

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO

- **Objetivo.**

Determinar el límite líquido y límite plástico de una muestra de suelo

- **Referencia.**

- MTC E 110–2000
- MTC E 111–2000
- Norma Técnica Peruana 339.129
- ASTM– D4–318

- **Definiciones.**

- **Límites de Atterberg.**–

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua. Así un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido. La arcilla, por ejemplo al agregarle agua, pasa gradualmente del estado sólido al estado plástico y finalmente al estado líquido.

El contenido de agua con que se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro y en mecánica de suelos interesa fundamentalmente conocer el rango de humedades, para el cual el suelo presenta un comportamiento plástico, es decir, acepta deformaciones sin romperse (plasticidad), es decir, la propiedad que presenta los suelos hasta cierto límite sin romperse.

El método usado para medir estos límites de humedad fue ideado por Atterberg a principios de siglo a través de dos ensayos que definen los límites del estado plástico.

Los límites de Atterberg son propiedades índices de los suelos, con que se definen la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo.

- **Consistencia.**– Es la relativa facilidad con la cual el suelo puede ser deformado
- **Límite líquido (LL).**– contenido de humedad del suelo en el límite entre el estado semi-líquido y plástico.
- **Límite Plástico (LP).**– es el contenido de humedad del suelo en el límite entre los estados semi-sólidos y plástico
- **Suelo Plástico.**– Es un suelo que tiene un rango de contenido de humedad sobre el cual mantendrá su forma bajo secado.
- **Índice de plasticidad (ID)** Es la diferencia entre los límites líquido y plástico:

$$IP = LL - LP$$

- **Índice de liquidez.**– Es la relación expresada en porcentajes de (1) contenido de muestra natural de un suelo menos su limite plástico a (2) su índice de plasticidad
- **Numero de actividades (A).**– La relación de (1), el índice de plasticidad de un suelo a (2) el porcentaje en peso de las partículas que tengan un diámetro equivalente
- **Resumen del Método de Ensayo.** (La muestra del suelo deberá ser pasante de la mala No. 40 .)
- **El límite líquido.**– Se determina realizando pruebas en las cuales se esparce una porción de la muestra en una copa de bronce, dividida en dos por un ranurador y luego permitiendo que fluya debido a los impactos causados por las repetidas caídas de la copa en un dispositivo mecánico estándar. Se requiere realizar tres o

mas pruebas sobre un rango de contenidos de humedad y graficas o calcular la información de las pruebas para establece una relación a partir de la cual se determine el límite líquido.

- **Límite plástico.** – Se determina presionando y enrollando alternadamente a un hilo de 3.2 mm de diámetro (1/8), una porción pequeña de suelo plástico hasta que su contenido de humedad se reduzca hasta el punto en que el hilo se quiebre y no pueda ser mas presionado y enrollado. El contenido de humedad del suelo en este punto se reporta como el límite plástico.
- **Aparatos**
- **Dispositivo de limite plástico.**– también llamado Copas de Casa Grande, es un dispositivo mecánico consistente de una copa de bronce suspendida de un soporte una base de caucho duro.
- **Acanalador.**– Es una herramienta hecha de plástico o metal no corrosible.
- **Balanza.**– con una aproximación de 0.01 gr.



- **Contenedor para almacenaje.**– Para almacenar el espécimen de suelo preparado y prevenir la pérdida de humedad. Es adecuado un plato de porcelana, vidrio o plástico de 11.4 cm. (4 ½) de diámetro.



- **Placa de vidrio pulido.**– Una placa de vidrio pulido cuadrada de 30 cm. de lado con 1cm de espesor para enrollar los hilos de limite plástico.
- **Espátula.**– Con hoja flexible y dimensiones aproximadas de 2 cm. (¾), de ancho y 10 a 13 cm de longitud.



- **Frasco de lavado**, o contenedor similar para añadir cantidades controladas de agua al suelo y lavar los finos de las partículas gruesas.
- **Varilla de 3.2 mm de diámetro** para realizar comparaciones frecuentes con el hilo de suelos.



- **Estufa**



- **Procedimiento** Se utiliza únicamente la parte del suelo que pasa por la malla N° 40 (0.42 mm). Si la muestra contiene tamaños mayores que 0.42 mm, se deben eliminar los tamaños mayores evitando todo exceso de secamiento de la muestra, sea en el horno o en el aire. Se procede a agregar agua cuando sea necesario, revolver la muestra hasta obtener una pasta semi-líquida homogénea. Para los limos y suelos arenosos con poco contenido de arcilla el ensayo se podrá realizar inmediatamente después de agregar agua, siguiendo el procedimiento indicado en letra b. Para los limos arcillosos será necesario conservar la pasta aproximadamente 4 horas en un recipiente cubierto. Para las arcillas este tiempo deberá aumentarse a 15 o más horas para asegurar una humedad uniforme de la muestra.
- **Limite liquido (método de multipuntos)**.

En la práctica, el limite líquido se determina sabiendo que el suelo remoldado tiene una pequeña resistencia al corte (aprox. 0.02 kg/cm²) de tal modo que la muestra de suelo remoldado necesita de 25 golpes para cerrar en ½ pulgada dos secciones de una pasta de suelo de dimensiones especificadas más adelante.

