ELABORACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL CENTRO POBLADO DEL PAPAYAL CORREGIMIENTO DE SAN RAFAEL MUNICIPIO DE RIO NEGRO SANTANDER

UBICACIÓN:

Centro Poblado del Papayal Corregimiento de San Rafael, municipio Rionegro - Santander

ELABORADO POR:

SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S

NIT: 900922834-7

PRESENTADO A:

CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S

Octubre 2022

CONTROL DE CAMBIOS				
	Nombre	Cargo	Fecha	Firma
1	Julián André Galvis F	Gerente Técnico	11/10/2022	
2	Sergio Luis Garcia A	Interventor del Proyecto	11/10/2022	
Versión			V 1.0	

Contacto
(+57) 318 254-2966
AV. 88 # 23 - 70 DIAMANTE II

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 7
2. OBJETIVOS 8
   2.1. GENERAL 8
   2.2. ESPECÍFICOS 8
3. ALCANCE 9
4. DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES DEL PROYECTO 9
   4.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 9
   4.2. DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA ZONA DE ESTUDIO 12
   4.3. GENERALIDADES 13
   4.3.1. Tipo de obra 13
   4.3.2. Normatividad 14
   4.4. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS DEL SITIO DE ESTUDIO 14
   4.4.1. Generalidades 14
   4.4.2. Geología regional 16
   4.4.2.1. Unidades litológicas 16
   4.4.3. Geología Local 17
   4.4.4. Geología estructural 17
   4.4.5. Información climática de la zona de estudio 19
   4.5. DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL SITIO DE ESTUDIO 19
5. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 20
   5.1. UBICACIÓN DE LOS SONDEOS 22
   5.2. METODOLOGÍA DE LA EXPLORACIÓN 23
   5.3. REGISTRO DE CAMPO 26
   5.4. PERFIL ESTRATIGRÁFICO 32
   5.5. PERFIL GEOTÉCNICO 33
   5.5.1. Velocidad de onda cortante sondeo #1 34
   5.5.2. Velocidad de onda cortante sondeo #2 35
   5.5.3. Velocidad de onda cortante sondeo #3 36

5.5.4. Módulo de Young sondeo 1 38
5.5.5. Módulo de Young sondeo 2 39
5.5.6. Módulo de Young sondeo 3 40
5.6. EFECTOS LOCALES 41
5.7. RESUMEN DE ENSAYOS Y RESULTADOS DE LABORATORIO 43
5.7.1. Resistencia a la compresión del suelo Sondeo 3 M#2 44
5.7.2. Resistencia a la compresión del suelo Sondeo 3 M#3 44
5.7.3. Ensayo expansión unidimensional de suelos cohesivos 45
5.7.4. Ensayo de consolidación unidimensional 45
5.8. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 46
6. ANÁLISIS GEOTÉCNICO 49
6.1. TIPO DE ESTRUCTURA Y CARGAS ESTIMADAS 49
6.2. TIPO DE CIMENTACIÓN RECOMENDADA 50
6.3. CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE 51
6.3.1. Cálculo de la capacidad portante Sondeo 1, 2 y 3 51
6.4. CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS 53
6.4.1. Cálculo de asentamientos inmediatos de la cimentación aislada, tomando como referencia las cargas máximas calculadas 53
6.4.2. Cálculo de asentamientos por consolidación 55
6.5. SUSCEPTIBILIDAD FRENTE AL EVENTO DE LICUEFACCIÓN 65
6.6. POSIBILIDAD DE SUELOS EXPANSIVOS 68
6.6.1. Clasificación Potencial de expansión 69
6.7. EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE EFECTOS SÍSMICOS 70
6.7.1. Modulo cortante de los materiales en función de la profundidad 70
6.7.2. Velocidades de onda cortante Vs 73
6.8. EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES 73
6.8.1. Análisis condición estática con Agua Subterránea Normal 75
6.8.2. Análisis condición seudo estática con Agua Subterránea Normal y coeficiente sísmico 76
6.8.3. Análisis condición seudo estática con Agua Subterránea Normal y coeficiente sísmico 76
6.9. RECOMENDACIONES PARA LA CONFORMACIÓN DE RELLENOS ESTRUCTURALES 80

6.10. PARÁMETROS DEL SUELO PARA EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN 80
7. RESULTADOS 81
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 83
9. BIBLIOGRAFÍA 85
10. ANEXOS 85

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Normatividad para la ejecución de los ensayos geotécnicos. 14
Tabla 2. Clasificación de las Unidades de Construcción por categorías. 21
Tabla 3. Profundidad de exploración por Sondeo. 23
Tabla 4. Registro de Sondeo # 1 26
Tabla 5. Registro de Sondeo # 2 28
Tabla 6. Registro de Sondeo # 3 30
Tabla 7. Clasificación de los perfiles geotécnicos del suelo tomando la NSR-10. 33
Tabla 8. Correlaciones para determinar la magnitud de la velocidad de corte Vs 34
Tabla 9. Resultados de Vs del sondeo # 1 en función de la profundidad. 34
Tabla 10. Resultados de Vs del sondeo # 2 en función de la profundidad. 35
Tabla 11. Resultados de Vs del sondeo # 3 en función de la profundidad. 36
Tabla 12. Correlaciones para determinar la magnitud del módulo de Young (Es) 37
Tabla 13. Resultados de Es del sondeo # 1 en función de la profundidad. 38
Tabla 14. Resultados de Es del sondeo # 2 en función de la profundidad. 39
Tabla 15. Resultados de Es del sondeo # 3 en función de la profundidad. 40
Tabla 16. Valores de Aa y Av correspondientes al municipio de Rionegro. 42
Tabla 17. Valores de Fa correspondientes al municipio de Rionegro, para la zona de periodos cortos del espectro. 42
Tabla 18.Valores de Fv correspondientes al municipio de Rionegro, para la zona de periodos intermedios del espectro. 42
Tabla 19. Resultados de Ensayos realizados a las muestras. 43
Tabla 20. Resultados de Ensayo expansión libre realizados a S2-M#4. 45
Tabla 21. Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 1. 46
Tabla 22. Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 2. 47
Tabla 23. Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 3. 48
Tabla 24. Capacidades portantes; última, admisible y carga máxima admisible, tomando el sondeo 1. 52
Tabla 25. Capacidades portantes; última, admisible y carga máxima admisible, tomando el sondeo 2. 52
Tabla 26. Capacidades portantes; última, admisible y carga máxima admisible, tomando el sondeo 3. 53

Tabla 27. Asentamientos inmediatos en la cimentación, a partir del Sondeo #1. 54
Tabla 28. Asentamientos inmediatos en la cimentación, a partir del Sondeo #2. 54
Tabla 29. Asentamientos inmediatos en la cimentación, a partir del Sondeo #3. 54
Tabla 30. Valores orientativos de Nspt, Resistencia a Compresión simple y Modulo de Elasticidad de suelos. 55
Tabla 31. Ecuaciones de Asentamiento por consolidación. 56
Tabla 32. Propiedades de la muestra sometida al ensayo de Consolidación 64
Tabla 33. Resumen Asentamientos Calculados 65
Tabla 34. Clasificación de suelos susceptibles a licuefacción. 67
Tabla 35. Clasificación de los suelos expansivos. 69
Tabla 36. Evaluación del potencial de expansión de los suelos. 69
Tabla 37. Resultaos de Gmax del sondeo # 1 en función de la profundidad 71
Tabla 38. Resultaos de Gmax del sondeo # 2 en función de la profundidad 72
Tabla 39. Factores Mínimos de Seguridad Según Norma NSR-10. 73
Tabla 40. Aceleración horizontal máxima del terreno 74
Tabla 41. Valores mínimos para análisis seudoestático de taludes 74
Tabla 42. Parámetros para modelar taludes 74
Tabla 43. Métodos para el control de la erosión en taludes, Manual de estabilidad de Taludes, instituto Nacional de Vías. INIVIAS 77
Tabla 44. Parámetros para el diseño estructural de muros de contención 80

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Ubicación Planta de potabilización el Papayal en Rionegro, Santander. 10
Imagen 2. Distribución poblacional de Santander y el municipio de Rionegro 11
Imagen 3. Ilustración de la futura construcción. 13
Imagen 4. Localización geológica donde se presenta el proyecto. 15
Imagen 5. Mapa Geológico de Colombia 2019. Plancha 96 Bocas del Rosario. 15
Imagen 6. Mapa de fallas y plegamientos en la zona de estudio, Rionegro, Santander. 18
Imagen 7. Análisis climático de la zona de estudio 19
Imagen 8. Ubicación de los sondeos en el área proyectada para la construcción. 22
Imagen 9. Plano arquitectónico de las estructuras existentes 22
Imagen 10. Dimensiones Tanque 1 de cuatro niveles. 24
Imagen 11. Dimensiones de la planta de tratamiento + sedimentación 25
Imagen 12. Apique 3, Tanque 3 Subterráneo. 26
Imagen 13. Ilustración de la futura construcción. 50

LISTADO DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Ubicación de sitio de estudio, Planta de potabilización. 12
Fotografía 2. Ubicación de sitio de estudio, Zona de expansión. 12
Fotografía 3. Ubicación del sitio de estudio, punto de exploración geotécnica. 20
Fotografía 4. Material característico de la exploración. 21

Fotografía 5. Apique 1, Tanque 1 de cuatro niveles. 23
Fotografía 6. Apique 2 y 3, Planta de tratamiento + sedimentación 25

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Perfil estratigráfico del suelo presente en los Sondeos 1, 2, y 3. 32
Ilustración 2. Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a función de Aa y edificaciones para la NSR-10 en Av. 41
Ilustración 3. Zapata aislada con vigas de amarre. 50

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Resultados de ensayo de compresión inconfinada para una planta de tratamiento. Sondeo #3-M#2 (de 1.00 a 2.00 m). 44
Figura 2. Resultados de ensayo de compresión inconfinada para una planta de tratamiento. Sondeo #3-M#3 (de 2.00 a 3.00 m). 44
Figura 3. Gráfica de Consolidación. Sondeo # 2-M # 4 (de 3.00 a 4.00 m). 45
Figura 4. Gráfica de Consolidación. Sondeo # 2-M # 4 (de 3.00 a 4.00 m). 57
Figura 5. Análisis de la Gráfica de Consolidación. 58
Figura 6. Determinación de la carga de Preconsolidación Gráfica de Consolidación. Sondeo # 2-M # 4 (de 3.00 a 4.00 m) 59
Figura 7. Gráfica de Consolidación. Sondeo # 2-M # 4 (de 3.00 a 4.00 m). 61
Figura 8. Gráfica de Consolidación. Sondeo # 2-M # 4 (de 3.00 a 4.00 m). 63
Figura 9. Criterio recomendado a la susceptibilidad de licuación (Seed and Idrish). 67
Figura 10. Criterio recomendado a la susceptibilidad de licuación (Bray et al 2004) 67
Figura 11. Análisis de estabilidad en condición estática 75
Figura 12. Análisis de estabilidad en condición estática 76
Figura 13. Esquema de obra de estabilización, zanjas de coronación y berma. 78
Figura 14. Empleo de drenes horizontales para evacuar flujo de agua por infiltración 79

LISTADO DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ecuación General de la Capacidad de Carga por Terzaghi. 51
Ecuación 2. Ecuación de la Presión Efectiva sobre el estrato de Arcilla. 57
Ecuación 3. Ecuación Asentamiento para arcillas sobreconsolidadas. 59
Ecuación 4. Ecuación Asentamiento para arcillas Sobreconsolidadas. 60
Ecuación 5. Ecuación Índice de Compresibilidad. 61
Ecuación 6. Ecuación Índice de Expansividad. 62
Ecuación 7. Ecuación Asentamiento para arcillas normalmente consolidadas. 64

1. INTRODUCCIÓN

La empresa CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S ha solicitado el servicio de la empresa SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S para la ejecución de un estudio geotécnico para la construcción de una planta de potabilización compacta, ubicada en el Papayal corregimiento del municipio de Rionegro, en el departamento de Santander. Por consiguiente, se debe conocer el estado del suelo, las propiedades, características y comportamientos presentes de este, para el diseño de la estructura que se desea construir (Planta de tratamiento).

En el presente documento, se presenta la descripción del lugar y localización del Proyecto, la caracterización geológica de la región, la metodología de la exploración y el análisis geotécnico partiendo de los resultados obtenidos en los laboratorios y en campo, un anexo de los resultados de los ensayos realizados para la caracterización y conocimiento de las propiedades del suelo, el pre dimensionamiento en la cimentación más apropiada para la estructura a partir de la capacidad portante del terreno, la evaluación del asentamiento que se pueda presentar debido a la carga ejercida por la estructura y las recomendaciones para el tipo de construcción planteada.

El proceso parte desde la identificación de la zona a intervenir y los elementos estructurales presentes para evitar riesgos sobre algunas redes o cimentaciones existentes aledaños por debajo del suelo a causa de la exploración geotécnica, conociendo la topografía de la zona, los efectos sísmicos, la hidrología y el efecto climatológico como información que puede ser de utilidad para la elaboración del informe, se realiza el registro de campo con la ubicación de las exploraciones estratégicamente planeadas antes de llegar al sitio del proyecto. El las muestras tomadas en campo, se envía a las instalaciones del laboratorio debidamente empacadas en condiciones donde las propiedades no sean alteradas para la ejecución de los ensayos que el profesional geotecnista considere, dependiendo de la complejidad del proyecto y el estado que se encuentre las muestras recolectadas. Algunos de estos ensayos son determinísticos para la identificación del subsuelo y el tipo de material que lo componga como la clasificación granulométrica, la expansión libre, el contenido de humedad, el peso unitario, los límites de Atterberg. Y, para conocer la resistencia del suelo frente a las cargas que le serán atribuidas se planteó realizar los ensayos in situ de SPT (Ensayo de Penetración Estándar) y Compresión Simple, Consolidación Unidimensional en las instalaciones del laboratorio, entre otros.

En todo el proceso se tiene en cuenta la normativa NSR-10 Titulo H, que rige el proceso de exploración de campo, y las normas INVIAS 2013 aplicadas para la ejecución de ensayos de laboratorio de mecánica de suelos. Finalmente, toda la información del estudio es digitalizado para la elaboración del informe que será entregado al respectivo cliente que solicita los servicios de la empresa. Se realizan los cálculos de capacidad portante, asentamientos inmediatos o por consolidación de ser necesario, empleando teorías matemáticas válidas y mundialmente reconocidas. Se analizan las variables y se plantean los pre dimensionamientos ingenieriles que cumplan con la normatividad NSR-10.

2. OBJETIVOS

A continuación, se presentan objetivos generales y específicos a tener en cuenta durante la elaboración del informe.

2.1. GENERAL

Realizar en estudio de suelos y el diseño geotécnico de cimentaciones necesario para la construcción de una planta de potabilización compacta en el municipio de Rionegro, Santander, tras la ejecución de exploración de campo, análisis de muestras de suelo en laboratorio y cálculos geotécnicos requeridos.

2.2. ESPECÍFICOS

- Conocer la estratigrafía presente en el área de disposición de las estructuras por medio de la caracterización del suelo de acuerdo con el sistema de clasificación universal de suelos USCS.

- Conocer mediante ensayo in situ SPT (ensayo de penetración estándar) y ensayos de laboratorio, la caracterización y las propiedades de resistencia del suelo con el propósito de realizar calculos y pre dimensionamiento de la cimentación recomendada a implementar.

- Realizar la evaluación del suelo frente a eventos como; suelos colapsables y expansibles y magnitud de asentamientos inmediatos.

- Presentar conclusiones y recomendaciones de carácter geotécnico para garantizar las condiciones de seguridad durante la vida útil de la estructura.

- Adjuntar los registros de perforación y resultados de laboratorio.

3. ALCANCE

El alcance de este informe, consiste en la ejecución de las exploraciones del suelo de fundación de la obra proyectada, mediante tres (3) sondeos o perforaciones tipo SPT (Ensayo de Penetración estándar), para la recolección de muestras en puntos distribuidos en el área del proyecto, con el fin de conocer la clasificación y las propiedades geomecánicas del subsuelo, para luego, ser analizadas en laboratorio. Además, se realizaron tres apiques manuales con el fin de conocer en qué estado en el que se encuentra la cimentación de algunas de las obras existentes y dar a conocer sus respectivas dimensiones.

Los resultados de laboratorio ejecutados a las muestras tomadas en campo, permitirán conocer los parámetros del suelo y recomendar el tipo de cimentación más adecuado para la estructura que se tiene planeado construir (planta de tratamiento), determinar los parámetros de diseño de las fundiciones y los parámetros para el cálculo de empujes de tierra sobre estructuras de contención.

Como resultado de lo anterior, en este documento se presentan los parámetros geotécnicos asociados con el sistema de cimentación escogido el cual se formula a partir de los tipos de suelo encontrados, la tipología estructural de la obra proyectada y la magnitud de las cargas de servicio asociadas. Finalmente, se presentan conclusiones y recomendaciones que se deben tener en cuenta para la ejecución de explanaciones, excavaciones, diseño y construcción de las diferentes estructuras proyectadas en el sitio de estudio.

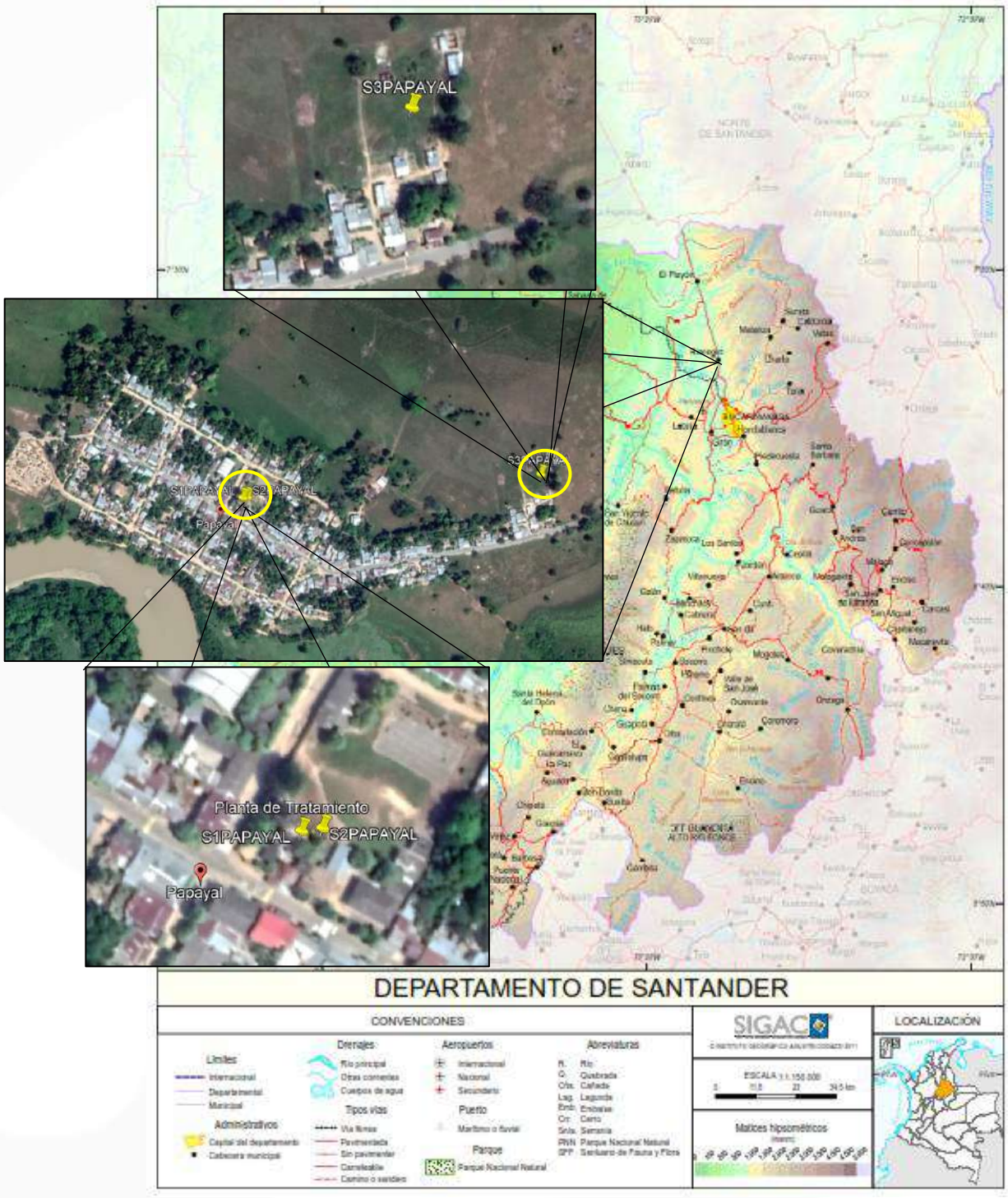
4. DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES DEL PROYECTO

A continuación, se presenta la localización del proyecto junto a la distribución poblacional del municipio donde se realiza el mismo, además, se realiza una descripción de la zona, su clima, su geología y algunas generalidades del proyecto.

4.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El área de estudio se localiza en la vía san Rafael por la calle 6a del centro poblado del Papayal corregimiento de San Rafael en el municipio de Rionegro Santander, a su alrededor se evidencia el paso del Rio de Lebrija; las coordenadas pertenecientes al sitio de estudio corresponden a: 7°36'41.37" Norte y 73°38'22.61" Oeste, Altitud aproximada de 68 metros sobre el nivel del mar (msnm).

Imagen 1. Ubicación Planta de potabilización el Papayal en Rionegro, Santander.



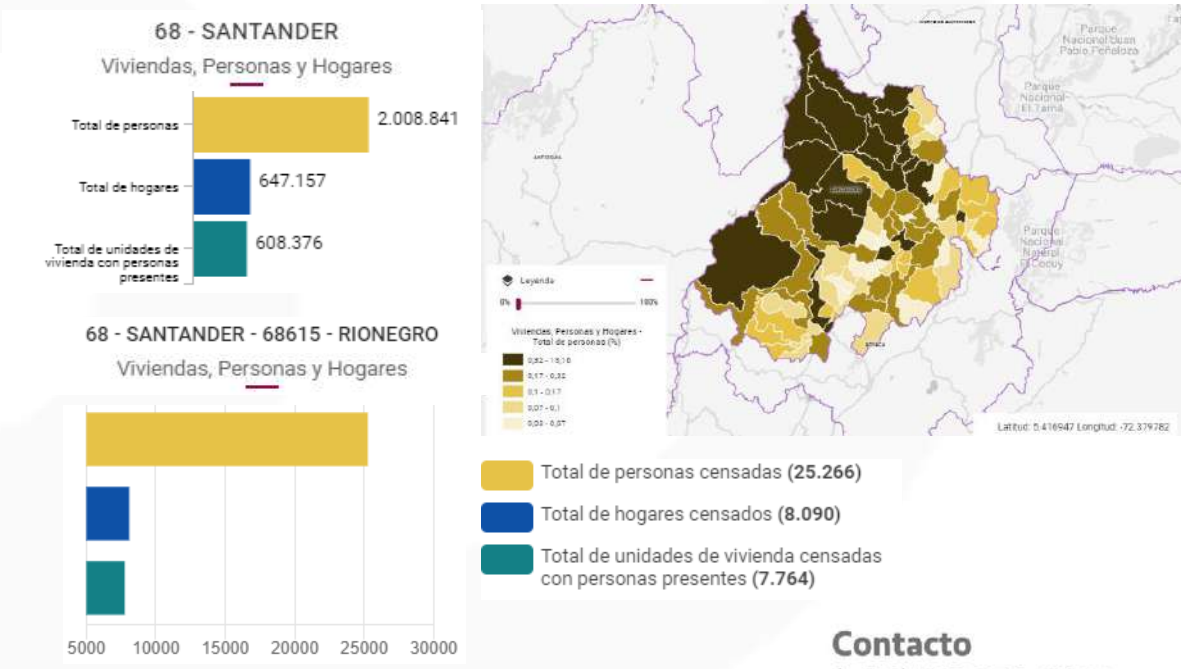
Fuente: Modificado de INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTÍN CODAZZI(IGAC)-Mapas departamentales.

El proyecto abarca la construcción de una planta de potabilización compacta en el lote donde se encuentra un taque de almacenamiento elevado, este con el fin, de lograr una optimización del sistema de acueducto, localizado en la zona central del corregimiento del papayal del municipio de Rionegro, Santander.

El municipio de Rionegro, limita al norte y noreste con el municipio de Cepitá, al oriente y sur con Jordán, al occidente con Villanueva y al noroeste con el municipio de Zapatoca, del Departamento de Santander. Rionegro cuenta con una extensión total de 1278 km2, según el censo general del DANE 2018 hay una población total de 25.266 Habitantes, en la cabecera municipal residen 6.155 Habitantes, centro poblado 5.275 y en rural disperso 13.836 Habitantes.



Imagen 2. Distribución poblacional de Santander y el municipio de Rionegro



Contacto
(+57) 318 254-2966
AV. 88 # 23 - 70 DIAMANTE II
Bucaramanga, Colombia
Suelos y Geotécnia sas
@suelosygeotecnia
jgalvis@suelosygeotecnia.com

4.2. DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

El área del proyecto consta de una planta de potabilización existente y dos tanques de distribución elevados, además cuenta con una zona de expansión para el acueducto, la cual se localiza aproximadamente a 600 m de la planta existente. Las dos zonas son planas y se observan algunos árboles, arbusto y pastos, no se observaron señales de movimientos en masa. El sector es una zona residencial y pertenece a un tránsito bajo ya que la planta se encuentra en la zona central del municipio.

Fotografía 1. Ubicación de sitio de estudio, Planta de potabilización.



Fotografía 2. Ubicación de sitio de estudio, Zona de expansión.



Fuente: Elaboración propia

4.3. GENERALIDADES

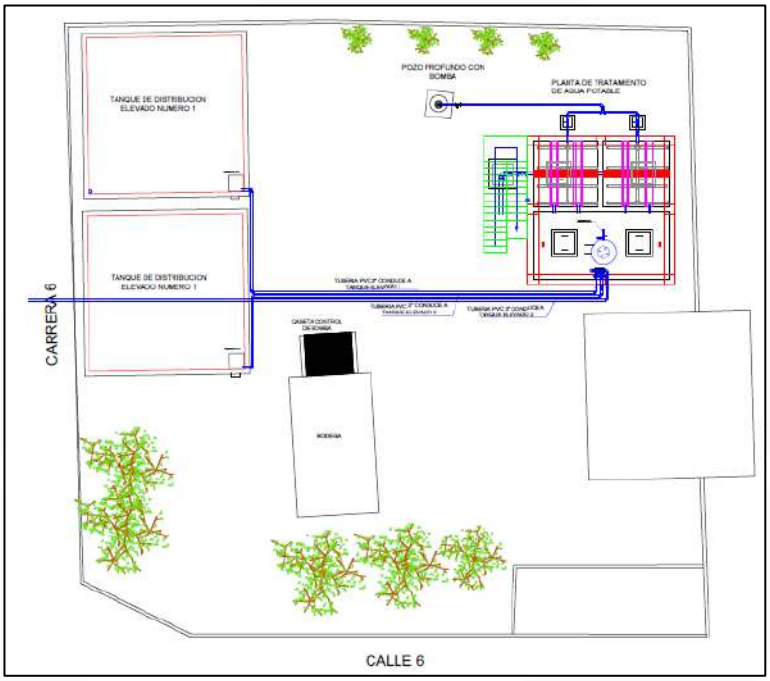
A continuación, se realiza una descripción de las generalidades del proyecto a desarrollar y de los aspectos geotécnicos de la zona, estos se desarrollan de acuerdo a la información existente y tras la visita realizada al lugar del Proyecto.

4.3.1. Tipo de obra

El proyecto consta en la construcción de una planta de agua potable, estructuras para tanques de distribución elevados, pozo profundo con bomba, caseta de control de bomba y bodega, ubicado en el corregimiento el papayal, casco rural del municipio de Rionegro, Santander.

No se observó alguna otra intervención constructiva alrededor del sitio de estudio a considerar.

Imagen 3. Ilustración de la futura construcción.



Fuente: Plano suministrado por el cliente.

En la segunda zona denominada zona de expansión, no se tiene estructuras existentes cercanas, las propiedades del suelo en términos generales de las dos zonas son muy similares.

4.3.2. Normatividad

La exploración de campo y los ensayos de laboratorio fueron ejecutados según lo que está estipulado dentro de la norma SNR-10 Titulo H y la norma IMVIAS 2013, y los lineamientos para la planeación de estos con anterioridad de acuerdo a la complejidad del proyecto, algunas consideraciones como los efectos sísmicos y generalidades de los estudios geotécnicos basados en la Norma Sismo-Resistente NSR-10.

Tabla 1. Normatividad para la ejecución de los ensayos geotécnicos.

Estudio / Ensayo	Norma
Análisis Granulométrico de los agregados gruesos y finos	INV E-213
Determinación del contenido de humedad	INV E-122
Determinación del Límite líquido y plástico	INV E-125
Determinación del Índice de plasticidad	INV E-126
Compresión Inconfinada en muestras de suelos	INV E-152
Ensayo de Penetración Estándar (SPT)	INV E-111
Consolidación Unidimensional de los suelos	INV E-151
Ensayo Potencial de asentamiento o expansión unidimensional de suelos cohesivos	INV E-173
Lineamientos	
Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente	NSR10-Título A
Estudios Geotécnicos	NSR10-Título H

Fuente: Elaboración Propia.

4.4. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS DEL SITIO DE ESTUDIO

4.4.1. Generalidades

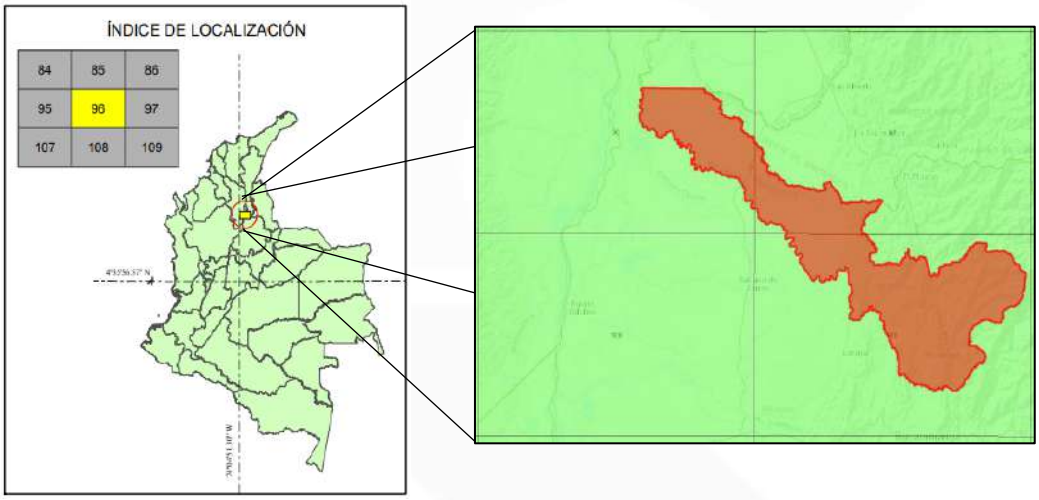
En la Plancha 96 se presentan porciones de 2 regiones naturales como son la Serranía de San Lucas que corresponde al extremo más septentrional de la Cordillera Central y el Valle del Río Grande de la Magdalena.

La Serranía de San Lucas cubre aproximadamente el 7% de la parte occidental de la plancha y define el relieve montañoso sobresaliente con alturas máximas del orden de los 700 m.s.n.m. El valle del Magdalena constituye la zona plana y cenagosa dominante en donde predominan alturas del orden de los 80 m.s.n.m.

Las condiciones climáticas son cálidas y húmedas con temperaturas que oscilan entre los 32º y 40º C., y una precipitación media anual del orden de 1500 a 2500 mm de distribución bimodal, en donde los meses de mayor precipitación son Abril- Mayo y Octubre - Noviembre (IDEAM, 2001).

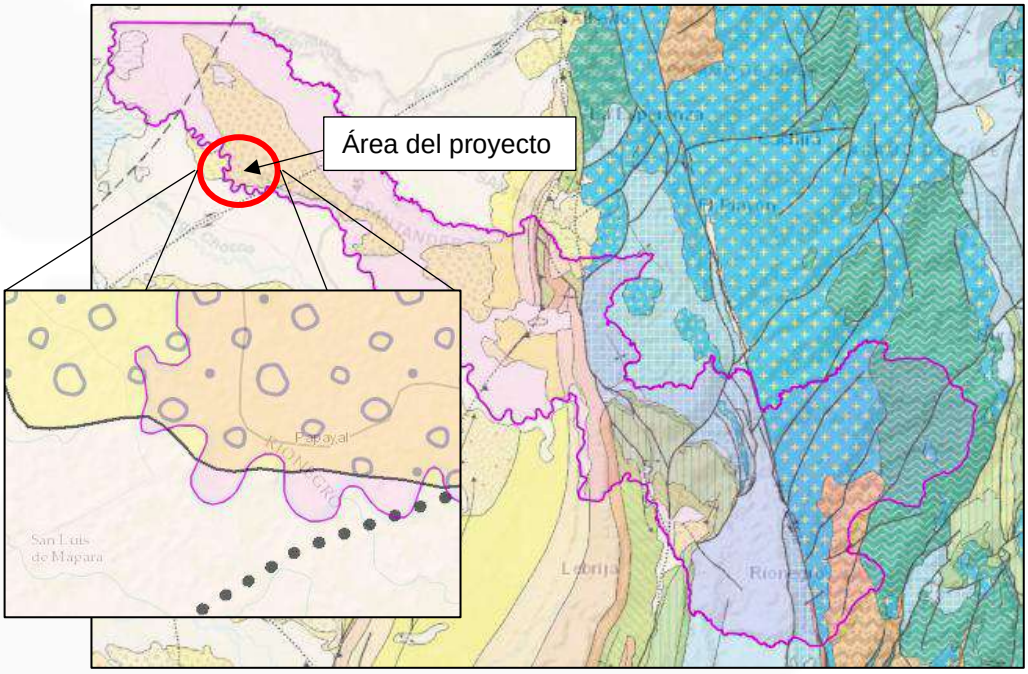
Las principales fuentes de la economía regional son la agricultura con sus extensas plantaciones de palma africana y su industria conexa, la ganadería y la pesca y como renglón adicional la minería aurífera. Se resalta el alto potencial turístico ambiental que posee la región por la belleza de sus ciénagas y humedales de altas riquezas en flora y fauna.

Imagen 4. Localización geológica donde se presenta el proyecto.



Fuente: Esri, HERE, Garmin, FAO, USGS, NGA | Servicio Geológico de Colombia

Imagen 5. Mapa Geológico de Colombia 2019. Plancha 96 Bocas del Rosario.



Alcárcel, F.A. & Gómez, J., compiladores. 2019. Mapa Geológico de Colombia 2019. Escala 1:2 000 000. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá.

4.4.2. Geología regional

En el área de la Plancha 96 afloran rocas volcanosedimentarias, sedimentarias e ígneas intrusivas, de edad Jurásica a Neógena, que ocupan aproximadamente el 36% del área de la plancha. Estas rocas se presentan en la región occidental de la misma y hacen parte del flanco oriental de la Serranía de San Lucas. Los depósitos consolidados y no consolidados del Pleistoceno-Holoceno cubren el 64% restante de su superficie y rellenan la Cuenca del Valle Medio del Magdalena.

4.4.2.1. Unidades litológicas

Formación Noreán (J1-2n)

En el área de la Plancha 96 la unidad sólo aflora en la región occidental (ANEXO G. Mapa Geológico), donde conforma un relieve abrupto alcanzando alturas hasta de 660 m.s.n.m. en el sector de Santa Lucía (cuadrícula A-1), donde se caracteriza por presentar picos agudos y valles profundos en forma de “V”, generando saltos y caídas de agua hasta de 50 m como se observa en las quebradas San Antonio y Tamocondo.

Formación Arenal (J3a)

En la Plancha 96, sólo aflora el conjunto inferior de esta unidad, el cual se encuentra distribuido a lo largo del Piedemonte Oriental de la Serranía de San Lucas, al occidente de la plancha, desde el sector de Cañabraval, al Sur, hasta la Quebrada San Blas, en jurisdicción de la Población de San Blas.

La Formación Arenal en la Plancha 96 está constituida por areniscas arcosas de grano fino a medio, conglomeráticas, de color gris pálido azuloso, rojizo, habano, con tintes negros (presencia de óxidos), matriz lodosa, mal seleccionadas, dispuestas en capas gruesas (hasta de 1.5 m de espesor). Se presentan esporádicas intercalaciones de arcillolitas y limolitas arenosas, de colores gris, rojo y café.

Formación Rosablanca (K1r)

En el área de la Plancha 96, la Formación Rosablanca forma una franja monoclinalde topografía baja, en la cual las partes más altas las constituyen colinas de extensión reducida y las zonas bajas y planas, llanuras, que se confunden con el valle aluvial del Río Boque.

La base de la Formación Rosablanca en el área de la plancha desarrolla pequeñas ventanas o relictos de caliza resistentes a la erosión, que han quedado expuestos en el área, encima de rocas de la Formación Arenal (FIGURA 7). En general la unidad no presenta afloramientos extensos y contínuos ya que buena parte de ellos se han convertido en suelos residuales o están cubiertos por pastizales, lo cual hace difícil reconocerlos.

4.4.3. Geología Local

Depósitos de Abanicos y Terrazas Aluviales (Qcal)

Los abanicos corresponden a unidades sedimentarias acumuladas en ambientes fluviales durante el Neógeno – Cuaternario, desarrollándose en zonas donde se presentan cambios de pendiente que permiten la acumulación del material traído por los ríos desde las partes altas y sus cauces, observándose, además, leve basculamiento por efectos del levantamiento regional y de la acumulación de material. Las terrazas se producen por acumulación de material aluvial y posterior profundización de las corrientes. En general estos depósitos desarrollan una morfología ligeramente ondulada y poco disectada por las corrientes.

Estos depósitos se observan hacia el Oriente de la Plancha 96, principalmente al Norte del Río Lebrija, incluyendo los sectores de las poblaciones de San Rafael y Papayal, presentándose también hacia el extremo Nororiental de la plancha y al norte de la Quebrada San Albertico-El Pescado.

Este tipo de materiales son bastante extensos, de poco espesor representados por colinas bajas de 2 a 3 m de altura y comprenden una serie de niveles de arcilla de color habano, moteadas, intercaladas con limo y arcilla limosa moteada de color gris amarillento y rojizo, inconsolidadas, sobre las cuales reposan delgados niveles de gravas (huevos de pato), que afloran al oriente del Río Magdalena.

