

**APOYO TÉCNICO DE INGENIERÍA EN ESTUDIOS DE SUELOS Y DISEÑOS DE
PROYECTOS DE OBRAS GEOTÉCNICAS IMPLEMENTANDO
MODELACIONES EN EL SOFTWARE MIDAS GTS NX**

**PRESENTADO POR
LUZ YANERIS MILIAN GAVIRIA
ID 000268274**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2021**

**APOYO TÉCNICO DE INGENIERÍA EN ESTUDIOS DE SUELOS Y DISEÑOS DE
PROYECTOS DE OBRAS GEOTÉCNICAS IMPLEMENTANDO
MODELACIONES EN EL SOFTWARE MIDAS GTS NX**

**PRESENTADO POR
LUZ YANERIS MILIAN GAVIRIA
ID 000268274**

**DIRECTOR ACADÉMICO
GUSTAVO ANDRES OSPINA IDARRAGA
Ingeniero Civil**

**DIRECTOR EMPRESARIAL
MIGUEL ROBERTO SILVA MONSALVE
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2021

Nota de aceptación

Firma Presidente del Jurado

Firma Jurado N°1

Firma Jurado N°2

Bucaramanga, 26 de 2021

DEDICATORIA

A mis padres, por apoyarme e impulsarme a cumplir metas, por corregirme para llegar a la excelencia. Son mi motor para llegar cada vez más lejos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la oportunidad de vivir esta etapa de formación y siempre guiarme en todo el proceso.

A la empresa CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA SAS por brindarme la oportunidad de realizar mi periodo de practicas empresariales y enseñarme a desenvolverme como Ingeniera.

A mi supervisor académico y mi supervisor empresarial por la paciencia, los consejos y las instrucciones.

A la Universidad Pontificia Bolivariana por otorgarme la oportunidad de ser profesional en Ingeniería Civil.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GENERAL	14
2.2. OBJETIVO ESPECIFICO	14
3. MARCO TEORICO.....	15
3.1 SOFTWARE MIDAS GTS NX.....	15
3.1.1 Barra de herramientas para generar geometría en el GTS NX	15
3.1.2 Definición de materiales, modelos constitutivos y propiedades en GTS NX	16
3.1.3 Generación y edición de mallas en 2D y 3D.....	18
3.1.4 Definición de condiciones de frontera para desplazamientos y de Cargas	19
3.2 TIPOS DE OBRAS GEOTECNICAS	22
3.2.1 Cimentaciones superficiales.....	22
3.2.2 Cimentaciones profundas.....	22
3.2.3 Anclajes.....	24
3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO.....	26
3.3.1 Gravedad específica.....	26
3.3.2 Gravedad específica de los suelos.....	27
3.3.3 Análisis granulométrico por tamizado.....	27
3.3.4 Límites de Atterberg	28
3.3.5 Clasificación de suelos	29
3.3.6 Consolidación	32
4. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO	35
4.1 SIMULACIÓN EN EL SOFTWARE MIDAS GTS NX	35

4.1.1 SIMULACIÓN DE LOSA DE PROYECTO ENTRE BOSQUES, UBICADO EN LA CALLE 11 No. 13-05 DEL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER DE EXCAVACIÓN E INSTALACION DE ZAPATA.....	35
4.1.2 SIMULACIÓN DE LOSA EN PROYECTO PUERTOMADEROS EN SOFTWARE MIDAS GTS NX	43
4.1.3 SIMULACIÓN DE MURO ANCLADO LOCALIZADO EN LA CIUDAD DE FLORIDABLANCA	54
4.1. ESTUDIOS Y ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO.	62
4.3.1 ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE CIMENTACIONES, CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN EL LOTE 134, DEL CONDOMINIO CAMPESTRE TERRAZAS DE MENSULI, EN EL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, DEPARTAMENTO DE SANTANDER	62
4.3.2 ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE CIMENTACIONES CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN EL LOTE 29, EN RUITOQUE CONDOMINIO, CONJUNTO EL BOSQUE, MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER.....	73
5. APORTE AL CONOCIMIENTO	88
6. CONCLUSIONES.....	89
7. BIBLIOGRAFÍA	91

LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Barra de herramientas para geometría en Midas GTS NX</i>	15
<i>Ilustración 2 (Izquierda)</i>	16
<i>Ilustración 3 (Derecha)</i>	16
<i>Ilustración 4 Ventana de herramientas de materiales</i>	17
<i>Ilustración 5 Ventana de ajustes de materiales</i>	17
<i>Ilustración 6 Barra de herramientas para mallado</i>	18
<i>Ilustración 7 Modelo mallado de terreno y excavación</i>	18
<i>Ilustración 8 Modelo mallado de una excavación en el terreno</i>	19
<i>Ilustración 9 Barra de herramientas para definición de condiciones de fronteras</i> ..	20
<i>Ilustración 10 Modelo mallado de la excavación en un terreno</i>	20
<i>Ilustración 11 Barra de herramientas para definición de cargas estáticas y dinámicas</i>	20
<i>Ilustración 12 Modelación de losa con aplicación de cargas</i>	21
<i>Ilustración 13 Modelación de excavación para zapatas con aplicación de cargas</i>	21
<i>Ilustración 14 Tipos de cimentaciones superficiales</i>	22
<i>Ilustración 15 Vista de un anclaje dentro de la estructura, longitud libre y bulbo de inyección</i>	25
<i>Ilustración 16 Anclajes</i>	25
<i>Ilustración 17. Ensayo de cuchara Casagrande</i>	28
<i>Ilustración 18. Ensayo de límite plástico.</i>	29
<i>Ilustración 19. Ensayo Edométrico</i>	34
<i>Ilustración 20 Diseño en AutoCAD de losa del Proyecto Entre Bosques</i>	36
<i>Ilustración 21 Diseño geométrico en MIDAS GTS NX de losa del Proyecto Entre Bosques</i>	37
<i>Ilustración 22 Diseño geométrico en MIDAS GTS NX de losa del Proyecto Entre Bosques</i>	37
<i>Ilustración 23 Modelo Mallado en MIDAS GTS NX de losa del Proyecto Entre Bosques</i>	38
<i>Ilustración 24 Modelo mallado en MIDAS GTS NX de losa del Proyecto Entre Bosques</i>	38
<i>Ilustración 25 Modelo mallado con Distribución de cargas en MIDAS GTS NX de losa del Proyecto Entre Bosques</i>	40
<i>Ilustración 26 Desplazamientos del suelo de fundación producto de las cargas de servicio del Proyecto Entre Bosques Fuente: Software Midas GTS NX</i>	41

<i>Ilustración 27 Deformación del suelo de fundación producto de las cargas de servicio del Proyecto Entre Bosques</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 28 Distribución de presiones o reacciones en el suelo de fundación producto de las cargas de servicio.....</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 29 Zonas con diferente valor de módulo de reacción de la losa.....</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 30 Diseño de losa y muros en AutoCAD 3D.....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 31 Geometría de Losa y esquema de muros en Midas GTS NX.....</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 32 Geometría de Losa y esquema de muros en Midas GTS NX.....</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 33 Geometría de Losa y esquema de muros en Midas GTS NX.....</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 34 Modelo mallado de Losa en el suelo</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 35 Modelo mallado de Losa en el Suelo.....</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 36 Restricción en modelo de Losa</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 37 Aplicación de Cargas a modelo de Losa</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 38 Resultado de la simulación numérica de la Losa - Desplazamientos (cm).....</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 39 Desplazamientos del suelo de fundación producto de las cargas de servicio.....</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 40 Distribución de presiones o reacciones en el suelo de fundación producto de las cargas de servicio.....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 41 Zonas con diferente valor de módulo de reacción de la losa.....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 42 Localización del Proyecto Metrolínea PQP - Floridablanca, Santander</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 43 Diseño de Pantalla y puntos de Anclajes para estación de Metrolínea PQP</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 44 Diseño de Perfil 5 en AutoCAD de la pantalla y anclajes del Proyecto de la estación de Metrolínea PQP Fuente: Construsuelos de Colombia S.A.S</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 45 Vista Frontal del tramo 5 del diseño de la pantalla y puntos anclajes del Proyecto de la estación de Metrolínea PQP Fuente: Construsuelos de Colombia S.A.S.....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 46 Diseño geométrico en Midas GTS NX del proyecto de estación de Metrolínea de PQP</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 47 Diseño geométrico en Midas GTS NX del proyecto de estación de Metrolínea de PQP – Vista lateral.....</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 48 Modelo Mallado de tramo 5 en Software. Suelos, suelo de relleno, Pantalla y anclajes.....</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 49 Resultado de simulación de Proyecto Estación de Metrolínea PQP en Software.....</i>	<i>59</i>

<i>Ilustración 50 Resultado de deformación y esfuerzos del Proyecto Estación de Metrolínea PQP en Software, etapa final</i>	60
<i>Ilustración 51 Resultado de esfuerzos del Proyecto Estación de Metrolínea PQP en Software – Unidades KN/M2</i>	61
<i>Ilustración 52 Localización de Estudio geotécnico y de cimentaciones en condominio campestre terrazas de Mensuli, en el municipio de Piedecuesta, departamento de Santander</i>	63
<i>Ilustración 53 Localización de Estudio geotécnico y de cimentaciones en condominio campestre terrazas de Mensuli, en el municipio de Piedecuesta, departamento de Santander</i>	63
<i>Ilustración 54 Caracterización del perfil del suelo -construcción de casa en Mensuli, Piedecuesta</i>	69
<i>Ilustración 55 Capacidad de carga estado límite de falla - construcción en Mensuli, Piedecuesta</i>	71
<i>Ilustración 56 Capacidad de carga estado límite de servicio - construcción Mensuli, Piedecuesta</i>	72
<i>Ilustración 57. Localización Regional del Proyecto - Estudio geotécnico y de cimentaciones, vivienda en Ruitoque condominio, conjunto el bosque, municipio de Piedecuesta, Santander</i>	74
<i>Ilustración 58. Localización general del proyecto - Estudio geotécnico y de cimentaciones, vivienda en Ruitoque condominio, conjunto el bosque, municipio de Piedecuesta, Santander</i>	75
<i>Ilustración 59. Vista detallada del sitio en estudio - Estudio geotécnico y de cimentaciones, vivienda en Ruitoque condominio, conjunto el bosque, municipio de Piedecuesta, Santander</i>	75
<i>Ilustración 60 Caracterización del perfil del Suelo – Proyecto conjunto del Bosque</i>	81
<i>Ilustración 61 Correlaciones existentes de \emptyset de acuerdo al N1, 60, preparado por Vera Grunauer et al, 2009.</i>	82
<i>Ilustración 62 Capacidad de carga estado límite de falla - Proyecto Conjunto del Bosque</i>	83
<i>Ilustración 63 Capacidad de carga estado límite de servicio - Proyecto Conjunto del Bosque</i>	84

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Clasificación de suelos AASHTO según agregado.</i>	30
<i>Tabla 2 Grupos y Tipos de Suelos.</i>	32
<i>Tabla 3 Parámetros de los estratos</i>	36
<i>Tabla 4 Cargas de servicio para modelación de Losa de Proyecto Entre Bosques – Unidades KN, M, M2, (KN/M2).</i>	40
<i>Tabla 5 Valores de coeficiente de reacción por zonas homogéneas de acuerdo a los resultados del modelo de interacción suelo – estructura.</i>	42
<i>Tabla 6 Cargas de servicio para modelación de Losa – Unidades KN, M2, (KN/M2)</i>	47
<i>Tabla 7 Propiedades Físico - Mecánicas del suelo para modelación de Losa.</i>	49
<i>Tabla 8 Relación esfuerzo vs deformación - Unidades M y KN/M2</i>	53
<i>Tabla 9 Dimensionamiento y datos de anclajes - Perfil 5</i>	57
<i>Tabla 10 Dimensionamiento y datos de anclajes - Perfil 5</i>	57
<i>Tabla 11 Propiedades físico – mecánicas de los suelos - Perfil 5</i>	58
<i>Tabla 12 Relación esfuerzo vs deformación - Unidades M y KN/M2</i>	61
<i>Tabla 13 Descripción del SONDEO 1</i>	64
<i>Tabla 14 Descripción del SONDEO 2</i>	65
<i>Tabla 15 Descripción del SONDEO 3</i>	66
<i>Tabla 16 Clasificación de suelos según número de Golpes- SONDEO 1</i>	67
<i>Tabla 17 Clasificación de suelos según número de Golpes- SONDEO 2</i>	68
<i>Tabla 18 Clasificación de suelos según número de Golpes- SONDEO 3</i>	68
<i>Tabla 19 Descripción de SONDEO 1</i>	76
<i>Tabla 20 Descripción de SONDEO 2</i>	77
<i>Tabla 21 Descripción del SONDEO 3</i>	78
<i>Tabla 22. Clasificación de suelos para sondeo 1 – Proyecto conjunto del Bosque</i>	79
<i>Tabla 23. Clasificación de suelos para sondeo 2 – Proyecto conjunto del Bosque</i>	79
<i>Tabla 24. Clasificación de suelos para sondeo 3 – Proyecto conjunto del Bosque</i>	80

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: APOYO TÉCNICO DE INGENIERÍA EN ESTUDIOS DE SUELOS Y DISEÑOS DE PROYECTOS DE OBRAS GEOTÉCNICAS IMPLEMENTANDO MODELACIONES EN EL SOFTWARE MIDAS GTS NX

AUTOR(ES): LUZ YANERIS MILIAN GAVIRIA

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): GUSTAVO ANDRES OSPINA IDARRAGA

RESUMEN

Este informe presenta las actividades que se realizaron durante el periodo de prácticas empresariales con la empresa santandereana CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA SAS. Se describe el proceso con el cual se determinaron las características físico-mecánicas del suelo por medio de ensayos de campo y estudios de laboratorios, así mismo presenta simulaciones numéricas con el Software Midas GTS NX del comportamiento esfuerzo-deformación del suelo cuando es sometido a estructuras geotécnicas.

PALABRAS CLAVE:

Ensayos, Suelos, Geotécnia, Software, Midas, Simulación.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: ENGINEERING TECHNICAL SUPPORT IN SOIL STUDIES AND DESIGNPROJECTS OF GEOTECHNICAL WORKS IMPLEMENTING MODELLING IN THEMIDAS GTS NX SOFTWARE

AUTHOR(S): LUZ YANERIS MILIAN GAVIRIA

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: GUSTAVO ANDRES OSPINA IDARRAGA

ABSTRACT

This report presents the activities that were carried out during the period of business practices with the Santandereana company CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA SAS. It describes the process with which the physical-mechanical characteristics of the soil were determined by field tests and laboratory studies, and presents numerical simulations with the Midas GTS NX Software of the stress-behaviorsoil deformation when subjected to geotechnical structures.

KEYWORDS:

Testing, Soils, Geotechnics, Software, Midas, Simulation.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad de nuestra sociedad se observa como existen grandes avances significativos que han contribuido a una mejora en nuestro estilo y calidad de vida, entre esos está el desarrollo y progreso de la ingeniería civil. Los Ingenieros civiles profesionales de hoy buscan cubrir las necesidades de la población de la manera más innovadora y segura posible sumando grandes tecnologías en estudios, diseños y construcción.

Una de las áreas más significativas dentro de la ingeniería es la ingeniería geotécnica, siendo esta un gran complemento para los ingenieros constructores. Todas las estructuras de ingeniería civil deben cimentarse sobre la superficie del terreno natural y por tal razón es de vital importancia un buen estudio de suelos donde se conozcan con exactitud todas las características físicas y mecánicas del suelo, todo esto es realizado mediante nuevos métodos y con herramientas tecnológicas que facilitan el trabajo y presentan buenos resultados.

La empresa de CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S está especializada en brindar servicios geotécnicos, estudios de suelos y consultoría con excelencia y calidad. Con Profesional capacitado y equipos adecuados la empresa ofrece satisfacer las necesidades y requerimientos de sus clientes para cualquier tipo de proyecto geotécnico (Cimentaciones, pilotes, estabilización de taludes, perforaciones, pozos, saneamiento, entre otros) e inclusive estudios de laboratorios.

Uno de los objetivos principales de este trabajo de grado será, junto con la empresa de CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S, llevar a cabo la determinación de las características físicas y mecánicas por medio de ensayos de campo y estudios de laboratorio en el departamento de Santander con los cuales se definirá la capacidad de carga del suelo, el practicante realizará labores de digitación a formatos de los resultados de los ensayos en el laboratorio de suelos, donde brindará su apoyo en los estudios que sean necesarios y a su vez indicar las recomendaciones en la

cimentación por parte del Ingeniero encargado. Así mismo se emprenderán conocimientos en diseños de obras geotécnicas con el uso del Software MIDAS GTS NX, que realiza modelaciones de suelos para análisis matemáticos de proyectos geotécnicos. Todo bajo supervisión del Ingeniero Miguel Roberto Silva.

Este informe presenta las actividades que se realizó durante el periodo de prácticas empresariales. Se describe el proceso y los aporte que dejan cada una de las actividades que se ejecuten en el periodo de tiempo establecido, esto le permitirán al practicante conocer e incrementar sus conocimientos desarrollando habilidades propias que cumplan los objetivos de cada proyecto y así mismo de la empresa, respetando las normativas y reglamentos establecidos.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar apoyo técnico de ingeniería, creando la simulación numéricamente del comportamiento esfuerzo-deformación de un muro anclado localizado en la Ciudad de Floridablanca, mediante la implementación del software Midas GTS NX y presentando informes de los ensayos de laboratorio de capacidad portante de los estudios de SPT.

2.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Apoyar la elaboración de reportes de ensayos de sondeos SPT y los estudios de laboratorio de capacidad portante del suelo, indicando las observaciones por parte del Ingeniero geotecnista.
- Simular numéricamente comportamiento esfuerzo-deformación de un muro anclado localizado en la Ciudad de Floridablanca en el software Midas GTS NX.
- Apoyar la elaboración de análisis y conclusiones del comportamiento esfuerzo-deformación de la modelación de un muro anclado con respecto a las condiciones variables de los estratos del suelo y las diferentes cargas y tensiones que se presenten.

3. MARCO TEORICO

3.1 SOFTWARE MIDAS GTS NX

El software Midas GTS NX, es una herramienta que trabaja con elementos finitos, enfocado en crear simulaciones en 2D y 3D para resolver problemas propios de proyectos geotécnicos. Permite analizar y determinar los comportamientos de esfuerzo – deformación, estabilidad de taludes por el método de reducción de resistencia (casos 2D y 3D) y el método de equilibrio límite (solo casos 2D), también simular los procesos constructivos del proyecto teniendo en cuenta los excesos de presiones de poros y crear análisis de flujo, análisis dinámicos (1D, 2D y 3D) y térmicos.

El paso a paso para realizar modelación es de la siguiente manera:

3.1.1 Barra de herramientas para generar geometría en el GTS NX

En el software Midas se tiene una barra de herramientas exclusiva para el uso de diseño geométrico, llamada “Geometry” localizada en la esquina superior izquierda del programa, contiene comandos que facilitan el diseño o en otro caso se pueden importar archivos DWG y DXF desde Autodesk AutoCAD con la geometría ya lista. Las herramientas para diseño geométrico se pueden usar como se hace en el AutoCAD, en la siguiente *ilustración 1* indica los iconos.

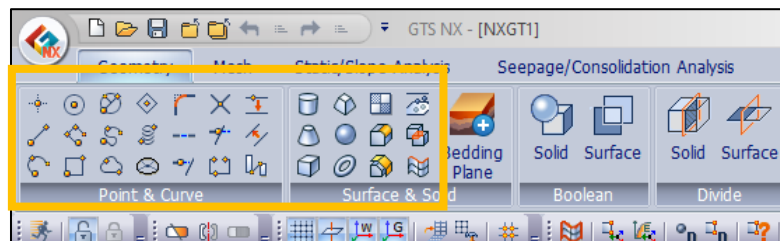


Ilustración 1 Barra de herramientas para geometría en Midas GTS NX

Fuente: Software Midas GTS NX

Las siguientes *ilustraciones 2 y 3* serían de los resultados de algunos diseños realizados.

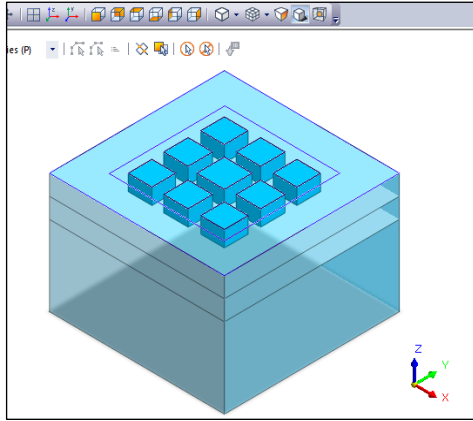


Ilustración 2 (Izquierda)
Modelación Midas GTS NX – Geometría
Fuente: Software Midas GTS NX

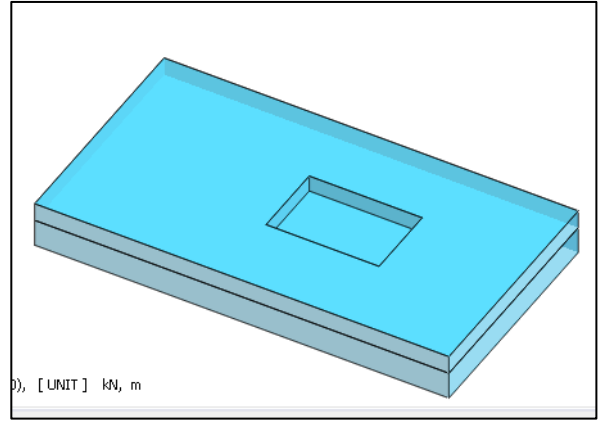


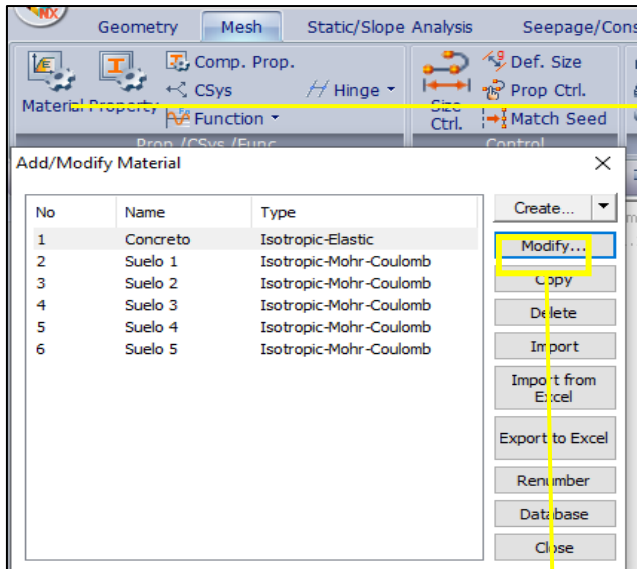
Ilustración 3 (Derecha)
Modelación Midas GTS NX – Geometría
Fuente: Software Midas GTS NX

3.1.2 Definición de materiales, modelos constitutivos y propiedades en GTS NX

Para realizar modelaciones en este programa, los elementos que se diseñen deben definirse con propiedades y características propias de acuerdo con el tipo de material y tipo de elemento. Para suelos, se definen como Mohr Coulomb y es necesario registrar los valores de cohesión, de Angulo de fricción, peso unitario, peso unitario saturado, poisson, módulo de elasticidad, entre otras. Para elementos estructurales se definen como tipo Isotrópico Elástico, dando valores al módulo de elasticidad según el material, es decir, si es acero o concreto.

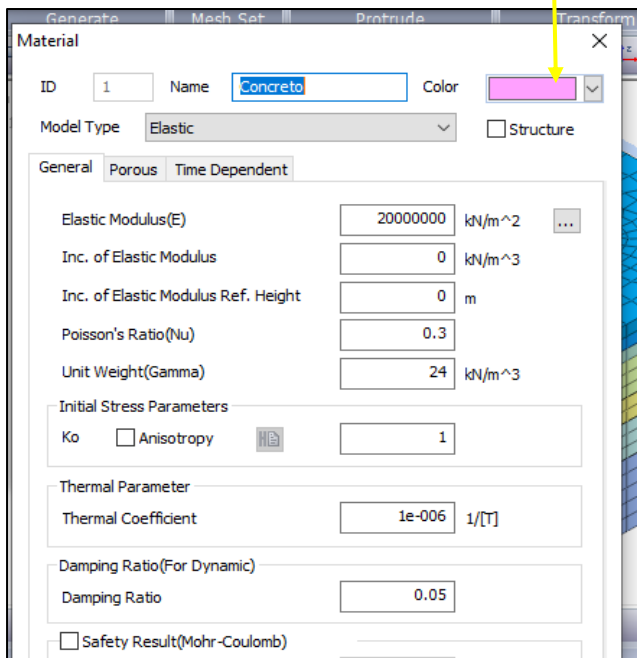
Una vez se definan los materiales y las propiedades físico-mecánicas de cada uno de los elementos se pasa al mallado para asignación de las propiedades y definición de ecuaciones.

En la siguiente *ilustración 4 y 5* se indican las ventanas del Software donde se realizan los ajustes de datos.



Herramientas para ver y crear los materiales y las propiedades.

Ilustración 4 Ventana de herramientas de materiales
Fuente: Software Midas GTS NX



Esta es la ventana donde se ajustan todos los datos.

Ilustración 5 Ventana de ajustes de materiales
Fuente: Software Midas GTS NX

3.1.3 Generación y edición de mallas en 2D y 3D

El software cuenta con herramientas para generar el mallado de los elementos finitos consistentes, el cual es un método numérico general para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales muy complejas utilizado para resolver problemas y situaciones de ingeniería.

En la siguiente *ilustración 6* se indican las ventanas del Software donde se realiza el mallado.

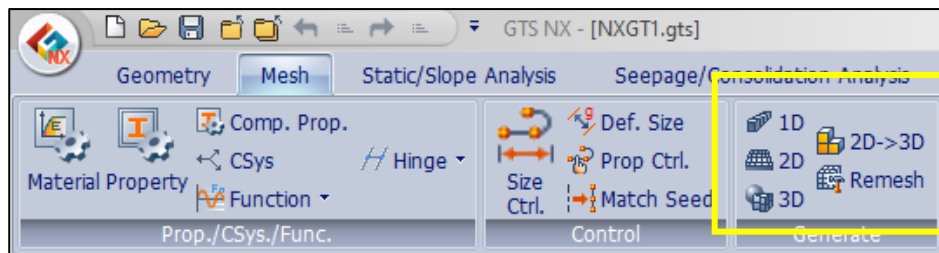


Ilustración 6 Barra de herramientas para mallado
Fuente: Software Midas GTS NX

Las siguientes *ilustraciones 7* y *8* serían de los resultados de algunos diseños realizados.

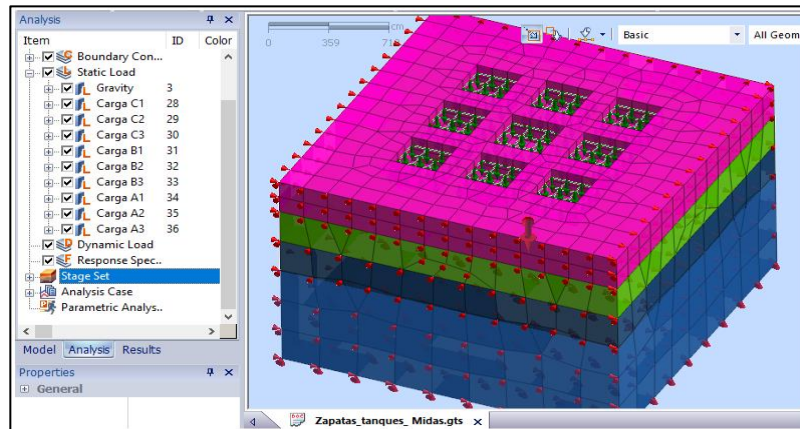


Ilustración 7 Modelo mallado de terreno y excavación
Fuente: Software Midas GTS NX

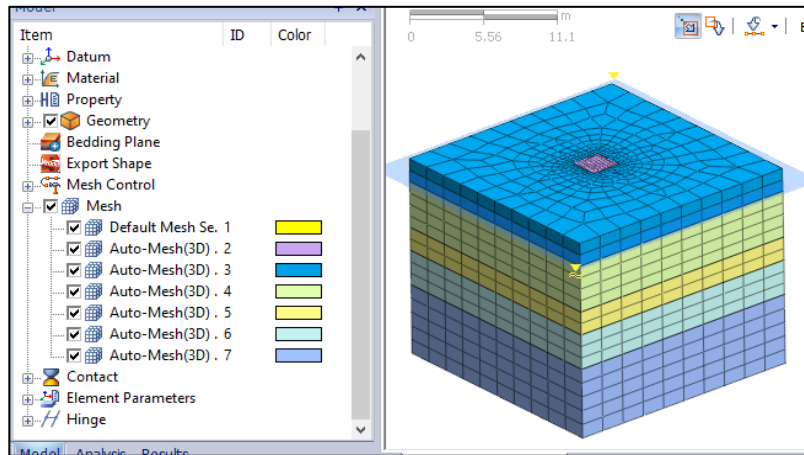


Ilustración 8 Modelo mallado de una excavación en el terreno
Fuente: Software Midas GTS NX

3.1.4 Definición de condiciones de frontera para desplazamientos y de Cargas

Las condiciones de frontera juegan un papel fundamental en los análisis de elemento finito, ya que con ellas podemos definir condiciones iniciales en puntos donde conocemos los valores de algunas variables de interés. A partir de estas condiciones de frontera, el programa resuelve las ecuaciones de equilibrio y encuentra el resultado final. Es por lo anterior, que definir las de manera adecuada es tan importante para el análisis. En esta ocasión usaremos la Restricción de grados de libertad (DOF) para análisis de esfuerzos.

Una vez elaboradas las mallas de elemento finito, se procede a definir las condiciones de frontera. Estas se pueden definir en los siguientes menús indicados en la siguiente *ilustración 9*.

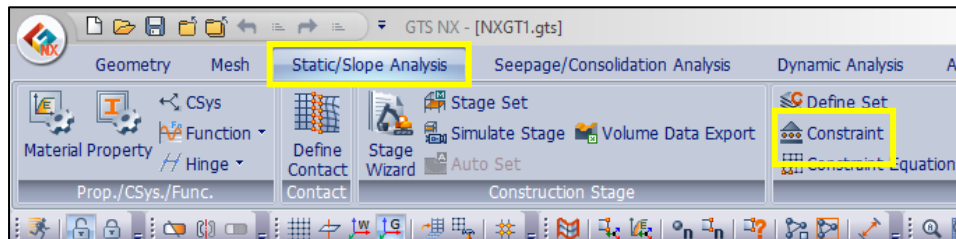


Ilustración 9 Barra de herramientas para definición de condiciones de fronteras
Fuente: Software Midas GTS NX

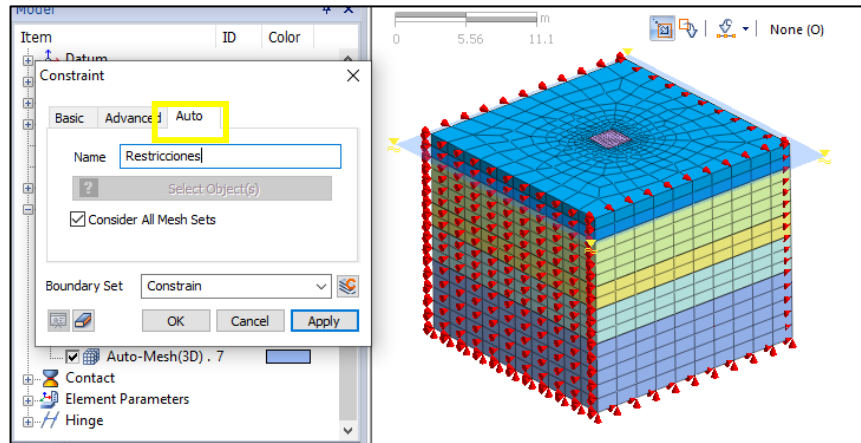


Ilustración 10 Modelo mallado de la excavación en un terreno
Fuente: Software Midas GTS NX

Con este comando se aplican restricciones de desplazamiento y de giro, es decir podemos limitar los grados de libertad que tienen los nodos. Usamos la opción de Auto, en la *ilustración 10* lo señala, donde se definen automáticamente las condiciones de frontera del suelo para análisis de esfuerzos. Los desplazamientos en X se restringen para las caras izquierda y derecha, los desplazamientos en Y para la cara frontal y la posterior, mientras que en la frontera inferior se restringen los desplazamientos en las direcciones X, Y y Z.

