

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA OBRAS DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA – JORNADA ÚNICA GRUPO 10, I.E. SEMINARIO – IPIALES – NARIÑO

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	OBJETIVOS	4
3.	CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR Y DE LA ESTRUCTURA	4
4.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO	5
4.1.	TOPOGRAFÍA	5
4.2.	GEOMORFOLOGÍA.....	5
4.3.	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.....	14
9.	ANÁLISIS PARA EL DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN.....	23
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. LEYENDAS Y DESCRIPCIÓN GEOLOGÍA DE UN SECTOR DEL MUNICIPIO DE IPIALES – PLANCHAS: 447 IPIALES Y 447BIS TALLAMBÍ – INGEOMINAS 2003.....	8
TABLA 2. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR PERFORACIÓN P-1.....	15
TABLA 3. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR PERFORACIÓN P-2.....	15
TABLA 4. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR PERFORACIÓN P-3.....	16
TABLA 5. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR PERFORACIÓN P-4.....	16
TABLA 6. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR PERFORACIÓN P-5.....	17
TABLA 7. FACTORES DE CORRECCIÓN VALOR DE N.....	17
TABLA 8. CORRECCIÓN DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR PERFORACIONES P-1 A P-5.....	18
TABLA 9. 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).....	19
TABLA 10. RESUMEN RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO.....	20
TABLA 11. FRANJAS GRANULOMÉTRICAS DEL MATERIAL DE AFIRMADO. (TABLA 311.2 INV-13).....	23
TABLA 12. CÁLCULO ASENTAMIENTOS EDOMÉTRICOS PARA DIFERENTES DISTANCIAS.....	26
TABLA 13. COEFICIENTES DE BALASTO PARA DISEÑO DE FUNDACIÓN.....	27
TABLA 14. COEFICIENTES DE BALASTO PARA DISEÑO DE FUNDACIÓN.....	28
TABLA 15. CÁLCULO DEL PERIODO DEL SUELO PARA CLASIFICACIÓN DE PERFIL DE ACUERDO A NSR-10 TITULO A.....	29

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. GEOLOGÍA DE UN SECTOR DEL MUNICIPIO DE IPIALES – PLANCHAS: 447 IPIALES Y 447BIS TALLAMBÍ – INGEOMINAS 2003.....	8
FIGURA 2. LOCALIZACIÓN DE EXPLORACIONES DE CAMPO.....	10
FIGURA 3. ESTRATIGRAFÍA PERFORACIÓN P-1.....	20
FIGURA 4. ESTRATIGRAFÍA PERFORACIÓN P-2.....	21
FIGURA 5. ESTRATIGRAFÍA PERFORACIÓN P-3.....	21
FIGURA 6. ESTRATIGRAFÍA PERFORACIÓN P-4.....	22
FIGURA 7. ESTRATIGRAFÍA PERFORACIÓN P-5.....	22
FIGURA 8. DISEÑO DEL MEJORAMIENTO CIMENTACIÓN PARA LAS AMPLIACIONES DE COLEGIOS DEL PROYECTO ESPACIOS PARA APRENDER MINISTERIO DE EDUCACIÓN GRUPO 10 (I.E. SEMINARIO – IPIALES – NARIÑO).....	25
FIGURA 9. TIPOLOGÍA CIMENTACIÓN LOSAS PARA LAS AMPLIACIONES DE COLEGIOS DEL PROYECTO ESPACIOS PARA APRENDER MINISTERIO DE EDUCACIÓN GRUPO 10 (I.E. SEMINARIO – IPIALES – NARIÑO).....	27
FIGURA 10. TIPOLOGÍA FILTRO PERIMETRAL.....	31

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍAS 1 Y 2. VISTA GENERAL DEL SECTOR OBJETO DEL ESTUDIO.....	3
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 21. EXPLORACIONES DE CAMPO PDC 1 A 4.....	13

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA OBRAS DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA – JORNADA ÚNICA GRUPO 10, I.E. SEMINARIO – IPIALES – 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 2.100 metros cuadrados de área, en donde se proyecta la construcción de aulas de clase, baterías sanitarias, laboratorios de Física y Química, laboratorios de tecnología, innovación y multimedia, comedor y cocina (Aula múltiple), áreas recreativas y canchas deportivas, escaleras, rampas y circulación cubiertas abiertas destinadas a uso Institucional, las cuales estarán ubicadas en las instalaciones de la Institución Educativa Seminario calle 11 No. 5N-02 en el municipio de Ipiales del departamento de Nariño.

El sector, en el momento de realizar el estudio, se encuentra en funcionamiento las instalaciones de la I.E. Seminario, conformada por bloques de uno y dos pisos 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 relativamente plana. 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 de la Institución Educativa Seminario calle 11 No. 5N-02 en el municipio de Ipiales del departamento de Nariño y de acuerdo a lo anotado en la NSR-10 Título H - Capítulo 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 de la Institución Educativa Seminario calle 11 No. 5N-02 en el municipio de Ipiales 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. TOPOGRAFÍA¹

El municipio de Ipiales, está localizado al suroriente del Departamento de Nariño, en el altiplano andino de Túquerres e Ipiales, posee una extensión aproximada de 164.600 Has, presenta una topografía ondulada y altamente quebrada por encontrarse en inmediaciones de la cordillera centro oriental, encontrando accidentes orográficos como los cerros: La Quinta, Troya, Francés, Negro, Páramo Palacios.

Particularmente en el lote donde se ubicará el proyecto tiene una topografía de media ladera con pendientes entre 1° a 3° grados (1.5% a 5%).

4.2. GEOMORFOLOGÍA²

Las capas más antiguas del municipio de Ipiales, han evolucionado a través del tiempo. La morfología del paisaje actual es el resultado de fuerzas internas y externas que han afectado de manera desigual la superficie terrestre en diversos tiempos.

La última fase de evolución geológica que corresponde al pleistoceno, época en que el diastrofismo y vulcanismo disminuyeron en intensidad, apareciendo drásticas modificaciones climáticas marcadas por el glaciario y la erosión que son fenómenos a los cuales se debe la morfología actual del paisaje.

En general predominan materiales de origen fluvial y volcánico que rellenaron las depresiones y sobre las cuales han actuado procesos erosivos recientes. En este caso, las vertientes frías son más estables y la remoción en masa o las alteraciones del suelo no se presentan, pues siempre están cubiertas de vegetación, razón por la cual prevalece la infiltración y no el escurrimiento (IGAG. 1984).

Por lo anterior se dice que las montañas del municipio de Ipiales no son tan viejas, por lo tanto se habla de una geomorfología relativamente joven en donde los materiales acumulados bajo el mar alcanzaron a estar en estas alturas, es decir material que se encontraba abajo fue llevado hacia arriba como producto de la acción orogénica acompañada de tectonismos o sea fuerzas que ayudan a conservar el equilibrio y provocan ajustes que de alguna manera expresan el origen de estas montañas.

