



# ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA OBRAS DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA – JORNADA ÚNICA GRUPO 9 C.E.M. EL SOCORRO SEDE SAN GABRIEL – SAN JUAN DE PASTO – NARIÑO

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN .....	4
2.	OBJETIVOS .....	5
3.	CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR Y DE LA ESTRUCTURA.....	5
4.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO .....	6
4.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL .....	6
4.2.	GEOLOGÍA .....	6
5.	INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO Y LABORATORIOS.....	9
6.	LOCALIZACIÓN EXPLORACIONES DE CAMPO .....	9
7.	INFORME FOTOGRÁFICO.....	11
8.	DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES ESTRATOS DEL SUBSUELO.....	15
9.	ANÁLISIS PARA EL DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN.....	26
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	30

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. LEYENDAS Y DESCRIPCIÓN GEOLOGÍA SECTOR EN ESTUDIO – PLANCHA: 429 PASTO, INGEOMINAS 1991 - 2009. ....	8
TABLA 2. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR PERFORACIÓN P-1. ....	15
TABLA 3. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR PERFORACIÓN P-2. ....	16
TABLA 4. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR PERFORACIÓN P-3. ....	17
TABLA 5. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR PERFORACIÓN P-4 (P-1 ADICIONAL). ....	18
TABLA 6. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR PERFORACIÓN P-5 (P-2 ADICIONAL). ....	18
TABLA 7. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR PERFORACIÓN P-6 (P-3 ADICIONAL). ....	19
TABLA 8. FACTORES DE CORRECCIÓN VALOR DE N. ....	19
TABLA 9. CORRECCIÓN DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR PERFORACIONES P-1 A P-3. ....	20
TABLA 10. CORRECCIÓN DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR PERFORACIONES P-4 A P-6. ....	20
TABLA 11. VALORES DE CBR PARA SER USADOS EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO. (CLASIFICACIÓN DE CALIDAD DE SUBRASANTE DE ACUERDO A BOWLES, 1981; MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS EN INGENIERÍA CIVIL). ....	21
TABLA 12. RESUMEN RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO. ....	23
TABLA 13. FRANJAS GRANULOMÉTRICAS DEL MATERIAL DE AFIRMADO. (TABLA 311.2 INV-13). ....	27
TABLA 14. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE PILOTES. ....	28
TABLA 15. SOBRECARGO DEL MEJORAMIENTO CON RESPECTO A LADO DE LA ZAPATA RESULTANTE DEL DISEÑO. ....	31
TABLA 16. CÁLCULO ASENTAMIENTOS EDOMÉTRICOS PARA DIFERENTES DISTANCIAS. ....	33
TABLA 17. COEFICIENTES DE BALASTO PARA DISEÑO DE FUNDACIÓN ALTERNATIVA DE CIMENTACIÓN 1. ....	33
TABLA 18. COEFICIENTES DE BALASTO PARA DISEÑO ESTRUCTURAL PILOTES CIMENTACIÓN PARA LAS AMPLIACIONES DE COLEGIOS DEL PROYECTO ESPACIOS PARA APRENDER MINISTERIO DE EDUCACIÓN GRUPO 9 (C.E.M. EL SOCORRO SEDE SAN GABRIEL – PASTO – NARIÑO). ....	38
TABLA 19. COEFICIENTES DE BALASTO PARA DISEÑO DE FUNDACIÓN. ....	40
TABLA 20. CÁLCULO DEL PERIODO DEL SUELO PARA CLASIFICACIÓN DE PERFIL DE ACUERDO A NSR-10 TITULO A. ....	41

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. GEOLOGÍA SECTOR EN ESTUDIO, PLANCHA 429 PASTO – INGEOMINAS 1991 - 2009. ....	8
FIGURA 2. LOCALIZACIÓN DE EXPLORACIONES DE CAMPO. ....	10
FIGURA 3. ESTRATIGRAFÍA PERFORACIÓN P-1. ....	23
FIGURA 4. ESTRATIGRAFÍA PERFORACIÓN P-2. ....	24
FIGURA 5. ESTRATIGRAFÍA PERFORACIÓN P-3. ....	24
FIGURA 6. ESTRATIGRAFÍA PERFORACIÓN P-4. ....	25
FIGURA 7. ESTRATIGRAFÍA PERFORACIÓN P-5. ....	25
FIGURA 8. ESTRATIGRAFÍA PERFORACIÓN P-6. ....	26
FIGURA 9. FACTOR DE CAPACIDAD DE CARGA $N_q$ Y RELACIONES DE PROFUNDIDAD CRÍTICA PARA PILOTES HINCADOS EN FUNCIÓN DE $\phi$ (MEYERHOF 1.976). ....	29
FIGURA 10. DISEÑO DEL MEJORAMIENTO CIMENTACIÓN PARA LAS AMPLIACIONES DE COLEGIOS DEL PROYECTO ESPACIOS PARA APRENDER MINISTERIO DE EDUCACIÓN GRUPO 9 (C.E.M. EL SOCORRO SEDE SAN GABRIEL – PASTO – NARIÑO). ....	31
FIGURA 11. RESISTENCIA POR PUNTA Y POR EL FUSTE PILOTE DE CONCRETO HINCADO DE $L = 4.00$ METROS Y LADO $B = 0.25$ M – PARA LAS AMPLIACIONES DE COLEGIOS DEL PROYECTO ESPACIOS PARA APRENDER MINISTERIO DE EDUCACIÓN GRUPO 9 (C.E.M. EL SOCORRO SEDE SAN GABRIEL – PASTO – NARIÑO). ....	37
FIGURA 12. DISTRIBUCIÓN DE PILOTES CIMENTACIÓN PARA LAS AMPLIACIONES DE COLEGIOS DEL PROYECTO ESPACIOS PARA APRENDER MINISTERIO DE EDUCACIÓN GRUPO 9 (C.E.M. EL SOCORRO SEDE SAN GABRIEL – PASTO – NARIÑO). ....	39
FIGURA 13. TIPOLOGÍA CIMENTACIÓN LOSAS PARA LAS AMPLIACIONES DE COLEGIOS DEL PROYECTO ESPACIOS PARA APRENDER MINISTERIO DE EDUCACIÓN GRUPO 9 (C.E.M. EL SOCORRO SEDE SAN GABRIEL – PASTO – NARIÑO). ....	40
FIGURA 14. TIPOLOGÍA FILTRO PERIMETRAL. ....	42



## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍAS 1 Y 2. VISTA GENERAL DEL SECTOR OBJETO DEL ESTUDIO. ....	4
FOTOGRAFÍAS 3 A 5. EXPLORACIONES DE CAMPO Y ESTRATIGRAFÍA PERFORACIÓN P-1 .....	11
FOTOGRAFÍAS 6 A 8. EXPLORACIONES DE CAMPO Y ESTRATIGRAFÍA PERFORACIÓN P-2 .....	11
FOTOGRAFÍAS 9 A 11. EXPLORACIONES DE CAMPO Y ESTRATIGRAFÍA PERFORACIÓN P-3 .....	12
FOTOGRAFÍAS 12 A 14. EXPLORACIONES DE CAMPO Y ESTRATIGRAFÍA PERFORACIÓN P-4 .....	12
FOTOGRAFÍAS 15 A 17. EXPLORACIONES DE CAMPO Y ESTRATIGRAFÍA PERFORACIÓN P-5 .....	13
FOTOGRAFÍAS 18 A 20. EXPLORACIONES DE CAMPO Y ESTRATIGRAFÍA PERFORACIÓN P-6 .....	13
FOTOGRAFÍAS 21 A 24. EXPLORACIONES DE CAMPO PDC 1 A 4. ....	14
FOTOGRAFÍAS 25 A 28. EXPLORACIONES DE CAMPO PDC 1 A 4 (ADICIONALES). ....	14



## ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA OBRAS DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA – JORNADA ÚNICA GRUPO 9 C.E.M. EL SOCORRO SEDE SAN GABRIEL – SAN JUAN DE PASTO – NARIÑO

### 1. INTRODUCCIÓN

El estudio que a continuación se detalla se elaboró por solicitud de CONSORCIO INFRAEDUC Atte.: MIGUEL ÁNGEL NAVARRO MARTÍNEZ, Responsables del proyecto.

El análisis Geotécnico se realizó sobre un sector de aproximadamente 1.200 metros cuadrados de área, en donde se proyecta la construcción de aulas de clase, baterías sanitarias, laboratorios de Física y Química, comedor y cocina (Aula múltiple), áreas recreativas y canchas deportivas, y circulación cubiertas abiertas destinadas a uso Institucional, las cuales estarán ubicadas en las instalaciones del Centro Educativo Municipal El Socorro Sede San Gabriel, Vereda San Gabriel en el municipio de San Juan de Pasto del departamento de Nariño.

El sector, en el momento de realizar el estudio, se encuentra en funcionamiento las instalaciones del C.E.M. El Socorro Sede San Gabriel, conformada por bloques de un piso sin sótano, áreas verdes, cancha multifuncional, zonas de tránsito vehicular y peatonal, y cerramiento con un muro de ladrillo y malla. El lote presenta una topografía plana a ondulada. Una vista general del sector se muestra en las fotografías 1 y 2.



*Fotografías 1 y 2. Vista general del sector objeto del estudio.*

El estudio que a continuación se detalla comprende:

- ✓ Trabajo de campo y toma de muestras.
- ✓ Ejecución, cálculo y presentación de los diferentes ensayos de laboratorio y de campo realizados.
- ✓ Descripción e identificación de la estratigrafía encontrada en el sector.
- ✓ Análisis y recomendaciones para el diseño geotécnico de la cimentación más adecuada de las estructuras a construir.
- ✓ Informe fotográfico de los trabajos de campo.

## 2. OBJETIVOS

Los objetivos que se anotan a continuación se orientan a dar recomendaciones geotécnicas para el diseño de la cimentación de estructuras de uno a tres pisos sin sótano y plazoletas de tránsito peatonal destinadas a uso Institucional, las cuales estarán ubicadas en las instalaciones del Centro Educativo Municipal El Socorro Sede San Gabriel, Vereda San Gabriel en el municipio de San Juan de Pasto del departamento de Nariño y de acuerdo a lo anotado en la NSR-10 Título H - Capitulo H-3:

- 2.1 Conocer el perfil estratigráfico del subsuelo del sector y la posición del nivel freático.
- 2.2 Determinar los parámetros necesarios para el diseño de la cimentación de las diferentes estructuras a construir.
- 2.3 Hacer un análisis y dar recomendaciones para la cimentación más adecuada, teniendo en cuenta que la presión máxima de contacto sobre el terreno sea inferior a la capacidad portante del suelo existente, que no se presenten grandes asentamientos y que sea la más económica; con lo que se garantiza el funcionamiento y la estabilidad de la estructura bajo la solicitud de las cargas de trabajo.
- 2.4 Recomendar procesos constructivos específicos de la obra.
- 2.5 Suministrar parámetros sísmicos para la obtención del espectro de diseño.

## 3. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR Y DE LA ESTRUCTURA

Según la información suministrada por CONSORCIO INFRAEDUC Atte.: MIGUEL ÁNGEL NAVARRO MARTÍNEZ, Responsables del proyecto, en el sector se realizará la construcción de estructuras de uno a tres pisos sin sótano y plazoletas de tránsito peatonal destinadas a uso Institucional, las cuales estarán ubicadas en las instalaciones del Centro Educativo Municipal El Socorro Sede San Gabriel, Vereda San Gabriel en el municipio de San Juan de Pasto del departamento de Nariño.

Sus estructuras estarán conformadas por pórticos, trabes, vigas, losas, muros estructurales y columnas en concreto reforzado.

## 4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO

### 4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL<sup>1</sup>

La plancha 429 – Pasto, ubicada en el Departamento de Nariño, se extiende desde las estribaciones orientales de la Cordillera Occidental hasta las partes más altas de la Cordillera Centro-Oriental, y geomorfológicamente hace parte del denominado Nudo de los Pastos o Mirador de Huaca, sitio donde comienzan a individualizarse las cordilleras colombianas. Las principales vías de comunicación son las carreteras Panamericana, Pasto – Mocoa y Pasto – Túquerres – Tumaco; Pasto cuenta con aeropuerto activo. Además de Pasto, se destacan como centros de actividad económica Túquerres, Samaniego, Sandoná, El Encano y Fúnes; la principal actividad humana productiva es la agropecuaria.

La principal red de drenaje es la del río Guaitara que desemboca al río Patía y este a su vez dona sus aguas al Océano Pacífico. El río Guamués que surte y frena la laguna de La Cocha, es tributario del Putumayo y éste del Amazonas que desagua en el Océano Atlántico. La topografía es abrupta, causada por el levantamiento de Los Andes mediante esfuerzos compresionales y por la actividad volcánica y la fuerte erosión causada por los ríos que labran valles muy profundos y estrechos en V; las alturas están comprendidas entre las cotas 940 m, en el río Guaitara al E de Ancuya y 4276 m, en la cumbre del Volcán Galeras; las precipitaciones anuales fluctúan entre 800 y 1500 mm, siendo marzo – abril el lapso más lluvioso. Las temperaturas promedio varían dentro del rango 5-25 °C.