Para la definición de cargas, las fuerzas externas juegan un papel muy importante en los análisis de elementos finitos, ya que estas son las que ocasionan cambios en el estado de esfuerzos del terreno y los elementos estructurales. Estas fuerzas pueden ser estáticas o dinámicas. Luego del mallado del elemento aplicamos cargas con los siguientes iconos indicados en la siguiente *ilustración 11*.

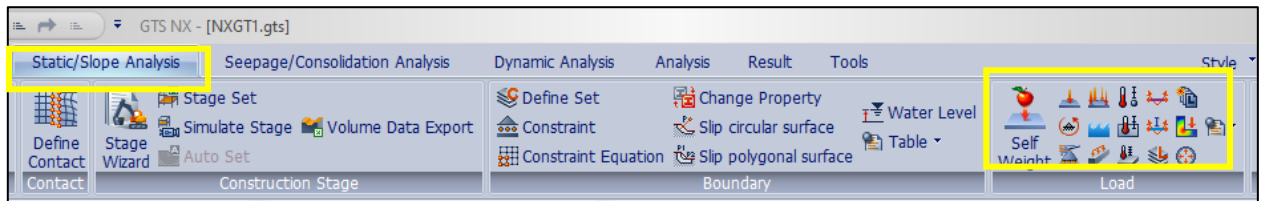


Ilustración 11 Barra de herramientas para definición de cargas estáticas y dinámicas
Fuente: Software Midas GTS NX

Las siguientes *ilustraciones 12 y 13* serían los resultados de algunos diseños realizados.

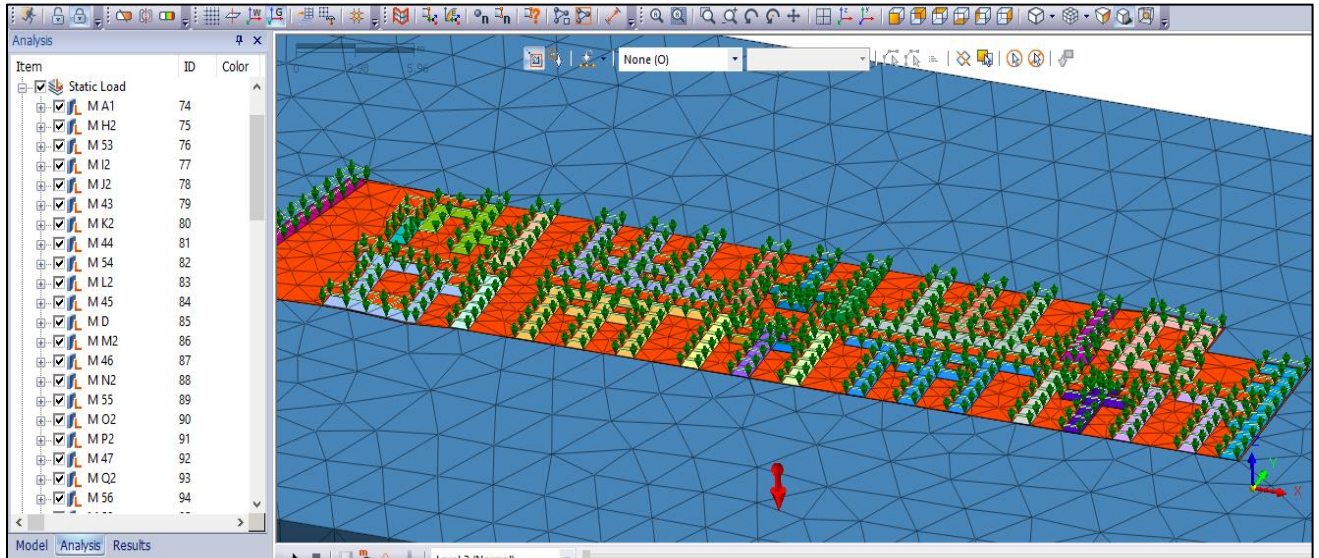


Ilustración 12 Modelación de losa con aplicación de cargas
Fuente: Software Midas GTS NX

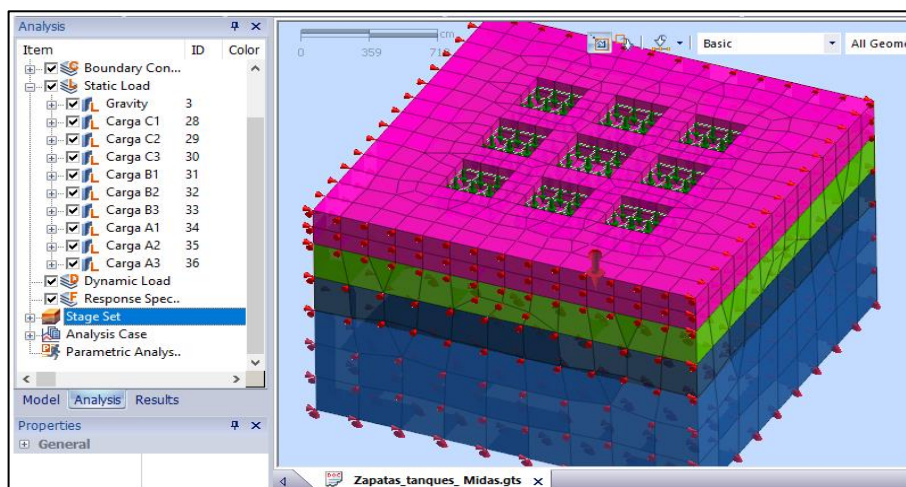


Ilustración 13 Modelación de excavación para zapatas con aplicación de cargas
Fuente: Software Midas GTS NX

3.2 TIPOS DE OBRAS GEOTECNICAS

3.2.1 Cimentaciones superficiales

Se da cuando el estrato de suelo se encuentra cerca de las estructuras de cimentación y es suelo firme, en estos casos la excavación es poco profunda. Este tipo de cimentación se diseña estructuralmente con piedras, concreto reforzado, losas de cimentación o zapatas que son los elementos encargados de transmitir las cargas al terreno firme. La siguiente *ilustración 14*, muestra los tipos de cimentaciones que son superficiales.

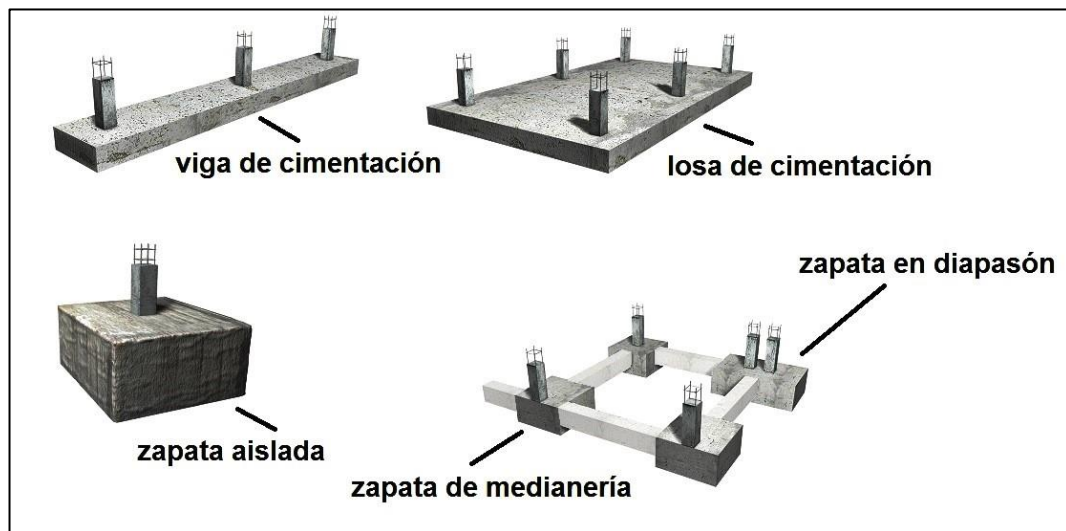


Ilustración 14 Tipos de cimentaciones superficiales
Fuente: Cimentaciones superficiales

3.2.2 Cimentaciones profundas

Este tipo de cimentaciones se emplean cuando los estratos superiores del terreno no son aptos para soportar una cimentación con zapatas. Se basan en el esfuerzo cortante entre el terreno y la cimentación para soportar las cargas aplicadas, o más exactamente en la fricción vertical entre la cimentación y el terreno.

En general, se considera una cimentación como profunda cuando su extremo inferior sobre el terreno se encuentra a una profundidad superior a ocho veces su anchura o diámetro. Principalmente se usa en casos especiales como una obra con

una carga demasiado grande o un terreno que no tenga las características para soportar construcciones o estructuras muy extensas o pesadas.

Entre los tipos de cimentaciones profundas están los pilotes, pilas y cilindros.

Estados límite de falla de las cimentaciones

Basados en los estudios publicados por Meyerhof 1951, para la obtención de la capacidad de carga en cimentaciones superficiales, se consideró una superficie de falla bajo una cimentación continua. La capacidad de carga última q_u , expresada de la siguiente manera:

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

Adicionalmente para estimar la capacidad de carga última, se consideró el efecto de forma de la cimentación, afectando así a la ecuación anterior por los factores de forma $\lambda_{cs}, \lambda_{qs}, \lambda_{\gamma s}$; el mismo que incrementa la capacidad de carga de la siguiente manera:

$$q_u = cN_c \lambda_{cs} + qN_q \lambda_{qs} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \lambda_{\gamma s}$$

Estados límite de servicio

Los asentamientos iniciales (elásticos) en arenas, son considerados mediante correlaciones medidas de asentamientos bajo influencia del N60 desarrollado por Terzaghi and Peck (1967), Peck, Hansen and Thornburn (1974) y Meyerhoff (1965), los que sugirieron varias relaciones empíricas para estimar los asentamientos.

$$\rho_i = \frac{5p}{(N - 1.5) * C_B}$$

3.2.3 Anclajes

Un anclaje se define como un dispositivo capaz de transmitir una carga de tracción en una zona del terreno que pueda soportar dicho esfuerzo. Los anclajes consistirán en barras o cables de acero introducidos en el macizo rocoso mediante una perforación y adheridos a éste mediante una inyección de lechada o mortero de cemento, para que, una vez tensionados, formen un bulbo de empotramiento dentro de la masa del terreno.

Longitud de anclajes

Bulbo de inyección (define la longitud de anclaje). Queda en el fondo del barreno y se extiende una longitud suficiente para que se desarrollen las fuerzas de diseño; el terreno que circunda al bulbo está sometido a esfuerzos cortantes en la interfaz bulbo-suelo que equilibran a las fuerzas de tensión en torón o barra. Dentro de este bulbo se inyecta mortero a presión (lechada principal), con objeto de incrementar los esfuerzos dentro del mismo y en el terreno circundante. El bulbo de inyección queda cerrado por un obturador que permite la presurización y, al mismo tiempo, lo aísla de la parte exterior del barreno

Longitud libre: Es la longitud del barreno en la cual no se aplica mortero o lechada a presión, por lo cual también se le denomina lechada secundaria. La longitud libre se puede rellenar con mortero de menor calidad que el que se utiliza en el bulbo de inyección; suele colocarse vaciándolo por gravedad. En la zona comprendida por la longitud libre no hay transferencia de cargas entre el ancla y el terreno circundante.

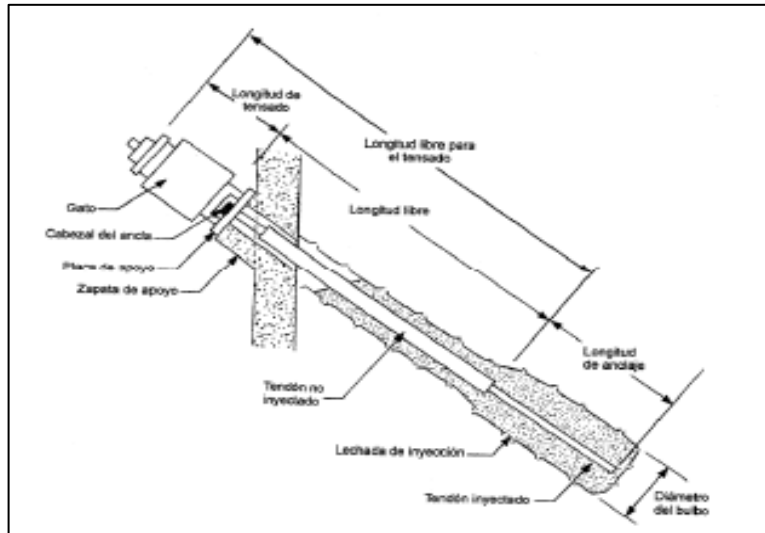


Ilustración 15 Vista de un anclaje dentro de la estructura, longitud libre y bulbo de inyección
Fuente: Sociedad Santandereana de Geotecnia

Los anclajes incluyen lo siguiente: torones, Generalmente los torones están constituidos por un alambre central y seis alambres exteriores enrollados helicoidalmente sobre dicho núcleo, Normas NTC 2010, ASTM A 416 y Post-Tensioning Institute (PTI), también incluye separadores, cuñas y barriletes, zapatas de transferencia de carga, tubería de inyección



Ilustración 16 Anclajes

3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

3.3.1 Gravedad específica

Este método de ensayo se lleva a cabo en el laboratorio, tiene como fin determinar el contenido de humedad que se presenta en el suelo. Se toma una muestra del depósito de suelo, se le practican unas pruebas y se hace el registro de los resultados. Mediante siguiente formula se determina el estado del suelo:

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_t} * 100 = \frac{W_s}{W_t} * 100$$

W = es el contenido de humedad, (%)

W_w = Peso del agua

W_s = Peso seco del material

W_1 = es el peso de tara más húmedo, en gramos

W_2 = es el peso de tara más el suelo en horno, en gramos

W_t = es el peso de tara, en gramos

El reporte incluye lo siguiente:

1. La identificación de la muestra (material) ensayada, tal como el numero de la perforación, numero de muestra, numero de ensayo, numero de contenedor, etc.
2. El contenido del agua del espécimen con aproximación al 1% o al 0.1%, como sea apropiado dependiendo de la mínima muestra usada. Si se usa este método conjuntamente con algún otro método, el contenido de agua del espécimen deberá reportarse al valor requerido por el método de ensayo para el cual se determinó el contenido de humedad.
3. Indicar el método de secado si es diferente del secado en horno a 110°C más o menos 5°C.

4. Indicar si se excluyó algún material del espécimen de ensayo.

Esto según la ASTM D-2216, J.E Bowles (Experimento N°1). MTC E108-2000

3.3.2 Gravedad específica de los suelos

La gravedad específica es un tipo particular de densidad relativa, particularmente en mecánica de suelos es la densidad del suelo entre la densidad del agua. Se utiliza también en el análisis de hidrómetro y es útil para predecir el peso unitario del suelo. Así, si se consideran solamente los granos del suelo se obtiene G, Como:

$$G = \frac{\gamma_{material}}{\gamma_{agua a 4^{\circ}C}}$$

3.3.3 Análisis granulométrico por tamizado

El análisis Granulométrico es la determinación de los tamaños de las partículas de una cantidad de muestra de suelo. Existen distintos parámetros y criterios de aceptabilidad de los suelos, de acuerdo con el tipo de obra que se requiera el material.

Este método emplea tamices para la separación en tamaños de las partículas de un material. Debido a las limitaciones del método su uso sea restringido a partículas mayores que 0.074 mm. Este método busca agrupar los materiales que pertenezcan a cierto rango de tamaños, pero no determinará el tamaño exacto de las partículas. Para obtener un resultado verídico, la muestra debe ser estadísticamente representativa del suelo en cuestión.

ASTM D-422, AASHTO T88, J. E. Bowles (Experimento N.º 5), MTC E 107-2000

3.3.4 Límites de Atterberg

También conocido como límites de plasticidad o límites de consistencia, se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, aunque su comportamiento varía a lo largo del tiempo. Albert Mauritz Atterberg definió para el uso en agronomía cuatro estados en los que puede encontrarse un suelo plástico en función de su consistencia, que varía según la humedad: sólido, semisólido, plástico y líquido. Un suelo plástico seco se encuentra en estado sólido; al incrementar su humedad varía de forma gradual su consistencia hasta llegar al estado líquido. Los umbrales de humedad que separan cada uno de los estados son denominados límites de Atterberg.

- Límite líquido: El límite líquido (w_L) corresponde a la humedad por encima de la cual la resistencia al corte de un suelo es nula (propia de un líquido) y se determina mediante un ensayo que relaciona este umbral de humedad con un cierto número de golpes que es necesario dar a un dispositivo en forma de cuchara para que dos porciones de suelo separadas por un surco se unan en una longitud preestablecida (en el procedimiento original media pulgada; en países que adoptan el sistema métrico se toman 12 mm); a este método de ensayo se le llama cuchara de Casagrande.

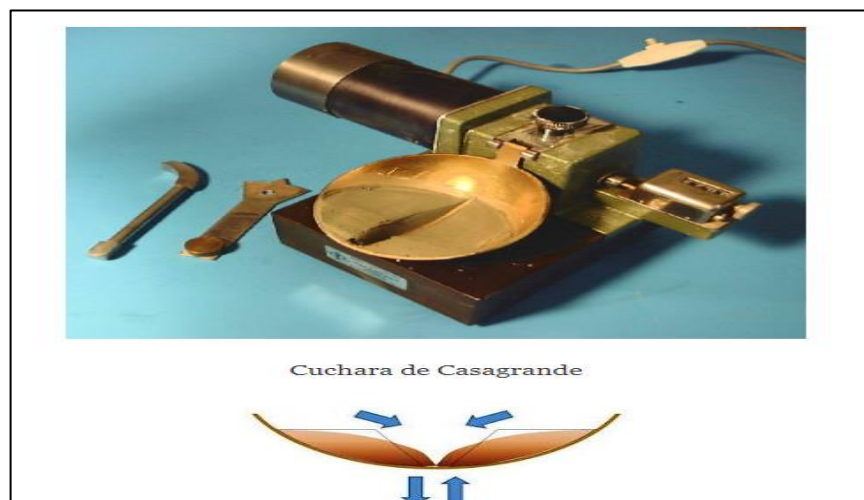


Ilustración 17. Ensayo de cuchara Casagrande.

- Límite plástico: El límite plástico (wP) corresponde al umbral de humedad de un suelo por encima del cual el material muestra una deformación de tipo plástica con relación a las tensiones aplicadas, y empíricamente se relaciona con la humedad por debajo de la cual resulta imposible moldear un cilindro de 3 mm de diámetro (en el procedimiento original se consideraba un diámetro de una décima de pulgada.)



Ilustración 18. Ensayo de límite plástico.

- Índice Plástico: El índice de plasticidad de un suelo es el tamaño del intervalo de contenido de agua, expresado como un porcentaje de la masa seca de suelo, dentro del cual el material está en un estado plástico. Este índice corresponde a la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico del suelo.

3.3.5 Clasificación de suelos

La clasificación de suelos se generó para dar soluciones a la necesidad de agrupar, entender y dar solución a distintos problemas que se presentan al desconocer exactamente las condiciones que un tipo de suelo presenta.

- El sistema de clasificación de suelos de la Aashto: Este sistema de clasificación es ampliamente usado en lo que es la ingeniería de vías, y busca

principalmente juzgar la aceptabilidad de un suelo para ser usado como material de subbase y base en un pavimento, se basa en la medición numérica de la calidad del suelo, determinando el índice de grupo (IG).

Clasificación general	Material Granular (35% o menos del total pasa No.200)						
	A -1		A - 3	A - 2			
	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7
Análisis de tamices (porcentaje que pasa)							
No. 10	50 max.						
No. 40	30 max.	50 máx.	51 min.				
No. 200	15 max.	25 max.	10 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.
Características de la fracción que pasa No.40							
Límite líquido				40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Índice de plasticidad	6 max.		NP	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Tipos usuales de materiales que consta	Fragmentos pétreos, grava, y arena		Arena fina	Limos o gravas arcillosas y arena			
Valoración general del subgrupo	Excelente a bueno						

Tabla 1. Clasificación de suelos AASHTO según agregado.

se realiza la clasificación según los sangos representados en la tabla 1, los resultados de los ensayos de granulometría y los límites de consistencia determinaran el tipo de suelo.

- Sistema unificado de clasificación de suelos: El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Unified Soil Classification System (USCS), fue presentado por Arthur Casagrande, usado para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se puede clasificar suelos con tamaños menores de tres (3) pulgadas; se representa mediante un símbolo con dos letras, B. Das (2001).

Los suelos de granos grueso y fino se distinguen mediante el tamizado del material por el tamiz N°. 200. Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicho tamiz y los finos a los que lo pasan, de esta forma se considera que un suelo es grueso si más del 50% de las partículas son retenidas en el tamiz N°. 200 y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz.

Los suelos se designan por símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo consta de un prefijo y un sufijo. Los prefijos son las iniciales de los nombres en inglés de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turbas), mientras que los sufijos indican subdivisiones en dichos grupos.

Se clasifica de la siguiente manera:

- ✓ *Suelos gruesos*: Se dividen en gravas y arena, y se separan con el tamiz N° 4, de manera que un suelo pertenece al grupo de grava si más del 50% retiene el tamiz No 4 y pertenecerá al grupo arena en caso contrario.
- ✓ *Suelos finos*: El sistema unificado considera los suelos finos divididos entre grupos: limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas (C) y limos y arcillas orgánicas (O). Cada uno de estos suelos se subdivide a su vez según su límite líquido, en dos grupos cuya frontera es $LI = 50\%$. Si el límite líquido del suelo es menor de 50 se añade al símbolo general la letra L (low compressibility). Si es mayor de 50 se añade la letra H (high compressibility). Obteniéndose de este modo los siguientes tipos de suelos:

ML: Limos Inorgánicos de baja compresibilidad.

OL: Limos y arcillas orgánicas.

CL: Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad.

CH. Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad.

MH: Limos inorgánicos de alta compresibilidad.

OH: arcillas y limos orgánicas de alta compresibilidad.

- ✓ *Suelos orgánicos*: Constituidos fundamentalmente por materia orgánica. Son inservibles como terreno para cimentación.

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUBGRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien gradada	W
Arena	S	Pobremente gradada	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Limite liquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Limite liquido bajo (<50)	H

Tabla 2 Grupos y Tipos de Suelos

3.3.6 Consolidación

La consolidación de un suelo es un proceso de reducción de volumen, es cuando existen un asentamiento vertical en la masa provocado por la actuación de cargas, esto ocurre en el transcurso en un tiempo generalmente largo. El asentamiento varía por muchos factores, entre los más relevantes son: según el tipo de suelo, partículas de aire y/o partículas de agua. Si el suelo presenta mayor número de partículas finas cohesivas puede producir un asentamiento mayor debido a que las partículas, al momento de recibir la carga, empiezan a compactarse unas con otras reduciendo el volumen de la masa.

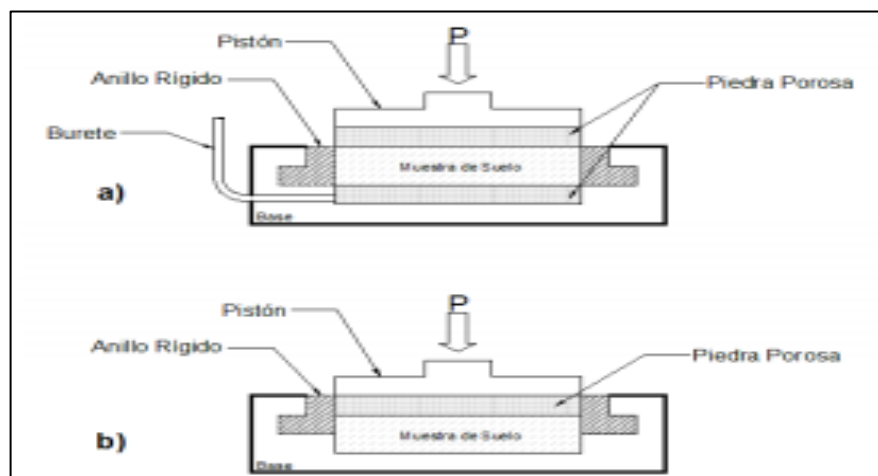
La compresión que sufre un suelo se debe a la disminución del volumen de los poros, ya que las partículas se asumen incompresibles o de efecto despreciable. En suelos saturados la compresión ocurre solamente si se presenta drenaje de agua.

La compresión gradual de un suelo por efecto de los esfuerzos originados por la presión que ejercen las estructuras superpuestas recibe el nombre de consolidación.

Puede ser PRIMARIA o SECUNDARIA. Primaria, cuando cargado el suelo, la reducción de volumen se debe a la expulsión del agua, fenómeno en el que se transfiere la carga soportada por el agua al esqueleto mineral. Secundaria, cuando la consolidación se da por reajuste del esqueleto mineral y luego de que la carga está casi toda soportada por este y no por el agua.

La consolidación de un suelo suele estudiarse mediante el conocido ensayo edométrico, éste nos permite determinar los asentos y tiempos de consolidación de terraplenes, losas, zapatas, entre otros, en suelos blandos saturados como limos y arcillas.

El ensayo de consolidación en edómetro consiste básicamente en un anillo rígido de acero cuyas tapas están formadas por piedras porosas que permiten la salida del agua y en cuyo interior del anillo se coloca la muestra de suelo.



La consolidación de un suelo es un proceso de reducción de volumen, es cuando existen un asentamiento vertical en la masa provocado por la actuación de cargas, esto ocurre en el transcurso en un tiempo generalmente largo. El asentamiento varía por muchos factores, entre los más relevantes son: según el tipo de suelo, partículas de aire y/o partículas de agua. Si el suelo presenta mayor número de partículas finas cohesivas puede producir un asentamiento mayor debido a que las partículas, al momento de recibir la carga, empiezan a compactarse unas con otras reduciendo el volumen de la masa.

4. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO

Durante la práctica empresarial estuve desarrollando tres (4) modelos con el Software Midas GTS NX, entre esos el muro anclado de la Estación de Metrolínea en Floridablanca - Santander para visualizar las simulaciones numéricas donde se pueda verificar las deformaciones que se presentan en el suelo debido a los esfuerzos que se aplican por las cargas de las obras geotécnicas.

También se realizaron apoyos en los reportes de los ensayos de SPT, se apoyó en los estudios de laboratorio para determinar la capacidad portante de los suelos estudiados de acuerdo con las observaciones del ingeniero encargado.

4.1 SIMULACIÓN EN EL SOFTWARE MIDAS GTS NX

A continuación, se explica y discuten las modelaciones desarrolladas en el Software durante el periodo de práctica.

4.1.1 SIMULACIÓN DE LOSA DE PROYECTO ENTRE BOSQUES, UBICADO EN LA CALLE 11 No. 13-05 DEL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER DE EXCAVACIÓN E INSTALACION DE ZAPATA

La empresa CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S llevó a cabo el estudio geotécnico y de cimentaciones para la construcción del Proyecto Entre Bosques, conformado por dos (2) torres de 22 niveles, zona de parqueadero y zona social, ubicado en la calle 11 No. 13-05, en el municipio de Piedecuesta, departamento de Santander. Se realizó una modelación con el objeto analizar el comportamiento del suelo ante esfuerzos.

A continuación, en la *ilustración 20* se presenta el diseño de la losa de cimentación de la torre que se quiere simular, la cual tendrá un espesor de 1 m. Sobre esta se encuentran elementos estructuras que asumiremos como presiones. Las columnas como cargas puntuales y los muros como cargas distribuidas.

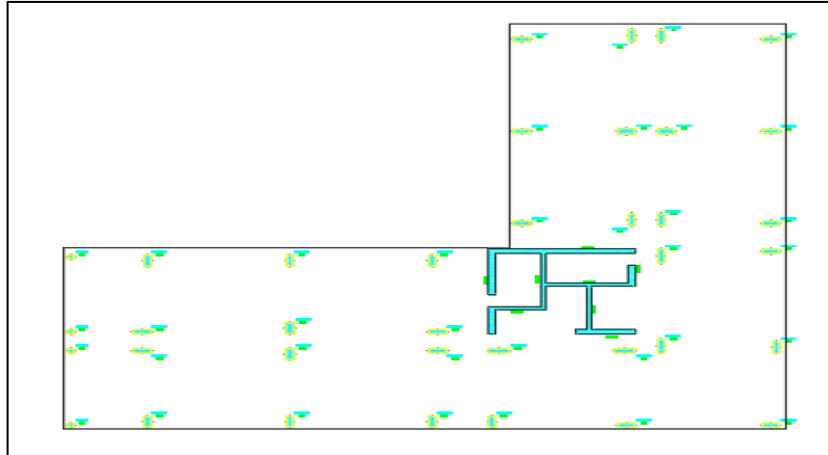


Ilustración 20 Diseño en AutoCAD de losa del Proyecto Entre Bosques
Fuente: Laboratorio, Construsuelos de Colombia S.A.S

En la siguiente *tabla 3* se encuentran los parámetros básicos que se registraron en el Software para un tipo de suelo.


Property	Soil property 1
Color	
Unit Weight [kN/m^3]	18
Saturated Unit Weight [kN/m^3]	21
Es [kPa]	12000
Cohesion	0
ϕ	29

Tabla 3 Parámetros de los estratos
Fuente: Laboratorio, Construsuelos de Colombia S.A.S

Se evaluaron los estados límites de servicio de la cimentación bajo las cargas de servicio, se realizó una simulación mediante un modelo 3D utilizando el software MIDAS GTS-NX, con el fin de realizar una interacción suelo-estructura tomando en cuenta la distribución de las cargas, la rigidez de la losa y del suelo de fundación.