1. ¹Fuente: Plan básico de ordenamiento territorial, municipio de Ipiales.

²Julio Ramón Jácome Benavides / Artur Coral-Folleco, ipitimes.com®. <http://www.ipitimes.com/geologiaygeomorfologiaipiales.htm>

4.3. GEOLOGÍA³

La geología del municipio de Ipiales está conformada por estructuras antiguas del precámbrico, paleozoico, mesozoico y material reciente de tipo sedimentario del Terciario.

Según (Arango y Ponce. 1980), el registro geológico más antiguo corresponde al precámbrico. El límite de la plataforma continental durante esa época estaba localizado aproximadamente en el borde occidental de la actual cordillera Centro Oriental. Con anterioridad al proterozoico se presentó acumulación de sedimentos y productos de actividad volcánica, los que posteriormente fueron sometidos a metamorfismo y durante el proterozoico estas rocas fueron migmatizadas originándose el Complejo Migmatítico de Nariño (pEm). En el área de estudio este complejo se encuentra localizado al oriente de La Victoria prolongándose desde el río Chingual hasta el río Sucio; sector que está constituido por rocas magmáticas, las que presentan varias texturas que por su composición mineralógica es aproximadamente uniforme. Las migmatitas del sector de la confluencia del río San Francisco con el río Chingual contienen neis, cuarzo y feldespatos.

A principios del paleozoico se presenta una acumulación de sedimentos, que fueron plegados y metamorfizados a finales del paleozoico inferior, originando el Grupo Monopamba (Pzim), localizado entre el sector del río Verde (municipio de Ipiales) y el río Afiladores (municipio de Potosí), consta de rocas metamórficas de origen sedimentario, meta-arenitas, filitas, esquistos, cuarzo micáceos, feldespatos y anfibolitas.

La Formación Rumiayaco (Tpr), se encuentra localizada en el Pie de Monte Andino Oriental del municipio de Ipiales, la cual está conformada de arcillolitas con intercalaciones de areniscas arcillosas, localmente conglomeráticas originadas en un ambiente continental y reposan sobre las rocas marinas del cretacio.

La Formación Pepino (Tep). En esta unidad predominan los conglomerados. Consta de intercalaciones de arcilla limosa y areniscas de ambiente continental. La Formación Orito (Too), consta de arcillolitas generalmente fosilíferas con nódulos calcáreos y arcillolitas arenosas. Se presentan también pequeños mantos de lignito.

La Formación Ospina (Tmo), que consta de arcillolitas de coloración rojiza, interestratificadas con areniscas arcillosas y conglomeráticas; presentan láminas de yeso en las arcillolitas. Reposan normalmente sobre la formación Orito, no presenta fósiles, se cree que su edad sea mioceno (Arango y Ponce, 1980). También se encuentran rocas intrusivas del terciario como granodioritas (gd) localizadas al oriente del río Afiladores cuyo buzamiento es cortado por el río Sucio. Su composición no es constante, a veces varía hasta diorítica; en las cercanías de la falla del Afiladores presenta protoclásis y posterior cizallamiento.

³Julio Ramón Jácome Benavides / Artur Coral-Folleco, ipitimes.com® <http://www.ipitimes.com/geologiaygeomorfologiaipiales.htm>

De igual manera se encuentran cuerpos intrusivos (Tgr): de composición granítica del cretacio superior o terciario. Están localizadas en la parte sur occidental y sur oriental del municipio. En el municipio de Ipiales se pueden identificar conjuntos geológicos con características muy particulares, su composición mineralógica la constituyen el cuarzo lechoso, neis, feldespato, apatita, epídota, areniscas, entre otras.

Además, hacen parte de esta unidad en menor extensión, los depósitos volcánicos semiconsolidados del terciario-cuaternario (TQs), los cuales se encuentran en forma de terrazas, abanicos de origen pluvivolcánico, alternancia de capas conglomeráticas con cantos de rocas volcánicas, capas de pumita y ceniza, y capas de arena, limo y arcilla con alto contenido de material carbonáceo. Predominio de capas con cantos ingenio-metamórficos en el Pie de Monte Oriental. Depósitos piroclásticos (TQvl) y depósitos de lava (TQvp), los cuales se encuentran en los valles del Cultún, Pun y San Francisco.

FALLAS GEOLÓGICAS

El municipio de Ipiales presenta un intenso tectonismo, a consecuencia de las dos grandes fallas geológicas: La Falla de Afiladores y la del Guáitara con orientación sureste. Las fallas muestran un altísimo grado de complejidad, donde fuerzas internas y externas intervinieron en su proceso de formación.

- **Falla de Afiladores.**

Según Ponce (1979) al describir la falla de Afiladores, dice que se trata de una prolongación de la falla de Cabalgamiento que bordea el oriente de la llamada cordillera Real en el Ecuador. En el municipio de Ipiales, ésta falla tiene rumbo sureste controlando el curso del río Chingual y prolongándose por el valle del río Afiladores. En este valle se observa una ancha zona de cataclasis y varias fallas inversas paralelas a la dirección del alineamiento principal, presentando cierta inestabilidad en la zona.

- **Falla del Guáitara.**

Esta falla atraviesa tangencialmente el municipio de Ipiales desde la quebrada del Rosario al sureste del municipio, pasando por Potosí hasta las cercanías de la población de Tangua; se presentan una serie de alineamientos morfológicos en el cañón del río Guáitara, orientados principalmente en dirección noreste y que son probablemente el reflejo de un importante fallamiento que está enmarcado por los depósitos volcánicos modernos (Ponce).

En la figura 1 y tabla 1 se detalla la geología de un sector del municipio de Ipiales el cual corresponde al casco urbano y zonas aledañas al mismo, con sus respectivas leyendas mediante la descripción de la plancha geológica 447 de Ingeominas.

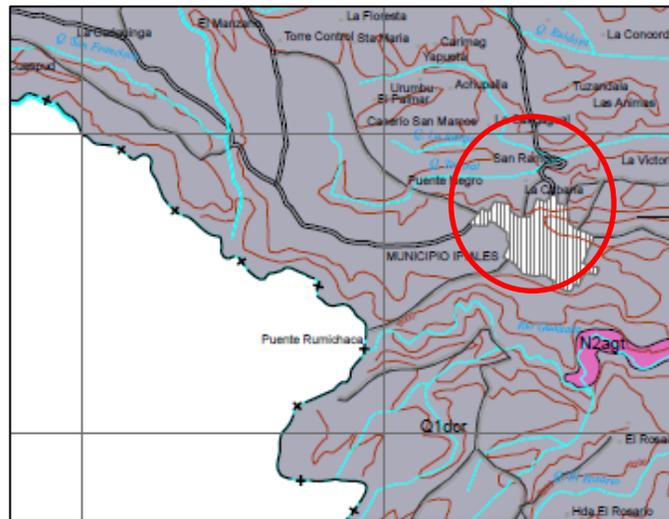


Figura 1. Geología de un sector del Municipio de Ipiales – Planchas: 447 Ipiales y 447BIS Tallambí – Ingeominas 2003.