### 4.2. GEOLOGÍA

#### ERA CENOZOICA

**VULCANITAS:** Los depósitos relacionados con la actividad volcánica del Terciario – Cuaternario cubren un 75% de la plancha geológica y están asociados a diferentes centros de erupción, localizados en el Altiplano Nariñense y en las Cordilleras Occidental y Centro – Oriental. Algunos de estos focos volcánicos se encuentran fuera de la plancha; se han detectado 36 de ellos (cráteres y calderas), dentro del área trabajada; de estos últimos solamente el Volcán Galeras es activo e desde febrero de 1989 abandonó su estado de reposo produciendo varias emisiones pequeñas de ceniza, los demás se consideran extintos y sus aparatos se encuentran total o parcialmente destruidos.

**LAVAS (Tqvl):** Afloran especialmente en el área del Complejo Volcánico del Galeras; se trata principalmente de flujos masivos de forma tabular y algunos escoriáceos, lavas aa y lavas en bloques; generalmente se hayan intercalados con otros materiales volcánicos; son rocas porfíricas, con fenocristales que rara vez sobrepasan los 2 mm en su mejor diámetro y que presentan evidentes texturas de flujo.

<sup>1</sup>Memoria explicativa geología de la Plancha 429 – Pasto Escala 1:100.000 Ingeominas 1991.

Son principalmente andesitas de dos piroxenos y plagioclasa cálcica y dacitas con anfíbol y plagioclasa sódica; además pueden presentar cuarzo microcristalino, olivino y biotita como accesorio o xenocristales; el vidrio se presenta en la matriz y/o rellenando vesículas en proporciones variables.

**DEPÓSITOS COLUVIALES Y ALUVIALES (Qcal):** Los más importantes están localizados en la ciudad de Pasto en el río El Barranco y en el área de San Ignacio. Los depósitos aluviales se componen de gravas, arenas, limos y arcillas asociadas a los canales fluviales y a los valles de inundación. Los depósitos coluviales forman generalmente conos de deyección y se componen de material no homogéneo en tamaños, y a veces ni en origen. Estos tipos de depósitos son Cuaternarios y muchos de ellos están en proceso de formación.

**LLUVIAS DE CENIZA (Qvc):** Representan la actividad explosiva de los diferentes focos volcánicos, están suavizando una morfología pre existente y modelan, en gran parte, la actual. Son importantes los depósitos del Este de Pasto, los del sector de Bomboná y Yacuanquer y los de Imués y Funes, presentan una morfología de lomas pequeñas y redondeadas, con estructuras típicas de depósitos sedimentarios como gradación,

Los depósitos se componen fundamentalmente de vidrio, biotita, plagioclasa, hornblenda, cuarzo, feldespato potásico y fragmentos de pumita. Predominan las composiciones dacítica y andesítica.

Origen: La actividad volcánica cenozoica ha sido de tipo lávico – piroclástica, asociada principalmente a volcanes, compuestos. Las lavas del Terciario – Cuaternario se relacionan con focos volcánicos activos y extintos que, por lo general, se desarrollan en intersecciones de fallas. De análisis petrográficos y químicos, se puede concluir que la mayoría de estas lavas, predominantemente andesitas, pertenecen principalmente a la serie calcoalcalina de márgenes continentales activos, y fueron formadas a partir de magmas originados en la placa que subduce y en la cuña del manto sobre ella, con contaminación más o menos importante.

## FALLAS GEOLÓGICAS

La tectónica en la Plancha 429 – Pasto es muy complicada. Su reflejo es la convergencia de las tres cordilleras colombianas, junto con el estrechamiento y levantamientos de las depresiones interandinas del Valle del Magdalena del Cauca – Patía- A partir de la interpretación de imágenes Landsat, se ha querido seguir el trazo de importantes megafallas, las cuales en el área trabajada desaparecen bajo los potentes depósitos volcánicos Terciario – Cuaternarios. La actividad cuaternaria de estas fallas en algunos casos es evidente.

Los siguientes son los principales rasgos estructurales.

**Sistema de Fallas río Cauca.**

Conformado por una serie de fallas inversas orientadas en dirección N10°E a N35°E, las cuales ponen en contacto a la cordillera Occidental con la depresión Cauca – Patía. A este sistema pertenecen las fallas Cauca – Patía, Aguada – San Francisco y Ancuya.

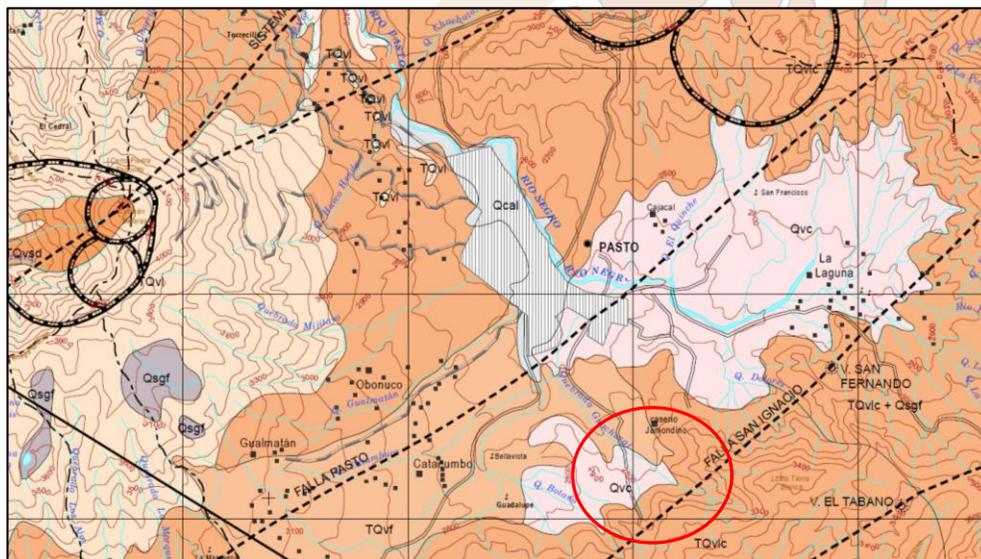
**Sistema de Fallas Romeral.**

Su trazo principal pasa por el Volcán Galeras, tiene una dirección N45°E y hacia el sur, tiende a N10°E, donde se continúa por el río Guaitara. La falla de Buesaco se asocia a este sistema; es común encontrar complejos caldéricos en el trazo de estas fallas.

En la figura 1 y tabla 1 se detalla la geología del sector en estudio, con sus respectivas leyendas mediante la descripción de la plancha geológica 429 de Ingeominas.

LEYENDA	DESCRIPCIÓN
<b>Qcal</b>	<b>DEPÓSITOS COLUVIALES Y ALUVIALES:</b> Depósitos de coluvio y aluvio, exceptuando terrazas.
<b>TQvl</b>	<b>LAVAS:</b> Maciza, escoriáceas y en bloques. Son cuarzo-latiandesitas, cuarzo-andesitas, latiandesitas, andesitas y dacitas de la seria calcoalcalina. Sus edades varían entre el Mioceno Superior y el presente.
<b>Qvc</b>	<b>LLUVIAS DE CENIZA:</b> Cenizas del tipo “ash fall” que modelan la topografía actual. Generalmente se presentan varios niveles separados por paleosuelos.

**Tabla 1.** Leyendas y descripción geología sector en estudio – Plancha: 429 Pasto, Ingeominas 1991 - 2009.



**Figura 1.** Geología sector en estudio, Plancha 429 Pasto – Ingeominas 1991 - 2009.

## 5. INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO Y LABORATORIOS

Los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se elaboraron de acuerdo a las NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10. TÍTULO H. CAPITULO H.3:

Tabla H.3.1-1  
Clasificación de las unidades de construcción por categorías

Categoría de la unidad de construcción	Según los niveles de construcción	Según las cargas máximas de servicio en columnas (kN)
<b>Baja</b>	Hasta 3 niveles	Menores de 800 kN
<b>Media</b>	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4,000 kN
<b>Alta</b>	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4,001 y 8,000 kN
<b>Especial</b>	Mayor de 20 niveles	Mayores de 8,000 kN

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

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

- CATEGORIA DE LA EDIFICACIÓN: **BAJA**
- NÚMERO MÍNIMO DE EXPLORACIONES: **3**
- PROFUNDIDAD SUGERIDA Y LIMITADA A H.3.2.4. (g): **6 metros.**

Las exploraciones se ubicaron convenientemente en el sector. Ver Figura 2. Ubicación de exploraciones e informe fotográfico.

De las exploraciones se tomaron muestras a medida que la estratigrafía cambiaba, para realizarles las pruebas de laboratorio como humedad natural, límites de Atterberg, granulometrías, compresión inconfiada, corte directo (UU) y pruebas de campo como penetración estándar a partir del equipo de perforación a percusión y rotación, y CBR deducido a partir del penetrómetro dinámico de cono PDC.

Al final del informe se anexan los resultados de las diferentes pruebas.

## 6. LOCALIZACIÓN EXPLORACIONES DE CAMPO

La localización general del sector en estudio y localización de las exploraciones de campo realizadas para desarrollo del presente estudio geotécnico, se muestra en la figura 2.

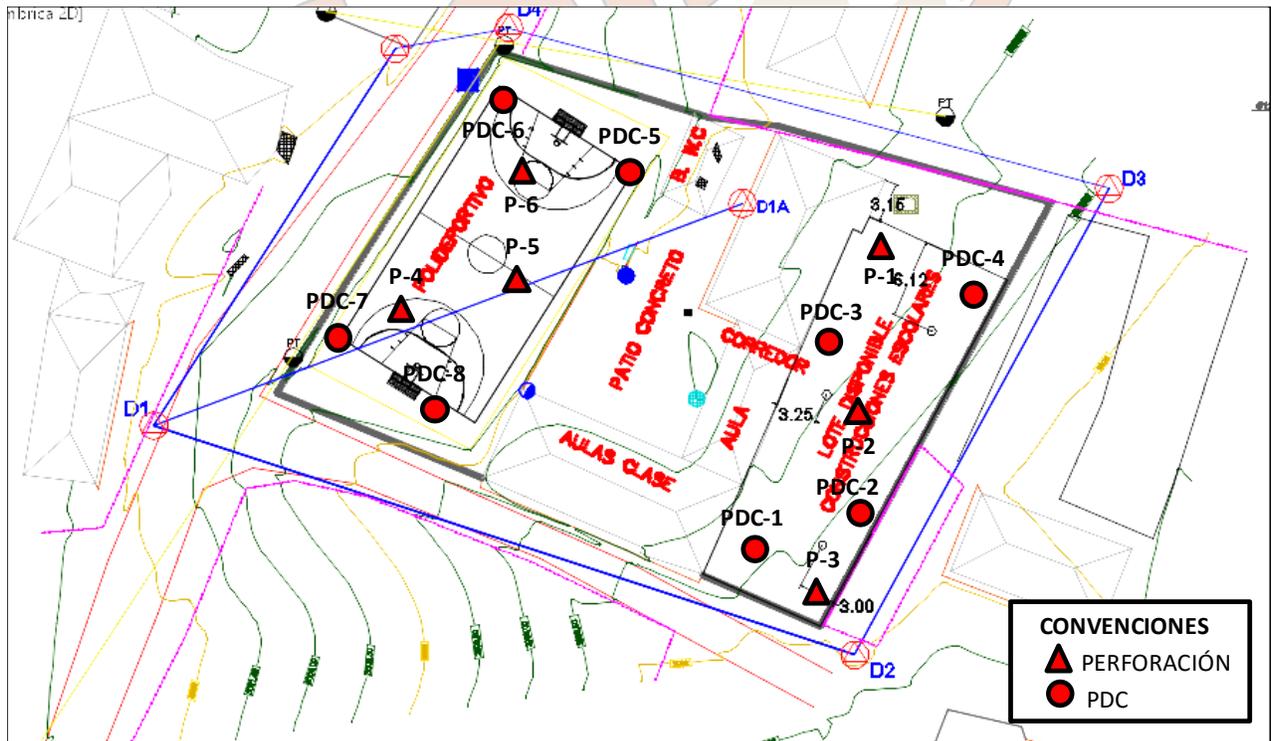


Figura 2. Localización de exploraciones de campo.

## 7. INFORME FOTOGRÁFICO

### 7.1. PERFORACIÓN P-1



Fotografías 3 a 5. Exploraciones de campo y estratigrafía Perforación P-1

### 7.2. PERFORACIÓN P-2



Fotografías 6 a 8. Exploraciones de campo y estratigrafía Perforación P-2

### 7.3. PERFORACIÓN P-3



*Fotografías 9 a 11. Exploraciones de campo y estratigrafía Perforación P-3*

### 7.4. PERFORACIÓN P-4 (P-1 ADICIONAL)



*Fotografías 12 a 14. Exploraciones de campo y estratigrafía Perforación P-4*

### 7.5. PERFORACIÓN P-5 (P-2 ADICIONAL)



Fotografías 15 a 17. Exploraciones de campo y estratigrafía Perforación P-5

### 7.6. PERFORACIÓN P-6 (P-3 ADICIONAL)



Fotografías 18 a 20. Exploraciones de campo y estratigrafía Perforación P-6

### 7.7. PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO (PDC)



Fotografías 21 a 24. Exploraciones de campo PDC 1 a 4.

### 7.8. PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO (PDC)



Fotografías 25 a 28. Exploraciones de campo PDC 1 a 4 (ADICIONALES).

## 8. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES ESTRATOS DEL SUBSUELO

Teniendo en cuenta la estratigrafía observada, ensayos de laboratorio y de campo; ésta se presenta con homogeneidad en el sector, constituida esencialmente por limos orgánicos poco plásticos, limos poco plásticos y algunos limos muy plásticos color café y gris de diferentes tonalidades.

