Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

DICIEMBRE 2024

INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

LOCALIZACIÓN: **MUNICIPIO DE PAUNA**
DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

PROPIETARIO: **ALCALDÍA MUNICIPAL**

DIRIGIDO A: **ALCALDÍA DE PAUNA**

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1 GENERALIDADES 6
1.1 DEL PROYECTO 6
1.2 LOCALIZACIÓN GENERAL 7
1.2.1 Localización zona de estudio 8
1.3 GEOLOGÍA GENERAL 9
1.3.1 GEOLOGÍA 9
1.3.2 GEOLOGIA REGIONAL 11
1.3.2.1 Depósitos Coluviales (Q2c) 11
1.3.2.2 Formación Paja (K1p) 11
1.3.2.3 Formación Tablazo (K1t) 12
2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 20
2.1 OBJETIVO Y ALCANCES DEL ESTUDIO 29
2.2 ENSAYOS REALIZADOS 29
2.3 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR 31
2.4 PRESENCIA DE CUERPOS DE AGUA, VEGETACION Y PRECIPITACION 35
2.4.1 Presencia de Cuerpos de agua 35
2.4.2 Distribución Temporal de la Precipitación 36
3 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO 37
3.1 PERFIL DEL SUBSUELO 37
4 ANÁLISIS DE RESULTADOS 37
4.1 HUMEDAD DEL MATERIAL 37
4.2 PLASTICIDAD DEL MATERIAL 39
4.3 RESISTENCIA DEL MATERIAL DEL SUELO DE FUNDACIÓN 40
4.4 ANÁLISIS DE SUELOS EXPANSIVOS 41
4.5 ANÁLISIS DE SUELOS COLAPSABLES 42
4.6 ABLANDAMIENTO CICLICO DE SUELOS FINOS 43
5 EVALUACION DE CARGAS A CIMENTACION 45
5.1 PRESIÓN DE TRABAJO (CAPACIDAD PORTANTE) 47
5.2 EVALUACION DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS 47
5.3 EVALUACION DE ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACION 48
5.4 MÓDULO DE BALASTO EN SUELOS COHESIVOS 48
5.5 FACTOR DE SEGURIDAD ADOPTADO 48
5.5.1 REVISION FACTORES DE SEGURIDAD 49
5.5.2 ASENTAMIENTOS DEBIDO A LAS CARGAS Y CALCULO DELMODULO DE BALASTO 49

5.6 TIPO DE PERFIL ESTRATIGRÁFICO 50
6 ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN 53
6.1 ESTABILIDAD DE EXCAVACIONES Y TALUDES DE CORTE 53
6.2 ANÁLISIS INCLINACIÓN DEL TALUD 57
6.2.1 Entibado 60
6.2.2 Tablestacado 61
6.2.3 MÓDULO DE BALASTO 63
6.2.4 CIMENTACIÓN Y RELLENOS DE LAS TUBERÍAS 64
6.2.5 CARGAS MUERTAS 64
6.2.6 CARGAS VIVAS 66
6.2.7 DEFLEXIÓN EN TUBERÍA FLEXIBLE 67
6.3 TALUDES DE CORTE 69
6.3.1 Geometría Zanja 69
6.3.2 Cargas Consideradas En El Diseño 71
6.3.3 Sismicidad 71
6.3.4 Comportamiento De Los Materiales 72
6.3.5 Agua En La Excavación 73
6.3.6 Resultados del análisis 73
6.4 DISEÑO CIMENTACIÓN PARA TUBERÍAS 76
6.4.1 Tipología de cimentación 76
6.4.2 TIPOLOGÍA MATERIAL DE RELLENO 81
6.5 PROCESO CONSTRUCTIVO 82
7 RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES 87
8 ANEXOS – PERFILES DE CAMPO 90
9 ANEXOS ENSAYOS DE LABORATORIO 97

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Localización general de las zonas de estudio. Modificado Google Earth. .. 6
Figura 2 Localización general del proyecto dentro de la geografía nacional 7
Figura 3. Definición de cada uno de los bloques estructurales de acuerdo con el Ingeominas 10
Figura 4. Vista general de las zonas de estudio 14
Figura 5. Ubicación geológica del sitio de estudio 15
Figura 6. Vista general de las zonas de estudio-EOT- Municipio de Pauna 16

Figura 7. Fotos recopiladas diferentes estudios de Suelos Realizadas al Municipio de Pauna 18
Figura 8. Vista general del suelo urbano de Pauna, Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT)/ Actualizado / Cartografía / Rural / 11-DR Mapa Amenaza Movimiento De Masa- Municipio de Pauna 19
Figura 9. Implantación de sondeos en campo 21
Figura 10. Implantación de sondeos en campo, Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT)/ Actualizado / Cartografía / Rural / Mapas Rural CGCR- Municipio de Pauna. 22
Figura 11. Actividades de exploración, ensayos de campo de pruebas de penetración estándar SPT 28
Figura 12. Ejemplo cálculo de N corregido por energía..... 33
Figura 13. Resistencia al corte no drenado estimado con el ensayo de SPT 35
Figura 14. Climograma municipio de Pauna 36
Figura 15 Variación de la humedad con la profundidad..... 38
Figura 16. Variación del límite líquido con la profundidad de exploración..... 39
Figura 17 Variación de la resistencia con la profundidad para los sondeos 1 al 7 con base en los ensayos de resistencia realizados tanto en el campo como en el laboratorio 41
Figura 18. Criterio propuesto para la evaluación de susceptibilidad a la licuación de suelos finos. Fuente Bray J.D. Sancio R.B. Durgunoglu H.T. (2004) 44
Figura 19. Evaluación de susceptibilidad a la licuación de suelos finos, por medio del criterio propuesto por Bray J.D. Sancio R.B. Durgunoglu H.T. (2004)..... 44
Figura 20. Espectro elástico de aceleraciones. (A.2.6.1 de la NSR-10)..... 51
Figura 21. Espectro elástico de velocidades. (A.2.6.2 de la NSR-10) 52
Figura 22.Espectro elástico de desplazamientos. (A.2.6.2 de la NSR-10)..... 52
Figura 23 modelo de falla por levantamiento 55
Figura 24 Influencia de la infiltración sobre la estabilidad de excavaciones con tablestacas (US Department of the Navy,1971) 56
Figura 25 Modelo de falla por levantamiento de fondo 57
Figura 26. Análisis de estabilidad para varias inclinaciones de la pendiente y altura de la excavación 59
Figura 27 Diagramas aparentes de presión para cortes en distintos tipos de suelo .61
Figura 28 Diagramas de presión neta y ley de momentos sobre una tablestaca..... 62
Figura 29 Semiespacio de Winkler 63
Figura 30 Modelo de interacción estructura-terreno de Winkler 63
Figura 31 Tubería flexible enterrada en una zanja 65
Figura 32 Carga de prisma sobre la tubería..... 66
Figura 33 Rigidez del tubo..... 68
Figura 34 Estimación empotramiento de tablestacas 75
Figura 35 Cimentación TIPO 1..... 77
Figura 36 Cimentación TIPO 2..... 78

Figura 37 Cimentación TIPO 3.....79
Figura 38 Cimentación TIPO 4.....80
Figura 39 Cimentación TIPO 5.....80
Figura 40 Cimentación TIPO 6.....81

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Cantidad y tipo de ensayos programados.....29
Tabla 2. Tabla resumen resultados de laboratorio.....30
Tabla 3. Descripción estratos.....30
Tabla 4. Tabla resumen resultados de laboratorio (SPT).....34
Tabla 5. Clasificación de suelos expansivos. Tomado NSR-10.....42
Tabla 6. Cálculo del índice de colapsabilidad.....43
Tabla 7. Parámetros geotécnicos.....47
Tabla 8. Cálculo de capacidad portante.....49
Tabla 9. Asentamientos inmediatos.....49
Tabla 10. Asentamientos totales.....50
Tabla 11. Coeficientes de diseño sísmico.....50
Tabla 12. Valores de aceleración, velocidad y desplazamiento espectral.....51
Tabla 13. Factores de seguridad básicos mínimos directos.....53
Tabla 14. Análisis de estabilidad de la excavación.....58
Tabla 15. Valores de factor de seguridad NSR-10.....60
Tabla 16. Factores de seguridad básicos mínimos directos.....64
Tabla 17. Cargas máximas por eje (kg) según el Ministerio de Transporte e INVÍAS 66
Tabla 18. Factor de impacto Vs altura del recubrimiento del tubo.....67
Tabla 19. Diámetro de tubería a instalar.....70
Tabla 20. Ancho de zanja en función del diámetro de la tubería.....70
Tabla 21. Factores de seguridad básicos mínimos directos, según NSR 10.....72
Tabla 22. Factores de seguridad para profundidad de zanja.....74
Tabla 23. Valores de módulo de reacción de la subrasante E'.....82

1 GENERALIDADES

1.1 DEL PROYECTO

La alcaldía municipal de Pauna está adelantando el proyecto para la construcción de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial en el barrio Centro y el barrio El Topo del municipio de Pauna departamento de Boyacá, el sitio de estudio se encuentra a la zona urbana ver figura 1.



Figura 1. Localización general de las zonas de estudio. Modificado Google Earth.

Revisada la información proporcionada por el cliente se tiene que el proyecto presenta construcción de un sistema de alcantarillado.

Los sitios donde se va a desarrollar el proyecto se encuentran al momento de ejecutar las perforaciones como vías vehiculares sin pavimentar.
Para conocer propiedades mecánicas e índices, parámetros de resistencia y de asentamientos del subsuelo bajo el área de la obra, El propietario ordenó el

estudio de suelos y recomendaciones necesarias para el diseño de la cimentación de la obra a construir.

1.2 LOCALIZACIÓN GENERAL[1]

En la figura 2 se puede apreciar la localización general del municipio de Pauna dentro de la geografía nacional, y el proyecto en general.

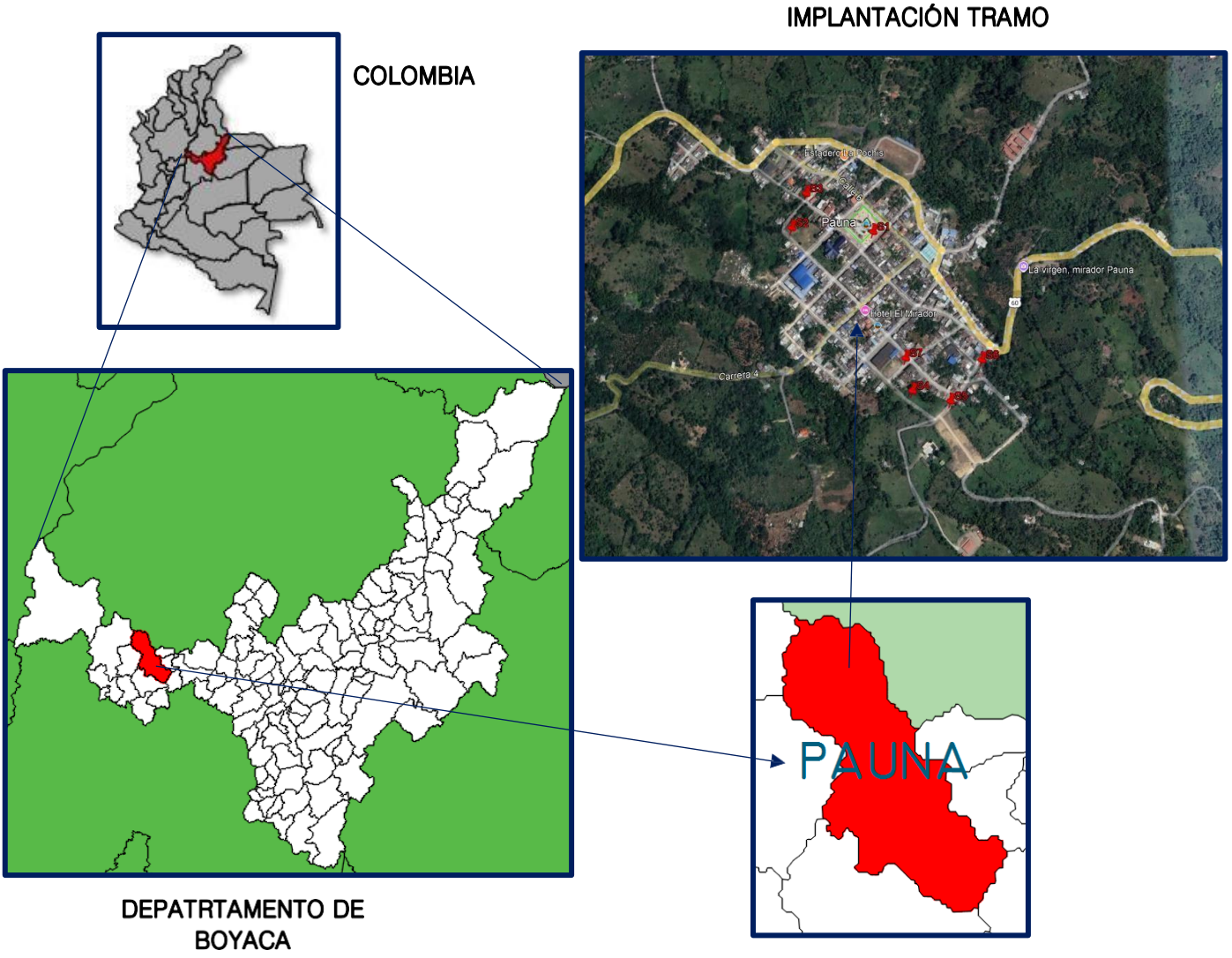


Figura 2 Localización general del proyecto dentro de la geografía nacional.

[1] Diccionario Geográfico de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1996

PAUNA: Es una ciudad Colombiana ubicada en el occidente del Departamento de Boyacá, en una de las estribaciones de la Cordillera Oriental que forma la denominada Cuenca del Río Minero. Dista 164 km de Bogotá D.C. y 119 km de Tunja (Capital de Boyacá). Limita por el Norte con el departamento de Santander (Florián), por el Oriente con los municipios de Briceño y Tunungua, por el sur con los municipios de Caldas y Maripi y por el Occidente limita con los municipios de San Pablo de Borbur y Otanche. Tiene una Extensión total de 259 Km2, una temperatura media de 22º C. y unas coordenadas geográficas (Cabecera municipal). de Latitud 5º 40' Norte y Longitud: 73º 59' Oeste.

Las actividades económicas en el municipio son la agricultura, la ganadería, la piscicultura y la silvicultura. Los principales productos agrícolas son el maíz, la yuca, el café, el cacao y el plátano. [2]

1.2.1 Localización zona de estudio

El proyecto se localiza en el Municipio de Pauna, sobre las coordenadas referidas al datum Magna Sirgas:

Sondeos	Coordenadas Magna Sirgas	Norte	Oeste
S1	Elipsoidal	5°39'25,5''	73°58'43,6''
	Gauss-Krueger	1117316,728	1010937,422
S2	Elipsoidal	5°39'25,8''	73°58'49,5''
	Gauss-Krueger	1117325,913	10107565,863
S3	Elipsoidal	5°39'28,3''	73°58'48,5''
	Gauss-Krueger	1117402,714	1010786,622
S4	Elipsoidal	5°39'14,2''	73°58'40,7''
	Gauss-Krueger	1116969,629	1011026,722
S5	Elipsoidal	5°39'13,5''	73°58'38,0''
	Gauss-Krueger	1116948,141	1011109,812
S6	Elipsoidal	5°39'16,4''	73°58'35,8''
	Gauss-Krueger	1117037,235	1011177,496
S7	Elipsoidal	5°39'16,5''	73°58'41,2''
	Gauss-Krueger	1117040,278	1011011,324

[2] FUENTE: Pagina web municipio de Pauna. http://www.pauna-boyaca.gov.co/informacion_general.shtml

Estas coordenadas corresponden a la carta geológica de Chiquinquirá que en nomenclatura propia del IGAC corresponde a la plancha número 190-I-A-3.

1.3 GEOLOGÍA GENERAL

1.3.1 GEOLOGÍA [3]

Para describir la estratigrafía del Departamento de Boyacá Ingeominas (2000) ha dividido el área departamental en cuatro cuencas sedimentarias que de occidente a oriente se designan así:

- **Cuenca Valle Medio del Magdalena:**
  - Bloque Valle del Río Magdalena: Puerto Boyacá
  - Bloque Vertiente Occidental de la Cordillera Oriental: Otanche
- **Cuenca Cordillera Oriental**
  - Bloque Chiquinquirá – Arcabuco
  - Bloque Tunja – Duitama
  - Bloque Tota – Paz de Río
  - Bloque Macizo de Floresta
- **Cuenca Sierra Nevada del Cocuy**
  - Bloque Cocuy - Cubará – Margua
- **Cuenca Piedemonte Llanero**
  - Bloque San Luís de Gaceno

La zona de estudio se encuentra en la Cuenca de la Cordillera Oriental, que corresponde a una serie de bloques diferencialmente levantados constituidos por rocas sedimentarias Mesozoicas. En esta Cuenca se distinguen cuatro bloques estratigráfica y tectónicamente diferentes, los cuales se mencionaban anteriormente: Bloque Chiquinquirá – Arcabuco, Bloque Tunja – Duitama, Bloque Tota – Paz de Río y Bloque Macizo de Floresta.

El sitio de estudio se encuentra localizado en el Bloque Chiquinquirá – Arcabuco el cual está localizado inmediatamente al oriente del bloque de Otanche y está limitado por la Falla de cabalgamiento de La Salina al occidente y la Falla inversa de Boyacá al oriente.

Entre los pliegues presentes en este bloque cabe mencionar de occidente a oriente: el Sinclinal de La Palma – Otanche, el Sinclinal de Santa Bárbara, el Anticlinal de La Victoria, el Anticlinal de Coscuez, el Anticlinal de Santa Helena, el Sinclinal de Coscuez, el Sinclinal de Quipama, el Anticlinal del Alto La Chapa,

[3] Mapa Geológico del Departamento de Boyacá, Memoria Explicativa. INGEOMINAS, 2000

el Sinclinal y Anticlinal de Muzo, el Sinclinal del Almendro y el Anticlinal de Pauna; el Sinclinal de Coper, el Anticlinal del Río Piedras, el Sinclinal y Anticlinal de Caldas, el Sinclinal de Chiquinquirá – San José de Pare, el Anticlinal de Oiba, el Anticlinal de Tinjacá y el Anticlinal de Arcabuco, el cual cabecea o se hunde al nororiente del Municipio de Sáchica, para presentarse como una bifurcación en relevo al suroccidente de esta población, formando el Sinclinal y Anticlinal de Ráquira, el Sinclinal de La Isla y el Anticlinal del Rabanal.

En general son estructuras simétricas, de gran extensión longitudinal, cuyos ejes se orientan en dirección N30°E a N40°E, algunos de los cuales presentan inversión, generalmente en uno de sus flancos, tales como el Anticlinal de Tinjacá que presenta una inversión en su flanco occidental.
En la siguiente figura se presenta la definición de cada uno de los bloques en los cuales se encuentra dividido el departamento de Boyacá de acuerdo con la información suministrada por el Ingeominas.

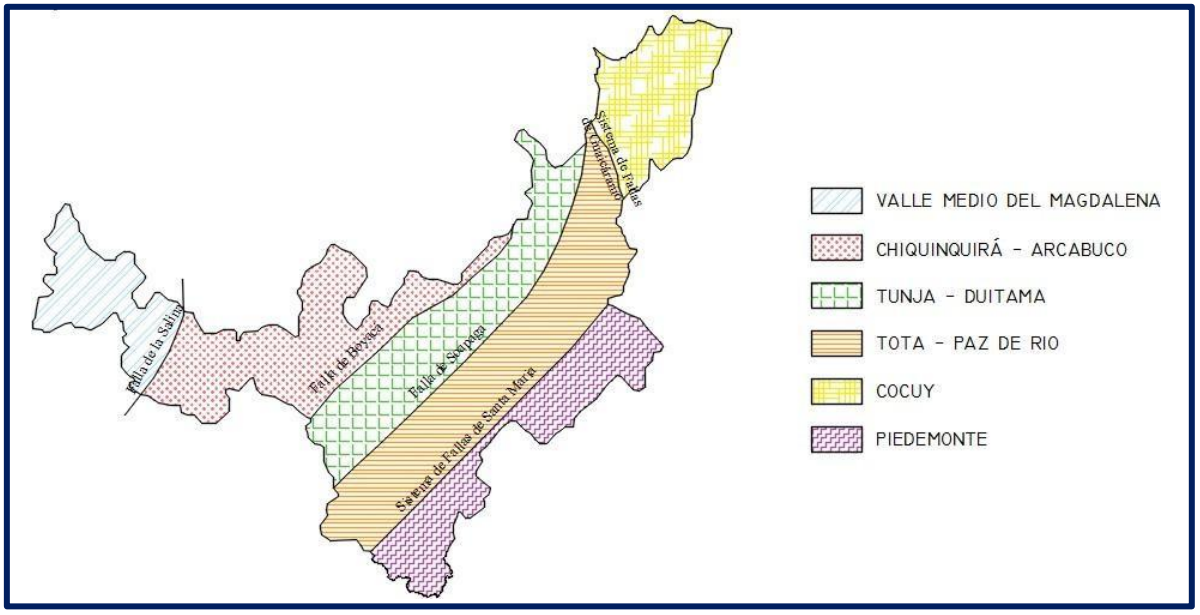


Figura 3. Definición de cada uno de los bloques estructurales de acuerdo con el Ingeominas.

La zona de estudio se encuentra en la Región de la cordillera oriental la cual se describe como, región montañosa de la Cordillera Oriental ocupa la mayor parte (65%) del área del departamento en dirección general sur occidente nororiente, caracterizada por una variedad de climas que abarca desde los

templados suaves hasta los fríos intensos y el típico clima de páramo. En función de los diferentes relieves y las características climáticas que tiene la región, pueden distinguirse tres zonas importantes: el Macizo de Santander, la zona de la Serranía de Los Cobardes o y Ariguíes, que forma una barrera con elevaciones de hasta 3.000 m para separar el Valle del Magdalena al occidente del Valle del Suárez al oriente y zona de relieves glaciares y periglaciares que representen las partes más altas de los páramos con los más pintorescos y exóticos paisajes santandereanos.

1.3.2 GEOLOGIA REGIONAL [4]

Para esta zona de encuentran diferenciados los siguientes tipos de formas

1.3.2.1 Depósitos Coluviales (Q2c)

Con este término se incluyen los depósitos de talud y derrubios; están constituidos por acumulaciones de materiales de composición heterogénea y de tamaño variable, predominantemente bloques angulares.

1.3.2.2 Formación Paja (K1p)

El nombre fue dado por wheeler, O. C., (informe inédito), según Morales, L.,(1955), para designar una sucesión de shales negros, ligeramente calcáreos y micáceos, con concreciones de calizas hasta de 30 cm de diámetro, que afloran en la quebrada La Paja, afluente del río Sogamoso, entre Bucaramanga y San Vicente. La Formación Paja, aflora en la zona estudiada (planchas 170 y 190) en un área de 850 Km^2, concordantemente a la Formación Bitoque en el lado oriental de la plancha 170 y de igual manera sobre la Formación Rosa-blanca en la región occidental (Anticlinal de Portones). La unidad se caracteriza por una morfología suavemente ondulada, debido a su carácter predominantemente arcilloso. Sus numerosos repliegues, impidieron el levantamiento detallado de su litología, y por tal razón, su descripción se hace en forma general, basados en secciones discontinuas. Está constituida en su base por lutitas y limolitas grises oscuras a negras„ ferruginosas, con delgadas intercalaciones de areniscas arcillosas; su parte media la componen una sucesión de frutitas, arcillolitas, grises, con intercalaciones de areniscas, con

FUENTE: GEOLOGÍA DE LAS PLANCHAS 170, VÉLEZ, 190 CHIQUINQUIRÁ, COLOMBIA Carlos E. Ulloa M. Erasmo Rodríguez M. INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA INGEOMINAS, Bogotá, julio de 1979. Recuperado de https://www.sgc.gov.co

concreciones limolíticas, piritosas, hasta de 10 cm de diámetro, y niveles de yeso (selenita), y la parte superior está formada por lutitas grises claras a oscuras micáceas, interestratificadas con areniscas arcillosas, de grano fino, en estratos hasta de 5 m de es- pesor. Un estudio detallado de esta unidad ha sido realizado por Etayo, Fernando (1968, pp. 18-30) en el área de Villa de Leiva-Sáchica, quien le asigna una edad de Hauteriviano - Aptiano Superior; por sus características paleontológicas y litológicas, este mismo autor supone para esta unidad un ambiente marino de aguas poco profundas y de circulación restringida. Su correlación puede hacerse con la parte inferior a media del Tibú- Mercedes Tibasosa Arenisca de Las Juntas y parte inferior del Fómeque.

1.3.2.3 Formación Tablazo (K1t)

El nombre de Formación Tablazo fue dado por Wheeler, O. C., (informe inédito), según Morales, L., et. al., (1955), para designar una serie de calizas y margas fosilíferas, macizas, con predominio de calizas en la parte alta y margas en la parte baja, que afloran en La población del. Tablazo, en el lado norte del río Sogamoso.

La Formación Tablazo, aflora en el área estudiada (planchas 170 y 190), concordantemente a los estratos de la Formación Paja, y se caracteriza por presentar una topografía escarpada que contrasta con la morfología suavemente ondulada, de las unidades que le infrayacen y suprayacen. Su estudio litológico se hizo con base en las secciones del Alto de Granadillo (plancha 170, parte más sur de la cuadrícula 11D), noroeste de la población de Sutamarchán (plancha 190, parte más sur de la cuadrícula 10A) y fuera de la zona estudiada en la localidad del Tablazo (cuadrángulo H-12, cuadrículas 5a y 5B).

En el Alto de Granadino, la unidad se subdivide en los siguientes conjuntos: a) - 4 m de calizas grises oscuras, algo arcillosas, en estratos de 0,50 a 1,50 m de espesor, con venas de calcita perpendiculares a la estratificación, b)- 92 m de lutitas grises oscuras a negras, con nódulos arcillosos, ferruginosos, e intercalaciones delgadas de 'imantas grises, a veces calcáreas, con una intercalación de arenisca arcillosa, de grano fino, color crema, algo micácea, friable, en un espesor de 5 m, c)- calizas negras, fosilíferas, macizas, de 5 y 10 m de espesor, respectivamente, separadas por 2,50 m de alternancia de margas y lutitas grises oscuras, d)- 35 m de lutitas grises oscuras, algo micáceas que hacia la parte superior presentan esporádicas intercalaciones de areniscas arcillosas, de grano fino, grises claras, de alteración amarillenta y .micáceas, e)- 9 m de areniscas arcillosas, grano fino, grises claras, de

alteración amarillenta, micáceas, que hacia el tope son algo calcáreas y contienen nódulos calcáreos, f)- 80 m de lutitas grises claras a negras, micáceas, con delgadas intercalaciones de areniscas arcillosas, de grano fino, grises claras, de alteración amarillenta, algo micáceas, g)- un conjunto compuesto por: 23 ni de alternancia de areniscas arcillosas, de grano fino, grises oscuras, de alteración amarillenta, micáceas y lutitas negras bituminosas, con nódulos arcillosos; hacia el tope se presenta una caliza de 2,50 m de espesor, de color negro, fosilífera, compacta, estratificada en bancos de 0, 50 m de espesor; 21 m de lutitas negras, con concreciones ferruginosas, a las cuales le suprayacen 2,50 ni de arenisca calcárea, gris oscura, compacta, con nódulos huecos y 12,50 m de lutitas negras con lentejones de caliza. El techo del conjunto, lo constituye una arenisca arcillosa, de grano fino, gris clara y micácea de 1 m de espesor.

En el contexto regional la zona de estudio se ubica sobre depósitos coluviales (Q2c), ver Figura 5. Desde una perspectiva local se presentan bloques y guijarros envueltos en una matriz arenosa o soportados. La geomorfología de la zona se caracteriza por presentar una pendiente del 2 al 10%, la cual se puede observar en la figura 4.







Figura 4. Vista general de las zonas de estudio.