4.4.4. Geología estructural

A nivel regional el sistema deformativo está representado por una estructura transpresiva dextral de dirección NE tipo flor positiva, la cual cruza la región límite entre las planchas 85 y 96. Esta estructura geométricamente es asimétrica con la estructura principal ubicada al W del sistema, denominada Falla Las Brisas de carácter dextral. Hacia el Este el sistema evoluciona a estructuras sinuosas de carácter dextral que forman rotaciones horarias típicas de cizalla simple en un ancho aproximado de 20 Km.

La deformación al interior de la flor afecta la secuencia sedimentaría del Valle del Magdalena, y especialmente en las rocas Cretácicas genera pliegues de arrastre tipo S que confirman el mecanismo de cizalla propuesto (Paredes del Ororia). De igual manera los depósitos cuaternarios y en especial el cauce del Río Magdalena es claramente controlado por el mismo mecanismo de cizalla, indicando que la progresión de la deformación tiene marcadas características de actividad reciente.

Las principales fallas de este sistema han sido definidas como Las Brisas, Simití y San Blas. Dada la estrecha relación geográfica de las planchas 85 y 96 en la margen oriental de la Serranía de San Lucas y su sistema deformativo se describen unidas regionalmente.

Falla Las Brisas

Corresponde a la estructura principal que controla la transcurrencia del sistema de flor positiva de Las Brisas. Esta estructura tiene su mejor expresión topográfica cerca al Corregimiento de Las Brisas, allí el desplazamiento del relieve en componente dextral se continúa por cerca de 8 Km., para posteriormente llegar al piedemonte y seguir hacia el NE cortando y controlando aspectos del drenaje asociados al brazo de Simití (Plancha 85) del Río Magdalena.

Falla Cimitarra

La Falla Cimitarra hace parte del Sistema de Fallas Palestina, se desprende de ésta con un rumbo N35°E y tiene características de desplazamiento similares a las de las otras fallas de este sistema con más de 50 km de longitud, internándose por debajo de las secuencias sedimentarias neógenas del valle del río Magdalena y afecta rocas intrusivas del Mesozoico siguiendo el cauce de los ríos San Bartolomé y Cimitarra (Feininger, 1970).

El trazo de la Falla Cimitarra pone en contacto las sedimentitas del Grupo Real con las rocas jurásicas de la Granodiorita de Guamocó y del Complejo Volcánico de Noreán.

Imagen 6. Mapa de fallas y plegamientos en la zona de estudio, Rionegro, Santander.

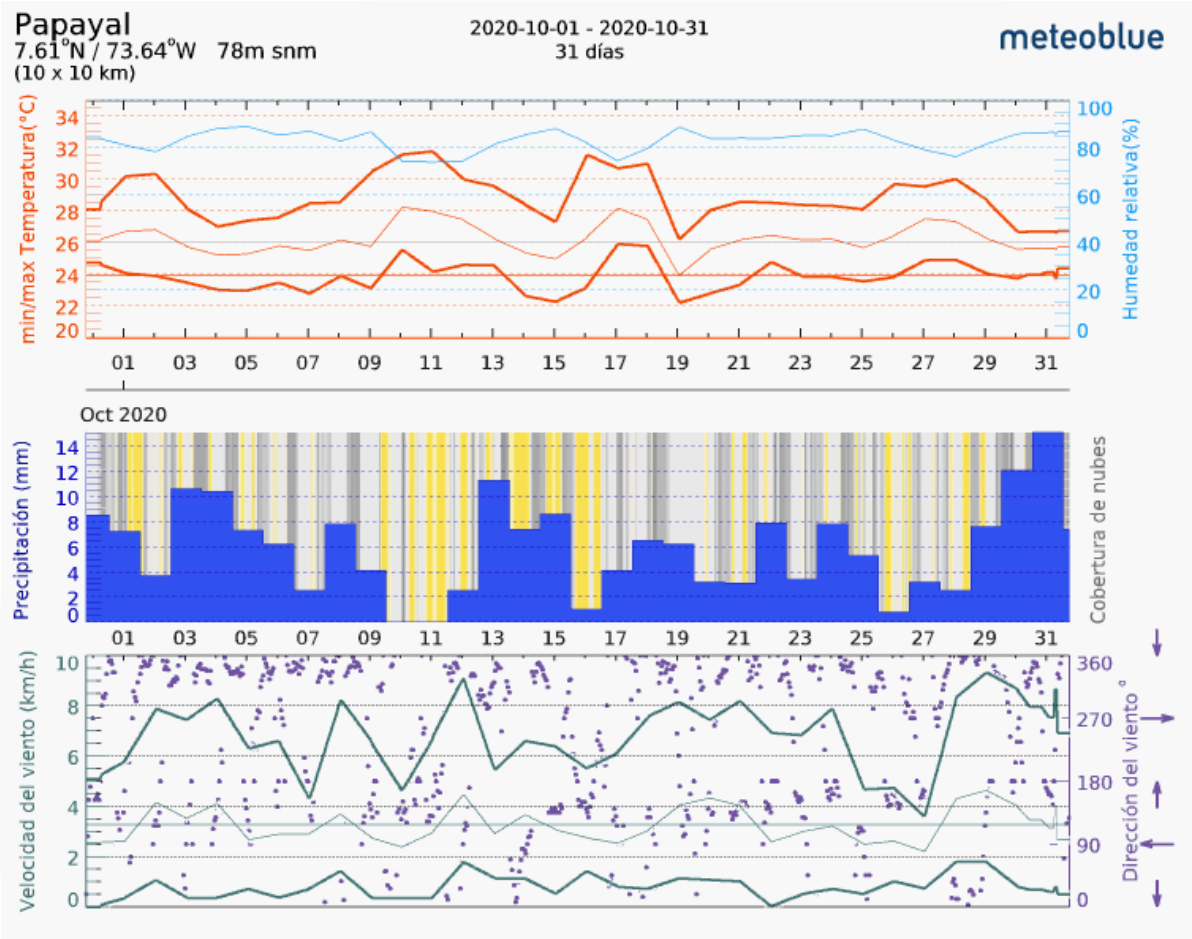


Fuente: Gómez, J., Montes, N.E., Nivia, Á. & Diederix, H., compiladores. 2015. Atlas Geológico de Colombia 2015. Escala 1:500 000. Servicio Geológico Colombiano, 26 planchas. Bogotá.

4.4.5. Información climática de la zona de estudio

A continuación, se presenta un resumen de temperaturas y lluvias de la zona, tomando el comportamiento del año pasado, del 01-01-2020 a 31-12-2020 (todo el año 2020):

Imagen 7. Análisis climático de la zona de estudio



Fuente: www.meteoblue.com

La temperatura promedio de la zona es de 26°C, la pluviosidad promedio de la zona es de 8 mm, acorde al dato de precipitación, no se considera una zona de lluvias constantes y velocidades de viento medias-altas.

4.5. DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL SITIO DE ESTUDIO

El proyecto se encuentra ubicado sobre un estrato de arenas limosas color marrón con tonalidades claras y rojizas, de humedad media y plasticidad baja. Las profundidades de las (3) tres exploraciones fueron de 6.0, 6.0 y 5.0 metros para los respectivos sondeos 1, 2 y 3.

Tras la ejecución de los ensayos de caracterización realizados a todas las muestras recopiladas en campo, los materiales presentan consistencia semisólida, de acuerdo a los valores de humedad por debajo del límite plástico, en el área donde se ubicará la nueva planta de potabilización compacta se observó nivel freático en las tres exploraciones a profundidad de 4.0 metros, de los 6.0 metros explorados en el sondeo 1, respecto al sondeo 2 se encontró a partir de los 3.0 metros y para el sondeo 3 a los 4.0 metros el cual se evidencio hasta el final de la exploración (6.0 y 5.0 metros respectivamente). Se realizaron ensayos de clasificación; granulometría, límites de Atterberg, humedad de los materiales, consolidación unidimensional y expansión libre, de los cuales se puede concluir que el material presente tiene compacidad media, los suelos clasifican como materiales granulares (SM), y presentan un buen comportamiento frente a las cargas proyectadas debido a su alta densidad en los estratos superficiales y al contenido de arenas de compacidad media.

Adicionalmente, se realizó un ensayo de compresión simple (o inconfinada), con la finalidad de determinar la resistencia del suelo no confinado (resistencia conservadora) frente a cargas, de esta manera se conoce la capacidad portante última del suelo.

Fotografía 3. Ubicación del sitio de estudio, punto de exploración geotécnica.



Fuente: Elaboración Propia.

5. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

Siguiendo con lo establecido en la norma NSR-10, titulo H, este estudio de suelos se realizó bajo la dirección, supervisión y con el criterio del ingeniero Geotecnista, la exploración, toma de muestras y ensayos de laboratorio ejecutados, fueron establecidos para la construcción

de una planta de tratamiento, y se consideran suficientes para determinar la profundidad más adecuada para cimentar este tipo de estructura.

Siguiendo con los lineamientos de la norma NSR-10, titulo H, tabla H.3.1-1, el estudio de suelos se realizó para una estructura con categoría de construcción Baja, los niveles de la construcción son menores a tres niveles, y las cargas por columna son menores a las 80 toneladas puntuales, a continuación, se presenta la tabla referenciada:

Tabla 2. Clasificación de las Unidades de Construcción por categorías.

Categoría de la Unidad de construcción	Según los niveles de construcción	Según las cargas máximas de servicio en columnas (KN)
Baja	Hasta 3 niveles	Menores de 800 KN

Fuente: Norma NRS-10-TITULO H-Tabla H.3.1-1

Se realizaron (3) tres exploraciones, de 6.0, 6.0 y 5.0 metros de profundidad cada uno de nominados Sondeo 1, Sondeo 2 y Sondeo 3 respectivamente, en cada una de las exploraciones se realizó toma de muestras cada 1.0 metros, para cada estrato o cambio de material, en los cuales se encontraron materiales granulares con contenidos de finos.

La profundidad de los sondeos se debe a las condiciones del suelo, el cual se considera blando, lo cual permitió avanzar con la exploración hasta los metros de profundidad, profundidad que se considera suficiente para la disipación de este tipo de esfuerzos causados por las cargas.

Fotografía 4. Material característico de la exploración.

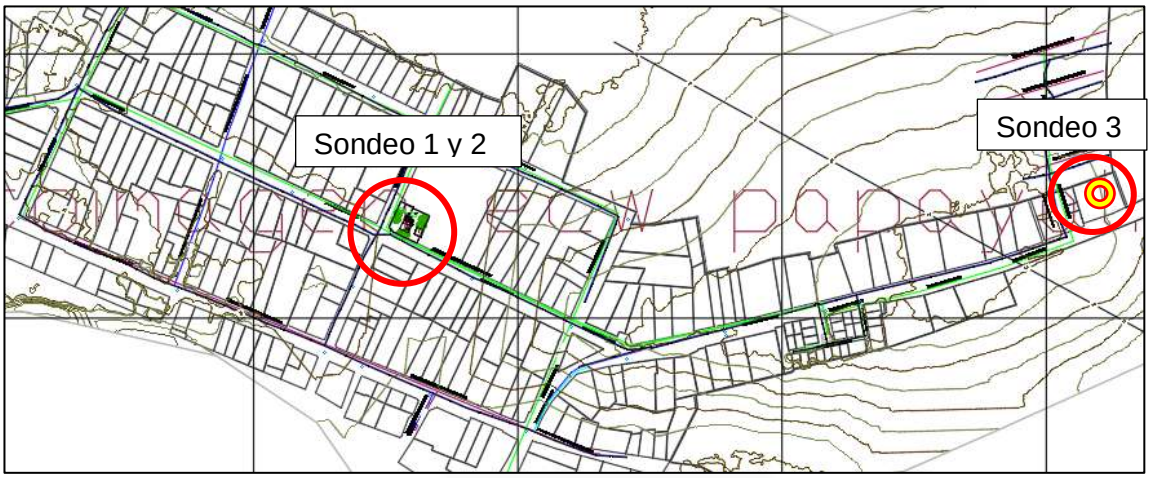


Fuente: Elaboración Propia.

5.1. UBICACIÓN DE LOS SONDEOS

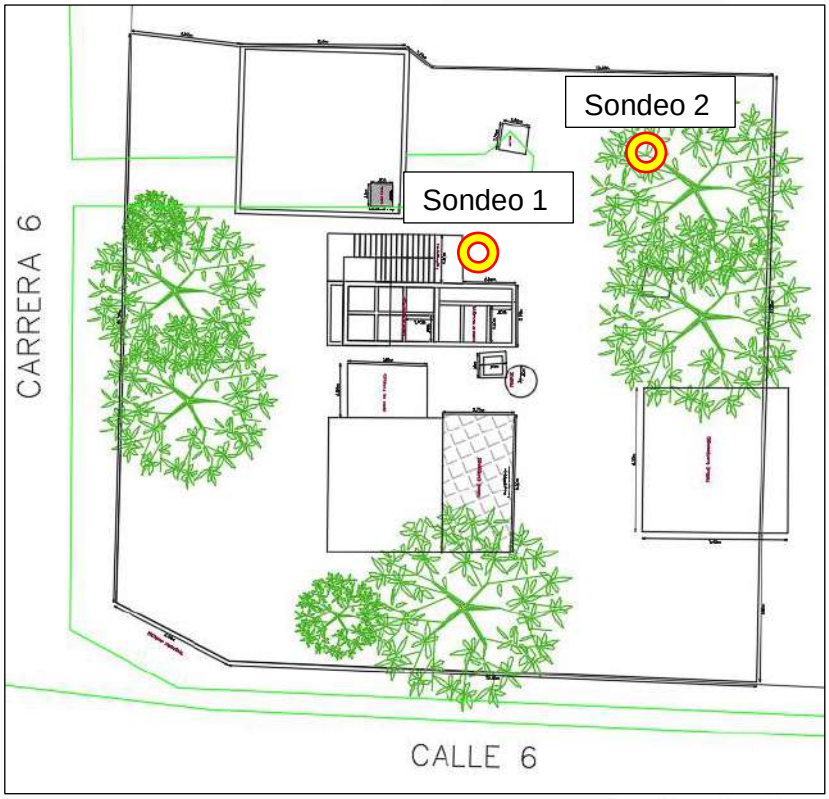
A continuación, se muestra la ubicación de los sondeos ejecutados siguiendo las indicaciones del cliente;

Imagen 8. Ubicación de los sondeos en el área proyectada para la construcción.



Fuente: Plano suministrado por el topógrafo.

Imagen 9. Plano arquitectónico de las estructuras existentes



Fuente: Plano suministrado por el cliente.

5.2. METODOLOGÍA DE LA EXPLORACIÓN

Se realizaron (3) tres sondeos, con profundidades finales de 6.0 metros (Sondeo 1 y 2) y 5.0 metros (Sondeo 3), todos realizados en las áreas del proyecto, estas exploraciones se realizaron con recuperación de muestra cada 1.0 metros y en cada cambio de material. El personal de campo empleado fue de un Ingeniero Civil, dos ayudantes de obra con herramienta manual y un operador de herramienta para ensayo de penetración estándar (SPT) del cual se obtiene la información de la resistencia a la penetración del material, y bolsas para toma de muestras.

Tabla 3. Profundidad de exploración por Sondeo.

Exploración	Norte	Oeste	Profundidad (m)
Sondeo 1	7°36'41.37"	73°38'22.61"	6.0
Sondeo 2	7°36'41.43"	73°38'22.38"	6.0
Sondeo 3	7°36'43.88"	73°38'6.32"	5.0

Fuente: Elaboración Propia.

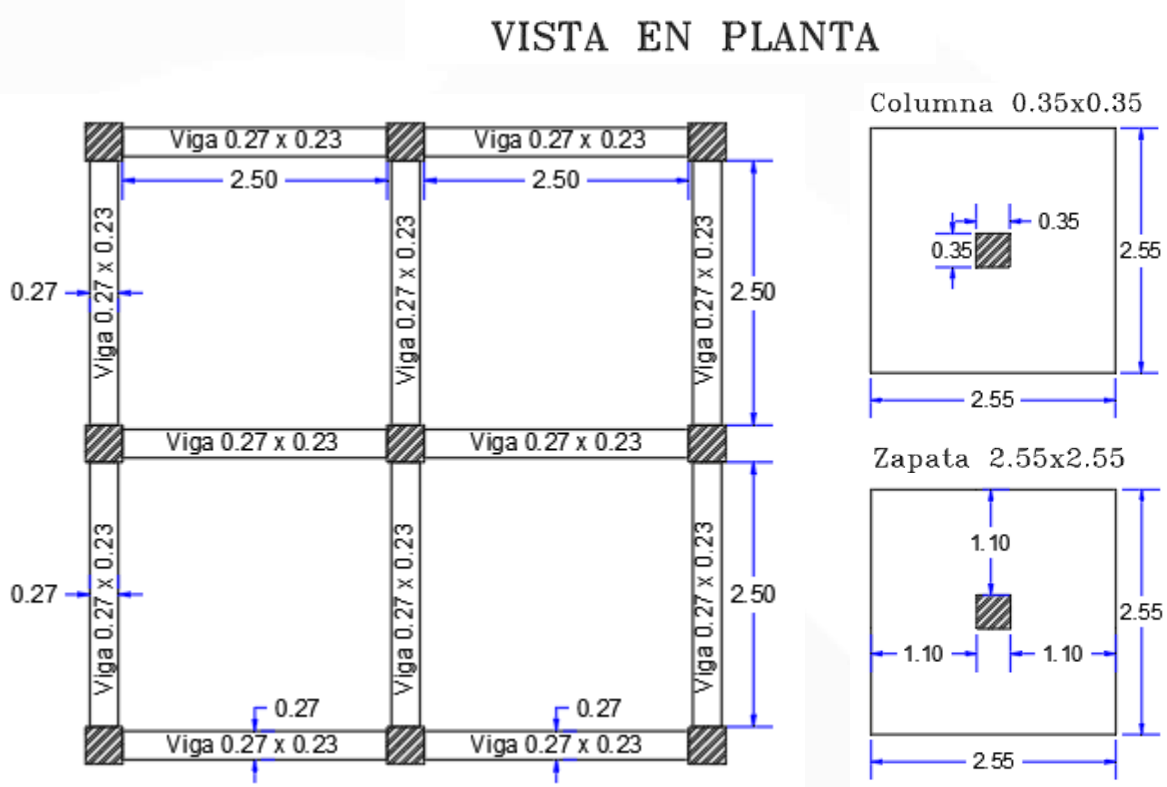
EXPLORACIÓN DE CIMENTACIÓN

Se realizaron (3) apiques manuales (un apique por estructura), con el fin de conocer el tipo de cimentación de las estructuras existentes, el primer apique se realizó en el tanque 1 de cuatro niveles, el segundo y tercer apique se ejecutaron en la planta de tratamiento + sedimentación, adicionalmente se mide la profundidad a la cual se encuentra el tanque subterráneo, la información obtenida de las exploraciones realizadas se presenta a continuación:

Fotografía 5. Apique 1, Tanque 1 de cuatro niveles.



Imagen 10. Dimensiones Tanque 1 de cuatro niveles.



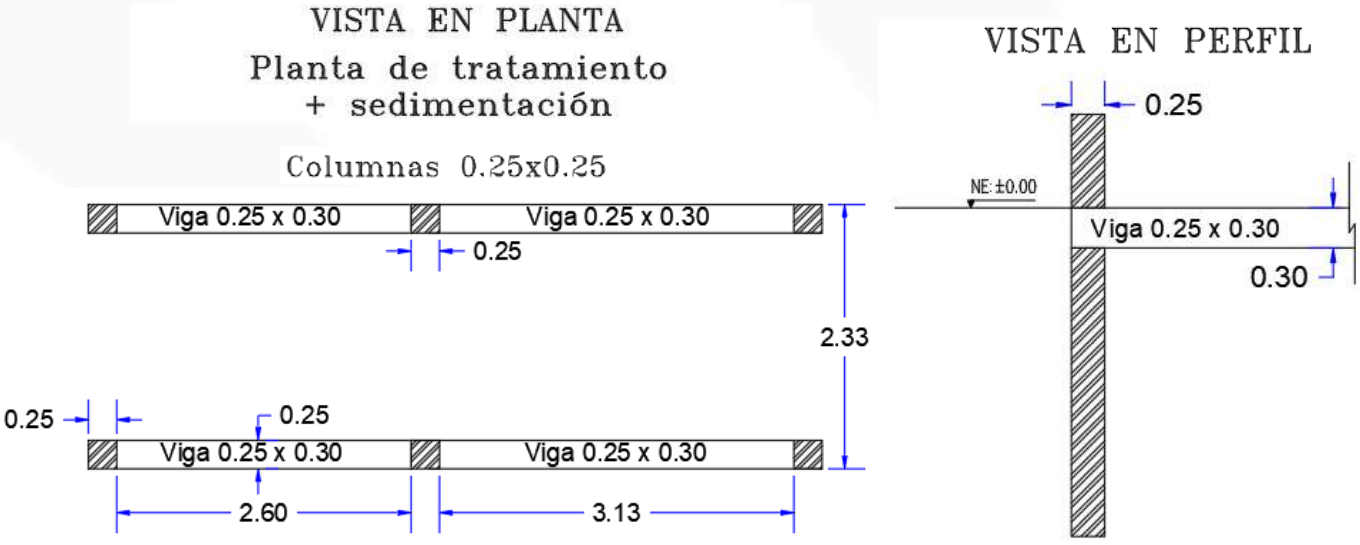
Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía 6. Apique 2 y 3, Planta de tratamiento + sedimentación



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 11. Dimensiones de la planta de tratamiento + sedimentación



Fuente: Elaboración Propia.

Contacto
(+57) 318 254-2966
AV. 88 # 23 - 70 DIAMANTE II
Bucaramanga, Colombia
Suelos y Geotécnia sas
@suelosygeotecnia
jgalvis@suelosygeotecnia.com

Imagen 12. Apique 3, Tanque 3 Subterráneo.



Fuente: Elaboración Propia.

Al realizar la exploración de la cimentación para el tanque de almacenamiento subterráneo se determina que este presenta una profundidad de 1.30 metros a partir de la rasante, consiste en una placa de concreto.

5.3. REGISTRO DE CAMPO

A continuación, se presenta el registro de sondeos realizados en el sitio estudiado.

- **Registro de Sondeo #1:**

Tabla 4. Registro de Sondeo # 1.

REGISTRO DE SONDEO								
Proyecto:		**Elaboración de estudios y diseños para la optimización del sistema de acueducto del centro poblado del papayal.**				**Sondeo: S1**		
Fecha Trabajos:		**28/09/2021**				**Profundidad: 0.0-6.00 (metros)**		
Coordenadas:		**Norte:** 7°36'41.37"				**Oeste:** 73°38'22.61"		
Profundidad		**Muestra #**	***#Golpes (Cm)***			**N SPT**	**Descripción Visual**	**Tipo Muestra**
De	**Hasta**		**15**	**15**	**15**			

0,00	0,45	**M1**	3	2	2	4	Arena suelta color marrón, humedad media	**SS**
0,45	0,90		2	1	1	2		
0,90	1,00	**NA**	1	-	-	-	Avance para 1.0 metro de profundidad	**N. A**
1,00	1,45	**M2**	2	2	2	4	Arena limosa color marrón claro, humedad y plasticidad media	**SS**
1,45	1,90		2	2	2	4		
1,90	2,00	**NA**	2	-	-	-	Avance para 2.0 metros de profundidad	**N. A**
2,00	2,45	**M3**	3	2	3	5	Arena limo color marrón claro con tonalidad rojizo, humedad media y plasticidad media	**SS**
2,45	2,90		2	2	3	5		
2,90	3,00	**NA**	2	-	-	-	Avance para 3.0 metros de profundidad	**N. A**
3,00	3,45	**M4**	3	2	2	4	Arena limo color marrón claro con tonalidad rojizo, humedad media y plasticidad media	**SS**
3,45	3,90		1	3	4	7		
3,90	4,00	**NA**	4	-	-	-	Avance para 4.0 metros de profundidad	**N. A**
4,00	4,45	**M5**	2	3	4	7	Arena limosa color marrón claro humedad alta, plasticidad media, N. F	**SS**
4,45	4,90		6	5	5	10		
4,90	5,00	**NA**	-	-	-	-	Avance para 5.0 metros de profundidad	**N. A**
5,00	5,45	**M6**	2	3	3	6	Arena color marrón rojizo de humedad alta, plasticidad baja, N. F	**SS**
5,45	5,90		4	5	6	11		
5,90	6,00	**NA**	5	-	-	-	Avance para 6,0 metros de profundidad	**N. A**
6,00	Observación:							

Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía 1. Ejecución de Sondeo #1.



Fuente: Elaboración Propia.

- **Registro de Sondeo #2:**

Tabla 5. Registro de Sondeo # 2.

REGISTRO DE SONDEO								
Proyecto:		**Elaboración de estudios y diseños para la optimización del sistema de acueducto del centro poblado del papayal.**					**Sondeo: S2**	
Fecha Trabajos:		**28/09/2021**					**Profundidad: 0.0-6.00 (metros)**	
Coordenadas:		**Norte:** 7°36'41.43"					**Oeste:** 73°38'6.32"	
Profundidad		**Muestra #**	***#Golpes (Cm)***			**N SPT**	**Descripción Visual**	**Tipo Muestra**
De	**Hasta**		**15**	**15**	**15**			
0,00	0,45	**M1**	1	1	1	2	Arena limosa color marrón humedad media, plasticidad alta	**SS**
0,45	0,90		1	1	1	2		

0,90	1,00	**NA**	1	-	-	-	Avance para 1.0 metro de profundidad	**N. A**
1,00	1,45	**M2**	1	3	2	5	Arena limo color marrón claro, humedad media y plasticidad media	**SS**
1,45	1,90		2	2	2	4		
1,90	2,00	**NA**	1	-	-	-	Avance para 2.0 metros de profundidad	**N. A**
2,00	2,45	**M3**	2	2	2	4	Arena arcillosa color marrón claro, humedad y plasticidad media	**SS**
2,45	2,90		2	4	3	7		
2,90	3,00	**NA**	3	-	-	-	Avance para 3.0 metros de profundidad	**N. A**
3,00	3,45	**M4**	4	4	6	10	Arena arcillosa color marrón claro con tonalidad rojiza, humedad alta y plasticidad media, N. F	**SS**
3,45	3,90		5	4	4	8		
3,90	4,00	**NA**	3	-	-	-	Avance para 4.0 metros de profundidad	**N. A**
4,00	4,45	**M5**	2	2	4	6	Arena limosa color marrón claro, humedad alta, plasticidad media, N. F	**SS**
4,45	4,90		7	6	8	14		
4,90	5,00	**NA**	5	-	-	-	Avance para 5.0 metros de profundidad	**N. A**
5,00	5,45	**M6**	4	4	4	8	Arena limosa color marrón claro, humedad alta, N. F	**SS**
5,45	5,90		10	14	12	26		
5,90	6,00	**NA**	6	-	-	-	Avance para 6.0 metros de profundidad	**N. A**
6,00	Observación:							

Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía 2. Ejecución de Sondeo #2.



Fuente: Elaboración Propia.

- **Registro de Sondeo #3:**

Tabla 6. Registro de Sondeo # 3.

REGISTRO DE SONDEO								
Proyecto:		**Elaboración de estudios y diseños para la optimización del sistema de acueducto del centro poblado del papayal.**					**Sondeo: S3**	
Fecha Trabajos:		**28/09/2021**					**Profundidad: 0.0-5.00 (metros)**	
Coordenadas:		**Norte:** 7°36'43.88"					**Oeste:** 73°38'6.32"	
Profundidad		**Muestra #**	***#Golpes (Cm)***			**N SPT**	**Descripción Visual**	**Tipo Muestra**
De	**Hasta**		**15**	**15**	**15**			
0,00	0,45	**M1**	1	1	2	3	Arena limosa color marrón, humedad baja	**SS**
0,45	0,90		1	2	2	4		
0,90	1,00	**NA**	2	-	-	-	Avance para 1.0 metros de profundidad	**N. A**

1,00	1,45	**M2**	2	4	4	8	Arena limosa color marrón, humedad baja	**SS**
1,45	1,90		4	4	3	7		
1,90	2,00	**NA**	2	-	-	-	Avance para 2.0 metros de profundidad	**N. A**
2,00	2,45	**M3**	4	2	3	5	Arena limosa color marrón, humedad baja	**SS**
2,45	2,90		4	2	2	4		
2,90	3,00	**NA**	2	-	-	-	Avance para 3.0 metros de profundidad	**N. A**
3,00	3,45	**M4**	3	3	4	7	Arena limosa con gravas, color marrón claro, humedad baja	**SS**
3,45	3,90		5	10	7	17		
3,90	4,00	**NA**	12	-	-	-	Avance para 4.0 metros de profundidad	**N. A**
4,00	4,45	**M5**	15	7	6	13	Arena limosa color marrón claro, humedad alta, N. F	**SS**
4,45	4,90		3	5	4	9		
4,90	5,00	**NA**	3	-	-	-	Avance para 5.0 metros de profundidad	**N. A**
5,00	Observación:							

Fotografía 3. Ejecución de Sondeo #3.

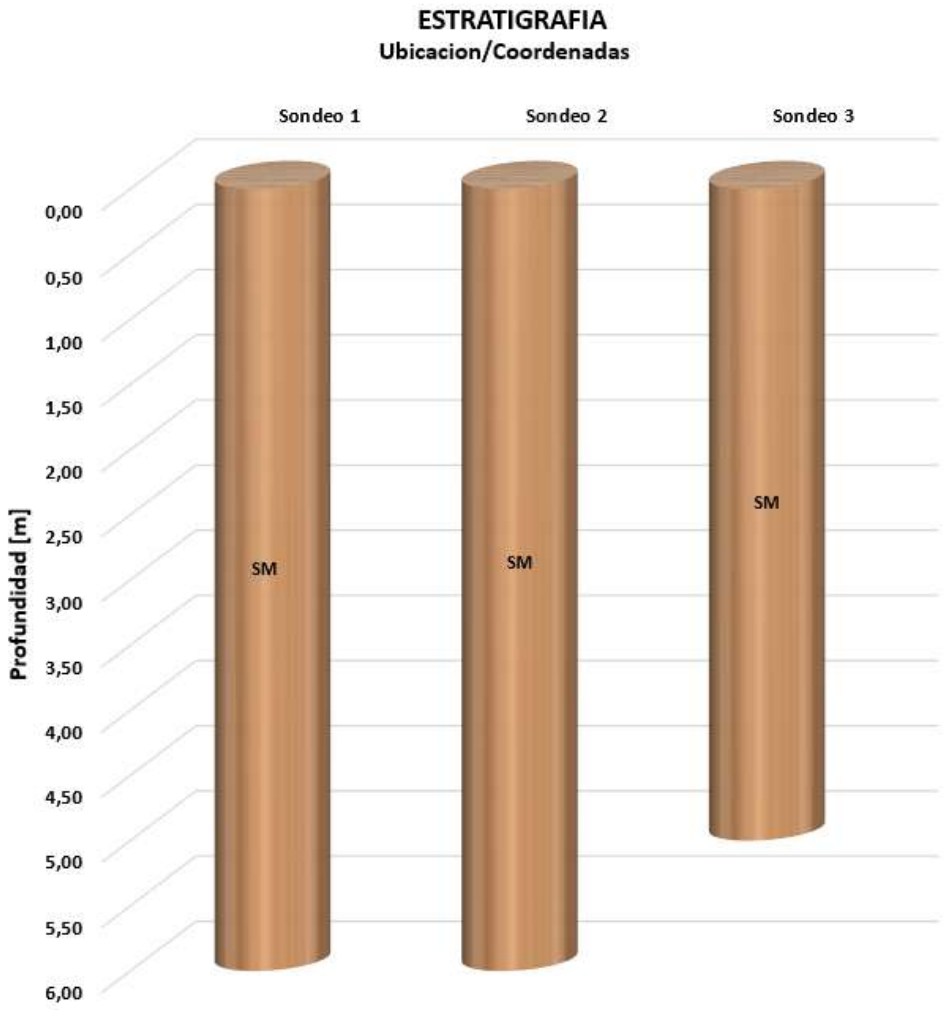


Fuente: Elaboración Propia.

5.4. PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Tras la ejecución de la exploración en campo, se genera el perfil estratigráfico con base en los registros de perforación del sondeo y los resultados de los ensayos de laboratorio a las muestras tomadas durante la ejecución de la misma, a continuación, se presenta la estratigrafía del sitio del proyecto.

Ilustración 1. Perfil estratigráfico del suelo presente en los Sondeos 1, 2, y 3.



Fuente: Elaboración Propia.

En el sitio del proyecto predomina material granular con presencia de limos, durante la ejecución de los trabajos no se encontraron materiales de relleno, escombros de construcción o recebos antiguos. El material presente se clasifica como arenas limosas (SM), humedad media y consistencia blandas, se realizan tres (3) ensayos de SPT, en todas las exploraciones se toman muestras de estos materiales.

Los tres sondeos realizados corresponden a material areno limoso. El primer sondeo realizado hasta una profundidad de 6.0 metros con tonalidades marrones claras y rojizas, se evidencia la presencia de nivel freático a los 4.0 metros hasta la terminación del sondeo, el segundo se realizó hasta los 6.0 metros presenta color marrón con tonalidades claras y se evidencia nivel freático entre los 3.0 y 6.0 metros, el último sondeo se ejecutó hasta una profundidad de 5.0 metros de color marrón claro y se encontró nivel freático a los 4.0 metros, presentan compresibilidad media y consistencia semisólida con humedad media y plasticidad baja.

5.5. PERFIL GEOTÉCNICO

Para el proyecto de construcción de una planta de potabilización, se presenta el perfil geotécnico tomando como referencia la norma NSR-10; tabla A.2.4-1, donde se establece el perfil geotécnico debajo de la estructura proyectada, el suelo presente se clasifica según el tipo de perfil, tomando como referencia los siguientes parámetros: La velocidad media de la onda de cortante, Vs (m/s), el número medio de golpes del ensayo de penetración estándar; N de campo en golpes/pie a lo largo de todo el perfil.

Tabla 7. Clasificación de los perfiles geotécnicos del suelo tomando la NSR-10.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	180 m/s> $\tilde{V}s$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP >20 W ≥ 40% 50 KPa (≈0.50 Kgf/cm^2)>Su

Fuente: *NRS-capituloA.2, clasificacion de perfiles de suelos.*

Como no se realizaron ensayos dinámicos en laboratorio y tampoco se emplearon métodos geofísicos en campo para la exploración, se determina por medio de correlaciones el valor de la velocidad de corte Vs.

Para calcular la velocidad de esta onda de corte (Vs) a partir del ensayo de N de campo, existen numerosas correlaciones basadas en investigaciones de diferentes autores, a continuación, se presentan las más válidas y empleadas:

A continuación, se presentan los resultados de las velocidades de ondas de acuerdo a varias correlaciones obtenidas del Software Novo SPT 2020, se calculan 4 correlaciones entre ellas Seed et al (1983), Jefari et al (1997), Hasansevy y Ulusay (2007) y Andrés Alfaro (2007).

Tabla 8. Correlaciones para determinar la magnitud de la velocidad de corte Vs

Correlación	Country	Soll Type	Ecuación
Andres Alfaro 2007	Colombia	En función de profundidad	$Vs=91.44\times Z^{0.291}\times N_1(60)^{0.298}$
Sedd et al(1983)	----	----	$Vs=56\times N60^{0.5}$
Jefari et al (1997)	Irán	Todos los suelos	$Vs=22\times N60^{0.85}$
Hasansevy & Ulusay (2007)	Turkey	Todos los suelos	$Vs=90\times N_1(60)^{0.309}$

Fuente: NovoSPT.

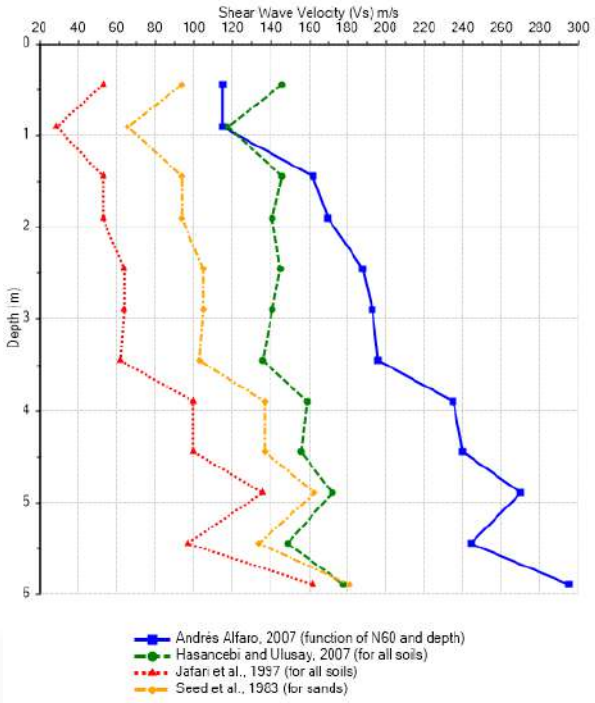
Se emplean cuatro correlaciones y se promedian dichos valores, para obtener un solo perfil de velocidades en profundidad, se realiza un solo perfil de velocidades de onda Vs y profundidad. A continuación, se presentan los resultados de las velocidades de los cuatro sondeos realizados, donde se puede observar su correspondiente gráfica de velocidades de onda de corte (Vs) versus la Profundidad:

5.5.1. Velocidad de onda cortante sondeo #1

Tabla 9. Resultados de Vs del sondeo # 1 en función de la profundidad.