LEYENDA	DESCRIPCIÓN
Q1dcr	DEPÓSITOS DE CENIZAS DE RUMICHACA: Depósitos arenosos, limo-arenosos intercalados con pómez de caída, aportes aluviales y coluviales.
N2agt	ANDESITAS DE GUÁITARA: Lavas masivas, color gris oscuro, afáníticas a porfídicas con plagioclasas, piroxeno y vidrio alterado.
N2acne	ANDESITAS PROFÍDICAS DEL CERRONEGRO DEL ENCINO: Flujo de lavas andesíticas y flujos pirocásticos de un antiguo edificio volcánico, andesítico, con plagioclasas, clino y ortopiroxeno y vidrio.
Q1dg	DEPÓSITOS GLACIARES: Depósitos de till, incluye morrenas laterales, terminales y de fondo. Bloques métricos, decimétricos y guijarros en matriz de lodo. Además, depósitos fluvioglaciares en las zonas más bajas.

Tabla 1. Leyendas y descripción geología de un sector del Municipio de Ipiales – Planchas: 447 Ipiales y 447BIS Tallambí – Ingeominas 2003.

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)
Baja	Hasta 3 niveles	Menores de 800 kN
Media	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4,000 kN
Alta	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4,001 y 8,000 kN
Especial	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.

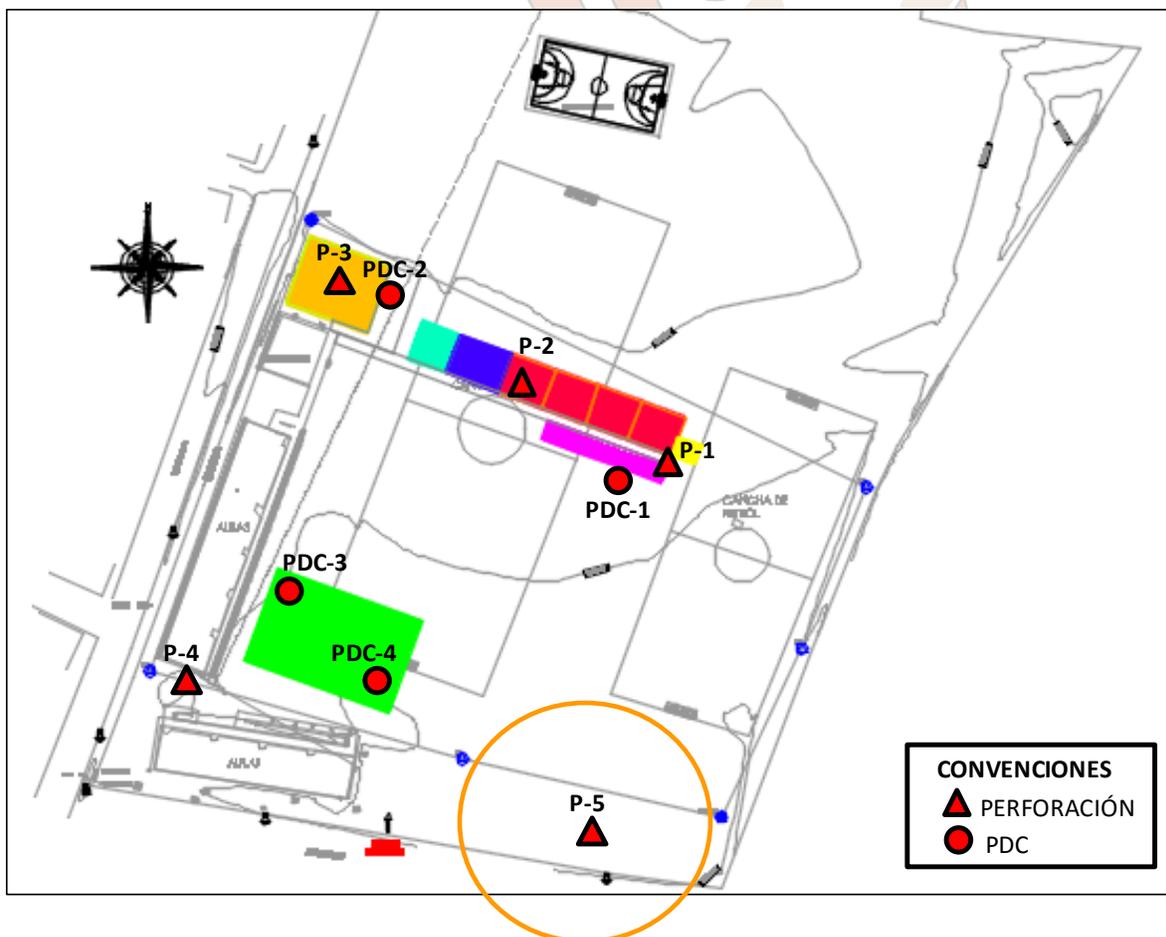


Figura 2. Localización de exploraciones de campo.

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



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

7.5. PERFORACIÓN P-5



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

7.6. PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO (PDC)



Fotografías 18 a 21. Exploraciones de campo PDC 1 a 4.

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 arenas limosas, limos poco plásticos y limos muy plásticos color café y gris de diferentes tonalidades.

La estratigrafía se describe de la siguiente manera:

PERFORACIÓN P-1: Inicialmente y hasta una profundidad de 0.60 metros se encuentra un suelo color café correspondiente a la cobertura vegetal. A continuación y hasta una profundidad de 1.50 metros, se presenta una arena limosa color blanco con café, que de acuerdo a la Clasificación Unificada de los Suelos U.S.C. se trata de un SM. Posteriormente y hasta una profundidad de 4.50 metros, se encuentra un limo poco plástico color café con tabaco, rojo y amarillo, 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: 0.91 Kg/cm².

Ángulo de fricción interna pico: 6.53°

Peso unitario húmedo: 1.74 Ton/m³

Después del estrato anteriormente descrito y hasta una profundidad de 5.30 metros, se presenta un limo muy plástico color amarillo quemado, que de acuerdo a la U.S.C. se trata de un MH. Finalmente y hasta la profundidad máxima de esta exploración que fue de 6.25 metros, se encuentra un limo poco plástico color café que con la profundidad se torna crema con habano y rojo, 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: 0.49 Kg/cm².

Ángulo de fricción interna pico: 10.17°

Peso unitario húmedo: 1.52 Ton/m³

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 no se detectó presencia de nivel freático.

