

1 MILLON DE
Escuelas y
Hospitales +SEGUROS



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA



MUNICIPIO DE EL PEÑOL
Alcaldía para todos



Proyecto Escuela Segura

Centro Educativo Rural
La Héliida

Municipio de El Peñol
Antioquia

Análisis de Suelos

Proyecto de Aula-Investigativo

Curso Optativo III “Preparativos para la Reducción del Riesgo de Desastres”
Curso Servicio Social

Semillero de Investigación en Ciencias Ambientales-SICA
Grupo de investigación Ambiente, Hábitat y Sostenibilidad
Facultad de Arquitectura e Ingeniería
Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia
Medellín-Colombia
2012

En aras de preservar los derechos de autor,
se solicita hacer un adecuado uso del
contenido de este documento.

**Estudiantes Tecnología en Delineante de Arquitectura e
Ingeniería**

**Carlos Augusto Montoya Gómez
Luisa Fernanda Ortega Rodas
Mabel Cristina Vargas Orozco
Yéssica Paola Buitrago Jiménez**

Estudiantes Ingeniería Ambiental

**Angélica María Santos Ramírez
Carolina Orozco Vélez
Diana Carolina Marsiglia Villa
Diana Marcela Vergara Madrid
Johana Villa González
Lizeth García Pérez
Oscar Alexander Suárez García
Santiago Cortés Barrera**

Estudiantes Construcciones Civiles

**Johan José Zapata Osorio
Juan Pablo Botero González
Juleidy Perea Urrutia
Julio César Pérez Zabala
Paula Andrea Maya Álvarez
Natalia Bolaños Bravo**

Profesores Facultad de Arquitectura e Ingeniería

**Edna Margarita Rodríguez Gaviria
Sergio Andrés Arboleda López
Carlos Arturo Hoyos Restrepo
Diego León Ochoa Cuartas
Joan Amir Arroyave Rojas
Jesús Zuluaga de los Ríos**

1. Introducción

El presente informe contiene los resultados de las exploraciones de campo, reconocimiento de la zona, análisis de laboratorio, conclusiones y limitaciones orientadas a garantizar la seguridad y estabilidad de las instalaciones del CER La Héliida desde el punto de vista geotécnico.

El alcance del presente ejercicio académico, incluye un resumen de las exploraciones de campo y de los ensayos de laboratorio efectuados sobre las muestras recuperadas, mediante los cuales es posible obtener parámetros básicos para la clasificación del suelo.

2. Etapas del Análisis

Para el análisis de suelos en el CER se llevaron a cabo varias etapas que se explicarán a continuación:

2. 1. Etapa de reconocimiento y toma de muestras

Esta etapa comienza con un reconocimiento detallado del terreno a cargo del docente y los estudiantes de Construcciones Civiles. En esta etapa se hace una delimitación de zonas en las cuales los suelos presentan características similares para posteriormente ubicar puntos de muestreo.

Las exploraciones de campo se llevaron a cabo los días 17 de septiembre y 29 de octubre de 2012 y para la recolección de muestras se realizaron apiques excavados a mano (pico y pala), de 1.0 m de apertura y con una profundidad promedio de 1.0 m, del cual se tomaron muestras alteradas e inalteradas que fueron llevadas al Laboratorio de Suelos de la Institución para el análisis. Véase las fotografías 1. y 2.



Fotografías 1. y 2. Etapa de reconocimiento y toma de muestras

Fuente: Grupo de estudiantes y profesores del proyecto

2. 3. Etapas de trabajo en laboratorio

Del total de las muestras recuperadas se escogieron las más representativas de los estratos identificados para efectuar los ensayos sobre ellas, con el fin de obtener la información necesaria para modelar el comportamiento de los materiales y poder hacer los análisis. A continuación se presenta una relación de los ensayos efectuados.

1. Clasificación consistente en:

- Granulometría por mallas
- Límites de consistencia (Atterberg)
- Contenido de humedad natural

2. Esfuerzo máximo consistente en:

- Contenido de humedad natural
- Densidad húmeda del terreno
- Densidad seca del terreno.
- Resistencia a la compresión inconfiada (compresión simple)



Fotografías 3. y 4. Muestras de suelo

Fuente: Edna Margarita Rodríguez Gaviria

2.3.1. Análisis muestra 1

Prueba de compresión simple o inconfiada

El ensayo de compresión simple permite obtener un valor de carga última del suelo, el cual se relaciona con la resistencia al corte del suelo. Esta prueba sirve para comprender con cierta aproximación el comportamiento de los suelos sometidos a cargas, ya que es en ellos o sobre ellos en donde se

encuentra la estructura del centro educativo.