Thickness (m)	Unit Weight (kN/m3)	Soil Type	D50 (mm)	OCR
6	22.27	Sand	1.03	1

Depth (m)	SPT Blow Counts (N)	N60	Cn	C	N1(60)
0.45	4	3	1.7	0.7	5
0.9	2	1	1.7	0.7	2
1.45	4	3	1.7	0.7	5
1.9	4	3	1.52	0.7	5
2.45	5	3	1.34	0.7	4
2.9	5	3	1.23	0.7	4
3.45	4	3	1.13	0.85	3
3.9	7	6	1.06	0.85	6
4.45	7	6	0.99	0.85	6
4.9	10	9	0.95	0.85	9
5.45	6	6	0.9	0.95	5
5.9	11	10	0.86	0.95	9



Andrés Alfaro, 2007 (function of N		Hasancebi and Ulusay, 2007 (for al		Jafari et al., 1997 (for all soils)		Seed et al., 1983 (for sands)	
Depth (m)	Shear Wave Velocity (Vs) m/s	Depth (m)	Shear Wave Velocity (Vs) m/s	Depth (m)	Shear Wave Velocity (Vs) m/s	Depth (m)	Shear Wave Velocity (Vs) m/s
0.45	115	0.45	146	0.45	53	0.45	94
0.9	115	0.9	118	0.9	29	0.9	66
1.45	162	1.45	146	1.45	53	1.45	94
1.9	170	1.9	141	1.9	53	1.9	94
2.45	188	2.45	145	2.45	64	2.45	105
2.9	193	2.9	141	2.9	64	2.9	105
3.45	196	3.45	136	3.45	62	3.45	103
3.9	235	3.9	159	3.9	100	3.9	137
4.45	240	4.45	156	4.45	100	4.45	137
4.9	270	4.9	172	4.9	136	4.9	163
5.45	244	5.45	149	5.45	97	5.45	134
5.9	295	5.9	178	5.9	162	5.9	181

Fuente: Elaboración NovoSPT.

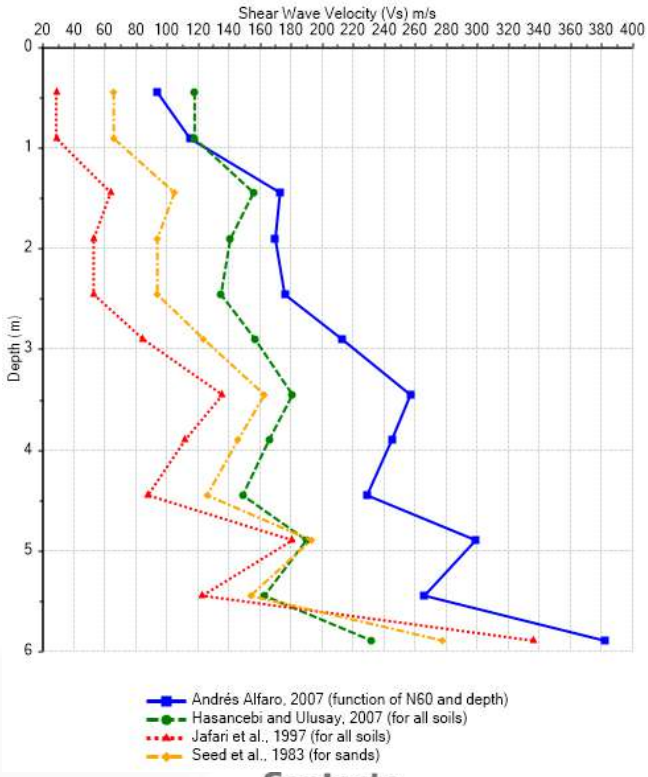
En el sondeo 1, se puede observar que a medida que incrementa la profundidad aumenta la velocidad de onda cortante, al analizar la Vs a 1.50 m de profundidad se obtiene un valor promedio de 115 m/s, las velocidades de onda promedio del perfil E corresponden a valores inferiores a 180 m/s.

5.5.2. Velocidad de onda cortante sondeo #2

Tabla 10. Resultados de Vs del sondeo # 2 en función de la profundidad.

Thickness (m)	Unit Weight (kN/m3)	Soil Type	D50 (mm)	OCR
6	22.27	Sand	1.03	1

Depth (m)	SPT Blow Counts (N)	N60	Cn	C	N1(60)
0.45	2	1	1.7	0.7	2
0.9	2	1	1.7	0.7	2
1.45	5	3	1.7	0.7	5
1.9	4	3	1.52	0.7	5
2.45	4	3	1.34	0.7	4
2.9	7	5	1.23	0.7	6
3.45	10	9	1.13	0.85	10
3.9	8	7	1.06	0.85	7
4.45	6	5	0.99	0.85	5
4.9	14	12	0.95	0.85	11
5.45	8	8	0.9	0.95	7
5.9	26	25	0.86	0.95	22



Contacto
(+57) 318 254-2966
AV. 88 # 23 - 70 DIAMANTE II
Bucaramanga, Colombia
Suelos y Geotécnia sas @suelosygeotecnia jgalvis@suelosygeotecnia.com

Andrés Alfaro, 2007 (function of N		Hasancebi and Ulusay, 2007 (for al		Jafari et al., 1997 (for all soils)		Seed et al., 1983 (for sands)	
Depth (m)	Shear Wave Velocity (Vs) m/s	Depth (m)	Shear Wave Velocity (Vs) m/s	Depth (m)	Shear Wave Velocity (Vs) m/s	Depth (m)	Shear Wave Velocity (Vs) m/s
0.45	94	0.45	118	0.45	29	0.45	66
0.9	115	0.9	118	0.9	29	0.9	66
1.45	173	1.45	156	1.45	64	1.45	105
1.9	170	1.9	141	1.9	53	1.9	94
2.45	176	2.45	135	2.45	53	2.45	94
2.9	213	2.9	157	2.9	85	2.9	124
3.45	257	3.45	181	3.45	136	3.45	163
3.9	245	3.9	166	3.9	112	3.9	146
4.45	229	4.45	149	4.45	88	4.45	126
4.9	299	4.9	190	4.9	181	4.9	193
5.45	266	5.45	163	5.45	123	5.45	154
5.9	382	5.9	232	5.9	336	5.9	278

Fuente: Elaboración NovoSPT.

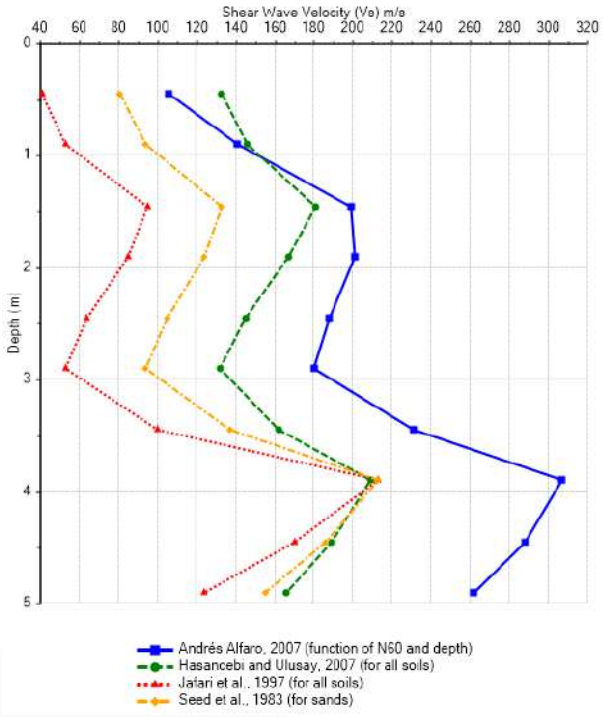
En el sondeo 2, se puede observar que a medida que incrementa la profundidad aumenta la velocidad de onda cortante, al analizar la Vs a 1.50 m de profundidad se obtiene un valor promedio de 124 m/s, las velocidades de onda promedio del perfil E corresponden a valores inferiores a 180 m/s.

5.5.3. Velocidad de onda cortante sondeo #3

Tabla 11. Resultados de Vs del sondeo # 3 en función de la profundidad.

Thickness (m)	Unit Weight (kN/m3)	Soil Type	D50 (mm)	OCR
5	22.27	Sand	1.03	1

Depth (m)	SPT Blow Counts (N)	N60	Cn	C	N1(60)
0.45	3	2	1.7	0.7	3
0.9	4	3	1.7	0.7	5
1.45	8	6	1.7	0.7	10
1.9	7	5	1.52	0.7	8
2.45	5	3	1.34	0.7	4
2.9	4	3	1.23	0.7	4
3.45	7	6	1.13	0.85	7
3.9	17	14	1.06	0.85	15
4.45	13	11	0.99	0.85	11
4.9	9	8	0.95	0.85	8



Andrés Alfaro, 2007 (function of N		Hasancebi and Ulusay, 2007 (for al		Jafari et al., 1997 (for all soils)		Seed et al., 1983 (for sands)	
Depth (m)	Shear Wave Velocity (Vs) m/s	Depth (m)	Shear Wave Velocity (Vs) m/s	Depth (m)	Shear Wave Velocity (Vs) m/s	Depth (m)	Shear Wave Velocity (Vs) m/s
0.45	106	0.45	133	0.45	41	0.45	81
0.9	141	0.9	146	0.9	53	0.9	94
1.45	199	1.45	181	1.45	95	1.45	133
1.9	201	1.9	167	1.9	85	1.9	124
2.45	188	2.45	145	2.45	64	2.45	105
2.9	180	2.9	132	2.9	53	2.9	94
3.45	231	3.45	162	3.45	100	3.45	137
3.9	307	3.9	209	3.9	213	3.9	213
4.45	288	4.45	189	4.45	170	4.45	186
4.9	262	4.9	166	4.9	124	4.9	155

Fuente: Elaboración NovoSPT.

Se observa de la gráfica anterior que la velocidad de onda va aumentando en base a una mayor profundidad hasta que llega a 1.90 m donde la velocidad de onda disminuye ya que N de golpes durante el ensayo SPT disminuyo, pero esta vuelve aumentar a partir de los 3.0 metros. Al analizar la profundidad a 1.50 m se obtiene un valor promedio de 147 m/s, las velocidades de onda promedio del perfil E corresponden a valores inferiores a 180 m/s.

El perfil de suelo existente en el sitio del estudio se clasifica como perfil tipo E, los valores de las velocidades de corte se encuentran entre 110 y 150 m/s en promedio, los valores de N de capo se encuentran entre 4 y 8 golpes/pie, suelos de compacidad media. El tipo de suelo escogido con el criterio de manejar valores conservadores.

A continuación, se presentan los resultados de los módulos de elasticidad de los tres sondeos realizados, donde se puede observar su correspondiente gráfica de módulo de elasticidad (Es) versus la Profundidad, se realizó de acuerdo a varias correlaciones obtenidas del Software Novo SPT 2020, se calculan 3 correlaciones entre ellas AASHTO, (1996), Kulhawy and Mayne (1990) y Webb (1999)

Tabla 12. Correlaciones para determinar la magnitud del módulo de Young (Es)

Correlación	Soll Type	Ecuación
Webb (1969)	Arena arcillosa	$E_s = \frac{3.33 \times (N60 + 5) \times 95.76}{1000}$
AASHTO (1996)	Limos arenosos, ligeramente cohesivos	$E_s = \frac{700 \times N_{1_{60}}}{1000}$
Kulhawy and Mayne (1990)	Arenas y limos	$E_s = \frac{10 \times N60 \times 100}{1000}$

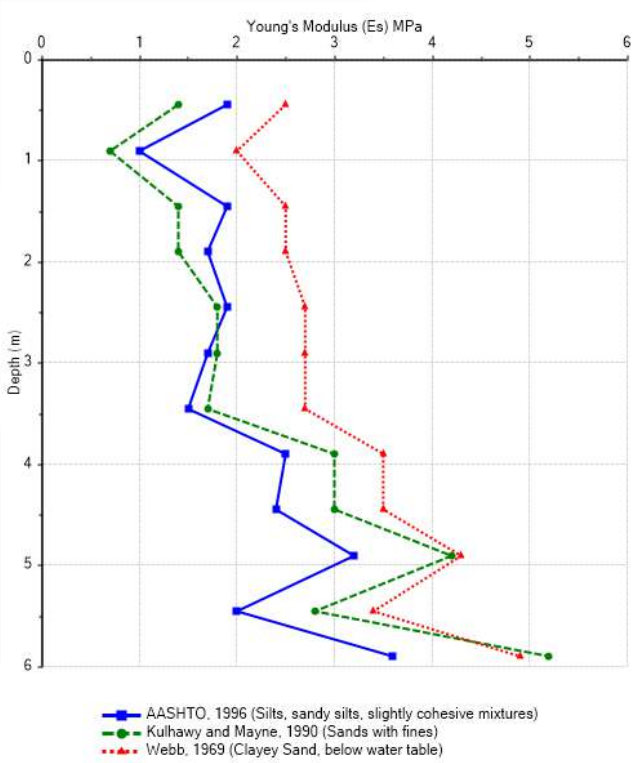
Fuente: NovoSPT.

5.5.4. Módulo de Young sondeo 1

Tabla 13. Resultados de Es del sondeo # 1 en función de la profundidad.

Thickness (m)	Unit Weight (kN/m3)	Soil Type	D50 (mm)	OCR
6	22.27	Sand	1.03	1

Depth (m)	SPT Blow Counts (N)	N60	Cn	C	N1(60)
0.45	4	3	1.7	0.7	5
0.9	2	1	1.7	0.7	2
1.45	4	3	1.7	0.7	5
1.9	4	3	1.52	0.7	5
2.45	5	3	1.34	0.7	4
2.9	5	3	1.23	0.7	4
3.45	4	3	1.13	0.85	3
3.9	7	6	1.06	0.85	6
4.45	7	6	0.99	0.85	6
4.9	10	9	0.95	0.85	9
5.45	6	6	0.9	0.95	5
5.9	11	10	0.86	0.95	9



AASHTO, 1996 (Silts, sandy silts, s		Kulhawy and Mayne, 1990 (Sands		Webb, 1969 (Clayey Sand, below	
Depth (m)	Young's Modulus (Es) MPa	Depth (m)	Young's Modulus (Es) MPa	Depth (m)	Young's Modulus (Es) MPa
0.45	1.9	0.45	1.4	0.45	2.5
0.9	1	0.9	0.7	0.9	2
1.45	1.9	1.45	1.4	1.45	2.5
1.9	1.7	1.9	1.4	1.9	2.5
2.45	1.9	2.45	1.8	2.45	2.7
2.9	1.7	2.9	1.8	2.9	2.7
3.45	1.5	3.45	1.7	3.45	2.7
3.9	2.5	3.9	3	3.9	3.5
4.45	2.4	4.45	3	4.45	3.5
4.9	3.2	4.9	4.2	4.9	4.3
5.45	2	5.45	2.8	5.45	3.4
5.9	3.6	5.9	5.2	5.9	4.9

Fuente: Elaboración NovoSPT.

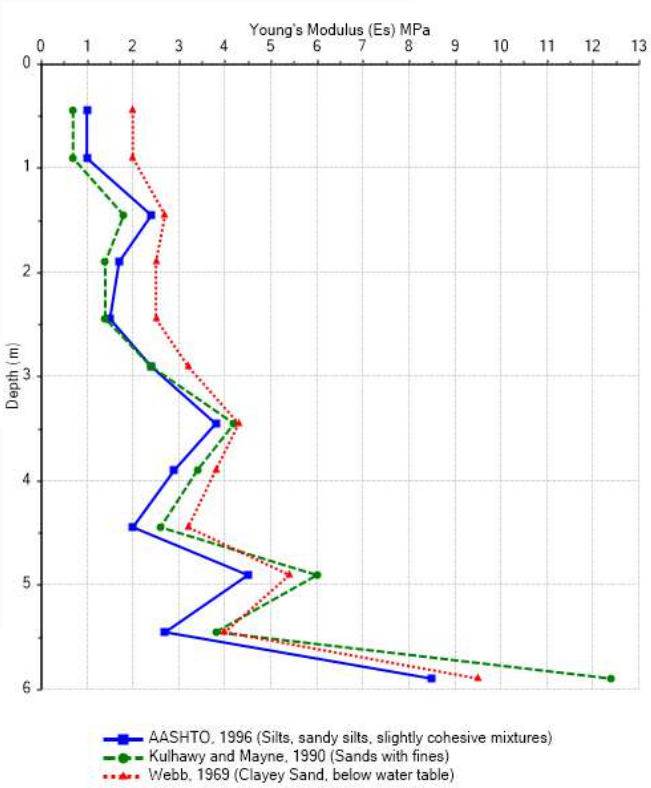
Se observa de la gráfica anterior que a medida que incrementa la profundidad aumenta el módulo de elasticidad el cual a profundidad de 1.50 m se encuentra un valor promedio de 1.8 Mpa.

5.5.5. Módulo de Young sondeo 2

Tabla 14. Resultados de Es del sondeo # 2 en función de la profundidad.

Thickness (m)	Unit Weight (kN/m3)	Soil Type	D50 (mm)	OCR
6	22.27	Sand	1.03	1

Depth (m)	SPT Blow Counts (N)	N60	Cn	C	N1(60)
0.45	2	1	1.7	0.7	2
0.9	2	1	1.7	0.7	2
1.45	5	3	1.7	0.7	5
1.9	4	3	1.52	0.7	5
2.45	4	3	1.34	0.7	4
2.9	7	5	1.23	0.7	6
3.45	10	9	1.13	0.85	10
3.9	8	7	1.06	0.85	7
4.45	6	5	0.99	0.85	5
4.9	14	12	0.95	0.85	11
5.45	8	8	0.9	0.95	7
5.9	26	25	0.86	0.95	22



AASHTO, 1996 (Silts, sandy silts, s		Kulhawy and Mayne, 1990 (Sands		Kulhawy and Mayne, 1990 (Sands	
Depth (m)	Young's Modulus (Es) MPa	Depth (m)	Young's Modulus (Es) MPa	Depth (m)	Young's Modulus (Es) MPa
0.45	1	0.45	0.7	0.45	0.7
0.9	1	0.9	0.7	0.9	0.7
1.45	2.4	1.45	1.8	1.45	1.8
1.9	1.7	1.9	1.4	1.9	1.4
2.45	1.5	2.45	1.4	2.45	1.4
2.9	2.4	2.9	2.4	2.9	2.4
3.45	3.8	3.45	4.2	3.45	4.2
3.9	2.9	3.9	3.4	3.9	3.4
4.45	2	4.45	2.6	4.45	2.6
4.9	4.5	4.9	6	4.9	6
5.45	2.7	5.45	3.8	5.45	3.8
5.9	8.5	5.9	12.4	5.9	12.4

Fuente: Elaboración NovoSPT.

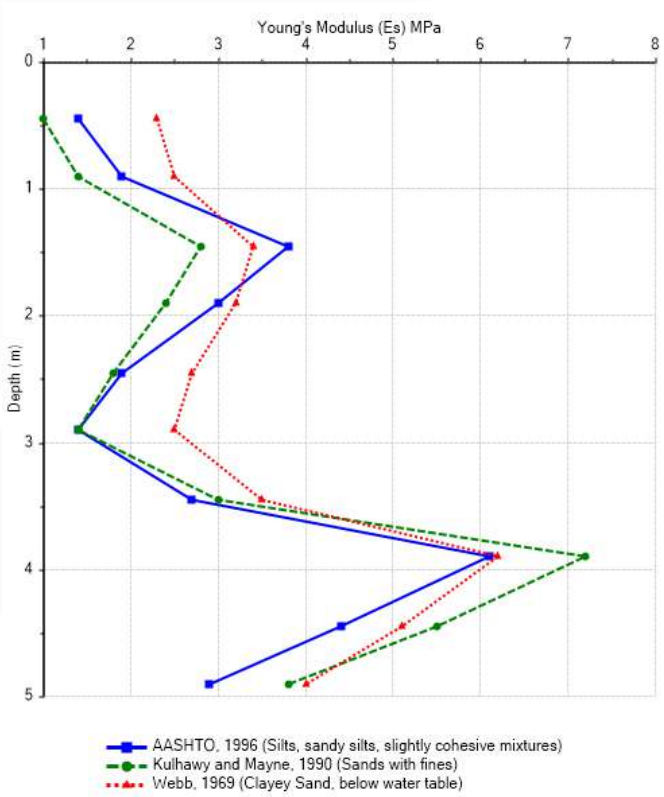
En el sondeo 2, se puede observar que a medida que incrementa la profundidad aumenta el módulo de elasticidad, al analizar el Es a 1.50 m de profundidad se obtiene un valor promedio de 2.1 Mpa.

5.5.6. Módulo de Young sondeo 3

Tabla 15. Resultados de Es del sondeo # 3 en función de la profundidad.

Thickness (m)	Unit Weight (kN/m3)	Soil Type	D50 (mm)	OCR
5	22.27	Sand	1.03	1

Depth (m)	SPT Blow Counts (N)	N60	Cn	C	N1(60)
0.45	3	2	1.7	0.7	3
0.9	4	3	1.7	0.7	5
1.45	8	6	1.7	0.7	10
1.9	7	5	1.52	0.7	8
2.45	5	3	1.34	0.7	4
2.9	4	3	1.23	0.7	4
3.45	7	6	1.13	0.85	7
3.9	17	14	1.06	0.85	15
4.45	13	11	0.99	0.85	11
4.9	9	8	0.95	0.85	8



AASHTO, 1996 (Silts, sandy silts, s		Kulhawy and Mayne, 1990 (Sands		Webb, 1969 (Clayey Sand, below w	
Depth (m)	Young's Modulus (Es) MPa	Depth (m)	Young's Modulus (Es) MPa	Depth (m)	Young's Modulus (Es) MPa
0.45	1.4	0.45	1	0.45	2.3
0.9	1.9	0.9	1.4	0.9	2.5
1.45	3.8	1.45	2.8	1.45	3.4
1.9	3	1.9	2.4	1.9	3.2
2.45	1.9	2.45	1.8	2.45	2.7
2.9	1.4	2.9	1.4	2.9	2.5
3.45	2.7	3.45	3	3.45	3.5
3.9	6.1	3.9	7.2	3.9	6.2
4.45	4.4	4.45	5.5	4.45	5.1
4.9	2.9	4.9	3.8	4.9	4

Fuente: Elaboración NovoSPT.

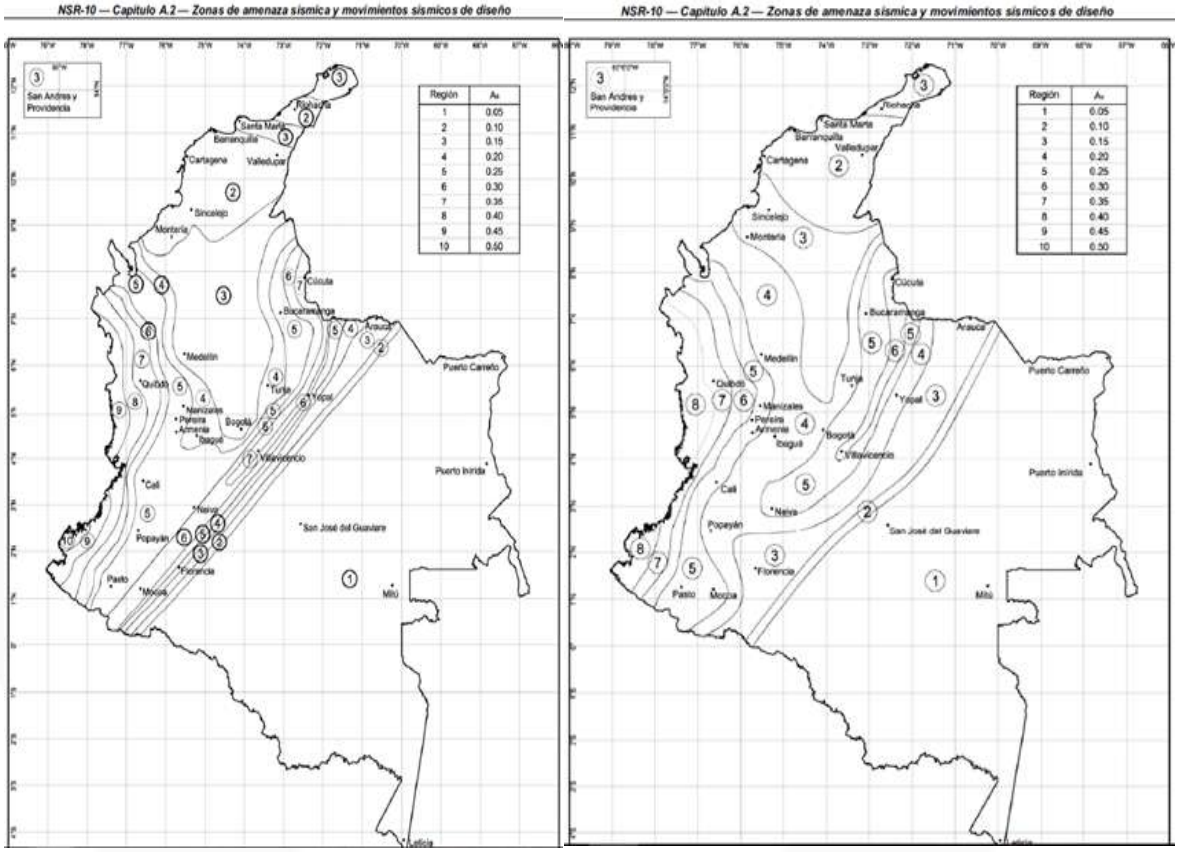
Se observa de la gráfica anterior que a medida que incrementa la profundidad aumenta el módulo de elasticidad, pero se evidencian puntos donde el módulo de Young disminuye debido a que sus golpes disminuyen. Al analizar el Es a profundidad de 1.50 m se encuentra un valor promedio de 3.2 Mpa.

5.6. EFECTOS LOCALES

Para la construcción de la planta de tratamiento, se asignan los coeficientes de aceleración horizontal y vertical, coeficientes de amplificación del espectro por efectos de sitio, Fa y Fv, y el coeficiente de importancia (I).

Los efectos locales de la respuesta sísmica de la edificación deben evaluarse con base en los perfiles de suelo. Tomando como referencia la norma NSR-10, y la clasificación del perfil geotécnico, a continuación, se presentan los valores de Fa y Fv:

Ilustración 2. Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a función de Aa y edificaciones para la NSR-10 en Av.



Fuente:NRS-Capitulo A.2- Zonas de amenazas sismicas y movimientos sismicos de Diseño.

Rionegro, Santander se encuentra en una zona de amenaza sísmica Intermedia, ilustrados en el mapa anterior con números de referencia en la zona 4 con valores de Aa=0.20, Av=0.20, tomado del anexo que se presenta en la norma NSR-10 apéndice A-4, Valores Aa, Av y definición de la zona de amenaza sísmica por los municipios de Colombia:

Tabla 16. Valores de Aa y Av correspondientes al municipio de Rionegro.

Municipio	Aa	Av	Zona de Amenaza Sísmica
Rionegro	0,20	0,20	Intermedia

Fuente: NRS-capituloA.2-Zonas de amenazas sismicas y movimientos sismicos de Diseño, tabla A.2.3-2

Aa = coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva, para diseño = 0.20
Av = coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva, para diseño = 0.20

Los coeficientes de amplificación que afectan la aceleración en la zona de periodos cortos y periodos intermedios debido a los efectos de sitio son:

Tabla 17. Valores de Fa correspondientes al municipio de Rionegro, para la zona de periodos cortos del espectro.

Tipo de perfil	Intensidad de Movimientos Sísmicos				
	Aa≤0.1	Aa=0.2	Aa=0.3	Aa=0.4	Aa≥0.5
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9

Fuente: NSR-10, título a. Tabla A.2.4-3

Fa = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos, debida a los efectos de sitio, adimensional = valor resultado de interpolación lineal = 1.7

Tabla 18.Valores de Fv correspondientes al municipio de Rionegro, para la zona de periodos intermedios del espectro.

Tipo de perfil	Intensidad de Movimientos Sísmicos				
	Aa≤0.1	Aa=0.2	Aa=0.3	Aa=0.4	Aa≥0.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4

Fuente: NSR-10, título a. Tabla A.2.4-4

Fv = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios, debida a los efectos de sitio, adimensional = valor resultado de interpolación líneal = 3.2

El coeficiente de importancia corresponde a una estructura de ocupación indispensable (Planta de potabilización) es de 1.50.

5.7. RESUMEN DE ENSAYOS Y RESULTADOS DE LABORATORIO

Una vez realizados los sondeos, se toman muestras de material, las cuales son llevadas al laboratorio donde se practican los ensayos que permiten la caracterización del suelo y sus propiedades. Ensayos realizados a las muestras de suelo tomadas: Clasificación Granulométrica, Humedad natural, límites de Atterberg y compresión inconfinada. Los resultados de estos ensayos realizados para cada sondeo, se consignan en los registros de perforación y exploración y en los anexos los resultados de los ensayos de laboratorio. A continuación, se presenta un resumen de los mismos:

Tabla 19. Resultados de Ensayos realizados a las muestras.

ELABORACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL CENTRO POBLADO DEL PAPAYAL CORREGIMIENTO DE SAN RAFAEL MUNICIPIO DE RIO NEGRO SANTANDER												
TABLA RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO E INFORMACION EN CAMPO												
Nomenclatura	Muestra				USCS	Wn (%)	% Gravas	% Arenas	% Finos	LL (%)	LP (%)	IP (%)
	No.	de	a	Prof. Media (m)								
S1-M2	2	1,00	2,00	1,50	SM	16,30	0,00	58,39	41,61	0,0	0,00	0,00
S1-M4	4	3,00	4,00	3,50	SM	15,00	0,00	67,01	32,99	0,0	0,00	0,00
S1-M5	5	4,00	5,00	4,50	SM	16,70	5,09	66,22	28,68	0,0	0,00	0,00
S1-M6	6	5,00	6,00	5,50	SM	18,20	0,00	71,76	28,24	0,00	0,00	0,00
S2-M1	1	0,00	1,00	0,50	SM	16,50	4,84	58,83	36,33	0,00	0,00	0,00
S2-M2	2	1,00	2,00	1,50	SM	15,50	1,61	56,25	42,13	31,0	24,00	7,00
S2-M3	3	2,00	3,00	2,50	SM	17,10	0,69	57,40	41,91	0,00	0,00	0,00
S2-M4	4	3,00	4,00	3,50	SM	19,60	4,01	59,68	36,31	0,00	0,00	0,00
S2-M5	5	4,00	5,00	4,50	SM	17,50	0,00	69,29	30,71	0,00	0,00	0,00
S2-M6	6	5,00	6,00	5,50	SM	17,00	0,00	69,18	30,82	0,00	0,00	0,00
S3-M1	1	0,00	1,00	0,50	SM	10,90	0,00	68,35	31,65	0,00	0,00	0,00
S3-M2	2	1,00	2,00	1,50	SM	14,40	0,00	55,96	44,04	0,00	0,00	0,00
S3-M3	3	2,00	3,00	2,50	SM	14,00	0,45	58,46	41,09	0,00	0,00	0,00
S3-M4	4	3,00	4,00	3,50	SM	14,70	10,72	59,74	29,54	0,00	0,00	0,00
S3-M5	5	4,00	5,00	4,50	SM	20,80	7,61	66,11	26,28	0,00	0,00	0,00

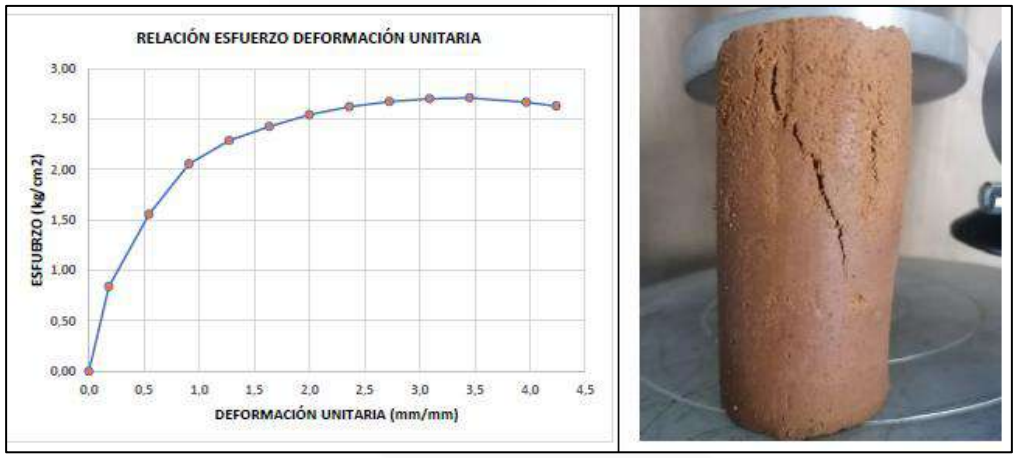
Fuente: Elaboración Propia.

Durante la ejecución de los sondeos y tras la elaboración de los ensayos de laboratorio, es evidente la presencia de materiales granulares y limosos, predominantemente areno limosos, los cálculos de tipo de fundación y capacidad portante que se presentan más adelante se realizan con base en las propiedades que aporte el material predominante clasificado como SM en la totalidad de la exploración.

5.7.1. Resistencia a la compresión del suelo Sondeo 3 M#2

Figura 1. Resultados de ensayo de compresión inconfinada para una planta de tratamiento. Sondeo #3-M#2 (de 1.00 a 2.00 m).

Resistencia Compresión	2,71	Kgf/cm2
Resistencia al Corte	1,35	Kgf/cm2

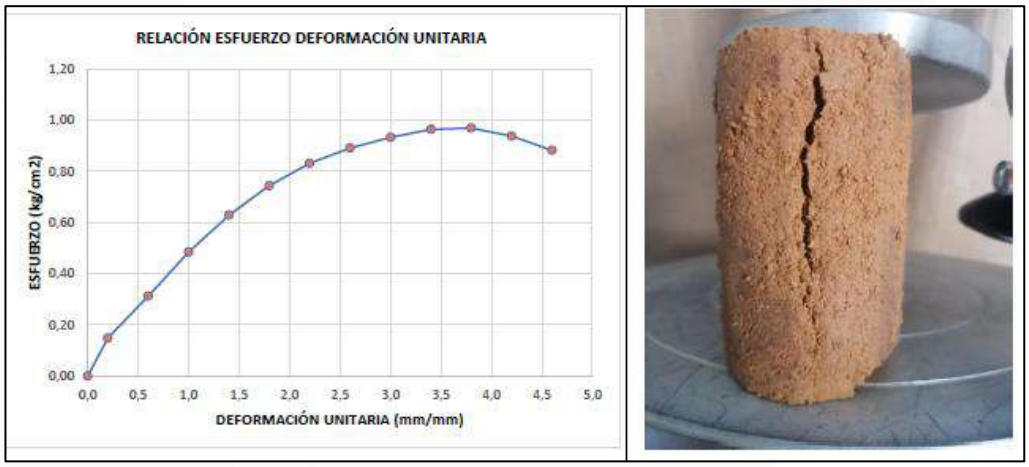


Fuente: Elaboración Propia.

5.7.2. Resistencia a la compresión del suelo Sondeo 3 M#3

Figura 2. Resultados de ensayo de compresión inconfinada para una planta de tratamiento. Sondeo #3-M#3 (de 2.00 a 3.00 m).

Resistencia Compresión	0,97	Kgf/cm2
Resistencia al Corte	0,48	Kgf/cm2



Fuente: Elaboración Propia.

5.7.3. Ensayo expansión unidimensional de suelos cohesivos

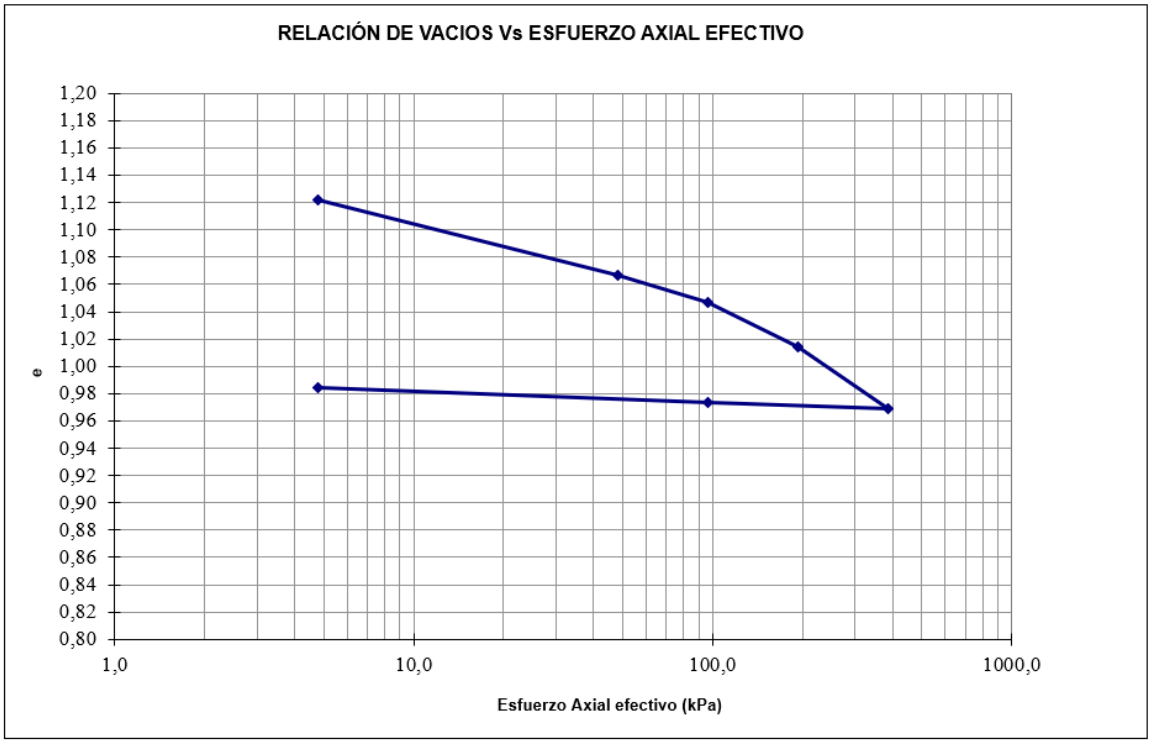
Tabla 20. Resultados de Ensayo expansión libre realizados a S2-M#4.

EXPANSION LIBRE							
Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso Muestra (g)	Densidad (g/cm^3)	Lectura Dial Final (10-4 mm)	ΔL (cm)	Expansión Libre (%)	Humedad Final (%)
5,10	2,12	92,56	2,14	0,0010	0,0001	0,005	17,20

Fuente: Elaboración Propia.

5.7.4. Ensayo de consolidación unidimensional

Figura 3. Gráfica de Consolidación. Sondeo # 2-M # 4 (de 3.00 a 4.00 m).



Fuente: Elaboración Propia.

