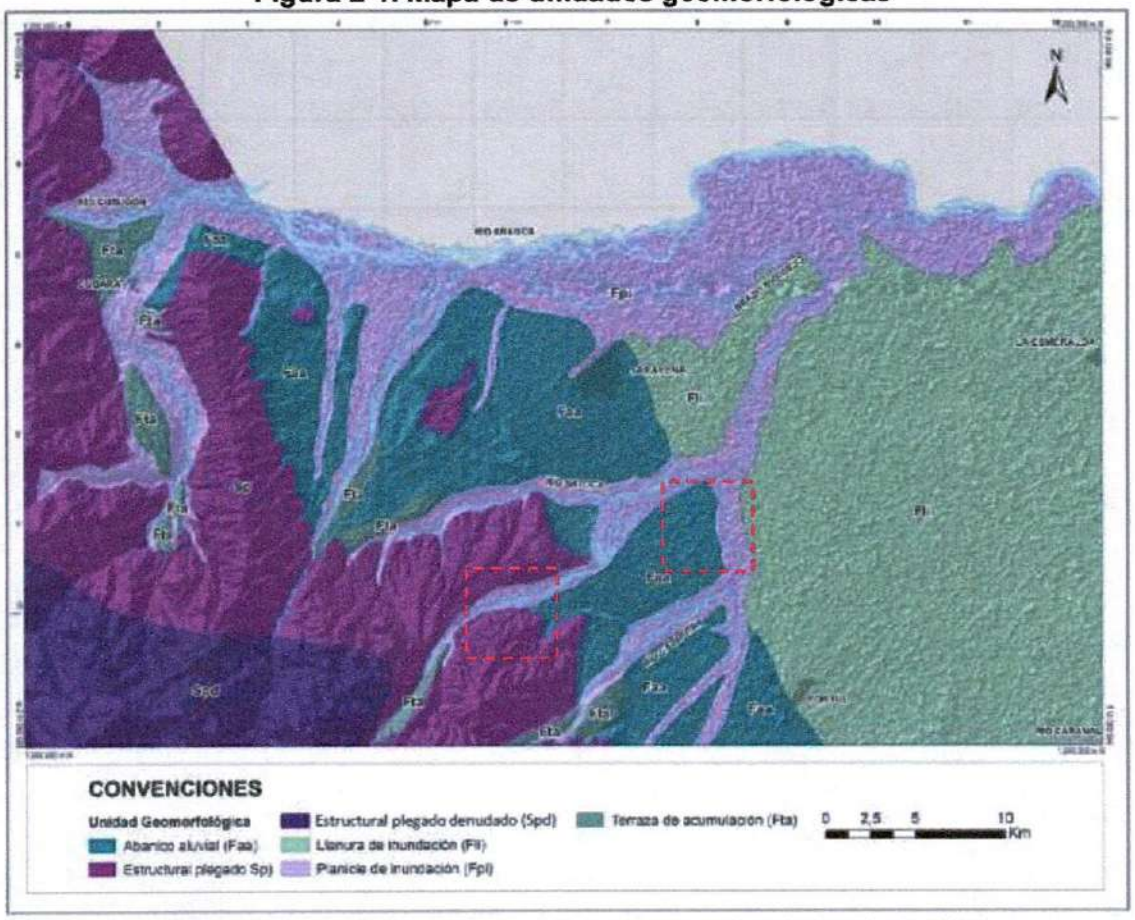
2.1 ASPECTOS FÍSICOS

El Municipio de Saravena se encuentra localizado al noroccidente del espacio geográfico de la Orinoquia Colombiana y representa uno de los paisajes más complejos en términos de su biodiversidad, de su conformación fisiográfica, de sus procesos culturales y de su dinámica de poblamiento.

2.1.1 Geomorfología

Las zonas de estudio se encuentran en los cuadrantes F-8 y G-6 de la Plancha 123 – Saravena de la Cartografía Geológica del Servicio Geológico Colombiano.

Figura 2-1. Mapa de unidades geomorfológicas



Fuente: Plancha 123 – Saravena. Servicio Geológico Colombiano. 2013

Se distinguen cuatro unidades geomorfológicas dentro de la zona de estudio de origen fluvial y una de origen estructural.

Llanura de inundación (Fli): Esta unidad se localiza hacia el Este del área de la plancha se caracteriza por ser una zona plana, con un contraste de relieve muy bajo, se diferencia de la planicie de inundación en que en esta unidad no se da actualmente la deposición de material transportado por los ríos que recorren la plancha, aunque puede estar sometida a inundaciones en épocas de alta pluviosidad.

Planicie de inundación (Fpi): Corresponde al área que han ganado los drenajes actuales y que se ubica a ambos lados de los mismos. Esta puede extenderse según el nivel del agua y en ella se acumula el material transportado por los ríos que recorren la plancha. Las planicies más importantes en la zona son las asociadas al río Arauca y sus afluentes y se extienden en un área aproximada de 380 km^2.

Abanico aluvial (Faa): El origen de esta geoforma está ligado a la orogenia Andina durante la cual las corrientes provenientes de valles estrechos en las montañas pasaron a una zona plana donde depositaron el material que transportaban. Los abanicos tienen relieve plano con laderas levemente inclinadas en la dirección de la corriente, estas son extremadamente largas y rectas, de forma plana. Ocasionalmente son cortadas por drenajes subparalelos muy largos y de baja densidad.

Terraza de acumulación (Fta): La actividad más reciente de los principales drenajes del área ha generado terrazas a lo largo de los principales cauces. Estas geoformas presentan relieve plano a levemente ondulado y pueden ocurrir a diferentes alturas permitiendo deducir los periodos de ascenso y descenso de los cauces. En la plancha ocupan un área inferior a los 90 km2.

Estructural plegado (Sp): La zona centro-occidental de la plancha muestra zonas alineadas en dirección N-NE a NNW asociadas a rocas sedimentarias plegadas de las formaciones Diablo, Caja y La Corneta. La alineación de estas unidades corresponde con la estratificación que es el resultado de los esfuerzos que han actuado en ésta región.

2.1.2 Fisiografía

El relieve del departamento de Arauca, está constituido por tres conjuntos morfológicos: la cordillera oriental, el piedemonte y la llanura aluvial. La Cordillera Oriental en el Occidente, representa aproximadamente la quinta parte de la superficie departamental y comprende elevaciones desde los 500 m, en límites con el piedemonte, hasta los 5380 m, en la Sierra Nevada del Cocuy; se caracteriza por las altas montañas, páramos cubiertos por pajonales

y frailejones, pendientes abruptas, fuertemente disectadas y vertientes bajas con bosques subandinos.

La formación orográfica más destacada es la Sierra Nevada del Cocuy, la cual tiene entre sus accidentes más notables los cerros de la Plaza, La Piedra, El Diamante, Los Altos, Nievecitas y Los osos y las cuchillas Altamira y el Salitre.

El área del piedemonte está conformada por conos, abanicos aluviales y terrazas de relieve plano a inclinado, cubierta de vegetación de sabana y bosque ecuatorial; por último, la llanura aluvial que se extiende desde el piedemonte hasta los límites con Venezuela; el modelado es de terrazas y llanuras aluviales de desborde cubierta por vegetación de sabana inundable y por bosque de galería en las vegas de los ríos y caños del Sarare.

2.1.3 Estratigrafía.

En los cuadrantes F-8 Y G-6 (zonas de estudio) afloran depósitos cuaternarios con morfología completamente planas, donde se distinguen los depósitos de abanicos aluviales inferiores (Q_1abi), al igual que dos formaciones; formación caja (N1c) y formación corneta (Q1co).

Depósitos de abanicos aluviales inferiores (Q_1abi): La parte proximal de los abanicos aluviales inferiores presentan gravas de tamaño variable desde gránulo hasta cantos rodados, con predominio de tamaño guija a canto; con pendientes moderadas en los taludes hacia los caños y ríos, debido a la incisión por la erosión, en ocasiones con bloques en superficie hasta de 1 m de diámetro, de areniscas cuarzosas, lodolitas y arcillolitas. La parte distal del abanico presenta disminución en el tamaño de los clastos, con aumento del contenido de arena y limo y esporádicas gravas tamaño guija.

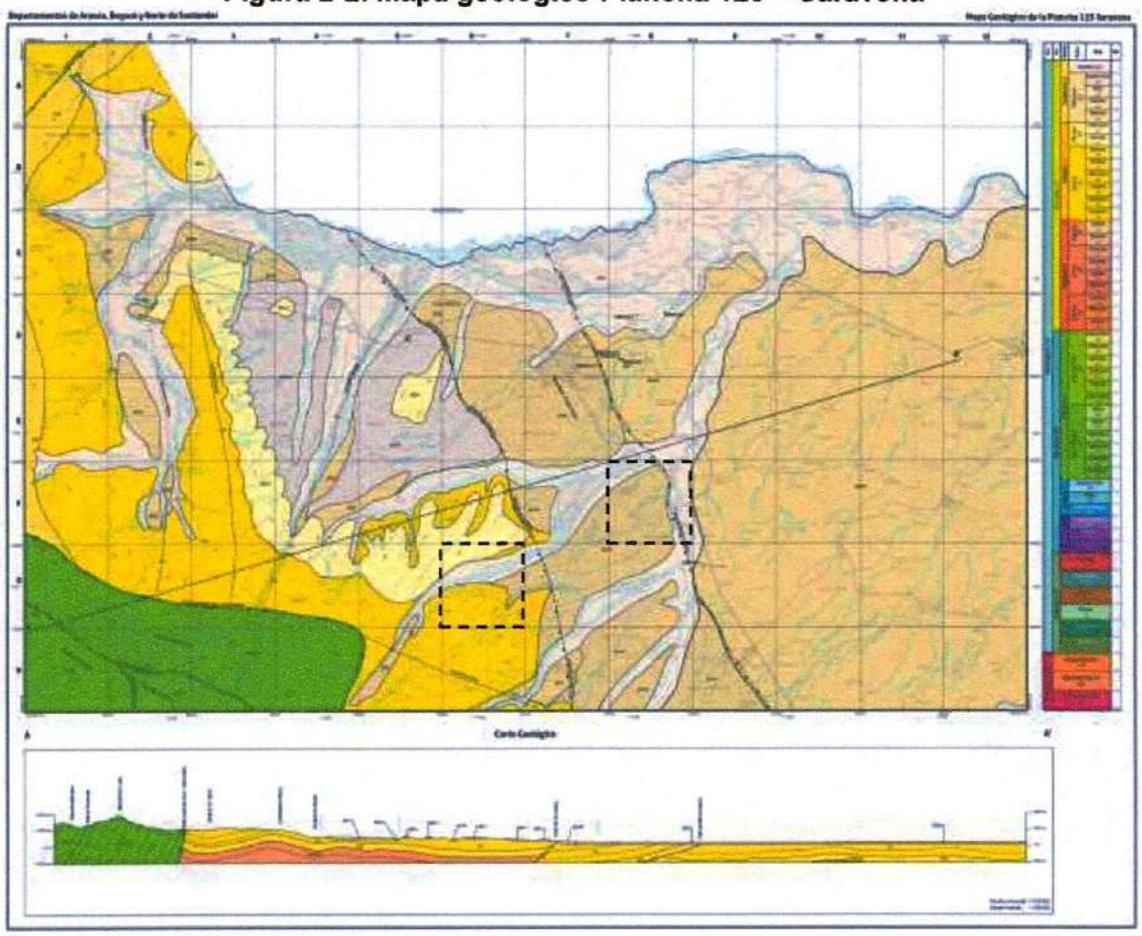
Formación caja (N1c): Las características litológicas de la Formación Caja se basan en cortes geológicos en la vereda Bongota, (C1 y D1) y por afloramientos aislados en otras zonas, es así como se diferencian dos segmentos.

El segmento A de 500 m de espesor, compuesto esencialmente por limolitas y lodolitas con ocasionales intercalaciones de conjuntos de areniscas de cuarzo de 5 a 8 m de espesor, con lentejones de conglomerados con guijos de cuarzo.

El segmento B presenta una morfología costillar de crestas y valles, en donde las crestas están constituidas por areniscas, areniscas conglomeráticas con clastos de areniscas de cuarzo y chert, en capas gruesas a muy gruesas, y en menor proporción capas delgadas, con geometría plano paralela, plano no paralela, cuneiformes y en algunas de estas se observaron secuencias granodecrecientes.

Los valles están conformados por lodolitas arenosas, areniscas lodosas, lodolitas conglomeráticas, en capas delgadas a medias, con geometría plano paralela, cuneiformes. El espesor de este segmento es de 800 m.

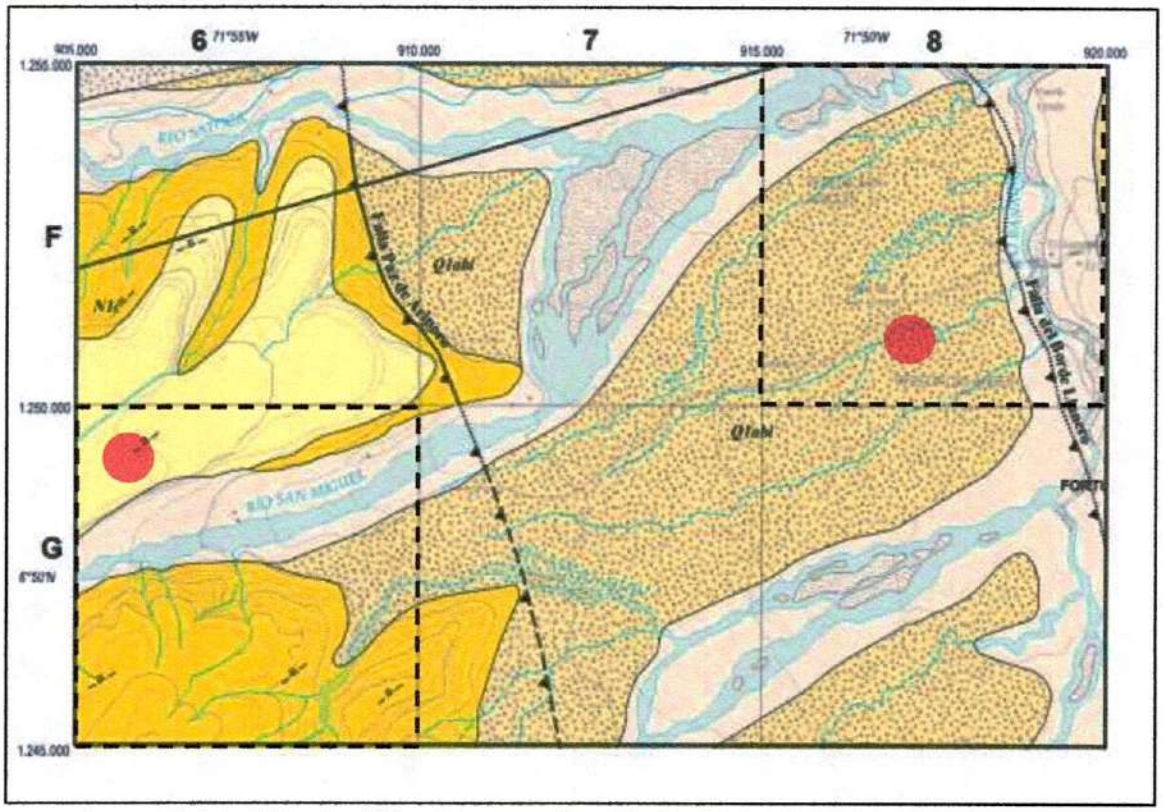
Figura 2-2. Mapa geológico Plancha 123 – Saravena



Fuente: Plancha 123 – Saravena. Servicio Geológico Colombiano. 2013

Formación la corneta (Q1co): La descripción de la formación está basada en el corte geológico efectuado en el flanco oriental del Anticlinal Cubará (C3) y por observaciones de campo. Se le calcula un espesor de 100 m y está compuesta por gravas con clastos entre 2 y 30 cm, de areniscas cuarzosas, lodolitas y arcillolitas, subredondeados y subesféricos a subelongados, embebidos en una matriz arena cuarzosa no litificada, de color naranja amarillento oscuro, dado por el contenido de óxidos de hierro, con tamaño de grano desde arena fina hasta gravas. Intercalados con capas de arena media, de composición cuarzosa, con granos subredondeados a subangulares y subesféricos.

Figura 2-3. Mapa geológico de las zonas de estudio



Fuente: Plancha 123 – Saravena. Servicio Geológico Colombiano. 2013

2.2 RECONOCIMIENTO DE CAMPO

El área del proyecto presenta una geomorfología plana, sin terrazas o desniveles que indiquen la presencia de taludes o zonas de posible inestabilidad. Igualmente, no se identificaron afloramiento de agua en el cuerpo del lote, no se evidencio procesos de erosión en los materiales superficiales.

2.3 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

2.3.1 Clima

La temperatura promedio es de 25.5 grados centígrados; la precipitación pluvial es de 2890 mm al año y la humedad relativa es del 83%. El territorio del municipio cuenta con altitudes que van desde los 190 y 2600 m.s.n.m. Según el IDEAM la Humedad Relativa en Saravena es de 84% en promedio; el mayor porcentaje se da en el mes de junio con un 88% y el menor porcentaje se presenta en los tres primeros meses del año con un 80%. Estos

porcentajes demuestran que en el municipio la humedad relativa es alta, si se tiene en cuenta que para el ser humano el rango de aceptación esté entre 50% y 70%.

2.3.2 Vegetación

Hasta los años 70 el municipio poseía diferentes variedades de árboles y plantas, pero a causa del proceso colonizador esta riqueza se ve menguada, aumentó considerablemente la tala indiscriminada y la explotación desmedida por parte de ambiciosos madereros. Sin embrago, todavía se pueden considerar en el inventario forestal árboles como: Flor amarillo, oloroso, pardillo, Ceiba, Tolúa, comino, balso y otras plantas no maderables como la guadua, cañabrava, palma real, yarumo, palma seje, palma sarare y guamo FAUNA: Al igual que la flora era muy abundante antes de la colonización, sin embargo se conservan algunas especies salvajes y otras relativamente domesticables como el chigüiro, el cerdo de monte o chacharo, tigrillo, lapas, picures, venados, armadillos, osos, zorros y micos además de serpientes y peces, entre las aves podemos destacar, garzas, guacamayas, pericos, guacharacas, tucanes, loros y pavas.

2.3.3 Hidrografía

Por influencia de la cordillera oriental se determina la distribución de las aguas corriendo en sentido sur / noreste, hacia la cuenca del río Arauca y a su vez, a la cuenca del Orinoco. En la cordillera, el recorrido es perpendicular al plegamiento hasta el cambio de cauce y en la parte plana, disperso hacia el Orinoco. El municipio presenta alta oferta hídrica debido al régimen mono modal que le permite contar con lluvias durante la mayor parte del año. Esta distribución temporal es complementada con la distribución espacial casi total en el área de jurisdicción. Además, en el suelo y subsuelo, a poca profundidad, se puede encontrar agua de buena calidad para diversas actividades.

