ESTUDIO DE SUELOS

Estudio de suelos para la optimización del sistema de captación y aducción del acueducto municipal de belén de los andaquíes, departamento del Caquetá.



CONSULTOR

Carlos Andrés Baéz Baéz

Ing. Civil

ESPECIALISTA EN GEOTECNIA VIAL Y PAVIMENTOS

M.P. 15202147445 BYC

Enero – 2026

CLIENTE

INGSTEC S.A.S

NIT: 901.108.395

PROYECTO

Estudio de suelos para la optimización del sistema de captación y aducción del acueducto municipal de belén de los andaquíes, departamento del Caquetá.

REVISIÓN Y APROBACIÓN

Ficha de control.	
ELABORÓ	**REVISO Y APROBÓ**
Juan Pablo Losada Montoya	**Carlos Andrés Baéz Baéz**
Área de Análisis Geotécnico — C.S.P. Ingeniería	**Ing. Civil, especialista en geotecnia vial. M.P. 15202147445 BYC**

MODIFICACIONES

INDICE DE REVISIÓN	SECCIÓN MODIFICADA	FECHA MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES
1			
2			
3			

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 6
2 GENERALIDADES 7
2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 7
2.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 7
2.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE SUELOS 8
2.4 ALCANCES DEL ESTUDIO DE SUELOS 8
2.5 ANTECEDENTES DE ESTUDIOS 8
3 ASPECTOS GEOLOGICOS 9
3.1 FORMACIÓN PEPINO (E2E3PE) 9
3.2 DEPÓSITO COLUVIALES (QC) 11
3.3 UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES 12
3.3.1 Unidad de roca (R) *13*
3.3.2 Unidad de suelo *15*
• *Suelos Coluviales* *15*
4 INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS 16
4.1 EXPLORACIÓN DE CAMPO 16
4.2 RECUPERACIÓN DE MUESTRAS 16
4.3 ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT) 16
4.4 ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS OBTENIDAS 16
5 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 17
5.1 ANÁLIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS 17
5.2 ESTRATIGRAFÍA. 17
5.3 PROPIEDADES ÍNDICES. 18
5.4 COMPACIDAD DE MATERIALES GRANULARES Y CONSISTENCIA DE MATERIALES COHESIVOS 19
5.5 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA. 20
5.6 NIVEL FREÁTICO. 20
5.7 **DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS.** 20
5.7.1 Compresibilidad. *21*
5.7.2 Perforaciones *22*
5.7.3 Perfil geotécnico *22*
5.7.4 Parámetros de resistencia al corte drenado materiales granulares (φ'). *23*
5.7.5 Peso Unitario. *24*
5.7.1 Caracterización Del Macizo Rocoso *24*
5.7.2 Resumen parámetros de diseño. *28*
5.8 **LIMITACIONES** 29
6 ASPECTOS SÍSMICOS 30
6.1 PERFIL DE LOS SUELOS. 30
6.2 ESTIMACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE Vs. 30

7 EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL TERRENO, ANÁLISIS Y RECOMENDACIONES PARA LA CIMENTACIÓN DE LA OBRA 32

7.1 GENERALIDADES 32
7.2 ECUACIONES DE CAPACIDAD PORTANTE UTILIZADAS EN EL ANÁLISIS. 32
7.2.1 Ecuación general de la capacidad de carga (Teoría de Meyerhof). *32*
7.3 CALCULOS DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE DE LOS SUELOS DE CIMENTACIÓN 33
7.3.1 Capacidad portante admisible Perfil de resistencia 1. ..... *33*
7.4 CARGAS DEL PROYECTO 33
7.5 FACTORES DE SEGURIDAD 33
7.6 ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS DE LAS OBRAS PROYECTADAS 34
7.6.1 Metodologías para el cálculo de asentamientos por consolidación *34*
7.6.2 Metodologías para el cálculo de asentamientos elásticos *34*
7.7 RESULTADOS 34

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA CIMENTACIÓN 37

8.1 CONCLUSIONES 37
8.2 RECOMENDACIÓNES GENERALES 38

9 REFERENCIAS 39

LISTADO DE CUADROS

CUADRO 2-1. UBICACIÓN DE LAS PERFORACIONES 8
CUADRO 3-1 . ÍNDICES DE CAMPO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, DE SUELOS Y ROCAS 13
CUADRO 5-1. ESTRATIGRAFÍA PERFORACIÓN P-01 17
CUADRO 5-2. ESTRATIGRAFÍA PERFORACIÓN P-02 17
CUADRO 5-3. ESTRATIGRAFÍA PERFORACIÓN P-03 18
CUADRO 5-4. ESTRATIGRAFÍA PERFORACIÓN P-04 18
CUADRO 5-5. RESUMEN PROPIEDADES ÍNDICES 18
CUADRO 5-6 CLASIFICACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS SEGÚN NSR-10 (TOMADO DEL TÍTULO H DE LA NSR-10) 19
CUADRO 5-7 CONSISTENCIA DE SUELOS COHESIVOS SATURADOS. 19
CUADRO 5-8. COMPACIDAD RELATIVA DE SUELOS GRANULARES Y CONSISTENCIA DE LOS COHESIVOS 20
CUADRO 5-9. TABLA DE CORRELACIÓN MÓDULO DE ELASTICIDAD SUELOS. 21
CUADRO 5-10 MÓDULO DE RIGIDEZ PERFORACIÓN 1 A 4 22
CUADRO 5-11 PARÁMETROS DE RIGIDEZ PERFIL GEOTÉCNICO 1. 22
CUADRO 5-12 PARÁMETROS DE RIGIDEZ PERFIL GEOTÉCNICO 2. 22
CUADRO 5-13 PESO UNITARIO DE DIFERENTES SUELOS SEGÚN EL TIPO Y SU CONDICIÓN. AS 4678 (2002) 24
CUADRO 5-14. RESUMEN DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA ROCA (H.J.) POR MEDIO DEL SISTEMA GSI. 28
CUADRO 5-15 PARÁMETROS DE DISEÑO GEOTÉCNICO 1 29
CUADRO 5-16 PARÁMETROS DE DISEÑO GEOTÉCNICO 2 29
CUADRO 6-1 PROMEDIO DE SPT A LO LARGO DE LAS EXPLORACIONES. 30
CUADRO 6-2 TIPO DE SUELOS PARA LA ZONA. 31
CUADRO 6-3 PERFIL DE VELOCIDADES DE ONDA DE CORTE – DISPARO 1 31

CUADRO 6-4 PERFIL DE VELOCIDADES DE ONDA DE CORTE – DISPARO 2 31
CUADRO 6-5 PERFIL DE VELOCIDADES DE ONDA DE CORTE – DISPARO 3 31
CUADRO 7-1 FACTORES DE SEGURIDAD USADOS 33
CUADRO 7-2 CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE PERFIL 1 – Q_{ADM} 35
CUADRO 7-3 ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS PERFIL 1. 35
CUADRO 7-4 CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE PERFIL 2– Q_{ADM} 36
CUADRO 7-5 ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS PERFIL 2 36

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 2-1. UBICACIÓN DEL ESTUDIO. 7
FIGURA 3-1. GEOLOGÍA DE LA PLANCHA 413 FLORENCIA, TOMADA DEL SGC (SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO) 9
FIGURA 3-2 ARENISCAS GRISES DE GRANO FINO A MEDIO DE LA FORMACIÓN PEPINO 10
FIGURA 3-3 BLOQUES EMBEBIDOS EN ARENAS Y ARCILLAS ARENOSAS DEL DEPÓSITO COLUVIAL 12
FIGURA 5-1. CORRELACIÓN ÁNGULO DE FRICCIÓN SUELO ARENOSO LIMOSO. 23

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD, TARJETA PROFESIONAL, ESPECIALIZACIÓN, CEDULA Y CERTIFICADO DE EXPERIENCIA 40
ANEXO B. REGISTRO FOTOGRÁFICO. 41
ANEXO C. PERFILES ESTRATIGRÁFICOS 42
ANEXO D. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS 43
ANEXO E. CAPACIDAD PORTANTE, ASENTAMIENTOS. 44

1 INTRODUCCIÓN

La empresa C.S.P INGENIERIA ESTUDIOS Y DISEÑOS S.A.S, fue contratada para realizar los ensayos de laboratorio para llevar a cabo el **Estudio de suelos para la optimización del sistema de captación y aducción del acueducto municipal de belén de los andaquíes, departamento del Caquetá,** el cual estará ubicado en zona rural del municipio de Belén de los Andaquies, departamento del Caquetá.

En este documento se presentan las investigaciones geotécnicas, análisis de capacidad portante, cálculo de asentamientos y recomendaciones de los suelos para la construcción de la obra.

Se describe la caracterización de materiales en lo referente a las propiedades físicas y mecánicas de los suelos existentes y se evalúan algunos fenómenos asociados con los parámetros sísmicos locales.

El informe geotécnico está compuesto por los siguientes capítulos:

Capítulo 2 GENERALIDADES: Se mencionan las características generales del proyecto: ubicación, características del proyecto, objetivos y alcances del estudio de suelos y antecedentes de estudios previos en el área.

Capítulo 3 ASPECTOS GEOLOGICOS: Se mencionan las características geológicas regionales según el estado de la cartografía colombiana a escala 1:100.000

Capítulo 4 INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS: se presenta un resumen de las exploraciones de campo, ensayos de campo y laboratorio realizados a partir de las muestras recuperadas en la zona del proyecto.

Capítulo 5 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA: en este capítulo se presenta la caracterización geotécnica de los suelos encontrados en el sitio de estudio.

Capítulo 6 ASPECTOS SÍSMICOS: se presenta la descripción de las características sísmicas de la zona con base a los perfiles de suelo encontrados.

Capítulo 7 EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL TERRENO, ANÁLISIS Y RECOMENDACIONES PARA LA CIMENTACIÓN DE LA OBRA: se presentan los resultados obtenidos del análisis de capacidad de acuerdo con los parámetros determinados previamente.

Capítulo 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA CIMENTACIÓN: Se plantean por ultimo las recomendaciones geotécnicas generales para construcción.

2 GENERALIDADES

2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

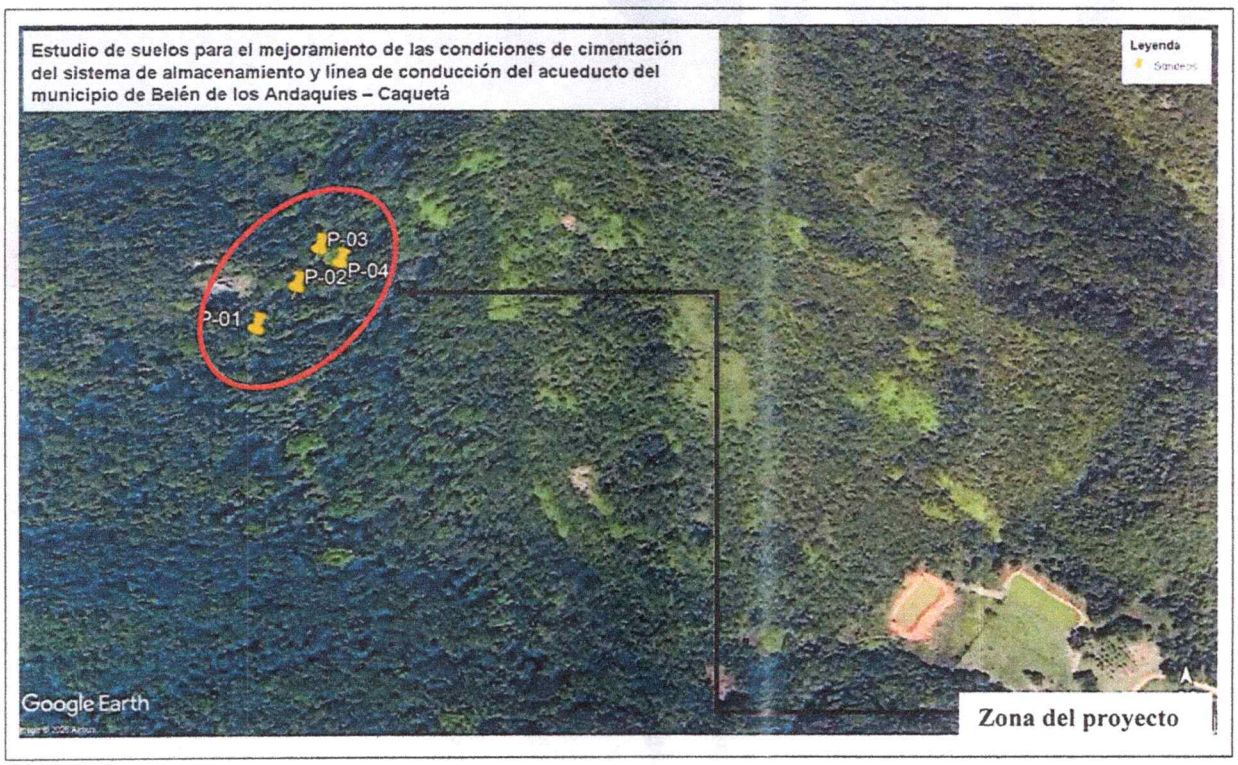
El presente estudio corresponde a la caracterización geotécnica del terreno en el área donde se localizan el sistema de tanques y la línea de conducción del acueducto del municipio de Belén de los Andaquies, departamento del Caquetá.

La evaluación se realizó mediante actividades de exploración y análisis de información disponible, incluyendo la ejecución de una línea de refracción sísmica con el fin de estimar la distribución de velocidades sísmicas del subsuelo y complementar la interpretación estratigráfica del sector estudiado.

2.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto zona rural del municipio de Belén de los Andaquies, departamento del Caquetá, departamento del Caquetá, como se muestra en la Figura 2-1 . El Cuadro 2-1 muestra la ubicación de las perforaciones realizadas para el proyecto.

Figura 2-1. Ubicación del estudio.



Cuadro 2-1. Ubicación de las perforaciones.

Estructura	Perforación No.	LATITUD [N]	LONGITUD [W]	PROFUNDIDAD [m]
Estudio de suelos para el mejoramiento de las condiciones de cimentación del sistema de almacenamiento y línea de conducción del acueducto del municipio de Belén de los Andaquíes – Caquetá	1	1°26'13.17"N	75°52'54.67"O	1.50
	2	1°26'14.26"N	75°52'54.06"O	0.10
	3	1°26'15.27"N	75°52'53.76"O	0.00
	4	1°26'14.80"N	75°52'53.23"O	0.30

2.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE SUELOS

- Determinar los parámetros de diseño que gobiernan la capacidad de carga de los suelos del lugar donde se realizará la construcción.
- Determinar los asentamientos de la estructura del proyecto.
- Calcular las capacidades de carga del suelo.
- Calcular módulos de reacción.
- Emitir recomendaciones para construcción.

2.4 ALCANCES DEL ESTUDIO DE SUELOS

El alcance de este informe se limita a la identificación de los parámetros y cálculo de capacidades y deformaciones para los suelos del sitio de la obra, no abarca los suelos adyacentes, aunque superficialmente presenten condiciones físicas similares.

2.5 ANTECEDENTES DE ESTUDIOS

En la zona de estudio no presentan antecedentes de estudios geotécnicos previos, por lo tanto, para el presente informe se parte de cero con toda la información físico-mecánica de los suelos del sitio.

3 ASPECTOS GEOLOGICOS

El área de estudio está compuesta por una cantidad de unidades litoestratigráficas de origen sedimentario del terciario y cuaternario. De más antigua a las más recientes las unidades aflorantes se describen a continuación

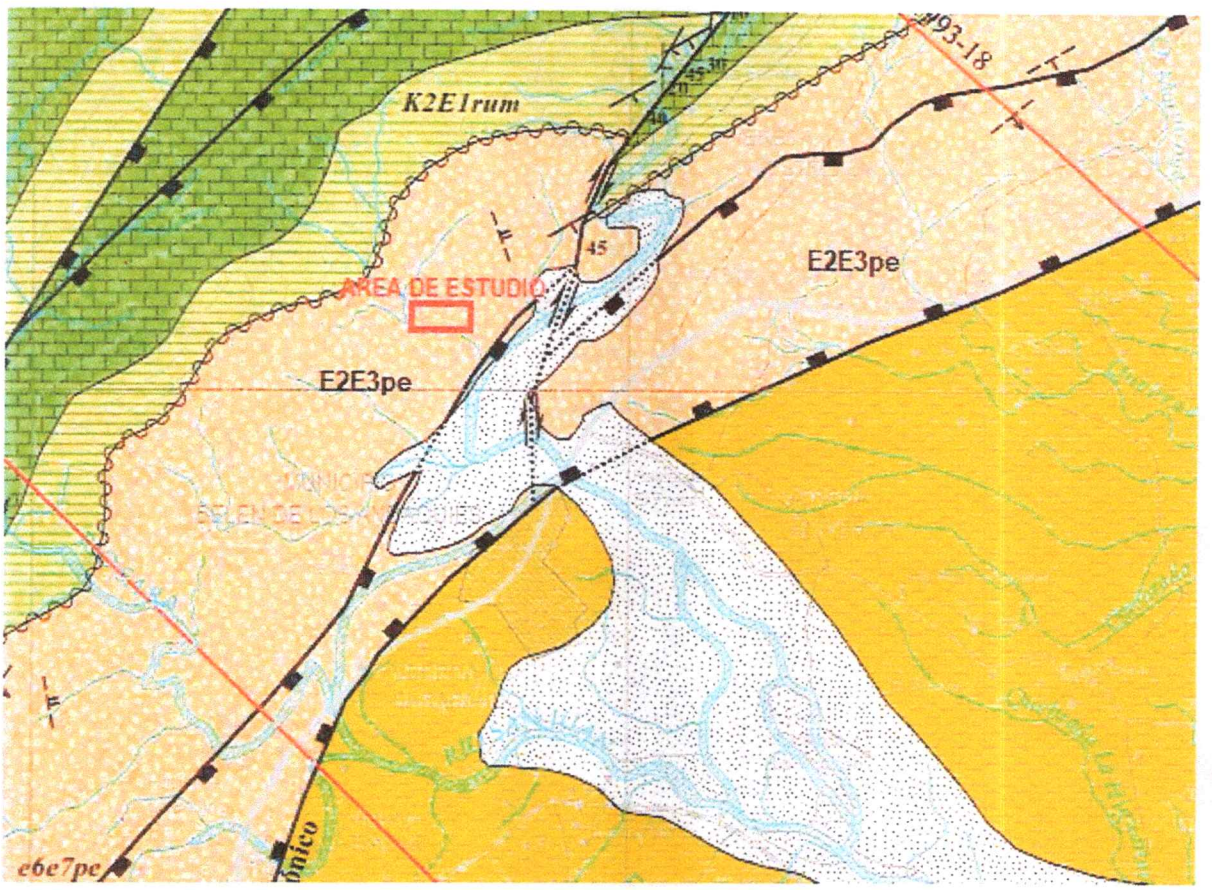


Figura 3-1. geología de la plancha 413 Florencia, tomada del SGC (servicio geológico colombiano)

3.1 FORMACIÓN PEPINO (E2E3PE)

De acuerdo con De Porta (1974, en INGEOMINAS, 2003) la primera referencia publicada que se tiene del término Formación Pepino se debe a Olsson (en Jenks, 1956, en INGEOMINAS, 2003) quien la sitúa en la cuenca del Amazonas. Según Miley & McGirk (1948, en INGEOMINAS,2003) aparentemente la unidad fue definida por Saville (1943, en INGEOMINAS, 2003) al sur de Mocoa, cerca de la población de San José de Pepino, este nombre es de uso común en la Cuenca del Putumayo para esta unidad. La Formación Pepino se divide en tres Miembros: Inferior, Medio y Superior

De acuerdo con Núñez (2003) está dividida en tres miembros: El miembro Inferior conformado por capas muy gruesas a medianas, subtabulares de sublitoarenitas de grano grueso y medio, localmente conglomeráticas con guijos y gránulos de cuarzo, chert gris y feldespato potásico. El Miembro medio consiste de lodolitas grises con laminación plana paralela, frecuentes niveles bioturbados, restos carbonosos y costras de oxidación con intercalaciones de capas delgadas a muy gruesas de arenitas (sublitoarenitas y litoarenitas) de grano medio a grueso localmente con gránulos y guijos de chert gris y negro. El segmento superior corresponde a un paquete de capas gruesas de conglomerados, sublitoarenitas y cuarzoarenitas, esporádicamente impregnadas por hidrocarburo; localmente con lentes de lodolitas gris oscuras.



