

TRABAJO DE GRADO, MODALIDAD TRABAJO SOCIAL

TRABAJOS REALIZADOS:

ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA PARROQUIA “EL SEÑOR DE LOS MILAGROS” EN PIENDAMO-CAUCA, CONSULTORIO JURIDICO DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA, SALON MULTIPLE EN LA VEREDA LOS TENDIDOS Y AMPLIACION DE SUBESTACIONES DE ENERGIA (POPAYAN, TIMBIO, EL BORDO Y ROSAS)



INFORME FINAL PARA OPTAR EL TITULO DE: INGENIERO CIVIL

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN
2012**

TRABAJO DE GRADO, MODALIDAD TRABAJO SOCIAL

TRABAJOS REALIZADOS:

ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA PARROQUIA “EL SEÑOR DE LOS MILAGROS” EN PIENDAMO-CAUCA, CONSULTORIO JURIDICO DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA, SALON MULTIPLE EN LA VEREDA LOS TENDIDOS Y AMPLIACION DE SUBESTACIONES DE ENERGIA (POPAYAN, TIMBIO, EL BORDO Y ROSAS)



INFORME FINAL PARA OPTAREL TITULO DE: INGENIERO CIVIL

**KAREN XIMENA ARCOS TREJO
CLARA YULIANA LOPEZ GARZON**

ASESORA: ING. MARGARITA POLANCO F.

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN
2012**

1.INTRODUCCION

Para elaborar el siguiente trabajo de grado, se ha considerado la reglamentación del acuerdo No. 051 de 2001 del Concejo Superior Universitario y la resolución 281 del 10 de junio de 2005 del Consejo de Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca, para optar al título de Ingeniero Civil, el cual considera como una opción realizar una práctica de servicio social (Trabajo Social), para el beneficio y progreso de una comunidad y a su vez el estudiante pueda poner en práctica los conocimientos adquiridos durante su carrera profesional, ya que este tipo de trabajos prácticos son fundamentales en el desarrollo de la formación profesional del estudiante de ingeniería civil.

Con el fin de cumplir los requisitos, dentro de este trabajo social se realizaron cuatro (4) estudios de suelos así:

1.1 ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA PARROQUIA “EL SEÑOR DE LOS MILAGROS” EN PIENDAMO-CAUCA

Este primer estudio de suelos consiste en la construcción de una parroquia y un salón múltiple, para brindarle a la comunidad la oportunidad de adquirir un espacio, con el fin de ayudar a resolver una problemática como lo es la falta de espacios para la sana integración de las familias, los vecinos y su entorno a través de actividades lúdico – recreativas; este tipo de escenarios contribuyen con la formación integral de niños, adolescentes y de la comunidad en general, creando en ellos el respeto por la vida, por los demás y favorece a formarlos en un ambiente alejado de las drogas y lugares donde puedan reunirse a socializar las diferentes problemáticas que existen a nivel comunitario.

1.2 ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCION DEL CONSULTORIO JURIDICO DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA

Este estudio de suelos tiene la finalidad de servir como centro de práctica para los estudiantes del programa de derecho, enriqueciendo cada día sus conocimientos y apoyando a la comunidad más vulnerable y las personas de bajos recursos.

1.3 ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCION DE UN SALON MULTIPLE EN LA VEREDA LOS TENDIDOS

El tercer estudio de suelos es para la construcción de un salón múltiple en la vereda Los Tendidos, el cual es necesario para que la comunidad pueda desarrollar sus actividades lúdicas y recreativas.

1.4 AMPLIACION DE SUBESTACIONES DE ENERGIA (POPAYAN, TIMBIO, EL BORDO Y ROSAS)

El cuarto consiste en la realización del estudio de suelos para la ampliación de las subestaciones de energía en los municipios de Popayán, Timbío, El Bordo y Rosas, con el fin de brindarle a la comunidad una mejor prestación del servicio de energía eléctrica y aumentar su cobertura en estos municipios.

2.OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL:

- Efectuar un trabajo práctico en el área de Geotecnia, el cual consiste en la realización de cuatro (4) estudios de suelos: para la construcción de la parroquia “El Señor de los Milagros” ubicado en el municipio de Piendamó Cauca, el consultorio jurídico de la Universidad del Cauca y el salón múltiple de la vereda Los Tendidos; y para y la ampliación de las subestaciones de los municipios de Popayán, Timbío, El Bordo, Rosas

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar el plan de trabajo de campo con base en los proyectos a construir.
- Realizar el presupuesto del trabajo de campo y laboratorio con el fin de presentar la propuesta a las comunidades.
- Supervisar el trabajo de campo el cual consiste en la realización de los sondeos y el registro de campo con el fin de definir posteriormente el perfil estratigráfico para cada proyecto.
- Definir el perfil estratigráfico.
- Procesar los resultados de laboratorio
- Procesar la información de campo y del laboratorio.
- Analizar los resultados de los ensayos de laboratorio correspondientes a las muestras obtenidas en los sondeo.

- Efectuar un análisis gráfico de los resultados de laboratorio para cada una de las características del suelo evaluadas.
- Diseñar la cimentación más adecuada de acuerdo al análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio.
- Elaborar el informe final, incluyendo las recomendaciones para el proceso constructivo de la cimentación de las estructuras proyectadas.
- Presentar un informe final, en el cual queden registrados los logros realizados, y las experiencias más importantes referidas al aprendizaje y desarrollo de objetivos propuestos durante esta práctica social

3.GENERALIDADES DEL PROYECTO

Al formular un proyecto de carácter social todo ingeniero asume un compromiso desde su elaboración, desarrollo y posterior materialización, manifestándolo de manera responsable y eficaz, ya que un profesional integral es a quien le ocupan las demandas sociales consagrándose al servicio de la comunidad.

Por las razones expuestas anteriormente y con el fin de realizar una labor social, se ha asumido la responsabilidad de efectuar a plenitud y de acuerdo de la normatividad Colombiana, los estudios de suelos mencionados, logrando obtener por medio de un análisis concienzudo de los parámetros del suelo, la información necesaria para predecir el comportamiento del suelo bajo las cargas previstas, con el fin de realizar unos diseños seguros, eficaces, y económicos para la construcción de la cimentación de la estructuras proyectadas.

4. ESTUDIO DE SUELOS

El presente proyecto contempla el estudio de suelos para varios proyectos (para la construcción de la parroquia “el señor de los milagros” en Piendamó - Cauca, consultorio jurídico de la universidad del cauca, salón múltiple en la vereda los tendidos y ampliación de subestaciones de energía) estas investigaciones del subsuelo son importantes para conocer las propiedades físicas y mecánicas de los suelos que constituyen el terreno de cimentación, lo cual se logra mediante un trabajo de perforación y muestreo y de laboratorio que permitan conocer el posible comportamiento del subsuelo.

Etapas de un estudio geotécnico:

- *Perforaciones*
- *Muestreo*
- *Ensayos de laboratorio*
- *Diseño de cimentación*

4.1 PERFORACIONES.

En estos proyectos por las características de las estructuras proyectadas, se realizaron perforaciones utilizando equipo de perforación manual, ⁱ “consiste en un sistema de varillaje y uniones que permite ir acoplando el número de varillas necesarias según la profundidad de la perforación. En uno de los extremos de varillaje se acopla un elemento de ataque que puede ser de tipo helicoidal o posteadora o de otro tipo dependiendo del tipo de suelo a atacar y de las preferencias de los perforadores.

Los sondeos o perforaciones con equipo manual se inician generalmente con una pala posteadora la cual se introduce en el terreno con movimiento de rotación y presionándola dentro del suelo; una vez llena, se saca y se deposita el material sobre una superficie limpia. Esta operación se repite hasta que este tipo de posteadora lo permita. En seguida se introduce en el terreno el varillaje

ⁱ Tomado de Principios básicos de mecánica de suelos. ING. MARGARITA POLANDO. P 59

del equipo de perforación manual con su respectivo elemento de ataque haciéndolo penetrar en el terreno por medio de presión y giro en el manubrio al extremo superior de la tubería de perforación. Al igual que con la posteadora una vez se llena de suelo la barrena o elemento de ataque se extrae con el suelo adherido, limpia y se examina el suelo. La barrena va avanzando distancias iguales a su longitud, por lo tanto el proceso continúa introduciéndola sucesivamente hasta lograr la profundidad deseada.

Con este equipo no se puede avanzar a profundidades mayores de 8 a 10 metros debido al peso del varillaje, pero tienen una gran ventaja es la de proporcionar una cavidad seca hasta llegar al nivel freático, lo que permite definir la profundidad de dicho nivel con mucha precisión y además facilita el reconocimiento visual de los cambios en la composición del suelo”.

Las perforaciones a percusión se realizaron con un equipo que está constituido por un trípode con polea y martillo suspendido que pesa entre 80 y 150 kg, el sistema de perforación consiste en la hincada de tubos de acero con un punzón en la punta, mediante el golpeo del martillo que cae desde una altura variable. Se deben contar sistemáticamente los golpes necesarios para la penetración de cada tramo de 20 cm, lo que permite conocer la compacidad del suelo atravesado, aquí también se acopla herramientas para tomar la muestras y durante las perforaciones con este equipo se pueden realizar pruebas In Situ, como la prueba SPT o prueba de penetración estándar, con el fin de conocer las características de resistencia de los suelos en el sitio.

Este método se utilizó en el estudio de suelos realizado para la construcción del consultorio jurídico de la universidad del cauca el cual se llevó a una profundidad de 15m.

4.2 ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR

Como ya se ha mencionado, durante la perforación con equipo mecánico se realizan pruebas de penetración STP, este método consiste en hincar en el estrato de interés un muestreador del tipo Cuchara Partida a golpes dados por un martinete de 140 libras que cae de una altura de 76cm, estos golpes se deben contabilizar para lograr una penetración del tubo muestreador o cuchara de 30cm dentro del suelo, este número se anota como N, este valor que debe

corregirse y para posteriormente establecer las correlaciones entre N y los parámetros geotécnicos como la densidad relativa, el ángulo de fricción interna del suelo, la carga admisible y los asentamientos en los suelos granulares. En el ensayo también se obtiene una muestra alterada, para realizar ensayos de identificación en laboratorio.

Este ensayo de penetración dinámica puede ejecutarse prácticamente en todo tipo de suelos, incluso en roca muy alterada, aunque es en los suelos granulares es donde se realiza preferentemente.

Después de recolectar las muestras y haberlas transportado correctamente al laboratorio se procede hacer los ensayos.

4.3 MUESTREO

Al realizar las perforaciones se tomaron las muestras alteradas e inalteradas a diferentes profundidades para posteriormente realizar las pruebas de laboratorio para conocer las propiedades físicas y mecánicas de los suelos encontrados en el sitio.

- **Muestras Alteradas:** Una muestra alterada es aquella donde una parte de ella o toda, ha sufrido una alteración tal que ha perdido la estructura que poseía in-situ, estas muestras no representan de forma real las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Una muestra alterada generalmente es usada para los procesos de identificación y caracterización física del suelo. Las muestras alteradas también son usadas para preparar especímenes de laboratorio y evaluar en ellos sus propiedades, cuando la destinación del suelo sea como elemento de construcción. Las muestras que se toman de los métodos de perforación manuales y mecánicos son alteradas otro método de perforación es la estándar

- **Muestras Inalteradas:** Son aquellas muestras obtenidas por medio de muestreadores y usando técnicas en las cuales es posible preservar de la estructura natural del material; aunque se use la expresión “inalterada” se debe tener en cuenta que una muestra de suelo al ser retirada de sus condiciones

naturales sufre algún tipo de remoldeo o alteración, se denomina así por que representan fielmente las condiciones del suelo in-situ. En estas muestras se realizan todos aquellos ensayos que permiten evaluar las condiciones de resistencia del suelo y comportamiento ingenieril y las propiedades físicas y mecánicas. En este proyecto se tomaron muestras inalteradas con Tubo de pared delgada(Shelby).

Se debe tener mucho cuidado y al transportar las muestras ya sean alteradas o inalteradas procurar que no les llegue mucho el sol o la lluvia se debe proteger de los cambios de humedad por eso se recomienda que se las transporte en bolsas plásticas para así no pierdan humedad y esto influiría en los resultados de laboratorio y así no se podría efectuar un buen diseño

4.4 ENSAYOS DE LABORATORIO

En los trabajos realizados se efectuaron los siguientes ensayos de laboratorio:

Humedad Natural
Límites de Atterberg
Gradaciones
Peso Unitario
Compresión Inconfinada
Consolidación de suelos
Gravedad específica

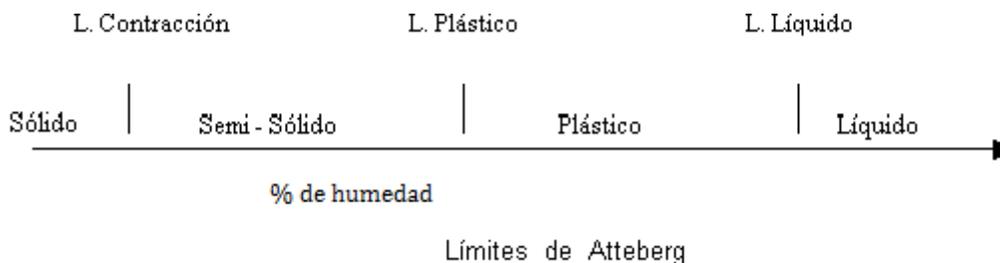
- **Humedad:** este ensayo tiene por finalidad determinar el contenido de humedad de una muestra de suelo. El contenido de humedad de una masa de suelo, esta formado por la suma de sus aguas libre, capilar e higroscópica. La importancia del contenido del contenido de agua que presenta un suelo representa junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este, como por ejemplo cambios de volumen, cohesión, estabilidad mecánica etc.

El método tradicional de determinación de la humedad del suelo en el laboratorio es por medio del secado a horno donde la humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas

- **Limites de Atterberg o límites de consistencia:** se basan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua. Así un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido. La arcilla, por ejemplo al agregarle agua, pasa gradualmente del estado sólido al estado plástico y finalmente al estado líquido.

El contenido de agua con que se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro y en mecánica de suelos interesa fundamentalmente conocer el rango de humedades, para el cual el suelo presenta un comportamiento plástico, es decir, acepta deformaciones sin sufrir cambios en su textura.

Los límites de Atterberg son propiedades índices de los suelos, con estos se pueden definir diversas propiedades entre ellas la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo.



Los suelos plásticos cambian su consistencia al variar su contenido de agua. De ahí que se puedan determinar sus estados de consistencia al variar si se conoce las fronteras entre ellas. Los estados de consistencia de una masa de suelo plástico en función del cambio de humedad son sólidos, semisólido, líquido y plástico. Estos cambios se dan cuando la humedad en las masas de suelo varía. Para definir las fronteras en esos estados se han realizado muchas investigaciones, siendo las mas conocidas las de Terzaghi y Attergerg.

La frontera convencional entre los estados semisólido y plástico se llama límite plástico, que se determina alternativamente presionando y enrollando una pequeña porción de suelo plástico hasta un diámetro al cual el pequeño cilindro se desmorona, y no puede continuar siendo presionado ni enrollado. El contenido de agua a que se encuentra se anota como límite plástico.

La frontera entre el estado sólido y semisólido se llama límite de contracción y a la frontera entre el límite plástico y líquido se llama límite líquido y es el contenido de agua que se requiere adicionar a una pequeña cantidad de suelo que se colocará en una copa estándar, y ranurará con un dispositivo de dimensiones también estándar, sometido a 25 golpes por caída de 10 mm de la copa a razón de 2 golpes/s, en un aparato estándar para limite líquido; la ranura efectuada deberá cerrarse en el fondo de la copa a lo largo de 13.0mm.

En los granos gruesos de los suelos, las fuerzas de gravitación predomina fuertemente sobre cualquiera otra fuerza; por ello, todas las partículas gruesas tienen un comportamiento similar.

En los suelos de granos muy finos, sin embargo fuerzas de otros tipos ejercen acción importantísima; ello es debido a que en estos granos, la relación de área a volumen alcanza valores de consideración y fuerzas electromagnéticas desarrolladas en la superficie de los compuestos minerales cobran significación.

En general, se estima que esta actividad en la superficie de la partícula individual es fundamental para tamaños menores que dos micras (0,002 mm)

- **Gradación:** este ensayo consiste en utilizar una serie de tamices con diferentes diámetros, en la parte superior, donde se encuentra el **tamiz** de mayor diámetro, se agrega el material y la columna de tamices se somete a vibración y movimientos rotatorios después de unos minutos, se retiran los tamices y se separan, tomando por separado los pesos de material retenido en cada uno de ellos y que, en su suma, deben corresponder al peso total del material que inicialmente se colocó en la columna de tamices, tomando en cuenta el peso total y los pesos retenidos, se procede a realizar la **curva granulométrica**, con los valores de porcentaje retenido que cada diámetro ha obtenido. La curva granulométrica permite visualizar la tendencia **homogénea** o **heterogénea** que tienen los tamaños de grano (diámetros) de las partículas.

Para tener una buena gradación es necesario que cuando se pase el material por los tamices quede retenido material en la mayoría de ellos así de garantiza que el material tiene varios tamaños de partículas

- **Gravedad específica:** El peso específico de un suelo se define como el cociente entre el peso al aire de las partículas sólidas y el peso del agua, considerando igual temperatura y el mismo volumen.

La gravedad específica de un suelo (G_s) se define como el peso unitario del material dividido por el peso unitario del agua destilada a 4 ° C.

De esta forma, la gravedad específica puede ser calculada utilizando cualquier relación de peso de suelo al peso del agua , siempre y cuando se consideren los mismos volúmenes

El valor de la gravedad específica es necesario para calcular la relación de vacíos de un suelo, es utilizada en el análisis hidrométrico y sirve para graficar la recta de saturación máxima en el ensayo de compactación Proctor.

- **Resistencia a la Compresión Inconfiada:** El objetivo principal del ensayo es determinar la resistencia a compresión mediante la aplicación de cargas axiales en una probeta cilíndrica compuesta de una muestra de suelo cohesivo bajo condiciones inalteradas o de remoldeo. En suelos granulares o sin cohesión no es aplicable este ensayo por la dificultad de moldear la muestra y realizar la prueba.

- **Consolidación de los suelos:** ⁱⁱ“es un fenómeno por el cual, un suelo saturado disminuye de volumen debido al escape de agua de los poros y la disminución de volumen es igual al volumen de agua que escapa del suelo, buscando lugares de menor presión.

Cuando en una masa de suelo saturado aumentan las presiones, inicialmente la presión del agua aumentara en la misma cantidad. Este aumento de presiones produce como ya se ha dicho el escape de agua y por ende la disminución de volumen de vacíos con el tiempo. La disminución de volumen continua hasta que la presión de poro disminuya a un valor igual a la que tenía antes de sobrecarga el suelo.

El aumento de presión total como se ha mencionado es inicialmente equilibrado por un aumento igual en la presión de poros; sin embargo a medida que el agua drena y alivia su estado de presión, son las presiones efectivas las que van aumenta hasta equilibrar el incremento de presiones totales. En el momento en que la presión del agua vuelve a su valor final, el incremento de las presiones totales es igual al incremento de las presiones efectivas en loa masa de suelo”.

En el proceso de consolidación de un suelo interesa conocer la magnitud de los asentamientos y el tiempo en el cual sucede.

La velocidad con que se efectua este fenómeno depende de la facilidad con que se pueda escapar el agua de los poros, en otras palabras depende de la permeabilidad.

ⁱⁱ Tomado de Pincipios básicos de mecánica de suelos. ING. MARGARITA POLANDO. P 346

Para obtener los parámetros de suelos que nos permitan evaluar el proceso de consolidación de un suelo, se debe realizar el ensayo de consolidación, para el cual se requiere una celda de consolidación en el cual se coloca el anillo de consolidación con la muestra de suelo en medio de dos piedras porosas saturadas, a esto se le aplica una carga por medio de una platina superior y un sistema de placas con pesas, se le va incrementando las cargas y se toman las lecturas de las deformaciones a diferentes tiempos.

Con base en todos los resultados de los ensayos de laboratorio mencionados se procede hacer un cuadro resumen donde se muestra los resultados obtenidos de los ensayos y en los anexos se incluyen los formatos del trabajo de laboratorio realizado.

Además se elaboraron curvas de las propiedades de los suelos con la profundidad con el fin de entender mejor el comportamiento del suelo y de efectuar un mejor análisis del perfil estratigráfico deducido del sitio.

Un ejemplo del cuadro resumen de resultados presenta en el cuadro No. 1 y un ejemplo de las gráficas elaboradas se muestra en las figuras No.1 y No.2.

Cuadro No.1

RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO

Prof (m)	Wn%	LL %	Ip %	Qu Kg/cm ²	Ym Tn/m ³	Yd Tn/m ³	Observaciones
Sondeo Mecánico #1							
1.0-1.45	47.9	***	***	N=4 golpes/pie			Suelo fino, amarillo, con vetas grises y rolizas
2.10-2.50	51.8	***	***	0.92	1.73	1.14	Suelo fino, amarillo, vetas grises, roca meteorizada
3.0-3.40	58.1	***	***	0.41	1.70	1.07	Suelo fino, amarillo, vetas rojizas ,presencia de roca meteorizada
4.50-4.90	49.0	***	***	0.42	1.75	1.18	Suelo fino, amarillo, vetas rojizas ,presencia de roca meteorizada
7.50-7.95	66.0	***	***	N=2 golpes/pie			Suelo fino, gris oscuro vetas verdes, arena dispersa
9.0-9.45	53.0	***	***	N=3 golpes/pie			Suelo fino, gris oscuro, arena dispersa
10.5-10.95	64.5	***	***	N=10 golpes/pie			Suelo fino, gris oscuro, arena dispersa
12.0-12.45	57.8	***	***	N=9 golpes/pie			Suelo gris, gravas mezclada con arena gruesa
13.5-13.95	62.1	***	***	N19 golpes/pie			Suelo gris, gravas mezclada con arena gruesa
Sondeo Mecánico #2							
1.4-1.8	43.4	***	***	3.0	1.81	1.26	Suelo fino, amarillo, vetas grises, roca meteorizada
3.0-3.4	54.9	53.8	17.4	0.26	1.73	1.12	Suelo fino, amarillo, vetas grises, roca meteorizada
4.2-4.6	57.6	***	***	0.36	1.70	1.08	Suelo fino, amarillo, vetas rojizas ,roca meteorizada
6.0-6.45	50.8	***	***	N=5 golpes/pie			Suelo fino, amarillo, vetas grises y rojizas
7.50-7.95	49.0	***	***	N=6 golpes/pie			Suelo fino, gris oscuro, presencia de gravas dispersas
9.0-9.45	45.5	***	***	N=5 golpes/pie			Suelo fino, gris oscuro, presencia de gravas
10.5-10.95	49.9	***	***	N=5 golpes/pie			Suelo fino, gris oscuro, presencia de gravas
12.0-12.45	51.3	***	***	N=6 golpes/pie			Suelo fino, gris oscuro, presencia de gravas
13.5-13.95	58.6	***	***	N=6 golpes/pie			Suelo fino color gris oscuro con presencia de gravas dispersas y madera en descomposición

Prof (m)	Wn%	LL %	Ip %	Qu Kg/cm²	Ym Tn/m³	Yd Tn/m³	Observaciones
Sondeo Mecánico #3							
1.30-1.70	46.3	***	***	1.31	1.76	1.20	Suelo fino, amarillo, vetas grises, roca meteorizada
2.90-3.30	54.1	***	***	0.78	1.73	1.12	Suelo fino, amarillo, vetas rojas, roca meteorizada
4.2-4.60	46.0	***	***	0.39	1.75	1.2	Suelo fino, amarillo, vetas rojas, roca meteorizada
6.10-6.50	51.8	48.5	19.1	0.06	1.80	1.18	Suelo fino, amarillo, vetas grises, roca meteorizada
9.0-9.45	52.9	***	***	N=3 golpes/pie			Suelo fino, gris oscuro, gravas dispersas
10.5-10.95	86.8	***	***	N=4 golpes/pie			Suelo fino, limo arenoso, gris oscuro, gravas dispersas
12.0-12.45	90.3	***	***	N=4 golpes/pie			Suelo fino, limo arenoso color gris
13.5-13.95	45.1	***	***	N=5 golpes/pie			Suelo gris, gravas mezclada con arena gruesa

Convenciones cuadro No.1 y cuadro No.2:

Wn%: Porcentaje de Humedad, **LL%:** Limite Líquido, **IP%:** Índice de Plasticidad

qu: Resistencia a la compresión simple o inconfiada

γ : Peso unitario húmedo γ_d : Peso unitario seco

N: N_{70} corregido

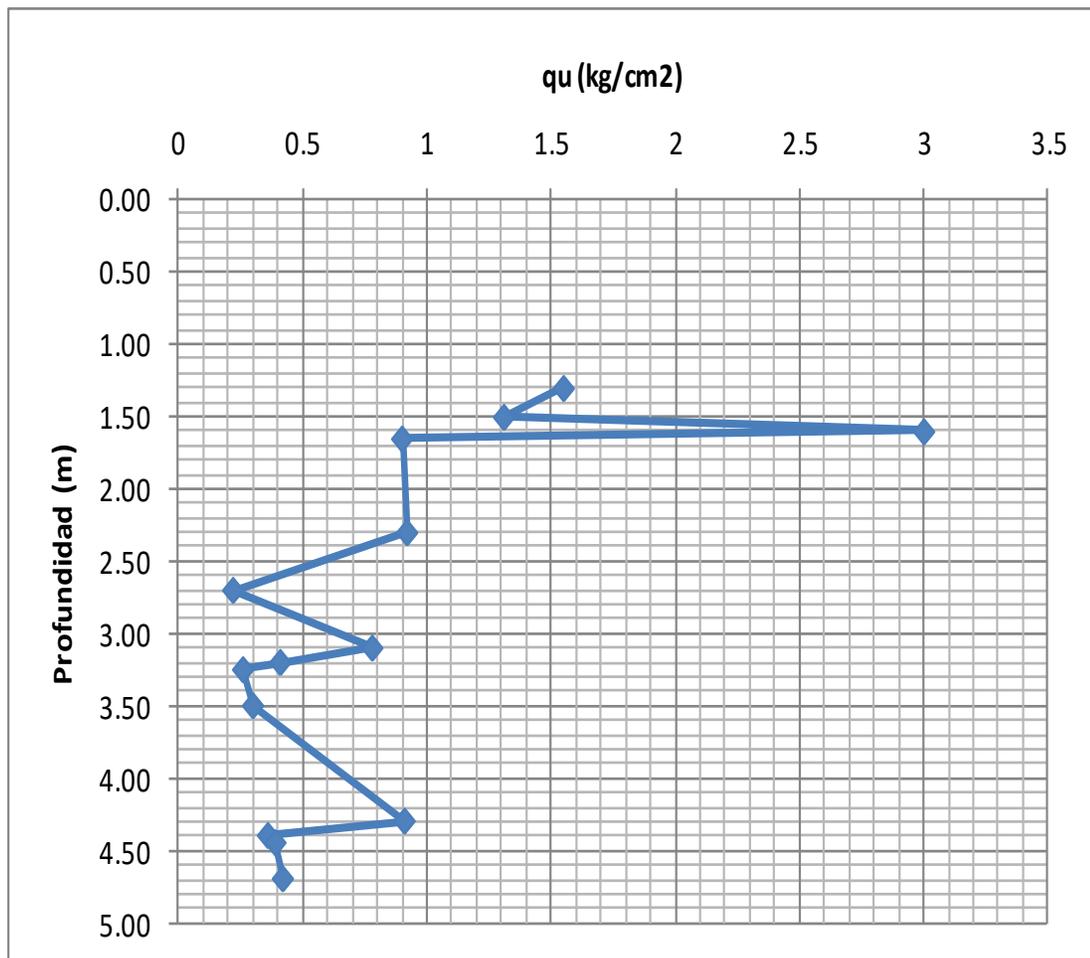


Figura N° 1. se puede observar la variación de la resistencia a la compresión simple con la profundidad obtenida a partir de pruebas de compresión simple o inconfiada realizadas en el laboratorio a partir de muestras inalteradas tomadas durante el trabajo de campo.