La complejidad de la dinámica hídrica en el Municipio de Saravena no ha sido suficientemente estudiada y por ello se presentan diferentes situaciones de afectación a la producción, a viviendas ubicadas en zonas de riesgo, a infraestructuras como puentes, vías, tendidos eléctricos, etc.

2.4 EDIFICACIONES E INFRAESTRUCTURAS VECINAS

En el área del proyecto se encuentran varias construcciones porticadas de un solo nivel, correspondientes a aulas de clases.
En una inspección breve de las estructuras existentes, se evidenció que no había grietas, fisuras o algún otro tipo de daño asociados al comportamiento del suelo de fundación. Esto es un indicativo bueno del comportamiento del suelo ante la presencia de cargas externas y su capacidad de soporte.

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 proyecto "MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA". comprendieron:

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

Sondeos manuales

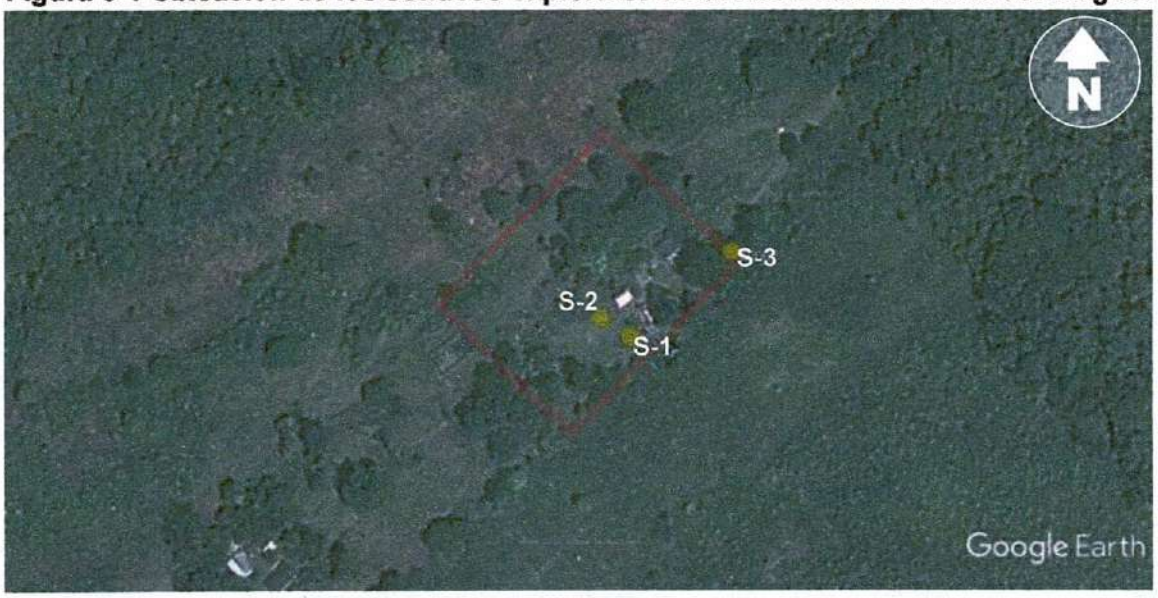
Se realizaron tres (3) sondeos con equipo de perforación manual a percusión en el sector de construcción de cada una de los centros educativas, realizando una exploración total de seis (06) sondeos con el objetivo de recuperar muestras alteradas directamente de la excavación. La cantidad de perforaciones y su profundidad se basa en criterios mínimos definidos en el numeral H.3 del Título H de la NSR-10 para unidades de construcción de categoría baja (construcciones de hasta tres niveles).

En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan las profundidades de las perforaciones finalmente ejecutadas y su ubicación geográfica. En las figura 3-1 y 3-2, se muestran la ubicación de las perforaciones ejecutadas.

Cuadro 3-1. Localización y profundidad de los sondeos

Sondeo	Sector	Latitud	Longitud	Profundidad
S -01	Alto San Miguel	6°50'18.47"N	71°56'3.85"O	6.00 m
S -02	Alto San Miguel	6°50'18.70"N	71°56'4.20"O	6.00 m
S -03	Alto San Miguel	6°50'19.50"N	71°56'2.60"O	6.00 m
S -04	Calafitas	6°51'48.05"N	71°49'28.56"O	6.00 m
S -05	Calafitas	6°51'49.51"N	71°49'28.33"O	6.00 m
S -06	Calafitas	6°51'49.66"N	71°49'28.86"O	6.00 m

Figura 3-1 Ubicación de los sondeos exploratorios centro educativo Alto San Miguel



Fuente: Google Earth Pro. Fecha de imagen: 13/05/2026

Figura 3-2 Ubicación de los sondeos exploratorios centro educativo Calafitas

Fuente: Google Earth Pro. Fecha de imagen: 13/05/2026

De los sondeos se recuperaron muestras de suelo alteradas para ensayos de clasificación, y pesos unitarios.

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)
- 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.
- Peso unitario.

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 3-2.

Cuadro 3-2 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
Peso unitario	12	-
Ensayos de Campo		
Penetración estándar (SPT)	27	INV E-111-13

Para mayor información de los procedimientos de ensayos, por favor remitirse a las normas INVIAS respectivas dadas en el Cuadro 3-3.

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

Se identificaron por medio de la campaña de exploración geotécnica principalmente los materiales o grupos de materiales que se describen a continuación. La caracterización de los suelos se realizó considerando los resultados de los ensayos presentados en el Cuadro 4-1 y 4-2.

Cuadro 4-1. Resumen de resultados de laboratorio Alto San Miguel

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 - 0.60	1.888	2.659	0.00	**69.46**	30.54	-	-	-	-	-	-	8.39	SM	A-2-4	0
	2	0.60 - 6.00	2.098	2.654	59.44	**26.39**	14.17	-	-	-	-	-	-	6.98	GM	A-1-a	0
S-02	1	0.00 - 0.50	1.872	1.906	0.00	**65.46**	34.54	-	-	-	-	-	-	9.14	SM	A-2-4	0
	2	0.50 - 6.00	2.075	2.090	55.23	**38.72**	6.05	-	-	-	-	-	-	5.57	GP-GM	A-1-a	0
S-03	1	0.00 - 0.60	1.872	1.906	0.00	**65.51**	34.49	-	-	-	-	-	-	6.65	SM	A-2-4	0
	2	0.60 - 6.00	2.075	2.090	59.23	**26.95**	13.82	-	-	-	-	-	-	4.92	GM	A-1-a	0
Mínimo			1.872	1.906	0.00	26.39	6.05	-	-	-	-	-	-	4.92	-	-	-
Promedio			1.980	2.218	28.98	48.75	22.27	-	-	-	-	-	-	6.94	-	-	-
Máximo			2.098	2.659	59.44	69.46	34.54	-	-	-	-	-	-	9.14	-	-	-
Promedio sobrecapa			1.877	2.157	0.00	66.81	33.19	-	-	-	-	-	-	8.06	-	-	-
Promedio suelo de fundación			2.083	2.278	57.97	30.69	11.35	-	-	-	-	-	-	5.82	-	-	-

Fuente: Propia

En el sector de Alto San Miguel los suelos de la zona están compuestos por las formaciones Corneta (Q1co), estratificados de arenas limosas y gravas limosas con arena con presencia de cantos subredondeados de hasta 5 pulgadas. Los suelos materiales de naturaleza granular abundan en toda la profundidad explorada.

Cuadro 4-2. Resumen de resultados de laboratorio Calafitas.

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	1.720	2.654	0.00	**85.46**	14.54	-	-	-	-	-	-	6.54	SM	A-2-4	0
	2	1.80 - 6.00	1.799	2.653	0.00	**90.52**	9.48	-	-	-	-	-	-	9.06	SP-SM	A-3	0
S-02	1	0.00 - 1.60	1.734	1.906	0.00	**82.19**	17.81	-	-	-	-	-	-	7.38	SM	A-2-4	0
	2	1.60 - 6.00	1.816	2.090	0.00	**89.79**	10.21	-	-	-	-	-	-	11.16	SP-SM	A-3	0
S-03	1	0.00 - 1.70	1.709	1.906	0.00	**85.25**	14.75	-	-	-	-	-	-	9.58	SM	A-2-4	0
	2	1.70 - 6.00	1.767	2.090	0.00	**88.22**	11.78	-	-	-	-	-	-	14.72	SP-SM	A-2-4	0
Minimo			1.709	1.906	0.00	82.19	9.48	-	-	-	-	-	-	6.54	-	-	-
Promedio			1.758	2.326	0.00	86.91	13.10	-	-	-	-	-	-	9.74	-	-	-
Máximo			1.816	2.654	0.00	90.52	17.81	-	-	-	-	-	-	14.72	-	-	-
Promedio sobrecapa			1.721	2.155	0.00	84.30	15.70	-	-	-	-	-	-	7.83	-	-	-
Promedio suelo de fundación			1.794	2.278	0.00	89.51	10.49	-	-	-	-	-	-	11.65	-	-	-

Fuente: Propia

En el sector de Cañafitas los suelos de la zona están compuestos por depósitos de abanicos aluviales inferiores (Q_1abi), estratificados de arenas limosas y arenas mal graduadas con limo. Los suelos materiales de naturaleza granular abundan en toda la profundidad explorada.

4.2 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.

4.2.1 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.

Uso de puntaza:

En ocasiones, si se trata de un suelo granular grueso, para no dañar el bisel de la puntaza abierta o zapata de hinca, suele substituirse por una puntaza ciega.

Por ultimo en *Jiménez Salas et al.* (1975) se recomienda el uso de un factor de corrección de 1.3 si el ensayo se realiza con puntaza ciega, ya que el ensayo normalizado es el realizado con puntaza abierta:
N(puntaza) = 1,3N(cuchara)

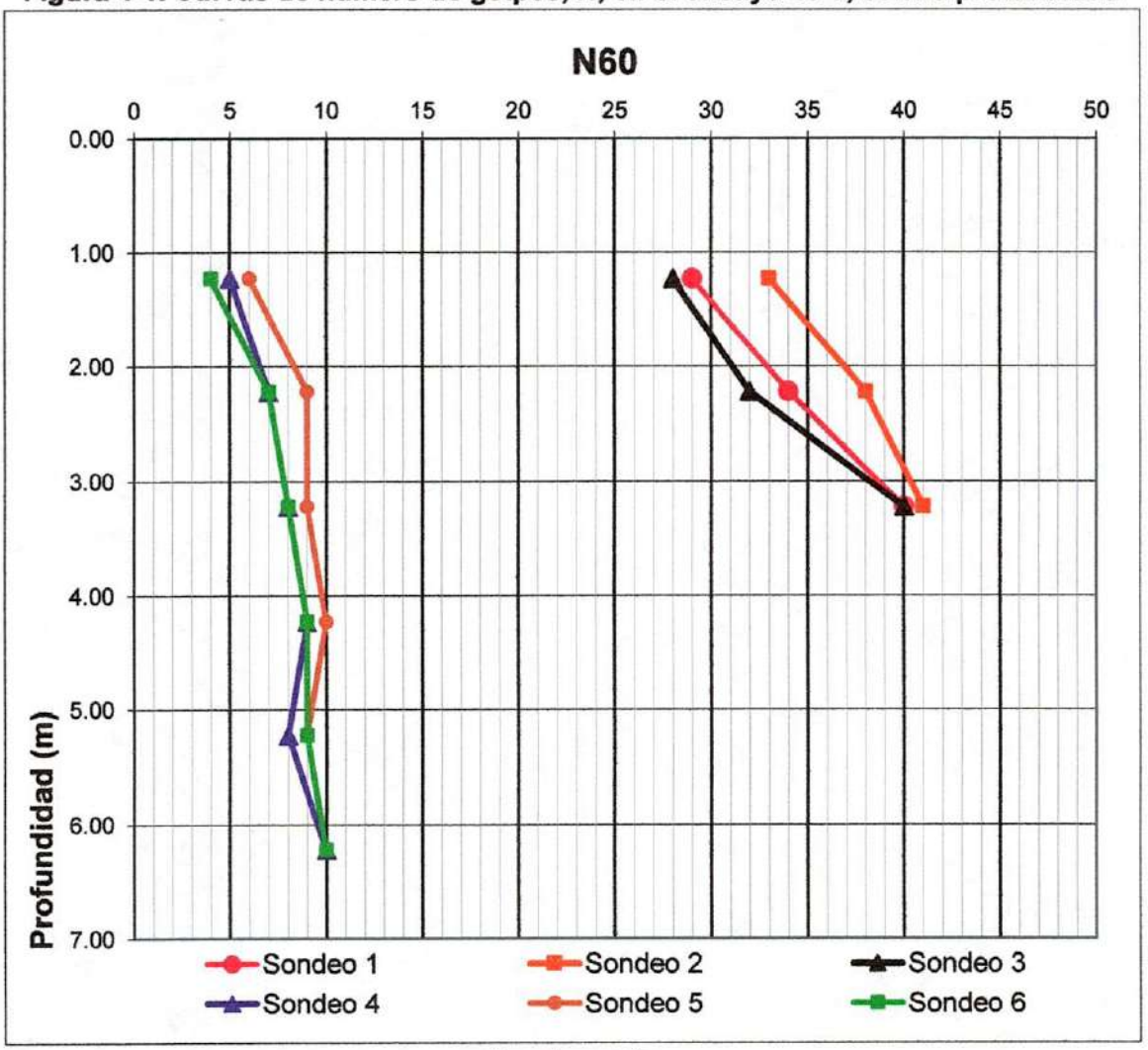
O lo que es lo mismo:

N(cuchara) = (1/1,3) N(puntaza)

En la Figura 4-1 se muestran los perfiles encontrados para el número de golpes, N, en el ensayo normal de penetración, SPT, para cada uno de los sondeos realizados. Se aprecia

un aumento para los valores del número de golpes encontrados en cada sondeo a medida que aumenta la profundidad.

Figura 4-1. Curvas de número de golpes, N, en el ensayo SPT, contra profundidad



Fuente: 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 4-2 se muestran los criterios de clasificación según el número de golpes por pie del ensayo de penetración estándar (N_{SPT}).

Cuadro 4-2. 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 4-3 se presenta el resumen del número de golpes/pie para cada depósito de suelo encontrado en los sondeos.

Cuadro 4-3. Número de golpes/pie N_{CAMPO}

Sondeo	Muestra	Profundidad Inicial (m.)	Profundidad Final (m.)	Profundidad Media (m.)	golpes/pie con puntaza			golpes/pie cuchara = puntaza/1.3			N_{CAMPO}
					1	2	3	1	2	3	
S-01	1	1.00	1.45	1.23	13	17	21	10	13	16	29
	2	2.00	2.45	2.23	17	20	25	13	15	19	34
	3	3.00	3.45	3.23	20	24	28	15	18	22	40
S-02	1	1.00	1.45	1.23	14	19	24	11	15	18	33
	2	2.00	2.45	2.23	17	22	27	13	17	21	38
	3	3.00	3.45	3.23	21	25	29	16	19	22	41
S-03	1	1.00	1.45	1.23	12	15	21	9	12	16	28
	2	2.00	2.45	2.23	15	18	24	12	14	18	32
	3	3.00	3.45	3.23	19	23	28	15	18	22	40
S-04	1	1.00	1.45	1.23				2	2	3	5
	2	2.00	2.45	2.23				2	3	4	7
	3	3.00	3.45	3.23				3	4	4	8
	4	4.00	4.45	4.23				4	4	5	9
	5	5.00	5.45	5.23				4	4	4	8
	6	6.00	6.45	6.23				5	5	5	10
S-05	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				3	4	5	9
	4	4.00	4.45	4.23				4	5	5	10
	5	5.00	5.45	5.23				4	4	5	9
	6	6.00	6.45	6.23				4	5	5	10
S-06	1	1.00	1.45	1.23				2	2	2	4
	2	2.00	2.45	2.23				3	3	4	7
	3	3.00	3.45	3.23				3	4	4	8
	4	4.00	4.45	4.23				3	4	5	9
	5	5.00	5.45	5.23				4	4	5	9
	6	6.00	6.45	6.23				4	5	5	10

Cuadro 4-4. Número de golpes/pie promedio N_{60}

Sondeo	Prof. [m]	N_{60}[-]
S-01	1.00 – 6.00	34
S-02	1.00 – 6.00	37
S-03	1.00 – 6.00	33
S-04	1.00 – 6.00	8
S-05	1.00 – 6.00	9
S-06	1.00 – 6.00	8

Según los resultados de los ensayos de SPT para el perfil de diseño en el sector de Alto San Miguel, las gravas arenosas encontradas hasta una profundidad de 6.00 m son de densidad relativa **MEDIA** a **DENSA** (sondeos S-1, S-2, S-3). Para el sector de Calafitas el perfil de diseño corresponde a arenas limosas mal graduadas hasta una profundidad de 6.00 m son de densidad relativa **SUELTA** (sondeos S-4, S-5, S-6).

4.3 ESTRATIGRAFÍA DE DISEÑO

Sector Alto San Miguel:

El suelo superficial está constituido por material grueso del tipo arena limosa de granulometría fina a media (**SM**) de color amarillo de densidad relativa media.

Seguido de estos suelos se encuentran mezclas de grava mal graduada con arena con bloques (**GM**) de color amarillo con presencia de cantos rodados de hasta 4 pulgadas, que se extienden hasta los 6.00 m (máxima profundidad explorada). Este estrato presenta una compacidad media, densidad media y en estado de humedad seca.

Sector Calafitas:

El suelo superficial está constituido por material grueso del tipo arena limosa de granulometría fina a media (**SM**) de color amarillo de densidad relativa suelta.

Seguido de estos suelos se encuentran mezclas de arenas mal graduadas con limo (**GM - SP**) de color amarillo, que se extienden hasta los 6.00 m (máxima profundidad explorada). Este estrato presenta una compacidad suelta, densidad suelta y en estado de humedad seca.

En el Cuadro 4-5 se presenta la estratigrafía completa del subsuelo del área de estudio. Se observa que se mantiene la misma distribución de material, por lo tanto, se concluye que

se trata de un solo perfil de suelo presente en las áreas del proyecto o un perfil geotécnico de diseño único.