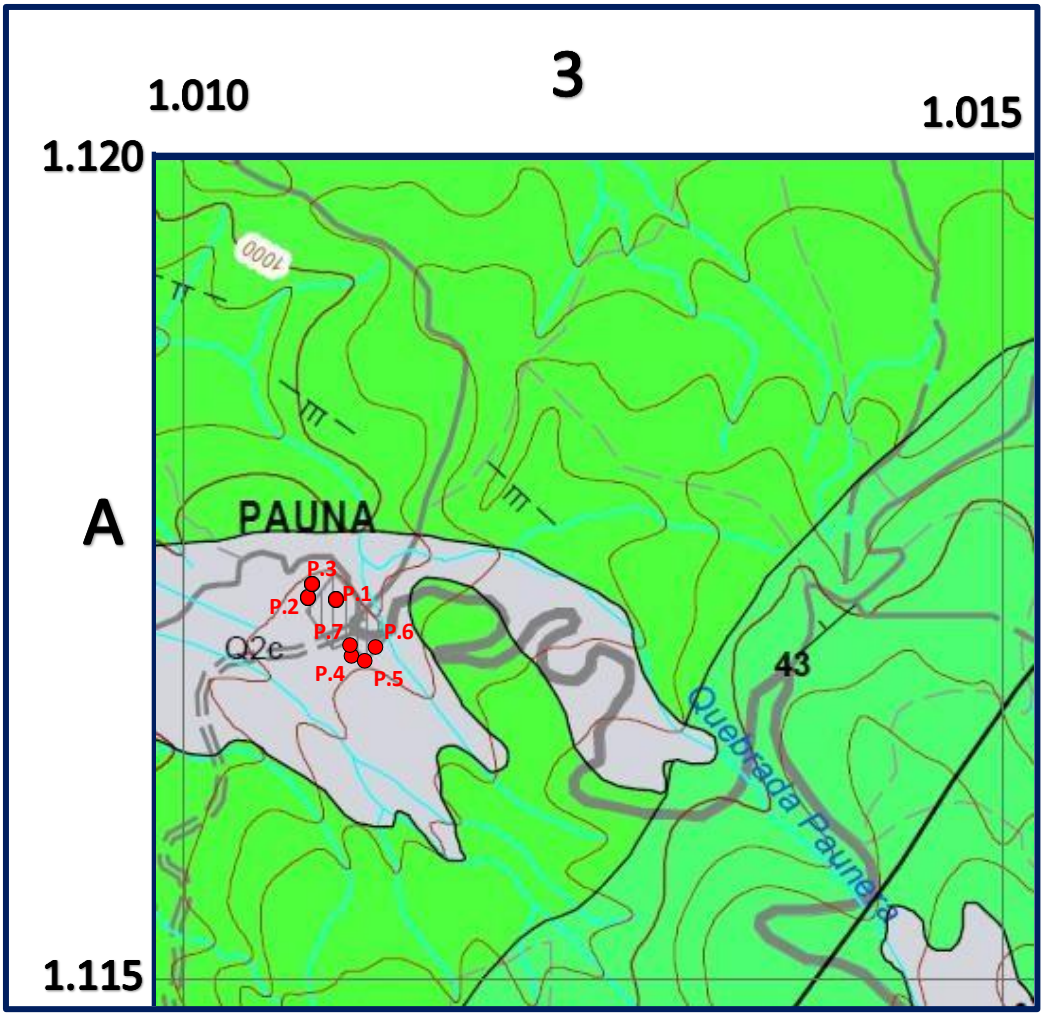
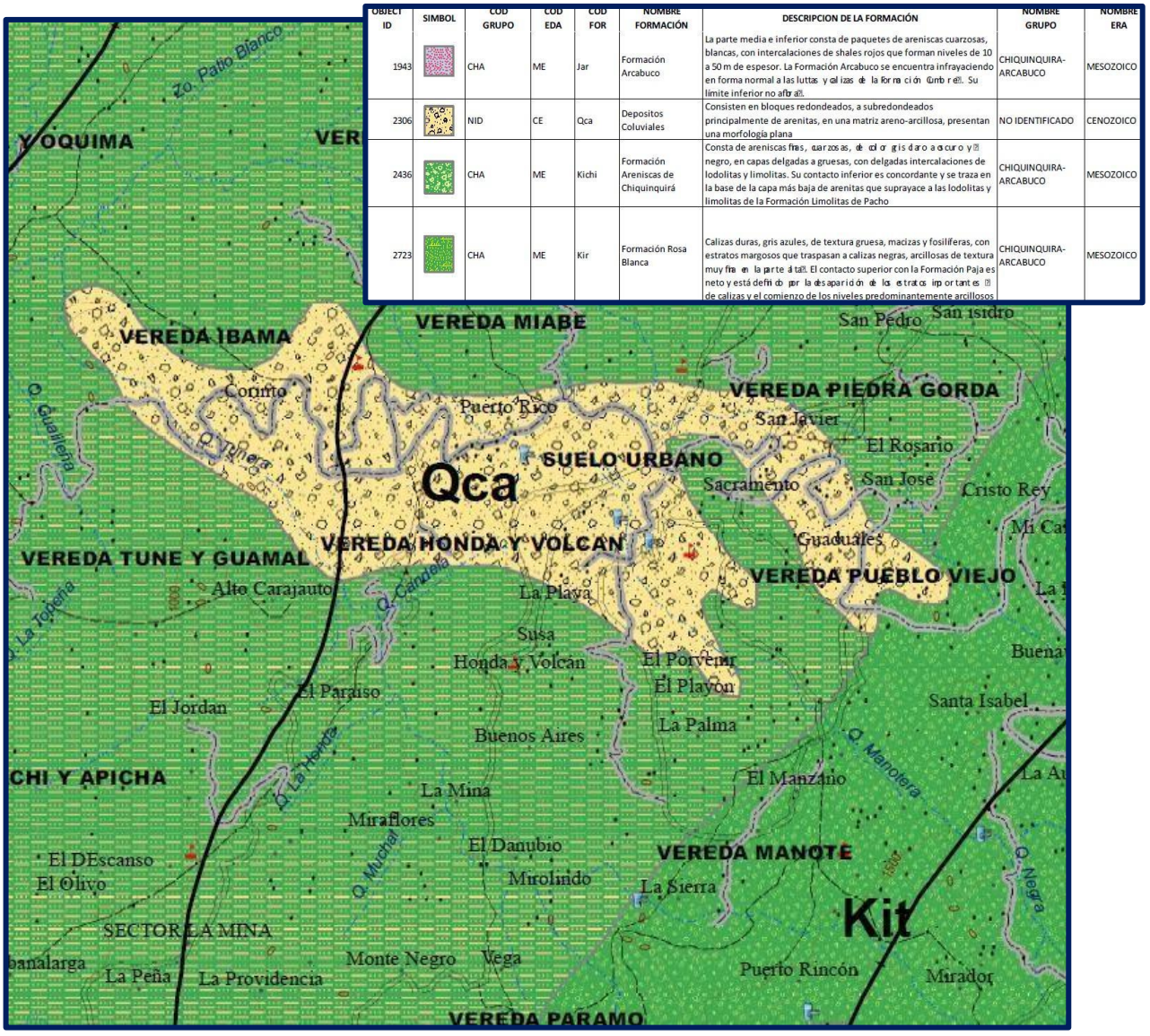


Figura 5. Ubicación geológica del sitio de estudio. [5]

[5] FUENTE: Servicio Geológico de Colombia. Estado de la Cartografía Geológica de Colombia 2015 Plancha 190. Escala 1:100.000. Recuperado de https://www.sgc.gov.co



OBJECT ID	SIMBOL	COD GRUPO	COD EDA	COD FOR	NOMBRE FORMACIÓN	DESCRIPCION DE LA FORMACIÓN	NOMBRE GRUPO	NOMBRE ERA
1943		CHA	ME	Jar	Formación Arcabuco	La parte media e inferior consta de paquetes de areniscas cuarzosas, blancas, con intercalaciones de shales rojos que forman niveles de 10 a 50 m de espesor. La Formación Arcabuco se encuentra infrayaciendo en forma normal a las luttas y calizas de la formación Cumbre. Su límite inferior no aflora.	CHIQUINQUIRA-ARCABUCO	MESOZOICO
2306		NID	CE	Qca	Depositos Coluviales	Consisten en bloques redondeados, a subredondeados principalmente de arenitas, en una matriz areno-arcillosa, presentan una morfología plana	NO IDENTIFICADO	CENOZOICO
2436		CHA	ME	Kichi	Formación Areniscas de Chiquinquirá	Consta de areniscas finas, cuarzosas, de color gris claro a oscuro y negro, en capas delgadas a gruesas, con delgadas intercalaciones de lodolitas y limolitas. Su contacto inferior es concordante y se traza en la base de la capa más baja de arenitas que suprayace a las lodolitas y limolitas de la Formación Limolitas de Pacho	CHIQUINQUIRA-ARCABUCO	MESOZOICO
2723		CHA	ME	Kir	Formación Rosa Blanca	Calizas duras, gris azules, de textura gruesa, macizas y fosilíferas, con estratos margosos que traspasan a calizas negras, arcillosas de textura muy fina en la parte alta. El contacto superior con la Formación Paja es neto y está definido por la desaparición de los estratos importantes de calizas y el comienzo de los niveles predominantemente arcillosos	CHIQUINQUIRA-ARCABUCO	MESOZOICO

Figura 6. Vista general de las zonas de estudio-EOT- Municipio de Pauna.

De acuerdo al Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) Pauna está ubicada sobre Deposito Coluviales (Qca), los cuales se concentran principalmente en desde la cabecera municipal de Pauna hasta el su parte más alta sobre el nivel del mar. Son materiales transportados por gravedad; su origen es local, producto de la alteración in situ de las rocas y posterior transporte como derrubios de ladera. Frecuentemente están asociados a masas inestables. Su composición depende de la roca de la que proceden, estando formados por fragmentos angulares y heterométricos, generalmente de tamaño grueso, englobados en una matriz limo arcillosa. La resistencia de estos materiales es baja, sobre todo en la zona de contacto con el

sustrato rocoso. (Esquema de Ordenamiento Territorial – Documento Diagnóstico - Municpio de Puana); observando también y verificando con fotos de otros estudios de Suelos de varios autores, encontramos mantos rocosos.











Figura 7. Fotos recopiladas diferentes estudios de Suelos Realizadas al Municipio de Pauna.

Color	Grado de Amenaza	Hectareas	%
	Alto	478,73	1,90
	Bajo	2204,22	8,77
	Medio	22460,63	89,33
Total		25143,58	100

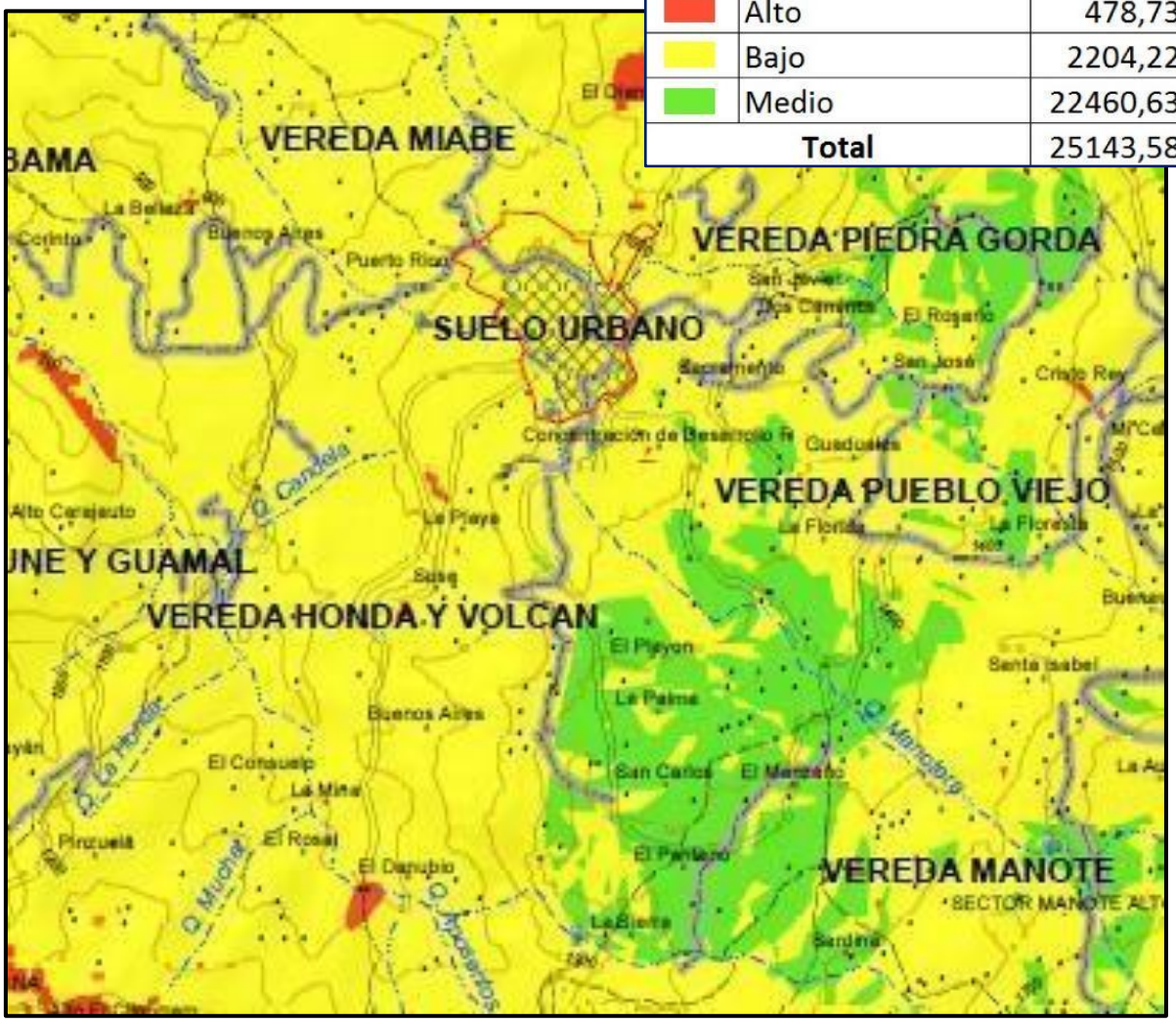


Figura 8. Vista general del suelo urbano de Pauna, Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT)/ Actualizado / Cartografía / Rural / 11-DR Mapa Amenaza Movimiento De Masa- Municipio de Pauna.

2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

Para determinar las condiciones geotécnicas del subsuelo en el sitio del proyecto, se realizaron siete (07) sondeos de reconocimiento y muestreo a 4.00 metros de profundidad aproximadamente, a los cuales se le tomaron muestras alteradas con cuchara partida (Ensayo SPT) y muestras inalteradas en tubo shelby, con el fin de determinar propiedades físicas y mecánicas del subsuelo, las condiciones de agua subterránea y las características geotécnicas para cada nivel de suelo explorado. De la misma manera se realizaron ensayos de resistencia en campo correspondientes a ensayos de penetración estándar SPT en donde por medio de correlaciones derivadas de la geotecnia se determinó la resistencia del material.

De acuerdo a la geología del sector la zona del estudio reposa sobre los Depósitos coluviales (Q2c), donde está constituido por bloques y guijarros envueltos en una matriz arenosa o soportados.

Para llevar a cabo la realización de los ensayos de penetración estándar se utilizó un peso estándar del martillo de 63,5 ± 1,00 Kg y en cada golpe el martillo tiene una altura de caída de 762mm. Es de recordar que el número de golpes requeridos para los dos últimos intervalos se suman para dar el número de penetración estándar a la profundidad indicada de acuerdo con la norma ASTM D-1586 (INV E-111). En los formatos anexos al presente informe se presentan los parámetros de resistencia encontrados mediante la realización de los ensayos, en donde por medio de correlaciones derivadas de la geotecnia y con diversos autores se evaluaron dichos parámetros. Debido al peso de martillo que se utilizó para la realización de los ensayos de campo se realizaron las correspondientes correcciones.

En las siguientes fotografías se puede apreciar las actividades de exploración manual con la realización de los ensayos de campo.



Figura 9. Implantación de sondeos en campo

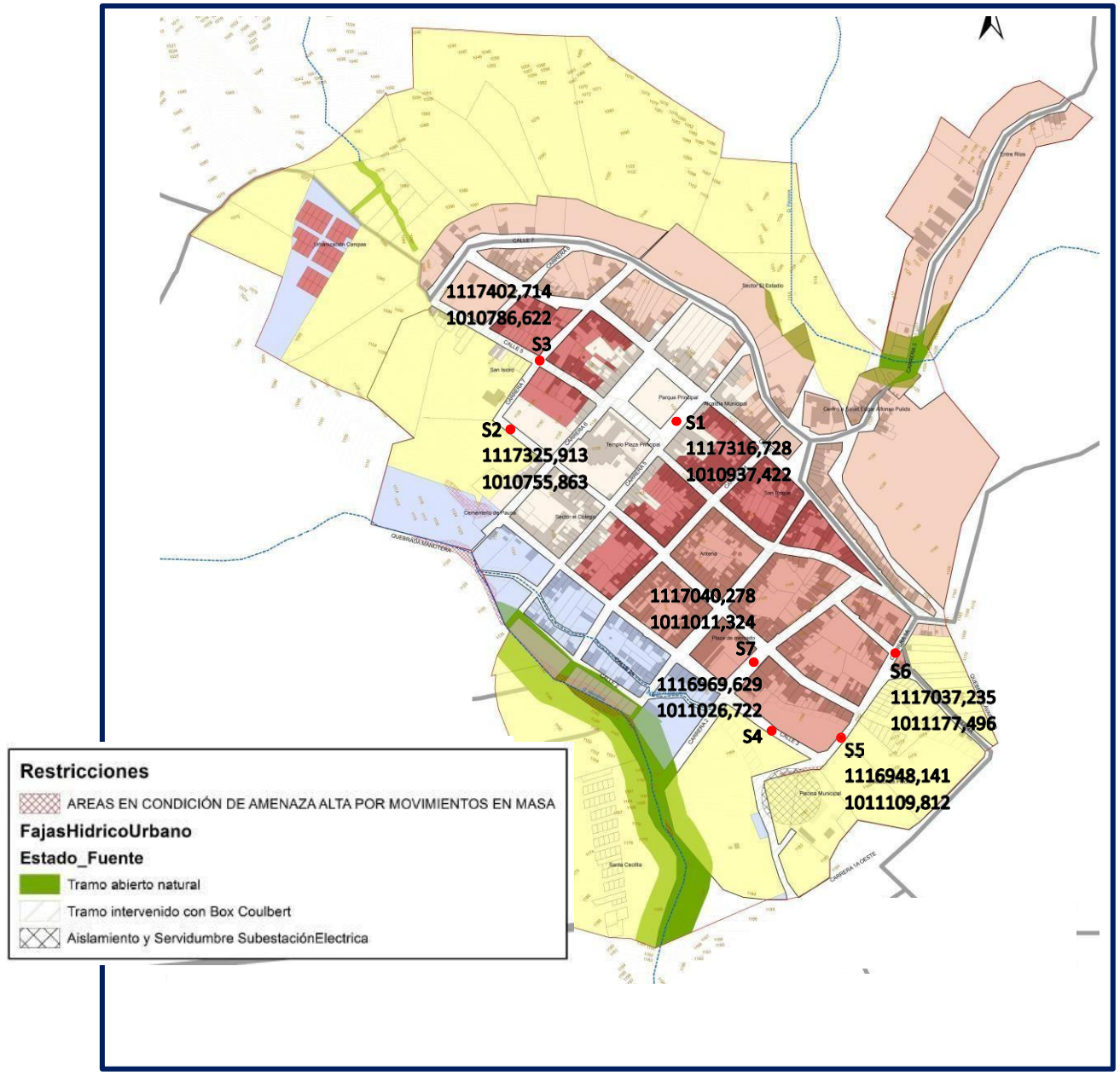


Figura 10. Implantación de sondeos en campo, Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT)/ Actualizado / Cartografía / Rural / Mapas Rural CGCR- Municipio de Pauna.

PUNTO 1








Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

PUNTO 2








PUNTO 3






PUNTO 4




Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com






PUNTO 5




Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com





PUNTO 6









Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

PUNTO 7



Figura 11. Actividades de exploración, ensayos de campo de pruebas de penetración estándar SPT

2.1 OBJETIVO Y ALCANCES DEL ESTUDIO

El presente estudio tiene como propósito el reconocimiento de las condiciones geotécnicas, estratigráficas e hidrogeológicas presentes en la zona con las cuales servirán de base para la determinación de las características de capacidad portante y análisis de asentamientos para la obra proyectada. El alcance del estudio prevé análisis de estabilidad de taludes, las zonas de estudio presentan pendientes menores del 10°. No se prevé ensayos de colapso y tipo REMI.

2.2 ENSAYOS REALIZADOS

La determinación de las características de cada uno de los estratos, incluye los siguientes ensayos:

- Contenido de agua (Humedad) NTC - 1495
- Análisis Granulométrico por lavado Tamiz No. 200 NTC -77
- Determinación del Límite Líquido NTC – 4630 Método A
- Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad NTC –4630 Mét. A
- Compresión Inconfinada en muestras de suelos NTC – 1527.
- Ensayos de penetración estándar SPT ASTM D1586

La totalidad de las muestras obtenidas fueron identificadas en campo y laboratorio y sobre un número representativo de ellas se efectuaron los diferentes ensayos.

En la siguiente tabla se presenta el número y tipo de ensayos efectuados para cada sondeo realizado, y en los anexos se registran los resultados de los ensayos de laboratorio.

Ensayo	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Profundidad del sondeo (m)	4.00	3.50	3.70	4.20	4.00	4.00	3.70
Humedad natural	8	7	7	8	8	8	7
Límites de Atterberg	1	1	1	2	1	1	1
Lavado sobre el tamiz Nº200	1	1	1	2	1	1	1
Ensayos de penetración estándar	5	5	5	6	5	5	5
Ensayos de Compresión Inconfinada	1	–	–	–	1	1	–

Tabla 1. Cantidad y tipo de ensayos programados

A continuación, se presenta la tabla resumen con los resultados de los ensayos realizados en campo y laboratorio.

Barreno N° Prof. (m)	*Propiedades físicas y clasificación*										
	Profundidad promedio del Estrato	Humedad natural (%)	Límite Líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice de plasticidad (%)	Índice de liquidez	Humedad de equilibrio	Pasa 200 (<0.075mm)	% Arenas	% Gravas	Clasificación USC
S-1 (0,80-4,00)	2,40	16,65	31,97	21,31	10,7	-0,44	11	57,26	13,0	29,7	C L
S-2 (0,10-3,50)	1,80	16,00	43,31	24,12	19,2	-0,42	11	67,00	17,1	15,9	C L
S-3 (0,10-3,70)	1,90	21,19	46,46	26,84	19,6	-0,29	14	94,81	4,0	1,2	C L
S-4 (0,05-0,90)	0,48	39,25	63,22	35,00	28,2	0,15	22	93,37	4,2	2,5	M H
S-4 (0,90-4,20)	2,55	23,04	49,18	28,55	20,6	-0,27	14	89,40	5,0	5,6	M L
S-5 (0,20-4,10)	2,15	20,20	47,61	28,28	19,3	-0,42	13	51,89	14,4	33,7	M L
S-6 (0,00-4,00)	2,00	24,06	52,03	27,57	24,5	-0,14	15	96,59	2,9	0,5	C H
S-7 (0,20-3,70)	1,95	12,80	43,31	25,32	18,0	-0,70	10	57,32	16,9	25,8	C L

Tabla 2. Tabla resumen resultados de laboratorio

Barreno N° Prof. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL
S-1 (0,80-4,00)	Material compuesto por arcilla delgada con mucha grava de color amarillo con gris
S-2 (0,10-3,50)	Material compuesto por arcilla delgada con mucha grava de color amarillo
S-3 (0,10-3,70)	Material compuesto por arcilla delgada de color amarillo
S-4 (0,05-0,90)	Material compuesto por limo plástico de color café.
S-4 (0,90-4,20)	Material compuesto por limo de color rojizo
S-5 (0,20-4,10)	Material compuesto por limo arenoso con grava de color amarillo con café
S-6 (0,00-4,00)	Material compuesto por arcilla gruesa de color amarillo
S-7 (0,20-3,70)	Material compuesto por arcilla delgada con mucha grava de color amarillo con gris

Tabla 3. Descripción estratos.

2.3 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR

En el ensayo de penetración estándar, se emplea un método que implica enterrar un tubo partido en el suelo mediante el uso de un martillo de 63 Kg. Este martillo cae desde una altura de 750 mm, aplicando golpes sobre el tubo. El propósito de este ensayo es determinar la capacidad de penetración del suelo y su resistencia.

El parámetro principal que se utiliza para evaluar la capacidad de penetración del suelo es el número de golpes necesarios para enterrar el tubo a una profundidad específica. Este número de golpes se denomina "N de penetración estándar". En este caso, se busca determinar el número de golpes necesarios para enterrar el tubo a una profundidad de 300 mm.

El ensayo se lleva a cabo de manera sistemática, registrando el número de golpes requeridos en incrementos de penetración sucesivos hasta alcanzar la profundidad objetivo. Este procedimiento proporciona una medida estandarizada de la capacidad de penetración del suelo, lo que resulta invaluable en diversas aplicaciones ingenieriles, como el diseño de cimentaciones y la evaluación de la estabilidad del suelo.

En resumen, el ensayo de penetración estándar es una herramienta fundamental en la ingeniería geotécnica para evaluar la resistencia y características del suelo mediante la medición del número de golpes necesarios para enterrar un tubo estándar a una profundidad determinada.

El número de golpes registrado en el ensayo de penetración estándar no solo proporciona información sobre la capacidad de penetración del suelo, sino que también se puede utilizar para estimar otros parámetros geotécnicos importantes. Por ejemplo, según Peck (1974), el número de golpes obtenido en este ensayo puede utilizarse para estimar el valor del ángulo de fricción interna (φ´) para arenas.

Además, Schmertmann (1975) propuso un método alternativo que utiliza el valor de la densidad relativa del suelo obtenida a partir del ensayo de penetración estándar. Con la densidad relativa, se puede calcular el valor correspondiente de φ´ utilizando correlaciones establecidas en la literatura técnica.

Estas metodologías adicionales demuestran la versatilidad del ensayo de penetración estándar y su capacidad para proporcionar información valiosa sobre las propiedades geotécnicas del suelo más allá de la simple medición del número de golpes necesarios para enterrar un tubo estándar a una profundidad específica.

Es importante destacar que el ensayo de penetración estándar fue desarrollado inicialmente con el propósito de determinar la resistencia de suelos no cohesivos, como gravas y arenas. Por lo tanto, la mayoría de las correlaciones establecidas en la literatura técnica están dirigidas específicamente a este tipo de suelos.

Las correlaciones existentes son especialmente útiles para la estimación de parámetros geotécnicos en suelos granulares, como la resistencia al corte y el ángulo de fricción interna. Sin embargo, su aplicación en suelos cohesivos o en otros tipos de suelos puede no ser adecuada debido a las diferencias en las características y el comportamiento del suelo.

Por lo tanto, al utilizar el ensayo de penetración estándar y las correlaciones asociadas, es fundamental tener en cuenta el tipo de suelo en estudio y evaluar la idoneidad de las correlaciones disponibles para dicho suelo. En algunos casos, puede ser necesario recurrir a métodos complementarios o adaptar las correlaciones existentes para obtener resultados más precisos en suelos diferentes a gravas y arenas.

Correcciones ensayo SPT

Para casi todas estas variantes hay factores de corrección a la energía teórica de referencia Er y el valor de N de campo debe corregirse de la siguiente forma (Bowles,1988):

$N_{corregido} = N \times Cn \times e1 \times e2 \times e3 \times e4 = N_{50}$

En la cual:

$N_{corregido}$ = valor de N corregido

N = valor de N de campo

Cn = factor de corrección por confinamiento efectivo 2/ (1+ σ)

e1 = factor por energía del martillo ($0.45 \leq h1 \leq 1$)

e2 = factor por longitud de la varilla ($0.75 \leq h2 \leq 1$)

e3 = factor por revestimiento interno de toma muestras ($0.8 \leq h3 \leq 1$)

e4 = factor por diámetro de la perforación (> 1 para D> 5'", = 1.15 para D=8")

Corrección por Energía (h1)

Se considera que el valor de N es inversamente proporcional a la energía efectiva aplicada al martillo y entonces, para obtener un valor de Ne1 a una energía dada "e1", sabiendo su valor Ne2 a otra energía "e2" se aplica sencillamente la relación:

$Ne_{corregido} = N_{50} \times (e2/e1)$

Sondeo 1 Prof. 1,50					
Condiciones del Ensayo			Propiedades del suelo		
Profundidad de inicio (m):	1,50		Peso unitario (T/m³):	1,88	
Profundidad del Nivel Freático (m):			Nº de golpes		
Peso del Martillo (kg):	63,50		N1	3	
Peso del Cabezote (kg)	10,35		N2	4	
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48		N3	5	
Determinación de N corregido			Determinación de C y f		
sv' (T/m²)	2,82		Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,1	
CN	1,00		Hatanaka f (º):	25,2	
e1	0,85		Uchida f (º):	31,2	
e2	0,72		Promedio f (º):	28,2	
Longitud de Tubería (m)	4,50		Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	69,6	
Mr (kg)	26,01		Cu Stroud (KN/m²):	39,6	
m	0,41		Cu Promedio (kg/cm²):	0,5	
e3	0,80		Cu Promedio (KN/m²):	54,6	
e4	1,00				
N de campo	9				
N 50	4				
N corregido	3				

Figura 12. Ejemplo cálculo de N corregido por energía

Los valores varían entre 3 a 56 golpes/pie entre profundidades de 1,00 a 4,20 metros explorados, a partir de este punto el ensayo SPT, como se muestra en la tabla 4.

En la tabla 4, se presenta un resumen de los parámetros obtenido con el ensayo de SPT, correspondiente al N de campo, N corregido por energía, resistencia al corte no drenada y la resistencia a la compresión inconfinada tomada como 2*Cu.

En la Figura 13, se presentan las variaciones de la resistencia al corte con la profundidad para cada una de las exploraciones realizadas. Se puede ver como se tienen condiciones de resistencia mediana a firme inicialmente y aumenta su resistencia a mayor profundidad.

SONDEO	PROFUNDIDAD INICIAL	PROFUNDIDAD FINAL	N(SPT) CAMPO	Penetración normal corregida N(SPT)	ϕ	Cu(Kg/cm2)	qu(Kg/cm2)	Consistencia	Compacidad
1	1,50	2,00	9	3	25	0,40	0,79	Mediana	Suelta
	2,00	2,50	13	5	27	0,57	1,14	Firme	Compacta
	2,50	3,00	13	5	27	0,57	1,14	Firme	Compacta
	3,00	3,50	15	7	29	0,66	1,32	Firme	Compacta
	3,50	4,00	36	16	32	1,58	3,17	Muy firme	Densa
2	1,00	1,50	6	3	24	0,26	0,53	Mediana	Suelta
	1,50	2,00	10	4	26	0,44	0,88	Mediana	Compacta
	2,00	2,50	12	5	27	0,53	1,06	Firme	Compacta
	2,50	3,00	14	6	28	0,62	1,23	Firme	Compacta
	3,00	3,50	41	18	32	1,80	3,61	Muy firme	Densa
3	1,00	1,50	12	5	27	0,53	1,06	Firme	Compacta
	1,50	2,00	14	7	29	0,62	1,23	Firme	Compacta
	2,00	2,50	28	13	31	1,23	2,46	Muy firme	Compacta
	2,50	3,00	39	18	32	1,72	3,43	Muy firme	Densa
	3,00	3,50	56	28	35	2,46	4,93	Dura	Muy densa
4	1,00	1,50	14	6	28	0,62	1,23	Firme	Compacta
	1,50	2,00	20	10	30	0,88	1,76	Firme	Compacta
	2,00	2,50	25	12	30	1,10	2,20	Muy firme	Compacta
	2,50	3,00	26	13	31	1,14	2,29	Muy firme	Compacta
	3,00	3,50	29	14	31	1,28	2,55	Muy firme	Compacta
	3,50	4,00	56	28	35	2,46	4,93	Dura	Muy densa
5	1,50	2,00	3	1	21	0,13	0,26	Blanda	Muy Suelta
	2,00	2,50	9	4	26	0,40	0,79	Mediana	Suelta
	2,50	3,00	13	6	28	0,57	1,14	Firme	Compacta
	3,00	3,50	17	9	30	0,75	1,50	Firme	Compacta
	3,50	4,00	52	26	35	2,29	4,58	Dura	Muy densa
6	1,50	2,00	10	5	27	0,44	0,88	Mediana	Compacta
	2,00	2,50	12	6	28	0,53	1,06	Firme	Compacta
	2,50	3,00	13	6	28	0,57	1,14	Firme	Compacta
	3,00	3,50	26	13	31	1,14	2,29	Muy firme	Compacta
	3,50	4,00	48	24	34	2,11	4,22	Dura	Densa
7	1,00	1,50	12	5	27	0,53	1,06	Firme	Compacta
	1,50	2,00	13	6	28	0,57	1,14	Firme	Compacta
	2,00	2,50	15	7	29	0,66	1,32	Firme	Compacta
	2,50	3,00	14	7	29	0,62	1,23	Firme	Compacta
	3,00	3,50	49	24	34	2,16	4,31	Dura	Densa

Tabla 4. Tabla resumen resultados de laboratorio (SPT).