Figura 3-2 Areniscas grises de grano fino a medio de la Formación Pepino

ANH-UPTC (2009) reconoce hacia el occidente de las poblaciones de Florencia y Morelia un espesor de 350 y 400 m. para la Formación Pepino y diferencian dos segmentos; el inferior con un espesor de 180 m a 200 m constituido por conglomerados macizos clastosoportados intercalados con litoarenitas y wacas tobáceas. El segmento superior sin espesor determinado, está conformado por capas muy gruesas de arcillolitas, limolitas y arenitas muy finas arcillosas de color gris claro con moteado de color ocre intercaladas con capas gruesas de sublitoarenitas y cuarzoarenitas de grano fino a medio, conglomerados y tobas.

En el área de la plancha 413 la Formación Pepino se encuentra distribuida en el área de piedemonte en forma de una franja gruesa, debido a repetición de la secuencia por la presencia de una falla de cabalgamiento, ésta franja es continua y con rumbo N50E, geomorfológicamente presenta rasgos abruptos con pendientes estructurales muy marcadas. Las mejores exposiciones de esta unidad se observan sobre la Quebrada Aguas Calientes, así como a lo largo de los ríos Bodoquero y Pescado (vía Belén de Los Andaquíes-Vereda Aletones). En el levantamiento estratigráfico realizado en la Quebrada Las Doradas (al SW del área de estudio) se logró establecer principalmente el Miembro inferior con 220 m de espesor, predominantemente conglomerático y solo 6 m del Miembro medio de carácter arcilloso, mientras el Miembro Superior no se observa; la secuencia es truncada por la Falla del Borde Amazónico clastosoportados intercalados con litoarenitas y wacas tobáceas. El segmento superior sin espesor determinado, está conformado por capas muy gruesas de arcillolitas, limolitas y arenitas muy finas arcillosas de color gris claro con moteado de color ocre intercaladas con capas gruesas de sublitoarenitas y cuarzoarenitas de grano fino a medio, conglomerados y tobas.

En el levantamiento estratigráfico realizado en la Quebrada Las Doradas (al SW del área de estudio) se logró establecer principalmente el Miembro inferior con 220 m de espesor, predominantemente conglomerático y solo 6 m del Miembro medio de carácter arcilloso, mientras el Miembro Superior no se observa; la secuencia es truncada por la Falla del Borde Amazónico.

3.2 DEPÓSITO COLUVIALES (QC)

Bates y Jackson (1980. En Suárez, 1998), definen los coluviones como masas incoherentes de materiales sueltos y heterogéneos, de suelos y/o fragmentos de roca angulares a subangulares, depositados por la gravedad, lavado de la lluvia, reptación o deslizamiento. Se caracterizan por ser materiales clasto-soportados o matriz-soportados según su origen.

En la zona de estudio estos depósitos se encuentran asociados principalmente a las rocas sedimentarias de la formación Pepino, lo cual puede ser explicado por la estratificación, fragilidad y fracturamiento las cuales desarrollan superficies de debilidad que son comunes en esta formación, participando de forma importante en la inestabilidad de las laderas.

Este coluvión se desarrolló como un "talus" sobre el cambio de pendiente entre la zona de ladera y el cauce de la quebrada la Resaca. Se caracteriza por ser matriz soportado, moderadamente compacto y estar formado por fragmentos angulares, que varían de tamaño desde unos pocos centímetros hasta 4 m de diámetro de areniscas y conglomerados y están embebidos en matriz arenosa y arcillo-arenosa. La pendiente de este depósito es moderada a alta, con valores que en promedio oscilan entre 30 y 40%. Su espesor se calcula entre 3 y 8 m.



Figura 3-3 Bloques embebidos en Arenas y arcillas arenosas del depósito coluvial

Afloran en el área de estudio cubriendo las rocas sedimentarias de formación Pepino

3.3 UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES

Las Unidades Geológicas Superficiales (UGS) se refieren a un conjunto de materiales geológicos que afloran en la superficie, tienen el mismo origen y conservan aproximadamente las mismas propiedades geológicas y de comportamiento geomecánico, hasta algunas decenas de metros por debajo de la superficie del terreno.

Los criterios de clasificación de cada UGS para este informe, incluyeron la agrupación de los diferentes tipos de rocas aflorantes de acuerdo con su origen agrupadas según su grado de meteorización y grado de fracturamiento. Así mismo los suelos fueron diferenciados de acuerdo con su origen, granulometría y propiedades ingenieriles.

Desde el punto de vista ingenieril cada tipo de roca o suelo tiene unas propiedades, que se relacionan de manera directa con su origen y composición y por consiguiente al comportamiento geomecánico de los materiales cuando se encuentran expuestos en superficie, entre estas se incluyen: dureza o resistencia, consistencia, condición de humedad, densidad relativa, compacidad.

Cuadro 3-1 . Índices de campo para determinar la resistencia a la compresión, de suelos y rocas

CLASE	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN EN CAMPO	APROXIMACION AL RANGO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa)
S1	Suelo muy blando	El puño penetra fácilmente varios cm.	< 0,0025
S2	Suelo blando	El dedo penetra fácilmente varios cm.	0,0025 - 0,05
S3	Suelo firme	Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo.	0,05 - 0,10
S4	Suelo rígido	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo.	0,10 - 0,25
S5	Suelo muy rígido	Con cierta presión puede marcarse con la uña.	0,25 - 0,50
S6	Suelo duro	Se marca con dificultad al presionar con la uña.	> 0,50
R0	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña.	0,25 – 1
R1	Roca muy blanda	Al golpear con la punta del martillo la roca se desmenuza. Con navaja se talla fácilmente.	1 - 5
R2	Roca blanda	Al golpear con la punta del martillo se producen ligeras marcas. Con navaja se talla con dificultad.	5 – 25
R3	Roca moderadamente dura	Con un golpe fuerte del martillo puede fracturarse. Con la navaja no puede tallarse.	25 – 50
R4	Roca dura	Se requiere más de un golpe del martillo para fracturarla.	50 – 100
R5	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes del martillo para fracturarla.	100 – 250
R6	Roca extremadamente dura	Al golpear con el martillo sólo saltan esquirlas.	> 250

Fuente ISRM (1981), en SGC, (2017).

3.3.1 Unidad de roca (R)

Desde el punto de vista ingenieril un Macizo Rocoso se define como un material geológico compuesto por una Matriz Rocosa constituida por un conjunto de rocas que tienen un origen y una composición a la cual se asocian propiedades como dureza, resistencia, alterabilidad y grado de meteorización. Pero también incluye, el conjunto discontinuidades y sus características, a partir de las cuales se determinan sus propiedades geomecánicas (Vallejo, 2001, en SGC, 2017).

De esta manera las UGS se cartografiaron en función de la calidad de dichos macizos rocosos utilizando únicamente criterios como el grado de meteorización (Dearman, 1979, en SGC, 2017),

índice de fracturamiento (Jv, ISRM, 1981, en SGC, 2017) y el Índice de Resistencia Geológica (GSI, por sus siglas en Inglés, Marinos y Hoek , 2000, en SGC, 2017).

Las unidades cartografiadas se agruparon de acuerdo con el tipo de roca predominante. A continuación, se describen las unidades encontradas en el área.

Esta unidad de roca por lo general tiene resistencia alta a media (100-250 MPa), bien cementada, estratificación gruesa (estratos entre 2 y 1 m de espesor), poco fracturada, con estructura masiva (espaciamiento entre discontinuidades moderado= 0.6 m y 2 m), con un índice de fracturamiento alto y un índice de resistencia geológico bueno (GSI 60-80%). Estos valores varían de acuerdo a la afectación de estas rocas por fallamiento.

3.3.1.1 Unidades de Roca de Calidad Intermedia (Ri)

Corresponden a macizos rocosos de naturaleza de calidad intermedia a dura, de meteorizados a frescos, con desarrollo de suelos residuales gruesos, entre 3 y 8 1 m de espesor. Incluyen conglomerados, conglomerados arenosos; se encuentran afectados por fracturamiento bajo que genera bloques medianos a grandes (Jv = 0 – 15 Fr/m3) y un Índice de Resistencia Geológica (IRG) medio a alto (GSI: 40 -70). A continuación, se describen las unidades de roca de calidad intermedia identificadas en la zona de estudio.

3.3.1.1.1 Roca de Calidad Intermedia de la Formación Pepino.

La roca se considera como de alta resistencia geológica, de dureza media a alta, bien cementada, con meteorización diferencial de fresca a moderada e índice geológico de resistencia medio (GSI = 60 – 65).

Esta unidad corresponde al Miembro inferior de la formación Pepino la cual es predominantemente de areniscas conglomeráticas con conglomerados de guijos y guijarros, intercalados con areniscas de grano medio a grueso friables y de dureza media a alta, que localmente se encuentra basculada. La tendencia estructural promedio de estas rocas es 320°/30° (azimut de buzamiento).

Esta unidad desarrolla suelos delgados que alcanzan 1 m de espesor. En el corredor vial de la variante Mocoa – San Francisco se observaron taludes con ángulos superiores a 50°, estables con susceptibilidad media a la erosión y con presencia de flujos de detritos. Es recomendable disminuir la exposición de esta a la erosión para evitar que se formen cárcavas en las zonas arenosas.

Estas rocas son de dureza media a alta, levemente meteorizadas de color amarillo pardo, que tiende a formar suelos delgados de hasta 1 m gravosos del mismo color de la roca. Por otro lado, existen taludes de rocas de conglomerados que se encuentran estables.

- **Estabilidad de taludes**

Las características de comportamiento de los taludes en migmatitas sanas dependen de sus patrones de fracturación (Microestructura textura y estructura), desde el punto de vista de estabilidad y propiedades geomecánicas, el macizo rocoso se clasifica de buena calidad, lo que favorece la

construcción de cortes verticales), este material presenta una baja susceptibilidad a la generación de movimientos en masa y procesos erosivos, es de anotar que existe la posibilidad que si se realizan cortes mal diseñados en sus taludes, pueden favorecer la ocurrencia de movimientos en masa. En general este tipo de materiales presenta un ángulo de fricción superior a los 50° en condición fresco y sano, lo que favorece la generación de cortes verticales a subverticales.

3.3.2 Unidad de suelo

Los suelos desde el punto de vista ingenieril se definen como materiales sueltos o inconsolidados, compuestos de una mezcla de fragmentos de roca, arcilla, minerales y materia orgánica, producto de la descomposición In situ del material rocoso o de sedimentos transportados por diferentes medios. Se consideran como materiales fácilmente excavables por métodos manuales. Teniendo en cuenta su origen los suelos.

- **Suelos Coluviales**

Corresponden a depósitos coluviales que se generan por desprendimiento de material que se acumula en las laderas y se localizan puntualmente. Estos depósitos se generaron a partir de la meteorización natural, saturación y acción de la gravedad sobre los. Se caracterizan por ser materiales clasto-soportados o matriz-soportados según su origen.

En la zona de estudio estos depósitos se encuentran asociados principalmente a las rocas sedimentarias de la Formación Pepino, lo cual puede ser explicado por la estratificación, fragilidad y fracturamiento las cuales desarrollan superficies de debilidad que son comunes en esta formación, participando de forma importante en la inestabilidad de las laderas.

El coluvio cual se desarrolló como un "talus" sobre el cambio de pendiente entre la zona montañosa y la parte semi-plana. Se caracteriza por ser matriz soportado, moderadamente compacto y estar formado por fragmentos angulares principalmente de arenisca, que varían de tamaño desde unos pocos centímetros hasta 10 – 20 cm de diámetro. Embebidos en matriz arenosa y arcillo arenosa. La pendiente de este depósito es moderada a alta, con valores que en promedio oscilan entre 30 y 40%, donde cubren superficialmente rocas sedimentarias de la Formación Pepino.

- Estabilidad de taludes.

Sus características geotécnicas varían dependiendo de la formación geológica de la cual provienen y de la forma del deslizamiento. Generalmente están sueltos y poco consolidados. Son típicamente una masa inestable, casi siempre de material débil.
Pueden presentar baja resistencia al corte en su base, incluso en laderas demasiado planas para que se genere el movimiento. Este tipo de suelos ocasiona problemas en la fundación de terraplenes, en laderas donde se realizan cortes para vías y en excavaciones en general. Este tipo de materiales presentan una alta susceptibilidad a la reactivación de procesos de movimientos en masa.

4 INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS.

4.1 EXPLORACIÓN DE CAMPO

Se ejecutaron cuatro (4) perforaciones manuales a percusión en el área proyectada, en cumplimiento de la NSR-10, Título H. Durante la exploración se presentó rechazo a la penetración a profundidades aproximadas de 0.50 m, debido a la presencia de material transportado con abundantes volones, lo que limitó la continuidad del método.

Por esta razón, se complementó la investigación mediante la ejecución de una línea de refracción sísmica, con el fin de caracterizar el subsuelo en mayor profundidad.

- Ensayos de penetración estándar (SPT).
- Recuperación de muestras alteradas. (método SPT)
- Exploración geofísica mediante línea de refracción sísmica

A continuación, se describen los trabajos realizados.

4.2 RECUPERACIÓN DE MUESTRAS

La recuperación de muestras se realizó según los parámetros establecidos por la norma NSR-10, la cual indica que se deben tomar muestras de cada estrato encontrado en cada una de las perforaciones realizadas en el área del proyecto.

En el registro fotográfico (Anexo A), se muestra la ubicación de las perforaciones ejecutadas. Se recuperaron muestras de suelo alteradas a partir del ensayo de penetración estándar (SPT).

4.3 ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT).

En las perforaciones realizadas se ejecutaron los ensayos de penetración estándar con el fin de caracterizar el perfil del suelo en términos de rigidez y resistencia.

4.4 ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS OBTENIDAS

De las exploraciones realizadas se tomaron muestras para realizar los siguientes ensayos de laboratorio:

- Límites de Atterberg.
- Contenido de humedad.
- Granulometría.

5 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Con el propósito de analizar los materiales existentes en el sitio del proyecto y las condiciones donde se construirá la obra, se presenta a continuación la caracterización geotécnica de los suelos.

Aquí se definen los parámetros geotécnicos y condiciones del suelo para el análisis de capacidad portante, asentamientos.

5.1 ANÁLIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS

5.2 ESTRATIGRAFÍA.

Con las exploraciones realizadas en esta área se identificó el perfil de suelo para cada perforación realizada. Un resumen con la descripción de los diferentes tipos de suelos encontrados se presenta desde el Cuadro 5-1 al Cuadro 5-4. En sus estratos superficiales se identifica el predominio de un depósito coluvial de carácter granular, correspondiente a materiales transportados y meteorizados, conformados principalmente por arenas limosas con gravas y arenas con presencia de finos, de comportamiento heterogéneo y con presencia ocasional de bolones.

Cuadro 5-1. Estratigrafía perforación P-01

Perf.	Estrato	Rango de muestreo (m)	Espesor estrato [m]	Clasificación SUCS	A.A.S.H.T.O. [-]	Comentarios
P-01	1	0.10 - 1.50	1.40	SM	A-1-a	Arena limosa con grava SM
	2	1.50 - 2.96	1.46	Se encontró rechazo a la penetración SPT, Depósito coluvial granular heterogéneo		
	3	2.96 - 8.50	5.54	Roca de calidad baja meteorizada		
	4	8.50 - 18.62	10.12	Roca de calidad baja		

Cuadro 5-2. Estratigrafía perforación P-02

Perf.	Estrato	Rango de muestreo (m)	Espesor estrato [m]	Clasificación SUCS	A.A.S.H.T.O. [-]	Comentarios
P-02	1	0.10 - 1.10	1.00	Se encontró rechazo a la penetración SPT, Depósito coluvial granular (Depositos transportados meteorizados)		
	2	1.10 - 4.34	3.24	Suelos transportados		
	3	4.34 - 7.32	2.98	Suelos transportados rigidos		
	4	7.32 - 18.09	10.77	Roca de calidad intermedia meteorizada		

Cuadro 5-3. Estratigrafía perforación P-03

Perf.	Estrato	Rango de muestreo (m)	Espesor estrato [m]	Clasificación SUCS	A.A.S.H.T.O. [-]	Comentarios
P-03	1	0.00 - 1.10	1.10	Se encontró rechazo a la penetración SPT, Depósito coluvial granular (Depositos transportados meteorizados)		
	2	1.10 - 4.34	3.24	Suelos transportados		
	3	4.34 - 7.32	2.98	Suelos transportados rigidos		
	4	7.32 - 18.09	10.77	Roca de calidad intermedia meteorizada		

Cuadro 5-4. Estratigrafía perforación P-04

Perf.	Estrato	Rango de muestreo (m)	Espesor estrato [m]	Clasificación SUCS	A.A.S.H.T.O. [-]	Comentarios
P-04	1	0.00 - 0.30	0.30	SC	A-6	Arena arcillosa con grava SC
	2	0.30 - 3.14	2.84	Se encontró rechazo a la penetración SPT, Depósito coluvial granular (Depositos transportados)		
	3	3.14 - 6.20	3.06	Roca de calidad intermedia meteorizada		
	4	6.20 - 13.62	7.42	Roca de calidad intermedia		

5.3 PROPIEDADES ÍNDICES.

A partir de los perfiles de suelo y para cada unidad se realizó una caracterización a partir de sus propiedades físicas y mecánicas. En el Cuadro 5-5 se presenta el resumen de las propiedades índice de los suelos.

Cuadro 5-5. Resumen propiedades índices

Perf.	Rango de muestreo (m)	Especifica. humedad natural, límites de Atterberg e índices						Gradación			Clasificación de suelos		
		Wn [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]	IL [-]	Ic [-]	Grava [%]	Arena [%]	Finos [%]	S.U.C.S	A.A.S.H.T.O	Indice de grupo
P-01	0.10 - 1.50	8.3	NL	NP	NP	NA	NA	35.0	52.8	12.2	SM	A-1-a	0
P-02	0.10 - 1.10	-	NL	NP	NP	NA	NA	(Depositos transportados meteorizados)					
P-03	0.00 - 1.10	-	NL	NP	NP	NA	NA	(Depositos transportados meteorizados)					
P-04	0.00 - 0.30	16.5	31.8	19.6	12.2	- 0.26	1.26	26.7	36.3	37.0	SC	A-6	1

En las perforaciones realizadas se identificaron suelos de naturaleza predominantemente granular con presencia de finos. Con base en los ensayos efectuados y en la evaluación de los límites de consistencia, el material presenta un potencial de expansión **Bajo a nulo**, de acuerdo con los criterios establecidos en el **Cuadro 5-6.**

Cuadro 5-6 Clasificación de suelos expansivos según NSR-10 (tomado del Título H de la NSR-10)

Potencial de expansión	Expansión Consolidometro (%)	LL (%)	LC (%)	IP (%)	Partículas menores 1μ (%)	Expansión libre 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 - 37.	50 – 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

5.4 COMPACIDAD DE MATERIALES GRANULARES Y CONSISTENCIA DE MATERIALES COHESIVOS

Tanto la compacidad como la consistencia de los suelos se definieron haciendo uso de los valores empíricos recomendados en los cuadros, en los cuales para el suelo cohesivo se clasifica con el Nspt.

Cuadro 5-7 Consistencia de suelos cohesivos saturados.

N	N EPOL	Densidad Aparente	Densidad Relativa
0 - 4	0 – 6	Muy suelta	0 – 20
> 4 - 10	6 – 15	Suelta	20 – 40
> 10 - 30	15 – 45	Medianamente densa	40 – 70
> 30 - 50	45 – 70	Densa	70 – 85
> 50	> 70	Muy densa	85 – 100

En el **Cuadro 5-8** se presenta la clasificación de los suelos de acuerdo con este criterio.

Cuadro 5-8. Compacidad relativa de suelos granulares y consistencia de los cohesivos

Perf.	Prof. Ensayo SPT (m)	Rango de muestreo (m)	Cont.	Clasificación de suelos			NSPT CAMPO (golpes/pie)	N° de golpes para una energía corregida del martillo de 70%	Consistencia [Para este calculo se tendra en cuenta el Nspt según Terzaghi y Peck 1967]	Compacidad [Para este calculo se tendra en cuenta el N70 según Bowles 1988]
			Finos [%]	S.U.C.S	A.A.S.H.T.O	Indice de grupo	NSPT	N'70		
P-01	1.20	0.10 - 1.50	12	SM	A-1-a	0	25	19	NA	Densa
P-02	1.00	0.10 - 1.10	(Depositos transportados meteorizados)				25	24	NA	Densa
P-03	1.10	0.00 - 1.10	(Depositos transportados meteorizados)				25	24	NA	Densa
P-04	0.30	0.00 - 0.30	37	SC	A-6	1	8	8	NA	Media

5.5 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA.

Considerando toda la información anteriormente presentada, y observando los perfiles de resistencia de las cuatro perforaciones, se define un perfil de diseño.

Perfil geotécnico 1 tanque del agua.