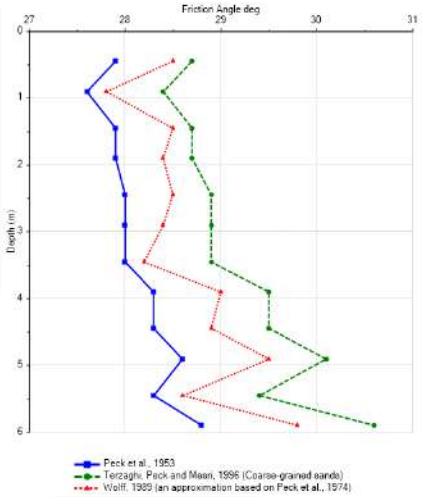
5.8. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

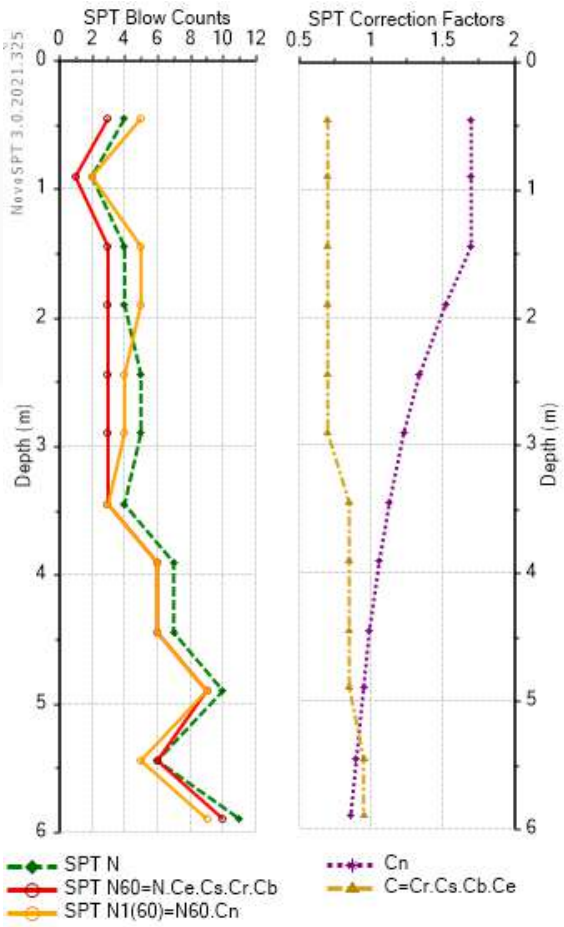
Se realizó el ensayo de campo SPT, con el cual se logró recuperar muestras y determinar la resistencia a la penetración con el número de golpes por pie (golpes cada 15 cm) sobre el suelo que servirá de apoyo para la planta de potabilización. A continuación, se muestran los resultados del ensayo de penetración estándar de campo realizado y el resultado del ángulo de fricción correspondientes a los sondeos 1 y 2 los cuales se realizaron de acuerdo a tres correlaciones obtenidas del Software Novo SPT 2020, Peck et al. (1953), Terzaghi. Peck and Mesri (1996) y Wolff (1989).

Tabla 21. Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 1.

Thickness (m)	Unit Weight (kN/m3)	Soil Type	D50 (mm)	OCR
6	22.27	Sand	1.03	1

Depth (m)	SPT Blow Counts (N)	N60	Cn	C	N1(60)
0.45	4	3	1.7	0.7	5
0.9	2	1	1.7	0.7	2
1.45	4	3	1.7	0.7	5
1.9	4	3	1.52	0.7	5
2.45	5	3	1.34	0.7	4
2.9	5	3	1.23	0.7	4
3.45	4	3	1.13	0.85	3
3.9	7	6	1.06	0.85	6
4.45	7	6	0.99	0.85	6
4.9	10	9	0.95	0.85	9
5.45	6	6	0.9	0.95	5
5.9	11	10	0.86	0.95	9





Fuente: Elaboración NovoSPT.

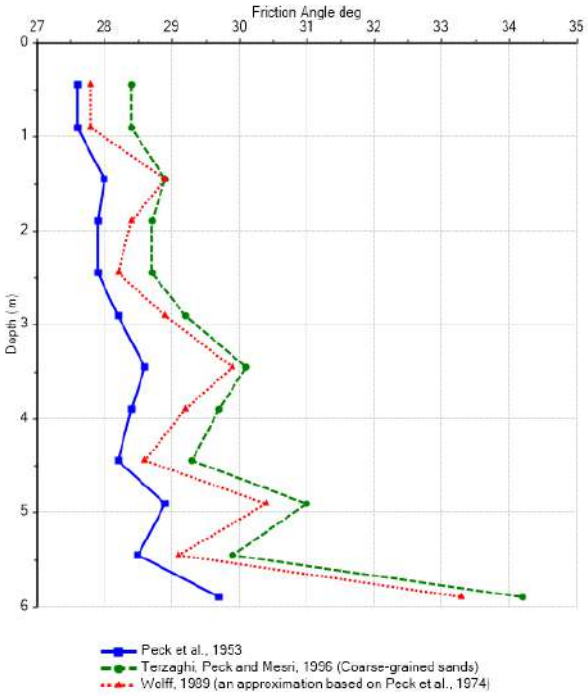
De la gráfica anterior (número de golpes vs profundidad) se aprecia que a la profundidad de 1.50 metros los golpes se mantiene hasta llegar a los 3.45 metros donde estos empiezan a aumentar indicando buenas propiedades.

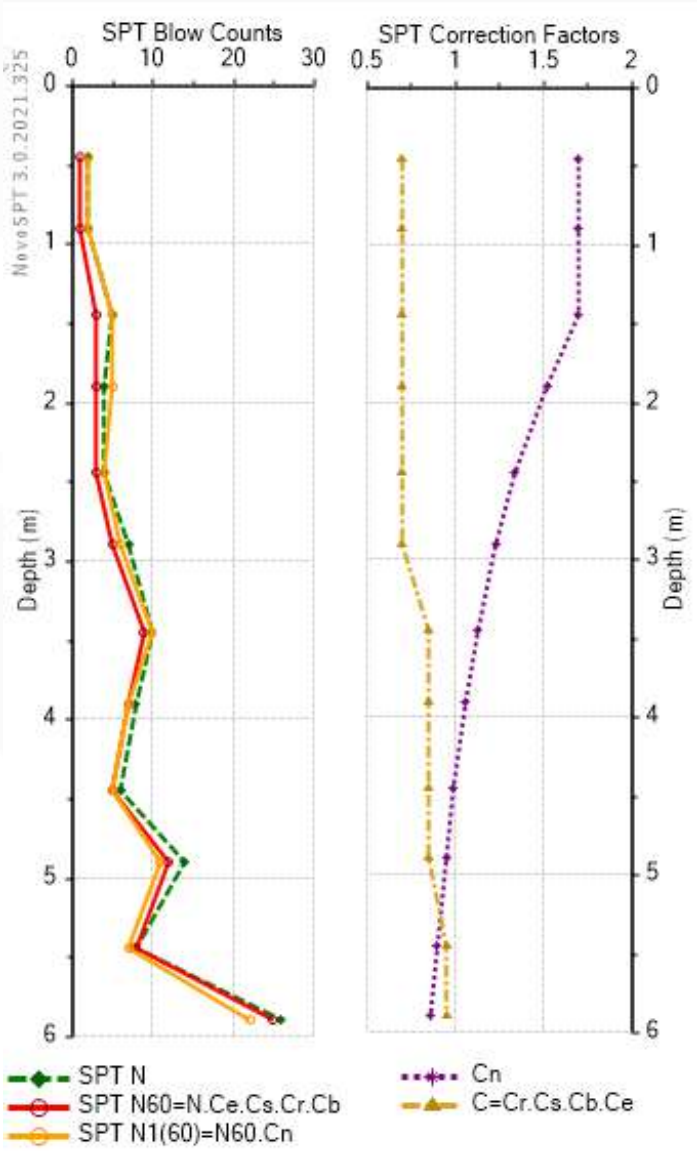
ϕ Promedio a 1.50 m = 28°

Tabla 22. Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 2.

Thickness (m)	Unit Weight (kN/m3)	Soil Type	D50 (mm)	OCR
6	22.27	Sand	1.03	1

Depth (m)	SPT Blow Counts (N)	N60	Cn	C	N1(60)
0.45	2	1	1.7	0.7	2
0.9	2	1	1.7	0.7	2
1.45	5	3	1.7	0.7	5
1.9	4	3	1.52	0.7	5
2.45	4	3	1.34	0.7	4
2.9	7	5	1.23	0.7	6
3.45	10	9	1.13	0.85	10
3.9	8	7	1.06	0.85	7
4.45	6	5	0.99	0.85	5
4.9	14	12	0.95	0.85	11
5.45	8	8	0.9	0.95	7
5.9	26	25	0.86	0.95	22





Fuente: Elaboración NovoSPT.

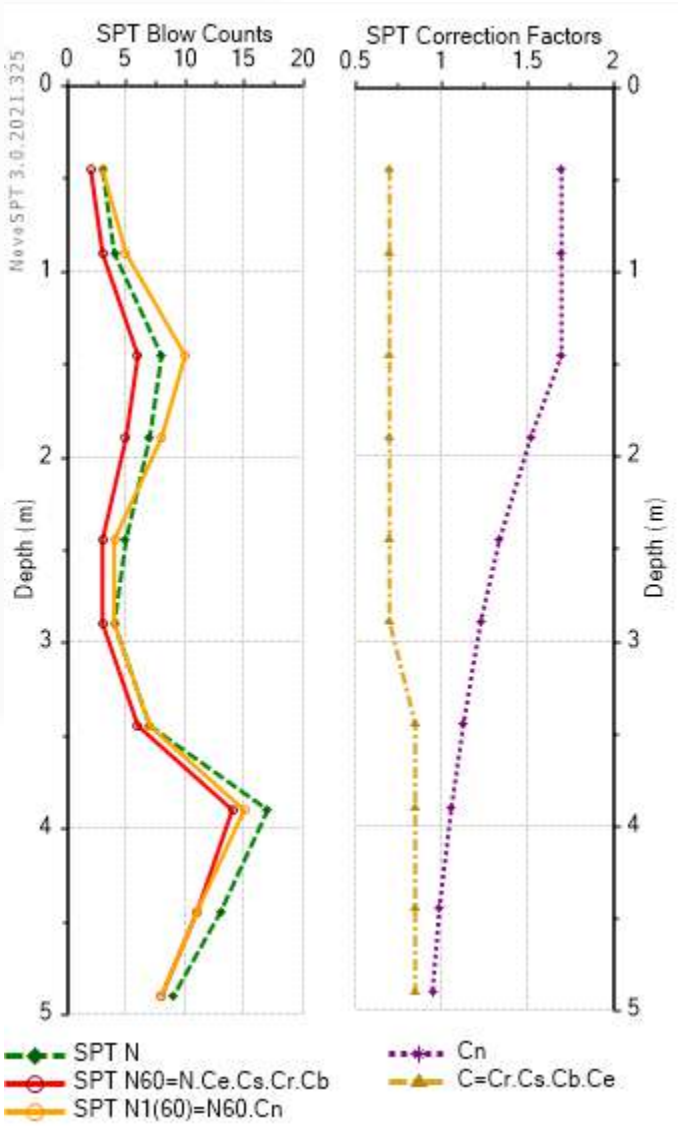
Se observa que el suelo presente en el sondeo 2 tiene buenas propiedades por lo cual a medida que aumenta la profundidad van aumentando los golpes.

ϕ Promedio a 1.50 m = 28°

Tabla 23. Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 3.

Thickness (m)	Unit Weight (kN/m3)	Soil Type	D50 (mm)	OCR
5	22.27	Sand	1.03	1

Depth (m)	SPT Blow Counts (N)	N60	Cn	C	N1(60)
0.45	3	2	1.7	0.7	3
0.9	4	3	1.7	0.7	5
1.45	8	6	1.7	0.7	10
1.9	7	5	1.52	0.7	8
2.45	5	3	1.34	0.7	4
2.9	4	3	1.23	0.7	4
3.45	7	6	1.13	0.85	7
3.9	17	14	1.06	0.85	15
4.45	13	11	0.99	0.85	11
4.9	9	8	0.95	0.85	8



Fuente: Elaboración NovoSPT.

Al analizar la gráfica del sondeo 3, se evidencia una disminución de golpes a la profundidad de 1.45 metros a 2.9 metros indicando un posible cambio de material. La profundidad a la que se puedo realizar el sondeo corresponde a los 5.0 metros en el cual se evidencia la presencia de arena con limos.

Los materiales presentes, por ser materiales predominantemente arenas limosas y con base a los resultados del N de campo, los suelos de fundación (superficiales) poseen una compacidad media, la cual aproximadamente posee una resistencia a la compresión no confinada de hasta 26.67 Ton/m^2. En este informe se muestra el cálculo del valor de la cohesión no drenada, proporcionado por un ensayo de compresión inconfinada y el cálculo de las dimensiones de la cimentación sobre los cuales estará ubicada la planta de potabilización, obteniendo valores más certeros y conservadores sobre la capacidad portante del suelo presente en el área estudiada.

6. ANÁLISIS GEOTÉCNICO

En esta capitulo, se presenta la recomendación del tipo de fundación y los cálculos de la capacidad portante, con base en correlaciones del ensayo de SPT y resultado de laboratorio del ensayo de compresión simple ejecutado en los tres (3) sondeos, para la estructura propuesta.

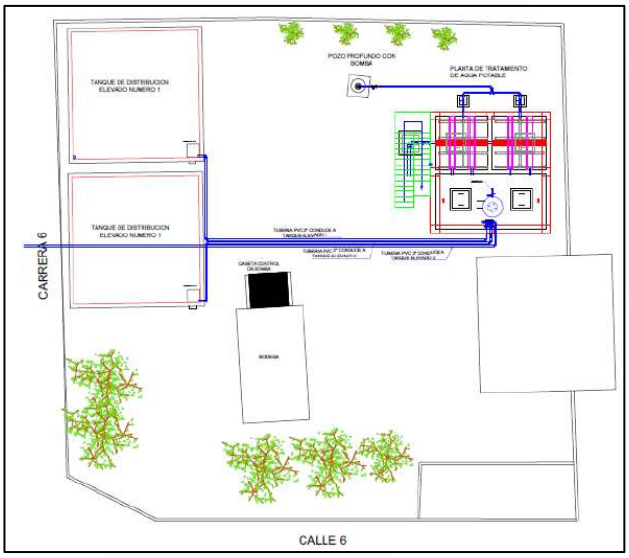
6.1. TIPO DE ESTRUCTURA Y CARGAS ESTIMADAS

El proyecto consta en la construcción de una planta de tratamiento de agua potable, estructuras para tanques de distribución elevados, pozo profundo con bomba, caseta de control de bomba y bodega, ubicado en el corregimiento el papayal, casco rural del municipio de Rionegro, Santander.

Se observó nivel freático en las tres exploraciones a profundidad de 4.0 metros a los 6.0 metros explorados en el sondeo 1, respecto al sondeo 2 se encontró a partir de los 3.0 metros y para el sondeo 3 a los 4.0 metros el cual se evidencio hasta el final de la exploración (6.0 y 5.0 metros respectivamente) en el área donde se ubicará la nueva planta de potabilización compacta.

La planta de potabilización compacta es de baja Categoría por no poseer más de tres niveles, su uso es indispensable ya que es una estructura de atención a la comunidad, no se almacenan grandes cargas que pueden llevar al suelo a esfuerzos mayores a los resistentes.

Imagen 13. Ilustración de la futura construcción.

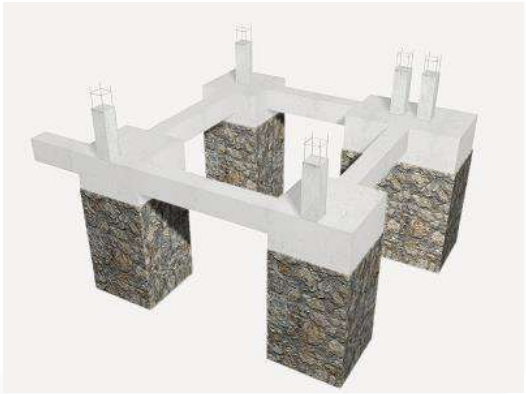


Fuente: Plano suministrado por el cliente.

6.2. TIPO DE CIMENTACIÓN RECOMENDADA

Para la estratigrafía presente en el sitio, y el tipo de estructura a intervenirse, se recomienda la instalación de cimientos superficiales aislados con vigas de amarre, las propiedades de resistencia del suelo tomadas a partir del ensayo de SPT, dan valores de 4-8 golpes/pie a una profundidad de 1.0 a 2.0 metros en promedio, esto clasifica al material con buenas propiedades de resistencia frente a esfuerzos de compresión, tomando como referencia las cargas proyectadas de la edificación, se deduce que no se requiere de una cimentación profunda o de alguna intervención especial a la cimentación, pero se recomienda una capa de concreto ciclópeo en la base de la zapata de al menos 0,50 m de espesor.

Ilustración 3. Zapata aislada con vigas de amarre.



Fuente: Consejería de obras públicas, vivienda y transporte, región de Murcia.

6.3. CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE

Con la información de los numerales anteriores, se realiza el cálculo de la capacidad portante del suelo de fundación empleando cimentación superficial aislada sobre suelos areno limosos (SM). Se evidenció nivel freático en las tres exploraciones a profundidad de 4.0 metros en el sondeo 1, para el sondeo 2 se evidencio a las 3.0 metros y para el último sondeo se encontró a profundidad de 4.0 metros, cabe destacar que el nivel freático se presenta hasta la profundidad a la cual llego cada sondeo, la implantación mínima recomendada es a 1.50 metros desde el nivel actual, tomando como la cota 0.0 m la rasante existente, esta profundidad puede variar siempre y cuando se observen condiciones no aptas para la implantación de la cimentación.

A continuación, se presenta el cálculo de la capacidad portante del suelo, para cimientos superficiales aislados, tomando como referencia el ensayo de compresión inconfinada realizado en el laboratorio.

Ecuación 1. Ecuación General de la Capacidad de Carga por Terzaghi.

$$qu = cNcFcsFcdFci + qNqFqsFqdFqi + \frac{1}{2}\Upsilon BN\Upsilon F\Upsilon s F\Upsilon d F\Upsilon i$$

Fuente: principios de ingeniería de Cimentaciones, Cuarta Edición, Braja M.Das.

Dónde: c= cohesión.

q=Esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación.

Υ=Peso específico del suelo.

B= Ancho de la cimentación.

FcsFqsFΥs= Factores de forma.

FcdFqdFΥd =Factores de profundidad.

FciFqiFΥi= Factores de inclinación de carga.

NcNqNΥ= Factores de capacidad de carga.

6.3.1. Cálculo de la capacidad portante Sondeo 1, 2 y 3

Se realiza el cálculo de la capacidad para los sondeos 1, 2, y 3, según los resultados de campo y laboratorio, se recomienda implantar la cimentación a una profundidad de 1.50 metros, donde se encuentra estratos de arenas limosas con un valor del N de campo de 4 - 8 golpes/pie, los anchos del cimiento cuadrado que se evalúan van desde 1.0 metro hasta 2.0 metros, con el fin de proporcionar varias opciones de cimentación, valores propuestos por el ingeniero geotecnista.

Para un N de 4-8 golpes, los valores de Cu fueron obtenidos de los ensayos de compresión inconfinada el cual nos proporciona una mayor confiabilidad. Los valores de Cu tenidos en cuenta para el cálculo de la capacidad portante se obtienen por medio de la resistencia a la compresión (qu/2), cabe resaltar que la capacidad portante para el sondeo 1 y 2 se determinara por medio del ángulo de fricción y el sonde 3 se realizara mediante la cohesión obtenida de la compresión inconfinada del S3-M#2.

Tabla 24. Capacidades portantes; última, admisible y carga máxima admisible, tomando el sondeo 1.

SONDEO 1 Φ =28°									
C (KN/m2)	ϕ (º)	B (m)	B/L	Df (m)	γ1 (KN/m3)	γ2 (KN/m3)	Qu (KN/m2)	Qadm (KN/m2)	Qadm (Ton/m2)
0,00	28,00	1,00	1,00	1,50	22,27	22,27	2667,15	889,05	90,66
0,00	28,00	1,20	1,00	1,50	22,27	22,27	2630,56	876,85	89,41
0,00	28,00	1,40	1,00	1,50	22,27	22,27	2601,15	867,05	88,41
0,00	28,00	1,60	1,00	1,50	22,27	22,27	2703,39	901,13	91,89
0,00	28,00	1,80	1,00	1,50	22,27	22,27	2654,97	884,99	90,24
0,00	28,00	2,00	1,00	1,50	22,27	22,27	2620,70	873,57	89,08

Qadm = 88 Ton/m2

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 25. Capacidades portantes; última, admisible y carga máxima admisible, tomando el sondeo 2.

SONDEO 2 Φ =28°									
C (KN/m2)	ϕ (º)	B (m)	B/L	Df (m)	γ1 (KN/m3)	γ2 (KN/m3)	Qu (KN/m2)	Qadm (KN/m2)	Qadm (Ton/m2)
0,00	28,00	1,00	1,00	1,50	22,27	22,27	2667,15	889,05	90,66
0,00	28,00	1,20	1,00	1,50	22,27	22,27	2630,56	876,85	89,41
0,00	28,00	1,40	1,00	1,50	22,27	22,27	2601,15	867,05	88,41
0,00	28,00	1,60	1,00	1,50	22,27	22,27	2703,39	901,13	91,89
0,00	28,00	1,80	1,00	1,50	22,27	22,27	2654,97	884,99	90,24
0,00	28,00	2,00	1,00	1,50	22,27	22,27	2620,70	873,57	89,08

Qadm = 88 Ton/m2

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 26. Capacidades portantes; última, admisible y carga máxima admisible, tomando el sondeo 3.

SONDEO 3									
C (KN/m2)	ϕ (º)	B (m)	B/L	Df (m)	γ1 (KN/m3)	γ2 (KN/m3)	Qu (KN/m2)	Qadm (KN/m2)	Qadm (Ton/m2)
132,39	0,00	1,00	1,00	1,50	22,27	22,27	1165,84	388,61	39,63
132,39	0,00	1,20	1,00	1,50	22,27	22,27	1137,63	379,21	38,67
132,39	0,00	1,40	1,00	1,50	22,27	22,27	1112,86	370,95	37,83
132,39	0,00	1,60	1,00	1,50	22,27	22,27	1151,11	383,70	39,13
132,39	0,00	1,80	1,00	1,50	22,27	22,27	1117,24	372,41	37,98
132,39	0,00	2,00	1,00	1,50	22,27	22,27	1090,14	363,38	37,05

Qadm = 37 Ton/m2

Fuente: Elaboración Propia.

Al analizar las cargas admisibles de los tres sondeos realizados cuyo factor de seguridad fue de 3, se escoge un Qadm de 37 t/m^2 según los resultados de laboratorio y teniendo en cuenta que es un valor conservador suficiente para las cargas proyectadas.

6.4. CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS

A continuación, se presenta el cálculo de los asentamientos máximos que se puedan asentar en la estructura a intervenir, tras la ejecución de los sondeos se observó que suelo de fundación corresponde a una arena limosa, lo anterior no representa la probabilidad de que se tengan asentamientos por consolidación en el tiempo, pero sin embrago a continuación se presentan los asentamientos inmediatos y por consolidación que podrían llegar a presentarse. Tomando como referencia las cargas máximas de cada cimentación anteriormente calculadas, se determina el asentamiento inmediato bajo el cimiento.

6.4.1. Cálculo de asentamientos inmediatos de la cimentación aislada, tomando como referencia las cargas máximas calculadas

Los asentamientos esperados en el caso hipotético que la cimentación se encuentre bajo carga admisible máxima son (Se en mm):

Tabla 27. Asentamientos inmediatos en la cimentación, a partir del Sondeo #1.

B (m)	Qadm (KN/m2)	Es (KN/m2)	μs	L/B	αr	Se (mm)	Módulo de reacción KN/m3
1,00	889,05	8000	0,35	1,00	0,988	96,30	9231,88
1,20	876,85	8000	0,35	1,00	0,988	113,98	7693,23
1,40	867,05	8000	0,35	1,00	0,988	131,49	6594,20
1,60	901,13	8000	0,35	1,00	0,988	156,18	5769,92
1,80	884,99	8000	0,35	1,00	0,988	172,55	5128,82
2,00	873,57	8000	0,35	1,00	0,988	189,25	4615,94

Para un Qadm = 88 Ton/m2 el asentamiento máximo presentado es 131.49 milímetros.

Tabla 28. Asentamientos inmediatos en la cimentación, a partir del Sondeo #2.

B (m)	Qadm (KN/m2)	Es (KN/m2)	μs	L/B	αr	Se (mm)	Módulo de reacción KN/m3
1,00	889,05	8000	0,35	1,00	0,988	96,30	9231,88
1,20	876,85	8000	0,35	1,00	0,988	113,98	7693,23
1,40	867,05	8000	0,35	1,00	0,988	131,49	6594,20
1,60	901,13	8000	0,35	1,00	0,988	156,18	5769,92
1,80	884,99	8000	0,35	1,00	0,988	172,55	5128,82
2,00	873,57	8000	0,35	1,00	0,988	189,25	4615,94

Para un Qadm = 88 Ton/m2 el asentamiento máximo presentado es 131.49 milímetros.

Tabla 29. Asentamientos inmediatos en la cimentación, a partir del Sondeo #3.

B (m)	Qadm (KN/m2)	Es (KN/m2)	μs	L/B	αr	Se (mm)	Módulo de reacción KN/m3
1,00	388,61	8000	0,35	1,00	0,988	42,09	9231,88
1,20	379,21	8000	0,35	1,00	0,988	49,29	7693,23
1,40	370,95	8000	0,35	1,00	0,988	56,25	6594,20
1,60	383,70	8000	0,35	1,00	0,988	66,50	5769,92
1,80	372,41	8000	0,35	1,00	0,988	72,61	5128,82
2,00	363,38	8000	0,35	1,00	0,988	78,72	4615,94

Para un Qadm = 37 Ton/m2 el asentamiento máximo presentado es 78.72 milímetros.

Asentamiento máximo para una carga máxima de 88 Ton/m^2 es de 131.49 milímetros, el valor del módulo de elasticidad se toma conservador para suelos de consistencia blanda.

Tabla 30. Valores orientativos de Nspt, Resistencia a Compresión simple y Modulo de Elasticidad de suelos.

Tipo de suelo	Nº golpes ensayo SPT, N_{SPT}	Resistencia a compresión simple, q_u (kN/m^2)	Módulo de elasticidad, E (MN/m^2)
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0 - 80	< 8
Suelos flojos o blandos	10 - 25	80 - 150	8 - 40
Suelos medios	25 - 50	150 - 300	40 - 100
Suelos compactos o duros	50 - Rechazo	300 - 500	100 - 500
Rocas blandas	Rechazo	500 - 5000	500 - 8000
Rocas duras	Rechazo	5000 - 40000	8000 - 15000
Rocas muy duras	Rechazo	> 40000	> 15000

Fuente: http://ingemecanica.com/tutoriales/geotecnia.html#compresion.

6.4.2. Cálculo de asentamientos por consolidación

Se evalúan el asentamiento por consolidación primaria, ya que el material presentaba características arcillosas según el estudio realizado en campo, pero mediante la caracterización realizada en el laboratorio se identificó que el material predominantemente es arena limosa, con humedades medias (presencia de nivel freático a 3.0 y 4.0 metros de profundidad), compresibilidad media y plasticidad baja.

Este procedimiento se realizó por medio del cálculo manual siguiendo la teoría del libro “Principios de la Ingeniería Geotécnica” de Braja Das, dando una mayor confiabilidad en el resultado.

La teoría presenta tres ecuaciones para el cálculo de S (Asentamiento por consolidación), la decisión radica en dos parámetros: El resultado del OCR (Índice de Sobreconsolidación) para determinar si el suelo está o no consolidado; Y el análisis de las presiones efectiva, de Preconsolidación y el incremento promedio de la presión sobre el estrato de arcilla. En el desarrollo del numeral se conocerá la ecuación que se adecúe a las condiciones propuestas teóricamente.

Tabla 31. Ecuaciones de Asentamiento por consolidación.

Ecuación	Condición
$\boldsymbol{S} = \frac{Cc * Hc}{1 + e_o} * log\left(\frac{P_o + \Delta P}{P_o}\right)$	Para arcillas normalmente consolidadas
$S = \frac{Cs * Hc}{1 + e_o} * log\left(\frac{P_o + \Delta P}{P_o}\right)$	Para arcillas Sobreconsolidadas con Po+ΔPprom < Pc
$\boldsymbol{S} = \frac{Cs * Hc}{1 + e_o} * log\left(\frac{P_c}{P_o}\right) + \frac{Cc * Hc}{1 + e_o} * log\left(\frac{P_o + \Delta P}{P_c}\right)$	Para arcillas Sobreconsolidadas con Po< Pc< Po+ΔPprom

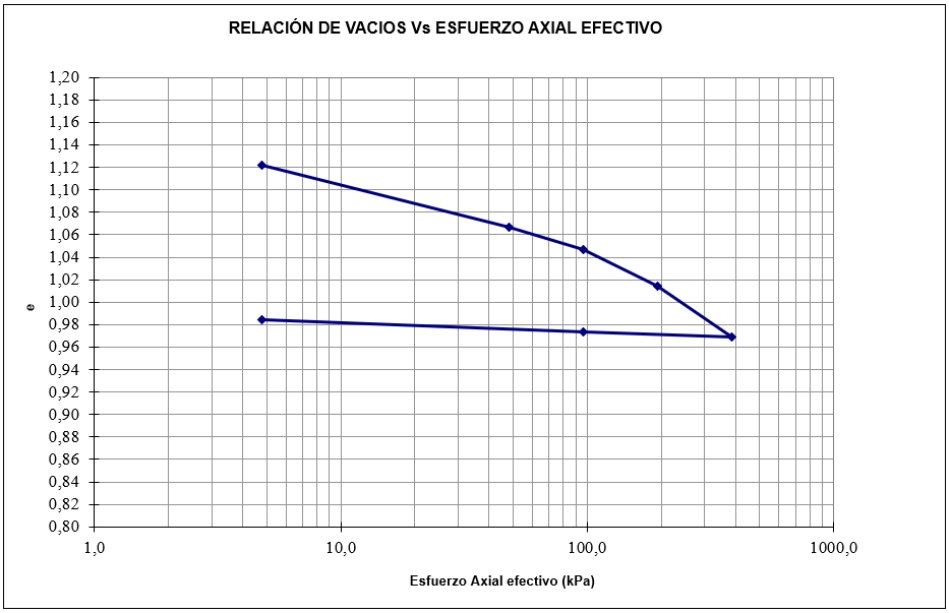
Fuente: Principios de ingeniería de Cimentaciones, Séptima Edición, Braja M.Das.

Donde:

Po: Presión efectiva promedio sobre el estrato de arcilla antes la construcción de la cimentación
Pc: Presión de Preconsolidación
ΔPprom: Incremento promedio de la presión sobre el estrato de arcilla causada por la construcción de la cimentación
Cc: Índice de compresibilidad
Cs: Índice de expansibilidad
e_o: Relación de vacíos inicial del estrato de arcilla
Hc: Espesor de la capa de arcilla

a) **Ensayo de Consolidación Unidimensional de suelos:** Inicialmente se ejecutó el ensayo de Consolidación Unidimensional de suelos en el laboratorio según la norma INVIAS, consiguiendo la siguiente gráfica que muestra el comportamiento del suelo bajo la carga axial en un periodo de tiempo y nos permite conocer el esfuerzo histórico y capacidad de deformación que presenta el estrato del sub suelo comprendido en 6.0 metros de profundidad.

Figura 4. Gráfica de Consolidación. Sondeo # 2-M # 4 (de 3.00 a 4.00 m).



b) Cálculo de la presión efectiva promedio sobre el estrato de arcilla (Po):

Ecuación 2. Ecuación de la Presión Efectiva sobre el estrato de Arcilla.

$$P_o = H * \gamma$$

Fuente: Principios de ingeniería de Cimentaciones, Séptima Edición, Braja M.Das.

$$P_o = 300[cm] * 2{,}271 \left[\frac{gr}{cm^3}\right] = 681.3 \left[\frac{gr}{cm^2}\right]$$

$$P_o = 0.681 \left[\frac{kg}{cm^2}\right] \approx 6.81 \left[\frac{Ton}{m^2}\right]$$

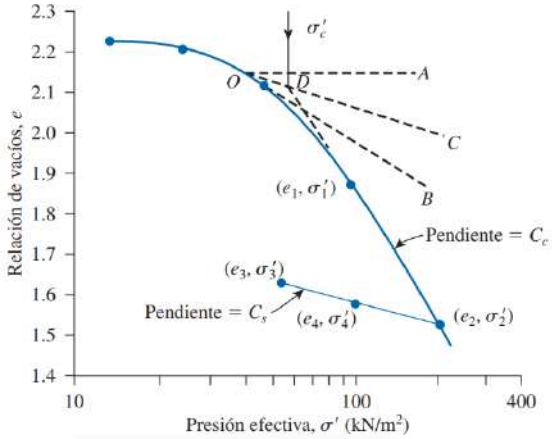
c) Cálculo del incremento promedio de la presión sobre el estrato de arcilla causada por la construcción de la cimentación (ΔPprom): Para realizar el cálculo de los asentamientos por consolidación suponemos que la sobrecarga que tendrá el suelo producida por la planta de potabilización corresponde a:

$$P = 4.0 \left[\frac{[Ton]}{[m^2]}\right] \rightarrow Carga\ de\ la\ estructura\ (Planta\ de\ potabilización)$$

$$\Delta P_{prom} = 4.0 \frac{[Ton]}{[m^2]}$$

d) **Cálculo de la presión de Preconsolidación (Pc):** A partir de la gráfica de consolidación se puede obtener el valor del esfuerzo histórico que el subsuelo ha podido llegar a sentir en su existencia. Teóricamente para hallar este valor de esfuerzo se debe realizar el siguiente análisis de la gráfica de consolidación:

Figura 5. Análisis de la Gráfica de Consolidación.



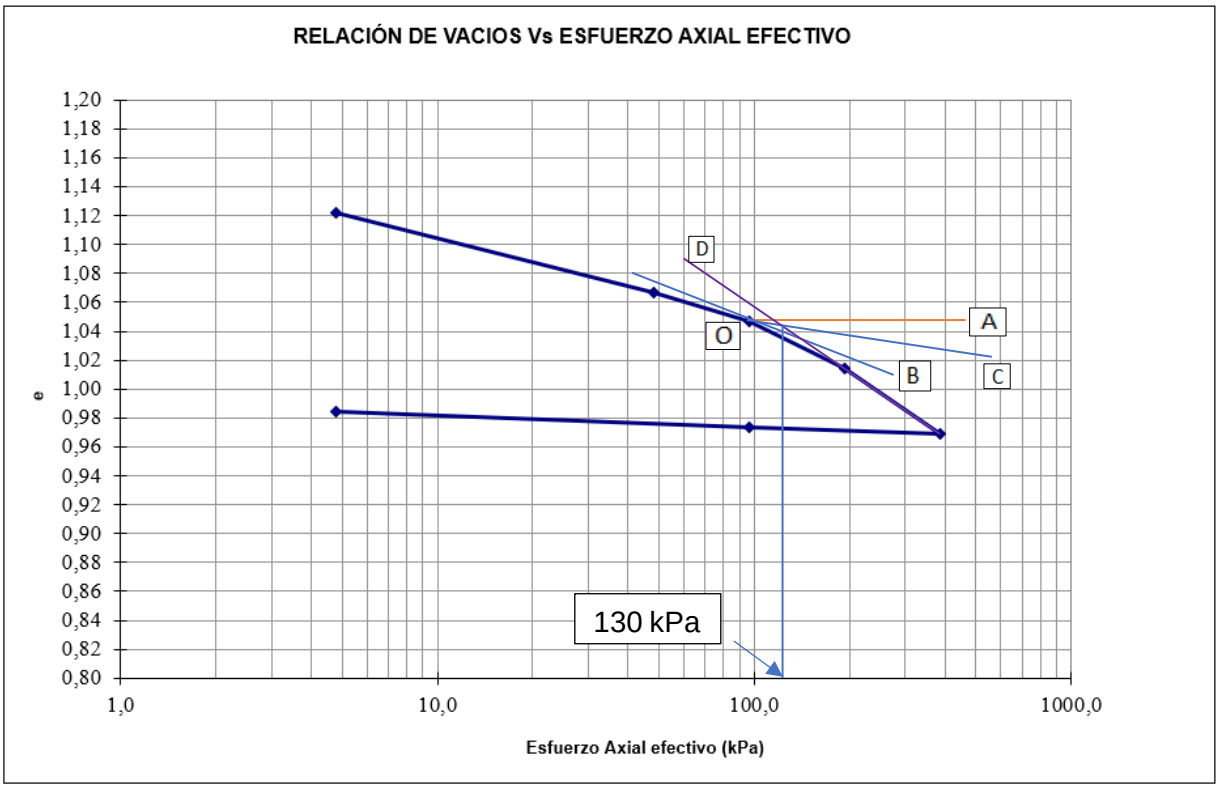
Fuente: Principios de ingeniería de Cimentaciones, Séptima Edición, Braja M.Das.

La descripción para la determinación del esfuerzo de preconsolidación, teniendo en cuenta la gráfica de la *figura 3*, se encuentra en el siguiente orden:

- Determinar el Punto **O,** el cual es el punto más curvo en la gráfica entre el tramo de recompresión y el tramo virgen.
- Se dibuja una línea horizontal **OA**
- Dibuje una línea **OB** tangente a la curva de consolidación.
- Dibuje una línea **OC** bisectriz al ángulo que se forma entre **AOB**
- Proyectar una línea **D** con la misma pendiente del tramo virgen, hacia atrás, de manera que corte con la línea proyectada **OC.**
- Donde se corta línea **D** con la línea proyectada **OC** es el punto**,** la presión que corresponde al punto Pc es el esfuerzo de Preconsolidación.

A continuación, se presenta el proceso aplicado sobre la gráfica resultante del ensayo de consolidación ejecutado en el presente caso del proyecto:

Figura 6. Determinación de la carga de Preconsolidación Gráfica de Consolidación. Sondeo # 2-M # 4 (de 3.00 a 4.00 m)



Fuente: Elaboración Propia.