Cuadro 4-5 Estratigrafía general registrada con los sondeos

Ubicación	Sondeo	Arena limosa	Gravas con arena, limo y bloques
Alto San Miguel	S-1	0.00 m - 0.60 m	0.60 m - 6.00 m
	S-2	0.00 m - 0.50 m	0.50 m - 6.00 m
	S-3	0.00 m - 0.60 m	0.60 m - 6.00 m
Calafitas	S-4	0.00 m – 6.00 m	
	S-5	0.00 m – 6.00 m	
	S-6	0.00 m – 6.00 m	

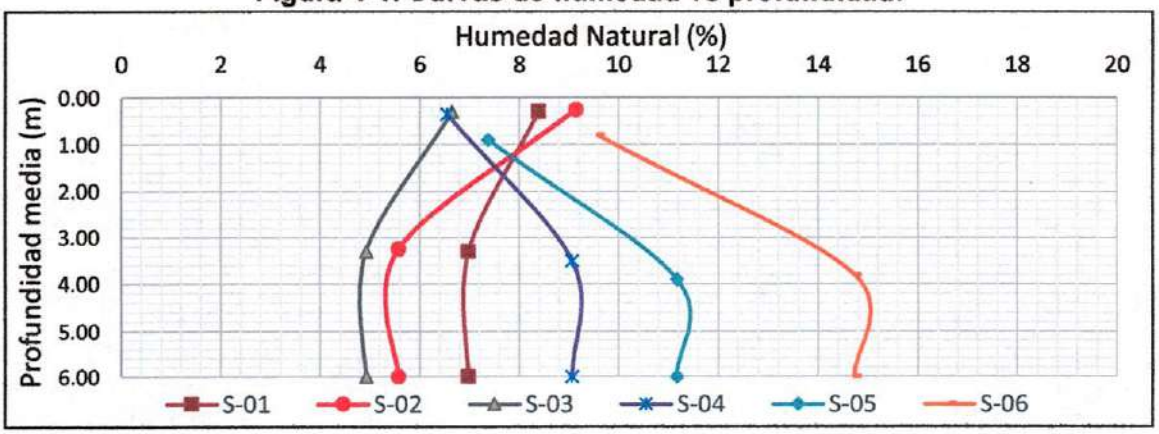
4.4 POTENCIAL DE EXPANSIÓN

Los suelos encontrados en los apiques exploratorios corresponden a arenas limosas, arenas mal graduadas y mezcla de grava, arena, pocos finos y bloques, luego de realizado los ensayos de límites a la porción fina se determinó que no poseían características plásticas y por ende corresponden a suelos no expansivos.

4.5 NIVEL FREÁTICO

El nivel freático no se evidenció hasta la profundidad explorada (6.00 m) en ninguno de los sectores estudiados. La humedad de promedio de los suelos encontrados en alto san miguel fue de 6.94%, fluctuando entre 4.92% y 9.14%, para el sector de la vereda Citaca la humedad fue de 9.74%, fluctuando entre 6.54% y 14.72%, siendo el estrato superficial el más húmedo.

Figura 4-1. Curvas de humedad vs profundidad.



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. En el estrato de grava limosa se empleó una puntaza para lo cual el valor de N de la cuchara fue corregido, N(cuchara) = (1/1,3)N(puntaza).

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 piezómetrico

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 ≤ 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 materiales

Cuadro 5-1 Parámetros de resistencia estrato portante Alto San Miguel

La determinación de los párametros de resistencia, se basa en las siguientes expresiones matemáticas:

$$\sigma = \sum_{i=0}^{n} \gamma_i Z_i$$

σ = Esfuerzo vertical normal
γ_i = Peso unitario en el nivel i
Z_i = Profundidad del nivel i
Ncor = Número de golpes corregido
N = Número de golpes en campo
Cn = Factor de correción

$$\mu = \gamma_W * Z_W$$

μ = Presión del agua intersticial
γ_W = Peso unitario del agua
Z_w = Profundidad
ϕ_{eq} = ángulo de resistencia al corte
Ncor = Número de golpes corregido

$$\sigma' = \sigma - \mu$$

σ' = Esfuerzo vertical efectivo
σ = Esfuerzo vertical normal
μ = Presión del agua intersticial
σ = Esfuerzo cortante
ϕ_{eq} = ángulo de resistencia al corte
σ' = Esfuerzo vertical efectivo

$$RS = \frac{\sigma'}{Pa}$$

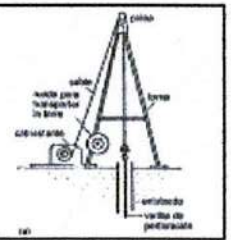
RS = Parámetro adimensional
σ' = Esfuerzo vertical efectivo
Pa = Presión atmosférica
Cn = Factor de correción
K = Constante del modelo
RS = Parámetro adimensional

$$Ncor = N * Cn$$

$$\phi_{eq}' = 15 + (12.5Ncor)^{0.5}$$

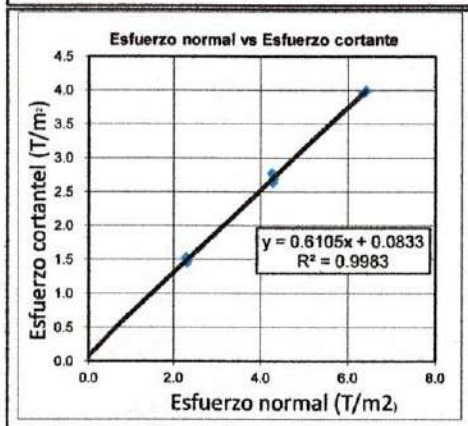
$$\tau = \tan\left(\phi_{eq}'\right)\sigma'$$

$$Cn = 1 - KLogRS$$



Altura sobre nivel del mar:	437	m
Presión atmosférica :	9.85	T/m²

PARÁMETROS DE RESISTENCIA



PARÁMETROS DE RESISTENCIA

Pendiente	m = 0.6105		
Ángulo de resistencia al corte	ϕ =	0.55	rad
	ϕ =	31.4	°
Cohesión	**C =**	**0.08**	kg/cm²

Sondeo	Muestra	SPT N1	SPT N2	SPT N3	SPT N	Prof. m	Nivel piezométrico m	σ T/m²	μ T/m²	σ' T/m²	SPTcorregido RS	SPTcorregido Cn	SPTcorregido Ncor	$\phi_{eq.}$	σ' T/m²	τ T/m²
1	1	10	13	16	29	1.23		2.31	0.00	2.31	0.23	1.89	25	32.68	2.31	1.48
1	2	13	15	19	34	2.23		4.31	0.00	4.31	0.44	1.51	23	31.96	4.31	2.69
1	3	15	18	22	40	3.23		6.40	0.00	6.40	0.65	1.26	23	31.96	6.40	3.99
2	1	11	15	18	33	1.23		2.29	0.00	2.29	0.23	1.89	28	33.71	2.29	1.53
2	2	13	17	21	38	2.23		4.27	0.00	4.27	0.43	1.51	26	33.03	4.27	2.77
2	3	16	19	22	41	3.23		6.34	0.00	6.34	0.64	1.27	23	31.96	6.34	3.96
3	1	9	12	16	28	1.23		2.30	0.00	2.30	0.23	1.89	24	32.32	2.30	1.46
3	2	12	14	18	32	2.23		4.29	0.00	4.29	0.44	1.51	22	31.58	4.29	2.64
3	3	15	18	22	40	3.23		6.38	0.00	6.38	0.65	1.27	23	31.96	6.38	3.98

Cuadro 5-1 Parámetros de resistencia estrato portante Calafitas

La determinación de los párametros de resistencia, se basa en las siguientes expresiones matemáticas:

$$\sigma = \sum_{i=0}^{n} \gamma_i Z_i \qquad \mu = \gamma_W * Z_W \qquad \sigma' = \sigma - \mu \qquad RS = \frac{\sigma'}{Pa}$$

$$Ncor = N * Cn$$

$$\phi_{eq}' = 15 + (12.5Ncor)^{0.5}$$

$$\tau = \tan\left(\phi_{eq}'\right)\sigma'$$

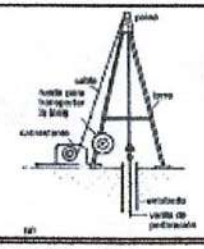
$$Cn = 1 - KLogRS$$

σ = Esfuerzo vertical normal
γ_i = Peso unitario en el nivel i
Z_i = Profundidad del nivel i
Ncor = Número de golpes corregido
N = Número de golpes en campo
Cn = Factor de correción

μ = Presión del agua intersticial
γ_W = Peso unitario del agua
Z_W = Profundidad
ϕ_{eq} = ángulo de resistencia al corte
Ncor = Número de golpes corregido

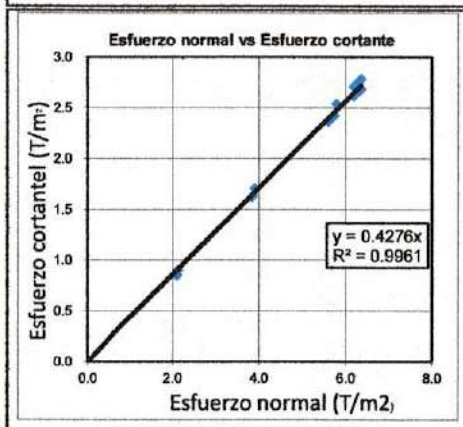
σ' = Esfuerzo vertical efectivo
σ = Esfuerzo vertical normal
μ = Presión del agua intersticial
σ = Esfuerzo cortante
ϕ_{eq} = ángulo de resistencia al corte
σ' = Esfuerzo vertical efectivo

RS = Parámetro adimensional
σ' = Esfuerzo vertical efectivo
Pa = Presión atmosférica
Cn = Factor de correción
K = Constante del modelo
RS = Parámetro adimensional



Altura sobre nivel del mar: 212 m
Presión atmosférica : 10.09 T/m²

PARÁMETROS DE RESISTENCIA



PARÁMETROS DE RESISTENCIA

Pendiente m = 0.4276

Ángulo de resistencia al corte: ϕ = 0.40 rad; ϕ = 23.2 °

Cohesión C = **0.00** kg/cm²

Sondeo	Muestra	SPT N1	SPT N2	SPT N3	SPT N	Prof. m	Nivel piezométrico m	σ T/m²	μ T/m²	σ' T/m²	SPTcorregido RS	SPTcorregido Cn	SPTcorregido Ncor	$\phi_{eq.}$	σ' T/m²	τ T/m²
1	1	2	2	3	5	1.23		2.11	0.00	2.11	0.21	1.96	4	22.07	2.11	0.85
1	2	2	3	4	7	2.23		3.87	0.00	3.87	0.38	1.59	5	22.91	3.87	1.63
1	3	3	4	4	8	3.23		5.67	0.00	5.67	0.56	1.35	5	22.91	5.67	2.39
1	4	4	4	5	9	4.23		5.74	0.00	5.74	0.57	1.35	5	22.91	5.74	2.43
1	5	4	4	4	8	5.23		6.30	0.00	6.30	0.62	1.29	5	22.91	6.30	2.66
1	6	5	5	5	10	6.23		6.30	0.00	6.30	0.62	1.29	6	23.66	6.30	2.76
2	1	2	3	3	6	1.23		2.12	0.00	2.12	0.21	1.95	5	22.91	2.12	0.90
2	2	3	4	5	9	2.23		3.90	0.00	3.90	0.39	1.58	6	23.66	3.90	1.71
2	3	3	4	5	9	3.23		5.72	0.00	5.72	0.57	1.35	5	22.91	5.72	2.41
2	4	4	5	5	10	4.23		5.80	0.00	5.80	0.57	1.34	6	23.66	5.80	2.54
2	5	4	4	5	9	5.23		6.36	0.00	6.36	0.63	1.28	5	22.91	6.36	2.69
2	6	4	5	5	10	6.23		6.36	0.00	6.36	0.63	1.28	6	23.66	6.36	2.78
3	1	2	2	2	4	1.23		2.09	0.00	2.09	0.21	1.96	4	22.07	2.09	0.85
3	2	3	3	4	7	2.23		3.83	0.00	3.83	0.38	1.59	5	22.91	3.83	1.62
3	3	3	4	4	8	3.23		5.60	0.00	5.60	0.55	1.36	5	22.91	5.60	2.37
3	4	3	4	5	9	4.23		5.66	0.00	5.66	0.56	1.35	5	22.91	5.66	2.39
3	5	4	4	5	9	5.23		6.18	0.00	6.18	0.61	1.30	5	22.91	6.18	2.61
3	6	4	5	5	10	6.23		6.18	0.00	6.18	0.61	1.30	6	23.66	6.18	2.71

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.

Perfil de diseño

En los Cuadro 5-2 y 5-3 resume los parámetros de diseño para los suelos explorados.

Cuadro 5-2 Parámetros de resistencia al corte drenado - Perfil de diseño

Ubicación	Estrato	Prof. [m]	Φ [°]	Cu (kg/cm²)
Alto San Miguel	Grava limosa con arena	1.00 – 6.00	31.4	0.00
Citaca	Arena mal graduada	1.00 - 6.00	23.2	0.00

5.2 COMPRESIBILIDAD

Debido a que el comportamiento mecánico del subsuelo del lugar está afectado principalmente por fricción interna, los asentamientos serán de tipo elástico y se calcularán por el método semi-empírico de Schmertman:

$$S_e = C_1 C_2 \, \Delta q \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{I_z}{E} \right)_i \Delta z_i$$

$$C_1 = 1 - 0.5 \left(\frac{\sigma'_{zo}}{\Delta q} \right) \geq 0.5$$

$$C_2 = 1 + 0.2 \log_{10}(10\,t)$$

$$I_{zp} = 0.5 + 0.1 \sqrt{\frac{\Delta q}{\sigma'_{zp}}}$$

Donde:

C1= factor de corrección por profundidad

$\sigma'zo$ = esfuerzo efectivo en el nivel de apoyo

Δq = esfuerzo neto de la cimentación, es igual a la presión sobre el cimiento (q) menos el esfuerzo efectivo en el nivel de apoyo; $\Delta q = q - \sigma'zo$

C2= factor de influencia para considerar efectos a largo plazo de tipo creep (fluencia lenta) o presencia de capas delgadas de suelos finos. Por lo general se toma como 1.0 en suelos granulares.

t =periodo de tiempo en años.

Δzi = espesor de la capa i en consideración

E = módulo de deformación promedio del suelo en la capa i.

Iz = factor de influencia para la capa i , tomado de la distribución de la figura 51.

Izp = valor máximo del valor de influencia Iz , a la profundidad mostrada en el figura 51.

$\sigma'zp$ = esfuerzo efectivo en la profundidad donde ocurre el valor máximo del factor de influencia Izp

z = profundidad relativa bajo el nivel del apoyo.

5.3 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 5-4.

Cuadro 5-4 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	Arcilla de alta plasticidad $E = 300*S_u$ Arcilla de baja plasticidad $E = 1000*S_u$ (S_u es la resistencia al corte no drenado)	Bowles, 1996

En el Cuadro 5-5 se presentan los valores de rigidez obtenidos para los materiales presentes en la zona.

Cuadro 5-5 Módulo de Young estimado para el perfil de diseño

Ubicación	Estrato	Material	$N60_{corregido}$	E [MPa]
Alto San Miguel	1.00 – 6.00	Grava limosa (**GM**)	24	20.00
Calafitas	1.60 – 6.00	Arena limosa (**SM**)	5	3.15

Los valores de módulo de elasticidad de los materiales del perfil de diseño para el sector de Alto San Miguel corresponden a la correlación para gravas, y para el sector de Calafitas corresponden a la correlación para arenas limosas.

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 6-1 Promedio de SPT a lo largo de las exploraciones.

Perfil	$\overline{N_{spt}}$
Perfil de diseño Alto San Miguel	24
Perfil de diseño Calafitas	5

Cuadro 6-2 Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C, D o E

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

Fuente: Tabla A.2.4-2 NSR-10

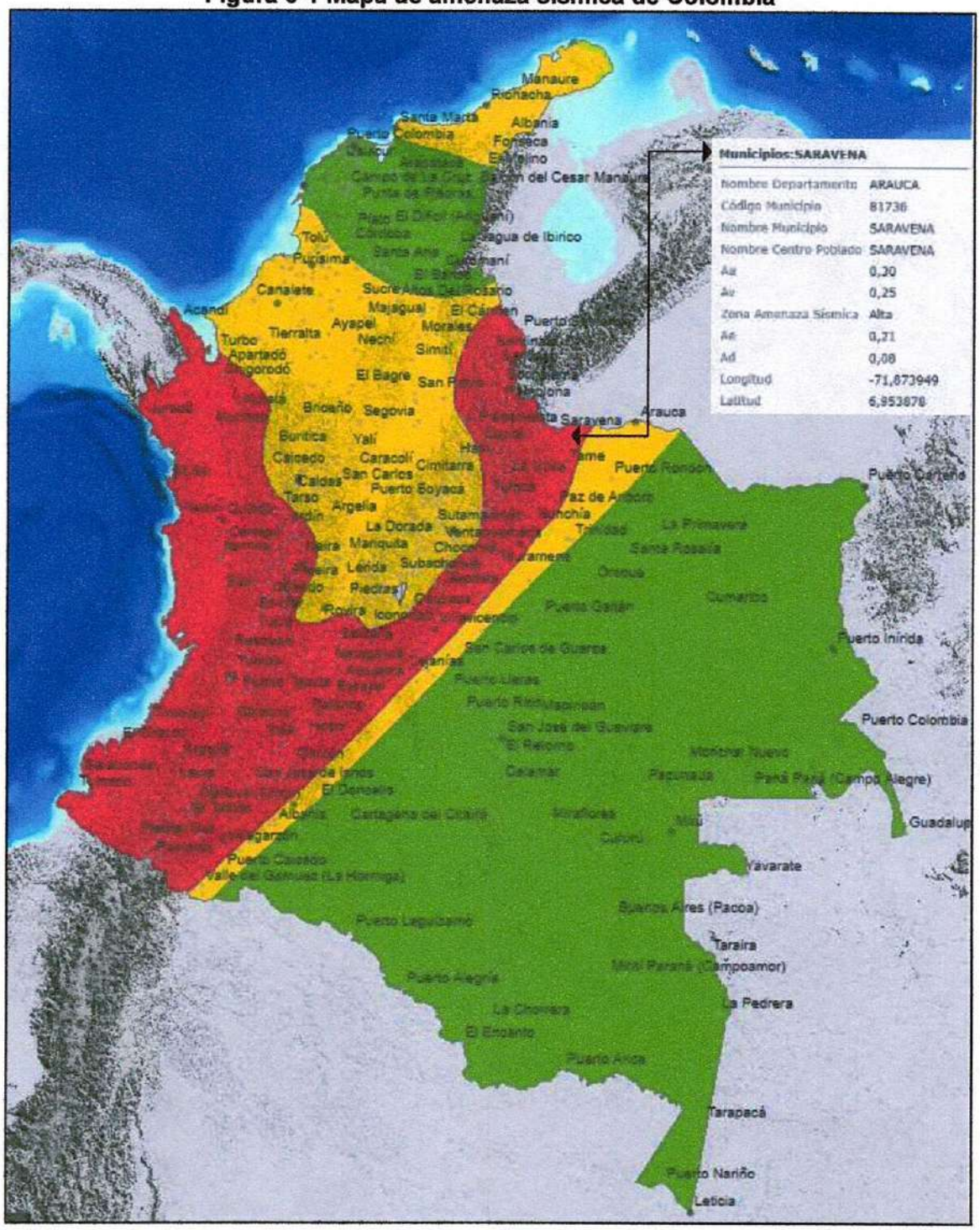
De acuerdo con las características predominantes de los perfiles, los suelos se sitúan en un **Tipo D** (15<N<50) para Alto San Miguel, en el sector de Calafitas los suelos se sitúan en un **Tipo E** (N<15).