La estratigrafía se describe de la siguiente manera:

**PERFORACIÓN P-1:** Inicialmente y hasta la profundidad máxima de esta exploración que fue de 6.25 metros, se encuentra un limo poco plástico color café de diferentes tonalidades con vetas de varios colores, que de acuerdo a la Clasificación Unificada de los Suelos U.S.C. se trata de un ML. A tres muestras inalteradas de este estrato, se le realizó un ensayo de Corte Directo del tipo sin consolidar y sin drenar, dando los siguientes parámetros de resistencia:

Profundidad = 1.50 metros

Cohesión sin drenar pico: 0.02 Kg/cm<sup>2</sup>.

Ángulo de fricción interna pico: 11.26°

Peso unitario húmedo: 1.62 Ton/m<sup>3</sup>

Profundidad = 3.50 metros

Cohesión sin drenar pico: 0.43 Kg/cm<sup>2</sup>.

Ángulo de fricción interna pico: 5.74°

Peso unitario húmedo: 1.59 Ton/m<sup>3</sup>

Profundidad = 5.50 metros

Cohesión sin drenar pico: 0.01 Kg/cm<sup>2</sup>.

Ángulo de fricción interna pico: 11.69°

Peso unitario húmedo: 1.54 Ton/m<sup>3</sup>

Su resistencia a la penetración estándar se comporta en la profundidad de acuerdo a lo que se anota en la tabla 2. En esta exploración se detectó presencia de nivel freático a una profundidad de 1.50 metros.

Profundidad (m)	Número de golpes	Compacidad relativa
0.80 – 1.25	1-1-1	Muy suelta
1.80 – 2.25	1-1-1	Muy suelta
2.80 – 3.25	1-1-1	Muy suelta
3.80 – 4.25	1-1-1	Muy suelta
4.80 – 5.25	2-2-1	Muy suelta
5.80 – 6.25	3-4-6	Suelta

**Tabla 2.** Ensayo de penetración estándar Perforación P-1.

**PERFORACIÓN P-2:** Inicialmente y hasta una profundidad de 1.30 metros se encuentra un limo poco plástico color café oscuro con negro, que según la U.S.C. se trata de un ML. A continuación y hasta una profundidad de 1.80 metros, se presenta un limo muy plástico color café con crema, que de acuerdo a la U.S.C. se trata de un MH. A una muestra inalterada de este estrato, se le realizó un ensayo de Corte Directo del tipo sin consolidar y sin drenar, dando los siguientes parámetros de resistencia:

Cohesión sin drenar pico: 0.01 Kg/cm<sup>2</sup>.

Ángulo de fricción interna pico: 8.49°

Peso unitario húmedo: 1.41 Ton/m<sup>3</sup>

Después del estrato anteriormente descrito y hasta la profundidad máxima de esta exploración que fue de 6.25 metros, se encuentra un limo poco plástico color amarillo y gris que con la profundidad se torna gris de diferentes tonalidades, que según la U.S.C. se trata de un ML. A una muestra inalterada de este estrato, se le realizó un ensayo de Corte Directo del tipo sin consolidar y sin drenar, dando los siguientes parámetros de resistencia:

Cohesión sin drenar pico: 0.14 Kg/cm<sup>2</sup>.

Ángulo de fricción interna pico: 9.00°

Peso unitario húmedo: 1.72 Ton/m<sup>3</sup>

Su resistencia a la penetración estándar se comporta en la profundidad de acuerdo a lo que se anota en la tabla 3. En esta exploración se detectó presencia de nivel freático a una profundidad de 5.00 metros.

Profundidad (m)	Número de golpes	Compacidad relativa
0.80 – 1.25	1-1-1	Muy suelta
1.80 – 2.25	1-1-2	Muy suelta
2.80 – 3.25	1-1-1	Muy suelta
3.80 – 4.25	1-1-1	Muy suelta
4.80 – 5.25	1-1-2	Muy suelta
5.80 – 6.25	1-1-2	Muy suelta

**Tabla 3.** Ensayo de penetración estándar Perforación P-2.

**PERFORACIÓN P-3:** Inicialmente y hasta una profundidad de 1.80 metros, se presenta un limo orgánico poco plástico color negro con vetas café, que de acuerdo a la U.S.C. se trata de un OL. A una muestra inalterada de este estrato, se le realizó un ensayo de Corte Directo del tipo sin consolidar y sin drenar, dando los siguientes parámetros de resistencia:

Cohesión sin drenar pico: 0.04 Kg/cm<sup>2</sup>.  
Ángulo de fricción interna pico: 9.78°  
Peso unitario húmedo: 1.43 Ton/m<sup>3</sup>

Finalmente y hasta la profundidad máxima de esta exploración que fue de 6.25 metros, se encuentra un limo poco plástico color gris que con la profundidad se torna café, que según la U.S.C. se trata de un ML. Su resistencia a la penetración estándar se comporta en la profundidad de acuerdo a lo que se anota en la tabla 4. En esta exploración se detectó presencia de nivel freático a una profundidad de 2.90 metros.

Profundidad (m)	Número de golpes	Compacidad relativa
0.80 – 1.25	1-1-1	Muy suelta
1.80 – 2.25	1-1-1	Muy suelta
2.80 – 3.25	1-1-1	Muy suelta
3.80 – 4.25	1-1-1	Muy suelta
4.80 – 5.25	1-1-1	Muy suelta
5.80 – 6.25	1-2-2	Muy suelta

**Tabla 4.** Ensayo de penetración estándar Perforación P-3.

**PERFORACIÓN P-4 (P-1 ADICIONAL):** Inicialmente y hasta una profundidad de 0.80 metros, se presenta un mejoramiento con recebo. A continuación y hasta una profundidad de 1.80 metro, se encuentra un limo orgánico poco plástico color negro, que de acuerdo a la Clasificación Unificada de los Suelos U.S.C. se trata de un OL. A una muestra inalterada de este estrato, se le realizó un ensayo de Corte Directo del tipo sin consolidar y sin drenar, dando los siguientes parámetros de resistencia:

Cohesión sin drenar pico: 0.16 Kg/cm<sup>2</sup>.  
Ángulo de fricción interna pico: 7.16°  
Peso unitario húmedo: 1.46 Ton/m<sup>3</sup>

Finalmente y hasta la profundidad máxima de esta exploración que fue de 6.25 metros, se presenta un limo poco plástico color café y gris de diferentes tonalidades, que de acuerdo a la U.S.C. se trata de un ML. Su resistencia a la penetración estándar se comporta en la profundidad de acuerdo a lo que se anota en la tabla 5. En esta exploración se detectó presencia de nivel freático a una profundidad de 2.60 metros.

Profundidad (m)	Número de golpes	Compacidad relativa
0.80 – 1.25	1-1-2	Muy suelta
1.80 – 2.25	1-1-1	Muy suelta
2.80 – 3.25	1-2-2	Muy suelta

3.80 – 4.25	1-1-1	Muy suelta
4.80 – 5.25	1-1-1	Muy suelta
5.80 – 6.25	1-2-2	Muy Suelta

**Tabla 5.** Ensayo de penetración estándar Perforación P-4 (P-1 ADICIONAL).

**PERFORACIÓN P-5 (P-2 ADICIONAL):** Inicialmente y hasta una profundidad de 0.80 metros no fue posible la recuperación de muestra. A continuación y hasta una profundidad de 1.80 metros, se presenta un limo orgánico poco plástico color negro, que de acuerdo a la U.S.C. se trata de un OL. A una muestra inalterada de este estrato, se le realizó un ensayo de Corte Directo del tipo sin consolidar y sin drenar, dando los siguientes parámetros de resistencia:

Cohesión sin drenar pico: 0.05 Kg/cm<sup>2</sup>.

Ángulo de fricción interna pico: 8.91°

Peso unitario húmedo: 1.33 Ton/m<sup>3</sup>

Finalmente y hasta una profundidad máxima para esta exploración que fue de 6.25 metro se encuentra un limo poco plástico color café y gris de diferentes tonalidades intercalado se presenta un limo muy plástico color gris oscuro a negro a una profundidad de 3.25 y 3.80 metros, que según la U.S.C. se trata de un ML y MH respectivamente. Su resistencia a la penetración estándar se comporta en la profundidad de acuerdo a lo que se anota en la tabla 6. En esta exploración se detectó presencia de nivel freático a una profundidad de 3.10 metros.

Profundidad (m)	Número de golpes	Compacidad relativa
0.80 – 1.25	1-1-1	Muy suelta
1.80 – 2.25	2-2-2	Muy suelta
2.80 – 3.25	2-2-1	Muy suelta
3.80 – 4.25	1-1-1	Muy suelta
4.80 – 5.25	3-2-3	Muy suelta
5.80 – 6.25	5-3-3	Muy suelta

**Tabla 6.** Ensayo de penetración estándar Perforación P-5 (P-2 ADICIONAL).

**PERFORACIÓN P-6 (P-3 ADICIONAL):** Inicialmente y hasta una profundidad de 0.80 metros, se presenta un relleno con recebo. Finalmente y hasta la profundidad máxima para esta exploración que fue de 6.25 metros, se encuentra un limo poco plástico color gris y café de diferentes tonalidades, que de acuerdo a la U.S.C. se trata de un ML. Su resistencia a la penetración estándar se comporta en la profundidad de acuerdo a lo que se anota en la tabla 7. En esta exploración se detectó presencia de nivel freático a una profundidad de 3.30 metros.

Profundidad (m)	Número de golpes	Compacidad relativa
0.80 – 1.25	1-1-1	Muy suelta
1.80 – 2.25	1-1-1	Muy suelta
2.80 – 3.25	1-2-1	Muy suelta
3.80 – 4.25	1-2-2	Muy suelta
4.80 – 5.25	2-2-2	Muy suelta
5.80 – 6.25	3-3-2	Muy suelta

**Tabla 7.** Ensayo de penetración estándar Perforación P-6 (P-3 ADICIONAL).

Para estimación de los parámetros de resistencia con base en los resultados de las perforaciones desarrolladas, los valores de las tablas 2 a 7, se corrigen con la expresión  $N_{60} = N \frac{ER}{60} A$ , de donde A depende de factores como: longitud de la tubería (m), tipo de muestreador y diámetro del agujero (mm), y ER es la eficiencia estimada para Colombia, tomando un valor de ER=0.50, según Coduto 1994. Los factores de corrección se muestran en la tabla 8.

Valor de A		
Longitud de la tubería (m)		Factores de corrección
> 10		1
6	10	0.95
4	6	0.87
3	4	0.75
Tipo de muestreador		
Muestreador estándar		1
U.S. Sin liners		1.2
Diámetro agujero (mm)		
65	115	1
150		1.05
200		1.15

ER% Para Colombia =	0.5
ER/60=	0.83

**Tabla 8.** Factores de corrección valor de N.

Los valores de N obtenidos en campo, también se corrigen por confinamiento mediante la expresión  $C_N = 0.77 \log_{10} \frac{200}{\bar{p}}$ , donde  $\bar{p}$ , es la presión vertical efectiva por sobrecarga en

Ton/m<sup>2</sup>, a la elevación de la prueba de penetración. La ecuación es válida para  $\bar{p} \geq 2.5$  ton/m<sup>2</sup>. Los valores de N corregidos para las perforaciones P-1 a P-3, se muestran en la tabla 9 y para las perforaciones P-4 a P-6 en la tabla 10.

PERFORACIÓN P-1			Factores de corrección			Peso unitario (ton/m <sup>3</sup> )	Presión efectiva (ton/m <sup>2</sup> )	CN	N60=	Compacidad relativa
Prof (m)		Nspt (Golpes/pie)	longitud	Tipo	Díametro					
0.00	1.25	2	0.75	1	1	1.55	1.9	1.55	1	Muy suelta
1.25	2.25	2	0.75	1	1	1.55	3.5	1.35	1	Muy suelta
2.25	3.25	2	0.75	1	1	1.55	5.0	1.23	1	Muy suelta
3.25	4.25	2	0.87	1	1	1.55	6.6	1.14	1	Muy suelta
4.25	5.25	2	0.87	1	1	1.55	8.1	1.07	2	Muy suelta
5.25	6.25	8	0.95	1	1	1.55	9.7	1.01	6	Suelta
PERFORACIÓN P-2			Factores de corrección			Peso unitario (ton/m <sup>3</sup> )	Presión efectiva (ton/m <sup>2</sup> )	CN	N60=	Compacidad relativa
Prof (m)		Nspt (Golpes/pie)	longitud	Tipo	Díametro					
0.00	1.25	2	0.75	1	1	1.55	1.9	1.55	1	Muy suelta
1.25	2.25	2	0.75	1	1	1.55	3.5	1.35	2	Muy suelta
2.25	3.25	2	0.75	1	1	1.55	5.0	1.23	1	Muy suelta
3.25	4.25	2	0.87	1	1	1.55	6.6	1.14	1	Muy suelta
4.25	5.25	2	0.87	1	1	1.55	8.1	1.07	2	Muy suelta
5.25	6.25	2	0.95	1	1	1.55	9.7	1.01	2	Muy suelta
PERFORACIÓN P-3			Factores de corrección			Peso unitario (ton/m <sup>3</sup> )	Presión efectiva (ton/m <sup>2</sup> )	CN	N60=	Compacidad relativa
Prof (m)		Nspt (Golpes/pie)	longitud	Tipo	Díametro					
0.00	1.25	2	0.75	1	1	1.55	1.9	1.55	1	Muy suelta
1.25	2.25	2	0.75	1	1	1.55	3.5	1.35	1	Muy suelta
2.25	3.25	2	0.75	1	1	1.55	5.0	1.23	1	Muy suelta
3.25	4.25	2	0.87	1	1	1.55	6.6	1.14	1	Muy suelta
4.25	5.25	2	0.87	1	1	1.55	8.1	1.07	1	Muy suelta
5.25	6.25	3	0.95	1	1	1.55	9.7	1.01	2	Muy suelta