Profundidad (m)	Número de golpes	Compacidad relativa
0.80 – 1.25	7-7-7	Media
1.80 – 2.25	2-2-2	Muy suelta
2.80 – 3.25	2-2-3	Muy suelta

3.80 – 4.25	3-4-5	Suelta
4.80 – 5.25	3-5-5	Suelta
5.80 – 6.25	3-7-10	Media

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

PERFORACIÓN P-2: Inicialmente y hasta una profundidad de 0.60 metros se encuentra un suelo color café correspondiente a la cobertura vegetal. A continuación y hasta una profundidad de 2.50 metros, se presenta una arena limosa color blanco con café, que de acuerdo a la U.S.C. se trata de un SM. Finalmente y hasta la profundidad máxima de esta exploración que fue de 6.25 metros, se encuentra un limo poco plástico color café con vetas de diferentes colores, 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 3. En esta exploración no se detectó presencia de nivel freático.

Profundidad (m)	Número de golpes	Compacidad relativa
0.80 – 1.25	5-10-11	Media
1.80 – 2.25	5-3-2	Suelta
2.80 – 3.25	2-1-2	Muy suelta
3.80 – 4.25	3-4-6	Suelta
4.80 – 5.25	6-6-7	Suelta
5.80 – 6.25	6-5-6	Suelta

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

PERFORACIÓN P-3: Inicialmente y hasta una profundidad de 0.70 metros se encuentra un suelo color café correspondiente a la cobertura vegetal. A continuación y hasta una profundidad de 3.30 metros, se presenta una arena limosa color blanco que con la profundidad se torna café y gris, que de acuerdo a la U.S.C. se trata de un SM. 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: 0.12 Kg/cm².

Ángulo de fricción interna pico: 6.68°

Peso unitario húmedo: 1.70 Ton/m³

Finalmente y hasta la profundidad máxima de esta exploración que fue de 6.25 metros, se encuentra un limo poco plástico color café con vetas de diferentes colores que con la profundidad se torna a crema, 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 no se detectó presencia de nivel freático.

Profundidad (m)	Número de golpes	Compacidad relativa
0.80 – 1.25	2-4-5	Suelta
1.80 – 2.25	2-3-3	Suelta
2.80 – 3.25	4-3-3	Suelta
3.80 – 4.25	3-3-4	Suelta
4.80 – 5.25	5-6-6	Suelta
5.80 – 6.25	7-5-4	Suelta

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

PERFORACIÓN P-4: Inicialmente y hasta una profundidad de 0.70 metros, se encuentra un suelo color café correspondiente a la cobertura vegetal. A continuación y hasta una profundidad de 1.50 metros, se presenta una arena limosa color blanco, que de acuerdo a la U.S.C. se trata de un SM. Después del estrato anteriormente descrito y hasta una profundidad de 3.50 metros, se encuentra un limo poco plástico color café rojizo que según la U.S.C. se trata de un ML. Posteriormente y hasta una profundidad de 4.50 metros, se presenta un limo muy plástico color café con veta rojas, que de acuerdo a la U.S.C. se trata de un MH.

Finalmente y hasta la profundidad máxima de esta exploración que fue de 6.25 metros, se encuentra un limo poco plástico color café que con la profundidad se torna amarillo, 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 5. En esta exploración no se detectó presencia de nivel freático.

Profundidad (m)	Número de golpes	Compacidad relativa
0.80 – 1.25	9-9-6	Media
1.80 – 2.25	4-3-2	Suelta
2.80 – 3.25	3-3-5	Suelta
3.80 – 4.25	2-2-3	Muy suelta
4.80 – 5.25	5-5-5	Suelta
5.80 – 6.25	9-7-6	Media

Tabla 5. Ensayo de penetración estándar Perforación P-4.

PERFORACIÓN P-5: Inicialmente y hasta una profundidad promedio de 0.80 metros, se encuentra un relleno conformado por un suelo color café oscuro con presencia de basura y retal de construcción, que de acuerdo con las versiones del Rector de la I.E. y Docentes de la Institución aumenta de profundidad hacia la parte posterior acercándose a la carrera 5 Norte. Posteriormente y hasta una profundidad de 1.50 metros, se presenta una arena limosa color crema oscuro, que de acuerdo a la U.S.C. se trata de un SM.

Finalmente y hasta una profundidad de esta exploración que fue de 6.25 metros, se encuentra un limo poco plástico color café, crema y gris de diferentes tonalidades, que según la U.S.C. se trata de un ML. A dos 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: 0.36 Kg/cm².

Ángulo de fricción interna pico: 13.14°

Peso unitario húmedo: 1.77 Ton/m³

Profundidad = 2.50 metros

Cohesión sin drenar pico: 0.42 Kg/cm².

Ángulo de fricción interna pico: 9.08°

Peso unitario húmedo: 1.38 Ton/m³

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 no se detectó presencia de nivel freático.

Profundidad (m)	Número de golpes	Compacidad relativa
0.80 – 1.25	10-10-15	Media
1.80 – 2.25	10-7-7	Media
2.80 – 3.25	2-3-4	Suelta
3.80 – 4.25	8-6-5	Suelta
4.80 – 5.25	8-7-8	Media
5.80 – 6.25	8-7-7	Media

Tabla 6. Ensayo de penetración estándar Perforación P-5.

Para estimación de los parámetros de resistencia con base en los resultados de las perforaciones desarrolladas, los valores de las tablas 2 a 6, 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 7.

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 7. 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/m², a la elevación de la prueba de penetración. La ecuación es válida para $\bar{p} \geq 2.5$ ton/m². Los valores de N corregidos para las perforaciones P-1 a P-4, se muestran en la tabla 8.