El practicante realizó la simulación empezando por la geometría de lo que sería el terreno y la excavación *como se muestra en la Ilustración 21 y 22*. La losa, con área de $888,51 \text{ m}^2$, se dibujó sobre un terreno de 6300 m^2 ,

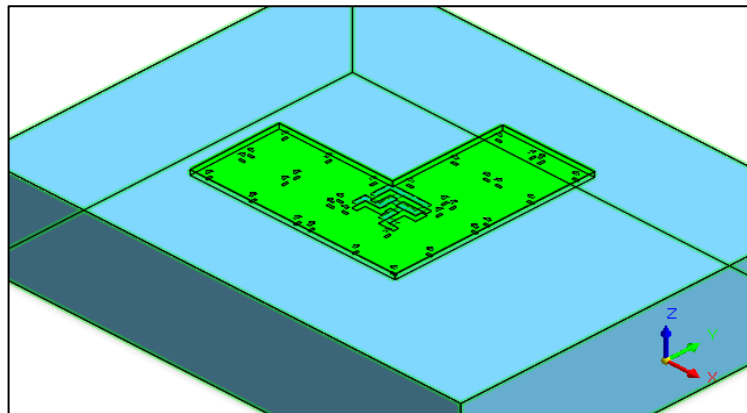


Ilustración 21 Diseño geométrico en MIDAS GTS NX de losa del Proyecto Entre Bosques
Fuente: Software Midas GTS NX

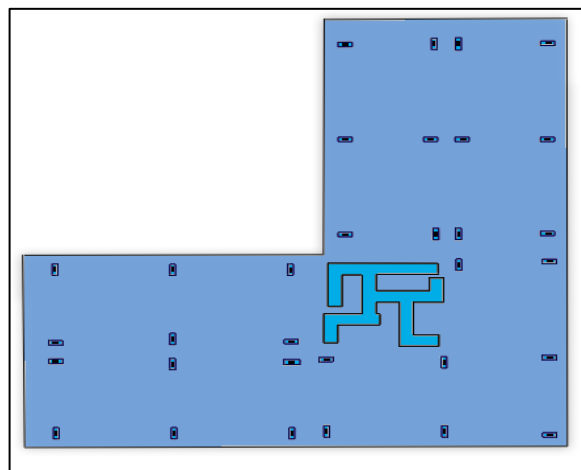
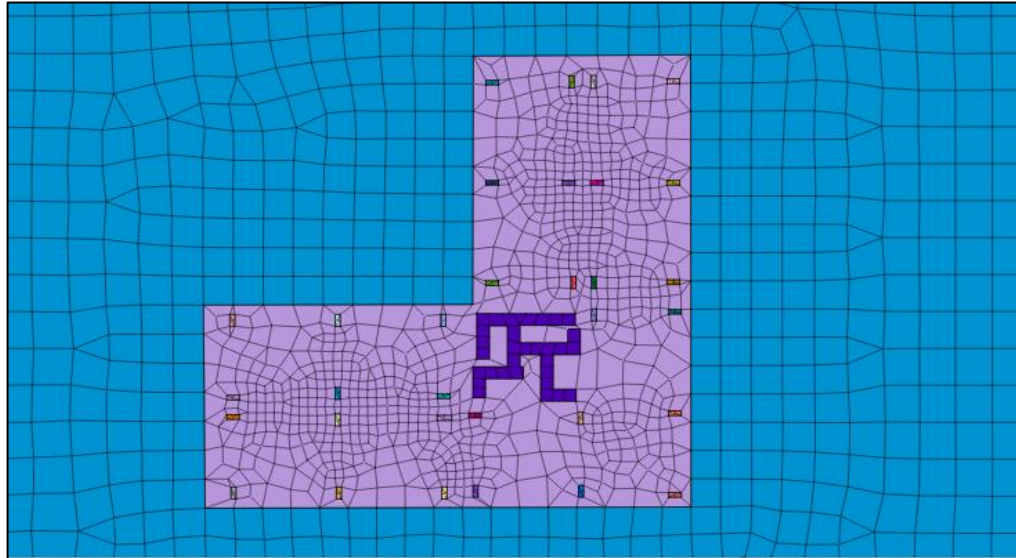


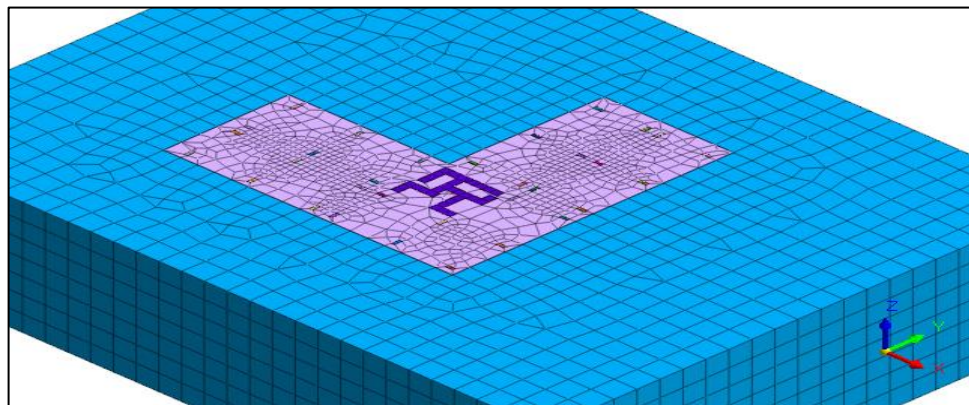
Ilustración 22 Diseño geométrico en MIDAS GTS NX de losa del Proyecto Entre Bosques
Fuente: Software Midas GTS NX

En la *ilustración 23*, que sigue a continuación, muestra lo que es el mallado de todos los elementos diseñados, este mallado es la creación de elementos finitos. Cada

nodo representa un numero de ecuaciones diferenciales, estas crean un análisis más detallado de los esfuerzos y las deformaciones que se desean estudiar.



*Ilustración 23 Modelo Mallado en MIDAS GTS NX de losa del Proyecto Entre Bosques
Fuente: Software Midas GTS NX*



*Ilustración 24 Modelo mallado en MIDAS GTS NX de losa del Proyecto Entre Bosques
Fuente: Software Midas GTS NX*

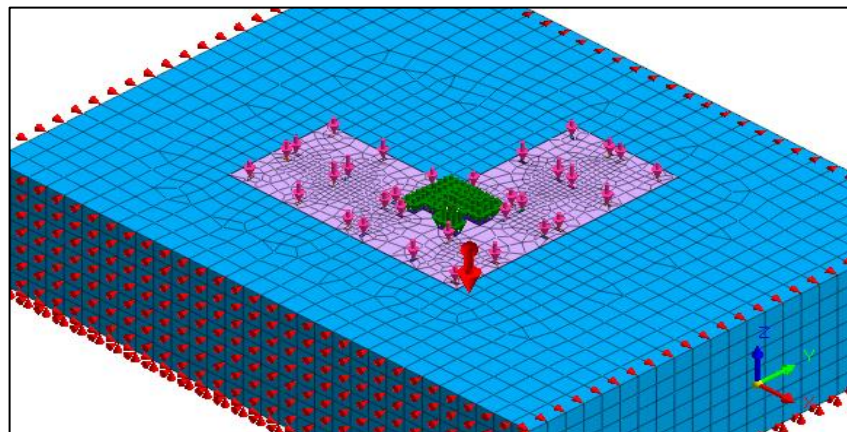
Para este caso se tomaron los muros y las columnas como cargas directas sobre la losa, En la *tabla 4*, a continuación, se los datos de las cargas.

ELEMENTOS	CARGAS			LONGITUD		CARGA TOTAL (KN/M2)
	PESO PROPIO	CARGA MUERTA	SOBRECARGA DE USO	L (m)	(m)	
MUROS						
M1	6572,7	2073,6	986,1	7,80	1,00	1234,92
M2	5429,3	1826,9	916,8	5,33	1,00	1533,40
M3	1878,0	795,6	353,0	1,13	1,00	2678,41
M4	3808,2	1918,7	869,8	1,82	1,00	3624,56
M5	2971,3	1213,9	5693,7	4,92	1,00	2007,91
M6	2592,4	1172,4	544,2	3,90	1,00	1104,87
M7	2776,6	1003,2	484,4	3,47	1,00	1228,88
M8	1745,4	705,9	344,0	2,98	1,00	938,02
COLUMNAS				CARGA (KN)		
C1	2023,6	1298,6	652,2	3974,4		
C2	2312,9	1606,3	786,8	4706,0		
C3	2272,1	1561,8	766,2	4600,1		
C4	2005,2	1281,3	643	3929,5		
C5	3040,5	2282,5	1128,4	6451,4		
C6	3491,6	2723,8	1352,7	7568,1		
C7	3429,1	2658,2	1322,2	7409,5		
C8	3000,1	2242,2	1109,9	6352,2		
C9	2027,3	1261,8	645	3934,1		
C10	1951,5	1230,7	646,9	3829,1		
C11	1876,0	1152,3	617,4	3645,7		
C12	1627,9	861,6	490,6	2980,1		
C13	2103,6	1336,5	683,6	4123,7		
C14	1945,5	1105,7	611,9	3663,1		
C15	1928,3	1137,3	618,4	3684,0		
C16	3015,5	2259,9	1116,5	6391,9		
C17	2067,3	1285,6	703,3	4056,2		
C18	2099,8	1362,2	714,2	4176,2		
C19	3521,2	2752,6	1366,5	7640,3		
C20	2354,7	1591,8	838,8	4785,3		
C21	2915	2154,7	1073,4	6143,1		
C22	2693,1	1860,3	1002,4	5555,8		
C23	2257,5	1457,4	759,2	4474,1		
C24	2020,5	1164,5	641,3	3826,3		
C25	2174,1	1435,1	744,8	4354,0		

C26	3595,9	2825,6	1396,9	7818,4
C27	2390,2	1627,4	851,2	4868,8
C28	1920,8	1197,9	587,7	3706,4
C29	2879,7	2120,4	1048,6	6048,7
C30	2080,5	1302,4	670,9	4053,8
C31	2154,5	1367,3	705,4	4227,2
C32	3043	2288,1	1125,4	6456,5
C33	2100,9	1323,7	715,5	4140,1
C34	126,4	25,9	58,9	211,2
C35	147,7	34,7	73,7	256,1
C36	150,7	38,9	73,6	263,2
C37	126,2	26,3	58,4	210,9

*Tabla 4 Cargas de servicio para modelación de Losa de Proyecto Entre Bosques – Unidades KN, M, M2, (KN/M2)
Fuente: Laboratorio, Construsuelos de Colombia S.A.S*

Luego, en *la ilustración 25*, aplicamos las restricciones de movimientos del modelo para que no tenga libertad en crear desplazamientos, se aplican las cargas y la gravedad.



*Ilustración 25 Modelo mallado con Distribución de cargas en MIDAS GTS NX de losa del Proyecto Entre Bosques
Fuente: Software Midas GTS NX*

A continuación, se presenta los resultados que se obtuvieron de la modelación con el Software:

De la *ilustración 26 y 27*, se obtienen los desplazamientos bajo la aplicación de las cargas estáticas. En los datos nos muestra que se presentan asentamientos

inmediatos o estáticos de 9 cm, cumpliendo dentro del rango permitido por la NSR 10.

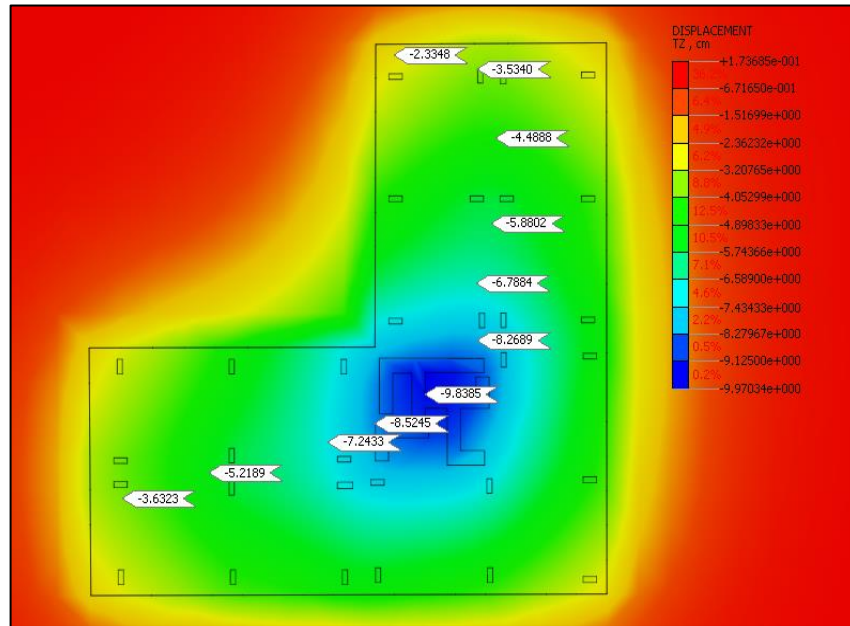


Ilustración 26 Desplazamientos del suelo de fundación producto de las cargas de servicio del Proyecto Entre Bosques
Fuente: Software Midas GTS NX

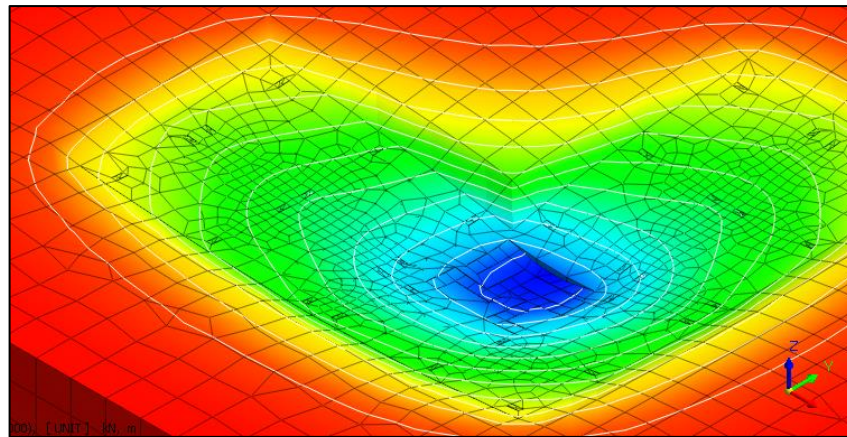


Ilustración 27 Deformación del suelo de fundación producto de las cargas de servicio del Proyecto Entre Bosques
Fuente: Software Midas GTS NX

De los esfuerzos, tenemos en la *ilustración 28* los resultados del esfuerzo del suelo de fundación de acuerdo a la distribución de las cargas y las presiones que se generan en el terreno.

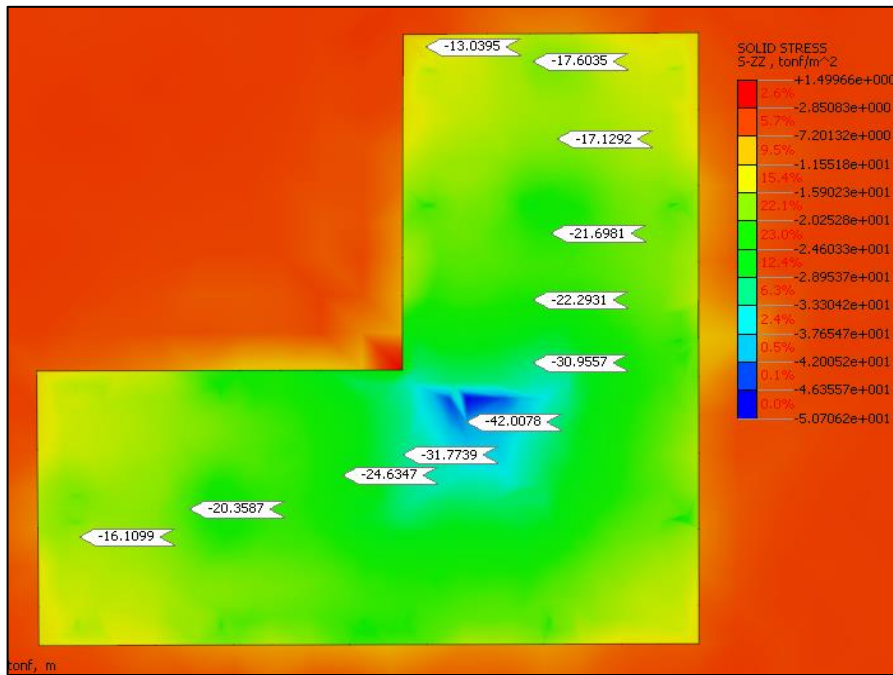


Ilustración 28 Distribución de presiones o reacciones en el suelo de fundación producto de las cargas de servicio
Fuente: Software Midas GTS NX

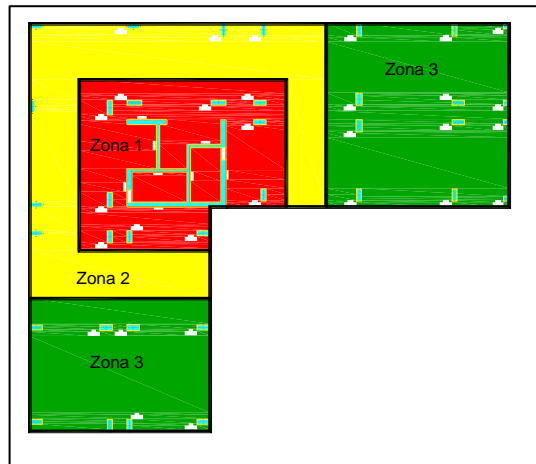


Ilustración 29 Zonas con diferente valor de módulo de reacción de la losa

	Esfuerzo (Ton/m ²)	Asentamiento (m)	K (Ton/m ³)
ZONA 1	40	0.075	533
ZONA 2	25	0.055	455
ZONA 3	15	0.035	429

Tabla 5 Valores de coeficiente de reacción por zonas homogéneas de acuerdo a los resultados del modelo de interacción suelo – estructura

Según a los datos de la tabla 5, el coeficiente de reacción es variable de acuerdo a zonas de concentración de esfuerzos. La zona 1, muestra reacción con un coeficiente de $533 \text{ Ton}/\text{m}^3$.

El Software MIDAS GTS NX, es un programa que facilita observar las reacciones que se pueden presentar en el suelo con una estructura y como se vería afectado.

4.1.2 SIMULACIÓN DE LOSA EN PROYECTO PUERTOMADEROS EN SOFTWARE MIDAS GTS NX

La empresa CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S en esta oportunidad realización del estudio geotécnico para la construcción de una torre de 12 Niveles en municipio de Girón, Santander. Se realizó una simulación mediante un modelo 3D en el Software MIDA GTS NX para medir el comportamiento esfuerzo – deformación de la losa de cimentación que se quiere diseñar en interacción con el suelo.

El diseño de la estructura consiste en una placa maciza de concreto de 0,8 m de espesor y la cual tiene $655,36 \text{ m}^2$, en dimensiones la placa cuenta con 56,9 m de largo por 12,08 m de ancho aproximadamente, en la siguiente *ilustración 30*, se observa la estructura.

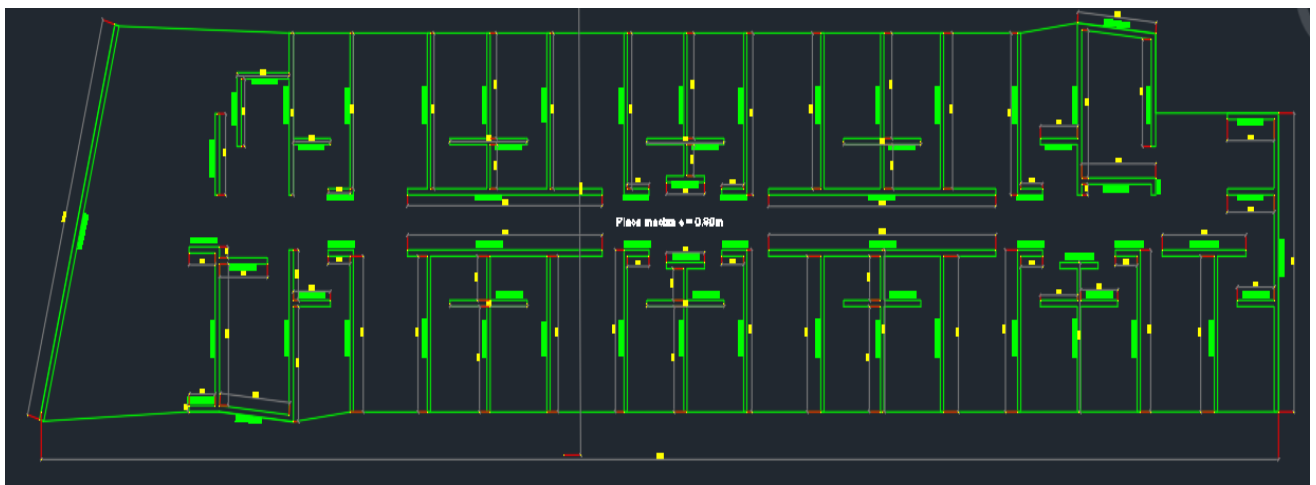


Ilustración 30 Diseño de losa y muros en AutoCAD 3D

Fuente: Construsuelos de Colombia S.A.S

Para este caso se tomaron los muros como cargas lineales sobre la losa, estos datos se encuentran registrados en la *tabla 6*, a continuación:

TABLE: Pier Forces					
Pier	Output Case	P	CARGA SERVICIO	M2	CARGA KN/M2
		kN			
M A1	Dead	-6090,37	-7154,30	12,63	-566,45
M A1	Live	-1063,92			
M C1	Dead	-2417,28	-2997,73	5,21	-575,38
M C1	Live	-580,45			
M C2	Dead	-2023,04	-2642,20	2,59	-1020,15
M C2	Live	-619,16			
M D	Dead	-672,28	-854,72	21,5	-39,75
M D	Live	-182,44			
M E1	Dead	-2133,29	-2628,61	5,46	-481,43
M E1	Live	-495,32			
M E2	Dead	-1479,32	-1894,98	5,15	-367,96
M E2	Live	-415,67			
M F1	Dead	-1586,46	-2114,27	5,16	-409,74
M F1	Live	-527,80			
M F2	Dead	-1588,13	-2115,61	4,95	-427,40
M F2	Live	-527,48			
M G1	Dead	-1481,44	-1876,39	4,95	-379,07
M G1	Live	-394,95			
M G2	Dead	-1497,76	-1898,30	4,95	-383,49
M G2	Live	-400,53			
M H1	Dead	-1338,67	-1690,91	4,75	-355,98
M H1	Live	-352,24			
M H2	Dead	-1356,05	-1711,51	4,75	-360,32
M H2	Live	-355,46			
M I1	Dead	-1351,60	-1723,44	4,95	-348,17
M I1	Live	-371,84			
M I2	Dead	-1343,71	-1713,48	4,95	-346,16
M I2	Live	-369,76			
M J1	Dead	-1488,06	-1941,39	5,15	-376,97
M J1	Live	-453,33			
M J2	Dead	-1482,67	-1935,50	4,95	-391,01

M J2	Live	-452,83			
M K1	Dead	-1226,74	-1506,80	4,35	-346,39
M K1	Live	-280,06			
M K2	Dead	-1200,14	-1470,09	4,35	-337,95
M K2	Live	-269,95			
M L1	Dead	-1488,04	-1944,21	5,15	-377,52
M L1	Live	-456,17			
M L2	Dead	-1465,61	-1913,95	5,15	-371,64
M L2	Live	-448,34			
M M1	Dead	-1493,79	-1892,22	4,95	-382,27
M M1	Live	-398,43			
M M2	Dead	-1446,11	-1827,87	4,95	-369,27
M M2	Live	-381,76			
M N1	Dead	-1375,35	-1744,01	4,75	-367,16
M N1	Live	-368,66			
M N2	Dead	-1245,16	-1563,20	4,75	-329,09
M N2	Live	-318,04			
M O1	Dead	-1406,87	-1792,75	4,95	-362,17
M O1	Live	-385,88			
M O2	Dead	-1315,40	-1673,02	4,95	-337,98
M O2	Live	-357,61			
M P1	Dead	-1499,19	-1955,74	5,15	-379,75
M P1	Live	-456,55			
M P2	Dead	-1449,20	-1898,68	5,15	-368,68
M P2	Live	-449,48			
M Q1	Dead	-1246,18	-1529,59	4,75	-322,02
M Q1	Live	-283,42			
M Q2	Dead	-1857,22	-2392,77	5,05	-473,82
M Q2	Live	-535,55			
M R1	Dead	-1491,70	-1952,58	5,15	-379,14
M R1	Live	-460,88			
M S1	Dead	-162,31	-217,08	0,54	-402,00
M S1	Live	-54,77			
M S2	Dead	-1141,32	-1477,12	3,41	-433,17
M S2	Live	-335,81			
M T1	Dead	-1579,75	-2079,00	4,95	-420,00
M T1	Live	-499,25			
M U1	Dead	-2387,54	-2921,17	9,5	-307,49
M U1	Live	-533,63			
M 1-1	Dead	-596,58	-734,40	1,2	-612,00

M 1-1	Live	-137,82			
M 2-1	Dead	-699,89	-865,02	1,7	-508,83
M 2-1	Live	-165,12			
M 2-2	Dead	-1243,83	-1569,22	3,55	-442,03
M 2-2	Live	-325,39			
M 2-3	Dead	-1223,16	-1496,86	3,55	-421,65
M 2-3	Live	-273,70			
M 2-4	Dead	-1241,75	-1570,16	3,55	-442,30
M 2-4	Live	-328,41			
M 2-5	Dead	-1197,79	-1459,20	3,4	-429,18
M 2-5	Live	-261,42			
M 2-6	Dead	-500,00	-607,58	1,7	-357,40
M 2-6	Live	-107,59			
M 3-1	Dead	-694,59	-871,79	1,2	-726,50
M 3-1	Live	-177,20			
M 3-2	Dead	-1148,60	-1440,10	2,2	-654,59
M 3-2	Live	-291,49			
M 3-3	Dead	-462,80	-619,61	1	-619,61
M 3-3	Live	-156,81			
M 3-4	Dead	-3118,72	-3966,92	8,95	-443,23
M 3-4	Live	-848,20			
M 3-5	Dead	-399,80	-523,29	1	-523,29
M 3-5	Live	-123,49			
M 3-6	Dead	-591,45	-723,58	1,75	-413,47
M 3-6	Live	-132,13			
M 3-7	Dead	-395,33	-519,38	1	-519,38
M 3-7	Live	-124,05			
M 3-8	Dead	-3467,25	-4390,91	10,45	-420,18
M 3-8	Live	-923,66			
M 3-9	Dead	-373,68	-488,00	1	-488,00
M 3-9	Live	-114,33			
M 3-10	Dead	-554,92	-672,32	1,6	-420,20
M 3-10	Live	-117,39			
M 3-11	Dead	-370,30	-487,06	1	-487,06
M 3-11	Live	-116,75			
M 3-12	Dead	-1383,08	-1827,46	3,85	-474,66
M 3-12	Live	-444,38			
M 4-1	Dead	-438,72	-587,15	1	-587,15
M 4-1	Live	-148,43			
M 4-2	Dead	-3108,52	-3954,74	8,95	-441,87

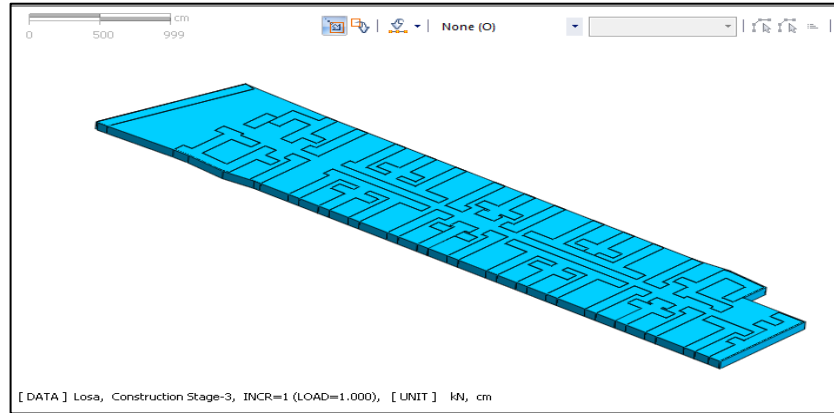
M 4-2	Live	-846,22			
M 4-3	Dead	-407,34	-536,64	1	-536,64
M 4-3	Live	-129,30			
M 4-4	Dead	-617,24	-758,34	1,75	-433,33
M 4-4	Live	-141,09			
M 4-5	Dead	-420,61	-553,29	1	-553,29
M 4-5	Live	-132,68			
M 4-6	Dead	-3708,26	-4721,68	10,45	-451,84
M 4-6	Live	-1013,42			
M 4-7	Dead	-427,92	-567,26	1	-567,26
M 4-7	Live	-139,34			
M 4-8	Dead	-1281,26	-1689,33	3,4	-496,86
M 4-8	Live	-408,07			
M 4-9	Dead	-519,64	-651,00	2,15	-302,79
M 4-9	Live	-131,37			
M 5-1	Dead	-725,81	-924,22	2,2	-420,10
M 5-1	Live	-198,41			
M 5-2	Dead	-489,01	-626,81	1,7	-368,71
M 5-2	Live	-137,80			
M 5-3	Dead	-1255,40	-1582,43	3,55	-445,75
M 5-3	Live	-327,03			
M 5-4	Dead	-1234,66	-1512,01	3,55	-425,92
M 5-4	Live	-277,36			
M 5-5	Dead	-1186,59	-1490,79	3,55	-419,94
M 5-5	Live	-304,20			
M 5-6	Dead	-656,82	-848,48	1,7	-499,11
M 5-6	Live	-191,66			
M 5-7	Dead	-415,58	-508,53	2,15	-236,53
M 5-7	Live	-92,95			
M 5-8	Dead	-1011,64	-1286,16	3,62	-355,29
M 5-8	Live	-274,52			
M 1-2	Dead	-1416,69	-1734,69	3,21	-540,40
M 1-2	Live	-318,01			

Tabla 6 Cargas de servicio para modelación de Losa – Unidades KN, M2, (KN/M2)

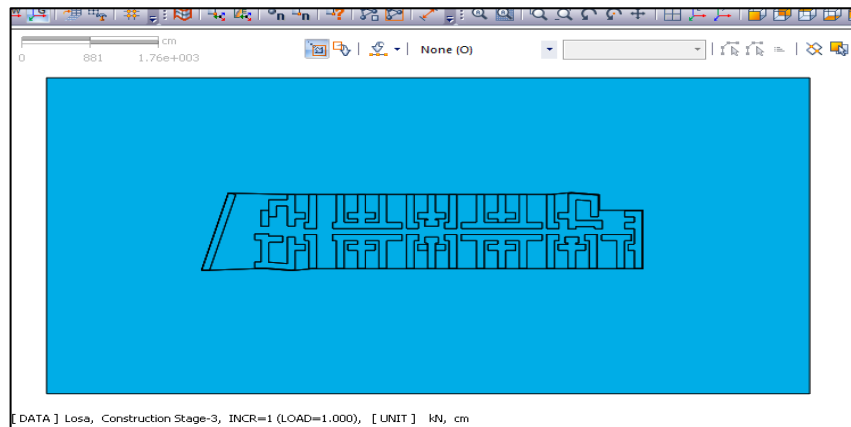
Fuente: Construsuelos de Colombia S.A.S

Uno vez definido los datos, iniciamos con el diseño del modelo en el software Midas GTS NX.

Las ilustraciones 31, 32 y 33 muestra el diseño de la estructura. Primero se importan las figuras desde AutoCAD y se crean los sólidos a los cuales se les asignan propiedades. Se crean lo que determinaríamos como suelo y losa.



*Ilustración 31 Geometría de Losa y esquema de muros en Midas GTS NX
Fuente: Software Midas GTS NX*



*Ilustración 32 Geometría de Losa y esquema de muros en Midas GTS NX
Fuente: Software Midas GTS NX*

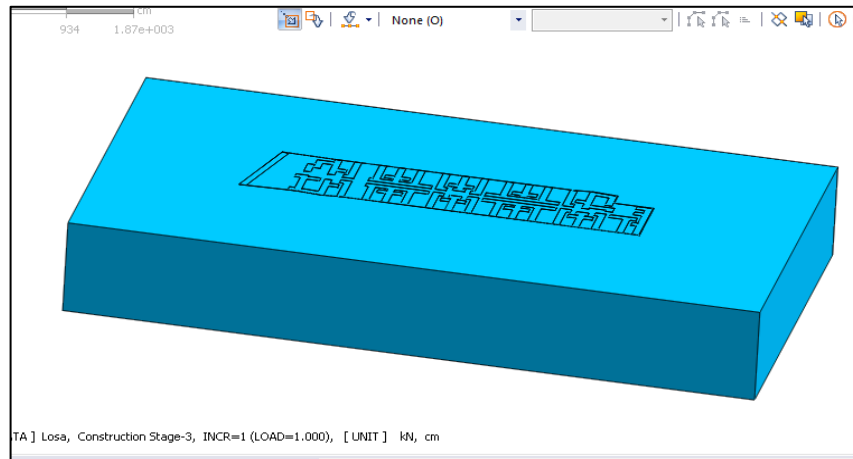


Ilustración 33 Geometría de Losa y esquema de muros en Midas GTS NX
Fuente: Software Midas GTS NX

A continuación, la *Tabla 7* contiene las propiedades de cada uno de los elementos:



Property	SUELO property 1	CONCRETO property 2
Color		
Unit Weight [kN/m ³]	18	24
Saturated Unit Weight [kN/m ³]	20	21
E [kPa]	36000	20000000
Cohesion	0	0
∅	33	0
Poisson 'Ratio	0.3	0.3

Tabla 7 Propiedades Físico - Mecánicas del suelo para modelación de Losa
Fuente: Construsuelos de Colombia S.A.S

Se realiza la asignación de propiedades a cada elemento y se crea el mallado de los elementos finitos para que el software realice los cálculos de deformación. La *ilustración 34* y *35*, a continuación, muestra el resultado del mallado del modelo.

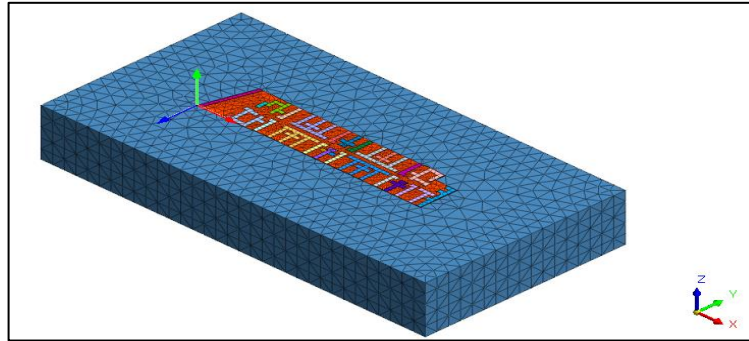


Ilustración 34 Modelo mallado de Losa en el suelo

Fuente: Software Midas GTS NX

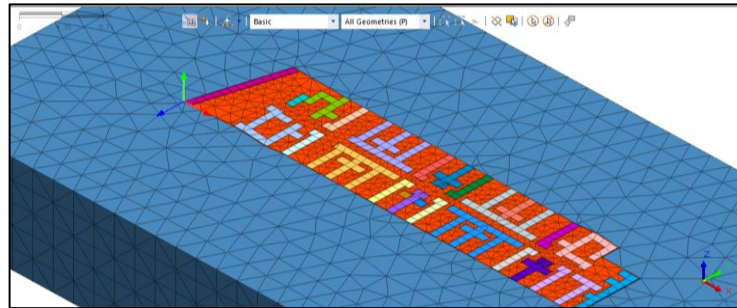


Ilustración 35 Modelo mallado de Losa en el Suelo

Fuente: Software Midas GTS NX

Luego, en la *ilustración 36 y 37*, aplicamos las restricciones de movimientos del modelo para que no tenga libertad en crear desplazamientos, se aplican las cargas y la gravedad.