Coeficiente de importancia: I = 1.25 (Edificaciones de atención a la comunidad) Grupo III.

6.2 CLASIFICACIÓN ZONA DE AMENAZA SÍSMICA

De acuerdo a la NSR (Normas Sismo Resistentes Colombianas 2010) título A, El municipio de Saravena – Arauca, pertenece a una zona de amenaza sísmica Alta, en la figura 6.1 se observa la ubicación del municipio de Saravena en el mapa de amenaza sísmica de Colombia.

Figura 6-1 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 (alta), se concluye que los parámetros símicos que caracterizan esta son:

Sector	San Miguel	Calafitas
Tipo de suelo	D	E
A_a	0.30	0.30
A_v	0.25	0.25
F_a	1.2	1.20
F_v	1.9	3.0
A_e	0.21	0.21
A_d	0.08	0.08

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

6.4 ANÁLISIS DE LICUACIÓN DE LOS SUELOS

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, se encontraron depósitos de gravas con arena y poco contenido de limos de compacidad media. A dichos depósitos se le realizó el análisis de licuación, cuyos resultados están resumidos en el Cuadro 6-3 y 6-4.

Cuadro 6-3. Análisis de licuación (Perfil de diseño). Alto San Miguel

SONDEO-PERFIL DE DISEÑO						
Estrato	Prof. media (m)	USCS	% Finos	Densidad Relativa	Nivel Freático	CONDICIÓN
1	0.45	SM	33.19	Media	-	No Licuable
2	3.60	GM-GP	11.35	Media	-	No Licuable

Cuadro 6-4. Análisis de licuación (Perfil de diseño). Citaca

SONDEO-PERFIL DE DISEÑO						
Estrato	Prof. media (m)	USCS	% Finos	Densidad Relativa	Nivel Freático	CONDICIÓN
1	0.90	SM	15.70	Suelta	-	No Licuable
2	3.60	SM -SP	10.49	Suelta	-	No Licuable

Considerando los resultados presentados en el cuadro anterior hasta la profundidad explorada y teniendo en cuenta que el nivel freático se encuentra por debajo de los 12 m, se concluye que los suelos NO son licuables, por lo tanto, no se esperan que ocurran deformaciones por licuación.

6.5 VERIFICACIÓN DE LA DISPERSIVIDAD DEL MATERIAL FINO

Para la verificación de la dispersividad del material fino que conforma los suelos de fundación se utilizó el criterio de Sherard et al. 1976, para el cual materiales cohesivos con IP mayor a 15% y con un límite líquido de entre 30 y 50% pueden corresponder a materiales de características dispersivas.

Al revisar los límites de consistencia del material que conforma el suelo de fundación se encontró (como se describió en la Sección 4.1) que estos son predominantemente de plasticidad nula, por lo tanto, es poco probable que el material presente características dispersivas. Por esta razón, para la fase de análisis y diseño no se considerará esta característica del material.

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

El 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 la estructura a construir para el sector de San Miguel se recomienda llevar las cargas a una profundidad mínima de 1.00 m, en el estrato de grava arenosa con limo y bloques. Para el sector de Calafitas y considerando que los suelos posees baja compacidad, se recomienda llevar las cargas a una profundidad mínima de 1.50 m.

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 3.00 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

<u>Ecuación general de capacidad portante para suelo con fricción y cohesión ($\phi \neq 0$, $c \neq 0$). MEYERHOF.</u>

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

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

Dónde:

c: cohesión del suelo
B: ancho de la cimentación
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 al corte no drenado obtenidos mediante correlaciones del ensayo de SPT, siendo estos resultados los más críticos, y considerando el máximo nivel freático esperado durante la vida útil de la estructura.

Cuadro 7-1. Capacidad portante admisible Alto San Miguel

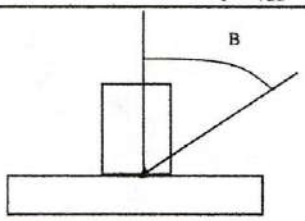
SUELO NATURAL

Propiedades del suelo

Ángulo de resistencia al corte	ϕ = 31.40 °			
	ϕ = 0.548 rad	N.F= 12.00 m		
Cohesión	C = 0.000 T/m²	ysat = 2.10 T/m³		
Peso unitario de la sobrecapa	γ_b = 1.877 T/m³	$\gamma\omega$ = 1.00 T/m³		
Peso unitaro del suelo de fundación	γ = 2.083 T/m³	γ' 1.10 T/m³		

Inclinación de cargas

B = 0 °
0 rad



Factores de Capacidad Portante	
Nc =	33.76276084
Nq =	21.60893663
N_γ =	27.60118726

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	$\sigma_{u\ (t/m2)}$	$\sigma_{a(t/m2)}$	$\sigma_{n(t/m2)}$	Qmax(T)
1.00	1.00	–	–	–		1.000	1.000	1.000	1.000	1.400	1.280	1.00	1.00	1.00	1.00	1.8770	1.8770	77.82	75.95	25.32	25.32
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.640	1.610	0.600	1.000	1.400	1.280	1.00	1.00	1.00	1.00	1.8770	2.0830	100.86	98.98	32.99	32.99
	1.00	0.75	1.34	0.75	1.34	1.478	1.456	0.701	1.000	1.400	1.280	1.00	1.00	1.00	1.00	1.8770	2.0830	95.74	93.86	31.29	41.92
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.320	1.305	0.800	1.000	1.400	1.280	1.00	1.00	1.00	1.00	1.8770	2.0830	90.76	88.89	29.63	59.26
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.160	1.153	0.900	1.000	1.400	1.280	1.00	1.00	1.00	1.00	1.8770	2.0830	85.72	83.84	27.95	111.78
1.50	1.00	–	–	–	–	1.000	1.000	1.000	1.500	1.393	1.275	1.00	1.00	1.00	1.00	2.8155	2.0830	106.33	103.52	34.51	34.51
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.640	1.610	0.600	1.500	1.393	1.275	1.00	1.00	1.00	1.00	2.8155	2.0830	142.20	139.38	46.46	46.46
	1.00	0.75	1.34	0.75	1.34	1.478	1.456	0.701	1.500	1.393	1.275	1.00	1.00	1.00	1.00	2.8155	2.0830	133.10	130.28	43.43	58.19
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.320	1.305	0.800	1.500	1.393	1.275	1.00	1.00	1.00	1.00	2.8155	2.0830	124.26	121.45	40.48	80.97
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.160	1.153	0.900	1.500	1.393	1.275	1.00	1.00	1.00	1.00	2.8155	2.0830	115.30	112.48	37.49	149.98
2.00	1.00	–	–	–	–	1.000	1.000	1.000	2.000	1.443	1.310	1.00	1.00	1.00	1.00	3.7540	2.0830	135.02	131.27	43.76	43.76
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.640	1.610	0.600	2.000	1.443	1.310	1.00	1.00	1.00	1.00	3.7540	2.0830	188.39	184.64	61.55	61.55
	1.00	0.75	1.34	0.75	1.34	1.478	1.456	0.701	2.000	1.443	1.310	1.00	1.00	1.00	1.00	3.7540	2.0830	174.85	171.10	57.03	76.42
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.320	1.305	0.800	2.000	1.443	1.310	1.00	1.00	1.00	1.00	3.7540	2.0830	161.71	157.95	52.65	105.30
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.160	1.153	0.900	2.000	1.443	1.310	1.00	1.00	1.00	1.00	3.7540	2.0830	148.37	144.61	48.20	192.81
3.00	1.00	–	–	–	–	1.000	1.000	1.000	3.000	1.500	1.350	1.00	1.00	1.00	1.00	5.6310	2.0830	193.00	187.36	62.45	62.45
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.640	1.610	0.600	3.000	1.500	1.350	1.00	1.00	1.00	1.00	5.6310	2.0830	281.76	276.12	92.04	92.04
	1.00	0.75	1.34	0.75	1.34	1.478	1.456	0.701	3.000	1.500	1.350	1.00	1.00	1.00	1.00	5.6310	2.0830	259.23	253.80	84.53	113.28
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.320	1.305	0.800	3.000	1.500	1.350	1.00	1.00	1.00	1.00	5.6310	2.0830	237.38	231.74	77.25	154.50
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.160	1.153	0.900	3.000	1.500	1.350	1.00	1.00	1.00	1.00	5.6310	2.0830	215.19	209.55	69.85	279.41

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 form
Fcd = Fqd = Fγd = } Factor de corrección por profundidad
Fci = Fqi = Fγi = } Factor de corrección por inclinación
σ_u = Esfuerzo último
σ_n = Esfuerzo neto
σ_{ns} = Esfuerzo neto de seguridad
Qmax = Carga máxima

Las capacidades portantes evaluadas para una relación ancho, longitud y profundidad de desplante, se presentan en el cuadro 7-1 y 7-2 para el perfil geotécnico de diseño encontrado en el sitio del proyecto.

Figura 7-1 Esfuerzo máximo vs profundidad de desplante Alto San Miguel

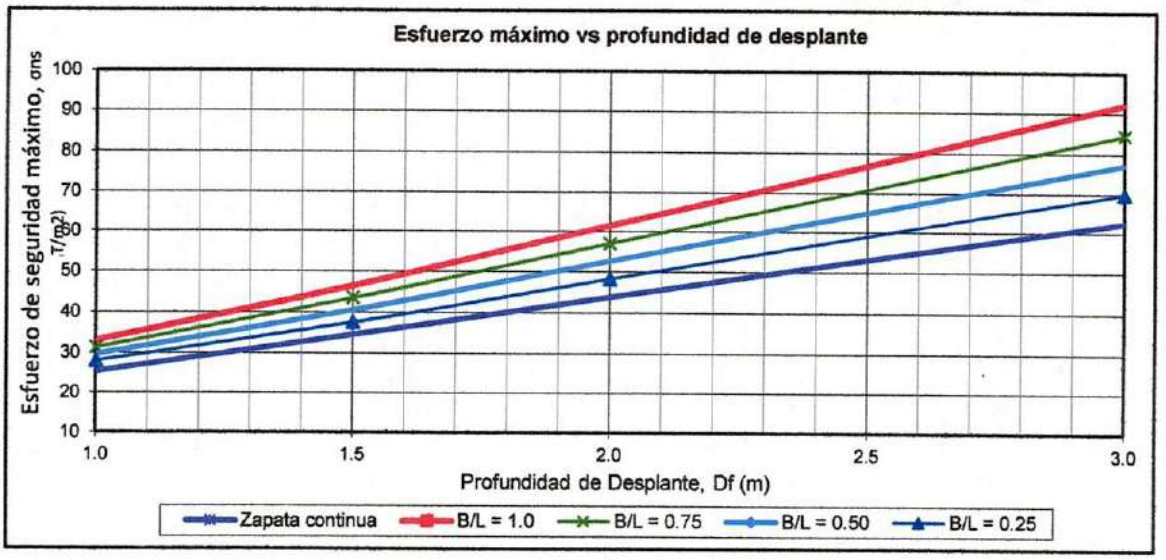
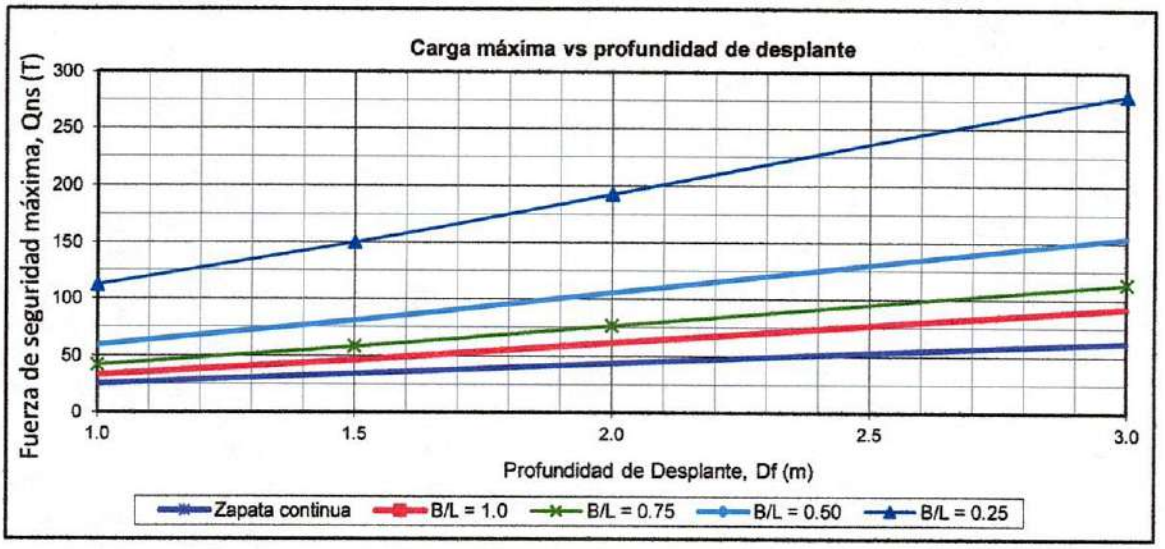


Figura 7-2 Carga máxima vs profundidad de desplante Alto San Miguel



Se puede observar que la capacidad portante a 1.00 m de profundidad obtenida para un cimiento cuadrado con relación B/L = 1.00 es de 329 kPa (32.99 Ton/m^2), la cual se considera satisfactoria para las cargas transmitidas.

Cuadro 7-2. Capacidad portante admisible Calafitas

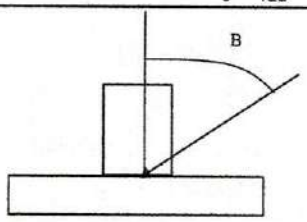
SUELO NATURAL

Propiedades del suelo

Ángulo de resistencia al corte	ϕ = 23.20 °		
	ϕ = 0.405 rad	N.F=	12.00 m
Cohesión	C = 0.000 T/m²	γsat =	1.90 T/m³
Peso unitario de la sobrecapa	γ_b = 1.721 T/m³	$\gamma\omega$ =	1.00 T/m³
Peso unitaro del suelo de fundación	γ = 1.794 T/m³	γ'	0.90 T/m³

Inclinación de cargas

B = 0 °
0 rad



Factores de Capacidad Portante	
Nc =	18.29478899
Nq =	8.841177081
Nγ =	8.435889829

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)	$\sigma_{a(t/m2)}$	$\sigma_{n(t/m2)}$	Qmax(T)
1.00	1.00	–	–	–		1.000	1.000	1.000	1.000	1.400	1.315	1.00	1.00	1.00	1.00	1.7210	1.7210	27.27	25.54	8.51	8.51
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.483	1.429	0.600	1.000	1.400	1.315	1.00	1.00	1.00	1.00	1.7210	1.7940	33.12	31.40	10.47	10.47
	1.00	0.75	1.34	0.75	1.34	1.361	1.320	0.701	1.000	1.400	1.315	1.00	1.00	1.00	1.00	1.7210	1.7940	31.71	29.99	10.00	13.40
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.242	1.214	0.800	1.000	1.400	1.315	1.00	1.00	1.00	1.00	1.7210	1.7940	30.35	28.63	9.54	19.08
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.121	1.107	0.900	1.000	1.400	1.315	1.00	1.00	1.00	1.00	1.7210	1.7940	28.96	27.24	9.08	36.32
1.50	1.00	–	–	–	–	1.000	1.000	1.000	1.500	1.393	1.309	1.00	1.00	1.00	1.00	2.5815	1.7940	37.45	34.87	11.62	11.62
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.483	1.429	0.600	1.500	1.393	1.309	1.00	1.00	1.00	1.00	2.5815	1.7940	47.24	44.65	14.88	14.88
	1.00	0.75	1.34	0.75	1.34	1.361	1.320	0.701	1.500	1.393	1.309	1.00	1.00	1.00	1.00	2.5815	1.7940	44.75	42.17	14.06	18.84
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.242	1.214	0.800	1.500	1.393	1.309	1.00	1.00	1.00	1.00	2.5815	1.7940	42.34	39.76	13.25	26.51
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.121	1.107	0.900	1.500	1.393	1.309	1.00	1.00	1.00	1.00	2.5815	1.7940	39.90	37.32	12.44	49.76
2.00	1.00	–	–	–	–	1.000	1.000	1.000	2.000	1.443	1.349	1.00	1.00	1.00	1.00	3.4420	1.7940	48.61	45.16	15.05	15.05
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.483	1.429	0.600	2.000	1.443	1.349	1.00	1.00	1.00	1.00	3.4420	1.7940	63.17	59.73	19.91	19.91
	1.00	0.75	1.34	0.75	1.34	1.361	1.320	0.701	2.000	1.443	1.349	1.00	1.00	1.00	1.00	3.4420	1.7940	59.47	56.03	18.68	25.03
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.242	1.214	0.800	2.000	1.443	1.349	1.00	1.00	1.00	1.00	3.4420	1.7940	55.89	52.45	17.48	34.96
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.121	1.107	0.900	2.000	1.443	1.349	1.00	1.00	1.00	1.00	3.4420	1.7940	52.25	48.81	16.27	65.07
3.00	1.00	–	–	–	–	1.000	1.000	1.000	3.000	1.500	1.393	1.00	1.00	1.00	1.00	5.1630	1.7940	71.17	66.00	22.00	22.00
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.483	1.429	0.600	3.000	1.500	1.393	1.00	1.00	1.00	1.00	5.1630	1.7940	95.40	90.23	30.08	30.08
	1.00	0.75	1.34	0.75	1.34	1.361	1.320	0.701	3.000	1.500	1.393	1.00	1.00	1.00	1.00	5.1630	1.7940	89.25	84.09	28.03	37.56
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.242	1.214	0.800	3.000	1.500	1.393	1.00	1.00	1.00	1.00	5.1630	1.7940	83.28	78.12	26.04	52.08
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.121	1.107	0.900	3.000	1.500	1.393	1.00	1.00	1.00	1.00	5.1630	1.7940	77.22	72.06	24.02	96.08

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 forr
Fcd = Fqd = Fγd = Factor de corrección por profundidad
Fci = Fqi = Fγi = Factor de corrección por inclinación
σ_u = Esfuerzo ultimo
σ_n = Esfuerzo neto
σ_{ns} = Esfuerzo neto de seguridad
Qmax = Carga máxima

Se puede observar que la capacidad portante a 1.50 m de profundidad obtenida para un cimiento cuadrado con relación B/L = 1.00 es de 148 kPa (14.88 Ton/m²), la cual se considera satisfactoria para las cargas transmitidas.