**Tabla 9.** Corrección de Penetración estándar Perforaciones P-1 a P-3.

PERFORACIÓN P-4			Factores de corrección			Peso unitario (ton/m <sup>3</sup> )	Presión efectiva (ton/m <sup>2</sup> )	CN	N60=	Compacidad relativa
Prof (m)		Nspt (Golpes/pie)	longitud	Tipo	Díametro					
0.00	1.25	2	0.75	1	1	1.4	1.8	1.58	2	Muy suelta
1.25	2.25	2	0.75	1	1	1.4	3.2	1.39	1	Muy suelta
2.25	3.25	3	0.75	1	1	1.4	4.6	1.27	2	Muy suelta
3.25	4.25	2	0.87	1	1	1.4	6.0	1.18	1	Muy suelta
4.25	5.25	2	0.87	1	1	1.4	7.4	1.10	1	Muy suelta
5.25	6.25	3	0.95	1	1	1.4	8.8	1.05	2	Muy suelta
PERFORACIÓN P-5			Factores de corrección			Peso unitario (ton/m <sup>3</sup> )	Presión efectiva (ton/m <sup>2</sup> )	CN	N60=	Compacidad relativa
Prof (m)		Nspt (Golpes/pie)	longitud	Tipo	Díametro					
0.00	1.25	2	0.75	1	1	1.4	1.8	1.58	1	Muy suelta
1.25	2.25	3	0.75	1	1	1.4	3.2	1.39	3	Muy suelta
2.25	3.25	2	0.75	1	1	1.4	4.6	1.27	2	Muy suelta
3.25	4.25	2	0.87	1	1	1.4	6.0	1.18	1	Muy suelta
4.25	5.25	4	0.87	1	1	1.4	7.4	1.10	3	Muy suelta
5.25	6.25	5	0.95	1	1	1.4	8.8	1.05	4	Muy suelta
PERFORACIÓN P-6			Factores de corrección			Peso unitario (ton/m <sup>3</sup> )	Presión efectiva (ton/m <sup>2</sup> )	CN	N60=	Compacidad relativa
Prof (m)		Nspt (Golpes/pie)	longitud	Tipo	Díametro					
0.00	1.25	2	0.75	1	1	1.4	1.8	1.58	1	Muy suelta
1.25	2.25	2	0.75	1	1	1.4	3.2	1.39	1	Muy suelta
2.25	3.25	2	0.75	1	1	1.4	4.6	1.27	2	Muy suelta
3.25	4.25	3	0.87	1	1	1.4	6.0	1.18	3	Muy suelta
4.25	5.25	3	0.87	1	1	1.4	7.4	1.10	2	Muy suelta
5.25	6.25	4	0.95	1	1	1.4	8.8	1.05	3	Muy suelta

**Tabla 10.** Corrección de Penetración estándar Perforaciones P-4 a P-6.

Los CBR deducidos del DCP (Penetrómetro dinámico de cono) obtenidos en promedio, que se deben tener en cuenta para el diseño de la vía de acceso y zonas de tránsito peatonal y vehicular, se muestran en la tabla 11.

Profundidad (m)	D.C.P # 1		D.C.P # 2		D.C.P # 3	
	C.B.R. (%)	CALIDAD DE LA SUBRASANTE	C.B.R. (%)	CALIDAD DE LA SUBRASANTE	C.B.R. (%)	CALIDAD DE LA SUBRASANTE
0.50	3.57	Pobre a regular	3.57	Pobre a regular	3.57	Pobre a regular
1.00	3.93	Pobre a regular	3.93	Pobre a regular	3.93	Pobre a regular
1.50	3.93	Pobre a regular	5.87	Pobre a regular	3.93	Pobre a regular
2.00	3.93	Pobre a regular	7.81	Regular	3.93	Pobre a regular
<b>CBR PROMEDIO</b>	<b>3.8</b>	Pobre a regular	<b>5.3</b>	Pobre a regular	<b>3.8</b>	Pobre a regular

Profundidad (m)	D.C.P # 4		D.C.P # 5		D.C.P # 6	
	C.B.R. (%)	CALIDAD DE LA SUBRASANTE	C.B.R. (%)	CALIDAD DE LA SUBRASANTE	C.B.R. (%)	CALIDAD DE LA SUBRASANTE
0.50	3.57	Pobre a regular	7.78	Regular	6.74	Pobre a regular
1.00	4.71	Pobre a regular	3.93	Pobre a regular	4.32	Pobre a regular
1.50	4.32	Pobre a regular	3.93	Pobre a regular	3.93	Pobre a regular
2.00	3.93	Pobre a regular	3.93	Pobre a regular	3.93	Pobre a regular
<b>CBR PROMEDIO</b>	<b>4.1</b>	Pobre a regular	<b>4.9</b>	Pobre a regular	<b>4.7</b>	Pobre a regular

Profundidad (m)	D.C.P # 7		D.C.P # 8	
	C.B.R. (%)	CALIDAD DE LA SUBRASANTE	C.B.R. (%)	CALIDAD DE LA SUBRASANTE
0.50	7.09	Regular	7.09	Regular
1.00	4.32	Pobre a regular	3.93	Pobre a regular
1.50	3.09	Pobre a regular	3.93	Pobre a regular
2.00	4.32	Pobre a regular	3.93	Pobre a regular
<b>CBR PROMEDIO</b>	<b>4.7</b>	Pobre a regular	<b>4.7</b>	Pobre a regular

**Tabla 11.** Valores de CBR para ser usados en el diseño de pavimento. (Clasificación de calidad de subrasante de acuerdo a Bowles, 1981; Manual de Laboratorio de suelos en Ingeniería Civil).

En la tabla 12, se anotan los diferentes resultados de los ensayos de laboratorio.

La estratigrafía se observa en las figuras 3 a 8 e informe fotográfico.

Exploración No.	Prof. (m)	Descripción	Humedad (%)	Granulom. % pasa		Límites LL - Ip	Clasificación U.S.C.	Resistencia sin drenar Qu (k/cm <sup>2</sup> )	P.Unitario (Ton/m <sup>2</sup> )		Corte Directo	
				No. 4	No.200				Seco	Húmedo	c (k/cm <sup>2</sup> )	φ (°)
<b>PERFORACIÓN P-1</b>												
P - 1	0.80 - 1.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CLARO CON NEGRO	89.90	100.00	88.55	NL - NP	ML					
	1.25 - 1.80	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON CREMA Y NEGRO	83.12	100.00	87.09	45.68 - 2.05	ML		0.88	1.62	0.02	11.26
	2.80 - 3.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR AMARILO CON PINTAS ROJAS	90.12	100.00	86.89	NL - NP	ML					
	3.25 - 3.80	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CREMA	77.92	96.88	83.67	42.02 - 0.19	ML		0.92	1.59	0.43	5.74
	3.80 - 4.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ OSCURO	97.94	100.00	89.61	NL - NP	ML					
	4.80 - 5.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ OSCURO CON GRIS VERDOSO	82.22	97.47	83.16	NL - NP	ML					
	5.25 - 5.80	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ OSCURO	89.79	98.85	85.22	48.53 - 4.14	ML		0.88	1.54	0.01	11.69
	5.80 - 6.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ OSCURO	96.25	99.78	84.74	42.79 - 1.93	ML					



Exploración No.	Prof. (m)	Descripción	Humedad (%)	Granulom. No. 4	% pasa No.200	Límites LL - Ip	Clasificación U.S.C.	Resistencia sin drenar Qu (k/cm <sup>2</sup> )		P.Unitario (Ton/m <sup>2</sup> )		Corte Directo c (k/cm <sup>2</sup> ) φ (°)	
								Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	c	φ
<b>PERFORACIÓN P-2</b>													
P - 2	0.80 - 1.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ OSCURO CON NEGRO	100.89	100.00	85.50	NL - NP	ML						
	1.25 - 1.80	LIMO MUY PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON CREMA	100.18	100.00	87.82	54.26 - 1.29	MH		0.71	1.41	0.01	8.49	
	1.80 - 2.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR AMARILLO CON ROJO	63.89	100.00	87.63	NL - NP	ML						
	2.80 - 3.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS VERDOSO	76.29	100.00	89.09	36.27 - 2.47	ML						
	3.25 - 3.80	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CREMA	88.25	100.00	90.19	NL - NP	ML		1.01	1.72	0.14	9.00	
	3.80 - 4.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS OSCURO CON CAFÉ	82.91	100.00	88.83	NL - NP	ML						
	4.80 - 5.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS CLARO	93.54	98.96	88.32	49.07 - 3.32	ML						
	5.25 - 5.80	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS	115.38	100.00	88.86	41.63 - 0.47	ML						
	5.80 - 6.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS CON CAFÉ	138.66	100.00	90.98	NL - NP	ML						
<b>PERFORACIÓN P-3</b>													
P - 3	0.80 - 1.25	LIMO ORGÁNICO POCO PLÁSTICO COLOR NEGRO CON CAFÉ	101.82	100.00	90.96	NL - NP	OL						
	1.25 - 1.80	LIMO ORGÁNICO POCO PLÁSTICO COLOR NEGRO CON CAFÉ	93.68	100.00	92.87	NL - NP	OL		0.72	1.43	0.04	9.78	
	1.80 - 2.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS CON NEGRO	86.17	100.00	87.63	39.32 - 3.78	ML						
	2.80 - 3.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS	80.27	100.00	89.66	NL - NP	ML						
	3.25 - 3.80	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS CLARO	82.32	88.94	76.08	43.06 - 3.61	ML						
	3.80 - 4.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS OSCURO	107.27	100.00	87.78	NL - NP	ML						
	4.80 - 5.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ OSCURO	101.87	100.00	89.55	NL - NP	ML						
	5.80 - 6.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON VERDE Y AZUL	93.35	98.94	89.27	NL - NP	ML						
<b>PERFORACIÓN P-4</b>													
P - 1	0.80 - 1.25	LIMO ORGÁNICO POCO PLÁSTICO COLOR NEGRO	78.87	100.00	95.76	NL - NP	OL						
	1.25 - 1.80	LIMO ORGÁNICO POCO PLÁSTICO COLOR NEGRO	70.53	100.00	94.02	NL - NP	OL		0.79	1.46	0.16	7.16	
	1.80 - 2.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ VERDOSO	49.16	100.00	72.57	NL - NP	ML						
MUESTRA 1	2.25 - 2.80	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR NEGRO	57.82	100.00	93.58	NL - NP	ML						
MUESTRA 2	2.25 - 2.80	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ VERDOSO	67.55	100.00	81.56	NL - NP	ML						
MUESTRA 1	2.80 - 3.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS	39.08	99.89	73.92	NL - NP	ML						
MUESTRA 2	2.80 - 3.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS VERDOSO	76.68	100.00	86.30	NL - NP	ML						
	3.25 - 3.80	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS OSCURO CON CAFÉ OSCURO	46.12	99.83	72.99	NL - NP	ML						
	3.80 - 4.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS	55.31	100.00	89.44	NL - NP	ML						
	4.25 - 4.80	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS OSCURO	75.28	97.62	88.33	42.57 - 0.21	ML						
	4.80 - 5.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS	39.68	100.00	85.32	32.57 - 1.54	ML						
	5.25 - 5.80	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS OSCURO A NEGRO	63.49	100.00	88.87	NL - NP	ML						
	5.80 - 6.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS OSCURO	46.09	100.00	90.46	NL - NP	ML						
<b>PERFORACIÓN P-5</b>													
P - 2	0.80 - 1.25	LIMO ORGÁNICO POCO PLÁSTICO COLOR NEGRO	61.20	100.00	95.33	NL - NP	OL						
	1.25 - 1.80	LIMO ORGÁNICO POCO PLÁSTICO COLOR NEGRO	72.93	99.82	94.73	NL - NP	OL		0.78	1.33	0.05	8.91	
	1.25 - 1.80							0.03	0.75	1.27			
MUESTRA 1	1.80 - 2.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ	67.25	100.00	82.34	NL - NP	ML						
MUESTRA 2	1.80 - 2.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS	49.03	100.00	88.55	NL - NP	ML						
MUESTRA 1	2.80 - 3.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS	53.95	96.52	76.44	NL - NP	ML						
MUESTRA 2	2.80 - 3.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS	74.99	100.00	89.60	NL - NP	ML						
	3.25 - 3.80	LIMO MUY PLÁSTICO COLOR GRIS OSCURO CON NEGRO	64.44	99.42	89.22	56.17 - 0.49	MH						
	3.80 - 4.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ GRISÁCEO	64.83	100.00	85.86	NL - NP	ML						
	4.80 - 5.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ OSCURO CON PINTAS GRISES	62.42	100.00	75.63	NL - NP	ML						
	5.80 - 6.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ	61.53	100.00	93.02	47.80 - 0.20	ML						