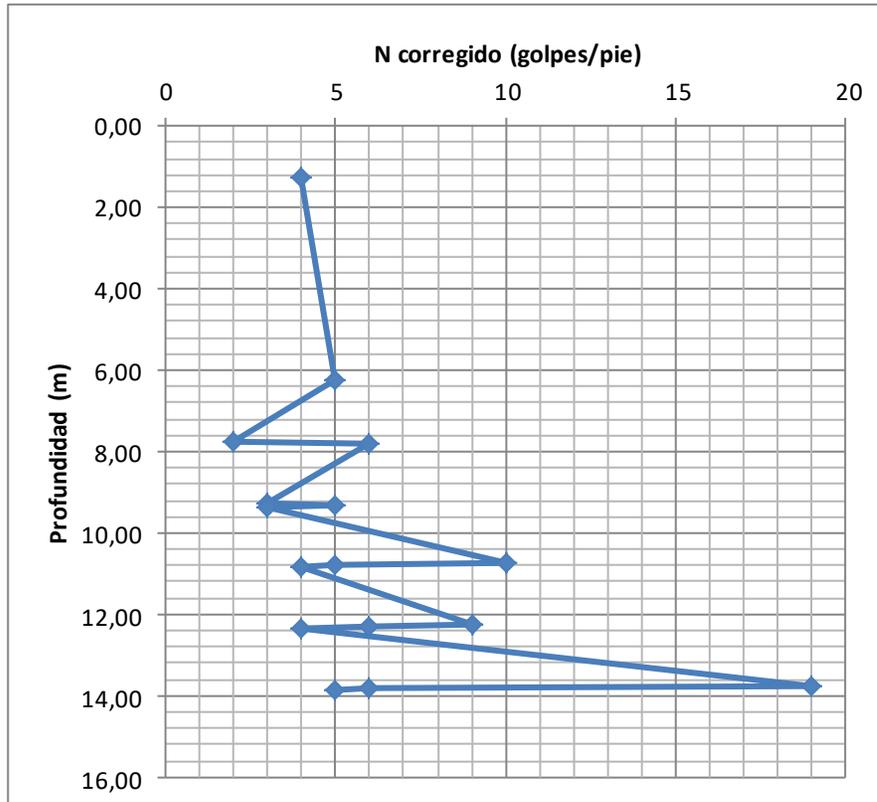


Figura N° 2. se puede observar la variación de N (número de golpes) con la profundidad obtenida a partir de pruebas de penetración estándar realizadas en el laboratorio a partir de muestras inalteradas tomadas durante el trabajo de campo.

4.5 ESTRATIGRAFIA

Con los datos obtenidos del trabajo de campo y de los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio a las muestras extraídas, se realizan un perfil estratigráfico del suelo donde nos muestra el perfil del sitio, como se distribuyen las capas de suelo, sus espesores, los tipos de suelos encontrados y los niveles freáticos.

Se hace una breve descripción de los estratos de suelos que existen como su espesor de donde hasta donde van, color, consistencia, humedad, los resultados de los ensayos que se le hicieron a ese suelo etc. Además se especifica donde se encuentra el nivel freático.

A continuación en la figura N° 3 se dará un ejemplo de un perfil estratigráfico deducido con los datos mencionados anteriormente.

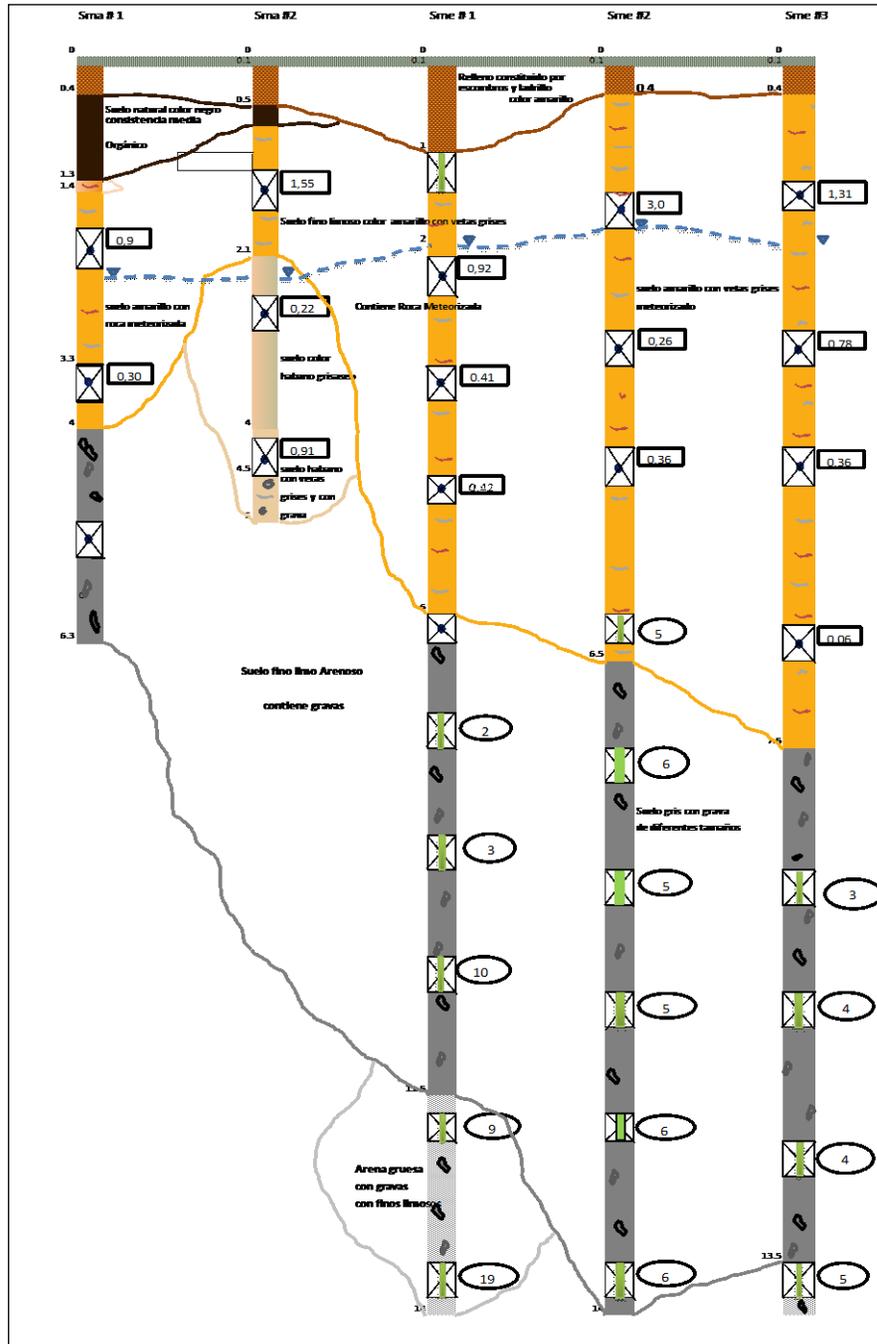


Figura N° 3. Perfil Estratigráfico Deducido

4.6 PROPIEDADES DE LOS SUELOS

Se evalúan los resultados obtenidos mediante la realización de unas graficas para comparar como esta la humedad, el índice de plasticidad, el limite liquido, el limite plástico, la resistencia etc. con respecto a la profundidad esto nos ayuda para tener un conocimiento del comportamiento del suelo y así poder hacer un diagnostico bueno

El índice de plasticidad de los suelos ayuda a analizar el potencial contracto expansivo del suelo el cual se debe tener en cuenta, para evitar daños posteriores en la estructura y tomar las medidas preventivas para las excavaciones y cortes proyectados.

Con la resistencia, podemos saber donde el suelo resiste más, si en los suelos superiores o inferiores, dependiendo de los valores obtenidos en la compresión simple

La humedad es de gran importancia para explicar el comportamiento del suelo, cuando se puedan presentar cambios de volumen, identificar un suelo cohesivo, etc.

5.CAPACIDAD PORTANTE

La capacidad portante es la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él, es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo.

En el cálculo o comprobación de la capacidad portante de un terreno sobre el que existe una construcción debe atenderse al **corto plazo (caso sin drenaje)** y al largo plazo (con drenaje). En el comportamiento a corto plazo se desprecian todo los términos excepto la cohesión última, mientras que en la capacidad portante a **largo plazo (caso con drenaje)** es importante también en rozamiento interno del terreno y su peso específico.

Dadas las características de los proyectos para los cuales se realizó el estudio de suelos, se consideró la posibilidad de diseñar como cimentación de las estructuras cimentaciones superficiales, constituidas por zapatas individuales.

El diseño de las cimentaciones se efectuó con base en el cálculo de la capacidad de carga última del suelo, considerando la resistencia al corte del suelo y los factores de capacidad de carga desarrolladas por diversos autores entre ellos Vesic (1973), y Brown y Meyerhoff que al aplicarle a este valor un correcto factor de seguridad , se obtiene la capacidad portante admisible.

Las expresiones recomendadas por Brown y Meyerhoff a usar son:

$$\sigma u = C_1 N_m + \gamma D_f$$

$$N_m = \alpha + \frac{C_2}{C_1} * N_c$$

$$\alpha = \frac{2H * (B + L)}{B * L}$$

$$N_c = 5 * \left(1 + 0.2 \frac{B}{L}\right) * \left(1 + 0.2 \frac{D_f}{B}\right)$$

σ_u = Capacidad de carga ultima

$$\sigma_{adm} = \sigma_u / FS \quad FS = 3$$

C₁: Resistencia al corte del suelo de cimentación (primera capa).

C₂: Resistencia al corte del suelo de cimentación (segunda capa).

N_c y N_m: Factores de Capacidad de Carga

FS: Factor de seguridad.

D_f: Profundidad de cimentación.

B: Ancho del cimiento.

L: Largo del cimiento

Los Asentamientos por consolidación se calcularon con base en la teoría de Terzaghi, a partir de los resultados de un ensayo de consolidación de suelos, cuyos resultados arrojaron los siguientes parámetros del suelo: Coeficiente de Consolidación, máxima carga de preconsolidación, índice de Compresibilidad (rama virgen), índice de Compresibilidad (Rama de recompresión)

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta las propiedades del suelo y las cargas de las estructuras proyectadas, en cada estudio de suelos se recomiendan las alternativas de cimentación para el diseño y construcción de las mismas, las cuales en todos los casos fueron cimentaciones superficiales constituidas por zapatas individuales.

Para cada caso se recomendó el tipo de cimentación, la profundidad de cimentación y capacidad portante admisible. También en cada estudio se dieron una serie de recomendaciones generales con el fin garantizar un buen comportamiento de la estructura con el tiempo, entre las cuales cabe mencionar las siguientes:

- *Es importante que la cimentación quede en todos los casos confinada como mínimo 0.40m.*
- *Con el fin de que el suelo conserve sus características mecánicas, es conveniente evitar la infiltración de aguas lluvias y servidas dentro del suelo, por lo anterior, se recomienda colocar en la estructura, canales y bajantes de aguas lluvias, conectados al sistema de alcantarillado.*
- *Por ningún motivo se deben descargar dentro del lote aguas servidas ni aguas lluvias. Las aguas lluvias deben conducirse al alcantarillado en forma apropiada mediante la construcción de zanjas, y tuberías. Las aguas servidas deben conectarse al alcantarillado local o a un pozo séptico debidamente diseñado.*
- *Las zonas verdes previstas en el proyecto se deben construir en forma de materas de concreto con drenajes a apropiados, constituidos por material granular protegido con geotextil y tubería de 4", conectada al sistema de alcantarillado. **NO** es conveniente que los jardines estén sembrados sobre el suelo natural, recogiendo todas las aguas lluvias y humedeciendo el suelo de cimentación.*

- *Para la construcción de **pisos y corredores** se recomienda realizar un cajeo que permita la colocación de la subbase y las losas de concreto, nivelar y compactar la subrasante, posteriormente se recomienda la colocación de un relleno con material seleccionado del tipo Sub base INVIAS ART 320-07, en un espesor mínimo de 15.0 cm, compactando hasta el 95% del Proctor Modificado del material, y finalmente se construirá una losa de concreto de 10.0cms de espesor.*

ANEXO 1

ESTUDIO DE SUELOS

PARROQUIA “EL SEÑOR DE LOS MILAGROS”

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
TRABAJO DE GRADO
MODALIDAD TRABAJO SOCIAL



ESTUDIO DE SUELOS
PARROQUIA "EL SEÑOR DE LOS MILAGROS"



PIENDAMO
DEPARTAMENTO DEL CAUCA

1. INTRODUCCIÓN

En atención a la solicitud presentada a la Universidad del Cauca, por el Rvdo. Jairo Gembuel Victoria Campo, capellán de la Parroquia "El Señor de los Milagros del Municipio de Piendamó Departamento del Cauca, se ha realizado el presente estudio de suelos, en un lote de propiedad de la Parroquia, con un área aproximada de 2000m² ubicado en la cabecera Municipal de Piendamó, como se aprecia en la figura No.1.

*En este sitio se proyecta la construcción del **La Parroquia El Señor de los Milagros** la cual consiste en una Edificación de dos plantas como se indica en la figura No.2. Esta edificación tendrá una estructura aporticada, con vigas, columnas y losas de entrepiso en concreto reforzado.*



El estudio, se ha efectuado con la finalidad de conocer la estratigrafía del suelo de cimentación y examinar las propiedades geotécnicas del suelo, con el fin de aplicarlas de manera eficiente, en el diseño de la cimentación de la estructura. Además, en este informe se darán las recomendaciones constructivas para la construcción de la cimentación, y demás partes de la estructura que se vean comprometidas con el subsuelo.



Figura No.2

Proyecto Parroquia El Señor de los Milagros, Piendamó Cauca

Para lograr el objetivo, arriba anotado, se realizó un trabajo de campo que consistió en la realización de cuatro perforaciones manuales. Estas perforaciones manuales se

realizaron a profundidades variables entre 6.00 y 7.00m. Además se realizaron los ensayos de laboratorio necesarios para definir: La Estratigrafía de lote, la posición del nivel de aguas freáticas y las propiedades físicas y mecánicas del suelo, parámetros con los que se calculó la capacidad portante del suelo y se definieron las recomendaciones para el proceso constructivo.





Figura No.3 Trabajo de perforación y muestreo

2. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con el área comprometida en el proyecto, la magnitud de las cargas que transmitirán las estructuras y cumpliendo con las especificaciones del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistentes NSR-10, se planificó y ejecutó la siguiente serie de trabajos:

2.1. Perforación y Muestreo

Se llevaron a cabo cuatro perforaciones con equipo manual de perforación, hasta 7.00m de profundidad, en suelos limosos de color amarillo correspondientes a las cenizas volcánicas de la formación Popayán.

Durante el trabajo de campo se tomaron muestras alteradas en bolsas plásticas y muestras inalteradas con tubo shelby, a las profundidades indicadas en los registros de perforación.

2.2 Ensayos de Laboratorio

Las muestras obtenidas, se llevaron al laboratorio de suelos de la Universidad del Cauca, en donde se desarrollaron las siguientes pruebas:

- * *Humedad Natural*
- * *Límites de Atterberg*
- * *Peso Unitario*
- * *Compresión Inconfinada*
- * *Consolidación de suelos*
- * *Gravedad específica*

En el cuadro No.1, se presenta el resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio y en el anexo No.3, se entregan los resultados de laboratorio.

Cuadro No.1

RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO

Prof (m)	Wn %	LL %	Ip %	Qu Kg/cm²	γm Tn/m³	γd Tn/m³	Observaciones
Sondeo Manual #1							
1,30-1,70	83,1			1,81	1,52	0,83	Suelo fino amarillo
2,60-3,00	66,1			1,23	1,64	0,98	Suelo fino amarillo
4,60-5,00	55,8			2,13	1,74	1,11	Suelo fino amarillo claro
6,60-7,00	59,3			2,60	1,69	1,06	Suelo fino amarillo claro
Sondeo Manual # 2							
1,60-2,00	73,6	73,1	20,1	1,07	1,55	0,89	Suelo fino amarillo
3,20-3,60	45,0			1,66	1,80	1,24	Suelo fino amarillo claro
5,40-5,90	60,8			1,63	1,67	1,04	Suelo fino amarillo
Sondeo Manual #3							
1,40-1,80	49,7			3,44	1,77	1,18	Suelo fino amarillo
3,00-3,40	55,6	73,0	23,1	1,61	1,73	1,11	Suelo fino amarillo
4,60-5,00	59,4			2,96	1,72	1,08	Suelo fino amarillo
5,80-6,20	63,9	71,5	27,6	1,73	1,70	1,04	Suelo fino amarillo
Sondeo Manual #4							
2,00-2,40	53,9			1,89	1,76	1,14	Suelo fino amarillo
3,80-4,20	62,3			1,39	1,67	1,03	Suelo fino amarillo
5,60-6,00	68,3			1,54	1,66	0,99	Suelo fino amarillo

Convenciones cuadro No.1:

Wn%: Porcentaje de Humedad, **LL%:** Limite Líquido, **IP%:** Índice de Plasticidad

qu: Resistencia a la compresión simple o inconfiada

γ : Peso unitario húmedo γ_d : Peso unitario seco

3. ESTRATIGRAFÍA

3.1 ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES

En la figura N°4 , se muestra el perfil estratigráfico del suelo, obtenido del trabajo de campo y de los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio a las muestras extraídas; de igual manera en las fotografías de la figura No.5 se pueden observar los diferentes suelos encontrados. El perfil de suelos del lote del proyecto es bastante homogéneo a lo largo y ancho del lote en cuanto al tipo de suelo encontrado, y está conformado básicamente por un suelo fino limoso con color variable de amarillo a amarillo claro.

Las diferentes capas de suelo y sus características se describen a continuación:

PRIMER ESTRATO

Corresponde a la capa vegetal, o suelo orgánico cubierto con pastos. Esta capa de suelo solamente se encuentra en el lado oriental del lote y tiene un espesor máximo de 0.80m. En este sitio debajo de esta capa de suelo fino color negro aparece una capa de transición entre el suelo orgánico y el suelo amarillo, esta capa tiene coloración café. El resto del lote se encuentra completamente descapotado.

SEGUNDO ESTRATO

Este estrato tiene un espesor variable superior 6.2m y está constituido por un suelo fino limoso de color amarillo, correspondiente a una ceniza volcánica.

Esta capa tiene humedad variable de media a alta, cercana al límite líquido. El suelo tiene una consistencia de alta las resistencias a la compresión simple alcanzan valores entre 1.07 y 3.44kg/cm²

Las principales características físicas y mecánicas de esta capa de suelo son las siguientes:

Humedad Natural: 45.0% – 83.1 %

Límite Líquido: 71.5% - 73.1%

Índice de Plasticidad: 20.1% - 27.6%

Masa Unitaria Húmeda: 1.52– 1.72Tn/m³

Masa Unitaria Seca: 0.83 – 1.18Tn/m³

Resistencia a la compresión Inconfinada: 1.07 – 3.44kg/cm²

TERCER ESTRATO

Este estrato tiene un espesor variable entre 2.2m y 7.0m y está constituido por un suelo fino limoso color amarillo claro.

Esta capa tiene humedad variable de media a alta con valores promedios entre 45% y 73.6%, una consistencia de media a alta obtenidos de las pruebas de penetración manual variando entre 1.63 y 2.60 kg/cm²

Las principales características físicas y mecánicas de esta capa de suelo son las siguientes:

Humedad Natural: 45.0% – 73.6%

Masa Unitaria Húmeda: 1.55– 1.80Tn/m³

Masa Unitaria Seca: 1.11 – 1.24Tn/m³

Resistencia a la compresión Inconfinada: 1.63 – 2.60kg/cm²

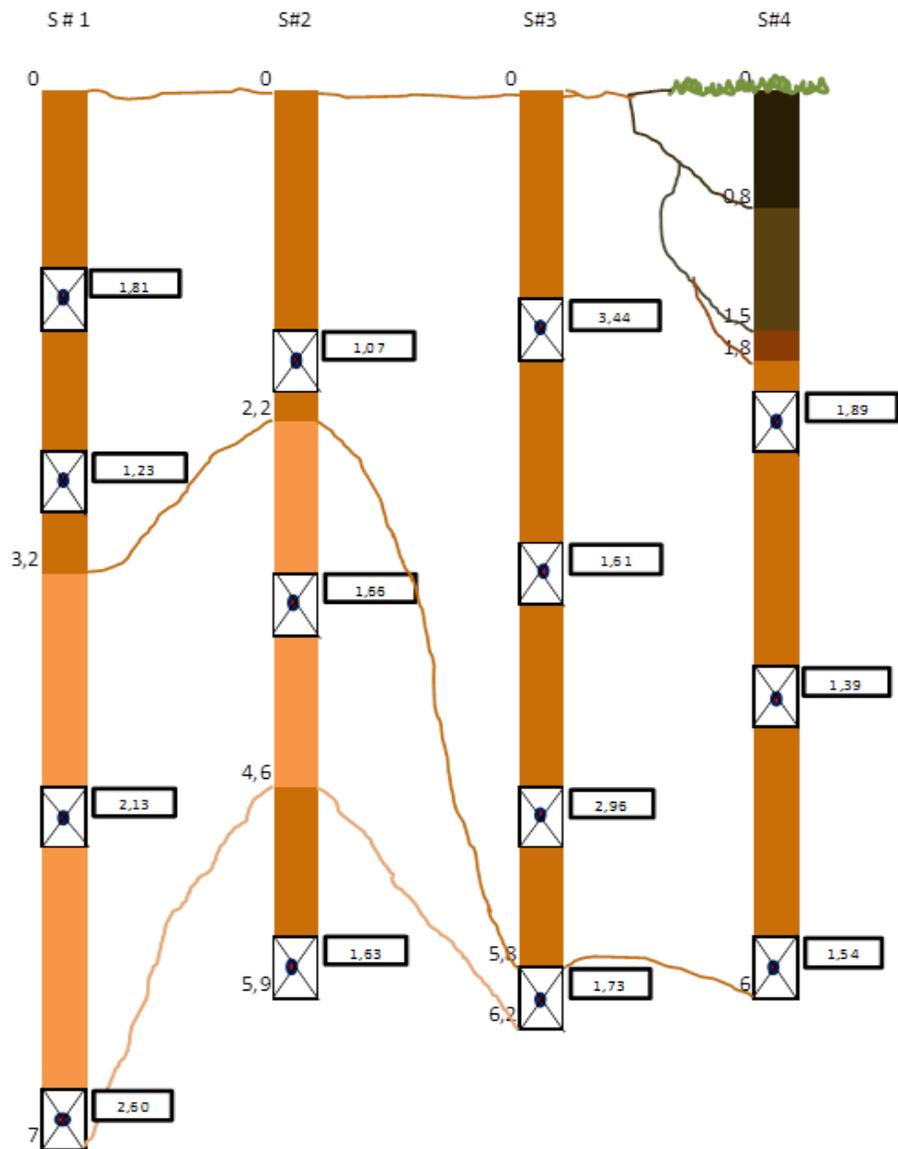


Figura No.4

Perfil Estratigráfico Deducido



Figura No.5

Registro fotográfico de los suelos encontrados

4. PROPIEDADES DEL SUELO

En el cuadro No.1, se presentan los principales parámetros del suelo natural, de los cuales se pueden deducir las siguientes propiedades:

a. LA HUMEDAD NATURAL varía de media a alta y en la mayoría de los casos inferior al límite líquido, la variación de la humedad con la profundidad se puede apreciar en la figura No.6

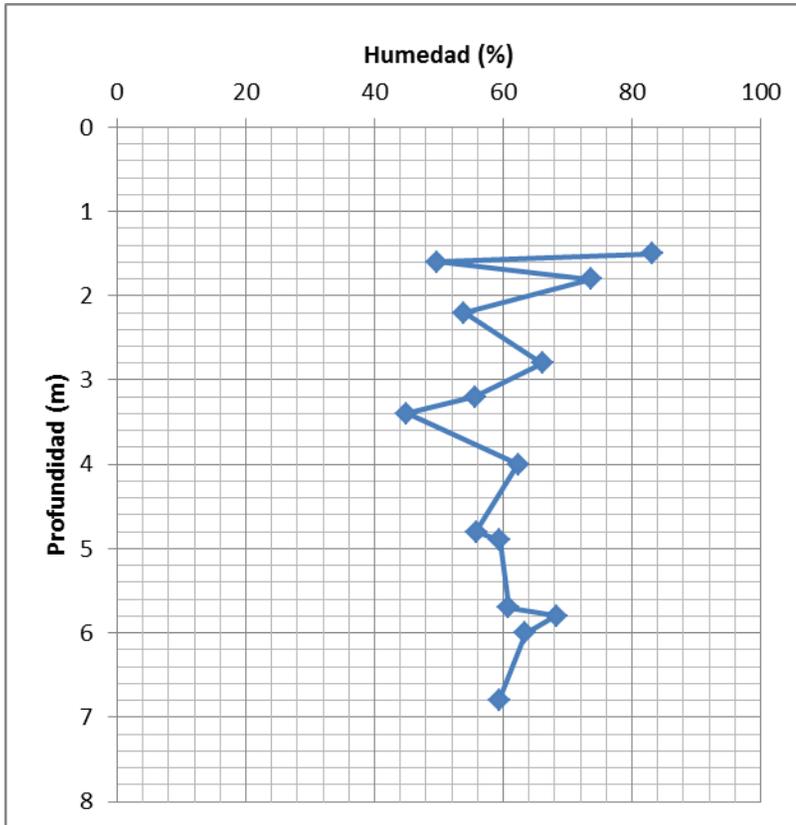


Figura No.6

Variación de la Humedad con la Profundidad

C. EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD varía de medio a alto pero por las características de los suelos y la experiencia que se tiene de ellos su potencial contracto-expansivo es medio y no afectará la estructura que se proyecta ni la estabilidad de las excavaciones.