Figura 7-3 Esfuerzo máximo vs profundidad de desplante Calafitas

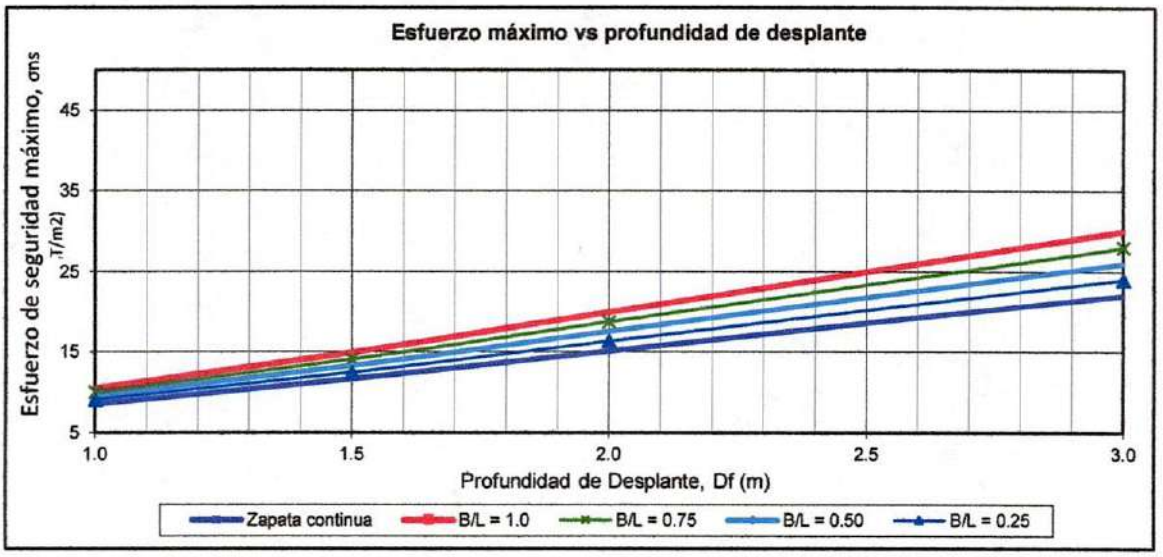
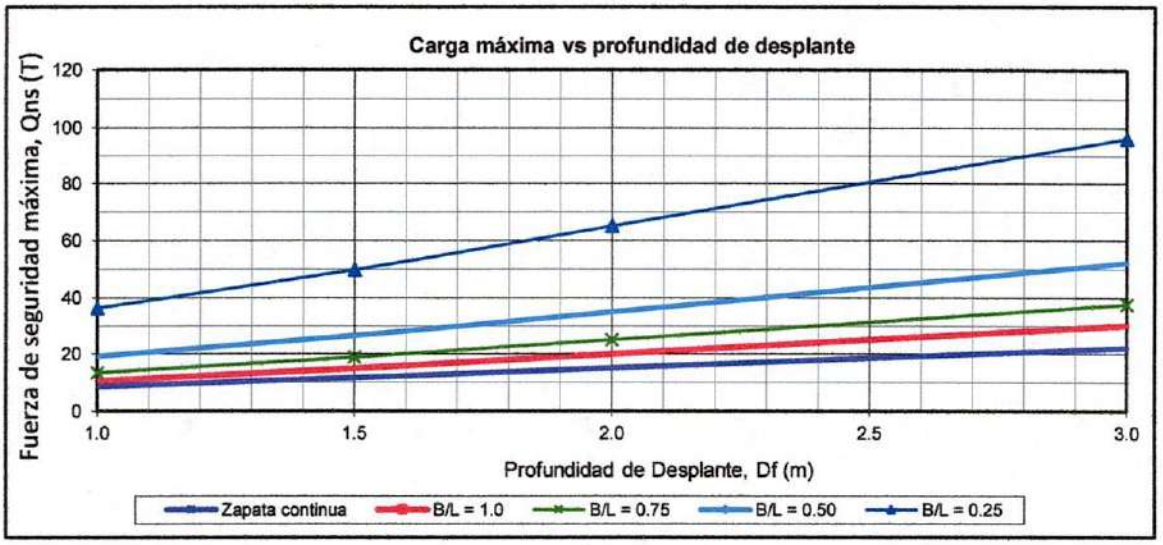


Figura 7-4 Carga máxima vs profundidad de desplante Calafitas



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.[1]

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 7-2 y 7-3.

Cuadro 7-2 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.[2]

Cuadro 7-3 Asentamiento total admisible[3]

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

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

7.4.1 Metodologías para el cálculo de asentamientos

Sector Alto San Miguel:

Se calcularán los asentamientos por el método de Schmertman para suelos granulares.

$$S_e = C_1 C_2 \, \Delta q \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{I_z}{E} \right)_i \Delta z_i$$

$$C_1 = 1 - 0.5 \left(\frac{\sigma'_{zo}}{\Delta q} \right) \geq 0.5$$

$$C_2 = 1 + 0.2 \log_{10}(10\,t)$$

$$I_{zp} = 0.5 + 0.1 \sqrt{\frac{\Delta q}{\sigma'_{zp}}}$$

B = 1.00 m L = 1.00 m

σ'_{zo} = q sobrecarga = 18.77 KN/m2 (Nivel de apoyo -1.00 m)

$\sigma'_{zp} = \sigma'_{zo} + (B/2)\,\gamma_2$ = 18.77 + 1.00/2 * 20.83 = 29.19 KN/m^2 esfuerzo efectivo a la profundidad B/2 bajo el cimiento.

$q = q_o$ = 300 KN/m^2 presión de contacto máxima soportada al nivel de apoyo (30 Ton)

$\Delta q = q - \sigma'_{zo}$ = 300.00 – 18.77 = 281.23 KN/m^2 presión de contacto neta, descontando sobrecarga.

$C_1 = 1\text{-}0.5\,(\sigma'_{zo}/\Delta q)$ = 1 – 0.5 *(18.77/281.23) = 0.967 > 0.5 o.k.

C_2= 1.0 se desprecian los asentamientos secundarios con el tiempo (suelo no plástico).

I_{zp} = 0.81

Para cimiento cuadrado (L/B ≅1):

I_z=0.1 en z=0.0, nivel de apoyo.

I_z=0.1+2 (z/B)*(I_{zp}-0.1) para 0< z <B/2

I_z=I_{zp} máximo en z=B/2

I_z = 2/3 I_{zp} (2 - z/B) para B/2< z <2B

I_z=0.0 en z=2B = 2 m, máxima profundidad de influencia.

Δz_i = 0.25 m.

E = 20.0 Mpa = 20000 KN/m^2

z = profundidad relativa bajo el nivel del apoyo para cada capa

zi	zf	z	z/B	Δz	Iz	(Iz/E)Δz
0.00	0.25	0.13	0.125	0.25	0.27750000	0.000003469
0.25	0.50	0.38	0.375	0.25	0.63250000	0.000007906
0.50	0.75	0.63	0.625	0.25	0.74250000	0.000009281
0.75	1.00	0.88	0.875	0.25	0.60750000	0.000007594
1.00	1.25	1.13	1.125	0.25	0.47250000	0.000005906
1.25	1.50	1.38	1.375	0.25	0.33750000	0.000004219
1.50	1.75	1.63	1.625	0.25	0.20250000	0.000002531
1.75	2.00	1.88	1.875	0.25	0.06750000	0.000000844
					Σ (Iz/E)Δz	0.000041750

$$S_e = C_1 C_2 \Delta q \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{I_z}{E} \right)_i \Delta z_i$$

Asentamiento elástico total:

S_e = 0.0114 m = 11.4 mm

Sector Calafitas:

B = 1.00 m L = 1.00 m

σ'_{zo} = q sobrecarga = 25.87 KN/m2 (Nivel de apoyo -1.50 m)

$\sigma'_{zp} = \sigma'_{zo} + (B/2)\ \gamma_2 = 25.87 + 1.00/2 * 17.94 = 34.79$ KN/m^2 esfuerzo efectivo a la profundidad B/2 bajo el cimiento.

$q = q_o = 140$ KN/m^2 presión de contacto máxima soportada al nivel de apoyo (14 Ton)

$\Delta q = q - \sigma'_{zo} = 140.00 - 25.82 = 114.19$ KN/m^2 presión de contacto neta, descontando sobrecarga.

$C_1 = 1-0.5\ (\sigma'_{zo}/\Delta q) = 1 - 0.5 *(25.82/114.19) = 0.887 > 0.5$ o.k.

C_2= 1.0 se desprecian los asentamientos secundarios con el tiempo (suelo no plástico).

$I_{zp} = 0.68$

Para cimiento cuadrado (L/B ≅1):

I_z=0.1 en z=0.0, nivel de apoyo.

$I_z=0.1+2\ (z/B)*(I_{zp}-0.1)$ para 0< z <B/2

$I_z=I_{zp}$ máximo en z=B/2

$I_z = 2/3\ I_{zp}\ (2 - z/B)$ para B/2< z <2B

I_z=0.0 en z=2B = 2 m, máxima profundidad de influencia.

Δz_i = 0.25 m.

E = 3.15 Mpa = 3150 KN/m^2

z = profundidad relativa bajo el nivel del apoyo para cada capa

zi	zf	z	z/B	Δz	Iz	(Iz/E)Δz
0.00	0.25	0.13	0.125	0.25	0.24525000	0.000019464
0.25	0.50	0.38	0.375	0.25	0.53575000	0.000042520
0.50	0.75	0.63	0.625	0.25	0.62425000	0.000049544
0.75	1.00	0.88	0.875	0.25	0.51075000	0.000040536
1.00	1.25	1.13	1.125	0.25	0.39725000	0.000031528
1.25	1.50	1.38	1.375	0.25	0.28375000	0.000022520
1.50	1.75	1.63	1.625	0.25	0.17025000	0.000013512
1.75	2.00	1.88	1.875	0.25	0.05675000	0.000004504
					Σ (Iz/E)Δz	0.000224127

$$S_e = C_1 C_2 \, \Delta q \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{I_z}{E} \right)_i \Delta z_i$$

Asentamiento elástico total:

S_e = 0.0227 m = 22.7 mm

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 en el cuadro 7-5 (Se = 25 mm) por lo que se considera que el dimensionamiento de la cimentación SI es satisfactorio.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA CIMENTACIÓN DE LAS OBRAS

8.1 CONCLUSIONES

- Los suelos de la zona en el sector de Alto San Miguel están compuestos por las formaciones Corneta (Q1co), estratificados de arenas limosas y gravas limosas con arena con presencia de cantos subredondeados de hasta 5 pulgadas, clasificados como SM y GP-GM según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos y como A-2-4 y A-1-a según el sistema de clasificación AASHTO

- Los suelos de la zona en el sector de Calafitas están compuestos por depósitos de abanicos aluviales inferiores (Q_1abi), estratificados de arenas limosas y arenas mal graduadas con limo. clasificados como SM y SP-SM según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos y como A-2-4 y A-3 según el sistema de clasificación AASHTO.

- Del análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio obtenidos para el perfil promedio establecido en el sitio del proyecto, se obtienen los parámetros de resistencia al corte del suelo de cimentación, por medio de correlaciones del ensayo de SPT: **Alto San Miguel** c = 0.0 ton/m^2, ϕ = 31.40° γ = 1.877 ton/m^3. **Calafitas** c = 0.0 ton/m^2, ϕ = 23.20° γ = 1.794 ton/m^3.

- La capacidad portante admisible para una cimentación superficial en el sector de Alto San Miguel es de 329 kPa (32.99 Ton/m^2), con una profundidad de desplante de -1.00 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)
1.00	1.00	–	–	–		1.000	1.000	1.000	1.000	1.400	1.280	1.00	1.00	1.00	1.00	1.8770	1.8770	77.82	75.95	25.32	25.32
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.640	1.610	0.600	1.000	1.400	1.280	1.00	1.00	1.00	1.00	1.8770	2.0830	100.86	98.98	32.99	32.99
	1.00	0.75	1.34	0.75	1.34	1.478	1.456	0.701	1.000	1.400	1.280	1.00	1.00	1.00	1.00	1.8770	2.0830	95.74	93.86	31.29	41.92
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.320	1.305	0.800	1.000	1.400	1.280	1.00	1.00	1.00	1.00	1.8770	2.0830	90.76	88.89	29.63	59.26
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.160	1.153	0.900	1.000	1.400	1.280	1.00	1.00	1.00	1.00	1.8770	2.0830	85.72	83.84	27.95	111.78

- La capacidad portante admisible para una cimentación superficial en el sector de Calafitas es de 148 kPa (14.88 Ton/m^2), con una profundidad de desplante de -1.50 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)
1.50	1.00	–	–	–	–	1.000	1.000	1.000	1.500	1.393	1.309	1.00	1.00	1.00	1.00	2.5815	1.7940	37.45	34.87	11.62	11.62
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.483	1.429	0.600	1.500	1.393	1.309	1.00	1.00	1.00	1.00	2.5815	1.7940	47.24	44.65	14.88	14.88
	1.00	0.75	1.34	0.75	1.34	1.361	1.320	0.701	1.500	1.393	1.309	1.00	1.00	1.00	1.00	2.5815	1.7940	44.75	42.17	14.06	18.84
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.242	1.214	0.800	1.500	1.393	1.309	1.00	1.00	1.00	1.00	2.5815	1.7940	42.34	39.76	13.25	26.51
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.121	1.107	0.900	1.500	1.393	1.309	1.00	1.00	1.00	1.00	2.5815	1.7940	39.90	37.32	12.44	49.76

- El potencial de expansión de los suelos es bajo.

- De acuerdo a la NSR-10 título A, los suelos se sitúan en un **Tipo D** (15<N<50) para Alto San Miguel, en el sector de Calafitas los suelos se sitúan en un **Tipo E** (<50), Coeficiente de importancia: I = 1.25 (Edificaciones de atención a la comunidad) Grupo III.

- Hasta la profundidad explorada (6.00 m) no se evidenció la presencia del nivel freático.

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

- Los asentamientos máximos esperados totales son menores a 25 mm y corresponden a asentamientos elásticos inmediatos.

- Los suelos no presentan problemas de licuación.

8.2 RECOMENDACIÓN DE CIMENTACIONES

- Como solución de cimentación para el sector de Alto San Miguel se recomienda una cimentación superficial directa sobre el manto de grava arenosa (GP-GM) de color amarillo, mediante zapatas aisladas colocadas a una profundidad de desplante mínima de 1.00 m. Para el sector de Calafitas se recomienda una cimentación superficial directa sobre el manto de arena limosa (SM) de color amarillo, mediante zapatas aisladas colocadas a una profundidad de desplante mínima de 1.50 m. En todo caso deberá verificarse siempre que el suelo de apoyo de la cimentación no coincida con la presencia de otros materiales objetables desde el punto de vista geotécnico para el apoyo de las futuras estructuras (rellenos antrópicos, basuras, escombros, materia orgánica, suelos muy blandos, entre otros).

- Para el caso de la cimentación superficial, el ingeniero calculista deberá realizar el chequeo de la relación entre cargas actuantes, capacidad portante y área de la cimentación.

- Las zapatas de la cimentación se apoyarán sobre una capa de concreto de saneamiento entre 5 y 10 cm de espesor para facilitar los trabajos de colocación de refuerzo y amarre de la zapata a la superestructura.

- Para muros de cerramiento, se recomienda proyectar una cimentación corrida en concreto ciclópeo de ancho B y 0.30 m mínimo de altura, desplantadas a una profundidad mínima de 50 cm, con una viga de sobrecimiento de 0.20 x 0.20 en concreto con refuerzo mínimo de 4 varillas de 3/8" de 420 Mpa.; siendo ésta el tipo de cimentación más apropiada para la estructura diseñada. Para el dimensionamiento final de la cimentación se deberá chequear rigurosamente el tipo de cargas que se distribuirá sobre la longitud o área total de la construcción a cimentar

- En todo caso las condiciones en campo deben ser verificadas por el geotecnista del proyecto durante la realización de la obra y ajustar los parámetros a los suelos encontrados diferentes a los reportados en este informe o en su defecto comunicarse con el laboratorio para realizar los ajustes respectivos.