Exploración No.	Prof. (m)	Descripción	Humedad	Granulom.	% pasa	Límites LL - Ip	Clasificación U.S.C.	Resistencia sin drenar Qu (k/cm <sup>2</sup> )	P.Unitario (Ton/m <sup>3</sup> )		Corte Directo	
			(%)	No. 4	No.200				Seco	Húmedo	c (k/cm <sup>2</sup> )	φ (°)
<b>PERFORACIÓN P-6</b>												
MUESTRA 1	1.80 - 2.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS	69.93	100.00	81.76	NL - NP	ML					
MUESTRA 2	1.80 - 2.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ	69.25	100.00	75.28	NL - NP	ML					
	2.80 - 3.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS CON VETAS CAFÉS	67.53	100.00	86.76	42.72 - 2.59	ML					
	3.80 - 4.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON PINTAS GRISES	54.96	100.00	89.26	NL - NP	ML					
	4.80 - 5.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ VERDOSO	60.62	100.00	91.07	NL - NP	ML					
	5.80 - 6.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CLARO CON GRIS	57.74	100.00	94.00	NL - NP	ML					

**Tabla 12. Resumen resultados ensayos de laboratorio.**

PROF (m)	MUESTRA No.	GOLPES SPT			CAJA No.	% RECOBRO	AVANCE	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
		6"	12"	18"				
0.00	0.00 - 0.80 m				1		ROTACIÓN	
1.25	MUESTRA 1. 0.80 - 1.25 m	1	1	1		92%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CLARO CON NEGRO
1.80	MUESTRA 2. 1.25 - 1.80 m					68%	PERCUSIÓN Shelby	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON CREMA Y NEGRO
2.80	1.80 - 2.80 m	1	1	1			PERCUSIÓN Nspt	SIN RECUPERACIÓN DE MUESTRA
3.25	MUESTRA 3. 2.80 - 3.25 m	1	1	1		91%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR AMARILO CON PINTAS ROJAS
3.80	MUESTRA 4. 3.25 - 3.80 m					62%	PERCUSIÓN Shelby	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CREMA
4.25	MUESTRA 5. 3.80 - 4.25 m	1	1	1		48%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ OSCURO
4.80	4.25 - 4.80 m						ROTACIÓN	
5.25	MUESTRA 6. 4.80 - 5.25 m	2	2	1		72%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ OSCURO CON GRIS
5.80	MUESTRA 7. 5.25 - 5.80 m					45%	PERCUSIÓN Shelby	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ OSCURO
6.25	MUESTRA 8. 5.80 - 6.25 m	3	4	6		89%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ OSCURO

PROFUNDIDAD TOTAL PERFORACIÓN = 6.25 metros

**Figura 3. Estratigrafía Perforación P-1**

PROF (m)	MUESTRA No.	GOLPES SPT			CAJA No.	% RECOBRO	AVANCE	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
		6"	12"	18"				
0.00	0.00 - 0.80 m				2		ROTACIÓN	
1.25	MUESTRA 1. 0.80 - 1.25 m	1	1	1		38%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ OSCURO CON NEGRO
1.80	MUESTRA 2. 1.25 - 1.80 m					36%	PERCUSIÓN Shelby	LIMO MUY PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON CREMA
2.25	MUESTRA 3. 1.80 - 2.25 m	1	1	2		74%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR AMARILLO CON ROJO
2.80	2.25 - 2.80 m						ROTACIÓN	
3.25	MUESTRA 4. 2.80 - 3.25 m	1	1	1		89%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS VERDOSO
3.80	MUESTRA 5. 3.25 - 3.80 m					55%	PERCUSIÓN Shelby	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CREMA
4.25	MUESTRA 6. 3.80 - 4.25 m	1	1	1		72%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS OSCURO CON CAFÉ
4.80	4.25 - 4.80 m						ROTACIÓN	
5.25	MUESTRA 7. 4.80 - 5.25 m	1	1	2		58%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS CLARO
5.80	MUESTRA 8. 5.25 - 5.80 m					22%	PERCUSIÓN Shelby	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS
6.25	MUESTRA 9. 5.80 - 6.25 m	1	1	2		76%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS CON CAFÉ
PROFUNDIDAD TOTAL PERFORACIÓN = 6.25 metros								

**Figura 4. Estratigrafía Perforación P-2**

PROF (m)	MUESTRA No.	GOLPES SPT			CAJA No.	% RECOBRO	AVANCE	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
		6"	12"	18"				
0.00	0.00 - 0.80 m				3		ROTACIÓN	
1.25	MUESTRA 1. 0.80 - 1.25 m	1	1	1		69%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO ORGÁNICO POCO PLÁSTICO COLOR NEGRO CON
1.80	MUESTRA 2. 1.25 - 1.80 m					74%	PERCUSIÓN Shelby	LIMO ORGÁNICO POCO PLÁSTICO COLOR NEGRO CON
2.25	MUESTRA 3. 1.80 - 2.25 m	1	1	1		68%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS CON NEGRO
2.80	2.25 - 2.80 m						ROTACIÓN	
3.25	MUESTRA 4. 2.80 - 3.25 m	1	1	1		72%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS
3.80	MUESTRA 5. 3.25 - 3.80 m					45%	PERCUSIÓN Shelby	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS CLARO
4.25	MUESTRA 6. 3.80 - 4.25 m	1	1	1		68%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS OSCURO
4.80	4.25 - 4.80 m						ROTACIÓN	
5.25	MUESTRA 8. 4.80 - 5.25 m	1	1	1		92%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ OSCURO
5.80	5.25 - 5.80 m						ROTACIÓN	
6.25	MUESTRA 8. 5.80 - 6.25 m	1	2	2		75%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON VERDE Y AZUL
PROFUNDIDAD TOTAL PERFORACIÓN = 6.25 metros								

**Figura 5. Estratigrafía Perforación P-3**

PROF (m)	MUESTRA No.	GOLPES SPT			CAJA No.	% RECOBRO	AVANCE	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
		6"	12"	18"				
0.00	0.00 - 0.80 m				1		PERCUSIÓN	RELLENO CON RECEBO
1.25	MUESTRA 1. 0.80 - 1.25 m	1	1	2		95%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO ORGÁNICO POCO PLÁSTICO COLOR NEGRO
1.80	MUESTRA 2. 1.25 - 1.80 m					45%	PERCUSIÓN Shelby	LIMO ORGÁNICO POCO PLÁSTICO COLOR NEGRO
2.25	MUESTRA 3. 1.80 - 2.25 m	1	1	1		95%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ VERDOSO
2.50	MUESTRA 4. 2.25 - 2.50 m					70%	PERCUSIÓN Shelby	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR NEGRO
2.80	MUESTRA 5. 2.50 - 2.80 m					70%	PERCUSIÓN Shelby	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ VERDOSO
3.00	MUESTRA 6. 2.80 - 3.00 m					45%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS
3.25	MUESTRA 7. 3.00 - 3.25 m	1	2	2		42%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS VERDOSO
3.80	MUESTRA 8. 3.25 - 3.80 m					35%	PERCUSIÓN Shelby	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS OSCURO CON CAFÉ
4.25	MUESTRA 9. 3.80 - 4.25 m	1	1	1		60%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS
4.80	MUESTRA 10. 4.25 - 4.80 m					45%	PERCUSIÓN Shelby	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS OSCURO
5.25	MUESTRA 11. 4.80 - 5.25 m	1	1	1		75%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS
5.80	MUESTRA 12. 5.25 - 5.80 m					30%	PERCUSIÓN Shelby	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS OSCURO A NEGRO
6.25	MUESTRA 13. 5.80 - 6.25 m	1	2	2	70%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS OSCURO	
PROFUNDIDAD TOTAL PERFORACIÓN = 6.25 metros								

**Figura 6. Estratigrafía Perforación P-4**

PROF (m)	MUESTRA No.	GOLPES SPT			CAJA No.	% RECOBRO	AVANCE	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
		6"	12"	18"				
0.00	0.00 - 0.80 m				2		PERCUSIÓN	
1.25	MUESTRA 1. 0.80 - 1.25 m	1	1	1		95%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO ORGÁNICO POCO PLÁSTICO COLOR NEGRO
1.80	MUESTRA 2. 1.25 - 1.80 m					40%	PERCUSIÓN Shelby	LIMO ORGÁNICO POCO PLÁSTICO COLOR NEGRO
2.00	MUESTRA 3. 1.80 - 2.00 m					65%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ
2.25	MUESTRA 4. 2.00 - 2.25 m	2	2	2		65%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS
2.80	2.25 - 2.80 M						PERCUSIÓN	
3.00	MUESTRA 5. 2.80 - 3.00 m					75%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS
3.25	MUESTRA 6. 3.00 - 3.25 m	2	2	1		75%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS
3.80	MUESTRA 7. 3.25 - 3.80 m					40%	PERCUSIÓN Shelby	LIMO MUY PLÁSTICO COLOR GRIS OSCURO CON NEGRO
4.25	MUESTRA 8. 3.80 - 4.25 m	1	1	1		80%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ GRISÁCEO
4.80	4.25 - 4.80 m						PERCUSIÓN	
5.25	MUESTRA 9. 4.80 - 5.25 m	3	2	3		80%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ OSCURO CON PINTAS
5.80	5.25 - 5.80 m						PERCUSIÓN	
6.25	MUESTRA 10. 5.80 - 6.25 m	5	3	3	90%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ	
PROFUNDIDAD TOTAL PERFORACIÓN = 6.25 metros								

**Figura 7. Estratigrafía Perforación P-5**

PROF (m)	MUESTRA No.	GOLPES SPT			CAJA No.	% RECOBRO	AVANCE	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
		6"	12"	18"				
0.00	0.00 - 0.80 m				3		PERCUSIÓN	RELLENO CON RECEBO
1.25	0.80 - 1.25 m	1	1	1		0%	PERCUSIÓN Nspt	SIN RECUPERACIÓN DE MUESTRAS
1.80	1.25 - 1.80 m						PERCUSIÓN	
2.00	MUESTRA 1. 1.80 - 2.00 m	1	1	1		90%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS
2.25	MUESTRA 2. 2.00 - 2.25 m					90%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ
2.80	2.25 - 2.80 M						PERCUSIÓN	
3.25	MUESTRA 3. 2.80 - 3.25 m	1	2	1		90%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR GRIS CON VETAS CAFÉS
3.80	3.25 - 3.80 m						PERCUSIÓN	
4.25	MUESTRA 4. 3.80 - 4.25 m	1	2	2		95%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON PINTAS GRISES
4.80	4.25 - 4.80 m						PERCUSIÓN	
5.25	MUESTRA 5. 4.80 - 5.25 m	2	2	2		95%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ VERDOSO
5.80	5.25 - 5.80 m						PERCUSIÓN	
6.25	MUESTRA 6. 5.80 - 6.25 m	3	3	2	95%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CLARO CON GRIS	
PROFUNDIDAD TOTAL PERFORACIÓN = 6.25 metros								

Figura 8. Estratigrafía Perforación P-6

## 9. ANÁLISIS PARA EL DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN

Según las características de las estructuras de uno a tres pisos sin sótano y plazoletas de tránsito peatonal destinadas a uso Institucional, las cuales estarán ubicadas en las instalaciones del Centro Educativo Municipal El Socorro Sede San Gabriel, Vereda San Gabriel en el municipio de San Juan de Pasto del departamento de Nariño, a cimentar y dadas las propiedades físico-mecánicas del suelo **deficientes** (presencia de suelos con compacidad relativa muy suelta) que va a soportar las cargas, la estratigrafía existente no es la más adecuada para que sean construidas con cimentaciones convencionales; por tanto se debe realizar una fundación del tipo especial, por lo cual se presenta dos alternativas para su análisis y comparación, consistentes en:

- Mejorar las características físico-mecánicas del suelo, usando un material de mejoramiento.
- Zapatas cabezales cuadradas, rectangulares o alargadas soportadas por un sistema de pilotes de concreto reforzado hincados a golpes y de sección cuadrada.

**La cimentación con mejoramiento** se conformará con un material de recebo limpio y bien gradado (material de afirmado tipo A-1 o A-2) que cumpla con la granulometría que se muestra en la tabla 13 y que su índice de plasticidad este entre 4 y 9 % debidamente compactado por capas de 30 centímetros de espesor al 95% del Proctor Modificado o un suelo-cemento con una dosificación al 8% con material inorgánico previamente

seleccionado. La profundidad de mejoramiento del estrato de cimentación será de una vez (1.0) el ancho de los cimientos cuadrados o rectangulares producto del diseño y de 1.5 veces el ancho del cimiento alargado. Ver figura 10.

Tabla 311 - 2. Franjas granulométricas del material de afirmado

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1 ½"	1"	¾"	¾"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% PASA								
A-38	100	-	80-100	60-85	40-65	30-50	13-30	9-18
A-25	-	100	90-100	65-90	45-70	35-55	15-35	10-20
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %		7 %			6 %		3 %

**Tabla 13.** Franjas Granulométricas del material de Afirmado. (Tabla 311.2 INV-13).

Una vez realizado el mejoramiento del suelo, las cimentaciones serán convencionales y tendrán un desplante de 1.00 metro contado con respecto al nivel del terreno nivelado para ejecución del proyecto.

Para evitar la contaminación del material existente con el de mejoramiento y aumentar la capacidad portante, se recomienda usar un geotextil no tejido del tipo NT 2000 o su equivalente en otras marcas.