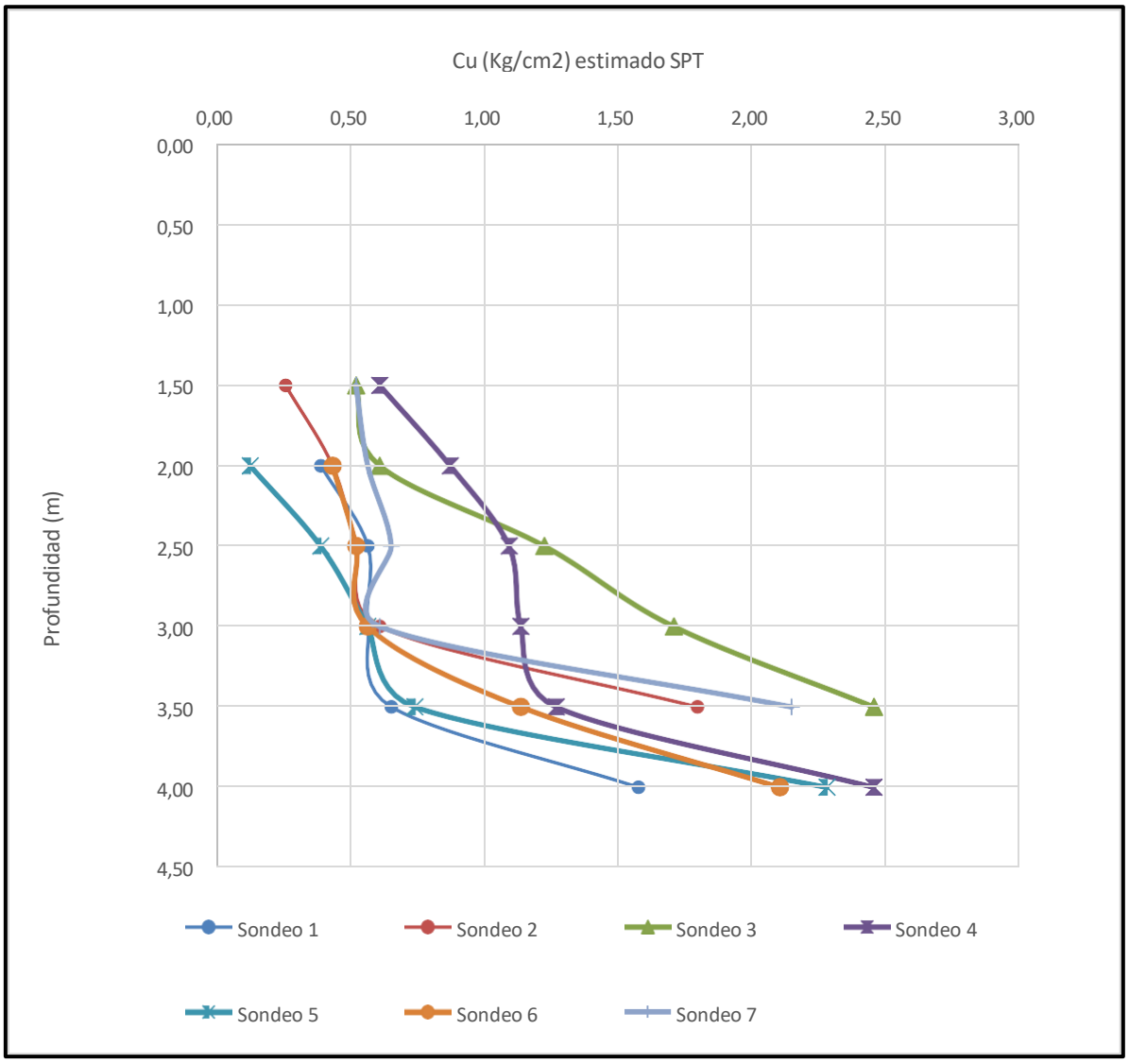


Figura 13. Resistencia al corte no drenado estimado con el ensayo de SPT

2.4 PRESENCIA DE CUERPOS DE AGUA, VEGETACION Y PRECIPITACION

2.4.1 Presencia de Cuerpos de agua

No se evidencia cuerpo de agua cercana al proyecto de la construcción del alcantarillado. Durante las perforaciones se presentó nivel freático en el sector del sondeo 6 a una profundidad de 1.30 metros. La zona de estudio se evidencia cobertura vegetal de poco espesor, pero la cual no se cataloga como reserva forestal.

2.4.2 Distribución Temporal de la Precipitación

El clima de Pauna está clasificado como tropical. Es una gran cantidad de lluvia en Pauna, incluso en el mes más seco. El clima aquí se clasifica como Af por el sistema Köppen-Geiger. En Pauna, la temperatura media anual es de 22.5 ° C. Hay alrededor de precipitaciones de 2720 mm.

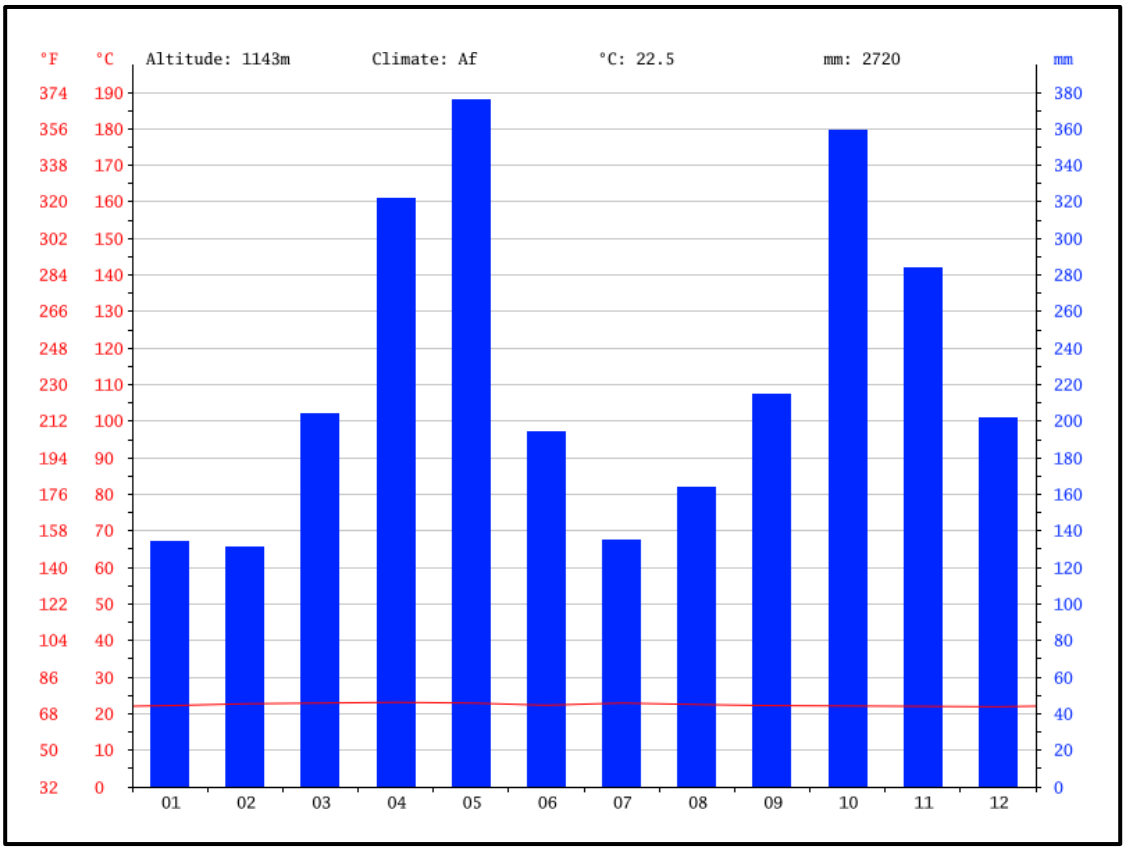


Figura 14. Climograma municipio de Pauna.

La precipitación es la más baja en febrero, con un promedio de 131 mm. La mayor cantidad de precipitación ocurre en mayo, con un promedio de 376 mm.

3 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO

3.1 PERFIL DEL SUBSUELO

En los siete (07) sitios de investigación se encontraron suelos de las siguientes características

- CL/MH/ML/CH: Arcilla delgada con mucha grava, limo plástico y arcilla gruesa de color amarillo con gris, estado solido, expansividad baja a alta, Limite plástico de 21% a 35%, Limite liquido de 32% a 63%, Indice de Plásticidad de 10% a 28% y un limite de liquides de -0.70 a 0.15, consistencia blanda a muy firme. Presenta porcentajes de arenas variable de 2 a 17%.

Bajo las condiciones hetereogeneas del terreno se presenta un promedio de los tipos de materiles encontrados durante las exploraciones

Pasa 200 (<0.075mm)	% Arenas	% Gravas
57.26	13.0	29.7
67.00	17.1	15.9
PROMEDIO		
62.13	**15.1**	**22.8**

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 HUMEDAD DEL MATERIAL

En la figura 15 se presenta la variación de la humedad natural en función de la profundidad para cada uno de los sondeos realizados en el área de estudio. Se observa que los valores de humedad son moderados a altos y tienden a disminuir con la profundidad, con rangos entre el 9% y el 41%. Es importante destacar que los mayores valores de humedad se registran en el sector del sondeo 4 principalmente en los primeros 2.00 metros.

Estos niveles de humedad sugieren la presencia de condiciones favorables para cambios volumétricos en el suelo debido a la infiltración de aguas. A pesar de estos valores elevados de humedad, durante las exploraciones se evidenció la presencia de un nivel freático únicamente en el sector del sondeos 6 a una

profundidad de 1.30 metros, lo que indica que en los otros sectores la humedad detectada podría ser resultado de otros procesos como la infiltración de agua de lluvia o la proximidad a fuentes de agua superficial.

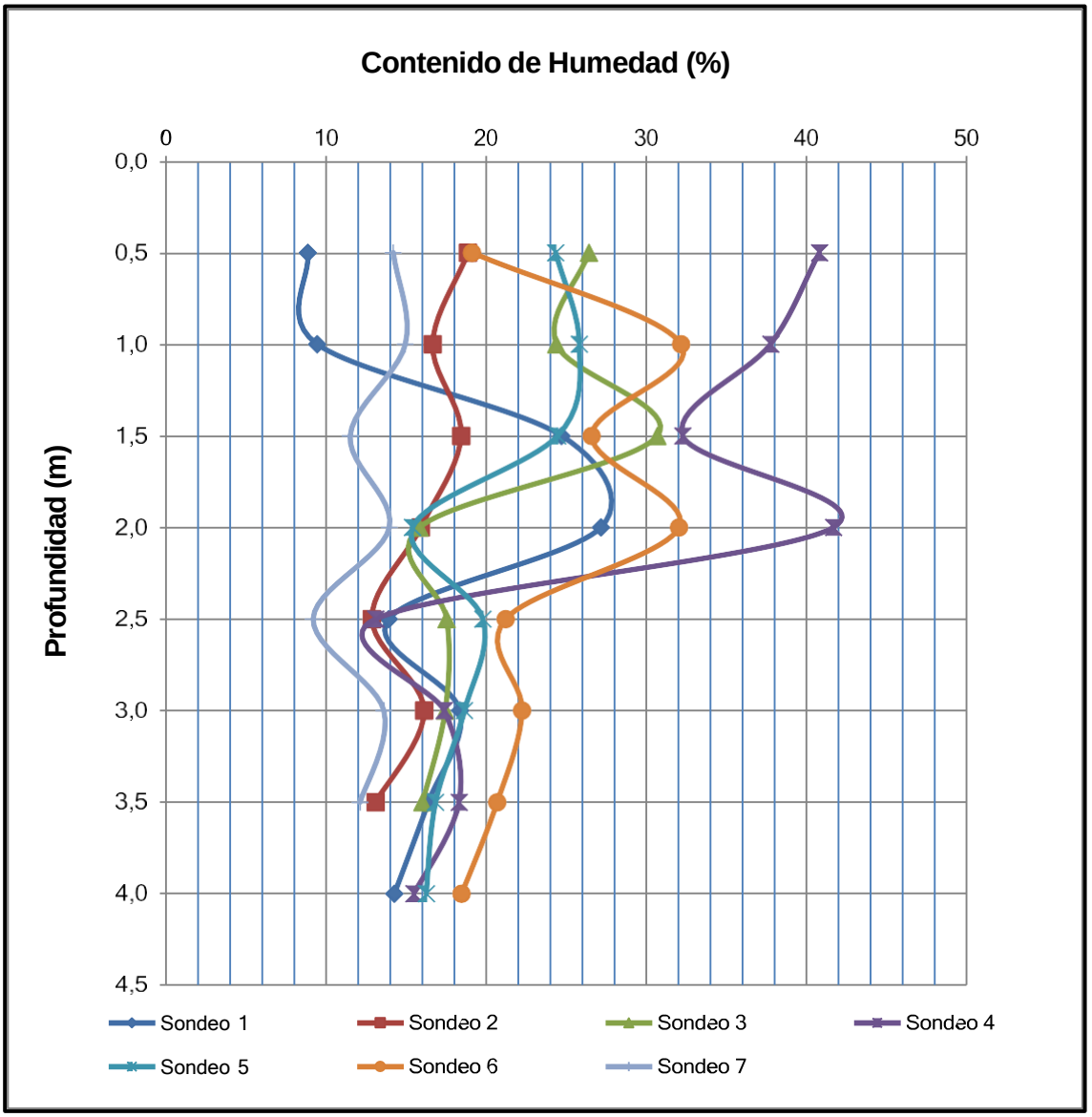


Figura 15 Variación de la humedad con la profundidad

4.2 PLASTICIDAD DEL MATERIAL

Con base en los ensayos de clasificación realizados a las muestras seleccionadas, se determinó que los suelos predominantes corresponden principalmente a material de arcilla delgada y limo plástico con líquido promedio entre el 32% y el 52%.

En la figura 16 se ilustra la variación del límite líquido en función de la profundidad para las muestras evaluadas de cada uno de los sondeos realizados. Se observa que los valores de humedad registrados están por debajo de los valores de límite plástico, lo que sugiere un comportamiento de tipo solido en los suelos estudiados. Esta característica indica condiciones favorables de estabilidad ante la aplicación de cargas verticales.

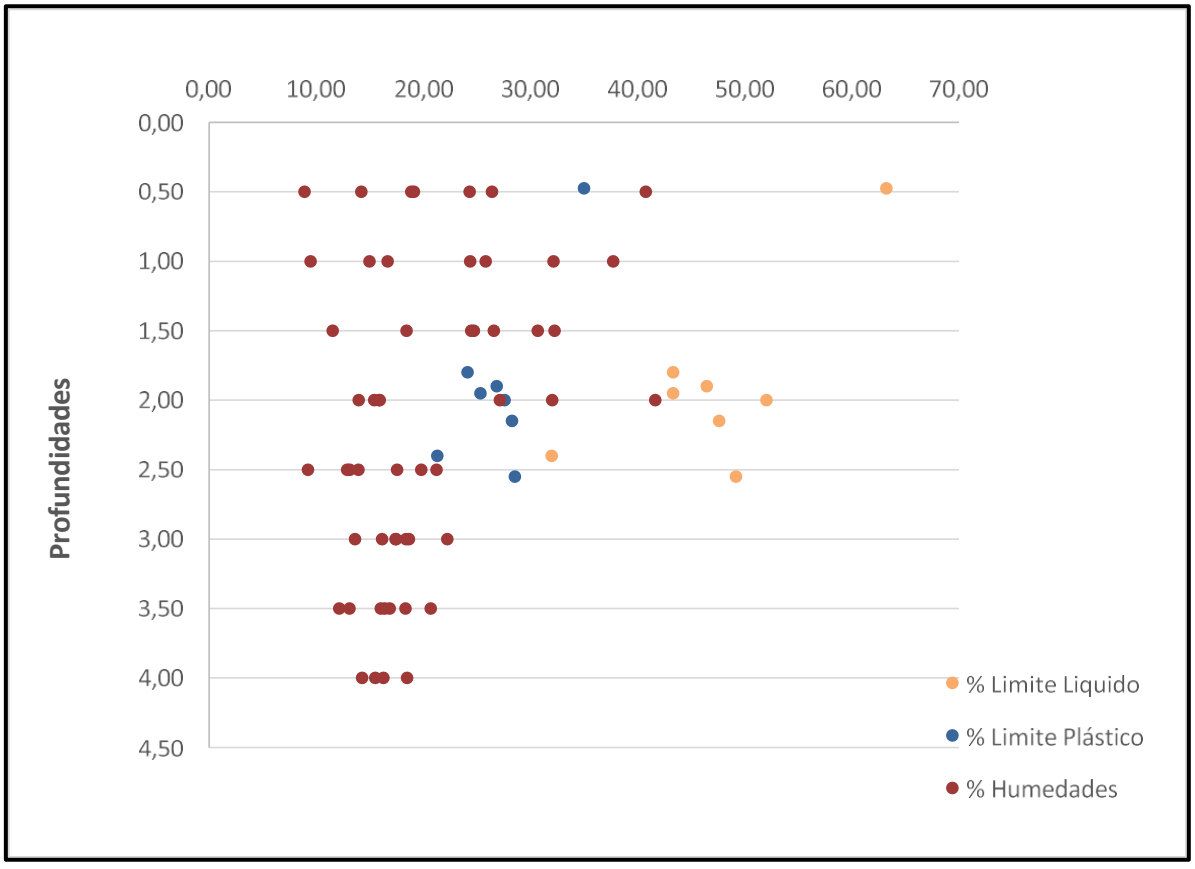


Figura 16. Variación del límite líquido con la profundidad de exploración

4.3 RESISTENCIA DEL MATERIAL DEL SUELO DE FUNDACIÓN

Para determinar los parámetros de resistencia del suelo, se consideraron tanto los valores obtenidos en las pruebas de laboratorio como aquellos derivados de las pruebas de penetración estándar (SPT) realizadas en campo. En la figura 17 se presentan las variaciones de la resistencia al corte con respecto a la profundidad para cada una de las exploraciones llevadas a cabo.

Se observa que la resistencia al corte aumenta conforme se profundiza en el suelo. Se encuentran condiciones de resistencia mediana a dura, extendiéndose hasta profundidades de 4.00 metros explorados donde se presentó rechazo en el ensayo de SPT. Estas condiciones son consideradas adecuadas para la cimentación de la estructura proyectada, ya que indican la presencia de un suelo capaz de soportar las cargas previstas con seguridad y estabilidad.

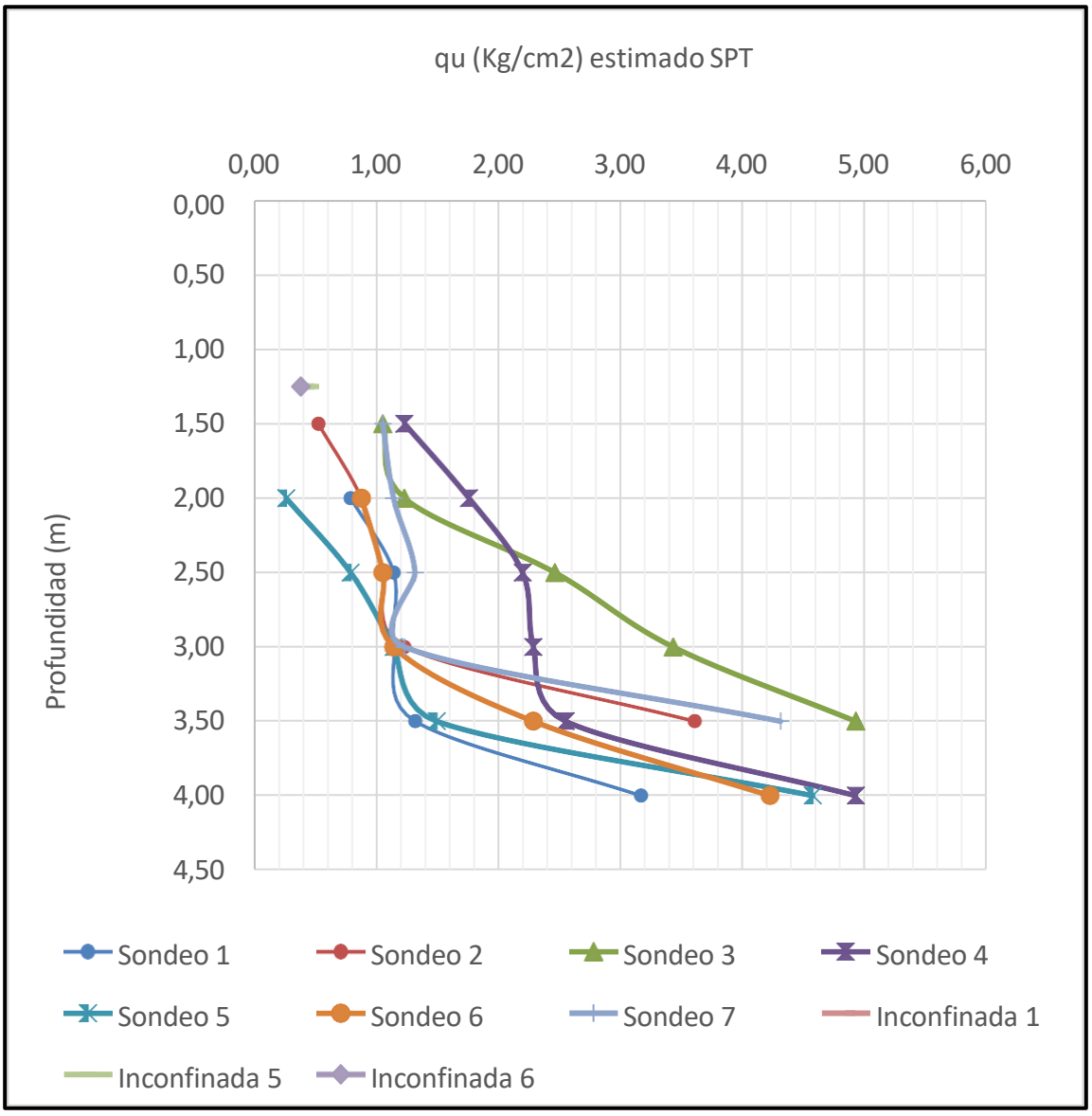


Figura 17 Variación de la resistencia con la profundidad para los sondeos 1 al 7 con base en los ensayos de resistencia realizados tanto en el campo como en el laboratorio

4.4 ANÁLISIS DE SUELOS EXPANSIVOS

De acuerdo a la NSR-10, se considera la tabla 5, para clasificar de forma cualitativa el grado de expansión de los suelos.

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm^2	Límite líquido LL , en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad, IP , en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (μ)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 – 30	50 – 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 –20	39 – 50	8 – 18	12 –34	12 – 27	50 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Tabla 5. Clasificación de suelos expansivos. Tomado NSR-10

De acuerdo a los valores obtenidos de límite líquido (LL) e índice de plasticidad (IP), se tiene valores que oscilan de 32% a 52% y de 10% a 24%, respectivamente, catalogando al suelo con un potencial de expansión bajo a medio, por lo cual no se requieren obras de mitigación para este tipo de suelo.

4.5 ANÁLISIS DE SUELOS COLAPSABLES

Se identifica la colapsabilidad de estos depósitos, cuando el volumen de vacíos iguala la cantidad de agua en el punto del límite líquido. Para mayor cantidad de agua o menor volumen de vacíos el depósito es inestable. La evaluación se puede hacer mediante la siguiente formulación:

$$\gamma d\ crit = \frac{1}{(\frac{1}{Gs}) + LL}$$

$$\frac{\gamma d}{\gamma crit} > 1\ Estable \qquad \frac{\gamma d}{\gamma crit} \leq 1\ Inestable$$

Los valores de gravedad específica se demuestran a continuación, donde se toma un valor de Gs=2.60.

$$\gamma d\ crit = \frac{1}{\frac{1}{(2.60)} + 31.97} = 1.42$$

$$\frac{\gamma d}{\gamma crit} \leq 1\ Inestable$$

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

	Profundidad (m)							
Sondeo	Inicial	Final	Prof. Promedio	γ húm (g/cm^3)	γd (g/cm^3)	LL(%)	γd critico (g/cm^3)	Indice de Colapsabilidad
1	1,0	1,5	1,25	1,88	1,59	32	1,42	1,12
5	1,0	1,5	1,25	1,83	1,46	48	1,16	1,26
6	1,0	1,5	1,25	1,90	1,52	52	1,11	1,37

Tabla 6. Cálculo del índice de colapsabilidad

Es importante destacar que el suelo en estudio no presenta susceptibilidad a suelos colapsables, lo cual es un factor positivo en términos de estabilidad y seguridad para el proyecto. Además, se ha observado que los suelos del sector carecen de estructura cementada, lo que sugiere una composición geotécnica homogénea y coherente.

Por otro lado, se ha encontrado que el índice de liquidez del suelo muestra valores negativos. Este hecho indica que la humedad presente en el suelo es menor que el límite plástico, lo que implica que el suelo se encuentra en estado sólido. Esta condición es favorable ya que descarta la posibilidad de que se presenten problemas relacionados con suelos colapsables.

4.6 ABLANDAMIENTO CICLICO DE SUELOS FINOS

De acuerdo a la NSR -10 en su título H son suelos susceptibles a la licuación aquellos limos, limos arcillosos y arcillas limosas de baja plasticidad y con la humedad natural cercana al límite líquido. Para evaluar si los suelos finos presentes en la zona de estudio presentan ablandamiento cíclico o no, se realizó el análisis sugerido por Bray, Sancio & Durgunoglu (2004), donde se concluye que los suelos no presentan susceptibilidad a la licuación, ver **Figura 19**.

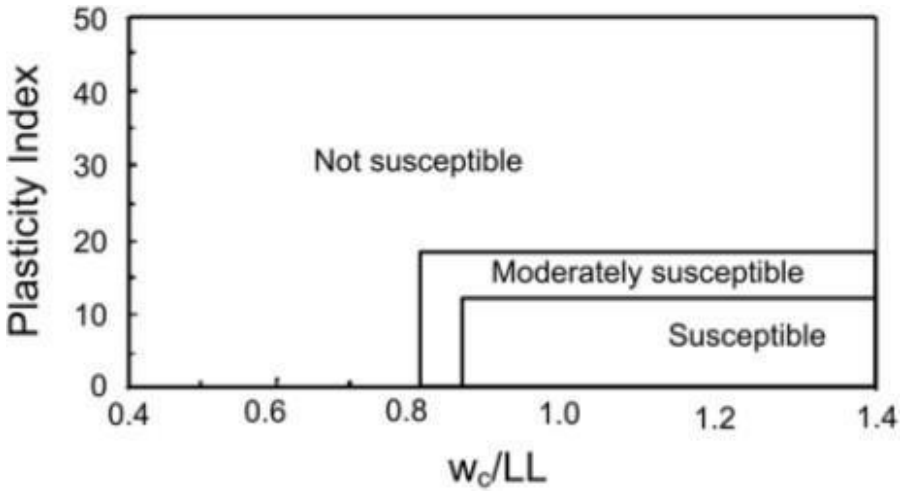


Figura 18. Criterio propuesto para la evaluación de susceptibilidad a la licuación de suelos finos. Fuente Bray J.D. Sancio R.B. Durgunoglu H.T. (2004)

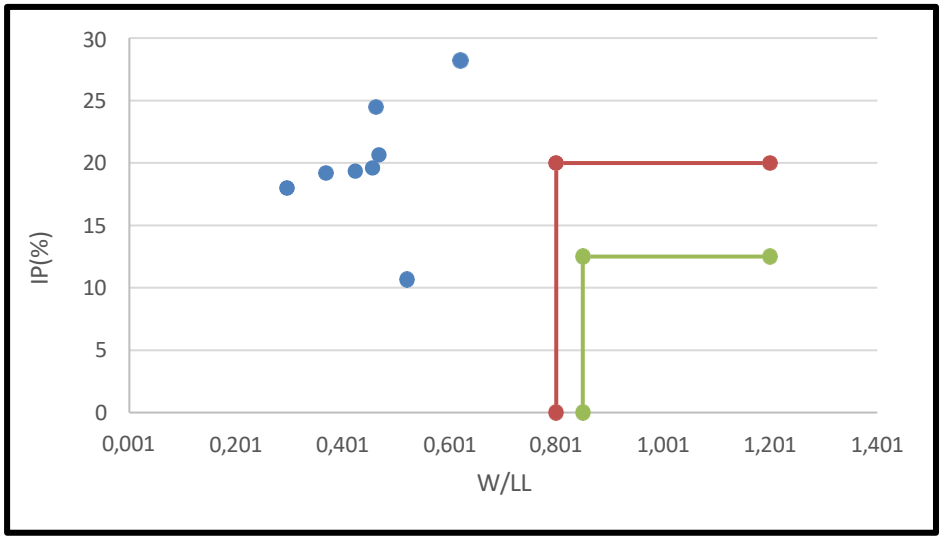


Figura 19. Evaluación de susceptibilidad a la licuación de suelos finos, por medio del criterio propuesto por Bray J.D. Sancio R.B. Durgunoglu H.T. (2004).

5 EVALUACION DE CARGAS A CIMENTACION

Las condiciones en las que se encuentra el subsuelo, arcilla delgada y limo plástico de consistencia mediana a dura, con LL=32% y 52% y presencia de arenas del 3% al 17% y sin presencia de nivel freático a excepción del sector del sondeo 6 a una profundidad de 1.30 metros; además de los rangos de lluvias bajos se emplearan parámetros drenados del suelo, determinados de las pruebas de campo de SPT, a través de la metodología de Álvaro González (ver anexos memorias de cálculo).

La metodología arrojo valores de cohesión variables entre 2.6 a 24.6 T/m2 y ángulo de fricción 35° a 35°, se adoptará un valor conservativo de 4.1 T/m2, de acuerdo con la experiencia en este tipo de suelos a 1.00 metros de profundidad.

GCI **MÓDULO DE ELASTICIDAD**: Se evaluó el módulo de elasticidad con la pendiente de la curva de resistencia a la compresión inconfinada. A continuación, se presenta un resumen de los datos obtenidos.

	Profundidad (m)							
Sondeo	Inicial	Final	Compresión inconfinada (kg/ cm^2)	γ húm (g/cm^3)	γ seco (g/cm^3)	Consistencia del Material	Es (Kg/cm2)	Es (Ton/m2)
1	1.0	1.5	0.41	1.88	1.59	Blanda	71.6	716
5	1.0	1.5	0.44	1.83	1.46	Blanda	47.3	473
6	1.0	1.5	0.38	1.90	1.52	Blanda	60.5	605
Promedio del Modulo de Elasticidad en muestras recuperas de 1,0 a 1,50 metros							**59.79**	**598**

Se eliminan los valores más altos para realizar un promedio de las muestras ensayadas, en donde se obtiene un módulo de elasticidad de 598 Ton/m^2.

GCI **PARAMETROS PARA ESTIMACION DE ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACION**

Debido a que la geología del sector y a los ensayos realizados se caracteriza por presentar suelos sobreconsolidados, con material en estado sólido a plástico y consistencia mediana a dura a mediana a lo largo de los 4.0 metros explorados. El valor de RSC será igual a 1,5.

Para el cálculo de los asentamientos por consolidación se usa el índice de recompresión Cr, calculado con la siguiente expresión:

$$Cr = \frac{Cc}{5}$$

$$Cc = 0{,}009(LL - 10)$$

Las correlaciones de Cc=0,009(LL-10) y de Cr fueron tomada del libro Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones, autor Braja M. Das, séptima edición, capítulo 1.13 Consolidación.
Los valores de gravedad específica y relación de vacíos para una arcilla se tomó de la literatura (referencia Braja Cuarta edición pág. 11 tablas 1.4 y 1.5), donde se adoptaron los valores de Gs=2.6 y e=1.02.

Se presenta nivel freático únicamente en el sector del sondeo 6 a una profundidad de 1.30 metros, en la zona de estudio, el régimen de lluvias oscila en el orden de 2720 mm/año, no se presentan quebradas cercanas al sector donde se proyecta las obras de alcantarillado, por tal razón se emplearán parámetros en condiciones drenadas.