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

9 REFERENCIAS

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

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

INVIAS. Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), marzo de 2010.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Plancha 123 – Saravena. 2013

ANEXOS

ANEXO A-1. REGISTRO FOTOGRÁFICO

Foto 1. Exploración de Campo sector San Miguel

Foto 2. Exploración de Campo sector San Miguel

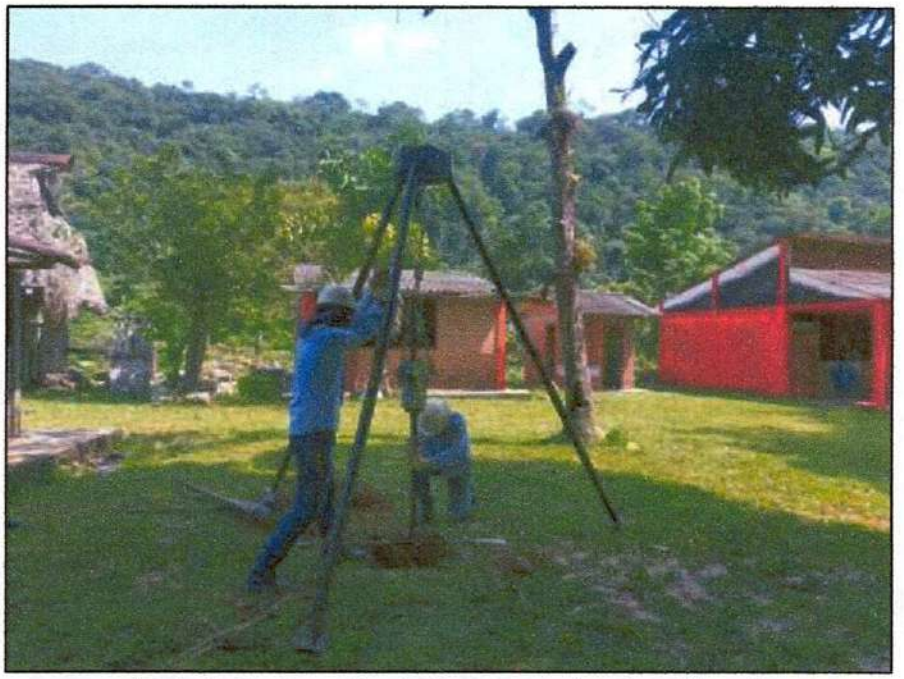


Foto 3. Exploración de Campo sector San Miguel

Foto 4. Exploración de Campo sector San Miguel

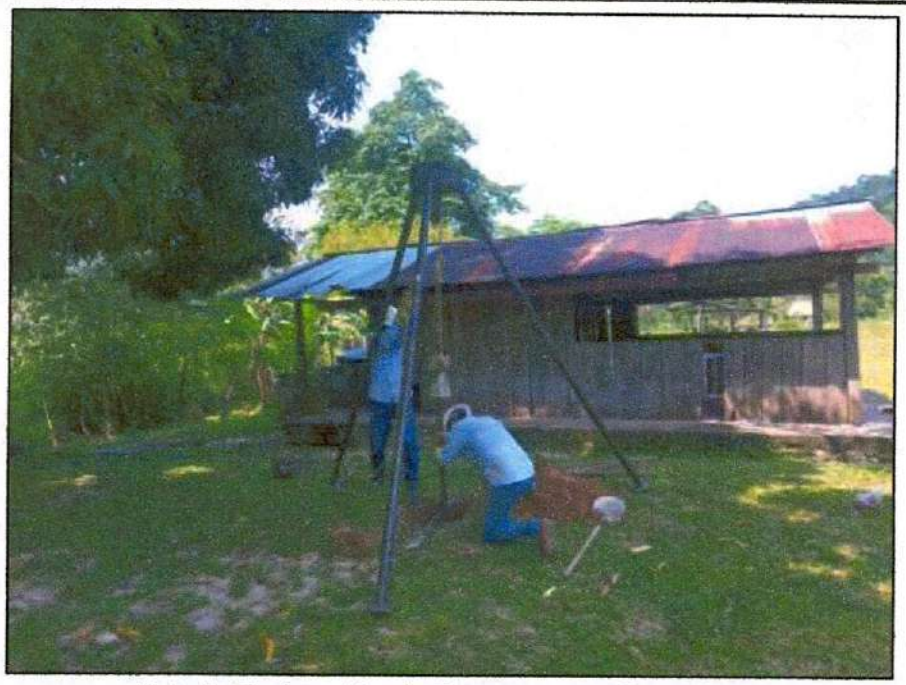


Foto 5. Exploración de Campo sector San Miguel

Foto 6. Exploración de Campo sector San Miguel

Foto 7. Exploración de Campo sector Calafitas

Foto 8. Exploración de Campo sector Calafitas

Foto 9. Exploración de Campo sector Calafitas

Foto 10. Exploración de Campo sector Calafitas

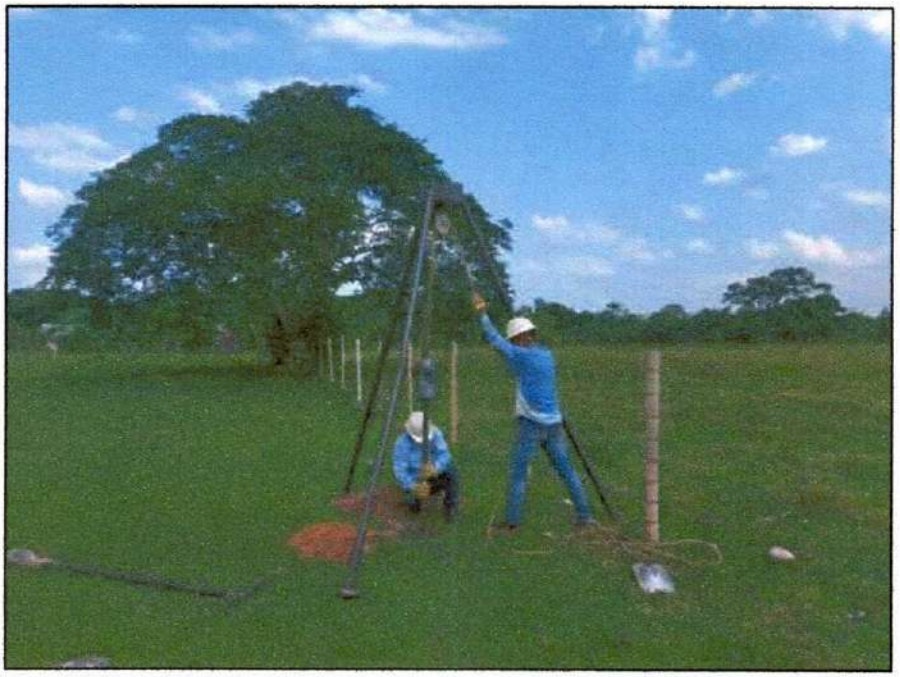


Foto 11. Exploración de Campo sector Calafitas

Foto 12. Exploración de Campo sector Calafitas

ANEXO A-2. PERFILES DE SUELOS

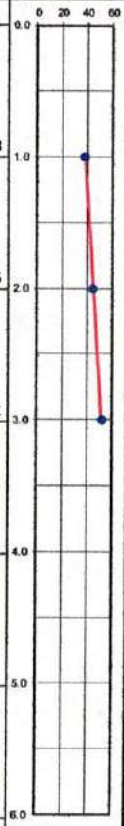
REGISTRO DE SONDEO EXPLORATORIO

Proyecto: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

Solicitante: GOBERNACION DE ARAUCA — **Fecha:** JUNIO DE 2026

SONDEO No. S-01 — **Sector:** CENTRO EDUCATIVO ALTO SAN MIGUEL — **Coordenadas:** 6°50'18.47"N 71°56'3.85"O

DESCRIPCIÓN	MUESTRA No.	PROF. mts.	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA GRAVA %	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	LIMITES PLASTICIDAD LL %	LP %	IP %	HUM. NATURAL %	PESO UNITARIO Ton / m3	SPT CON PUNTAZA N1 0.15	N2 0.30	N3 0.45	N	Cohesion C Ton/m2	Angulo Fricción Ø°	Capacidad Admisible (qa) Ton / m2
TERRENO NATURAL		0.00																	
		0.20																	
ARENA LIMOSA		0.40																	
De granulometria fina	1	0.50		0.00	**69.46**	30.54	-	-	-	-	8.39	1.888							
Color amarilla *SM, A-2-4*		0.60																	
	PC	1.00		Nivel de cimentacion									13	17	21	38	-	32.7°	32.99
		1.20																	
		1.40																	
		1.60																	46.46
		1.80																	
	PC	2.00											17	20	25	45	-	32.0°	61.55
		2.20																	
		2.40																	
GRAVA LIMOSA CON ARENA	2	2.60		59.44	**26.39**	14.17	-	-	-	-	6.98	2.098							
CON S.T. HASTA DE 5"		2.80																	
Color amarilla con gris *GM, A-1-a*	PC	3.00											20	24	28	52	-	32.0°	84.53
		3.20																	
		3.40																	
		3.60																	
		3.80																	
		4.00															-	-	
		4.20																	
		4.40																	
		4.60																	
		4.80																	
		5.00															-	-	
		5.20																	
		5.40																	
		5.60																	
		5.80																	
		6.00																	



Fin de la exploración

Equipo: SPT MANUAL — PC: PUNTA CIEGA CP: CUCHARA PARTIDA TS: TUBO SHELBY B: BARRENO N.F.: Nivel freático — Perforador: ENDERSON JADIR CACUA RICO

REGISTRO DE SONDEO EXPLORATORIO

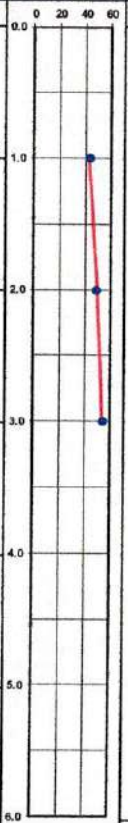
Proyecto: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

Solicitante: GOBERNACION DE ARAUCA

Fecha: JUNIO DE 2026

SONDEO No. S-02 **Sector:** CENTRO EDUCATIVO ALTO SAN MIGUEL **Coordenadas:** 6°50'18.70"N 71°56'4.20"O

DESCRIPCIÓN	MUESTRA No.	PROF. mts.	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA: GRAVA %	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	LIMITES PLASTICIDAD: LL %	LP %	IP %	HUM. NATURAL %	PESO UNITARIO Ton / m3	SPT CON PUNTAZA: N1 0.15	N2 0.30	N3 0.45	N	Cohesion C Ton/m2	Angulo Fricción Ø°	Capacidad Admisible (qa) Ton / m2
TERRENO NATURAL		0.00																	
ARENA LIMOSA De granulometria fina Color amarilla *SM, A-2-4*	1	0.20 0.30 0.40 0.50		0.00	**65.46**	34.54	-	-	-	-	9.14	1.872							
	PC	1.00		Nivel de cimentacion									14	19	24	43	-	33.7°	32.99
		1.20 1.40 1.60 1.80																	46.46
	PC	2.00											17	22	27	49	-	33.0°	61.55
		2.20 2.40																	
GRAVA MAL GRADUADA CON LIMO CON ARENA CON S.T. HASTA DE 5" Color amarilla con gris *GM, A-1-a*	2	2.60 2.80		55.23	**38.72**	6.05	-	-	-	-	5.57	2.075							
	PC	3.00											21	25	29	54	-	32.0°	84.53
		3.20 3.40 3.60 3.80 4.00															-	-	
		4.20 4.40 4.60 4.80 5.00															-	-	
		5.20 5.40 5.60 5.80 6.00																	



Fin de la exploración

Equipo: SPT MANUAL | PC: PUNTA CIEGA CP: CUCHARA PARTIDA TS: TUBO SHELBY B: BARRENO N.F.: Nivel freático | Perforador: ENDERSON JADIR CACUA RICO

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

REGISTRO DE SONDEO EXPLORATORIO

Proyecto: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

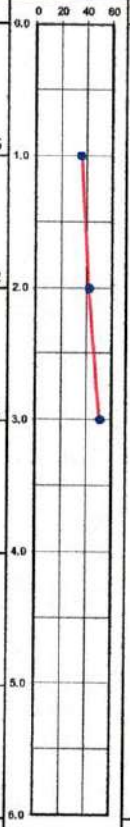
Solicitante: GOBERNACION DE ARAUCA

Fecha: JUNIO DE 2026

SONDEO No. S-03 **Sector:** CENTRO EDUCATIVO ALTO SAN MIGUEL **Coordenadas:** 6°50'19.50"N 71°56'2.60"O

DESCRIPCIÓN	MUESTRA No.	PROF. mts.	LITOLOGÍA.	GRANULOMETRÍA: GRAVA %	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	LIMITES PLASTICIDAD: LL %	LP %	IP %	HUM. NATURAL %	PESO UNITARIO Ton/m3	SPT CON PUNTAZA: N1 0.15	N2 0.30	N3 0.45	N	Cohesion C Ton/m2	Angulo Fricción Ø°	Capacidad Admisible (qa) Ton/m2
TERRENO NATURAL		0.00																	
ARENA LIMOSA De granulometria fina Color amarilla *SM, A-2-4*	1	0.20 0.40 0.50 0.60		0.00	**65.51**	34.49	-	-	-	-	6.65	1.880							
	PC	1.00		Nivel de cimentacion									12	15	21	36	-	32.3°	32.99
		1.20 1.40 1.60 1.80																	46.46
	PC	2.00											15	18	24	42	-	31.6°	61.55
		2.20 2.40																	
GRAVA LIMOSA CON ARENA **CON S.T. HASTA DE 5"** Color amarilla con gris *GM, A-1-a*	2	2.60 2.80		59.23	**26.95**	13.82	-	-	-	-	4.92	2.088							
	PC	3.00											19	23	28	51	-	32.0°	84.53
		3.20 3.40 3.60 3.80 4.00															-	-	
		4.20 4.40 4.60 4.80 5.00															-	-	
		5.20 5.40 5.60 5.80 6.00																	

Gráfico N vs Profundidad



Fin de la exploración

Equipo: SPT MANUAL | PC: PUNTA CIEGA CP: CUCHARA PARTIDA TS: TUBO SHELBY B: BARRENO N.F.: Nivel freático | Perforador: ENDERSON JADIR CACUA RICO

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

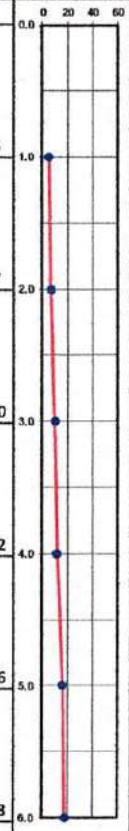
REGISTRO DE SONDEO EXPLORATORIO

Proyecto: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

Solicitante: GOBERNACION DE ARAUCA — **Fecha:** JUNIO DE 2026

SONDEO No. S-04 — **Sector:** CENTRO EDUCATIVO INDIGENA CALAFITAS — **Coordenadas:** 6°51'48.05"N 71°49'28.56"O

DESCRIPCIÓN	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	Gráfico N vs Profundidad	Cohesion C Ton/m2	Angulo Fricción Ø°	Capacidad Admisible (qa) Ton/m2
TERRENO NATURAL		0.00																		
		0.20																		
		0.40																		
ARENA LIMOSA		0.60																		
De granulometria fina		0.80																		
Color amarilla SM, A-2-4	**1 CP**	1.00		0.00	**85.46**	14.54	-	-	-	-	6.54	1.720	2	2	3	5		-	22.1°	10.47
		1.20																		
		1.50		Nivel de cimentacion																
		1.60																		14.88
		1.80																		
	CP	2.00											2	3	4	7		-	22.9°	19.91
		2.20																		
		2.40																		
		2.60																		
		2.80																		
	CP	3.00											3	5	5	10		-	22.9°	28.03
ARENA MAL GRADUADA CON LIMO		3.20																		
De granulometria fina	2	3.40		0.00	**90.52**	9.48	-	-	-	-	9.06	1.799								
Color amarilla con gris SM - SP A-3		3.60																		
		3.80																		
	CP	4.00											4	5	7	12		-	22.9°	
		4.20																		
		4.40																		
		4.60																		
		4.80																		
	CP	5.00											6	7	9	16		-		
		5.20																		
		5.40																		
		5.60																		
		5.80																		
	CP	6.00											6	8	10	18				



Fin de la exploración

Equipo: SPT MANUAL — CP: CUCHARA PARTIDA TS: TUBO SHELBY B: BARRENO N.F.: Nivel freático — Perforador: ENDERSON JADIR CACUA RICO

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

REGISTRO DE SONDEO EXPLORATORIO

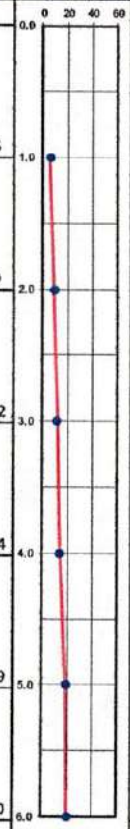
Proyecto: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

Solicitante: GOBERNACION DE ARAUCA — **Fecha:** JUNIO DE 2026

SONDEO No. S-05 — **Sector:** CENTRO EDUCATIVO INDIGENA CALAFITAS — **Coordenadas:** 6°51'49.51"N 71°49'28.33"O

DESCRIPCIÓN	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 Ton/m2	Angulo Fricción Ø°	Capacidad Admisible (qa) Ton / m2
TERRENO NATURAL		0.00																	
		0.20																	
		0.40																	
ARENA LIMOSA		0.60																	
De granulometria fina		0.80																	
Color amarilla SM, A-2-4	**1 CP**	1.00		0.00	**82.19**	17.81	-	-	-	-	7.38	1.734	2	3	3	6	-	22.9°	10.47
		1.20																	
		1.50		Nivel de cimentacion															
		1.60																	14.88
		1.80																	
	CP	2.00											3	4	5	9	-	23.7°	19.91
		2.20																	
		2.40																	
		2.60																	
		2.80																	
	CP	3.00											4	5	7	12	-	22.9°	28.03
		3.20																	
ARENA MAL GRADUADA CON LIMO		3.40																	
De granulometria fina	**2**	3.60		0.00	**89.79**	10.21	-	-	-	-	11.16	1.816							
Color amarilla SP - SM A-3		3.80																	
	CP	4.00											5	6	8	14	-	23.7°	
		4.20																	
		4.40																	
		4.60																	
		4.80																	
	CP	5.00											7	9	10	19	-	-	
		5.20																	
		5.40																	
		5.60																	
		5.80																	
	CP	6.00											7	10	10	20			

Gráfico N vs Profundidad



Fin de la exploración

Equipo: SPT MANUAL — CP: CUCHARA PARTIDA TS: TUBO SHELBY B: BARRENO N.F.: Nivel freático — Perforador: ENDERSON JADIR CACUA RICO

REGISTRO DE SONDEO EXPLORATORIO

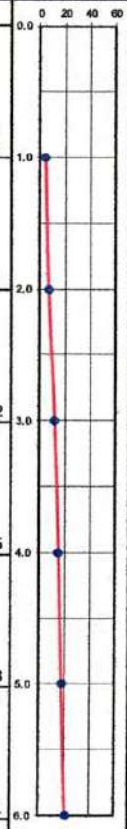
Proyecto: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

Solicitante: GOBERNACION DE ARAUCA — **Fecha:** JUNIO DE 2026

SONDEO No. S-06 — **Sector:** CENTRO EDUCATIVO INDIGENA CALAFITAS — **Coordenadas:** 6°51'49.66"N 71°49'28.86"O

DESCRIPCIÓN	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 Ton/m2	Angulo Fricción Ø°	Capacidad Admisible (qa) Ton / m2
TERRENO NATURAL		0.00																	
		0.20																	
		0.40																	
ARENA LIMOSA		0.60																	
De granulometria fina		0.80																	
Color amarilla SM, A-2-4	**1 CP**	1.00		0.00	**85.25**	14.75	-	-	-	-	9.58	1.709	2	2	2	4	-	22.1°	10.47
		1.20																	
		1.50		Nivel de cimentacion															
		1.60																	14.88
		1.70																	
	CP	2.00											3	3	4	7	-	22.9°	19.91
		2.20																	
		2.40																	
		2.60																	
		2.80																	
	CP	3.00											4	5	7	12	-	22.9°	28.03
ARENA MAL GRADUADA CON LIMO		3.20																	
De granulometria fina	**2**	3.40		0.00	**88.22**	11.78	-	-	-	-	14.72	1.767							
Color amarilla SM - SP A-2-4		3.60																	
		3.80																	
	CP	4.00											5	6	9	15	-	22.9°	
		4.20																	
		4.40																	
		4.60																	
		4.80																	
	CP	5.00											7	9	9	18	-	-	
		5.20																	
		5.40																	
		5.60																	
		5.80																	
	CP	6.00											7	10	11	21			

Gráfico N vs Profundidad



Fin de la exploración

Equipo: SPT MANUAL — CP: CUCHARA PARTIDA TS: TUBO SHELBY B: BARRENO N.F.: Nivel freático — Perforador: ENDERSON JADIR CACUA RICO