PERFORACIÓN P-1			Factores de corrección			Peso unitario (ton/m ³)	Presión efectiva (ton/m ²)	C _N	N ₆₀ =	Compacidad relativa
Prof (m)	Nspt (Golpes/pie)		longitud	Tipo	Díametro					
0.00	1.25	11	0.75	1	1	1.52	1.9	1.56	10	Media
1.25	2.25	3	0.75	1	1	1.52	3.4	1.36	3	Muy suelta
2.25	3.25	4	0.75	1	1	1.52	4.9	1.24	3	Muy suelta
3.25	4.25	7	0.87	1	1	1.52	6.5	1.15	6	Suelta
4.25	5.25	8	0.87	1	1	1.52	8.0	1.08	6	Suelta
5.25	6.25	13	0.95	1	1	1.52	9.5	1.02	10	Media
PERFORACIÓN P-2			Factores de corrección			Peso unitario (ton/m ³)	Presión efectiva (ton/m ²)	C _N	N ₆₀ =	Compacidad relativa
Prof (m)	Nspt (Golpes/pie)		longitud	Tipo	Díametro					
0.00	1.25	16	0.75	1	1	1.52	1.9	1.56	15	Media
1.25	2.25	4	0.75	1	1	1.52	3.4	1.36	3	Muy suelta
2.25	3.25	2	0.75	1	1	1.52	4.9	1.24	2	Muy suelta
3.25	4.25	8	0.87	1	1	1.52	6.5	1.15	6	Suelta
4.25	5.25	10	0.87	1	1	1.52	8.0	1.08	8	Suelta
5.25	6.25	8	0.95	1	1	1.52	9.5	1.02	7	Suelta
PERFORACIÓN P-3			Factores de corrección			Peso unitario (ton/m ³)	Presión efectiva (ton/m ²)	C _N	N ₆₀ =	Compacidad relativa
Prof (m)	Nspt (Golpes/pie)		longitud	Tipo	Díametro					
0.00	1.25	7	0.75	1	1	1.52	1.9	1.56	7	Suelta
1.25	2.25	5	0.75	1	1	1.52	3.4	1.36	4	Muy suelta
2.25	3.25	5	0.75	1	1	1.52	4.9	1.24	3	Muy suelta
3.25	4.25	5	0.87	1	1	1.52	6.5	1.15	4	Suelta
4.25	5.25	9	0.87	1	1	1.52	8.0	1.08	7	Suelta
5.25	6.25	7	0.95	1	1	1.52	9.5	1.02	5	Suelta
PERFORACIÓN P-4			Factores de corrección			Peso unitario (ton/m ³)	Presión efectiva (ton/m ²)	C _N	N ₆₀ =	Compacidad relativa
Prof (m)	Nspt (Golpes/pie)		longitud	Tipo	Díametro					
0.00	1.25	11	0.75	1	1	1.52	1.9	1.56	11	Media
1.25	2.25	4	0.75	1	1	1.52	3.4	1.36	3	Muy suelta
2.25	3.25	6	0.75	1	1	1.52	4.9	1.24	5	Suelta
3.25	4.25	4	0.87	1	1	1.52	6.5	1.15	3	Muy suelta
4.25	5.25	8	0.87	1	1	1.52	8.0	1.08	6	Suelta
5.25	6.25	10	0.95	1	1	1.52	9.5	1.02	8	Suelta
PERFORACIÓN P-5			Factores de corrección			Peso unitario (ton/m ³)	Presión efectiva (ton/m ²)	C _N	N ₆₀ =	Compacidad relativa
Prof (m)	Nspt (Golpes/pie)		longitud	Tipo	Díametro					
0.00	1.25	19	0.75	1	1	1.52	1.9	1.56	18	Media
1.25	2.25	11	0.75	1	1	1.52	3.4	1.36	9	Suelta
2.25	3.25	5	0.75	1	1	1.52	4.9	1.24	4	Suelta
3.25	4.25	8	0.87	1	1	1.52	6.5	1.15	7	Suelta
4.25	5.25	11	0.87	1	1	1.52	8.0	1.08	9	Suelta
5.25	6.25	11	0.95	1	1	1.52	9.5	1.02	8	Suelta

Tabla 8. Corrección de Penetración estándar Perforaciones P-1 a P-5.

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 9.

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	9.90	Regular	13.05	Regular	11.65	Regular
1.00	11.27	Regular	15.12	Regular	12.04	Regular
1.50	15.89	Regular	15.12	Regular	14.35	Regular
2.00	16.66	Regular	15.50	Regular	14.35	Regular
CBR PROMEDIO	13.4	Regular	14.7	Regular	13.1	Regular

Profundidad (m)	D.C.P # 4	
	C.B.R. (%)	CALIDAD DE LA SUBRASANTE
0.50	9.55	Regular
1.00	12.43	Regular
1.50	12.82	Regular
2.00	15.12	Regular
CBR PROMEDIO	12.5	Regular

Tabla 9. 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 10, se anotan los diferentes resultados de los ensayos de laboratorio.

La estratigrafía se observa en las figuras 3 a 7 e informe fotográfico.

Exploración No.	Prof. (m)	Descripción	Humedad	Granulom	% pasa	Límites LL - Ip	Clasificación U.S.C.	Resistencia sin drenar Qu (k/cm ²)	P.Unitario (Ton/m ³)		Corte Directo	
			(%)	No. 4	No.200				Seco	Húmedo	c (k/cm ²)	φ (°)
PERFORACIÓN P-1												
P - 1	0.80 - 1.25	ARENA LIMOSA COLOR BLANCO CON CAFÉ	21.13	99.71	29.85	NL - NP	SM					
	1.80 - 2.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON TABACO Y NEGRO	51.29	100.00	88.05	40.50 - 2.86	ML					
	2.80 - 3.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON TABACO	45.89	100.00	89.89	39.56 - 3.84	ML					
	3.25 - 3.80	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CREMA CON ROJO	28.51	99.85	65.51	NL - NP	ML		1.12	1.74	0.91	6.53
	3.80 - 4.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CLARO	64.76	100.00	93.13	47.41 - 3.99	ML					
	4.80 - 5.25	LIMO MUY PLÁSTICO COLOR AMARILLO QUEMADO	50.16	100.00	93.17	53.17 - 3.68	MH					
	5.25 - 5.80	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON PINTAS ROJAS	62.98	100.00	92.75	48.84 - 6.99	ML		0.83	1.52	0.49	10.17
	5.80 - 6.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CREMA CON HABANO Y ROJO	43.26	100.00	92.42	40.85 - 4.94	ML					
PERFORACIÓN P-2												
P - 2	0.80 - 1.25	ARENA LIMOSA COLOR BLANCO CON CAFÉ	13.18	99.74	24.10	NL - NP	SM					
	1.80 - 2.25	ARENA LIMOSA COLOR BLANCO CON CAFÉ	41.27	99.87	42.71	NL - NP	SM					
	2.80 - 3.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ OSCURO CON NEGRO	42.82	100.00	92.98	41.39 - 1.34	ML					
	3.80 - 4.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON PINTAS ROJAS	43.36	100.00	76.51	33.07 - 0.25	ML					
	4.80 - 5.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ OSCURO	59.99	100.00	93.26	45.00 - 3.60	ML					
	5.80 - 6.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON CREMA Y PINTAS ROJAS	56.08	100.00	85.04	NL - NP	ML					