Los valores presentados en la Tabla 7 se presentan los parámetros geotécnicos para la zona geotecnia tomando un valor promedio de las propiedades físicas y mecánicas por cada capa. Para el cálculo de los pesos unitarios se empelaron las siguientes expresiones.

$$\gamma h = \frac{Peso\ Muestra}{Volumen}$$

$$\gamma d = \frac{\gamma h}{1 + w}$$

Capa	Parámetros de Resistencia	Parámetros de Asentamientos
Capa 1 CL/ML (0.00/3.50) Arena 2.9% a 17.1% LL=32%-52% ω= 12-39% Gs=2,60	**Parámetros Drenados** C= 0.41 Kg/cm^2 ϕ = 0° γt=1,88 ton/m^3 γd =1,59 ton/m^3	Es=598 Ton/m^2 RSC=1.5 μ=0,45 Cc=0,37 Cr=0,07 $e_{0=}$ 1,02

Tabla 7. Parámetros geotécnicos

Después de conocer las propiedades mecánicas de los materiales, y con una evaluación preliminar de las cargas que llegan a cimentación, se procede a determinar los factores de seguridad indirectos, asentamientos totales y diferenciales para las estructuras contempladas en el proyecto.

5.1 PRESIÓN DE TRABAJO (CAPACIDAD PORTANTE)

La presión máxima que pueda transmitir la cimentación estará próxima a la capacidad portante del suelo natural localizado por debajo de los niveles de cimentación recomendados, la cuantía depende del tipo y ancho de cimentación. La presión de contacto está condicionada a la capacidad de carga del suelo a nivel de contacto, pues la resistencia al corte aumenta con la profundidad. En este caso, la capacidad de soporte se expresa como:

$$\sigma_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma N_\gamma N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$\sigma_{seguridad} = \frac{\sigma_u}{FS}$$

5.2 EVALUACION DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS

Los asentamientos por elasticidad dependerán principalmente de la magnitud del cimiento, los asentamientos se calculan con las cargas a cimentación. Para cimentaciones flexible se evalúa con la expresión que se presenta a, para los

cálculos se tomó el valor obtenido de una cimentación flexible. La metodología empleada corresponde a la de Bowles (1987).

Cimentación Flexible

$$S_e = 2qB\frac{1-\mu^2}{E_s}I_sI_f$$

Cimentación Rigida

$$Se = 0{,}93, Se(flexible, centro)$$

5.3 EVALUACION DE ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACION

Los asentamientos por consolidación, se evalúan con la siguiente expresión:

$$S = \sum \frac{c_r Hc}{1+e_0} \log\left(\frac{\sigma + \Delta\sigma}{\sigma}\right)$$

Donde Cr es el índice de compresión, H el espesor del estrato considerado, e_o es la relación de vacíos inicial, σ' (t/m^2) el esfuerzo efectivo inicial y $\Delta\sigma$ es el incremento de esfuerzos por la aplicación de la sobrecarga.

5.4 MÓDULO DE BALASTO EN SUELOS COHESIVOS

Uno de los métodos de cálculo más utilizado para modelizar la interacción entre estructuras de cimentación y terreno es el que supone el suelo equivalente a un número infinito de resortes elásticos-muelles o bielas biarticuladas- cuya rigidez, denominada módulo o coeficiente de balasto (Ks), se corresponde con el cociente entre la presión de contacto (q) y el desplazamiento, el cual se presenta en las tablas de asentamientos totales.

5.5 FACTOR DE SEGURIDAD ADOPTADO

De acuerdo a la magnitud de la obra, la cual corresponde a obras de alcantarillado sanitario y pluvial, donde es necesario su uso continuo todo el día, y una posible falla de la estructura o de sus cimientos abarcara graves consecuencias a esta y por ende a la integridad física de las personas que la habitan. A pesar que se cuenta con la caracterización física y mecánica de los suelos de la zona de estudio y teniendo en cuenta lo enmarcado por la NSR- 10, se adoptan los siguientes factores de seguridad para su verificación con las

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Factores de seguridad Indirectos

- Carga muerta más viva normal - Factor de seguridad (FS) = 3.0.
- Carga muerta + viva máxima- Factor de seguridad (FS) = 2.5
- Carga muerta más viva máxima y carga muerta más viva más sismo de diseño: Factor de seguridad (FS) = 1.5

A continuación, se presenta el cálculo de los Factores de seguridad mínimos, lo cual se presentó para las combinaciones de carga: donde se presenta el cálculo de capacidad portante para diferentes dimensiones de cimentación.

5.5.1 REVISION FACTORES DE SEGURIDAD

			Capacidad de Carga						
Df (m)	B (m)	L (m)	σ ultimo (Ton/m2)	σ adm (Ton/m2) FS=3	σ seguridad (KPa) (FS =3,0)	σ seguridad (Ton/m²) (FS=2,5)	σ seguridad (Kpa) (FS=2,5)	σ seguridad (Ton/m²) (FS=1,5)	σ seguridad (KPa) (FS =1,5)
1.00	1.00	1.00	35	11.66	117	14.00	140	23.33	233
	1.20	1.20	34	11.36	114	13.63	136	22.72	227
	1.40	1.40	33	11.11	111	13.33	133	22.22	222
	1.60	1.60	33	10.90	109	13.08	131	21.80	218
	1.80	1.80	32	10.73	107	12.88	129	21.46	215
	2.00	2.00	32	10.58	106	12.70	127	21.17	212

Tabla 8. Cálculo de capacidad portante

5.5.2 ASENTAMIENTOS DEBIDO A LAS CARGAS Y CALCULO DELMODULO DE BALASTO

Es (KPa)	598					
m	0.45					
NC (m)	B (m)	L (m)	B/ L	ar	Q_{adm} (KPa)	Se (cm)
1.0	1.0	1.0	1.00	0.88	114.42	0.13
1.0	1.2	1.2	1.00	0.88	111.44	0.16
1.0	1.4	1.4	1.00	0.88	108.98	0.18
1.0	1.6	1.6	1.00	0.88	106.95	0.20
1.0	1.8	1.8	1.00	0.88	105.26	0.22
1.0	2.0	2.0	1.00	0.88	103.82	0.24

Tabla 9. Asentamientos inmediatos.

B (m)	L (m)	Z(m)=2 B	σ *neto* *(ton/m²)*	σ efectivo mitad (Ton/m2)	σ efectivo mitad + Δ σ	Consolidaciòn ΔHc (cm)	Inmediatos ΔH (cm)	Asentamientos Totales (cm)	Modulo de la Balasto (ton/m³)
1.00	1.00	2.00	11.66	3.98	8.09	2.25	0.13	2.4	488.72
1.20	1.20	2.40	11.36	4.20	8.20	2.55	0.16	2.7	419.21
1.40	1.40	2.80	11.11	4.41	8.32	2.82	0.18	3.0	369.89
1.60	1.60	3.20	10.90	4.63	8.47	3.07	0.20	3.3	333.12
1.80	1.80	3.60	10.73	4.84	8.62	3.30	0.22	3.5	304.67
2.00	2.00	4.00	10.58	5.06	8.78	3.51	0.24	3.8	282.00

Tabla 10. Asentamientos totales

Los asentamientos presentados en las Tabla 9 y 10 cumplen con lo establecido en la NSR-10, donde se enmarcan que los asentamientos totales deben ser menores a 15 cm.

5.6 TIPO DE PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Según el reglamento colombiano de diseño y construcción sismo resistente NSR-10, el tipo de perfil de suelo se define con base en las características de suelo hasta los 30 metros de profundidad. Sin embargo, aunque no se realizaron perforaciones hasta los 30 metros, la resistencia al corte no drenado es de 0.41 kg/cm^2, por lo que el tipo de perfil de suelo corresponde al Tipo D, el cual describe a suelos rígidos, esto de acuerdo a la NSR-10.

Para el diseño se pueden considerar los siguientes coeficientes sísmicos:

COEFICIENTE	NSR 10
Zona de amenaza sísmica	INTERMEDIA
Tipo de perfil sismo resistente	D
Coeficiente de Importancia, [I]	1.00
Aceleración Pico efectiva para Diseño, [Aa]	0.15
Velocidad Pico efectiva para Diseño, [Av]	0.15
Coeficiente Pico efectiva para umbral de daño, [Ad]	0.07
Coeficiente de amplificación periodos cortos (Fa)	1,50
Coeficiente de amplificación periodos largos (Fv)	2.20
Categoría del Proyecto	Normal

Tabla 11. Coeficientes de diseño sísmico.

	T (s)	Sa (g)	Sv (m/s)	Sd (m)
	0.00	0.56	0.00	0.00
T0	0.15	0.56	0.13	0.00
Tc	0.70	0.56	0.62	0.07
	2.00	0.20	0.62	0.20
	3.00	0.13	0.62	0.30
	4.00	0.10	0.62	0.40
	5.00	0.08	0.62	0.50
	6.00	0.07	0.62	0.59
TL	6.00	0.07	0.62	0.59
	9.00	0.03	0.41	0.59
	10.00	0.02	0.37	0.59

Tabla 12. Valores de aceleración, velocidad y desplazamiento espectral.

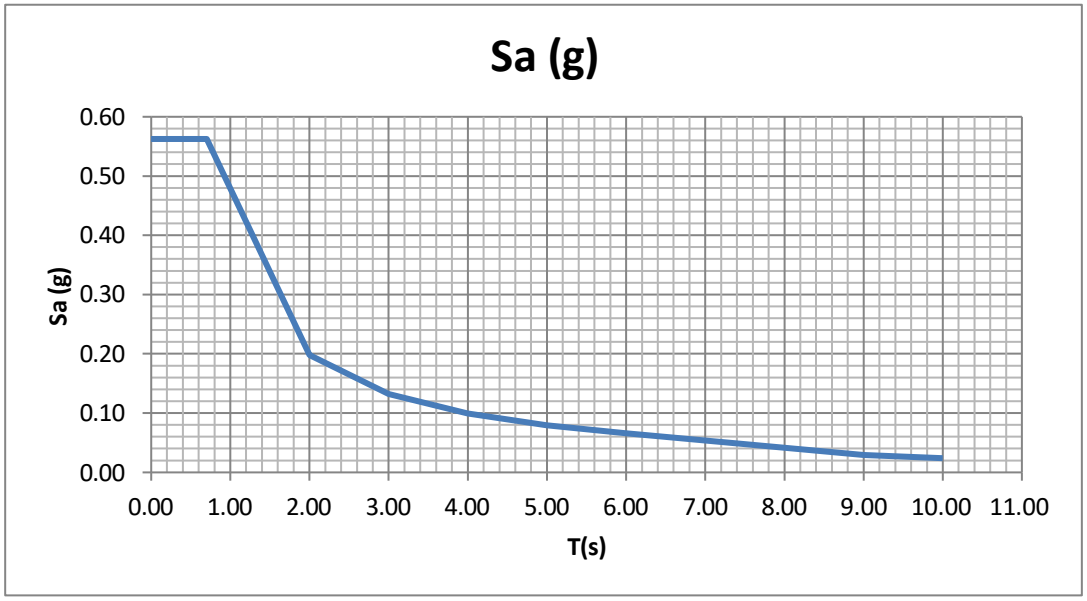


Figura 20. Espectro elástico de aceleraciones. (A.2.6.1 de la NSR-10).

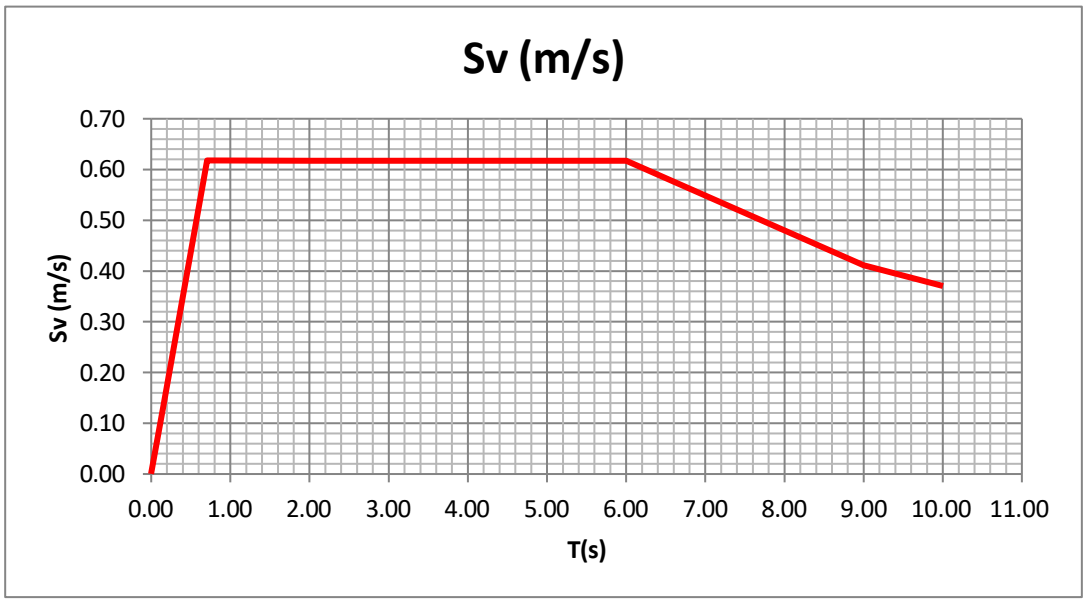


Figura 21. Espectro elástico de velocidades. (A.2.6.2 de la NSR-10).

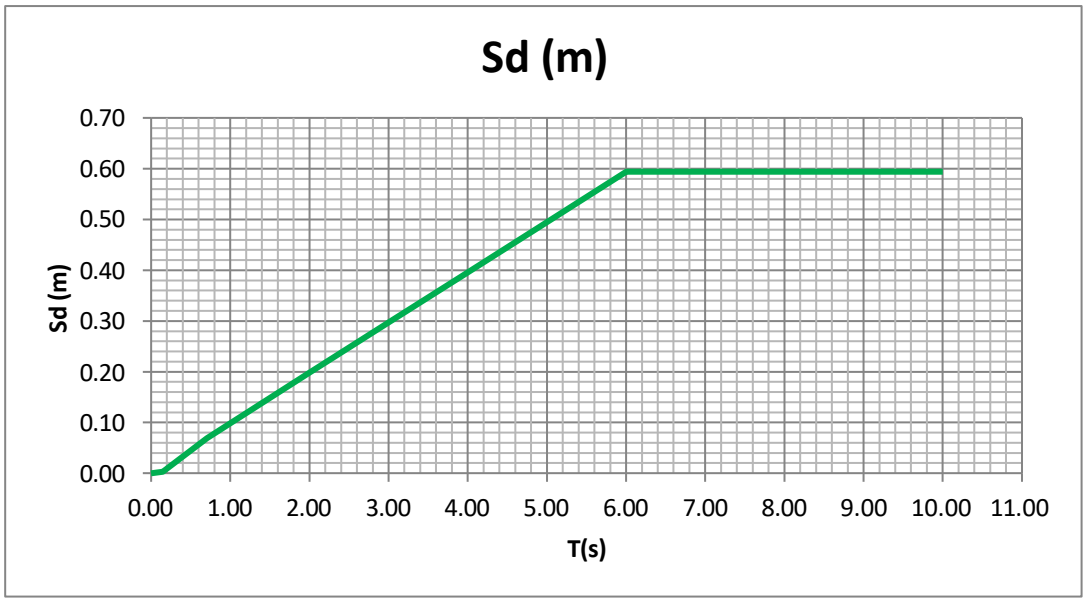


Figura 22.Espectro elástico de desplazamientos. (A.2.6.2 de la NSR-10).

6 ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN

Después de conocer las propiedades mecánicas de los materiales se procede a determinar la estabilidad de las excavaciones y el diseño de la cimentación de la tubería.

6.1 ESTABILIDAD DE EXCAVACIONES Y TALUDES DE CORTE

La evaluación de la estabilidad general de los taludes de excavación se realizó mediante el método de Spencer en el programa Slide 5.0 ®. El factor de seguridad básico se define como la relación entre los esfuerzos resistentes y los esfuerzos cortantes actuantes. De acuerdo con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 en su Capítulo H.2 Definiciones, los factores de seguridad básicos mínimos directos son los presentados en la Tabla 13.

Tabla 13. Factores de seguridad básicos mínimos directos

CONDICIÓN	FSB MINIMO	
	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN
Taludes – condición estática y agua subterránea normal.	1,50	1,25
Taludes – condición seudo-estática con agua subterránea normal y coeficiente sísmico de diseño.	1,05	1,00(*)

(*) Nota: Los parámetros sísmicos seudo estáticos de construcción serán el 50% de los de diseño. (Fuente: Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10).

Adicionalmente al análisis de la estabilidad de los taludes de excavación, se estudia la posibilidad de ocurrencia de una falla de fondo en la excavación para terrenos cohesivos y se obtiene un factor de seguridad para este fenómeno, mediante el empleo de la siguiente formulación, propuesta por Bjerrum y Eide (1956):

$$FS = \left(\frac{cNc}{\gamma H} \right)$$

Dónde:

FS: factor de seguridad frente al levantamiento de fondo. Se recomienda un factor de seguridad FS ≥ 1,5.
c: cohesión en condiciones no drenadas
Nc: factor de capacidad de carga, que adopta el siguiente valor, en función de

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

a. B/L = 0 (cortes infinitamente largos):

i. Si H/B = 0 → Nc = 5,14

ii. Si H/B ≥ 4 → Nc = 7,60

b. B/L = 1 (cortes cuadrados):

i. Si H/B = 0 → Nc = 6,3

ii. Si H/B ≥ 4 → Nc = 9,0

c. 0 < B/L < 1 (cortes rectangulares):

$$Nc_{(rectangulo)} = Nc_{(cuadrado)}\left(0.84 + 0.16\frac{B}{L}\right)$$

B: ancho de la zanja
L: longitud del tramo de zanja abierto (se estima una longitud de zanja abierta teniendo en cuenta la longitud de los tramos de tubería, la distancia para unión con el tramo anterior, una distancia para colocación y manejo de la tubería y la inclinación del frente de la excavación y del talud de llenado, de acuerdo con el proceso constructivo definido)
H: profundidad de la zanja
γ : peso unitario del terreno situado por encima del fondo de la zanja

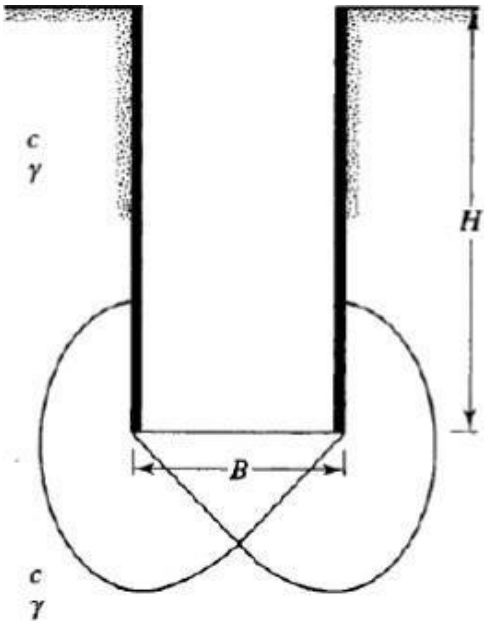


Figura 23 modelo de falla por levantamiento.

Puesto que el análisis se realiza para excavaciones temporales, se adoptan parámetros no drenados del suelo y debido a los elevados valores de cohesión no drenada (Su), no se espera que se produzcan fallas de fondo en los suelos cohesivos.

En el caso de los terrenos granulares, concretamente en arenas, generalmente el fondo de la excavación es estable, pero en caso de que exista nivel freático dentro de la excavación y sea necesario desaguarse, debe revisarse el factor de seguridad contra tubificación. El fondo de la excavación es estable siempre y cuando, el nivel de agua dentro de la excavación sea mayor al nivel freático. Este fenómeno se puede evitar mediante el hincado de tablestacas, que cortan el flujo de agua hacia el interior de la excavación. La profundidad mínima de empotramiento de las tablestacas se estima mediante la Figura 24.

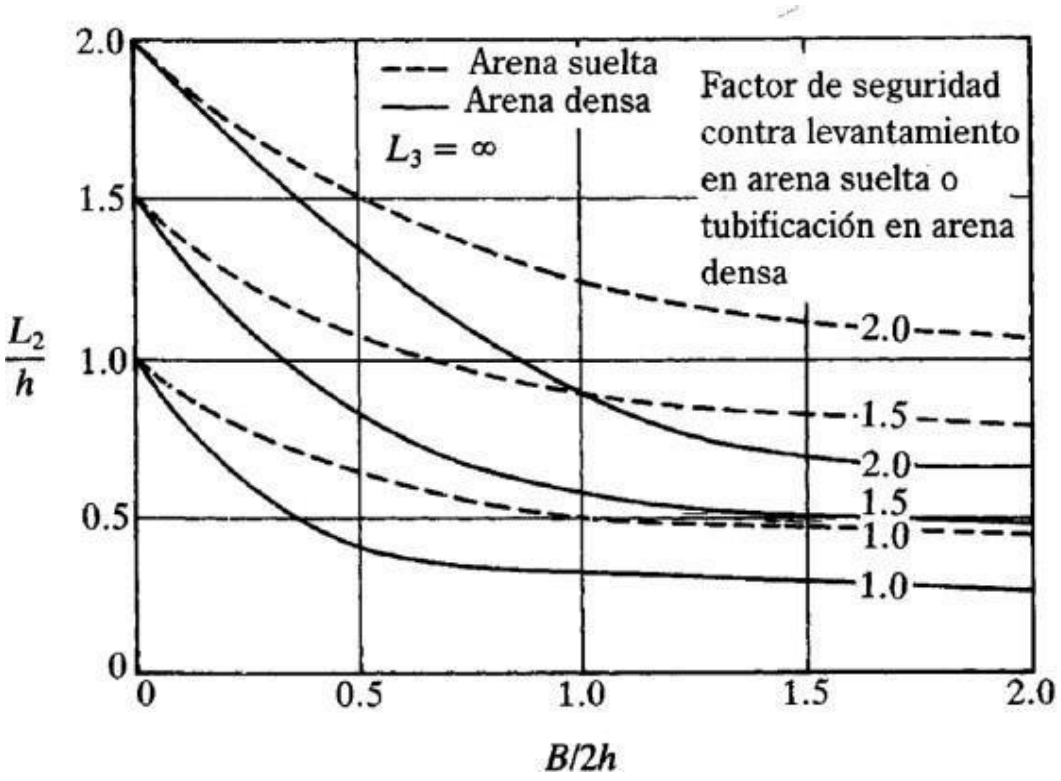


Figura 24 Influencia de la infiltración sobre la estabilidad de excavaciones con tablestacas (US Department of the Navy,1971).

El significado de las variables de entrada usadas en el gráfico anterior, se muestra en la Figura 34:

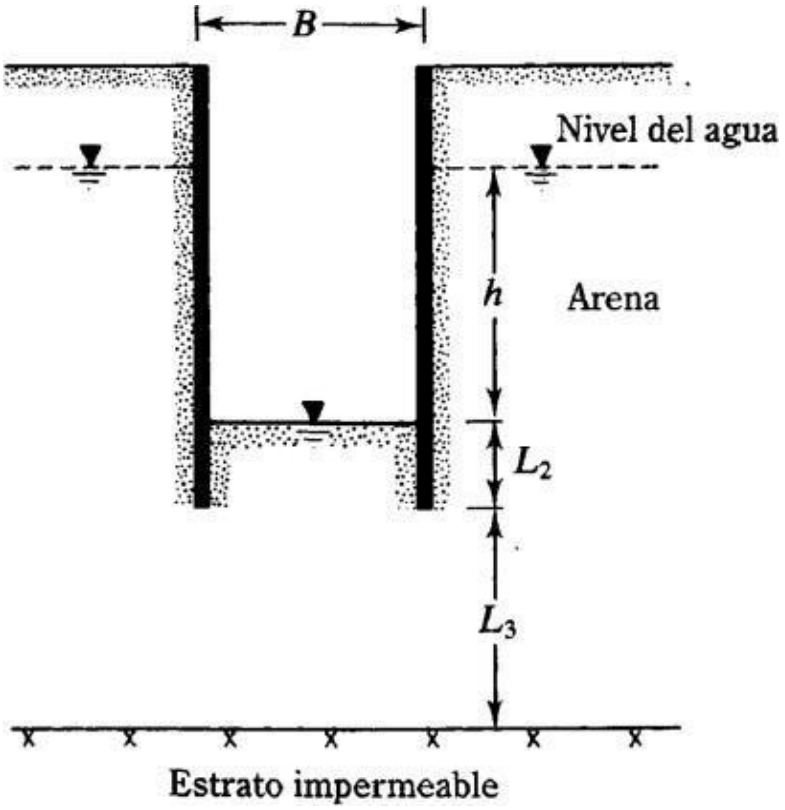


Figura 25 Modelo de falla por levantamiento de fondo.

6.2 ANÁLISIS INCLINACIÓN DEL TALUD

Debido a la excavación del terreno que deben realizarse para confinar el terreno de implantación de la tubería, se lleva a cabo el cálculo de estabilidad por la metodología de Taylor, para varias inclinaciones y alturas de la excavación, las cuales varían de 1.5 a 3.0 metros de altura, como se muestra en la figura 26.

Inclinación β (grados)	Cohesion cu (ton/m2)	Peso Especifico γ (ton/m3)	Altura de la Excavación (H) mts	N (grafica)	Factor de Seguridad al deslizamiento FS
40	4.1	1.46	1.5	0.18	10.40
50				0.18	10.40
60				0.19	9.85
70				0.21	8.91
80				0.23	8.14
40	4.1	1.46	2	0.18	7.80
50				0.18	7.80
60				0.19	7.39
70				0.21	6.69
80				0.23	6.10
40	4.1	1.46	2.5	0.18	6.24
50				0.18	6.24
60				0.19	5.91
70				0.21	5.35
80				0.23	4.88
40	4.1	1.46	3	0.18	5.20
50				0.18	5.20
60				0.19	4.93
70				0.21	4.46
80				0.23	4.07

Tabla 14. Análisis de estabilidad de la excavación.

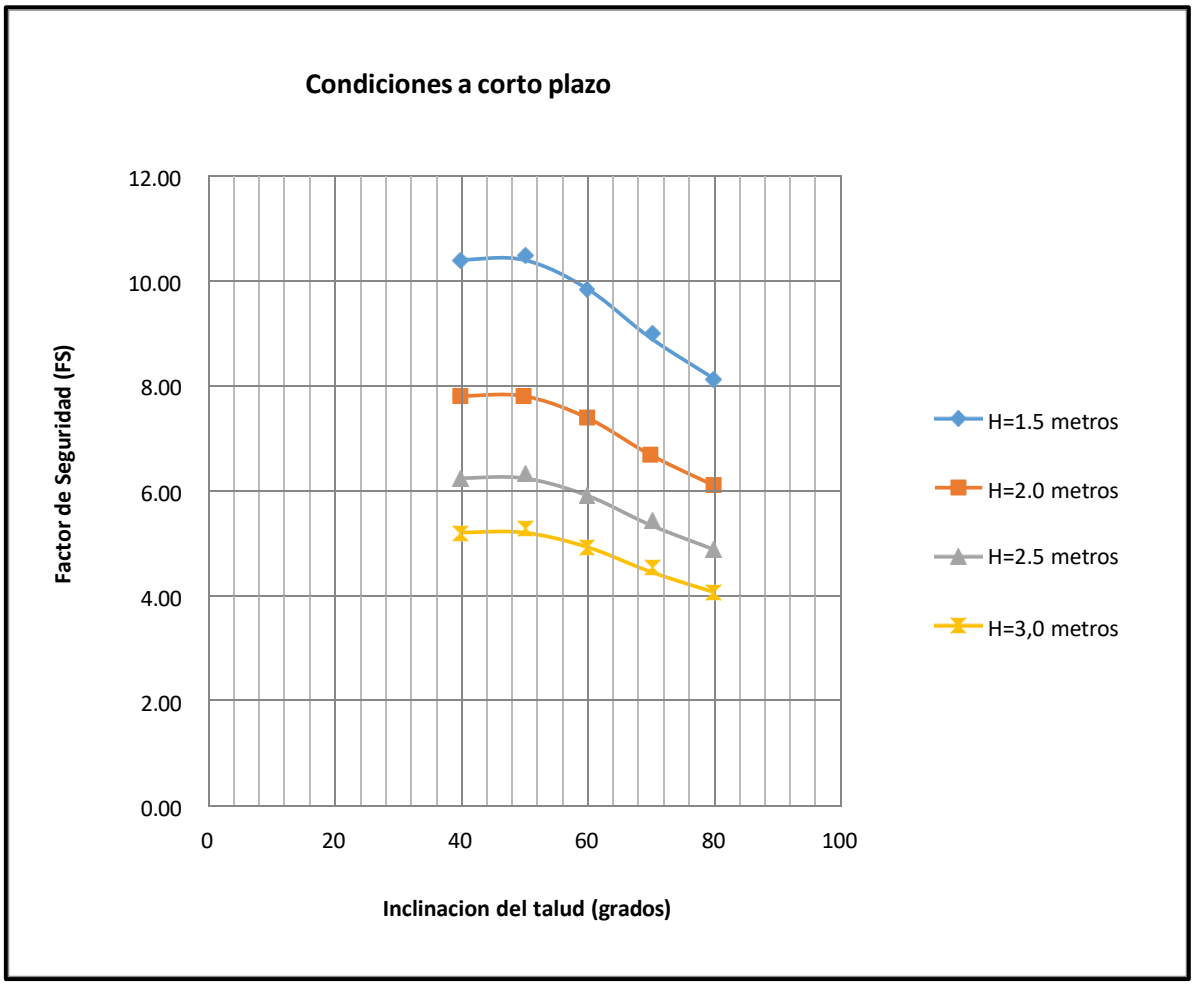


Figura 26. Análisis de estabilidad para varias inclinaciones de la pendiente y altura de la excavación.

En las condiciones de parámetros del suelo, donde actúa la presión de poros, debido a que se va a presentar nivel freático en la zona, se establece como factor de seguridad adecuado aquel mayor a 1.5

Condición	F_{SBM}	
	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1.50	1.25
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1.25	1.10
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.10	1.00 (*)
Taludes – Condición Estática y Agua Subterránea Normal	1.50	1.25
Taludes – Condición Seudo-estática con Agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de Diseño	1.05	1.00 (*)

Tabla 15. Valores de factor de seguridad NSR-10.

Por lo tanto, para un talud de altura menor de 3 metros, se presentan ángulos de inclinación estables con el material existente de la excavación. Para taludes verticales deben manejarse un sistema de contención, adicionalmente el análisis se tuvo en cuenta cuando el material está saturado.

6.2.1 Entibado

En caso de requerirse el uso de entibado, su diseño se realiza en función de los empujes que deben soportar. Para ello, se debe calcular la distribución de esfuerzos horizontales sobre el entibado como suma del empuje de tierras, la carga muerta (edificios), la carga viva (tráfico) y el empuje debido al agua. El entibado escogido debe ser capaz de soportar el valor máximo alcanzado por el esfuerzo total en la profundidad de la zanja. La distribución de esfuerzos en profundidad describe curvas distintas según el tipo de terreno y los niveles de apuntalamientos previstos. El cálculo de los empujes se realizó dependiendo de los niveles de apuntalamiento. Para excavaciones inferiores a 2,50 m se estableció que solamente se requiere un nivel de apuntalamiento y los empujes de tierra corresponderán con un diagrama triangular típico.