- 0.10m hasta 1.50m Arena limosa con grava (SM) (N'SPT=25) Compacidad densa.

Perfil geotécnico 2 líneas de conducción del acueducto puente.

- 0.00m hasta 0.30m Arena arcillosa con grava (SC) (N'SPT= 8) Compacidad media.

Nota: Los parámetros geotécnicos de rigidez y resistencia se definirán para el perfil de diseño.

5.6 NIVEL FREÁTICO.

No se encuentra nivel freático en las perforaciones realizadas.

5.7 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS.

En este numeral se presentan las metodologías y criterios de diseño empleados para las siguientes actividades realizadas en este estudio:

- Cálculo de la capacidad portante del suelo de fundación.
- Análisis de asentamientos totales de con la presión de capacidad portante.

Teniendo en cuenta los resultados de ensayos de laboratorio, se realizó la caracterización de los materiales existentes a lo largo del perfil de suelo donde se construirá la edificación, y con base en los ensayos de penetración estándar realizados, se complementaron los parámetros geotécnicos a partir de correlaciones empíricas, en bases de datos y experiencia de C.S.P INGENIERIA ESTUDIOS Y DISEÑOS.

5.7.1 Compresibilidad.

Para definir la rigidez se utilizaron las correlaciones presentadas en el **Cuadro 5-9.**

Cuadro 5-9. Tabla de correlación módulo de elasticidad suelos.

Table C10.4.6.3-1—Elastic Constants of Various Soils (modified after U.S. Department of the Navy, 1982; Bowles, 1988)

Soil Type	Typical Range of Young's Modulus Values, E_s (ksi)	Poisson's Ratio, ν (dim)
Clay:		
Soft sensitive	0.347–2.08	0.4–0.5 (undrained)
Medium stiff to stiff	2.08–6.94	
Very stiff	6.94–13.89	
Loess	2.08–8.33	0.1–0.3
Silt	0.278–2.78	0.3–0.35
Fine Sand:		
Loose	1.11–1.67	0.25
Medium dense	1.67–2.78	
Dense	2.78–4.17	
Sand:		
Loose	1.39–4.17	0.20–0.36
Medium dense	4.17–6.94	
Dense	6.94–11.11	0.30–0.40
Gravel:		
Loose	4.17–11.11	0.20–0.35
Medium dense	11.11–13.89	
Dense	13.89–27.78	0.30–0.40
Estimating E_s from *SPT N* Value		
Soil Type		E_s (ksi)
Silts, sandy silts, slightly cohesive mixtures		$0.056\ N1_{60}$
Clean fine to medium sands and slightly silty sands		$0.097\ N1_{60}$
Coarse sands and sands with little gravel		$0.139\ N1_{60}$
Sandy gravel and gravels		$0.167\ N1_{60}$
Estimating E_s from q_c (static cone resistance)		
Sandy soils		$0.028q_c$

5.7.2 Perforaciones

Los módulos de rigidez asociados de cada perforación se presentan en el **Cuadro 5-10**.

Cuadro 5-10 Módulo de rigidez Perforación 1 a 4

Perf.	Estrato	Prof. Ensayo SPT (m)	Rango de muestreo (m)	Espesor estrato	Clasificación de suelos	N° de golpes para una energía corregida del martillo de 60%	Es (kPa)
					S.U.C.S	$N1_{60}$	
P-01	1	1.20	0.10 - 1.50	1.40	SM	22	14574
P-02	1	1.00	0.10 - 1.10	1.00	transportados meteorizados	25	16720
P-03	1	1.10	0.00 - 1.10	1.10	transportados meteorizados	25	16720
P-04	1	0.30	0.00 - 0.30	0.30	SC	8	5453

5.7.3 Perfil geotécnico

Perfil geotécnico 1.

De acuerdo con el perfil de diseño establecido previamente, se selecciona el siguiente rango de valores del parámetro de rigidez para el suelo de diseño.

Cuadro 5-11 Parámetros de rigidez perfil geotécnico 1.

Estrato	Prof. muestreo [m]	Clasificación SUCS	Es [kPa]
1	0.00 – 1.50	SM	14574

Perfil geotécnico 2.

Cuadro 5-12 Parámetros de rigidez perfil geotécnico 2.

Estrato	Prof. muestreo [m]	Clasificación SUCS	Es [kPa]
1	0.00 – 0.30	SC	5453

5.7.4 Parámetros de resistencia al corte drenado materiales granulares (φ').

Angulo de fricción interna (φ'

Para la estimación de este parámetro se utilizaron los valores del número de golpes del ensayo de penetración estándar corregidos ($N1_{60}$). De esta forma, se utilizaron las siguientes correlaciones

para la determinación del ángulo de fricción del material, sustraídas del artículo "Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT" de la sociedad colombiana de ingenieros en 1999.

- $\varphi = 15 + \sqrt{16.6 * N60}; Kishida$
- $\varphi = 27 + 0.25 * N60; JNR$
- $\varphi = 15 + \sqrt{12.5 * N60}$; JRB
- $\varphi = 28.5 + 0.33 * N60; Peck$

En suelos finos para la estimación de este parámetro se utilizaron los valores del número de golpes del ensayo de penetración estándar corregidos ($N1_{60}$) y el índice de plasticidad (IP), dada la naturaleza del material encontrado.

Se utilizaron las siguientes correlaciones para la determinación del ángulo de fricción del material.

Sorensen and Okkela (2013):

$$\varphi = 45 - 14 * log(IP); 4 < IP < 50$$

Sorensen and Okkela (2013):

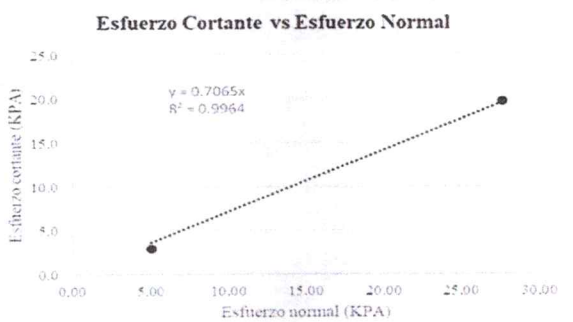
$$\varphi = 39 - 11 * log(IP)$$

Salas (1985):

$$\varphi = 34.9 - 0.338 * IP$$

A continuación, se muestra los resultados para los suelos encontrados:

Figura 5-1. Correlación ángulo de fricción suelo arenoso limoso.



De la figura se obtiene φ igual a 23.22° y cohesión 0 KPa. En

5.7.5 Peso Unitario.

El peso unitario de los suelos se estimó teniendo en cuenta el **Cuadro 5-13,** en el que se describen distintos tipos de suelo, en función de su compacidad y tipo.

Cuadro 5-13 Peso unitario de diferentes suelos según el tipo y su condición. AS 4678 (2002)

		Bulk unit weight (kN/m^3)		Saturated unit weight (kN/m^3)	
		Loose	Dense	Loose	Dense
Granular soils	Gravel	16.0	18.0	20.0	21.0
	Well graded sand and gravel	19.0	21.0	21.5	23.0
	Coarse or medium sand	16.5	18.5	20.0	21.5
	Well graded sand	18.0	21.0	20.5	22.5
	Fine or silty sand	17.0	19.0	20.0	21.5
	Rock fill	15.0	17.5	19.5	21.0
	Brick hardcore	13.0	17.5	16.5	19.0
	Slag fill	12.0	15.0	18.0	20.0
	Ash fill	6.5	10.0	13.0	15.0
Cohesive soils	Peat (high variability)	12.0		12.0	
	Organic clay	15.0		15.0	
	Soft clay	17.0		17.0	
	Firm clay	18.0		18.0	
	Stiff clay	19.0		19.0	
	Hard clay	20.0		20.0	
	Stiff or hard glacial clay	21.0		21.0	

Se establece un peso unitario de 17.6 kN/m3.

5.7.1 Caracterización Del Macizo Rocoso

Con el fin de determinar la calidad del macizo rocoso en el área de intervención, se ha implementado el Geological Strength Index (GSI). Propuesto por Hoek and Brown (1980) como una herramienta de fácil implementación para determinar de manera confiable las características de deformación y esfuerzos del macizo rocoso aplicado sobre alguna superficie alterada por algún proceso de excavación.

5.7.1.1 GSI

Para la selección del GSI se ha tomado en cuenta la litología, estructura y condición de las superficies de discontinuidades en el macizo rocoso, sobre las propiedades de las muestras de roca intacta, acompañado de una examinación visual de la superficie del macizo rocoso expuesto a intervención durante el proceso constructivo. Bajo las premisas anteriormente expuestas y con base a la Figura 5-1 propuesta por Hoek Y Marinos (2000) se ha aplicado un valor representativo para el GSI de 20.

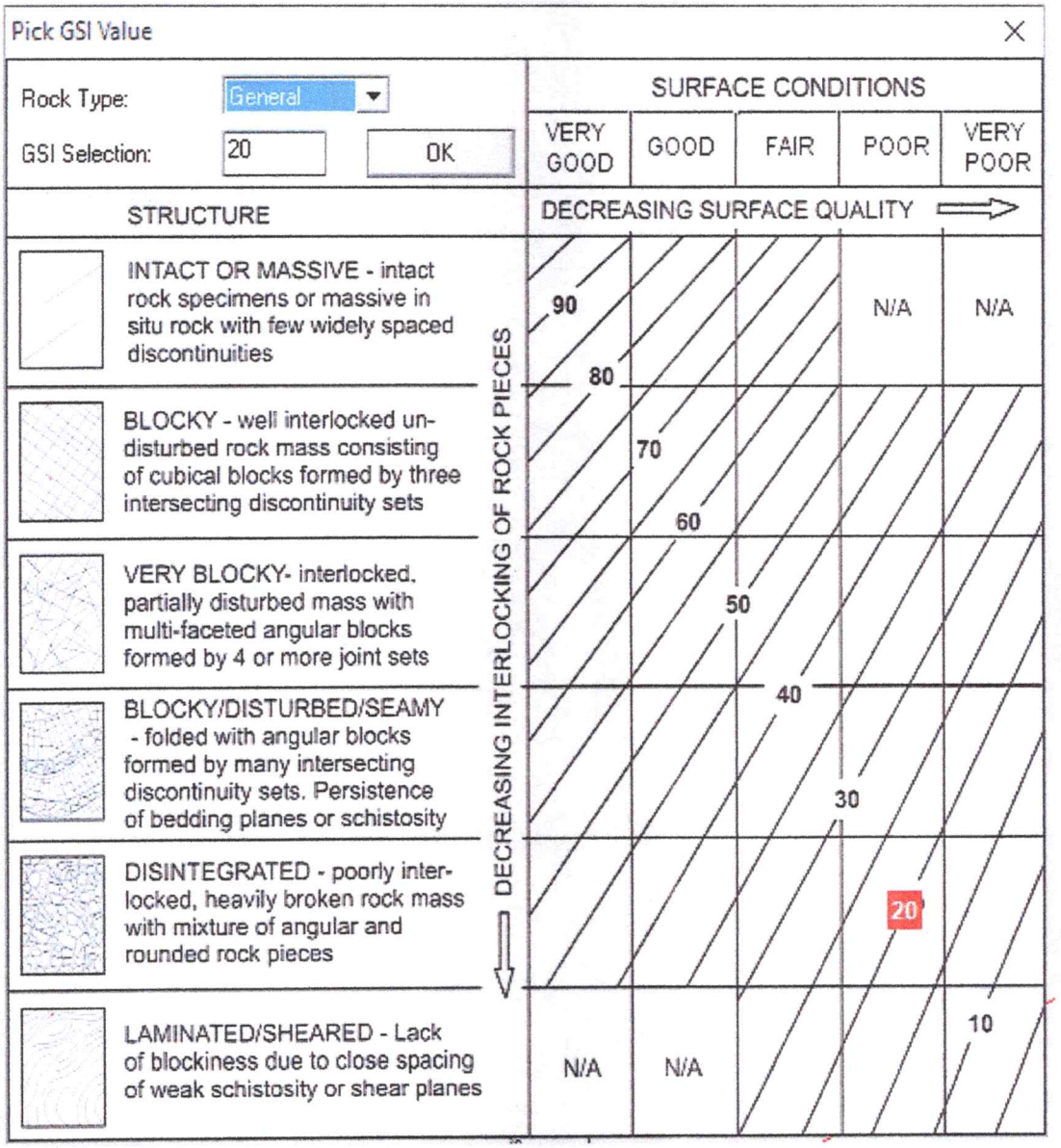


Figura 5-1. Valor representativo del valor de GSI para macizo rocoso de la formación Trincheras localizado en el polígono de estudio.
Tomado de: Hoek Y Marinos (2000)

5.7.1.2 **Coeficiente "mi"**

A partir de la base de datos presentada por la literatura (ver Figura 5-2), se ha determina el coeficiente petrográfico de la roca intacta como un valor igual a 10.00, aplicable para rocas sedimentarias como los "Roca extremadamente meteorizada".

Rock type	Class	Group	Feature			
			Coarse	Medium	Fine	Very fine
SEDIMENTARY	Clastic		Conglomerates* (22 ~ 2) Breccias (17 = 3)	Sandstones 17 = 4	Siltstones 15 – 3 Graywackes (18 = 3)	Claystones (~1/256) Shales (8 = 2) Marls (<1/256)
	Non-Clastic	Carbonates	Carbumates* (2 = 6) (26 = 3)	Speritic Limestones (7 = 4)	Siltstones (15 – 3) (18 = 3)	Grayaves (9 = 2) (8 = 3)
		Exogenites		Marble (2.6 – 2.7)	Quartzite (2.6-3)	Chalk (7 = 2)
METAMORHIC	Non Foliated		Marble (2.6–3)	Quartzite (2.6)		
	Exogenites		Lignite (2.3 – 3) Bitumnous Coal	Marble (2.6–3.7)		
	Slightly foliated	Flutonic	Gneiss (2.6 – 3)	Schist (2.8 – 3.1)	Phyllites (2.7 = 7)	Slate (2 = 7)
	Plutonic	Light	Gneiss (2.7 – 2.2) Commodlite	Schist (2.7–3)		
		Dark	Gabbro (5 – 3.5)			
	Hypabyssal		Porphyrites			
	Volcanic	Lava	Rhyolite (2.6:)	Ahesite (2.6 – 2.7)	Basalt (2.7 – 3.1)	(2.7 – 3.1)
		Pyroclastic	Agglogerate (<8 – 8)	Breecia (2.6 – 2.7)	Tuff (2.7 – 3.1)	(2.7 – 3.1)
IGNROUS	Hypanic	Plutonic	Granite (3)	(2.6)	Diorite (3.2 – 3.4)	(3.3 – 3.2)
	Lava	Pyrablyssal	Gabbro (2 – 3)	Diorite (3)	Peridotite (3.2 – 3.4)	(3.2 – 3.4)
		Lava	Rhyolite (2.4 – (2.6 – 2.7)	Andesite (2.6–2.7)	Basalt (2.7 – 3.1)	(2.7 – 3.1)
	Pyroclastic	Andesite	Andesite (2.6–3) (<2)	(2.6) (2.6–2.7)	Tuff (2.7 – 3.1)	(2.7 – 3.1)

1. Complements and fraciess may present wide arg of m, values depeinding on the nature of the confinents material and the degre of cementation, so they vary from values sinular to sandstone to shale.
2. When no grain size is given, means rocks are medium grained.
3. When no grain size is presented, rocks are medium grained. The value of m, vil be signiticantly

Figura 5-2. Coeficiente petrográfico de la roca intacta "mi". Tomado de: Hoek (2000).

5.7.1.3 Factor de alteración "D"

El factor "D" de alteración se considera aplicado sobre el macizo de acuerdo a todo el grado de alteración al que sido sometido el macizo rocoso por efecto del uso de explosivos, excavaciones, adecuada e inadecuada ejecución de procesos constructivos. Este valor varía entre un rango comprendido entre 0 y 1, en donde 0 es una condición de macizo inalterado y 1 aplica para macizos rocosos muy alterados. El valor de selección finalmente resulta muy empírico y se considera por parte de Hoek (2002) inadecuado aplicar este factor de deterioro a todo el macizo y según su experiencia no deberá afectar superficies superiores a los 3.00m, siendo así las cosas, el valor seleccionado para la cimentación sobre la cual se desplantaran las obras a ejecutar se ha determinado que el proceso constructiva tendrá un injerencia de 0.050m por excavación y proceso constructivo, 0.050m por reblandecimiento de la roca posterior a la instalación de las obras propuestas, es decir solo se espera afectar 0.05m de espesor de la roca expuesta mediante excavación manual sobre las areniscas asignando un valor representativo para de D igual a 0.00.

La guía para asignar este parámetro según los criterios de Hoek et al. (2002), se presenta en la Figura 5-3.

Apariencia del macizo rocoso	Descripción del macizo rocoso	Valor D sugerido
	Excelente calidad de voladura controlada o excavación con tuneladora, TBM, con resultados de alteración mínima del macizo rocoso confinado circundante al túnel	$D = 0$
	Excavación mecánica o manual en macizos rocosos de mala calidad (sin voladuras) con una alteración mínima en el macizo rocoso circundante. Cuando aparezcan problemas de deformación en el piso durante el avance, la alteración puede ser severa a menos que se coloque una contrabóveda temporal, tal como se muestra en la fotografía.	$D = 0$ $D = 0.5$ No invert
	Voladura de muy mala calidad en un túnel en roca competente con daños locales severos, extendiéndose 2 o 3 m en el macizo rocoso circundante	$D = 0.8$
	Pequeñas voladuras en taludes de ingeniería civil dan lugar a pequeños daños al macizo rocoso, particularmente si se usan voladuras de contorno como se muestra en el lado izquierdo de la fotografía. Sin embargo la liberación de tensiones resulta en alguna alteración	$D = 0.7$ Good blasting $D = 1.0$ Poor blasting
	Los taludes en las grandes minas a cielo abierto sufren alteraciones significativas debido a las grandes voladuras de producción y también debido a la relajación de tensiones al retirar el estéril de recubrimiento. En algunas rocas blandas la excavación puede llevarse a cabo mediante el ripado y empuje con tractores de orugas y el grado de afección a los taludes será menor.	$D = 1.0$ Production blasting $D = 0.7$ Mechanical excavation

Figura 5-3. Guía para la estimación del factor de alteración "D". Tomado de: Hoek – Brown, 2002.

Debido a la versatilidad que ofrece este tipo de clasificaciones, se ha determinado la rotura del macizo en términos del criterio de falla de Mohr Coulomb, por medio del software comercial Roclab, el cual establece una relación lineal media a la curva generada a partir de la ecuación mostrada, para un intervalo de esfuerzo principal menor definido por $\sigma t < \sigma 3 < \sigma 3$ max., el proceso de ajuste supone equilibrar las áreas por encima y por debajo de las curvas de Mohr Coulomb.

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci}\left(mb\frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s\right)^a$$

5.7.1.4 Módulo De Elasticidad Del Macizo Rocoso

De la misma manera Hoek propone la determinación del módulo de deformación del macizo rocoso, teniendo en cuenta los factores de alteración "D" igual a 0.1, el GSI de 32 y la resistencia

a la compresión del macizo rocoso igual a 0.057 MPa, a partir de la expresión aplicada para resistencia a la compresión axial sobre el macizo rocoso inferior a 100MPa:

$$E_{m\,(GPa)} = \left(1 - \frac{D}{2}\right)\sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}}\,10^{\frac{GSI-10}{40}}$$

El valor finalmente obtenido es de 79.53 MPa.

5.7.1.5 Parámetros de Resistencia del Macizo

Los resultados arrojados por el software para la caracterización del macizo rocoso a través del sistema GSI, ajustados en términos de rotura del criterio de falla de Mohr Coulomb, se presentan de manera resumida en el Cuadro 5-14.

Cuadro 5-14. Resumen de la caracterización de la roca (H.J.) por medio del sistema GSI.

Hoek Brown Classification		
sigci	1	MPa
GSI	20	
mi	10	
D	0.0	
Hoek Brown Criterion		
Mb	0.574	
S	0.0001	
a	0.544	
Failure Envelope Range		
Application	General	
sig3max	0.2500	MPa
Mohr-Coulomb Fit		
C'	0.028	MPa
phi	28.0	degrees
Rock Mass Parameters		
sigt	-0.00024	MPa
sigc	0.008	MPa
sigcm	0.081	MPa
Em	177.83	MPa

5.7.2 Resumen parámetros de diseño.

A continuación, se resumen los parámetros de diseño para la cimentación, los parámetros para los asentamientos solo se tendrán en cuenta la profundidad de desplante recomendada.