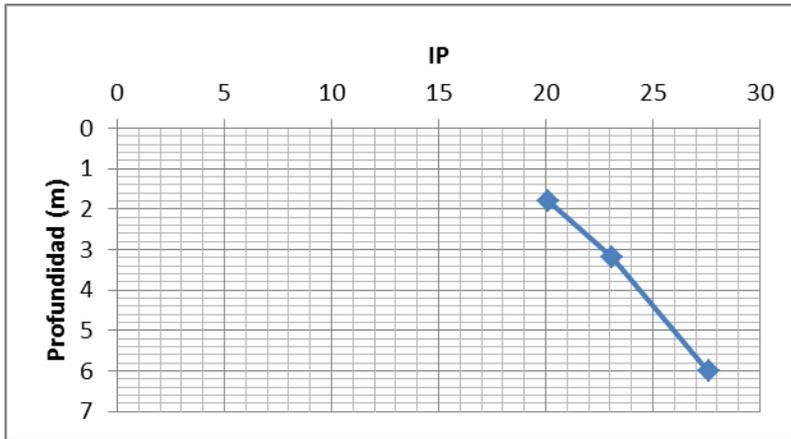
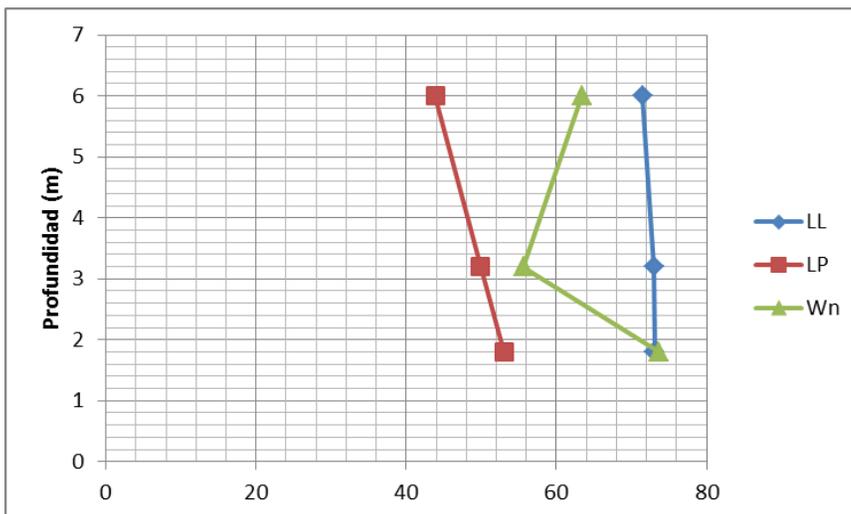


Figura No.7

Variación del Índice de Plasticidad con la Profundidad



d. LA RESISTENCIA En términos generales la resistencia de este suelo es alta, todo los valores de resistencia a la compresión simple son superiores a 1.07Kg/cm^2 . La variación de la resistencia, con la profundidad, a lo largo y ancho del lote se puede apreciar en la figura No.8

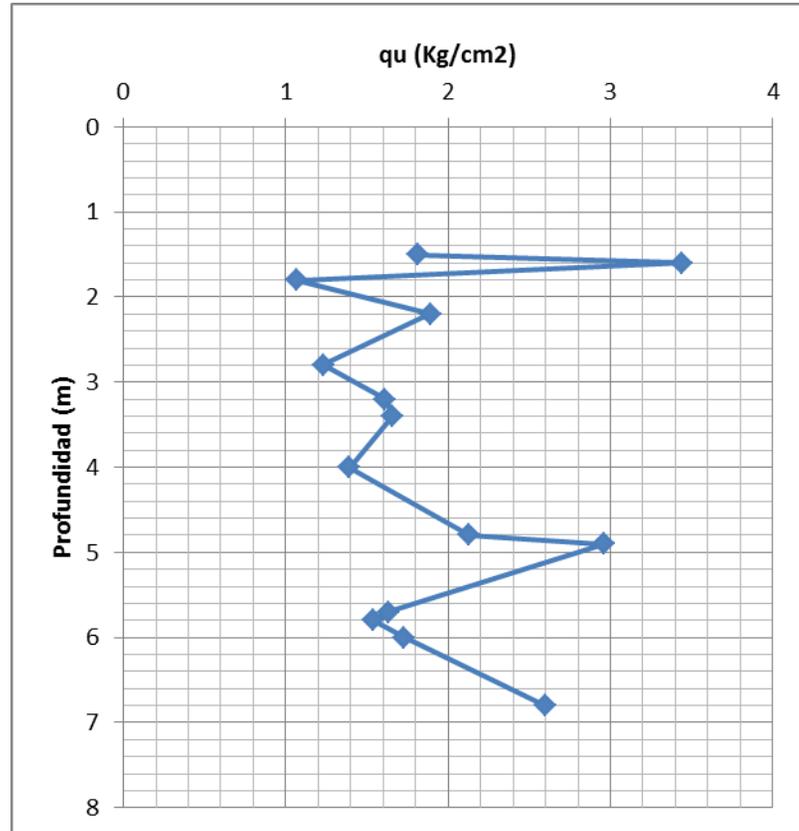


Figura No.8

Variación de la Resistencia con la Profundidad

g. El POTENCIAL DE LICUACIÓN *Por su naturaleza los suelos finos limosos sin arenas (MH), no son susceptibles de licuación.*

h. Los ASENTAMIENTOS *dadas las características de suelos sobreconsolidados, los asentamientos inmediatos y por consolidación del suelo, serán inferiores a los máximos permisibles, si se trabaja con las presiones admisibles que se entregan en este informe.*

5. CAPACIDAD PORTANTE

Considerando el tipo de estructura a construir y teniendo en cuenta las características del suelo de cimentación, se propone como alternativa de cimentación una Cimentación Superficial constituida por zapatas individuales de forma cuadrada.

La capacidad portante para este tipo de cimentación, se evalúa con base en el método de Vesic.

5.1. Capacidad de carga para las zapatas individuales de forma cuadrada:

Para el cálculo de capacidad de carga de las zapatas individuales, se utiliza la teoría general de la Capacidad Portante, en la que la mecánica consiste en hallar la capacidad de carga última del suelo, y al aplicarle un correcto factor de seguridad, obtener la capacidad portante admisible.

5.1.1 Teoría General de la Capacidad Portante⁽¹⁾

La mecánica consiste en hallar la capacidad de carga última del suelo, considerando la resistencia al corte del suelo, factores de capacidad de carga desarrolladas por Prandtl (1921), Reissner (1924) y Vesic (1973), factores de forma, de profundidad e inclinación de la carga y corrección por posición del nivel freático, que al aplicarle un correcto factor de seguridad, se obtiene la capacidad portante admisible.

Las expresiones a usar son:

$$\sigma_{ult} = C N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$\sigma_{adm} = \sigma_{ult} / FS \quad FS = 3$$

Siendo:

σ_{ult} y σ_{adm} : Capacidades Portantes Última y Admisible, respectivamente.

C: Resistencia al corte del suelo de cimentación.

N_c , N_q , N_γ : Factores de Capacidad de Carga

F_{cs} , F_{qs} , $F_{\gamma s}$ = factores de forma

F_{cd} , F_{qd} , $F_{\gamma d}$ = factores de profundidad

F_{ci} , F_{qi} , $F_{\gamma i}$ = factores de inclinación de la carga

FS: Factor de seguridad.

γ : Peso unitario del suelo.

Df: Profundidad de cimentación.

B: Ancho del cimiento.

Expresión que para cimentaciones superficiales de forma cuadrada o rectangular con una relación $Df/B \leq 1.0$, sobre suelos cohesivos se puede expresar como:

$$\sigma_{adm} = 5.14 * C_u (1 + 0.2B/L) (1 + 0.4 Df/B) + \gamma * Df$$

Se utilizó este método, considerando que el suelo de cimentación es básicamente un suelo fino cohesivo.

Los Asentamientos por consolidación se calcularon con base en la teoría de Terzaghi, a partir de los resultados de un ensayo de consolidación de suelos, cuyos resultados son arrojaron los siguientes parámetros del suelo:

Coefficiente de Consolidación: $C_v = 60 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{seg}$

Máxima carga de preconsolidación: $\sigma'_c = 2,5 \text{ kg/cm}^2$

Índice de Compresibilidad (rama virgen): $C_c = 0.21$

Índice de Compresibilidad $C_{cr} = 0.087$

(Rama de recompresión)

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Suelos

El subsuelo estudiado, lo conforman suelos finos limosos de color variable entre amarillo y amarillo claro. El suelo es un suelo preconsolidado, no tiene características contracto-expansivas, que puedan afectar la estructura que se proyecta o la estabilidad de taludes de corte. El potencial de licuación es nulo y la resistencia es alta.

En la parte baja del lote hacia el suroccidente del mismo, en el sitio donde se ubicó el sondeo No.4, superficialmente aparece una capa de suelo orgánico color negro de un espesor igual a 0.80m. Esta capa de suelo debe removerse completamente para cimentar la estructura sobre el suelo fino color amarillo.

El nivel freático que se midió en época de lluvias normales, se detectó a una profundidad de 8.0m aproximadamente, lo cual indica que no se presentará ningún problema durante el proceso constructivo de la excavación.

6.2. Sistema de Fundación Propuesto

Teniendo en cuenta las propiedades del suelo, y las características arquitectónicas del proyecto, donde la estructura tendrá varios niveles, con un sistema estructural tipo aporticado con columnas, vigas y losas en concreto reforzado y considerando las cargas de la estructura proyectada, se recomienda construir alguna de las siguientes alternativas de cimentación:

6.2.1 Alternativa No.1. Una Cimentación superficial constituida por Zapatas Individuales de forma cuadrada

Para esta alternativa se deben considerar los siguientes parámetros de diseño:

- **Tipo de Cimiento:** *Zapatas Individuales de forma cuadrada.*
- **PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN:** *La profundidad de desplante mínima debe ser 0.50m por debajo de nivel del piso de cada uno de los niveles considerado.*
- **CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE:** **11.0Tns/m²** '

6.2.2. Alternativa No.2. Una Cimentación superficial constituida por Zapatas Corridas o de longitud infinita

Para esta alternativa se deben considerar los siguientes parámetros de diseño:

- **Tipo de Cimiento:** *Zapatas corridas o de longitud infinita*
- **PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN:** *0.50m por debajo de nivel del piso.*

- **CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE: 9.0Tns/m² '**

6.3. Muros de Contención

Considerando que el lote tiene topografía inclinada, y que la estructura está diseñada a diferentes niveles, es posible que una vez definido totalmente el proyecto arquitectónico, se requiera en algunos sitios construir muros de contención en concreto reforzado, para lo cual se recomienda tener en cuenta los siguientes parámetros del suelo:

$$K_0 = 0.50$$

$$\gamma = 1.60\text{ton/m}^3$$

6.4. Excavaciones

6.4.1. Para la Cimentación Superficial

*En las excavaciones de la **cimentación superficial**, los taludes pueden dejarse verticales, pues son estables a corto plazo, pequeños derrumbes que se presenten especialmente en época de invierno, se controlarán con un entibado en madera—tablas y tacos o plaquetas— o con la inclinación del talud, hasta 45°—1H:1V—.*

En las excavaciones, no aparecerá agua por efecto del nivel freático.

Una vez terminadas las excavaciones y fundido el cimiento, se recomienda rellenar el hueco con material del sitio de color amarillo, del sitio bien compactado con ranas vibratorias o saltarín, en capas de 0.15m.

6.4.2. Otras Excavación

Las excavaciones que sean necesarias para la construcción de la estructura se harán sobre el suelo limoso de color amarillo, de consistencia alta, lo cual puede hacerse manualmente o con maquina.

Como no existen estructuras vecinas, las excavaciones pueden construirse con cortes verticales hasta una profundidad máxima de 2.0m, si se requieren excavaciones a profundidades mayores es necesario apuntalar las paredes o trabajar en corte con inclinación de talud de a 56° (1H:1.5V).

6.5 Recomendaciones generales

- a.** *En el sector sur oriental del lote, en la zona cercana al sondeo No.4, se encontró una capa de suelo fino color negro de características orgánicas, con un espesor aproximado de 1.0m. Esta capa de suelo debe removerse completamente en los sitios donde vaya la estructura.*

Después de realizar la remoción de esta capa, con el fin de lograr los niveles de cimentación, se recomienda construir un relleno constituido por el suelo fino amarillo producto de cortes en el sitio, este suelo se debe colocar en capas de máximo 0.20m y compactar muy bien hasta lograr una densidad seca igual o superior al 95% del Proctor Modificado.

- b.** *Con el fin de evitar el corte y relleno propuesto en la recomendación anterior, se puede estudiar la posibilidad de alejar la estructura de la zona donde se encuentra la capa de suelo orgánico.*

- c.** *Si por la diferencia de nivel y tipos de cimentaciones a utilizar en la estructura no es posible el amarre de la cimentación, es importante que el ingeniero estructural considere la posibilidad de construir juntas de construcción.*

- d.** *Es importante que la cimentación quede en todos los casos confinada como mínimo 0.50m.*
- e.** *Con el fin de que el suelo conserve sus características mecánicas, es conveniente evitar la infiltración de aguas lluvias y servidas dentro del suelo, por lo anterior, se recomienda colocar en la estructura, canales y bajantes de aguas lluvias, conectados al sistema de alcantarillado.*

- f.** *Por ningún motivo se deben descargar dentro del lote aguas servidas ni aguas lluvias. Las aguas lluvias deben conducirse al alcantarillado en forma apropiada mediante la construcción de zanjas, y tuberías. Las aguas servidas deben conectarse al alcantarillado local o a un pozo séptico debidamente diseñado.*

7. LIMITACIONES

La información consignada en este reporte, y las conclusiones y recomendaciones dadas, se basan en el análisis de los resultados de la investigación realizada, en conjunto con las características preliminares del proyecto.

Los cambios en las condiciones locales del suelo que se noten al hacer las excavaciones, los cambios en las características del proyecto que modifiquen la magnitud de las cargas o la profundidad de las excavaciones, se comunicarán a la ingeniera que elaboró este informe quien estudiará la nueva situación y propondrán las recomendaciones adicionales que sean necesarias.

Es conveniente verificar durante el proceso constructivo de las excavaciones para el sótano, las características del estrato portante.

ANEXO 2
ESTUDIO DE SUELOS
CONSULTORIO JURIDICO DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
TRABAJO DE GRADO
MODALIDAD TRABAJO SOCIAL



ESTUDIO DE SUELOS
CONSULTORIO JURIDICO DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA



POPAYAN
DEPARTAMENTO DEL CAUCA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA

1. INTRODUCCIÓN

En atención a la solicitud de la Vice rectoría Administrativa de la Universidad del Cauca, se ha realizado el presente estudio de suelos, en un lote de su propiedad con un área aproximada de 653.0m², ubicado en la Carrera 9 No. 8 – 52 de la Ciudad de Popayán, Departamento del Cauca y en la figura No.1 se puede apreciar la actual fachada.

*En este lote existe actualmente una antigua vivienda de una sola planta con área construida de aproximadamente 428.0m² y tres patios. En este sitio se se proyecta la construcción del **Consultorio Jurídico de la Universidad del Cauca**, el cual consiste en una Edificación de un solo piso en la parte de adelante y de tres pisos en la parte posterior como se indica en la figura No.2. La nueva construcción tendrá una estructura aporticada, en concreto reforzado y las losas de entrepiso también en concreto reforzado.*



Figura N°1

Lugar de Estudio

El estudio se ha efectuado con la finalidad de conocer la estratigrafía del suelo de cimentación y examinar sus propiedades geotécnicas, con el fin de aplicarlas de manera eficiente, en el diseño de la cimentación de la estructura. Además, en este informe se darán las recomendaciones para la construcción de la cimentación, y demás partes de la estructura que se vean comprometidas con el subsuelo.

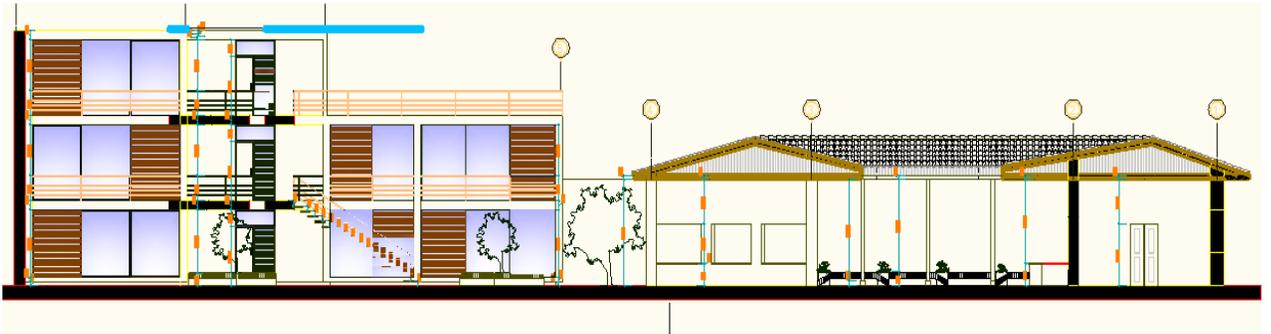


Figura No.2

Proyecto Consultorio Jurídico Universidad del Cauca

Para lograr el objetivo arriba anotado, se realizó un trabajo de campo que consistió en la realización de tres perforaciones profundas efectuadas con equipo mecánico por el método de percusión, y dos perforaciones manuales. Las perforaciones profundas con equipo mecánico de percusión se realizaron hasta 15.0m de profundidad y las manuales a profundidades variables entre 5.0 y 6.50m. En la figura No.3 se muestran algunos detalles de este trabajo. Además se realizaron los ensayos de laboratorio necesarios para definir: La Estratigrafía de lote, la posición del nivel de aguas freáticas y las propiedades físicas y mecánicas del suelo, parámetros con los que se calculó la capacidad portante del suelo y se definieron las recomendaciones para el proceso constructivo.

2. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con el área comprometida en el proyecto, la magnitud de las cargas que transmitirán las estructuras y cumpliendo con las especificaciones del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, se planificó y ejecutó la siguiente serie de trabajos:

2.1. Perforaciones

Empleando el método de perforación a percusión sin lavado, con equipo mecánico se realizaron tres (03) perforaciones, que se llevaron hasta una profundidad máxima de 15.0 m, y dos manuales hasta 6.50m, en suelos limosos con fragmentos pequeños de roca meteorizada, de color variable entre amarillo, amarillo rojizo y habano correspondiente a suelos depositados en un ambiente fluvial y lacustre.

2.2. Ensayo de Penetración Estándar

El Ensayo de Penetración Estándar, es una prueba dinámica sencilla, que se realiza a medida que se hacen las perforaciones y permite obtener la resistencia del suelo en el sitio. La mecánica de la prueba y el equipo a utilizar corresponden a lo descrito en la norma ASTM D 1586-67 y en resumen consiste en hincar en el estrato de interés un muestreador del tipo Cuchara Partida (Split Spoon Sampler) de diámetro 2", golpeándolo con un martillo de 140Lbs de peso, que se deja caer en forma libre desde 30" de altura, contando el número de golpes necesarios para lograr una penetración de 1 Pie, este número, se anota como N y es el resultado de la prueba. La prueba, se efectuó en los tramos donde se consideró este procedimiento mas apropiado que tomar una muestra inalteradas con tubo shelby. En la figura No.4 se ilustra un detalle de esta prueba.



Figura No. 4

Prueba de Penetración Estándar

2.3. Muestreo

Al realizar cada ensayo de penetración estándar, se tomó una muestra alterada del recobro de la cuchara. También se tomaron Muestras inalteradas con tubos Shelby, a las profundidades indicadas en los registros de perforación, como se ilustra en la figura No. 5.



Figura No 5. Muestras Inalteradas y Alteradas

2.4. Ensayos de Laboratorio

Las muestras obtenidas, se llevaron al laboratorio de suelos de la Universidad del Cauca, en donde se desarrollaron las siguientes pruebas:

- * *Humedad Natural*
- * *Límites de Atterberg*
- * *Gradaciones*
- * *Peso Unitario*
- * *Compresión Inconfinada*
- * *Consolidación de suelos*
- * *Gravedad específica*

En los cuadros No.1 y No.2 , se presenta el resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio y en el anexo No.3, se entregan los resultados de laboratorio.

Cuadro No.1

RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO

Prof (m)	Wn %	LL %	Ip %	Qu Kg/cm²	γm Tn/m³	γd Tn/m³	Observaciones
Sondeo Mecánico #1							
1.0-1.45	47.9	***	***	N=4 golpes/pie			Suelo fino, amarillo, con vetas grises y rolizas
2.10-2.50	51.8	***	***	0.92	1.73	1.14	Suelo fino, amarillo, vetas grises, roca meteorizada
3.0-3.40	58.1	***	***	0.41	1.70	1.07	Suelo fino, amarillo, vetas rojizas ,presencia de roca meteorizada
4.50-4.90	49.0	***	***	0.42	1.75	1.18	Suelo fino, amarillo, vetas rojizas ,presencia de roca meteorizada
7.50-7.95	66.0	***	***	N=2 golpes/pie			Suelo fino, gris oscuro vetas verdes, arena dispersa
9.0-9.45	53.0	***	***	N=3 golpes/pie			Suelo fino, gris oscuro, arena dispersa
10.5-10.95	64.5	***	***	N=10 golpes/pie			Suelo fino, gris oscuro, arena dispersa
12.0-12.45	57.8	***	***	N=9 golpes/pie			Suelo gris, gravas mezclada con arena gruesa
13.5-13.95	62.1	***	***	N19 golpes/pie			Suelo gris, gravas mezclada con arena gruesa
Sondeo Mecánico # 2							
1.4-1.8	43.4	***	***	3.0	1.81	1.26	Suelo fino, amarillo, vetas grises, roca meteorizada

3.0-3.4	54.9	53.8	17.4	0.26	1.73	1.12	Suelo fino, amarillo, vetas grises, roca meteorizada
4.2-4.6	57.6	***	***	0.36	1.70	1.08	Suelo fino, amarillo, vetas rojizas, roca meteorizada
6.0-6.45	50.8	***	***	N=5 golpes/pie			Suelo fino, amarillo, vetas grises y rojizas
7.50-7.95	49.0	***	***	N=6 golpes/pie			Suelo fino, gris oscuro, presencia de gravas dispersas
9.0-9.45	45.5	***	***	N=5 golpes/pie			Suelo fino, gris oscuro, presencia de gravas
10.5-10.95	49.9	***	***	N=5 golpes/pie			Suelo fino, gris oscuro, presencia de gravas
12.0-12.45	51.3	***	***	N=6 golpes/pie			Suelo fino, gris oscuro, presencia de gravas
13.5-13.95	58.6	***	***	N=6 golpes/pie			Suelo fino color gris oscuro con presencia de gravas dispersas y madera en descomposición

Prof (m)	W_n %	LL %	Ip %	Qu Kg/cm²	Y_m Tn/m³	Y_d Tn/m³	Observaciones
Sondeo Mecánico #3							
1.30-1.70	46.3	***	***	1.31	1.76	1.20	Suelo fino, amarillo, vetas grises, roca meteorizada
2.90-3.30	54.1	***	***	0.78	1.73	1.12	Suelo fino, amarillo, vetas rojas, roca meteorizada
4.2-4.60	46.0	***	***	0.39	1.75	1.2	Suelo fino, amarillo, vetas rojas, roca meteorizada
6.10-6.50	51.8	48.5	19.1	0.06	1.80	1.18	Suelo fino, amarillo, vetas grises, roca meteorizada
9.0-9.45	52.9	***	***	N=3 golpes/pie			Suelo fino, gris oscuro, gravas dispersas
10.5-10.95	86.8	***	***	N=4 golpes/pie			Suelo fino, limo arenoso, gris oscuro, gravas dispersas

12.0-12.45	90.3	***	***	N=4 golpes/pie	Suelo fino, limo arenoso color gris
13.5-13.95	45.1	***	***	N=5 golpes/pie	Suelo gris, gravas mezclada con arena gruesa

Cuadro No.2

RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO

Prof (m)	Wn %	LL %	Ip %	Qu Kg/cm²	γ_m Tn/m³	γ_d Tn/m³	Observaciones
Sondeo Manual #1							
1.45-1.85	40.3	***	***	0.90	1.79	1.28	Suelo fino amarillo con vetas grises, presencia de roca meteorizada
3.30-3.70	59.7	***	***	0.30	1.73	1.09	
6.30		***	***				Suelo fino, color gris con gravas dispersas
Sondeo Manual # 2							
1.10-1.50	48.4	***	***	1.55	1.76	1.19	Suelo fino color amarillo con vetas grises
2.50-2.90	53.3	53.1	19.8	0.22	1.71	1.11	Suelo habano color grisáceo
4.10-4.50	50.2	***	***	0.91	1.71	1.14	Suelo habano con vetas grises, presencia de roca

Convenciones cuadro No.1 y cuadro No.2:

Wn%: Porcentaje de Humedad, **LL%:** Limite Líquido, **IP%:** Índice de Plasticidad

qu: Resistencia a la compresión simple o inconfiada

γ : Peso unitario húmedo **γ_d** : Peso unitario seco

N: N₇₀ corregido

3. ESTRATIGRAFÍA

3.1 ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES

En la figura No.6 , se muestra el perfil estratigráfico del suelo, obtenido del trabajo de campo y de los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio a las muestras extraídas; de igual manera, en las fotografías de la figura No.7 se pueden observar los diferentes suelos encontrados. El perfil de suelos del lote del proyecto es bastante homogéneo a lo largo y ancho del lote en cuanto a los tipos de suelo encontrados pero variable en espesores, y está conformado básicamente por un relleno de suelo fino con escombros, una capa de suelo fino de color variable entre amarillo, amarillo claro a habano con fragmentos de roca meteorizada de tamaño variable, con vetas grises y rojizas y por último una capa de suelo fino limo arenoso de color gris con gravas.

Las diferentes capas de suelo y sus características se describen a continuación:

PRIMER ESTRATO

Está conformado por un relleno constituido por un suelo color café y amarillo con escombros de materiales de construcción. Esta capa de suelo tiene un espesor variable entre 0,40m y 1.0m. En el sitio donde actualmente se encuentra la construcción, aparece este relleno debajo de una piso primario en concreto, enchapado con baldosa de cemento.

En la parte anterior del inmueble, correspondiente al primer patio, aparece debajo del relleno una capa de suelo fino color negro de características orgánicas, este suelo tiene un espesor variable entre 0.20 y 1.0m

SEGUNDO ESTRATO

Este estrato tiene un espesor variable entre 2.60m y 6.80m y está constituido por un suelo fino limoso de color variable entre amarillo y amarillo claro, con cambios a una tonalidad habana por secciones muy cortas. En algunos sitios se observó la presencia de partículas pequeñas o fragmentos de roca meteorizada que le dan al suelo vetas rojizas y grises.

Esta capa tiene humedad variable de media a alta, cercana al límite líquido. El suelo tiene una consistencia de media a alta en los primeros 2.0m de profundidad donde se encontraron valores entre 0.90 y 3.00kg/cm², con valores promedios del orden de 0.90 a 1.30kg/cm² y va disminuyendo con la profundidad, a valores comprendidos entre 0.22 y 0.92kg/cm², con valores promedios del orden de 0.40kg/cm². En algunas muestras se obtuvieron valores de resistencia a la compresión confinada bajos, probablemente por el contenido de partículas finas de roca meteorizada que inducen fallas prematuras en las muestras.

Las principales características físicas y mecánicas de esta capa de suelo son las siguientes:

<i>Humedad Natural:</i>	<i>40.3% – 59.7 %</i>
<i>Limite Líquido:</i>	<i>48.5% - 53.1%</i>
<i>Índice de Plasticidad:</i>	<i>17.4% - 19.8%</i>
<i>Masa Unitaria Húmeda:</i>	<i>1.70 – 1.80Tn/m³</i>
<i>Masa Unitaria Seca:</i>	<i>1.07 – 1.20Tn/m³</i>
<i>Resistencia a la compresión Inconfinada:</i>	<i>0.22 – 3.00kg/cm²</i>
<i>Numero de golpes prueba SPT:</i>	<i>4- 5 golpes/pie</i>

TERCER ESTRATO

Este estrato tiene un espesor superior a 5.50m y está constituido por un suelo fino limo arenoso de color gris con gravas de tamaños variables entre 3/8 y 1.5 pulgadas en su mayoría.

Esta capa tiene humedad variable de media a alta con valores promedios entre 50% y 60%, una consistencia de media a baja determinada con base en los valores de N corregidos de la prueba de penetración estándar. Los valores de N corregidos en esta capa de suelo varían entre 2 y 10 golpes /pie, con valores promedios iguales a 6 golpes/pie, hasta una profundidad de 13.0m, de allí para abajo se observó en el sondeo mecánico No.1 que el suelo mejora, obteniéndose un valor de N corregido igual a 19 golpes/pie.

Las principales características físicas y mecánicas de esta capa de suelo son las siguientes:

Humedad Natural: 45.1% – 90.3%

Numero de golpes prueba SPT: 2- 19 golpes/pie

NIVEL FREÁTICO

A la fecha de realización de los sondeos, noviembre de 2011, época de invierno fuerte con abundantes lluvias, el Nivel de aguas freáticas se encontró a una profundidad variable entre 1.80 y 2.40m.

