



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

EVALUACIÓN DE LA COMPRESIBILIDAD EN DEPÓSITOS DE SUELOS ANTRÓPICOS CON CONTENIDOS DE MATERIA ORGÁNICA

Gloria M. Molina Vinasco¹, Lina M. Buriticá Morales², Ángela Echeverri Londoño², Jennifer Cortés Henao², Laura Calvo Duque²

RESUMEN

Entre las unidades geomorfológicas encontradas en la ciudad de Pereira- Colombia, predomina la existencia de suelos derivados de la meteorización de las cenizas volcánicas, las cuales están presentes como la capa superior que subyacen, suelos residuales, suelos aluviales o la roca de basamento según el caso, así como también depósitos antrópicos de distinta naturaleza. Este tipo de geo formación presenta problemas como la heterogeneidad en su composición, altos contenidos de materia orgánica y baja compactación, que los hace susceptibles de sufrir altos asentamientos primarios y secundarios. La presente investigación explora los suelos de dos depósitos antrópicos de la ciudad de Pereira. En ellos se realizaron perforaciones hasta una profundidad máxima de 8 m con extracción de muestras alteradas e inalteradas para el reconocimiento de las características físicas y principalmente las características de compresibilidad del suelo y su influencia en la amplificación de la onda sísmica. Se encontró que el Coeficiente de compresibilidad del Cc en dichos depósitos es del orden de 0.42 a 0.72 para el Depósito 1 y de 0.15-0.54 para el depósito 2.

Palabras Clave

Depósitos Antrópicos, Materia orgánica, Compresibilidad, Espectro de Diseño.

¹Ingeniera Civil. Magister en Ciencias en Ingeniería Civil. Profesor del Programa de Ingeniería Civil Universidad Libre Seccional Pereira. Investigador del grupo GICIVIL Pereira. Correo electrónico: gmmolina@unilibrepereira.edu.co

²Ingeniería Civil Universidad Libre Seccional Pereira.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

ABSTRACT

Among the geomorphological units were found in the city of Pereira, predominantly the existence of soils derived from the weathering of volcanic ash, which are present as the upper layer underlying, residual soils, alluvial soils or basement rock, depending on the case, and the other hand also deposits anthropic of different nature, this type of profile presents problems like heterogeneity in its composition, high content of organic matter and low compaction, which makes them susceptible to suffer high primary and secondary settlements. This research explores the soils of two anthropogenic deposits of the city of Pereira, therein were perforations to a depth 8 m with extraction of altered and unaltered samples for the recognition of the physical characteristics and mainly characteristics of compressibility of soil and its influence on the amplification of the seismic wave. Was found that the coefficient of compressibility C_c in these deposits is 0.42 to 0.72 for deposit 1 and 0.15-0.54 for deposit 2.

Key words

Organic matter; Soil consolidation; Compression, Spectrum of structural design



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

1. INTRODUCCIÓN

Es común encontrar en todo el territorio nacional Colombiano, zonas cuyo perfil estratigráfico está compuesto por depósitos antrópicos; específicamente en el municipio de Pereira Risaralda, se encuentran diversos sitios con dicha problemática.

La dinámica actual de los estudios de suelos en la ciudad consiste en recomendar el retiro de este material, su sustitución y, en la mayoría de los casos, la utilización de los estratos que se encuentran subyaciendo estos llenos, como estructura de soporte, siguiendo las recomendaciones de la Norma Sismo Resistente NSR-10 en el Título H.4.1. De acuerdo con esto, la cimentación de cualquier edificación se debe construir sobre materiales que presenten propiedades mecánicas adecuadas en términos de resistencia y rigidez, o sobre rellenos artificiales que no incluyan materiales degradables y sean debidamente compactados.

Con el crecimiento y expansión de la ciudad, surge la necesidad de construir en terrenos que dentro de su perfil estratigráfico presenten llenos con espesores superiores a 8.0 m, como es el caso de la finca La María Vereda el Cóngolo de la Ciudad de Pereira, cuyo lote pertenece a la alcaldía del municipio y sobre el cual se proyecta la construcción de viviendas de interés social, o reconfigurar geomorfológicamente sectores de la ciudad para la construcción de parques como es el caso de la urbanización AltaVista Parque Residencial ubicada en el barrio Cuba, vía a San Joaquín.