RESTRICCIONES

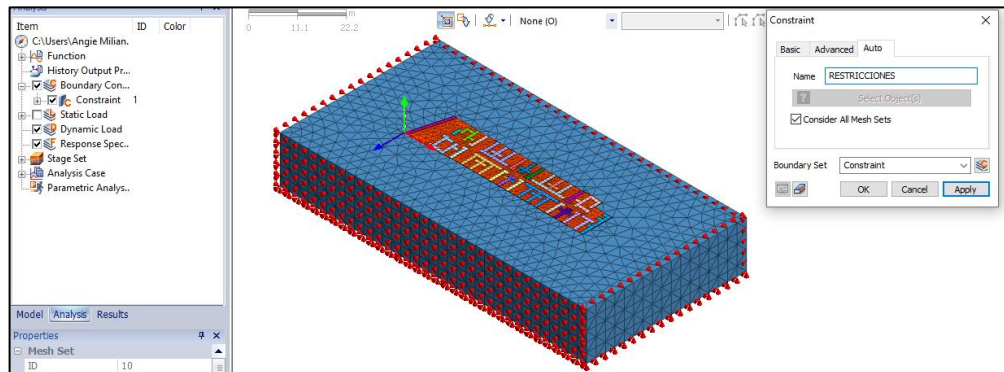
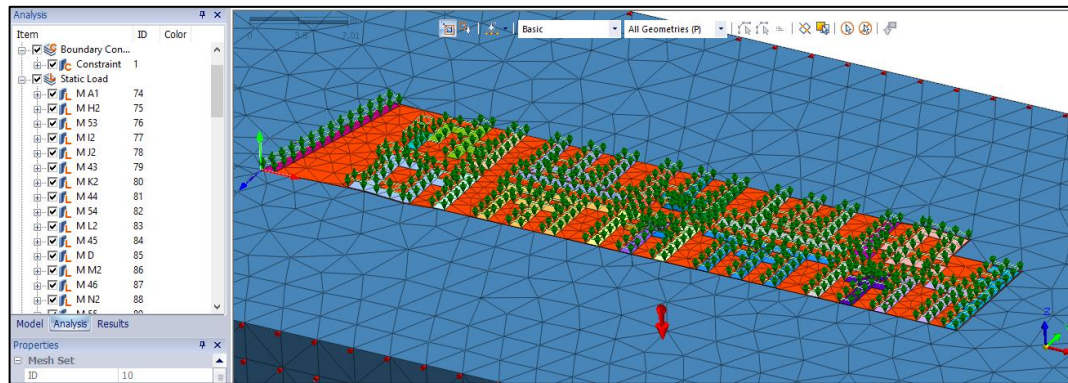


Ilustración 36 Restricción en modelo de Losa

Fuente: Software Midas GTS NX

CARGAS SOBRE LA LOSA Y GRAVEDAD



*Ilustración 37 Aplicación de Cargas a modelo de Losa
Fuente: Software Midas GTS NX*

En el paso siguiente se realizan las etapas constructivas para elaborar el análisis de esfuerzo y ver los resultados de deformación que se presenten en el terreno.

A continuación, los resultados de desplazamientos del suelo de fundación bajo la aplicación de las cargas estáticas obtenidos por el Midas GTS NX.

De la *ilustración 38 y 39*, se obtienen los asentamientos bajo la aplicación de las cargas estáticas. Los datos nos muestran que se presentan asentamientos inmediatos o estáticos en un rango de 2,23 cm a 0,8 cm, cumpliendo dentro del rango permitido por la NSR 10. Se realizó una evaluación de los desplazamientos verticales para la losa de cimentación con las cargas de servicio suministradas, y las características del suelo. Se puede concluir que la deformación que se presenta en el cuerpo del terreno va disminuyendo con respecto se vaya alejando del punto de aplicación de la carga.

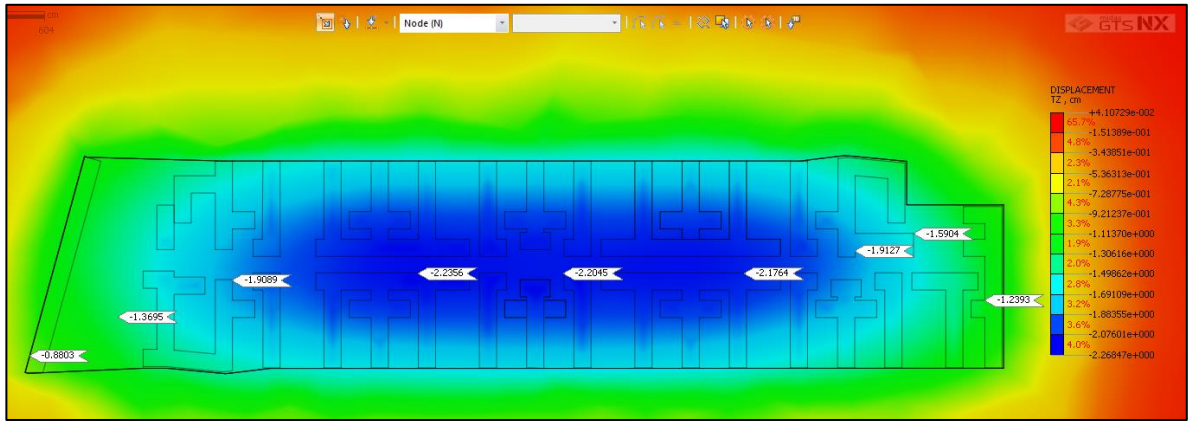


Ilustración 38 Resultado de la simulación numérica de la Losa - Desplazamientos (cm)
Fuente: Software Midas GTS NX

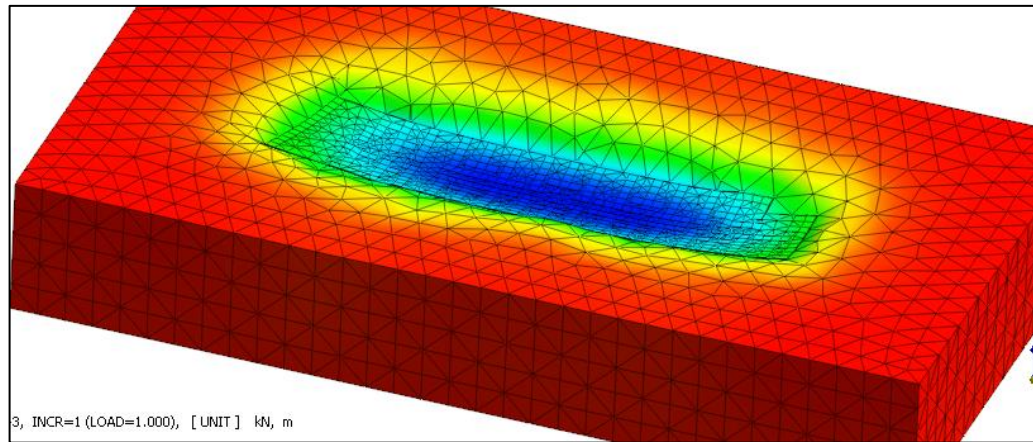


Ilustración 39 Desplazamientos del suelo de fundación producto de las cargas de servicio
Fuente: Software Midas GTS NX

De los esfuerzos, tenemos en la *ilustración 40*, los resultados del esfuerzo del suelo de fundación van de acuerdo a la distribución de las cargas y las presiones que se generan en el terreno. Se clasifican tres zonas donde los esfuerzos se van a disipando, la *ilustración 41* lo muestra.

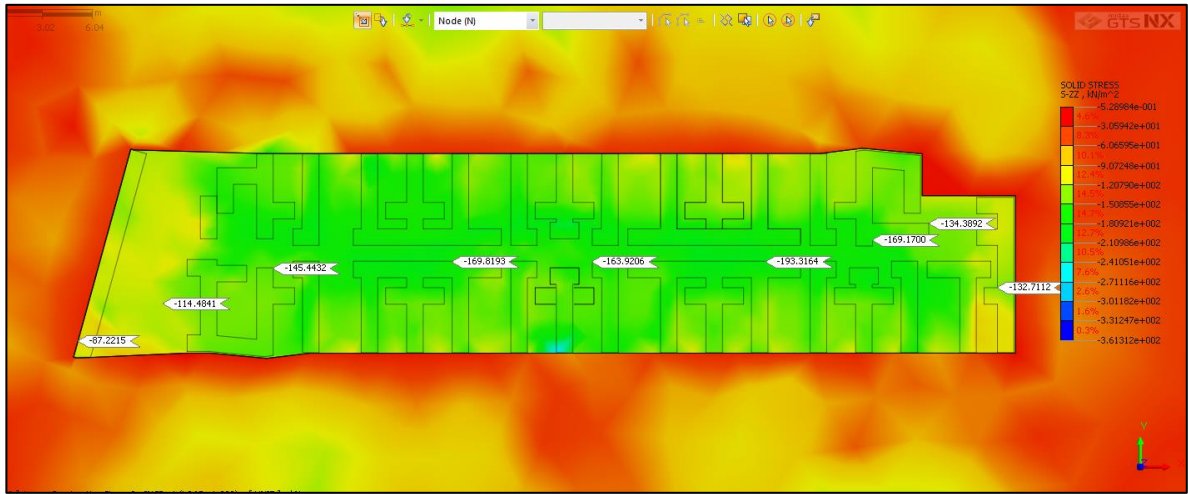


Ilustración 40 Distribución de presiones o reacciones en el suelo de fundación producto de las cargas de servicio
Fuente: Software Midas GTS NX

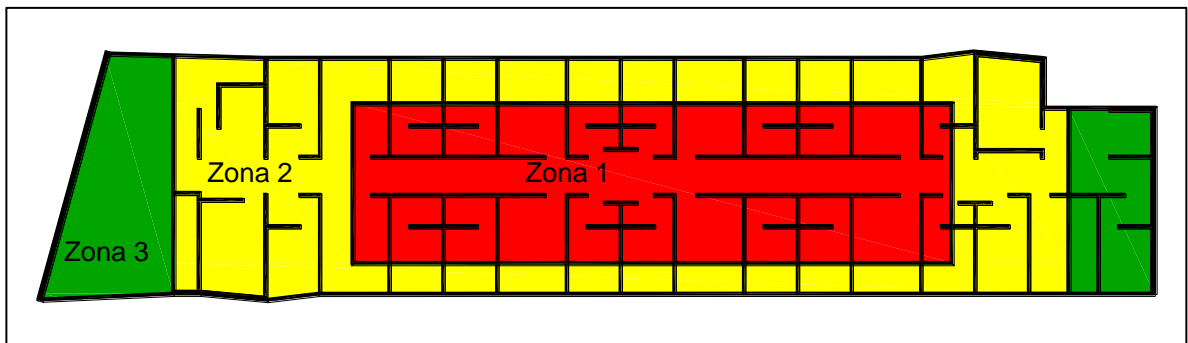


Ilustración 41 Zonas con diferente valor de módulo de reacción de la losa
Fuente: Software Midas GTS NX

	Esfuerzo (Ton/m ²)	Asentamiento (m)	K (Ton/m ³)
ZONA 1	20	0.021	952
ZONA 2	14	0.019	737
ZONA 3	10	0.012	833

Tabla 8 Relación esfuerzo vs deformación - Unidades M y KN/M²

Según a los datos de la tabla 8, el coeficiente de reacción es variable de acuerdo a zonas de concentración de esfuerzos. La zona 1, muestra reacción con un coeficiente de 952 Ton/m^3 . Bastante elevado,

El software facilita observar, de una forma dinámica, que la instalación de la zapata no generaría asentamientos mayores a 2,23 cm para las cargas estáticas. Los

desplazamientos que se presenten irán incrementando de acuerdo a como vaya incrementando la tensión.

4.1.3 SIMULACIÓN DE MURO ANCLADO LOCALIZADO EN LA CIUDAD DE FLORIDABLANCA

La empresa CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S lleva a cabo un proceso de estudio y ejecución de un proyecto de muro anclado en la localidad de Floridablanca, se realizará para esta ocasión una simulación con el Software Midas GTS NX.

El área estudiada se encuentra localizada al costado occidental de la autopista Bucaramanga – Floridablanca, dentro de la estación de Metrolínea PQP, en el departamento de Santander, Colombia. Actualmente en el sitio se encuentran estructuras de cimentación y parte de la obra proyectada como lo muestra la siguiente ilustración.



Ilustración 42 Localización del Proyecto Metrolínea PQP - Floridablanca, Santander

De acuerdo con las características y a las condiciones actuales del terreno se propuso como alternativa para el control de la estabilidad del talud, el cual está junto a la vía adyacente a la estación de Metrolínea PQP, realizar la construcción de una pantalla anclada de espesor 0.25 metros, y altura variable entre los 5.0 y 9.0 metros. Se instalarán anclajes pretensionados de longitud variable entre los 13.0 y 19.0 metros, con una carga de tracción entre 20.0 y 25.0 toneladas. La pantalla y los puntos de anclajes se observan en la *Ilustración 49* a continuación.

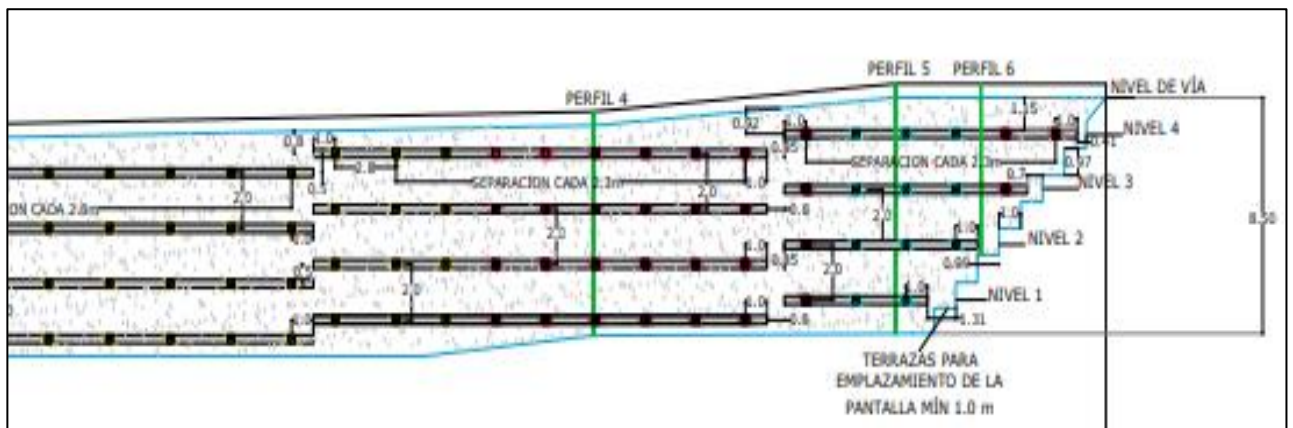
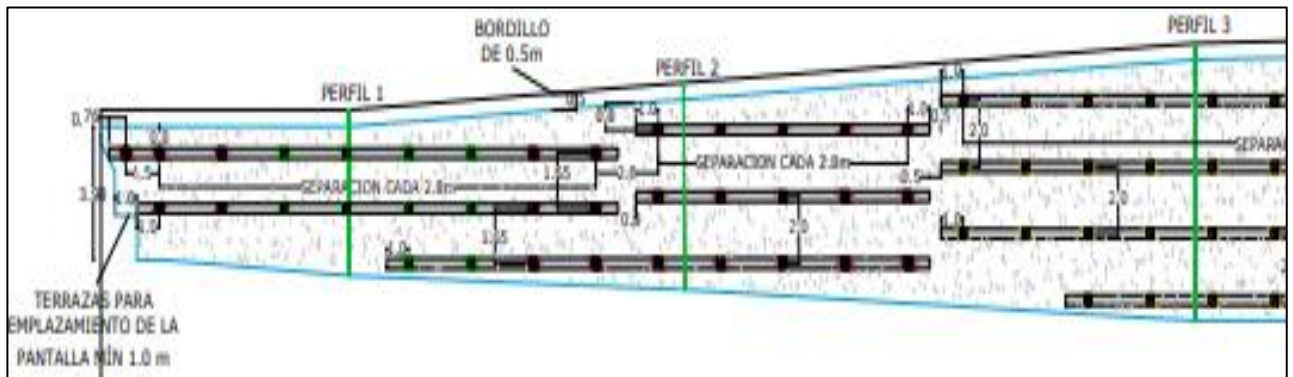


Ilustración 43 Diseño de Pantalla y puntos de Anclajes para estación de Metrolínea PQP
Fuente: Construsuelos de Colombia S.A.S

La *ilustración 43* indican los perfiles de acuerdo a como se distribuyó la pantalla estructural y la ubicación de los anclajes.

Según la información anterior, para el presente informe y según las indicaciones del supervisor empresarial, se realizó el modelo en el Software Midas GTS NX del Perfil

5 para el estudio del comportamiento esfuerzo y deformación que se puedan presentar en el suelo, en la *ilustración 44* observa el diseño del muro y los anclajes.

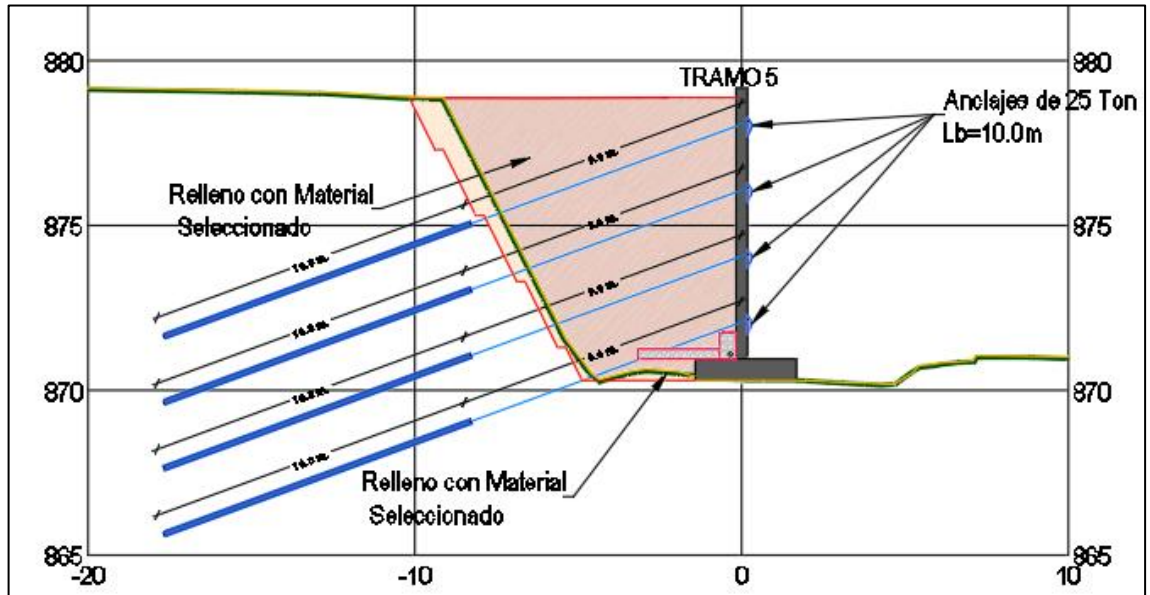


Ilustración 44 Diseño de Perfil 5 en AutoCAD de la pantalla y anclajes del Proyecto de la estación de Metrolínea PQP
Fuente: Construsuelos de Colombia S.A.S

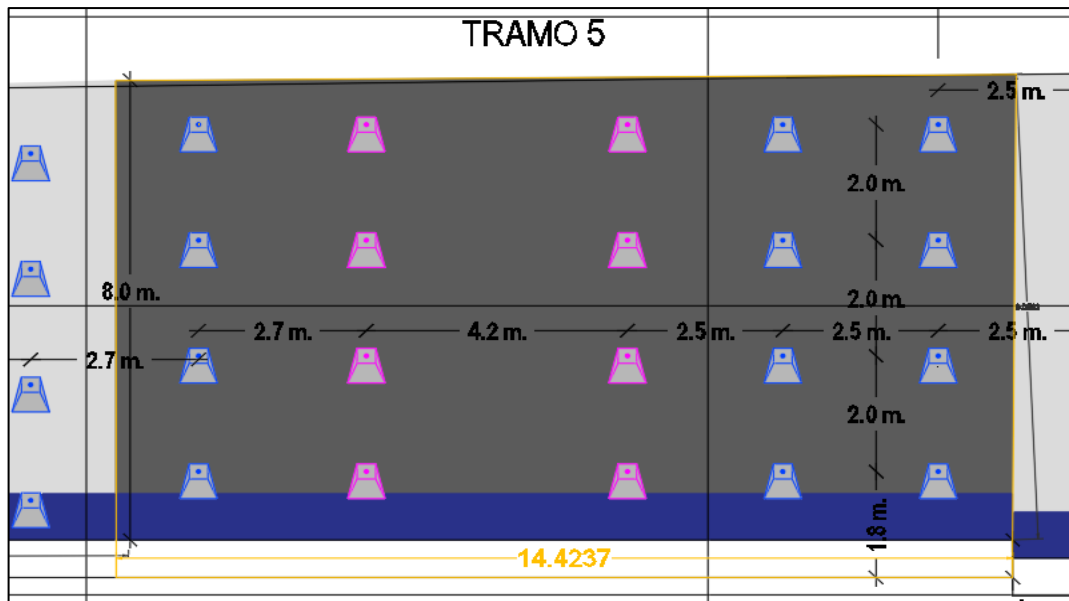


Ilustración 45 Vista Frontal del tramo 5 del diseño de la pantalla y puntos anclajes del Proyecto de la estación de Metrolínea PQP Fuente: Construsuelos de Colombia S.A.S

En lo que respecta a las dimensiones del muro, la zapata y la distribución de los anclajes se indicaran los datos en la tabla 9 y 10 a continuación.

DIMENSIONAMIENTO DE MUROS Y ZAPATAS

ELEMENTOS	ALTURA (m)	LARGO (m)	ESPESOR (m)
MURO	8,0	14,42	0,25
ZAPATA	0,6	14,42	3,21

Tabla 9 Dimensionamiento y datos de anclajes - Perfil 5
Fuente: Construsuelos de Colombia S.A.S

DIMENSIONAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE LOS ANCLAJES

Y (m)	Longitud Total (m)	Longitud libre (m)	Longitud Bulbo (m)	Carga (Ton)	Inclinación (°)
877.3	19.0	9.0	10.0	25	20
875.3	19.0	9.0	10.0	25	20
873.3	19.0	9.0	10.0	25	20
871.3	19.0	9.0	10.0	25	20

Tabla 10 Dimensionamiento y datos de anclajes - Perfil 5
Fuente: Construsuelos de Colombia S.A.S

La pantalla tendrá una altura de 8.0 metros donde se instalarán anclajes pretensados de 19.0m de longitud, de los cuales 10.0 metros corresponden al bulbo de inyección. Se manejarán 20 anclajes activos para este tramo de la pantalla, ellos serán distribuidos en un numero de cuatro (4) filas y cada uno de ellos con un diámetro de 10 cm que a su vez estarán compuestos por 3 torones de ½”.

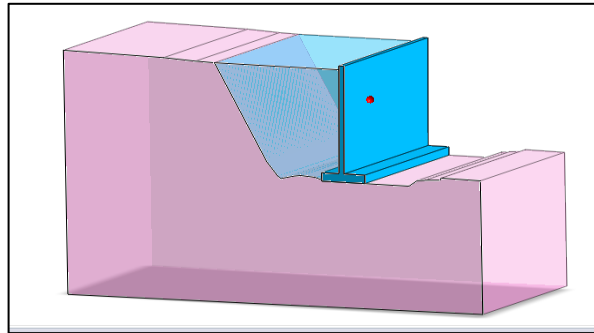
Para la recuperación de la vía se debe realizar un relleno entre el talud actual y la pantalla a construir, el bulbo del anclaje no debe quedar dentro de la zona de relleno dispuesta. Se presenta en la *tabla 11* las propiedades físico – mecánicas del suelo, se tomaron datos que fueron indicados por el supervisor empresaria.

PROPIEDADES DEL SUELO

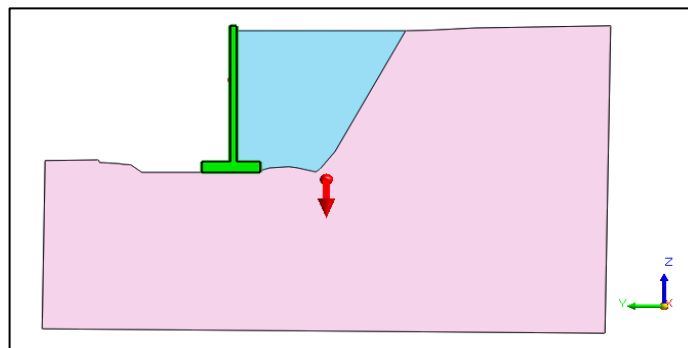
TIPO DE SUELO	PESO UNITARIO <i>KN/m³</i>	ANGULO DE FRICCIÓN (ϕ)	COHESIÓN <i>KN/m²</i>
Suelo Relleno	16.0	12.82	6.37
Suelo Aluvial muy denso	19.5	34.0	15.0

*Tabla 11 Propiedades físico – mecánicas de los suelos - Perfil 5
Fuente: Construsuelos de Colombia S.A.S*

Luego de definido los datos, iniciamos con el diseño del modelo en el software Midas GTS NX. *Las ilustraciones 46 y 47* muestra el diseño de la estructura. Primero se importan las figuras desde AutoCAD y se crean los sólidos que determinamos como suelo, relleno y muro, a los cuales se les asignaron propiedades.



*Ilustración 46 Diseño geométrico en Midas GTS NX del proyecto de estación de Metrolínea de PQP
Fuente: Software MIDAS GTS NX*



*Ilustración 47 Diseño geométrico en Midas GTS NX del proyecto de estación de Metrolínea de PQP – Vista lateral
Fuente: Software MIDAS GTS NX*

En la *ilustración 48*, que sigue a continuación, corresponde al mallado de los elementos (Muro, relleno y terreno) y la definición de los anclajes.

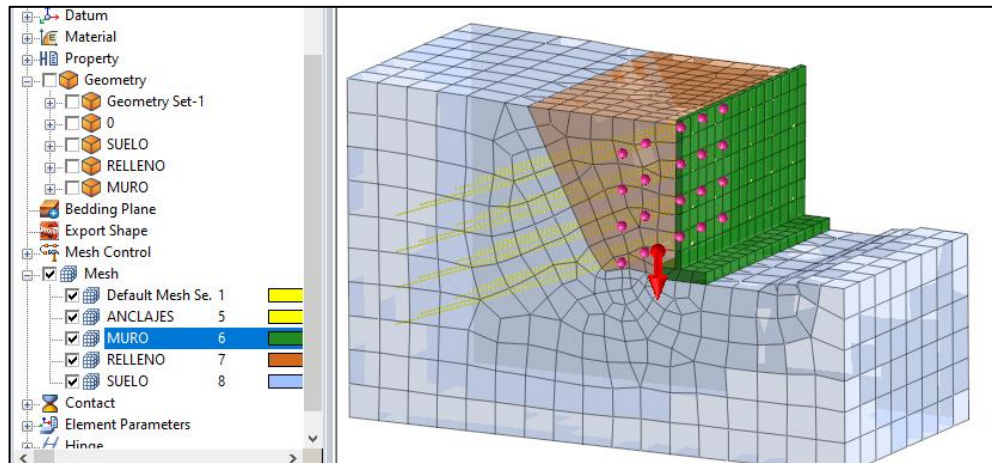


Ilustración 48 Modelo Mallado de tramo 5 en Software. Suelos, suelo de relleno, Pantalla y anclajes.
Fuente: Software Midas GTS NX

En el paso siguiente se realizan las etapas constructivas para elaborar el análisis de esfuerzo y ver los resultados de deformación que se presenten en el terreno. A continuación, los resultados obtenidos por el Midas GTS NX.

1. Resultado de la deformación en la etapa inicial, ilustración 49: en esta fase inicial, se hace la simulación del terreno sin ninguna carga presente por lo tanto en los primeros resultados de la simulación no existe ningún tipo de desplazamiento en el suelo, lo cual se representa con el color azul, el suelo no está recibiendo ninguna fuerza que genere deformación.

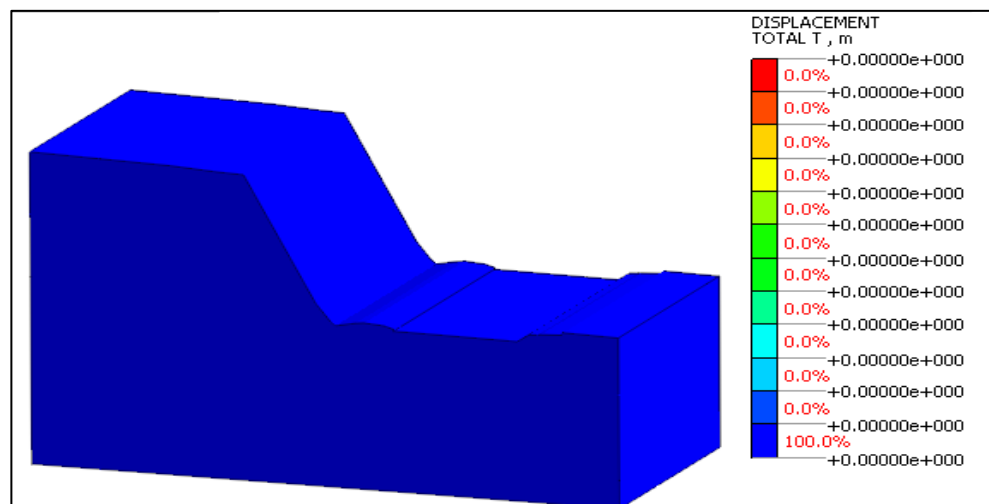


Ilustración 49 Resultado de simulación de Proyecto Estación de Metrolínea PQP en Software
Etapa inicial – Unidades: metro (m)
Fuente: Software Midas GTS NX

2. Resultado de la deformación en la etapa final, ilustración 50. En esta etapa constructiva se simula la reacción del muro y de los terrenos con los anclajes. Se observa deformación en toda el área de diseño de lo que es el terreno, según indica el color amarillo con porcentajes entre 14,4% y 64,8% dando desplazamientos en un rango de 4,19 cm a 0,65 cm. Así mismo se obtiene que entre el muro y el suelo de relleno hay un desplazamiento de 11,26 cm en un porcentaje de 2,5%. los anclajes transmiten una carga de tracción en el terreno a través de inyección en concreto lo cual forma un bulbo para sujetar el suelo y así mismo generar una estabilidad entre el suelo y el muro. Las deformaciones que se presentan hasta el momento en el suelo y entre el relleno y el muro son de tracción.