**En la cimentación con zapatas cabezales cuadradas, rectangulares o alargadas soportadas por un sistema de pilotes** de concreto reforzado hincados a golpes y de sección cuadrada, el uso de pilotes se fundamenta en:

- Facilidad de manipulación de los pilotes, por su relativamente bajo peso, facilidad de izado e hincado de los mismos.
- Facilidad de construcción de los pilotes.
- En caso de necesitar ser cortados los pilotes, facilitan para esta labor.
- La zapata cabezal permite transmitir las cargas de la estructura a los pilotes y estos al subsuelo tanto por el fuste como por la punta. La zapata cabezal también contribuye a una mejor distribución de los esfuerzos al suelo ubicado inmediatamente debajo de la zapata. Este sistema permite disminuir el efecto de la licuación de los suelos, que para este tipo de suelos bajo nivel freático es muy probable en el momento de ocurrir un sismo.

Los pilotes hincados en suelos cohesivos-granulares, como es el presente caso, derivan su capacidad de carga tanto de la resistencia por la punta como por la fricción a lo largo del fuste.

Dadas las condiciones cohesivo-friccionantes del suelo del sector, los pilotes de concreto trabajarán por el fuste y por la punta.

Los pilotes se diseñarán teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

**Por fuste:**

- Usar un coeficiente de empuje lateral para el suelo ,  $K_s = 1.70$
- Usar un coeficiente de fricción suelo - pilote, de acuerdo a la tabla 14:

Prof. (m)	Nspt	$\phi$ (ángulo de fricción interna)	Fricción suelo-pilote, $\delta$
0.00 – 4.00	1	18.54	15.76
4.00 – 5.00	2	20.00	17.00
5.00 – 6.25	3	21.12	17.96

**Tabla 14.** Parámetros para el diseño del sistema de pilotes.

**Por punta:**

Usar un factor de capacidad de carga,  $N_q$ , a partir de la gráfica de Meyerhof (1976), con un ángulo de fricción interna de  $20.0^\circ$ . Este factor obtenido de la Figura 9.

Los parámetros anteriores se calcularon teniendo en cuenta la penetración estándar que se obtuvo con el equipo de perforación a rotación.

El diseño del sistema de pilotes contemplará los siguientes aspectos:

- Carga de diseño de un pilote.
- Distancia entre pilotes.
- Distribución del grupo de pilotes.
- Chequeo de estabilidad del grupo.
- Chequeo de asentamiento.
- Chequeo de absorción de momentos y cortantes.
- Eficiencia del grupo de pilotes.

El grupo de pilotes confinarán el suelo circundante contribuyendo así a la disminución del potencial de licuación de los mismos.

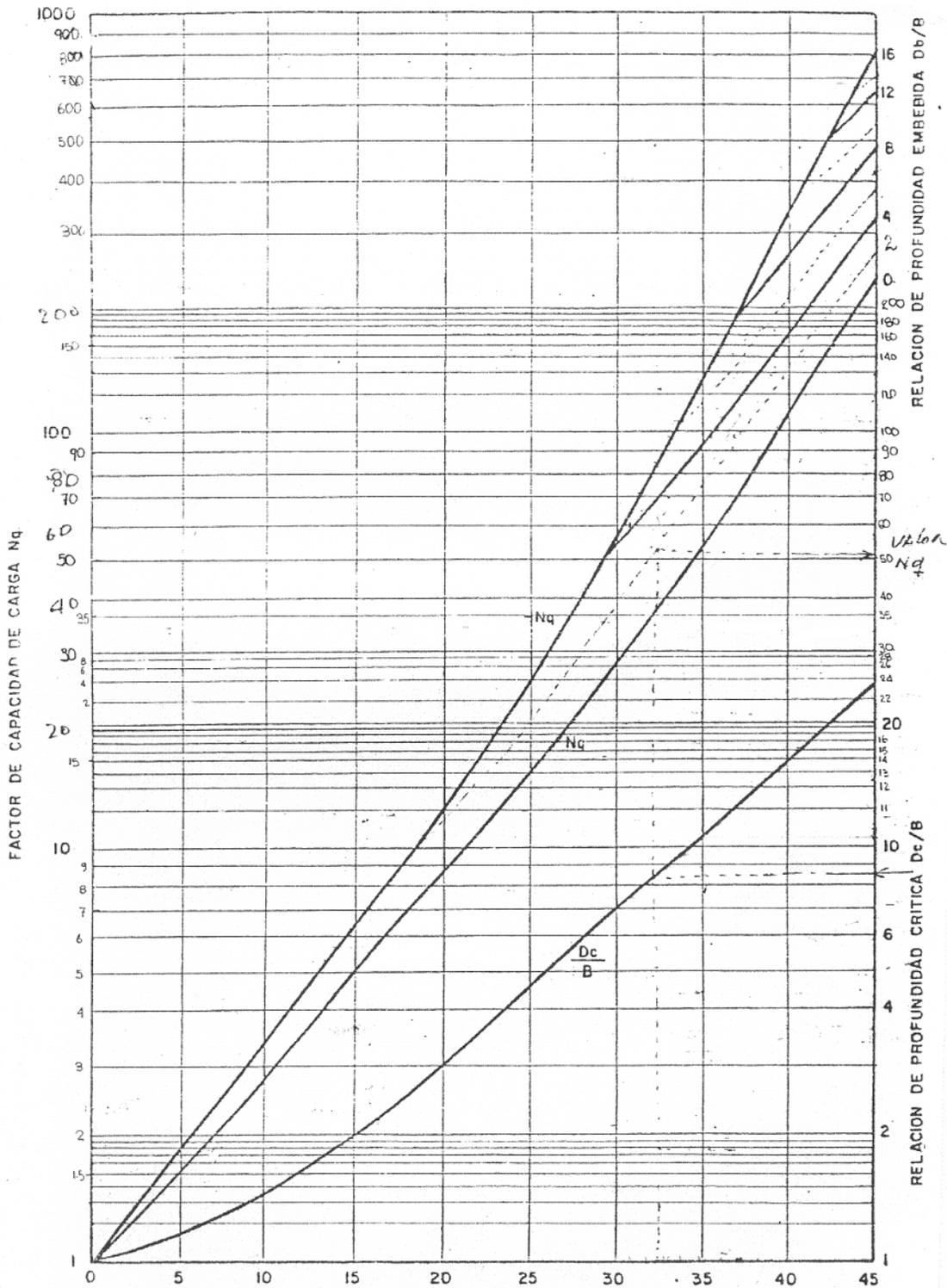


Figura 9. Factor de capacidad de carga  $N_q$  y relaciones de profundidad crítica para pilotes hincados en función de  $\phi$  (Meyerhof 1.976).

Es de anotar que el análisis y las recomendaciones se hacen teniendo en cuenta la información de las exploraciones realizadas y suponiendo que la estratigrafía del lote es como el perfil deducido que se muestra en las Figuras 3 a 8.

Si al realizar la excavación para la cimentación, se presenta una estratigrafía diferente a la aquí anotada, se debe informar inmediatamente al ingeniero de suelos para hacer las pruebas complementarias y obtener los parámetros de diseño, que eventualmente pueden conducir a un chequeo del tipo de cimentación diseñado.

Lo expuesto anteriormente se debe a que se está caracterizando un material que por su naturaleza es un medio discontinuo, multifase, particulado y de calidad no controlada.

## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según las características de las estructuras de uno a tres pisos sin sótano y plazoletas de tránsito peatonal destinadas a uso Institucional, las cuales estarán ubicadas en las instalaciones del Centro Educativo Municipal El Socorro Sede San Gabriel, Vereda San Gabriel en el municipio de San Juan de Pasto del departamento de Nariño, a cimentar y dadas las propiedades físico-mecánicas del suelo **deficientes** (presencia de suelos con compacidad relativa muy suelta) que va a soportar las cargas, la estratigrafía existente no es la más adecuada para que sean construidas con cimentaciones convencionales; por tanto se debe realizar una fundación del tipo especial, por lo cual se presenta dos alternativas de cimentación para su análisis y comparación, como se indica en seguida.

### 10.1. ALTERNATIVA 1: CIMENTACIÓN MEJORANDO LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS DEL SUELO, USANDO UN MATERIAL DE MEJORAMIENTO.

El mejoramiento se conformará con un material de recebo limpio y bien gradado (material de afirmado tipo A-1 o A-2) que cumpla con la granulometría que se muestra en la tabla 13 y que su índice de plasticidad este entre 4 y 9 % debidamente compactado por capas de 30 centímetros de espesor al 95% del Proctor Modificado o un suelo-cemento con una dosificación al 8% con material inorgánico previamente seleccionado. La profundidad de mejoramiento del estrato de cimentación será de una vez (1.0) el ancho de los cimientos cuadrados o rectangulares producto del diseño y de 1.5 veces el ancho del cimiento alargado.

Con el propósito de disminuir la presión de contacto en la interfase suelo-mejoramiento y disminuir los asentamientos diferenciales, se recomienda construir un sobrancho al mejoramiento con respecto al ancho de la zapata tal como se muestra en la Tabla 15.

Para evitar la contaminación del material existente con el de mejoramiento y aumentar la capacidad portante, se recomienda usar un geotextil no tejido del tipo NT2000 o su equivalente en otras marcas, tal como se muestra en la figura 10.

ANCHO DE LA ZAPATA (m) (Cuadrada, rectangular o alargada)	SOBREANCHO (cm) ( a lado y lado)
0.60 - 0.80	0.10
1.00	0.15
1.20	0.20
1.40	0.25

NOTA: Para anchos mayores a los anotados usar un sobreaancho del 15% del lado B.

Tabla 15. Sobreaancho del mejoramiento con respecto a lado de la zapata resultante del diseño.

Una vez mejorado el suelo se debe dejar 1.00 metro de desplante con respecto al nivel del terreno nivelado. Terminada la labor anterior, construir la fundación y levantar un relleno compacto y completarlo hasta la superficie. En la figura 10 se muestra el detalle de la cimentación recomendada.

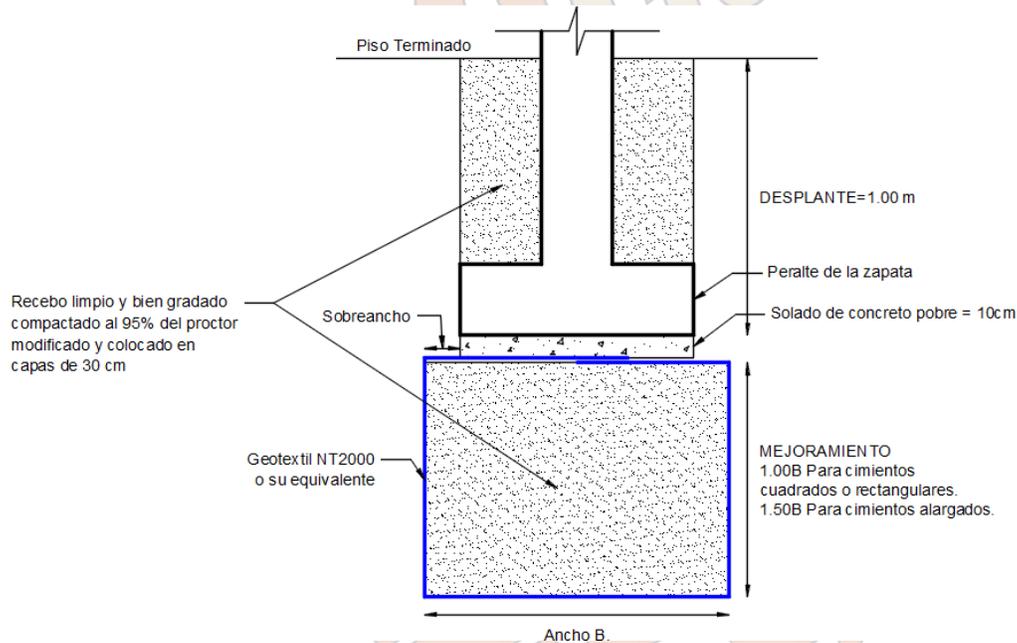


Figura 10. Diseño del mejoramiento cimentación para las ampliaciones de colegios del Proyecto Espacios para Aprender Ministerio de Educación Grupo 9 (C.E.M. El Socorro Sede San Gabriel – Pasto – Nariño).

Cumpliendo las especificaciones anteriormente anotadas, **para las estructuras de uno a tres pisos** las cimentaciones más adecuadas, serán zapatas convencionales cuadradas o rectangulares, debidamente amarradas con vigas en ambos sentidos y continuas o alargadas para los muros o varias columnas; diseñadas teniendo en cuenta que la máxima capacidad de carga ante las cargas de trabajo no debe exceder de 14.80 Ton/m<sup>2</sup>. (Ver memorias cálculo de la capacidad de carga y asentamientos de cimentaciones superficiales).

De acuerdo a lo anotado anteriormente, se tiene una capacidad última de 44.40 Ton/m<sup>2</sup>; Para obtención de la capacidad admisible para las diferentes condiciones de diseño y realizar el chequeo de la cimentación proyectada, se recomienda usar los factores de seguridad de acuerdo al Título H tabla H.4.7-1 NSR-10.

La profundidad de desplante que será de 1.00 metro a partir del terreno nivelado para ejecución del proyecto, se debe conservar para toda la cimentación de la construcción.

Las presiones máximas de contacto anteriores se calcularon con base en las teorías de capacidad de carga de Hanzen, Terzaghi, Meyerhof y Vesic, con la información de penetración estándar equivalente y resultados de laboratorio (corte directo y penetración estándar) que se deberá verificar una vez se realice la excavación para construcción de la cimentación, afectados por un factor de seguridad de 3.0 para obtener la permisible.

Por razón a que en los suelos presentes en el sector predomina el comportamiento friccionante, los asentamientos serán instantáneos e inferiores a los permisibles para este tipo de estructura, siendo el mismo aproximadamente igual a 4.00 centímetros para un periodo de 20 años, cumpliendo con lo anotado en el numeral H.4.9.2. de la NSR-10.