Estos sitios consisten en llenos antrópicos compuestos por cenizas volcánicas mezclados con material orgánico (5%- 16%), lo que hace que el suelo en ellos sea blando y, por consiguiente, sufra una mayor deformación si fuera sometido al esfuerzo generado por una estructura.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

Santagata, et. al., 2008, afirman que “los suelos orgánicos son normalmente vistos como “problema”, indicando que sus propiedades físicas son inferiores al compararlos con suelos inorgánicos. Estos son asociados con alta compresibilidad, alta fluencia, y/o fallas en la fundación”. De acuerdo con lo anterior, los convierte en suelos inadecuados para la construcción de obras civiles.

Debido a la poca información acerca de este tipo de suelo (Calderón, et. al., 2003), la presente investigación tiene como objetivo evaluar la compresibilidad s, brindando al ingeniero consultor al momento de calcular la cimentación, información para poder evaluar los asentamientos en este tipo de suelos.

2. METODOLOGÍA

2.1 FASE I

Localización y descripción de los sitios de estudio: se analizaron dos sitios en los cuales se encontraron llenos antrópicos de distinto carácter, el primero de ellos caracterizado como un Botadero que será denominado en adelante como el Depósito 1; el segundo, caracterizado como un lleno mecánico que será denominado en adelante como el Depósito 2. Su localización se muestra en la figura 4.

En ambos llenos se realizaron sondeos exploratorios con el objeto de determinar las características físicas y mecánicas de los mismos.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

2.2 FASE II

A las muestras alteradas e inalteradas que se recuperaron durante la etapa de exploración, se les practicaron los siguientes ensayos: determinación del contenido natural de humedad en porcentaje (ASTM D 2216- Norma NTC 1886), Granulometría por tamizado y lavado sobre tamiz # 200 y #4, para establecer los porcentajes de gravas, arenas y finos, en porcentaje (ASTM D 2487); límites de Atterberg o límites de plasticidad (límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad) (ASTM D 4318); determinación del peso unitario (total y seco) del suelo; clasificación mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos S.U.C.S (ASTM D 2487); determinación de la resistencia a la compresión no confinada (Norma NTC 1527- ASTM D 2166); determinación de la resistencia al corte directo (ASTM D 3080- Norma NTC 1917); Método de ensayo para determinar las propiedades de consolidación unidimensional de los suelos (Norma NTC 1964).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados de la caracterización física de los suelos, la evaluación de los coeficientes de compresibilidad de los suelos de los depósitos relacionados con los pesos unitarios del suelo, su relación de vacíos inicial y su contenido de materia orgánica, y por último los espectros de respuesta obtenidos.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

3.1 Caracterización de los depósitos

Depósito 1. Se encontró que el mayor valor de contenido de humedad fue de 91,67% a una profundidad de 6m y que el menor valor fue 39,67% a una profundidad de 2m. El contenido de humedad promedio del suelo fue de 69,85%, el valor del límite líquido se encuentran entre 51,40 y 87,88 lo que indica que tiene una alta plasticidad y poca resistencia a la hora de sufrir deformaciones; el valor de límite plástico promedio fue de 57,19, el material corresponde a un limo de alta de plasticidad (MH) con un intervalo para los valores de contenido de materia orgánica entre 4,98 y 8,35.

Depósito 2. Se encontró un intervalo de valores para el contenido de humedad entre el 58.94% y el 71.06%. Se observó, según los resultados obtenidos por los límites de Atterberg, que el terreno en su mayoría está compuesto por limos de alta plasticidad con un límite líquido promedio de 58.50% y plástico promedio de 43.83%. Entre las muestras ensayadas se observó un contenido de materia orgánica promedio del 9%, y una desviación del 5.5%, lo que indica que el suelo tiene contenidos que oscilan entre el 3.5% y el 14.5%.

3.2 Coeficientes de Compresibilidad del suelo C_c

El coeficiente de compresibilidad del suelo, como se esperaba, presenta valores mínimos con el incremento del valor del peso unitario y con la disminución de la relación de vacíos del suelo; de igual manera, se observa cómo en el Depósito 1 en donde el vertido de los materiales se realizó sin controles de compactación C_c , es más alto que para el depósito 2 en donde se realizaron controles de compactación, como se muestra en la figura 1. El valor del Coeficiente de