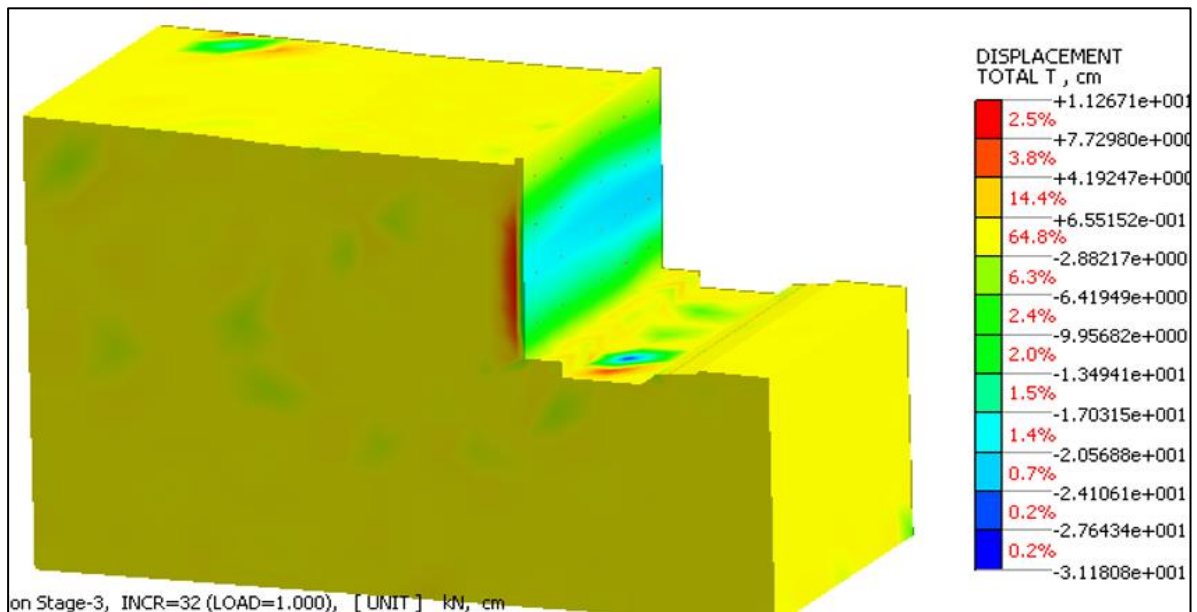


Ilustración 50 Resultado de deformación y esfuerzos del Proyecto Estación de Metrolínea PQP en Software, etapa final
 Unidades cm y KN/cm²
 Fuente: Software Midas GTS NX

También se observa que el muro da indicios de presentar una deformación en el centro, entre un rango de -2,88 cm a -0,25 cm.

A continuación, en la siguiente *ilustración 51*, se presentan los resultados del esfuerzo en el modelo.

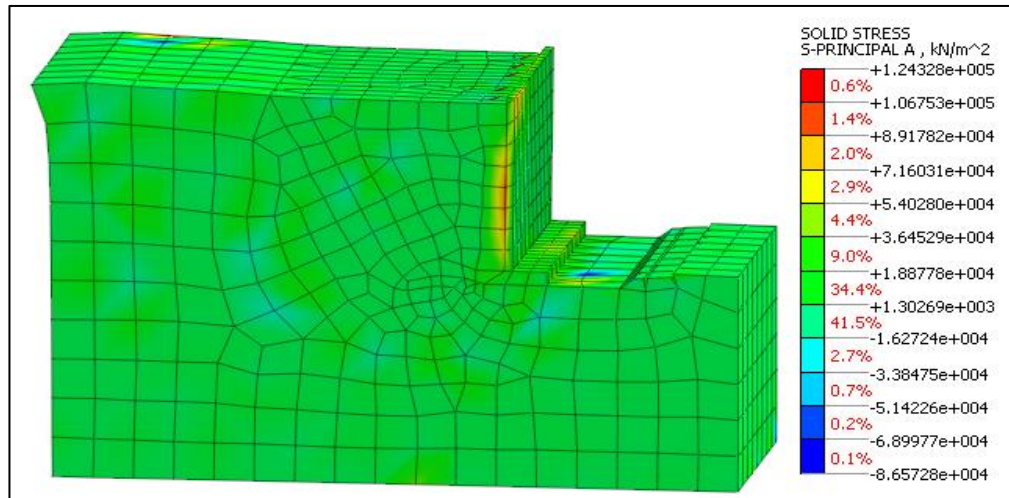


Ilustración 51 Resultado de esfuerzos del Proyecto Estación de Metrolínea PQP en Software – Unidades KN/M2
Fuente: Software Midas GTS NX

	Esfuerzo (Ton/m2)	Asentamiento (m)	K (Ton/m3)
Zona 1	145,01	0,1126	1287,74
Zona 2	33,55	0,0288	1165,20

Tabla 12 Relación esfuerzo vs deformación - Unidades M y KN/M2

El coeficiente de reacción es variable de acuerdo a zonas de concentración de esfuerzos. La zona 1, muestra reacción con un coeficiente de 1287,74 Ton/m^3 . Bastante elevado. Los datos son tabulados de acuerdo a las zonas de influencia.

4.1. ESTUDIOS Y ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO.

Los Ensayos en campo fueron realizados en tiempos previos al estudio que realizó el practicante, siguiendo la metodología de la empresa para el análisis de los resultados de laboratorios y bajo la orientación de la Ingeniera encargada y el Geólogo de laboratorio.

4.3.1 ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE CIMENTACIONES, CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN EL LOTE 134, DEL CONDOMINIO CAMPESTRE TERRAZAS DE MENSULI, EN EL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, DEPARTAMENTO DE SANTANDER

Este proyecto consiste en la investigación de las características geológicas y geotécnicas de los suelos presentes en el área de estudio, mediante exploración de campo y ensayos de laboratorio para la construcción de una vivienda de tres (3) niveles.

Teniendo en cuenta el número de niveles y las cargas máximas de servicio por columnas, el proyecto se categoriza de acuerdo con la tabla H.3.1-1 de la NSR – 10, como categoría baja.

En campo se realizaron en total 18.9 metros de perforaciones mecánicas, la exploración consistió en la ejecución de tres (3) perforaciones de 6.30 metros de profundidad, denominados S1, S2 y S3. Pueden observarse el registro de fotos en el Anexo 1.

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

El proyecto corresponde al Lote 13 del Condominio Campestre Terrazas de Mensuli, el cual se localiza en el costado norte del Condominio, en el municipio de Piedecuesta, departamento de Santander. *Las Ilustraciones 52, 53 y 54* muestran su ubicación geográfica.

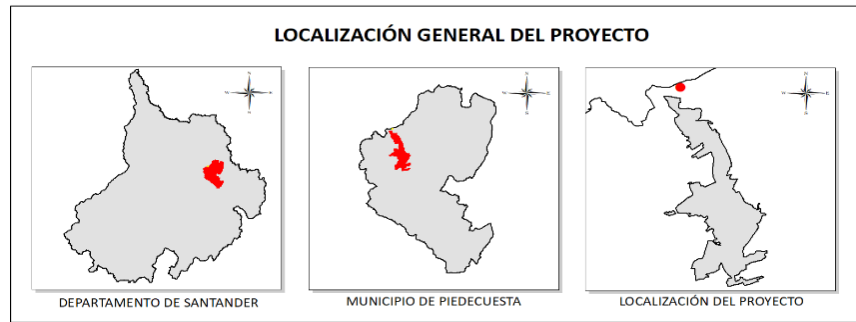


Ilustración 52 Localización de Estudio geotécnico y de cimentaciones en condominio campestre terrazas de Mensuli, en el municipio de Piedecuesta, departamento de Santander
Fuente: Construsuelos de Colombia S.A.S

Así mismo, en la *Ilustración 53* se observa la ubicación del área de estudio con respecto a la cabecera municipal de Piedecuesta, Santander.

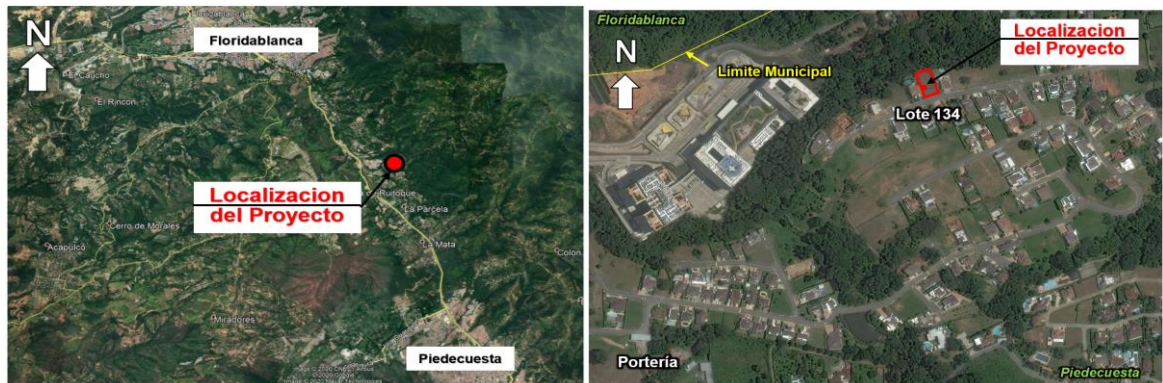


Ilustración 53 Localización de Estudio geotécnico y de cimentaciones en condominio campestre terrazas de Mensuli, en el municipio de Piedecuesta, departamento de Santander
Fuente: Construsuelos de Colombia S.A.S

Se presentan a continuación las *tablas 13, 14 y 15* en evidencia de los Sondeos de Penetración Estándar realizados con la descripción respectiva de las muestras en la zona de estudio

Tabla 13 Descripción del SONDEO 1

PROF. (m)	SIMB. GRÁF	S.U.C. S	DIREC	MUESTRA	NUMERO DE GOLPES SPT (N)	DESCRIPCIÓN
1,00	[Red]	SC-SM	↓	SPT	2-3-6 (9)	0,00
		SM		SPT -1	2-3-5 (8)	0,45
				SPT	1-0-0 (0)	
SPT -2	0-0-1 (1)					
SPT	1-1-1 (2)					
SPT -3	1-1-1 (2)					
SPT	1-1-1 (2)					
SPT -4	1-1-4 (5)			0,45		
2,00	[Orange]	SM		SPT	4-5-6 (11)	3,6
3,00				SPT -5	5-5-6 (11)	
SPT			7-7-6 (13)			
SPT -6			6-7-7 (14)			
SPT			6- 6-7 (13)			
SPT -7			10-12-15 (27)	3,6		
4,00			[Green]		Material limo-arenoso de color amarillo oscuro y café claro a pardo rojizo, se presenta húmedo, de plasticidad baja, el material se presenta compacto en algunos segmentos o a modo de terrenos en otros, de consistencia firme, aunque se disgrega al tacto, el material se presenta parcialmente homogéneo, corresponde a suelo residual de la formación Jordán.	
5,00	0,00m ARENA ARCILLOSA, (SC-SM) 0.55 % grava, 57.31% arena, 42.13 % finos. Material limo-arenoso de color café oscuro a amarillo anaranjado, se presenta ligeramente húmedo, de plasticidad moderada a baja, de consistencia firme, en parte superficial de muestra se presenta material de origen orgánico, que corresponde a material vegetal y raíces (por esto el color café en la muestra), se presenta en general heterogéneo. Suelo orgánico.				0,45	
6,00	0,45m ARENA LIMOSA, (SM) 3.52 % grava, 53.82 % arena, 42.66 % finos. Material limo-arenoso de color pardo rojizo a amarillo oscuro, el material se presenta húmedo, de consistencia firme y se disgrega fácilmente al tacto, la plasticidad es baja, se presenta el material a modo de terrones, el material se presenta parcialmente homogéneo, el material corresponde a suelo residual de la formación Jordán.				3,6	

Tabla 14 Descripción del SONDEO 2

PROF. (m)	SIMB. GRÁF	S.U.C.S	DIREC	MUESTRA	NUMERO DE GOLPES SPT (N)	DESCRIPCIÓN		
1,00		SM	↓	SPT	5-5-6 (11)	Material limo-arenoso de color pardo rojizo y en pequeños sectores amarillo oscuro, se presenta con un porcentaje bajo de arenas, el material se presenta compacto, de consistencia firme (pero se disgrega al ejercer una presión con los dedos), de humedad baja, de plasticidad baja, en la parte más superficial de la muestra se presenta un porcentaje bajo de material orgánico, material parcialmente homogéneo. Corresponde a suelo residual de la Formación Jordán.		
				SPT -1	6-6-7 (13)		0,00	0,90
2,00		ML		SPT	7-7-6 (13)	0,90m LIMO, (ML) 1.23 % grava, 47.45 % arena, 51.32 % finos. Material limo- arenoso, de color pardo rojizo, café claro y anaranjado rojizo, se presenta compacto, con una consistencia firme, aunque se disgrega al ejercer cierta presión con los dedos, en pequeños sectores del segmento la muestra se presenta a modo de terrones, de humedad baja, y de plasticidad baja. Parcialmente homogéneo, suelo residual de la formación Jordán.		
				SPT -2	7-7-7 (14)		0,90	3,60
				SPT	7-7-6 (13)			
				SPT -3	6-6-7 (13)			
3,00		ML		SPT	7-7-6 (13)			
			SPT -4	6-6-7 (13)				
4,00		SC - SM	SPT	3-3-5 (8)	3,60m ARENA ARCILLOSA, (SC-SM) 4.78 % grava, 52.63 % arena, 42.59 % finos. Material limo arenoso a areno-limoso, de color anaranjado rojizo a amarillo oscuro, el material se presenta en gran porcentaje suelto, y se presentan pequeños sectores a modo de terrones, los cuales presenta una consistencia firme a suave, de humedad baja, y plasticidad baja, litológicamente se presenta parcialmente homogéneo, aunque la variación se da es por colores, material corresponde a suelo residual de la formación Jordán.			
			SPT -5	6-6-7 (13)		3,60	6,30	
5,00			SPT	4-4-6 (10)				
			SPT -6	6-6-6 (12)				
6,00			SPT	7-7-5 (12)				
			SPT -7	5-5-7 (12)				

Tabla 15 Descripción del SONDEO 3

PROF. (m)	SIMB. GRÁF	S.U.C. S	DIREC	MUESTRA	NUMERO DE GOLPES SPT (N)	DESCRIPCIÓN		
1,00			↓	SPT	1-1-1 (2)	Material limo- arenoso, se presenta de color café oscuro a anaranjado, el material se presenta compacto de consistencia firme, pero se disgrega al ejercer presión con los dedos, de humedad baja, plasticidad baja, en parte superficial de muestra se presenta un bajo porcentaje de material orgánico (eso favorece la presencia de color café oscuro). parcialmente homogéneo. Material corresponde a suelo residual de la Formación Jordán.		
				SPT -1	3-4-4 (8)		0,00	0,90
2,00		ML	↓	SPT	4-4-3 (7)	0,90m LIMO, (ML) 0.52 % grava, 40.57 % arena, 58.91 % finos. Material limo- arenoso, de color anaranjado rojizo a amarillo oscuro, el material se presenta compacto, de consistencia firme, pero se disgrega al tacto, de humedad baja, de plasticidad baja, el material se presenta a modo de pequeños segmentos, pero esto se debe al tipo de material al que corresponde, demostrando el bajo grado de plasticidad de material y humedad, parcialmente homogéneo, material corresponde a suelo residual de la Formación Jordán.		
				SPT -2	3-3-4 (7)		0,90	2,70
				SPT	4-3-4 (7)			
3,00			↓	SPT	4-3-4 (7)			
				SPT -3	4-3-4 (7)			
4,00			↓	SPT	2-3-4 (7)			
				SPT -4	4-7-6 (13)			
5,00		SC - SM	↓	SPT	4-5-5 (10)	2,70m ARENA ARCILLOSA, (SC-SM) 2.92 % grava, 54.12 % arena, 42.96 % finos. Material limo-arenoso a areno-limoso, de color amarillo oscuro, pardo rojizo, y café claro, el material se presenta en gran porcentaje suelto, pero es sectores se presenta a modo de terrones, los cuales presentan una consistencia firme, aunque se disgregan al tacto, de humedad ligera, plasticidad baja a muy baja, litológicamente el material es parcialmente homogéneo, material que corresponde a suelo residual de la Formación Jordán.		
				SPT -5	5-6-6 (12)		2,70	6,30
6,00			↓	SPT	4-5-5 (10)			
				SPT -6	6-7-7 (14)			
6,00			↓	SPT	5-7-7 (14)			
				SPT -7	12-14-17 (31)			

A partir de los datos anteriores tomados del estudio en campo y de las muestras de las exploraciones geotécnicas realizadas, se realizan ensayos de laboratorio para la clasificación de suelos como humedad, granulometría por mallado con lavado, límites de consistencia (ATTERBERG) y ensayos de resistencia, estos cálculos se encuentran en el Anexo 1.

A continuación, se presentan en la tabla 16,17 y 18, los resultados clasificación de suelos (S.U.C.S), para cada uno de los sondeos que se llevaron a cabo.

CLASIFICACIÓN PARA SONDEO 1								
PROF. (m)	No. Golpes	CLASF SUCS	CLASF AASHTO	NIVEL FREÁT	LL	IP	PPT 200	HUM %
0,00 - 0,45	2 - 3 - 6	SC- SM	A-4		26.00	5.00	42.13	8.46
0,45 - 0,90	2 - 3 - 5							
0,90 - 1,35	1 - 0 - 0							16.99
1,35 - 1,80	0 - 0 - 1							
1,80 - 2,25	1 - 1 - 1	SM	A-4		27.00	5.00	42.66	16.82
2,25 - 2,70	1 - 1 - 1							
2,70 - 3,15	1 - 1 - 1							24.85
3,15 - 3,60	1 - 1 - 4							
3,60 - 4,05	4 - 5 - 6							21.78
4,05 - 4,50	5 - 5 - 6							
4,50 - 4,95	7 - 7 - 6							18.52
4,95 - 5,40	6 - 7 - 7							
5,40 - 5,85	6 - 6 - 7							20.26
5,85 - 6,30	10 - 12 - 15							

Tabla 16 Clasificación de suelos según número de Golpes- SONDEO 1

Por los resultados de los ensayos de laboratorio en la *tabla 16* se determina que la presencia de materiales finos es muy baja y no se detectó existencia del nivel freático, por lo tanto, se definieron los suelos como arena arcillo limosa y arena limos.

CLASIFICACIÓN PARA SONDEO 2								
PROF. metros	No. Golpes	CLASF SUCS	CLASF AASHTO	NIVEL FREÁT	LL	IP	PPT 200	HUM%
0,00 - 0,45	5 - 5 - 6							14.81
0,45 - 0,90	6 - 6 - 7							
0,90 - 1,35	7 - 7 - 6	ML	A-4		33.00	7.00	51.32	14.47
1,35 - 1,80	7 - 7 - 7							
1,80 - 2,25	7 - 7 - 6							16.25
2,25 - 2,70	6 - 6 - 7							
2,70 - 3,15	7 - 7 - 6							16.82
3,15 - 3,60	6 - 6 - 7							
3,60 - 4,05	3 - 3 - 5	SC-SM	A-4		26.00	6.00	42.59	17.63
4,05 - 4,50	6 - 6 - 7							
4,50 - 4,95	4 - 4 - 6							19.24
4,95 - 5,40	6 - 6 - 6							
5,40 - 5,85	7 - 7 - 5							15.54
5,85 - 6,30	5 - 5 - 7							

Tabla 17 Clasificación de suelos según número de Golpes- SONDEO 2

Por los resultados de los ensayos de laboratorio en la *tabla 17* se determina que la presencia de materiales finos es muy baja, la humedad del terreno es más baja en comparación con el sondeo 1 pero no se detectó existencia del nivel freático. Se definieron los suelos como limo inorgánico de baja plasticidad y arena arcillo limosa.

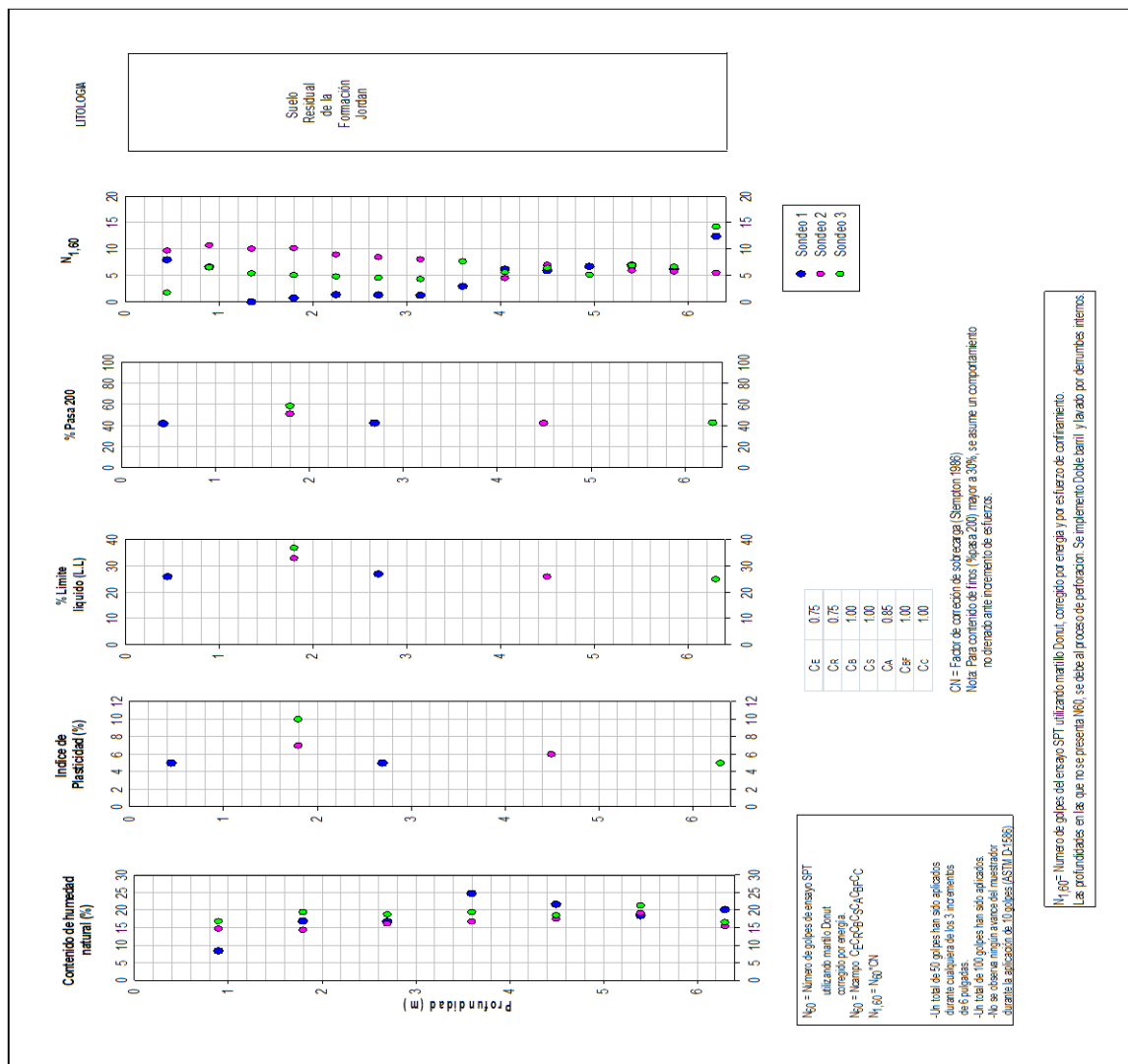
CLASIFICACIÓN PARA SONDEO 3								
PROF. metros	No. Golpes	CLASF SUCS	CLASF AASHTO	NIVEL FREÁT	LL	IP	PPT 200	HUM%
0,00 - 0,45	1 - 1 - 1							16.94
0,45 - 0,90	3 - 4 - 4							
0,90 - 1,35	4 - 4 - 3	ML	A-4		37.00	10.00	58.91	19.56
1,35 - 1,80	3 - 3 - 4							
1,80 - 2,25	4 - 3 - 4							18.90
2,25 - 2,70	4 - 3 - 4							
2,70 - 3,15	2 - 3 - 4							19.57
3,15 - 3,60	4 - 7 - 6							
3,60 - 4,05	4 - 5 - 5							18.61
4,05 - 4,50	5 - 6 - 6							
4,50 - 4,95	4 - 5 - 5							21.46
4,95 - 5,40	6 - 7 - 7							
5,40 - 5,85	5 - 7 - 7	SC-SM	A-4		25.00	5.00	42.96	16.67
5,85 - 6,30	12 - 14 - 17							

Tabla 18 Clasificación de suelos según número de Golpes- SONDEO 3

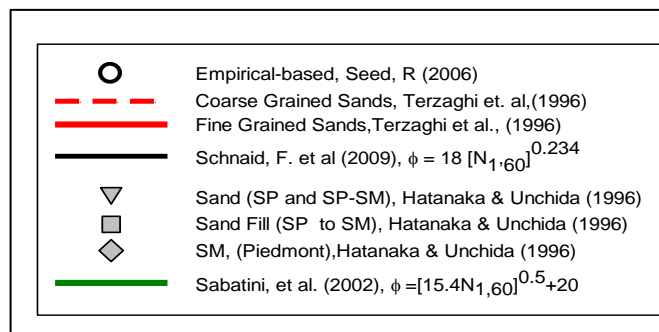
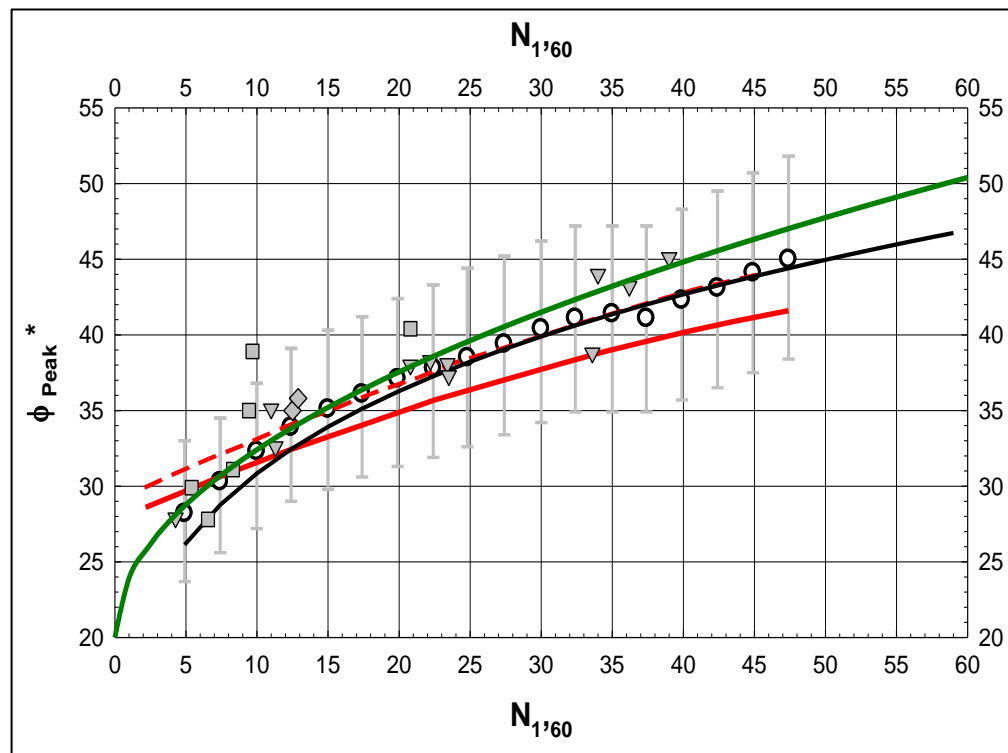
Por los resultados de los ensayos de laboratorio en la *tabla 18* se determina que la presencia de materiales finos es muy baja, el índice de plasticidad en este sondeo es un poco mayor en comparación con el sondeo 1 y 2, pero aun así su plasticidad es baja, tampoco no se detectó existencia del nivel freático. Se definieron los suelos como limo inorgánico de baja plasticidad y arena arcillo limosa

A continuación, la *ilustración 54*, representa la caracterización del perfil del suelo, según la profundidad y los resultados de laboratorio de límites de consistencia (límite líquido e índice de plasticidad), el porcentaje de pasa 200 y el número de golpes.

Ilustración 54 Caracterización del perfil del suelo -construcción de casa en Mensuli, Piedecuesta



Los parámetros de resistencia se evaluaron según el contenido de finos de los suelos, se espera un comportamiento drenado de este estrato bajo las cargas de servicio, por lo cual se determina la capacidad de carga admisible en función del ángulo de fricción de estas arenas, obtenidos mediante correlaciones empíricas con valores del número de golpes del ensayo de penetración estándar SPT, se determinara el ángulo de fricción mediante correlaciones existentes de ϕ de acuerdo al $N_{1,60}$. La *grafica 5*, muestra a correlación.



Gráficas 1 Correlaciones existentes de ϕ de acuerdo al $N_{1,60}$, preparado por Vera Grunauer et al, 2009

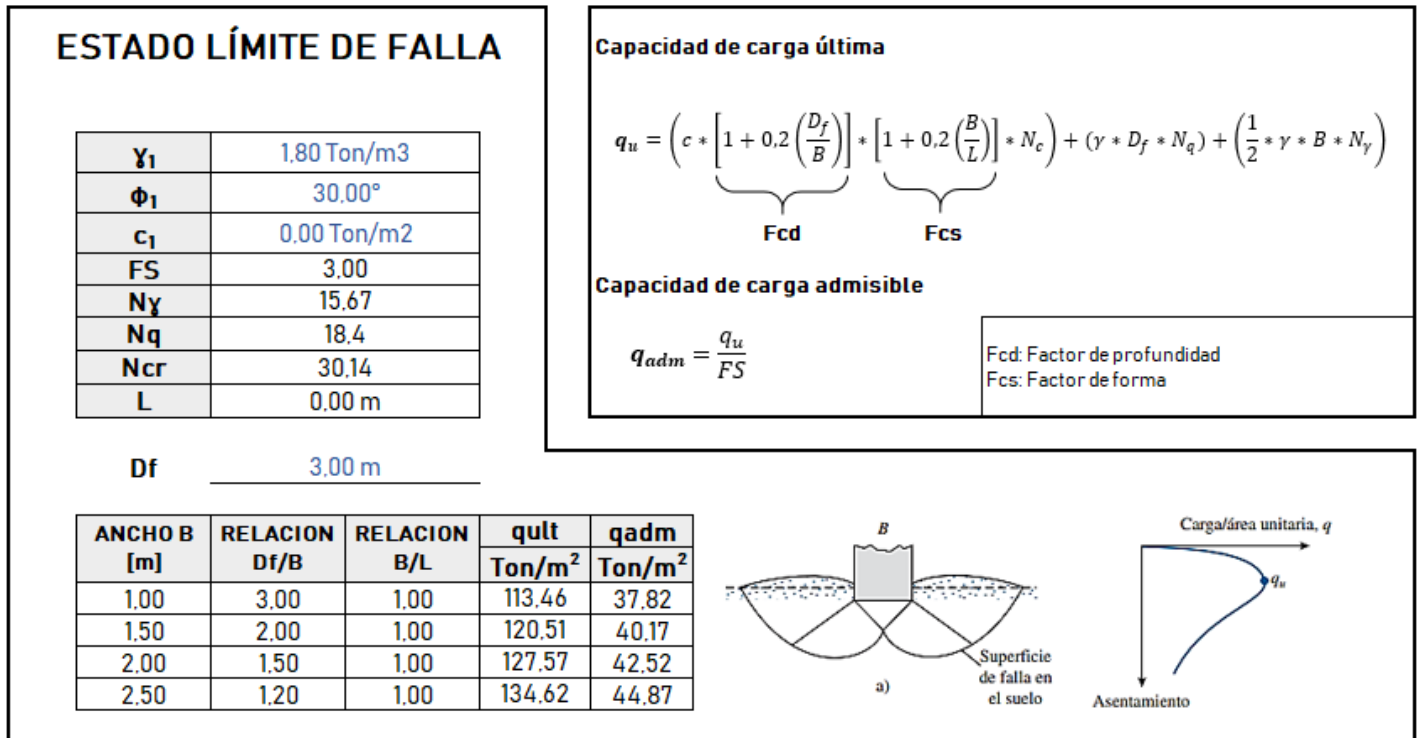
El valor promedio de $N_{1'60}$ obtenido para este estrato es de 5, al entrar a la gráfica el ángulo de fricción que se obtiene es de 30.0° , el espesor de este estrato va desde los 0.00 metros hasta los 6.30 metros, que corresponde a la profundidad máxima alcanzada en los sondeos.

Los parámetros escogidos para este material son los siguientes:

- Peso volumétrico: 18.0 KN/m^3
- Cohesión: 0.0 KPa
- Fricción: 30.0°

Se realizó el análisis de capacidad de carga para diferentes anchos de cimentación como alternativa de cimentación mediante el uso de zapatas, en la Ilustración 55, se presentan los resultados de estos análisis de capacidad de carga admisible.

Ilustración 55 Capacidad de carga estado límite de falla - construcción en Mensuli, Piedecuesta



Luego, se realizó el análisis de asentamientos inmediatos para diferentes anchos de cimentación B, como alternativa de cimentación mediante el uso de zapatas, en la *Ilustración 56*, se presentan los resultados de estos análisis de asentamientos inmediatos.