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

ANEXO A-3. ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-01
MUESTRA: M1

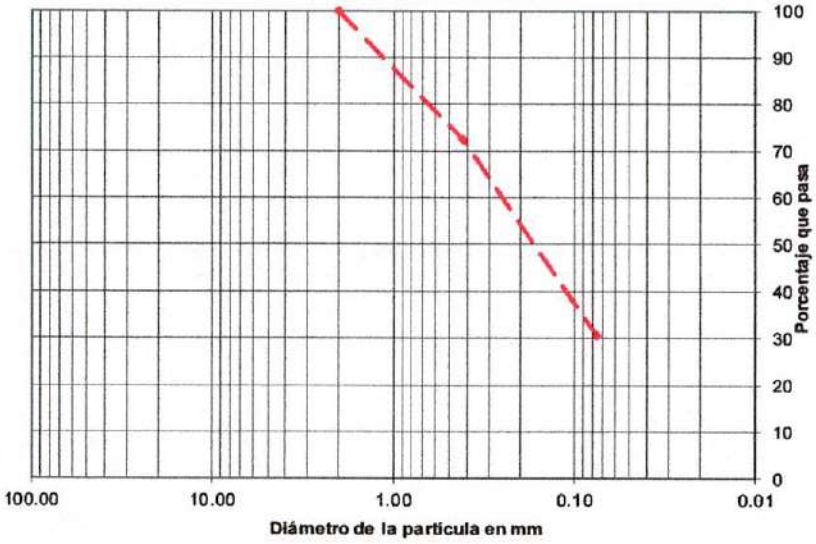
Peso Total 1 953.00 grs
Peso Total 2 662.00 grs
Pérdida por Lavado 291.00 grs

Descripción: ARENA LIMOSA
De granulometría fina
Color amarilla

LL: -
IP: -
USC: SM
AASHTO: A-2-4

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	263.00	27.60	27.60	72.40	-
0.075 mm	No. 200	399.00	41.87	69.46	30.54	-
Fondo		291.00	30.54	100.00	0.00	-
Suma=		953.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	0.00 %
Cc=	ARENAS	69.46 %
	FINOS	30.54 %

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	**MATERIAL:** ARENA LIMOSA
	LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO
SOLICITANTE: GOBERNACION DE ARAUCA	**REVISO:** ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS
	CONTRATO No.: / **FECHA:** JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-01
MUESTRA: M2

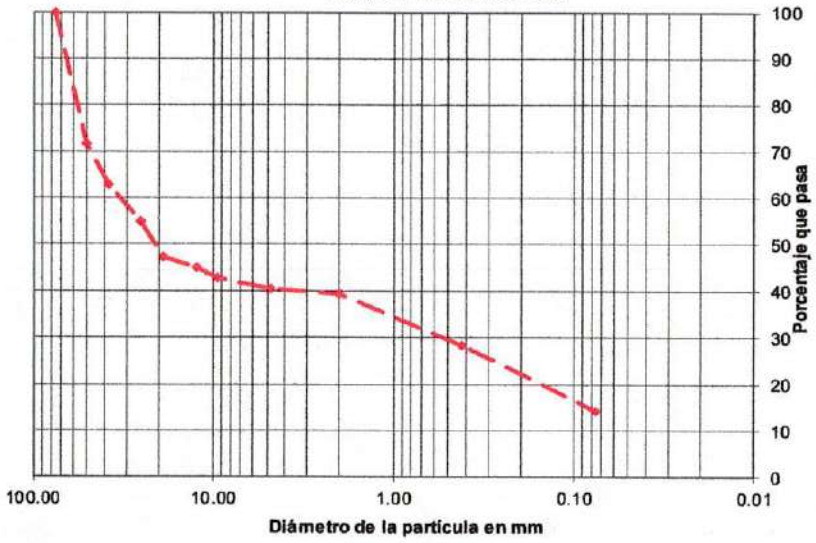
Peso Total 1 1,489.00 grs
Peso Total 2 1,278.00 grs
Pérdida por Lavado 211.00 grs

Descripción: GRAVA LIMOSA CON ARENA
CON S.T. HASTA DE 5"
Color amarillo

LL: -
IP: -
USC: GM
AASHTO: A-1-a

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"	424.00	28.48	28.48	71.52	-
37.500 mm	1 1/2"	131.00	8.80	37.27	62.73	-
25.000 mm	1"	116.00	7.79	45.06	54.94	-
19.000 mm	3/4"	114.00	7.66	52.72	47.28	-
12.500 mm	1/2"	35.00	2.35	55.07	44.93	-
9.500 mm	3/8"	32.00	2.15	57.22	42.78	-
4.750 mm	No. 4	33.00	2.22	59.44	40.56	-
2.000 mm	No. 10	18.00	1.21	60.64	39.36	-
0.420 mm	No. 40	165.00	11.08	71.73	28.27	-
0.075 mm	No. 200	210.00	14.10	85.83	14.17	-
Fondo		211.00	14.17	100.00	0.00	-
Suma=		1,489.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	59.44 %
Cc=	ARENAS	26.39 %
	FINOS	14.17 %

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	**MATERIAL:** GRAVA LIMOSA CON ARENA
	LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO
SOLICITANTE: GOBERNACION DE ARAUCA	**REVISO:** ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS
	CONTRATO No.: / **FECHA:** JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-02
MUESTRA: M1

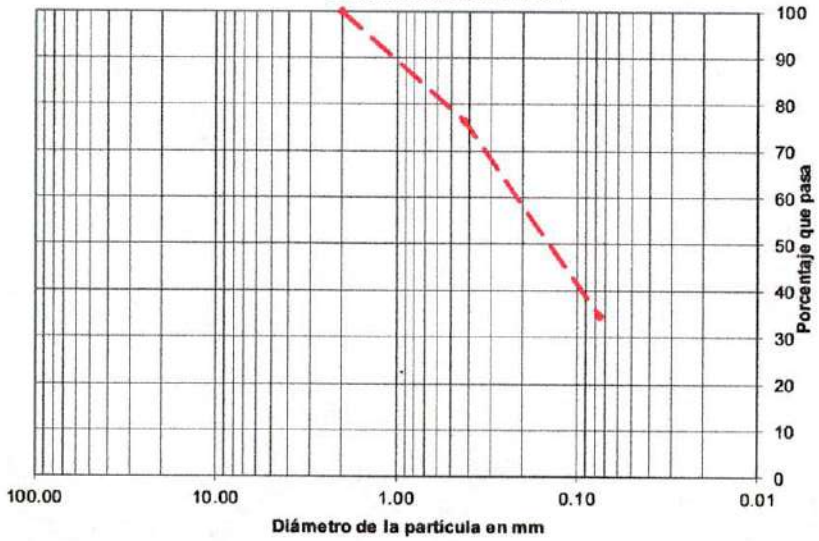
Peso Total 1 941.00 grs
Peso Total 2 616.00 grs
Pérdida por Lavado 325.00 grs

Descripción: ARENA LIMOSA
De granulometría fina
Color amarilla

LL: -
IP: -
USC: SM
AASHTO: A-2-4

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	222.00	23.59	23.59	76.41	-
0.075 mm	No. 200	394.00	41.87	65.46	34.54	-
Fondo		325.00	34.54	100.00	0.00	-
Suma=		941.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	0.00 %
Cc=	ARENAS	65.46 %
	FINOS	34.54 %

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	**MATERIAL:** ARENA LIMOSA
	LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO
SOLICITANTE: GOBERNACION DE ARAUCA	**REVISO:** ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS
	CONTRATO No.: / **FECHA:** JUNIO DE 2026

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

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-02
MUESTRA: M2

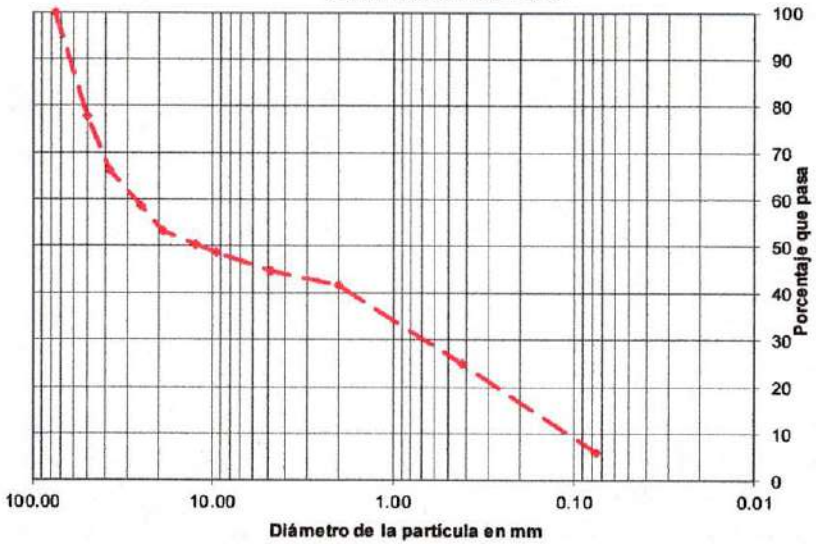
Peso Total 1 1,490.00 grs
Peso Total 2 1,400.00 grs
Pérdida por Lavado 90.00 grs

Descripción: GRAVA MAL GRADUADA CON LIMO CON ARENA CON S.T. HASTA DE 4"
Color amarillo

LL: -
IP: -
USC: GP-GM
AASHTO: A-1-a

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"	329.00	22.08	22.08	77.92	-
37.500 mm	1 1/2"	172.00	11.54	33.62	66.38	-
25.000 mm	1"	115.00	7.72	41.34	58.66	-
19.000 mm	3/4"	80.00	5.37	46.71	53.29	-
12.500 mm	1/2"	45.00	3.02	49.73	50.27	-
9.500 mm	3/8"	23.00	1.54	51.28	48.72	-
4.750 mm	No. 4	59.00	3.96	55.23	44.77	-
2.000 mm	No. 10	46.00	3.09	58.32	41.68	-
0.420 mm	No. 40	249.00	16.71	75.03	24.97	-
0.075 mm	No. 200	282.00	18.93	93.96	6.04	-
Fondo		90.00	6.04	100.00	0.00	-
Suma=		1,490.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	55.23 %
Cc=	ARENAS	38.72 %
	FINOS	6.05 %

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	**MATERIAL:** GRAVA MAL GRADUADA CON LIMO CON ARENA
	LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO
SOLICITANTE: GOBERNACION DE ARAUCA	**REVISO:** ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS
	CONTRATO No.: / **FECHA:** JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-03
MUESTRA: M1

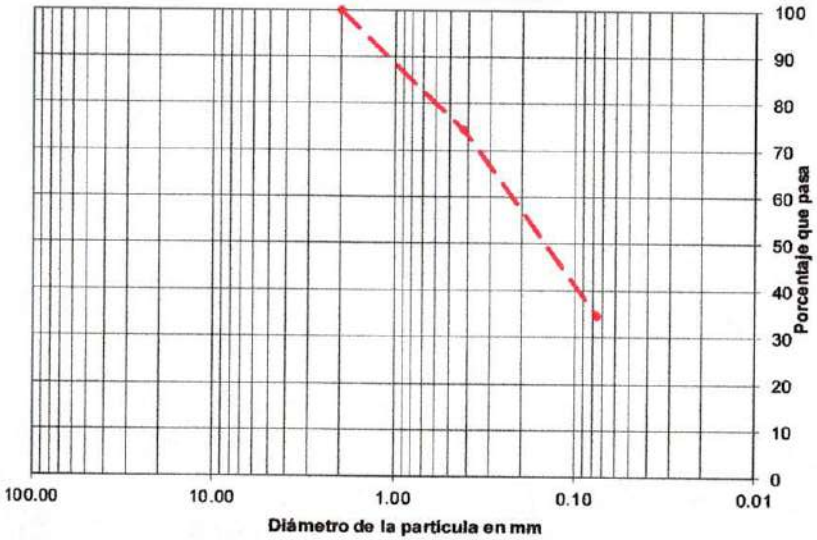
Peso Total 1 977.00 grs
Peso Total 2 640.00 grs
Pérdida por Lavado 337.00 grs

Descripción: ARENA LIMOSA
De granulometría fina
Color amarilla

LL: -
IP: -
USC: SM
AASHTO: A-2-4

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	251.00	25.69	25.69	74.31	-
0.075 mm	No. 200	389.00	39.82	65.51	34.49	-
Fondo		337.00	34.49	100.00	0.00	-
Suma=		977.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	0.00 %
ARENAS	65.51 %
FINOS	34.49 %

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL: ARENA LIMOSA

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE: GOBERNACION DE ARAUCA

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

CONTRATO No.:

FECHA: JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-03
MUESTRA: M2

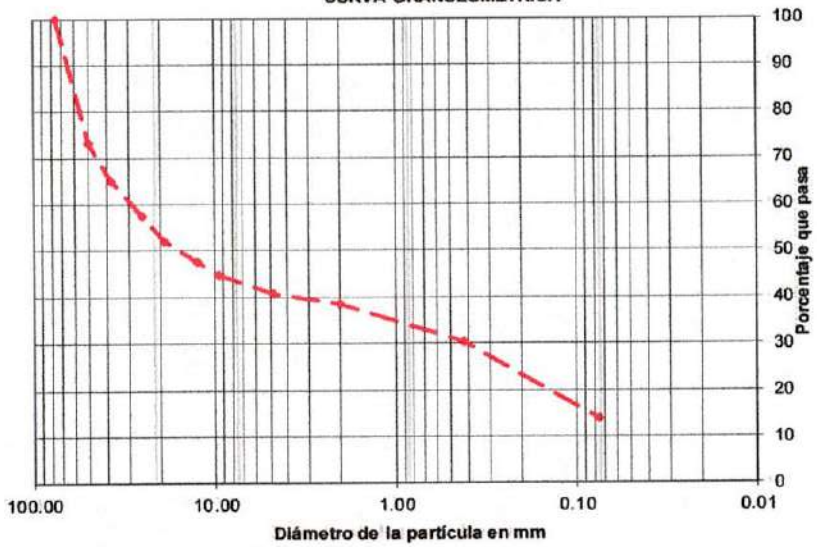
Peso Total 1 1,462.00 grs
Peso Total 2 1,260.00 grs
Pérdida por Lavado 202.00 grs

Descripción: GRAVA LIMOSA CON ARENA
CON S.T. HASTA DE 5"
Color amarillo

LL: -
IP: -
USC: GM
AASHTO: A-1-a

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

CURVA GRANULOMETRICA



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"	391.00	26.74	26.74	73.26	-
37.500 mm	1 1/2"	119.00	8.14	34.88	65.12	-
25.000 mm	1"	112.00	7.66	42.54	57.46	-
19.000 mm	3/4"	80.00	5.47	48.02	51.98	-
12.500 mm	1/2"	64.00	4.38	52.39	47.61	-
9.500 mm	3/8"	41.00	2.80	55.20	44.80	-
4.750 mm	No. 4	59.00	4.04	59.23	40.77	-
2.000 mm	No. 10	32.00	2.19	61.42	38.58	-
0.420 mm	No. 40	120.00	8.21	69.63	30.37	-
0.075 mm	No. 200	242.00	16.55	86.18	13.82	-
Fondo		202.00	13.82	100.00	0.00	-
Suma=		1,462.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	59.23 %
Cc=	ARENAS	26.95 %
	FINOS	13.82 %

Ref: NTC 77-78

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL: GRAVA LIMOSA CON ARENA

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE: GOBERNACION DE ARAUCA

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

CONTRATO No.:

FECHA: JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-04
MUESTRA: M1

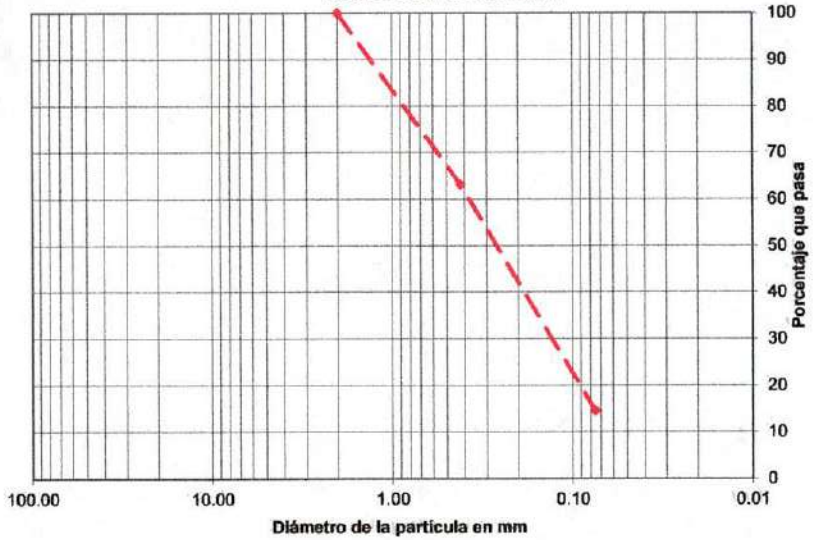
Peso Total 1	963.00 grs
Peso Total 2	823.00 grs
Pérdida por Lavado	140.00 grs

Descripción: ARENA LIMOSA
De granulometria fina
Color amarilla

LL: -
IP: -
USC: SM
AASHTO: A-2-4

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	355.00	36.86	36.86	63.14	-
0.075 mm	No. 200	468.00	48.60	85.46	14.54	-
Fondo		140.00	14.54	100.00	0.00	-
Suma=		963.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	0.00 %
Cc=	ARENAS	85.46 %
	FINOS	14.54 %

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL: ARENA LIMOSA

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE: GOBERNACION DE ARAUCA

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

CONTRATO No.:

FECHA: JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-04
MUESTRA: M2

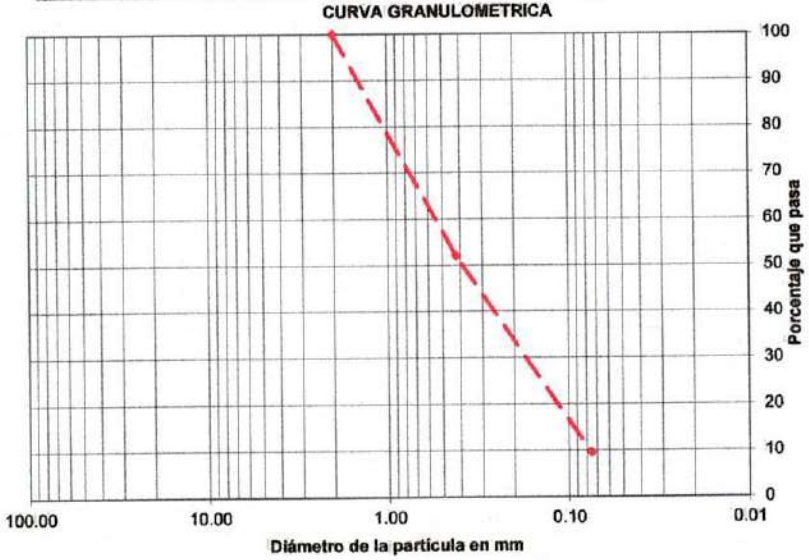
Peso Total 1 960.00 grs
Peso Total 2 869.00 grs
Pérdida por Lavado 91.00 grs

