



FACULTAD INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.

LICENCIA CREATIVE COMMONS: Atribucion – No comercial –compartir igual.

AÑO DE ELABORACIÓN: 2017

TÍTULO: Determinación de los límites líquidos y plásticos mediante prueba de cono de penetración para una arcilla de Cajicá.

AUTOR (ES): Fajardo Castañeda, Daniel y Ojeda Bustos, Julian David.

DIRECTOR(ES)/ASESOR(ES): Ruge, Juan Carlos.

MODALIDAD: Trabajo de investigación.

PÁGINAS: 100 **TABLAS:** 21 **CUADROS:** **FIGURAS:** 47 **ANEXOS:** 3

CONTENIDO:

INTRODUCCIÓN

1. GENERALIDADES
 2. MONTAJE DEL ENSAYO
 3. RESULTADOS
 4. ANALISIS DE RESULTADOS
 5. CONCLUSIONES
 6. RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFIA
ANEXOS

DESCRIPCIÓN: El proyecto de investigación muestra la comparación y el análisis de resultados, para determinar tanto el límite líquido como el límite plástico de una arcilla de la Sabana de Bogotá, extraída en el municipio de Cajicá; haciendo la equiparación de los métodos de Casagrande y del cono de penetración, con el objetivo de establecer cuál método es el más efectivo.



METODOLOGÍA: Determinación de los límites líquidos y límites plásticos para una arcilla de Cajicá por los métodos de Casagrande y cono de penetración, por medio de equipos normalizados, basados en la normativa nacional e internacional para estos.

El estudio realizará la comparación de los métodos de Casagrande y del cono de penetración, observando la variación de resultados que pueda haber, y con esto determinar qué método sería el más adecuado para determinar los límites de Atterberg, tomando en cuenta los factores que puedan afectar los resultados de contenido de humedad para cada ensayo, y encontrando una correlación que se pueda hallar entre ellos.

Los instrumentos utilizados en la presente investigación fueron la cuchara de casagrande y el cono de penetración de caída.

PALABRAS CLAVE: ARCILLA, CONO DE PENETRACIÓN, LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, MÉTODO DE CASAGRANDE.

CONCLUSIONES: El trabajo de investigación ayudó en la aclaración de las dudas acerca de la correlación que podría existir tanto en los métodos de Casagrande y cono de penetración, siendo evaluado únicamente un tipo de suelo, la arcilla de Cajicá, por lo tanto su aplicabilidad y correlaciones servirán únicamente en el estudio de estas comparaciones para este tipo de suelo.

El ensayo de Casagrande, a pesar de su antigüedad y de ser fuertemente criticado por la influencia del operador, mostró que en este tipo de suelo guarda una correlación muy alta con el método del cono, el cual ha mostrado que tanto para el límite líquido como el límite plástico es efectivo y veraz en los datos que proporciona, ya que, a pesar de no ser exactamente iguales sus datos son equiparables e incluso pueden llegar a ser relacionados por medio de una regresión lineal, por lo cual, a pesar de que es un estudio de tipo académico muestra pruebas de que la implementación y complementación de un método con el otro sería posible para suelos del país.

En estudios recientes se ha evaluado que el método de Casagrande sería inferior en repetibilidad y que el cono por ser una prueba estática, menos susceptible a



cualquier movimiento o vibración exterior, sería más óptima para hallar los límites líquidos y plásticos; dentro de los dos hay defensores y contradictores de los métodos. Por un lado, quienes critican el método de Casagrande, hablan acerca de lo difícil que es realizar el ensayo del límite líquido en los suelos de baja plasticidad, ya que al realizar la ranura en suelos de este tipo, lo que se realiza es de alguna forma una rasgadura a la muestra, por lo tanto, se afecta su estructura y los resultados se ven afectados; también es criticado por la susceptibilidad que tiene el equipo a la experiencia que tenga el operador, ya que además que debe saber ranurar el suelo, también debe saber el momento exacto en el que el suelo se une en una franja de 13 mm, además de saber realizar el levantamiento de la cuchara, el cual se debe realizar con extremo cuidado para no forzar que la muestra se una en la franja antes de tiempo. Igualmente, el método es cuestionado para su realización en suelos que estén cerca a su límite líquido, ya que al realizar los golpes con el equipo, la muestra se desliza sobre la cuchara, en vez de fluir con su plasticidad natural, lo que le resta efectividad al objetivo principal del ensayo.

En el límite plástico es donde el método de Casagrande es más criticado, ya que no se depende de un equipo sino de la propia experticia del laboratorista que lo está realizando, ya que además de la presión que se le realiza manualmente al rollo de suelo, el cálculo del diámetro del rollo de 3 mm, depende del operador que lo realice.

La otra alternativa es el cono de penetración, el cual es utilizado en varios países de Europa y Asia, donde ya tiene normas establecidas y es el método principal para hallar los límites líquidos y plásticos de un suelo, es más reproducible y menos sensible al error humano, ya que su utilización es mucho más sencilla y es menos necesario el criterio del operador del equipo, además que en suelos de baja plasticidad sus valores son más veraces.

Pero igualmente el cono tiene desventajas, ya que en suelos cercanos a su límite líquido la penetración es demasiado alta y el sentido del ensayo se pierde, ya que en el ensayo del cono la resistencia que opone el suelo con sus características típicas es lo que muestra la relación del contenido de humedad y el comportamiento del suelo cuando llega los límites plásticos y líquidos; además de que en el ensayo del límite plástico del cono se ha criticado que la tensión aplicada al suelo con la caída del cono es mucho mayor que la aplicada con los rollos manuales, con lo cual la estructura inicial del suelo es afectada.



Si se toma en cuenta el tiempo empleado en cada uno de los tipos de ensayo, a pesar de que el cono es práctico a la hora de realizar las penetraciones, la preparación de la muestra dentro del molde, el cual es de especial cuidado ya que de no ser enrasada correctamente o dejar entrar aire a la muestra afecta los resultados finales, que es aunque no la misma preparación igualmente se realiza con especial cuidado en el método de Casagrande; además que en los dos métodos se debe contar con el tiempo de secado de la muestra en el horno, el cual es considerable, así que en el aspecto del tiempo ningún método se lleva ventaja.

Los dos métodos son distintos en su operación, por lo tanto, diferentes características del suelo actúan durante el ensayo, mientras que en el método de Casagrande para el límite líquido la cohesión de las partículas del suelo son las principales, en el de cono de penetración intervienen la resistencia al corte y el esfuerzo de fricción principalmente. A pesar de las diferencias encontradas y las desventajas con las que cuenta cada método, la regresión lineal es un gran aporte a la correlación que se puede dar en estos dos métodos y la forma de relacionarlos, ya que más que escoger uno u otro o de alguna forma expresar que uno es mejor que otro, el proyecto de investigación muestra que los dos métodos incluso se pueden complementar por la relación que guardan y la correlación que se puede dar, por lo tanto su implementación para el límite líquido, que ya existe, y el límite plástico en el país sería viable, pero para afirmarlo sería necesario realizar más ensayos y con diferentes suelos del país para llegar a hacer esa afirmación con el fin de implementar el equipo de manera definitiva en el país.

FUENTES:

CIBERGRAFÍA:

-AL-DAHLAKI, Mohammed. A proposed approach for plastic limit determination using the drop-cone penetrometer device [En línea]. Citado el 10-03-2017. Disponible en < <http://www.iasj.net/iasj?func=fulltext&ald=10189>>. Journal of Engineering and Development, 2008, V. 12, No. 1, pp. 11.

-ALTINTAŞ, Emre. An investigation on liquid limit of clays by differently shaped penetration cones [En línea]. Citado el 10-03-2017. Disponible en <<https://trid.trb.org/view.aspx?id=60094>>. Dokuz Eylul University, 2013.



-ASTM. Symposium on Atterberg limits [En línea]. Citado el 09-03-2017. Estocolmo, 1959. Disponible en <<https://www.astm.org/>>. ASTM Special Technical Publication No. 254.

-BUDHU, Muni. Soil mechanics and foundations [En línea]. 2 ed. Wiley, 2000. Disponible en <<https://tienda.icontec.org/producto/impreso-ntc-4630-metodo-de-ensayo-para-la-determinacion-del-limite-liquido-del-limite-plastico-y-del-indice-de-plasticidad-de-los-suelos-cohesivos/?v=42983b05e2f2>>, p. 66.

-CEVALLOS, Andrés. Determinación del límite líquido y plástico de los suelos mediante el uso del penetrómetro cónico [En línea]. Quito, Ecuador. Trabajo de grado ingeniería civil. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Facultad de ingeniería. Citado el 10-03-2017. Disponible en <<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6403/9.20.001327.pdf?sequence=4>>. pp. 126.

-CROSARA, Alicia. Consistencia [En línea]. Citado el 18-10-2017. Disponible en <<http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Practico%205.pdf>>, p. 1.

-FENG, T.W. Fall-cone penetration and water content relationship of clays. Citado el 17-09-2017. Disponible en <<http://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/geot.2000.50.2.181>>

- FENG, T.W. Fall-cone penetration and water content relationship of clays. Citado el 17-09-2017. Disponible en <<http://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/geot.2000.50.2.181>> Géotechnique [En línea]. Citado el 17-09-2017. Vol. 45, No. 1, pp. 155-158.

-INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Método de ensayo para la determinación del límite líquido, del límite plástico y del índice de plasticidad de los suelos cohesivos [En línea]. NTC 4630,046/12. Citado el 10-03-2017. Disponible en <<https://tienda.icontec.org/producto/impreso-ntc-4630-metodo-de-ensayo-para-la-determinacion-del-limite-liquido-del-limite-plastico-y-del-indice-de-plasticidad-de-los-suelos-cohesivos/?v=42983b05e2f2>>. Bogotá D.C, 3 ed.

-INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Método de ensayo para la determinación del límite líquido, del límite plástico y del



índice de plasticidad de los suelos cohesivos [En línea]. NTC 4630,046/12. Citado el 09-10-2017. Disponible en < <http://www.emcali.com.co/documents/10157/4985846/NTC4630+de+1999>>. Bogotá D.C, 3 ed.

- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Método de ensayo para la determinación del límite líquido, del límite plástico y del índice de plasticidad de los suelos cohesivos [En línea]. NTC 4630,046/12. Citado el 09-10-2017. Disponible en < <http://www.emcali.com.co/documents/10157/4985846/NTC4630+de+1999>>. Bogotá D.C, 3 ed., p. 3.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Método de ensayo para la determinación del límite líquido, del límite plástico y del índice de plasticidad de los suelos cohesivos [En línea]. NTC 4630,046/12. Citado el 09-10-2017. Disponible en < <http://www.emcali.com.co/documents/10157/4985846/NTC4630+de+1999>>. Bogotá D.C, 3 ed.

INVÍAS. Determinación del límite líquido de los suelos [En línea]. INV E-125-13. Disponible en < <https://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos1>>. Bogotá D.C., pp. 209-210.

- INVÍAS. Determinación del límite líquido de los suelos [En línea]. INV E-125-13. Disponible en < <https://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos1>>. Bogotá D.C., p. 213.
- INVÍAS. Determinación del límite líquido de los suelos [En línea]. INV E-125-13. Disponible en < <https://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos1>>. Bogotá D.C., p. 213.
- INVÍAS. Determinación del límite líquido de los suelos [En línea]. INV E-125-13. Disponible en < <https://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos1>>. Bogotá D.C., p. 213.



-LITTLETON, I. y FARMILLOS, Marion. Some observations on liquid limit values with reference to penetration and Casagrande tests [En línea]. Citado el 09-03-2017. Disponible en <<https://trid.trb.org/view.aspx?id=60094>>, pp. 39-40.

-LYNG, Gitte; NORDAHL, Benjamin y BO, Lars. Comparison of liquid limit of highly plastic clay by means of Casagrande and fall cone apparatus [En línea]. Citado el 10-03-2017. Disponible en <<http://geoserver.ing.puc.cl/info/conferences/PanAm2011/panam2011/pdfs/GEO11Paper1100.pdf>>. Universidad Aalborg, Dinamarca, p. 4.

- LYNG, Gitte; NORDAHL, Benjamin y BO, Lars. Comparison of liquid limit of highly plastic clay by means of Casagrande and fall cone apparatus [En línea]. Citado el 10-03-2017. Disponible en <<http://geoserver.ing.puc.cl/info/conferences/PanAm2011/panam2011/pdfs/GEO11Paper1100.pdf>>. Universidad Aalborg, Dinamarca, p. 5.

-MONTAÑA SANABRIA, Danilo. Características de compresibilidad y resistencia de arcillas típicas del depósito lacustre de Bogotá [En línea]. Bogotá D.C. Trabajo de grado Maestría en ingeniería civil. Bogotá D.C. Escuela Colombiana de Ingeniería. Facultad de ingeniería. Citado el 09-03-2017. Disponible en <<http://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/108/1/CARACTER%C3%8DSTICAS%20DE%20COMPRESIBILIDAD%20ARCILLAS%20TIPICAS%20DE%20LA%20SABANA%20DE%20BOGOT%C3%81.pdf>>. pp. 159.

-MUNTOHAR, A. y HASHIM, R. Determination of plastic limits of soils using cone penetrometer [En línea]. Citado el 17-09-2017. Disponible en <<https://drive.google.com/file/d/0Bx8p9sIXTArIUEV3ai11OWwtaGs/view>>, p. 3.

-NORMAN, L. E. J. A comparison of values of liquid limit determined with apparatus having bases of different hardness [En línea]. Citado el 09-03-2017. Disponible en <<https://trid.trb.org/view.aspx?id=60094>>. Geotechnique. Vol.8, No. 2, 79-84.

-O'KELLY, B.C. Discussion "A new method of measuring plastic limit of fine materials" [En línea]. Disponible en <https://www.researchgate.net/profile/Brendan_Okelly/publication/268577673_Discussion_on_A_new_method_of_measuring_plastic_limit_of_fine_materials_by_V_Sivakumar_D_Glynn_P_Cairns_and_JA_Black_2009_Geotechnique_59_No_10_pp_813-823/links/54710a380cf216f8cfad0c04/Discussion-on-A-new-method-of-measuring-plastic-limit-of-fine-materials-by-V-Sivakumar-D-Glynn-P-Cairns-and-JA-Black-2009-Geotechnique-59-No-10-pp-813-823.pdf>, p. 5.



-O' KELLY, B.C. A new method of measuring plastic limit of fine materials [En línea]. Citado el 10-03-2017. Disponible en <https://www.tcd.ie/civileng/local/notes/Brendan.OKelly/Research%20publications%20for%20Modules/2011_Discussion%20on%20A%20new%20method%20of%20measuring%20plastic%20limit%20of%20fine%20materials_Geotechnique.pdf>, 2011. Geotechnique 61, No. 1, pp. 88–92.

-ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. Conservación de suelos: un estudio internacional [En línea]. 2 ed. Caracas. Biblioteca Venezuela, 1953. Publicado 3 de abril de 2013. Citado el 18-10-2017. Disponible en <https://books.google.com.co/books?id=0m4sMHHvahgC&pg=PA95&dq=permeabilidad+suelos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj7bmt03XAhVE5SYKHT_9BhoQ6AEINjAD#v=onepage&q=permeabilidad%20suelos&f=false>, p. 95.

-PINEDA, Arturo, et al. Parámetros de resistencia al corte para interfaces de arena-concreto: propuesta de investigación [En línea]. Universidad Santo Tomás. Bogotá D.C. Citado el 19-10-2017. Disponible en <<http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Practico%205.pdf>>, 2014, p. 2.

-RODRIGUEZ RICO, Alfonso. Ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y autopistas, Volumen 1 [En línea]. 2 ed. Ciudad de México. Limusa, 2006. Citado el 18-10-2017. Disponible en <https://books.google.com.co/books/about/Ingeniería_de_suelos_en_las_vías_terre.html?hl=es&id=rU_pA257zUEC&redir_esc=y>, p.185.

-RODRÍGUEZ, C. y CUBIDES, J. Mineralogía de las arcillas en la Sabana de Bogotá [En línea]. En: Boletín 25 Sociedad española de Cerámica y Vidrio. Citado el 11-03-2017. Disponible en <<http://boletines.secv.es/upload/198625173.pdf>>, 1986, pp. 173-179.

-SIVAKUMAR, V. y GLYNN, D. et. al. A new method of measuring plastic limit of fine materials [En línea]. Citado el 17-09-2017. Disponible en <http://www.academia.edu/1211295/A_new_method_of_measuring_plastic_limit_of_fine_materials> Geotechnique, 2009, Vol. 59, No. 10, pp. 813–823.

-SKEMPTON, A. W. y NORTHEY, R.D. The sensivity of clays [En línea]. Citado el 09-03-2017. Disponible en <<http://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/geot.1952.3.1.30>> Geotechnique, 1953, Vol. 3, pp. 30-53.



-SMITH, K. y MULLINS, C. Soil and environmental analysis [En línea]. Publicado el 12-10-2000. 2 ed. Citado el 22-10-2017. Disponible en <<https://tienda.icontec.org/producto/impreso-ntc-4630-metodo-de-ensayo-para-la-determinacion-del-limite-liquido-del-limite-plastico-y-del-indice-de-plasticidad-de-los-suelos-cohesivos/?v=42983b05e2f2>>. Estados unidos, p. 354.

- SMITH, K. y MULLINS, C. Soil and environmental analysis [En línea]. Publicado el 12-10-2000. 2 ed. Citado el 22-10-2017. Disponible en <<https://tienda.icontec.org/producto/impreso-ntc-4630-metodo-de-ensayo-para-la-determinacion-del-limite-liquido-del-limite-plastico-y-del-indice-de-plasticidad-de-los-suelos-cohesivos/?v=42983b05e2f2>>. Estados unidos, p. 355.

-SPAGNOLI, Giovanni. Comparison between Casagrande and drop-cone methods to calculate liquid limit for pure clay [En línea]. Citado el 10-03-2017. Disponible en <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.4141/cjss2012-011>>. Department of Maritime Technologies, pp. 6.

-SRIDHARAN, A. y PRAKASH, K. Indian Institute of Science. En: S. LEROUEIL y J.-P. LE BIHAN et. al Liquid limits and fall cones: Discussion [En línea]. Citado el 09-03-2017. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/237380885_Liquid_limits_and_fall_cones_Discussion>. Canadian Geotechnical Journal, 1997, pp. 793-798.

- SRIDHARAN, A. y PRAKASH, K. Indian Institute of Science. En: S. LEROUEIL y J.-P. LE BIHAN et. al Liquid limits and fall cones: Discussion [En línea]. Citado el 09-03-2017. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/237380885_Liquid_limits_and_fall_cones_Discussion>. Canadian Geotechnical Journal, 1997, pp. 793-798.feng

-UNIVERSIDAD DEL CAUCA. Popayán. Estados de consistencia de los suelos [En línea]. Citado el 09-10-2017. Disponible en <[ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Mec%E1nica%20de%20Suelos%20I/Mecanica%20de%20Suelos%20I%20ESLAG E%20\(25_26_27\).pdf](ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Mec%E1nica%20de%20Suelos%20I/Mecanica%20de%20Suelos%20I%20ESLAG E%20(25_26_27).pdf)>, p. 46.

-UNIVERSITAT POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Posible efecto de la temperatura en el límite líquido de los suelos. [En línea]. Citado el 14/10/2017. Disponible en



< <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3282/53973-5.pdf?sequence=5>>. 2009, p. 5.

- UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA. Posible efecto de la temperatura en el límite líquido de los suelos. [En línea]. Citado el 14/10/2017. Disponible en <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3282/53973-5.pdf?sequence=5>>. 2009, p. 5.

VILLALAZ CRESPO, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. 5 ed. [En línea]. Citado el 14/10/2017. Ciudad de México. Limusa, 2004 Disponible en https://books.google.com.co/books?id=Db2SQbBHVPQC&pg=PA70&lpg=PA70&dq=I%C3%ADmite+I%C3%ADquido&source=bl&ots=allSqUwP9j&sig=jOlpv0vPNkYjVYNZaPf0VKkRo2Y&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwipoM3g0e_WAhUE4yYKHe8pBkw4HhDoAQhVMAk#v=onepage&q=I%C3%ADmite%20I%C3%ADquido&f=false>. 2014, p. 70.

- VILLALAZ CRESPO, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. 5 ed. [En línea]. Citado el 14/10/2017. Ciudad de México. Limusa, 2004 Disponible en https://books.google.com.co/books?id=Db2SQbBHVPQC&pg=PA70&lpg=PA70&dq=I%C3%ADmite+I%C3%ADquido&source=bl&ots=allSqUwP9j&sig=jOlpv0vPNkYjVYNZaPf0VKkRo2Y&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwipoM3g0e_WAhUE4yYKHe8pBkw4HhDoAQhVMAk#v=onepage&q=I%C3%ADmite%20I%C3%ADquido&f=false>. 2014, p. 79.

- VILLALAZ CRESPO, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. 5 ed. [En línea]. Citado el 14/10/2017. Ciudad de México. Limusa, 2004 Disponible en https://books.google.com.co/books?id=Db2SQbBHVPQC&pg=PA70&lpg=PA70&dq=I%C3%ADmite+I%C3%ADquido&source=bl&ots=allSqUwP9j&sig=jOlpv0vPNkYjVYNZaPf0VKkRo2Y&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwipoM3g0e_WAhUE4yYKHe8pBkw4HhDoAQhVMAk#v=onepage&q=I%C3%ADmite%20I%C3%ADquido&f=false>. 2014, p. 48.

- VILLALAZ CRESPO, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. 5 ed. [En línea]. Citado el 14/10/2017. Ciudad de México. Limusa, 2004 Disponible en https://books.google.com.co/books?id=Db2SQbBHVPQC&pg=PA70&lpg=PA70&dq=I%C3%ADmite+I%C3%ADquido&source=bl&ots=allSqUwP9j&sig=jOlpv0vPNkYjVYNZaPf0VKkRo2Y&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwipoM3g0e_WAhUE4yYKHe8pBkw4HhDoAQhVMAk#v=onepage&q=I%C3%ADmite%20I%C3%ADquido&f=false>. 2014, p. 48.



g=jOlpv0vPNkYjVYNZaPf0VKkRo2Y&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwipoM3g0e_WAhUE4yYKHe8pBkw4HhDoAQhVMAk#v=onepage&q=l%C3%ADmite%20l%C3%ADquido&f=false>. 2014, p. 48.

- VILLALAZ CRESPO, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. 5 ed. [En línea]. Citado el 14/10/2017. Ciudad de México. Limusa, 2004 Disponible en <https://books.google.com.co/books?id=Db2SQbBHVPQC&pg=PA70&lpg=PA70&dq=l%C3%ADmite+l%C3%ADquido&source=bl&ots=allSqUwP9j&sig=jOlpv0vPNkYjVYNZaPf0VKkRo2Y&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwipoM3g0e_WAhUE4yYKHe8pBkw4HhDoAQhVMAk#v=onepage&q=l%C3%ADmite%20l%C3%ADquido&f=false>. 2014, p. 76.
- VILLALAZ CRESPO, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. 5 ed. [En línea]. Citado el 14/10/2017. Ciudad de México. Limusa, 2004 Disponible en <https://books.google.com.co/books?id=Db2SQbBHVPQC&pg=PA70&lpg=PA70&dq=l%C3%ADmite+l%C3%ADquido&source=bl&ots=allSqUwP9j&sig=jOlpv0vPNkYjVYNZaPf0VKkRo2Y&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwipoM3g0e_WAhUE4yYKHe8pBkw4HhDoAQhVMAk#v=onepage&q=l%C3%ADmite%20l%C3%ADquido&f=false>. 2014, p. 77.

WALPOLE, Ronald E.; MYERS, Raymond H. y MYERS, Sharon L. Probabilidad y estadística para ingenieros [En línea]. Traducido por Leticia Esther Pineda Ayala. Ciudad de México. Pearson Education, 2007. 8 ed. Disponible en <<https://books.google.com.co/books?id=jBnRMQAACAAJ&dq=Probabilidad+y+estad%C3%ADstica+para+ingenier%C3%ADa+y+ciencias+walpole&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiHtNGZqlbXAhVBfiYKHVpiA2EQ6AEIJDA>>, p. 407.

- WALPOLE, Ronald E.; MYERS, Raymond H. y MYERS, Sharon L. Probabilidad y estadística para ingenieros [En línea]. Traducido por Leticia Esther Pineda Ayala. Ciudad de México. Pearson Education, 2007. 8 ed. Disponible en <<https://books.google.com.co/books?id=jBnRMQAACAAJ&dq=Probabilidad+y+estad%C3%ADstica+para+ingenier%C3%ADa+y+ciencias+walpole&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiHtNGZqlbXAhVBfiYKHVpiA2EQ6AEIJDA>>, p. 408.



WASTI, Y. y BEZIRCI, M.H. Determination of the consistency limits by the fall cone test [En línea]. Citado el 23-10-2017. Disponible en <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/t86-033#.We22GlvWxdh>>, 1985, p. 6.

- WASTI, Y. y BEZIRCI, M.H. Determination of the consistency limits by the fall cone test [En línea]. Citado el 23-10-2017. Disponible en <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/t86-033#.We22GlvWxdh>>, 1985, p. 6.

WASTI, Yildiz. Liquid and plastic limits as determined from the fall cone and the Casagrande methods [En línea]. Citado el 10-03-2017. Disponible en <https://www.astm.org/DIGITAL_LIBRARY/JOURNALS/GEOTECH/PAGES/GTJ10135J.htm>. Geotechnical Test-ing journal. Vol 10, No 1, marzo 1987, p. 26-30.

WOOD, D.M y WROTH, C.P. The use of the cone penetrometer to determine the plastic limits of soils [En línea]. Citado el 09-03-2017. Disponible en <<https://trid.trb.org/view.aspx?id=80396>>. Ground engineering, 1978, Vol. 11, No 3, p. 37.

- WOOD, D.M y WROTH, C.P. The use of the cone penetrometer to determine the plastic limits of soils [En línea]. Citado el 09-03-2017. Disponible en <<https://trid.trb.org/view.aspx?id=80396>>. Ground engineering, 1978, Vol. 11, No 3, p. 37.
- WOOD, D.M y WROTH, C.P. The use of the cone penetrometer to determine the plastic limits of soils [En línea]. Citado el 09-03-2017. Disponible en <<https://trid.trb.org/view.aspx?id=80396>>. Ground engineering, 1978, Vol. 11, No 3, p. 1.

LIBROS:

HUBACH, E. Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y Alrededores. En: Boletín Geológico. Bogotá D.C. V. 5, No. 2., 1957 pp.93-112.

LISTA DE ANEXOS: ANEXO A, B Y C.