En el mismo orden se obtiene gráficamente el valor del esfuerzo de Preconsolidación:

$$P_c = 130[kPa] \approx 13{,}23\left[\frac{Ton}{m^2}\right]$$

e) Cálculo del Índice de Sobre-consolidación (OCR): Over Consolidation Ratio como significado de sus siglas, es la relación de Sobre-consolidación del suelo, entre el esfuerzo efectivo máximo aplicado en la historia geológica del subsuelo y el esfuerzo efectivo actual. La siguiente ecuación nos permite calcular el OCR y nos ayuda a determinar si el suelo está normalmente Consolidado, Sobre-consolidado o No Consolidado:

Ecuación 3. Ecuación Asentamiento para arcillas sobreconsolidadas.

$$OCR = \frac{\sigma'_o}{\sigma'} = \frac{P_c \rightarrow Esfuerzo\ efectivo\ de\ Preconsolidación}{P_o \rightarrow Esfuerzo\ efectivo\ Actual}$$

Fuente: Principios de ingeniería de Cimentaciones, Séptima Edición, Braja M.Das.

La teoría nos indica que, para determinar el estado de consolidación del suelo, se realiza el cálculo de la ecuación anterior y se analiza de la siguiente forma:

- Si OCR<1, El suelo No está Consolidado, es un suelo inexperto, es decir que el esfuerzo efectivo actual es mayor al esfuerzo máximo que ha soportado durante toda su existencia.
- Si OCR=1, El suelo está Normalmente Consolidado, es un suelo virgen, es decir que el esfuerzo efectivo actual es igual al esfuerzo máximo que ha soportado durante toda su existencia.
- Si OCR>1, El suelo está Sobre-Consolidado, es un suelo experto, es decir que el esfuerzo efectivo actual es menor al esfuerzo máximo que ha soportado durante toda su existencia.

Llevando a cabo el cálculo del Índice de Sobreconsolidación:

$$OCR = \frac{13.23\ \left[\frac{Ton}{m^2}\right]}{6.81 + 4.0\left[\frac{Ton}{m^2}\right]}$$

$$OCR \approx 1.22 > 1.0$$

El suelo está Sobreconsolidado. Adicionalmente, se puede realizar el análisis de las presiones efectiva, de Preconsolidación y el incremento promedio de la presión sobre el estrato de arcilla:

$$P_o + \Delta P_{prom} = P_c$$

$$6.81 + 4.0 < 13.23$$

$$10.81 \leq 13.23 \ \rightarrow Si\ se\ cumple\ la\ condición$$

Se puede decidir la ecuación más apropiada para arcillas saturadas en el cálculo del asentamiento por consolidación ya presentado (*Tabla 29*):

Ecuación 4. Ecuación Asentamiento para arcillas Sobreconsolidadas.

$$\boldsymbol{S = \frac{Cs * Hc}{1 + e_o} * log\left(\frac{P_o + \Delta P}{P_o}\right)}$$

Fuente: Principios de ingeniería de Cimentaciones, Séptima Edición, Braja M.Das.

f) Cálculo del índice de compresibilidad (Cc): Se calcula el índice de compresibilidad con la siguiente ecuación:

Ecuación 5. Ecuación Índice de Compresibilidad.

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{Log(P_2) - Log\ (P_1)} = \frac{e_1 - e_2}{Log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}$$

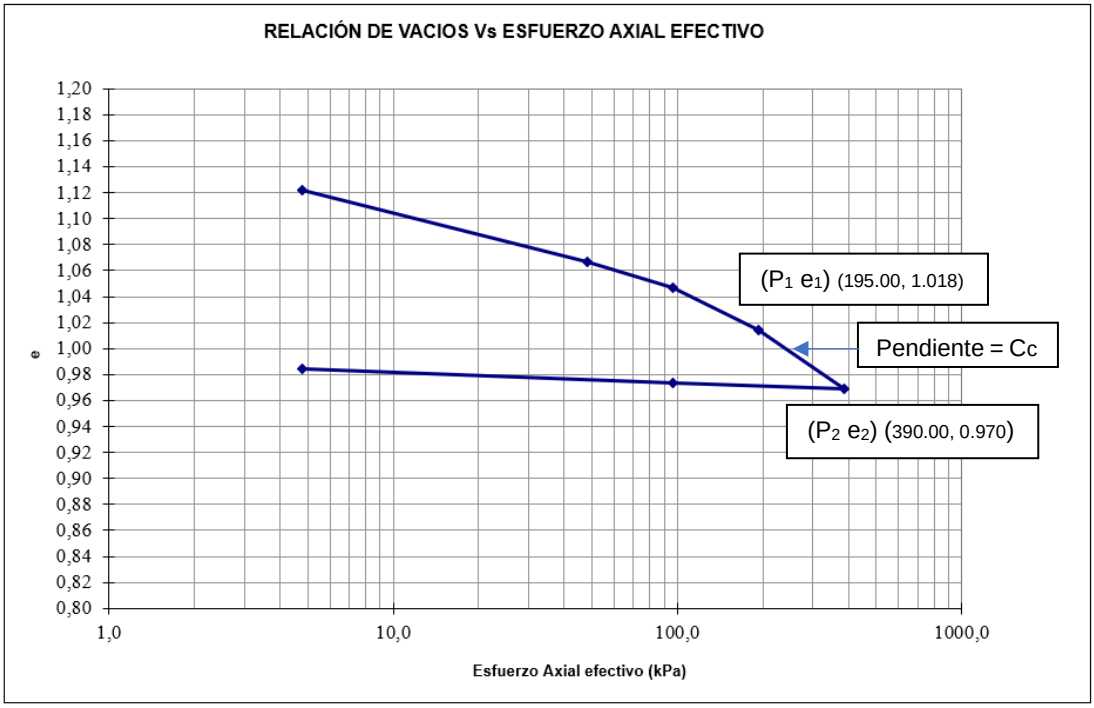
Fuente: Principios de ingeniería de Cimentaciones, Séptima Edición, Braja M.Das.

Donde:

Cc: Esfuerzo axial efectivo inicial
e_1: Relación de vacíos inicial
e_2: Relación de vacíos final
P_1: Esfuerzo axial efectivo inicial
P_2: Esfuerzo axial efectivo final

Teniendo en cuenta la gráfica de la *figura 4* dado por el ensayo de consolidación, los valores de relación de vacíos y de esfuerzo axial se determinó de la siguiente manera:

Figura 7. Gráfica de Consolidación. Sondeo # 2-M # 4 (de 3.00 a 4.00 m).



Fuente: Elaboración Propia.

Reemplazando los valores a la ecuación:

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{Log(P_2) - Log\ (P_1)} = \frac{e_1 - e_2}{Log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}$$

$$C_c = \frac{1.018 - 0.970}{Log\left(\frac{390{,}00[kPa]}{195{,}00[kPa]}\right)} = \frac{1.018 - 0.970}{Log\left(\frac{39{,}77\left[Ton/m^2\right]}{19{,}88\left[Ton/m^2\right]}\right)}$$

$$C_c = 0{,}159$$

g) Cálculo índice de expansibilidad (Cs o CR): Se calcula el índice de expansibilidad con la siguiente ecuación:

Ecuación 6. Ecuación Índice de Expansividad.

$$C_R\ o\ C_s = \frac{e_3 - e_4}{Log\left(\frac{P_4}{P_3}\right)}$$

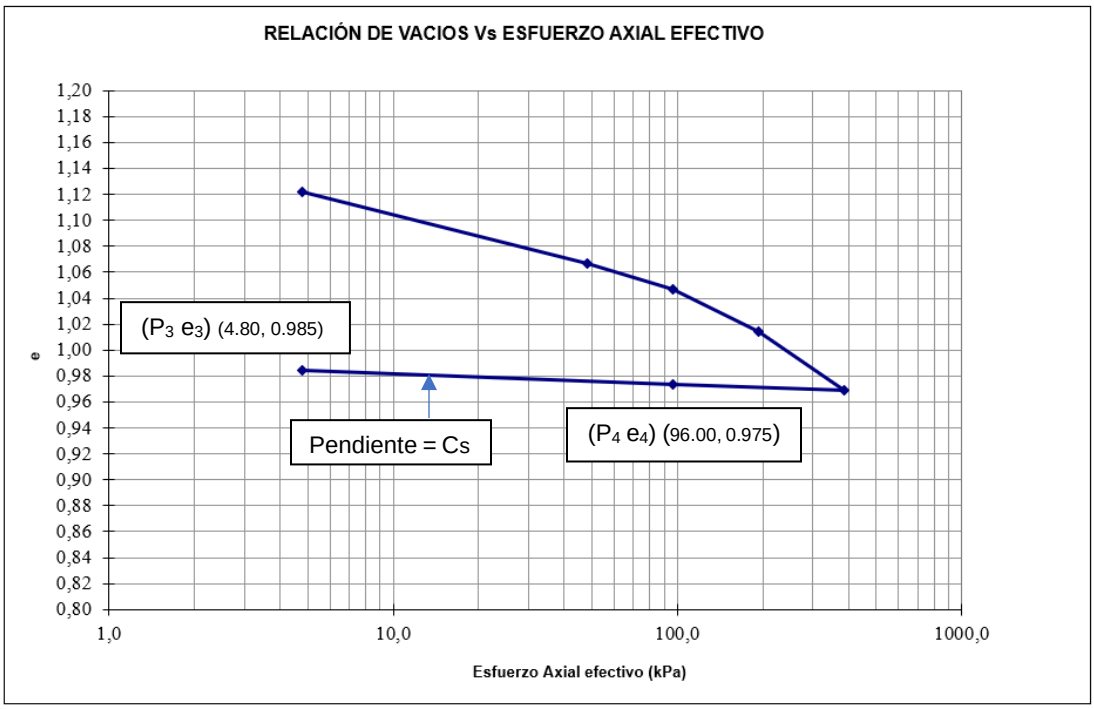
Fuente: Principios de ingeniería de Cimentaciones, Séptima Edición, Braja M.Das.

Donde:

C_S o C_R: Esfuerzo axial efectivo inicial
e_3: Relación de vacíos inicial
e_4: Relación de vacíos final
P_3: Esfuerzo axial efectivo inicial
P_4: Esfuerzo axial efectivo final

Teniendo en cuenta la gráfica de la *figura 4* dado por el ensayo de consolidación, los valores de relación de vacíos y de esfuerzo axial se determinó de la siguiente manera:

Figura 8. Gráfica de Consolidación. Sondeo # 2-M # 4 (de 3.00 a 4.00 m).



Fuente: Elaboración Propia.

Reemplazando los valores a la ecuación:

$$C_s = \frac{0.985 - 0.975}{Log\left(\frac{96.00\ [kPa]}{4.80\ [kPa]}\right)} = \frac{0.985 - 0.975}{Log\left(\frac{9.79[Ton/m^2]}{0.49\ [Ton/m^2]}\right)}$$

$$C_s = \ 0.0077$$

h) Relación de vacíos inicial del estrato de arcilla (e_o): Corresponde a la relación de vacíos de la arcilla antes de la aplicación de la carga en el ensayo de consolidación y está registrado en la gráfica:

Tabla 32. Propiedades de la muestra sometida al ensayo de Consolidación

ANTES DEL ENSAYO		DESPUES DEL ENSAYO	
Humedad	19,36	Humedad	17,25
Relación de Vacíos (e_0)	1,122	Relación de Vacíos	1,067
Saturación (S_0)	96,13	Saturación	75,43
Porosidad	52,9%	Porosidad	51,6%
Poros Llenos con Agua	50,83	Poros Llenos con Agua	38,94
Poros Llenos con Aire	50,30	Poros Llenos con Aire	38,42
Altura de sólidos (cm)	1,36	Altura de sólidos	1,24 cm
Altura de Agua (cm)	0,7	Altura de Agua	0,6 cm
Altura de Aire (cm)	0,03	Altura de Aire	0 cm
Ultima Medición antes del desmonte	0,1377	Ultima Medición antes del desmonte	0,1377

Fuente: Elaboración propia.

$$e_o = 1{,}122$$

i) Espesor de la capa de arcilla (Hc): Es la capa de arcilla que sufrirá el asentamiento provocado por la carga de la estructura (carga adicional a la capa de suelo existente), teniendo en cuenta la estratigrafía resultante del Sondeo 2:

- Altura Total del Estrato de Arcilla= 6m
- Profundidad de la cimentación propuesta= 1.5 m (Desde el nivel de terreno 0,0)
- La exploración se realizó hasta una profundidad total de 6.0 m

$$H_c = 6.0\ [m]$$

j) Cálculo del Asentamiento por Consolidación: Usando la Ecuación 4:

Ecuación 7. Ecuación Asentamiento para arcillas normalmente consolidadas.

$$\boldsymbol{S} = \frac{Cs * Hc}{1 + e_o} * log\left(\frac{P_o + \Delta P}{P_o}\right)$$

Fuente: Principios de ingeniería de Cimentaciones, Séptima Edición, Braja M.Das.

$$\boldsymbol{S} = \frac{0.0077 * 6.0}{1 + 1.122} * log\left(\frac{6.81 + 4.0}{6.81}\right)$$

$$\boldsymbol{S} = 0.022 * 0.201 = 0.0044[m]$$

$$S = 0.44[cm] = 4.4[mm] \rightarrow Asentamiento\ por\ Consolidación\ del\ Suelo.$$

RESUMEN ASENTAMIENTOS

Tabla 33. Resumen Asentamientos Calculados

Tipo de asentamiento	Asentamiento (mm)	Asentamiento (cm)
Inmediato manual	131.49	13.149
Consolidación manual	4.4	0.44
(Se) TOTAL	135.9	13.59

Los asentamientos totales (Consolidación + Inmediatos) presentes en la zona de la futura construcción son de 13.59 cm.

6.5. SUSCEPTIBILIDAD FRENTE AL EVENTO DE LICUEFACCIÓN

Concepto: Pérdida dramática de resistencia debido al incremento de presión de poros bajo condiciones de carga no-drenada; Cargas sísmicas inducen LICUACIÓN en arenas y limos sueltos y saturados, a continuación, se realiza la evaluación frente al fenómeno de licuación para los depósitos de material hasta una profundidad de 6.0 metros.

Siguiendo los conceptos acerca de evaluación de la susceptibilidad a la licuación de las características de los materiales encontrados y sus circunstancias expuestas en la NSR10, y teniendo en cuenta que no todos los suelos son licuables se realiza la siguiente lista de chequeo:

Acorde con la información obtenida en el estudio de suelos, el material predominante en el sitio del proyecto es de arena limosa (SM), se observó nivel freático en cada exploración realizada por medio de sondeo SPT a 4.0, 3.0 y 4.0 metros de profundidad correspondiente a los sondeos 1, 2 y 3 respectivamente.

(a) La edad geológica es determinante: Suelos del Holoceno son más susceptibles que los del Pleistoceno y la licuación de depósitos de edades anteriores no es común; corresponde a suelos de edades del Pleistoceno y Holoceno.

(b) El depósito de suelo debe estar saturado, o cerca de la saturación, para que ocurra la licuación; El suelo presenta saturación.

(c) Depósitos fluviales, coluviales, granulares, eólicos, cuando están saturados, son susceptibles de licuación; Corresponde a este tipo de depósitos.

(d) Así mismo pueden clasificarse como licuables los depósitos de abanicos aluviales, planicies aluviales, playas, terrazas y estuarios; Corresponde a este tipo de depósitos.

(e) Son muy susceptibles a la licuación las arenas finas y arenas limosas, relativamente uniformes, con densidad suelta y media. Generalmente se producen grandes deformaciones del terreno y de las estructuras apoyadas, y pueden formar volcanes de arena en superficie con los correspondientes cambios volumétricos severos; El depósito presenta arenas limosas.

(f) Los depósitos bien gradados con tamaños hasta de gravas, gravas arenosas y gravas areno-limosas, son menos susceptibles a licuación, pero de todas formas deben verificarse. Estos materiales también pueden generar cambios volumétricos del terreno; Estos depósitos corresponden a arenas limosas.

(g) Los limos, limos arcillosos y arcillas limosas, de baja plasticidad y con la humedad natural cercana al límite líquido, también son susceptibles de presentar licuación o falla cíclica. Generalmente se produce la degradación progresiva de la resistencia dinámica de los suelos finos con el número de ciclos de carga equivalente, llevándolos a la falla o generando grandes asentamientos del terreno y de las estructuras apoyadas en él; El depósito no presenta estas características en su totalidad.

Método determinístico evaluación potencial de licuefacción:

Acorde con la información obtenida en el estudio de suelos, el material predominante en el sitio del proyecto son arenas limosas (SM), de humedad media y plasticidad baja, se evidenció nivel freático en el depósito a 3.0 y 4.0 metros de profundidad en las exploraciones. A continuación, se presentan dos gráficas para determinar en suelos el potencial de licuación, de los materiales, se analiza el porcentaje del límite líquido e índice de plasticidad, usando los datos arrojados por el laboratorio, “Criterio Seed and Idrish”.

Figura 9. Criterio recomendado a la susceptibilidad de licuación (Seed and Idrish).

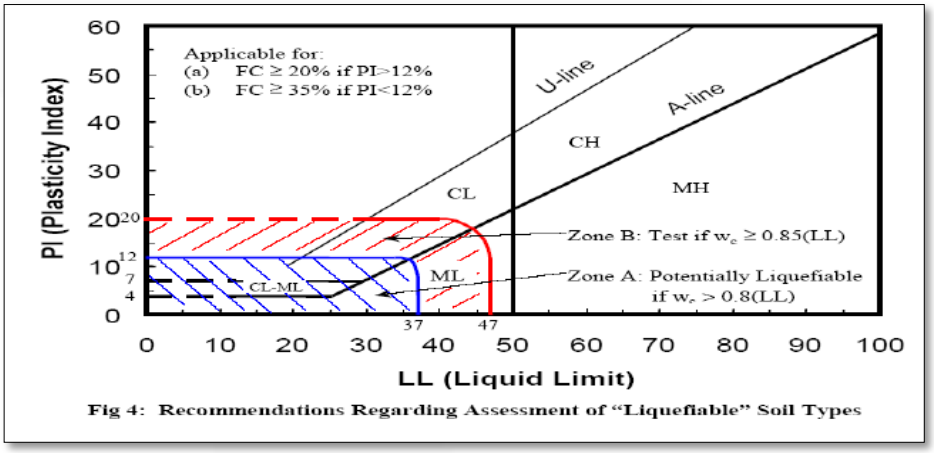


Figura 10. Criterio recomendado a la susceptibilidad de licuación (Bray et al 2004)

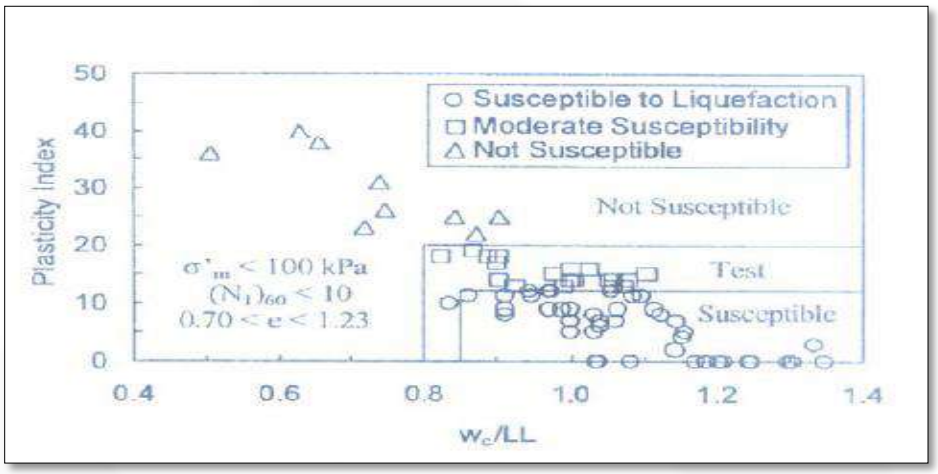


Tabla 34. Clasificación de suelos susceptibles a licuefacción.

ELABORACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL CENTRO POBLADO DEL PAPAYAL CORREGIMIENTO DE SAN RAFAEL MUNICIPIO DE RIO NEGRO SANTANDER										
SUSCEPTIBILIDAD A LUCUEFACCIÓN										
Nomenclatura	PROF		USCS	Wn (%)	LL (%)	IP (%)	W/LL	SUSCEPTIBLE	MODERADO	NO SUSCEPTIBLE
	de	a								
S1-M2	1,00	2,00	SM	16,30	0,0	0,00	0,00			X
S1-M4	3,00	4,00	SM	15,00	0,0	0,00	0,00			X
S1-M5	4,00	5,00	SM	16,70	0,0	0,00	0,00			X

S1-M6	5,00	6,00	SM	18,20	0,0	0,00	0,00			X
S2-M1	0,00	1,00	SM	16,50	0,0	0,00	0,00			X
S2-M2	1,00	2,00	SM	15,50	31,0	7,00	0,50			X
S2-M3	2,00	3,00	SM	17,10	0,0	0,00	0,00			X
S2-M4	3,00	4,00	SM	19,60	39,0	11,00	0,50			X
S2-M5	4,00	5,00	SM	17,50	0,0	0,00	0,00			X
S2-M6	5,00	6,00	SM	17,00	0,0	0,00	0,00			X
S3-M1	0,00	1,00	SM	10,90	0,0	0,00	0,00			X
S3-M2	1,00	2,00	SM	14,40	0,0	0,00	0,00			X
S3-M3	2,00	3,00	SM	14,00	0,0	0,00	0,00			X
S3-M4	3,00	4,00	SM	14,70	0,0	0,00	0,00			X
S3-M5	4,00	5,00	SM	20,80	0,0	0,00	0,00			X

Fuente: Elaboración Propia.

Observando las figuras anteriores, se muestra que los depósitos de suelo presentes en esta zona del proyecto, no son susceptibles a licuación.

6.6. POSIBILIDAD DE SUELOS EXPANSIVOS

Concepto: Como característica especial, todas las arcillas tienen, de una forma u otra, la propiedad de contraerse cuando pierden humedad y de expandirse cuando la ganan de nuevo según las condiciones ambientales.

Como minerales activos se reconocen la montmorilonita, la vermiculita y algunas variedades de haloisita; la particularidad de éstos radica en que tienen la propiedad de "absorber" moléculas de agua dentro de su propia estructura molecular.

Los daños que presentan las edificaciones cimentadas superficialmente en estos suelos se manifiestan progresivamente mediante fisuramientos, agrietamientos y giros de conjunto de los muros y elementos estructurales, a causa de movimientos desiguales de sus cimientos, especialmente en los años de prolongados períodos de verano e invierno.

A continuación, se muestra la evaluación de suelos expansivos:

Basados en altos valores del límite líquido, del índice de plasticidad, contenido de partículas coloidales y bajos valores del límite de contracción. Estos criterios deben verificarse en el laboratorio mediante ensayos de las propiedades índices correspondientes.

Para este análisis, se toman las muestras extraídas en los tres sondeos. Estos materiales son principalmente granulares con presencia de finos (SM).

Tabla 35. Clasificación de los suelos expansivos.

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

Fuente: Tomada de NSR-10.

6.6.1. Clasificación Potencial de expansión

Tabla 36. Evaluación del potencial de expansión de los suelos.

ELABORACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL CENTRO POBLADO DEL PAPAYAL CORREGIMIENTO DE SAN RAFAEL MUNICIPIO DE RIO NEGRO SANTANDER								
POTENCIAL DE EXPANSIÓN								
Nomenclatura	**PROF**		**USCS**	**LL (%)**	**IP (%)**	**ALTO**	**MEDIO**	**BAJO**
	de	**a**						
S1-M2	1,00	2,00	SM	0,0	0,00			X
S1-M4	3,00	4,00	SM	0,0	0,00			X
S1-M5	4,00	5,00	SM	0,0	0,00			X
S1-M6	5,00	6,00	SM	0,00	0,00			X
S2-M1	0,00	1,00	SM	0,00	0,00			X
S2-M2	1,00	2,00	SM	31,0	7,00			X
S2-M3	2,00	3,00	SM	0,00	0,00			X
S2-M4	3,00	4,00	SM	0,00	0,00			X
S2-M5	4,00	5,00	SM	0,00	0,00			X
S2-M6	5,00	6,00	SM	0,00	0,00			X
S3-M1	0,00	1,00	SM	0,00	0,00			X
S3-M2	1,00	2,00	SM	0,00	0,00			X
S3-M3	2,00	3,00	SM	0,00	0,00			X
S3-M4	3,00	4,00	SM	0,00	0,00			X
S3-M5	4,00	5,00	SM	0,00	0,00			X

Fuente: Elaboración Propia.

Tomando los resultados de los ensayos de laboratorio para el sondeo 1, 2, y 3:

El valor del límite líquido para los materiales presentes en los sondeos, tomados a partir del ensayo de laboratorio es de: 31,0%. (Compresibilidad Media)

El valor del límite Plástico para los materiales presentes en los sondeos, tomados a partir de los ensayos de laboratorio es de: 24,0%.

El valor del índice de plasticidad para los materiales presentes en los sondeos, y tomados a partir de los ensayos de laboratorio es de: 7,0%. (Baja)

Por estos conceptos se determina que el suelo presente posee un potencial Bajo de expansión, se recomienda durante el proceso de construcción, no incrementar la humedad del suelo.

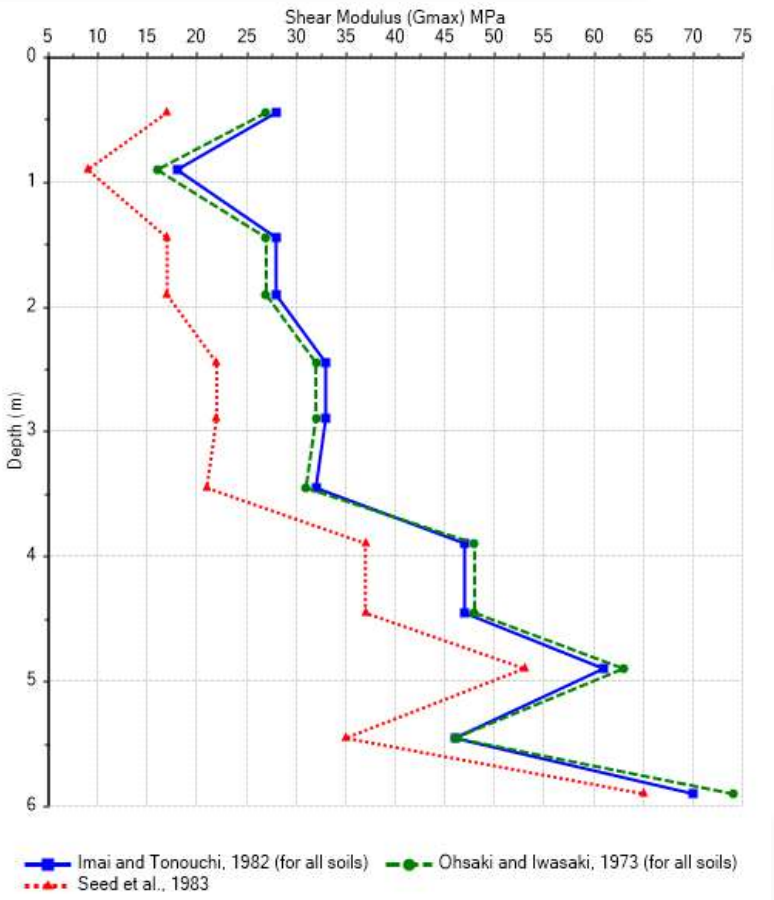
6.7. EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE EFECTOS SÍSMICOS

La caracterización básica del perfil litológico se establece en términos de los valores de velocidad de onda de corte (Vs) con la profundidad y su variación horizontal, hasta el nivel de roca (rechazo en el ensayo SPT), o suelos duros (Vs > 500 m/s) mediante ensayos geofísicos en el terreno. Las aceleraciones sísmicas sufren cambios de magnitud ocasionados por el deposito de suelo, para modelar sísmicamente las estructuras proyectadas, a continuación, se presentan los módulos de corte del deposito de suelo, módulos determinados con base en correlaciones.

6.7.1. Modulo cortante de los materiales en función de la profundidad

Con base en los registros de exploración del sonde 1 y 2 al tratarse de los sondeos más profundos, a continuación, se presentan los módulos cortantes máximos para cada intervalo de profundidad donde fue realizado el ensayo de SPT, determinados con correlaciones.

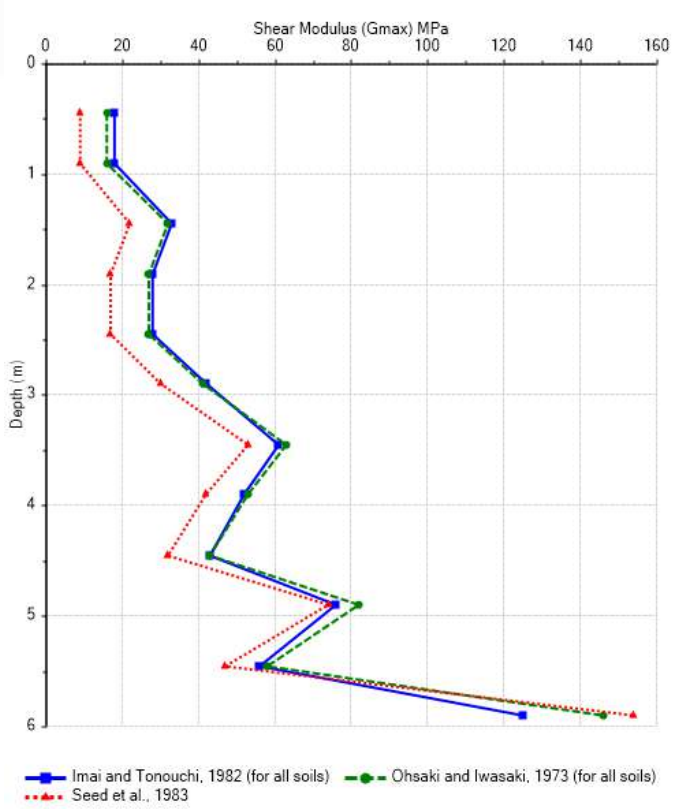
Tabla 37. Resultaos de Gmax del sondeo # 1 en función de la profundidad.



Imai and Tonouchi, 1982 (for all soi		Ohsaki and Iwasaki, 1973 (for all s		Seed et al., 1983	
Depth (m)	**Shear Modulus (Gmax) MPa**	**Depth (m)**	**Shear Modulus (Gmax) MPa**	**Depth (m)**	**Shear Modulus (Gmax) MPa**
0.45	28	0.45	27	0.45	17
0.9	18	0.9	16	0.9	9
1.45	28	1.45	27	1.45	17
1.9	28	1.9	27	1.9	17
2.45	33	2.45	32	2.45	22
2.9	33	2.9	32	2.9	22
3.45	32	3.45	31	3.45	21
3.9	47	3.9	48	3.9	37
4.45	47	4.45	48	4.45	37
4.9	61	4.9	63	4.9	53
5.45	46	5.45	46	5.45	35
5.9	70	5.9	74	5.9	65

Fuente: Elaboración NovoSPT

Tabla 38. Resultaos de Gmax del sondeo # 2 en función de la profundidad.



Ohsaki and Iwasaki, 1973 (for all s		Imai and Tonouchi, 1982 (for all soi		Seed et al., 1983	
Depth (m)	**Shear Modulus (Gmax) MPa**	**Depth (m)**	**Shear Modulus (Gmax) MPa**	**Depth (m)**	**Shear Modulus (Gmax) MPa**
0.45	16	0.45	18	0.45	9
0.9	16	0.9	18	0.9	9
1.45	32	1.45	33	1.45	22
1.9	27	1.9	28	1.9	17
2.45	27	2.45	28	2.45	17
2.9	41	2.9	42	2.9	30
3.45	63	3.45	61	3.45	53
3.9	53	3.9	52	3.9	42
4.45	43	4.45	43	4.45	32
4.9	82	4.9	76	4.9	74
5.45	58	5.45	56	5.45	47
5.9	146	5.9	125	5.9	154

Fuente: Elaboración NovoSPT

Para el Sondeo 1 y 2, se observa que a medida que incrementa la profundidad aumenta el módulo cortante, lo que en términos dinámicos es favorable que las resistencias al corte máximas de estos materiales incrementen y mitiguen la posibilidad de sufrir falla por efectos sísmicos.

6.7.2. Velocidades de onda cortante Vs

Para el presente estudio geotécnico, no se encontró el nivel de la roca y se determinaron suelos blandos con valores de N de campo no superiores a los 26 golpes a profundidades de 6.0 metros.

Se han determinado los valores de velocidad de onda cortante con base en correlaciones y los valores del N de campo, las correlaciones empleadas son las siguientes;

Los valores de velocidad de onda cortante Vs son superiores a 110 m/s a una profundidad de 1.5 metros, correspondiente a la profundidad de cimentación, aunque estas velocidades varían debido a la composición del terreno, las cuales a profundidad de 5.0 a 6.0 metros explorados se encuentran en un rango de 200 m/s a 300 m/s, la composición del perfil del suelo y la presencia de suelo blando genera que las velocidades aumenten lentamente en función de la profundidad.

6.8. EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES

Para estos análisis de estabilidad de taludes resultantes de excavaciones, se evalúan taludes con altura de; 1.0 m y 1.5 m, con inclinación de 70° con respecto a un plano horizontal, estos taludes serán el resultado de excavaciones para la construcción de cimentaciones o tanques enterrados.

Para la presente modelación se empleó el programa de modelación y determinación de los factores de seguridad Slide, del fabricante RockScience, con esto se determinaron los factores de seguridad de las secciones de taludes a intervenir, esta modelación se realiza con las condiciones más críticas; cuando el talud se encuentra saturado y bajo acción sísmica, y adicional la evaluación de la estabilidad de los taludes se hace tomando como referencia los factores de seguridad finales después de cada modelación, estos factores se toman de la norma NSR-10, titulo H.

Tabla 39. Factores Mínimos de Seguridad Según Norma NSR-10.

Condición	Factor de Seguridad	
	Diseño	Construcción
Taludes - Condición Estática y Agua Subterránea Normal	1.5	1.25
Taludes - Condición Seudoestatica con Agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de Diseño	1.05	1.0

Fuente: Tomado de La Norma NSR-10 Titulo H.

El coeficiente sísmico empleado en las modelaciones, se toma con base en la aceleración máxima horizontal registrado por sismógrafos ubicados en

las zonas, durante un evento sísmico se generan dos aceleraciones importantes que, en la mayoría de los casos, afectan la estabilidad de los taludes; la aceleración horizontal y la aceleración vertical, ambos parámetros de aceleración son tenidos en cuenta en la modelación de los taludes.

Tabla 40. Aceleración horizontal máxima del terreno

Ciudad	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica
Rionegro	0.20	0.20	Intermedia

Fuente: Tomado de La Norma NSR-10 Titulo H.

Tomando como referencia la norma NSR-10, emplea la aceleración máxima del terreno (a_{max}), el proyecto se encuentra ubicado en una zona que se clasifica como de amenaza sísmica intermedia, con valor de aceleración máxima de 0.20 g.

Para efectos del análisis y diseño de taludes, se debe emplear la aceleración máxima del terreno, Aa El coeficiente sísmico de diseño para análisis seudoestático de taludes KST tiene valor inferior o igual al de Aa y se admiten los siguientes valores mínimos de Ka, dependiendo del tipo de material térreo (reforzado o no) y del tipo de análisis.

Tabla 41. Valores mínimos para análisis seudoestático de taludes

Material	K_{st}/ a_{max} Mínimo	Análisis de Amplificación Mínimo
Suelos, enrocados y macizos rocosos muy fracturados	0.8	Ninguno

Fuente: Tomado de La Norma NSR-10 Titulo H.

Se aplica una reducción del 0.8 a la aceleración horizontal máxima en el análisis de estabilidad de taludes presentado a continuación.

Para las excavaciones proyectadas para la instalación de los tanques o de cimentaciones, a continuación, se presenta el análisis de estabilidad de los taludes.

Estos taludes son temporales y necesarios para la construcción de tanques enterrados o de cimentaciones, la altura (profundidad de excavación) promedio es de 1.5 metros.

Cálculo de cohesión por medio de capacidad ultima obtenida de correlaciones obtenidas en el software NovoSPT, por medio de los golpes del ensayo SPT.

Tabla 42. Parámetros para modelar taludes

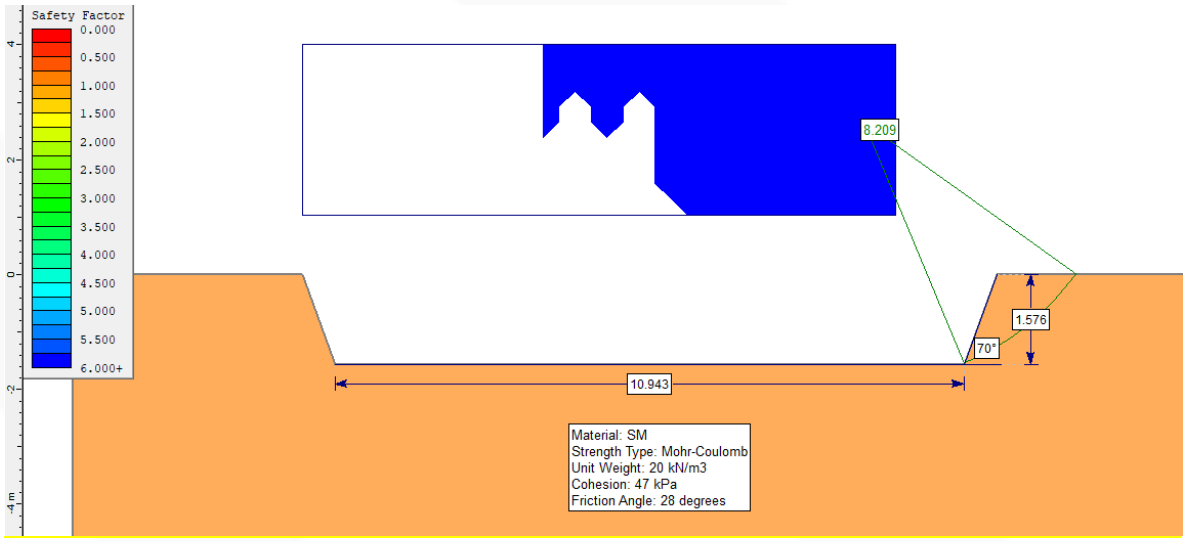
RESUMEN DE PARAMETROS DEL SUELO			
Angulo de fricción (Φ) (°)	Peso especifico gr/cm^3	Clasificación USCS	Cohesión Kn/m^2
28	2.2	SM	47

Fuente: Propia.

Los anteriores parámetros de diseño, son el resultado de ensayos de laboratorio, correlaciones empleadas, estos parámetros geotécnicos son la base para los diseños geotécnicos y estructurales.

6.8.1. Análisis condición estática con Agua Subterránea Normal

Figura 11. Análisis de estabilidad en condición estática



Fuente: Propia.

