



**FACULTAD INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.**

**LICENCIA CREATIVE COMMONS:** “Atribución no comercial”.

**AÑO DE ELABORACIÓN:** 2017

**TÍTULO:** Obtención del límite líquido y límite plástico usando el penetrómetro de cono de caída, considerando los diferentes conos existentes en la literatura para un suelo bentonítico.

**AUTOR (ES):** Duarte Niño, Maria Carolina y Rojas Garzón, Herman Daniel.

**DIRECTOR(ES)/ASESOR(ES):** Ruge Cárdenas, Juan Carlos

**MODALIDAD:** Trabajo de investigación.

**PÁGINAS:**  **TABLAS:**  **CUADROS:**  **FIGURAS:**  **ANEXOS:**

**CONTENIDO:**

GLOSARIO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

1. GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3. OBJETIVOS

1.4. JUSTIFICACIÓN

1.5. DELIMITACIÓN

1.6. MARCO DE REFERENCIA

1.7. METODOLOGÍA

2. RESULTADOS

2.1. RESULTADOS LÍMITE LÍQUIDO

2.2. RESULTADOS LÍMITE PLÁSTICO

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. LIMITE LÍQUIDO

3.2. LIMITE PLÁSTICO



- 3.3. RESUMEN DE RESULTADOS
- 4. CONCLUSIONES
- 5. RECOMENDACIONES
- 6. TRABAJOS FUTUROS
- 7. BIBLIOGRAFÍA
- ANEXOS

**DESCRIPCIÓN:**

Los límites de consistencia se han determinado mediante diversos métodos tradicionales y alternativos a través de los años. En Colombia se han utilizado los métodos tradicionales de Casagrande para la obtención de los límites líquidos y plásticos, pero a nivel internacional se ha utilizado el método de penetrómetro de cono de caída, el cual brinda ciertas garantías en la obtención de datos para la preparación de los mismos límites.

En este trabajo se usaron los métodos de Casagrande y el penetrómetro de cono de caída con diferentes conos de penetración utilizados a nivel mundial en una muestra de material bentonítico y se estableció una comparación entre los datos obtenidos.

Por tal razón, este trabajo se realizó con el fin de demostrar cual método brinda más eficiencia en la obtención de datos para el reconocimiento de los límites de plasticidad en los suelos.

**METODOLOGÍA:**

Se realizarán ensayos de laboratorio para obtener límites líquidos y plásticos en una muestra de suelo bentonítico mediante los métodos tradicionales de Casagrande y el método alternativo de penetrómetro de cono de caída para posteriormente evaluar los resultados.

**PALABRAS CLAVE:**

BENTONITA, LÍMITES, PENETRÓMETRO.

**CONCLUSIONES:**

La investigación aclaró algunas dudas sobre la utilización del penetrómetro de cono de caída en una muestra de suelo bentonítico, además permitió obtener los resultados necesarios para estudiar y analizar un poco más a fondo la interrogante planteada sobre la aplicabilidad y precisión de este equipo en ensayos para la determinación del límite líquido y plástico comparándolo con los métodos tradicionales de copa de Casagrande y rollitos de material.



Es importante mencionar que existen las normas ASTM D4318, Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils y BS 1377 Methods of Test for Soils for Civil Engineering Purposes. General Requirements and Sample Preparation para determinar el límite líquido de los suelos empleando el penetrómetro de cono, pero para la obtención del límite plástico no existe una norma que regule su utilización, por tanto, se usaron dos métodos empleados en la literatura mundial y así se pudo despejar las dudas sobre el manejo y obtención de dicho límite.

En cuanto a los dos métodos utilizados para la obtención del límite plástico (doble peso y Feng, 2000) la variación entre los resultados comparados con el método tradicional de rollitos de material es muy alto, indicando que para un material altamente plástico como la bentonita no es aconsejable utilizar el penetrómetro de cono de caída, incluso porque su correlación tampoco fue buena.

Los ensayos de penetración realizados con los diferentes conos fueron válidos en la determinación del límite líquido gracias a que se presentó una buena correlación de acuerdo a cada comparación que se realizó en los diferentes gráficos de resultados, aun así, es importante recalcar que los ensayos realizados con el cono canadiense e indio son los más aproximados a los métodos tradicionales en el límite líquido. Al ser un método válido no significa que esté por encima de la metodología tradicional de copa de Casagrande, pero sí que se debería considerar como un método alternativo y complementario para la obtención de datos coherentes entre ambos ensayos.

Mediante el penetrómetro de cono se logra superar varios inconvenientes respecto a la influencia del operador ya que se especifica de una manera más clara el procedimiento a seguir, por ejemplo, en el caso del límite líquido el operador ya no da una apreciación de cuanto se juntó la muestra, por el contrario, toma una lectura de un micrómetro, en cuanto al límite plástico el operador deja de realizar el ensayo con sus manos y pasa a ser ensayado por un aparato mecánico.

Si bien es cierto que hay una gran influencia del operador al realizar el ensayo del rollo, también hay una dependencia del laboratorista al utilizar solamente gráficas para obtener los datos correspondientes al penetrómetro de cono, este inconveniente fue el que generó tanta dispersión en los respectivos resultados de 95 límite plástico además de que impidió que los dos métodos se correlacionaran de una mejor manera.

Al realizar el ensayo con los conos se evidenció varias dificultades, entre las principales se tiene la dificultad al preparar la muestra para el límite plástico, colocarla dentro del recipiente, no tener aire atrapado dentro de la masa de suelo, así como el enrasar la bentonita que es uno de los materiales más complicados de trabajar, o incluso la sensación de compactación al momento de colocar la



muestra. Por ende, una forma de superar los problemas antes descritos es por medio de la existencia de una norma más técnica y precisa, en la cual se especifique por ejemplo la forma de llenar el recipiente o que determine y especifique otros parámetros de peso, ángulo, profundidad, etc.

La principal ventaja que se tiene al realizar ensayos similares y de manera simultánea, es la relación que existe entre los datos obtenidos, por eso en la mayoría de ellos se obtuvo una buena correlación y aunque el tiempo que se demoró la realización de los ensayos no se tuvo en cuenta, todo estuvo regido y cumplido a cabalidad por las respectivas normas y métodos propuestos.

#### FUENTES:

**Altıntaş, Emre. 2013.** An investigation on liquid limit of clays by differently shaped penetration cones. [Online] 10 2013. [Cited: 03 15, 2017.] [https://www.researchgate.net/publication/272090577\\_An\\_investigation\\_on\\_liquid\\_limit\\_of\\_clays\\_by\\_differently\\_shaped\\_penetration\\_cones](https://www.researchgate.net/publication/272090577_An_investigation_on_liquid_limit_of_clays_by_differently_shaped_penetration_cones).

**Badillo, Eulalio Juarez and Rodríguez, Alfonso Rico. 2005.** *Mecánica de suelos: fundamentos de la mecánica de suelos*. s.l. : LIMUSA, S.A., 2005.

**Blázquez, Álvaro Rabat. 2016.** Aplicabilidad del penetrómetro cónico en la determinación del límite líquido en suelos de baja y media plasticidad. [Online] 09 2016. [Cited: 03 15, 2017.] [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/58086/1/APLICABILIDAD\\_DEL\\_PENETROMETRO\\_CONICO\\_EN\\_LA\\_DETERMI\\_Rabat\\_Blazquez\\_Alvaro.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/58086/1/APLICABILIDAD_DEL_PENETROMETRO_CONICO_EN_LA_DETERMI_Rabat_Blazquez_Alvaro.pdf).

**Budhu, Muni. 2015.** *Soil mechanics fundamentals*. s.l. : Wiley Blackwell, 2015.

**Das, Braja M. 1999.** *Fundamento de ingeniería geotécnica*. California : Thomson Learning, 1999.

**DiccionArqui. 2017.** Diccionario De Arquitectura – Definiciones Y Traducciones. [Online] 2017. [Cited: 08 09, 2017.] <http://diccionarqui.com/>.

**Escobar, Gonzalo Duque and Potes, Carlos Enrique Escobar. 2016.** Geomecánica para ingenieros. [Online] 2016. [Cited: 03 15, 2017.] <http://www.bdigital.unal.edu.co/53252/85/introduccion.pdf>.

**Feng, TW. 2004.** Dermining the consistency limits of high plasticity by the BS fall cone method. [Online] 2004. [Cited: 03 15, 2017.] <https://www.newcivilengineer.com/download?ac=1409603>.