Se realiza el cálculo de asentamientos mediante el método de consolidación unidimensional de Terzaghi, asentamientos elásticos y asentamientos mediante el método de Burlnad e Burbidge. (Ver anexo cálculo de la capacidad de carga y asentamientos de cimentaciones superficiales).

Para determinar la afectación de las estructuras aledañas a los sectores donde se proyecta la construcción de las diferentes estructuras, se realiza el cálculo de asentamientos edométricos mediante el método de consolidación unidimensional de Terzaghi para una presión normal del proyecto de 450 kN/m<sup>2</sup> y un periodo de 20 años, cuyos resultados se muestran en la tabla 16.

Z: Profundidad promedio del estrato; Dp: Incremento de tensiones; Wc: Assentamiento de consolidación; Ws:Asentamiento secundario (deformaciones viscosas); Wt: Asentamiento total.

Distancia (m)	Ángulo (°)	Estrato	Z (m)	Tensión (kN/m <sup>2</sup> )	Dp (kN/m <sup>2</sup> )	Método	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
0.00	0	2	1.5	24.7	269	Edométrico	2.69	--	3.51
		3	3.5	57.95	27.485		0.82		
0.50	0	2	1.5	24.7	153.475	Edométrico	1.53	--	2.29
		3	3.5	57.95	25.176		0.76		
1.00	0	2	1.5	24.7	21.634	Edométrico	0.22	--	0.81
		3	3.5	57.95	19.629		0.59		
1.50	0	2	1.5	24.7	3.246	Edométrico	0.03	--	0.44
		3	3.5	57.95	13.525		0.41		
2.00	0	2	1.5	24.7	0.765	Edométrico	0.01	--	0.27
		3	3.5	57.95	8.627		0.26		
2.50	0	2	1.5	24.7	0.247	Edométrico	0	--	0.16
		3	3.5	57.95	5.308		0.16		
3.00	0	2	1.5	24.7	0.098	Edométrico	0	--	0.1
		3	3.5	57.95	3.243		0.1		
3.50	0	2	1.5	24.7	0.045	Edométrico	0	--	0.06
		3	3.5	57.95	2.002		0.06		
4.00	0	2	1.5	24.7	0.023	Edométrico	0	--	0.04
		3	3.5	57.95	1.261		0.04		
4.50	0	2	1.5	24.7	0.013	Edométrico	0	--	0.02
		3	3.5	57.95	0.813		0.02		
5.00	0	2	1.5	24.7	0.007	Edométrico	0	--	0.02
		3	3.5	57.95	0.537		0.02		

**Tabla 16.** Cálculo asentamientos edométricos para diferentes distancias.

De acuerdo a lo que se muestra en la tabla 16, se puede concluir que a partir de una distancia de 1.00 metro el asentamiento es inferior a 1.00 centímetro, siendo el mismo casi nulo a una distancia de 3.00 metros.

inmediatamente terminadas las excavaciones, deberán protegerse el fondo con un solado de concreto pobre de unos 10 cm de espesor, para evitar el remoldeo y la alteración de las propiedades físico-mecánicas del suelo de fundación por acción de las lluvias y el intemperismo.

Los coeficientes de balasto horizontal y vertical para diseño estructural de las zapatas y vigas de cimentación, se muestran en la tabla 17.

COEFICIENTES DE BALASTO - ESTRUCTURA	
VERTICAL (Kg/cm <sup>3</sup> ) =	1.81
HORIZONTAL (Kg/cm <sup>3</sup> ) =	0.87

Fuente: BOWLES, JOSEPH E. - "Foundation Analysis and Design". Mc Graw-Hill, 1997

**Tabla 17.** Coeficientes de balasto para diseño de fundación Alternativa de cimentación 1.

**PARÁMETROS PARA MODELO GEOTÉCNICO ALTERNATIVA DE CIMENTACIÓN 1:** Los parámetros definidos para cálculo de la capacidad portante, se seleccionan a partir de los resultados de los ensayos de campo y laboratorio realizados a diferentes profundidades, de acuerdo a lo que se muestra en el numeral 8 del presente informe y de parámetros característicos para mejoramiento realizados de acuerdo a lo especificado anteriormente.

**Profundidad de desplante** = 1.00 metro – Profundidad mínima de desplante de acuerdo a la NSR-10.

**Peso unitario** del suelo = 1.70 Ton/m<sup>3</sup> - Valor representativo para mejoramientos realizados con material de Afirmado A-1 o A-2 de acuerdo a INVIAS compactado al 95% del proctor modificado.

**Ángulo de fricción interna** del suelo = 29.0° - Valor representativo calculado a partir de los valores de penetración estándar representativos para mejoramientos realizados de acuerdo a lo especificado en el presente informe.

**Clasificación del material:** Limo poco plástico color café de diferentes tonalidades. (Ver resumen de ensayos de laboratorio y anexos).

**N<sub>60</sub> promedio** = 17 golpes/pie. Valor promedio para mejoramientos realizados de acuerdo a lo especificado anteriormente.

Los parámetros definidos para los estratos 1 y 3 del modelo geotécnico y que se muestra en el anexo cálculo de la capacidad de carga y asentamientos de cimentaciones, son definidos de acuerdo a los resultados de campo y laboratorio. (Ver resumen de ensayos de laboratorio y anexos).

## **10.2. ALTERNATIVA 2: CIMENTACIÓN CON ZAPATAS CABEZALES CUADRADAS, RECTANGULARES O ALARGADAS SOPORTADAS POR UN SISTEMA DE PILOTES DE CONCRETO REFORZADO HINCADOS A GOLPES Y DE SECCIÓN CUADRADA.**

- La cimentación especial consiste en zapatas cabezales combinadas soportadas por pilotes de concreto reforzado hincados a golpes, que trabajarán por la punta y por el fuste y diseñados con los parámetros que se anotaron en el análisis.
- Para efectos del control de la carga de diseño de un pilote se deberá chequearla utilizando las siguientes expresiones de hincado:

Para martillos en caída libre	Para martillos de acción simple	Para martillos de doble acción diferencial
$(Q_v)_{ad}^c = \frac{2 WH}{S+1}$	$(Q_v)_{ad}^{a,c} = \frac{2 WH}{S+0.1}$	$(Q_v)_{ad}^a = \frac{2 E}{S+0.1}$
	$(Q_v)_{ad}^{b,c} = \frac{2 WH}{S+0.1 \frac{W_D}{W}}$	$(Q_v)_{ad}^b = \frac{2 E}{S+0.1 \frac{W_D}{W}}$

- a = usar cuando los pesos hincados son menores que los pesos del martillo.
- b = usar cuando los pesos hincados son mayores que los pesos del martillo.
- c = fórmula de hincado de pilotes basada en la fórmula de Engineering News.
- $(Q_v)_{ad}$  = carga admisible del pilote en libras.
- W = peso del martillo en libras.
- H = altura efectiva de caída en pies.
- E = energía real liberada por el martillo por golpe en pie-libra.
- S = promedio neto de penetración en pulgadas por golpe para las últimas 6 pulgadas del hincado.
- $W_D$  = pesos hincados incluyendo el pilote.
- Nota : la relación de pesos ( $W_D / W$ ) debe ser <3.

$$P - \text{permisible} = \frac{16.68W.H}{S + 2.54} \quad (\text{Para masas de caída libre}).$$

Donde,

$P - \text{permisible}$  = carga en kilogramos

W = masa en kilogramos

H = Altura de caída en metros

S = Penetración media en centímetros por golpe, para los últimos 15 centímetros de hincada. Valor mínimo admisible de 0.13 centímetros. De no cumplir este valor mínimo de S, se debe colocar un suplemento de pilote hasta cumplir con este requisito.

- Cualquiera que sea el método de hincado, se deberá iniciar por los pilotes de la periferia y dejar los del centro para el final, con el propósito de confinar el suelo circundante y así dar un comportamiento de grupo de pilotes.
- Si algún pilote presenta dificultad de hincada por confinamiento del suelo causado por los pilotes periféricos y cumple con la carga de diseño obtenida de la fórmula de hincada anotada anteriormente se debe cortarlo.
- A manera de orientación se ha calculado un pilote de concreto de sección cuadrada de lado 0.25 metros con longitud de 4.00 metros. Si el diseñador del sistema de pilotes cree conveniente modificarlos se puede variar estas dimensiones respetando los parámetros geotécnicos anotados aquí. Ver figura 11.

### CÁLCULO DE UN PILOTE HINCADO DE 0.25 m DE LADO Y LONGITUD 4.00 METROS

$$Q_{us} = \frac{Q_{uf}}{F_{sf}}$$

$Q_{uf}$  = Resistencia por fuste.

$F_{sf}$  = Factor de seguridad por fuste = 2.0

$$Q_{uf} = \sum_{i=1}^n K_{si} \times \tan \delta_i \times \sigma'_{z0i} \times A_i$$

Resistencia por la punta pilote de Concreto (Lado B = 0.25 m):

$$Q_{ub} = \sigma_u \times A_p; \quad \sigma_u = \sigma_D' \times N_q$$

$$\phi = 21.12^\circ \Rightarrow \frac{D_c}{B} = 3.3;$$

$$D_c = 3.3 \times 0.25m = 0.83m$$

$$D_b = 1.50m$$

$$\sigma_D' = D_b \times \gamma' = 1.50m \times 1.55 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} = 2.33 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{D_b}{B} = \frac{1.5m}{0.25m} = 6$$

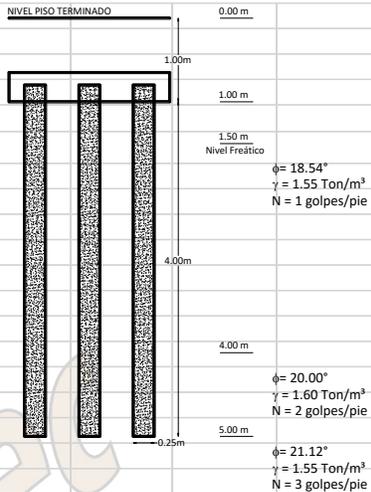
$$\phi = 21.12^\circ$$

$N_q = 12$  para pilotes hincados. De la figura 9.

$$\sigma_u = 2.33 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \times 12.0 = 27.9 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{ub} = 27.9 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \times (0.25m)^2 = 1.74 \text{Ton}$$

$$Q_{us} = \frac{1.74 \text{ton}}{3} = 0.58 \text{Ton}$$

LONGITUD DEL PILOTE (m)		4.00							
RESISTENCIA POR EL FUSTE									
TIPO DE PILOTE	SECCIÓN	LADO (m)	LONGITUD(m)						
CONCRETO	CUADRADO	0.25	4.00						
<b>ESTRATO</b>	<b>Prof.(m)</b>	<b>Φ</b>	<b>δ</b>	<b>Ks</b>	<b>σ<sub>20</sub>(ton/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Al (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Quf (t)</b>		
1	0.50	18.54	15.76	1.70	1.94	0.50	0.46	φ = 18.54° γ = 1.55 Ton/m <sup>3</sup> N = 1 golpes/pie	
2	2.50	20.00	17.00	1.70	3.01	2.50	3.91		
3	1.00	21.12	17.95	1.70	4.00	1.00	2.20		
<b>RESISTENCIA POR FUSTE</b>							6.58		
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>							2.00		
<b>RESISTENCIA PERMISIBLE</b>							3.29		
<b>RESISTENCIA POR PUNTA</b>							1.74		
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>							3		
<b>RESISTENCIA PERMISIBLE (Ton)</b>							0.58		
<b>RESISTENCIA PERMISIBLE(Ton) (FUSTE+PUNTA)</b>							<b>3.87</b>		
								φ = 20.00° γ = 1.60 Ton/m <sup>3</sup> N = 2 golpes/pie	
								φ = 21.12° γ = 1.55 Ton/m <sup>3</sup> N = 3 golpes/pie	

**Figura 11.** Resistencia por punta y por el fuste pilote de concreto hincado de L = 4.00 metros y lado B=0.25 m – para las ampliaciones de colegios del Proyecto Espacios para Aprender Ministerio de Educación Grupo 9 (C.E.M. El Socorro sede San Gabriel – Pasto – Nariño).

Para un pilote de concreto hincado de L=4.00 m y B=0.25 m por punta y fuste= 0.58ton + 3.29ton = 3.87 ton

Se anota que los cálculos anteriormente realizados, se hacen considerando una profundidad de desplante de 1.0 metro y un peralte de zapata cabezal de 0.50 metros. Cálculos que deberán ser chequeados una vez se cuente con los niveles y secciones definitivas del proyecto, teniendo en cuenta que los pilotes deberán llegar a una profundidad de 5.00 metros a partir del nivel actual del terreno.

- Las zapatas cabezales deben desplantarse una profundidad de 1.00 metro con respecto al nivel de pisos terminados.
- Se recomienda alistar los pilotes con una longitud un poco mayor para prever el deterioro de la cabeza del mismo por el hincado y poder recortarlos con la longitud requerida o usar un capacete para evitar el deterioro.
- Los asentamientos que se presentarán serán instantáneos, cuyo chequeo se realizará en el diseño geotécnico del sistema de pilotes.
- Con el propósito de lograr un trabajo conjunto entre la zapata cabezal y el grupo de pilotes, se debe empotrar la cabeza del pilote en la zapata cabezal al menos 0.20 metros.