El Factor de Seguridad mínimo que muestra el modelo, es de 8, superior al mínimo permitido por la norma, lo cual, es recomendable que las excavaciones se hagan a profundidades de 1.5 metros con pendientes de 70° con respecto a un plano horizontal.

6.8.2. Análisis condición seudo estática con Agua Subterránea Normal y coeficiente sísmico

Figura 12. Análisis de estabilidad en condición estática



Fuente: Propia.

El Factor de Seguridad mínimo que muestra el modelo, es de 6.5, superior al mínimo permitido por la norma, lo cual, es recomendable que las excavaciones se hagan a profundidades de 1.5 metros con pendientes de 70° con respecto a un plano horizontal.

6.8.3. Análisis condición seudo estática con Agua Subterránea Normal y coeficiente sísmico

En este numeral se plasman las recomendaciones geotécnicas adicionales al manejo de la superficie de los taludes mostrado en el numeral anterior, estas recomendaciones tienen como propósito minimizar el riesgo de deslizamiento o de la ocurrencia de algún tipo de movimiento en masa, tomando como referencia las medidas más conocidas e implementadas para ello.

Bromhead (1992) (citado por Turnery y Schuster, 1996), planeta como factores desestabilizantes críticos, en orden de importancia como el factor más influyente: la variación de las presiones del agua las cuales están ligadas a la pluviosidad, la infiltración, la escorrentía y su distribución atreves de la masa del suelo.

Como se tienen cortes de talud, estos requieren protegerse contra la erosión y la infiltración de aguas lluvias, empleando bermas de coronación, diques de desviación y bermas de talud, disipadores y otras obras cuyas ventajas y desventajas se muestran a continuación:

Tabla 43. Métodos para el control de la erosión en taludes, Manual de estabilidad de Taludes, instituto Nacional de Vías. INIVIAS

METODOS PARA CONTROL DE LA EROSION EN TALUDES		
TRATAMIENTO	**VENTAJAS**	**DESVENTAJAS**
Drenaje en la cara del talud	Previene la erosión, puede ser temporal o permanente según la finalidad ingenieril del talud, puede ser construido o prolongado a medida que avanza el corte	Requiere obras complementarias para colectar el agua, la construcción permanente no es siempre compatible con otras obras del proyecto, exigen disipadores de energía.
Empradizarían	Da protección inmediata a los taludes, ayuda a proteger áreas vecinas contra sedimentación y turbiedad	Difícil de instalar antes de terminar la excavación debido a la altura a generar, los cespedones de pasto no siempre se consiguen, puede ser muy costosa de acuerdo con el área a empradizar
Recubrimiento (enrocado u otros)	Da protección inmediata para zonas críticas y bajo estructuras, pueden utilizar en elementos fundidos en el sitio o prefabricados	costosos, puede ser difícil la instalación en taludes muy empinados o grandes, puede ser difícil de mantener, requiere sub drenaje eficiente
Berma en la corona del talud	Evitare escurrimiento sobre el talud, conduce el agua al sistema de drenaje, puede ser construida antes de iniciar la excavación.	Cuando el acceso a la corona del talud es difícil, se dificulta la construcción de estas bermas en laderas empinadas o rocosas, la concentración de agua puede requerir canales revestidos y disipadores de energía. Puede promover la infiltración.
Dique o canal interceptor	Corta y conduce el agua a sitios seleccionados reduciendo la erosión potencial, puede ser incorporado al sistema de drenaje permanente.	Dificultades de acceso, requiere de un mantenimiento frecuente si no está revestido, el material puede ser fácil de erodar.
Aterrazamiento	Disminuye la velocidad del agua de escorrentía, colecta sedimentos los cuales requiere ser removidos	Puede originar falla del talud si el agua se infiltra, requiere de cunetas complementarias, requiere terreno adicional, este aterrazamiento no es posible en todos los terrenos, incrementa el volumen de excavación.

	(mantenimiento), permite acceso al talud para empradizacion y mantenimiento, colecta agua hacia el sistema de drenaje o al terreno natural	

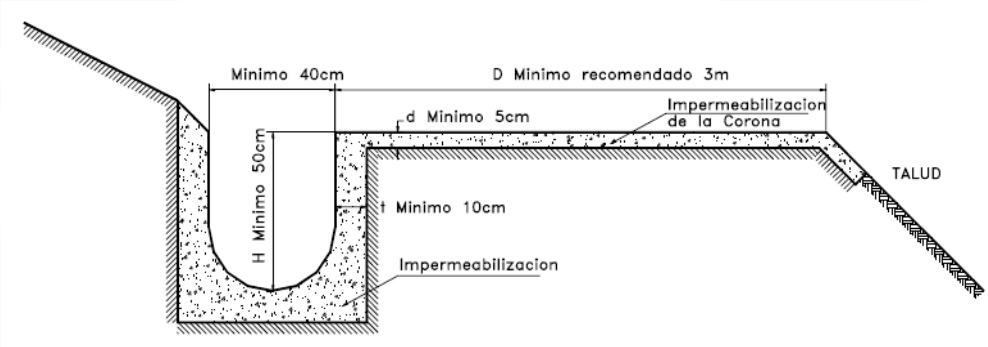
Fuente: tomado de Manual de estabilidad de Taludes, instituto Nacional de Vías. INIVIAS

Acorde a las necesidades en obra, y la disponibilidad de los recursos, el método para controlar la erosión más recomendado es la empradizarían y la ejecución de bermas de coronación, estas obras deben ser ubicadas topográficamente y contar con las siguientes características.

- Zanjas y bermas de coronación, canales y zanjas de desviación:

Cuando se requiere evacuar volúmenes de agua considerables que pueden afectar las excavaciones y los taludes; que se está presentado en este caso, se recurre a las canales de desviación, cuya pendiente del diseño fluctúa entre 0,5 y 5% máximo, cuando la pendiente sea mayor por condiciones topográficas o constructivas, se recomienda revestir el fondo y las paredes con material de mejores propiedades y evitar la socavación, la pendiente debe ser tal que no cause erosión y tampoco la sedimentación, la forma más generalizada para estas obras es trapezoidal, cuando el terreno es estable puede pensarse en una sección rectangular, y la ejecución de estas obras con equipo mecánico pequeño para agilizar los trabajos, la entrega de las aguas de la escorrentía naturales debe, en lo posible, ser tal que forme un ángulo entre 45° y 60° (vista en planta), y obras complementarias como estructuras de bajada, disipadores, saltos, diques, cajas y vertederos. En ocasiones, estas estructuras requieren que sean revestidas con piedra pegada, capa de mortero o lechada de cemento, elementos en concreto prefabricados o fundidos en sitio

Figura 13. Esquema de obra de estabilización, zanjas de coronación y berma.



Fuente: tomado de Manual de estabilidad de Taludes, instituto Nacional de Vías. INIVIAS

Para el manejo de aguas de infiltración, se recomienda la instalación de drenes sub horizontales, durante la visita de campo no se observaron sitios puntuales con exceso de

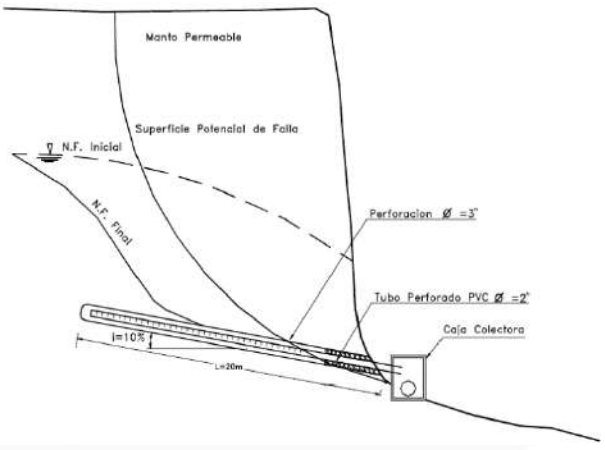
humedad, este método debe ser evaluado en campo durante la realización de los cortes de los taludes.

- Drenes Horizontales:

Los drenes horizontales, constituyen un buen tratamiento preventivo y correctivo para interceptar el agua infiltrada en los rellenos y taludes de corte, esta técnica es la medida de drenaje más económica, y se aplica apropiadamente a los taludes donde se puedan presentar fallas profundas, siendo muy útil en la intersección de acuíferos, antes de que el agua alcance la masa a fallar, con estas estructuras, se logra un abatimiento en el nivel freático dentro de la masa, y por tanto incrementa la resistencia al corte de los materiales, la instalación de estos materiales consiste en la introducción de una tubería PVC, perforadas o ranurada, de 5 a 7 cm de diámetro, dentro de una perforación con equipo mecánico, la tubería se instala con una inclinación de 15%, para favorecer el drenaje por gravedad y puede ser ranurado o perforado, se recomienda la instalación de drenes con geotextil el cual evita la perdida de material fino por las ranuras. Resulta muy eficiente colocar los drenes por lo menos a dos filas en distancias verticales entre ellas geométricamente, dependiendo de las dimensiones del talud, es muy útil instalar drenes en forma radial evita el desplazamiento de los equipos y acelera la evacuación del flujo de agua.

Para la instalación de estos elementos en la conformación de los taludes resultantes de corte, se recomienda instalara drenes únicamente donde se observa agua freática, separados horizontalmente cada 4.0 metros por fila, espaciados verticalmente una fila de la otra de 2.0 metros, como mínimo, longitudes de 8 metros, estos drenes evacuaran el agua presente por debajo de la superficie, forrados con geotextill para evitar la fuga del material fino presente en estrato de suelo.

Figura 14. Empleo de drenes horizontales para evacuar flujo de agua por infiltración



Fuente: tomado de Manual de estabilidad de Taludes, instituto Nacional de Vías. INIVIAS

Debe evitarse la entrega o salida de agua captada por los drenes directamente sobre el talud, esto puede causar problemas de erosión y ablandamiento de suelos, conviene entonces construir bajantes y canales adecuados o prolongar la tubería de los drenes hasta dispositivos de recolección y conducción de agua.

6.9. RECOMENDACIONES PARA LA CONFORMACIÓN DE RELLENOS ESTRUCTURALES

Para la conformación de rellenos y cuando se evidencie cambio en la granulometría del suelo se debe realiza el ensayo de compactación en el laboratorio (Proctor Modificado), este ensayo permitirá determinar la densidad seca máxima (kN/m^3) y la humedad optima (%) de ese nuevo tipo de material

Cuando se cuente con la densidad seca máxima, y con el propósito de verificar que los rellenos han quedado adecuadamente instalados, se debe determinar la densidad en campo, uno de los ensayos más comunes y económicos es el ensayo de densidad de campo con el cono y la arena, dicho ensayo permitirá determinar el grado de compactación del material (Gi), el cual debe ser mayor al 95%.

Para la conformación de rellenos no se permiten la instalación de capas de suelo suelto con espesores mayores a 25 cm, no se permite la presencia de materia orgánica, materia vegetal, escombros, y demás materiales que no clasifiquen como suelos, el CBR mínimo de estos suelos empleados en rellenos debe ser del 6%.

6.10. PARÁMETROS DEL SUELO PARA EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

Para el diseño de muros de contención, sin importar el tipo de muro y el tipo de material que se emplee para la construcción del mismo, en este numeral se presentan los parámetros geotécnicos que el ingeniero especialista en estructuras necesitara para el diseño de los mismos.

Tabla 44. Parámetros para el diseño estructural de muros de contención

Tipo de material	Cohesión (kN/m^2)	Angulo de fricción (°)	Peso Unitario (kN/m^3)	Angulo fricción suelo estructura	Profundidad de implantación (Df) (m)	Capacidad portante
Suelo de apoyo (SM)	47	28	20	18	Mínimo 1.0	80 t/m^2

Suelo de relleno (Granular INVE 220-13)	0	32	20	21	Superficial, dependiendo del grado de compactación.	Mayor, dependiendo del grado de compactación.

Fuente: Propia.

Los materiales que se empleen en la construcción de rellenos para estructuras deberán porvenir de materiales de fuentes adecuadas, el material aceptable debe estar libre de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales; tampoco tendrán características expansivas ni colapsables, tomadas de la especificación 610-13, tabla 610-13.

Esta evaluación se debe hacer del material que sea traído al proyecto y antes de ser instalado.

Ensayo de Laboratorio	610-2013 (Rellenos estructurales)
Tamaño máximo (mm)	75
Porcentaje que pasa el tamiz N°10 (%) máximo:	80
Porcentaje que pasa el tamiz N°200 (%), maximo:	25
Límite líquido máximo (%);	40
Índice de plasticidad máximo (%):	15
CBR de laboratorio %	10
Expansión en prueba de CBR %	2

7. RESULTADOS

El proyecto se encuentra ubicado sobre un estrato de arenas limosas color marrón con tonalidades claras y rojizas, de humedad media y plasticidad baja. Las profundidades de las (3) tres exploraciones fueron de 6.0, 6.0 y 5.0 metros para los respectivos sondeos 1, 2 y 3.

Tras la ejecución del ensayo los materiales presentan consistencia semisólida, de acuerdo a los valores de humedad por debajo del límite plástico, Se observó nivel freático en las tres exploraciones a profundidad de 4.0 metros a los 6.0 metros explorados en el sondeo 1, respecto al sondeo 2 se encontró a partir de los 3.0 metros y para el sondeo 3 a los 4.0 metros el cual se evidencio hasta el final de la exploración (6.0 y 5.0 metros respectivamente) en el área donde se ubicará la nueva planta de potabilización compacta. Se realizaron ensayos de clasificación; granulometría, límites de Atterberg, humedad de los

materiales, consolidación unidimensional y expansión libre, de los cuales se puede concluir que el material presente tiene compresibilidad media, los suelos clasifican como materiales granulares (SM), y presentan un buen comportamiento frente a las cargas proyectadas debido a su alta densidad en los estratos superficiales y al contenido de arenas de compacidad rígidas.

El perfil de suelo existente en el sitio del estudio se clasifica como perfil tipo E, los valores de las velocidades de corte se encuentran entre 110 y 150 m/s en promedio, los valores de N de capo se encuentran entre 4 y 8 golpes/pie, suelos de compacidad alta. El tipo de suelo escogido con el criterio de manejar valores conservadores.

Los materiales presentes, por ser materiales predominantemente arenas limosas y con base a los resultados del N de campo, los suelos de fundación (superficiales) poseen una compacidad alta, la cual aproximadamente posee una resistencia a la compresión no confinada de hasta 26.67 Ton/m^2.

Las cargas admisibles de los tres sondeos realizados cuyo factor de seguridad fue de 3, se escoge un Qadm de 37 t/m^2 según los resultados de laboratorio y teniendo en cuenta que es un valor conservador suficiente para las cargas proyectadas.

Resumen asentamientos:

Tipo de asentamiento	Asentamiento (mm)	Asentamiento (cm)
Inmediato manual	131.49	13.149
Consolidación manual	4.4	0.44
(Se) TOTAL	135.9	13.59

Asentamiento máximo para una carga máxima de 88 Ton/m^2 es de 131.49 milímetros, el valor del módulo de elasticidad se toma conservador para suelos de consistencia blanda.

Los asentamientos totales (Consolidación + Inmediatos) presentes en la zona de la futura construcción son de 13.59 cm.

Observando las figuras 9 y 10, se determina que los depósitos de suelo presentes en esta zona del proyecto, no son susceptibles a licuación.

El suelo presente posee un potencial Bajo de expansión, se recomienda durante el proceso de construcción, no incrementar la humedad del suelo.

Para el Sondeo 1 y 2, se observa que a medida que incrementa la profundidad aumenta el módulo cortante, lo que en términos dinámicos es favorable que las resistencias al corte máximas de estos materiales incrementen y mitiguen la posibilidad de sufrir falla por efectos sísmicos.

Los valores de velocidad de onda cortante Vs son superiores a 110 m/s a una profundidad de 1.5 metros, correspondiente a la profundidad de cimentación, aunque estas velocidades varían debido a la composición del terreno, las cuales a profundidad de 5.0 a 6.0 metros explorados se encuentran en un rango de 200 m/s a 300 m/s, la composición del perfil del suelo y la presencia de suelo blando genera que las velocidades aumenten lentamente en función de la profundidad.

El Factor de Seguridad mínimo que muestra el modelo (figura 11) condición estática con Agua Subterránea Normal, es de 8, superior al mínimo permitido por la norma, lo cual, es recomendable que las excavaciones se hagan a profundidades de 1.5 metros con pendientes de 70° con respecto a un plano horizontal.

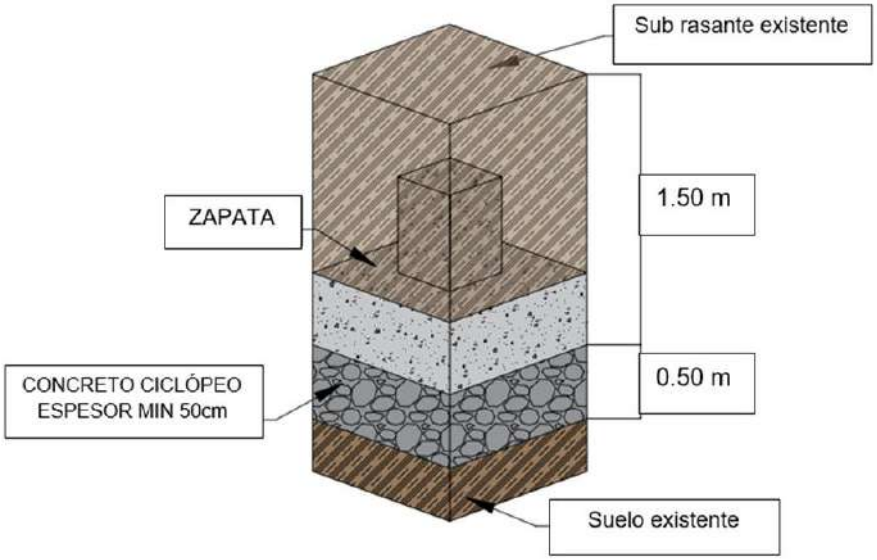
El Factor de Seguridad mínimo que muestra el modelo (figura 12) condición seudo estática con Agua Subterránea Normal y coeficiente sísmico, es de 6.5, superior al mínimo permitido por la norma, lo cual, es recomendable que las excavaciones se hagan a profundidades de 1.5 metros con pendientes de 70° con respecto a un plano horizontal.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda la supervisión por parte de un ingeniero de suelos, en la ejecución de los elementos de fundación.

Para la estratigrafía presente en el sitio, y el tipo de estructura a intervenirse, se recomienda la instalación de cimientos superficiales aislados con vigas de amarre, las propiedades de resistencia del suelo tomadas a partir del ensayo de SPT, dan valores de 4-8 golpes/pie a una profundidad de 1.0 a 2.0 metros en promedio, esto clasifica al material con buenas propiedades de resistencia frente a esfuerzos de compresión, tomando como referencia las cargas proyectadas de la edificación, se deduce que no se requiere de una cimentación profunda o de alguna intervención especial a la cimentación, pero se recomienda una capa de concreto ciclópeo en la base de la zapata de 0,50 m.

Se recomienda implantar la cimentación a una profundidad de 1.50 metros, donde se encuentra estratos de arenas limosas con un valor del N de campo de 4 - 8 golpes/pie, los anchos del cimiento cuadrado que se evalúan van desde 1.0 metro hasta 2.0 metros.



La ubicación de las exploraciones de campo se hizo por medio de investigaciones puntuales, ubicadas sobre el terreno a nivel de anteproyecto, es posible que en el proyecto final exista algún desplazamiento en la ubicación de los apoyos u otros elementos estructurales, por lo que pueden presentarse pequeñas discrepancias en la profundidad de los estratos definidos con relación a la obtenido en los sondeos.

Para el manejo de aguas de infiltración, se recomienda la instalación de drenes sub horizontales, durante la visita de campo no se observaron sitios puntuales con exceso de humedad, este método debe ser evaluado en campo durante la realización de los cortes de los taludes.

Para la instalación de drenes horizontales en la conformación de los taludes resultantes de corte, se recomienda instalara drenes únicamente donde se observa agua freática, separados horizontalmente cada 4.0 metros por fila, espaciados verticalmente una fila de la otra de 2.0 metros, como mínimo, longitudes de 8 metros, estos drenes evacuaran el agua presente por debajo de la superficie, forrados con geotextill para evitar la fuga del material fino presente en estrato de suelo.

Los materiales que se empleen en la construcción de rellenos para estructuras deberán porvenir de materiales de fuentes adecuadas, el material aceptable debe estar libre de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales; tampoco tendrán características expansivas ni colapsables, tomadas de la especificación 610-13, tabla 610-13.

Si durante los trabajos de construcción se observa que las condiciones del suelo han variado con respecto a las descritas en este informe, informar al especialista de suelos del

proyecto, en todos los casos, si las condiciones de resistencia del suelo son inferiores a las mencionadas en este documento, se debe contemplar un concreto clase G para cualquier tipo de mejoramiento. Es fundamental no alterar el contenido de humedad del suelo.

9. BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). Titulo A: Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente. Titulo H: Estudios Geotécnicos, 2010.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Estudio general de amenaza sísmica de Colombia, AIS, 2009.

IDRISS, I. M. y BOULANGER, R.W. Soil liquefaction during Earthquakes. Earthquake Engineering Research Institute (EERI), MNO-12. 2008.

MEYERHOF, Geoffrey. G. Bearing Capacity and Settlement Of Pile Foundations, Journal Of The Geotechnical Engineering Division, American Society of Civil Engineers, Vol. 102, No GT3. 1976.

DAS, B. M. Principios de Ingeniería de Cimentaciones. California State University, Sacramento. 7 ed. 2012.

DAS, B. M. Fundamentos De Ingeniería Geotécnica. California State University, Sacramento. 2001.

Geoportal del DANE Geovisor CNPV 2018

METEOBLUE. Archivo meteorológico Rionegro, 2020

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Atlas geológico de Colombia municipio Rionegro.

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA de 9.600 km2 de la serranía de san lucas: planchas 55 (el banco), 64 (barranco de loba), 85 (simití) y 96 (bocas del rosario): aporte al conocimiento de su evolución geológica

10. ANEXOS

RESULTADOS DE LABORATORIO.

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD INV E-122-13	Versión
		LAB-01-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**	**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**	Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA	1		
No de Muestra	2		
Profundidad (m)	1,00 a 2,00		
Capsula No.	13		
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)	153,00		
Peso cápsula + suelo seco W2(g)	139,00		
Peso cápsula (g)	53,00		
Peso agua (g)	14,0		
Peso suelo seco (g)	86,0		
Humedad W (%)	16,3		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

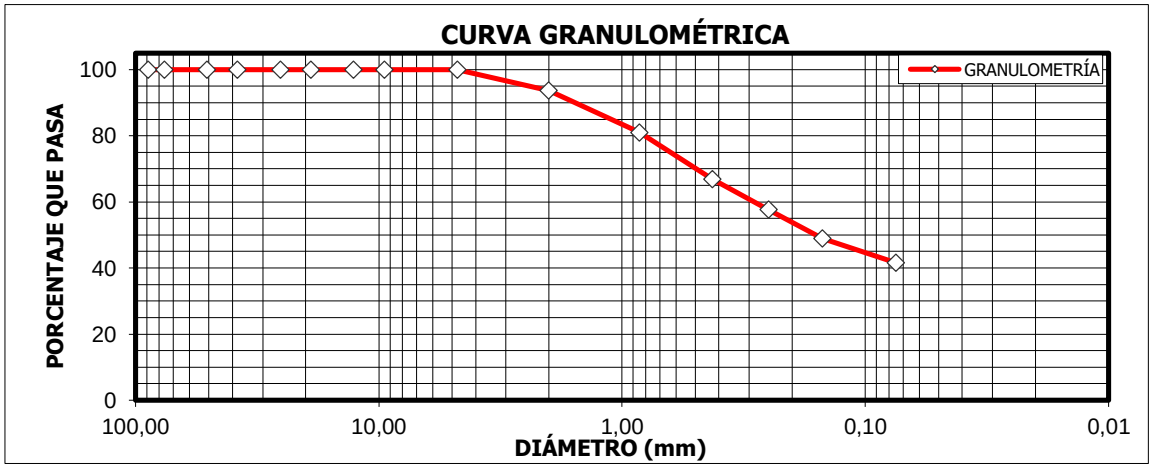
Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS INV E-213-13	Versión LAB-03-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**		**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**		Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**	**Profundidad:**		**1,00 a 2,00**
Apique/Sondeo:	**S1**	**Coordenadas**	**N:**	**7°36'41.37"**
Descripción:	**Muestra #2**		**O:**	**73°38'22.61"**

PESO MUESTRA SECA (g) P1: 206
PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ Nº 200 (g)P2: 120

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO			PASA (%)
		PARCIAL (gr)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	REAL
3 1/2"	88,9	0	0,00	0,0	100
3"	76,2	0,0	0,00	0,0	100
2"	50,8	0,0	0,00	0,0	100
1 1/2"	38,1	0,0	0,00	0,0	100
1"	25,4	0,0	0,00	0,0	100
3/4"	19,05	0,0	0,00	0,0	100
1/2"	12,7	0,0	0,00	0,0	100
3/8"	9,51	0,0	0,00	0,0	100
N4	4,76	0,0	0,00	0,0	100
N10	2,00	13,0	6,33	6,3	94
N20	0,850	26,0	12,65	19,0	81
N40	0,425	29,0	14,11	33,1	67
N60	0,250	19,0	9,25	42,3	58
N100	0,150	18,0	8,76	51,1	49
N200	0,075	15,0	7,30	58,4	42
FONDO	…..	85,5	41,61	100,0	0



Coeficiente de Uniformidad Cu: NA
Coeficiente de Curvatura Cc: NA
Clasificación SUCS: SM

% de Gravas: 0,00
% de Arenas: 58,39
% de Finos: 41,61

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD INV E-122-13	Versión
		LAB-01-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**	**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**	Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA	1		
No de Muestra	4		
Profundidad (m)	3,00 a 4,00		
Capsula No.	34		
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)	158,00		
Peso cápsula + suelo seco W2(g)	142,00		
Peso cápsula (g)	35,00		
Peso agua (g)	16,0		
Peso suelo seco (g)	107,0		
Humedad W (%)	15,0		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

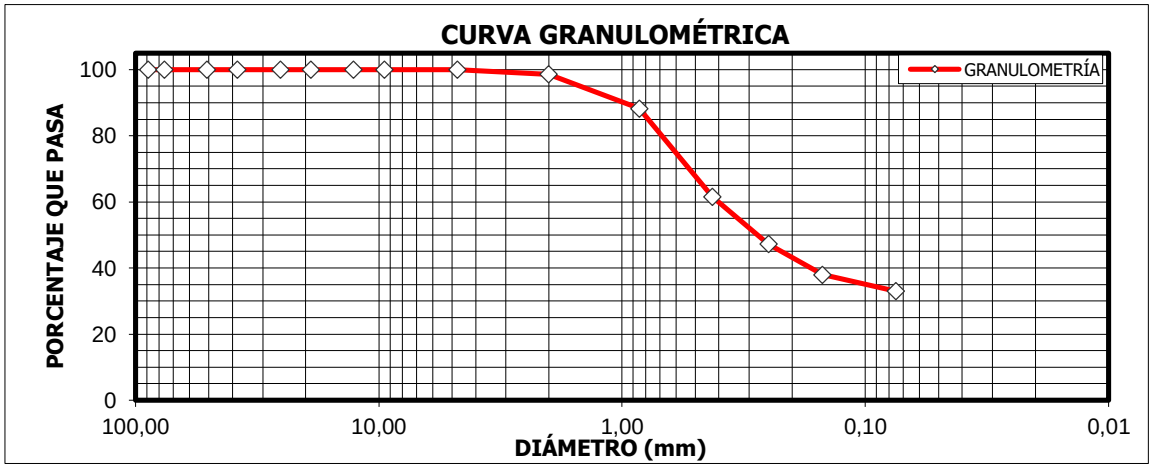
Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS INV E-213-13	Versión LAB-03-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**		**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**		Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**	**Profundidad:**		**3,00 a 4,00**
Apique/Sondeo:	**S1**	**Coordenadas**	**N:**	**7°36'41.37"**
Descripción:	**Muestra #4**		**O:**	**73°38'22.61"**

PESO MUESTRA SECA (g) P1: 442
PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ Nº 200 (g)P2: 296

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO			PASA (%)
		PARCIAL (gr)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	REAL
3 1/2"	88,9	0	0,00	0,0	100
3"	76,2	0,0	0,00	0,0	100
2"	50,8	0,0	0,00	0,0	100
1 1/2"	38,1	0,0	0,00	0,0	100
1"	25,4	0,0	0,00	0,0	100
3/4"	19,05	0,0	0,00	0,0	100
1/2"	12,7	0,0	0,00	0,0	100
3/8"	9,51	0,0	0,00	0,0	100
N4	4,76	0,0	0,00	0,0	100
N10	2,00	6,0	1,36	1,4	99
N20	0,850	46,0	10,41	11,8	88
N40	0,425	118,0	26,71	38,5	62
N60	0,250	63,0	14,26	52,7	47
N100	0,150	41,0	9,28	62,0	38
N200	0,075	22,0	4,98	67,0	33
FONDO	…..	145,7	32,99	100,0	0



Coeficiente de Uniformidad Cu: NA
Coeficiente de Curvatura Cc: NA
Clasificación SUCS: SM

% de Gravas: 0,00
% de Arenas: 67,01
% de Finos: 32,99

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD INV E-122-13	Versión
		LAB-01-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**	**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**	Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA	1		
No de Muestra	5		
Profundidad (m)	4,00 a 5,00		
Capsula No.	30		
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)	155,00		
Peso cápsula + suelo seco W2(g)	138,00		
Peso cápsula (g)	36,00		
Peso agua (g)	17,0		
Peso suelo seco (g)	102,0		
Humedad W (%)	16,7		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

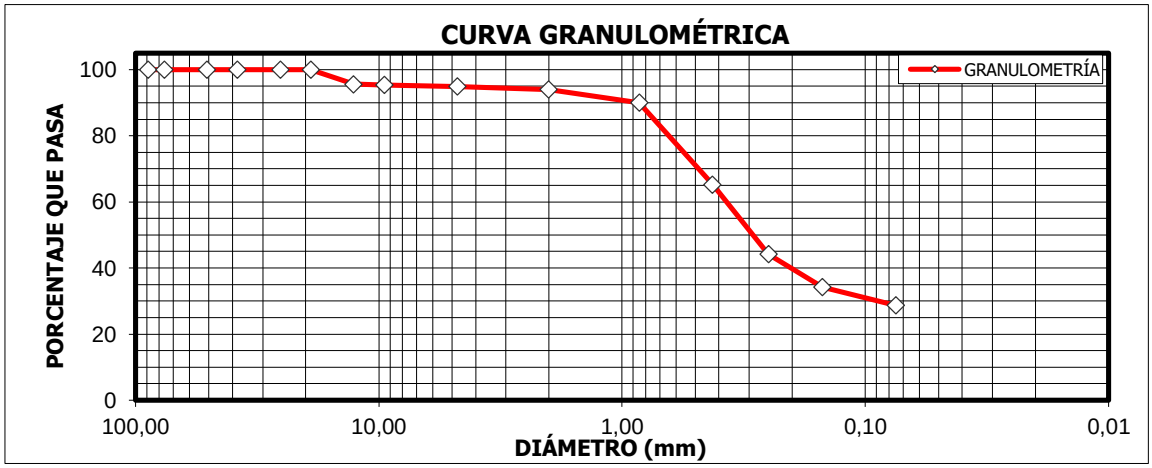
Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS INV E-213-13	Versión LAB-03-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**		**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**		Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**	**Profundidad:**		**4,00 a 5,00**
Apique/Sondeo:	**S1**	**Coordenadas**	**N:**	**7°36'41.37"**
Descripción:	**Muestra #5**		**O:**	**73°38'22.61"**

PESO MUESTRA SECA (g) P1: 432
PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ Nº 200 (g)P2: 308

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO			PASA (%)
		PARCIAL (gr)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	REAL
3 1/2"	88,9	0	0,00	0,0	100
3"	76,2	0,0	0,00	0,0	100
2"	50,8	0,0	0,00	0,0	100
1 1/2"	38,1	0,0	0,00	0,0	100
1"	25,4	0,0	0,00	0,0	100
3/4"	19,05	0,0	0,00	0,0	100
1/2"	12,7	19,0	4,40	4,4	96
3/8"	9,51	1,0	0,23	4,6	95
N4	4,76	2,0	0,46	5,1	95
N10	2,00	4,0	0,93	6,0	94
N20	0,850	17,0	3,94	10,0	90
N40	0,425	107,0	24,78	34,7	65
N60	0,250	91,0	21,07	55,8	44
N100	0,150	43,0	9,96	65,8	34
N200	0,075	24,0	5,56	71,3	29
FONDO	…..	123,9	28,68	100,0	0



Coeficiente de Uniformidad Cu: NA
Coeficiente de Curvatura Cc: NA
Clasificación SUCS: SM

% de Gravas: 5,09
% de Arenas: 66,22
% de Finos: 28,68

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD INV E-122-13	Versión
		LAB-01-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**	**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**	Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA	1		
No de Muestra	6		
Profundidad (m)	5,00 a 6,00		
Capsula No.	27		
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)	155,00		
Peso cápsula + suelo seco W2(g)	137,00		
Peso cápsula (g)	38,00		
Peso agua (g)	18,0		
Peso suelo seco (g)	99,0		
Humedad W (%)	18,2		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

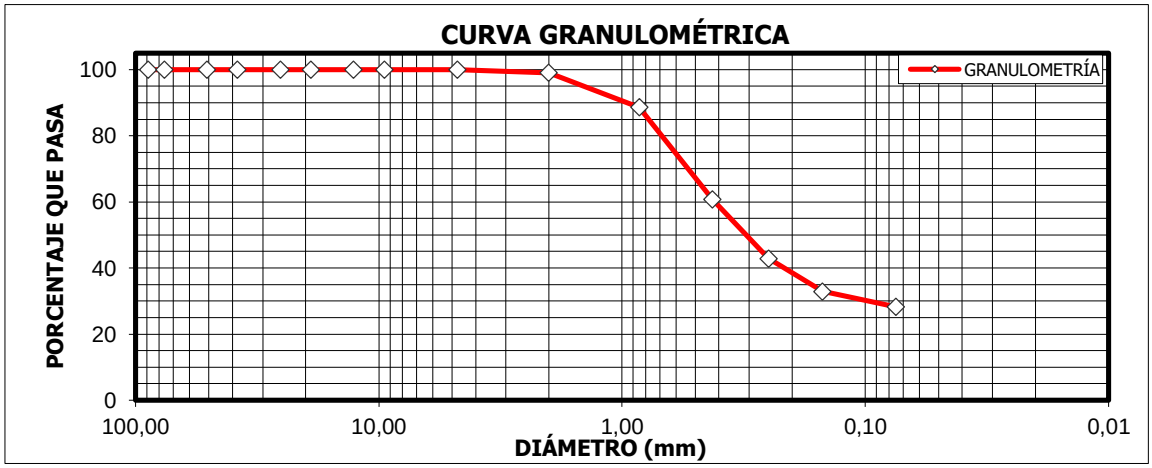
Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS INV E-213-13	Versión LAB-03-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**		**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**		Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**	**Profundidad:**		**5,00 a 6,00**
Apique/Sondeo:	**S1**	**Coordenadas**	**N:**	**7°36'41.43"**
Descripción:	**Muestra #6**		**O:**	**73°38'22.38"**

PESO MUESTRA SECA (g) P1: 431
PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ Nº 200 (g)P2: 310

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO			PASA (%)
		PARCIAL (gr)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	REAL
3 1/2"	88,9	0	0,00	0,0	100
3"	76,2	0,0	0,00	0,0	100
2"	50,8	0,0	0,00	0,0	100
1 1/2"	38,1	0,0	0,00	0,0	100
1"	25,4	0,0	0,00	0,0	100
3/4"	19,05	0,0	0,00	0,0	100
1/2"	12,7	0,0	0,00	0,0	100
3/8"	9,51	0,0	0,00	0,0	100
N4	4,76	0,0	0,00	0,0	100
N10	2,00	4,0	0,93	0,9	99
N20	0,850	45,0	10,45	11,4	89
N40	0,425	120,0	27,87	39,2	61
N60	0,250	77,0	17,88	57,1	43
N100	0,150	43,0	9,99	67,1	33
N200	0,075	20,0	4,64	71,8	28
FONDO	…..	121,6	28,24	100,0	0



Coeficiente de Uniformidad Cu: NA
Coeficiente de Curvatura Cc: NA
Clasificación SUCS: SM

% de Gravas: 0,00
% de Arenas: 71,76
% de Finos: 28,24

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD INV E-122-13	Versión
		LAB-01-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**	**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**	Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA	2		
No de Muestra	1		
Profundidad (m)	0,00 a 1,00		
Capsula No.	28		
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)	148,00		
Peso cápsula + suelo seco W2(g)	132,00		
Peso cápsula (g)	35,00		
Peso agua (g)	16,0		
Peso suelo seco (g)	97,0		
Humedad W (%)	16,5		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

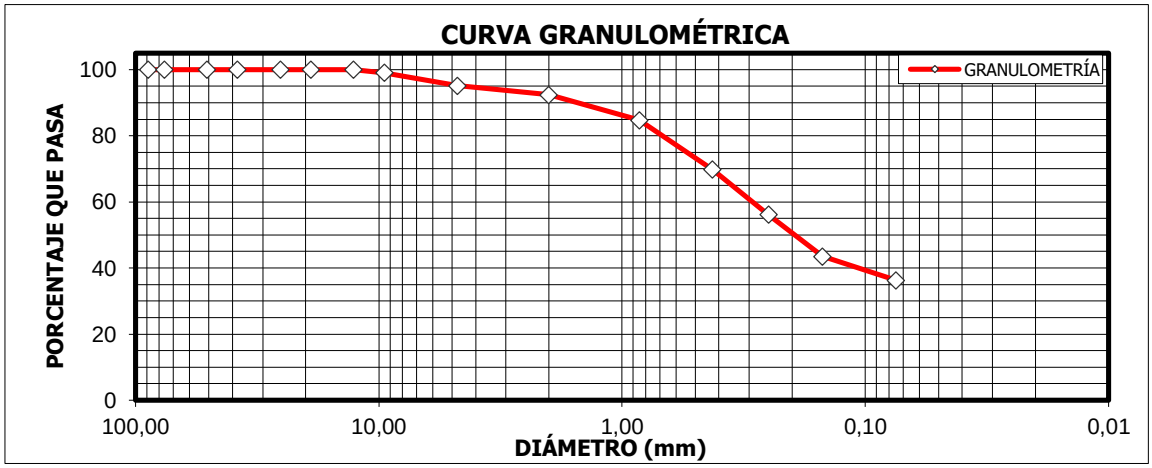
Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS INV E-213-13	Versión LAB-03-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**		**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**		Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**	**Profundidad:**		**0,00 a 1,00**
Apique/Sondeo:	**S2**	**Coordenadas**	**N:**	**7°36'41.43"**
Descripción:	**Muestra #1**		**O:**	**73°38'22.38"**