Perfil diseño geotécnico 1:

Cuadro 5-15 parámetros de diseño geotécnico 1

Profundidad (m)	γ (KN/m3)	C´ (KPa)	Angulo de fricción Φ (grados)	Es (KPa)
0.00 – 2.96	18.4	-	23.22	14574
2.96 – 8.50	21.5	28.0	28.0	35000

Perfil diseño geotécnico 2:

Cuadro 5-16 parámetros de diseño geotécnico 2

Profundidad (m)	γ (KN/m3)	C´ (KPa)	Angulo de fricción Φ (grados)	Es (KPa)
0.00 – 0.30	16.8	-	23.22	5453
0.30 – 4.34	18.4	-	23.22	14574
4.34 – 8.50		28.0	28.0	35000

5.8 LIMITACIONES

El presente informe se fundamenta en los resultados de los ensayos de penetración estándar (SPT) realizados en campo, así como en las clasificaciones de suelos obtenidas a partir de ensayos de laboratorio, los cuales permiten caracterizar de manera general el comportamiento geotécnico del terreno en el área de estudio.

Con base en el alcance de la información disponible, no se desarrollan análisis de asentamientos totales ni diferenciales asociados a estructuras específicas, debido a que dichos análisis requieren parámetros y condiciones particulares del diseño estructural que no forman parte del presente estudio.

6 ASPECTOS SÍSMICOS

De acuerdo con la NSR (Normas Sismo Resistentes Colombianas 2010) Título A, El municipio de Belen de los andaquies – Caquetá, pertenece a una zona de amenaza Intermedia **(Aa=0,20), (AV = 0.15), (Ae = 0.09), (Ad = 0.05)**

6.1 PERFIL DE LOS SUELOS.

Para la clasificación del perfil del suelo se utilizó el promedio de los golpes SPT desde el primer metro de profundidad, obteniéndose:

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

Perfil	N SPT
Perfil de diseño	C >50

6.2 ESTIMACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE Vs.

El código de diseño de puentes y autopistas japonesas propone la siguiente correlación para suelos aluviales arenosos y arcillosos, a partir de datos recopilados de las tres perforaciones donde se hizo el ensayo SPT (Figura 6-1):

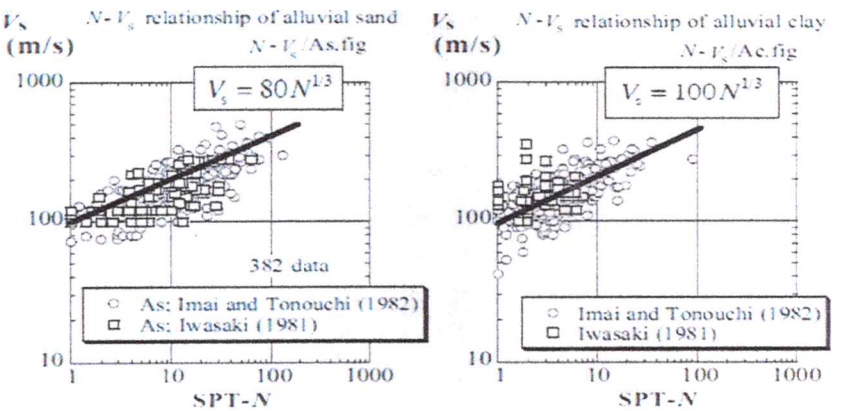


Figura 6-1– Correlación Nspt y velocidad de onda de corte para depósitos de depósitos de limo y arcilla (derecha) (Towhata, 2006)

Para el perfil realizado, los suelos se clasifican como tipo C Rocas blandas y depósitos de suelo de grano grueso muy densos o suelos de grano fino muy consistentes con espesores superior a 30 m, caracterizados por un mejoramiento gradual de las propiedades mecánicas a según del aumento de la profundidad y por valores Vs,30 comprendidos entre 360 m/s y 720 m/s (o NSPT,30 > 50 en suelos de grano grueso y cu,30 > 250 kPa en suelos de grano fino).

Los parámetros sísmicos para elaboración del espectro se presentan en el **Cuadro 6-2.**

Cuadro 6-2 Tipo de suelos para la zona.

Perfil	Tipo Suelo	Fa	Fv
Perfil de Diseño	C	1.2	1.65

Grupo de uso = Grupo IV (Edificaciones indispensables).

Coeficiente de importancia = 1.50

Cuadro 6-3 Perfil de velocidades de onda de corte – disparo 1

n.	Profundidad [m]	Espesor [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densidad [kg/mc]	Coeficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.16	1.16	230.48	431.19	1800.00	0.30	95.62	334.67	207.18	248.61	13	1351.3
2	3.14	1.98	243.16	506.18	1850.00	0.35	106.43	461.19	319.29	287.36	16	1630.7
3	6.20	3.06	407.17	997.37	2000.00	0.40	331.58	1989.50	1547.39	928.43	42	4255.7
4	13.62	7.42	476.95	1284.24	2100.00	0.42	477.72	3463.47	2826.51	1356.73	N/A	N/A
5	oo	oo	596.41	1978.08	2200.00	0.45	782.56	8608.13	7564.72	2269.42	N/A	N/A

Cuadro 6-4 Perfil de velocidades de onda de corte – disparo 2

n.	Profundidad [m]	Espesor [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densidad [kg/mc]	Coeficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.11	1.11	224.62	420.23	1800.00	0.30	90.82	317.86	196.77	236.13	N/A	1362.86
2	4.34	3.23	242.21	491.92	1850.00	0.34	108.53	447.68	302.98	290.86	N/A	1990.48
3	7.32	2.99	308.92	680.06	1900.00	0.37	181.32	878.71	636.95	496.82	N/A	N/A
4	18.09	10.77	417.69	1023.12	2000.00	0.40	348.92	2093.54	1628.31	976.99	N/A	N/A
5	oo	oo	501.30	1662.63	2200.00	0.45	552.87	6081.58	5344.42	1603.33	0	N/A

Cuadro 6-5 Perfil de velocidades de onda de corte – disparo 3

n.	Profundidad [m]	Espesor [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densidad [kg/mc]	Coeficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.13	1.13	220.13	411.83	1800.00	0.30	87.22	305.29	188.99	226.78	12	1231.39
2	2.96	1.84	240.68	501.02	1800.00	0.35	104.27	451.84	312.81	281.53	16	1628.36
3	8.50	5.54	413.82	1013.65	2000.00	0.40	342.49	2054.96	1598.30	958.98	42	4237.2
4	18.62	10.12	548.70	1477.42	2100.00	0.42	632.25	4583.85	3740.84	1795.60	N/A	N/A
5	oo	oo	599.10	1986.98	2200.00	0.45	789.62	8685.81	7632.98	2289.89	N/A	N/A

7 EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL TERRENO, ANÁLISIS Y RECOMENDACIONES PARA LA CIMENTACIÓN DE LA OBRA.

7.1 GENERALIDADES.

Las obras contempladas en este estudio no superarán la categoría de baja complejidad según la Norma NSR-10. se determinará la capacidad portante del terreno a profundidades de 3.00 m y 4.35m. Esta información servirá como base para evaluar las condiciones del suelo y proporcionar recomendaciones iniciales para el diseño de cimentaciones del proyecto.

Los cálculos de capacidad portante y asentamientos se anexan en los siguientes capítulos.

En este capítulo se realiza una evaluación de las condiciones de soporte del suelo y el cálculo de la capacidad portante del suelo y asentamiento.

7.2 ECUACIONES DE CAPACIDAD PORTANTE UTILIZADAS EN EL ANÁLISIS.

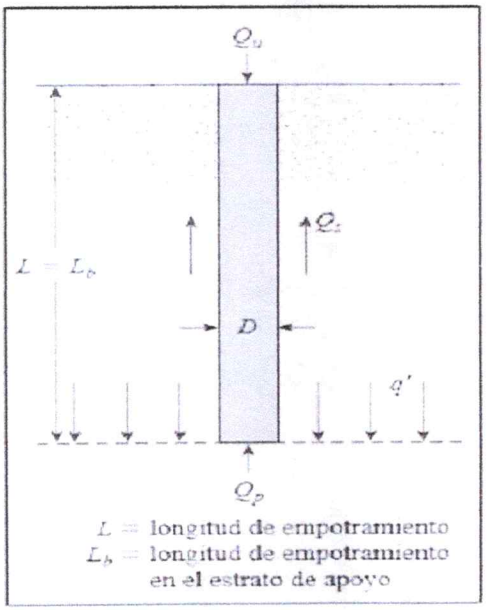
7.2.1 Ecuación general de la capacidad de carga (Teoría de Meyerhof).

$$Qu = Qp + Qs$$

Donde:

Qp = capacidad de soporte de carga de la punta del pilote

Qs = resistencia por fricción (fricción superficial) derivada de la interfaz suelo-pilote



Capacidad de carga de la punta, Qp

En el estudio de capacidad de carga para cimentaciones superficiales se dio la siguiente ecuación que de forma general sirve para calcular la carga última (vertical):

$$q\,u = c' N_c F_{cs} F_{cd} + q N_q F_{qs} F_{qd} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma s} F_{\gamma d}$$

Resistencia por fricción, Qs

La resistencia por fricción, o superficial, de un pilote se puede escribir como:

$$Qs = \sum p \Delta L f$$

7.3 CALCULOS DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE DE LOS SUELOS DE CIMENTACIÓN

7.3.1 Capacidad portante admisible Perfil de resistencia 1.

La capacidad portante del suelo se realizará suponiendo lo siguiente:

Obra: categoría baja

Tipo de suelo: (SM)

Diámetro mínimo de cimentación: 0.60 m

Profundidad de Cimentación, Df 3.00m

Factor de seguridad adoptado: 3.0

7.4 CARGAS DEL PROYECTO

Se trabajarán los asentamientos con la carga máxima obtenida del análisis de capacidad portante.

7.5 FACTORES DE SEGURIDAD

Para las cimentaciones se usarán los Factores de Seguridad indirectos dispuestos por la norma NSR-10, capitulo H.4.7.1. Según la Norma se deben cumplirá los siguientes valores:

Cuadro 7-1 Factores de Seguridad usados

Condición	F.S indirecto
Carga Muerta + Carga Viva Normal	3.0
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2.5
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo	1.5

7.6 ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS DE LAS OBRAS PROYECTADAS.

Se estableció un valor de 15,0 cm para asentamiento total máximo según NSR. Debido a que no se tienen cargas del proyecto se calculan los asentamientos con la capacidad de soporte del suelo a una profundidad de 3.0 metro.

7.6.1 Metodologías para el cálculo de asentamientos por consolidación

Los asentamientos por consolidación consisten en deformaciones verticales por esfuerzos impuestos a suelos como limos, lo cuales provocan la movilización del flujo de agua que generan vacíos en su interior. Para suelos con alto grado de consolidación, no se esperan que se desarrollen deformaciones grandes.

En este caso serán modelados los asentamientos por consolidación por medio del programa Settled 3D ®, según los parámetros de consolidación encontrados en el ensayo.

7.6.2 Metodologías para el cálculo de asentamientos elásticos.

Los asentamientos se calcularon usando el software Settled 3D ®, tanto para asentamiento de consolidación como elásticos. La carga usada para su cálculo fue la mayor permitida por la capacidad portante. La distribución de esfuerzo de la carga sobre el suelo sigue el método dado por Boussinesq. Para calcular los asentamientos elásticos se tienen en cuenta los parámetros de rigidez calculados en el capítulo 5. El cálculo de los asentamientos se adjunta en el anexo E y siguiendo la siguiente ecuación.

$$\varepsilon = \frac{\Delta\sigma}{Es}$$

Donde:

- ε = Deformación elástica
- $\Delta\sigma$ = Esfuerzos verticales (KN/m2)
- Es = Modulo de eslasticidad (KPa)

7.7 Resultados

La capacidad portante admisible calculada se presenta en el Cuadro 7-2. En el Cuadro 7-3 se muestran los asentamientos elásticos y por consolidación.

Cuadro 7-2 Capacidad portante admisible perfil 1 – Q_{adm}.

Diámetro (m)	0.60	0.80	1.00
Longitud (m)	Carga admisible (kN)		
0.90	17.12	30.43	47.55
1.90	36.14	64.25	100.38
3.00	102.37	181.99	284.37
4.00	168.10	287.53	438.64
5.00	240.55	402.02	604.12
6.00	319.14	524.69	779.82
7.00	403.31	654.81	964.84
8.00	492.60	791.75	1158.38
9.00	586.54	934.89	1359.67

Cuadro 7-3 Asentamientos elásticos perfil 1.

CÁLCULO ASENTAMIENTO ELÁSTICO						
Longitud pilote [m]	Módulo de elasticidad suelo (Es) [kPa]	Factor de influencia Iws	Asentamiento elástico del pilote (Se1) [mm]	Asentamiento por carga de punta (Se2) [mm]	Asentamiento por carga del fuste (Se3) [mm]	Asentamiento Elástico TOTAL [mm]
0.90	14794.33	2.43		2.13		2.13
1.90	14794.33	2.62		4.49		4.49
3.00	35000.00	2.78		5.12		5.12
4.00	35000.00	2.90	0.11	7.11	0.15	7.38
5.00	35000.00	3.01	0.19	9.11	0.29	9.59
6.00	35000.00	3.11	0.30	11.10	0.41	11.81
7.00	35000.00	3.20	0.43	13.09	0.53	14.05
8.00	35001.00	3.28	0.59	15.09	0.64	16.32
9.00	35002.00	3.36	0.78	17.08	0.75	18.61

Cuadro 7-4 Capacidad portante admisible perfil 2– Q_{adm}.

Diámetro (m)	0.15	0.30	0.45
Longitud (m)	Carga admisible (kN)		
0.30	0.36	1.43	3.21
2.00	2.38	9.51	21.40
3.00	3.57	14.27	32.10
4.34	12.37	35.65	69.86
5.00	26.19	75.24	147.15
6.00	38.29	104.47	198.54
7.00	51.79	136.49	254.13
8.00	66.56	171.07	313.54
9.00	82.50	207.98	376.45

Cuadro 7-5 Asentamientos elásticos perfil 2

CÁLCULO ASENTAMIENTO ELÁSTICO						
Longitud pilote [m]	Módulo de elasticidad suelo (Es) [kPa]	Factor de influencia I_{ws}	Asentamiento elástico del pilote (Se1) [mm]	Asentamiento por carga de punta (Se2) [mm]	Asentamiento por carga del fuste (Se3) [mm]	Asentamiento Elástico TOTAL [mm]
3.00	14794.33	3.11	0.03	3.54	0.00	3.57
4.34	35000.00	3.33	0.10	2.28	0.09	2.46
5.00	35000.00	3.43	0.22	4.55	0.17	4.95
6.00	35000.00	3.57	0.36	5.55	0.24	6.15
7.00	35000.00	3.69	0.54	6.55	0.31	7.39
8.00	35001.00	3.81	0.76	7.54	0.37	8.68
9.00	35002.00	3.92	1.02	8.54	0.44	10.00

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA CIMENTACIÓN

8.1 CONCLUSIONES

- Con base en los ensayos de penetración estándar (SPT) realizados en campo y en las clasificaciones de suelos obtenidas en laboratorio, se definió la capacidad portante y los asentamientos.
- No se encontró nivel freático en las perforaciones realizadas.
- En la inspección del tanque existente se evidenció que la zona de apoyo de las zapatas presenta erosión significativa debido a la humedad constante generada por el tanque y la infiltración de agua hacia el suelo de fundación. Esta condición, sumada a las cargas transmitidas por la estructura, ha provocado la pérdida progresiva del material de soporte, dejando las zapatas parcialmente expuestas y reduciendo el confinamiento lateral del terreno.
- Dado que el estrato corresponde a suelos transportados. altamente susceptibles a variaciones de humedad y a procesos de deslizamiento, no se considera viable la implementación de una cimentación superficial en el sector evaluado, ya que podría generarse inestabilidad, asentamientos diferenciales y eventual falla estructural.
- La capacidad portante última del terreno se estimó en 102.37 kPa, correspondiente a una profundidad de desplante de 5.12 m, considerando micro pilotes de 0.60 m.
- El coeficiente de importancia de 1.50 perteneciente al grupo IV (Estructuras de ocupación normal). sin embargo, el constructor podrá adoptar cualquier clasificación que otorgue una mayor importancia al proyecto con base en su impacto.
- Para el perfil realizado, los suelos se clasifican como tipo C Rocas blandas y depósitos de suelo de grano grueso muy densos o suelos de grano fino muy consistentes con espesores superior a 30 m, caracterizados por un mejoramiento gradual de las propiedades mecánicas a según del aumento de la profundidad y por valores Vs,30 comprendidos entre 360 m/s y 720 m/s (o NSPT,30 > 50 en suelos de grano grueso y cu,30 > 250 kPa en suelos de grano fino).
- De acuerdo con la NSR (Normas Sismo Resistentes Colombianas 2010) Título A, El municipio de el Florencia – Caquetá, pertenece a una zona de amenaza Intermedia (Aa=0.20), (Av = 0.15), (Ae = 0.10), (Ad = 0.05), (Fa = 1.2, Fv = 1.65).
- Los asentamientos máximos esperados son menores a 5.12 cm a una profundidad de 3 metros, una presión de 102.37 kPa, los cuales son menores a los 15.0 cm permitidos por la norma NSR-10. Estos corresponden a asentamientos totales.

8.2 RECOMENDACIÓNES GENERALES

- Se recomienda la implementación de un sistema de cimentación profunda mediante micropilotes con una longitud aproximada de 3.0 m y diámetro cercano a 0.60 m, con el objetivo de transferir las cargas del tanque hacia un estrato más competente y estable, evitando que estas actúen sobre los suelos transportados superficiales que presentan erosión y alta susceptibilidad a la humedad.
- Los micropilotes deberán anclarse en el estrato resistente identificado en profundidad y conectarse estructuralmente mediante un encepado o losa de amarre que garantice la adecuada distribución de cargas. Asimismo, se recomienda complementar la intervención con un sistema de drenaje perimetral para controlar la infiltración y prevenir futuros procesos de socavación y pérdida de soporte.
- Se recomienda la construcción del puente portatuberías mediante un sistema de cimentación profunda conformado por micropilotes perforados e inyectados de 0.30 m de diámetro, con longitud suficiente para atravesar los estratos superficiales comprendidos entre 0.00 y 4.34 m, caracterizados por menor rigidez y susceptibilidad a la humedad, y anclarse dentro del estrato más competente identificado entre 4.34 y 8.50 m, con el propósito de controlar asentamientos y garantizar la estabilidad estructural.

El presente informe ha sido elaborado conforme a la normativa técnica vigente y los procedimientos estandarizados del laboratorio. Los resultados, análisis y recomendaciones han sido rigurosamente revisados y validados bajo la supervisión del Ingeniero Civil Especialista en Geotecnia Vial, garantizando su exactitud y confiabilidad técnica.

Carlos Andrés Baéz Baez
Ing. Civil
Especialista en geotecnia vial y pavimentos
M.P. 15202147445 BYC
CC. 74.187.852 de Sogamoso

9 REFERENCIAS

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

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

[3] MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10), Marzo de 2010.

[4] INVIAS. Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, Artículo 220-07, Agosto de 2007.

[4] ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Estudio General De Amenaza Sísmica. Bogotá., 2009.

[5] YOUD T.L. & IDRISS I.M. LIQUEFACTION RESISTANCE OF SOIL: SUMMARY REPORT FROM THE 1996 NCEER AND NCEER/NSF WORKSHOPS ON EVALUATION OF LIQUEFACTION RESISTANCE OF SOILS. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering., 2001.

Anexo A. Memorial de responsabilidad, tarjeta profesional, especialización, cedula y certificado de experiencia.

Florencia, febrero de 2026.

Señores
PLANEACION MUNICIPAL DE BELEN DE LOS ANDAQUIES - CAQUETÁ

Asunto: MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

El suscrito Ingeniero Carlos Andrés Báez Báez, identificado con cédula de ciudadanía No. 74.187.852 expedida en Sogamoso y matrícula profesional No. 15202147445 BYC, en calidad de profesional responsable de la revisión del estudio de suelos, me permito certificar que he revisado y aprobado técnicamente el "**optimización del sistema de captación y aducción del acueducto municipal de belén de los andaquíes, departamento del Caquetá.**" Para lo cual entrego El Informe Final con los anexos correspondientes.

Declaro así mismo, que asumo la responsabilidad por los perjuicios que por causa de ello pueda deducirse, exonerando al municipio de Belén de los andaquies, departamento del Caquetá de cualquier responsabilidad. Acepto y reconozco que la revisión efectuada por esta oficina no constituya una aprobación al diseño o al reconocimiento, sino una verificación del cumplimiento de las normas y decretos antes mencionados.