- La carga horizontal que puede soportar un pilote se debe utilizar mediante el uso de la fórmula:

$$Q_H = 1.5 \times \gamma \times L^2 \times D \times K_p \quad (\text{Broms 1964})$$

Siendo:

$Q_H$  : La carga horizontal máxima que soporta el suelo. Sobre ella debe adoptarse un coeficiente de seguridad mayor a 2.5

$\gamma$  : es el peso unitario efectivo del suelo

$D$  : es el diámetro del pilote

$K_p$  : es el coeficiente de empuje pasivo según Ranking.  $K_p = \frac{1 + \text{sen } \phi'}{1 - \text{sen } \phi'}$

En la práctica y para pilotes colocados en el tipo de suelo como el presente caso, se puede aceptar un valor mínimo de  $Q_h = 1.8$  toneladas, para pilotes con cabeza empotrada, teniendo en cuenta que la cabeza se considera empotrada si penetra al menos 0.20 metros en la zapata cabezal.

Se debe chequear el comportamiento sísmico (condiciones dinámicas) del sistema de pilotes y su superestructura con la tipología geotécnica recomendada y la tipología seleccionada por el ingeniero de estructuras, teniendo en cuenta las condiciones geotécnicas del subsuelo anotadas en este informe.

Los coeficientes de balasto horizontal y vertical, para diseño estructural de los pilotes, se muestran en la tabla 18.

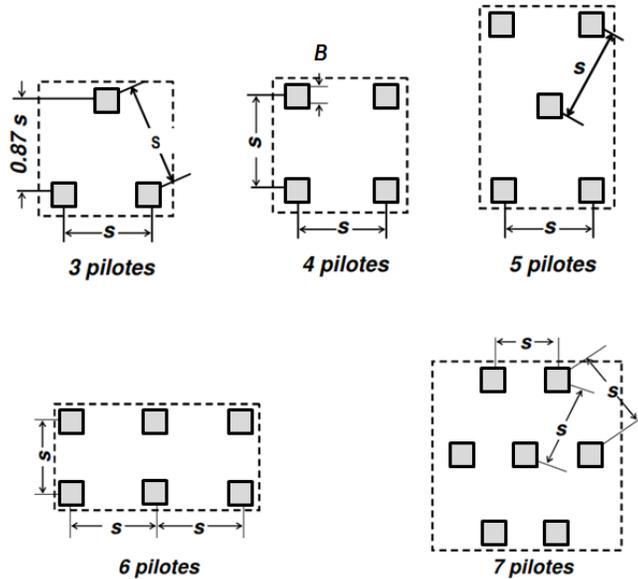
COEFICIENTES DE BALASTO - PILOTES	
VERTICAL ( $\text{Kg}/\text{cm}^3$ ) =	0.47
HORIZONTAL ( $\text{Kg}/\text{cm}^3$ ) =	0.23

Fuente: BOWLES, JOSEPH E. - "Foundation Analysis and Design". Mc Graw-Hill, 1997

**Tabla 18.** Coeficientes de balasto para diseño estructural pilotes cimentación para las ampliaciones de colegios del Proyecto Espacios para Aprender Ministerio de Educación Grupo 9 (C.E.M. El Socorro sede San Gabriel – Pasto – Nariño).

**RECOMENDACIONES PARA LA DISTRIBUCIÓN DE PILOTES:**

A continuación se muestra la distribución de pilotes según su número. Ver figura 12.



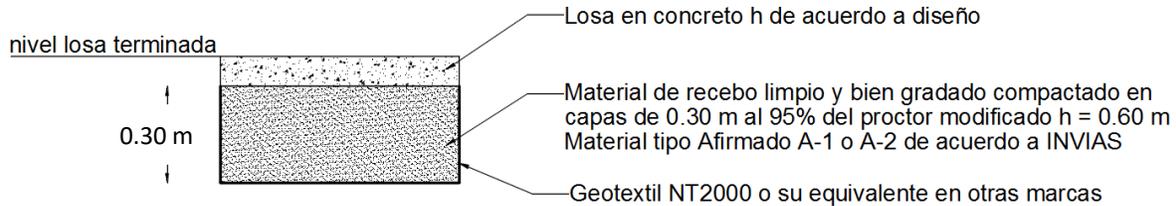
Dónde:  
 $S$ , espaciamiento entre pilotes =  $2.5B$  a  $3B$ .  
 $B$ , lado del pilote

**Figura 12.** Distribución de pilotes cimentación para las ampliaciones de colegios del Proyecto Espacios para Aprender Ministerio de Educación Grupo 9 (C.E.M. El Socorro sede San Gabriel – Pasto – Nariño).

Se recomienda que el equipo empleado para la hincia de pilotes, sea seleccionado teniendo en cuenta el periodo de vibración del suelo y el periodo de vibración de las edificaciones vecinas el cual deberá ser calculado con base en la formulación descrita en la NSR-10 o metodologías aplicables, para así evitar que se presente el fenómeno de resonancia.

**10.3. Para el diseño y construcción de losas de contrapiso** o plazoletas para tráfico vehicular y peatonal, se recomienda realizar un mejoramiento con un material de recebo limpio y bien gradado (material de afirmado tipo A-1 o A-2) que cumpla con la granulometría que se muestra en la tabla 13 y que su índice de plasticidad este entre 4 y 9 % debidamente compactado por capas de 15 centímetros de espesor al 95% del Proctor Modificado o un suelo-cemento con una dosificación al 8% con material inorgánico previamente seleccionado.

La profundidad de mejoramiento del estrato de cimentación será de 0.30 metros a partir del nivel inferior de la losa de contrapiso. La tipología de la cimentación recomendada se muestra en la figura 13.



**Figura 13.** Tipología cimentación losas para las ampliaciones de colegios del Proyecto Espacios para Aprender Ministerio de Educación Grupo 9 (C.E.M. El Socorro Sede San Gabriel – Pasto – Nariño).

Cumpliendo las condiciones anteriormente anotadas del mejoramiento, la máxima capacidad de carga ante las cargas de trabajo no debe exceder de 12.50 Ton/m<sup>2</sup>. (Ver anexo cálculo de la capacidad de carga y asentamientos de cimentaciones).

Para diseño de losas de contrapiso para tráfico vehicular y peatonal sin tener en cuenta el mejoramiento recomendado, se recomienda seleccionar un CBR en profundidad de acuerdo a lo que se muestra en la tabla 11.

Los coeficientes de balasto horizontal y vertical para diseño estructural de las losas de contrapiso, se muestran en la tabla 19.

COEFICIENTES DE BALASTO - LOSAS	
VERTICAL (Kg/cm <sup>3</sup> ) =	1.53
HORIZONTAL (Kg/cm <sup>3</sup> ) =	0.73

Fuente: BOWLES, JOSEPH E. - "Foundation Analysis and Design". Mc Graw-Hill, 1997

**Tabla 19.** Coeficientes de balasto para diseño de fundación.

**10.4. ESPECTRO DE DISEÑO NSR-10:** El tipo de perfil puede clasificarse como (E) de acuerdo con las especificaciones de las NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE. N.S.R.-10. De tal manera que para tener en cuenta los efectos locales ante el probable Sismo se usarán los siguientes coeficientes para obtener el espectro elástico de diseño:

Grupo de uso = III; EDIFICACIONES DE ATENCIÓN A LA COMUNIDAD: Literal (d) Guarderías, escuelas, colegios, universidades y otros centros de enseñanza.

Coficiente de importancia, I = 1.25

Municipio: Pasto - Departamento de Nariño

Zona de amenaza sísmica: Alta

Aceleración pico efectiva, Aa = 0.25g. (Fracción de la gravedad)

Av = 0.25g. (Fracción de la gravedad)

Valores de coeficiente Fa = 1.45 y Fv = 3.00

La clasificación del tipo de perfil de suelo, de acuerdo al NSR-10 Tabla A.2.4-1, se realiza a partir de la evaluación de dos criterios 1. Resistencias sin drenar y 2. El criterio de la velocidad de ondas de corte ( $V_s$ ), la cual se obtiene de la penetración estándar obtenida a partir de los resultados de la perforación a rotación y percusión.

$$V_s = 102.98 \times N_{spt}^{0.3438}; \text{ Narváez et al, 2008.}$$

El cálculo de la velocidad de ondas de corte en (m/seg) y el periodo de vibración del suelo, se muestra en la tabla 20.

PERFORACIONES P-1 A P-3							
ESTRATO	Hi(m)	Nspt(gol-pie)	Vs(m/seg)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\rho$ (k-seg <sup>2</sup> )/m <sup>4</sup>	$\mu=G$ (t/m <sup>2</sup> )	Vs*Hi
1	4.00	1	102.98	1.55	0.158	1675.59	411.92
2	1.00	2	130.69	1.55	0.158	2698.71	130.69
3	1.25	3	150.24	1.55	0.158	3566.46	187.80
	6.25						730.41
			$V_{si}=V_s*Hi/Hi$	$T_s=4*Hi/V_{si}$			
			(m/seg)	(seg)			
			116.87	0.21			
			Vs(m/s) promedio =				127.97

PERFORACIONES P-4 A P-6							
ESTRATO	Hi(m)	Nspt(gol-pie)	Vs(m/seg)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\rho$ (k-seg <sup>2</sup> )/m <sup>4</sup>	$\mu=G$ (t/m <sup>2</sup> )	Vs*Hi
1	5.00	2	130.69	1.40	0.143	2437.55	653.46
3	1.25	3	150.24	1.40	0.143	3221.32	187.80
	6.25						841.26
			$V_{si}=V_s*Hi/Hi$	$T_s=4*Hi/V_{si}$			
			(m/seg)	(seg)			
			134.60	0.19			
			Vs(m/s) promedio =				140.47

**Tabla 20.** Cálculo del periodo del suelo para clasificación de perfil de acuerdo a NSR-10 Titulo A.

Criterio 1:  $S_u = S_u < 0.50 \text{ Kg/cm}^2$  (Perfil E) Tabla A.2.4-2 NSR-10.

Criterio 2:  $V_s = 128 \text{ m/seg}; 140.47 < 180 \text{ m/seg}$  (Perfil E) Tabla A.2.4-2 NSR-10.

Se selecciona perfil E como representativo del sector en estudio.

10.5. Para efectos de diseños de muros de contención, pantallas de sostenimiento y apuntalamientos temporales en caso de ser requeridos para desarrollo del proyecto, se recomienda los siguientes **coeficientes de presión lateral para obtener el empuje**.

Coeficiente de presión lateral en estado reposo,  $K_o = 0.67$

Coeficiente de presión lateral en estado activo,  $K_a = 0.50$

Coeficiente de presión lateral en estado pasivo,  $K_p = 2.00$

El peso del material a soportar es de 1.55 Ton/m<sup>3</sup> con cohesión 0.11 Kg/cm<sup>2</sup> y la fricción suelo-muro será de  $2/3\phi$ , donde  $\phi = 19.50^\circ$

10.5. Para la excavación de la construcción de la cimentación proyectada, se recomienda que la misma se realice teniendo la mayor celeridad en el proceso de construcción, procurando no dejar excavaciones abiertas durante periodos largos de tiempo, con el propósito de evitar la relajación de esfuerzos ya que se pueden generar desprendimientos de material de la pared del corte o excavación.

10.7. Para los linderos del proyecto y con el propósito de evitar la afectación estructural de las edificaciones vecinas, se recomienda realizar la excavación para la construcción de la cimentación recomendada zapata por zapata, completando para cada una, antes de continuar con la siguiente, el proceso de construcción de la misma el cual incluye la conformación del mejoramiento, disposición de los hierros y fundición de la zapata con pedestal.

10.8. En caso de seleccionar la alternativa de cimentación 1, el equipo empleado para la compactación del mejoramiento deberá ser seleccionado teniendo en cuenta el periodo de vibración del suelo y el periodo de vibración de las edificaciones aledañas el cual deberá ser calculado con base en la formulación descrita en la NSR-10, para así evitar que se presente el fenómeno de resonancia.

10.9. Con el propósito de evacuar las aguas meteóricas para evitar que estas afecten el correcto funcionamiento de la estructura a construir en el sector objeto del presente estudio geotécnico, se recomienda construir un filtro con la tipología que se muestra en la figura 14, ubicado en el perímetro del sector, el cual debe conducir las aguas a la alcantarilla más cercana o lugar seguro.



**Figura 14.** Tipología Filtro perimetral.

10.10. Los cimientos linderos deben quedar totalmente separados de las fundaciones vecinas, aislados con icopor, madera u otro material de aislamiento, para así evitar daños en los procesos Geotécnicos y operaciones constructivas.

10.11. Se recomienda contar con asesoría permanente por parte de un especialista en geotecnia, con el propósito de evaluar y aprobar todos los procedimientos constructivos en el sistema de fundación recomendado a los que el proyecto diere lugar.

Gustosamente se aclararán dudas relacionadas con este estudio geotécnico.

Atentamente,



**ING. ANDRÉS HILLÓN SARMIENTO**

Mat. 52202-156096 del C. P. de Nariño



**ING. HUGO CORAL MONCAYO**

Mat. 1017 del C. P. del Cauca

Master en Geotecnia – Ph. D.

Universidad Nacional de Colombia

Universidad Politécnica de Cataluña (España)

San Juan de Pasto, febrero 27 de 2016.

**Anexos:**

*Memorias cálculo de la capacidad de carga y asentamientos de cimentaciones superficiales.*

*Resultados ensayos de campo y laboratorio.*

*Registro fotográfico muestras perforaciones (Nspt, Shelby y cajones de muestreo)*

*CD con memorias.*