**Imagroca. 2017.** Bentonita Calcica. [Online] 2017. [Cited: 08 09, 2017.] <http://www.imagro.com/productos-imagro/8323-BENTONITA-CALCICA-ALIMENTO-AGROPECUARIO.html>.

**INCONTEC. 2012.** Norma técnica Colombiana/4630. [Online] 2012. [Cited: 09 08, 2017.] <https://ssio.icontec.org.co/IGDtemp/e883b856-ac65-4314-a5cb-160a16864b5b.doc>.



—. **2012.** Norma técnica Colombiana/4630. [Online] 2012. [Cited: 03 15, 2017.] <https://ssio.icontec.org.co/IGDtemp/e883b856-ac65-4314-a5cb-160a16864b5b.doc>.

**Industrial Minerals. 2016.** Soaking it up: Bentonite's global reach. [Online] 05 01, 2016. [Cited: 10 16, 2017.] <https://search-proquest-99.com.ezproxyucdc.ucatolica.edu.co/docview/1800518213/abstract/4D2CE9CBB39C4D F5PQ/1?accountid=45660>.

**Instituto nacional de Vías. 2007.** Método de ensayo normal para el uso del penetrómetro dinámico de cono en aplicaciones de pavimentos a poca profundidad. [Online] 2007. [Cited: 08 09, 2017.] [ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\\_Normas\\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-172-07.pdf](ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-172-07.pdf).

**INVIAS. 2007.** DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS. [Online] 2007. [Cited: 03 15, 2017.] [ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\\_Normas\\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-125-07.pdf](ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-125-07.pdf).

—. **2007.** LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS. [Online] 2007. [Cited: 03 15, 2017.] [ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\\_Normas\\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-126-07.pdf](ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-126-07.pdf).

**La guía. 2017.** Mecánica de Suelos. [Online] 2017. [Cited: 08 09, 2017.] <https://fisica.laguia2000.com/dinamica-clasica/mecanica-de-suelos-asentamientos>.

**Luna, Andrés Sebastián Cevallos. 2012.** Determinación del límite líquido y plástico de los suelos mediante el uso del penetrómetro cónico. [Online] 2012. [Cited: 03 15, 2017.] <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6403/9.20.001327.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.

**Muntohar, Agus Setyo and Hashim, Roslan. 2003.** Determination of plastic limits of soils using cone penetrometer: Re-Appraisal. [Online] 2003. [Cited: 03 15, 2017.] [https://www.academia.edu/1585736/DETERMINATION\\_OF\\_PLASTIC\\_LIMITS\\_OF\\_SOILS\\_USING\\_CONE\\_PENETROMETER\\_Re-Appraisal](https://www.academia.edu/1585736/DETERMINATION_OF_PLASTIC_LIMITS_OF_SOILS_USING_CONE_PENETROMETER_Re-Appraisal).

**Osorio, Santiago. 2010.** Apuntes de geotecnia con énfasis en laderas. [Online] 11 09, 2010. [Cited: 09 08, 2017.] [http://geotecnia-sor.blogspot.com.co/2010/11/consistencia-del-suelo-limites-de\\_19.html](http://geotecnia-sor.blogspot.com.co/2010/11/consistencia-del-suelo-limites-de_19.html).

**Oxforddictionaries. 2017.** [Online] 2017. [Cited: 08 09, 2017.] <https://es.oxforddictionaries.com/>.

**Tolosa, Julieth Tatiana and Parrado, Breidy Julieth. 2017.** Determinación de la superficie específica en suelos caoliníticos y bentoníticos mediante la técnica de adsorción de agua destilada aplicando diferentes gradientes térmicos. Bogotá : s.n., 2017. 100

**RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN  
- RAE -**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
de Colombia  
Vigilada Mineducación

RIUCaC

**Villalaz, Carlos Crespo. 2004.** *Mecánica de suelos y cimentaciones.* s.l. : Limusa, 2004.

**Wikcionario. 2017.** [Online] 2017. [Cited: 08 09, 2017.]  
<https://es.wiktionary.org/wiki/Wikcionario:Portada>.

**wordreference. 2005.** WordReference.com. [Online] 2005. [Cited: 08 09, 2017.]  
<http://www.wordreference.com/>.

**LISTA DE ANEXOS:**

Anexo 1. Resultados limite líquido

Anexo 2. Resultados limite plástico

Anexo 3. Medidas de los conos de penetración y los recipientes