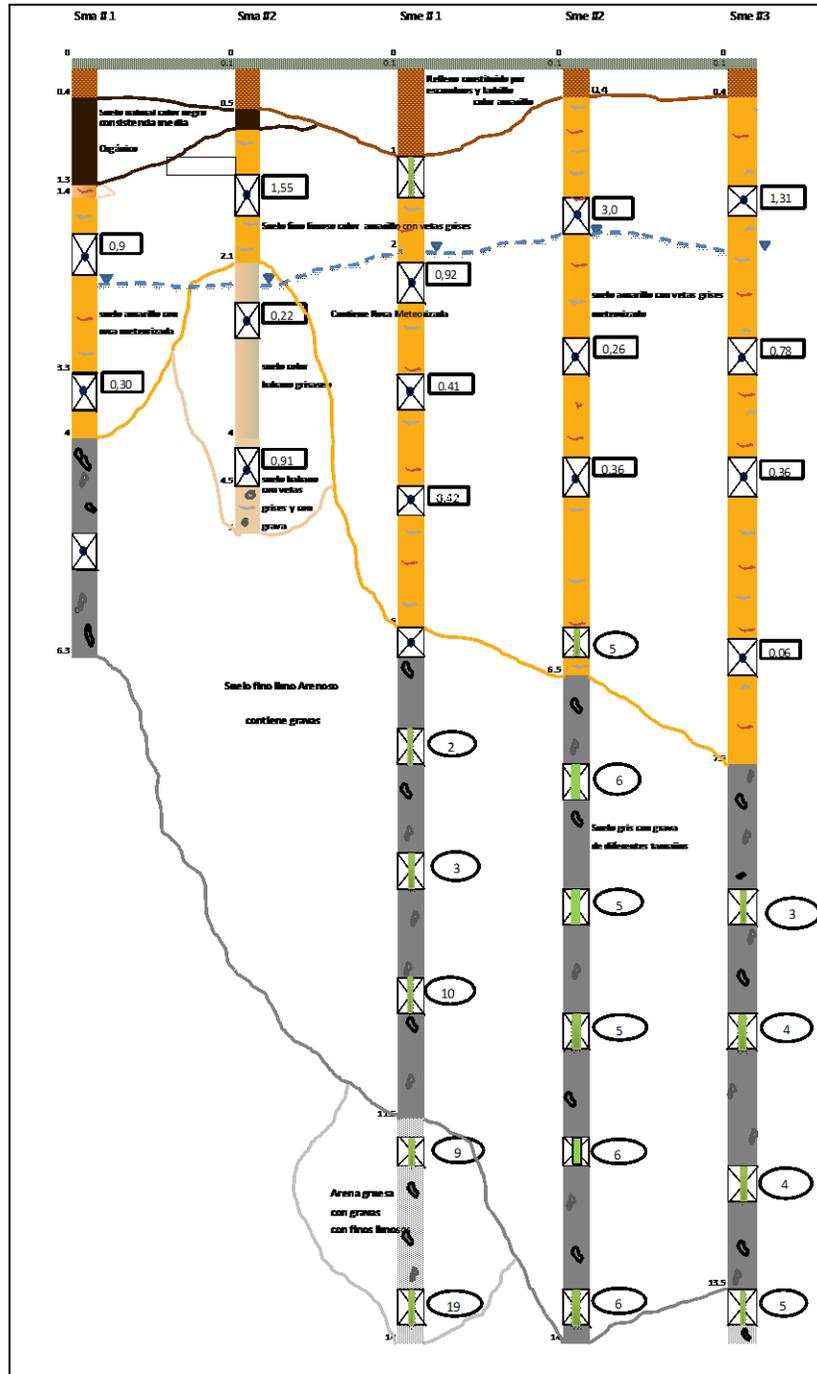


Figura No.6 Perfil Estratigráfico Deducido



Figura NO. 7

Tipos de Suelos Encontrados

4. PROPIEDADES DEL SUELO

En los cuadros No.1 y No.2, se presentan los principales parámetros del suelo natural, de los cuales se pueden deducir las siguientes propiedades:

a. Superficialmente, existe relleno y una capa de suelo fino orgánico, los cuales se deben retirar para la construcción de la Cimentación.

*b. **LA HUMEDAD NATURAL** varía de media a alta y en algunos casos superior al límite líquido, con valores variables con tendencia a aumentar con la profundidad, la variación de la humedad con la profundidad se puede apreciar en la figura No.8 y su valor referido a los límites plástico y líquido se indica en la figura No.9*

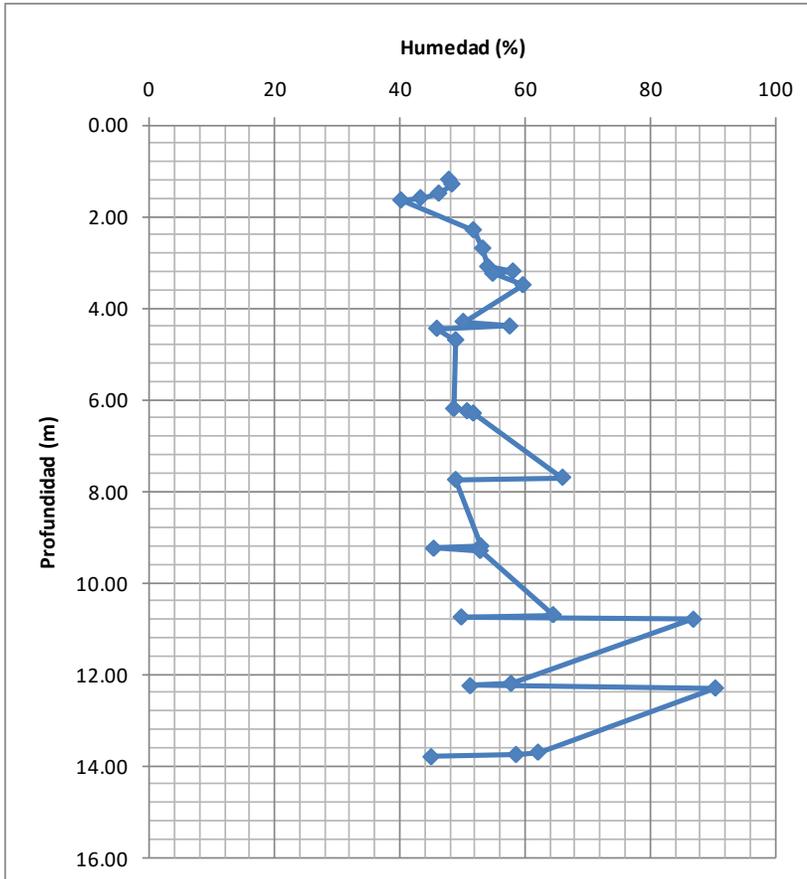


Figura No.8

Variación de la Humedad con la Profundidad

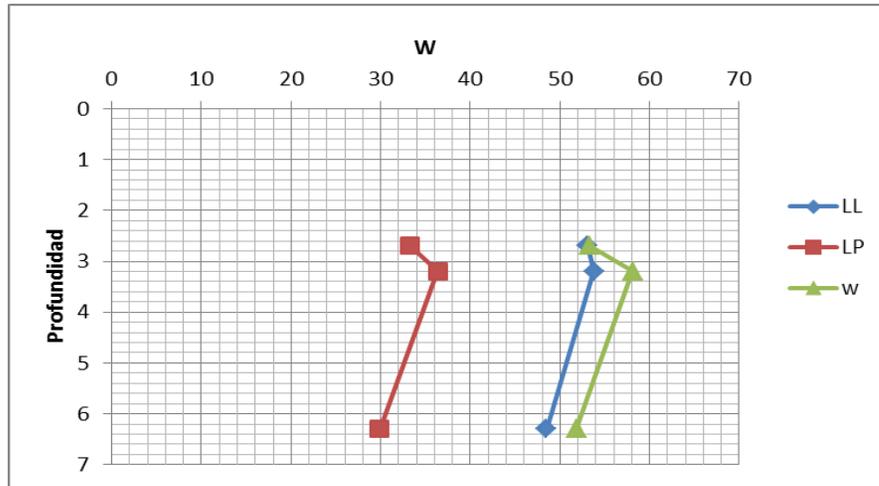


Figura No 9

c. EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD de este suelo tiene un valor medio, pero

por las características de los suelos y la experiencia que se tiene de ellos su potencial contracto-expansivo es bajo y no afectará la estructura que se proyecta ni la estabilidad de las excavaciones. En la figura No.10 se puede apreciar la variación del Índice de Plasticidad del suelo con la profundidad.

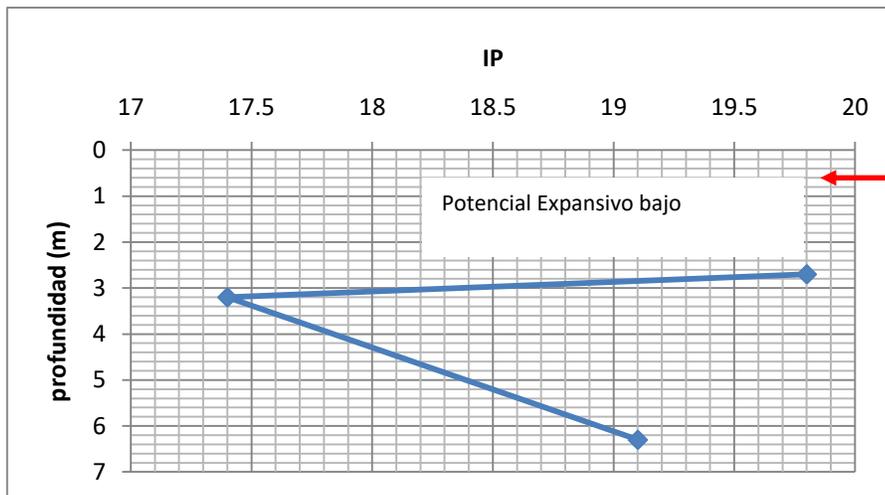


Figura No.10

d. LA RESISTENCIA La resistencia de esta capa de suelo es variable con la profundidad, pero en términos generales, en el sitio se observó y se comprobó con los resultados de las pruebas de laboratorio, que el suelo tiene una consistencia dura en los primeros 2.0m, con valores de resistencia entre 0.90 y 3.00kg/cm². De esta profundidad hacia abajo el suelo comienza a disminuir su resistencia registrándose valores promedios del orden de 0.40kg/cm² y valores extremos de 0.22kg/cm² y 0.92kg/cm². La capa de suelo color gris que aparece por debajo de los 4.50m de profundidad contiene partículas gruesas, tipo arenas y gravas, en una matriz de suelo fino limoso de consistencia blanda, sin embargo se espera que este suelo en el sitio tenga un mejor comportamiento que en el laboratorio, debido a que estas muestras por su contenido de fracciones gruesas fallan prematuramente, cuando se ensayan sin confinamiento .

En la figura No.11 se puede observar la variación de la resistencia a la compresión simple con la profundidad obtenida a partir de pruebas de compresión simple o inconfiada realizadas en el laboratorio a partir de muestras inalteradas tomadas durante el trabajo de campo.

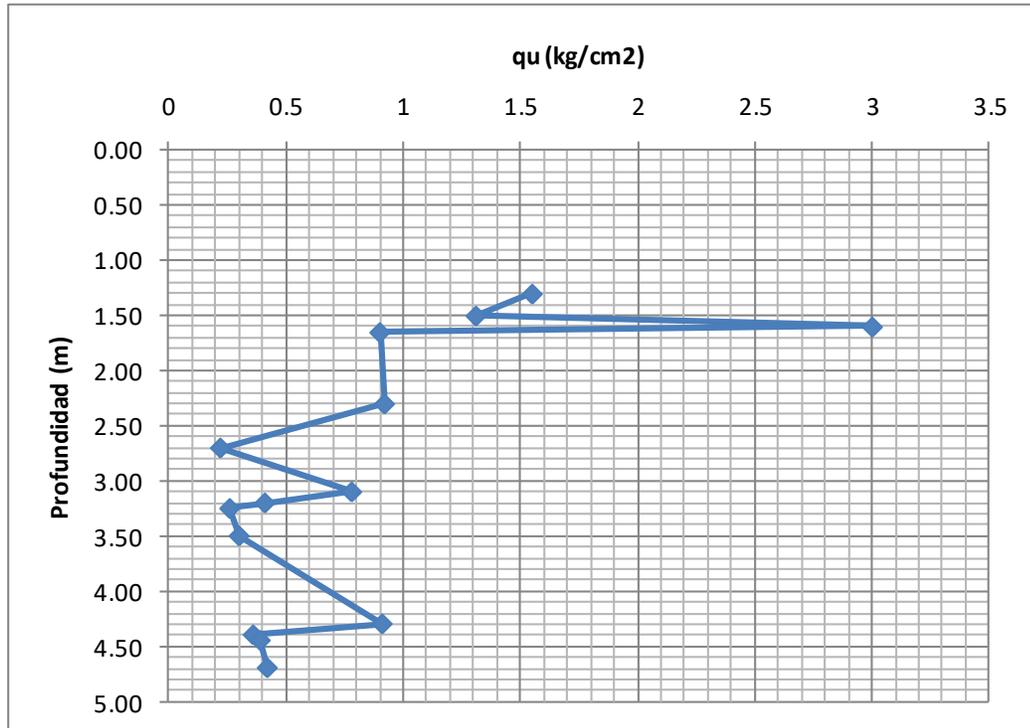


Figura No.11

En la figura No.12 se puede visualizar la variación de los valores de N corregido (Numero de golpes en la prueba de penetración estándar) con la profundidad.

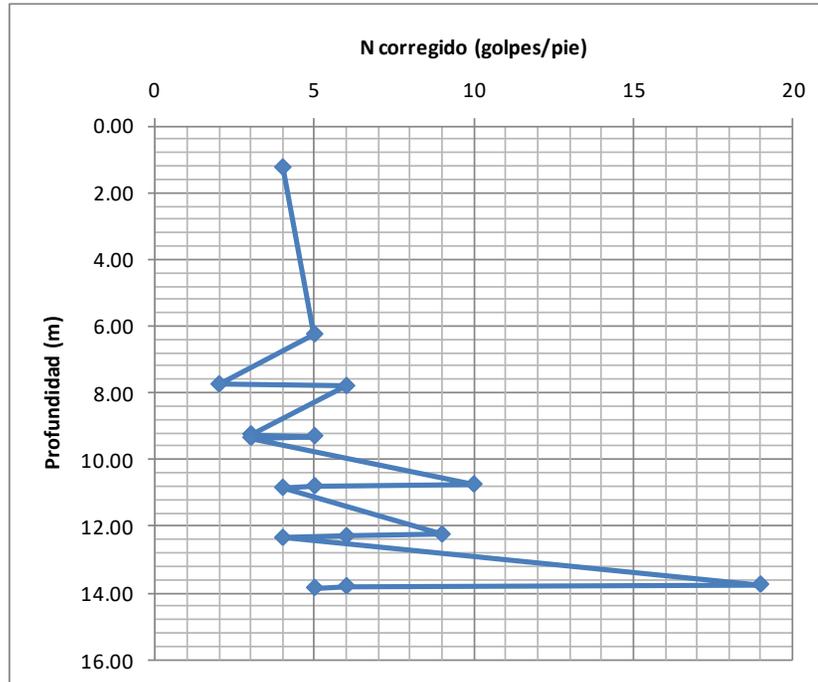


Figura No.12

e. El POTENCIAL DE LICUACIÓN Por su naturaleza los suelos finos limosos presentes en las capas superiores (MH), y los limo arenosos con gravas no son susceptibles de licuación.

f. Los ASENTAMIENTOS dadas las características de suelos sobrecosolidados, los asentamientos inmediatos y por consolidación del suelo, serán inferiores a los máximos permisibles, si se trabaja con las presiones admisibles que se entregan en este informe.

5. CAPACIDAD PORTANTE

Considerando el tipo de estructura a construir y teniendo en cuenta las características del suelo de cimentación, se propone como alternativa de cimentación una Cimentación Superficial constituida por zapatas individuales de forma cuadrada para la estructura aporticada y zapatas continuas para el caso de muros divisorios en el sector de tres pisos y muros de carga y divisorios en el sector de un piso.

La capacidad portante para este tipo de cimentación, se evalúa con base en el método de Brown y Meyerhoff.

5.1. Capacidad de carga para las zapatas individuales de forma cuadrada:

Para el cálculo de capacidad de carga de la zapatas individuales, se utiliza la teoría general de la Capacidad Portante, en la que la mecánica consiste en hallar la capacidad de carga última del suelo, y al aplicarle un correcto factor de seguridad, obtener la capacidad portante admisible.

5.1.1 Teoría General de la Capacidad Portante⁽¹⁾

La mecánica consiste en hallar la capacidad de carga última del suelo, considerando la resistencia al corte del suelo y los factores de capacidad de carga desarrolladas por Prandtl (1921), Reissner (1924) y Vesic (1973), que al aplicarle a este valor un correcto factor de seguridad , se obtiene la capacidad portante admisible.

Las expresiones a usar son:

$$\sigma u = C_1 N_m + \gamma D_f$$

$$N_m = \alpha + \frac{C_2}{C_1} * N_c$$

$$\alpha = \frac{2H * (B + L)}{B * L}$$

$$N_c = 5 * \left(1 + 0.2 \frac{B}{L}\right) * \left(1 + 0.2 \frac{D_f}{B}\right)$$

$\sigma u =$ Capacidad de carga ultima

$$\sigma_{adm} = \sigma u / FS \quad FS = 3$$

C_1 : Resistencia al corte del suelo de cimentación (primera capa).

C_2 : Resistencia al corte del suelo de cimentación (segunda capa).

N_c y N_m : Factores de Capacidad de Carga

FS : Factor de seguridad.

Df: Profundidad de cimentación.

B: Ancho del cimiento.

L: Largo del cimiento

Se utilizó este método, considerando que el suelo de cimentación está constituido por dos suelos de diferente consistencia; la primera capa de suelo de una consistencia mayor que la segunda.

Los Asentamientos por consolidación se calcularon con base en la teoría de Terzaghi, a partir de los resultados de un ensayo de consolidación de suelos, cuyos resultados arrojaron los siguientes parámetros del suelo:

Coefficiente de Consolidación: $C_v=9.0 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{seg}$

Máxima carga de preconsolidación: $\sigma'_c = 2,2 \text{ kg/cm}^2$

Índice de Compresibilidad (rama virgen): $C_c= 0.28$

Índice de Compresibilidad $C_{cr}=0.04$

(Rama de recompresión)

5.2. Capacidad de carga para las zapatas continuas:

*Similar al caso anterior, se calcula la capacidad última de carga para zapatas alargadas con un ancho igual o mayor a 0.40m, cimentadas a una profundidad de desplante igual a 0.50m medidos desde la superficie del proyecto. En este caso el estrato superior de mejor calidad constituye el suelo de fundación y por lo tanto la **Capacidad Portante Admisible** bajo estas condiciones es igual a **8.0tn/m²**.*

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Suelos

El subsuelo estudiado, lo conforman dos suelos finos limosos de color variable entre amarillo y amarillo con vetas grises y rojizas y un suelo gris con algo de arenas y gravas. El suelo es un suelo preconsolidado y posee propiedades contracto-expansivas no críticas, que no afectarán la estructura que se proyecta o la estabilidad de taludes de corte. El potencial de licuación es nulo y la resistencia es variable.

El nivel freático que se midió en época de lluvias normales, se detectó a una profundidad variable entre 1.80m y 2.40m aproximadamente, lo cual indica que no se presentará ningún problema durante el proceso constructivo de la excavación para las zapatas de cimentación.

6.2. Sistema de Fundación Propuesto

Teniendo en cuenta las propiedades del suelo, y las características arquitectónicas del proyecto, donde la estructura tendrá un nivel en la parte frontal y tres niveles en la parte posterior, y considerando que el sistema estructural para la estructura de tres pisos será del tipo aporticado con columnas y vigas en concreto reforzado y para el sector de un solo piso será en mampostería confinada, se recomienda construir la siguiente alternativa de cimentación:

6.2.1. Alternativa No.1. Una Cimentación superficial constituida por Zapatas Individuales de forma Cuadrada

- **Tipo de Cimiento:** Zapatas Individuales de forma cuadrada.
- **PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN:** Se recomienda cimentar la estructura a una profundidad Máxima de desplante **de 0.50m** por debajo del nivel de piso.
- **CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE:** **7.0Tns/m²** '
- **COEFICIENTE DE BALASTO—Ks—:** 500.0Tn/m³. (placa de 1 pie²)

Con fines de considerar el efecto sísmico, se deben tener en cuenta los siguientes parámetros del suelo:

• **TIPO DE PERFIL DEL SUELO:** E

• **COEFICIENTE DE ACCELERACIÓN (A_a)**

PICO EFECTIVA: 0.25

Debe considerarse también la construcción de vigas de amarre en las dos direcciones.

6.2.2 Alternativa No.2. Una Cimentación superficial constituida por Zapatas de forma Alargada

- **Tipo de Cimiento:** Zapatas Individuales de forma Alargada.
- **PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN:** Se recomienda cimentar la estructura a una profundidad Máxima de desplante **de 0.50m** por debajo del nivel de piso.
- **CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE:** **8.0Tns/m²** '
- **COEFICIENTE DE BALASTO—Ks—:** 500.0Tn/m³. (placa de 1 pie²)

Con fines de considerar el efecto sísmico, se deben tener en cuenta los siguientes parámetros del suelo:

• **TIPO DE PERFIL DEL SUELO:** E

• **COEFICIENTE DE ACCELERACIÓN (A_g)**

PICO EFECTIVA: 0.25

6.3. Recomendaciones para el diseño y construcción de la Cimentación

- a. *En el sitio se pudo observar la presencia de un relleno de suelo fino color café, con escombros de materiales de construcción con un espesor variable entre 0.40 y 1.0m y una capa de suelo fino color negro de características orgánicas la cual únicamente se observó en el sondeo manual No.1 realizado en el primer patio de la actual edificación y puede alcanzar un espesor de 1.50m. Se recomienda no cimentar sobre estos suelos, estos se deben remover totalmente y sustituir por un suelo fino de características similares al suelo natural o limo de color amarillo.*
- b. *El suelo de sustitución debe compactarse en capas de máximo 10,0cms, no es conveniente que tenga una humedad muy alta, para que el proceso de compactación sea más eficiente y debe verificarse que esta nueva capa de suelo ya compactada tenga una resistencia a la compresión simple después de compactada del orden de 0.90kg/cm².*
- c. *Las excavaciones para la cimentación son estables en cortes verticales y no aparecerá agua por efecto del nivel freático.*
- d. *Con el fin de evitar pérdida de la capacidad portante del suelo, por efecto del incremento de humedad en los mismos y de evitar la humedades en los muros, se recomienda:*

- Evitar las filtraciones de agua a través del suelo, las aguas lluvias, provenientes de techos, se recogerán con canales y bajantes y se conducirán por medio de tubería al alcantarillado pluvial.

- Las zonas verdes previstas en el proyecto se deben construir en forma de materas de concreto con drenajes a apropiados, constituidos por material granular protegido con geotextil y tubería de 4", conectada al sistema de alcantarillado. **NO** es conveniente que los jardines estén sembrados sobre el suelo natural, recogiendo todas las aguas lluvias y humedeciendo el suelo de cimentación.

e. En las zonas verdes previstas no se deben sembrar árboles grandes únicamente arbustos, como se recomendó en el numeral anterior y como se muestra en la figura No.13.

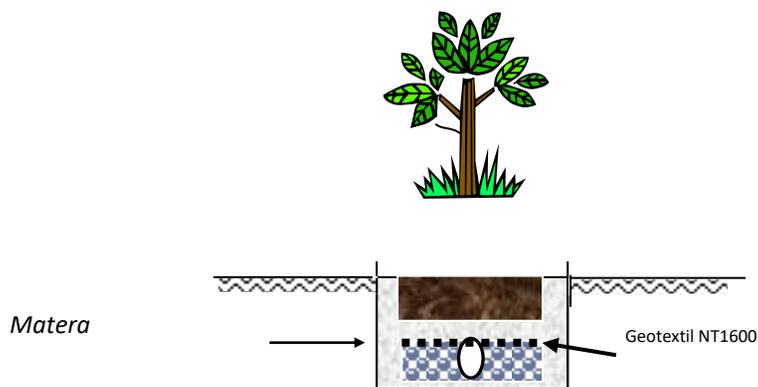
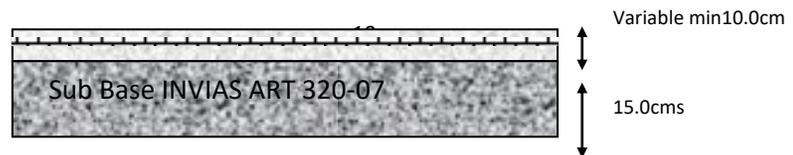


Figura No.13

f. Para la construcción de **pisos y corredores** se recomienda realizar un cajeo que permita la colocación de la subbase y las losas de concreto, nivelar y compactar la subrasante, posteriormente se recomienda la colocación de un relleno con material seleccionado del tipo Sub base INVIAS ART 320-07, en un espesor mínimo de 15.0 cm, compactando hasta el 95% del Proctor Modificado del material, y finalmente se construirá una losa de concreto de 10.0cms de espesor.



7. LIMITACIONES

La información consignada en este reporte, y las conclusiones y recomendaciones dadas, se basan en el análisis de los resultados de la investigación realizada, en conjunto con las características preliminares del proyecto.

Los cambios en las condiciones locales del suelo que se noten al hacer las excavaciones, los cambios en las características del proyecto que modifiquen la magnitud de las cargas o la profundidad de las excavaciones, se comunicarán a los Ingenieros que elaboraron este informe quienes estudiarán la nueva situación y propondrán las recomendaciones adicionales que sean necesarias.

Es conveniente verificar durante el proceso constructivo de las excavaciones para la cimentación, las características del estrato portante.

ANEXO 3

ESTUDIO DE SUELOS

SALON MULTIPLE EN LA VEREDA LOS TENDIDOS

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
TRABAJO DE GRADO
MODALIDAD TRABAJO SOCIAL



ESTUDIO DE SUELOS

AULA MULTIPLE DE LA VEREDA LOS TENDIDOS



POPAYAN

DEPARTAMENTO DEL CAUCA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA

1. INTRODUCCIÓN

En atención a la solicitud presentada a la Universidad del Cauca, por El Señor Florentino Chamizo Representante de Junta de Acción Comunal de la Vereda Los Tendidos del Municipio Popayán del Departamento del Cauca, se ha realizado el presente estudio de suelos, en un lote en el cual se encuentra actualmente una construcción que se va a adaptar como un aula multiple.

*En este lote se proyecta continuar con la construcción de la mencionada **Aula Multiple**, para uso de los residentes de esta vereda, la cual consiste en una Edificación de un piso con columnas en guadua y cubierta con estructura en guadua y teja de zinc, como se indica en la figura No.2*



El estudio, se ha efectuado con la finalidad de conocer la estratigrafía del suelo de cimentación y examinar las propiedades geotécnicas del suelo, con el fin de aplicarlas de manera eficiente, en el diseño de la cimentación de la estructura. Además, en este informe se darán las recomendaciones constructivas para la construcción de la cimentación, y demás partes de la estructura que se vean comprometidas con el subsuelo.



Figura No.2

Proyecto Aula Múltiple para la vereda Los Tendidos, Popayán cauca

Para lograr el objetivo, arriba anotado, se realizó un trabajo de campo que consistió en la realización de dos perforaciones manuales, como se indica en la figura No.3. Estas perforaciones manuales se realizaron a profundidades variables entre 3.20 y 3.80m. Además se realizaron los ensayos de laboratorio necesarios para definir: La Estratigrafía de lote, las propiedades físicas y mecánicas del suelo, parámetros con los que se calculó la capacidad portante del suelo y se definieron las recomendaciones para el proceso constructivo.





Figura No.3 Trabajo de perforación y muestreo

2. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con el área comprometida en el proyecto, la magnitud de las cargas que transmitirán las estructuras y cumpliendo con las especificaciones del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistentes NSR-10, se planificó y ejecutó la siguiente serie de trabajos:

2.1. Perforaciones

Se llevaron a cabo dos perforaciones manuales hasta 3.80m, en suelos finos limosos, hacia el oriente del lote se encontró una primera capa de suelo de relleno de color amarillo seguido los otros estratos por un suelo variable entre suelo color amarillo y suelo color amarillo rojizo.

2.2. Muestreo

En cada perforación se tomaron muestras inalteradas con tubo shelby y muestras alteradas en bolsas plásticas, a las profundidades indicadas en los registros de perforación.

2.3. Ensayos de Laboratorio

Las muestras obtenidas, se llevaron al laboratorio de suelos, en donde se desarrollaron las siguientes pruebas:

- * *Humedad Natural*
- * *Límites de Atterberg*
- * *Peso Unitario*
- * *Compresión Inconfinada*

En el cuadro No.1, se presenta el resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio y en el anexo No.3, se entregan los resultados de laboratorio.

Cuadro No.1

RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO

Prof (m)	Wn %	LL %	Ip %	Qu Kg/cm²	γ_m Tn/m³	γ_d Tn/m³	Observaciones
Sondeo Manual #1							
1,20-1,60	69,3			0,99	1,58	0,94	Suelo fino amarillo
2,50-2,90	63,3	78,5	25,9	1,54	1,64	1,01	Suelo fino amarillo rojizo
3,40-3,90	63,2			2,42	1,68	1,03	Suelo fino amarillo
Sondeo Manual # 2							
1,40-1,80	200,8	254,2	124	0,96	1,27	0,96	Suelo fino amarillo
2,80-3,20	66,9			1,55	1,68	1,01	Suelo fino amarillo

Convenciones cuadro No.1:

Wn%: Porcentaje de Humedad, **LL%:** Limite Líquido, **IP%:** Índice de Plasticidad

qu: Resistencia a la compresión simple o inconfinada

γ : Peso unitario húmedo **γ_d** : Peso unitario seco

3. ESTRATIGRAFÍA

3.1 ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES

En la figura N°4 , se muestra el perfil estratigráfico del suelo, obtenido del trabajo de campo y de los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio a las muestras extraídas; de igual manera en las fotografías de la figura No.5 se pueden observar los diferentes suelos encontrados. El perfil de suelos del lote del proyecto es homogéneo a lo largo y ancho del lote en cuanto al tipo de suelo encontrado y está conformado básicamente por un suelo fino con color variable de amarillo a amarillo rojizo.