Atentamente,

Carlos Andrés Baéz Baéz
Ing. Civil
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA VIAL Y PAVIMENTOS
MP. 15202147445 BYC
CC. 74.187.852 de Sogamoso

REPUBLICA DE COLOMBIA

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA

COPNIA



MATRICULA PROFESIONAL No.

15202147445BYC

INGENIERO CIVIL

DE FECHA 25/10/2007

CARLOS ANDRES

BAEZ BAEZ

C.C. 74187852

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

PRESIDENTE DEL CONSEJO

República de Colombia

LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

Autorizada por el Ministerio de Educación Nacional
Teniendo en cuenta que

Carlos Andrés Báez Báez

C.C. Nº. 74.187.852 de Sogamoso

Aprobó los estudios programados y cumplió con las exigencias legales y reglamentarias, le confiere el Título de

Especialista en Geotecnia Vial y Pavimentos

En constancia se firma y sella en Tunja
a los 2 días del mes de diciembre de 2016

El Rector General

El Rector Seccional

El Decano de Facultad

El Secretario Seccional

Registro Interno No. 794.293.02-12-2016

Libro 16T Folio 20



REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO 74.187.852

BAEZ BAEZ
APELLIDOS

CARLOS ANDRES
NOMBRES

FIRMA



INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO 08-ENE-1981
SOGAMOSO
(BOYACA)
LUGAR DE NACIMIENTO

1.72 ESTATURA | O+ G.S. RH | M SEXO

02-MAR-1999 SOGAMOSO
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

REGISTRADORA NACIONAL
ALMABEATRIZ RENGIFO LOPEZ

A-0700100-33148628-M-0074187852-20060524 02758 06144A 02 189328160

INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.S
NIT. 901500884-8

CERTIFICACIÓN

El Ingeniero **CARLOS ANDRÉS BÁEZ BÁEZ**, identificado con CC. No 74.187.852 de la ciudad de Sogamoso - Boyacá y Matricula Profesional No 15202 - 1475445 BYC, con la empresa **CMK INGENIERIA Y GEOTECNIA SAS**, NIT: 901500884-8 se ha desempeñado para nuestra compañía como ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y CALCULISTA en la ejecución de ESTUDIO DE SUELOS PARA ESTRUCTURAS DE CATEGORIA BAJA, MEDIA Y ALTA, del 20 de OCTUBRE de 2019 a la fecha.

La anterior se expide a solicitud del interesado a los 06 días del mes de noviembre de 2025.

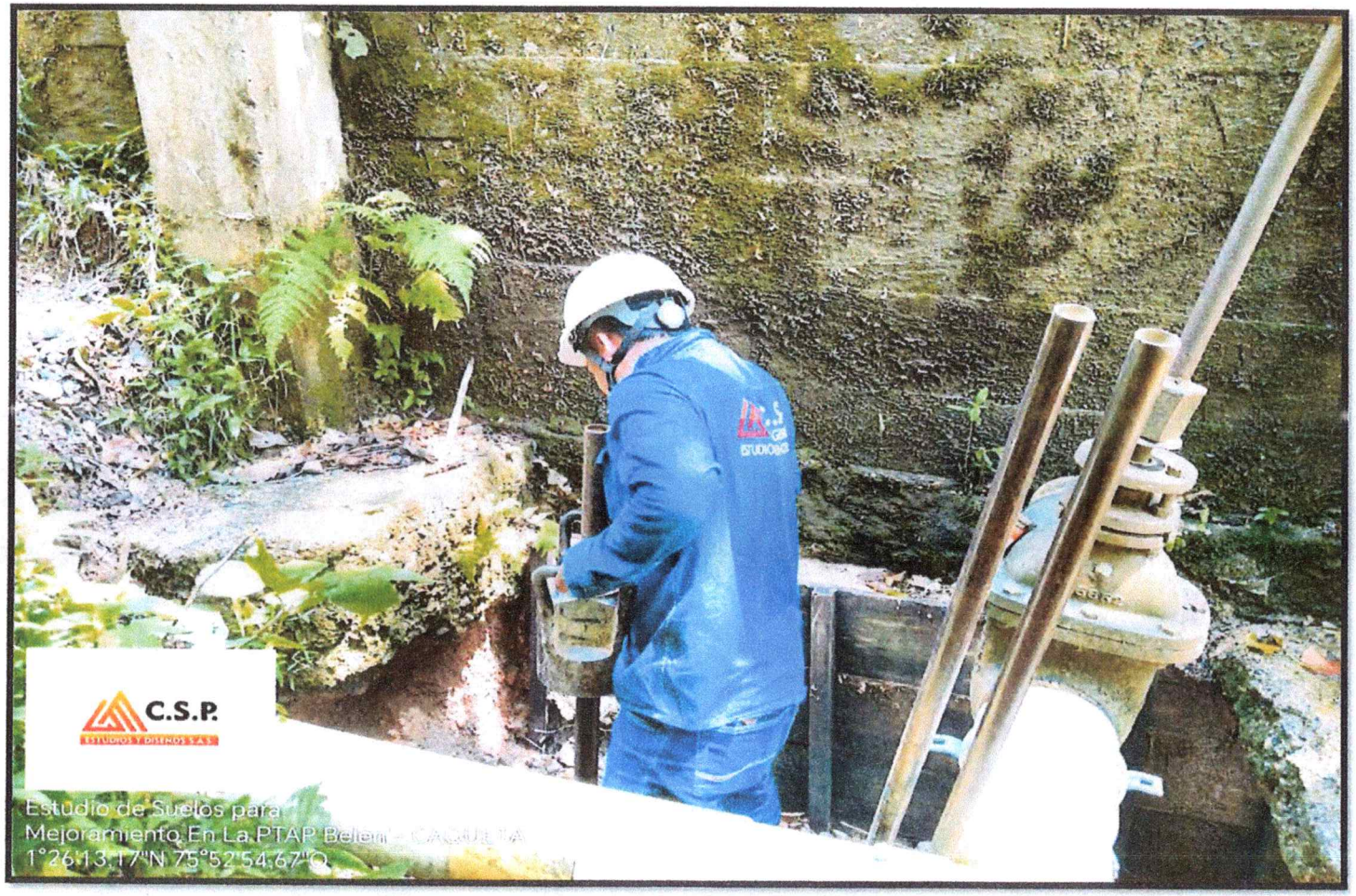
INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.S
NIT. 901500884-8

Cordialmente

ERIKA MARCELA RODRIGUEZ OSPINA
GERENTE Y PROPIETARIA

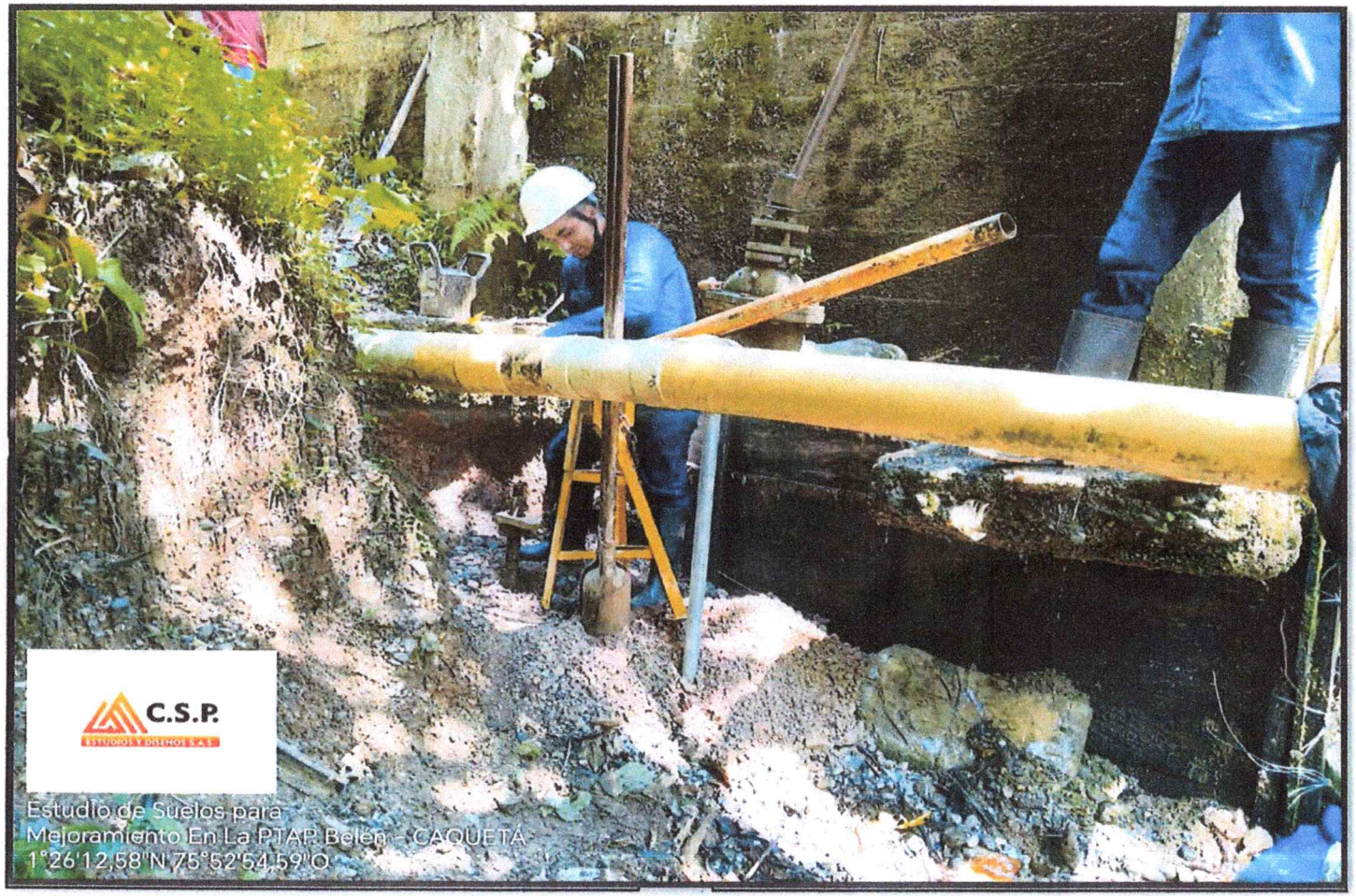
Calle 19 # 30 - 34 Bucaramanga, Santander - Cel. 3176235574 -Tel, (57) 6810285
E-mail: erikamarcelaro@gmail.com

Anexo B. Registro fotográfico.

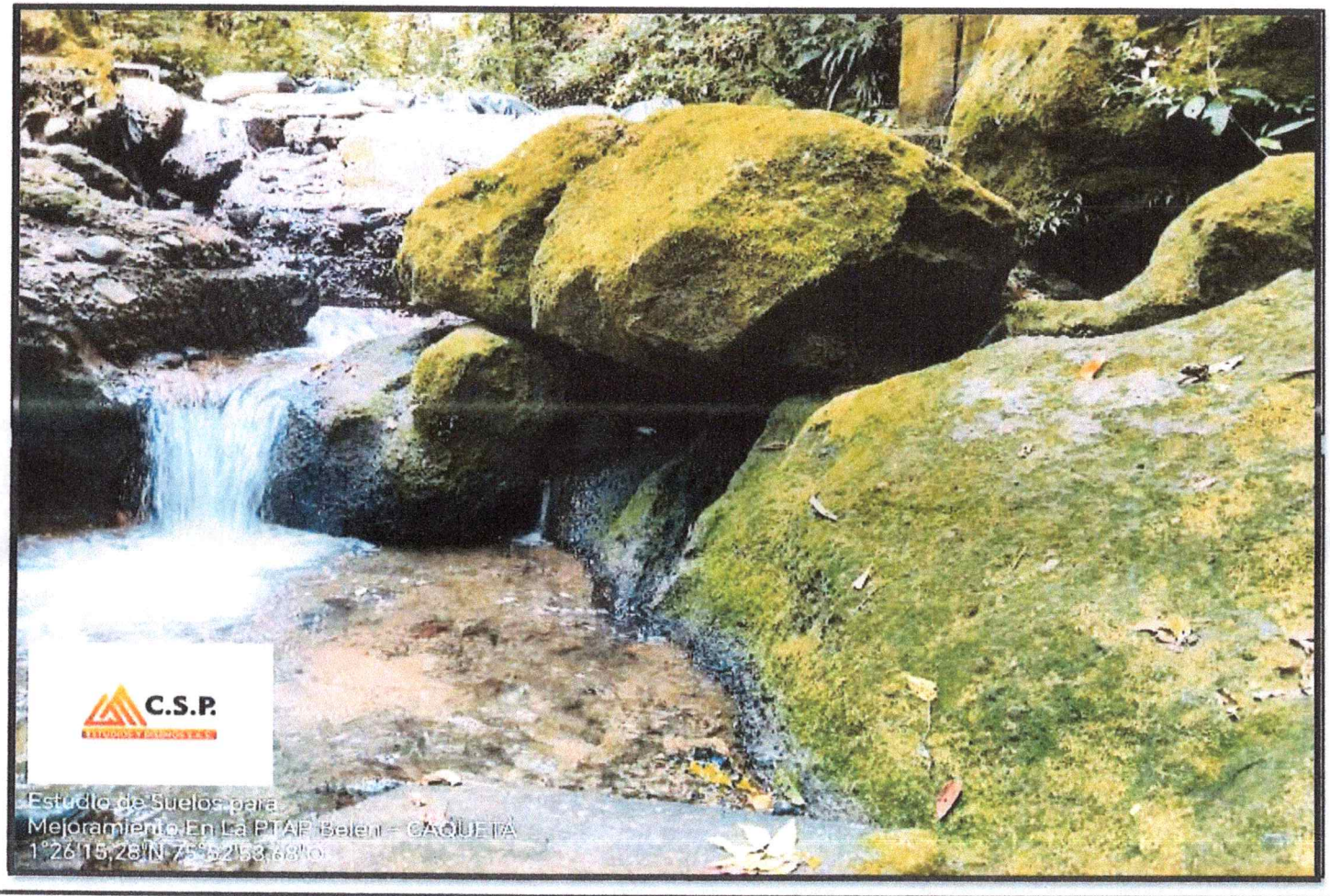


C.S.P. ESTUDIOS Y DISEÑOS S.A.S.	ANEXO B. REGISTRO FOTOGRAFICO PERFORACIÓNES	
	CLIENTE	INGSTEC S.A.S NIT: 901.108.395
	PROYECTO	Estudio de suelos para la optimización del sistema de captación y aducción del acueducto municipal de belén de los andaquíes, departamento del Caquetá.

Calle 21A N. 2B-35 - Los Alpes. Cel: 313 3687912 - 3142223090
e-mail:laboratorio.csp.ingenieria@gmail.com
Florencia - Caquetá

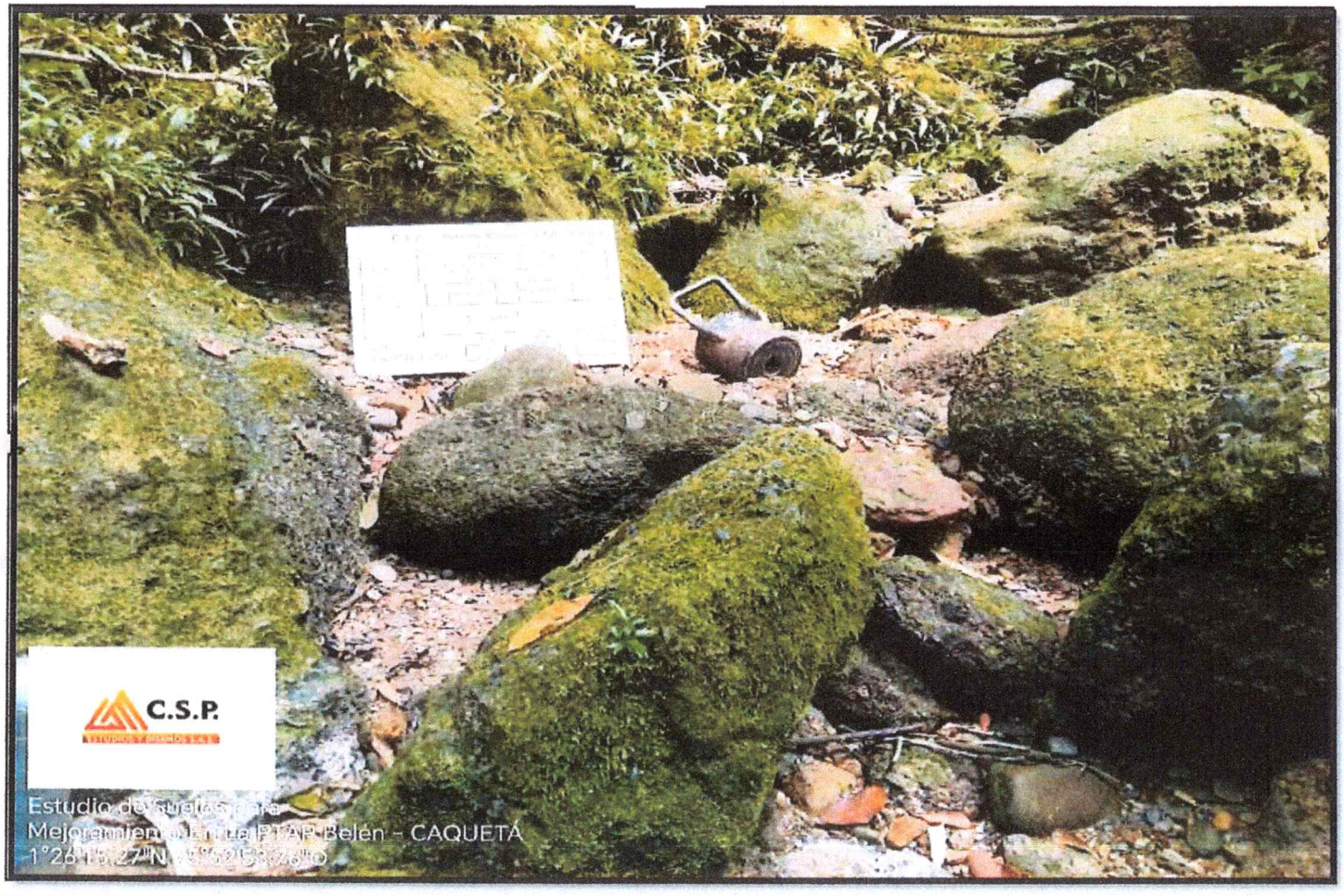


C.S.P. ESTUDIOS Y DISEÑOS S.A.S.	ANEXO B. REGISTRO FOTOGRAFICO PERFORACIÓNES	
	CLIENTE	INGSTEC S.A.S NIT: 901.108.395
	PROYECTO	Estudio de suelos para el mejoramiento de las condiciones de cimentación del sistema de almacenamiento y línea de conducción del acueducto del municipio de Belén de los Andaquíes – Caquetá



C.S.P. ESTUDIOS Y DISEÑOS S.A.S.	ANEXO B. REGISTRO FOTOGRAFICO PERFORACIÓNES	
	CLIENTE	INGSTEC S.A.S NIT: 901.108.395
	PROYECTO	Estudio de suelos para el mejoramiento de las condiciones de cimentación del sistema de almacenamiento y línea de conducción del acueducto del municipio de Belén de los Andaquíes – Caquetá

Calle 21A N. 2B-35 - Los Alpes. Cel: 313 3687912 - 3142223090
e-mail:laboratorio.csp.ingenieria@gmail.com
Florencia - Caquetá



C.S.P. ESTUDIOS Y DISEÑOS S.A.S.	ANEXO B. REGISTRO FOTOGRAFICO PERFORACIÓNES	
	CLIENTE	INGSTEC S.A.S NIT: 901.108.395
	PROYECTO	Estudio de suelos para el mejoramiento de las condiciones de cimentación del sistema de almacenamiento y línea de conducción del acueducto del municipio de Belén de los Andaquíes – Caquetá



C.S.P. ESTUDIOS Y DISEÑOS S.A.S.	ANEXO B. REGISTRO FOTOGRAFICO PERFORACIÓNES
CLIENTE	INGSTEC S.A.S NIT: 901.108.395
PROYECTO	Estudio de suelos para el mejoramiento de las condiciones de cimentación del sistema de almacenamiento y línea de conducción del acueducto del municipio de Belén de los Andaquíes – Caquetá

Calle 21A N. 2B-35 - Los Alpes. Cel: 313 3687912 - 3142223090
e-mail:laboratorio.csp.ingenieria@gmail.com
Florencia - Caquetá