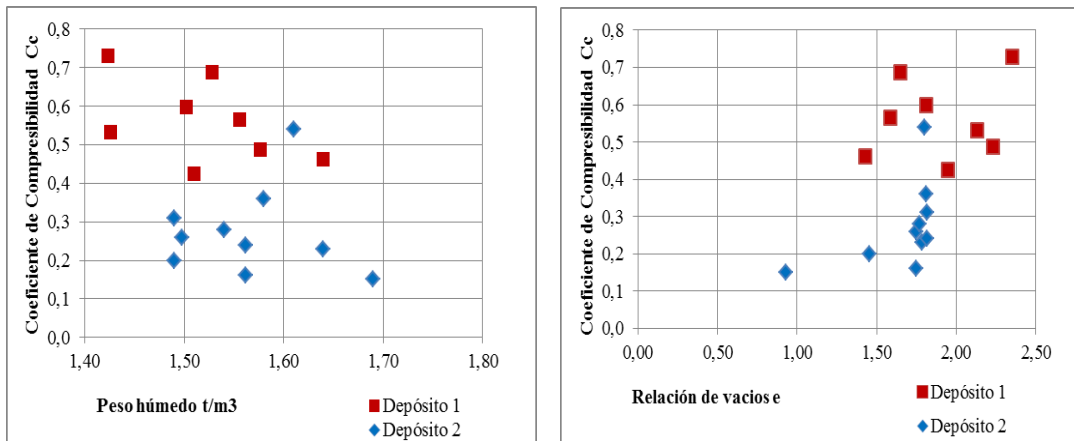


“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

Compresión presentó un intervalo entre 0.42 y 0.72 para el depósito 1 y entre 0.15 y 0.54 para el depósito 2, menores a los registrados en la literatura para suelos orgánicos valores desde 0.85 hasta 4 (Calderón, et. al., 2003).



a) Peso Unitario Húmedo / Coeficiente de Compresión

b) Relación de Vacíos/ Coeficiente de Compresión

Figura 1. Relación entre coeficiente de compresibilidad Cc y a) Peso Unitario húmedo del suelo, b) Relación de vacíos inicial del suelo e. Fuente: Elaboración propia.

Se pudo determinar que la compactación del suelo tiene una mayor incidencia en el valor de los índices de compresibilidad Cc y de expansión Cs; de este modo, a mayor compactación se observó una disminución en sus valores a pesar de que los valores de contenido de materia orgánica fueran mayores (Véase figura 2). Por el contrario, la consolidación secundaria se ve afectada por el contenido de materia orgánica observándose mayores valores en el coeficiente de consolidación secundaria, cuando se presentan en el suelo mayores contenidos de materia orgánica. Los valores de coeficientes de consolidación secundaria se encontraron en un intervalo de 0.003 (CMO 5%) y 0.007 (CMO 8%) para el

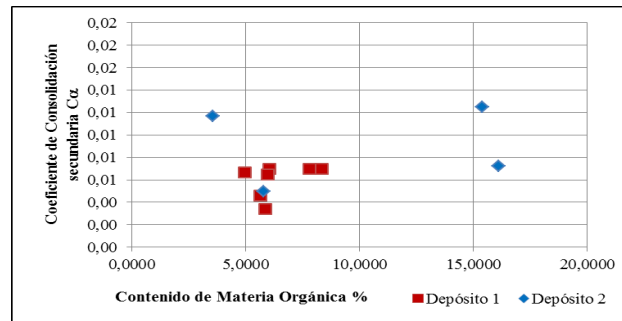
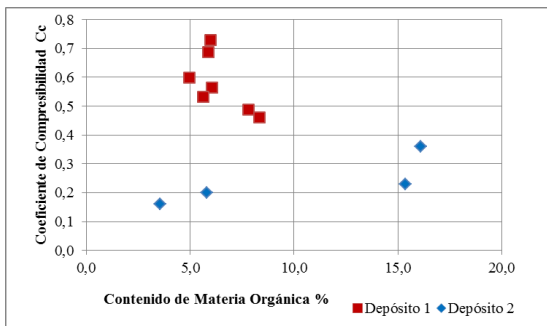


“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

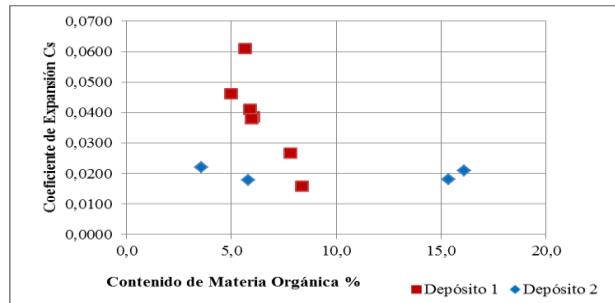
Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

depósito 1 y entre un intervalo de 0.001 (CMO 5%) y 0.018 (CMO 15%) para el depósito 2, valores inferiores comparados con los valores encontrados en la literatura para Coeficiente de consolidación secundaria en suelos orgánicos del orden de 0.12 y 0.034 (Calderón, et. al., 2003)



a) Contenido de materia Orgánica / Coeficiente de Compresión b) Contenido de Materia Orgánica/ Coeficiente de Con. Secundaria



c) Contenido de Materia Orgánica/ Coeficiente de Expansión

Figura 2. Relación entre el contenido de Materia Orgánica

Se observa un comportamiento creciente en la relación coeficiente de compresión, coeficiente de expansión a mayor valor de Cc, mayor valor de Cs. Al realizar la