Las diferentes capas de suelo y sus características se describen a continuación:

PRIMER ESTRATO

Esta capa de suelo está conformada por un relleno de suelo fino color amarillo el cual se encuentra en el sector oriental del lote con un espesor de 0.20m. Como la cimentación esta construida por debajo de esta capa no se consideró necesario tomar muestras para pruebas de laboratorio.

SEGUNDO ESTRATO

Este estrato tiene un espesor variable entre 0m y 3,8m y está constituido por un suelo fino limoso de color amarillo.

Esta capa tiene humedad variable de media a alta, cercana al límite líquido. El suelo tiene una consistencia alta y se mantiene con la profundidad en todo el lote. Altas resistencias a la compresión simple dieron valores entre 0,96 y 2,42kg/cm.²

Las principales características físicas y mecánicas de esta capa de suelo son las siguientes:

Humedad Natural: 63.2% – 200.8 %

Límite Líquido: 78.5% - 254.2%

Índice de Plasticidad: 25.9% - 124%

Masa Unitaria Húmeda: 1.27– 1.68Tn/m³

Masa Unitaria Seca: 0.42 – 1.03Tn/m³

Resistencia a la compresión Inconfinada: 0.96 – 1.99kg/cm²

TERCER ESTRATO

Este estrato tiene un espesor entre 2.00m y 2.90m y está constituido por un suelo fino limoso color amarillo rojizo.

Las principales características físicas y mecánicas de esta capa de suelo son las siguientes:

Humedad Natural: 63.3%

Limite Líquido: 78.5%
Índice de Plasticidad: 25.9%
Masa Unitaria Húmeda: 1.68Tn/m³
Masa Unitaria Seca: 1.03Tn/m³
Resistencia a la compresión Inconfinada: 1.54kg/cm²

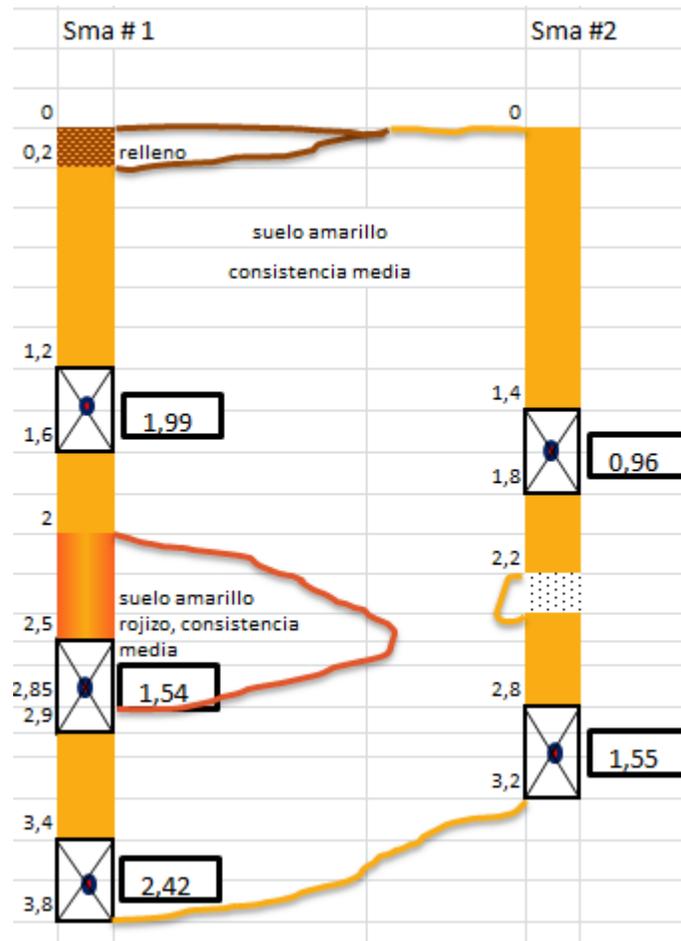


Figura No.4
Perfil Estratigráfico Deducido



Figura No.5

Registro fotográfico de los suelos encontrados

4. PROPIEDADES DEL SUELO

En los cuadros No.1 y No.2, se presentan los principales parámetros del suelo natural, de los cuales se pueden deducir las siguientes propiedades:

a. LA HUMEDAD NATURAL *varia de media a alta, pero en ningún caso es superior al límite líquido, con valores variables, la variación de la humedad con la profundidad se puede apreciar en las figura No.6 y No.8.*

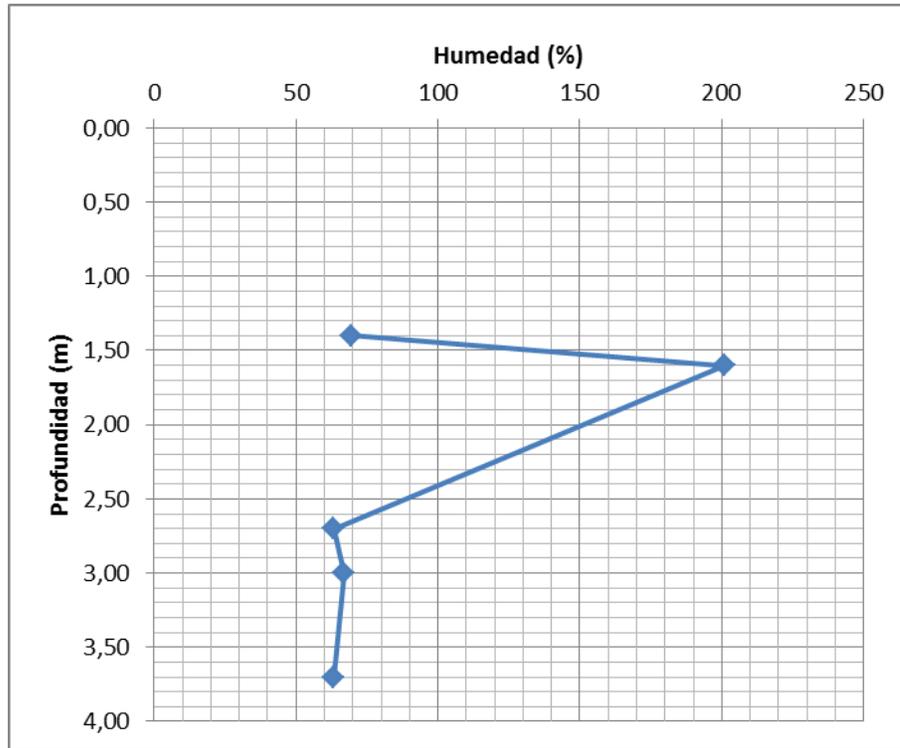


Figura No.6

Variación de la Humedad con la Profundidad

b. EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD *varia de medio a alto pero por las características de los suelos y la experiencia que se tiene de ellos su potencial contracto-expansivo es medio y no afectará la estructura que se proyecta ni la estabilidad de las excavaciones.*

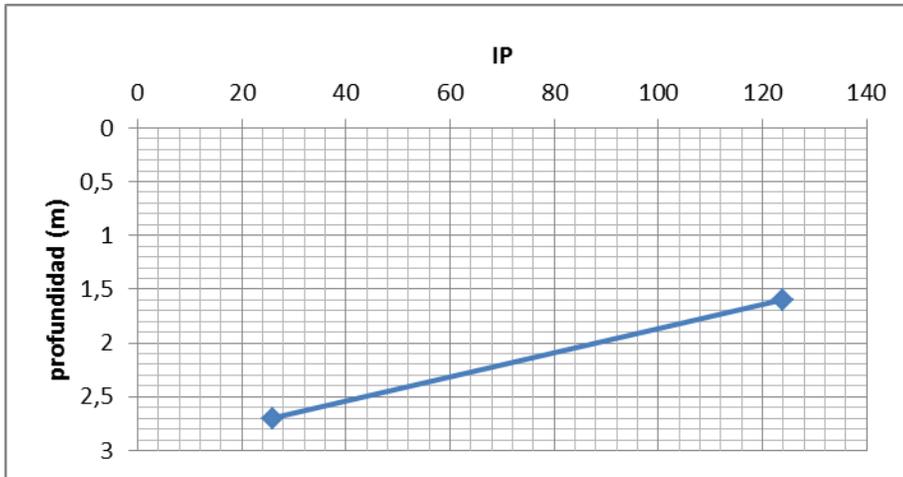


Figura No.7

Variación del Índice de Plasticidad con la Profundidad

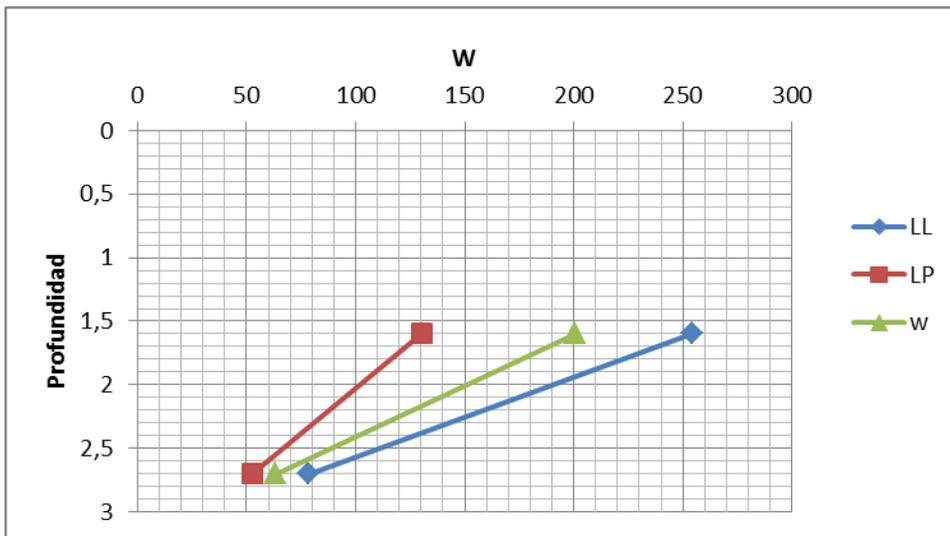


Figura No.8

Comparación de la variación de los límites de consistencia y la humedad con la profundidad

c. LA RESISTENCIA En términos generales la resistencia de este suelo es alta, los valores de resistencia a la compresión simple son en todos los casos superiores a $0,96\text{Kg/cm}^2$ como se puede apreciar en la figura No.9.

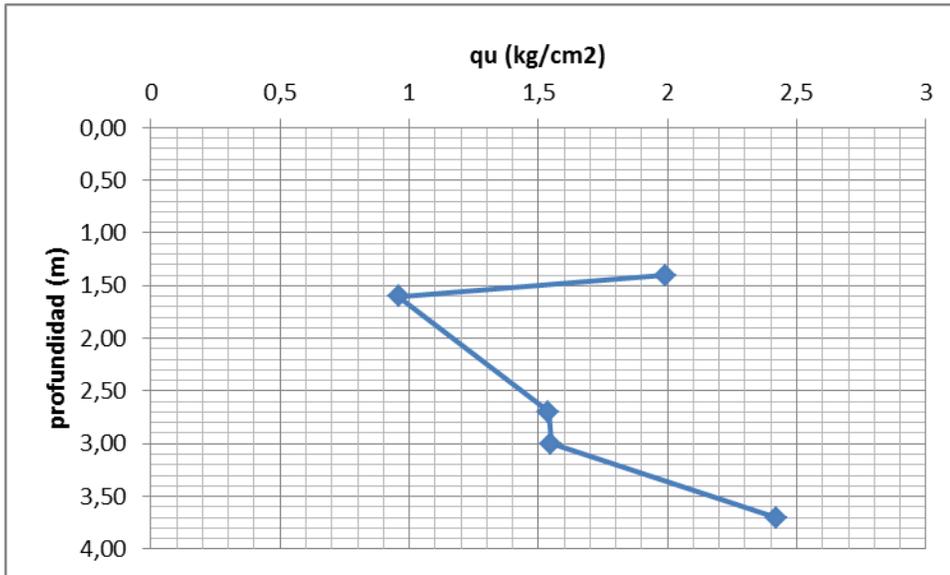


Figura No.8

Variación de la Resistencia con la Profundidad

d. El POTENCIAL DE LICUACIÓN Por su naturaleza los suelos finos limosos de alta compresibilidad tipo (MH), sin contenido de arenas finas y sin saturar, no son susceptibles de licuación.

e. Los ASENTAMIENTOS Dadas las características de suelos sobrecosolidados, los asentamientos inmediatos y por consolidación del suelo, serán inferiores a los máximos permisibles, si se trabaja con las presiones admisibles que se entregan en este informe.

d. Estabilidad de Taludes Con el fin de evitar en este lote la erosión y posibles problemas de inestabilidad de los taludes, se deben seguir estrictamente las recomendaciones dadas en este estudio.

5. CAPACIDAD PORTANTE

Considerando el tipo de estructura a construir y teniendo en cuenta las características del suelo de cimentación, se propone como alternativa de cimentación una Cimentación Superficial constituida por zapatas individuales de forma cuadrada.

La capacidad portante para este tipo de cimentación, se evalúa con base en el método de Vesic.

5.1. Capacidad de carga para las zapatas individuales de forma cuadrada:

Para el cálculo de capacidad de carga de las zapatas individuales, se utiliza la teoría general de la Capacidad Portante, en la que la mecánica consiste en hallar la capacidad de carga última del suelo, y al aplicarle un correcto factor de seguridad, obtener la capacidad portante admisible.

5.1.1 Teoría General de la Capacidad Portante⁽¹⁾

La mecánica consiste en hallar la capacidad de carga última del suelo, considerando la resistencia al corte del suelo, factores de capacidad de carga desarrolladas por Prandtl (1921), Reissner (1924) y Vesic (1973), factores de forma, de profundidad e inclinación de la carga y corrección por posición del nivel freático, que al aplicarle un correcto factor de seguridad, se obtiene la capacidad portante admisible.

Las expresiones a usar son:

$$\sigma_{ult} = C N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$\sigma_{adm} = \sigma_{ult} / FS \quad FS = 3$$

Siendo:

σ_{ult} y σ_{adm} : Capacidades Portantes Última y Admisible, respectivamente.

C: Resistencia al corte del suelo de cimentación.

N_c, N_q, N_γ : Factores de Capacidad de Carga

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$ = factores de forma

$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$ = factores de profundidad

$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$ = factores de inclinación de la carga

FS: Factor de seguridad.

γ : Peso unitario del suelo.

Df: Profundidad de cimentación.

B: Ancho del cimiento.

Expresión que para cimentaciones superficiales de forma cuadrada o rectangular con una relación $Df/B \leq 1.0$, sobre suelos cohesivos se puede expresar como:

$$\sigma_{adm} = 5.14 * C_u (1 + 0.2B/L) (1 + 0.4 Df/B) + \gamma * Df$$

Se utilizó este método, considerando que el suelo de cimentación es básicamente un suelo fino cohesivo.

Los Asentamientos por consolidación se calcularon con base en parámetros del suelo obtenidos a partir de correlaciones.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Suelos

El subsuelo estudiado, lo conforman suelos finos limosos de color variable entre amarillo y amarillo rojizas. El suelo es un suelo preconsolidado y posee propiedades contracto-expansivas no críticas, que no afectarán la estructura que se proyecta o la estabilidad de taludes de corte. El potencial de licuación es nulo y la resistencia es variable.

6.2. Sistema de Fundación Propuesto

Teniendo en cuenta las propiedades del suelo, y las características arquitectónicas del proyecto, donde la estructura tendrá un nivel, con un sistema estructural constituido por una estructura en guadua, para lo cual se recomienda como alternativa de cimentación Zapatas Individuales de forma Cuadrada o zapatas corridas de longitud infinita.

6.2.1 Alternativa No.1. Cimentación superficial constituida por Zapatas Individuales de forma cuadrada

Para esta alternativa se deben considerar los siguientes parámetros de diseño:

- **Tipo de Cimiento:** *Zapatas Individuales de forma cuadrada.*

- **PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN:** *La profundidad de desplante mínima debe ser 0.40m por debajo de nivel del piso de cada uno de los niveles considerado.*
- **CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE:** **9.0Tns/m²** '

6.2.2. Alternativa No.2. Una Cimentación superficial constituida por Zapatas Corridas o de longitud infinita

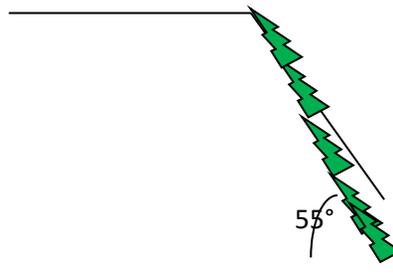
Para esta alternativa se deben considerar los siguientes parámetros de diseño:

- **Tipo de Cimiento:** *Zapatas corridas o de longitud infinita*
- **PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN:** *0.40m por debajo de nivel del piso.*
- **CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE:** **7.0 Tn/m²** '

6.3 Recomendaciones generales

- g.** *Es importante que la cimentación quede en todos los casos confinada como mínimo 0.40m.*

- h.** *Con el fin de que el suelo conserve sus características mecánicas, es conveniente evitar la infiltración de aguas lluvias y servidas dentro del suelo, por lo anterior, se recomienda colocar en la estructura, canales y bajantes de aguas lluvias, conectados al sistema de alcantarillado.*
- i.** *Por ningún motivo se deben descargar dentro del lote aguas servidas ni aguas lluvias. Las aguas lluvias deben conducirse al alcantarillado en forma apropiada mediante la construcción de zanjas, y tuberías. Las aguas servidas deben conectarse al alcantarillado local o a un pozo séptico debidamente diseñado.*
- j.** *Considerando que el suelo ya esta construida la cimentación es conveniente que el Ingeniero Estructural verifique si es necesario cumplirla o dejarla en las condiciones actuales. También es importante que se cumpla con la profundidad de desplante mínima recomendada (0.40 m).*
- k.** *Con el fin de evitar problemas de inestabilidad en los taludes, estos deben construirse con una inclinación de 55° y deben protegerse empradizándolos completamente con pasto estrella o con maní forrajero. Los taludes no deben dejarse al descubierto, sometidos a la erosión por aguas lluvias e intemperismo. Si se protegen los taludes y se les da la inclinación sugerida no se presentaran en el sitio problemas de inestabilidad.*



7. LIMITACIONES

La información consignada en este reporte, y las conclusiones y recomendaciones dadas, se basan en el análisis de los resultados de la investigación realizada, en conjunto con las características preliminares del proyecto.

Los cambios en las condiciones locales del suelo que se noten al hacer las excavaciones, los cambios en las características del proyecto que modifiquen la magnitud de las cargas o la profundidad de las excavaciones, se comunicarán a la ingeniera que elaboró este informe quien estudiará la nueva situación y propondrán las recomendaciones adicionales que sean necesarias.

Es conveniente verificar durante el proceso constructivo de las excavaciones para el sótano, las características del estrato portante.

ANEXO 4

ESTUDIO DE SUELOS

**AMPLIACION DE SUBESTACIONES DE ENERGIA (POPAYAN,
TIMBIO, EL BORDO Y ROSAS)**

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
TRABAJO DE GRADO
MODALIDAD TRABAJO SOCIAL



ESTUDIO DE SUELOS

**AMPLIACION DE SUBESTACIONES DE ENERGIA (POPAYAN,
TIMBIO, EL BORDO Y ROSAS)**



DEPARTAMENTO DEL CAUCA

*UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA*

1. INTRODUCCIÓN

En atención a la solicitud de la Empresa constructora CRA S.A, se ha realizado el presente estudio de suelos, en los sitios donde actualmente se encuentran construidas las subestaciones de energía de los siguientes Municipios:

- Municipio de Popayán, subestación La Isabela, Subestación centro y subestación Norte.*
- Municipio de Timbio*
- Municipio del Patía Subestación El Bordo*
- Municipio de Rosas*

En estos Municipios, se encuentran construidas las subestaciones de energía mencionadas y la Compañía Eléctrica de Occidente, proyecta la ampliación de las mismas, motivo por el cual se realiza este estudio, el cual tiene como finalidad conocer la estratigrafía del suelo de cimentación y examinar sus propiedades geotécnicas, con el fin de aplicarlas de manera eficiente, en el diseño de la cimentación de las nuevas estructuras.

Además de determinar las propiedades del subsuelo, en este informe se darán las recomendaciones para el diseño y construcción de la cimentación, y demás partes de la estructura que se vean comprometidas con el subsuelo.

Para lograr el objetivo arriba anotado, se realizó un trabajo de campo que consistió en la realización de dos perforaciones manuales por subestación, hasta profundidades máximas de 6.0m. Durante el trabajo de perforación se tomaron muestras inalteradas con tubo shelby y muestras alteradas en bolsas plásticas.

Con las muestras obtenidas se realizaron los ensayos de laboratorio necesarios para definir: La Estratigrafía de lote, la posición del nivel de aguas freáticas y las propiedades físicas y mecánicas del suelo, parámetros con los que se calculó la capacidad portante del suelo y se definieron las recomendaciones para el proceso constructivo.

2. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con el área comprometida en el proyecto, el tipo de estructuras que se construyen en el sitio y y cumpliendo con las especificaciones del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, se planificó y ejecutó la siguiente serie de trabajos:

2.1. Perforaciones

Empleando el método de perforación manual, se realizaron dos (02) perforaciones por subestación, las cuales se llevaron hasta una profundidad máxima de 6.0m.

2.2. Muestreo

Durante el trabajo de perforación, se tomaron Muestras inalteradas con tubos Shelby a las profundidades indicadas en los registros de perforación y muestras alteradas en bolsas plásticas, también a las profundidades indicadas en las columnas estratigráficas y en los formatos de laboratorio.

2.3. Ensayos de Laboratorio

Las muestras obtenidas, se llevaron al laboratorio de suelos de la Empresa Geoconsulta Ltda, donde se desarrollaron las siguientes pruebas:

- * Humedades Naturales*
- * Límites de Atterberg*
- * Gradaciones*
- * Masas Unitarias*
- * Compresiones Inconfinadas*

En el cuadro No.1, se presenta el resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio obtenidos en cada una de las subestaciones y para cada uno de los sondeos efectuados y en el anexo No.3, se entregan los resultados de laboratorio.

Cuadro No.1

Prof (m)	Wn %	LL %	Ip %	Qu Kg/cm²	γ_m Tn/m³	γ_d Tn/m³	Observaciones
SUB ESTACION TIMBIO							
Sondeo Manual # 1							
0,90 - 1,30	49.67			1	1.68	1.12	SUELO FINO COLOR CAFÉ
2,60 - 3,00	87.69	109.72	55.87	0.71	1.38	0.73	SUELO CINO COLOR AMARILLO
4,60 - 5,00	53.8			1.04	1.71	1.11	SUELO FINO COLOR HABANO
5,60 - 6,00		34.42	14.9				
Sondeo Manual # 2							
1,10 - 1,50	58.42			0.4	1.63	1.03	SUELO FINO COLOR HABANO
2,60 - 3,0	72.72	97.43	50.85	0.6	1.58	0.91	SUELO FINO COLOR GRIS
5				%pasa#4=99,3, %Pasa #200=20,7			ARENA LIMOSA (SM)
SUB ESTACION BORDO - PATIA							
Sondeo Manual #1							
1,40 - 1,80	41.18	50.49	17.51	1.73	1.79	1.27	SUELO FINO COLOR ROJIZO
3,20 - 3,60	48.76	51.74	22.44	0.76	1.74	1.17	SUELO FINO COLOR ROJIZO
4,70 - 5,10	46.57			0.29	1.8	1.22	SUELO FINO COLOR ROJIZO
Sondeo Manual #2							
1,30 - 1,70	32.36			0.94	1.87	1.41	SUELO FINO COLOR ROJIZO
2,90 - 3,30	26.82			0.97	2	1.58	SUELO FINO COLOR ROJIZO
4,60 - 5,00	30.44	40.75	18.4	0.88	1.98	1.52	SUELO FINO COLOR ROJIZO
SUB ESTACION ROSAS - CAUCA							
Sondeo Manual # 1							
1.0m	18.4	50.3	20.43	%pasa#4=55.1, %Pasa #200=17.5			GRAVA LIMOSA (GM)
Sondeo Manual # 2							
1,30 - 1,70	44.22	68.28	32	1.24	1.77	1.22	SUELO FINO COLOR AMARILLO
2.7	21.7	50.12	17.9	%pasa#4=72.8, %Pasa #200=32.3			ARENA LIMOSA (SM)
SUB ESTACION POPAYAN							
SUB ESTACION NORTE							
Sondeo Manual # 1							
1.2				%pasa#4=59,3; %Pasa #200=3,4			ARENA (SW)
SUB ESTACION CENTRO							
Sondeo Manual # 1							
1,60 - 2,00	53.04	63.71	29.68	0.17	1.65	1.08	SUELO FINO COLOR CAFÉ
3,60 - 4,00	32.89			1.54	1.79	1.35	SUELO FINO COLOR GRIS
Sondeo Manual # 2							
1,70 - 2,10	48.9	62.39	35.97	0.82	1.64	1.1	SUELO FINO COLOR AMARILLO
3,20 - 3,60	40.31			1.67	1.7	1.21	SUELO FINO COLOR AMARILLO OSC
5,00 - 5,40	51.12	84.81	9.95	0.99	1.64	1.08	SUELO FINO COLOR CAFÉ
SUB ESTACION LA ISABELA							
Sondeo Manual # 1							
1,70 - 2,10	56.83	94.76	36.86	0.93	1.54	0.98	SUELO FINO COLOR CAFÉ
3,20 - 3,60	58.06			1.11	1.63	1.03	SUELO FINO COLOR CAFÉ
4,30 - 4,70	51.91			1.06	1.65	1.08	SUELO FINO COLOR CAFÉ
5,20 - 5,60	53.85	99.88	53.68	2.06	1.65	1.07	SUELO FINO COLOR CAFÉ
Sondeo Manual # 2							
1,80 - 2,10	52.97			1.2	1.65	1.08	SUELO FINO COLOR CAFÉ
3,10 - 3,50	50.88	93.87	49.53	1.2	1.61	1.06	SUELO FINO COLOR CAFÉ
4,40 - 4,80	51.64			2.35	1.72	1.13	SUELO FINO COLOR GRIS

Convenciones cuadro No.1

Wn%: Porcentaje de Humedad, **LL%:** Limite Líquido, **IP%:** Índice de Plasticidad

Qu: Resistencia a la compresión simple o inconfiada

γ_m : Peso unitario húmedo γ_d : Peso unitario seco

3. ESTRATIGRAFÍA

3.1 ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES SUBESTACIONES POPAYAN

3.1.1 ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES SUBESTACION "LA ISABELA"

En la figura No.1 , se muestra el perfil estratigráfico de esta subestación obtenido del trabajo de campo y de los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio a las muestras extraídas; de igual manera, en las fotografías de la figura No.2 se pueden observar los diferentes suelos encontrados.

El perfil de suelos de esta subestación está conformado por dos estratos de suelo claramente definidos de la siguiente manera:

PRIMER ESTRATO

Está conformado por un suelo fino de color negro de características orgánicas correspondiente a la capa vegetal. En el sondeo No.1 se observó encima de este suelo un relleno de 0.20m de espesor conformado por un suelo fino color café. El espesor de la capa vegetal varía entre 1.40 y 1.80m y tiene una humedad de media a alta.

En el patio de la subestación en la superficie se aprecian una capa de gravas producto de trituración con un espesor de 0.10m aproximadamente.

SEGUNDO ESTRATO

En las dos perforaciones realizadas en este sitio la segunda capa de suelo esta conformada por suelos finos limosos de coloración variable. En la perforación o sondeo No.1, se encontró un suelo fino limoso de color variable entre amarillo y café y en la perforación No.2 se encontró como segundo estrato un suelo fino limoso de color café.