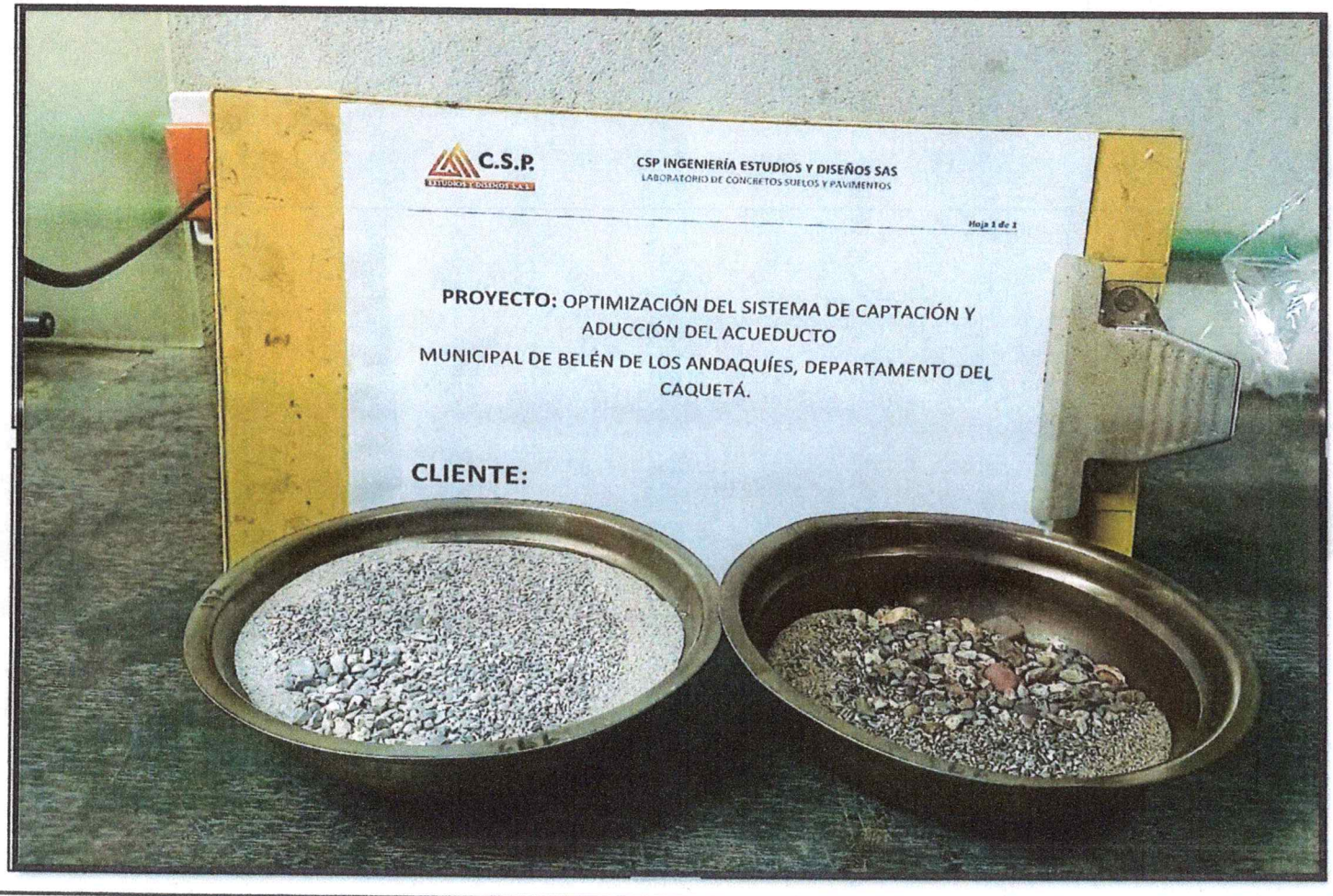
C.S.P. ESTUDIOS Y DISEÑOS S.A.S.	ANEXO B. REGISTRO FOTOGRAFICO PERFORACIÓNES	
	CLIENTE	INGSTEC S.A.S NIT: 901.108.395
	PROYECTO	Estudio de suelos para el mejoramiento de las condiciones de cimentación del sistema de almacenamiento y línea de conducción del acueducto del municipio de Belén de los Andaquíes – Caquetá



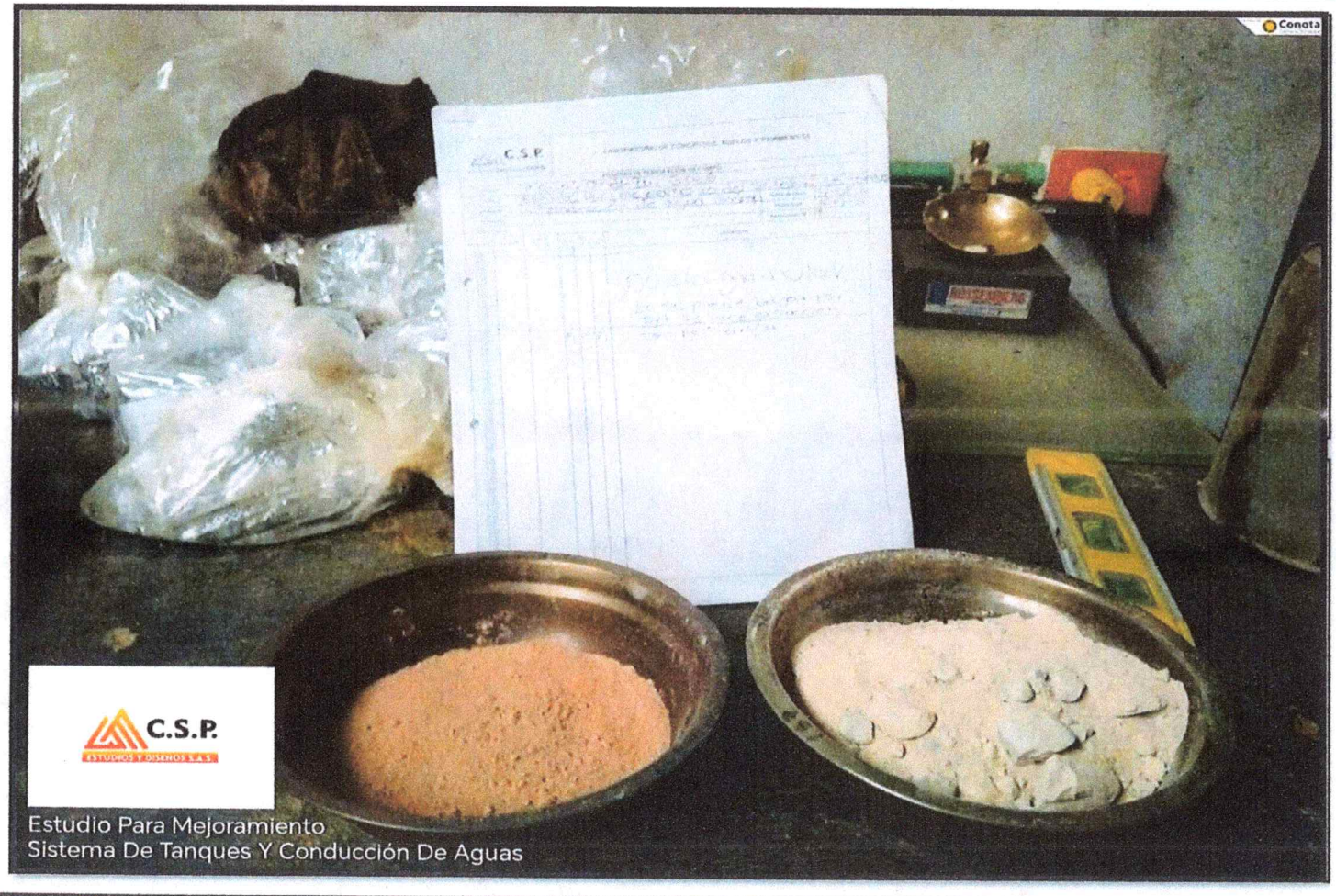
C.S.P. ESTUDIOS Y DISEÑOS S.A.S.	ANEXO B. REGISTRO FOTOGRAFICO PERFORACIÓNES
CLIENTE	INGSTEC S.A.S NIT: 901.108.395
PROYECTO	Estudio de suelos para el mejoramiento de las condiciones de cimentación del sistema de almacenamiento y línea de conducción del acueducto del municipio de Belén de los Andaquíes – Caquetá



C.S.P. ESTUDIOS Y DISEÑOS S.A.S.	ANEXO B. REGISTRO FOTOGRAFICO PERFORACIÓNES	
	CLIENTE	INGSTEC S.A.S NIT: 901.108.395
	PROYECTO	Estudio de suelos para el mejoramiento de las condiciones de cimentación del sistema de almacenamiento y línea de conducción del acueducto del municipio de Belén de los Andaquíes – Caquetá



	ANEXO B. REGISTRO FOTOGRAFICO PERFORACIÓNES	
C.S.P. ESTUDIOS Y DISEÑOS S.A.S.	CLIENTE	INGSTEC S.A.S NIT: 901.108.395
	PROYECTO	Estudio de suelos para el mejoramiento de las condiciones de cimentación del sistema de almacenamiento y línea de conducción del acueducto del municipio de Belén de los Andaquíes – Caquetá



C.S.P. ESTUDIOS Y DISEÑOS S.A.S.	ANEXO B. REGISTRO FOTOGRAFICO PERFORACIÓNES	
	CLIENTE	INGSTEC S.A.S NIT: 901.108.395
	PROYECTO	Estudio de suelos para el mejoramiento de las condiciones de cimentación del sistema de almacenamiento y línea de conducción del acueducto del municipio de Belén de los Andaquíes – Caquetá

Calle 21A N. 2B-35 - Los Alpes. Cel: 313 3687912 - 3142223090
e-mail:laboratorio.csp.ingenieria@gmail.com
Florencia - Caquetá

Anexo C. Perfiles estratigráficos

C.S.P.
ESTUDIOS Y DISEÑOS S.A.S.

LABORATORIO DE CONCRETOS, SUELOS Y PAVIMENTOS
Ensayos físicos, químicos y mecánicos de materiales

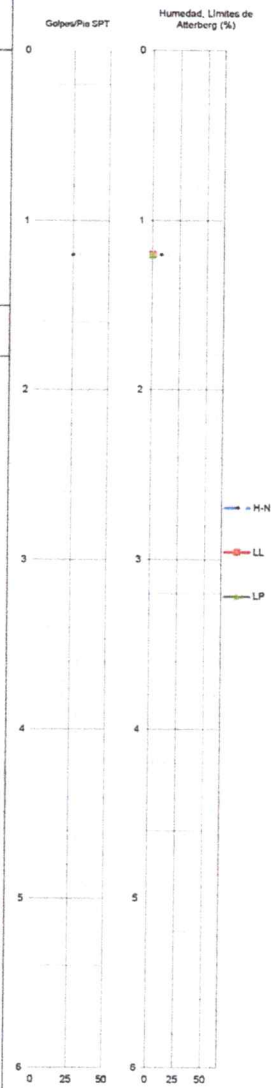
CODIGO	C.S.P - ING - 002
VERSIÓN	01
FECHA	8-nov.-2018
PAGINA	1 DE 1

PERFIL ESTRATÍGRAFICO

CLIENTE:	INGSTEC S.A.S NIT: 901.108.395
PROYECTO:	Estudio de suelos para la optimización del sistema de captación y aducción del acueducto municipal de belén de los andaquíes, departamento del Caquetá.
LOCALIZACION:	Belen de los Andaquies, Caquetá.
PERFORACIÓN:	1
PROFUND. TOTAL [m]:	1.50
FECHA COMIENZO:	26/01/2026
FECHA FINAL:	26/01/2026
COORDENADAS:	N= 1°26'13.17"N W= 75°52'54.67"O

SPT Golpes/pie	25
Profundidad [m]	1.2
Humedad Natural [%]	8.32
Limite Liquido [%]	NL
Limite plastico [%]	NP

PROFUNDIDAD [m]	RECUPERACION [%]	MUESTRA NUMERO	METODO PERFORACION	DIAMETRO BROCA	RQD [%]	REVESTIMIENTO	A.A.S.H.T.O	U.S.C.S.	DESCRIPCIÓN	NIVEL FREATICO	OBSERVACIONES
0.00											
0.10		1	P				A-1-a	SM	Arena limosa con grava SM		P= Percución H-N= Humedad natutal LL= Limite liquido LP= Limite plastico
1.00									Se encontró rechazo a la penetración SPT, Depósito coluvial granular heterogéneo		
1.50											
2.00											
3.00											
4.00											
5.00											
6.00											



Calle 21A N. 28-35 - Los Alpes. Cel: 313 3687912 - 3142223090
e-mail:laboratorio.csp.ingenieria@gmail.com
Florencia - Caquetá

C.S.P.
ESTUDIOS Y DISEÑOS S.A.S.

LABORATORIO DE CONCRETOS, SUELOS Y PAVIMENTOS
Ensayos físicos, químicos y mecánicos de materiales

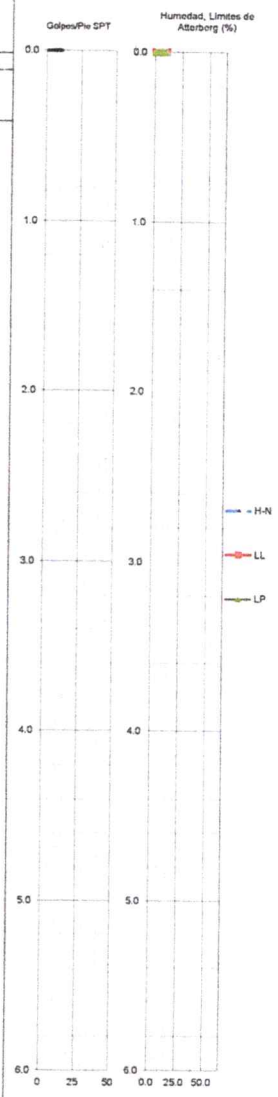
CODIGO	C.S.P - ING - 002
VERSIÓN	01
FECHA	8-nov -2018
PAGINA	1 DE 1

PERFIL ESTRATIGRAFICO

CLIENTE:	INGSTEC S.A.SNIT: 901.108.395
PROYECTO	Estudio de suelos para la optimización del sistema de captacion y adueción del acueducto municipal de belén de los andoquies, departamento del Caquetá.
LOCALIZACION:	Belen de los Andaquies, Caquetá
SPT Golpes/pie	
Profundidad [m]	
Humedad Natural [%]	
Limite Liquido [%]	
Limite plastico [%]	

PERFORACIÓN:	2	
PROFUND. TOTAL [m]:	0.10	
FECHA COMIENZO:	26/01/2026	
FECHA FINAL:	26/01/2026	
COORDENADAS:	N=	1°26'14.26"N
	W=	75°52'54.06"O

PROFUNDIDAD [m]	RECUPERACION [%]	MUESTRA NUMERO	METODO PERFORACION	DIAMETRO BROCA	ROD [%]	REVESTIMIENTO	A.A.S.H.T.O	U.S.C.S.	DESCRIPCION	NIVEL FREATICO	OBSERVACIONES
0.00											
0.10									**Materia organica**		
									Se encontró rechazo a la penetración SPT. Depósito coluvial granular (Depositos transportados meteorizados)		
1.00											
2.00											
3.00											
4.00											
5.00											
6.00											



P= Percacion

H-N= Humedad natutal

LL= Limite liquido

LP= Limite plastico

Calle 21A N. 2B-35 - Los Alpes. Cel: 313 3687912 - 3142223090
e-mail:laboratorio.csp.ingenieria@gmail.com
Florencia - Caquetá

C.S.P.
ESTUDIOS Y DISEÑOS S.A.S.

LABORATORIO DE CONCRETOS, SUELOS Y PAVIMENTOS
Ensayos físicos, químicos y mecánicos de materiales

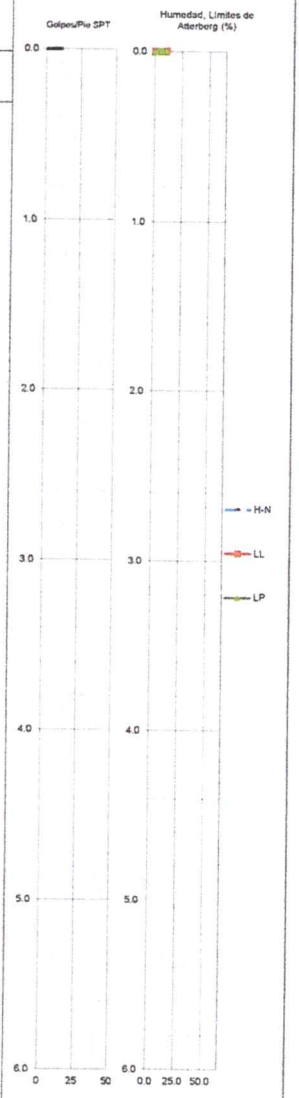
CODIGO	C.S.P - ING - 002
VERSIÓN	01
FECHA	8-nov.-2018
PAGINA	1 DE 1

PERFIL ESTRATIGRAFICO

CLIENTE:	INGSTEC S.A.SNIT: 901.108.395
PROYECTO:	Estudio de suelos para la optimización del sistema de captación y aducción del acueducto municipal de belen de los andaquíes, departamento del Caquetá.
LOCALIZACION:	Belen de los Andaquies, Caquetá.
SPT Golpes/pie	
Profundidad [m]	
Humedad Natural [%]	
Limite Liquido [%]	
Limite plastico [%]	

PERFORACIÓN:	3
PROFUND. TOTAL [m]:	0.00
FECHA COMIENZO:	26/01/2026
FECHA FINAL:	26/01/2026
COORDENADAS: N=	1°26'15.27"N
W=	75°52'53.76"O

PROFUNDIDAD [m]	RECUPERACION [%]	MUESTRA NUMERO	METODO PERFORACION	DIAMETRO BROCA	RQD [%]	REVESTIMIENTO	A.A.S.H.T.O	U.S.C.S.	DESCRIPCION	NIVEL FREATICO	OBSERVACIONES
0.00									**Se encontró rechazo a la penetración SPT, Depósito coluvial granular (Depositos transportados meteorizados)**		
1.00											
2.00											
3.00											
4.00											
5.00											
6.00											



P= Percucion

H-N= Humedad natutal

LL= Limite liquido

LP= Limite plastico

Calle 21A N. 2B-35 - Los Alpes. Cel: 313 8687912 - 3142223090
e-mail:laboratorio.csp.ingenieria@gmail.com
Florencia - Caquetá

C.S.P.
ESTUDIOS Y DISEÑOS S.A.S.

LABORATORIO DE CONCRETOS, SUELOS Y PAVIMENTOS
Ensayos físicos, químicos y mecánicos de materiales

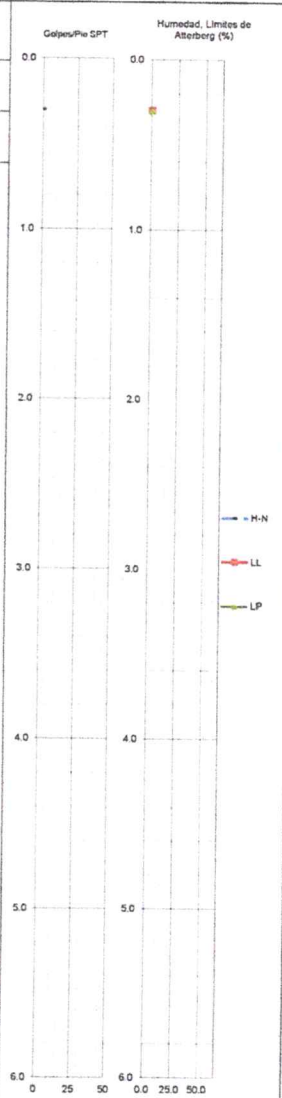
CODIGO	C.S.P - ING - 002
VERSIÓN	01
FECHA	8-nov.-2018
PAGINA	1 DE 1

PERFIL ESTRATIGRAFICO

CLIENTE:	INGSTEC S.A.SNIT: 901.108.395
PROYECTO:	Estudio de suelos para el mejoramiento de las condiciones de cimentación del sistema de almacenamiento y línea de conducción del acueducto
LOCALIZACION:	Belen de los Andaquies. Caqueta.
SPT Golpes/pie	8
Profundidad [m]	0.3
Humedad Natural [%]	16.5
Limite Liquido [%]	31.8
Limite plastico [%]	19.6

PERFORACION:	4
PROFUND. TOTAL [m]:	0.30
FECHA COMIENZO:	26/01/2026
FECHA FINAL:	26/01/2026
COORDENADAS: N=	1°26'14.80"N
W=	75°52'53.23"O

PROFUNDIDAD [m]	RECUPERACION [%]	MUESTRA NUMERO	METODO PERFORACION	DIAMETRO BROCA	RQD [%]	REVESTIMIENTO	A.A.S.H.T.O	U.S.C.S.	DESCRIPCION	NIVEL FREATICO	OBSERVACIONES
0.00											
0.30		1	P				A-6	SC	Arena arcillosa con grava SC		
									Se encontró rechazo a la penetración SPT, Depósito coluvial granular (Depositos transportados)		
1.00											
2.00											
3.00											
4.00											
5.00											
6.00											



P= Percucion

H-N= Humedad natutal

LL= Limite liquido

LP= Limite plastico

Calle 21A N. 28-35 - Los Alpes. Cel: 313 3687912 - 3142223090
e-mail:laboratorio.csp.ingenieria@gmail.com
Florencia - Caqueta

Anexo D. Clasificación de los suelos

C.S.P. ESTUDIOS Y DISEÑOS S.A.S.