Descripción: ARENA MAL GRADUADA CON LIMO
De granulometria fina
Color amarilla

LL: -
IP: -
USC: SM - SP
AASHTO: A-3

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	460.00	47.92	47.92	52.08	-
0.075 mm	No. 200	409.00	42.60	90.52	9.48	-
Fondo		91.00	9.48	100.00	0.00	-
Suma=		960.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	0.00 %
Cc=	ARENAS	90.52 %
	FINOS	9.48 %

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	**MATERIAL:** ARENA MAL GRADUADA CON LIMO
	LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO
SOLICITANTE: GOBERNACION DE ARAUCA	**REVISO:** ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS
	CONTRATO No.: / **FECHA:** JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-05
MUESTRA: M1

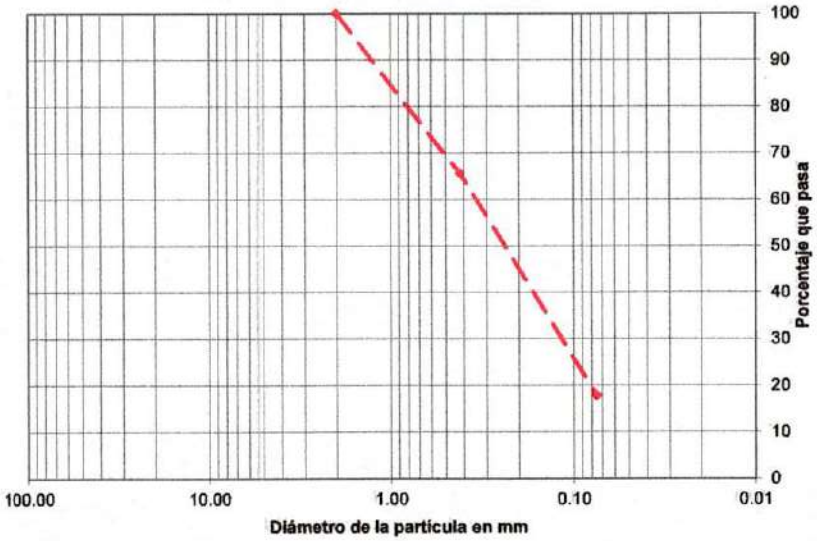
Peso Total 1 949.00 grs
Peso Total 2 780.00 grs
Pérdida por Lavado 169.00 grs

Descripción: ARENA LIMOSA
De granulometría fina
Color amarilla

LL: -
IP: -
USC: SM
AASHTO: A-2-4

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	326.00	34.35	34.35	65.65	-
0.075 mm	No. 200	454.00	47.84	82.19	17.81	-
Fondo		169.00	17.81	100.00	0.00	-
Suma=		949.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	0.00 %
Cc=	ARENAS	82.19 %
	FINOS	17.81 %

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL: ARENA LIMOSA

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE: GOBERNACION DE ARAUCA

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

CONTRATO No.:

FECHA: JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-05
MUESTRA: M2

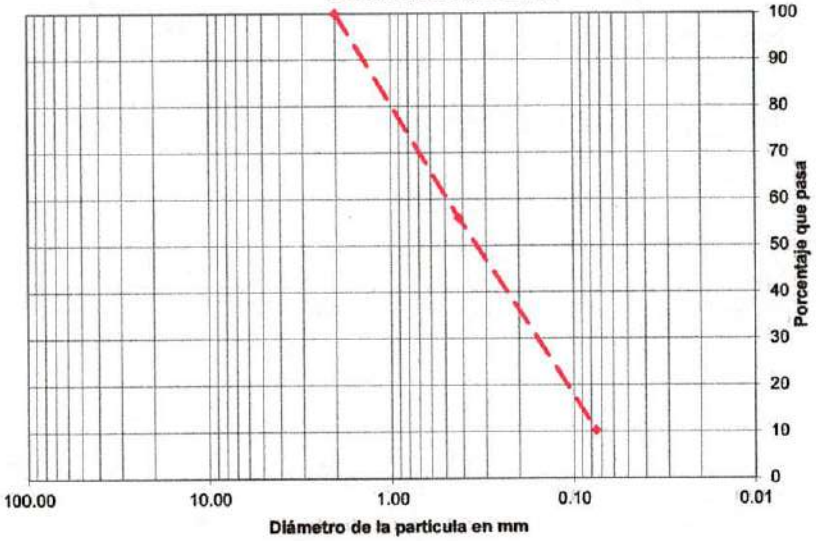
Peso Total 1 950.00 grs
Peso Total 2 853.00 grs
Pérdida por Lavado 97.00 grs

Descripción: ARENA MAL GRADUADA CON LIMO
De granulometría fina
Color amarilla

LL: -
IP: -
USC: SP - SM
AASHTO: A-3

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	418.00	44.00	44.00	56.00	-
0.075 mm	No. 200	435.00	45.79	89.79	10.21	-
Fondo		97.00	10.21	100.00	0.00	-
Suma=		950.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	0.00 %
Cc=	ARENAS	89.79 %
	FINOS	10.21 %

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL: ARENA MAL GRADUADA CON LIMO

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE: GOBERNACION DE ARAUCA

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

CONTRATO No.:

FECHA: JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-06
MUESTRA: M1

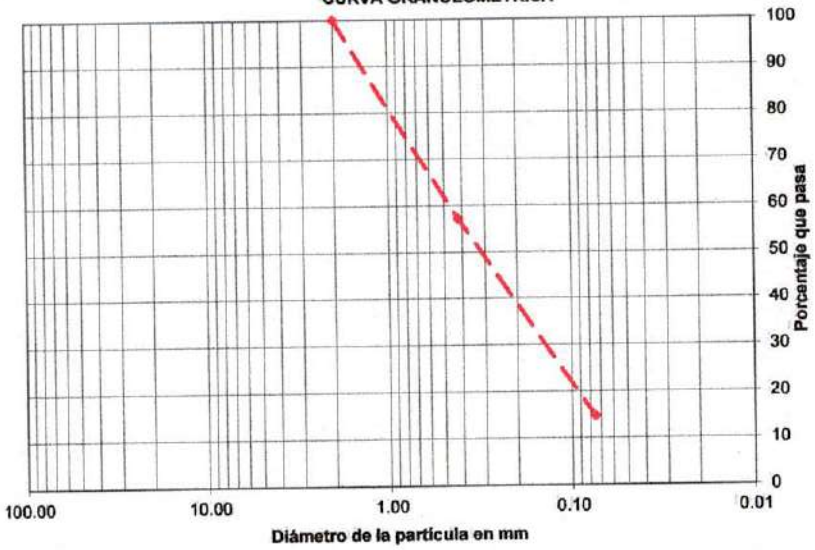
Peso Total 1 929.00 grs
Peso Total 2 792.00 grs
Pérdida por Lavado 137.00 grs

Descripción: ARENA LIMOSA
De granulometría fina
Color amarilla

LL: -
IP: -
USC: SM
AASHTO: A-2-4

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	398.00	42.84	42.84	57.16	-
0.075 mm	No. 200	394.00	42.41	85.25	14.75	-
Fondo		137.00	14.75	100.00	0.00	-
Suma=		929.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	0.00 %
Cc=	ARENAS	85.25 %
	FINOS	14.75 %

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL: ARENA LIMOSA

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE: GOBERNACION DE ARAUCA

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

CONTRATO No.:

FECHA: JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-06
MUESTRA: M2

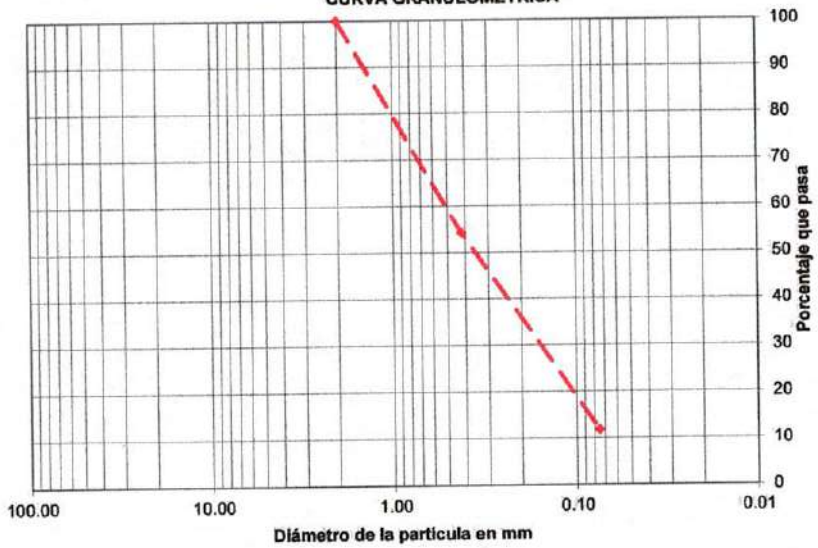
Peso Total 1 917.00 grs
Peso Total 2 809.00 grs
Pérdida por Lavado 108.00 grs

Descripción: ARENA MAL GRADUADA CON LIMO
Color amarilla

LL: -
IP: -
USC: SM-SP
AASHTO: A-2-4

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

CURVA GRANULOMETRICA



TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Retén 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	419.00	45.69	45.69	54.31	-
0.075 mm	No. 200	390.00	42.53	88.22	11.78	-
Fondo		108.00	11.78	100.00	0.00	-
Suma=		917.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	0.00 %
Cc=	ARENAS	88.22 %
	FINOS	11.78 %

Ref: NTC 77-78

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL: ARENA MAL GRADUADA CON LIMO

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE: GOBERNACION DE ARAUCA

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

CONTRATO No.:

FECHA: JUNIO DE 2026

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	GOBERNACION DE ARAUCA			**APIQUE No.**	S-01
FECHA	JUNIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	0.00 - 0.60 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLO				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9945		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	3997		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.888		
Humedad natural del suelo (%)	8.39		
Densidad seca (gr/cm3)	1.742		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo M

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	GOBERNACION DE ARAUCA			**APIQUE No.**	S-01
FECHA	JUNIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	0.60 - 6.00 m	**MUESTRA No.**	2
DESCRIPCION	GRAVA LIMOSA CON ARENA COLOR AMARILLO				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	10389		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4441		
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.098		
Humedad natural del suelo (%)	6.98		
Densidad seca (gr/cm3)	1.961		

OBSERVACIONES

Enderson Cava

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo M

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	GOBERNACION DE ARAUCA			**APIQUE No.**	S-02
FECHA	JUNIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	0.00 - 0.50 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLA				

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 (%)	9.14		
Densidad seca (gr/cm3)	1.715		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo M

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	GOBERNACION DE ARAUCA			**APIQUE No.**	S-02
FECHA	JUNIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	0.50 - 6.00 m	**MUESTRA No.**	2
DESCRIPCION	GRAVA MAL GRADUADA CON LIMO CON ARENA COLOR AMARILLO				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	10341		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4393		
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.075		
Humedad natural del suelo (%)	5.57		
Densidad seca (gr/cm3)	1.966		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo M

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	GOBERNACION DE ARAUCA			**APIQUE No.**	S-03
FECHA	JUNIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	0.00 - 0.60 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLA				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9928		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	3980		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.880		
Humedad natural del suelo (%)	6.65		
Densidad seca (gr/cm3)	1.763		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	GOBERNACION DE ARAUCA			**APIQUE No.**	S-03
FECHA	JUNIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	0.60 - 6.00 m	**MUESTRA No.**	2
DESCRIPCION	GRAVA LIMOSA CON ARENA COLOR AMARILLO				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	10368		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4420		
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.088		
Humedad natural del suelo (%)	4.92		
Densidad seca (gr/cm3)	1.990		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo M

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	GOBERNACION DE ARAUCA			**APIQUE No.**	S-04
FECHA	JUNIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	0.00 - 1.80 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLO				

Diametro del molde (cm)	10.17		
Altura del molde (cm)	11.64		
Volumen del molde (cm3)	946		
W suelo húmedo + molde (gr)	5304		
W molde (gr)	3678		
W suelo húmedo (gr)	1626		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.720		
Humedad natural del suelo (%)	6.54		
Densidad seca (gr/cm3)	1.614		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo M

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	GOBERNACION DE ARAUCA			**APIQUE No.**	S-04
FECHA	JUNIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	1.80 - 6.00 m	**MUESTRA No.**	2
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLO CON GRIS				

Diametro del molde (cm)	10.17		
Altura del molde (cm)	11.64		
Volumen del molde (cm3)	946		
W suelo húmedo + molde (gr)	5379		
W molde (gr)	3678		
W suelo húmedo (gr)	1701		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.799		
Humedad natural del suelo (%)	9.06		
Densidad seca (gr/cm3)	1.650		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo M

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	GOBERNACION DE ARAUCA			**APIQUE No.**	S-05
FECHA	JUNIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	0.00 - 1.60 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLA				

Diametro del molde (cm)	10.17		
Altura del molde (cm)	11.64		
Volumen del molde (cm3)	946		
W suelo húmedo + molde (gr)	5318		
W molde (gr)	3678		
W suelo húmedo (gr)	1640		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.734		
Humedad natural del suelo (%)	7.38		
Densidad seca (gr/cm3)	1.615		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	GOBERNACION DE ARAUCA			**APIQUE No.**	S-05
FECHA	JUNIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	1.60 - 6.00 m	**MUESTRA No.**	2
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLO CON GRIS				

Diametro del molde (cm)	10.17		
Altura del molde (cm)	11.64		
Volumen del molde (cm3)	946		
W suelo húmedo + molde (gr)	5395		
W molde (gr)	3678		
W suelo húmedo (gr)	1717		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.816		
Humedad natural del suelo (%)	11.16		
Densidad seca (gr/cm3)	1.634		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo M

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	GOBERNACION DE ARAUCA			**APIQUE No.**	S-06
FECHA	JUNIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	0.00 - 1.70 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLA				

Diametro del molde (cm)	10.17		
Altura del molde (cm)	11.64		
Volumen del molde (cm3)	946		
W suelo húmedo + molde (gr)	5294		
W molde (gr)	3678		
W suelo húmedo (gr)	1616		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.709		
Humedad natural del suelo (%)	9.58		
Densidad seca (gr/cm3)	1.560		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	GOBERNACION DE ARAUCA			**APIQUE No.**	S-06
FECHA	JUNIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	1.70 - 6.00 m	**MUESTRA No.**	2
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLO CON GRIS				

Diametro del molde (cm)	10.17		
Altura del molde (cm)	11.64		
Volumen del molde (cm3)	946		
W suelo húmedo + molde (gr)	5349		
W molde (gr)	3678		
W suelo húmedo (gr)	1671		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.767		
Humedad natural del suelo (%)	14.72		
Densidad seca (gr/cm3)	1.540		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

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

ANEXO A-4. DOCUMENTOS GEOTECNISTA

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA
88.215.089
DELGADO MONTAGUT
JOAQUIN EDUARDO

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
INDICE DERECHO

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

Universidad de Santander UDES

VIGILADA MINEDUCACIÓN Institución de Educación Superior Sujeta a Inspección y Vigilancia por el Ministerio de Educación Nacional / Artículo 4, Resolución 12220 de 2016

ACTA DE GRADO No 65456

En la ciudad de Bucaramanga, Departamento de Santander, República de Colombia a los ***CATORCE (14)*** *días del mes* ***FEBRERO*** *del año* ***DOS MIL DIECIOCHO (2018)*** *se reunió el Consejo Académico de la* ***UNIVERSIDAD DE SANTANDER***
Presidió la sesión JAIME RESTREPO CUARTAS y
obró como Secretario JOSÉ ASTHUL RANGEL CHACÓN
Considerando el Consejo que ***JOAQUÍN EDUARDO DELGADO MONTAGUT***
Con cédula de ciudadanía número ***88215089*** *Expedida* ***CÚCUTA***
y libreta militar número Expedida por
Cumplió con las disposiciones legales, reglamentarias, presentó el proyecto de grado con el título

ESTUDIO DE ESTABILIDAD EVALUACIÓN DEL RIESGO Y AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA IMPACTO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE LA PLANTA PARA LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE ARCILLA LADRILLERA CASABLANCA S.A.S

y obtuvo un promedio ponderado en su carrera ***4.38 (CUATRO PUNTO TREINTA Y OCHO)*** *sobre cinco.*
En consideración a lo anterior y obrando en nombre de la República de Colombia se le otorgó el título de

ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

Bajo la gravedad de juramento, el graduando prometió cumplir con los deberes propios del ejercicio de su profesión.

En constancia se extiende y firma la presente acta.

Rector, JAIME RESTREPO CUARTAS

Secretario General, JOSÉ ASTHUL RANGEL CHACÓN

Hay un sello que dice: REPUBLICA DE COLOMBIA, BUCARAMANGA, UNIVERSIDAD DE SANTANDER.
Es fiel copia de su original tomada el día ***CATORCE (14)*** *del mes de* ***FEBRERO*** *de* ***DOS MIL DIECIOCHO (2018).***

Registrado en el Folio No. ***63853,*** *Libro* ***D-5*** *Diploma No* ***54126***

JOSÉ ASTHUL RANGEL CHACÓN
Secretario General

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2025-3422738

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 veintisiete (27) días del mes de Febrero del año dos mil veinticinco (2025).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firma del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Micrositio/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

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

ANEXO A-5. MEMORIA DE RESPONSABILIDAD Y CESIÓN DE DERECHOS

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 para el proyecto cuyo objeto es ***"MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA",*** de conformidad con lo establecido en el Art. 22 del Decreto 1469 de 2010, NSR 10 y demás normas vigentes.

Por lo anterior, manifiesto que es viable el proyecto de construcción, siempre y cuando se construyan las obras según las recomendaciones conforme a los estudios realizados.

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

Declaro así mismo, que asumo la responsabilidad por los perjuicios que por causa de ellos pueda deducirse, exonerando a la Gobernación de Arauca de cualquier responsabilidad.

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por el departamento 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 diez (10) días del mes de junio de 2026.

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 **ESTUDIO DE SUELOS** para el proyecto cuyo objeto es: "***MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS INDÍGENAS U'WA CALAFITAS, ALTO SAN MIGUEL Y TUTUKANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA***".

Por lo anterior, manifiesto ceder plenamente los derechos a la **GOBERNACION DE ARAUCA**.

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 diez (10) días del mes de junio de 2026.

Cordialmente,

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