Este estrato tiene un espesor superior a 4.4m, su humedad varia de media a alta pero inferior al límite líquido. El suelo tiene una consistencia que varía de alta a muy alta, por sus características este suelo no es susceptible a la licuación y según el sistema unificado de clasificación de suelos se clasifica como un limo de alta compresibilidad (MH).

Las principales características físicas y mecánicas de esta capa de suelo son las siguientes:

Humedad Natural: 51.9% – 58.1%

Límite Líquido: 94.8%

Índice de Plasticidad: 36.9% - 48.6%

Masa Unitaria Húmeda: 1.54 – 1.65Tn/m³

Masa Unitaria Seca: 0.98 – 1.08Tn/m³

Resistencia a la compresión Inconfinada: 0.93 – 2.06kg/cm²

NIVEL FREÁTICO

A la fecha de realización de los sondeos, diciembre de 2011, época de invierno fuerte con abundantes lluvias, el Nivel de aguas freáticas NO se encontró hasta la profundidad explorada de 6.0m.

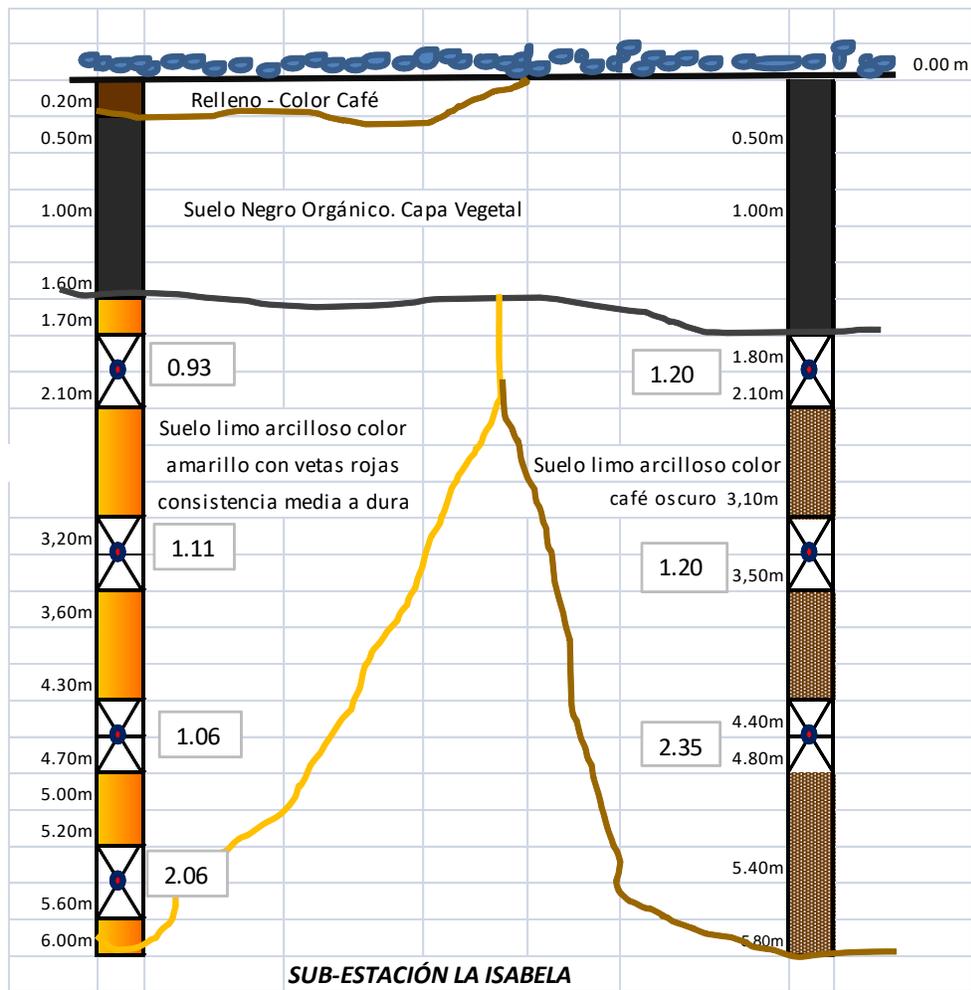


Figura No.1 Perfil Estratigráfico Deducido



Figura No. 2

En las figuras No.3, No.4 y No. 5, se puede apreciar la variación de los diferentes parámetros del suelo con la profundidad.

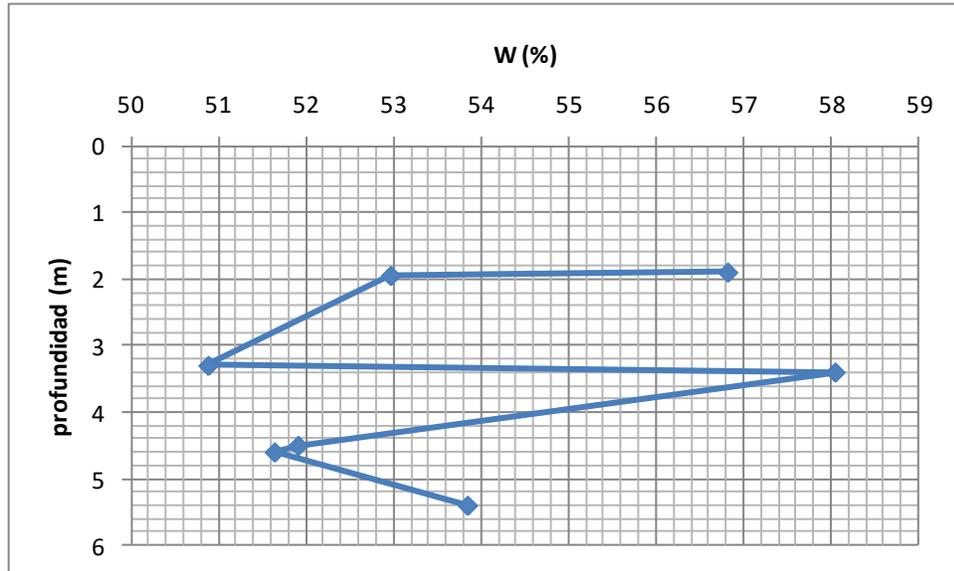


Figura No.3

Variación de la Humedad con la Profundidad

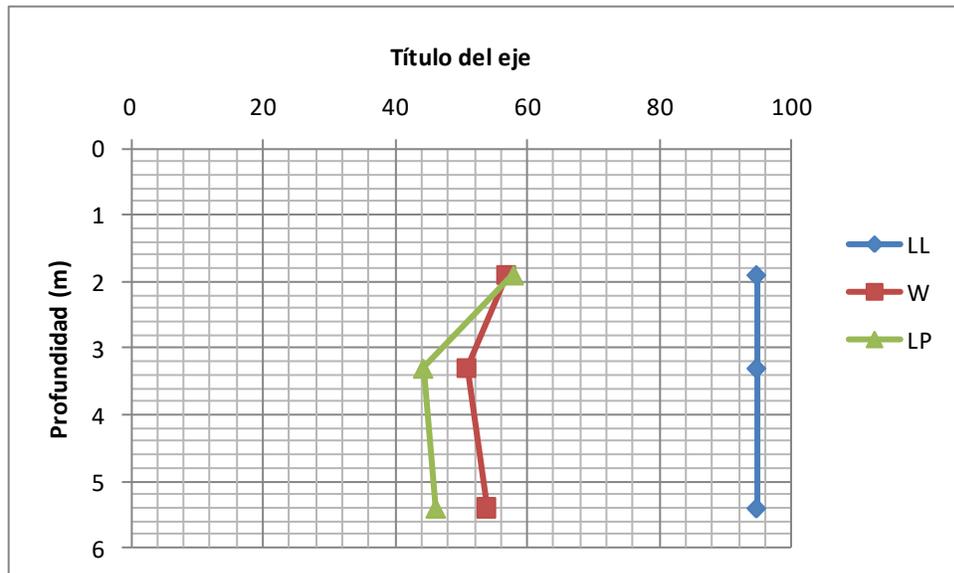


Figura No. 4

Variación de la Humedad y los Límites de Consistencia con la profundidad

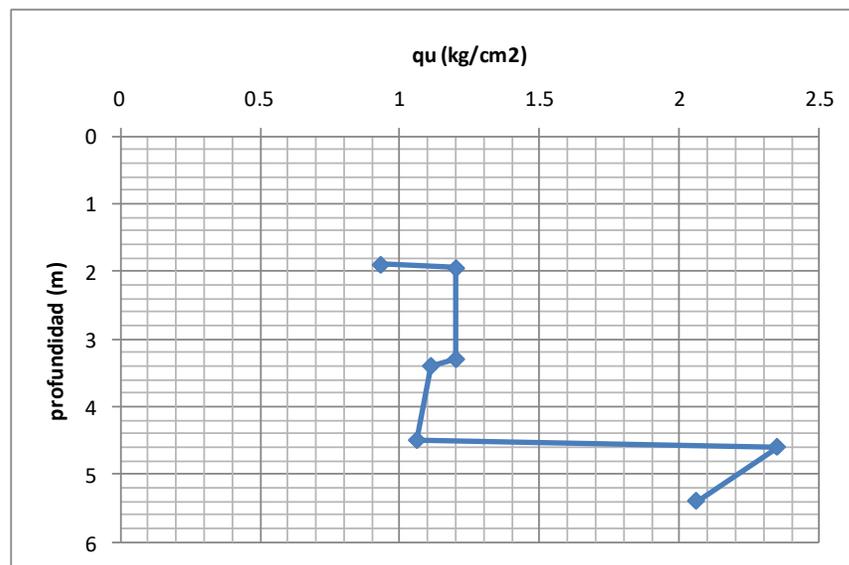


Figura No.5

Variación de la Resistencia a la Compresión Simple con la profundidad

3.1.2 ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES SUBESTACION "CENTRO POPAYAN"

La Subestación "Centro" de la Ciudad de Popayán, se encuentra ubicada en el sector La Pamba, en un lote contiguo a la Industria Licorera del Cauca. El perfil estratigráfico deducido de este sitio obtenido a partir del trabajo de campo y de los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio a las muestras extraídas; se puede apreciar en la figura No.6, de igual manera, en las fotografías de la figura No.7, se pueden observar los diferentes suelos encontrados.

El perfil de suelos de esta subestación es heterogéneo, en las dos perforaciones realizadas se encontraron suelos con diferentes características los cuales se pueden definir de la siguiente manera:

PRIMER ESTRATO

En este sitio la primera capa de suelo está conformada por un relleno de suelo fino limoso de color café, con un espesor variable entre 0.70 y 2.0m. En el sondeo No.2 se aprecia que en la parte más superficial el relleno se conformó con un suelo granular con finos de color amarillo rojizo.

Por tratarse de un relleno de pobres características mecánicas, que que no puede constituirse en suelo de cimentación, no se consideró necesario tomar muestras para su caracterización.

SEGUNDO ESTRATO

En la perforación No.1, la segunda capa de suelo esta constituida por un suelo fino limoso de color café con vetas grises y negras. Este estrato tiene un espesor de 1.10m, tiene una humedad alta cercana al límite líquido, pero por debajo de este, su resistencia a la compresión inconfiada es muy baja correspondiente a un suelo de consistencia blanda y según el sistema unificado de clasificación de suelos esta capa corresponde a un limo de alta compresibilidad (MH), ubicado muy cerca de la línea A.

Las principales características físicas y mecánicas de esta capa de suelo son las siguientes:

<i>Humedad Natural:</i>	<i>53.04%</i>
<i>Limite Líquido:</i>	<i>63.7%</i>
<i>Índice de Plasticidad:</i>	<i>29.7%</i>
<i>Masa Unitaria Húmeda:</i>	<i>1.65Tn/m³</i>
<i>Masa Unitaria Seca:</i>	<i>1.08Tn/m³</i>
<i>Resistencia a la compresión Inconfiada:</i>	<i>0.17kg/cm²</i>

En la perforación o sondeo No.2, el segundo estrato está conformado por un suelo fino limoso de color amarillo, el cual adquiere con la profundidad tonalidades habanas y cafés.

En este sitio este suelo tiene un espesor superior a 5.30m, tiene una humedad media inferior al límite líquido, tiene una resistencia a la compresión simple o inconfiada correspondiente a suelos de consistencia alta, según el sistema unificado de clasificación de suelos esta capa en su parte superior corresponde a una arcilla de alta compresibilidad (CH), pero con la profundidad cambia sus características a un limo de alta compresibilidad (MH).

Las principales características físicas y mecánicas de esta capa de suelo son las siguientes:

<i>Humedad Natural:</i>	<i>32.9% – 51.1%</i>
<i>Limite Líquido:</i>	<i>62.4% - 84.8%</i>
<i>Índice de Plasticidad:</i>	<i>36.0% - 39.8%</i>
<i>Masa Unitaria Húmeda:</i>	<i>1.64 – 1.70Tn/m³</i>
<i>Masa Unitaria Seca:</i>	<i>1.08 – 1.21Tn/m³</i>
<i>Resistencia a la compresión Inconfinada:</i>	<i>0.82 – 1.67kg/cm²</i>

TERCER ESTRATO

Esta capa de suelo solo se detectó en el sondeo No.1 y está constituida por un suelo fino limoso de color gris y gris azulado, con un espesor igual a 2.50m, con una humedad media y una consistencia alta.

Las principales características físicas y mecánicas de esta capa de suelo son las siguientes:

<i>Humedad Natural:</i>	<i>32.9%</i>
<i>Masa Unitaria Húmeda:</i>	<i>1.79Tn/m³</i>
<i>Masa Unitaria Seca:</i>	<i>1.35Tn/m³</i>
<i>Resistencia a la compresión Inconfinada:</i>	<i>1.54kg/cm²</i>

CUARTO ESTRATO

Esta capa de suelo solo se detectó en el sondeo No.1 y está constituida por un suelo fino limoso con un alto contenido de roca meteorizada, con una humeada media y una consistencia alta, en el cual por sus características fue imposible tomar muestras con tubo shelby.

Por sus características, los suelos que conforman el perfil estratigráfico en el sitio no son suelos susceptibles a la licuación, ni tiene características contracto expansivas críticas.

NIVEL FREÁTICO

A la fecha de realización de los sondeos, diciembre de 2011, época de invierno fuerte con abundantes lluvias, el Nivel de aguas freáticas se encontró a una profundidad variable entre 1.60m y 2.50m.

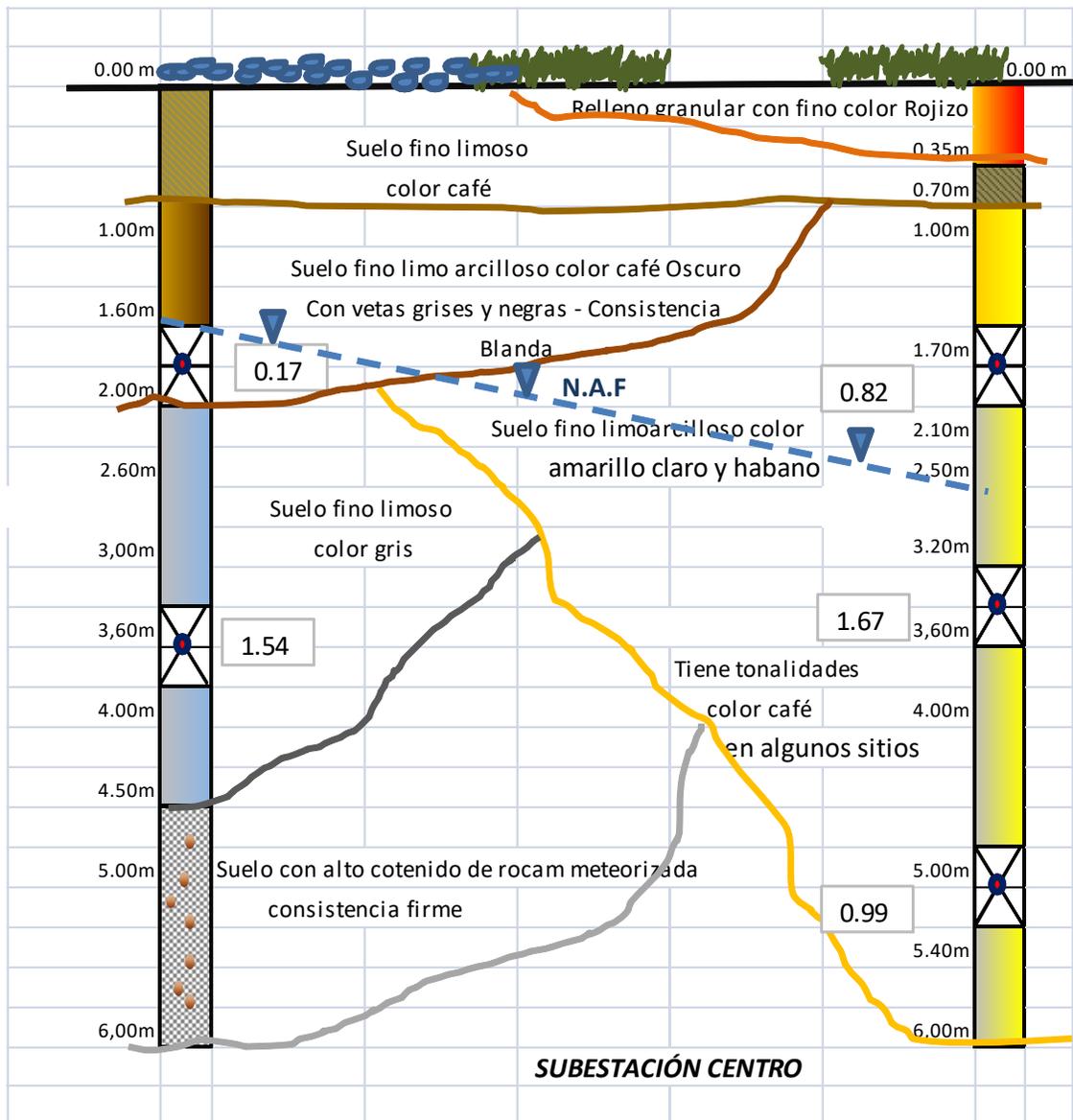


Figura No.6

Perfil Estratigráfico Deducido



Trabajo de campo Subestación "Centro" Popayán





Figura No. 7

En las figuras No.8, No.9 y No.10, se puede apreciar la variación de los diferentes parámetros del suelo con la profundidad.

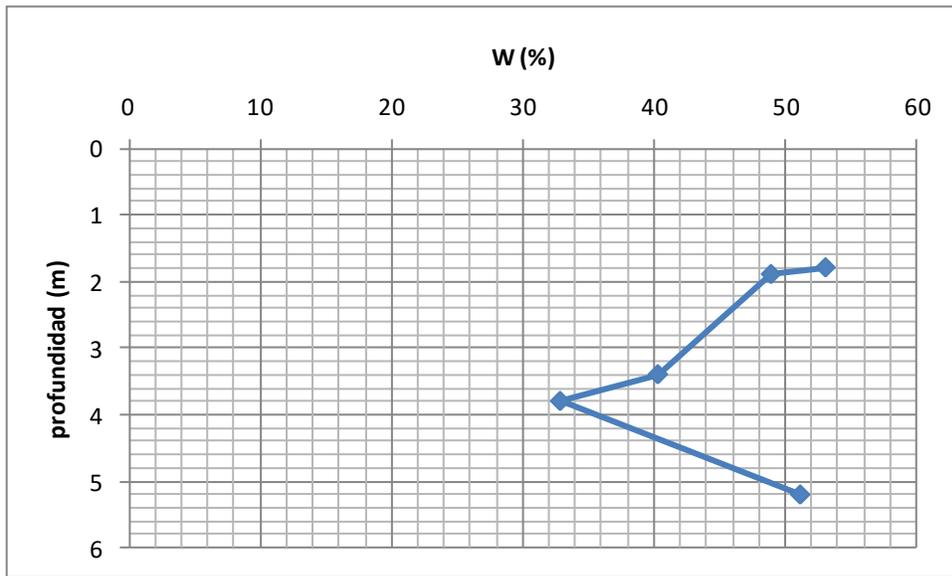


Figura No. 8

Variación de la Humedad con la Profundidad

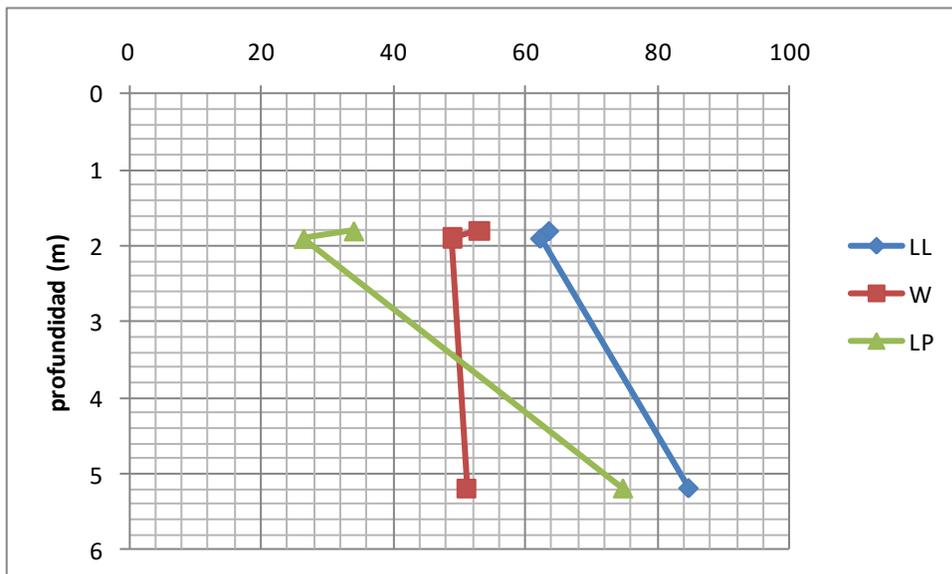


Figura No. 9

Variación de la Humedad y los Límites de Consistencia con la profundidad

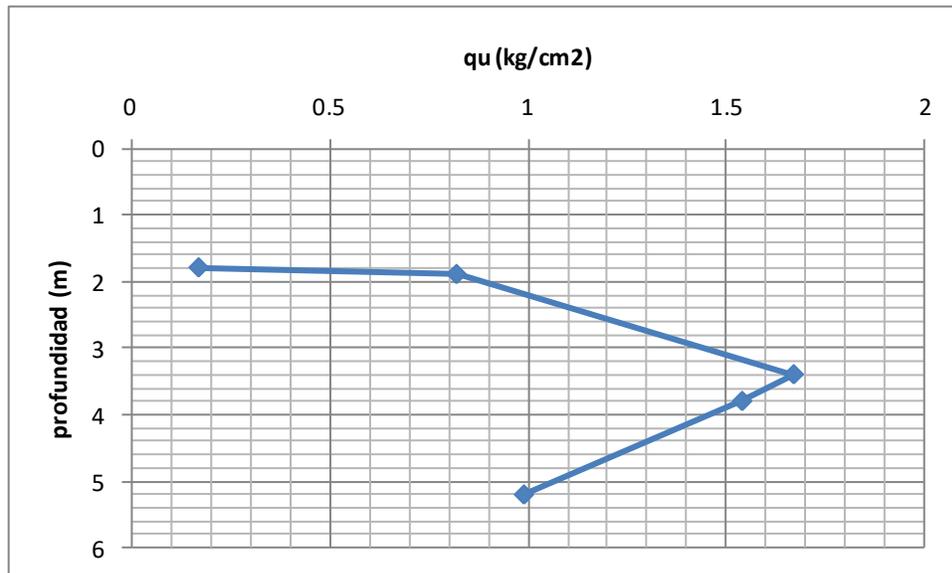


Figura No.10

Variación de la Resistencia a la Compresión Simple con la profundidad

3.1.2 ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES SUBESTACION "NORTE POPAYAN"

La Subestación "Norte" de la Ciudad de Popayán, se encuentra ubicada en el sector de la vereda González, a orillas del Río Cauca, sobre un depósito aluvial de buenas características mecánicas pero muy difícil de perforar con barreno manual.

Con el fin de poder determinar la estratigrafía del sitio se efectuaron cuatro apiques hasta una profundidad de 1.10m, a partir de la cual se dificulta mucho excavar por la presencia de abundante agua y de arenas y gravas que se derrumban y cierran la excavación.

A partir del trabajo de campo realizado se puede concluir que hasta la máxima profundidad explorada, el perfil estratigráfico deducido de este sitio esta conformado por las siguientes capas de suelo:

PRIMER ESTRATO

La primera capa de suelo corresponde a un suelo fino limoso de color café oscuro, en estado de mediana densidad, con un espesor variable entre 0.20m y 0.75m, el cual por tratarse de un suelo de pobres características mecánicas no se considera conveniente utilizar como suelo de cimentación, motivo por el cual, no se consideró necesario tomar muestras para su caracterización.

SEGUNDO ESTRATO

Está conformado por una lente de arena fina saturada con un espesor variable entre 0.25 y 0.40m. Por su espesor y características esta capa de suelo tampoco debe usarse como suelo de cimentación.

TERCER ESTRATO

Esta capa de suelo está conformada por arenas gravosas con suelos finos de color oscuro de características orgánicas completamente saturado. Las características mecánicas de este suelo no se pudieron determinar debido a la metodología de avance por métodos manuales, pero se tomaron muestras alteradas a las cuales se les efectuó una prueba de granulometría obteniendo los siguientes resultados:

Tamaño Máximo= 1 ½"

%Pasa #4=59.3%

%pasa #200=3.4%

Este estrato por su contenido de gravas se considera que no tiene un potencial de licuación que ponga en riesgo las estructuras que allí se construyan.

NIVEL FREÁTICO

A la fecha de realización de los sondeos, diciembre de 2011, época de invierno fuerte con abundantes lluvias, el Nivel de aguas freáticas se encontró a una profundidad variable entre 0.45m y 0.70m.

En la figura No.11 se puede apreciar el Perfil estratigráfico deducido y en la figura No.12, algunas fotografías que muestran los suelos encontrados.