LABORATORIO DE CONCRETOS, SUELOS Y PAVIMENTOS
Ensayos físicos, químicos y mecánicos de materiales

CODIGO	C.S.P - ING - 001
VERSIÓN	01
FECHA	8-nov.-2018
PAGINA	1 DE 1

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS I.N.V. E – 123 – 13
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS METODO B I.N.V. E – 125 – 13
LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS I.N.V. E – 126 – 13
DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA I.N.V. E – 122 – 13

CLIENTE : INGSTEC S.A.S

PROYECTO: Estudio de suelos para la optimización del sistema de captación y aducción del acueducto municipal de belén de los andaquies, departamento del Caquetá.

DESCRIPCIÓN: Arena limosa con grava SM

LOCALIZACIÓN: Belen de los Andaquies, Caquetá

PERFORACIÓN: 1

MUESTRA: 1

PROFUNDIDAD: 1.2

ACTIVIDAD: Estudio de Suelos

FECHA ENSAYO: 26-ene.-2026

ESTRATO De 0.1m a 1.5m

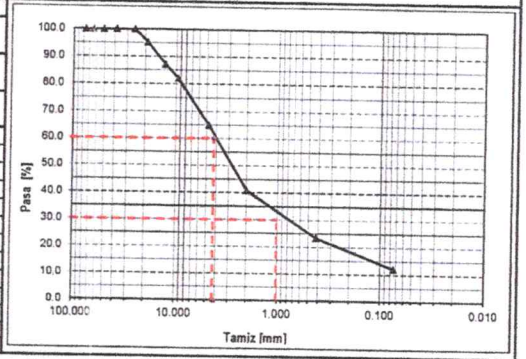
REGISTRO : S007-0126

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS I.N.V. E – 123 – 13

GRADACION

Masa total seca antes de lavar [g]	763.50	Masa seca antes de lavar pasa tamiz N° 200 [g]	312.4
Masa total seca despues de lavar retenido tamiz N° 10 [g]	451.10	Masa seca despues de lavar pasa tamiz N° 200 [g]	219.6

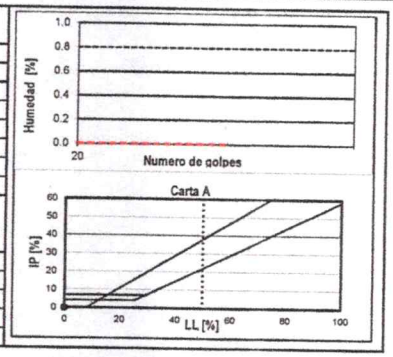
Tamiz		Masa	Porcentaje			ESPECIFICACIÓN ARTICULO:	
Pulgada	mm	Retenida	Retenido	Ret. Acum.	Pasa		
3"	76.1	0.00	0.00	0.00	100.00		
2 ½"	64.00	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00		
¾"	19.00	36.00	4.72	4.72	95.28		
½"	12.70	61.60	8.07	12.78	87.22		
3/8"	9.51	39.20	5.13	17.92	82.08		
No. 4	4.76	130.50	17.09	35.01	64.99		
No. 10	2.00	183.80	24.07	59.08	40.92		
No. 40	0.42	132.90	17.41	76.49	23.51		
No. 200	0.074	86.70	11.36	87.85	12.15		
P/200	P/0.074	92.80	12.15	100.0	0.0		



LIMITES DE CONSISTENCIA

Limite Liquido de los Suelos I.N.V E-125	
Ensayo	1
N° Golpes	---
Tara N°	---
Masa tara+Suelo Humedo [g]	---
Masa tara + Suelo Seco [g]	---
Masa Tara [g]	---
Humedad [%]	NL

Limite Plástico e Indice Plastico de Suelos I.N.V.E-126		H Natural I.N.V.E-122
Ensayo	1	
Tara N°	---	192
Masa tara+Suelo Humedo [g]	---	1718.6
Masa tara + Suelo Seco [g]	---	1589.9
Masa Tara [g]	---	43.80
Humedad [%]	NP	8.3



RESULTADOS

Humedad Natural [%]	8.3
Limite Liquido [%]	NL
Limite Plástico [%]	NP
Indice de Plasticidad [%]	NP
Gravas [%]	35.0
Arenas [%]	52.8
Finos [%]	12.2
Indice de Grupo [-]	0
A.A.S.H.T.O. [-]	A-1-a
U.S.C.S. [-]	SM
Cu [-]	0.00
Cc [-]	0.00
D90 [-]	14.87
D60 [-]	4.19
D50 [-]	3.04
D30 [-]	1.01
D10 [-]	0.00

TABLA DE RESULTADOS

Caracteristica	Norma INVE	Requisito		Resultado	CUMPLE / NO CUMPLE
Tamaño maximo [mm]	123	MAX	N/A	19.00	NO APLICA
Pasa tamiz N°10 [%]	123	MAX	N/A	40.92	NO APLICA
Pasa tamiz N°200 [%]	123	MAX	N/A	12.15	NO APLICA
Limite liquido [%]	125	MAX	N/A	NL	NO APLICA
Indice de plasticidad [%]	126	MAX	N/A	NP	NO APLICA
					NO APLICA

OBSERVACIONES:

REALIZÓ: JUAN PABLO LOSADA
LABORATORISTA

APROBÓ. JHONY ANDERSON MONTOYA
JEFE DE LABORATORIO

Calle 21A N. 28-35 - Los Alpes. Cel: 313 3687912 - 3142223090
e-mail:laboratorio.csp.ingenieria@gmail.com
Florencia - Caquetá

C.S.P. ESTUDIOS Y DISEÑOS S.A.S.	LABORATORIO DE CONCRETOS, SUELOS Y PAVIMENTOS Ensayos físicos, químicos y mecánicos de materiales	CODIGO	C.S.P - ING - 001
		VERSIÓN	01
		FECHA	8-nov.-2018
		PAGINA	1 DE 1

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS I.N.V. E – 123 – 13
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS METODO B I.N.V. E – 125 – 13
LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS I.N.V. E – 126 – 13
DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA I.N.V. E – 122 – 13

CLIENTE : INGSITEC S.A.S

PROYECTO: Estudio de suelos para la optimizacion del sistema de captacion y aduccion del acueducto municipal de belen de los andaquies, departamento del Caquetá.

PERFORACIÓN: 4 **FECHA ENSAYO:** 26-ene.-2026

MUESTRA: 1 **ESTRATO** De 0m a 0.3m

DESCRIPCIÓN: Arena arcillosa con grava SC **PROFUNDIDAD:** 0.3 **REGISTRO :** S007-0126-1

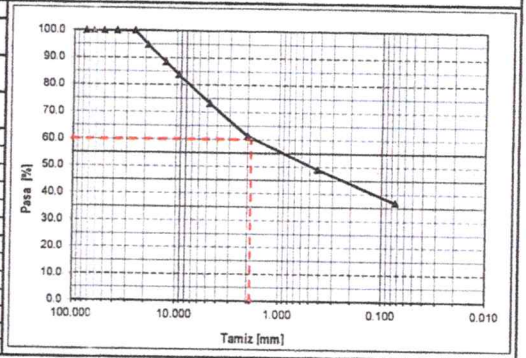
LOCALIZACIÓN: Belen de los Andaquies, Caquetá **ACTIVIDAD:** Estudio de Suelos

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS I.N.V. E – 123 – 13

GRADACION

Masa total seca antes de lavar [g]	552.00	Masa seca antes de lavar pasa tamiz N° 200 [g]	338.2		
Masa total seca despues de lavar retenido tamiz N° 10 [g]	213.80	Masa seca despues de lavar pasa tamiz N° 200 [g]	138.2		

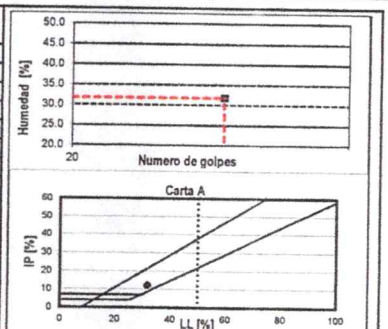
Tamiz		Masa	Porcentaje			ESPECIFICACIÓN ARTICULO:	
	mm	Retenida	Retenido	Ret. Acum.	Pasa		
3"	76.1	0.00	0.00	0.00	100.00		
2 ½"	64.00	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00		
¾"	19.00	28.30	5.13	5.13	94.87		
½"	12.70	35.70	6.47	11.59	88.41		
3/8"	9.51	25.50	4.62	16.21	83.79		
No. 4	4.76	58.10	10.53	26.74	73.26		
No 10	2.00	66.20	11.99	38.73	61.27		
No. 40	0.42	67.10	12.16	50.89	49.11		
No. 200	0.074	67.10	12.16	63.04	36.96		
P/200	P/0.074	204.00	36.96	100.0	0.0		



LIMITES DE CONSISTENCIA

Limite Liquido de los Suelos I.N.V E-125	
Ensayo	1
N° Golpes	25
Tara N°	102
Masa tara+Suelo Humedo [g]	63.40
Masa tara + Suelo Seco [g]	52.80
Masa Tara [g]	19.48
Humedad [%]	31.8

Limite Plástico e Indice Plastico de Suelos I.N.V.E-126		H Natural I.N.V.E-122
Ensayo	1	
Tara N°	61	211
Masa tara+Suelo Humedo [g]	40.60	1153.8
Masa tara + Suelo Seco [g]	37.98	997
Masa Tara [g]	24.63	45.30
Humedad [%]	19.63	16.5



RESULTADOS

Humedad Natural [%]	16.5
Limite Liquido [%]	31.8
Limite Plástico [%]	19.6
Indice de Plasticidad [%]	12.2
Gravas [%]	26.7
Arenas [%]	36.3
Finos [%]	37.0
Indice de Grupo [-]	1
A.A.S.H.T.O. [-]	A-6
U.S.C.S. [-]	SC
Cu [-]	0.00
Cc [-]	0.00
D90 [-]	14.25
D60 [-]	1.84
D50 [-]	0.54
D30 [-]	0.00
D10 [-]	0.00

TABLA DE RESULTADOS

Caracteristica	Norma INVE	Requisito		Resultado	CUMPLE / NO CUMPLE
Tamaño maximo [mm]	123	MAX	N/A	19.00	NO APLICA
Pasa tamiz N°10 [%]	123	MAX	N/A	61.27	NO APLICA
Pasa tamiz N°200 [%]	123	MAX	N/A	36.96	NO APLICA
Limite liquido [%]	125	MAX	N/A	31.81	NO APLICA
Indice de plasticidad [%]	126	MAX	N/A	12.19	NO APLICA
					NO APLICA

OBSERVACIONES:

REALIZÓ: JUAN PABLO LOSADA
LABORATORISTA

APROBÓ. JHONY ANDERSON MONTOYA
JEFE DE LABORATORIO

Calle 21A N. 2B-35 - Los Alpes. Cel: 313 3687912 - 3142223090
e-mail:laboratorio.csp.ingenieria@gmail.com
Florencia - Caquetá

Anexo E. Capacidad portante, asentamientos.

CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE DE PILOTES PRE-EXCAVADOS

pa [kN/m2]	100
NF [m]	30.00

Diametros evaluados [m]		
0.60	0.80	1.00

Peso unitario Concreto [kN/m3]	24.00
Resistencia a la compre. Concreto [MPa]	21.00

Factores de seguridad	Punta	3.00
	Fuste	3.00

Profundidad de desplante [m]	2.00
Profundidad crítica	10.00 D

Estrato	Profundidad [m]				Parámetros					Esfuerzos [kPa]			Resistencia por punta (qp)				Resistencia por fuste (qf)							
													Arenas		Cohesivos		Arenas				Cohesivos			
													USACE (1991)		USACE (1991)		USACE (1991)				USACE (1991)			
	z_i	z_f	z_{prom}	Δz	γ [kN/m3]	γ' [kN/m3]	ϕ [°]	N_{45}	Su [kPa]	$\Delta\sigma'z$	$\sigma'z$ Base del estrato	$\sigma'z$ Mitad del estrato	Nq*	qp (kN/m2)	qp [kN/m2]	qp Estrato [kN/m2]	K	δ' (°)	f [kPa]	f *Δz [kN/m]	α	f [kPa]	f *Δz [kN/m]	qf Estrato [kN/m]
SM	0.00	0.90	0.45	0.90	18.40	18.40	23.22	25		16.56	16.56	8.28	12.27	203.23		203.2	0.606	18.58	1.69	1.52				
	0.90	1.90	1.40	1.00	18.40	18.40	23.22	25		18.40	34.96	25.76	12.27	429.04		429.0	0.606	18.58	5.24	5.24				
	1.90	3.00	2.45	1.10	18.40	18.40	28.00	25		20.24	55.20	45.08	20.98	1158.20		1158.2	0.531	22.40	9.86	10.84				
	3.00	4.00	3.50	1.00	21.50	21.50	28.00	50	54.00	21.50	76.70	65.95	20.98	1609.31	486.0	1609.3	0.531	22.40	14.42	14.42				
	4.00	5.00	4.50	1.00	21.50	21.50	28.00	50	54.00	21.50	98.20	87.45	20.98	2060.41	486.0	2060.4	0.531	22.40	19.12	19.12	0.55			40.55
ASIMILABLE A ROCA	5.00	6.00	5.50	1.00	21.50	21.50	28.00	50	54.00	21.50	119.70	108.95	20.98	2511.52	486.0	2511.5	0.531	22.40	23.82	23.82	0.55			51.24
	6.00	7.00	6.50	1.00	21.50	21.50	28.00	50	54.00	21.50	141.20	130.45	20.98	2962.63	486.0	2962.6	0.531	22.40	28.53	28.53	0.55			61.00
	7.00	8.00	7.50	1.00	21.50	21.50	28.00	50	54.00	21.50	162.70	151.95	20.98	3413.74	486.0	3413.7	0.531	22.40	33.23	33.23	0.55			78.04
	8.00	9.00	8.50	1.00	21.50	21.50	28.00	50	54.00	21.50	184.20	173.45	20.98	3864.85	486.0	3864.9	0.531	22.40	37.93	37.93	0.55			85.44

0	ANEXO 4	C&P INGENIERÍA Calidad y Optimización
optimización del sistema de captación y aducción del acueducto municipal de belén de los andaquíes, departamento del Caquetá.	HOJA 2 DE 5	
CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE DE MICRO-PILOTES	ENERO, 2026	

PILOTE INDIVIDUAL

Diámetro	0.60	m
Longitud crítica	6.00	m
Área	0.28	m2
Perímetro	1.88	m

Relación de Poisson del suelo (μ_s)	0.30
Factor de influencia (I_{influ})	0.85
Módulo de elasticidad del pilote [Ep] (Mpa)	21538.1
Distribución de carga del pilote (ξ)	0.67

GRUPO DE PILOTES

N pilotes base	2.00
N pilotes Largo	2.00
Número de pilotes	2.00
Separación mínima (d) [m]	1.80
B grupo	2.4
L grupo	2.4
Eficiencia (η)	1.00

CÁLCULO CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

Estrato	Profundidad [m]				Capacidad Última							Carga Admisible [kN]		
	z_i	z_f	z_{prom}	Δz	$qp_{Estrato}$ [kN/m2]	Qp [kN]	$qf_{Estrato}$ [kN/m]	$qf_{Acumulado}$ [kN/m]	Qf [kN]	W pilote [kN]	Qtotal [kN]	Carga admisible por PUNTA	Carga admisible por FUSTE	Carga admisible TOTAL
SM	0.00	0.90	0.45	0.90	203.23	57.46				6.11	51.35	19.15		17.12
	0.90	1.90	1.40	1.00	429.04	121.31				12.89	108.41	40.44		36.14
	1.90	3.00	2.45	1.10	1158.20	327.47				20.36	307.11	109.16		102.37
	3.00	4.00	3.50	1.00	1609.31	455.02	40.55	40.55	76.43	27.14	504.31	151.67	25.48	168.10
	4.00	5.00	4.50	1.00	2060.41	582.57	51.24	91.79	173.02	33.93	721.66	194.19	57.67	240.55
ASIMILABLE A ROCA	5.00	6.00	5.50	1.00	2511.52	710.12	61.00	152.79	288.01	40.72	957.41	236.71	96.00	319.14
	6.00	7.00	6.50	1.00	2962.63	837.66	69.91	222.70	419.78	47.50	1209.94	279.22	139.93	403.31
	7.00	8.00	7.50	1.00	3413.74	965.21	78.04	300.74	566.87	54.29	1477.80	321.74	188.96	492.60
	8.00	9.00	8.50	1.00	3864.85	1092.76	85.44	386.18	727.93	61.07	1759.61	364.25	242.64	586.54

CÁLCULO ASENTAMIENTO ELASTICO

Longitud pilote [m]	Módulo de elasticidad suelo (Es) [kPa]	Factor de influencia I_{ws}	Asentamiento elástico del pilote (Se1) [mm]	Asentamiento por carga de punta (Se2) [mm]	Asentamiento por carga del fuste (Se3) [mm]	Asentamiento Elástico TOTAL [mm]
0.90	14794.33	2.43		2.13		2.13
1.90	14794.33	2.62		4.49		4.49
3.00	35000.00	2.78		5.12		5.12
4.00	35000.00	2.90	0.11	7.11	0.15	7.38
5.00	35000.00	3.01	0.19	9.11	0.29	9.59
6.00	35000.00	3.11	0.30	11.10	0.41	11.81
7.00	35000.00	3.20	0.43	13.09	0.53	14.05
8.00	35001.00	3.28	0.59	15.09	0.64	16.32
9.00	35002.00	3.36	0.76	17.08	0.75	18.61

Longitud pilote [m]	Carga Admisible Grupo [kN]	Asentamiento Elástico Grupo [mm]
0.90	34.24	4.3
1.90	72.28	9.0
3.00	204.74	10.2
4.00	336.21	14.8
5.00	481.11	19.2
6.00	638.27	23.6
7.00	806.63	28.1

0	ANEXO 4	C&P INGENIERÍA Calidad y Optimización
optimización del sistema de captación y aducción del acueducto municipal de belén de los andaquíes, departamento del Caquetá.	HOJA 3 DE 5	
CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE DE MICRO-PILOTES	ENERO, 2026	

PILOTE INDIVIDUAL

Diámetro	0.80	m
Longitud crítica	8.00	m
Área	0.50	m2
Perímetro	2.51	m

Relación de Poisson del suelo (μ_s)	0.30
Factor de influencia (I_{ws})	0.85
Módulo de elasticidad del pilote (Ep) (Mpa)	21538.1
Distribución de carga del pilote (ξ)	0.67

GRUPO DE PILOTES

N pilotes base	2.00
N pilotes Largo	2.00
Número de pilotes	4.00
Separación mínima (d) [m]	2.40
B grupo	3.2
L grupo	3.2
Eficiencia (η)	1.00

CÁLCULO CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

Estrato	Profundidad [m]				Capacidad Última							Carga Admisible [kN]		
	z_i	z_f	z_{prom}	Δz	$qp_{Estrato}$ [kN/m2]	Qp [kN]	$qf_{Estrato}$ [kN/m2]	$qf_{Acumulado}$ [kN/m]	Qf [kN]	W pilote [kN]	Qtotal [kN]	Carga admisible por PUNTA	Carga admisible por FUSTE	Carga admisible TOTAL
SM	0.00	0.90	0.45	0.90	203.23	102.15				10.86	91.30	34.05		30.43
	0.90	1.90	1.40	1.00	429.04	215.66				22.92	192.74	71.89		64.25
	1.90	3.00	2.45	1.10	1158.20	582.17				36.19	545.98	194.06		181.99
	3.00	4.00	3.50	1.00	1609.31	808.93	40.55	40.55	101.91	48.25	862.58	269.64	33.97	287.53
	4.00	5.00	4.50	1.00	2060.41	1035.68	51.24	91.79	230.70	60.32	1206.06	345.23	76.90	402.02
ASIMILABLE A ROCA	5.00	6.00	5.50	1.00	2511.52	1262.43	61.00	152.79	384.01	72.38	1574.06	420.81	128.00	524.69
	6.00	7.00	6.50	1.00	2962.63	1489.18	69.91	222.70	559.71	84.45	1964.44	496.39	186.57	654.81
	7.00	8.00	7.50	1.00	3413.74	1715.93	78.04	300.74	755.83	96.51	2375.26	571.98	251.94	791.75
	8.00	9.00	8.50	1.00	3864.85	1942.69	85.44	386.18	970.57	108.57	2804.68	647.56	323.52	934.89