Exploración No.	Prof. (m)	Descripción	Humedad	Granulom.	% pasa	Límites LL - Ip	Clasificación U.S.C.	Resistencia sin drenar Qu (k/cm ²)	P.Unitario (Ton/m ³)		Corte Directo	
			(%)	No. 4	No.200				Seco	Húmedo	c (k/cm ²)	φ (°)
PERFORACIÓN P-3												
P - 3	0.80 - 1.25	ARENA LIMOSA COLOR BLANCO	21.98	85.61	24.74	NL - NP	SM					
	1.80 - 2.25	ARENA LIMOSA COLOR BLANCO CON TABACO	34.01	99.08	27.33	NL - NP	SM					
	2.80 - 3.25	ARENA LIMOSA COLOR GRIS	28.71	99.23	27.10	NL - NP	SM					
	3.25 - 3.80	ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ OSCURO	25.38	91.79	36.69	40.91 - 7.53	SM		1.04	1.70	0.12	6.68
	3.80 - 4.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON PINTAS NEGRAS Y ROJAS	56.41	97.80	88.80	43.07 - 3.92	ML					
	4.80 - 5.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR AMARILLO CON PINTAS ROJAS	51.42	98.00	89.58	47.24 - 0.09	ML					
	5.80 - 6.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CREMA CON PINTAS ROJAS	36.44	99.20	89.60	45.56 - 2.60	ML					
PERFORACIÓN P-4												
P - 4	0.80 - 1.25	ARENA LIMOSA COLOR BLANCO	36.41	99.42	30.13	NL - NP	SM					
	1.80 - 2.25	LIMO POCO PLÁSTICO CAFÉ ROJIZO OSCURO	32.49	100.00	88.43	46.44 - 3.41	ML					
	2.80 - 3.25	LIMO POCO PLÁSTICO CAFÉ ROJIZO	30.29	98.30	86.20	42.15 - 3.31	ML					
	3.80 - 4.25	LIMO MUY PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON PINTAS ROJAS	69.93	100.00	92.00	50.22 - 5.72	MH					
	4.80 - 5.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON PINTAS ROJAS	60.86	97.18	89.77	NL - NP	ML					
	5.80 - 6.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR AMARILLO ROJIZO	38.91	100.00	88.78	NL - NP	ML					
PERFORACIÓN P-5												
P - 5	0.80 - 1.25	ARENA LIMOSA COLOR CREMA OSCURO	7.47	100.00	25.83	NL - NP	SM					
	1.25 - 1.80								1.37	1.77	0.36	13.14
	1.80 - 2.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON TABACO	32.40	100.00	81.29	NL - NP	ML					
	2.25 - 2.80								0.82	1.38	0.42	9.08
	2.80 - 3.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ	59.09	100.00	90.10	41.89 - 2.26	ML					
	3.80 - 4.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ Y CREMA CON VETAS TABACO	48.69	100.00	78.50	42.03 - 4.02	ML					
	4.80 - 5.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CREMA GRICASEO CON VETAS TABACO	60.15	100.00	83.80	41.30 - 0.98	ML					
	5.80 - 6.25	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR AMARILLO CON CREMA	68.27	100.00	86.81	49.26 - 3.06	ML					

Tabla 10. 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	7	7	7		58%	PERCUSIÓN Nspt	ARENA LIMOSA COLOR BLANCO CON CAFÉ
1.80	1.25 - 1.80 m						ROTACIÓN	
2.25	MUESTRA 2. 1.80 - 2.25 m	2	2	2		95%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON TABACO Y NEGRO
2.80	2.25 - 2.80 m						ROTACIÓN	
3.25	MUESTRA 3. 2.80 - 3.25 m	2	2	3		92%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON TABACO
3.80	MUESTRA 4. 3.25 - 3.80 m					38%	PERCUSIÓN Shelby	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CREMA CON ROJO
4.25	MUESTRA 5. 3.80 - 4.25 m	3	4	5		91%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CLARO
4.80	4.25 - 4.80 m						ROTACIÓN	
5.25	MUESTRA 6. 4.80 - 5.25 m	3	5	5		98%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO MUY PLÁSTICO COLOR AMARILLO QUEMADO
5.80	MUESTRA 7. 5.25 - 5.80 m				48%	PERCUSIÓN Shelby	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON PINTAS ROJAS	
6.25	MUESTRA 8. 5.80 - 6.25 m	3	7	10	98%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CREMA CON HABANO Y ROJO	

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	5	10	11		55%	PERCUSIÓN Nspt	ARENA LIMOSA COLOR BLANCO CON CAFÉ
1.80	1.25 - 1.80 m						ROTACIÓN	
2.25	MUESTRA 2. 1.80 - 2.25 m	5	3	2		45%	PERCUSIÓN Nspt	ARENA LIMOSA COLOR BLANCO CON CAFÉ
2.80	2.25 - 2.80 m						ROTACIÓN	
3.25	MUESTRA 3. 2.80 - 3.25 m	2	1	2		88%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ OSCURO CON NEGRO
3.80	3.25 - 3.80 m						ROTACIÓN	
4.25	MUESTRA 4. 3.80 - 4.25 m	3	4	6		74%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON PINTAS ROJAS
4.80	4.25 - 4.80 m						ROTACIÓN	
5.25	MUESTRA 5. 4.80 - 5.25 m	6	6	7		68%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ OSCURO
5.80	5.25 - 5.80 m						ROTACIÓN	
6.25	MUESTRA 6. 5.80 - 6.25 m	6	5	6		91%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON CREMA Y PINTAS ROJAS

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	2	4	5		65%	PERCUSIÓN Nspt	ARENA LIMOSA COLOR BLANCO
1.80	1.25 - 1.80 m						ROTACIÓN	
2.25	MUESTRA 2. 1.80 - 2.25 m	2	3	3		82%	PERCUSIÓN Nspt	ARENA LIMOSA COLOR BLANCO CON TABACO
2.80	2.25 - 2.80 m						ROTACIÓN	
3.25	MUESTRA 3. 2.80 - 3.25 m	4	3	3		92%	PERCUSIÓN Nspt	ARENA LIMOSA COLOR GRIS
3.80	MUESTRA 4. 3.25 - 3.80 m					62%	PERCUSIÓN Shelby	ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ OSCURO
4.25	MUESTRA 5. 3.80 - 4.25 m	3	3	4		85%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON PINTAS NEGRAS Y
4.80	4.25 - 4.80 m						ROTACIÓN	
5.25	MUESTRA 6. 4.80 - 5.25 m	5	6	6		76%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR AMARILLO CON PINTAS ROJAS
5.80	5.25 - 5.80 m						ROTACIÓN	
6.25	MUESTRA 7. 5.80 - 6.25 m	7	5	4		79%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CREMA CON PINTAS ROJAS

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				4		ROTACIÓN	
1.25	MUESTRA 1. 0.80 - 1.25 m	9	9	6		21%	PERCUSIÓN Nspt	ARENA LIMOSA COLOR BLANCO
1.80	1.25 - 1.80 m						ROTACIÓN	
2.25	MUESTRA 2. 1.80 - 2.25 m	4	3	2		75%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO CAFÉ ROJIZO OSCURO
2.80	2.25 - 2.80 m						ROTACIÓN	
3.25	MUESTRA 3. 2.80 - 3.25 m	3	3	5		91%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO CAFÉ ROJIZO
3.80	3.25 - 3.80 m						ROTACIÓN	
4.25	MUESTRA 4. 3.80 - 4.25 m	2	2	3		88%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO MUY PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON PINTAS ROJAS
4.80	4.25 - 4.80 m						ROTACIÓN	
5.25	MUESTRA 5. 4.80 - 5.25 m	5	5	5		74%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON PINTAS ROJAS
5.80	5.25 - 5.80 m						ROTACIÓN	
6.25	MUESTRA 6. 5.80 - 6.25 m	9	7	6		65%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR AMARILLO ROJIZO