Para excavaciones superiores a 2,50 m se estableció que se requieren dos o más niveles de apuntalamiento y los empujes de tierra se calcularon con diagramas aparentes, como los presentados a continuación en la Figura 27.

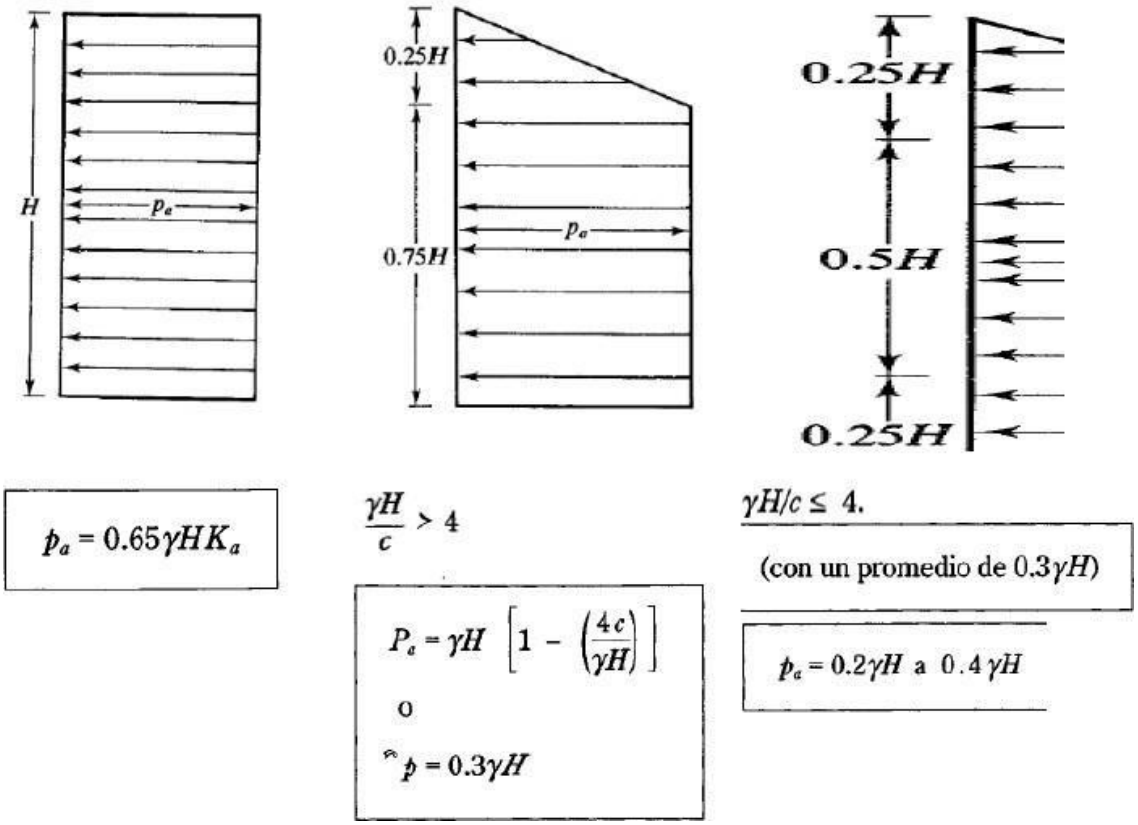


Figura 27 Diagramas aparentes de presión para cortes en distintos tipos de suelo

Dónde:
γ: peso unitario del terreno |
H: altura de corte
Ka: coeficiente de presión activa de Rankine ($\tan^2(45° - \phi/2)$)

El diagrama de la izquierda corresponde a la envolvente de presión aparente para cortes en arena según Peck (1969). El diagrama central muestra la envolvente de presión aparente para cortes en arcillas blandas y medias, mientras que el diagrama situado a la derecha representa la envolvente de presión aparente para cortes en arcillas firmes, según Peck (1969).

6.2.2 Tablestacado

Cuando el terreno presenta una cohesión reducida y con permeabilidad alta, el flujo de agua puede arrastrar las partículas del suelo hacia el interior de la excavación, incluso por debajo del entibado, dando lugar a inestabilidades en

paredes y fondo de la zanja. En este caso, se debe recurrir al uso de tablestacas, que profundizan bajo el fondo de la excavación e interrumpen el flujo de agua.

Para el cálculo del tablestacado se debe comprobar la estabilidad de la tablestaca y verificar el perfil metálico a emplear.

La primera comprobación, referente a la estabilidad, consiste en el análisis de la relación entre el momento equilibrante producido por el empuje pasivo en el lado de la excavación, y el momento desequilibrante, producido por el empuje activo de las tierras que soporta el tablestacado. Se incluye la longitud de empotramiento de la tablestaca.

Se realiza el cálculo de la estabilidad de la tablestaca en voladizo considerando el empuje de tierras, el empuje debido al agua y también se incluye una sobrecarga en superficie.

La metodología seguida se representa en la Figura 28, aunque sólo se incluye la representación del empuje de tierras y de la presión de agua, pero no el empuje debido a la sobrecarga existente en superficie.

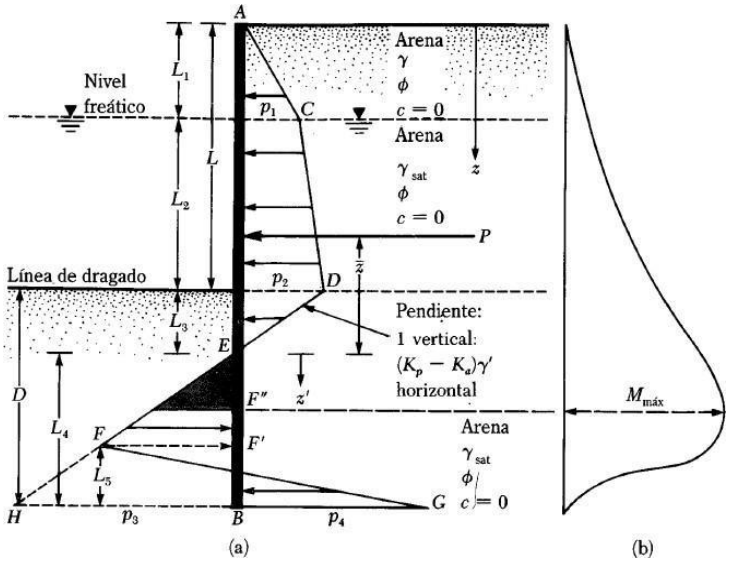


Figura 28 Diagramas de presión neta y ley de momentos sobre una tablestaca

En la parte izquierda de la figura (a), se muestra los diagramas de presión neta, mientras que en la parte izquierda de la figura (b), se representa la ley de

momentos en la tablestaca y la posición del momento máximo, que servirá para la definición del perfil de la tablestaca.

6.2.3 MÓDULO DE BALASTO

En el método flexible aproximado de losas de fundación, se supone que el suelo equivale a un infinito número de resortes de tipo elástico (cimentación tipo Winkler). La constante elástica de tales resortes se denomina módulo de reacción de la subrasante.

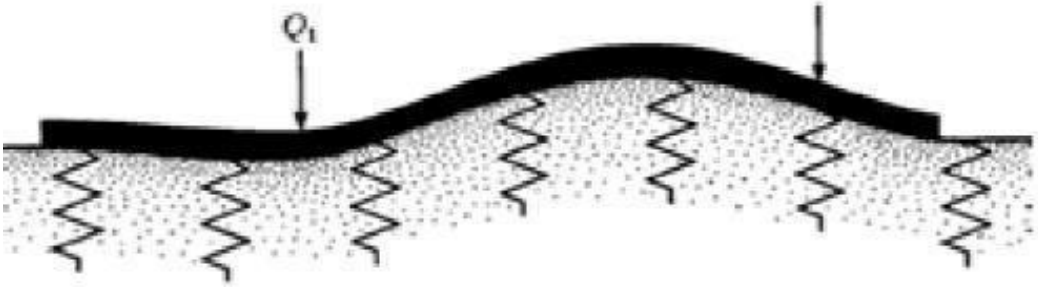


Figura 29 Semiespacio de Winkler

Para el análisis estructural de una losa flexible se debe evaluar el módulo de reacción de la subrasante (k), el cual se define como:

$$K = \left(\frac{q}{\Delta} \right)$$

Dónde:

q = carga por unidad de área

Δ = asentamiento que sufre un cimiento de ancho B ante la carga aplicada

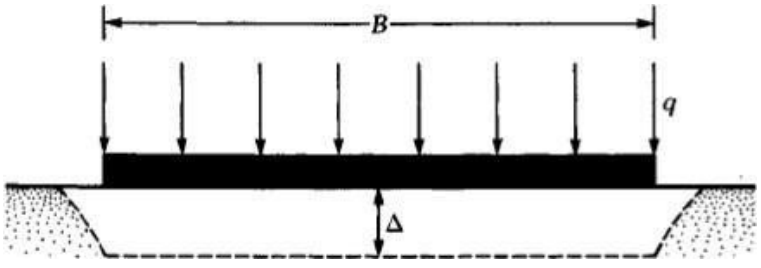


Figura 30 Modelo de interacción estructura-terreno de Winkler

El valor de k no es una constante de un suelo dado. Depende de la longitud y ancho B del cimiento, y de la profundidad de desplante de la fundación.

6.2.4 CIMENTACIÓN Y RELLENOS DE LAS TUBERÍAS

Para el diseño de la cimentación y el relleno de la zanja donde se localizarán las tuberías, se tomaron en cuenta las especificaciones y recomendaciones de la sección G.2.5 del RAS2000, la cuales se basan en las características geotécnicas de los materiales empleados como cimentación y relleno.

En la Tabla 16 se muestran las condiciones límites que se deben verificar para las tuberías, de acuerdo al material a utilizar.

MATERIAL DE TUBERÍA	CLASIFICACIÓN POR RIGIDEZ	DEFLEXIÓN	PANDEO (WALL BUCKLING)	ROTURA DE PARED (WALL CRUSHING)	FLEXIÓN (BENDING STRESS)	CARGAS COMBINADAS (COMBINED LOADING)
Cloruro de Polivinilo, PVC	Flexible	X	X	X		
Poliéster reforzado con fibra de vidrio, GRP		X	X			X
Polietileno, PE		X	X			
Acero, SP		X	X			
Hierro dúctil, DIP	Semi - rígida	X			X	
Concreto reforzado, tipo cilindro de acero con refuerzo de varilla, CCP		X				

Tabla 16. Factores de seguridad básicos mínimos directos

6.2.5 CARGAS MUERTAS

Las propiedades del suelo que interactúa con las tuberías flexibles influyen en su comportamiento al igual que la forma de la cimentación (apoyo inferior de la tubería), ya que se pueden producir concentraciones de presión de los suelos sobre las tuberías. El empleo de materiales adecuados con una buena densidad alrededor de las tuberías limita las deflexiones a valores permisibles.

Por lo tanto, el suelo, su colocación y tratamiento, así como las propiedades de los ductos, sean rígidos o flexibles, son importantes en el diseño de cualquier sistema de tuberías enterradas. Las tuberías rígidas y flexibles difieren

en su comportamiento ante las cargas provenientes de los rellenos. Una tubería rígida (concreto, arcilla vitrificada o hierro colado) no se puede deformar materialmente sin sufrir agrietamientos. Por otra parte, una tubería perfilada de PVC puede deformarse considerablemente sin sufrir daños estructurales.

En un sistema con tubería rígida la totalidad de la carga proveniente del relleno es resistida por la fortaleza misma de la tubería, puesto que el suelo a los lados del tubo tiende a consolidarse y por lo tanto a deformarse como producto de la carga. Una tubería flexible al ser sometida a cargas, sufre una deformación que provoca el desarrollo de presiones laterales que contribuyen a soportar esas cargas ver Figura 31.

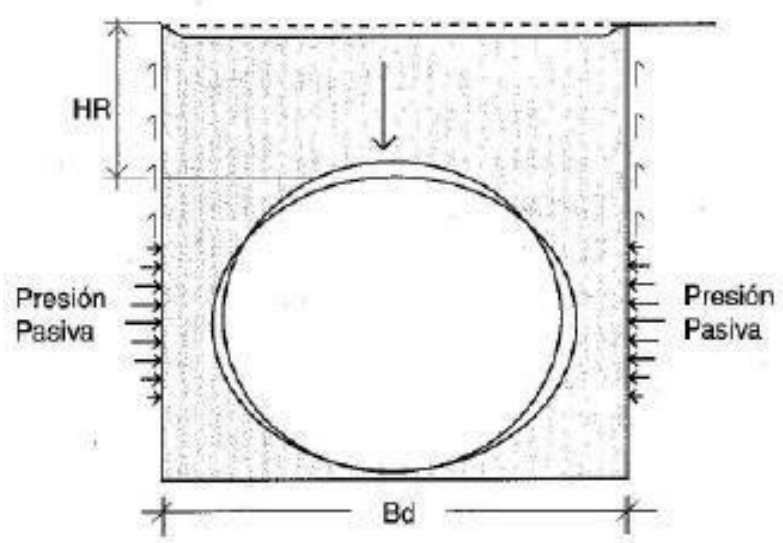


Figura 31 Tubería flexible enterrada en una zanja

La deformación del relleno aumenta los esfuerzos cortantes entre éste y el muro de excavación reduciendo así en cierta medida la carga total sobre el tubo. Como resultado, la carga trasmitida a una tubería flexible es menor que en un conducto rígido a igualdad de altura de relleno HR.
Sin embargo, para efectos de diseño es conveniente considerar la llamada carga de prisma cuando se trabaja con tuberías flexibles, como se muestra en la Figura 32.

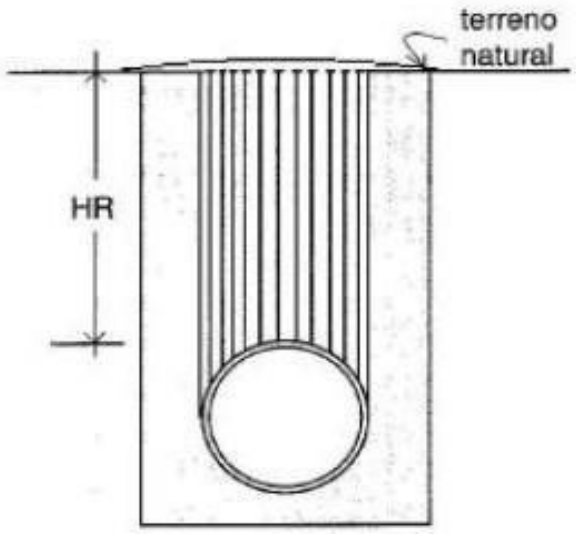


Figura 32 Carga de prisma sobre la tubería

$$P = \gamma HR$$

Dónde:
P: presión debida al peso del suelo a la profundidad HR.
γ: peso volumétrico total del suelo.
HR: profundidad del relleno sobre la corona del tubo.

6.2.6 CARGAS VIVAS

Las cargas sobre las superficies de las estructuras destinadas al transporte terrestre que pueden ser estáticas o bien dinámicas provenientes del tráfico de vehículos, se denominan cargas vivas. Según el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes del Ministerio de transporte las cargas máximas permisibles de los ejes de los vehículos que pueden circular por las carreteras colombianas son como indica la Tabla 17.

EJE SENCILLO (kg)	EJE TÁNDEM (kg)
10000	15000

Tabla 17. Cargas máximas por eje (kg) según el Ministerio de Transporte e INVÍAS

Otro aspecto importante al considerar las cargas vivas es el llamado "factor de impacto". La Tabla 18 indica el valor del factor de impacto como función del recubrimiento HR.

ALTURA DEL RECUBRIMIENTO (m)	FACTOR DE IMPACTO IF
0,00 - 0,30	1,50
0,31 - 0,60	1,35
0,61 - 1,00	1,15
> 1,00	1,00

Tabla 18. Factor de impacto Vs altura del recubrimiento del tubo

6.2.7 DEFLEXIÓN EN TUBERÍA FLEXIBLE

Existen tres factores que son esenciales en el análisis de cualquier instalación con tubería flexible:

- Cargas sobre la tubería (debidas al relleno y cargas superpuestas).
- Rigidez del suelo alrededor del tubo.
- Rigidez de la tubería.

La Carga Debida Al Relleno

El tiempo máximo durante el cual una tubería flexible alcanza su máxima carga es limitado. Esto depende de la densidad del material de suelo alrededor del tubo; a mayor densidad del suelo en los lados del tubo, menor será el tiempo durante el cual la tubería seguirá deformándose y la deflexión total como respuesta de la carga máxima será menor. Adversamente, si el suelo posee una baja densidad el tiempo durante el cual la tubería seguirá teniendo deformaciones será mayor y mayor será también la deformación final.

Una vez que se llega a la carga máxima debida al relleno, el sistema suelo- tubo seguirá sufriendo deformaciones, en la medida que el suelo alrededor del tubo continua con el proceso de densificación. Cuando este material alcanza su valor de densidad necesario para soportar la carga, la tubería no se deflectará más.

La norma ASTM D3034, establece medir deflexiones no antes de 30 días después de la instalación.

La Rigidez Del Suelo

Es el otro parámetro importante a tomar en cuenta. Aquí se debe considerar que no solamente el suelo que cubre el tubo está sujeto a esfuerzos, sino que el muro de la excavación (suelo natural) también contribuye en alguna medida a soportar las cargas horizontales del empuje pasivo.

La rigidez "combinada" del material alrededor del tubo y del suelo natural puede obtenerse con ensayos experimentales. Usualmente este parámetro se conoce como: 'E" El profesor Amster Howard del United States Bureau of Reclamation ha realizado numerosos experimentos con el fin de obtener información acerca de este valor.

La Rigidez Del Tubo

La rigidez del tubo se define como la relación entre la fuerza aplicada y el acortamiento producido en el diámetro, según el modelo de la Figura 33, la elección de este modelo se debe a que coincide con el ensayo establecido en la Norma NTC 4764-2, para la determinación de la rigidez, en los tubos de PVC. También se puede obtener dicha rigidez por la Norma ASTM D-2412.

$$RIGIDEZ = P / d(15 - d)$$

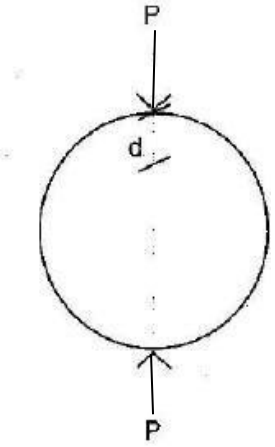


Figura 33 Rigidez del tubo.

6.3 TALUDES DE CORTE

Para el diseño de la inclinación de los taludes de corte requeridos en la instalación de las tuberías se tuvieron en cuenta los parámetros geotécnicos de los materiales existentes en la zona del proyecto los cuales se determinaron en el Capítulo anterior, la geometría de las excavaciones la cual depende de los diseños hidráulicos y estructurales y los criterios de diseño.

6.3.1 Geometría Zanja

La geometría de la zanja se define a partir del diámetro de la tubería, el recubrimiento lateral y la profundidad a la cual debe instalarse el elemento. A continuación, se presentan los criterios utilizados para definir la profundidad de los análisis de estabilidad y la definición de los diagramas de empujes sobre los entibados a utilizar durante la etapa de construcción.

Profundidad de la zanja

La profundidad de la zanja considerada en el diseño corresponde a la máxima profundidad de excavación prevista para la colocación de la tubería. Adicionalmente, existen dos profundidades que deben estudiarse por su especial interés, como se explica a continuación:

- Profundidad de 1,5 m, que corresponde a la máxima profundidad de excavación sin entibado, de acuerdo con las condiciones del material encontrado en campo.
- Profundidad de 2,5 m, que corresponde al límite que determina la utilización de entibado con 1 o 2 o más niveles de apuntalamiento.

Es importante resaltar que los análisis de estabilidad de la zanja para profundidades mayores a 1,5 m solo se realizan con el objetivo de comprobar la necesidad de los elementos de entibado. De acuerdo a este criterio, se estudia si los factores de seguridad resultantes son inferiores a los mínimos definidos para cada situación de cálculo, pero no se estudia detalladamente el mecanismo de rotura u otros factores.

Ancho de la zanja

El ancho de la zanja es función del diámetro exterior de la tubería y de la profundidad de la zanja, permitiendo en cualquier caso las operaciones necesarias para su correcta instalación.

Se han estudiado los diámetros máximos de tubería en cada zona geotécnica. Inicialmente, los diámetros máximos de tubería para el alcantarillado previstos para su ejecución del sistema de alcantarillado en la zona urbana se muestran en la tabla 19. Para la red de alcantarillado se proyectan tuberías de arranque de 8" a 16".

INSTALACION TUBERÍA PVC DIÁMETRO 200 MM (8")
INSTALACION TUBERÍA PVC DIÁMETRO 250 MM (10")
INSTALACION TUBERÍA PVC DIAMETRO 315 MM (12")
INSTALACIÓN TUBERÍA PVC DIÁMETRO 400 MM (16")

Tabla 19. Diámetro de tubería a instalar

A partir del diámetro de la tubería y de la profundidad de la zanja se determina el ancho de la zanja para cada zona geotécnica, según los siguientes criterios, escogiendo siempre la opción más restrictiva, es decir, el mayor ancho de zanja:

DIÁMETRO DE LA TUBERÍA (mm)	ANCHO DE ZANJA (m)	PROFUNDIDAD MÁXIMA (M)
75 a 400	0,80	1.50
75 a 400	1.20	1.50 – 2.50

Tabla 20. Ancho de zanja en función del diámetro de la tubería

Para diámetros mayores a los contemplados en la tabla anterior, el ancho de zanja será igual al diámetro exterior de la tubería más 0.30 m a cada lado.

Inclinación De Las Paredes De La Zanja

Se realiza el diseño con inclinación vertical de las paredes de la excavación para minimizar el volumen de excavación y el costo de las obras. Dado que todas las excavaciones con una profundidad mayor a 1,5 m deben entibarse y solo se exige cumplir estrictamente con los factores de seguridad hasta 1,5 m.

Para mayores profundidades los entibados serán los responsables de asumir los empujes del terreno con factores de seguridad de acuerdo con la Tabla 21 y con niveles de deformación inferiores a 1/300.

6.3.2 Cargas Consideradas En El Diseño

Para la modelización de la excavación de las zanjas se han analizado diversas combinaciones de carga con el objetivo de encontrar la combinación más desfavorable.

Se considera una carga debida al paso de los equipos de construcción (20 kN/m) a una distancia muy pequeña de la coronación de la excavación y también se tiene en cuenta la proximidad de edificios con una carga estimada en 30 kN/m, la cual corresponde con edificaciones de hasta tres pisos de altura. Para edificaciones de mayor altura se asumió que las cimentaciones son profundas y no se verán afectadas por los trabajos realizados.

6.3.3 Sismicidad

Dada la temporalidad de las excavaciones, las condiciones de análisis corresponden a un periodo de diseño a corto plazo (durante construcción), donde solamente se tienen en cuenta las cargas gravitacionales y para los efectos dinámicos generados por la ocurrencia de un sismo se utiliza los factores de seguridad utilizados para el diseño son los recomendados por la Norma Sismo Resistente Colombiana NSR-2010, presentados a continuación en la Tabla 21.

CONDICION	F SBM		F SBUM	
	Diseño	Construcción	Diseño	Construcción
Carga muerta + Carga viva normal	1,5	1,25	1,8	1,4
Carga muerta + Carga viva máxima	1,25	1,1	1,4	1,15
Carga muerta + Carga viva normal + Sismo de diseño Seudo estático	1,1	1,00 (*)	No se permite	No se permite
Taludes-condiciones Estática y agua subterránea normal	1,5	1,25	1,8	1,4
Taludes-condiciones seudo - estática con agua subterránea normal y coeficiente sísmico de diseño	1,05	1,00 (*)	No se permite	No se permite

(*) Nota los parámetros sísmicos seudo estáticos de construcción serán 50% de los diseños

Tabla 21. Factores de seguridad básicos mínimos directos, según NSR 10

6.3.4 Comportamiento De Los Materiales

El terreno de la zona de estudio está compuesto en su mayor parte por suelo de naturaleza arcillosa y limosa en la profundidad promedio de 1.5 metros. Este suelo presenta un comportamiento cohesivo y para un análisis de estabilidad a corto plazo es conveniente utilizar parámetros no drenados, es decir, realizar el cálculo con la resistencia a corte no drenada (Su) y un ángulo de fricción nulo ($\phi = 0°$). Pero es necesario precisar que asumir este comportamiento es correcto siempre y cuando el suelo esté totalmente saturado y en este caso, de acuerdo con las investigaciones geotécnicas no es así, pues no se ha encontrado presencia de agua en las perforaciones realizadas.

Se considera que realizar el cálculo en condiciones no drenadas sobrevalora la estabilidad de las excavaciones, quedando los resultados del lado de la inseguridad. Por tanto, se realiza el análisis de estabilidad con parámetros drenados (c' y ϕ'), quedando siempre del lado de la seguridad.

Para no penalizar en exceso los diseños, se omite en el modelo de análisis la formación de la grieta de tracción, que reduce en mayor medida el factor de seguridad.

A pesar de no incluir en el modelo la grieta de tracción, se estudia de forma separada cuál sería su profundidad y la altura máxima de corte vertical, considerando que realmente se forma dicha grieta.

6.3.5 Agua En La Excavación

Se considera que es preocupante la entrada de agua en una excavación cuando el material posee un coeficiente de permeabilidad k > 10-4 cm/s. Según, Holtz y Kovacs, este valor de permeabilidad separa los suelos permeables de los pobremente drenados y, por tanto, indica la posibilidad de entrada más o menos abundante de agua en la excavación.

En el estudio se encontraron zonas geotécnicas donde todos los materiales poseen un elevado contenido en finos y se describen como arcillas o limos y no se esperan problemas por entrada de gran cantidad de agua en las excavaciones. Pero también incluye casi completamente el estrato inferior, caracterizada por materiales de comportamiento granular.

Adicionalmente, cabe destacar que, de acuerdo a las exploraciones realizadas en el presente estudio, no hay presencia de agua, excepto en algunos puntos aislados y que se consideran niveles colgados, no obstante, debe preverse sistemas la utilización de entibado impermeable o tablestacas ante la posible aparición de agua durante la fase de construcción.

6.3.6 Resultados del análisis

Una vez realizados los análisis de estabilidad se comprueba que los taludes de corte para la instalación de la tubería hasta 1,5 m de profundidad con paredes verticales son estables en todas las zonas geotécnicas analizadas, tanto para el análisis estático como para el seudo-estático.

En la Tabla 22 se resumen los factores de seguridad calculados para el análisis estático (F.S.≥ 1,25) y el análisis seudo-estático (F.S. ≥ 1,00) para una profundidad de zanja de 1,5 m y 2.5 m.

Encontrando que bajo las condiciones del terreno es estable con excavaciones de hasta 2.5 metros, no obstante, queda a disposición del supervisor del proyecto el uso de entibados del terreno cuando se presenten condiciones de

alta humedad y cargas excesivas en la zona aledaña a la excavación, por lo tanto, se recomienda la aplicación de la norma de entibado a partir de los 1.50 metros de profundidad.

Para zonas de alta humedad el diseño geotécnico establece la necesidad que los entibados diseñados cumplan con los requerimientos geotécnicos de empujes y niveles de apuntalamiento establecidos en las especificaciones para tablestacados metálicos definidos en la norma INV 622-07.

Los entibados para excavaciones mayores a 2,5 m y hasta 4,0 m deben tener dos o más niveles de apuntalamientos.

En la Tabla 22 se resumen los factores de seguridad para la máxima profundidad de zanja que corresponde a 2,5 m.

PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE ANÁLISIS	
	Estático	Seudo - estático
1.5	1.73	1.62
2.5	1.33	1.21

Tabla 22. Factores de seguridad para profundidad de zanja

Para taludes inclinados, la altura crítica se reduce significativamente, dando valores muy reducidos o incluso nulos, debido a que la formulación utilizada emplea los parámetros de resistencia drenados, simulando una situación a largo plazo. Este hecho no afecta a los diseños realizados porque las excavaciones previstas en el proyecto son de tipo temporal, que permanecerán abiertas un reducido tiempo y no alcanzarán la situación de largo plazo simulada, con la total disipación de la presión intersticial. Pero los resultados mostrados son indicadores de que no debe dejarse ninguna excavación abierta durante largo tiempo pues se compromete la estabilidad de la zanja.

Para la comprobación, se considera que no hay agua por encima del fondo de excavación (situación más desfavorable) y que el estrato impermeable bajo la excavación es muy profundo (L3 = ∞). Con estos datos, se estima el empotramiento de tablestaca necesario para evitar la tubificación:

Los datos de entrada para la verificación son:

- B = 1,10 m
- H = 2,50 m
- NF = 1,50 m
- h = H - NF = 1,00 m
- Arena densa (N60 = 22)
- FS = 1,50

Con estos valores, se obtiene un valor de L2/h = 0,7, como se muestra en la Figura 34

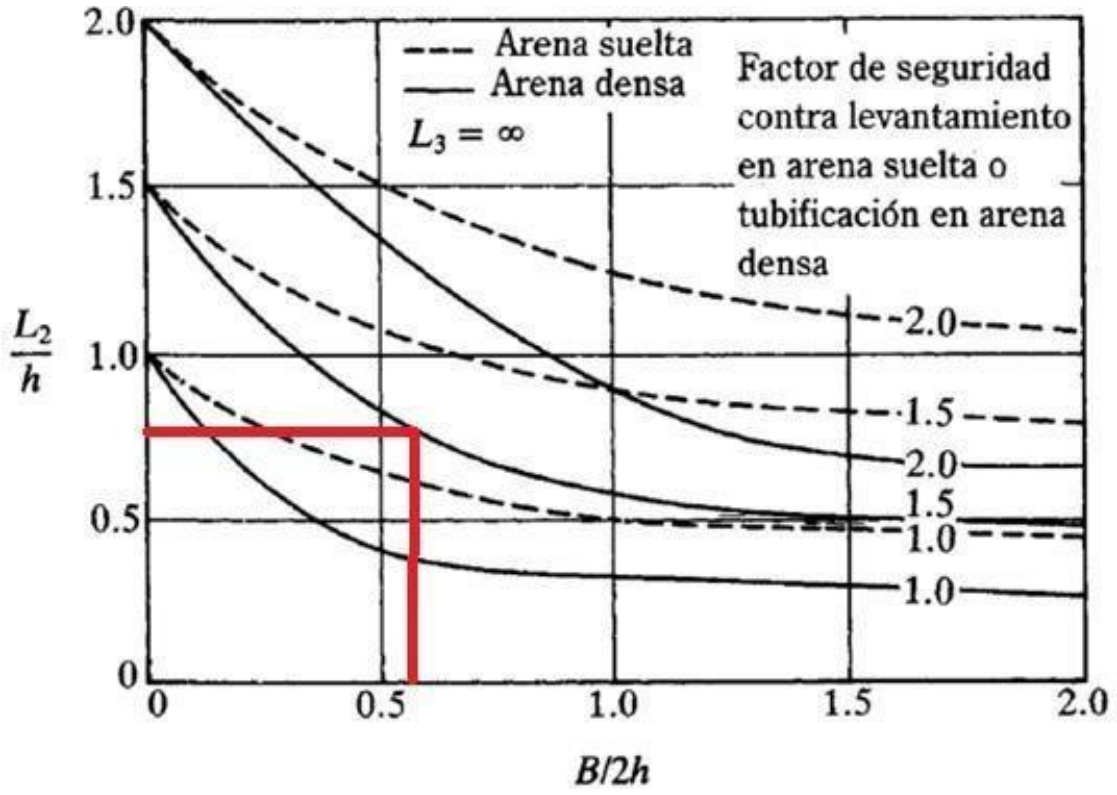


Figura 34 Estimación empotramiento de tablestacas

De ahí, se obtiene una longitud de empotramiento de las tablestacas bajo el fondo de la excavación L2 = 0,70 m. Este valor es reducido y menor al requerido por los cálculos resistentes del tablestacado, por lo que se verifica la comprobación frente a tubificación.