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

relación C_s/C_c , se encuentra que para el depósito 1 se obtiene una relación promedio de $C_s = 1/11 C_c$ y para el depósito 2 se obtiene una relación promedio de $C_s = 1/14 C_c$. Se presenta una tendencia de crecimiento en el depósito 2, en su consolidación secundaria, posiblemente generada por el aumento en el contenido de materia orgánica.

El comportamiento encontrado entre el coeficiente de compresibilidad y el coeficiente de consolidación secundaria difiere del mostrado por Santagata, et. al., 2008, quienes determinaron una relación de C_α/C_c igual a 0.095, para suelos con contenidos de materia orgánica entre 40 a 60% en el ensayo de pérdida por ignición, mientras que para el depósito 1 se encontró un valor promedio de 0.01 y para el depósito 2 0.04, mas similar a los valores reportados para arcillas inorgánicas 0.04 ± 0.01 , y con mayor distancia de los valores reportados para esta condición por Mesri, et. al., 1997 C_α/C_c de 0.10, con valores típicos entre 0.05–0.07.

4. CONCLUSIONES

Se encontró que tiene una mayor influencia el método de construcción de un depósito antrópico en su compresibilidad, independientemente de su contenido de materia orgánica; contenidos de materia orgánica superiores al 10% incrementaron el nivel de consolidación secundaria del depósito.

Es evidente la variabilidad de los datos en el depósito 1, que como ya se mencionó, se generó por vertimientos sin control; se observan altos coeficientes de compresibilidad que pueden ser reducidos con mejoramiento de tipo mecánico,



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

mientras que en el depósito 2, construido con control de compactación, debido a sus contenidos de materia orgánica superiores a 10% se incrementa el valor del coeficiente de consolidación secundaria.

Se encontró que la relación de C_s/C_c , para el depósito 1 su promedio fue de $C_s = 1/11 C_c$, y para el depósito 2 fue de $C_s = 1/14 C_c$

Suelos con contenidos de materia orgánica superiores al 15% tienen una mayor tendencia a sufrir “Creep”, mostrando una relación cercana a uno entre C_c y C_α , comportamiento característico de los suelos con alto contenido de material orgánico.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asociación de Ingeniería Sísmica. 2010. Normas Sismo Resistentes.

ASTM. _2006b_. “Standard test method for one-dimensional consolidation properties of soils using controlled-strain loading.” Annual book of ASTM standards, D4186, Vol. 4.08.

ASTM. _2006a_. “Classification of soils for engineering purposes _unified soil classification system_.” Annual book of ASTM standards, D2487, Vol. 4.08.

ASTM. _2007_. “Standard test methods for moisture, ash, and organic matter of peat and other organic soils.” Annual book of ASTM standards, D2974, Vol. 4.08

Campos A. y Guzmán J. 1999. Suelos del Eje Cafetero, Productos UTP Pág. 87-88. Fondo Editorial.

Calderón, L.D., Livia, MC y Aguilar Z.2003. Consideraciones sobre la compresibilidad de suelos orgánicos y turbas. XIV Congreso nacional de Ingeniería Civil. Iquitos.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

CARDER, Universidad de los Andes y DNPDA. 1999. Exploración geotécnica, investigación de laboratorio y zonificación sísmica de Pereira, Dosquebradas y Santa Rosa de Cabal.

Idriss, I. M. y Sun, J I.1993. User's manual for SHAKE91: a computer program for conducting equivalent linear seismic response analyses of horizontally layered soil deposits Center for Geotechnical Modeling, Dept. of Civil and Environmental Engineering, University of California, Davis Davis, Calif., 1993, (480/S36/1992)

Mesri, G., Stark, M. D., Ajlouni, M. A., and Chen, C. S. 1997. “Secondary compression of peat with or without surcharging.” J. Geotech.Geoenviron. Eng., 123_5_, 411–421

NTC 1964.2004. “Método de ensayo para determinar las propiedades de consolidación unidimensional de los suelos Norma Técnica Colombiana.

Santagata M., Bobet A., Johnston C., y Hwang J.2008.One-Dimensional Compression Behavior of a Soil with High Organic Matter Content Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 134, No. 1, January 1, Pag 1. 14 Pag.