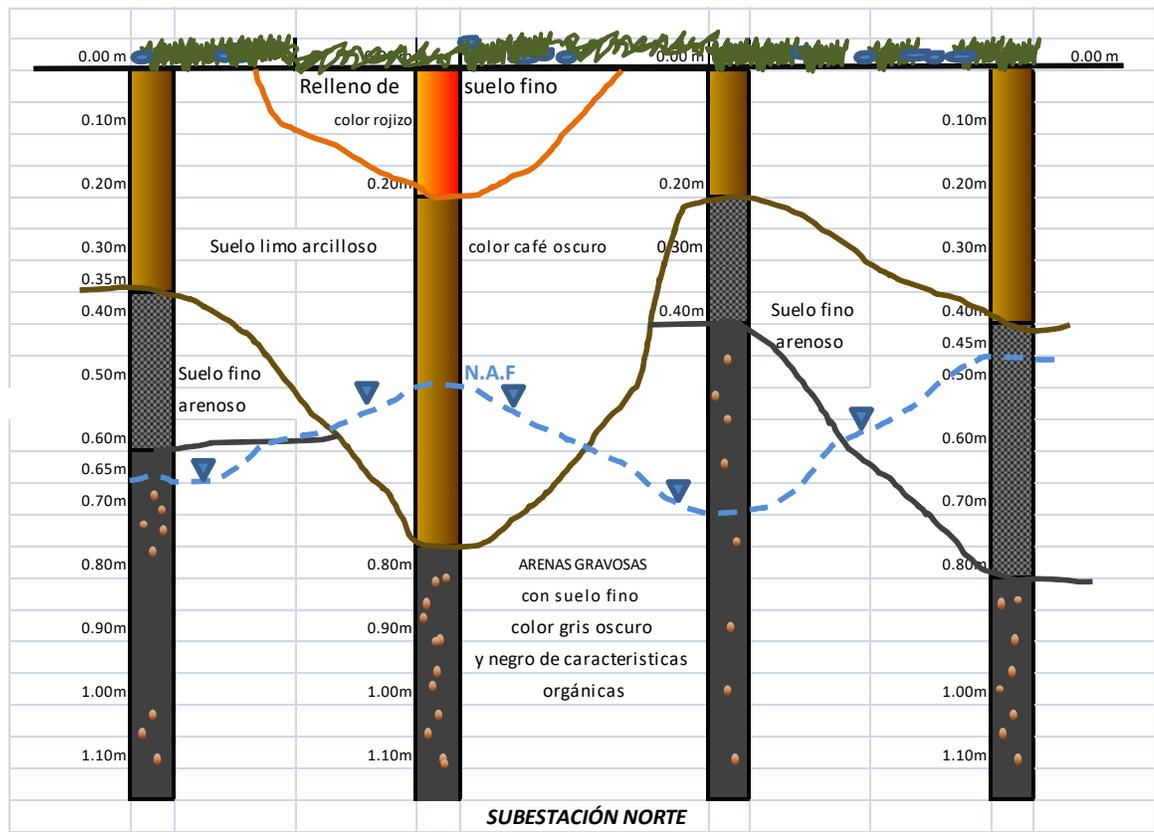


Figura No.11
Perfil Estratigráfico Deducido

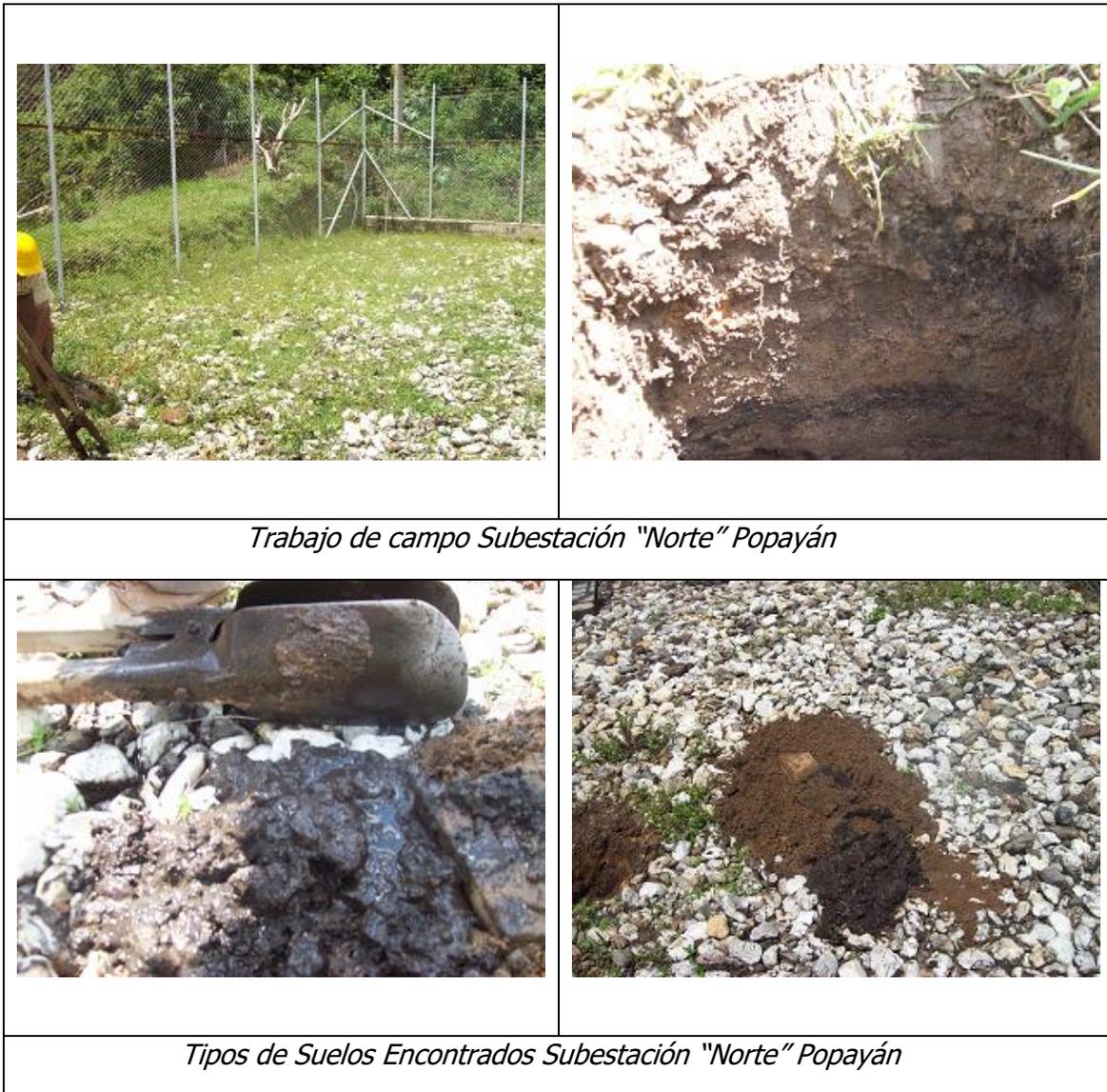


Figura No. 12

3.2 ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES SUBESTACION "MUNICIPIO DE TIMBIO"

La Subestación del Municipio de Timbio se encuentra ubicada hacia el oriente de dicha localidad, sitio donde se efectuaron dos perforaciones hasta 6.0m de profundidad. El perfil estratigráfico deducido de este sitio obtenido a partir del trabajo de campo y de los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio a las muestras extraídas; se puede apreciar en la figura No.13, de igual manera, en las fotografías de la figura No.14 se pueden observar los diferentes suelos encontrados.

El perfil de suelos de esta subestación es homogéneo, en las dos perforaciones realizadas se encontraron suelos de características similares, pero con espesores algo variables, los cuales se pueden definir de la siguiente manera:

PRIMER ESTRATO

En este sitio la primera capa de suelo está conformada por un suelo fino de color negro, correspondiente a la capa vegetal, cubierta con pastos en los sitios donde no hay construcciones. El espesor de esta capa de suelo varía entre 0.50 y 0.70m.

SEGUNDO ESTRATO

La segunda capa de suelo está constituida por un suelo fino limoso de color amarillo con tonalidades variables entre amarillo claro y amarillo rojizo con algunas vetas grises, con las características de una ceniza volcánica. Este estrato tiene un espesor variable entre 3.30m y 4.70m, tiene una humedad de media a alta, inferior al límite líquido, su resistencia a la compresión inconfiada resultó alta en el sondeo No.1 y media en el sondeo No.2, lo que indica que en el sitio se encuentran suelos de consistencia media a alta y según el sistema

unificado de clasificación de suelos esta capa corresponde a un limo de alta compresibilidad (MH).

Las principales características físicas y mecánicas de esta capa de suelo son las siguientes:

Humedad Natural: 49.7% - 87.7%

Limite Líquido: 97.4% - 109.72%

Índice de Plasticidad: 50.9% - 55.9%

Masa Unitaria Húmeda: 1.38 – 1.71Tn/m³

Masa Unitaria Seca: 0.73 – 1.12Tn/m³

Resistencia a la compresión Inconfinada: 0.40 – 1.04kg/cm²

TERCER ESTRATO

Esta capa de suelo esta constituida por un suelo areno arcilloso color gris, con un importante contenido de finos y arenas medias y gruesas. Con base en los resultados de laboratorio y de un análisis granulométrico, esta capa de suelo según el sistema unificado de clasificación de suelos corresponde a una Arena Arcillosa (SC).

El espesor de este estrato es superior a 2.0m y las principales características físicas son las siguientes:

Tamaño máximo= 3/8"

% pasa N#4=99.3%

%pasa #200=20.7%

La fracción fina tiene los siguientes límites de consistencia:

Límite Líquido: 34.4%

Índice de Plasticidad: 14.9%

NIVEL FREÁTICO

A la fecha de realización de los sondeos, diciembre de 2011, época de invierno fuerte con abundantes lluvias, el Nivel de aguas freáticas se encontró a una profundidad variable entre 3.90 y 4.20m.

Figura No.13
Perfil Estratigráfico Deducido



Trabajo de campo Subestación "Centro" Popayán





Figura No. 14

En las figuras No.15, No.16 y No.17 se puede apreciar la variación de los diferentes parámetros del suelo con la profundidad.

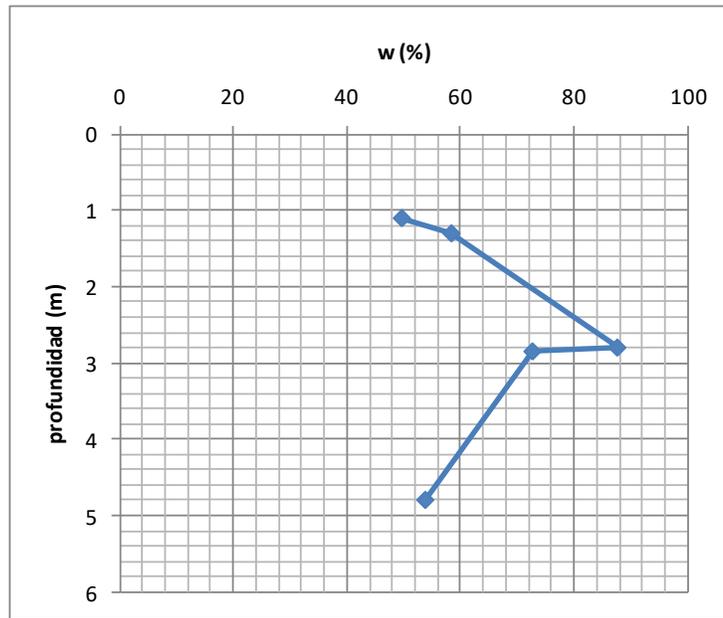


Figura No. 15

Variación de la Humedad con la Profundidad

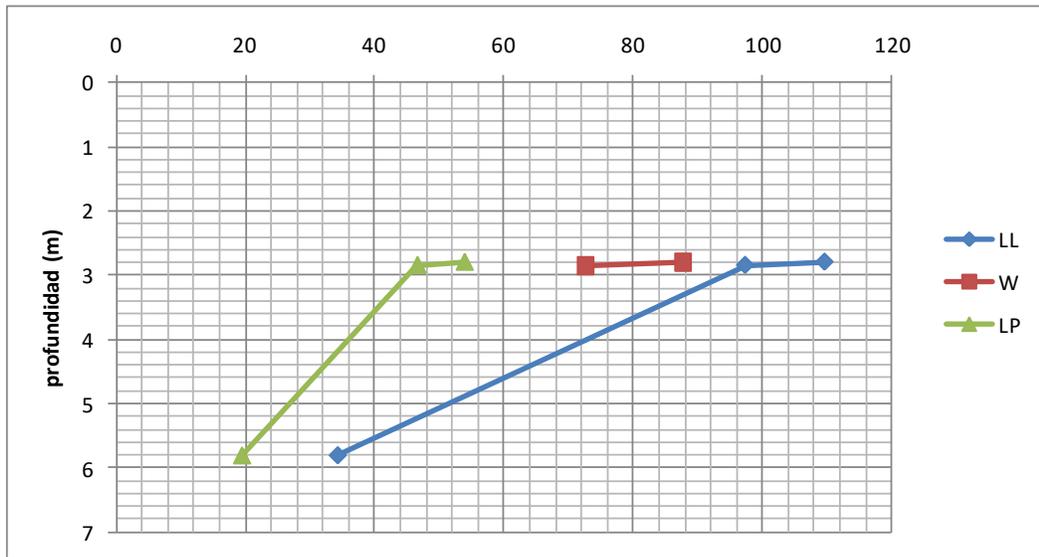


Figura No. 16

Variación de la Humedad y los Límites de Consistencia con la profundidad

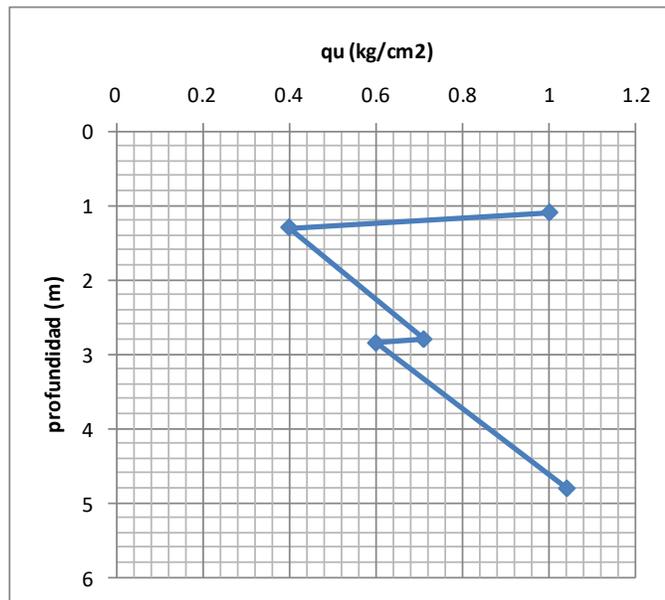


Figura No.17

Variación de la Resistencia a la Compresión Simple con la profundidad

3.3 ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES SUBESTACION "EL BORDO MUNICIPIO DE PATIA"

En este sitio se efectuaron dos perforaciones a 6.0m de profundidad cada una, durante el trabajo de campo se tomaron muestras de cada uno de los suelos encontrados y estas se caracterizaron en el laboratorio, a partir de esta información se pudo definir el perfil estratigráfico de este sitio, el cual se puede apreciar en la figura No.18, de igual manera, en las fotografías de la figura No.19, se pueden observar los diferentes suelos encontrados.

El perfil de suelos de esta subestación es bastante homogéneo y está conformado por dos estratos de suelo, los cuales se pueden definir de la siguiente manera:

PRIMER ESTRATO

En este sitio la primera capa de suelo está conformada por un relleno constituido por un suelo granular con algo de finos, de color café, con las características de un afirmado. Este material se ha colocado después de remover la capa vegetal y tiene un espesor variable entre 0.30m y 0.70m.

SEGUNDO ESTRATO

La segunda capa de suelo está constituida por un suelo fino limoso de color rojizo con vetas amarillas y grises en algunos sitios. Este estrato tiene un espesor superior a 4.70m, tiene una humedad de media inferior al límite líquido, su resistencia a la compresión

inconfiada es alta en la mayoría de los casos con excepción de una muestra ubicada entre 4.70 y 5.10m de profundidad la cual dio como resultado una resistencia baja igual a 0.29kg/cm^2 ., lo cual corresponde a una falla prematura de la muestra por la presencia de algunas partículas roca meteorizada pequeñas.

Según el sistema unificado de clasificación de suelos esta capa corresponde a un limo de alta compresibilidad (MH), con valores de límite líquido cercano a la línea B. Con la profundidad las características del suelo cambian un poco y pasa a ser una arcilla de baja compresibilidad (CL).

Las principales características físicas y mecánicas de esta capa de suelo son las siguientes:

Humedad Natural: 30.4% - 48.8%

Límite Líquido: 40.8% - 51.7%

Índice de Plasticidad: 17.5% - 22.4%

Masa Unitaria Húmeda: 1.74 – 1.98Tn/m³

Masa Unitaria Seca: 1.17 – 1.52Tn/m³

Resistencia a la compresión Inconfiada: 0.29 – 1.73kg/cm²

NIVEL FREÁTICO

A la fecha de realización de los sondeos, diciembre de 2011, época de invierno fuerte con abundantes lluvias, el Nivel de aguas freáticas se encontró a una profundidad variable entre 1.90 y 3.80m.

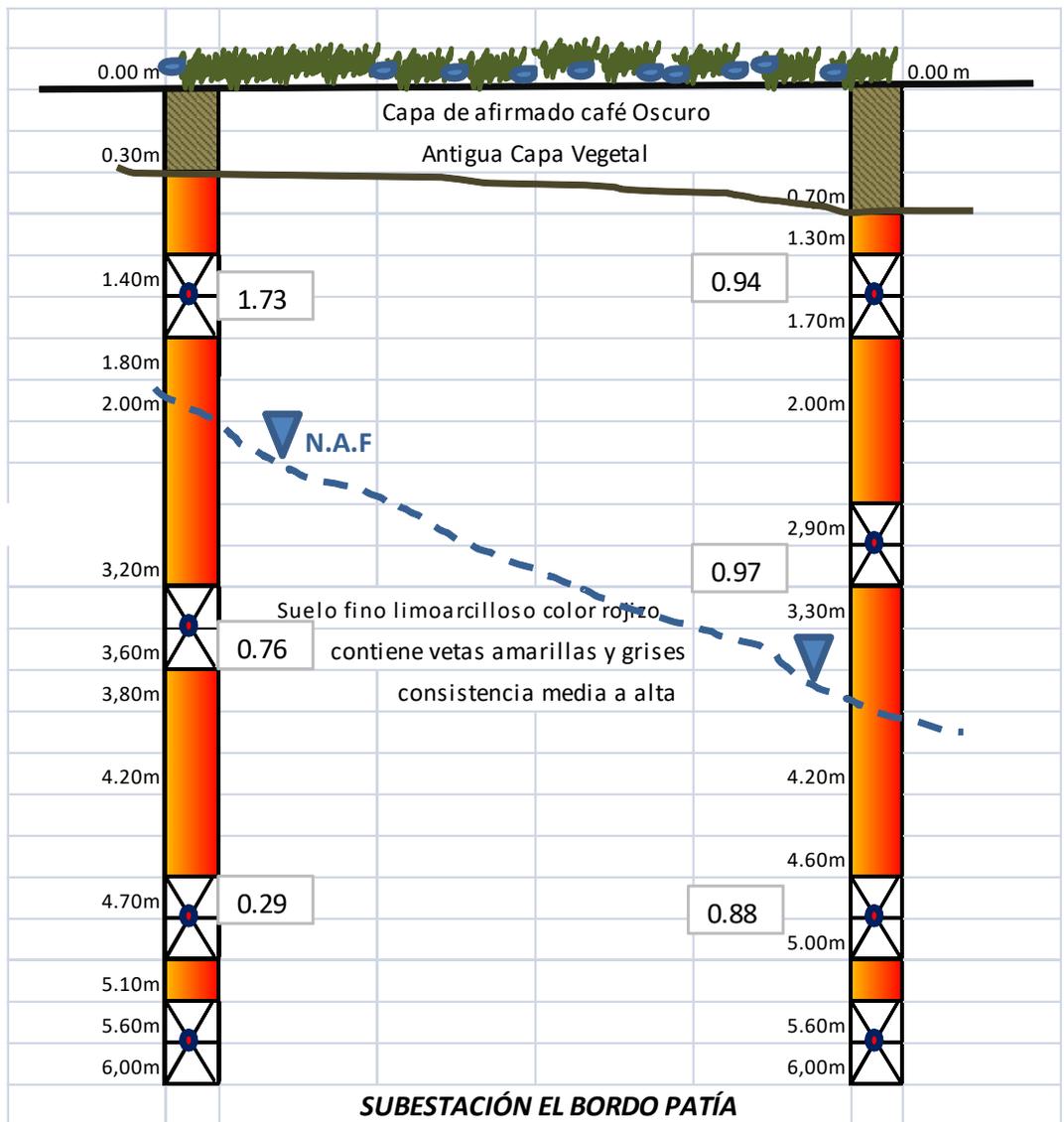


Figura No.18

Perfil Estratigráfico Deducido



Trabajo de campo Subestación "El Bordo"





Figura No. 19

En las figuras No.20, No.21 y No.22 se puede apreciar la variación de los diferentes parámetros del suelo con la profundidad.

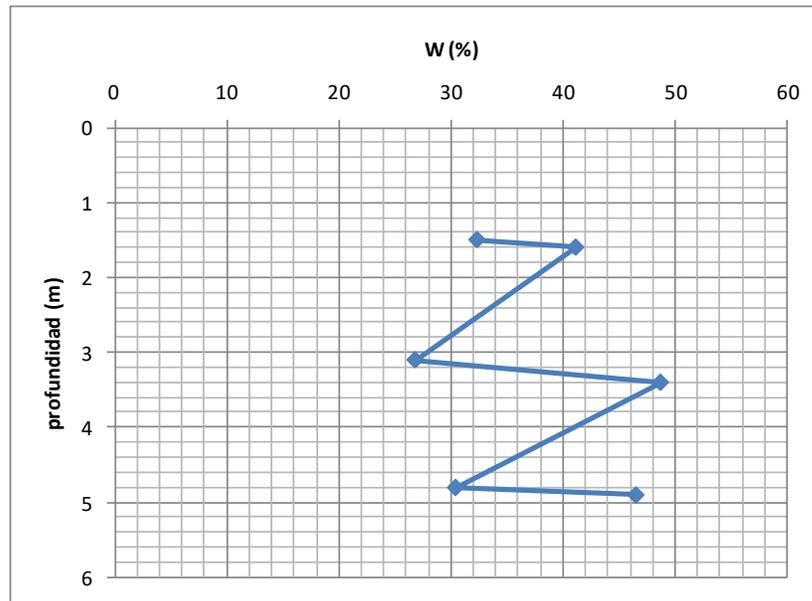


Figura No. 20

Variación de la Humedad con la Profundidad

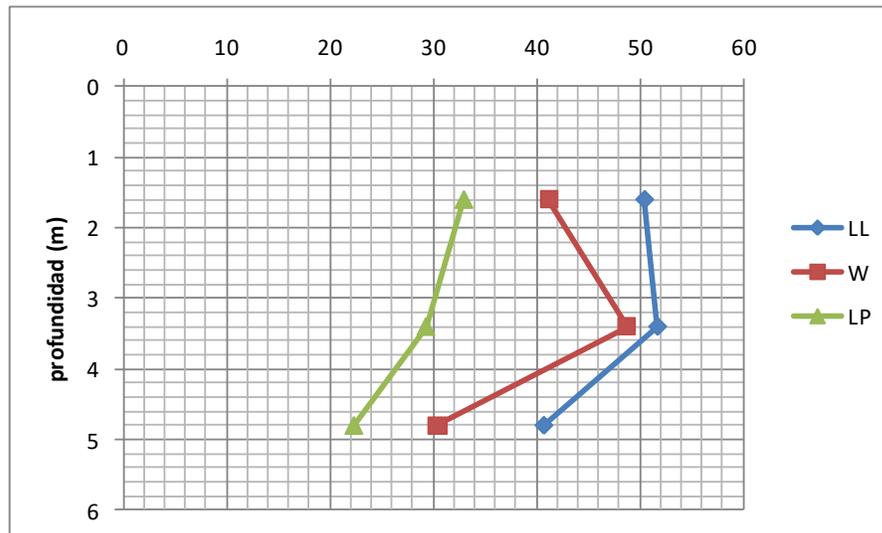


Figura No. 21

Variación de la Humedad y los Límites de Consistencia con la profundidad

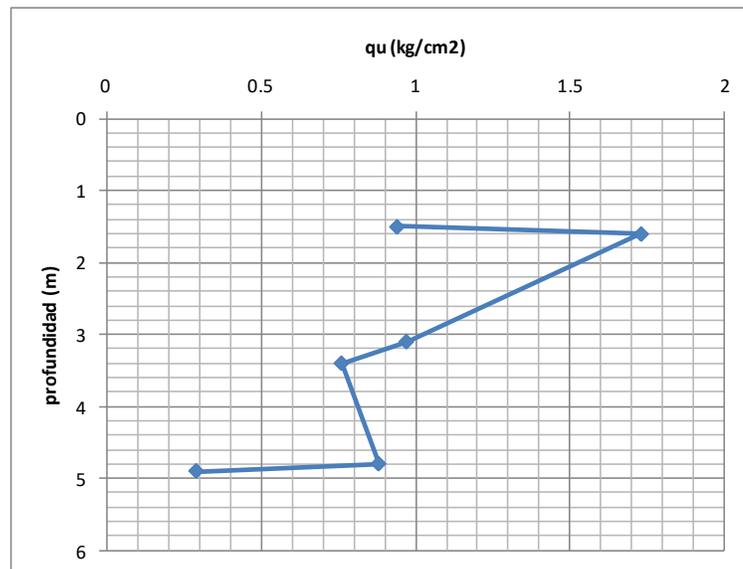


Figura No.22

Variación de la Resistencia a la Compresión Simple con la profundidad

3.4 ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES SUBESTACION "MUNICIPIO DE ROSAS"

En esta Subestación, se efectuaron dos perforaciones a profundidades variables entre 1.20 y 3.60m, debido a que no fue posible avanzar a profundidades mayores con equipo de perforación manual, por el contenido de partículas de rocas meteorizada de importante tamaño las cuales impiden el proceso.

Durante el trabajo de campo se tomaron muestras de cada uno de los suelos encontrados y estas se caracterizaron en el laboratorio, a partir de esta información se pudo definir el perfil estratigráfico de este sitio, el cual se puede apreciar en la figura No.23, de igual manera, en las fotografías de la figura No.24 se pueden observar los diferentes suelos encontrados.

El perfil de suelos de esta subestación es bastante homogéneo y está conformado por dos estratos de suelo, los cuales se pueden definir de la siguiente manera:

PRIMER ESTRATO

En este sitio la primera capa de suelo está conformada por un relleno constituido por un suelo fino color café con algo de roca meteorizada y restos del suelo fino orgánico que conformaba la capa vegetal. Este estrato tiene un espesor variable entre 0.70m y 1.30m.

SEGUNDO ESTRATO

La segunda capa de suelo está constituida por un suelo fino limoso de color amarillo con presencia de fragmentos de roca meteorizada de tamaño importante superior a 3". Esta capa de suelo tiene un espesor superior a 2.30m, tiene una humedad de media a baja inferior al límite líquido, su resistencia a la compresión inconfiada se evaluó en una muestra y corresponde a suelos de consistencia alta.

Debido a la presencia de abundante roca meteorizada en el sitio se tomaron también muestras alteradas a las cuales se les efectuó pruebas de granulometría.

Según el sistema unificado de clasificación de suelos la parte más superficial de esta capa de suelo corresponde a un limo de alta compresibilidad (MH), pero a medida que aumenta el contenido de roca meteorizada el sistema unificado de clasificación de suelos clasifica los suelos de un sitio como gravas limosas (GM) y de otro como arenas limosas (SM).

Las principales características físicas y mecánicas de esta capa de suelo son las siguientes:

Humedad Natural: 18.4% - 44.2%

Limite Líquido: 50.1% - 68.3%

Índice de Plasticidad: 17.9% - 32.0%

Masa Unitaria Húmeda: 1.77Tn/m³

Masa Unitaria Seca: 1.22Tn/m³

Resistencia a la compresión Inconfinada: 1.24kg/cm²

Por sus características, los suelos del sitio, no tienen un potencial contracto expansivo peligroso, ni son susceptibles al fenómeno de licuación.

NIVEL FREÁTICO

A la fecha de realización de los sondeos, diciembre de 2011, época de invierno fuerte con abundantes lluvias, NO se detectó el Nivel de aguas freáticas hasta la máxima profundidad explorada de 3.60m.

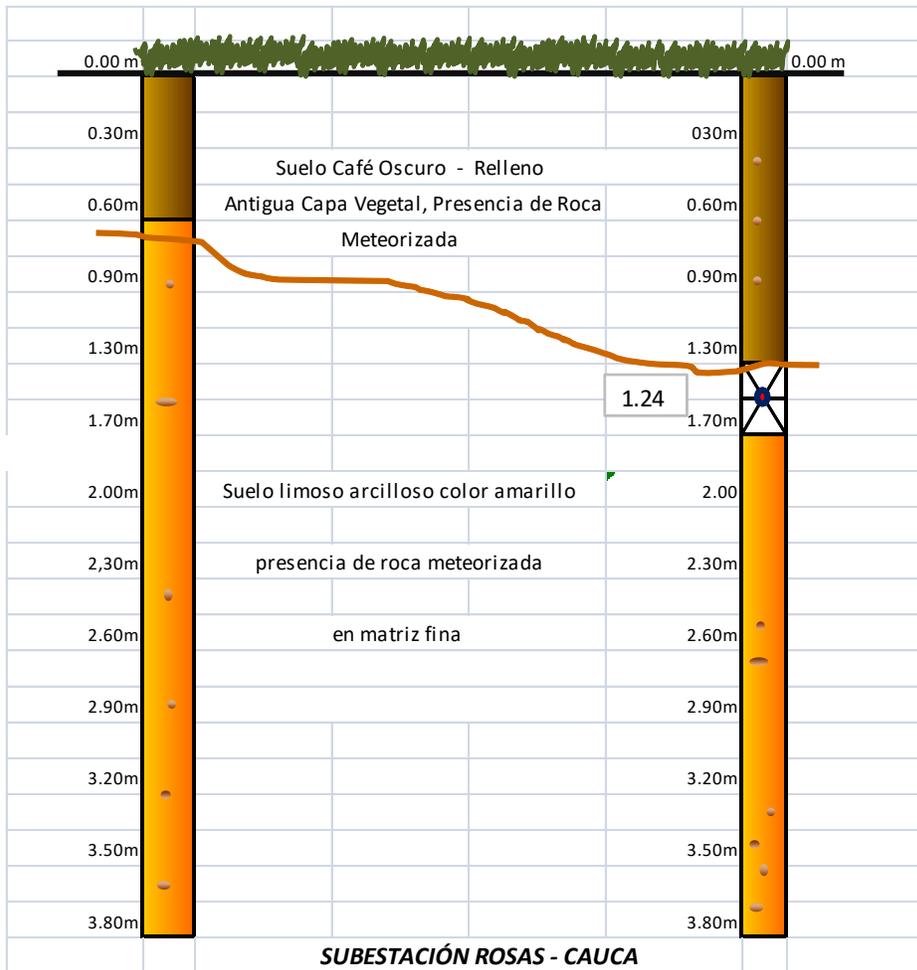


Figura No.23
Perfil Estratigráfico Deducido



Trabajo de campo Subestación "Rosas"

Tipos de Suelos Encontrados Subestación "Rosas"

Figura No. 24

En las figuras No.25 y No.26 se puede apreciar la variación de los diferentes parámetros del suelo con la profundidad.