ASENTAMIENTOS INMEDIATOS				
$\rho_i = I_o I_t \frac{qB}{E} (1 - \nu^2)$				
u	0,35	Poisson		
E	350	T/m ²		
ANCHO	factor		q servicio	asentamiento
B	lo	li	maxima (ton/m ²)	pi
(m)				cm
1,00	0,88	0,65	37,8	5,42
1,50	0,9	0,61	40,2	8,29
2,00	0,92	0,59	42,5	11,57
2,50	0,93	0,55	44,9	14,39
Capacidad recomendada	8			ton/m²
ANCHO	factor		q servicio	asentamiento
B	lo	li	maxima (ton/m ²)	pi
(m)				cm
1,00	0,88	0,65	8,0	1,15
1,50	0,90	0,61	8,0	1,65
2,00	0,92	0,59	8,0	2,18
2,50	0,93	0,55	8,0	2,56

Ilustración 56 Capacidad de carga estado límite de servicio - construcción Mensuli, Piedecuesta

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CIMENTACIÓN

- El perfil estratigráfico del área en estudio se caracteriza por ser suelo residual, hasta los 6.30 metros, profundidad máxima realizada en los sondeos.
- De acuerdo con las características geomecánicas de los suelos encontrados, el perfil estratigráfico y las diferentes cargas provenientes de las estructuras que se puedan proyectar, como alternativa de cimentación, se recomienda utilizar zapatas aisladas o corridas de anchos variables entre 1.0 y 2.5 m.

- Para controlar los niveles de asentamientos totales producto de la descarga de las zapatas, la capacidad de carga admisible no deberá ser mayor a 8.0 T/m², a una profundidad de 3.00 m, medida desde el nivel del terreno actual.
- Adicionalmente para controlar los asentamientos diferenciales entre apoyos se deben utilizar zapatas de anchos entre 1.0 y 2.5 m. Estas zapatas, deben estar unidas por vigas de amarre. Las placas de contrapiso proyectadas en los diferentes sectores se deben apoyar sobre una capa de material granular de 10cm (mínimo).
- Se recomienda que durante el proceso de instalación de las cimentaciones se haga un seguimiento por parte de una persona idónea, para verificar la presencia o continuidad de los rellenos y aprobar los horizontes adecuados de cimentación.
- Se recomienda realizar recuperaciones en concreto ciclópeo, con el objeto de alcanzar la profundidad de cimentación recomendada.

PARÁMETROS DE DISEÑO

- Nivel freático: No se identificó en los sondeos realizados.
- Peso Volumétrico: 1.8 Ton/m³.
- Capacidad de Carga: 8.0 Ton/m².
- Profundidad de Cimentación: 3.00 metros desde el nivel donde se hicieron los sondeos.
- Se recomienda realizar recuperaciones en concreto ciclópeo.

4.3.2 ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE CIMENTACIONES CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN EL LOTE 29, EN RUITOQUE CONDOMINIO, CONJUNTO EL BOSQUE, MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER

La siguiente información contiene la evidencia y los resultados de los métodos de exploración de campo, los respectivos análisis y procesamiento a la información

para la obtención del modelo geológico – geotécnico, y los análisis de cimentación para construcción de vivienda en el Lote 29, en Ruitoque Condominio, Conjunto El Bosque, en el municipio de Piedecuesta, Santander.

El proyecto consiste en la construcción de una vivienda de tres (3) niveles; por el número de niveles y las cargas máximas de servicio por columnas, el proyecto se categoriza de acuerdo con la tabla H.3.1-1 de la NSR – 10, como categoría baja.

Se realizaron 20.7 metros de perforaciones mecánicas, la exploración consistió en la ejecución de tres (3) perforaciones de entre 6.30 y 7.20 metros de profundidad, denominados S1, S2 y S3. Pueden observarse el registro de fotos en el Anexo 1.

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

El proyecto corresponde al Lote 29, de Ruitoque Condominio, Conjunto El Bosque, en el municipio de Piedecuesta, departamento de Santander. Las imágenes 57, 58 y 59 muestran su ubicación geográfica.



Ilustración 57. Localización Regional del Proyecto - Estudio geotécnico y de cimentaciones, vivienda en Ruitoque condominio, conjunto el bosque, municipio de Piedecuesta, Santander

Así mismo, en la *ilustración 58 y 59*, se observa la ubicación del área de estudio con respecto a la cabecera municipal de Piedecuesta, Santander.



Ilustración 58. Localización general del proyecto - Estudio geotécnico y de cimentaciones, vivienda en Ruitoque condominio, conjunto el bosque, municipio de Piedecuesta, Santander



Ilustración 59. Vista detallada del sitio en estudio - Estudio geotécnico y de cimentaciones, vivienda en Ruitoque condominio, conjunto el bosque, municipio de Piedecuesta, Santander

Se presentan a continuación las tablas 19, 20 y 21, en evidencia de los Sondeos de Penetración Estándar realizados con la descripción respectiva de las muestras en la zona de estudio:

Tabla 19 Descripción de SONDEO 1


PROF (m)	SIMB. GRÁF	S.U.C. S	DIREC	MUEST	N° GOLPES SPT (N)	DESCRIPCIÓN
1,00		SM		SPT-1	3-3-4 (7)	0,00m ARENA LIMOSA, (SM) 1.87 % Grava, 63.65 % Arena, 34.47 % Finos. Material limo arenoso a areno limoso, color café oscuro a pardo rojizo, presenta arenas de grano muy fino a grueso, material de origen orgánico, con material vegetal en descomposición y raíces, humedad nula, plasticidad baja, se presenta en general suelto, presencia de gravas finas, geometrías subredondeadas, diámetros hasta los 1.3 cm, aprox. Son fragmentos de rocas sedimentarias, material corresponde a suelo orgánico. 0,90
2,00		SM		SPT -2	2-3-5 (8)	0,90m ARENA LIMOSA, (SM) 5.8 % Grava, 65.89 % Arena, 28.31 % Finos. Material limo arenoso a areno limoso, de color café claro a amarillo oscuro, presenta arenas de grano muy fino a grano grueso, material parcialmente homogéneo, moderadamente seleccionado, humedad baja, plasticidad nula a muy baja, de consistencia dura a muy dura, cierto porcentaje se presenta suelto, presencia de gravas que van de finas a medianas, , aprox., rocas sedimentarias, areniscas de grano fino, deleznales, con presencia de óxidos, fragmentos de rocas altamente meteorizadas, material residual 3,60
3,00				SPT -3	10-10-12 (22)	
4,00				SPT -4	21-16-14 (30)	
5,00		CL		SPT -5	4-4-2 (6)	3,60m Material areno limoso a limo arenoso, de color café claro a amarillo claro, arenas varían de grano muy fino a grueso, material parcialmente heterogéneo, moderadamente seleccionado, humedad nula, plasticidad nula a muy baja, consistencia muy dura, en muy bajo porcentaje se presenta suelto, presencia de gravas finas a medianas, de diámetros hasta los 2.0 cm, aprox., de geometrías subangulares a subredondeadas, rocas sedimentarias, material residual y en parte más profunda se presenta saprolito. 5,40
6,00		CL		SPT -6	8-10-27 (27)	
				SPT -7	24-27-31 (58)	5,40m ARCILLA ARENOSA, (CL) 0.36 % Grava, 28.19 % Arena, 71.45 % Finos Material limo arenoso a arcillo limoso, anaranjado rojizo, Humedad nula, plasticidad baja a alta, se presenta compacto, de consistencia muy dura, parcialmente heterogéneo, no presenta reacción con el HCL, material se disgrega al ejercer cierta fuerza con los dedos, presenta estructuras de relicto de roca predecesora, corresponde a saprolito 6,30

Tabla 20 Descripción de SONDEO 2










PROF (m)	SIMB. GRÁF	S.U.C.S	DIREC	MUESTRA	Nº GOLPES SPT (N)	N.F	DESCRIPCIÓN		
1,00		SC - SM		SPT-1	2-2-2 (4)		0,00m ARENA ARCILLOSA, (SC-SM) 0.17 % Grava, 59.5 % Arena, 40.33 % Finos. Material areno limoso de color café claro a café oscuro, de humedad nula, en general compacto, de consistencia muy dura, parcialmente homogéneo, no presenta reacción con el HCL, presencia de material orgánico, en parte más superficial presencia de gravas en bajo porcentaje que corresponde a gravas finas de geometrías angulares a subangulares de diámetros hasta los 8 mm de diversas litologías, plasticidad baja, material corresponde a material de relleno		
2,00				SPT-2	9-9-12 (21)				
3,00				SPT-3	6-8-8 (16)				
4,00				SPT-4	5-5-8 (13)				
4,50				SPT-5	4-3-3 (6)				
5,00		SC - SM		SPT-6	3-3-4 (7)		4,50	4,50	4,50m ARENA ARCILLOSA, (SC-SM) 29.15 % Grava, 30.61 % Arena, 40.24 % Finos. Material arcillo limoso a limo arenoso en parte más superficial, debido a posible relleno de antigua zona de pequeño reservorio de agua como estanque o lago, material de color gris oscuro, se presenta homogéneo, de humedad media a alta, de plasticidad alta a media, de consistencia firme, no presenta reacción con el HCL, no se observa la presencia de gravas, material de origen lagunar
6,00				SPT-7	3-7-10 (17)		6,30	6,30	
7,00		SC-SM		SPT-8	19-29-31 (60)		7,20	7,20	6,30m Material en parte más superficial, se presenta un pequeño segmento de color marrón oliva moderado con un espesor de 8 cm, aprox., material de fondo de origen lagunar que corresponde a material limo arenoso, compacto, de consistencia firme, plasticidad media, humedad media, homogéneo, no presenta reacción con el HCL, material de fondo corresponde a saprolito

Tabla 21 Descripción del SONDEO 3

PROF. (m)	SIMB. GRÁF	S.U.C. S	DIREC	MUEST	N° GOLPES SPT (N)	N.F	DESCRIPCIÓN
1,00		SM		SPT-1	5-3-3 (6)		0,00m ARENA LIMOSA, (SM) Material areno limoso a limo arenoso de color gris claro a café claro, de humedad baja, plasticidad baja, consistencia firme a dura, presencia de material orgánico como material vegetal en descomposición y raíces, no presenta reacción con el HCL, parcialmente homogéneo, presencia de gravas en muy bajo porcentaje, de geometrías subredondeadas, de diámetros hasta los 2 cm, aprox., gravas van de finas a medianas, gravas son rocas sedimentarias, material de relleno
				SPT-2	3-4-3 (7)		0,90m ARENA LIMOSA, (SM) 1.41 % Grava, 72.64 % Arena, 25.96 % Finos. Material areno limoso de color café claro a café oscuro, humedad moderada a baja, consistencia firme a dura, plasticidad baja, parcialmente heterogéneo, moderadamente a bien seleccionado, no presenta reacción con el HCL, presencia de gravas de finas a medianas, de diámetros hasta los 2 cm, aprox., de geometrías subredondeadas, son rocas de diversas litologías, material de relleno
2,00		SM		SPT-3	7-6-6 (12)		3,60m ARCILLA ARENOSA, (CL) 1.28 % Grava, 46.89 % Arena, 51.83 % Finos. Material limo arenoso, de color café gris a gris café y café oscuro, humedad baja a mediana, plasticidad baja, consistencia firme a dura, parcialmente heterogéneas, moderadamente seleccionado, no presenta reacción con el HCL, presencia de gravas finas, en muy bajo porcentaje, de geometrías subredondeadas, de diámetros hasta 1 cm, aprox., son rocas de origen sedimentario, material residual
3,00				SPT-4	5-5-7 (12)		5,40m ARCILLA ARENOSA, (CL) Material limoso a limo arcilloso de color amarillo claro a pardo rojizo, de humedad baja a moderada, plasticidad moderada a alta, consistencia dura a firme, se presenta material parcialmente heterogéneo, no presenta reacción con el HCL, gravas finas de diámetros hasta los 0.5 cm, aprox., corresponde a rocas de origen sedimentario, se presenta estructura de relicto de roca predecesora, material corresponde a saprolito
4,00		CL		SPT-5	5-6-6 (12)	▼	
5,00				SPT-6	5-5-6 (11)		
6,00		CL		SPT-7	10-11-12 (23)		
7,00				SPT-8	19-27-29 (56)		

A partir de los datos anteriores tomados del estudio en campo y de las muestras de las exploraciones geotécnicas realizadas, se realizan ensayos de laboratorio para la clasificación de suelos como humedad, granulometría por mallado con lavado, límites de consistencia (ATTERBERG) y ensayos de resistencia, estos cálculos se encuentran en la hoja de Anexo.

A continuación, se presentan en la tabla 22, 23 y 24 los resultados clasificación de suelos (S.U.C.S), para cada uno de los sondeos que se llevaron a cabo.

Tabla 22. Clasificación de suelos para sondeo 1 – Proyecto conjunto del Bosque

M	PROF. Metros		No. Golpes			CLASF SUCS	CLASF AASHTO	NIVEL FREÁT	LL	IP	PPT 200	HUM %
1	0,00	0,90	3	3	4	SM	A-2-4		22	4	34,47	11,18
2	0,90	1,80	2	3	5							8,13
3	1,80	2,70	10	10	12							8,04
4	2,70	3,60	21	16	14	SM	A-2-4		N.L.	-	28,31	8,92
5	3,60	4,50	4	4	2			4,50				7,31
6	4,50	5,40	8	10	17							12,15
7	5,40	6,30	24	27	31	CL	A-4		31	9	71,45	28,39

En los resultados de los ensayos de laboratorio en la tabla 22, se detecta la presencia de nivel freático a una profundidad de 4,50m. La cantidad de material de fino es alta. Se definieron los suelos como arena limosa y arcilla inorgánica de baja plasticidad.

Tabla 23. Clasificación de suelos para sondeo 2 – Proyecto conjunto del Bosque

M	PROF. Metros		No. Golpes			CLASF SUCS	CLASF AASHTO	NIVEL FREÁT	LL	IP	PPT 200	HUM %
1	0,00	0,90	2	2	2							9,71
2	0,90	1,80	9	9	12	SC-SM	A-4		25	6	40,33	11,86
3	1,80	2,70	6	8	8							15,71
4	2,70	3,60	5	5	8							11,47
5	3,60	4,50	4	3	3			4,50				16,30
6	4,50	5,40	3	3	4							20,12
7	5,40	6,30	3	7	10	SC-SM	A-4		25	6	40,24	25,91
8	6,30	7,20	19	29	31							12,43

En los resultados de los ensayos de laboratorio en la *tabla 23* se determina que la presencia de materiales finos es media ya que pasa la cantidad que pasa es menos del 50%, a una profundidad de 4,50 m está el nivel freático. Se definieron los suelos como arena arcillo limosa y arena arcillo limosa.

Tabla 24. Clasificación de suelos para sondeo 3 – Proyecto conjunto del Bosque

M	PROF. Metros		No. Golpes			CLASF SUCS	CLASF AASHTO	NIVEL FREÁT	LL	IP	PPT 200	HUM %
1	0,00	0,90	5	3	3							13,16
2	0,90	1,80	3	4	3							16,08
3	1,80	2,70	7	6	6	SM	A-2-4		N.L.	-	25,96	7,64
4	2,70	3,60	5	5	7							15,90
5	3,60	4,50	5	6	6			4,50				16,23
6	4,50	5,40	5	5	6	CL	A-4		28	7	51,83	31,23
7	5,40	6,30	10	11	12							27,57
8	6,30	7,20	19	27	29							16,12

En los resultados de los ensayos de laboratorio en la *tabla 24* se determina que la presencia de materiales finos es muy baja, el índice de plasticidad en este sondeo es baja y en una de las muestras es nulo, Se definieron los suelos como arena limosa y arcilla inorgánica de baja plasticidad.

A continuación, la *ilustración 60*, representa un resumen de la caracterización del perfil del suelo, según la profundidad y los resultados de laboratorio de límites de consistencia (límite líquido e índice de plasticidad), el porcentaje de pasa 200 y el número de golpes.

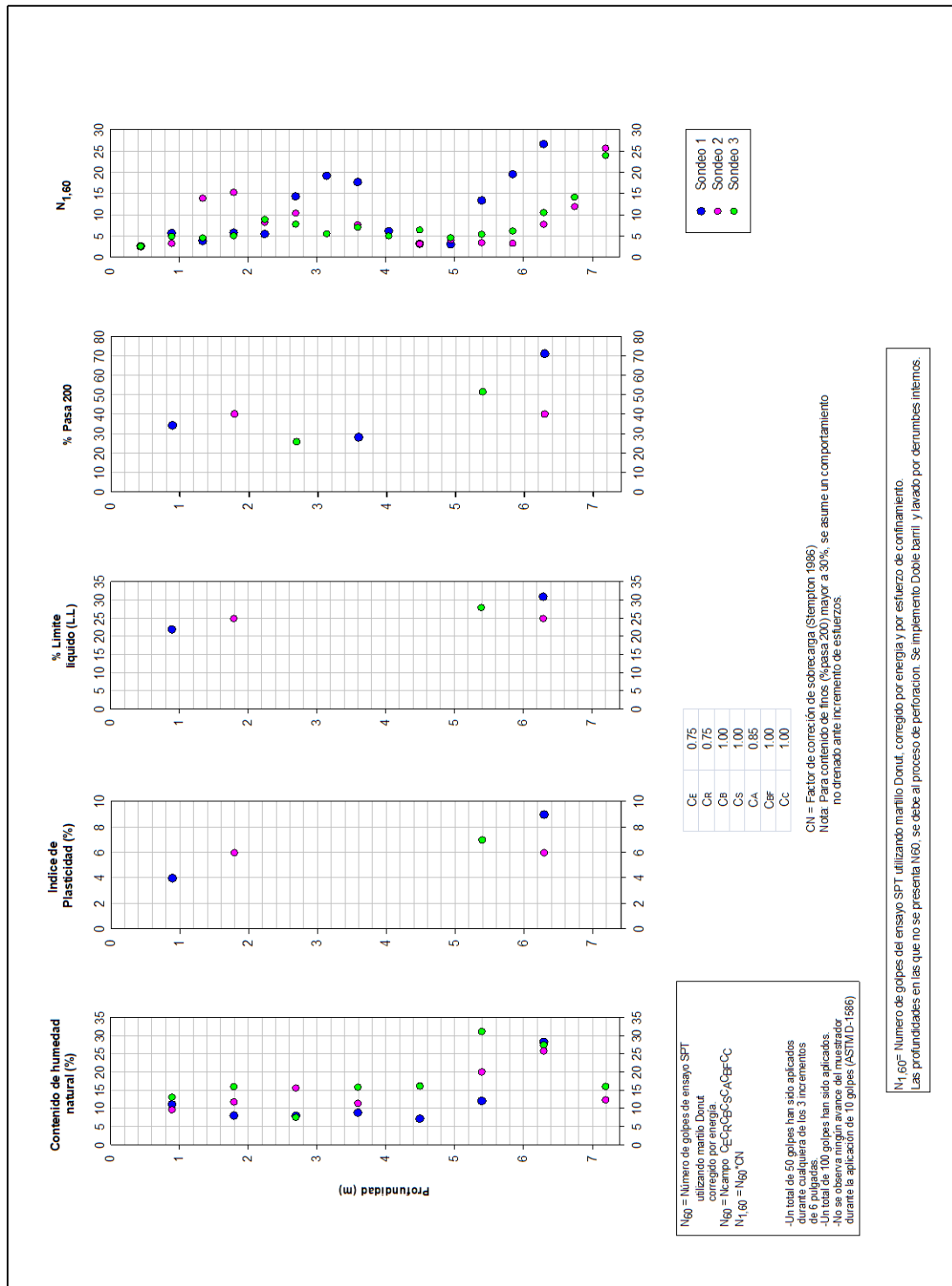


Ilustración 60 Caracterización del perfil del Suelo – Proyecto conjunto del Bosque

Para el cálculo del valor del ángulo de fricción se implementaron correlaciones con el número de golpes del ensayo SPT corregido por energía y esfuerzo de confinamiento $N_{1,60}$. La ilustración 61, muestra la correlación.

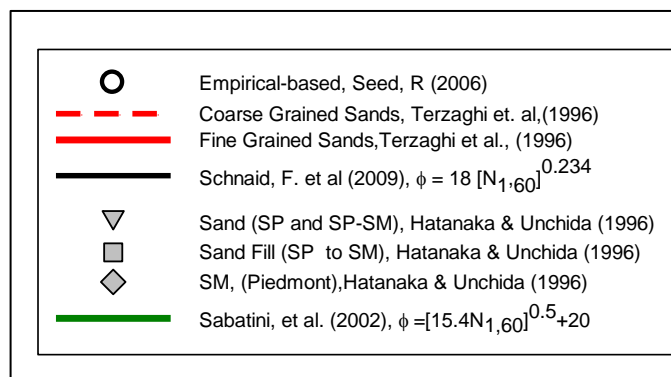
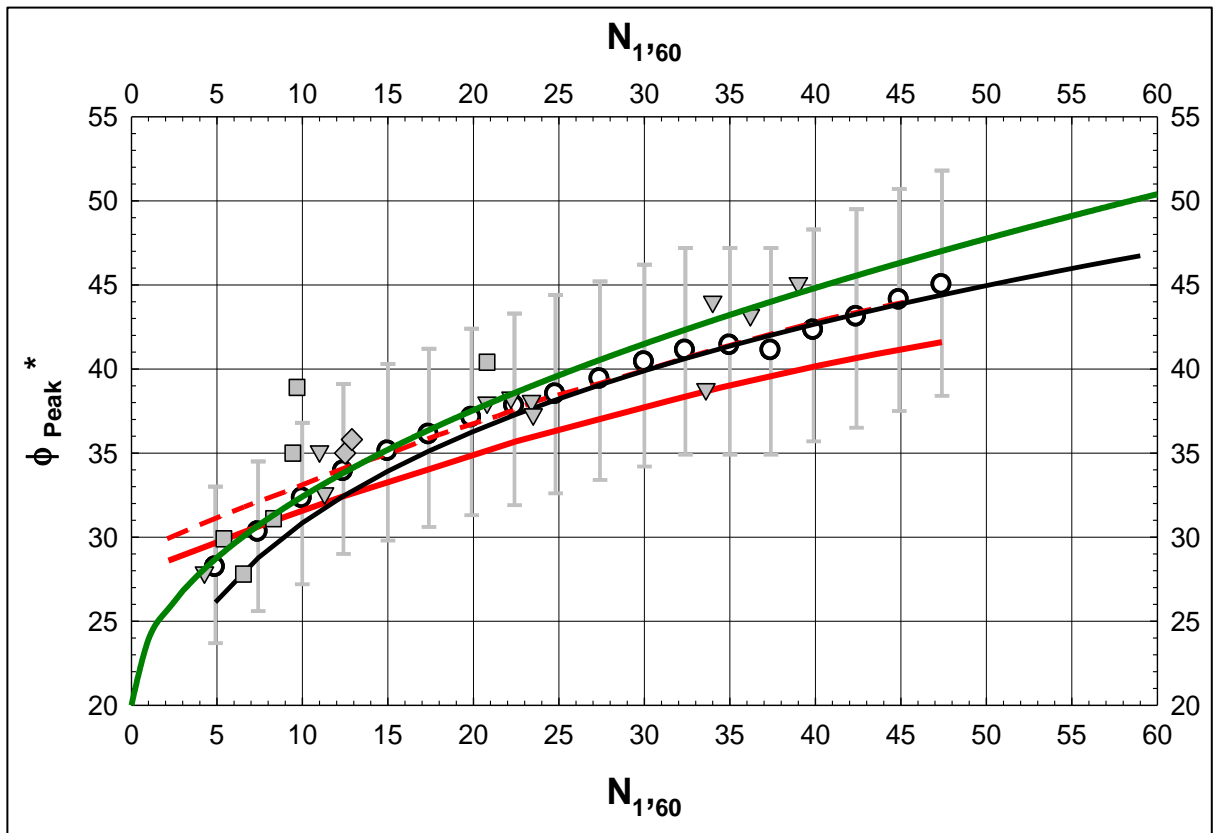


Ilustración 61 Correlaciones existentes de ϕ de acuerdo al $N_{1,60}$, preparado por Vera Grunauer et al, 2009.

El valor promedio de $N_{1'60}$ obtenido es de 10, al entrar a la gráfica el ángulo de fricción que se obtiene es de 32.0° .

Se realizó un análisis de capacidad de carga para diferentes anchos de cimentación B como alternativa de cimentación mediante el uso de zapatas, en la Ilustración 62, se presentan los resultados de estos análisis de capacidad de carga admisible.

ESTADO LÍMITE DE FALLA		
γ_1	1,80 Ton/m ³	
Φ_1	32,00°	
c_1	0,00 Ton/m ²	
FS	3,00	
N_γ	22,02	
N_q	23,18	
N_{cr}	35,49	
L	0,00 m	
Df	1,50 m	
ANCHO B	qult	qadm
(m)	Ton/m ²	Ton/m ²
1,00	82,40	27,47
1,50	92,31	30,77
2,00	102,22	34,07
2,50	112,13	37,38

Ilustración 62 Capacidad de carga estado límite de falla - Proyecto Conjunto del Bosque

Luego, se realizó un análisis de asentamientos inmediatos para diferentes anchos de cimentación B, para alternativa de cimentación mediante el uso de zapatas, en la Ilustración 63, se presentan los resultados de estos análisis de asentamientos inmediatos.

ESTADO LÍMITE DE SERVICIO

Promedio del No de Golpes SPT (N60) 10

Asentamiento para capacidad de carga calculada

ANCHO		Factor	qa	asentamiento
B [m]	B [ft]	CB	T/pie2	pi [cm]
1,00	3,28	1,00	2,75	4,10
1,50	4,92	0,95	3,08	4,84
2,00	6,56	0,90	3,41	5,66
2,50	8,20	0,85	3,74	6,57

Capacidad de carga admisible 14,00 Ton/m2

Asentamiento para capacidad de carga recomendada

ANCHO		Factor	qa	asentamiento
B [m]	B [ft]	CB	T/pie2	pi [cm]
1,00	3,28	1,00	1,40	2,09
1,50	4,92	0,95	1,40	2,20
2,00	6,56	0,90	1,40	2,32
2,50	8,20	0,85	1,40	2,46

Coefficiente de Balasto (K) 568,90 Ton/m3

Table B-4. Width correction factor, CB (from Duncan and Buchignani, 1976)

Footing Width, B (feet)	CB
<= 4	1,00
6	0,95
8	0,90
10	0,85
>= 12	0,80

Ilustración 63 Capacidad de carga estado límite de servicio - Proyecto Conjunto del Bosque

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CIMENTACIÓN

- El perfil estratigráfico del área en estudio se caracteriza por ser suelo material de relleno, hasta los 0.90 metros para el Sondeo 1, 4.50 metros para el Sondeo 2 y 3.60 metros para el Sondeo 3, seguido de suelo residual hasta los 3.60 metros para el Sondeo 1, 6.30 metros para el Sondeo 2, y 5.40 para el Sondeo 3. También se identifica Saprolito de la Formación Tambor, hasta los 7.20 metros, profundidad máxima realizada en los sondeos.

- De acuerdo a las características geomecánicas de los suelos encontrados, el perfil estratigráfico y las diferentes cargas provenientes de las estructuras que se puedan proyectar, como alternativa de cimentación, se recomienda utilizar zapatas aisladas o corridas de anchos variables entre 1.0 y 2.5 m.
- Para controlar los niveles de asentamientos totales producto de la descarga de las zapatas, la capacidad de carga admisible no deberá ser mayor a 14 T/m², a una profundidad de 1.50 metros, medidos desde el nivel del terreno actual.
- Adicionalmente para controlar los asentamientos diferenciales entre apoyos se deben utilizar zapatas de anchos entre 1.0 y 2.5 m. Estas zapatas, deben estar unidas por vigas de amarre. Las placas de contrapiso proyectadas en los diferentes sectores se deben apoyar sobre una capa de material granular de 10cm (mínimo).
- Se recomienda que durante el proceso de instalación de las cimentaciones se haga un seguimiento por parte de una persona idónea, para verificar la presencia o continuidad de los rellenos y aprobar los horizontes adecuados de cimentación.
- Se recomienda realizar recuperaciones en concreto ciclópeo, con el objeto de alcanzar la profundidad de cimentación recomendada.

PARÁMETROS DE DISEÑO

- Nivel freático: Se identifico Nivel Freático a 4.50 metros de profundidad en la excavación
- Peso Volumétrico: 1.8 Ton/m³.
- Capacidad de Carga: 14 Ton/m².

- Profundidad de Cimentación: 1.5 metros desde el nivel donde se hicieron los sondeos.
- Se recomienda realizar recuperaciones en concreto ciclópeo.

EXCAVACIONES

Las excavaciones proyectadas junto a las edificaciones aledañas al lote en estudio se deben realizar de la siguiente forma:

- Excavar inicialmente hasta el nivel de cimentación de las edificaciones vecinas.
- Junto a las zapatas o cimientos de las edificaciones vecinas, se debe garantizar una berma o sobre ancho de 2.0m como mínimo, para mitigar los efectos de pérdida de confinamiento de las cimentaciones antiguas.
- Las excavaciones adicionales que se deban realizar para la construcción de cimentaciones se deben hacer mediante el uso de entibados.
- Realizar inicialmente la excavación por medio de taludes para garantizar la estabilidad de la excavación y de las construcciones vecinas durante el proceso constructivo de la cimentación.
- Las excavaciones para la construcción de las zapatas que se realicen junto a estructuras existentes, se recomienda implementar contrafuertes mediante la excavación de tramos de suelo intermedios, para mejorar las condiciones de estabilidad de los taludes.
- Durante el proceso de excavación, se debe monitorear mediante control, topográfico, las coronas de los taludes de las excavaciones para detectar potenciales zonas susceptibles a derrumbes y tomar las medidas de protección necesarias.

- Se recomienda que durante el proceso de instalación de las cimentaciones se debe hacer un seguimiento por parte de una persona idónea, para verificar la presencia o continuidad de los rellenos y aprobar los horizontes adecuados de cimentación.

MANEJO DE NIVELES FREÁTICOS DURANTE CONSTRUCCIÓN

- En la exploración de campo realizada se identificó nivel freático superficial, razón por la cual, se deben implementar pozos de achique o de abatimiento de niveles freáticos, mediante la implementación de tubos de concretos prefabricados ranurados, desde estos pozos se debe bombear las aguas captadas por las zanjas y el pozo, hasta los sistemas de alcantarillado. Se debe garantizar un bombeo continuo para mantener en buenas condiciones las excavaciones.

5. APORTE AL CONOCIMIENTO

Durante el desarrollo de mis prácticas empresariales en la empresa Construsuelos de Colombia S.A.S, he adquirido conocimientos y habilidades con el software Midas GTS NX y logré conocer los procesos de laboratorio que realizan, tanto en campo como en el laboratorio, una experiencia muy enriquecedora. Uno de mis objetivos principales fue el realizar simulaciones de ciertas obras geotécnicas que se justificaron en el cuerpo de trabajo de este informe, proyectos que se llevaron a cabo dentro de la empresa de Construsuelos de Colombia S.A.S, para analizar la deformabilidad del suelo con respecto a las fuerzas de tracción. Durante el desarrollo de los diseños y modelaciones se conocieron diferentes aplicaciones de las cargas, entre esas, las cargas puntuales, distribuida y la fuerza de tensión (para el diseño de los anclajes), todas y cada una de estas situaciones reflejan un comportamiento distinto en el terreno. Las principales ventajas que brinda esta herramienta de trabajo es su interfaz gráfica intuitiva, tiene un fácil manejo con comandos muy parecidos al AutoCAD 3D por lo tanto las modelaciones se realizan con dimensiones reales considerando la topografía, la estratigrafía del suelo y sus parámetros.

Con respecto al apoyo en los reportes de los laboratorios, conocí el proceso que realiza la empresa para realizar los estudios de suelos, como manejan la toma de las muestras en campo por medio de los ensayos de SPT y como, a partir de los resultados de los estudios de laboratorio, determinan la capacidad de carga que puede llegar a tener el suelo. En este proceso estuve bajo la guía de la coordinadora de los laboratorios donde me indico paso a paso como se introducen los resultados para determinar qué tipo de cimentación y cuales dimensiones son apta para cada proyecto que se quiera realizar.

Durante mi periodo de prácticas se presentaron algunos inconvenientes, debido a que el año 2020 se presentó a nivel mundial una emergencia sanitaria por lo que

hubo algunas medidas a las cuales nos tuvimos que someter los trabajadores de la empresa, entre esas, el trabajo remoto desde casa por algunos días.