PESO MUESTRA SECA (g) P1: 433
PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ Nº 200 (g)P2: 276

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO			PASA (%)
		PARCIAL (gr)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	REAL
3 1/2"	88,9	0	0,00	0,0	100
3"	76,2	0,0	0,00	0,0	100
2"	50,8	0,0	0,00	0,0	100
1 1/2"	38,1	0,0	0,00	0,0	100
1"	25,4	0,0	0,00	0,0	100
3/4"	19,05	0,0	0,00	0,0	100
1/2"	12,7	0,0	0,00	0,0	100
3/8"	9,51	4,0	0,92	0,9	99
N4	4,76	17,0	3,92	4,8	95
N10	2,00	12,0	2,77	7,6	92
N20	0,850	33,0	7,61	15,2	85
N40	0,425	65,0	15,00	30,2	70
N60	0,250	59,0	13,61	43,8	56
N100	0,150	55,0	12,69	56,5	43
N200	0,075	31,0	7,15	63,7	36
FONDO	…..	157,5	36,33	100,0	0



Coeficiente de Uniformidad Cu: NA
Coeficiente de Curvatura Cc: NA
Clasificación SUCS: SM

% de Gravas: 4,84
% de Arenas: 58,83
% de Finos: 36,33

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD INV E-122-13	Versión
		LAB-01-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**	**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**	Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA	2		
No de Muestra	2		
Profundidad (m)	1,00 a 2,00		
Capsula No.	31		
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)	148,00		
Peso cápsula + suelo seco W2(g)	133,00		
Peso cápsula (g)	36,00		
Peso agua (g)	15,0		
Peso suelo seco (g)	97,0		
Humedad W (%)	15,5		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

Observaciones:

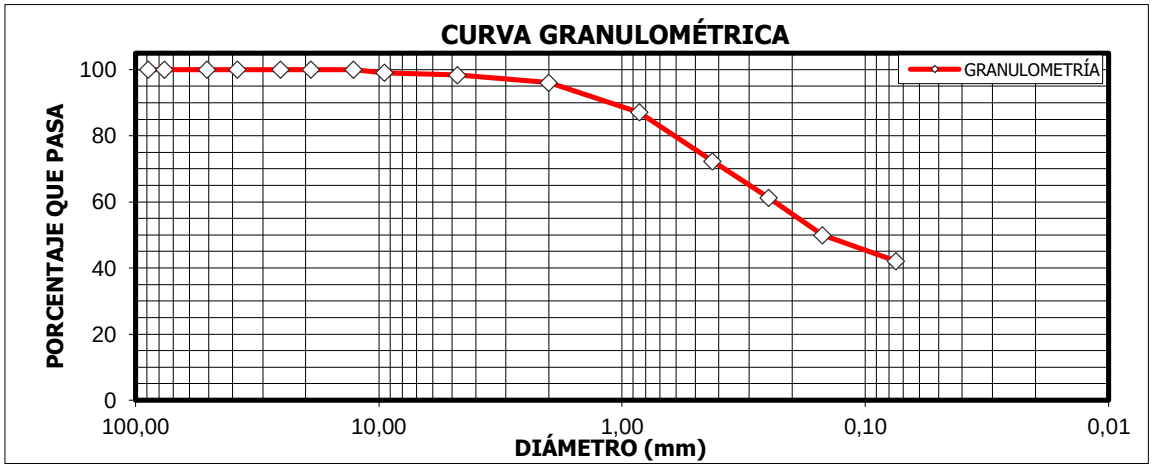
Sebastian Aguillon
Laboratorista

Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S			
	NIT: 900922834-7			
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS INV E-213-13			Versión
				LAB-03-2019
Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**		**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**		Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**	**Profundidad:**		**1,00 a 2,00**
Apique/Sondeo:	**S2**	**Coordenadas**	**N:**	**7°36'41.43"**
Descripción:	**Muestra #2**		**O:**	**73°38'22.38"**

PESO MUESTRA SECA (g) P1: 434
PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ Nº 200 (g)P2: 251

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO			PASA (%)
		PARCIAL (gr)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	REAL
3 1/2"	88,9	0	0,00	0,0	100
3"	76,2	0,0	0,00	0,0	100
2"	50,8	0,0	0,00	0,0	100
1 1/2"	38,1	0,0	0,00	0,0	100
1"	25,4	0,0	0,00	0,0	100
3/4"	19,05	0,0	0,00	0,0	100
1/2"	12,7	0,0	0,00	0,0	100
3/8"	9,51	4,0	0,92	0,9	99
N4	4,76	3,0	0,69	1,6	98
N10	2,00	10,0	2,31	3,9	96
N20	0,850	39,0	8,99	12,9	87
N40	0,425	64,0	14,75	27,7	72
N60	0,250	48,0	11,07	38,7	61
N100	0,150	49,0	11,30	50,0	50
N200	0,075	34,0	7,84	57,9	42
FONDO	…..	182,8	42,13	100,0	0



Coeficiente de Uniformidad Cu: NA
Coeficiente de Curvatura Cc: NA
Clasificación SUCS: SM

% de Gravas: 1,61
% de Arenas: 56,25
% de Finos: 42,13

Observaciones:

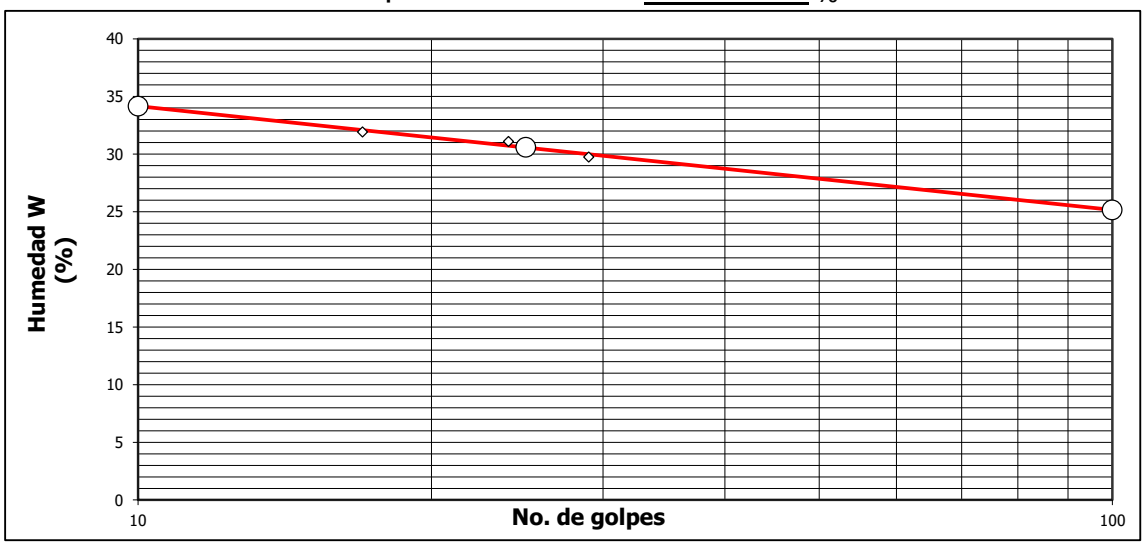
Sebastian Aguillon
Laboratorista

Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S			
	NIT: 900922834-7			
	DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD INV E-125/126-13			Versión
				LAB-02-2019
Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**		**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**		Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**	**Profundidad:**		**1,00 a 2,00**
Apique/Sondeo:	**S2**	**Coordenadas**	**N:**	**7°36'41.43"**
Descripción:	**Muestra #2**		**O:**	**73°38'22.38"**

LIMITE LIQUIDO			
PRUEBA Nº	1	2	3
CAPSULA Nº	5	9	3
Nº DE GOLPES	17	24	29
	1,23	1,38	1,46
CAPSULA+ SUELO HUMEDO (g)	28,40	27,20	27,20
CAPSULA + SUELO SECO (g)	25,30	24,40	24,70
PESO CAPSULA (g)	15,60	15,4	16,3
PESO AGUA (g)	3,10	2,80	2,50
PESO SUELO SECO(g)	9,70	9,00	8,40
CONTENIDO DE AGUA (%)	31,96	31,11	29,76
LIMITE PLASTICO			
PRUEBA Nº	1	2	
CAPSULA Nº	35	29	
CAPSULA+ SUELO HUMEDO (g)	18,90	18,70	
CAPSULA + SUELO SECO (g)	17,00	16,80	
PESO CAPSULA (g)	8,90	8,9	
PESO AGUA (g)	1,90	1,90	
PESO SUELO SECO(g)	8,10	7,90	
CONTENIDO DE AGUA (%)	23,46	24,05	

Límite Líquido: 31 %
Límite plástico: 24 %
Índice de plasticidad: 7 %



Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S		
	NIT: 900922834-7		
	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD INV E-122-13		Versión
			LAB-01-2019
Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**	**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**	Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA	2		
No de Muestra	3		
Profundidad (m)	2,00 a 3,00		
Capsula No.	35		
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)	158,00		
Peso cápsula + suelo seco W2(g)	140,00		
Peso cápsula (g)	35,00		
Peso agua (g)	18,0		
Peso suelo seco (g)	105,0		
Humedad W (%)	17,1		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

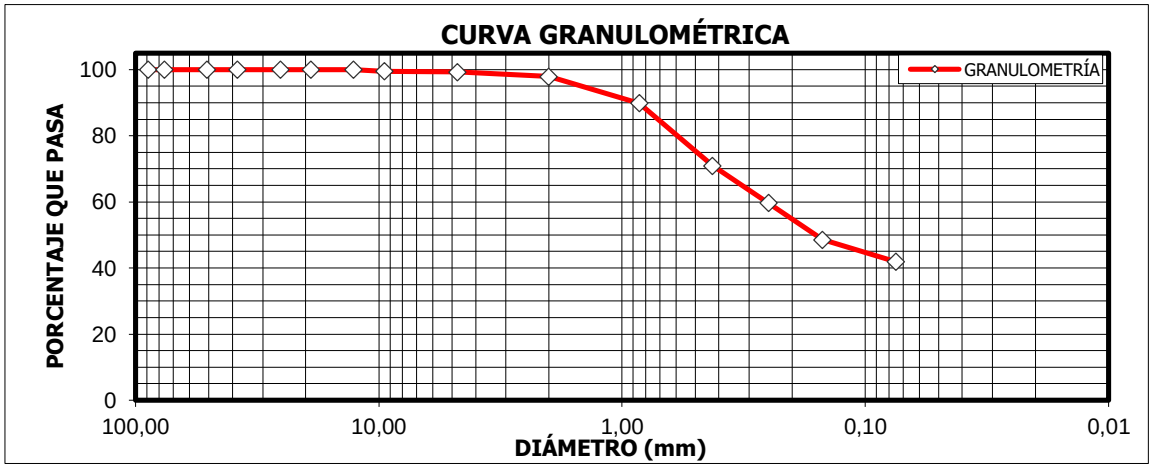
Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS INV E-213-13	Versión LAB-03-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**		**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**		Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**	**Profundidad:**		**2,00 a 3,00**
Apique/Sondeo:	**S2**	**Coordenadas**	**N:**	**7°36'41.43"**
Descripción:	**Muestra #3**		**O:**	**73°38'22.38"**

PESO MUESTRA SECA (g) P1: 434
PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ Nº 200 (g)P2: 252

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO			PASA (%)
		PARCIAL (gr)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	REAL
3 1/2"	88,9	0	0,00	0,0	100
3"	76,2	0,0	0,00	0,0	100
2"	50,8	0,0	0,00	0,0	100
1 1/2"	38,1	0,0	0,00	0,0	100
1"	25,4	0,0	0,00	0,0	100
3/4"	19,05	0,0	0,00	0,0	100
1/2"	12,7	0,0	0,00	0,0	100
3/8"	9,51	2,0	0,46	0,5	100
N4	4,76	1,0	0,23	0,7	99
N10	2,00	6,0	1,38	2,1	98
N20	0,850	35,0	8,07	10,1	90
N40	0,425	82,0	18,90	29,0	71
N60	0,250	49,0	11,30	40,3	60
N100	0,150	48,0	11,06	51,4	49
N200	0,075	29,0	6,68	58,1	42
FONDO	…..	181,8	41,91	100,0	0



Coeficiente de Uniformidad Cu: NA
Coeficiente de Curvatura Cc: NA
Clasificación SUCS: SM

% de Gravas: 0,69
% de Arenas: 57,40
% de Finos: 41,91

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD INV E-122-13	Versión
		LAB-01-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**	**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**	Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA	2		
No de Muestra	4		
Profundidad (m)	3,00 a 4,00		
Capsula No.	19		
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)	168,00		
Peso cápsula + suelo seco W2(g)	149,00		
Peso cápsula (g)	52,00		
Peso agua (g)	19,0		
Peso suelo seco (g)	97,0		
Humedad W (%)	19,6		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

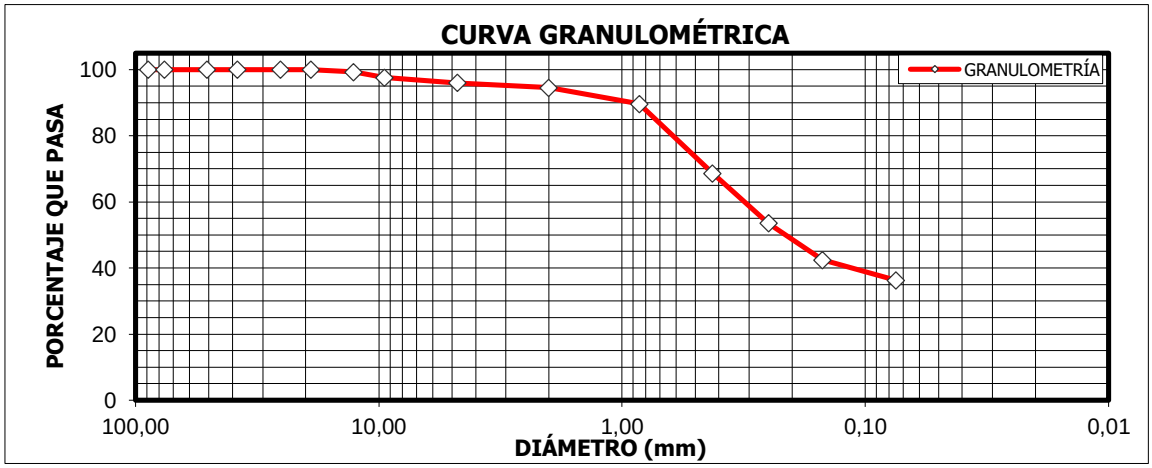
Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S		
	NIT: 900922834-7		
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS INV E-213-13		Versión LAB-03-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**		**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**		Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**	**Profundidad:**		**3,00 a 4,00**
Apique/Sondeo:	**S2**	**Coordenadas**	**N:**	**7°36'41.43"**
Descripción:	**Muestra #4**		**O:**	**73°38'22.38"**

PESO MUESTRA SECA (g) P1: 424
PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ Nº 200 (g)P2: 270

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO			PASA (%)
		PARCIAL (gr)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	REAL
3 1/2"	88,9	0	0,00	0,0	100
3"	76,2	0,0	0,00	0,0	100
2"	50,8	0,0	0,00	0,0	100
1 1/2"	38,1	0,0	0,00	0,0	100
1"	25,4	0,0	0,00	0,0	100
3/4"	19,05	0,0	0,00	0,0	100
1/2"	12,7	3,0	0,71	0,7	99
3/8"	9,51	7,0	1,65	2,4	98
N4	4,76	7,0	1,65	4,0	96
N10	2,00	6,0	1,42	5,4	95
N20	0,850	21,0	4,95	10,4	90
N40	0,425	89,0	20,99	31,4	69
N60	0,250	64,0	15,10	46,5	54
N100	0,150	47,0	11,09	57,6	42
N200	0,075	26,0	6,13	63,7	36
FONDO	…..	153,9	36,31	100,0	0



Coeficiente de Uniformidad Cu: NA
Coeficiente de Curvatura Cc: NA
Clasificación SUCS: SM

% de Gravas: 4,01
% de Arenas: 59,68
% de Finos: 36,31

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD INV E-122-13	Versión
		LAB-01-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**	**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**	Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA	2		
No de Muestra	5		
Profundidad (m)	4,00 a 5,00		
Capsula No.	32		
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)	150,00		
Peso cápsula + suelo seco W2(g)	133,00		
Peso cápsula (g)	36,00		
Peso agua (g)	17,0		
Peso suelo seco (g)	97,0		
Humedad W (%)	17,5		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

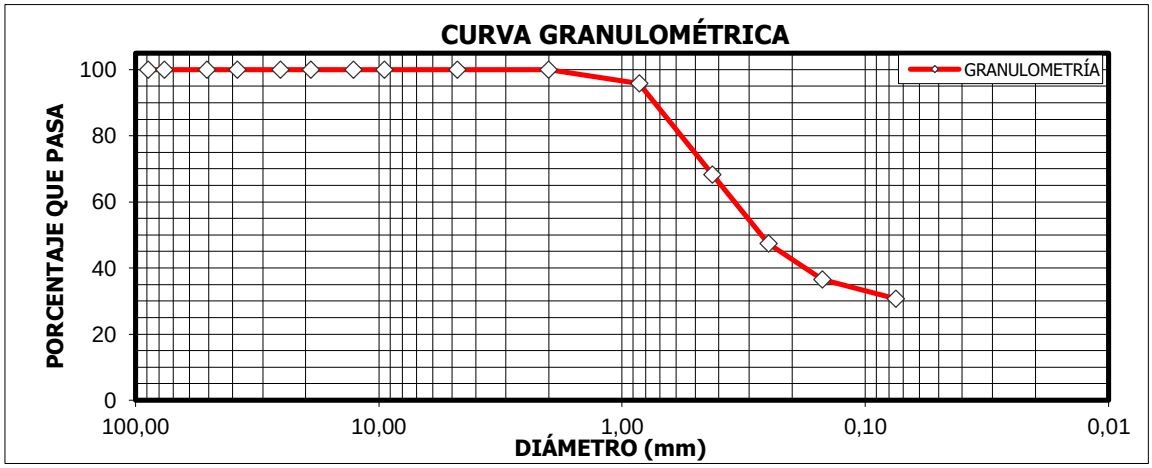
Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS INV E-213-13	Versión LAB-03-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**		**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**		Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**	**Profundidad:**		**4,00 a 5,00**
Apique/Sondeo:	**S2**	**Coordenadas**	**N:**	**7°36'41.43"**
Descripción:	**Muestra #5**		**O:**	**73°38'22.38"**

PESO MUESTRA SECA (g) P1: 431
PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ Nº 200 (g)P2: 299

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO			PASA (%)
		PARCIAL (gr)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	REAL
3 1/2"	88,9	0	0,00	0,0	100
3"	76,2	0,0	0,00	0,0	100
2"	50,8	0,0	0,00	0,0	100
1 1/2"	38,1	0,0	0,00	0,0	100
1"	25,4	0,0	0,00	0,0	100
3/4"	19,05	0,0	0,00	0,0	100
1/2"	12,7	0,0	0,00	0,0	100
3/8"	9,51	0,0	0,00	0,0	100
N4	4,76	0,0	0,00	0,0	100
N10	2,00	0,0	0,00	0,0	100
N20	0,850	18,0	4,17	4,2	96
N40	0,425	119,0	27,58	31,8	68
N60	0,250	90,0	20,86	52,6	47
N100	0,150	47,0	10,89	63,5	36
N200	0,075	25,0	5,79	69,3	31
FONDO	…..	132,5	30,71	100,0	0



Coeficiente de Uniformidad Cu: NA
Coeficiente de Curvatura Cc: NA
Clasificación SUCS: SM

% de Gravas: 0,00
% de Arenas: 69,29
% de Finos: 30,71

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S		
	NIT: 900922834-7		
	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD INV E-122-13		Versión
			LAB-01-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**	**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**	Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA	2		
No de Muestra	6		
Profundidad (m)	5,00 a 6,00		
Capsula No.	29		
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)	152,00		
Peso cápsula + suelo seco W2(g)	135,00		
Peso cápsula (g)	35,00		
Peso agua (g)	17,0		
Peso suelo seco (g)	100,0		
Humedad W (%)	17,0		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

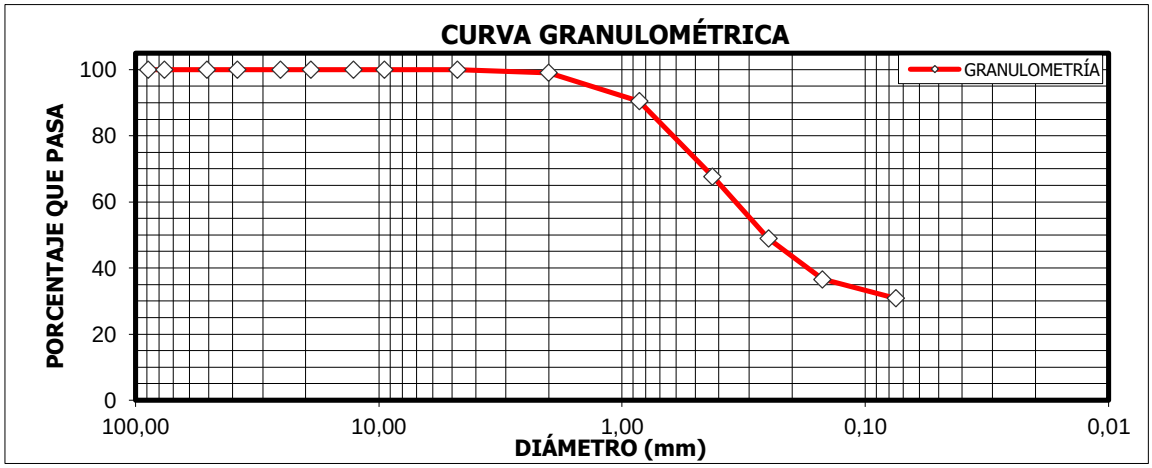
Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS INV E-213-13	Versión LAB-03-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**		**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**		Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**	**Profundidad:**		**5,00 a 6,00**
Apique/Sondeo:	**S2**	**Coordenadas**	**N:**	**7°36'41.43"**
Descripción:	**Muestra #6**		**O:**	**73°38'22.38"**

PESO MUESTRA SECA (g) P1: 431
PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ Nº 200 (g)P2: 298

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO			PASA (%)
		PARCIAL (gr)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	REAL
3 1/2"	88,9	0	0,00	0,0	100
3"	76,2	0,0	0,00	0,0	100
2"	50,8	0,0	0,00	0,0	100
1 1/2"	38,1	0,0	0,00	0,0	100
1"	25,4	0,0	0,00	0,0	100
3/4"	19,05	0,0	0,00	0,0	100
1/2"	12,7	0,0	0,00	0,0	100
3/8"	9,51	0,0	0,00	0,0	100
N4	4,76	0,0	0,00	0,0	100
N10	2,00	4,0	0,93	0,9	99
N20	0,850	37,0	8,59	9,5	90
N40	0,425	98,0	22,75	32,3	68
N60	0,250	81,0	18,80	51,1	49
N100	0,150	53,0	12,30	63,4	37
N200	0,075	25,0	5,80	69,2	31
FONDO	…..	132,8	30,82	100,0	0



Coeficiente de Uniformidad Cu: NA
Coeficiente de Curvatura Cc: NA
Clasificación SUCS: SM

% de Gravas: 0,00
% de Arenas: 69,18
% de Finos: 30,82

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S		
	NIT: 900922834-7		
	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD INV E-122-13		Versión
			LAB-01-2019
Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**	**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**	Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA	3		
No de Muestra	1		
Profundidad (m)	0,00 a 1,00		
Capsula No.	33		
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)	149,00		
Peso cápsula + suelo seco W2(g)	138,00		
Peso cápsula (g)	37,00		
Peso agua (g)	11,0		
Peso suelo seco (g)	101,0		
Humedad W (%)	10,9		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

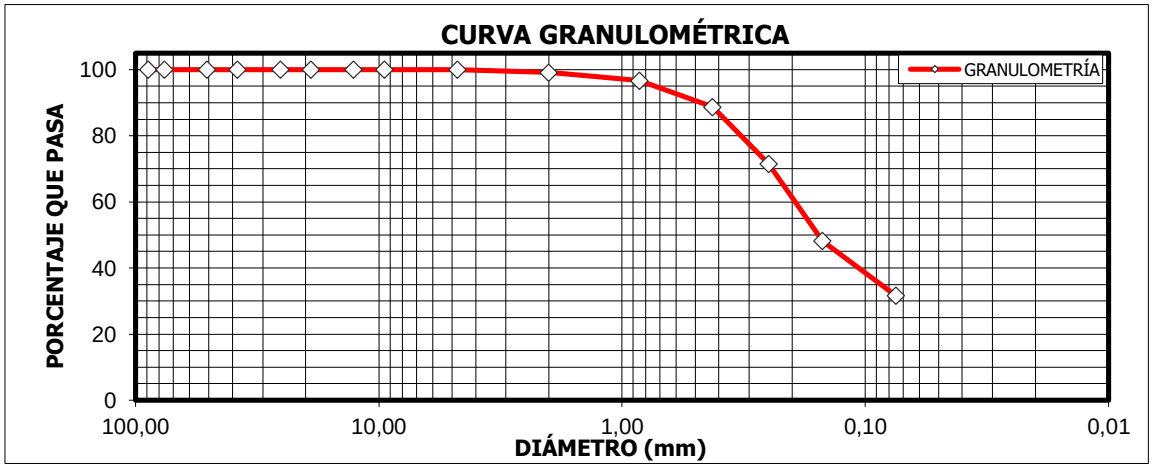
Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS INV E-213-13	Versión LAB-03-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**		**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**		Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**	**Profundidad:**		**0,00 a 1,00**
Apique/Sondeo:	**S3**	**Coordenadas**	**N:**	**7°36'43.88"**
Descripción:	**Muestra #1**		**O:**	**73°38'6.32"**

PESO MUESTRA SECA (g) P1: 454
PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ Nº 200 (g)P2: 310

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO			PASA (%)
		PARCIAL (gr)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	REAL
3 1/2"	88,9	0	0,00	0,0	100
3"	76,2	0,0	0,00	0,0	100
2"	50,8	0,0	0,00	0,0	100
1 1/2"	38,1	0,0	0,00	0,0	100
1"	25,4	0,0	0,00	0,0	100
3/4"	19,05	0,0	0,00	0,0	100
1/2"	12,7	0,0	0,00	0,0	100
3/8"	9,51	0,0	0,00	0,0	100
N4	4,76	0,0	0,00	0,0	100
N10	2,00	4,0	0,88	0,9	99
N20	0,850	11,0	2,43	3,3	97
N40	0,425	36,0	7,94	11,2	89
N60	0,250	78,0	17,20	28,4	72
N100	0,150	106,0	23,37	51,8	48
N200	0,075	75,0	16,54	68,3	32
FONDO	…..	143,6	31,65	100,0	0



Coeficiente de Uniformidad Cu: NA
Coeficiente de Curvatura Cc: NA
Clasificación SUCS: SM

% de Gravas: 0,00
% de Arenas: 68,35
% de Finos: 31,65

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S NIT: 900922834-7		Versión
	COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELO INV E 152-13		

Proyecto:	**Estudio Planta de tratamiento**	**Código de proyecto:**	**189**	
Cliente:	**Consultoria e Ingenieria Ambiental S.A.S**	**Ubicación:**	**Papayal, Rionegro**	
Fecha trabajos:	**28/09/2021**	**Profundidad (m):**	**1,00 a 2,00**	
Apique/sondeo:	**S3**	**Coordenadas:**	**N:**	**7°36'43.88"**
Descripción:	**Mustra #2**		**O:**	**73°38'6.32"**

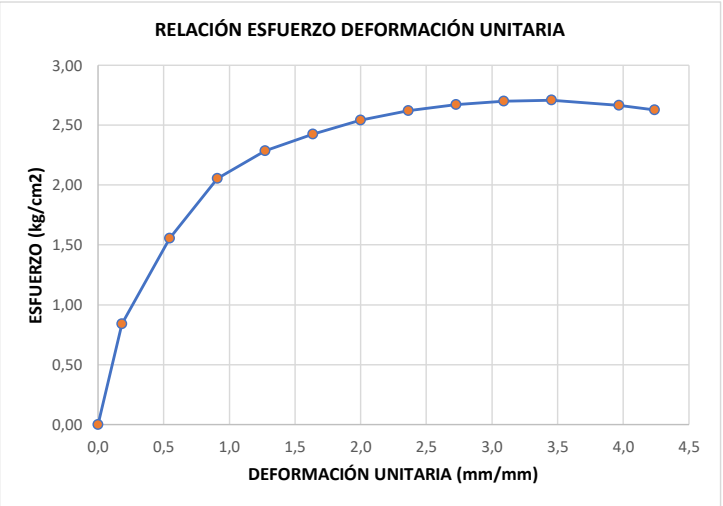
Descripción	Valor	Unidad
Altura (H)	8,8	cm
Diametro Superior (Ds)	3,6	cm
Diametro Central (Dc)	3,6	cm
Diametro Inferior (Di)	3,6	cm
Peso Humedo	203,4	g
Peso Seco	177,75	g
Área Superior (As)	10,18	cm^2
Área Central (Ac)	10,18	cm^2
Área Inferior (Ai)	10,18	cm^2

Descripción	Valor	Unidad
Recipiente	11	#
Peso Recipiente	50	g
Peso Recipiente+Suelo Humedo	161	g
Peso Recipiente+Suelo Seco	147	g
Humedad Natural	14,43	%
Área Promedio (Am)	10,18	cm^2
Volumen	89,57	cm^3
Peso Unitario Humedo	2,271	g/cm^3
Peso Unitario Seco	1,984	g/cm^3

Velocidad de Carga	1	mm/min

Resistencia Comprensión	**2,71**	**Kgf/Cm2**
Resistencia al Corte	**1,35**	**Kgf/Cm2**

No. Lectura	Carga		Deformación		Área Correg	Esfuerzo
#	P		ΔL	ε	A	σ
Und	Kn	Kgf	(10^{-2}mm)		cm^2	(kgf/cm^2)
1	0,000	0,00	0,00	0,0	10,18	0,00
2	0,084	8,57	0,16	0,2	10,20	0,84
3	0,156	15,91	0,48	0,5	10,23	1,55
4	0,207	21,11	0,80	0,9	10,27	2,05
5	0,231	23,56	1,12	1,3	10,31	2,28
6	0,246	25,08	1,44	1,6	10,35	2,42
7	0,259	26,41	1,76	2,0	10,39	2,54
8	0,268	27,33	2,08	2,4	10,43	2,62
9	0,274	27,94	2,40	2,7	10,46	2,67
10	0,278	28,35	2,72	3,1	10,50	2,70
11	0,280	28,55	3,04	3,5	10,54	2,71
12	0,277	28,25	3,49	4,0	10,60	2,66
13	0,274	27,94	3,73	4,2	10,63	2,63





Sebastian Aguillon
Laboratorista

Julian Andre Galvis Florez
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD INV E-122-13	Versión
		LAB-01-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**	**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**	Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA	3		
No de Muestra	2		
Profundidad (m)	1,00 a 2,00		
Capsula No.	11		
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)	161,00		
Peso cápsula + suelo seco W2(g)	147,00		
Peso cápsula (g)	50,00		
Peso agua (g)	14,0		
Peso suelo seco (g)	97,0		
Humedad W (%)	14,4		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

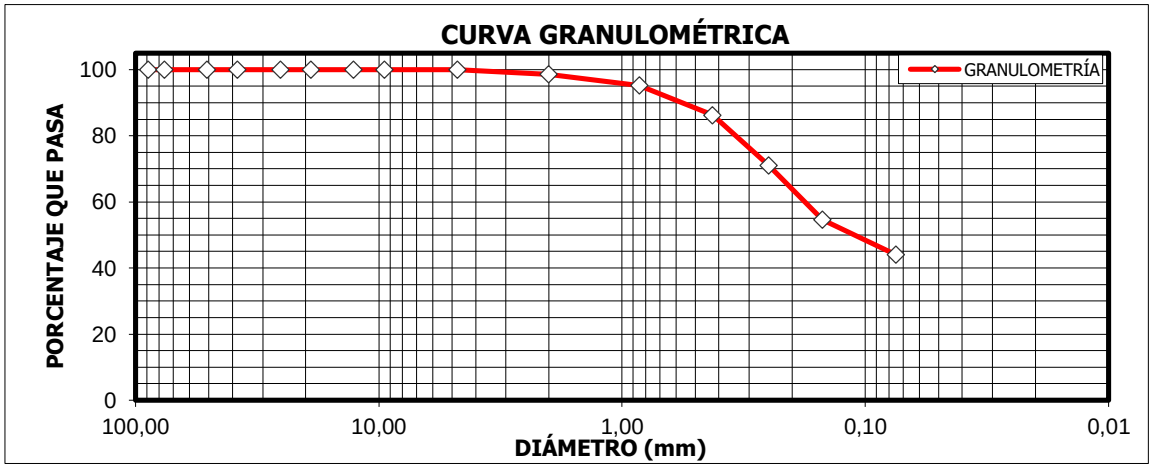
Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS INV E-213-13	Versión LAB-03-2019

Cliente:	**Ing. Néstor Apradez**	**Codigo de Proyecto:**		**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**		Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**	**Profundidad:**		**1,00 a 2,00**
Apique/Sondeo:	**S3**	**Coordenadas**	**N:**	**7°36'43.88"**
Descripción:	**Muestra #2**		**O:**	**73°38'6.32"**

PESO MUESTRA SECA (g) P1: 443
PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ Nº 200 (g)P2: 248

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO			PASA (%)
		PARCIAL (gr)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	REAL
3 1/2"	88,9	0	0,00	0,0	100
3"	76,2	0,0	0,00	0,0	100
2"	50,8	0,0	0,00	0,0	100
1 1/2"	38,1	0,0	0,00	0,0	100
1"	25,4	0,0	0,00	0,0	100
3/4"	19,05	0,0	0,00	0,0	100
1/2"	12,7	0,0	0,00	0,0	100
3/8"	9,51	0,0	0,00	0,0	100
N4	4,76	0,0	0,00	0,0	100
N10	2,00	6,0	1,35	1,4	99
N20	0,850	15,0	3,38	4,7	95
N40	0,425	40,0	9,03	13,8	86
N60	0,250	67,0	15,12	28,9	71
N100	0,150	73,0	16,47	45,4	55
N200	0,075	47,0	10,61	56,0	44
FONDO	…..	195,2	44,04	100,0	0



Coeficiente de Uniformidad Cu: NA
Coeficiente de Curvatura Cc: NA
Clasificación SUCS: SM

% de Gravas: 0,00
% de Arenas: 55,96
% de Finos: 44,04

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S NIT: 900922834-7		Versión
	COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELO INV E 152-13		

Proyecto:	**Estudio Planta de tratamiento**	**Código de proyecto:**	**189**	
Cliente:	**Consultoria e Ingenieria Ambiental S.A.S**	**Ubicación:**	**Papayal, Rionegro**	
Fecha trabajos:	**28/09/2021**	**Profundidad (m):**	**2,00 a 3,00**	
Apique/sondeo:	**S3**	**Coordenadas:**	**N:**	**7°36'43.88"**
Descripción:	**Mustra #3**		**O:**	**73°38'6.32"**

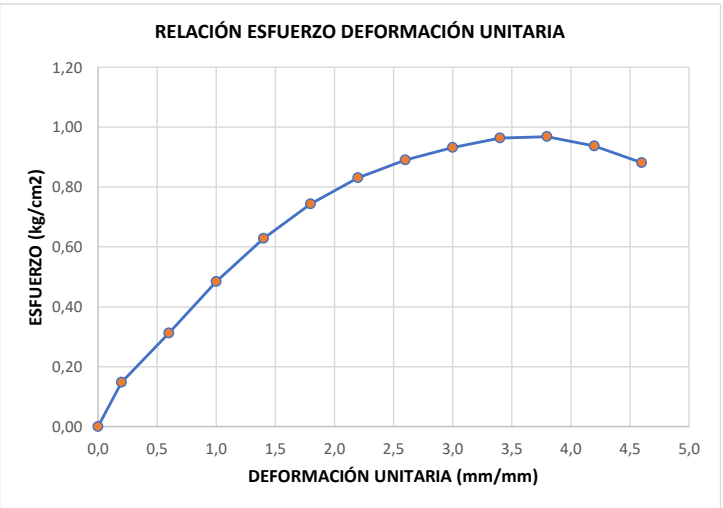
Descripción	Valor	Unidad
Altura (H)	8	cm
Diametro Superior (Ds)	3,75	cm
Diametro Central (Dc)	3,75	cm
Diametro Inferior (Di)	3,75	cm
Peso Humedo	183,7	g
Peso Seco	161,14	g
Área Superior (As)	11,04	cm^2
Área Central (Ac)	11,04	cm^2
Área Inferior (Ai)	11,04	cm^2

Descripción	Valor	Unidad
Recipiente	17	#
Peso Recipiente	52	g
Peso Recipiente+Suelo Humedo	166	g
Peso Recipiente+Suelo Seco	152	g
Humedad Natural	14,00	%
Área Promedio (Am)	11,04	cm^2
Volumen	88,36	cm^3
Peso Unitario Humedo	2,079	g/cm^3
Peso Unitario Seco	1,824	g/cm^3

Velocidad de Carga	1	mm/min

Resistencia Comprensión	**0,97**	**Kgf/Cm2**
Resistencia al Corte	**0,48**	**Kgf/Cm2**