Para este cálculo se tomó una profundidad de 1.30 metros de profundidad de nivel freático.

6.4 DISEÑO CIMENTACIÓN PARA TUBERÍAS

En el numeral 5.1 se presentó la metodología de diseño y la formulación teórica para el diseño de la cimentación de tuberías flexibles. A continuación, se presentan los resultados del diseño realizado

6.4.1 Tipología de cimentación

El tipo de cimentación recomendada para estos diseños está asociada a tuberías flexibles (PVC) y rígidas (concreto), y la geometría depende del diámetro de la tubería, el ancho de la zanja, el recubrimiento lateral y el uso de la rasante. De acuerdo con lo anterior se han planteado 6 tipos de cimentaciones a emplear en este proyecto, para tuberías en material flexible del tipo PVC-Novafort.

Cimentación TIPO 1

Este tipo de cimentación se utilizará en zonas en donde se cumplan las siguientes condiciones:

- Uso rasante: Vía
- Acabado: Pavimento
- Recubrimiento: Menor a 90 cm
- Tubería a soportar: PVC-Novafort o similar

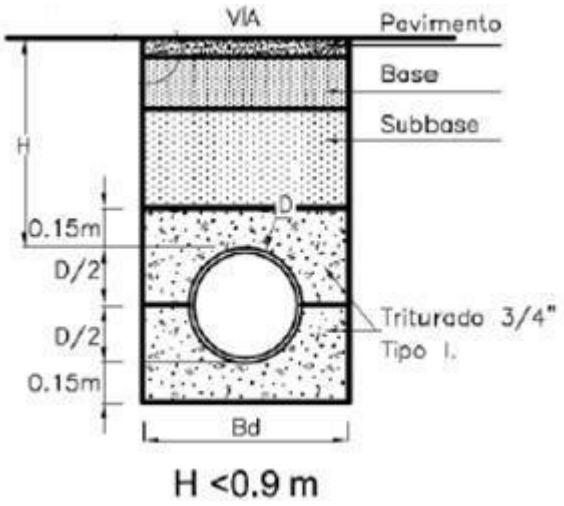


Figura 35 Cimentación TIPO 1

Cimentación TIPO 2

Este tipo de cimentación se utilizará en zonas en donde se cumplan las siguientes condiciones:

- Uso rasante: Vía
- Acabado: Pavimento
- Recubrimiento: Mayor a 90 cm
- Tubería a soportar: PVC-Novafort o similar

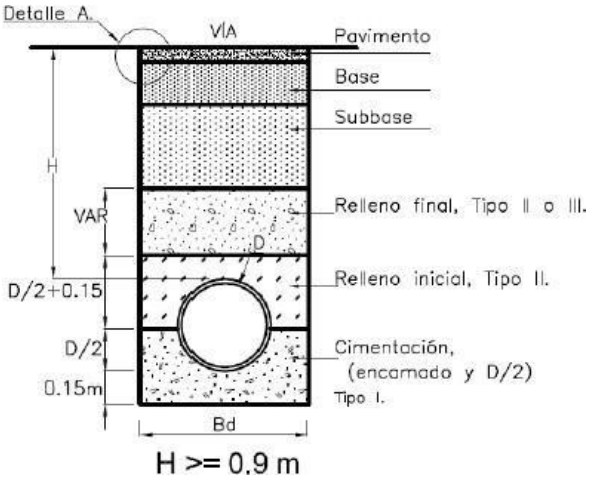
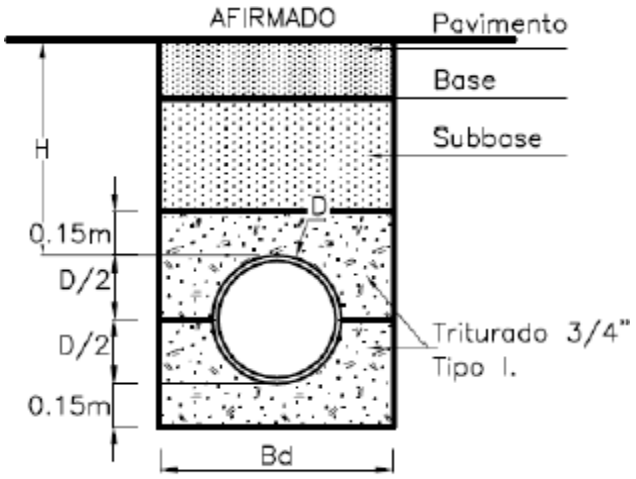


Figura 36 Cimentación TIPO 2

Cimentación TIPO 3

Este tipo de cimentación se utilizará en zonas en donde se cumplan las siguientes condiciones:

- Uso rasante: afirmado
- Acabado: Pavimento
- Recubrimiento: Menor a 90 cm
- Tubería a soportar: PVC-Novafort o similar



H <0.9 m

Figura 37 Cimentación TIPO 3

Cimentación TIPO 4

Este tipo de cimentación se utilizará en zonas en donde se cumplan las siguientes condiciones:

- Uso rasante: afirmado
- Acabado: Pavimento
- Recubrimiento: Mayor a 90 cm
- Tubería a soportar: PVC-Novafort o similar

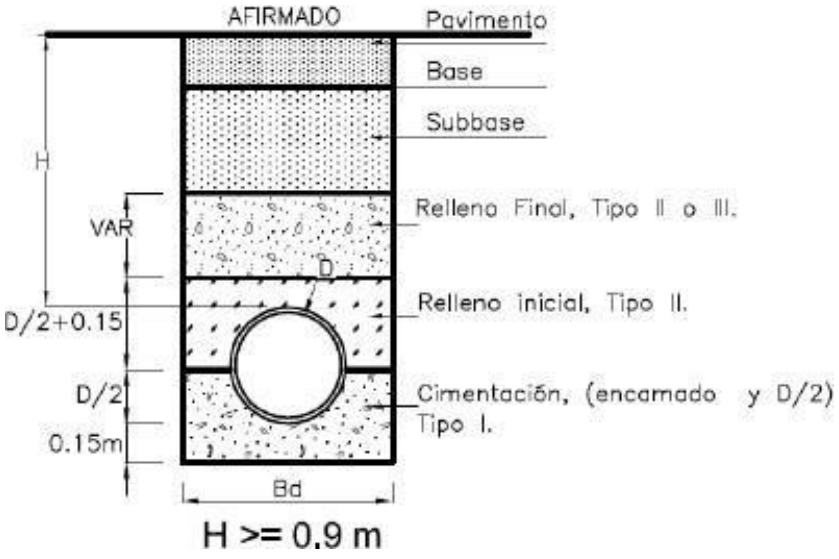


Figura 38 Cimentación TIPO 4

Cimentación TIPO 5

Este tipo de cimentación se utilizará en zonas en donde se cumplan las siguientes condiciones:

- Uso rasante: anden
- Tubería a soportar: PVC-Novafort o similar

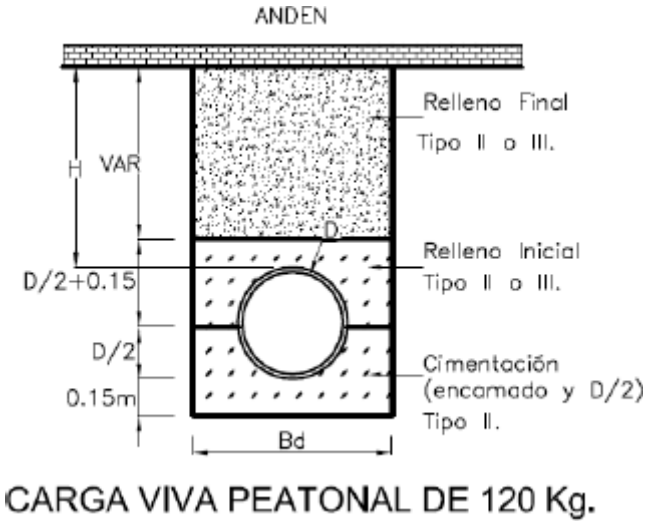


Figura 39 Cimentación TIPO 5

Cimentación TIPO 6

Este tipo de cimentación se utilizará en zonas en donde se cumplan las siguientes condiciones:

- Uso rasante: Zona Verde
- Tubería a soportar: PVC-Novafort o similar



Figura 40 Cimentación TIPO 6

6.4.2 TIPOLOGÍA MATERIAL DE RELLENO

La capacidad de la cimentación depende del tipo de material sobre el cual se apoye la tubería y de la resistencia lateral que aporte tanto el atraque (relleno lateral) de la tubería como el material natural existente en la zona de los trabajos. El valor del módulo de reacción de la subrasante se ha establecido típicamente en función de la clasificación del material y del grado de compactación del material. En la Tabla 23 se presentan los valores típicos para el módulo de reacción de la subrasante.

La subrasante corresponde con el material de apoyo de la tubería, en caso de que no exista ningún relleno será el valor correspondiente al fondo de la zanja.

TIPO MATERIAL	DESCRIPCIÓN.	E' [MPa]			
		SUELTO	BAJO	MODERADO	ALTO
Tipo I	Triturado 3/4", libre de arcilla, materia orgánica, escombros y cualquier material contaminante.	7,00	20,70	20,70	20,70
Tipo II	Material de préstamo.	1,40	6,90	13,80	20,70
Tipo III	Material seleccionado de la excavación. (no se puede usar limo o arcilla)	0,35	1,40	2,80	6,90
Tipo IV	Concreto de 14 MPa (140 kg/cm2).				

Tabla 23. Valores de módulo de reacción de la subrasante E'

A continuación, se definen los distintos grados de compactación indicados en la tabla anterior:

- Alto: 85-95% Proctor y mayor al 70% densidad relativa
- Moderado: 85-95% Proctor y 40-70% densidad relativa
- Bajo: menor al 85% Proctor y menor al 40% densidad relativa
- Suelto: no cumple ninguno de los anteriores

6.5 PROCESO CONSTRUCTIVO

A continuación, se describe el proceso constructivo propuesto para la instalación de tubería flexible y rígida de 6,0 m de largo y diámetros desde 8" hasta 16", utilizando zanjas y entibados estructurales o tablestacados.

Este procedimiento puede ser optimizado en la etapa de construcción por el contratista de obra seleccionado por el municipio para la ejecución de la obra de acuerdo con la experiencia que este posea en el desarrollo de obras similares a las aquí diseñadas.

Para la elaboración del proceso constructivo se han tenido en cuenta los condicionantes que presentan las obras de construcción:

- La tubería forma parte del sistema del alcantarillado y se encuentra localizada en zona con centros poblados, por lo que las zanjas deben permanecer un máximo de 48 horas abiertas.
- El terreno se clasifica como suelo, en su mayoría arcilloso y limoso con poca presencia de arenas y gravas que se mantienen con la profundidad, por lo que la excavación puede realizarse con medios mecánicos convencionales (retroexcavadora) y perfilados manuales en el fondo de la excavación de tal forma que se garantice apoyo uniforme de la tubería instalada y un ancho de zanja de acuerdo con los planos de diseño.
- Una parte de las excavaciones se ubican bajo vías pavimentadas o andenes. Este hecho implica el corte y retirada del pavimento o concreto antes de iniciar la excavación y su posterior reposición tras la instalación de la tubería y llenado de la zanja.

Teniendo en cuenta estas limitaciones, se describe a continuación el proceso constructivo paso a paso:

1. Corte y retirada de pavimento superficial
2. Excavación por medios manuales hasta 1,2 m de profundidad para la detección de servicios. Si existe absoluta seguridad que no se afectarán redes de servicios existentes este primer metro de excavación puede realizarse por medios mecánicos.
3. Hinca de los perfiles metálicos especificados en el diseño estructural del entibado (tipo HEA de acuerdo con lo indicado en los planos) a ambos lados de la futura zanja (si la profundidad de la excavación es superior a 1,5 m) con una separación longitudinal entre perfiles de acuerdo lo que indiquen los planos o la especificación del entibado. Los perfiles se separan transversalmente de acuerdo con el ancho de zanja definido para cada tramo a construir. Los perfiles deben alcanzar, al menos H/5

bajo la cota de excavación prevista, siendo H la profundidad de la excavación.

4. Introducción de paneles de entibado entre los perfiles hincados y el terreno a sostener, hasta la profundidad excavada y colocación de primer nivel de apuntalamientos entre 0,5 y 1,0 m de profundidad, según lo indicado en los planos.
5. Continuación de la excavación con retroexcavadora hasta 2,5 m de profundidad, con una inclinación del frente de la excavación entre 45° y 60° aproximadamente para una mayor facilidad constructiva. La longitud del tramo excavado debe ser de 8 m más la distancia requerida por el frente de la excavación y la distancia requerida al inicio del tramo o en el empalme de excavaciones de un día para otro.
6. A medida que avance la excavación se deben desplazar los paneles de entibado hacia el fondo excavado empujándolos con nuevos paneles ubicados en la parte superior de los ya instalados. Una vez se alcance una profundidad indicada en los planos, se instalará el segundo nivel de apuntalamiento.
7. Si el tramo a instalar no se localiza sobre tuberías existentes se procederá con excavación mecánica hasta alcanzar una profundidad entre 10 y 15 cm por encima del fondo de la excavación requerida según planos de diseño y a partir de este nivel se continuará de forma manual de tal forma que no se altere el terreno de apoyo.
8. Si el tramo a instalar se localiza sobre una red existente, antes de realizar la demolición del tramo a remplazar se deberán implementar medidas de manejo y control del caudal presente en la red para evitar inundar la zanja lo cual puede ocasionar inestabilidades en los entibados y por consiguiente en las paredes de la excavación. Dentro de las medidas para el control de caudal que se pueden implementar se encuentran:

    a. Taponamiento temporal de las cámaras de inspección aguas arriba del tramo intervenido.
    b. Taponamiento temporal de las acometidas existentes en la red intervenida.
    c. Instalación temporal de manijas de trabajo.

Será responsabilidad del contratista adelantar las acciones necesarias para garantizar el desarrollo de los trabajos en seco.

9. Tan pronto se termine la excavación mecánica y manual y que el fondo de la excavación sea avalado por la interventoría del proyecto se procederá con la instalación de una capa de material como encamado con características de acuerdo al tipo de cimentación definido.

10. A continuación, se procederá con la instalación de la tubería y para tal fin puede ser necesario el desplazamiento temporal de los puntales más cercanos al frente de la excavación, logrando que la tubería pueda ser ubicada en el fondo de la excavación sin deflactarla. Para facilitar esta operación no se debe colocar ningún apuntalamiento a una distancia inferior a 2,0 m desde el fondo de la excavación. Antes de quitar cualquier puntal se deberán ubicar dos puntales provisionales los más próximos posibles al eliminado, garantizando que no se presenten concentraciones de esfuerzos en la estructura y esta pueda colapsar.

11. Una vez se ubique la tubería y antes de acoplarla a la cámara de inspección o al tramo anterior de debe garantizar que no existan piedras, suelos blandos o escombros bajo la tubería a causa de la bajada del tubo. Se colocará una estructura de empuje en el frente del tubo (Elementos de madera), se limpiará la campana del tubo instalado y se lubricará el empaque del nuevo tubo antes de empujar y ajustar el elemento.

12. El empuje de la tubería se realizará con ayuda de la retroexcavadora hasta conseguir el acople correcto con el tramo de tubería anterior.

13. Antes de iniciar el llenado de la zanja deberá instalarse una estructura de transición que permita el funcionamiento de la red hasta el inicio de la siguiente etapa de construcción. Este elemento debe garantizar que además de existir un funcionamiento hidráulico la zanja pueda ser llenada. El llenado de la zanja se realizará una vez se dé la aprobación de la instalación por parte de la Interventoría. El relleno inicial y final de la tubería se realizarán con los materiales y las especificaciones contenidas en los planos de diseño. Las primeras capas de llenado de la zanja se deben compactar con pisón manual hasta alcanzar 30 cm sobre la clave de la tubería, para evitar esfuerzos o vibraciones perjudiciales para la tubería. Se debe rellenar simultáneamente a ambos

lados de la tubería para evitar esfuerzos laterales sobre ella. A partir de ese punto, se recomienda la colocación de capas de 30 cm de espesor y realizar compactación mecánica. El número de pasadas del equipo de compactación estarán definidas por la clase de material, el equipo utilizado y la densidad especificada

14. El llenado y compactado del resto de la zanja se realizará con material propio de la excavación, siempre y cuando cumpla con los requerimientos de la Especificación para rellenos tipo INVIAS, Los materiales se compactaran en capas de máximo 30 cm de espesor hasta alcanzar el 95% del Proctor Modificado.

15. Los apuntalamientos y paneles del entibado serán retirados a medida que se realice el llenado de la zanja, siempre y cuando el tramo de zanja en el cual se efectúe el retiro del entibado, no presente problemas de inestabilidad y el relleno se coloque inmediatamente hasta cubrir mínimo 50 cm por encima de la clave de la tubería en todo el tramo considerado. Los paneles deben contar con un elemento de unión entre ellos, para permitir la extracción del panel inferior tirando desde el panel superior, si es el caso. Los perfiles metálicos se quitarán un metro antes que el relleno alcance la rasante de la vía y los huecos dejados en el terreno deben ser rellenados convenientemente con material propio de la excavación.

16. Teniendo en cuenta que hay tramos donde las obras se realizarán en una zona con afluencia de tráfico vehicular y peatonal se estima que los trabajos a ejecutar pueden ser diurnos y existirá una movilidad limitada por las obras.

17. Finalmente se realizará la reposición de la estructura de pavimento original del tramo renovado de acuerdo con las especificaciones de construcción tipo INVIAS.

7 RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES

- Las características de los suelos encontrados en el sitio de estudio permiten establecer una serie de comentarios finales y recomendaciones que se deben tener en cuenta en los procesos de diseño y construcción de las fundaciones que se pretendan realizar.

- Las características de los suelos definen una única zona geotécnica, el sitio está haciendo parte de Depósitos coluviales (Q2c), donde está constituido por bloques y guijarros envueltos en una matriz arenosa o soportados.

- Los Depósitos Coluviales se encuentran en la totalidad del casco urbano de Pauna (ver figura 6), son materiales transportados por gravedad; su origen es local, producto de la alteración in situ de las rocas y posterior transporte como derrubios de ladera por lo tanto durante las excavaciones se van a presentar bloques de roca de diferentes tamaños.
  Teniendo en cuenta estas condiciones geotécnicas, se estima que durante la fase de excavación se encontrarán este tipo de materiales, por lo que se recomienda considerar una proporción aproximada del 65% de excavación de cortes y canales sin clasificar y un 35% de excavación mecánica en roca apoyada en el uso de cemento expansivo para la fracturación controlada.

- Con base en los análisis y resultados obtenidos a partir de los sondeos realizados en la zona de estudio, se evidencia la presencia de materiales en diferentes proporciones; en consecuencia, se recomienda la ejecución de excavación manual en material común en una proporción del 65%, así como 35% de excavación manual en material conglomerad, en las zonas en las que se realiza la instalación de las acometidas domiciliarias.

- Para la reutilización de materiales de excavación se rechazaran como materiales de lleno la materia orgánica, arcillas de expansividad moderada a altas teniendo en cuenta que fue el cual que predomino durante las exploraciones, material granular mayor de 75 mm (3”), escombros, basuras, suelos con límite líquido mayor del 50% y suelos con humedad natural alta que por su exceso no permita obtener la compactación especificada en los diseños, se establece que con las investigaciones geotécnicas realizadas y los ensayos de laboratorio ejecutados solamente es viable utilizar el material proveniente de la excavación el obtenido como la arenisca y se rechaza el

limo areno arcilloso encontrado en la mayoría de zonas en el primer estrato. En la etapa de construcción y a juicio de la interventoría o supervisión se realizarán ensayos de laboratorio adicionales sobre materiales que se observen adecuados para ser utilizados como relleno final de la tubería.

- Las cimentaciones de todos los tramos fueron calculadas con los anchos de zanja teóricos que se indican en las tablas de diseño por diámetro de tubería, en caso de presentarse cambios durante la construcción, deberán recalcularse las cimentaciones.

- Los taludes establecidos para la construcción de redes de alcantarillado es vertical y requieren de entibados a partir de 1,50 m de altura.

- En cuanto a la expansión se tiene que para los diferentes apiques el potencial expansivo es marginal, se presenta una situación de contracción del material en condiciones saturadas bajo lo que hace prever susceptibilidad a los asentamientos y deformación a la presencia de cargas en estas condiciones. Por lo tanto, es necesario reemplazar el material de limo y arcilla por material de préstamo.

- Se evalúa la capacidad portante para varias dimensiones con cimentación flexible, ver tabla 8, donde los valores varían de 10.5 a 11.6 Ton/m^2. Se estiman los asentamientos totales con la carga admisible obtenida del FS=3.

- El llenado de los primeros 0.30 metros sobre la tubería debe compactarse con pisón de tal forma que no se afecte la tubería y el compactado del resto de la zanja se realizará con material propio de la excavación, siempre y cuando cumpla con los requerimientos de la Especificación para rellenos tipo INVIAS según articulo INV-610-13, Los materiales se compactaran en capas de máximo 30 cm de espesor hasta alcanzar el 95% del Proctor Modificado.

- Se recomienda mantener una distancia de seguridad desde la coronación de la zanja hasta los edificios cercanos, para no comprometer la estabilidad de estos ni producir asientos no deseados. Está distancia será, como mínimo, igual a la profundidad de la zanja.

- En caso de ocurrencia de lluvias durante la excavación se debe tapar con plástico las mismas con el fin de evitar que se deposite agua en las excavaciones, evitando así el uso de sistemas de bombeo y reblandecimiento del suelo de fundación.

- El material de relleno utilizado en el proyecto debe ser compactado en capas máximo de 0.30 metros o menor según el equipo de compactación que se utilice.
- No se deberá utilizar el uso de sistemas de excavación que pudieran dañar excesivamente el terreno adyacente. Durante la ejecución de los trabajos se tomarán, en todos los casos, las precauciones adecuadas para no disminuir la resistencia o estabilidad del terreno excavado.

- Para la ejecución del tablestacado se seguirá en todo momento lo dispuesto en el artículo INV – 622-07 - Especificación de tablestacas y lo indicado en los planos.

- Se realizo el análisis de suelos colapsables en el capítulo 4.5 y suelos licuables en el capítulo 4.6 definiendo que el terreno no es susceptible a licuación o colapso.

- El alcance del estudio no implica caracterización química del suelo, mediante ensayos de pH, contenido de sulfatos, cloruros. No obstante, en la revisión de las estructuras de los pozos del alcantarillado no se observó problemas de corrosión en sus elementos.

- Los análisis, conclusiones y recomendaciones indicados en este informe están basados en las observaciones de campo, exploración del suelo a nivel puntual y resultados de laboratorio obtenidos de las muestras ensayadas, por lo que cualquier cambio en las condiciones del subsuelo no previstas en el presente documento deben ser informadas al ingeniero de suelos quien modifique o recomiende los ajustes necesarios acordes con la situación.



ING. JIMMY VERGARA SILVA
M.P 15202 –
130100BYC DIRECTOR
DE LABORATORIO

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

8 ANEXOS – PERFILES DE CAMPO

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SONDEO 01

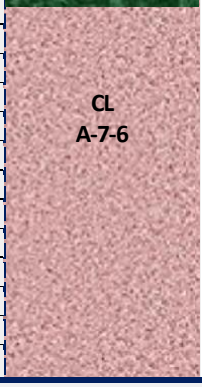
CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

DESCRIPCION DEL SUELO	Prof. (m)	Perfil de Resistencia – Clasificación					PERFIL
		Wn	LL	LP	IP	PASA Nº 200	SUCS
(0,00-0,10) Capa Vegetal	0,1						
	0,2						
(0,10-0,70) Relleno	0,4						
	0,6	8,89					
(0,70-0,80) Via	0,8						
	1,0	9,47					
	1,2						
	1,4						
	1,6	24,70					
	1,8						
(0,80-4,00)	2,0	27,15					
Estrato compuesto por arcilla delgada con mucha grava de color amarillo con gris. Material de consistencia blanda a muy firme con potencial de expanción bajo y contenido de humedad moderada	2,2		31,97	21,31	10,66	57,26	CL A-6
	2,4						
	2,6	13,92					
	2,8						
	3,0	18,37					
	3,2						
	3,4						
	3,6	16,40					
	3,8						
	4,0	14,28					

Observaciones : No se presentó Nivel Freatico

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SONDEO 02

CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

DESCRIPCION DEL SUELO	Prof. (m)	Perfil de Resistencia – Clasificación					PERFIL
		Wn	LL	LP	IP	PASA Nº 200	SUCS
(0,00-0,10) Capa Vegetal	0,1						
	0,2						
	0,4						
	0,6	18,87					
	0,8						
	1,0	16,66					
	1,2						
(0,10-3,50) Estrato compuesto por arcilla delgada con mucha grava de color amarillo. Material de consistencia media a muy firme con potencial de expanción medio y contenido de humedad moderada	1,4						 CL A-7-6
	1,6	18,44					
	1,8						
	2,0	15,93					
	2,2		43,31	24,12	19,19	67,00	
	2,4						
	2,6	12,88					
	2,8						
	3,0	16,14					
	3,2						
	3,4						
	3,6	13,10					

Observaciones : No se presentó Nivel Freatico

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SONDEO 03

CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

DESCRIPCION DEL SUELO	Prof. (m)	Perfil de Resistencia - Clasificación					PERFIL
		Wn	LL	LP	IP	PASA Nº 200	SUCS
(0,00-0,10) Capa Vegetal	0,1						
(0,10-3,70) Estrato compuesto por arcilla delgada de color amarillo. Material de consistencia media a muy firme con potencial de expanción medio y contenido de humedad moderada	0,2						CL A-7-6
	0,4						
	0,6	26,40					
	0,8						
	1,0	24,37					
	1,2						
	1,4						
	1,6	30,67					
	1,8						
	2,0	15,85					
	2,2						
	2,4		46,46	26,84	19,61	94,81	
	2,6	17,54					
	2,8						
	3,0	17,45					
	3,2						
	3,4						
	3,6	16,03					
	3,8						

Observaciones : No se presentó Nivel Freatico

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SONDEO 04

CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

DESCRIPCION DEL SUELO	Prof. (m)	Perfil de Resistencia – Clasificación					PERFIL
		Wn	LL	LP	IP	PASA Nº 200	SUCS
(0,00-0,05) Capa Vegetal	0,1						
(0,05-0,90) Estrato compuesto por limo plástico de color café. Material de consistencia media con potencial de expanción alto y contenido de humedad alto	0,2						MH A-7-5
	0,4						
	0,6	40,77	47,58	35,00	12,58	93,37	
	0,8						
	1,0	37,73					
(0,90-4,20) Estrato compuesto por limo de color rojizo. Material de consistencia media a muy firme con potencial de expanción medio y contenido de humedad moderada	1,2						ML A-7-6
	1,4						
	1,6	32,25					
	1,8						
	2,0	41,65					
	2,2						
	2,4						
	2,6	13,12					
	2,8		49,18	28,55	20,64	89,40	
	3,0	17,40					
	3,2						
	3,4						
	3,6	18,32					
	3,8						
	4,0	15,50					
	4,2						

Observaciones : No se presentó Nivel Freatico

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SONDEO 05

CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

DESCRIPCION DEL SUELO	Prof. (m)	Perfil de Resistencia – Clasificación					PERFIL
		Wn	LL	LP	IP	PASA Nº 200	SUCS
(0,00-0,20) Relleno	0,0						
	0,2						
	0,4						
	0,6	24,33					
	0,8						
	1,0	25,81					
	1,2						
	1,4						
	1,6	24,45					
(0,20-4,10) Estrato compuesto por limo arenoso con grava de color amarillo con café. Material de consistencia blanda a firme con potencial de expanción medio y contenido de humedad moderada	1,8						
	2,0	15,41					
	2,2		47,61	28,28	19,34	51,89	ML A-7-6
	2,4						
	2,6	19,79					
	2,8						
	3,0	18,65					
	3,2						
	3,4						
	3,6	16,85					
	3,8						
	4,0	16,27					

Observaciones : No se presentó Nivel Freatico

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SONDEO 06

CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

DESCRIPCION DEL SUELO	Prof. (m)	Perfil de Resistencia – Clasificación					PERFIL
		Wn	LL	LP	IP	PASA Nº 200	SUCS
(0,00-4,00) Estrato compuesto por arcilla gruesa de color amarillo. Material de consistencia blanda a muy firme con potencial de expanción alto y contenido de humedad moderada	0,0						CH A-7-6
	0,2						
	0,4						
	0,6	19,12					
	0,8						
	1,0	32,14					
	1,2						
	1,4						
	1,6	26,57					
	1,8						
	2,0	32,02					
	2,2						
	2,4		52,03	27,57	24,46	96,59	
	2,6	21,22					
	2,8						
	3,0	22,24					
	3,2						
	3,4						
	3,6	20,69					
	3,8						
	4,0	18,47					

Observaciones : Se presentó Nivel Freatico a 1,30 m

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SONDEO 07

CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

DESCRIPCION DEL SUELO	Prof. (m)	Perfil de Resistencia – Clasificación					PERFIL
		Wn	LL	LP	IP	PASA Nº 200	SUCS
(0,00-0,20) Relleno	0,0						
	0,2						
	0,4						
	0,6	14,21					
	0,8						
	1,0	14,96					
	1,2						
	1,4						
	1,6	11,52					
(0,20-3,70) Estrato compuesto por arcilla delgada con mucha grava de color amarillo con gris. Material de consistencia firme con potencial de expanción medio y contenido de humedad bajo	1,8						
	2,0	13,96					
	2,2		43,31	25,32	17,99	57,32	CL A-7-6
	2,4						
	2,6	9,22					
	2,8						
	3,0	13,62					
	3,2						
	3,4						
	3,6	12,14					
	3,8						

Observaciones : No se presentó Nivel Freatico

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

9 ANEXOS ENSAYOS DE LABORATORIO

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

SONDEO **1**

PROF. (m)	No Cápsula	W Cáp.(g)	W Cáp. + Mh (g)	W Cáp. + Ms (g)	HUMEDAD (%)
0,00-0,50	79	5,69	97,06	89,60	8,89
0,50-1,00	210	4,49	72,84	66,93	9,47
1,00-1,50	5	5,04	65,32	53,38	24,70
1,50-2,00	777	4,76	85,59	68,33	27,15
2,00-2,50	7	4,77	95,35	84,28	13,92
2,50-3,00	60	5,84	82,59	70,68	18,37
3,00-3,50	54	5,93	94,86	82,33	16,40
3,50-4,00	58	4,82	83,52	73,69	14,28

SONDEO **2**

PROF. (m)	No Cápsula	W Cáp.(g)	W Cáp. + Mh (g)	W Cáp. + Ms (g)	HUMEDAD (%)
0,00-0,50	191	5,77	104,86	89,13	18,87
0,50-1,00	92	5,80	103,19	89,28	16,66
1,00-1,50	18	5,85	105,99	90,40	18,44
1,50-2,00	83	5,70	119,09	103,51	15,93
2,00-2,50	13	5,69	84,45	75,46	12,88
2,50-3,00	26	5,94	101,84	88,51	16,14
3,00-3,50	3	6,13	98,36	87,68	13,10

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

SONDEO **3**

PROF. (m)	No Cápsula	W Cáp.(g)	W Cáp. + Mh (g)	W Cáp. + Ms (g)	HUMEDAD (%)
0,00-0,50	315	5,72	97,30	78,17	26,40
0,50-1,00	11	5,77	106,22	86,54	24,37
1,00-1,50	211	5,50	91,65	71,43	30,67
1,50-2,00	306	5,67	76,29	66,63	15,85
2,00-2,50	4	5,00	67,81	58,44	17,54
2,50-3,00	19	4,66	71,67	61,71	17,45
3,00-3,50	55	5,51	84,31	73,42	16,03

SONDEO **4**

PROF. (m)	No Cápsula	W Cáp.(g)	W Cáp. + Mh (g)	W Cáp. + Ms (g)	HUMEDAD (%)
0,00-0,50	57	5,64	83,77	61,14	40,77
0,50-1,00	74	5,59	83,56	62,20	37,73
1,00-1,50	11A	5,40	97,38	74,95	32,25
1,50-2,00	31	5,66	83,17	60,38	41,65
2,00-2,50	84A	5,61	103,62	92,25	13,12
2,50-3,00	61	4,77	73,20	63,06	17,40
3,00-3,50	49	5,82	79,55	68,13	18,32
3,50-4,00	88	4,38	86,24	75,25	15,50

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

SONDEO **5**

PROF. (m)	No Cápsula	W Cáp.(g)	W Cáp. + Mh (g)	W Cáp. + Ms (g)	HUMEDAD (%)
0,00-0,50	6	3,99	72,57	59,15	24,33
0,50-1,00	199	4,65	62,86	50,92	25,81
1,00-1,50	14	4,41	70,47	57,49	24,45
1,50-2,00	95	4,64	78,26	68,43	15,41
2,00-2,50	66	4,53	104,09	87,64	19,79
2,50-3,00	21	4,90	88,79	75,60	18,65
3,00-3,50	17	4,70	91,02	78,57	16,85
3,50-4,00	46	5,33	78,33	68,11	16,27

SONDEO **6**

PROF. (m)	No Cápsula	W Cáp.(g)	W Cáp. + Mh (g)	W Cáp. + Ms (g)	HUMEDAD (%)
0,00-0,50	505	4,79	85,46	72,51	19,12
0,50-1,00	96	4,42	70,28	54,26	32,14
1,00-1,50	8	4,76	88,51	70,93	26,57
1,50-2,00	U	4,73	99,20	76,29	32,02
2,00-2,50	A	4,88	73,61	61,58	21,22
2,50-3,00	67	4,96	81,24	67,36	22,24
3,00-3,50	29	6,05	100,10	83,98	20,69
3,50-4,00	33	5,71	94,34	80,52	18,47

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

SONDEO **7**

PROF. (m)	No Cápsula	W Cáp.(g)	W Cáp. + Mh (g)	W Cáp. + Ms (g)	HUMEDAD (%)
0,00-0,50	98	4,40	83,10	73,31	14,21
0,50-1,00	15	4,97	108,96	95,43	14,96
1,00-1,50	601	3,60	94,77	85,35	11,52
1,50-2,00	815	3,72	86,89	76,70	13,96
2,00-2,50	73	3,21	87,82	80,68	9,22
2,50-3,00	75	4,03	90,13	79,81	13,62
3,00-3,50	23	5,72	88,64	79,66	12,14

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACA**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

SONDEO **1**

	ANTES DE LAVADO			DESPUES DE LAVADO	
PROF. (m)	No Platón	W Platón (g)	Wplatón + M.S.L (g)	W Platón + M.D.L. (g)	% Pasa #200
0,80-4,00	Z19	59,45	261,36	145,74	57,26

SONDEO **2**

	ANTES DE LAVADO			DESPUÉS DE LAVADO	
PROF. (m)	No Platón	W Platón (g)	Wplatón + M.S.L (g)	W Platón + M.D.L. (g)	% Pasa #200
0,10-3,50	Z89	58,84	306,57	140,59	67,00

SONDEO **3**

	ANTES DE LAVADO			DESPUÉS DE LAVADO	
PROF. (m)	No Platón	W Platón (g)	Wplatón + M.S.L (g)	W Platón + M.D.L. (g)	% Pasa #200
0,10-3,70	301	59,01	331,04	73,14	94,81

SONDEO **4**

	ANTES DE LAVADO			DESPUÉS DE LAVADO	
PROF. (m)	No Platón	W Platón (g)	Wplatón + M.S.L (g)	W Platón + M.D.L. (g)	% Pasa #200
0,05-0,90	Z22	59,10	280,44	73,78	93,37
0,90-4,20	N10	42,08	193,74	58,16	89,40

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACA**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

SONDEO **5**

	ANTES DE LAVADO			DESPUES DE LAVADO	
PROF. (m)	No Platón	W Platón (g)	Wplatón + M.S.L (g)	W Platón + M.D.L. (g)	% Pasa #200
0,20-4,10	Z62	60,09	266,60	159,45	51,89

SONDEO **6**

	ANTES DE LAVADO			DESPUES DE LAVADO	
PROF. (m)	No Platón	W Platón (g)	Wplatón + M.S.L (g)	W Platón + M.D.L. (g)	% Pasa #200
0,00-4,00	Z14	61,23	290,54	69,04	96,59

SONDEO **7**

	ANTES DE LAVADO			DESPUES DE LAVADO	
PROF. (m)	No Platón	W Platón (g)	Wplatón + M.S.L (g)	W Platón + M.D.L. (g)	% Pasa #200
0,20-3,70	Z139	74,52	256,21	152,07	57,32

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 7 de 41	ENSAYO
NORMA **INV E – 125 -13** **INV E – 126 -13**	**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
~~MUNICIPIO:~~	~~**PAUNA - BOYACÁ**~~	~~SONDEO~~	~~**1**~~
~~DIRIGIDO A :~~	~~**ALCALDIA MUNICIPAL**~~	~~PROFUNDIDAD~~	~~**0,80-4,00**~~
~~FECHA:~~	~~**3/12/2024**~~	~~MUESTRA~~	~~**2**~~

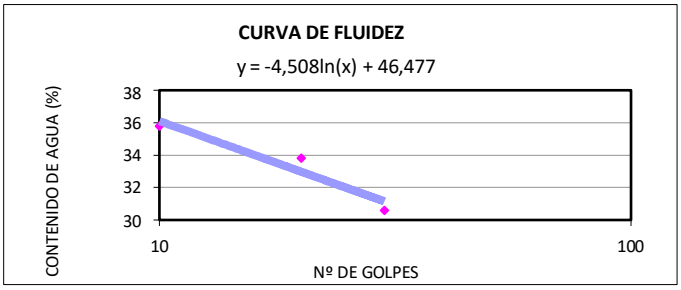
DATOS DE ENSAYO

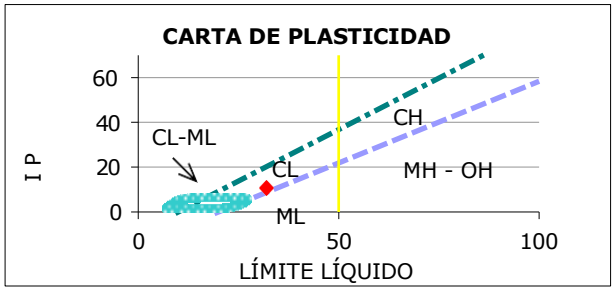
LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	30	20	10
RECIPIENTE Nº	27	13	6
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	33,19	31,75	33,20
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	28,82	26,78	27,74
PESO RECIPIENTE (g)	14,54	12,09	12,48
CONTENIDO DE AGUA (%)	30,60	33,83	35,78

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	7	25
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	14,85	14,18
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	13,46	12,84
PESO RECIPIENTE (g)	6,99	6,50
CONTENIDO DE AGUA (%)	21,48	21,14

LÍMITE LÍQUIDO:	***31,97***	% FINOS	***57,26***
LÍMITE PLÁSTICO:	***21,31***	% ARENAS	***13,03***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***10,66***	% GRAVAS	***29,71***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***-0,44***		

DESCRIPCIÓN MATERIAL: Material compuesto por arcilla delgada con mucha grava de color amarillo con gris





CLASIFICACIÓN

SUCS	***CL***	Arcilla Delgada con Mucha Grava
AASHTO	***A-6 (4)***	Principalmente Suelos Arcillosos.
	ÍNDICE DE GRUPO	**4**

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

NORMA
INV E – 125 -13
INV E – 126 -13

ENSAYO
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
~~MUNICIPIO:~~	~~**PAUNA - BOYACÁ**~~	~~SONDEO~~	~~**2**~~
~~DIRIGIDO A :~~	~~**ALCALDIA MUNICIPAL**~~	~~PROFUNDIDAD~~	~~**0,10-3,50**~~
~~FECHA:~~	~~**3/12/2024**~~	~~MUESTRA~~	~~**2**~~

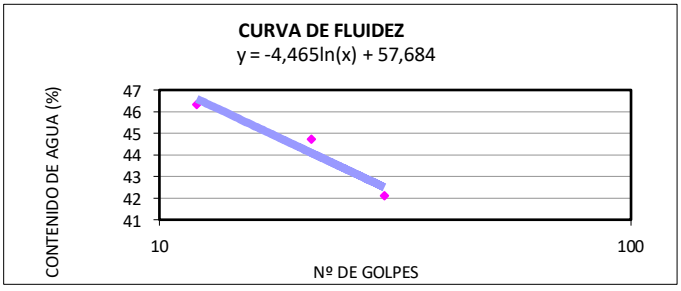
DATOS DE ENSAYO

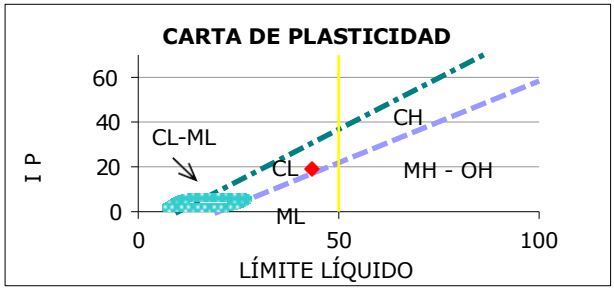
LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	30	21	12
RECIPIENTE Nº	38	39	29
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	33,09	34,29	29,91
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	26,87	28,06	24,08
PESO RECIPIENTE (g)	12,10	14,13	11,50
CONTENIDO DE AGUA (%)	42,11	44,72	46,34

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	31	15
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	14,84	15,05
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	13,22	13,35
PESO RECIPIENTE (g)	6,43	6,38
CONTENIDO DE AGUA (%)	23,86	24,39

LÍMITE LÍQUIDO:	***43,31***	% FINOS	***67,00***
LÍMITE PLÁSTICO:	***24,12***	% ARENAS	***17,10***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***19,19***	% GRAVAS	***15,90***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***-0,42***		

DESCRIPCIÓN MATERIAL: Material compuesto por arcilla delgada con mucha grava de color amarillo





CLASIFICACIÓN

SUCS	***CL***	Arcilla Delgada con Mucha Grava
AASHTO	***A-7-6 (12)***	Principalmente Suelos Arcillosos.
	ÍNDICE DE GRUPO	**12**

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 9 de 41	ENSAYO
NORMA **INV E – 125 -13** **INV E – 126 -13**	**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
~~MUNICIPIO:~~	**~~PAUNA - BOYACÁ~~**	~~SONDEO~~	**~~3~~**
~~DIRIGIDO A :~~	**~~ALCALDIA MUNICIPAL~~**	~~PROFUNDIDAD~~	**~~0,10-3,70~~**
~~FECHA:~~	**~~3/12/2024~~**	~~MUESTRA~~	**~~2~~**

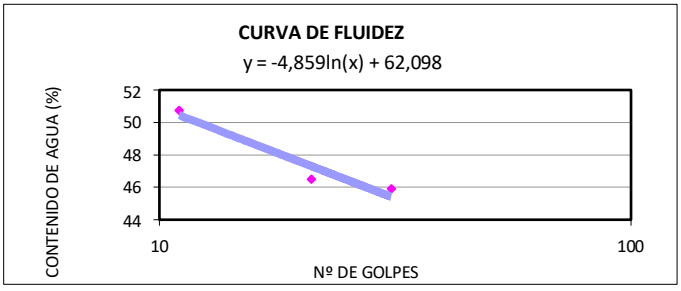
DATOS DE ENSAYO

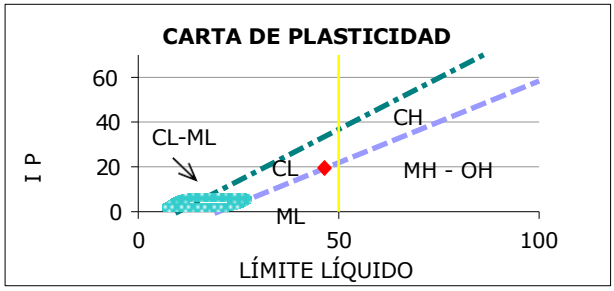
LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	31	21	11
RECIPIENTE Nº	31	1	24
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	30,02	30,21	33,20
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	24,40	24,50	26,09
PESO RECIPIENTE (g)	12,16	12,22	12,08
CONTENIDO DE AGUA (%)	45,92	46,50	50,75

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	9	35
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	14,34	14,95
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	12,76	13,23
PESO RECIPIENTE (g)	6,83	6,87
CONTENIDO DE AGUA (%)	26,64	27,04

LÍMITE LÍQUIDO:	***46,46***	% FINOS	***94,81***
LÍMITE PLÁSTICO:	***26,84***	% ARENAS	***4,00***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***19,61***	% GRAVAS	***1,20***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***-0,29***		

DESCRIPCIÓN MATERIAL: Material compuesto por arcilla delgada de color amarillo





CLASIFICACIÓN

SUCS	***CL***	Arcilla Delgada
AASHTO	***A-7-6 (22)***	Principalmente Suelos Arcillosos.
	ÍNDICE DE GRUPO	***22***

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

NORMA
INV E – 125 -13
INV E – 126 -13

ENSAYO
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
~~MUNICIPIO:~~	**~~PAUNA - BOYACÁ~~**	~~SONDEO~~	**~~4~~**
~~DIRIGIDO A :~~	**~~ALCALDIA MUNICIPAL~~**	~~PROFUNDIDAD~~	**~~0,05-0,90~~**
~~FECHA:~~	**~~3/12/2024~~**	~~MUESTRA~~	**~~2~~**

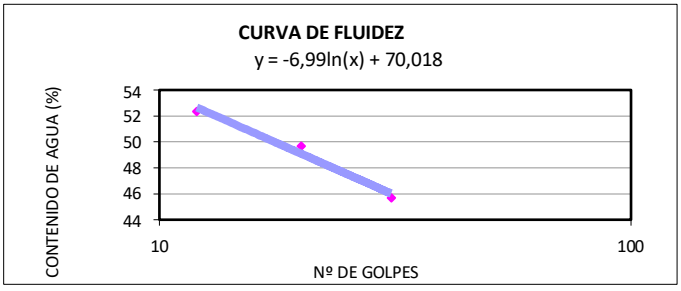
DATOS DE ENSAYO

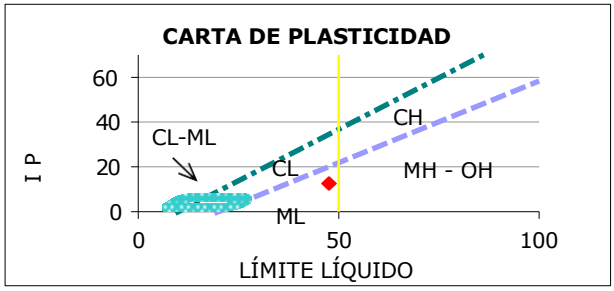
LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	31	20	12
RECIPIENTE Nº	5	47	19
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	30,86	29,21	29,74
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	24,92	23,34	23,73
PESO RECIPIENTE (g)	11,92	11,53	12,26
CONTENIDO DE AGUA (%)	45,69	49,68	52,37

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	28	17
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	14,29	16,42
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	12,24	13,98
PESO RECIPIENTE (g)	6,24	7,17
CONTENIDO DE AGUA (%)	34,17	35,83

LÍMITE LÍQUIDO:	***47,58***	% FINOS	***93,37***
LÍMITE PLÁSTICO:	***35,00***	% ARENAS	***4,17***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***12,58***	% GRAVAS	***2,47***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***0,34***		

DESCRIPCIÓN MATERIAL: Material compuesto por limo plástico de color café.





CLASIFICACIÓN

SUCS	***MH***	Limo Plástico
AASHTO	***A-7-5 (33)***	Principalmente Suelos Arcillosos.
	ÍNDICE DE GRUPO	**16**

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 11 de 41	ENSAYO
NORMA **INV E – 125 -13** **INV E – 126 -13**	**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
~~MUNICIPIO:~~	**~~PAUNA - BOYACÁ~~**	~~SONDEO~~	**~~4~~**
~~DIRIGIDO A :~~	**~~ALCALDIA MUNICIPAL~~**	~~PROFUNDIDAD~~	**~~0,90-4,20~~**
~~FECHA:~~	**~~3/12/2024~~**	~~MUESTRA~~	**~~6~~**

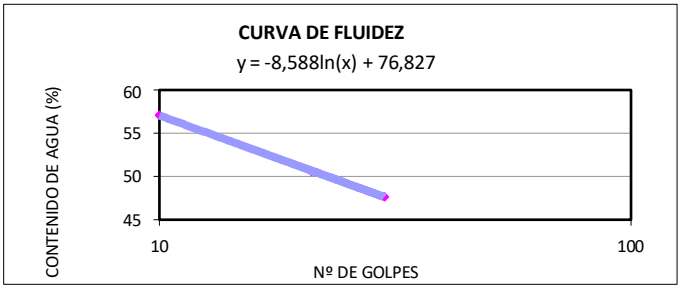
DATOS DE ENSAYO

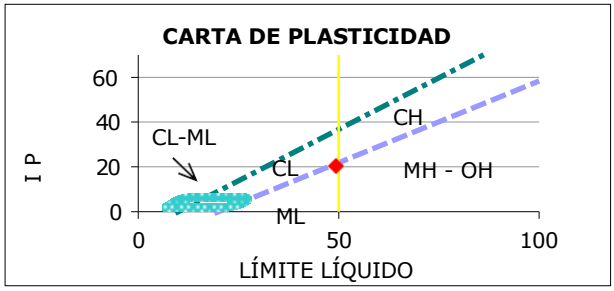
LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	30	21	10
RECIPIENTE Nº	20	4	25
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	30,22	28,99	34,77
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	24,29	23,18	28,52
PESO RECIPIENTE (g)	11,85	11,70	17,57
CONTENIDO DE AGUA (%)	47,67	50,61	57,08

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	1	19
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	13,62	13,46
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	12,05	11,91
PESO RECIPIENTE (g)	6,57	6,46
CONTENIDO DE AGUA (%)	28,65	28,44

LÍMITE LÍQUIDO:	***49,18***	% FINOS	***89,40***
LÍMITE PLÁSTICO:	***28,55***	% ARENAS	***5,01***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***20,64***	% GRAVAS	***5,59***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***-0,27***		

DESCRIPCIÓN MATERIAL: Material compuesto por limo de color rojizo





CLASIFICACIÓN

SUCS	***ML***	Limo
AASHTO	***A-7-6 (21)***	Principalmente Suelos Arcillosos.
	ÍNDICE DE GRUPO	**21**

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

NORMA
INV E – 125 -13
INV E – 126 -13

ENSAYO
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
~~MUNICIPIO:~~	~~**PAUNA - BOYACÁ**~~	~~SONDEO~~	~~**5**~~
~~DIRIGIDO A :~~	~~**ALCALDIA MUNICIPAL**~~	~~PROFUNDIDAD~~	~~**0,20-4,10**~~
~~FECHA:~~	~~**3/12/2024**~~	~~MUESTRA~~	~~**2**~~

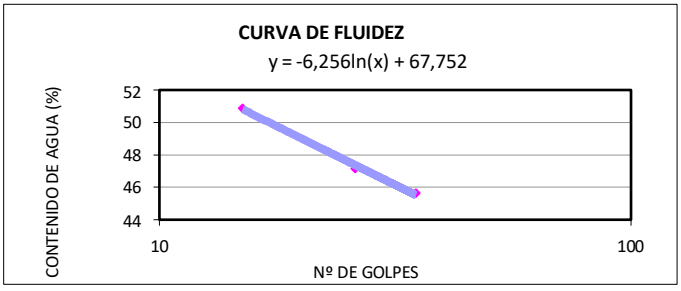
DATOS DE ENSAYO

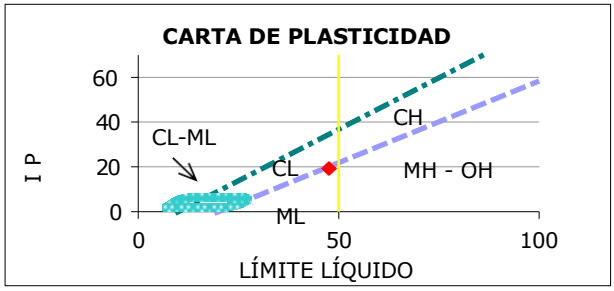
LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	35	26	15
RECIPIENTE Nº	2	21	23
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	31,48	30,21	33,09
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	25,40	24,39	26,76
PESO RECIPIENTE (g)	12,08	12,05	14,32
CONTENIDO DE AGUA (%)	45,65	47,16	50,88

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	12	32
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	14,98	13,50
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	13,16	11,91
PESO RECIPIENTE (g)	6,72	6,29
CONTENIDO DE AGUA (%)	28,26	28,29

LÍMITE LÍQUIDO:	***47,61***	% FINOS	***51,89***
LÍMITE PLÁSTICO:	***28,28***	% ARENAS	***14,38***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***19,34***	% GRAVAS	***33,74***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***-0,42***		

DESCRIPCIÓN MATERIAL: Material compuesto por limo arenoso con grava de color amarillo con café





CLASIFICACIÓN

SUCS	***ML***	Limo Arenoso con Grava
AASHTO	***A-7-6 (7)***	Principalmente Suelos Arcillosos.
	ÍNDICE DE GRUPO	***7***

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 13 de 41	ENSAYO
NORMA **INV E – 125 -13** **INV E – 126 -13**	**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	SONDEO	**6**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**	PROFUNDIDAD	**0,00-4,00**
FECHA:	**3/12/2024**	MUESTRA	**2**

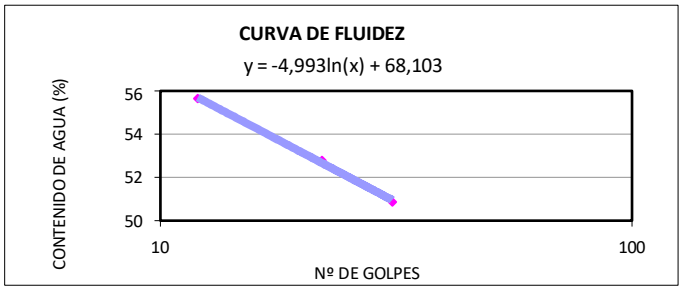
DATOS DE ENSAYO

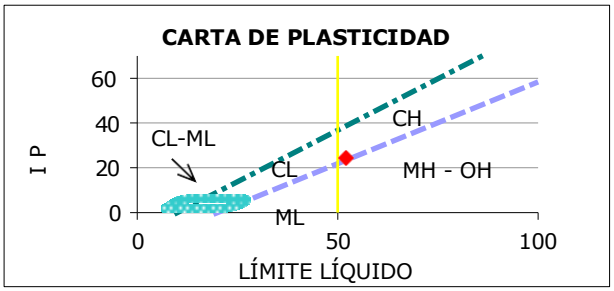
LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	31	22	12
RECIPIENTE Nº	34	11	28
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	29,66	33,30	30,31
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	23,83	26,13	23,61
PESO RECIPIENTE (g)	12,37	12,55	11,57
CONTENIDO DE AGUA (%)	50,87	52,80	55,65

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	8	36
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	16,14	18,53
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	14,04	16,07
PESO RECIPIENTE (g)	6,43	7,14
CONTENIDO DE AGUA (%)	27,60	27,55

LÍMITE LÍQUIDO:	***52,03***	% FINOS	***96,59***
LÍMITE PLÁSTICO:	***27,57***	% ARENAS	***2,87***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***24,46***	% GRAVAS	***0,54***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***-0,14***		

DESCRIPCIÓN MATERIAL: Material compuesto por arcilla gruesa de color amarillo





CLASIFICACIÓN

SUCS	***CH***	Arcilla Gruesa
AASHTO	***A-7-6 (28)***	Principalmente Suelos Arcillosos.
	ÍNDICE DE GRUPO	***28***

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 14 de 41	ENSAYO
NORMA **INV E – 125 -13** **INV E – 126 -13**	**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	SONDEO	**7**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**	PROFUNDIDAD	**0,20-3,70**
FECHA:	**3/12/2024**	MUESTRA	**2**

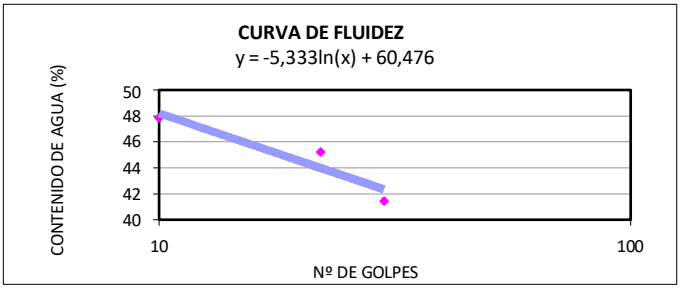
DATOS DE ENSAYO

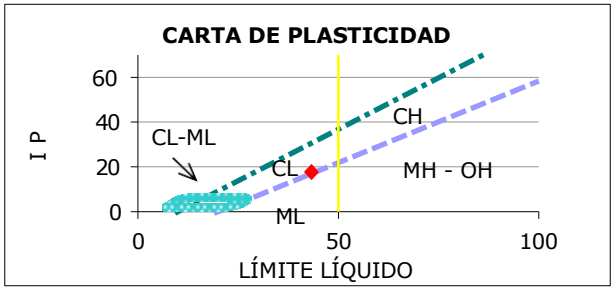
LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	30	22	10
RECIPIENTE Nº	45	43	22
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	30,17	33,30	31,44
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	24,88	27,25	25,04
PESO RECIPIENTE (g)	12,12	13,87	11,66
CONTENIDO DE AGUA (%)	41,46	45,22	47,85

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	18	27
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	13,75	13,89
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	12,30	12,37
PESO RECIPIENTE (g)	6,54	6,40
CONTENIDO DE AGUA (%)	25,17	25,46

LÍMITE LÍQUIDO:	***43,31***	% FINOS	***57,32***
LÍMITE PLÁSTICO:	***25,32***	% ARENAS	***16,89***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***17,99***	% GRAVAS	***25,80***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***-0,07***		

DESCRIPCIÓN MATERIAL: Material compuesto por arcilla delgada con mucha grava de color amarillo con gris





CLASIFICACIÓN

SUCS	***CL***	Arcilla Delgada con Mucha Grava
AASHTO	***A-7-6 (8)***	Principalmente Suelos Arcillosos.
	ÍNDICE DE GRUPO	**8**

~~***ING.JIMMY VERGARA SILVA***~~
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Página 15 de 41	ENSAYO
NORMA **ASTM – D1586**	**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

Sondeo 1 Prof. 1,50

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	1,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,88
Nº de golpes	
N1	3
N2	4
N3	5

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	2,82
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	9
N 50	4
N corregido	3

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,1
Hatanaka f (º):	25,2
Uchida f (º):	31,2
Promedio f (º):	28,2
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	69,6
Cu Stroud (KN/m²):	39,6
Cu Promedio (kg/cm²):	0,5
Cu Promedio (KN/m²):	54,6

Sondeo 1 Prof. 2,00

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	2,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,88
Nº de golpes	
N1	5
N2	6
N3	7

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	3,76
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	13
N 50	6
N corregido	5

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,6
Hatanaka f (º):	27,1
Uchida f (º):	33,1
Promedio f (º):	29,6
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	93,2
Cu Stroud (KN/m²):	57,2
Cu Promedio (kg/cm²):	0,75
Cu Promedio (KN/m²):	75,2

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

Sondeo 1 Prof. 2,50

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	2,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,88
Nº de golpes	
N1	6
N2	6
N3	7

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	4,70
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	13
N 50	6
N corregido	5

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,6
Hatanaka f (º):	27,1
Uchida f (º):	33,1
Promedio f (º):	29,6
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	93,2
Cu Stroud (KN/m²):	57,2
Cu Promedio (kg/cm²):	0,8
Cu Promedio (KN/m²):	75,2

Sondeo 1 Prof. 3,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	3,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,88
Nº de golpes	
N1	6
N2	7
N3	8

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	5,64
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	6,00
Mr (kg)	31,23
m	0,49
e3	0,85
e4	1,00
N de campo	15
N 50	8
N corregido	7

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	29,1
Hatanaka f (º):	28,6
Uchida f (º):	34,6
Promedio f (º):	30,8
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	114,6
Cu Stroud (KN/m²):	66,0
Cu Promedio (kg/cm²):	0,9
Cu Promedio (KN/m²):	90,3

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Página 17 de 41	ENSAYO
NORMA **ASTM – D1586**	**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

Sondeo 1 Prof. 3,50

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	3,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,88

Nº de golpes

N1	8
N2	12
N3	24

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	6,58
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	6,00
Mr (kg)	31,23
m	0,49
e3	0,85
e4	1,00
N de campo	36
N 50	19
N corregido	16

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	31,8
Hatanaka f (º):	34,9
Uchida f (º):	40,9
Promedio f (º):	35,9
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	213,6
Cu Stroud (KN/m²):	158,4
Cu Promedio (kg/cm²):	1,9
Cu Promedio (KN/m²):	186,0

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Página 18 de 41	ENSAYO
NORMA **ASTM – D1586**	**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

Sondeo 2 Prof. 1,00

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	1,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80

Nº de golpes

N1	3
N2	3
N3	3

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	1,80
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	3,00
Mr (kg)	20,79
m	0,33
e3	0,73
e4	1,00
N de campo	6
N 50	3
N corregido	3

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	27,9
Hatanaka f (º):	24,1
Uchida f (º):	30,1
Promedio f (º):	27,4
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	56,6
Cu Stroud (KN/m²):	26,4
Cu Promedio (kg/cm²):	0,4
Cu Promedio (KN/m²):	41,5

Sondeo 2 Prof. 1,50

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	1,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80

Nº de golpes

N1	4
N2	5
N3	5

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	2,70
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	10
N 50	5
N corregido	4

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,4
Hatanaka f (º):	26,2
Uchida f (º):	32,2
Promedio f (º):	28,9
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	81,7
Cu Stroud (KN/m²):	44,0
Cu Promedio (kg/cm²):	0,63
Cu Promedio (KN/m²):	62,9

Página 19 de 41	ENSAYO
NORMA **ASTM – D1586**	**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

Sondeo 2 Prof. 2,00

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	2,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80

Nº de golpes

N1	6
N2	6
N3	6

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	3,60
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	12
N 50	6
N corregido	5

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,6
Hatanaka f (º):	27,1
Uchida f (º):	33,1
Promedio f (º):	29,6
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	93,2
Cu Stroud (KN/m²):	52,8
Cu Promedio (kg/cm²):	0,7
Cu Promedio (KN/m²):	73,0

Sondeo 2 Prof. 2,50

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	2,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80

Nº de golpes

N1	6
N2	7
N3	7

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	4,50
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	14
N 50	7
N corregido	6

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,9
Hatanaka f (º):	27,9
Uchida f (º):	33,9
Promedio f (º):	30,2
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	104,1
Cu Stroud (KN/m²):	61,6
Cu Promedio (kg/cm²):	0,8
Cu Promedio (KN/m²):	82,9

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Página 20 de 41	ENSAYO
NORMA **ASTM – D1586**	**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

Sondeo 2 Prof. 3,00

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	3,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80

Nº de golpes

N1	8
N2	17
N3	24

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	5,40
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	6,00
Mr (kg)	31,23
m	0,49
e3	0,85
e4	1,00
N de campo	41
N 50	21
N corregido	18

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	32,2
Hatanaka f (º):	35,8
Uchida f (º):	41,8
Promedio f (º):	36,6
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	229,6
Cu Stroud (KN/m²):	180,4
Cu Promedio (kg/cm²):	2,1
Cu Promedio (KN/m²):	205,0

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 21 de 41	ENSAYO
NORMA **ASTM – D1586**	**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

Sondeo 3 Prof. 1,00

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	1,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80

Nº de golpes

N1	4
N2	5
N3	7

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	1,80
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	3,00
Mr (kg)	20,79
m	0,33
e3	0,73
e4	1,00
N de campo	12
N 50	5
N corregido	5

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,5
Hatanaka f (º):	26,8
Uchida f (º):	32,8
Promedio f (º):	29,4
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	89,8
Cu Stroud (KN/m²):	52,8
Cu Promedio (kg/cm²):	0,7
Cu Promedio (KN/m²):	71,3

Sondeo 3 Prof. 1,50

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	1,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80

Nº de golpes

N1	7
N2	7
N3	7

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	2,70
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	14
N 50	7
N corregido	7

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	29,1
Hatanaka f (º):	28,6
Uchida f (º):	34,6
Promedio f (º):	30,8
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	114,4
Cu Stroud (KN/m²):	61,6
Cu Promedio (kg/cm²):	0,9
Cu Promedio (KN/m²):	88,0

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Página 22 de 41	ENSAYO
NORMA **ASTM – D1586**	**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

Sondeo 3 Prof. 2,00

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	2,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80

Nº de golpes

N1	14
N2	14
N3	14

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	3,60
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	28
N 50	14
N corregido	13

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	31,0
Hatanaka f (º):	33,4
Uchida f (º):	39,4
Promedio f (º):	34,6
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	188,5
Cu Stroud (KN/m²):	123,2
Cu Promedio (kg/cm²):	1,6
Cu Promedio (KN/m²):	155,9

Sondeo 3 Prof. 2,50

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	2,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80

Nº de golpes

N1	14
N2	17
N3	22

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	4,50
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	39
N 50	19
N corregido	18

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	32,4
Hatanaka f (º):	36,1
Uchida f (º):	42,1
Promedio f (º):	36,9
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	234,9
Cu Stroud (KN/m²):	171,6
Cu Promedio (kg/cm²):	2,0
Cu Promedio (KN/m²):	203,2

Página 23 de 41	ENSAYO
NORMA **ASTM – D1586**	**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

Sondeo 3 Prof. 3,00

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	3,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80

Nº de golpes

N1	28
N2	28
N3	28

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	5,40
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	6,00
Mr (kg)	31,23
m	0,49
e3	0,85
e4	1,00
N de campo	56
N 50	29
N corregido	28

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	35,0
Hatanaka f (º):	40,6
Uchida f (º):	46,6
Promedio f (º):	40,8
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	318,5
Cu Stroud (KN/m²):	246,4
Cu Promedio (kg/cm²):	2,8
Cu Promedio (KN/m²):	282,4

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Página 24 de 41	ENSAYO
NORMA **ASTM – D1586**	**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

Sondeo 4 Prof. 1,00

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	1,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80

Nº de golpes

N1	7
N2	7
N3	7

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	1,80
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	3,00
Mr (kg)	20,79
m	0,33
e3	0,73
e4	1,00
N de campo	14
N 50	6
N corregido	6

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,8
Hatanaka f (º):	27,7
Uchida f (º):	33,7
Promedio f (º):	30,1
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	102,4
Cu Stroud (KN/m²):	61,6
Cu Promedio (kg/cm²):	0,8
Cu Promedio (KN/m²):	82,0

Sondeo 4 Prof. 1,50

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	1,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80

Nº de golpes

N1	10
N2	10
N3	10

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	2,70
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	20
N 50	10
N corregido	10

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	29,9
Hatanaka f (º):	30,9
Uchida f (º):	36,9
Promedio f (º):	32,6
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	148,0
Cu Stroud (KN/m²):	88,0
Cu Promedio (kg/cm²):	1,2
Cu Promedio (KN/m²):	118,0

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Página 25 de 41	ENSAYO
NORMA **ASTM – D1586**	**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

Sondeo 4 Prof. 2,00

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	2,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80

Nº de golpes

N1	12
N2	11
N3	14

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	3,60
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	25
N 50	12
N corregido	12

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	30,5
Hatanaka f (º):	32,2
Uchida f (º):	38,2
Promedio f (º):	33,6
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	168,7
Cu Stroud (KN/m²):	110,0
Cu Promedio (kg/cm²):	1,4
Cu Promedio (KN/m²):	139,4

Sondeo 4 Prof. 2,50

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	2,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80

Nº de golpes

N1	12
N2	12
N3	14

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	4,50
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	26
N 50	13
N corregido	13

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	30,8
Hatanaka f (º):	32,8
Uchida f (º):	38,8
Promedio f (º):	34,1
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	178,7
Cu Stroud (KN/m²):	114,4
Cu Promedio (kg/cm²):	1,5
Cu Promedio (KN/m²):	146,6

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

Sondeo 4 Prof. 3,00

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	3,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80

Nº de golpes

N1	14
N2	15
N3	14

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	5,40
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	6,00
Mr (kg)	31,23
m	0,49
e3	0,85
e4	1,00
N de campo	29
N 50	15
N corregido	14

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	31,3
Hatanaka f (º):	34,0
Uchida f (º):	40,0
Promedio f (º):	35,1
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	198,1
Cu Stroud (KN/m²):	127,6
Cu Promedio (kg/cm²):	1,6
Cu Promedio (KN/m²):	162,9

Sondeo 4 Prof. 3,50

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	3,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80

Nº de golpes

N1	18
N2	22
N3	34

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	6,30
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	6,00
Mr (kg)	31,23
m	0,49
e3	0,85
e4	1,00
N de campo	56
N 50	29
N corregido	28

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	35,0
Hatanaka f (º):	40,6
Uchida f (º):	46,6
Promedio f (º):	40,8
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	318,5
Cu Stroud (KN/m²):	246,4
Cu Promedio (kg/cm²):	2,8
Cu Promedio (KN/m²):	282,4

Página 27 de 41	ENSAYO
NORMA **ASTM – D1586**	**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

Sondeo 5 Prof. 1,50

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	1,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,83

Nº de golpes

N1	1
N2	1
N3	2

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	2,75
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	3
N 50	1
N corregido	1

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	27,4
Hatanaka f (º):	21,4
Uchida f (º):	27,4
Promedio f (º):	25,4
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	28,2
Cu Stroud (KN/m²):	13,2
Cu Promedio (kg/cm²):	0,2
Cu Promedio (KN/m²):	20,7

Sondeo 5 Prof. 2,00

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	2,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,83

Nº de golpes

N1	3
N2	4
N3	5

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	3,66
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	9
N 50	4
N corregido	4

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,2
Hatanaka f (º):	25,8
Uchida f (º):	31,8
Promedio f (º):	28,6
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	76,5
Cu Stroud (KN/m²):	39,6
Cu Promedio (kg/cm²):	0,6
Cu Promedio (KN/m²):	58,0

Página 28 de 41	ENSAYO
NORMA **ASTM – D1586**	**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

Sondeo 5 Prof. 2,50

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	2,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,83

Nº de golpes

N1	6
N2	6
N3	7

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	4,58
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	13
N 50	6
N corregido	6

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,8
Hatanaka f (º):	27,7
Uchida f (º):	33,7
Promedio f (º):	30,1
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	102,4
Cu Stroud (KN/m²):	57,2
Cu Promedio (kg/cm²):	0,8
Cu Promedio (KN/m²):	79,8

Sondeo 5 Prof. 3,00

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	3,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,83

Nº de golpes

N1	7
N2	8
N3	9

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	5,49
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	6,00
Mr (kg)	31,23
m	0,49
e3	0,85
e4	1,00
N de campo	17
N 50	9
N corregido	9

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	29,7
Hatanaka f (º):	30,2
Uchida f (º):	36,2
Promedio f (º):	32,0
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	137,1
Cu Stroud (KN/m²):	74,8
Cu Promedio (kg/cm²):	1,1
Cu Promedio (KN/m²):	106,0

Página 29 de 41	ENSAYO
NORMA **ASTM – D1586**	**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

Sondeo 5 Prof. 3,50

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	3,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,83

Nº de golpes

N1	18
N2	22
N3	30

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	6,41
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	6,00
Mr (kg)	31,23
m	0,49
e3	0,85
e4	1,00
N de campo	52
N 50	27
N corregido	26

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	34,5
Hatanaka f (º):	39,8
Uchida f (º):	45,8
Promedio f (º):	40,0
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	302,5
Cu Stroud (KN/m²):	228,8
Cu Promedio (kg/cm²):	2,7
Cu Promedio (KN/m²):	265,6

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

Sondeo 6 Prof. 1,50

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	1,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	1,30
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,90

Nº de golpes

N1	3
N2	5
N3	5

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	2,65
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	10
N 50	5
N corregido	5

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,5
Hatanaka f (º):	26,8
Uchida f (º):	32,8
Promedio f (º):	29,4
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	89,8
Cu Stroud (KN/m²):	44,0
Cu Promedio (kg/cm²):	0,7
Cu Promedio (KN/m²):	66,9

Sondeo 6 Prof. 2,00

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	2,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	1,30
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,90

Nº de golpes

N1	5
N2	6
N3	6

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	3,10
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	12
N 50	6
N corregido	6

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,8
Hatanaka f (º):	27,7
Uchida f (º):	33,7
Promedio f (º):	30,1
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	102,4
Cu Stroud (KN/m²):	52,8
Cu Promedio (kg/cm²):	0,8
Cu Promedio (KN/m²):	77,6

Página 31 de 41	ENSAYO
NORMA **ASTM – D1586**	**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

Sondeo 6 Prof. 2,50

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	2,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	1,30
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,90

Nº de golpes

N1	6
N2	6
N3	7

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	3,55
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	13
N 50	6
N corregido	6

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,8
Hatanaka f (º):	27,7
Uchida f (º):	33,7
Promedio f (º):	30,1
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	102,4
Cu Stroud (KN/m²):	57,2
Cu Promedio (kg/cm²):	0,8
Cu Promedio (KN/m²):	79,8

Sondeo 6 Prof. 3,00

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	3,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	1,30
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,90

Nº de golpes

N1	8
N2	12
N3	14

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	4,00
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	6,00
Mr (kg)	31,23
m	0,49
e3	0,85
e4	1,00
N de campo	26
N 50	13
N corregido	13

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	30,8
Hatanaka f (º):	32,8
Uchida f (º):	38,8
Promedio f (º):	34,1
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	178,7
Cu Stroud (KN/m²):	114,4
Cu Promedio (kg/cm²):	1,5
Cu Promedio (KN/m²):	146,6

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Página 32 de 41	ENSAYO
NORMA **ASTM – D1586**	**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

Sondeo 6 Prof. 3,50

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	3,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	1,30
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,90

Nº de golpes

N1	17
N2	18
N3	30

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	4,45
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	6,00
Mr (kg)	31,23
m	0,49
e3	0,85
e4	1,00
N de campo	48
N 50	25
N corregido	24

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	34,0
Hatanaka f (º):	38,9
Uchida f (º):	44,9
Promedio f (º):	39,3
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	286,2
Cu Stroud (KN/m²):	211,2
Cu Promedio (kg/cm²):	2,5
Cu Promedio (KN/m²):	248,7

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Página 33 de 41	ENSAYO
NORMA **ASTM – D1586**	**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

Sondeo 7 Prof. 1,00

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	1,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80

Nº de golpes

N1	3
N2	6
N3	6

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	1,80
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	3,00
Mr (kg)	20,79
m	0,33
e3	0,73
e4	1,00
N de campo	12
N 50	5
N corregido	5

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,5
Hatanaka f (º):	26,8
Uchida f (º):	32,8
Promedio f (º):	29,4
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	89,8
Cu Stroud (KN/m²):	52,8
Cu Promedio (kg/cm²):	0,7
Cu Promedio (KN/m²):	71,3

Sondeo 7 Prof. 1,50

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	1,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80

Nº de golpes

N1	6
N2	6
N3	7

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	2,70
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	13
N 50	6
N corregido	6

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,8
Hatanaka f (º):	27,7
Uchida f (º):	33,7
Promedio f (º):	30,1
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	102,4
Cu Stroud (KN/m²):	57,2
Cu Promedio (kg/cm²):	0,8
Cu Promedio (KN/m²):	79,8

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

Sondeo 7 Prof. 2,00

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	2,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80

Nº de golpes

N1	6
N2	7
N3	8

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	3,60
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	15
N 50	7
N corregido	7

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	29,1
Hatanaka f (º):	28,6
Uchida f (º):	34,6
Promedio f (º):	30,8
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	114,4
Cu Stroud (KN/m²):	66,0
Cu Promedio (kg/cm²):	0,9
Cu Promedio (KN/m²):	90,2

Sondeo 7 Prof. 2,50

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	2,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80

Nº de golpes

N1	7
N2	7
N3	7

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	4,50
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	14
N 50	7
N corregido	7

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	29,1
Hatanaka f (º):	28,6
Uchida f (º):	34,6
Promedio f (º):	30,8
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	114,4
Cu Stroud (KN/m²):	61,6
Cu Promedio (kg/cm²):	0,9
Cu Promedio (KN/m²):	88,0

Página 35 de 41	ENSAYO
NORMA **ASTM – D1586**	**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**3/12/2024**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**		

Sondeo 7 Prof. 3,00

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	3,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80

Nº de golpes

N1	15
N2	20
N3	29

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	5,40
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	6,00
Mr (kg)	31,23
m	0,49
e3	0,85
e4	1,00
N de campo	49
N 50	25
N corregido	24

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	34,0
Hatanaka f (º):	38,9
Uchida f (º):	44,9
Promedio f (º):	39,3
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	286,2
Cu Stroud (KN/m²):	215,6
Cu Promedio (kg/cm²):	2,5
Cu Promedio (KN/m²):	250,9

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Página 36 de 41	ENSAYO
NORMA **NTC – 1527**	**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION INCOFINADA DE SUELOS COHESIVOS**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	SONDEO	**1**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**	PROFUNDIDAD	**1,00-1,50**
FECHA DE ENSAYO:	**3/12/2024**	MUESTRA	**4**

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por arcilla delgada con mucha grava de color amarillo con gris

HUMEDAD NATURAL	
RECIPIENTE Nº	59
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	91,22
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	78,05
PESO RECIPIENTE (g)	5,00
CONTENIDO DE AGUA (%)	***18,04***

DATOS DE LA MUESTRA

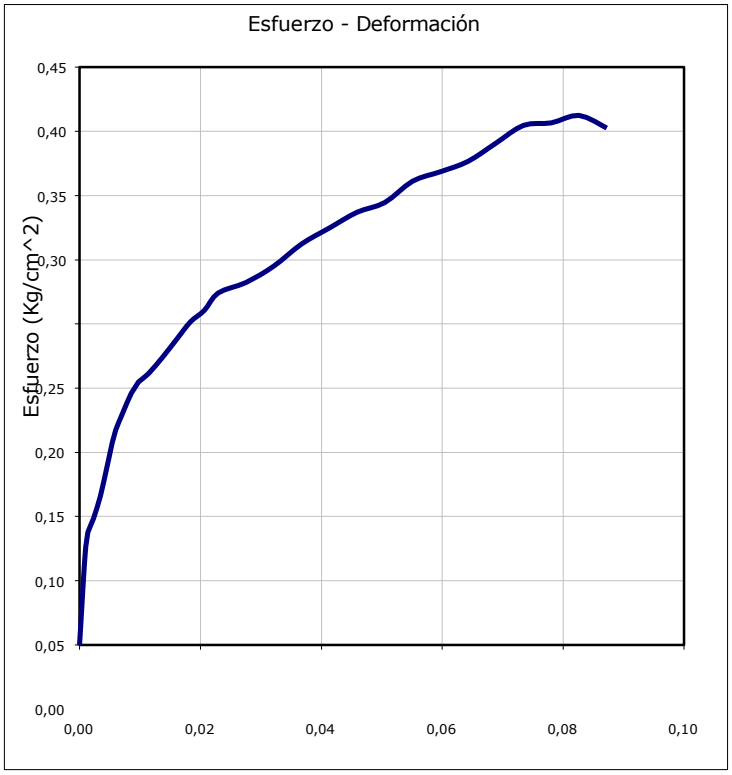
Promedio de Diametros (cm)	5,45
Promedio de Alturas (cm)	11,07
PESO (g)	485,95
AREA	23,36
VOLUMEN	258,48
γ húm (g/cm^3)	1,88
γ seco (g/cm^3)	1,59

Lectura del deformímetro (pulg-3)	Deformímetro de carga (unidades)	Deformación (cm)	Deformación Unitaria	Area Corregida (cm^2)	Carga (Kg)	Esfuerzo σ (kg/cm^2)
0	0,0	0,000	0,000	23,357	0,000	0,000
5	1,9	0,013	0,001	23,384	1,921	0,082
10	2,3	0,025	0,002	23,411	2,300	0,098
15	2,7	0,038	0,003	23,438	2,712	0,116
20	3,3	0,051	0,005	23,465	3,277	0,140
25	3,8	0,064	0,006	23,492	3,842	0,164
30	4,2	0,076	0,007	23,519	4,181	0,178
40	4,7	0,102	0,009	23,573	4,746	0,201
50	5,0	0,127	0,011	23,628	5,000	0,212
60	5,3	0,152	0,014	23,683	5,311	0,224
70	5,7	0,178	0,016	23,738	5,650	0,238
80	6,0	0,203	0,018	23,794	5,989	0,252
90	6,2	0,229	0,021	23,850	6,215	0,261
100	6,6	0,254	0,023	23,906	6,554	0,274
120	6,8	0,305	0,028	24,018	6,780	0,282
140	7,1	0,356	0,032	24,132	7,119	0,295
160	7,6	0,406	0,037	24,247	7,571	0,312
180	7,9	0,457	0,041	24,363	7,910	0,325
200	8,2	0,508	0,046	24,481	8,249	0,337
220	8,5	0,559	0,050	24,599	8,475	0,345
240	8,9	0,610	0,055	24,718	8,927	0,361
260	9,2	0,660	0,060	24,839	9,153	0,368
280	9,4	0,711	0,064	24,961	9,400	0,377

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Página 37 de 41	ENSAYO
NORMA **NTC – 1527**	**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION INCOFINADA DE SUELOS COHESIVOS**

etura del (pulg-3)	carga (unidades)	(cm)	Unitaria	(cm^2)		(kg/cm^2
300	9,8	0,762	0,069	25,084	9,800	0,391
320	10,2	0,813	0,073	25,208	10,200	0,405
340	10,3	0,864	0,078	25,334	10,300	0,407
360	10,5	0,914	0,083	25,461	10,500	0,412
380	10,3	0,965	0,087	25,589	10,300	0,403



TIPO DE MUESTRA	***Inalterada***
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA (qu) (Kg/cm^2):	***0,41***
COHESIÓN (Kg/cm^2)	***0,21***
RELACIÓN ALTURA/DIÁMETRO	***2,0***
CONSISTENCIA	***Blanda***
MODULO DE ELASTICIDAD NO CONFINADO (Kg/cm^2):	***71,6***

ING. JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 38 de 41	ENSAYO
NORMA **NTC – 1527**	**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION INCOFINADA DE SUELOS COHESIVOS**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	SONDEO	**5**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**	PROFUNDIDAD	**1,00-1,50**
FECHA DE ENSAYO:	**3/12/2024**	MUESTRA	**4**

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por limo arenoso con grava de color amarillo con café

HUMEDAD NATURAL	
RECIPIENTE Nº	71
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	94,66
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	76,65
PESO RECIPIENTE (g)	4,83
CONTENIDO DE AGUA (%)	***25,07***

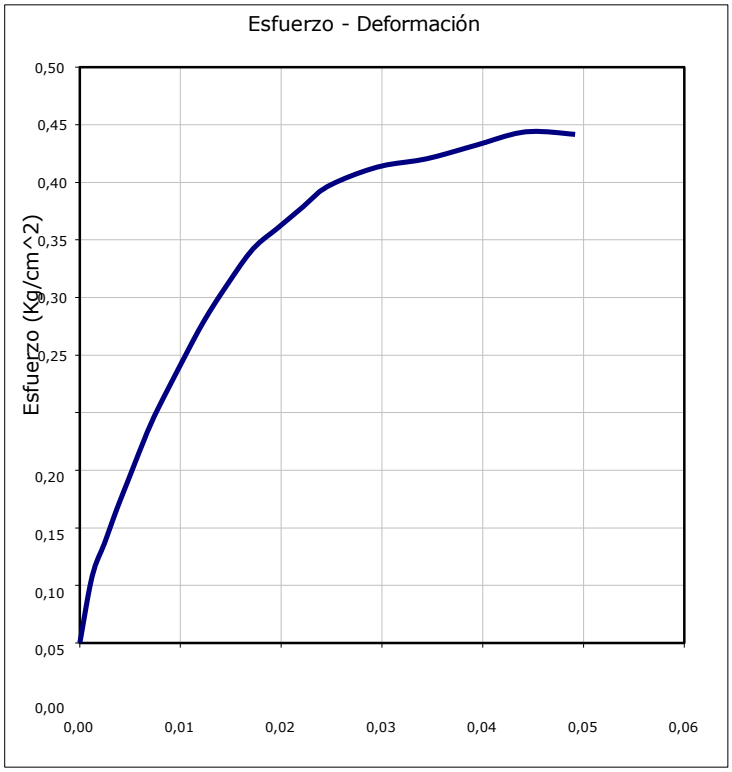
DATOS DE LA MUESTRA

Promedio de Diametros (cm)	5,13
Promedio de Alturas (cm)	10,33
PESO (g)	390,86
AREA	20,67
VOLUMEN	213,58
γ húm (g/cm^3)	1,83
γ seco (g/cm^3)	1,46

Lectura del deformímetro (pulg-3)	Deformímetro de carga (unidades)	Deformación (cm)	Deformación Unitaria	Area Corregida (cm^2)	Carga (Kg)	Esfuerzo σ (kg/cm^2)
0	0,0	0,000	0,000	20,669	0,000	0,000
5	1,2	0,013	0,001	20,695	1,203	0,058
10	1,8	0,025	0,002	20,720	1,798	0,087
15	2,4	0,038	0,004	20,746	2,418	0,117
20	3,0	0,051	0,005	20,771	2,988	0,144
25	3,6	0,064	0,006	20,797	3,559	0,171
30	4,1	0,076	0,007	20,823	4,092	0,197
40	5,0	0,102	0,010	20,875	4,985	0,239
50	5,8	0,127	0,012	20,926	5,840	0,279
60	6,6	0,152	0,015	20,979	6,560	0,313
70	7,2	0,178	0,017	21,031	7,200	0,342
80	7,6	0,203	0,020	21,084	7,600	0,360
90	8,0	0,229	0,022	21,137	8,000	0,378
100	8,4	0,254	0,025	21,190	8,400	0,396
120	8,8	0,305	0,029	21,298	8,800	0,413
140	9,0	0,356	0,034	21,406	9,000	0,420
160	9,3	0,406	0,039	21,515	9,300	0,432
180	9,6	0,457	0,044	21,626	9,600	0,444
200	9,6	0,508	0,049	21,738	9,600	0,442

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Página 39 de 41	ENSAYO
NORMA **NTC – 1527**	**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION INCOFINADA DE SUELOS COHESIVOS**



TIPO DE MUESTRA	***Inalterada***
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA (qu) (Kg/cm^2):	***0,44***
COHESIÓN (Kg/cm^2)	***0,22***
RELACIÓN ALTURA/DIÁMETRO	***2,0***
CONSISTENCIA	***Blanda***
MODULO DE ELASTICIDAD NO CONFINADO (Kg/cm^2):	***47,3***

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 40 de 41	ENSAYO
NORMA **NTC – 1527**	**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION INCOFINADA DE SUELOS COHESIVOS**

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**PAUNA - BOYACÁ**	SONDEO	**6**
DIRIGIDO A :	**ALCALDIA MUNICIPAL**	PROFUNDIDAD	**1,00-1,50**
FECHA DE ENSAYO:	**3/12/2024**	MUESTRA	**4**

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por arcilla gruesa de color amarillo

HUMEDAD NATURAL	
RECIPIENTE Nº	89
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	105,34
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	85,11
PESO RECIPIENTE (g)	5,00
CONTENIDO DE AGUA (%)	***25,26***

DATOS DE LA MUESTRA

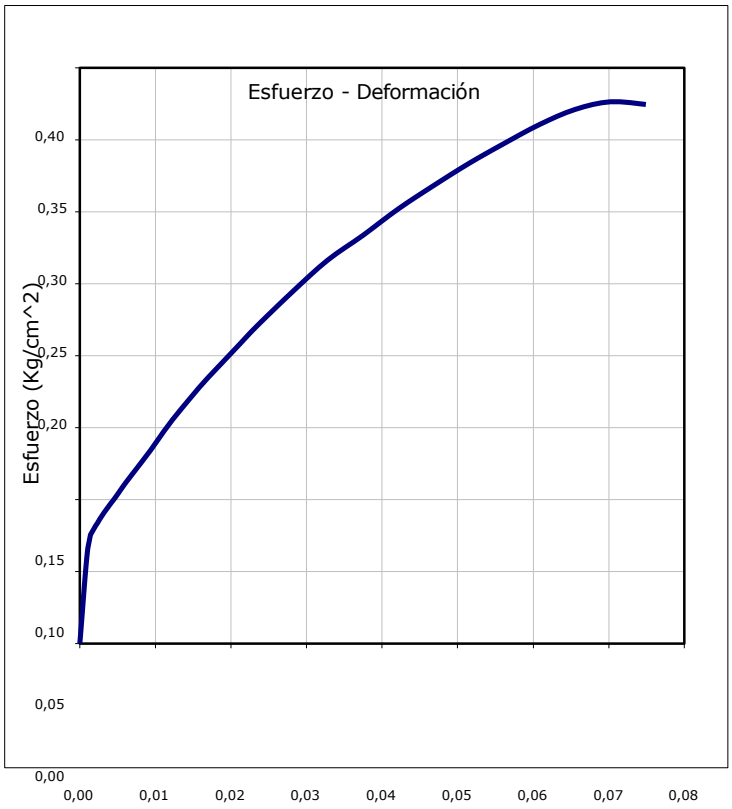
Promedio de Diametros (cm)	5,32
Promedio de Alturas (cm)	10,85
PESO (g)	458,24
AREA	22,23
VOLUMEN	241,18
γ húm (g/cm^3)	1,90
γ seco (g/cm^3)	1,52

Lectura del deformímetro (pulg-3)	Deformímetro de carga (unidades)	Deformación (cm)	Deformación Unitaria	Area Corregida (cm^2)	Carga (Kg)	Esfuerzo σ (kg/cm^2)
0	0,0	0,000	0,000	22,229	0,000	0,000
5	1,6	0,013	0,001	22,255	1,576	0,071
10	1,9	0,025	0,002	22,281	1,867	0,084
15	2,1	0,038	0,004	22,307	2,081	0,093
20	2,3	0,051	0,005	22,333	2,264	0,101
25	2,5	0,064	0,006	22,360	2,463	0,110
30	2,6	0,076	0,007	22,386	2,647	0,118
40	3,0	0,102	0,009	22,439	3,014	0,134
50	3,4	0,127	0,012	22,492	3,412	0,152
60	3,8	0,152	0,014	22,545	3,764	0,167
70	4,1	0,178	0,016	22,599	4,100	0,181
80	4,4	0,203	0,019	22,653	4,406	0,195
90	4,7	0,229	0,021	22,707	4,712	0,208
100	5,0	0,254	0,023	22,762	5,018	0,220
120	5,6	0,305	0,028	22,871	5,585	0,244
140	6,1	0,356	0,033	22,982	6,120	0,266
160	6,5	0,406	0,037	23,094	6,548	0,284
180	7,0	0,457	0,042	23,207	7,007	0,302
200	7,4	0,508	0,047	23,321	7,421	0,318
220	7,8	0,559	0,052	23,436	7,818	0,334
240	8,2	0,610	0,056	23,552	8,186	0,348
260	8,5	0,660	0,061	23,669	8,537	0,361
280	8,8	0,711	0,066	23,788	8,828	0,371

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Página 41 de 41	ENSAYO
NORMA **NTC – 1527**	**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION INCOFINADA DE SUELOS COHESIVOS**

Lectura del deformímetro (pulg-3)	Deformímetro de carga (unidades)	Deformación (cm)	Deformación Unitaria	Area Corregida (cm^2)	Carga (Kg)	Esfuerzo σ (kg/cm^2)
300	9,0	0,762	0,070	23,908	9,000	0,376
320	9,0	0,813	0,075	24,029	9,000	0,375



TIPO DE MUESTRA	***Inalterada***
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA (qu) (Kg/cm^2):	***0,38***
COHESIÓN (Kg/cm^2)	***0,19***
RELACIÓN ALTURA/DIÁMETRO	***2,0***
CONSISTENCIA	***Blanda***
MODULO DE ELASTICIDAD NO CONFINADO (Kg/cm^2):	***60,5***

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com