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				5		PERCUSIÓN	
1.25	MUESTRA 1. 0.80 - 1.25 m	10	10	15		58%	PERCUSIÓN Nspt	ARENA LIMOSA COLOR CREMA OSCURO
1.80	1.25 - 1.80 m						PERCUSIÓN Shelby	
2.25	MUESTRA 2. 1.80 - 2.25 m	10	7	7		37%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ CON TABACO
2.80	2.25 - 2.80 m						PERCUSIÓN Shelby	
3.25	MUESTRA 3. 2.80 - 3.25 m	2	3	4		74%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ
3.80	3.25 - 3.80 m						PERCUSIÓN	
4.25	MUESTRA 4. 3.80 - 4.25 m	8	6	5		33%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CAFÉ Y CREMA CON VETAS
4.80	4.25 - 4.80 m						PERCUSIÓN	
5.25	MUESTRA 5. 4.80 - 5.25 m	8	7	8		58%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR CREMA GRICASEO CON VETAS
5.80	5.25 - 5.80 m						PERCUSIÓN	
6.25	MUESTRA 6. 5.80 - 6.25 m	8	7	7		25%	PERCUSIÓN Nspt	LIMO POCO PLÁSTICO COLOR AMARILLO CON CREMA

PROFUNDIDAD TOTAL PERFORACIÓN = 6.25 metros

Figura 7. Estratigrafía Perforación P-5

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 de la Institución Educativa Seminario calle 11 No. 5N-02 en el municipio de Ipiales 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 **para todas las estructuras proyectadas en el sector**, se debe realizar una fundación del tipo especial, consistente en mejorar las características físico-mecánicas usando un mejoramiento, como se indica enseguida.

El mejoramiento se conformará con un concreto ciclópeo en proporción 70:30 (70% concreto pobre 30% de rajón) con un espesor no inferior a 0.50 metros, sobre un suelo-cemento con una dosificación al 8% 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 11 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 con un espesor de 0.50 metros, para una profundidad total de mejoramiento de 1.00 metro. Un detalle del mejoramiento recomendado se muestra en la figura 8.

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"	3/8"	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 11. 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 y deberán ser diseñadas teniendo en cuenta que las cargas de trabajo que actúan sobre el terreno no excedan de la máxima capacidad de carga que se anota en las conclusiones y recomendaciones.

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 7.

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

10.1. 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 de la Institución Educativa Seminario calle 11 No. 5N-02 en el municipio de Ipiales 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 **para todas las estructuras proyectadas en el sector**, se debe realizar una fundación del tipo especial, consistente en mejorar las características físico-mecánicas usando un mejoramiento, como se indica enseguida.

10.2. El mejoramiento se conformará con un concreto ciclópeo en proporción 70:30 (70% concreto pobre 30% de rajón) con un espesor no inferior a 0.50 metros, sobre un suelo-cemento con una dosificación al 8% 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 11 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 con un espesor de 0.50 metros, para una profundidad total de mejoramiento de 1.00 metro. Un detalle del mejoramiento recomendado se muestra en la figura 8.

Para la parte posterior del sector objeto del presente estudio geotécnico junto a la carrera 5 Norte, para construcción de las zapatas proyectadas, en el área de las mismas, se deberá retirar en su totalidad el relleno conformado por un suelo color café con basura y retal de construcción y posteriormente recuperar el nivel con un mejoramiento de acuerdo a lo descrito anteriormente tomando como altura variable el mejoramiento realizado con suelo-cemento dejando constante el mejoramiento con concreto ciclópeo en proporción (70:30).

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 8 se muestra el detalle de la cimentación recomendada.

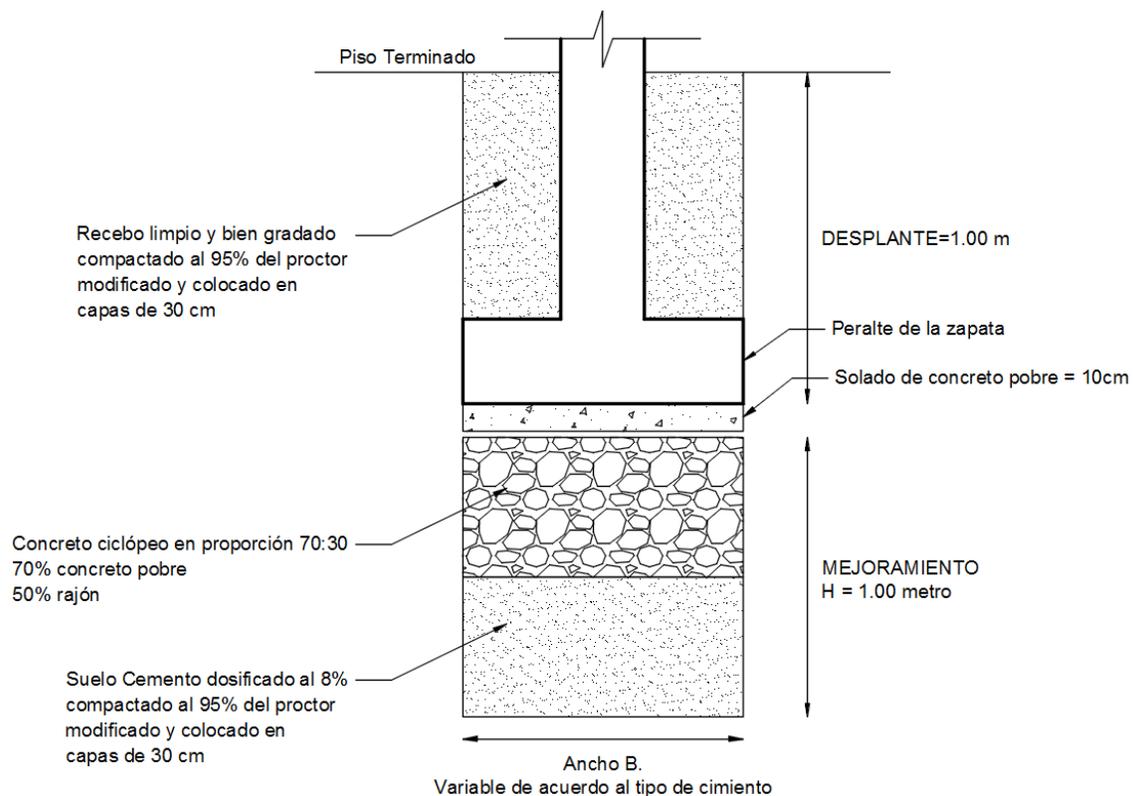


Figura 8. Diseño del mejoramiento cimentación para las ampliaciones de colegios del Proyecto Espacios para Aprender Ministerio de Educación Grupo 10 (I.E. Seminario – Ipiales – Nariño).

10.3. 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 22.0 Ton/m². (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 66.0 Ton/m²; 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.

10.4. 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.

10.5. 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.

10.6. 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 3.00 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 220 kN/m² y un periodo de 20 años, cuyos resultados se muestran en la tabla 12.