Este ensayo se realiza con el fin de determinar la resistencia o esfuerzo último de un suelo cohesivo a la compresión no confinada, mediante la aplicación de una carga axial con control de deformación y utilizando una muestra de suelo inalterada tallada en forma de cilindro, generalmente con una relación alto/diámetro igual a 2 (factor de esbeltez). Ver fotografías 5 y 6.

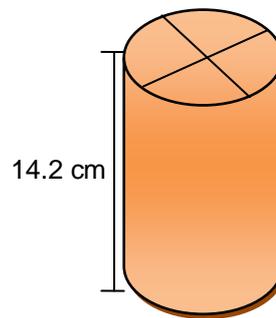
Para encontrar el factor de esbeltez igual a 2, se tiene que:

$$(7.0 \text{ cm} + 7.2 \text{ cm} + 7.2 \text{ cm}) / 3 = 7.1 \text{ cm}$$

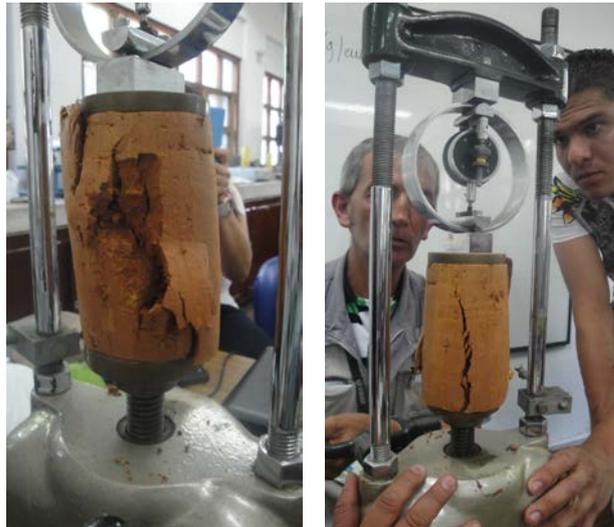
$$\text{Diámetro} = 7.1 \text{ cm}$$

$$D = A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 39.59 \text{ cm}^2$$

$$V = A \times h = 39.59 \text{ cm}^2 \times 14.2 \text{ cm} = 562.2 \text{ cm}^3$$



Fotografías 5., 6. y 7. Preparación de prueba
Fuente: Edna Margarita Rodríguez Gaviria



Fotografías 8. y 9. Realización de prueba de compresión simple

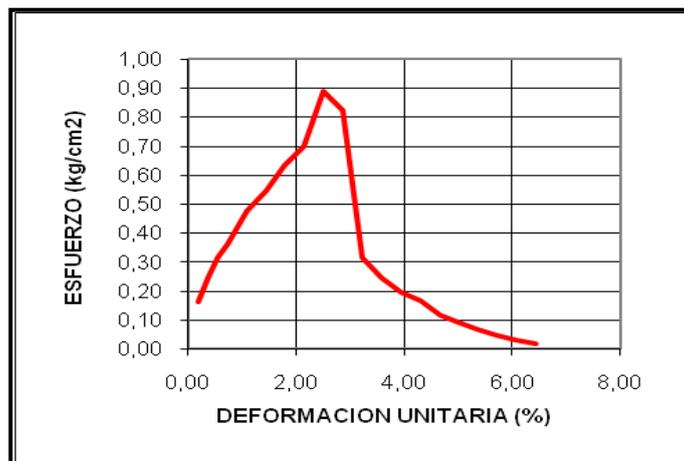
Fuente: Edna Margarita Rodríguez Gaviria

Resultados del ensayo: se registran los valores de carga, deformación y tiempo, a intervalos suficientes para definir la curva esfuerzo-deformación.

Deformación		Cargas
0.025 mm	→	54
0.050 mm	→	110
0.075 mm	→	140
0.100 mm	→	130
0.125 mm	→	50

Resistencia a la compresión = 0,89 kg/cm²

La curva de correlación lineal de acuerdo a los resultados es:



Gráfica 2. Curva de correlación lineal

Fuente: Jesús Zuluaga de los Ríos

Notas:

- Se observa una falla inclinada en plano vertical.
- Antes de la clasificación del suelo por análisis de granulometría se describe la muestra como un limo arenoso rojizo con vetas amarillas, aparentemente material aluvial pues posee residuos de micas.
- Se deja el suelo en proceso de secado a $105^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$ mínimo 24 horas para realizar los posteriores análisis.