No. Lectura	Carga		Deformación		Área Correg	Esfuerzo
#	P		ΔL	ε	A	σ
Und	Kn	Kgf	(10^{-2}mm)		cm^2	(kgf/cm^2)
1	0,000	0,00	0,00	0,0	11,04	0,00
2	0,016	1,63	0,16	0,2	11,07	0,15
3	0,034	3,47	0,48	0,6	11,11	0,31
4	0,053	5,40	0,80	1,0	11,16	0,48
5	0,069	7,04	1,12	1,4	11,20	0,63
6	0,082	8,36	1,44	1,8	11,25	0,74
7	0,092	9,38	1,76	2,2	11,29	0,83
8	0,099	10,10	2,08	2,6	11,34	0,89
9	0,104	10,60	2,40	3,0	11,39	0,93
10	0,108	11,01	2,72	3,4	11,43	0,96
11	0,109	11,11	3,04	3,8	11,48	0,97
12	0,106	10,81	3,36	4,2	11,53	0,94
13	0,100	10,20	3,68	4,6	11,58	0,88





Sebastian Aguillon
Laboratorista

Julian Andre Galvis Florez
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD INV E-122-13	Versión
		LAB-01-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**	**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**	Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA	3		
No de Muestra	3		
Profundidad (m)	2,00 a 3,00		
Capsula No.	17		
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)	166,00		
Peso cápsula + suelo seco W2(g)	152,00		
Peso cápsula (g)	52,00		
Peso agua (g)	14,0		
Peso suelo seco (g)	100,0		
Humedad W (%)	14,0		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

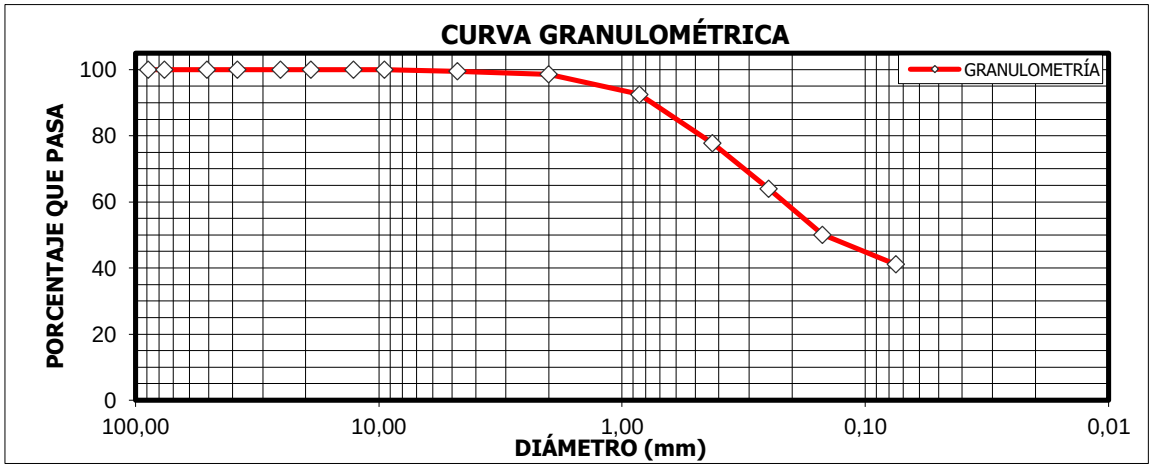
Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS INV E-213-13	Versión LAB-03-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**		**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**		Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**	**Profundidad:**		**2,00 a 3,00**
Apique/Sondeo:	**S3**	**Coordenadas**	**N:**	**7°36'43.88"**
Descripción:	**Muestra #3**		**O:**	**73°38'6.32"**

PESO MUESTRA SECA (g) P1: 445
PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ Nº 200 (g)P2: 262

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO			PASA (%)
		PARCIAL (gr)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	REAL
3 1/2"	88,9	0	0,00	0,0	100
3"	76,2	0,0	0,00	0,0	100
2"	50,8	0,0	0,00	0,0	100
1 1/2"	38,1	0,0	0,00	0,0	100
1"	25,4	0,0	0,00	0,0	100
3/4"	19,05	0,0	0,00	0,0	100
1/2"	12,7	0,0	0,00	0,0	100
3/8"	9,51	0,0	0,00	0,0	100
N4	4,76	2,0	0,45	0,4	100
N10	2,00	4,0	0,90	1,3	99
N20	0,850	27,0	6,07	7,4	93
N40	0,425	66,0	14,84	22,3	78
N60	0,250	61,0	13,72	36,0	64
N100	0,150	62,0	13,94	49,9	50
N200	0,075	40,0	8,99	58,9	41
FONDO	…..	182,7	41,09	100,0	0



Coeficiente de Uniformidad Cu: NA
Coeficiente de Curvatura Cc: NA
Clasificación SUCS: SM

% de Gravas: 0,45
% de Arenas: 58,46
% de Finos: 41,09

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S		
	NIT: 900922834-7		
	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD INV E-122-13		Versión
			LAB-01-2019
Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**	**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**	Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA	3		
No de Muestra	4		
Profundidad (m)	3,00 a 4,00		
Capsula No.	37		
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)	153,00		
Peso cápsula + suelo seco W2(g)	138,00		
Peso cápsula (g)	36,00		
Peso agua (g)	15,0		
Peso suelo seco (g)	102,0		
Humedad W (%)	14,7		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

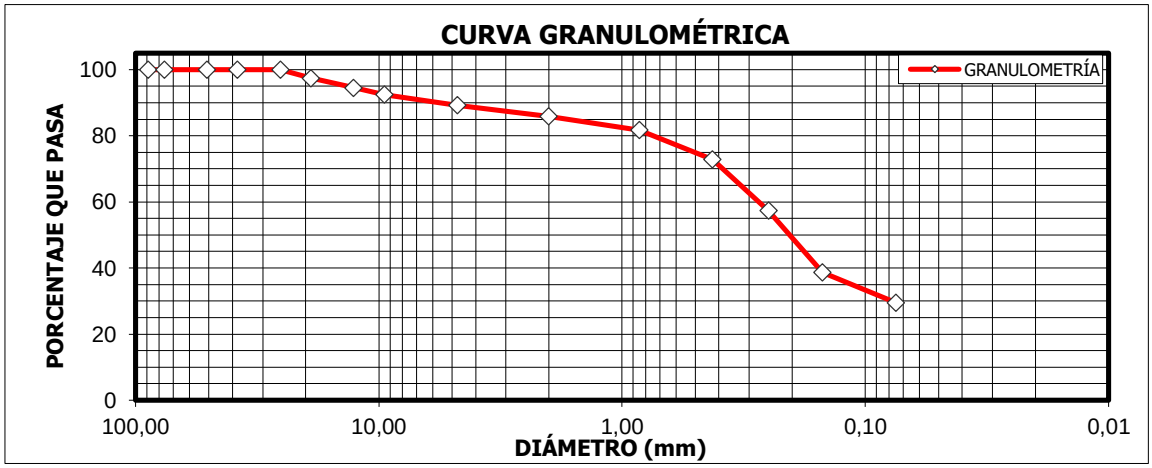
Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS INV E-213-13	Versión LAB-03-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**		**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**		Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**	**Profundidad:**		**3,00 a 4,00**
Apique/Sondeo:	**S3**	**Coordenadas**	**N:**	**7°36'43.88"**
Descripción:	**Muestra #4**		**O:**	**73°38'6.32"**

PESO MUESTRA SECA (g) P1: 439
PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ Nº 200 (g)P2: 309

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO			PASA (%)
		PARCIAL (gr)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	REAL
3 1/2"	88,9	0	0,00	0,0	100
3"	76,2	0,0	0,00	0,0	100
2"	50,8	0,0	0,00	0,0	100
1 1/2"	38,1	0,0	0,00	0,0	100
1"	25,4	0,0	0,00	0,0	100
3/4"	19,05	11,0	2,51	2,5	97
1/2"	12,7	13,0	2,96	5,5	95
3/8"	9,51	9,0	2,05	7,5	92
N4	4,76	14,0	3,19	10,7	89
N10	2,00	15,0	3,42	14,1	86
N20	0,850	18,0	4,10	18,2	82
N40	0,425	39,0	8,89	27,1	73
N60	0,250	68,0	15,51	42,6	57
N100	0,150	82,0	18,70	61,3	39
N200	0,075	40,0	9,12	70,5	30
FONDO	…..	129,5	29,54	100,0	0



Coeficiente de Uniformidad Cu: NA
Coeficiente de Curvatura Cc: NA
Clasificación SUCS: SM

% de Gravas: 10,72
% de Arenas: 59,74
% de Finos: 29,54

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD INV E-122-13	Versión
		LAB-01-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**	**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**	Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA	3		
No de Muestra	5		
Profundidad (m)	4,00 a 5,00		
Capsula No.	36		
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)	159,00		
Peso cápsula + suelo seco W2(g)	138,00		
Peso cápsula (g)	37,00		
Peso agua (g)	21,0		
Peso suelo seco (g)	101,0		
Humedad W (%)	20,8		

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

SONDEO/APIQUE O TRINCHERA			
No de Muestra			
Profundidad (m)			
Capsula No.			
Peso cápsula + suelo húmedo W1 (g)			
Peso cápsula + suelo seco W2(g)			
Peso cápsula (g)			
Peso agua (g)			
Peso suelo seco (g)			
Humedad W (%)			

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

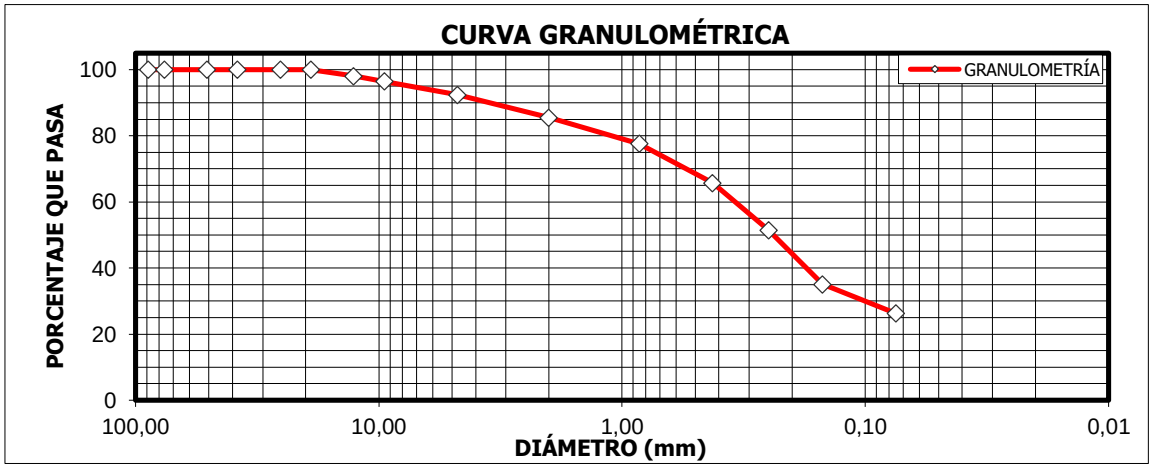
Julian Galvis
Gerente Técnico

SUELOS & Geotecnia S.A.S	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	
	NIT: 900922834-7	
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS INV E-213-13	Versión LAB-03-2019

Cliente:	**CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S**	**Codigo de Proyecto:**		**189**
Proyecto:	**Estudio de Suelos Planta de tratamiento**	**Lugar:**		Papayal, Rionegro
Fecha Trabajos:	**28-sep-21**	**Profundidad:**		**4,00 a 5,00**
Apique/Sondeo:	**S3**	**Coordenadas**	**N:**	**7°36'43.88"**
Descripción:	**Muestra #5**		**O:**	**73°38'6.32"**

PESO MUESTRA SECA (g) P1: 421
PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ Nº 200 (g)P2: 310

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO			PASA (%)
		PARCIAL (gr)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	REAL
3 1/2"	88,9	0	0,00	0,0	100
3"	76,2	0,0	0,00	0,0	100
2"	50,8	0,0	0,00	0,0	100
1 1/2"	38,1	0,0	0,00	0,0	100
1"	25,4	0,0	0,00	0,0	100
3/4"	19,05	0,0	0,00	0,0	100
1/2"	12,7	8,0	1,90	1,9	98
3/8"	9,51	7,0	1,66	3,6	96
N4	4,76	17,0	4,04	7,6	92
N10	2,00	29,0	6,90	14,5	85
N20	0,850	33,0	7,85	22,4	78
N40	0,425	50,0	11,89	34,2	66
N60	0,250	60,0	14,27	48,5	51
N100	0,150	69,0	16,41	64,9	35
N200	0,075	37,0	8,80	73,7	26
FONDO	…..	110,5	26,28	100,0	0



Coeficiente de Uniformidad Cu: NA
Coeficiente de Curvatura Cc: NA
Clasificación SUCS: SM

% de Gravas: 7,61
% de Arenas: 66,11
% de Finos: 26,28

Observaciones:

Sebastian Aguillon
Laboratorista

Julian Galvis
Gerente Técnico

INFORME DE ENSAYO

SUELOS & Geotecnia S.A.S

OBRA: ELABORACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL CENTRO POBLADO DEL PAPAYAL CORREGIMIENTO DE SAN RAFAEL MUNICIPIO DE RIO NEGRO SANTANDER

FECHA DE INFORME: jueves, 11 de octubre de 2021

SOLICITADO POR: CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S

FECHA DE RECEPCION: sábado, 25 de septiembre de 2021

SONDEO / APIQUE:	**N° DE ENSAYOS:**	**FECHA DE PRUEBA:**
2	1	sábado, 25 de septiembre de 2021

MÉTODO PARA MEDIR EL POTENCIAL DE ASENTAMIENTO O EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL DE SUELOS COHESIVOS I.N.V. E – 173 – 07

MUESTRA Nº:	**PROFUNDIDAD:**	**CALCULO:**
4	3,00 a 4,00	EDWIN ALEXANDER RANGEL A.

DESCRIPCIÓN: NO APLICA

OPERADOR: EDWIN ALEXANDER RANGEL A.

INFORME N: 1

PAGINA: 1 de 1

CODIGO INFORME: **189**

Presión Asentamiento S_{se} **(kPa)**	5
Lectura Inicial (10^{-4} pulg)	0

Presión Asentamiento S_1 **(kPa)**	**10**
Lectura Inicial (10^{-4} pulg)	0

EXPANSION LIBRE

Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso Muestra (g)	Densidad (g/cm^3)	Lectura Dial Final (10-4 mm)	ΔL (cm)	Expansión Libre (%)	Humedad Final (%)
5,10	2,12	92,56	2,14	0,0010	0,0001	0,005	17,20

OBSERVACIONES:

LOS RESULTADOS SON VÁLIDOS UNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS

SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL PRESENTE INFORME

FIN DE REPORTE

FORMATO INFORME DE ENSAYO CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE SUELOS (METODO B)
INV E-151-13

OBRA:	ELABORACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL CENTRO POBLADO DEL PAPAYAL CORREGIMIENTO DE SAN RAFAEL MUNICIPIO DE RIO NEGRO SANTANDER
SOLICITADO POR:	CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S

FECHA DE INFORME:	
N° MUESTRA:	4
SONDEO / APIQUE:	2
PROFUNDIDAD:	3,00 a 4,00
N° DE ORDEN:	1

Diámetro de la muestra, *d* :	5,1	mm	Gravedad Específica, G_S :	2,60	
Area de la Muestra, *A* :	20,41	cm^2	Masa Seca, M_d :	66,04	g.
Altura de la muestra, H_0 :	2,12	cm	Ultima Medición, M_e :	0,1377	cm
densidad, p_d (inicial):	1,79	g/cm^3	densidad, r (final):	1,91	g/cm^3
Altura de Sólidos,	1,36	cm	$h_m - h_s$ =	0,77	cm

ANTES DEL ENSAYO		DESPUES DEL ENSAYO	
Humedad	19,36	Humedad	17,25
Relación de Vacios (e_0)	1,122	Relación de Vacios	1,067
Saturación (S_0)	96,13	Saturación	75,43
Porosidad	52,9%	Porosidad	51,6%
Poros Llenos con Agua	50,83	Poros Llenos con Agua	38,94
Poros Llenos con Aire	50,30	Poros Llenos con Aire	38,42
Altura de sólidos (cm)	1,36	Altura de sólidos	1,24 cm
Altura de Agua (cm)	0,7	Altura de Agua	0,6 cm
Altura de Aire (cm)	0,03	Altura de Aire	0 cm
Ultima Medición antes del desmonte	0,1377	Ultima Medición antes del desmonte	0,1377

Escalón de Carga	Esfuerzo Axial (kPa))	Deformación corregida (mm)	Deformación unitaria Axial (%)	Altura muestra (cm)	Relación de vacíos (e)	Tiempo t_{90} (seg)	Coeficiente de consolidacion cv (cm^2/seg)
0	5	0,000	0,000	2,12	1,122		
I	48	0,550	2,592	2,07	1,067	240	0,00377403
II	96	0,748	3,525	2,05	1,047	240	0,00370207
III	192	1,079	5,085	2,01	1,014	470	0,00182978
IV	384	1,533	7,224	1,97	0,969	470	0,00174822
V	96	1,480	6,975	1,97	0,974		
VI	5	1,377	6,489	1,98	0,984		

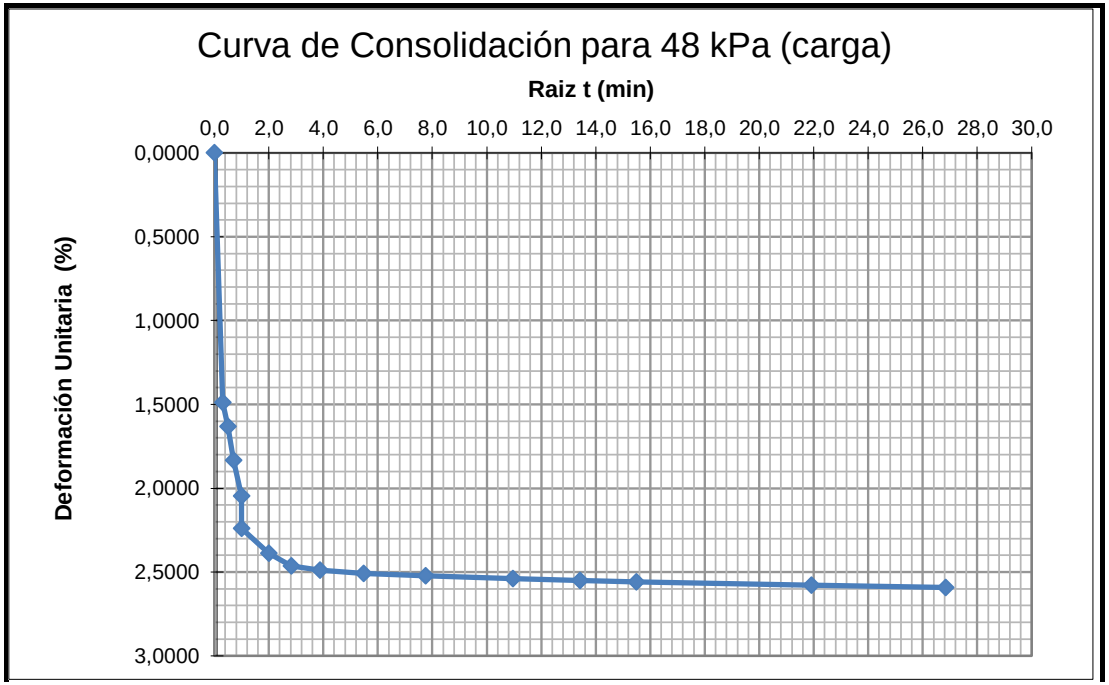
SUELOS
& Geotecnia S.A.S

FORMATO INFORME DE ENSAYO CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE SUELOS (METODO B) INV E-151-13
Código: II-FO-114
Versión: 01

OBRA:	ELABORACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL CENTRO POBLADO DEL PAPAYAL CORREGIMIENTO DE SAN RAFAEL MUNICIPIO DE RIO NEGRO SANTANDER
SOLICITADO POR:	CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S

FECHA DE INFORME:	
N° MUESTRA:	4
SONDEO / APIQUE:	2
PROFUNDIDAD:	3,00 a 4,00
N° DE ORDEN:	1

Tiempo (min)	Defor (mm)	Deformación axial unitaria (%)
Raiz t		
0,0	0,000	0,0000
0,3	0,316	1,4892
0,5	0,346	1,6305
0,7	0,389	1,8332
1,0	0,434	2,0452
1,0	0,475	2,2385
2,0	0,507	2,3893
2,8	0,523	2,4647
3,9	0,528	2,4882
5,5	0,532	2,5071
7,7	0,535	2,5212
11,0	0,539	2,5401
13,4	0,541	2,5495
15,5	0,543	2,5589
21,9	0,547	2,5778
26,8	0,550	2,5919



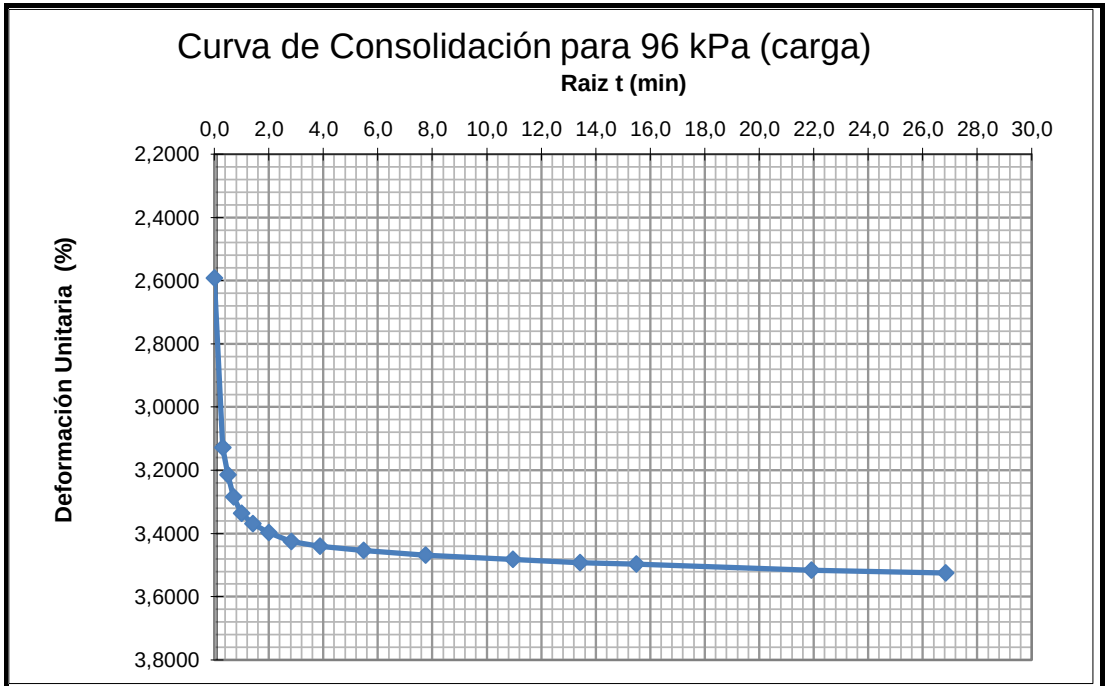
SUELOS
& Geotecnia S.A.S

FORMATO INFORME DE ENSAYO CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE SUELOS (METODO B) INV E-151-13
Código: II-FO-114
Versión: 01

OBRA:	ELABORACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL CENTRO POBLADO DEL PAPAYAL CORREGIMIENTO DE SAN RAFAEL MUNICIPIO DE RIO NEGRO SANTANDER
SOLICITADO POR:	CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S

FECHA DE INFORME:	
N° MUESTRA:	4
SONDEO / APIQUE:	2
PROFUNDIDAD:	3,00 a 4,00
N° DE ORDEN:	1

s=6,86 Kg/cm^2(carga)		Deformación axial unitaria (%)
Tiempo (min)	Defor (mm)	
Raiz t		
0,0	0,550	2,5919
0,3	0,664	3,1291
0,5	0,682	3,2139
0,7	0,697	3,2846
1,0	0,708	3,3365
1,4	0,715	3,3695
2,0	0,721	3,3977
2,8	0,727	3,4260
3,9	0,730	3,4402
5,5	0,733	3,4543
7,7	0,736	3,4684
11,0	0,739	3,4826
13,4	0,741	3,4920
15,5	0,742	3,4967
21,9	0,746	3,5156
26,8	0,748	3,5250



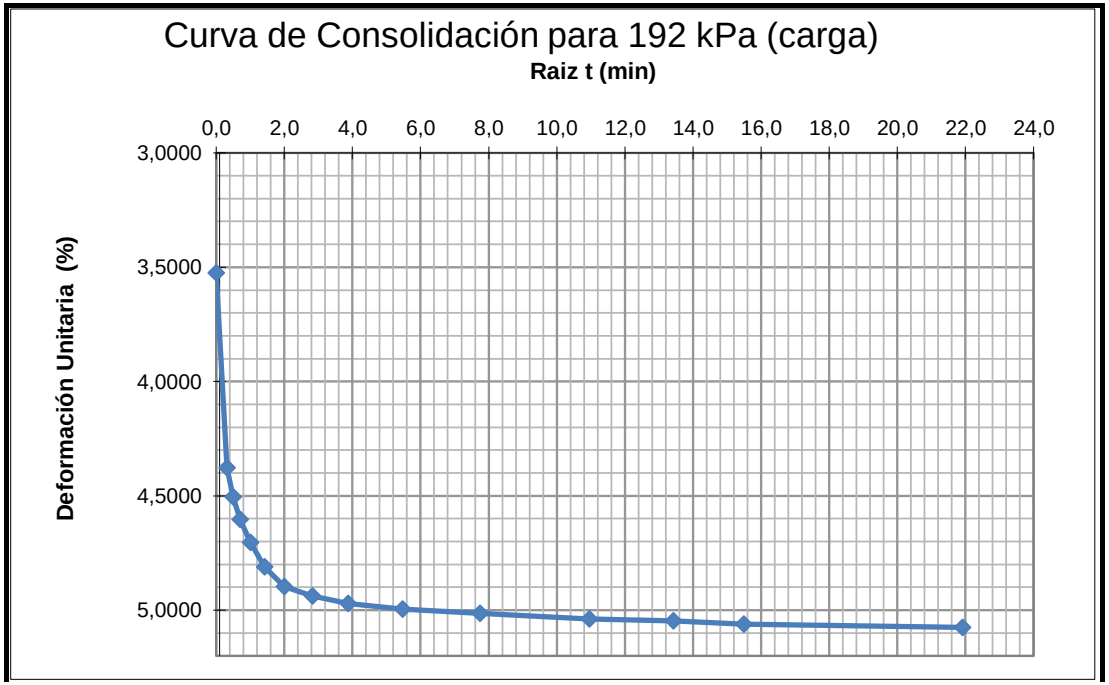
SUELOS & Geotecnia S.A.S

FORMATO INFORME DE ENSAYO CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE SUELOS (METODO B) INV E-151-13
Código: II-FO-114
Versión: 01

OBRA:	ELABORACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL CENTRO POBLADO DEL PAPAYAL CORREGIMIENTO DE SAN RAFAEL MUNICIPIO DE RIO NEGRO SANTANDER
SOLICITADO POR:	CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S

FECHA DE INFORME:	
N° MUESTRA:	4
SONDEO / APIQUE:	2
PROFUNDIDAD:	3,00 a 4,00
N° DE ORDEN:	1

Tiempo (min)	Defor (mm)	Deformación axial unitaria (%)
Raiz t		
0,0	0,748	3,5250
0,3	0,929	4,3779
0,5	0,956	4,5052
0,7	0,977	4,6041
1,0	0,998	4,7031
1,4	1,021	4,8115
2,0	1,039	4,8963
2,8	1,048	4,9387
3,9	1,055	4,9717
5,5	1,060	4,9953
7,7	1,064	5,0141
11,0	1,069	5,0377
13,4	1,071	5,0471
15,5	1,074	5,0613
21,9	1,077	5,0754
26,8	1,079	5,0848



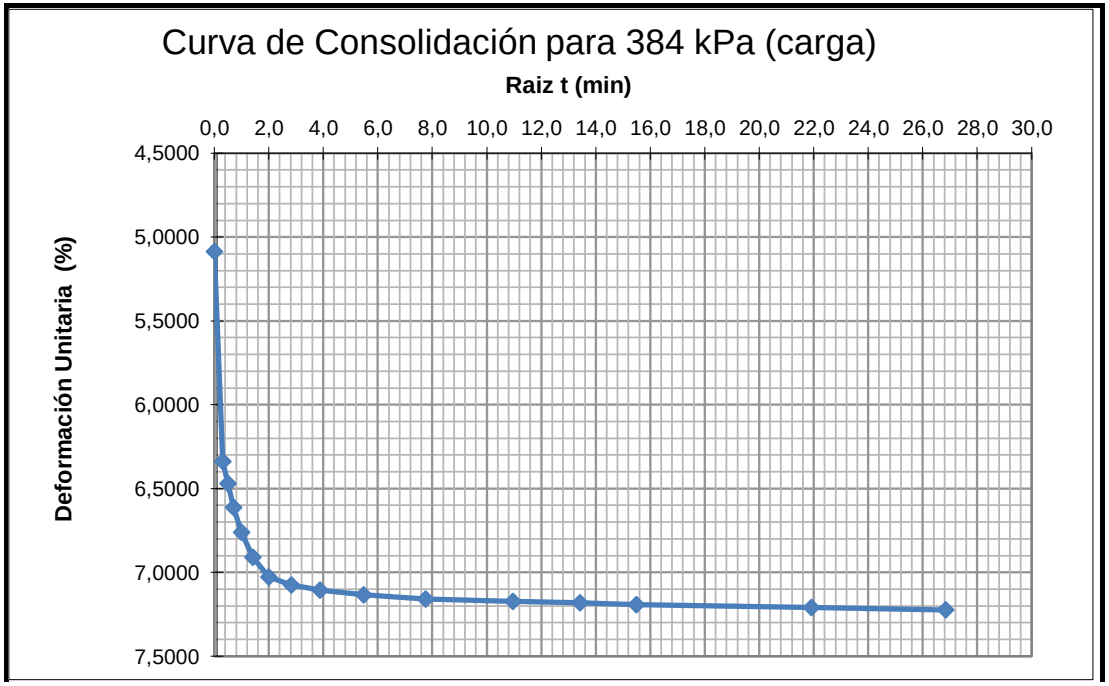
SUELOS
& Geotecnia S.A.S

FORMATO INFORME DE ENSAYO CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE SUELOS (METODO B) INV E-151-13
Código: II-FO-114
Versión: 01

OBRA:	ELABORACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL CENTRO POBLADO DEL PAPAYAL CORREGIMIENTO DE SAN RAFAEL MUNICIPIO DE RIO NEGRO SANTANDER
SOLICITADO POR:	CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S

FECHA DE INFORME:	
N° MUESTRA:	4
SONDEO / APIQUE:	2
PROFUNDIDAD:	3,00 a 4,00
N° DE ORDEN:	1

Tiempo (min)	Defor (mm)	Deformación axial unitaria (%)
Raiz t		
0,0	1,1	5,0848
0,3	1,3	6,3384
0,5	1,4	6,4703
0,7	1,4	6,6117
1,0	1,4	6,7625
1,4	1,5	6,9086
2,0	1,5	7,0264
2,8	1,5	7,0735
3,9	1,5	7,1065
5,5	1,5	7,1348
7,7	1,5	7,1583
11,0	1,5	7,1725
13,4	1,5	7,1819
15,5	1,5	7,1913
21,9	1,5	7,2102
26,8	1,5	7,2243



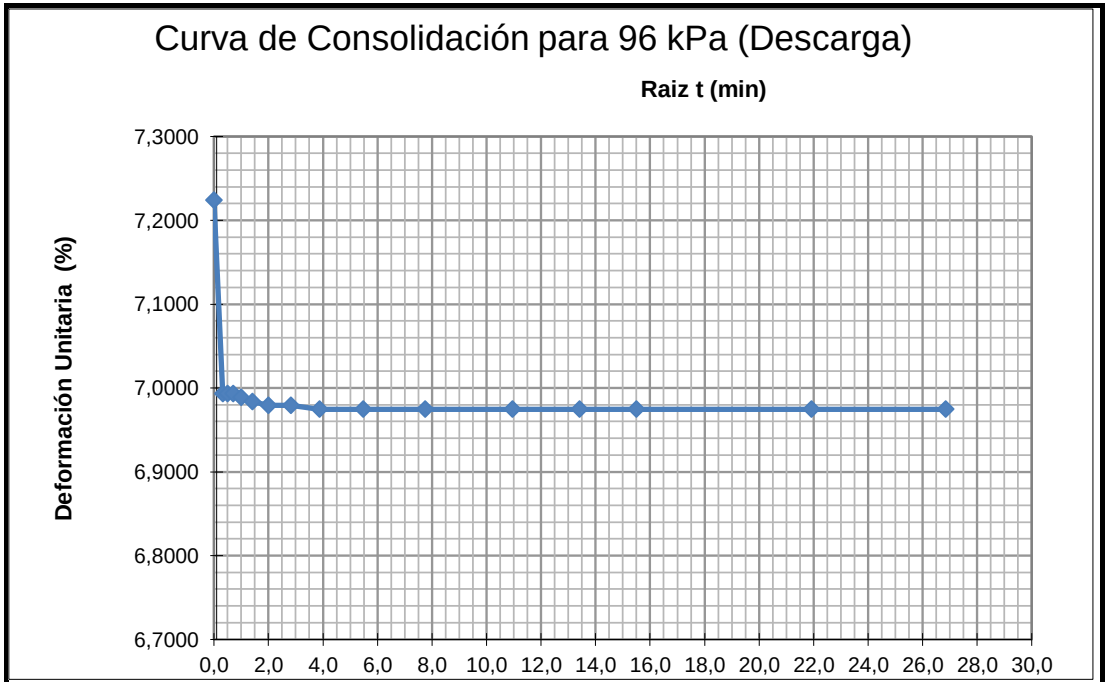
SUELOS
& Geotecnia S.A.S

FORMATO INFORME DE ENSAYO CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE SUELOS (METODO B) INV E-151-13
Código: II-FO-114
Versión: 01

OBRA:	ELABORACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL CENTRO POBLADO DEL PAPAYAL CORREGIMIENTO DE SAN RAFAEL MUNICIPIO DE RIO NEGRO SANTANDER
SOLICITADO POR:	CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S

FECHA DE INFORME:	
N° MUESTRA:	4
SONDEO / APIQUE:	2
PROFUNDIDAD:	3,00 a 4,00
N° DE ORDEN:	1

Tiempo (min)	Defor (mm)	Deformación axial unitaria (%)
Raiz t		
0,0	1,533	7,2243
0,3	1,484	6,9934
0,5	1,484	6,9934
0,7	1,484	6,9934
1,0	1,483	6,9887
1,4	1,482	6,9840
2,0	1,481	6,9793
2,8	1,481	6,9793
3,9	1,480	6,9746
5,5	1,480	6,9746
7,7	1,480	6,9746
11,0	1,480	6,9746
13,4	1,480	6,9746
15,5	1,480	6,9746
21,9	1,480	6,9746
26,8	1,480	6,9746



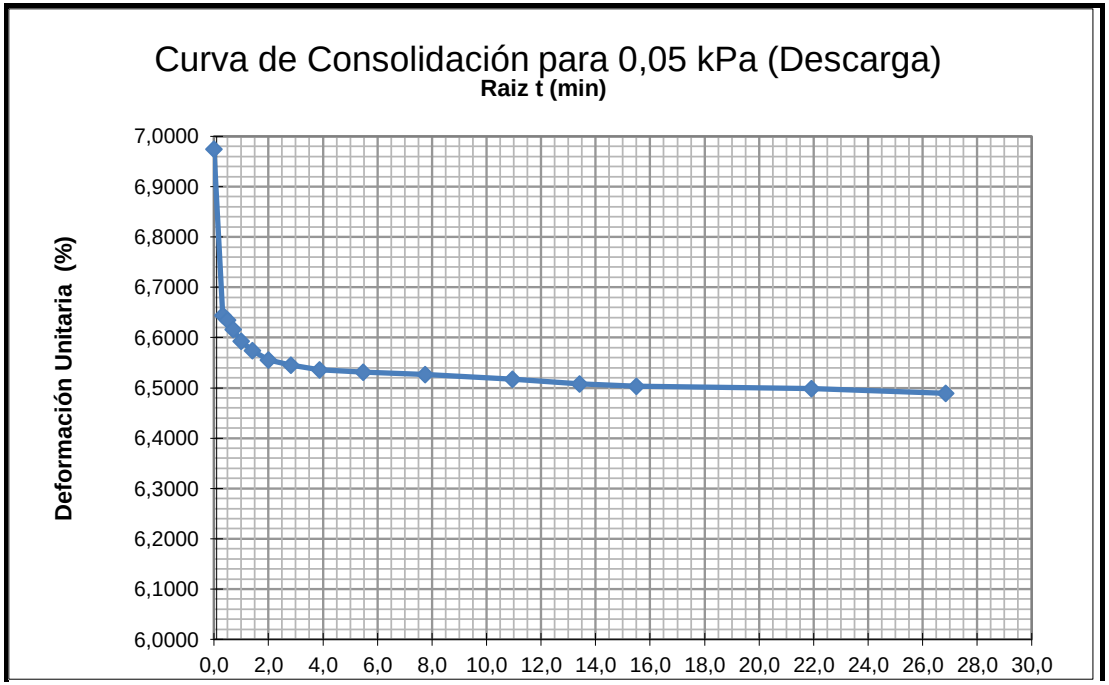
SUELOS & Geotecnia S.A.S

FORMATO INFORME DE ENSAYO CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE SUELOS (METODO B) INV E-151-13
Código: II-FO-114
Versión: 01

OBRA:	ELABORACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL CENTRO POBLADO DEL PAPAYAL CORREGIMIENTO DE SAN RAFAEL MUNICIPIO DE RIO NEGRO SANTANDER
SOLICITADO POR:	CONSULTORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S

FECHA DE INFORME:	
N° MUESTRA:	4
SONDEO / APIQUE:	2
PROFUNDIDAD:	3,00 a 4,00
N° DE ORDEN:	1

Tiempo (min)	Defor (mm)	Deformación axial unitaria (%)
Raiz t		
0,0	1,480	6,9746
0,3	1,410	6,6447
0,5	1,408	6,6352
0,7	1,404	6,6164
1,0	1,399	6,5928
1,4	1,395	6,5740
2,0	1,391	6,5551
2,8	1,389	6,5457
3,9	1,387	6,5363
5,5	1,386	6,5316
7,7	1,385	6,5269
11,0	1,383	6,5174
13,4	1,381	6,5080
15,5	1,380	6,5033
21,9	1,379	6,4986
26,8	1,377	6,4892



RELACIÓN DE VACIOS Vs ESFUERZO AXIAL EFECTIVO