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

Distancia (m)	Ángulo (°)	Estrato	Z (m)	Tensión (kN/m ²)	Dp (kN/m ²)	Método	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
0.00	0	2	1.25	21	189.228	Edométrico	0.95	--	
		3	1.75	29.75	98.528		0.49	--	
		4	3.5	58.75	14.573		0.44	--	1.88
1.00	0	2	1.25	21	2.946	Edométrico	0.01	--	
		3	1.75	29.75	17.393		0.09	--	
		4	3.5	58.75	10.408		0.31	--	0.41
2.00	0	2	1.25	21	0.058	Edométrico	0	--	
		3	1.75	29.75	1.106		0.01	--	
		4	3.5	58.75	4.574		0.14	--	0.15
3.00	0	2	1.25	21	0.007	Edométrico	0	--	
		3	1.75	29.75	0.16		0	--	
		4	3.5	58.75	1.72		0.05	--	0.05
4.00	0	2	1.25	21	0.002	Edométrico	0	--	
		3	1.75	29.75	0.039		0	--	
		4	3.5	58.75	0.669		0.02	--	0.02
5.00	0	2	1.25	21	0.001	Edométrico	0	--	
		3	1.75	29.75	0.013		0	--	
		4	3.5	58.75	0.285		0.01	--	0.01

Tabla 12. Cálculo asentamientos edométricos para diferentes distancias.

De acuerdo a lo que se muestra en la tabla 12, 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.

10.7. 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.

10.8. Los coeficientes de balasto horizontal y vertical para diseño estructural de las zapatas y vigas de cimentación, se muestran en la tabla 13.

COEFICIENTES DE BALASTO - ESTRUCTURA	
VERTICAL (Kg/cm^3) =	2.69
HORIZONTAL (Kg/cm^3) =	1.29

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

Tabla 13. Coeficientes de balasto para diseño de fundación.

10.9. **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 11 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 9.

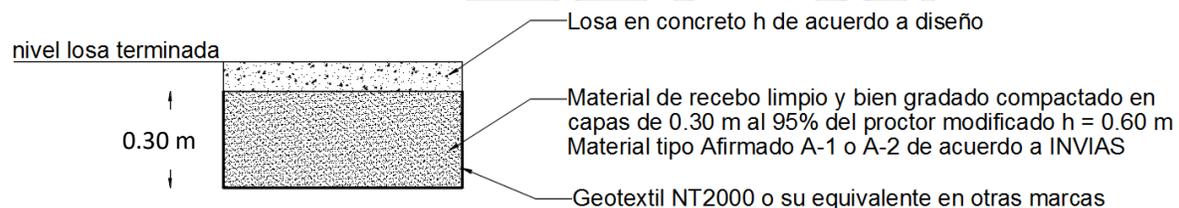


Figura 9. Tipología cimentación losas para las ampliaciones de colegios del Proyecto Espacios para Aprender Ministerio de Educación Grupo 10 (I.E. Seminario – Ipiales – Nariño).

Cumpliendo las condiciones anteriormente anotadas del mejoramiento, la máxima capacidad de carga ante las cargas de trabajo no debe exceder de 12.50 Ton/m². (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 9.

10.10. Los coeficientes de balasto horizontal y vertical para diseño estructural de las losas de contrapiso, se muestran en la tabla 14.

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

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

Tabla 14. Coeficientes de balasto para diseño de fundación.

10.11. **PARÁMETROS PARA MODELO GEOTÉCNICO:** 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/m³ - Valor representativo para mejoramientos realizados con suelo cemento dosificado al 8% 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 = 27.0° - 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: Arenas limosas y limo poco plástico color café de diferentes tonalidades. (Ver resumen de ensayos de laboratorio y anexos).

N₆₀ promedio = 17 golpes/pie. Valor promedio para mejoramientos realizados de acuerdo a lo especificado anteriormente.

Los parámetros definidos para los estratos 1 y 4 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).

10.12. 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.

Coeficiente de importancia, I = 1.25

Municipio: Ipiales - Departamento de Nariño

Zona de amenaza sísmica: Alta

Aceleración pico efectiva, $A_a = 0.30g$. (Fracción de la gravedad)

$A_v = 0.25g$. (Fracción de la gravedad)

Valores de coeficiente $F_a = 1.20$ y $F_v = 3.00$

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 15.

PERFORACIONES P-1 A P-5							
ESTRATO	Hi(m)	Nspt(gol-pie)	Vs(m/seg)	γ (t/m ³)	ρ (k-seg ²)/m ⁴	$\mu=G$ (t/m ²)	Vs*Hi
1	1.00	12	241.98	1.52	0.155	9072.47	241.98
2	1.00	4	165.86	1.52	0.155	4262.43	165.86
3	1.00	3	150.24	1.52	0.155	3497.43	150.24
4	1.00	5	179.08	1.52	0.155	4969.26	179.08
5	1.00	7	201.05	1.52	0.155	6262.82	201.05
6	1.25	8	210.49	1.52	0.155	6865.07	263.11
	6.25						1201.32
			Vsi=Vs*Hi/Hi Ts=4*Hi/Vsi				
			(m/seg)	(seg)			
			192.21	0.13			
			Vs(m/s) promedio =				
			191.45				

Tabla 15. Cálculo del periodo del suelo para clasificación de perfil de acuerdo a NSR-10 Título A.

NOTA: El valor de V_s (m/seg) no está relacionado con el peso unitario, únicamente con N_{60} .

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

Las muestras inalteradas tomadas y talladas para realizar dicho ensayo no genero carga. Por lo cual no se reportan y se consideran valores inferiores a 0.50 Kg/cm^2 .

Criterio 2: $V_s = 180 \text{ m/seg} < 192.21 \text{ m/seg} < 360 \text{ m/seg}$ (Perfil D) Tabla A.2.4-2 NSR-10.

Teniendo en cuenta en Criterio 1 y que la velocidad de ondas de corte es muy cercana al límite inferior del rango para el perfil D, se selecciona **perfil E** como representativo del sector en estudio.

10.13. 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, $K_0 = 0.63$

Coeficiente de presión lateral en estado activo, $K_a = 0.45$

Coeficiente de presión lateral en estado pasivo, $K_p = 2.20$

El peso del material a soportar es de 1.52 Ton/m^3 con cohesión 0.30 Kg/cm^2 y la fricción suelo-muro será de $2/3\phi$, donde $\phi = 22.0^\circ$

10.14. 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.

10.15. 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. El equipo empleado para la compactación del mejoramiento deberá ser seleccionado teniendo en cuenta el periodo de vibración del suelo, ver tabla 15 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.

10.16. 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 10, ubicado en el perímetro del sector, el cual debe conducir las aguas a la alcantarilla más cercana o lugar seguro.



Figura 10. Tipología Filtro perimetral.

10.17. 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.

10.18. 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,

Andrés Hillón S.
ING. ANDRÉS HILLÓN SARMIENTO
 Mat. 52202-156096 del C. P. de Nariño

Hugo Coral Moncayo
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, marzo 07 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.*