Ahora se tiene:

Peso tara= 58.1 g

$w_m = \text{Peso masa} = 1198.1 \text{ g}$

$w_s = \text{Peso sólido} = 859.3 \text{ g}$

Contenido de humedad % w = $(w_m - w_s) / w_s \times 100$

$\% w = (1198.1 - 859.3) / 859.3 \times 100 = \mathbf{39.4\%}$

Ahora,

Peso unitario húmedo

$\sigma_m = w_m / V = 1198.1 \text{ g} / 562.2 \text{ cm}^3 = 2.131 \text{ g/cm}^3 = \mathbf{2131 \text{ Kg/cm}^3}$

Peso unitario seco

$\sigma_s = w_m / (1 + (w/100)) = 859.3 \text{ g} / 562.2 \text{ cm}^3 = 1.528 \text{ g/cm}^3 = \mathbf{1528 \text{ Kg/cm}^3}$

2.3.2. Análisis realizados a la muestra 2

Análisis del contenido de materia orgánica

Análisis del contenido de materia orgánica por medio de Prueba Colorimétrica, mediante la reacción del suelo de la muestra con una mezcla de agua y soda cáustica. Ver Fotografía 10.

Esta mezcla es colocada en un recipiente de vidrio transparente y agitada para homogeneizar la solución, dejándose reposar por un lapso de tiempo de 24 horas, con el fin de obtener el color producido por el contenido de materia orgánica. Este color es comparado con una escala de colores (Tabla colorimétrica) de 1 a 5 ya establecida, en donde valores de 1 a 3 son contenidos aceptables de materia orgánica en la muestra, mayores ya se consideran rechazables como el obtenido para la muestra del CER La Héliida que fue mayor a 5. Ver Fotografías 11 a 14.



Fotografía 10. Preparación de muestra

Fuente: Edna Margarita Rodríguez Gaviria



Fotografías 11. a 14. Realización de prueba

Fuente: Edna Margarita Rodríguez Gaviria

Análisis granulométrico

Este análisis ayuda a determinar la composición por tamaños de las partículas que integran la muestra de suelo recolectada para el CER La Héliida, mediante su paso por una serie de mallas con abertura determinada. El paso del material se hace a través de las mallas, de tal forma que los contenidos de suelo se vayan reteniendo en cada una. Así al final se calcula el porcentaje de suelo que pasa en cada malla con respecto del total de la muestra.



Fotografías 15. a 18. Realización de prueba de granulometría

Fuente: Edna Margarita Rodríguez Gaviria

Para la muestra No. 2 se tiene que:

Peso tara = 75.9 g

Peso seco + tara = 314.2 g

Malla o tamiz	Peso del material retenido en g (X)	% retenido individual (Y)	% retenido acumulado (Z)	% que pasa (T)
3/4"	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	28.5	9.1	9.1	90.9
No. 4	12.2	3.9	13.0	87.0
No. 10	11.6	3.7	16.7	83.3
No. 40	17.3	5.5	22.2	77.8
No. 200	40.4	12.9	35.1	64.9
Pasa	204.2	64.9	100.0	
Total	314.2			

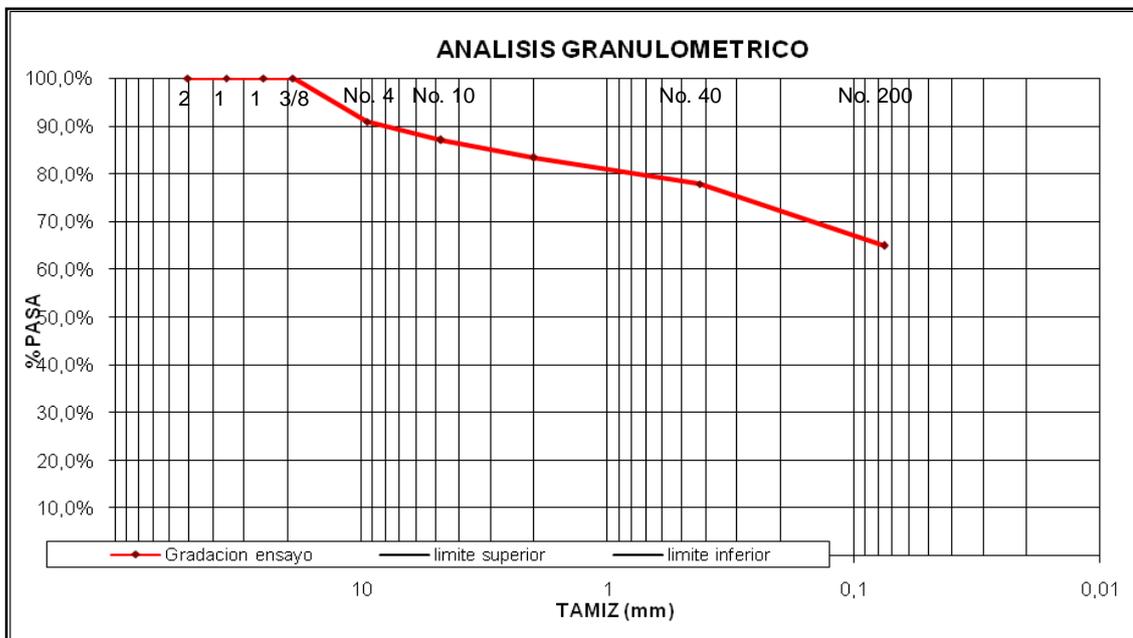
Se tiene:

% gravas = 13.0

% arenas = 22.1

% finos = 64.9

La curva granulométrica obtenida se observa a continuación:



Gráfica 1. Curva granulométrica

Fuente: Jesús Zuluaga de los Ríos

Límites de Consistencia o Límites de Atterberg

Se entiende por límite líquido, la humedad que tiene un suelo (que pasa por la malla No. 40) amasado con agua y colocado en una copa de Casagrande más o menos a la mitad de su capacidad, bien distribuida y sin porosidad.



Fotografías 19. y 20. Preparación de muestra

Fuente: Edna Margarita Rodríguez Gaviria

Se realiza un conteo de golpes de la cazuela con la base, hasta que las dos mitades de suelo fluyan y se junten. Se determina que el punto de humedad está establecido cuando se juntan más o menos 1 cm. Este tipo de ensayo se realiza por la curva de correlación lineal, que se establece o grafica con tres diferentes tipos de humedades:

- Una humedad baja entre 30 y 40 golpes
- Una humedad media entre 20 y 30 golpes
- Una humedad alta o saturada entre 10 y 20 golpes

Cuando cumplimos cada prueba, se va añadiendo más agua al suelo para ir cumpliendo con cada una de las anteriores humedades.



Fotografías 21 y 22. Realización de prueba de límites de Atterberg

Fuente: Edna Margarita Rodríguez Gaviria

Para la muestra se obtuvieron los siguientes datos:

Límite líquido			
# de golpes	32	21	11
Tara #	5	21	6
Peso tara en g	7.68	6.14	7.72
Peso húmedo en g	31.84	36.38	33.24
Peso tara seco en g	24,13	26,55	24,84

Para el cálculo del límite plástico se determina el contenido de agua para el cual un rollito se rompe en partes al alcanzar un diámetro de 3 mm., considerando éste dato como la frontera entre los estados plástico y semisólido.

Límite plástico		
Tara #	4	17
Peso tara en g	8.13	6.79
Peso húmedo en g	17.36	13.17
Peso tara seco en g	14,75	11,33

Cálculo del porcentaje de humedad

$$\% W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

$$LL = W \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

Donde:

LL: límite líquido

N: número de golpes en que se cerró el suelo

$$LL = 31.84 \left(\frac{32}{25} \right)^{0.121} = 32.08$$

$$LL = 36.38 \left(\frac{21}{25} \right)^{0.121} = 35.62$$

$$LL = 33.24 \left(\frac{11}{25} \right)^{0.121} = 30.09$$

Por último el cálculo del Índice plástico está dado por la diferencia entre el Límite Líquido y el Límite Plástico

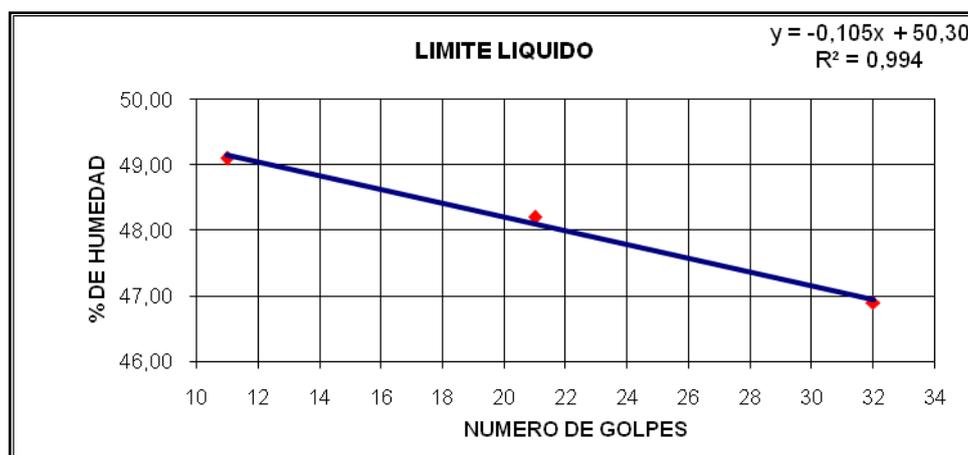
En el ensayo de los límites de consistencia la masa de suelo arrojó los siguientes resultados:

Límite líquido LL= 47.7%

Límite plástico LP = 40%

Índice de plasticidad IP = 7.7%

Igualmente el contenido de humedad natural encontrado fue de 39.4%



Gráfica 2. Límite líquido

Fuente: Jesús Zuluaga de los Ríos

3. Análisis de la capacidad de carga y asentamientos

Se considera que una cimentación cumple correctamente su función como elemento de apoyo, cuando su dimensionamiento es tal que las cargas que le transmite al subsuelo no superan la capacidad de soporte del mismo, ni se generan asentamientos que sobrepasan ciertos valores límites permisibles por encima de los cuales se presentarían agrietamientos que, en el caso que nos ocupa, podrían afectar la estética y la parte estructural del CER La Héliida.

El dimensionamiento de las cimentaciones depende de la capacidad de carga admisible del suelo y ésta, a su vez, depende de las propiedades y características del suelo mismo, como son: tipo y disposición de los materiales que los constituyen, capacidad de soporte, posición del nivel freático. Además depende del tipo de estructura, de su capacidad de soportar asentamientos y del género y duración de las cargas.

Los asentamientos que se pueden presentar en una estructura son uniformes o diferenciales, siendo estos últimos los de mayor atención, ya que pueden ocasionar momentos y tensiones en los diferentes miembros y generar así contradicciones no previstas de esfuerzos y momentos en la estructura y el suelo de fundación.

En términos generales, la resistencia a cortante del suelo es siempre mayor que las cargas que les transmiten; de ahí que la limitante de la capacidad de soporte sea la magnitud de carga compatible con los asentamientos permisibles y por lo tanto, el problema básico en la definición de la capacidad de soporte del suelo es la determinación del tipo de cimentación, sus dimensiones y su profundidad, para mantener la magnitud de los asentamientos por debajo de cierto límite permisible.

Hechas las observaciones anteriores y después de considerar unas condiciones de carga para la edificación, se define la profundidad de la cimentación en 8.0 m mínimo y la capacidad de soporte del suelo no debe exceder de 0.89 Kg/cm².

Se sugiere que las fundaciones de refuerzo para la contención del CER La Héliida sean muros de contención de espesor mínimo de 0.25 m

4. Protección de estructuras vecinas

En caso de ser necesario, los muros aledaños a la construcción deberán ser recintados por longitudes no mayores a 2.00 m y a profundidad donde se considere necesario y se garantice la estabilidad de la estructura vecina.

Antes de iniciar las excavaciones deberá levantarse un acta con los vecinos y personas aledañas para hacer un inventario de grietas o fisuras existentes si las hay, así también los estados de las estructuras aledañas a la obra, tales como techos, muros, revoques, entre otros y con registro fotográfico fechado.

5. Equipo

- Aparato de compresión
- Balanza
- Cazuela de Casagrande
- Colorímetro
- Cronómetro
- Envase de vidrio
- Equipo misceláneo
- Espátula para mezclar el material húmedo
- Horno

- Ranurador
- Recipiente para almacenar y dosificar agua
- Recipientes para mezclado
- Soda cáustica
- Tabla colorimétrica
- Tamices
- Taras

6. Conclusiones y recomendaciones

De la curva granulométrica obtenida en el reporte se puede concluir que la masa de suelo posee 13% de partículas gruesas, un 22.1% de arenas y un 64.9% de finos, repartidos en limos, arcillas y coloides.

Del ensayo de compresión simple o compresión inconfiada de la masa de suelo, se encontraron los siguientes resultados:

Contenido de humedad= 39.4%

Peso unitario húmedo =2131 Kg/m³

Peso unitario seco= 1529 Kg/cm³

Resistencia a la compresión = 0.89 kg/cm²

Las conclusiones y recomendaciones consignadas en este informe académico se basan en los resultados de campo y análisis de laboratorio. Si durante la etapa de construcción, modificación, ampliación en el CER (de acuerdo con lo que a futuro tenga proyectado hacer la Administración Municipal), se encuentran condiciones diferentes a las descritas como típicas, se debe acudir a un ingeniero de suelos para complementar las conclusiones y recomendaciones.

7. Referencias bibliográficas

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR 10. 2010