6. CONCLUSIONES

- De las actividades realizadas en el software Midas GTS NX, es importante, al momento de realizar una simulación, tener en cuenta el mayor número de variables y parámetros que se puedan, entre más información exacta halla, la herramienta tendrá mejores resultados de datos y comportamientos del modelo más preciso. También verificar muy bien que los elementos estén muy bien conectados una vez se haya realizado el mallado.
- De las modelaciones que se realizaron en el Software, la simulación del muro anclado de la estación de Metrolínea de Floridablanca que se lleva a cabo, se determinó que el coeficiente de reacción es alto de acuerdo a las zonas de mayor acción de esfuerzos.
- De los estudios que se realizaron para la clasificación del suelo y el diseño estructural de las cimentaciones, al digitar los resultados obtenidos y ver en conjunto las muestras de los respectivos sondeos se lograron percibir las variaciones del tipo de suelo que se presentan y los beneficios que pueden brindar estas condiciones en el soporte de cargas. En este informe, para un caso, obtuvimos que la cimentación podría soportar 14 Ton mientras que el otro caso la capacidad de soporte para la cimentación seria de 8 Ton. Por lo tanto, los resultados exactos de un estudio de suelo dependen de los adecuados ensayos de laboratorio.

- Las prácticas empresariales realizadas en la empresa Construsuelos de Colombia S.A.S me permitió aprender conceptos, generar criterios y obtener conocimientos en el área de la geotecnia, puesto que con una revisión visual y con las indicaciones del geotecnista es posible saber que ensayos se pueden realizar para determinar una clasificación del tipo de suelo, además de indicar la capacidad de carga admisible que puede soportar el terreno y predecir la plasticidad que podría tener.
- Se cumplió correctamente con las actividades asignadas por la empresa Construsuelos de Colombia S.A.S, en el desarrollo de reportes de los ensayos de laboratorio, se verificó la información y se formularon los datos en formatos de la empresa.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, L. D. (10 de Octubre de 2012). Geotecnia. Obtenido de http://www.academia.edu/8714742/PROPIEDADES_%C3%8DNDICES_DE_LOS_SUELOS
- Bowles, J. E. (1980). Manual de laboratorios de suelos en ingeniería Civil. Bogotá, Colombia: McGRAW-HILL LATINOAMERICANA S.A.
- ASTM, AASHTO. (1971). Book of Standards. AASHTO M145-66: clasificación de los suelos y mezclas de agregados de suelo para propósitos de construcción de carreteras.
- ASTM, AASHTO. (1994). Book of Standards. ASTM 423-66: determinación del límite líquido.
- ASTM, AASHTO. (1994). Book of Standards. ASTM D424-59: determinación del límite plástico.
- ASTM, AASHTO. (1994). Book of Standards. ASTM D427-61: determinación del límite de contracción.
- ASTM, AASHTO. (1994). Book of Standards. ASTM D854-58: Determinación de gravedad específica de los sólidos
- ASTM, AASHTO. (1994). Book of Standards. ASTM 423-66: determinación del límite líquido.
- ASTM, AASHTO. (1994). Book of Standards. ASTM D421-58 y D422-63: análisis granulométrico
- Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2005). mecánica de Suelos I: Fundamentos de la mecánica de Suelos

HOJAS DE ANEXO

CONTENIDO

ENSAYOS DE LABORATORIO DEL LOTE 134, DEL CONDOMINIO CAMPESTRE TERRAZAS DE MENSULI, MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER

ANEXO 1	3
ANEXO 1	4
ANEXO 1	5
ANEXO 1	6
ANEXO 1	7
ANEXO 1	8

ENSAYOS DE LABORATORIO DEL LOTE 29, EN RUITOQUE CONDOMINIO, CONJUNTO EL BOSQUE, MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER

ANEXO 2	9
ANEXO 2	10
ANEXO 2	11
ANEXO 2	12
ANEXO 2	13
ANEXO 2	14
ANEXO 2	15



PROYECTO

ESTUDIO GEOTECNICO Y DE CIMENTACIONES CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN EL LOTE 134, DEL CONDOMINIO CAMPESTRE TERRAZAS DE MENSULI, MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER

SONDEO

1

MUESTRA(S)

1

PROF.

0,00 - 0,45 m

CONTENIDO DE HUMEDAD INV. E - 122

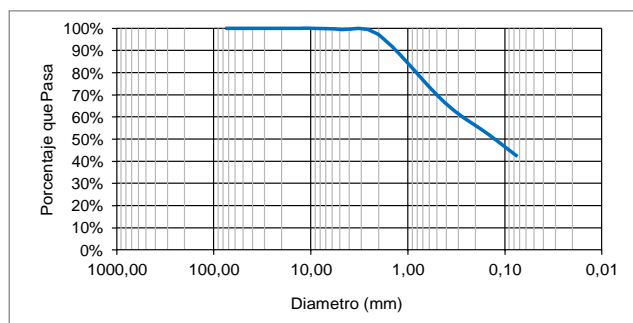
MUESTRA	1 0,00-0,45	2 0,45-1,80
W. TARA + S.H.	71,30	81,40
W. TARA + S.S.	66,40	70,80
W. TARA	8,50	8,40
PESO AGUA	4,90	10,60
PESO SUELO SECO	57,90	62,40
HUMEDAD NATURAL [%]	8,46	16,99

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (GRADACIÓN) INV. E - 123

TAMIZ		Retenido [gr]	[%] Retenido	[%] Pasa
No.	[mm]			
3"	76,10	0,00	0,00%	100,00%
2 1/2"	64,00	0,00	0,00%	100,00%
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1 1/2"	38,10	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	0,00	0,00%	100,00%
3/4"	19,00	0,00	0,00%	100,00%
1/2"	12,70	0,00	0,00%	100,00%
3/8"	9,51	0,00	0,00%	100,00%
1/4"	6,35	0,00	0,00%	100,00%
4	4,76	1,40	0,55%	99,45%
10	2,00	5,70	2,25%	97,19%
12	1,68	0,00	0,00%	97,19%
16	1,19	0,00	0,00%	97,19%
30	0,59	0,00	0,00%	97,19%
40	0,42	77,40	30,59%	66,60%
50	0,30	0,00	0,00%	66,60%
80	0,18	0,00	0,00%	66,60%
100	0,15	36,00	14,23%	52,37%
200	0,07	25,90	10,24%	42,13%
Pasa 200		106,60	42,13%	0,00%
Total		253,00		

W suelo inicial seco 253,00 gr
W suelo despues de lavado 146,40 gr
Porcentaje de error 0,00 %

Curva granulométrica



Gravas 0,55% Arenas 57,31% Finos 42,13%

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

Límite líquido

INV. E - 125

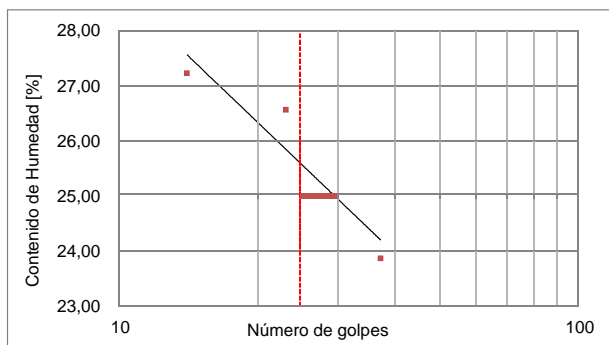
Tara No.	163	85	210	249
W. TARA + S.H.	30,10	30,40	30,70	31,10
W. TARA + S.S.	25,90	25,90	26,00	26,20
W. TARA	8,30	7,90	8,30	8,20
W AGUA	4,20	4,50	4,70	4,90
W SUELO SECO	17,60	18,00	17,70	18,00
[%] HUMEDAD	23,86	25,00	26,55	27,22
No. GOLPES	37	29	23	14

Límite plástico

INV. E - 126

Tara No.	41	54		
W. TARA + S.H.	16,20	16,40		
W. TARA + S.S.	14,90	15,00		
W. TARA	8,30	8,20		
W AGUA	1,30	1,40		
W SUELO SECO	6,60	6,80		
[%] HUMEDAD	19,70	20,59		

Curva de fluidez



Límite plástico 20

A.A.S.H.T.O A - 4

Índice plástico 5

U.S.C. SC-SM

CLASIFICACIÓN:

ARENA ARCILLO LIMOSA

CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.

ANEXO 1

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA - LÍMITES DE ATTERBERG - CONTENIDO DE HUMEDAD
 Normas INV E. 122, 123, 125, 126 / 2013 - NTC 77 - ASTM D421-58 y D422-83 - AASHTO T88

PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE CIMENTACIONES CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN EL LOTE 134, DEL CONDOMINIO CAMPESTRE TERRAZAS DE MENSULI, MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER

SONDEO 1 **MUESTRA(S)** 3 **PROF.** 1,80 - 2,70 m

CONTENIDO DE HUMEDAD INV. E - 122

MUESTRA	3	4	5	6	7
1,80-2,70					
W. TARA + S.H.	69,90	69,40	75,70	78,90	82,60
W. TARA + S.S.	61,00	57,20	63,70	67,90	70,10
W. TARA	8,10	8,10	8,60	8,50	8,40
PESO AGUA	8,90	12,20	12,00	11,00	12,50
PESO SUELO SECO	52,90	49,10	55,10	59,40	61,70
HUMEDAD NATURAL [%]	16,82	24,85	21,78	18,52	20,26

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (GRADACIÓN) INV. E - 123

TAMIZ		Retenido [gr]	[%] Retenido	[%] Pasa
No.	[mm]			
3"	76,10	0,00	0,00%	100,00%
2 1/2"	64,00	0,00	0,00%	100,00%
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1 1/2"	38,10	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	0,00	0,00%	100,00%
3/4"	19,00	0,00	0,00%	100,00%
1/2"	12,70	8,10	1,45%	98,55%
3/8"	9,51	0,00	0,00%	98,55%
1/4"	6,35	0,00	0,00%	98,55%
4	4,76	11,60	2,07%	96,48%
10	2,00	11,20	2,00%	94,48%
12	1,68	0,00	0,00%	94,48%
16	1,19	0,00	0,00%	94,48%
30	0,59	0,00	0,00%	94,48%
40	0,42	158,70	28,36%	66,11%
50	0,30	0,00	0,00%	66,11%
80	0,18	0,00	0,00%	66,11%
100	0,15	80,00	14,30%	51,81%
200	0,07	51,20	9,15%	42,66%
Pasa 200		238,70	42,66%	0,00%
Total		559,50		

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

Limite líquido INV. E - 125

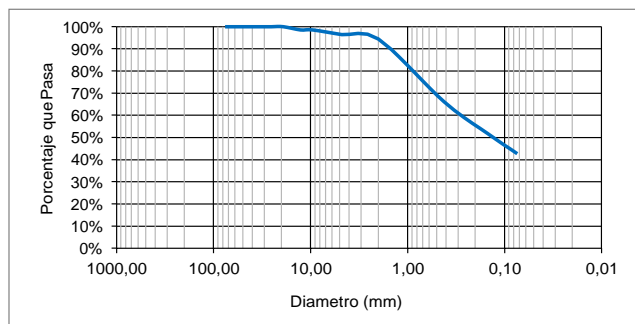
Tara No.	239	158	53	227
W. TARA + S.H.	31,10	31,40	31,80	32,10
W. TARA + S.S.	26,50	26,50	26,70	26,80
W. TARA	8,40	8,20	8,30	8,30
W AGUA	4,60	4,90	5,10	5,30
W SUELO SECO	18,10	18,30	18,40	18,50
[%] HUMEDAD	25,41	26,78	27,72	28,65
No. GOLPES	36	29	22	16

Limite plástico INV. E - 126

Tara No.	216	195		
W. TARA + S.H.	16,70	16,90		
W. TARA + S.S.	15,20	15,30		
W. TARA	8,40	8,10		
W AGUA	1,50	1,60		
W SUELO SECO	6,80	7,20		
[%] HUMEDAD	22,06	22,22		

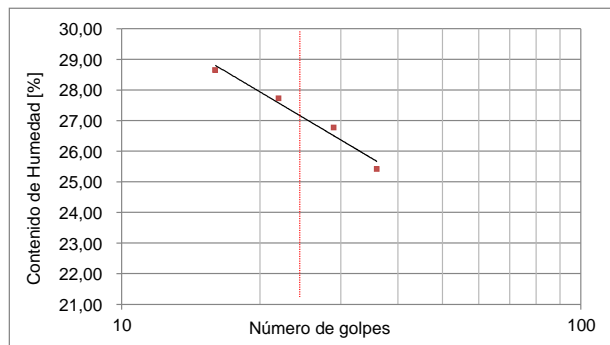
W suelo inicial seco 559,50 gr
 W suelo despues de lavado 320,80 gr
 Porcentaje de error 0,00 %

Curva granulométrica



Gravas 3,52% Arenas 53,82% Finos 42,66%

Curva de fluidez



Limite líquido	27	Indice de grupo	0
Limite plástico	22	A.A.S.H.T.O	A - 4
Índice plástico	5	U.S.C.	SM

CLASIFICACIÓN: ARENA LIMOSA

CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.

ANEXO 1

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA - LÍMITES DE ATTERBERG - CONTENIDO DE HUMEDAD
 Normas INV E. 122, 123, 125, 126 / 2013 - NTC 77 - ASTM D421-58 y D422-83 - AASHTO T88

PROYECTO

ESTUDIO GEOTECNICO Y DE CIMENTACIONES CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN EL LOTE 134, DEL CONDOMINIO CAMPESTRE TERRAZAS DE MENSULI, MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER

SONDEO

2

MUESTRA(S)

2

PROF.

0,90 - 1,80 m

CONTENIDO DE HUMEDAD INV. E - 122

MUESTRA	1	2	3	4
	0,00-0,90	0,90-1,80	1,80-2,70	2,70-3,60
W. TARA + S.H.	79,50	94,50	92,10	84,70
W. TARA + S.S.	70,30	83,60	80,40	73,70
W. TARA	8,20	8,30	8,40	8,30
PESO AGUA	9,20	10,90	11,70	11,00
PESO SUELO SECO	62,10	75,30	72,00	65,40
HUMEDAD NATURAL [%]	14,81	14,48	16,25	16,82

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (GRADACIÓN) INV. E - 123

TAMIZ	Retenido [gr]		[%] Retenido	[%] Pasa
	No.	[mm]		
3"	76,10	0,00	0,00%	100,00%
2 1/2"	64,00	0,00	0,00%	100,00%
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1 1/2"	38,10	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	0,00	0,00%	100,00%
3/4"	19,00	0,00	0,00%	100,00%
1/2"	12,70	0,00	0,00%	100,00%
3/8"	9,51	0,00	0,00%	100,00%
1/4"	6,35	0,00	0,00%	100,00%
4	4,76	7,70	1,23%	98,77%
10	2,00	12,20	1,95%	96,82%
12	1,68	0,00	0,00%	96,82%
16	1,19	0,00	0,00%	96,82%
30	0,59	0,00	0,00%	96,82%
40	0,42	144,70	23,09%	73,73%
50	0,30	0,00	0,00%	73,73%
80	0,18	0,00	0,00%	73,73%
100	0,15	82,20	13,12%	60,61%
200	0,07	58,20	9,29%	51,32%
Pasa 200		321,60	51,32%	0,00%
Total		626,60		

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

Limite líquido

INV. E - 125

Tara No.	81	188	221	129
W. TARA + S.H.	32,10	32,30	32,60	32,80
W. TARA + S.S.	26,40	26,50	26,50	26,50
W. TARA	8,20	8,60	8,20	8,40
W AGUA	5,70	5,80	6,10	6,30
W SUELO SECO	18,20	17,90	18,30	18,10
[%] HUMEDAD	31,32	32,40	33,33	34,81
No. GOLPES	37	28	22	14

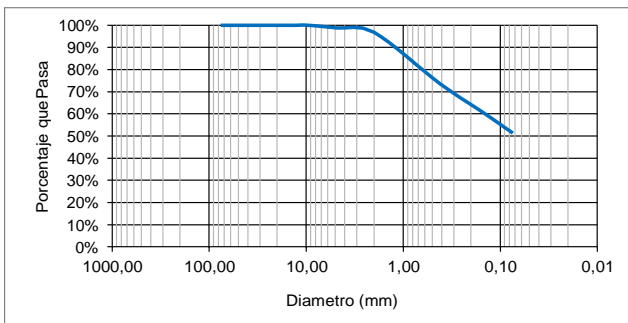
Limite plástico

INV. E - 126

Tara No.	176	156		
W. TARA + S.H.	16,40	16,60		
W. TARA + S.S.	14,70	14,90		
W. TARA	8,10	8,40		
W AGUA	1,70	1,70		
W SUELO SECO	6,60	6,50		
[%] HUMEDAD	25,76	26,15		

W suelo inicial seco 626,60 gr
 W suelo despues de lavado 305,00 gr
 Porcentaje de error 0,00 %

Curva granulométrica

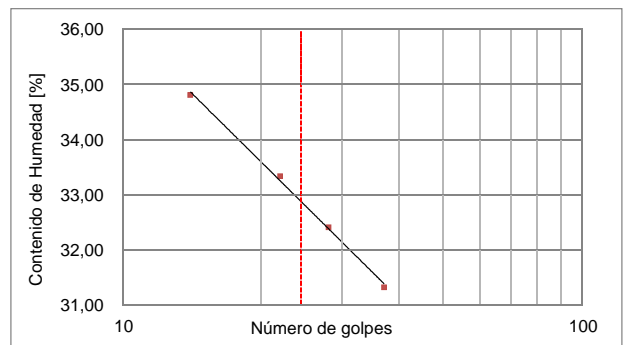


Gravas 1,23%

Arenas 47,45%

Finos 51,32%

Curva de fluidez



Limite plástico 26

A.A.S.H.T.O A - 4

Índice plástico 7

U.S.C. ML

CLASIFICACIÓN:

LIMO INORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA - LÍMITES DE ATTERBERG - CONTENIDO DE HUMEDAD
 Normas INV E. 122, 123, 125, 126 / 2013 - NTC 77 - ASTM D421-58 y D422-83 - AASHTO T88

PROYECTO	ESTUDIO GEOTECNICO Y DE CIMENTACIONES CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN EL LOTE 134, DEL CONDOMINIO CAMPESTRE TERRAZAS DE MENSULI, MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER				
----------	--	--	--	--	--

SONDEO	2	MUESTRA(S)	5	PROF.	3,60 - 4,50 m
--------	---	------------	---	-------	---------------

CONTENIDO DE HUMEDAD INV. E - 122

MUESTRA	5	6	7
3,60-4,50	4,50-5,40	5,40-6,30	
W. TARA + S.H.	91,60	93,30	92,20
W. TARA + S.S.	79,10	79,60	80,90
W. TARA	8,20	8,40	8,20
PESO AGUA	12,50	13,70	11,30
PESO SUELO SECO	70,90	71,20	72,70
HUMEDAD NATURAL [%]	17,63	19,24	15,54

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (GRADACIÓN) INV. E - 123

TAMIZ		Retenido [gr]	[%] Retenido	[%] Pasa
No.	[mm]			
3"	76,10	0,00	0,00%	100,00%
2 1/2"	64,00	0,00	0,00%	100,00%
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1 1/2"	38,10	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	0,00	0,00%	100,00%
3/4"	19,00	0,00	0,00%	100,00%
1/2"	12,70	12,30	1,66%	98,34%
3/8"	9,51	3,40	0,46%	97,88%
1/4"	6,35	0,00	0,00%	97,88%
4	4,76	19,80	2,67%	95,22%
10	2,00	21,30	2,87%	92,35%
12	1,68	0,00	0,00%	92,35%
16	1,19	0,00	0,00%	92,35%
30	0,59	0,00	0,00%	92,35%
40	0,42	207,30	27,93%	64,42%
50	0,30	0,00	0,00%	64,42%
80	0,18	0,00	0,00%	64,42%
100	0,15	94,00	12,67%	51,75%
200	0,07	68,00	9,16%	42,59%
Pasa 200		316,10	42,59%	0,00%
Total		742,20		

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

Limite líquido INV. E - 125

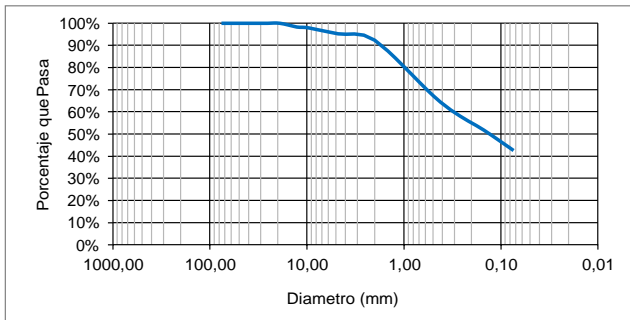
Tara No.	82	133	19	68
W. TARA + S.H.	30,00	30,30	30,70	31,10
W. TARA + S.S.	25,70	25,80	26,00	26,20
W. TARA	8,30	8,20	8,40	8,40
W AGUA	4,30	4,50	4,70	4,90
W SUELO SECO	17,40	17,60	17,60	17,80
[%] HUMEDAD	24,71	25,57	26,70	27,53
No. GOLPES	36	29	21	14

Limite plástico INV. E - 126

Tara No.	119	88		
W. TARA + S.H.	16,70	17,00		
W. TARA + S.S.	15,40	15,50		
W. TARA	8,40	8,30		
W AGUA	1,30	1,50		
W SUELO SECO	7,00	7,20		
[%] HUMEDAD	18,57	20,83		

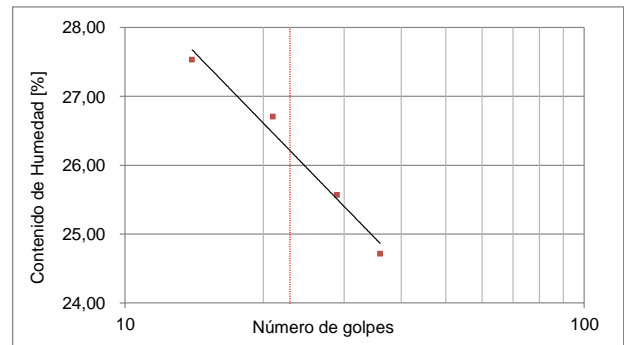
W suelo inicial seco 742,20 gr
 W suelo despues de lavado 426,10 gr
 Porcentaje de error 0,00 %

Curva granulométrica



Gravas 4,78% Arenas 52,63% Finos 42,59%

Curva de fluidez



Limite líquido	26	Indice de grupo	0
Limite plástico	20	A.A.S.H.T.O	A - 4
Índice plástico	6	U.S.C.	SC-SM

CLASIFICACIÓN: ARENA ARCILLO LIMOSA

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA - LÍMITES DE ATTERBERG - CONTENIDO DE HUMEDAD
 Normas INV E. 122, 123, 125, 126 / 2013 - NTC 77 - ASTM D421-58 y D422-83 - AASHTO T88

PROYECTO	ESTUDIO GEOTECNICO Y DE CIMENTACIONES CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN EL LOTE 134, DEL CONDOMINIO CAMPESTRE TERRAZAS DE MENSULI, MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER				
----------	--	--	--	--	--

SONDEO	3	MUESTRA(S)	2	PROF.	0,90 - 1,80 m
--------	---	------------	---	-------	---------------

CONTENIDO DE HUMEDAD INV. E - 122

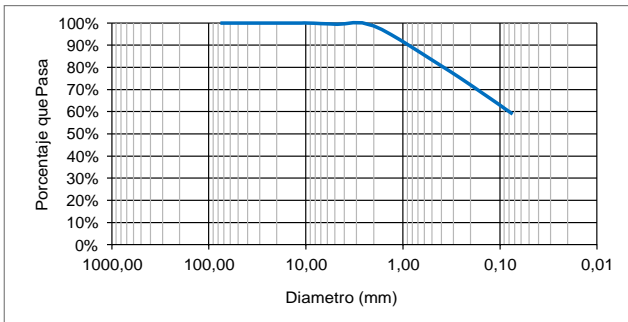
MUESTRA	1	2
	0,00-0,90	0,90-1,80
W. TARA + S.H.	93,80	106,20
W. TARA + S.S.	81,40	90,20
W. TARA	8,20	8,40
PESO AGUA	12,40	16,00
PESO SUELO SECO	73,20	81,80
HUMEDAD NATURAL [%]	16,94	19,56

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (GRADACIÓN) INV. E - 123

TAMIZ		Retenido [gr]	[%] Retenido	[%] Pasa
No.	[mm]			
3"	76,10	0,00	0,00%	100,00%
2 1/2"	64,00	0,00	0,00%	100,00%
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1 1/2"	38,10	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	0,00	0,00%	100,00%
3/4"	19,00	0,00	0,00%	100,00%
1/2"	12,70	0,00	0,00%	100,00%
3/8"	9,51	0,00	0,00%	100,00%
1/4"	6,35	0,00	0,00%	100,00%
4	4,76	3,10	0,52%	99,48%
10	2,00	4,40	0,73%	98,75%
12	1,68	0,00	0,00%	98,75%
16	1,19	0,00	0,00%	98,75%
30	0,59	0,00	0,00%	98,75%
40	0,42	105,40	17,54%	81,21%
50	0,30	0,00	0,00%	81,21%
80	0,18	0,00	0,00%	81,21%
100	0,15	77,70	12,93%	68,28%
200	0,07	56,30	9,37%	58,91%
Pasa 200		354,00	58,91%	0,00%
Total		600,90		

W suelo inicial seco 600,90 gr
 W suelo despues de lavado 246,90 gr
 Porcentaje de error 0,00 %

Curva granulométrica



Gravas 0,52% Arenas 40,57% Finos 58,91%

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

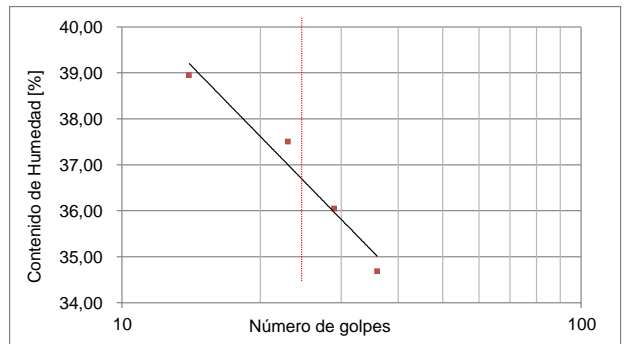
Limite líquido INV. E - 125

Tara No.	180	168	25	98
W. TARA + S.H.	31,40	31,80	32,10	32,50
W. TARA + S.S.	25,40	25,60	25,50	25,80
W. TARA	8,10	8,40	7,90	8,60
W AGUA	6,00	6,20	6,60	6,70
W SUELO SECO	17,30	17,20	17,60	17,20
[%] HUMEDAD	34,68	36,05	37,50	38,95
No. GOLPES	36	29	23	14

Limite plástico INV. E - 126

Tara No.	177	186		
W. TARA + S.H.	16,70	17,10		
W. TARA + S.S.	14,90	15,20		
W. TARA	8,40	8,00		
W AGUA	1,80	1,90		
W SUELO SECO	6,50	7,20		
	27,69	26,39		

Curva de fluidez



Limite líquido	37	Indice de grupo	4
Limite plástico	27	A.A.S.H.T.O	A - 4
Índice plástico	10	U.S.C.	ML

CLASIFICACIÓN: LIMO INORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD

CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.

ANEXO 1

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA - LÍMITES DE ATTERBERG - CONTENIDO DE HUMEDAD
 Normas INV E. 122, 123, 125, 126 / 2013 - NTC 77 - ASTM D421-58 y D422-83 - AASHTO T88

PROYECTO

ESTUDIO GEOTECNICO Y DE CIMENTACIONES CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN EL LOTE 134, DEL CONDOMINIO CAMPESTRE TERRAZAS DE MENSULI, MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER

SONDEO	3	MUESTRA(S)	7	PROF.	5,40 - 6,30 m
--------	---	------------	---	-------	---------------

CONTENIDO DE HUMEDAD INV. E - 122

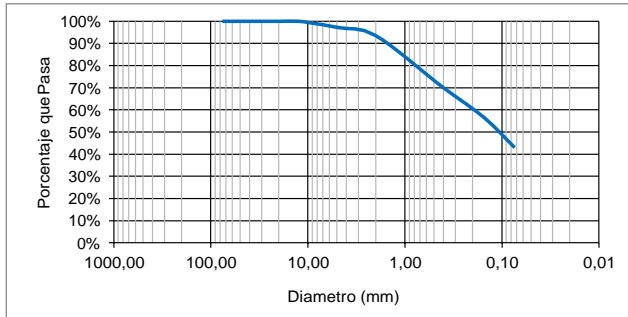
MUESTRA	3	4	5	6	7
W. TARA + S.H.	90,80	85,90	90,10	98,40	88,00
W. TARA + S.S.	77,70	73,20	77,20	82,50	76,60
W. TARA	8,40	8,30	7,90	8,40	8,20
PESO AGUA	13,10	12,70	12,90	15,90	11,40
PESO SUELO SECO	69,30	64,90	69,30	74,10	68,40
HUMEDAD NATURAL [%]	18,90	19,57	18,61	21,46	16,67

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (GRADACIÓN) INV. E - 123

TAMIZ		Retenido [gr]	[%] Retenido	[%] Pasa
No.	[mm]			
3"	76,10	0,00	0,00%	100,00%
2 1/2"	64,00	0,00	0,00%	100,00%
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1 1/2"	38,10	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	0,00	0,00%	100,00%
3/4"	19,00	0,00	0,00%	100,00%
1/2"	12,70	0,00	0,00%	100,00%
3/8"	9,51	5,20	0,68%	99,32%
1/4"	6,35	0,00	0,00%	99,32%
4	4,76	17,10	2,24%	97,08%
10	2,00	27,10	3,54%	93,54%
12	1,68	0,00	0,00%	93,54%
16	1,19	0,00	0,00%	93,54%
30	0,59	0,00	0,00%	93,54%
40	0,42	174,90	22,87%	70,68%
50	0,30	0,00	0,00%	70,68%
80	0,18	0,00	0,00%	70,68%
100	0,15	110,40	14,43%	56,24%
200	0,07	101,60	13,28%	42,96%
Pasa 200		328,60	42,96%	0,00%
Total		764,90		

W suelo inicial seco 764,90 gr
 W suelo despues de lavado 436,30 gr
 Porcentaje de error 0,00 %

Curva granulométrica



Gravas 2,92% Arenas 54,12% Finos 42,96%

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

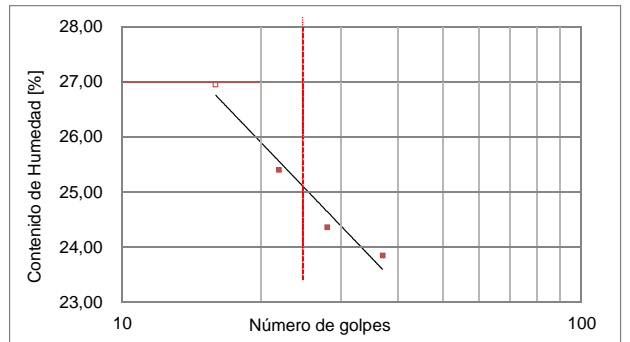
Límite líquido INV. E - 125

Tara No.	116	48	141	17
W. TARA + S.H.	32,10	32,30	32,60	32,80
W. TARA + S.S.	27,50	27,60	27,70	27,60
W. TARA	8,20	8,30	8,40	8,30
W AGUA	4,60	4,70	4,90	5,20
W SUELO SECO	19,30	19,30	19,30	19,30
[%] HUMEDAD	23,83	24,35	25,39	26,94
No. GOLPES	37	28	22	16

Límite plástico INV. E - 126

Tara No.	139	243		
W. TARA + S.H.	16,80	17,10		
W. TARA + S.S.	15,40	15,60		
W. TARA	8,30	8,20		
W AGUA	1,40	1,50		
W SUELO SECO	7,10	7,40		
[%] HUMEDAD	19,72	20,27		

Curva de fluidez



Límite líquido	25	Índice de grupo	0
Límite plástico	20	A.A.S.H.T.O	A - 4
Índice plástico	5	U.S.C.	SC-SM

CLASIFICACIÓN: ARENA ARCILLO LIMOSA

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA - LÍMITES DE ATTERBERG - CONTENIDO DE HUMEDAD
 Normas INV E. 122, 123, 125, 126 / 2013 - NTC 77 - ASTM D421-58 y D422-83 - AASHTO T88