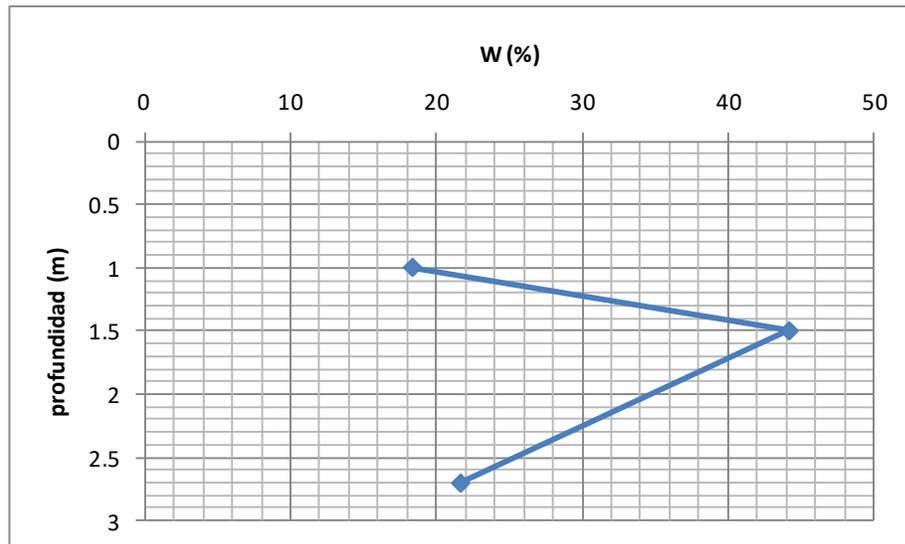


Figura No. 25

Variación de la Humedad con la Profundidad

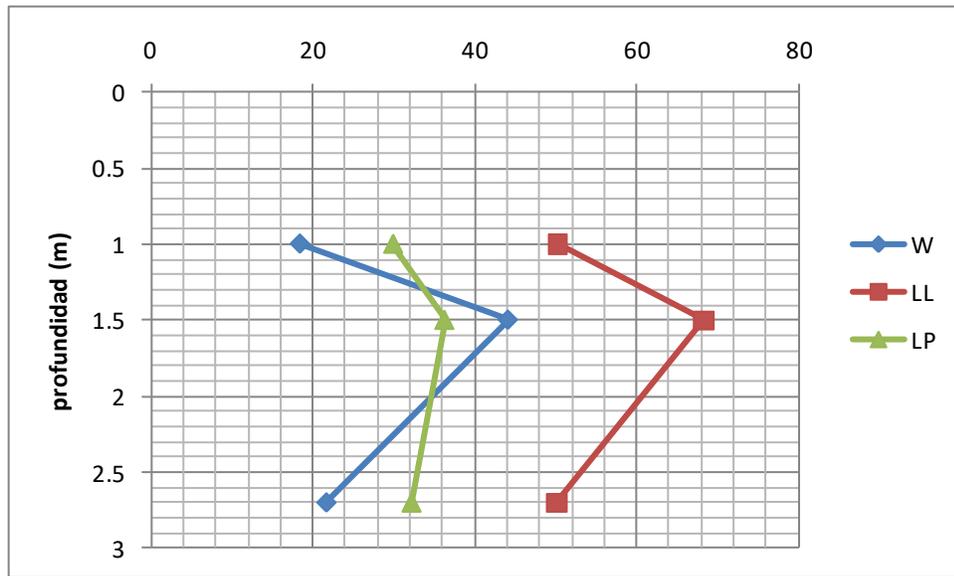


Figura No. 26

Variación de la Humedad y los Límites de Consistencia con la profundidad

4. CAPACIDAD PORTANTE

Considerando las características de los suelos que constituyen el perfil estratigráfico de los sitios de las subestaciones en la Ciudad de Popayán y de las localidades de El Bordo y de Rosas en el Departamento del Cauca y el tipo de estructuras a construir, se han calculado las capacidades portantes, de cada uno de los sitios y los resultados se entregan a continuación.

4.1. CAPACIDAD DE CARGA

Con el fin de determinar la capacidad portante o capacidad de carga última del suelo se ha utilizado la teoría general de capacidad de carga desarrollada por Vesic, la cual considera la resistencia al corte del suelo, factores de capacidad de carga, desarrollados por Prandtl (1921), Reissner (1924) y Vesic (1973), factores de forma, de profundidad y de inclinación de la carga. La capacidad de carga última se ha afectado por un factor de seguridad igual a 3.0 con el fin de determinar la máxima presión permisible o capacidad portante admisible.

$$\sigma_u = C N_c F_c d_c i_c + q N_q f_q d_q i_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma f_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

C = cohesión

N_c, N_q, N_γ = Factores de capacidad de carga

f_c, f_q, f_γ = Factores de forma

d_c, d_q, d_γ = Factores de profundidad

i_c, i_q, i_γ = Factores de inclinación

γ = Masa unitaria del suelo

B = Ancho de la cimentación

$$\sigma_p = \sigma_{adm} = \frac{\sigma_u}{FS} \quad FS = 3$$

Los Asentamientos por consolidación se calcularon con base en la teoría de Terzaghi, utilizando parámetros del suelo encontrados por correlaciones a partir de las propiedades determinadas en el laboratorio.

4.2. CAPACIDAD DE CARGA PARA LAS DIFERENTES SUBESTACIONES EN LA CIUDAD DE POPAYAN

4.2.1 CAPACIDAD DE CARGA SUBESTACION "LA ISABELA" POPAYÁN

En este sitio en la parte mas alta del lote, se encontró superficialmente un relleno en estado suelto colocado encima de la capa vegetal o suelo orgánico. Estas dos capas de suelo tienen un espesor variable entre 1.60 y 1.80m, por lo anterior, se recomienda que la

cimentación se construya a una profundidad mínima de 1.60m o sea por debajo del suelo orgánico o sobre el suelo natural constituido por un suelo fino de color variable entre amarillo y café.

Otra alternativa de cimentación consiste en retirar en el sitio de la cimentación todo el espesor del suelo orgánico en un ancho igual a $1.50B$ (B = ancho de la cimentación o menor dimensión) y substituir un espesor de 0.30m, por un suelo fino limoso poco plástico, similar al suelo fino color amarillo presente en el sitio, bien compactado en dos capas de 0.15m, lo anterior con el fin de cimentar a una profundidad variable entre 1.30 y 1.50m.

Bajo estas condiciones y considerando los resultados de los ensayos de laboratorio, se recomienda cimentar las estructuras con una Cimentación superficial, constituida por zapatas individuales en concreto reforzado de forma cuadra o rectangular.

Para las condiciones de sitio las Presiones máximas permisibles se resumen en el cuadro No.2:

Cuadro No.2

SUBESTACION LA ISABELA MUNICIPIO DE POPAYAN	
Relación B/L	Presión Máxima Permisible (Tn/m²)
1.0	10.2
0.67	9.7
0.50	9.4
0.40	9.2
Coficiente de Balasto (Ks)	0.60kg/cm ³
Angulo de cuña de arrancamiento	20º

*Similar al caso anterior, se calcula la capacidad última de carga para zapatas alargadas con un ancho igual o mayor a **0.40m**, cimentadas siguiendo las mismas recomendaciones de profundidad de cimentación dadas para las cuadradas y rectangulares. En este caso la **Capacidad Portante Admisible** bajo estas condiciones es igual a **8.6tn/m²**.*

Si durante el proceso constructivo de alguna de las nuevas estructuras de la subestación, se observa alguna estratigrafía diferente a la aquí descrita se debe consultar, con el fin de dar las recomendaciones pertinentes especialmente sobre profundidad de cimentación.

4.2.2 CAPACIDAD DE CARGA SUBESTACION "CENTRO" POPAYÁN

Dada la heterogeneidad del perfil estratigráfico del lote donde está construida esta subestación, se ha considerado conveniente entregar en este informe recomendaciones para las dos condiciones encontradas en el sitio.

En el sector cercano al sondeo No.1 (occidente de la subestación), la capa de suelo fino color café con vetas grises y negras ubicada por encima de los 2.0m de profundidad corresponde a un suelo fino de consistencia blanda, no apropiado para cimentar las estructuras, razón por la cual en este sector del lote se debe cimentar a una profundidad mínima de 2.20m dentro del estrato de suelo fino color gris azulado.

También se puede retirar en el sitio de la cimentación, todo el espesor del suelo blando (aproximadamente 2.0m) en un ancho igual a $1.5B$ (B = ancho de la cimentación o menor dimensión) y substituir un espesor de 0.70m, por un suelo fino limoso poco plástico, bien compactado en capas no mayores de 0.20m, lo anterior con el fin de cimentar a una profundidad igual a 1.50m.

Siguiendo estas recomendaciones y considerando los resultados de los ensayos de laboratorio, se recomienda cimentar las estructuras con una Cimentación superficial, constituida por zapatas individuales en concreto reforzado de forma cuadra o rectangular, con las Presiones máximas permisibles que se resumen en el cuadro No.3.

Cuadro No.3

SUBESTACION CENTRO POPAYAN	
ZONA CONTIGUA AL SONDEO No.1 (Sector Occidental del lote)	
Relación B/L	Presión Máxima Permisible (Tn/m²)
1.0	6.2
0.67	5.8
0.50	5.6
0.40	5.5
Coefficiente de Balasto (Ks)	0.50kg/cm ³
Angulo de cuña de arrancamiento	20°

*Para zapatas rectangulares de longitud infinita o alargadas **La Capacidad Portante Admisible** bajo estas condiciones es igual a **5.0Tn/m²** y **se** recomienda que el ancho mínimo de este tipo de cimentación sea igual a 0.40m.*

En el sector cercano al sondeo No.2, o sea hacia el oriente del lote, el suelo es homogéneo y tiene una consistencia alta, por lo tanto en esta zona se recomienda cimentar las estructuras con una Cimentación superficial, constituida por zapatas individuales en concreto reforzado de forma cuadra o rectangular.

Para las condiciones de este sitio se proponen dos alternativas de profundidad de desplante, a 1.0m y a 1.5m y las Presiones Máximas Permisibles recomendadas para cada una de ellas se resumen en el cuadro No.4.

Cuadro No.4

SUBESTACION CENTRO POPAYAN ZONA CONTIGUA AL SONDEO No.2 (Sector Oriental del lote)		
	Profundidad de Desplante	
	1.0m	1.5m
Relación B/L	Presión Máxima Permisible (Tn/m²)	Presión Máxima Permisible (Tn/m²)
1.0	11.6	12.8
0.67	11.0	12.2
0.50	10.7	11.8
0.40	10.5	11.6
Coefficiente de Balasto (Ks)	0.60kg/cm ³	0.60kg/cm ³
Angulo de cuña de arrancamiento	30°	30°

*Si por el tipo de estructura proyectada fuese más conveniente la construcción de zapatas rectangulares de longitud infinita o alargadas **La Capacidad Portante Admisible** bajo estas condiciones es igual a:*

*Para una profundidad de desplante de 1.0m la Presión Máxima Permisible es igual a **9.80Tn/m²**.*

*Para una profundidad de desplante de 1.50m la Presión Máxima Permisible es igual a **10.8Tn/m²**.*

Para zapatas alargadas o de longitud infinita en todos los casos en ancho mínimo recomendado es igual a 0.40m.

4.2.3 CAPACIDAD DE CARGA SUBESTACION "NORTE" POPAYÁN

Esta subestación por su ubicación tan cercana al Río Cauca, se encuentra construida sobre un depósito aluvial heterogéneo, constituido por capas de arenas, intercaladas con suelos finos orgánicos y con arenas gravosas en estado relativamente suelto.

A una profundidad de 1.10m, comienzan a aparecer algunos bolos de importante tamaño en una matriz limo arenosa con gravas y suelos finos de color oscuro. El Nivel de Aguas Freáticas se encuentra a 0.50m de profundidad.

Con base en el perfil de suelos y el conocimiento que se tiene de diversos estudios realizado en la zona, se recomienda cimentar las estructuras con una Cimentación superficial, constituida por zapatas individuales en concreto reforzado de forma cuadra o rectangular, a una profundidad de desplante mínima de 1.50m.

Para las condiciones de sitio, La Presión Máxima Permisible recomendada es igual a 6.0tn/m².

En este sitio hay agua en importante cantidad de Agua, por lo que un momento dado puede ser necesario utilizar una motobomba para el proceso constructivo.

4.3 CAPACIDAD DE CARGA SUBESTACION "TIMBIO" DEPARTAMENTO DEL CAUCA

Con base en el perfil estratigráfico deducido y los resultados de los ensayos de laboratorio, se ha realizado el análisis de los valores obtenidos y a partir de esta información se definieron los valores de la resistencia al corte del suelo y las masas unitarias representativas para cada sitio y se calcularon las Presiones Máximas Permisibles que se entregan a continuación.

En este sitio la cimentación más recomendable para las estructuras, es una Cimentación superficial, constituida por zapatas individuales en concreto reforzado de forma cuadra o rectangular y para la cimentación de este sitio se proponen dos alternativas de profundidad de desplante, a 1.0m y a 1.5m y las Presiones Máximas Permisibles recomendadas para cada una de ellas se resumen en el cuadro No.5:

Cuadro No.5

SUBESTACION TIMBIO		
	Profundidad de Desplante	
	1.0m	1.5m
Relación B/L	Presión Máxima Permisible (Tn/m²)	Presión Máxima Permisible (Tn/m²)
1.0	5.4	7.4
0.67	5.2	7.0
0.50	5.0	6.8
0.40	4.9	6.7
Coefficiente de Balasto (Ks)	0.50kg/cm ³	0.50kg/cm ³
Angulo de cuña de arrancamiento	20º	20º

*Si por el tipo de estructura proyectada fuese más conveniente la construcción de zapatas rectangulares de longitud infinita o alargadas **La Capacidad Portante Admisible** bajo estas condiciones es igual a:*

*Para una profundidad de desplante de 1.0m la Presión Máxima Permisible es igual a **4.50Tn/m²**.*

*Para una profundidad de desplante de 1.50m la Presión Máxima Permisible es igual a **6.0Tn/m²**.*

Para zapatas alargadas o de longitud infinita en todos los casos en ancho mínimo recomendado es igual a 0.40m.

4.4 CAPACIDAD DE CARGA SUBESTACION "EL BORDO" MUNICIPIO DEL PATIA DEPARTAMENTO DEL CAUCA

En el sitio donde se ubica la subestación de esta localidad, el perfil de suelos encontrado en el sitio, es bastante homogéneo y el suelo de cimentación está constituido por un suelo limo arcilloso de color rojizo de una consistencia dura. Con base en los resultados de los ensayos de laboratorio se definieron los valores de la resistencia al corte del suelo y las masas unitarias representativas para cada sitio. En este caso la cimentación mas recomendada es una Cimentación superficial, constituida por zapatas individuales en concreto reforzado de forma cuadra o rectangular.

Para la cimentación de este sitio se proponen dos alternativas de profundidad de desplante, a 1.0m y a 1.5m y las Presiones Máximas Permisibles recomendadas para cada una de ellas se resumen en el cuadro No.6:

Cuadro No.6

SUBESTACION "EL BORDO"		
DEPARTAMENTO DEL CAUCA		
	Profundidad de Desplante	
	1.0m	1.5m
Relación B/L	Presión Máxima Permisible (Tn/m²)	Presión Máxima Permisible (Tn/m²)
1.0	11.6	12.9
0.67	11.1	12.2
0.50	10.7	11.9
0.40	10.6	11.7
Coficiente de Balasto (Ks)	0.60kg/cm ³	0.60kg/cm ³
Angulo de cuña de arrancamiento	30º	30º

*Si por el tipo de estructura proyectada fuese más conveniente la construcción de zapatas rectangulares de longitud infinita o alargadas **La Capacidad Portante Admisible** bajo estas condiciones es igual a:*

*Para una profundidad de desplante de 1.0m la Presión Máxima Permisible es igual a **9.80Tn/m²**.*

*Para una profundidad de desplante de 1.50m la Presión Máxima Permisible es igual a **10.8Tn/m²**.*

Para zapatas alargadas o de longitud infinita en todos los casos en ancho mínimo recomendado es igual a 0.40m.

4.5 CAPACIDAD DE CARGA SUBESTACION "ROSAS" DEPARTAMENTO DEL CAUCA

El perfil de suelos encontrado en el sitio, es bastante homogéneo y contiene partículas gruesas que le dan a la matriz fina una buena capacidad de carga. Con base en los resultados de los ensayos de laboratorio se definieron los valores de la resistencia al corte del suelo y las masas unitarias representativas para cada sitio.

En este caso la cimentación mas recomendada es una Cimentación superficial, constituida por zapatas individuales en concreto reforzado de forma cuadra o rectangular.

Para la cimentación de de las nuevas estructuras en este sitio se proponen dos alternativas de profundidad de desplante, a 1.0m y a 1.5m y las Presiones Máximas Permisibles recomendadas para cada una de ellas se resumen en el cuadro No.7:

Cuadro No.7

SUBESTACION ROSAS		
	Profundidad de Desplante	
	1.0m	1.5m
Relación B/L	Presión Máxima Permisible (Tn/m²)	Presión Máxima Permisible (Tn/m²)
1.0	12.9	14.2
0.67	12.2	13.5
0.50	11.9	13.1
0.40	11.7	12.9
Coefficiente de Balasto (Ks)	0.60kg/cm ³	0.60kg/cm ³
Angulo de cuña de arrancamiento	30º	30º

*Si por el tipo de estructura proyectada fuese más conveniente la construcción de zapatas rectangulares de longitud infinita o alargadas **La Capacidad Portante Admisible** bajo estas condiciones es igual a:*

*Para una profundidad de desplante de 1.0m la Presión Máxima Permisible es igual a **10.80Tn/m²**.*

*Para una profundidad de desplante de 1.50m la Presión Máxima Permisible es igual a **11.8Tn/m²**.*

Para zapatas alargadas o de longitud infinita en todos los casos en ancho mínimo recomendado es igual a 0.40m.

NOTA: *Para el chequeo de las fuerzas de arrancamiento, se debe considerar un ángulo de cuña entre 20° y 30° de acuerdo con el tipo de suelo tal, como se indica en las tablas entregadas y el relleno sobre la zapata se conformara con material producto de la excavación o material de préstamo obtenido en el sector, bien compactado de tal forma que logre una masa unitaria húmeda Mínima igual 1.7tn/m³.*

5. RECOMENDACIONES

5.1 RECOMENDACIONES SUBESTACION "LA ISABELA" POPAYÁN

En este sitio se pudo observar la presencia de un suelo fino orgánico hasta una profundidad variable entre 1.60 y 1.80, por lo tanto es importante en este caso seguir las recomendaciones de profundidad de cimentación dadas en este informe y no construir ninguna cimentación sobre este suelo orgánico.

5.2 RECOMENDACIONES SUBESTACION "CENTRO" POPAYÁN

En este lote se observó la presencia de suelos con características diferentes, tanto físicas como mecánicas, por lo que se recomienda tener en cuenta el tipo de suelo que aparece a nivel de cimentación con el fin de seguir las recomendaciones dadas en este estudio.

Si al excavar se aprecian suelos finos color café con vetas grises y negras, de consistencia blanda, se deben seguir las recomendaciones dadas para el sector occidental y si por el contrario aparecen suelos finos de color amarillos con vetas habanas, y suelos habanos de consistencia dura, se deben seguir las recomendaciones dadas para el sector oriental.

En caso de que se presenten inquietudes o dudas al respecto se debe consultar con el fin de no incurrir en errores de diseño y construcción.

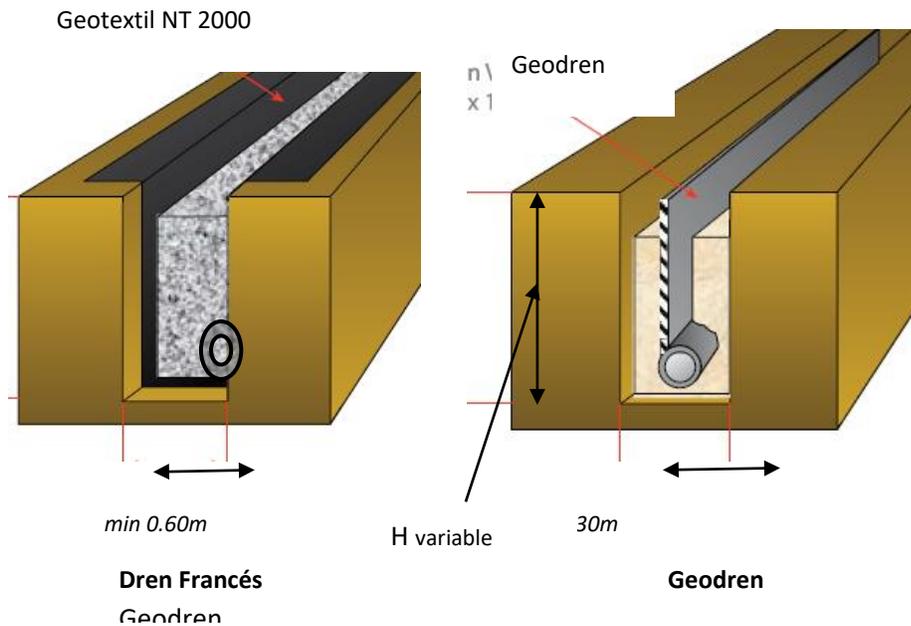
5.3 RECOMENDACIONES SUBESTACION "NORTE" POPAYÁN

En este sitio por las condiciones geotécnicas encontradas, se recomienda que la profundidad de cimentación sea de 1.5m como mínimo, dentro del depósito aluvial.

Durante el proceso constructivo, se tiene que disponer de una motobomba con el fin de mantener la excavación seca y poder construir la cimentación.

Es recomendable además en esta subestación construir un sistema de drenaje perimetral, con el fin de evitar que llegue tanta agua subterránea y superficial a la Subestación.

El drenaje recomendado puede hacerse utilizando un dren tipo francés o un geodren como se indica en la figura No. 27



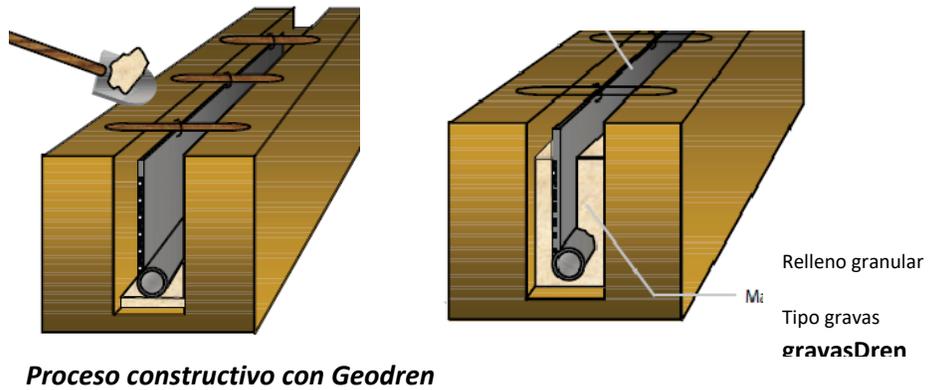


Figura No.27

5.4 RECOMENDACIONES SUBESTACION "TIMBIO" DEPARTAMENTO DEL CAUCA.

En este sitio la profundidad mínima de cimentación recomendada es igual a 1.0m y no se presentará ningún problema durante el proceso de construcción de las excavaciones para la cimentación, estas se consideran estables en cortes verticales.

Se recomienda que las estructuras estén alejadas al menos 2.5m del talud que se encuentra al lado norte lote.

5.5 RECOMENDACIONES SUBESTACION "EL BORDO" DEPARTAMENTO DEL CAUCA.

En este sitio los suelos encontrados de buena consistencia y la profundidad mínima de cimentación recomendada es igual a 1.0m y no se presentará ningún problema durante el proceso de construcción de las excavaciones para la cimentación, estas se consideran estables en cortes verticales.

5.6 RECOMENDACIONES SUBESTACION "ROSAS" DEPARTAMENTO DEL CAUCA.

En este sitio no hay problemas de suelos blandos compresibles, los suelos son en general de buena consistencia y la profundidad mínima de cimentación recomendada es igual a 1.0m.

En este sitio no se presentará ningún problema durante el proceso de construcción de las excavaciones para la cimentación, estas se consideran estables en cortes verticales.

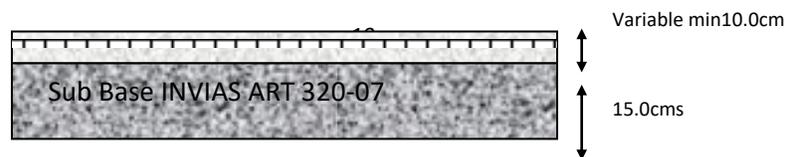
5.7 RECOMENDACIONES GENERALES

- a. El suelo de sustitución recomendado en algunos sitios, así como el suelo de relleno sobre la zapata se conformara con material producto de la excavación o material de préstamo obtenido en el sector, bien compactado de tal forma que logre una masa unitaria húmeda Mínima igual 1.7tn/m³.*
- b. Los rellenos debe compactarse en capas de máximo 10,0cms, no es conveniente que tenga una humedad muy alta, para que el proceso de compactación sea más eficiente.*
- c. Con el fin de evitar perdida de la capacidad portante de los suelos de las diferentes subestaciones, por efecto del incremento de humedad en los mismos se recomienda:*

- Evitar las filtraciones de agua a través del suelo, las aguas lluvias, provenientes de techos, se recogerán con canales y bajantes y se conducirán por medio de tubería al alcantarillado pluvial.

- En las zonas verdes y patios se deben recoger las aguas lluvias por medio de cunetas revestidas con desagues conectados al sistema de alcantarillado.

-
- g. Para la construcción de **pisos y corredores** se recomienda realizar un cajeo que permita la colocación de la subbase y las losas de concreto, nivelar y compactar la subrasante, posteriormente se recomienda la colocación de un relleno con material seleccionado del tipo Sub base INVIAS ART 320-07, en un espesor mínimo de 15.0 cm, compactando hasta el 95% del Proctor Modificado del material, y finalmente se construirá una losa de concreto de 10.0cms de espesor.



6. LIMITACIONES

La información consignada en este reporte, y las conclusiones y recomendaciones dadas, se basan en el análisis de los resultados de la investigación realizada, en conjunto con las características preliminares del proyecto.

Los cambios en las condiciones locales del suelo que se noten al hacer las excavaciones, los cambios en las características del proyecto que modifiquen la magnitud de las cargas o la profundidad de las excavaciones, se comunicarán a los Ingenieros que elaboraron este informe quienes estudiarán la nueva situación y propondrán las recomendaciones adicionales que sean necesarias.

Es conveniente verificar durante el proceso constructivo de las excavaciones para la cimentación, las características del estrato portante.