- Separar y secar la cápsula de la máquina de Casagrande, asegurándose que ella se encuentre perfectamente limpia y seca antes del ensayo,
- Colocar entre 50 y 70 g de suelo en la cápsula, alisando la superficie a una altura de 1 cm con la espátula, cuidando de no dejar burbujas de aire en la masa de suelo,

- Usando el acanalador separar el suelo en dos mitades según el eje de simetría de la cápsula; para una arcilla, el surco se puede hacer de una vez; los limos pueden exigir 2 o 3 pasadas suaves antes de completarlo,
- Colocar la cápsula en su posición para el ensayo,
- Girar la manivela de manera uniforme a una velocidad de dos revoluciones/seg; continuar hasta que el surco se cierre en $\frac{1}{2}$ de longitud; anotar el número de golpes, cuando éste sea inferior a 40,
- Revolver el suelo de la cápsula con la espátula y repetir las operaciones (3) a (5), hasta que la diferencia entre los números de golpes para dos ensayos sucesivos no sea superior a 1 (para suelos especiales se pueden aceptar mayores diferencias); una diferencia mayor revela, por lo general, una falta de uniformidad en el contenido de humedad,
- Tomar una muestra de aproximadamente 5 g de suelo en la zona donde se cerró el surco y pesarla de inmediato para obtener su contenido de humedad,
- Vaciar el suelo en la cápsula agregando un poco de agua y revolver el material con la espátula; repetir etapas (1) a (7),
- Repetir etapas (1) a (8), 3 a 4 veces, hasta llegar a un número de golpes de 15 a 20.

• Límite plástico

El límite plástico es el contenido de humedad para el cual el suelo se fractura al ser amasado en bastoncitos de diámetro $\frac{1}{8}$ (3 mm) cuando se hace rodar una pequeña masa de suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa.

- Utilizar el material que queda del ensayo del límite líquido,
- En los suelos muy plásticos **IP** puede ser muy diferente de **IL**; para evitar excesivas demoras en el ensayo con los suelos muy plásticos, es necesario secar el material extendiéndolo sobre la placa de vidrio y remoldeándolo de vez en cuando; se le puede igualmente colocar sobre el horno (a temperatura baja), al sol, o bien debajo de una ampolleta eléctrica; en cualquier caso es necesario asegurarse que se seque de manera uniforme,
- Tomar una bolita de suelo de 1 cm³ y amasarla sobre el vidrio con la palma de la mano hasta formar bastoncitos de 3 mm de diámetro,
- Reconstruir la bolita de suelo, uniéndolo con fuerte presión de las puntas de los dedos y amasar nuevamente un bastoncito hasta llegar al límite plástico,
- El límite plástico, **IP**, corresponde al contenido de humedad para el cual un bastoncito de 3 mm, así formado, se rompe en trozos de 0.5 a 1 cm de largo, si no se está seguro de haber alcanzado **IP**, es recomendable amasar otra vez el bastoncito,
- Pesarlo inmediatamente el bastoncito así formado para determinar su contenido de humedad,
- Realizar 2 o 3 ensayos repitiendo etapas (2) a (5) y promediar, diferencias entre 2 ensayos de más de 2 % resultan objetables.

• Cálculos

- **Limite liquido.**— Calcular el contenido de humedad del suelo, expresado en porcentaje de del peso del suelo secado en el horno:

• Contenido de Humedad = $\frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo seco}} \times 100$

Peso del suelo secado en el horno

- ♦ Relacionar el contenido de humedad w, y el numero de golpes correspondiente
- ♦ Sobre una hoja semilogarítmica tomar el la escala aritmética el contenido de humedad y parte de la logarítmica el numero de golpes. Trazar la mejor línea recta que pase por tres o mas puntos
- ♦ Tomar el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la línea de los 25 golpes como limite liquido del suelo
- ♦ **Limite plástico.**— Calcular el promedio de dos contenidota de humedad, repetir si la diferencia entre los dos contenidos de humedad es mayor al rango aceptable para los dos resultados.

◊ Contenido de Humedad = $\frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo seco}} \times 100$

Peso del suelo secado en el horno

◊ **Ensayo Realizado el Laboratorio**

No de Golpes	37	28	21	15
Tarro No.	36	26	27	25
Suelo Humedo + Tarro	26,05	24,64	23,4	20,9
Suelo Seco + Tarro	23,77	22,08	20,8	18,46
Peso del agua	2,28	2,56	2,6	2,44
Peso del Tarro	13,95	11,91	11,87	10,3
Peso de Suelo seco	9,82	10,17	8,93	8,16
Humedad (%)	23,22	25,17	29,12	29,90
Tarro No.	21	23		
Suelo Humedo + Tarro	14,07	13,81		
Suelo Seco + Tarro	13,45	13,24		
Peso del agua	0,62	0,57		
Peso del Tarro	10,47	10,69		
Peso de Suelo seco	2,98	2,55		
Humedad (%)	20,81	22,35		

Limite liquido =

Limite plastico = 21.58