PROYECTO	ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE CIMENTACIONES CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN EL LOTE 29, EN RUITOQUE CONDOMINIO, CONJUNTO EL BOSQUE, MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER			
----------	---	--	--	--

SONDEO	1	MUESTRA(S)	1	PROF.	0,00 - 0,90 m
--------	---	------------	---	-------	---------------

CONTENIDO DE HUMEDAD INV. E - 122

MUESTRA	1
	0,00-0,90
W. TARA + S.H.	76,70
W. TARA + S.S.	69,80
W. TARA	8,10
PESO AGUA	6,90
PESO SUELO SECO	61,70
HUMEDAD NATURAL [%]	11,18

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (GRADACIÓN) INV. E - 123

TAMIZ		Retenido [gr]	[%] Retenido	[%] Pasa
No.	[mm]			
3"	76,10	0,00	0,00%	100,00%
2 1/2"	64,00	0,00	0,00%	100,00%
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1 1/2"	38,10	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	0,00	0,00%	100,00%
3/4"	19,00	0,00	0,00%	100,00%
1/2"	12,70	2,10	0,27%	99,73%
3/8"	9,51	0,00	0,00%	99,73%
1/4"	6,35	0,00	0,00%	99,73%
4	4,76	12,40	1,60%	98,13%
10	2,00	21,60	2,79%	95,34%
12	1,68	0,00	0,00%	95,34%
16	1,19	0,00	0,00%	95,34%
30	0,59	0,00	0,00%	95,34%
40	0,42	153,60	19,83%	75,51%
50	0,30	0,00	0,00%	75,51%
80	0,18	0,00	0,00%	75,51%
100	0,15	169,10	21,83%	53,67%
200	0,07	148,70	19,20%	34,47%
Pasa 200		267,00	34,47%	0,00%
Total		774,50		

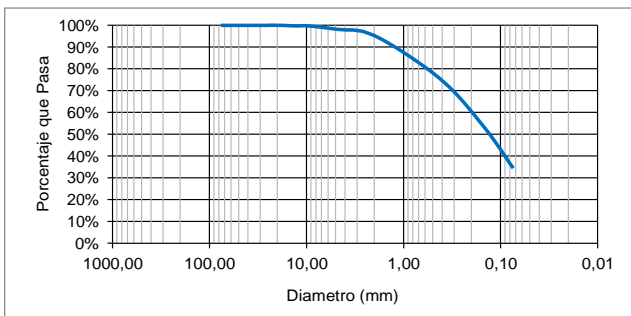
LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

Tara No.	127	184	10	185
W. TARA + S.H.	31,70	32,20	32,60	32,90
W. TARA + S.S.	27,70	28,00	28,10	28,20
W. TARA	8,30	8,50	8,10	8,10
W AGUA	4,00	4,20	4,50	4,70
W SUELO SECO	19,40	19,50	20,00	20,10
[%] HUMEDAD	20,62	21,54	22,50	23,38
No. GOLPES	37	29	22	14

Tara No.	197	235		
W. TARA + S.H.	16,80	17,10		
W. TARA + S.S.	15,50	15,70		
W. TARA	8,00	8,20		
W AGUA	1,30	1,40		
W SUELO SECO	7,50	7,50		
[%] HUMEDAD	17,33	18,67		

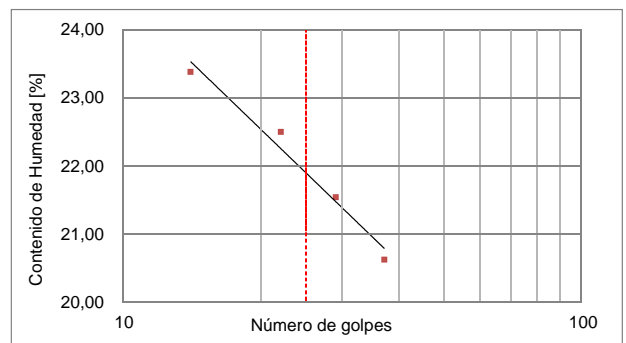
W suelo inicial seco 774,50 gr
 W suelo despues de lavado 507,50 gr
 Porcentaje de error 0,00 %

Curva granulométrica



Gravas 1,87% Arenas 63,65% Finos 34,47%

Curva de fluidez



Límite líquido	22	Índice de grupo	0
Límite plástico	18	A.A.S.H.T.O	A - 2 - 4
Índice plástico	4	U.S.C.	SM

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA - LÍMITES DE ATTERBERG - CONTENIDO DE HUMEDAD
 Normas INV E. 122, 123, 125, 126 / 2013 - NTC 77 - ASTM D421-58 y D422-83 - AASHTO T88

PROYECTO	ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE CIMENTACIONES CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN EL LOTE 29, EN RUITOQUE CONDOMINIO, CONJUNTO EL BOSQUE, MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER
----------	---

SONDEO	1	MUESTRA(S)	4	PROF.	2,70 - 3,60 m
--------	---	------------	---	-------	---------------

CONTENIDO DE HUMEDAD INV. E - 122

MUESTRA	2 0,90-1,80	3 1,80-2,70	4 2,70-3,60
W. TARA + S.H.	73,50	68,70	66,70
W. TARA + S.S.	68,60	64,20	61,90
W. TARA	8,30	8,20	8,10
PESO AGUA	4,90	4,50	4,80
PESO SUELO SECO	60,30	56,00	53,80
HUMEDAD NATURAL [%]	8,13	8,04	8,92

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (GRADACIÓN) INV. E - 123

No.	TAMIZ		Retenido [gr]	[%] Retenido	[%] Pasa
	[mm]				
3"	76,10		0,00	0,00%	100,00%
2 1/2"	64,00		0,00	0,00%	100,00%
2"	50,80		0,00	0,00%	100,00%
1 1/2"	38,10		0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40		0,00	0,00%	100,00%
3/4"	19,00	26,30	3,07%	96,93%	
1/2"	12,70	3,10	0,36%	96,56%	
3/8"	9,51	0,00	0,00%	96,56%	
1/4"	6,35	0,00	0,00%	96,56%	
4	4,76	20,20	2,36%	94,20%	
10	2,00	19,70	2,30%	91,90%	
12	1,68	0,00	0,00%	91,90%	
16	1,19	0,00	0,00%	91,90%	
30	0,59	0,00	0,00%	91,90%	
40	0,42	139,80	16,34%	75,56%	
50	0,30	0,00	0,00%	75,56%	
80	0,18	0,00	0,00%	75,56%	
100	0,15	245,40	28,69%	46,87%	
200	0,07	158,70	18,55%	28,31%	
Pasa 200		242,20	28,31%	0,00%	
Total		855,40			

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

Límite líquido INV. E - 125

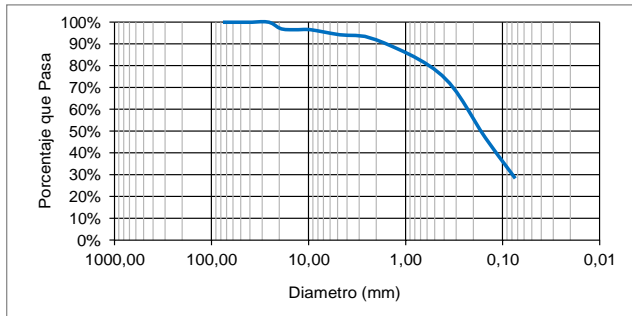
Tara No.				
W. TARA + S.H.				
W. TARA + S.S.				
W. TARA				
W AGUA				
W SUELO SECO				
[%] HUMEDAD				
No. GOLPES				

Límite plástico INV. E - 126

Tara No.				
W. TARA + S.H.				
W. TARA + S.S.				
W. TARA				
W AGUA				
W SUELO SECO				
[%] HUMEDAD				

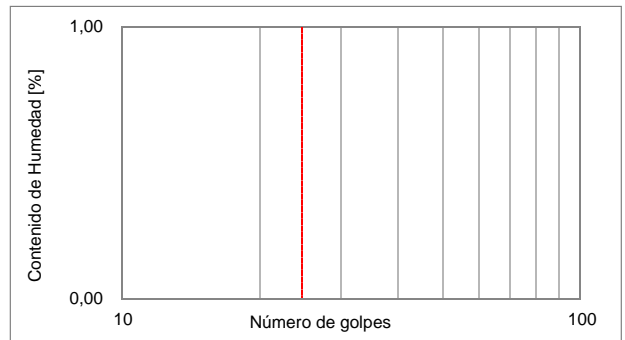
W suelo inicial seco 855,40 gr
 W suelo despues de lavado 613,20 gr
 Porcentaje de error 0,00 %

Curva granulométrica



Gravas 5,80% Arenas 65,89% Finos 28,31%

Curva de fluidez



Límite líquido N. L. Índice de grupo 0
 Límite plástico N. P. A.A.S.H.T.O A - 2 - 4
 Índice plástico - U.S.C. SM

CLASIFICACIÓN: ARENA LIMOSA

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA - LÍMITES DE ATTERBERG - CONTENIDO DE HUMEDAD
 Normas INV E. 122, 123, 125, 126 / 2013 - NTC 77 - ASTM D421-58 y D422-83 - AASHTO T88

PROYECTO	ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE CIMENTACIONES CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN EL LOTE 29, EN RUITOQUE CONDOMINIO, CONJUNTO EL BOSQUE, MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER			
----------	---	--	--	--

SONDEO	1	MUESTRA(S)	7	PROF.	5,40 - 6,30 m
--------	---	------------	---	-------	---------------

CONTENIDO DE HUMEDAD INV. E - 122

MUESTRA	5 3,60-4,50	6 4,50-5,40	7 5,40-6,30
W. TARA + S.H.	89,10	71,90	80,00
W. TARA + S.S.	83,60	65,00	64,10
W. TARA	8,40	8,20	8,10
PESO AGUA	5,50	6,90	15,90
PESO SUELO SECO	75,20	56,80	56,00
HUMEDAD NATURAL [%]	7,31	12,15	28,39

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (GRADACIÓN) INV. E - 123

TAMIZ		Retenido [gr]	[%] Retenido	[%] Pasa
No.	[mm]			
3"	76,10	0,00	0,00%	100,00%
2 1/2"	64,00	0,00	0,00%	100,00%
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1 1/2"	38,10	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	0,00	0,00%	100,00%
3/4"	19,00	0,00	0,00%	100,00%
1/2"	12,70	0,00	0,00%	100,00%
3/8"	9,51	0,00	0,00%	100,00%
1/4"	6,35	0,00	0,00%	100,00%
4	4,76	2,00	0,36%	99,64%
10	2,00	3,70	0,67%	98,97%
12	1,68	0,00	0,00%	98,97%
16	1,19	0,00	0,00%	98,97%
30	0,59	0,00	0,00%	98,97%
40	0,42	24,90	4,48%	94,49%
50	0,30	0,00	0,00%	94,49%
80	0,18	0,00	0,00%	94,49%
100	0,15	44,70	8,05%	86,44%
200	0,07	83,30	15,00%	71,45%
Pasa 200		396,90	71,45%	0,00%
Total		555,50		

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

Límite líquido INV. E - 125

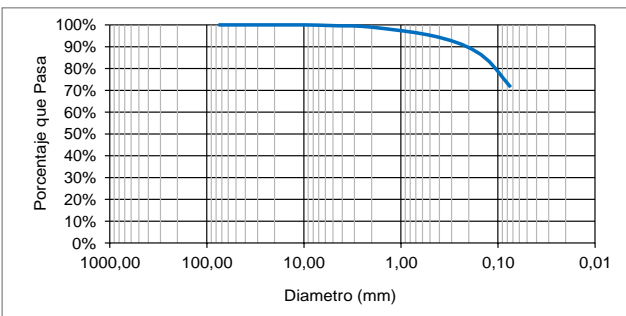
Tara No.	238	69	31	125
W. TARA + S.H.	32,20	32,70	33,30	33,70
W. TARA + S.S.	26,80	26,90	27,30	27,40
W. TARA	8,20	8,10	8,50	8,30
W AGUA	5,40	5,80	6,00	6,30
W SUELO SECO	18,60	18,80	18,80	19,10
[%] HUMEDAD	29,03	30,85	31,91	32,98
No. GOLPES	36	29	22	13

Límite plástico INV. E - 126

Tara No.	175	239		
W. TARA + S.H.	16,40	16,70		
W. TARA + S.S.	14,90	15,20		
W. TARA	8,10	8,40		
W AGUA	1,50	1,50		
W SUELO SECO	6,80	6,80		
[%] HUMEDAD	22,06	22,06		

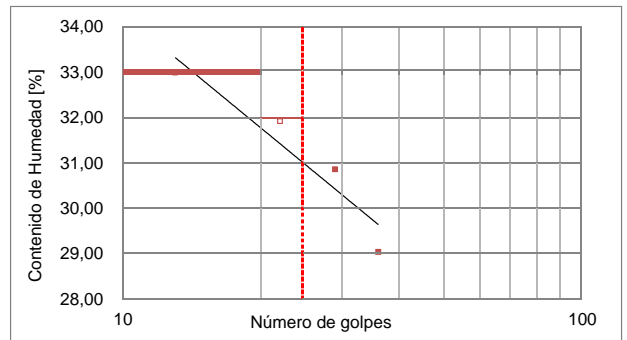
W suelo inicial seco 555,50 gr
 W suelo despues de lavado 158,60 gr
 Porcentaje de error 0,00 %

Curva granulométrica



Gravas 0,36% Arenas 28,19% Finos 71,45%

Curva de fluidez



Límite plástico 22 A.A.S.H.T.O A - 4
 Índice plástico 9 U.S.C. CL

CLASIFICACIÓN: ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA - LÍMITES DE ATTERBERG - CONTENIDO DE HUMEDAD
 Normas INV E. 122, 123, 125, 126 / 2013 - NTC 77 - ASTM D421-58 y D422-83 - AASHTO T88

PROYECTO	ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE CIMENTACIONES CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN EL LOTE 29, EN RUITOQUE CONDOMINIO, CONJUNTO EL BOSQUE, MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER			
----------	---	--	--	--

SONDEO	2	MUESTRA(S)	2	PROF.	0,90 - 1,80 m
--------	---	------------	---	-------	---------------

CONTENIDO DE HUMEDAD INV. E - 122

MUESTRA	1 0,00-0,90	2 0,90-1,80	3 1,80-2,70	4 2,70-3,60
W. TARA + S.H.	71,30	71,50	70,80	74,40
W. TARA + S.S.	65,70	64,80	62,30	67,60
W. TARA	8,00	8,30	8,20	8,30
PESO AGUA	5,60	6,70	8,50	6,80
PESO SUELO SECO	57,70	56,50	54,10	59,30
HUMEDAD NATURAL [%]	9,71	11,86	15,71	11,47

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (GRADACIÓN) INV. E - 123

TAMIZ		Retenido [gr]	[%] Retenido	[%] Pasa
No.	[mm]			
3"	76,10	0,00	0,00%	100,00%
2 1/2"	64,00	0,00	0,00%	100,00%
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1 1/2"	38,10	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	0,00	0,00%	100,00%
3/4"	19,00	0,00	0,00%	100,00%
1/2"	12,70	0,00	0,00%	100,00%
3/8"	9,51	0,00	0,00%	100,00%
1/4"	6,35	0,00	0,00%	100,00%
4	4,76	1,00	0,17%	99,83%
10	2,00	8,50	1,48%	98,52%
12	1,68	0,00	0,00%	98,52%
16	1,19	0,00	0,00%	98,52%
30	0,59	0,00	0,00%	98,52%
40	0,42	82,60	14,35%	84,17%
50	0,30	0,00	0,00%	84,17%
80	0,18	0,00	0,00%	84,17%
100	0,15	120,40	20,91%	63,26%
200	0,07	131,10	22,77%	40,40%
Pasa 200		232,20	40,33%	0,00%
Total		575,80		

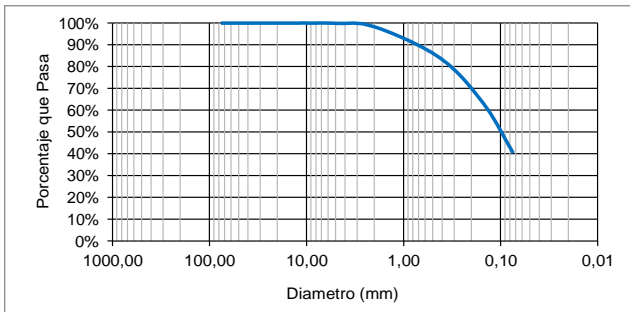
LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

Tara No.	19	88	199	186
W. TARA + S.H.	32,10	32,70	33,00	33,40
W. TARA + S.S.	27,60	27,90	28,00	28,10
W. TARA	8,40	8,30	8,40	8,30
W AGUA	4,50	4,80	5,00	5,30
W SUELO SECO	19,20	19,60	19,60	19,80
[%] HUMEDAD	23,44	24,49	25,51	26,77
No. GOLPES	37	29	23	14

Tara No.	158	196		
W. TARA + S.H.	16,50	16,90		
W. TARA + S.S.	15,20	15,50		
W. TARA	8,10	8,00		
W AGUA	1,30	1,40		
W SUELO SECO	7,10	7,50		
[%] HUMEDAD	18,31	18,67		

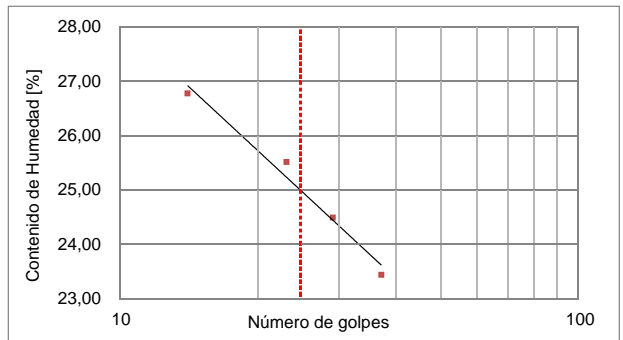
W suelo inicial seco 575,80 gr
 W suelo despues de lavado 343,60 gr
 Porcentaje de error 0,00 %

Curva granulométrica



Gravas 0,17% Arenas 59,50% Finos 40,33%

Curva de fluidez



Límite líquido	25	Índice de grupo	0
Límite plástico	18	A.A.S.H.T.O	A - 4
Índice plástico	6	U.S.C.	SC-SM

CLASIFICACIÓN: ARENA ARCILLO LIMOSA

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA - LÍMITES DE ATTERBERG - CONTENIDO DE HUMEDAD
 Normas INV E. 122, 123, 125, 126 / 2013 - NTC 77 - ASTM D421-58 y D422-83 - AASHTO T88

PROYECTO	ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE CIMENTACIONES CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN EL LOTE 29, EN RUITOQUE CONDOMINIO, CONJUNTO EL BOSQUE, MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER
-----------------	--

SONDEO	2	MUESTRA(S)	7	PROF.	5,40 - 6,30 m
---------------	----------	-------------------	----------	--------------	----------------------

CONTENIDO DE HUMEDAD INV. E - 122

MUESTRA	5 3,60-4,50	6 4,50-5,40	7 5,40-6,30	8 6,30-7,20
W. TARA + S.H.	76,60	70,00	70,20	72,40
W. TARA + S.S.	67,00	59,70	57,40	65,30
W. TARA	8,10	8,50	8,00	8,20
PESO AGUA	9,60	10,30	12,80	7,10
PESO SUELO SECO	58,90	51,20	49,40	57,10
HUMEDAD NATURAL [%]	16,30	20,12	25,91	12,43

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (GRADACIÓN) INV. E - 123

TAMIZ		Retenido [gr]	[%] Retenido	[%] Pasa
No.	[mm]			
3"	76,10	0,00	0,00%	100,00%
2 1/2"	64,00	0,00	0,00%	100,00%
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1 1/2"	38,10	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	0,00	0,00%	100,00%
3/4"	19,00	0,00	0,00%	100,00%
1/2"	12,70	32,00	5,43%	94,57%
3/8"	9,51	44,60	7,57%	86,99%
1/4"	6,35	0,00	0,00%	86,99%
4	4,76	95,10	16,15%	70,85%
10	2,00	11,40	1,94%	68,91%
12	1,68	0,00	0,00%	68,91%
16	1,19	0,00	0,00%	68,91%
30	0,59	0,00	0,00%	68,91%
40	0,42	45,90	7,79%	61,12%
50	0,30	0,00	0,00%	61,12%
80	0,18	0,00	0,00%	61,12%
100	0,15	62,00	10,53%	50,59%
200	0,07	61,00	10,36%	40,24%
Pasa 200		237,00	40,24%	0,00%
Total		589,00		

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

Límite líquido **INV. E - 125**

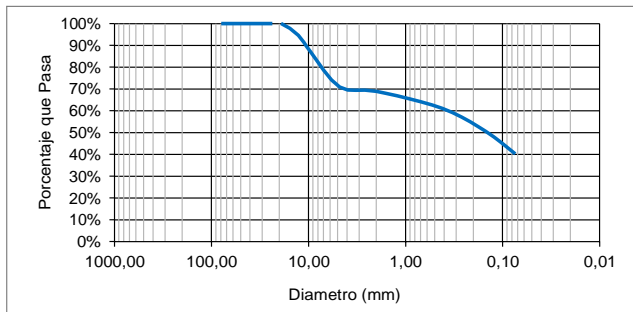
Tara No.	198	177	109	62
W. TARA + S.H.	32,10	32,40	32,80	33,20
W. TARA + S.S.	27,50	27,70	27,80	28,00
W. TARA	8,20	8,40	8,10	8,40
W AGUA	4,60	4,70	5,00	5,20
W SUELO SECO	19,30	19,30	19,70	19,60
[%] HUMEDAD	23,83	24,35	25,38	26,53
No. GOLPES	36	29	21	14

Límite plástico **INV. E - 126**

Tara No.	233	253		
W. TARA + S.H.	16,60	16,90		
W. TARA + S.S.	15,30	15,50		
W. TARA	8,30	8,10		
W AGUA	1,30	1,40		
W SUELO SECO	7,00	7,40		
[%] HUMEDAD	18,57	18,92		

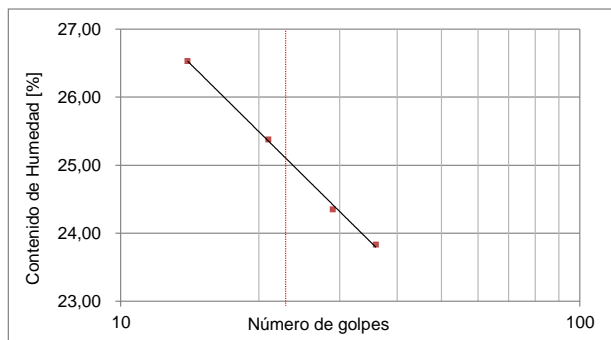
W suelo inicial seco 589,00 gr
 W suelo despues de lavado 352,00 gr
 Porcentaje de error 0,00 %

Curva granulométrica



Gravas 29,15% Arenas 30,61% Finos 40,24%

Curva de fluidez



Límite líquido	25	Índice de grupo	0
Límite plástico	19	A.A.S.H.T.O	A - 4
Índice plástico	6	U.S.C.	SC-SM

CLASIFICACIÓN: ARENA ARCILLO LIMOSA

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA - LÍMITES DE ATTERBERG - CONTENIDO DE HUMEDAD
 Normas INV E. 122, 123, 125, 126 / 2013 - NTC 77 - ASTM D421-58 y D422-83 - AASHTO T88

PROYECTO	ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE CIMENTACIONES CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN EL LOTE 29, EN RUITOQUE CONDOMINIO, CONJUNTO EL BOSQUE, MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER
----------	---

SONDEO	3	MUESTRA(S)	3	PROF.	1,80 - 2,70 m
--------	---	------------	---	-------	---------------

CONTENIDO DE HUMEDAD INV. E - 122

MUESTRA	1 0,00-0,90	2 0,90-1,80	3 1,80-2,70	4 2,70-3,60
W. TARA + S.H.	74,30	74,90	71,60	71,80
W. TARA + S.S.	66,60	65,70	67,10	63,10
W. TARA	8,10	8,50	8,20	8,40
PESO AGUA	7,70	9,20	4,50	8,70
PESO SUELO SECO	58,50	57,20	58,90	54,70
HUMEDAD NATURAL [%]	13,16	16,08	7,64	15,90

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (GRADACIÓN) INV. E - 123

TAMIZ		Retenido [gr]	[%] Retenido	[%] Pasa
No.	[mm]			
3"	76,10	0,00	0,00%	100,00%
2 1/2"	64,00	0,00	0,00%	100,00%
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1 1/2"	38,10	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	0,00	0,00%	100,00%
3/4"	19,00	0,00	0,00%	100,00%
1/2"	12,70	0,00	0,00%	100,00%
3/8"	9,51	0,00	0,00%	100,00%
1/4"	6,35	0,00	0,00%	100,00%
4	4,76	7,70	1,41%	98,59%
10	2,00	23,10	4,23%	94,37%
12	1,68	0,00	0,00%	94,37%
16	1,19	0,00	0,00%	94,37%
30	0,59	0,00	0,00%	94,37%
40	0,42	130,20	23,82%	70,55%
50	0,30	0,00	0,00%	70,55%
80	0,18	0,00	0,00%	70,55%
100	0,15	118,60	21,69%	48,86%
200	0,07	125,20	22,90%	25,96%
Pasa 200		141,90	25,96%	0,00%
Total		546,70		

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

Límite líquido INV. E - 125

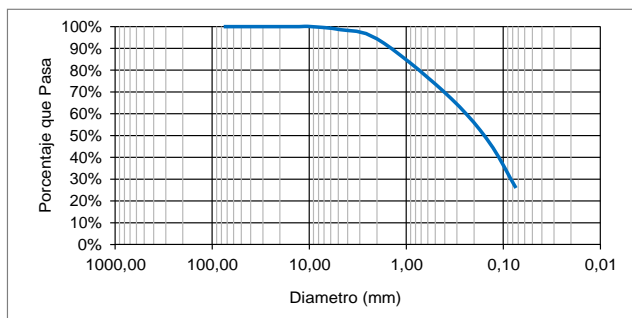
Tara No.				
W. TARA + S.H.				
W. TARA + S.S.				
W. TARA				
W AGUA				
W SUELO SECO				
[%] HUMEDAD				
No. GOLPES				

Límite plástico INV. E - 126

Tara No.				
W. TARA + S.H.				
W. TARA + S.S.				
W. TARA				
W AGUA				
W SUELO SECO				
[%] HUMEDAD				

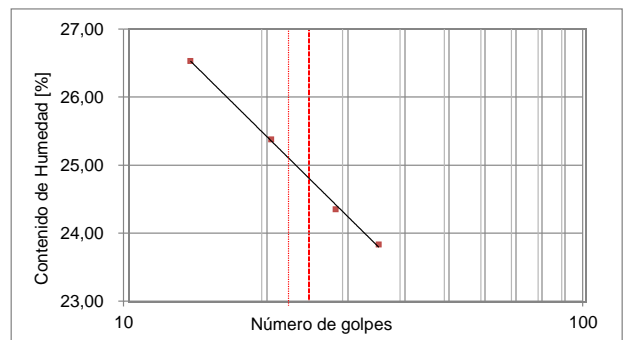
W suelo inicial seco 546,70 gr
 W suelo despues de lavado 404,80 gr
 Porcentaje de error 0,00 %

Curva granulométrica



Gravas 1,41% Arenas 72,64% Finos 25,96%

Curva de fluidez



Límite líquido	N. L.	Índice de grupo	0
Límite plástico	N. P.	A.A.S.H.T.O	A - 2 - 4
Índice plástico	-	U.S.C.	SM

CLASIFICACIÓN: ARENA LIMOSA

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA - LÍMITES DE ATTERBERG - CONTENIDO DE HUMEDAD
 Normas INV E. 122, 123, 125, 126 / 2013 - NTC 77 - ASTM D421-58 y D422-83 - AASHTO T88

PROYECTO	ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE CIMENTACIONES CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN EL LOTE 29, EN RUITOQUE CONDOMINIO, CONJUNTO EL BOSQUE, MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SANTANDER
----------	---

SONDEO	3	MUESTRA(S)	6	PROF.	4,50 - 5,40 m
--------	---	------------	---	-------	---------------

CONTENIDO DE HUMEDAD INV. E - 122

MUESTRA	5 3,60-4,50	6 4,50-5,40	7 5,40-6,30	8 6,30-7,20
W. TARA + S.H.	83,50	74,80	66,40	79,00
W. TARA + S.S.	73,00	59,00	53,80	69,20
W. TARA	8,30	8,40	8,10	8,40
PESO AGUA	10,50	15,80	12,60	9,80
PESO SUELO SECO	64,70	50,60	45,70	60,80
HUMEDAD NATURAL [%]	16,23	31,23	27,57	16,12

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (GRADACIÓN) INV. E - 123

TAMIZ		Retenido [gr]	[%] Retenido	[%] Pasa
No.	[mm]			
3"	76,10	0,00	0,00%	100,00%
2 1/2"	64,00	0,00	0,00%	100,00%
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1 1/2"	38,10	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	0,00	0,00%	100,00%
3/4"	19,00	0,00	0,00%	100,00%
1/2"	12,70	1,70	0,29%	99,71%
3/8"	9,51	2,20	0,38%	99,32%
1/4"	6,35	0,00	0,00%	99,32%
4	4,76	3,50	0,61%	98,72%
10	2,00	5,30	0,92%	97,80%
12	1,68	0,00	0,00%	97,80%
16	1,19	0,00	0,00%	97,80%
30	0,59	0,00	0,00%	97,80%
40	0,42	69,70	12,07%	85,74%
50	0,30	0,00	0,00%	85,74%
80	0,18	0,00	0,00%	85,74%
100	0,15	99,10	17,15%	68,58%
200	0,07	96,80	16,76%	51,83%
Pasa 200		299,40	51,83%	0,00%
Total		577,70		

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

Limite líquido INV. E - 125

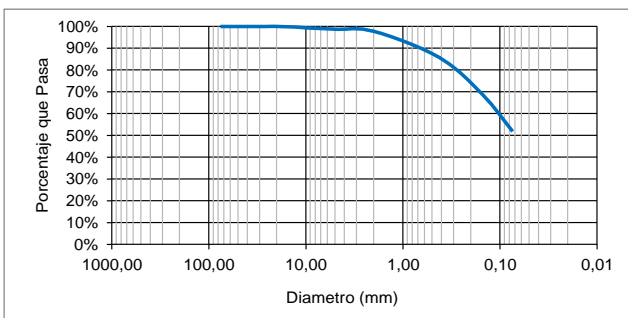
Tara No.	25	110	2	52
W. TARA + S.H.	32,10	32,40	32,70	33,20
W. TARA + S.S.	27,00	27,20	27,30	27,50
W. TARA	8,00	8,40	8,40	8,40
W AGUA	5,10	5,20	5,40	5,70
W SUELO SECO	19,00	18,80	18,90	19,10
[%] HUMEDAD	26,84	27,66	28,57	29,84
No. GOLPES	36	28	21	15

Limite plástico INV. E - 126

Tara No.	153	204		
W. TARA + S.H.	16,80	17,10		
W. TARA + S.S.	15,40	15,60		
W. TARA	8,40	8,50		
W AGUA	1,40	1,50		
W SUELO SECO	7,00	7,10		
[%] HUMEDAD	20,00	21,13		

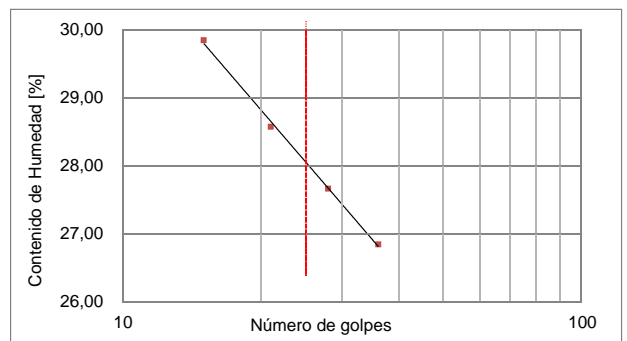
W suelo inicial seco 577,70 gr
 W suelo despues de lavado 278,30 gr
 Porcentaje de error 0,00 %

Curva granulométrica



Gravas 1,28% Arenas 46,89% Finos 51,83%

Curva de fluidez



Limite líquido	28	Indice de grupo	1
Limite plástico	21	A.A.S.H.T.O	A - 4
Índice plástico	7	U.S.C.	CL

CLASIFICACIÓN: ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD