

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

GUÍA DE LABORATORIO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS

Contenido

1. RESUMEN:.....	2
2. MARCO TEÓRICO.....	2
3. MATERIALES REQUERIDOS	3
4. OBJETIVO.....	6
5. PROCEDIMIENTO	6
5.1. Procedimiento método A	8
5.2. Procedimiento método B	10
6. RESULTADOS	11
6.1. Método A	11
6.2. Método B	12
7. REFERENCIAS.....	13
8. RECOMENDACIONES	13

Lista de figuras

Figura 1. Aparato del límite líquido de operación manual.....	3
Figura 2. Calibración de la altura de caída.	4
Figura 3. Ranurador plano.	4
Figura 4. Balanza.	5
Figura 5. Calibrador de la altura de caída libre de la cazuela.....	6
Figura 6. Horno.....	6
Figura 7. Colocación del suelo dentro de la cazuela.	8
Figura 8. Ubicación correcta del ranurador para la formación de la ranura.	9
Figura 9. Ranura cerrada.	9

Lista de tablas

Tabla 1. Factores de corrección para obtener el límite líquido a partir de la humedad y del número de golpes que causan el cierre de la ranura	12
--	----

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

1. RESUMEN

En esta guía de laboratorio se describe el procedimiento para determinar el límite líquido en los cuales una porción de la muestra se esparce sobre una cazuela de bronce que se divide en dos partes con un ranurador, permitiendo que esas dos partes fluyan como resultado de los golpes recibidos por la caída repetida de la cazuela sobre una base normalizada, según la norma INVIAS E-125-13. Además de ello también se exponen los dos métodos por los que se puede calcular. También se encuentran descritos los instrumentos que se utilizarán y el proceso que se debe realizar para ejecutar la práctica.

2. MARCO TEÓRICO

Límites de Atterberg – Originalmente, Albert Atterberg definió seis “límites de consistencia” para los suelos finos: el límite superior del flujo viscoso, el límite líquido, el límite de pegajosidad, el límite de cohesión, el límite plástico y el límite de contracción. En el uso actual de la ingeniería el término se aplica solamente a los límites líquido y plástico y, en algunas referencias, también al límite de contracción. Los límites líquido y plástico de los suelos (junto con el límite de contracción) son mencionados a menudo en conjunto como límites de Atterberg. Estos límites dividen diferentes estados de consistencia de los suelos plásticos.

Consistencia – Facilidad relativa con la cual se puede deformar un suelo.

Límite líquido (LL, w_L) – Contenido de humedad del suelo, expresado en porcentaje, cuando se halla en el límite entre los estados líquido y plástico.

La determinación del límite líquido interviene en varios sistemas de clasificación de suelos, dado que contribuye en la caracterización de la fracción fina de los suelos. El límite líquido, solo o en conjunto con el límite plástico y el índice de plasticidad, se usa con otras propiedades del suelo para establecer correlaciones sobre su comportamiento ingenieril, tales como la compresibilidad, la permeabilidad, la compactabilidad, los procesos de expansión y contracción y la resistencia al corte.

Los límites líquido y plástico de un suelo, junto con su contenido de agua, se usan para calcular su consistencia relativa o índice de liquidez. Además, el índice de plasticidad,

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

junto con el porcentaje de partículas menores de 2 μm , brinda una idea aceptable de la actividad de la fracción fina de un suelo

3. MATERIALES REQUERIDOS

Aparato del límite líquido – Dispositivo mecánico, consistente en una cazuela de bronce, suspendida de un soporte diseñado para controlar su caída sobre la superficie de un bloque de material resiliente, que sirve como base del aparato. El cual puede ser operado manualmente o por medio de un motor eléctrico.



Figura 1. Aparato del límite líquido de operación manual. Fuente: Propia

Base – Bloque de un material que presente un rebote resiliente entre 77 y 90 %..

Patas de caucho – Para soportar la base, diseñadas para suministrar aislamiento dinámico de la base con respecto a la superficie de trabajo.

Cazuela (copa) – De bronce, con una masa de 185 a 215 g incluyendo el soporte de la copa.

Leva – Diseñada para elevar la copa de manera suave y continua hasta su altura máxima, sobre una distancia correspondiente a una rotación de la manija de, al menos, 180° sin desarrollar una velocidad ascendente o descendente de la cazuela cuando ésta es levantada por la leva (el movimiento preferido de la manija es el de una curva de levantamiento uniformemente acelerado).

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

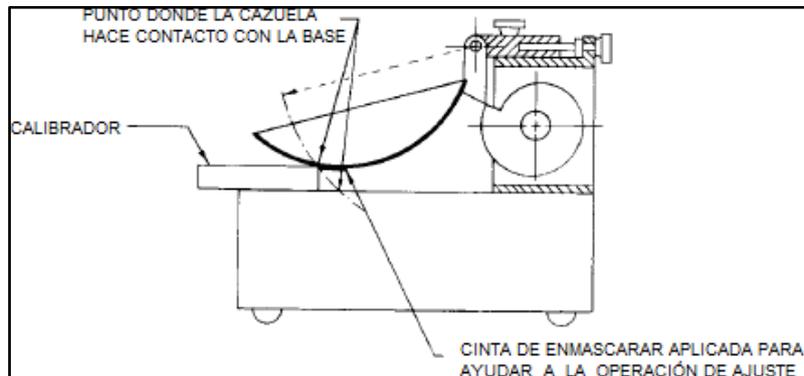


Figura 2. Calibración de la altura de caída. Fuente: INVIAS E-125-13

Soporte: Construido de manera que permita el ajuste conveniente y seguro de la altura de caída de la cazuela a 10 mm (0.394"), diseñado de manera que el conjunto de la cazuela y su manivela esté unido al soporte únicamente por medio de un pivote removible. En el dibujo de la Figura 2 se puede ver la definición y la determinación de la altura de caída de la cazuela.

Accionamiento por motor (opcional): Como alternativa a la manivela de operación manual, el dispositivo puede estar equipado con un motor que haga levantar la cazuela a 2 ± 0.1 revoluciones por segundo y que esté aislado del resto del aparato por soportes de caucho u otro medio que evite que la vibración del motor sea transmitida al resto del aparato.

Ranurador: Herramienta plan hecha de plástico o de un metal no corrosivo. El ranurador puede tener cualquier diseño, mientras se garantiza que se mantienen sus dimensiones esenciales. El ranurador puede tener, aunque no es obligatorio, un calibre para ajustar la altura de caída de la cazuela.



Figura 3. Ranurador plano. Fuente: propia

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

Recipientes para la determinación de la humedad: Recipientes pequeños, hechos de un material resistente a la corrosión, con tapas de ajuste de precisión. Se pueden usar latas de aluminio o de acero inoxidable de 25.4 mm (1") de altura por 50.8 mm (2") de diámetro. Se requiere un recipiente para cada determinación del contenido de agua.

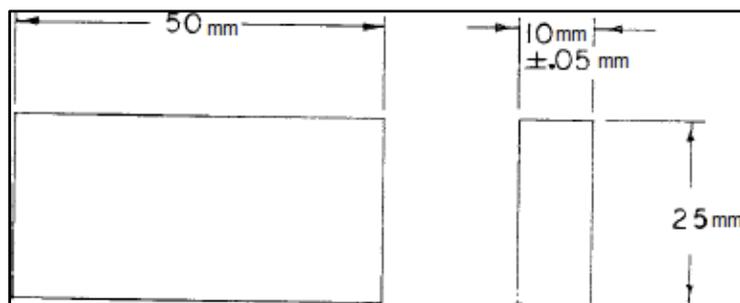
Balanza: Con legibilidad de 0.01 g.



Figura 4. Balanza. Fuente: Propia

Recipiente para mezclar y almacenar las muestras preparadas: Durante estas operaciones se debe impedir que la muestra pierda agua y que el recipiente contamine la muestra de cualquier manera. Al efecto, resulta apropiado un recipiente de plástico, vidrio o porcelana de 114 mm (4 ½") de diámetro y una bolsa plástica de tamaño suficiente para envolverlo completamente.

Calibrador: Bloque metálico para ajustar la altura de caída libre de la cazuela, cuyas dimensiones se presentan en la Figura 5. El diseño del calibrador puede variar, siempre que le permita apoyarse de manera firme sobre la base sin sufrir oscilaciones, y que el lado que hace contacto con la cazuela durante la operación de ajuste de la altura de caída libre de ésta sea recto, de no menos de 10 mm (3/8") de ancho y sin biseles o curvaturas.



 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

Figura 5. Calibrador de la altura de caída libre de la cazuela Fuente: INVIAS E-125-13

Espátula: Una espátula de hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3 a 4") de longitud y 20 mm ($\frac{3}{4}$ " de ancho.

Horno: Un horno termostáticamente controlado para el secado de las muestras, capaz de mantener temperaturas de $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$).



Figura 6. Horno. Fuente: propia

4. OBJETIVO

Este ensayo pretende determinar el límite líquido de los suelos y dar a conocer los dos métodos para preparar las muestras de prueba: Por vía húmeda y por vía seca, y los dos métodos para determinar el límite líquido.

5. PROCEDIMIENTO

Muestreo y elaboración del espécimen de ensayo

Las muestras deben ser representativas de los suelos cuyas características se desean conocer. Las muestras cuyos especímenes se van a preparar usando el método de

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

preparación húmeda se deben conservar con el contenido de agua con el cual fueron tomadas en el terreno hasta el instante de su preparación para el ensayo.

Espécimen: Se obtiene una porción representativa de la muestra, suficiente para suministrar de 150 a 200 g de material que pase el tamiz de 425 μm (No. 40). Las muestras que fluyen libremente, se pueden reducir por cuarteo.

Calibración del equipo

Verificación del desgaste

Aparato del límite líquido: Se comprueba que se encuentre limpio y en buen estado y se verifican los siguientes aspectos:

Desgaste de la base – El sitio de la base donde golpea la cazuela debe mostrar una huella de no más de 10 mm (3/8") de diámetro. Si es mayor, la base se debe maquinar para remover los rastros de desgaste, siempre que esta operación no haga que la base presente un espesor menor que el especificado y se mantengan las otras relaciones dimensionales.

Desgaste de la cazuela: La cazuela se debe reemplazar cuando la depresión debida al desgaste que produce el ranurador alcance 0.1 mm (0.004") o cuando su espesor original se haya reducido a la mitad. Se debe verificar que la cazuela se encuentre firmemente adherida al soporte.

Desgaste del soporte de la cazuela: Se debe verificar que su pivote no apriete y que no esté desgastado al punto de permitir un juego de más de 3 mm (1/8") en el punto más bajo del aro.

Desgaste de la leva: No podrá estar desgastada al punto de que la cazuela golpee la base antes de que el soporte de la cazuela pierda contacto con la leva.

Ranuradores: Se debe verificar su desgaste de manera regular. La rapidez del desgaste depende del material de su construcción y de los tipos de suelo sobre los cuales se emplean. Los suelos con contenidos significativos de arena fina propician el desgaste rápido; por lo tanto, cuando se ensayen materiales de esta clase, los ranuradores se deberán verificar con mayor frecuencia que cuando se emplean con otros suelos

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

Ajuste de la altura de caída libre de la cazuela: La altura se debe ajustar de manera que la parte de la cazuela que golpea la base se eleve a una altura de 10 ± 2 mm.

5.1. Procedimiento método A

Determinación del límite líquido con varios puntos de ensayo

Se remezcla completamente el espécimen, ajustando su contenido de agua para que adquiera la consistencia requerida para que sean necesarios entre 25 y 35 golpes de la cazuela para cerrar la ranura que se forma en el suelo. Se coloca una cantidad adecuada de suelo en la cazuela encima del punto donde ésta descansa en la base y se comprime y extiende con la espátula para nivelarla y, a la vez, dejarla con una profundidad de 10 mm en el punto de su máximo espesor. Se debe usar el menor número posible de pasadas con la espátula, evitando atrapar burbujas de aire en la masa de suelo. El suelo excedente se debe devolver al recipiente mezclador, el cual se debe tapar con el fin de retener la humedad de la muestra.

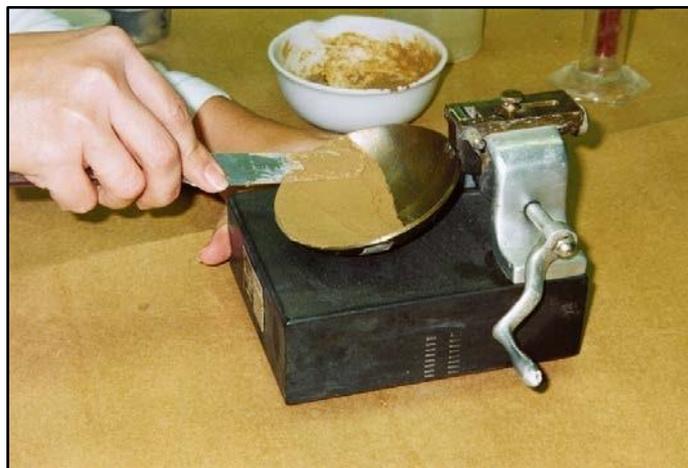


Figura 7. Colocación del suelo dentro de la cazuela. Fuente: INVIAS E-125-1

El suelo colocado sobre la cazuela de bronce se divide con una pasada firme del ranurador, hundiendo el lado biselado de éste hacia adelante en una línea que va desde el punto más alto hasta el más bajo del borde de la cazuela. Al hacer la ranura, se sostiene el ranurador contra la superficie de la cazuela y se forma un arco, manteniendo el ranurador perpendicular a la superficie de la cazuela durante su movimiento. En suelos en los que no se pueda hacer la ranura en una sola pasada sin desgarrarlos, la ranura se corta con varias pasadas del ranurador.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

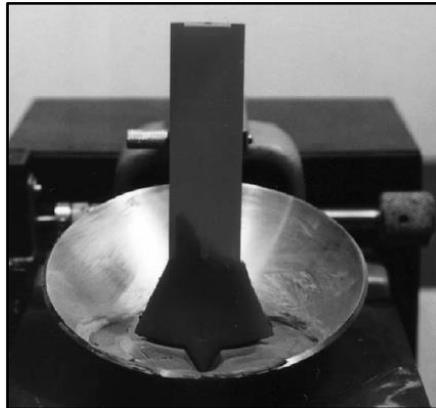


Figura 8. Ubicación correcta del ranurador para la formación de la ranura.

Fuente: INVIAS E-125-13

Se verifica que no haya restos de suelo ni en la base ni en la parte inferior de la cazuela. Entonces, se levanta y golpea la cazuela girando la manija a una velocidad de 1.9 a 2.1 revoluciones por segundo, hasta que las dos mitades de la pasta de suelo se pongan en contacto en el fondo de la ranura a lo largo de una distancia de cerca de 13 mm ($\frac{1}{2}$ "). Por ningún motivo se deberá sostener la base del equipo con una mano mientras se gira la manivela.



Figura 9. Ranura cerrada. Fuente: propia

Se debe verificar que la ranura no se haya cerrado de manera prematura a causa de una burbuja de aire atrapada en el suelo. Ello se hace observando que ambos lados de la ranura hayan fluido de manera similar. Si no fue así, se deberá reconfigurar el suelo en la cazuela, añadiendo una pequeña cantidad de éste para reponer la porción perdida durante el ranurado y se repiten los pasos.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

Si luego de varios ensayos con contenidos de agua sucesivamente mayores, la pasta de suelo se continúa deslizándose en la cazuela o si el número requerido de golpes para cerrar la ranura es siempre menor de 25, se informa que no es posible determinar el límite líquido y que el suelo es no plástico (NP), sin que sea necesario realizar el ensayo de límite plástico.

Se registra el número de golpes, N, requerido para cerrar la ranura en la longitud indicada. Se saca una tajada de suelo, aproximadamente del ancho de la espátula, tomando parte de uno y otro lado y en ángulo recto con la ranura, incluyendo la porción de ésta en la cual se hizo contacto y se coloca en un recipiente de masa conocida y se tapa

Se transfiere a la vasija de mezclado el suelo que sobró en la cazuela de bronce.

Se remezcla el suelo restante en la vasija, agregándole agua suficiente para ponerlo en un estado de mayor fluidez y se repiten los pasos. La finalidad de este procedimiento es obtener muestras con consistencias tales, que al menos una de las determinaciones del número de golpes requeridos para cerrar la ranura del suelo se halle en cada uno de los siguientes intervalos: 25–35; 20–30 y 15–25.

Se toma el recipiente con la porción de suelo, se pesa y se anota el valor obtenido. Se coloca en seguida dentro del horno a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$) hasta obtener una masa constante y se vuelve a pesar tan pronto como se haya enfriado y antes de que pueda haber absorbido humedad higroscópica. Se anota esta masa, así como la pérdida de masa debida al secado. La determinación de la masa inicial (recipiente más porción de suelo húmedo) se deberá realizar inmediatamente se termine el ensayo. Si éste se interrumpe por más de 15 minutos, la masa se deberá determinar en el momento de la interrupción.

5.2. Procedimiento método B

Determinación del límite líquido a partir de un solo punto de ensayo

Se procede como se ha indicado anteriormente, excepto que la humedad del suelo deberá corresponder a un número de golpes entre 20 y 30 para cerrar la ranura de suelo en la cazuela. Si al hacer la prueba se obtienen más de 30 golpes o menos de 20, se deberá ajustar la humedad del suelo y repetir el ensayo.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

Inmediatamente después de recoger la muestra para determinar la humedad, se recupera la forma del suelo en la cazuela añadiendo una pequeña cantidad de él para recuperar la cantidad perdida a causa del ranurado y de la toma de la porción para hallar la humedad, y se repiten los pasos.

Si el cierre de la segunda ranura requiere el mismo número de golpes que la primera o no hay más de dos golpes de diferencia, se toma una porción del suelo para verificar su humedad. Si la diferencia es de más de dos golpes, el suelo se deberá remezclar en su totalidad y se repetirá el procedimiento, hasta que el número de golpes requerido para el cierre de la ranura entre una y otra prueba no difiera en más de dos.

6. RESULTADOS

6.1. Método A

Se calcula el contenido de agua de cada porción del suelo, expresándolo como porcentaje de la masa del suelo secado en el horno, como sigue:

$$\text{Contenido de agua} = \frac{\text{Masa del agua}}{\text{Masa del suelo secado al horno}} * 100$$

Preparación de la curva de fluidez – La "curva de fluidez", que representa la relación entre el contenido de humedad y el correspondiente número de golpes de la cazuela de bronce, se dibuja en un gráfico semi-logarítmico, con el contenido de agua como ordenada en la escala aritmética y el número de golpes como abscisa en la escala logarítmica. La curva de fluidez es una línea recta promedio que pasa tan cerca, como sea posible, de los tres o más puntos dibujados.

Límite líquido – El contenido de agua correspondiente a la intersección de la curva de fluidez con la abscisa de 25 golpes se toma como Límite Líquido del suelo y se redondea al número entero más cercano.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

6.2. Método B

Se calcula el contenido de agua de cada porción del suelo, expresándolo como porcentaje de la masa del suelo secado en el horno, como sigue:

Se calcula el contenido de humedad de cada porción del suelo, de la misma manera descrita para las muestras del método A

Se calcula el límite líquido de cada porción con alguna de las dos fórmulas siguientes:

$$LL_N = W_N * \frac{N^{0.121}}{25} \quad LL_N = K * K_N$$

Donde:

LL_N: Límite líquido a partir de un punto, para un tanteo, %;

N:= Número de golpes para que se cierre la ranura en un tanteo; w_N: Contenido de agua para un tanteo;

K: Factor de corrección

Tabla 1. Factores de corrección para obtener el límite líquido a partir de la humedad y del número de golpes que causan el cierre de la ranura

Número de golpes n	Factor para límite líquido k
20	0.973
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

30

1.022

Fuente: INVIAS E-125-13

Se tomará como límite líquido del suelo el promedio de los valores obtenidos en los dos tanteos, valor que se deberá aproximar al entero más cercano. Si la diferencia entre los dos valores redondeados es mayor de uno (1), se repetirán el procedimiento descrito.

7. REFERENCIAS

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Determinación del límite líquido de los suelos: I.N.V. E -125-13.

8. RECOMENDACIONES

Verificar el estado de los elementos antes de utilizarlos, tener cuidado al momento de manipular los equipos y materiales, dejar los elementos utilizados en la práctica limpios y en completo orden.