CÁLCULO ASENTAMIENTO ELÁSTICO

Longitud pilote [m]	Módulo de elasticidad suelo (Es) [kPa]	Factor de influencia I_{ws}	Asentamiento elástico del pilote (Se1) [mm]	Asentamiento por carga de punta (Se2) [mm]	Asentamiento por carga del fuste (Se3) [mm]	Asentamiento Elástico TOTAL [mm]
0.90	14794.33	2.37		2.83		2.83
1.90	14794.33	2.54		5.98		5.98
3.00	35000.00	2.68		6.83		6.83
4.00	35000.00	2.78	0.11	9.48	0.20	9.79
5.00	35000.00	2.88	0.18	12.14	0.37	12.69
6.00	35000.00	2.96	0.28	14.80	0.52	15.60
7.00	35000.00	3.04	0.40	17.46	0.67	18.53
8.00	35001.00	3.11	0.55	20.12	0.81	21.47
9.00	35002.00	3.17	0.72	22.78	0.94	24.44

Longitud pilote [m]	Carga Admisible Grupo [kN]	Asentamiento Elástico Grupo [mm]
0.90	121.73	5.7
1.90	256.98	12.0
3.00	727.98	13.7
4.00	1150.11	19.6
5.00	1608.08	25.4
6.00	2098.74	31.2
7.00	2619.26	37.1
8.00	3167.01	42.9
9.00	3739.57	48.9

	0	ANEXO 4
	optimización del sistema de captación y aducción del acueducto municipal de belén de los andaquíes, departamento del Caquetá.	HOJA 4 DE 5
	CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE DE MICRO-PILOTES	ENERO, 2026

C.S.P. INGENIERÍA
Calidad y Optimización

PILOTE INDIVIDUAL

Diámetro	1.00	m
Longitud crítica	10.00	m
Área	0.79	m2
Perímetro	3.14	m

Relación de Poisson del suelo (μ_s)	0.30
Factor de influencia (I_{ws})	0.65
Módulo de elasticidad del pilote [Ep]	21538.1
Distribución de carga del pilote (ξ)	0.67

GRUPO DE PILOTES

N pilotes base	2.00
N pilotes Largo	2.00
Número de pilotes	4.00
Separación mínima (d) [m]	3.00
B grupo	4
L grupo	4
Eficiencia (η)	1.00

CÁLCULO CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

Estrato	Profundidad [m]				Capacidad Última							Carga Admisible [kN]		
	z_i	z_f	z_{prom}	Δz	$qp_{Estrato}$ [kN/m2]	Qp [kN]	$qf_{Estrato}$ [kN/m2]	$qf_{Acumulado}$ [kN/m]	Qf [kN]	W pilote [kN]	Qtotal [kN]	Carga admisible por PUNTA	Carga admisible por FUSTE	Carga admisible TOTAL
SM	0.00	0.90	0.45	0.90	203.23	159.62				16.96	142.65	53.21		47.55
	0.90	1.90	1.40	1.00	429.04	336.97				35.81	301.15	112.32		100.38
	1.90	3.00	2.45	1.10	1158.20	909.65				56.55	853.10	303.22		284.37
	3.00	4.00	3.50	1.00	1609.31	1263.95	40.55	40.55	127.39	75.40	1315.93	421.32	42.46	438.64
ASIMILABLE A ROCA	4.00	5.00	4.50	1.00	2060.41	1618.25	51.24	91.79	288.37	94.25	1812.37	539.42	96.12	604.12
	5.00	6.00	5.50	1.00	2511.52	1972.55	61.00	152.79	480.01	113.10	2339.46	657.52	160.00	779.82
	6.00	7.00	6.50	1.00	2962.63	2326.85	69.91	222.70	699.63	131.95	2894.53	775.62	233.21	964.84

CÁLCULO ASENTAMIENTO ELÁSTICO

Longitud pilote [m]	Módulo de elasticidad suelo (Es) [kPa]	Factor de influencia I_{ws}	Asentamiento elástico del pilote (Se1) [mm]	Asentamiento por carga de punta (Se2) [mm]	Asentamiento por carga del fuste (Se3) [mm]	Asentamiento Elástico TOTAL [mm]
0.90	14794.33	2.33		3.54		3.54
1.90	14794.33	2.48		7.48		7.48
3.00	35000.00	2.61		8.53		8.53
4.00	35000.00	2.70	0.11	11.86	0.24	12.20
5.00	35000.00	2.78	0.18	15.18	0.44	15.80
6.00	35000.00	2.86	0.27	18.50	0.63	19.40
7.00	35000.00	2.93	0.39	21.82	0.81	23.02

Longitud pilote [m]	Carga Admisible Grupo [kN]	Asentamiento Elástico Grupo [mm]
0.90	190.20	7.1
1.90	401.54	15.0
3.00	1137.46	17.1
4.00	1754.58	24.4
5.00	2416.50	31.6
6.00	3119.28	38.8
7.00	3859.38	46.0

	INGSTEC S.A.S	ANEXO 4	C.A.P. INGENIERÍA
	optimización del sistema de captación y aducción del acueducto municipal de belén de los andaquíes, departamento del Caquetá.	HOJA 1 DE 5	
	CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE DE MICRO-PILOTES	ENERO, 2026	

CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE DE PILOTES PRE-EXCAVADOS

pa [kN/m2]	100
NF [m]	30.00

Diametros evaluados [m]		
0.15	0.30	0.45

Peso unitario Concreto [kN/m3]	24.00
Resistencia a la compre. Concreto [MPa]	21.00

Factores de seguridad	Punta	3.00
	Fuste	3.00

Profunidad de desplante [m]	2.00
Profundidad critica	10.00 D

Estrato	Profundidad [m]				Parámetros					Esfuerzos [kPa]			Resistencia por punta (qp)				Resistencia por fuste (qf)							
													Arenas		Cohesivos		Arenas				Cohesivos			qf Estrato [kN/m]
													USACE (1991)		USACE (1991)	qp Estrato [kN/m2]	USACE (1991)				USACE (1991)			
	z_i	z_f	z_{prom}	Δz	γ [kN/m3]	γ' [kN/m3]	ϕ [°]	N_{65}	Su [kPa]	$\Delta\sigma'z$	$\sigma'z$ Base del estrato	$\sigma'z$ Mitad del estrato	Nq^*	qp [kN/m2]	qp [kN/m2]		K	δ' (°)	f [kPa]	f *Δz [kN/m]	α	f [kPa]	f *Δz [kN/m]	
SC	0.00	0.30	0.15	0.30	18.40	18.40	23.22	25		5.52	5.52	2.76	12.27	67.74		67.7	0.606	18.58	0.56	0.17				
SM	0.30	2.00	1.15	1.70	18.40	18.40	23.22	25		31.28	36.80	21.16	12.27	451.62		451.6	0.606	18.58	4.31	7.32				
	2.00	3.00	2.50	1.00	18.40	18.40	23.22	25		18.40	55.20	46.00	12.27	677.43		677.4	0.606	18.58	9.36	9.36				
	3.00	4.34	3.67	1.34	21.50	21.50	23.22	50		28.81	84.01	69.61	12.27	1030.99		1031.0	0.606	18.58	14.17	18.99				29.44
	4.34	5.00	4.67	0.66	21.50	21.50	28.00	50	54.00	14.19	98.20	91.11	20.98	2060.41	486.0	2060.4	0.531	22.40	19.92	13.15	0.55			43.97
ASIMILABLE A ROCA	5.00	6.00	5.50	1.00	21.50	21.50	28.00	50	54.00	21.50	119.70	108.95	20.98	2511.52	486.0	2511.5	0.531	22.40	23.82	23.82	0.55			50.00
	6.00	7.00	6.50	1.00	21.50	21.50	28.00	50	54.00	21.50	141.20	130.45	20.98	2962.63	486.0	2962.6	0.531	22.40	28.53	28.53	0.55			61.00
	7.00	8.00	7.50	1.00	21.50	21.50	28.00	50	54.00	21.50	162.70	151.95	20.98	3413.74	486.0	3413.7	0.531	22.40	33.23	33.23	0.55			78.04
	8.00	9.00	8.50	1.00	21.50	21.50	28.00	50	54.00	21.50	184.20	173.45	20.98	3864.85	486.0	3864.9	0.531	22.40	37.93	37.93	0.55			85.44

	INGSTEC S.A.S	ANEXO 4	C.S.P. INGENIERÍA Calidad y Optimización
	optimización del sistema de captación y aducción del acueducto municipal de belén de los andaquíes, departamento del Caquetá.	HOJA 2 DE 5	
	CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE DE MICRO-PILOTES	ENERO, 2026	

PILOTE INDIVIDUAL

Diámetro	0.15	m
Longitud crítica	1.50	m
Área	0.02	m2
Perímetro	0.47	m

Relación de Poisson del suelo (μ_s)	0.30
Factor de influencia ($I_{z,p}$)	0.85
Módulo de elasticidad del pilote [Ep] (Mpa)	21538.1
Distribución de carga del pilote (ξ)	0.67

GRUPO DE PILOTES

N pilotes base	2.00
N pilotes Largo	2.00
Número de pilotes	2.00
Separación mínima (d) [m]	0.45
B grupo	0.6
L grupo	0.6
Eficiencia (η)	1.00

CÁLCULO CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

Estrato	Profundidad [m]				Capacidad Última							Carga Admisible [kN]		
	z_i	z_f	z_{prom}	Δx	$qp_{Estrato}$ [kN/m2]	Qp [kN]	$qf_{Estrato}$ [kN/m]	$qf_{Acumulado}$ [kN/m]	Qf [kN]	W pilote [kN]	Qtotal [kN]	Carga admisible por PUNTA	Carga admisible por FUSTE	Carga admisible TOTAL
SC	0.00	0.30	0.15	0.30	67.74	1.20				0.13	1.07	0.40		0.36
	0.30	2.00	1.15	1.70	451.62	7.98				0.85	7.13	2.66		2.38
SM	2.00	3.00	2.50	1.00	677.43	11.97	29.44		0.00	1.27	10.70	3.99	0.00	3.57
	3.00	4.34	3.67	1.34	1030.99	18.22	43.97	43.97	20.72	1.84	37.10	6.07	6.91	12.37
	4.34	5.00	4.67	0.66	2060.41	36.41	50.00	93.97	44.28	2.12	78.57	12.14	14.76	26.19
ASIMILABLE A ROCA	5.00	6.00	5.50	1.00	2511.52	44.38	61.00	154.97	73.03	2.54	114.87	14.79	24.34	38.29
	6.00	7.00	6.50	1.00	2962.63	52.35	69.91	224.88	105.97	2.97	155.36	17.45	35.32	51.79
	7.00	8.00	7.50	1.00	3413.74	60.33	78.04	302.91	142.74	3.39	199.68	20.11	47.58	66.56
	8.00	9.00	8.50	1.00	3864.85	68.30	85.44	388.35	183.01	3.82	247.49	22.77	61.00	82.50

CÁLCULO ASENTAMIENTO ELÁSTICO

Longitud pilote [m]	Módulo de elasticidad suelo (Es) [kPa]	Factor de influencia I_{wz}	Asentamiento elástico del pilote (Se1) [mm]	Asentamiento por carga de punta (Se2) [mm]	Asentamiento por carga del fuste (Se3) [mm]	Asentamiento Elástico TOTAL [mm]
0.30	14794.33	2.49		0.18		0.18
2.00	14794.33	3.28		1.18		1.18
3.00	14794.33	3.57	0.03	1.77	0.00	1.80
4.34	35000.00	3.88	0.12	1.14	0.05	1.31
5.00	35000.00	4.02	0.29	2.28	0.10	2.66
6.00	35000.00	4.21	0.49	2.78	0.14	3.41
7.00	35000.00	4.39	0.76	3.27	0.18	4.21
8.00	35001.00	4.56	1.09	3.77	0.22	5.09
9.00	35002.00	4.71	1.50	4.27	0.26	6.04

Longitud pilote [m]	Carga Admisible Grupo [kN]	Asentamiento Elástico Grupo [mm]
0.30	0.71	0.4
2.00	4.76	2.4
3.00	7.13	3.6
4.34	24.73	2.6
5.00	52.38	5.3
6.00	76.58	6.8
7.00	103.57	8.4

	INGSTEC S.A.S	ANEXO 4	C.S.P. INGENIERÍA Calidad y Optimización
	optimización del sistema de captación y aducción del acueducto municipal de belén de los andaquíes, departamento del Caquetá.	HOJA 3 DE 5	
	CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE DE MICRO-PILOTES	ENERO, 2026	

PILOTE INDIVIDUAL

Diámetro	0.30	m
Longitud crítica	3.00	m
Área	0.07	m2
Perímetro	0.94	m

Relación de Poisson del suelo (μ_s)	0.30
Factor de influencia (I_{ws})	0.85
Módulo de elasticidad del pilote [Ep] (Mpa)	21538.1
Distribución de carga del pilote (ξ)	0.67

GRUPO DE PILOTES

N pilotes base	2.00
N pilotes Largo	2.00
Número de pilotes	4.00
Separación mínima (d) [m]	0.60
B grupo	1.2
L grupo	1.2
Eficiencia (η_1)	1.00

CÁLCULO CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

Estrato	Profundidad [m]				Capacidad Última							Carga Admisible [kN]		
	z_i	z_f	z_{prom}	Δz	$qp_{Estrato}$ [kN/m2]	Qp [kN]	$qf_{Estrato}$ [kN/m2]	$qf_{Acumulado}$ [kN/m]	Qf [kN]	W pilote [kN]	Qtotal [kN]	Carga admisible por PUNTA	Carga admisible por FUSTE	Carga admisible TOTAL
SC	0.00	0.30	0.15	0.30	67.74	4.79				0.51	4.28	1.60		1.43
	0.30	2.00	1.15	1.70	451.62	31.92				3.39	28.53	10.64		9.51
SM	2.00	3.00	2.50	1.00	677.43	47.88	29.44		0.00	5.09	42.80	15.96	0.00	14.27
	3.00	4.34	3.67	1.34	1030.99	72.88	43.97	43.97	41.44	7.36	106.96	24.29	13.81	35.65
	4.34	5.00	4.67	0.66	2060.41	145.64	50.00	93.97	88.56	8.48	225.72	48.55	29.52	75.24
ASIMILABLE A ROCA	5.00	6.00	5.50	1.00	2511.52	177.53	61.00	154.97	146.06	10.18	313.41	59.18	48.69	104.47
	6.00	7.00	6.50	1.00	2962.63	209.42	69.91	224.88	211.94	11.88	409.48	69.81	70.65	136.49
	7.00	8.00	7.50	1.00	3413.74	241.30	78.04	302.91	285.49	13.57	513.22	80.43	95.16	171.07
	8.00	9.00	8.50	1.00	3864.85	273.19	85.44	388.35	366.01	15.27	623.94	91.06	122.00	207.98

CÁLCULO ASENTAMIENTO ELÁSTICO

Longitud pilote [m]	Módulo de elasticidad suelo (Es) [kPa]	Factor de influencia I_{ws}	Asentamiento elástico del pilote (Se1) [mm]	Asentamiento por carga de punta (Se2) [mm]	Asentamiento por carga del fuste (Se3) [mm]	Asentamiento Elástico TOTAL [mm]
0.30	14794.33	2.35		0.35		0.35
2.00	14794.33	2.90		2.36		2.36
3.00	14794.33	3.11	0.03	3.54	0.00	3.57
4.34	35000.00	3.33	0.10	2.28	0.09	2.46
5.00	35000.00	3.43	0.22	4.55	0.17	4.95
6.00	35000.00	3.57	0.36	5.55	0.24	6.15
7.00	35000.00	3.69	0.54	6.55	0.31	7.39
8.00	35001.00	3.81	0.76	7.54	0.37	8.68
9.00	35002.00	3.92	1.02	8.54	0.44	10.00

Longitud pilote [m]	Carga Admisible Grupo [kN]	Asentamiento Elástico Grupo [mm]
0.30	5.71	0.7
2.00	38.04	4.7
3.00	57.06	7.1
4.34	142.61	4.9
5.00	300.97	9.9
6.00	417.87	12.3
7.00	545.98	14.8
8.00	684.29	17.4
9.00	831.92	20.0

INGSTEC S.A.S	ANEXO 4	C&P INGENIERÍA
optimización del sistema de captación y aducción del acueducto municipal de belén de los andaquíes, departamento del Caquetá.	HOJA 4 DE 5	
CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE DE MICRO-PILOTES	ENERO, 2026	

PILOTE INDIVIDUAL

Diámetro	0.45	m
Longitud crítica	4.50	m
Área	0.16	m2
Perímetro	1.41	m

Relación de Poisson del suelo (μ_s)	0.30
Factor de influencia (I_{ws})	0.85
Módulo de elasticidad del pilote [Ep]	21538.1
Distribución de carga del pilote (ξ)	0.67

GRUPO DE PILOTES

N pilotes base	2.00
N pilotes Largo	2.00
Número de pilotes	4.00
Separación mínima (d) [m]	1.35
B grupo	1.8
L grupo	1.8
Eficiencia (η)	1.00

CÁLCULO CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

Estrato	Profundidad [m]				Capacidad Última							Carga Admisible [kN]		
	z_i	z_f	z_{prom}	Δz	$qP_{Estrato}$ [kN/m2]	Qp [kN]	$qf_{Estrato}$ [kN/m2]	$qf_{Acumulado}$ [kN/m]	Qf [kN]	W pilote [kN]	Qtotal [kN]	Carga admisible por PUNTA	Carga admisible por FUSTE	Carga admisible TOTAL
SC	0.00	0.30	0.15	0.30	67.74	10.77				1.15	9.63	3.59		3.21
SM	0.30	2.00	1.15	1.70	451.62	71.83				7.63	64.19	23.94		21.40
	2.00	3.00	2.50	1.00	677.43	107.74	29.41		0.00	11.45	96.29	35.91	0.00	32.10
	3.00	4.34	3.67	1.34	1030.99	163.97	43.97	43.97	62.16	16.57	209.57	54.66	20.72	69.86
ASIMILABLE A ROCA	4.34	5.00	4.67	0.66	2060.41	327.69	50.00	93.97	132.85	19.09	441.46	109.23	44.28	147.15
	5.00	6.00	5.50	1.00	2511.52	399.44	61.00	154.97	219.08	22.90	595.62	133.15	73.03	198.54
	6.00	7.00	6.50	1.00	2962.63	471.19	69.91	224.88	317.91	26.72	762.38	157.06	105.97	254.13
	7.00	8.00	7.50	1.00	3413.74	542.93	78.04	302.91	428.23	30.54	940.63	180.98	142.74	313.54
	8.00	9.00	8.50	1.00	3864.85	614.68	85.44	388.35	549.02	34.35	1129.35	204.89	183.01	376.45

CÁLCULO ASENTAMIENTO ELÁSTICO

Longitud pilote [m]	Módulo de elasticidad suelo (Es) [kPa]	Factor de influencia I_{ws}	Asentamiento elástico del pilote (Se1) [mm]	Asentamiento por carga de punta (Se2) [mm]	Asentamiento por carga del fuste (Se3) [mm]	Asentamiento Elástico TOTAL [mm]
0.30	14794.33	2.29		0.53		0.53
2.00	14794.33	2.74		3.54		3.54
3.00	14794.33	2.90	0.03	5.31	0.00	5.34
4.34	35000.00	3.09	0.09	3.42	0.12	3.63
5.00	35000.00	3.17	0.20	6.83	0.23	7.27
6.00	35000.00	3.28	0.32	8.33	0.33	8.97
7.00	35000.00	3.38	0.47	9.82	0.42	10.71
8.00	35001.00	3.48	0.65	11.32	0.51	12.48
9.00	35002.00	3.57	0.86	12.81	0.60	14.27

Longitud pilote [m]	Carga Admisible Grupo [kN]	Asentamiento Elástico Grupo [mm]
0.30	12.84	1.1
2.00	85.59	7.1
3.00	128.39	10.7
4.34	279.42	7.3
5.00	588.61	14.5
6.00	794.16	17.9
7.00	1016.51	21.4
8.00	1254.17	25.0
9.00	1505.80	28.5