

**LIBRO:** **MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES**

**PARTE:** **1. SUELOS Y MATERIALES PARA TERRACERÍAS**

**TÍTULO:** **02. Clasificación de Fragmentos de Roca y Suelos**

**A. CONTENIDO**

Este Manual describe el procedimiento para clasificar los materiales para terracerías a que se refieren las Normas N-CMT-1-01, *Materiales para Terraplén*, N-CMT-1-02, *Materiales para Subyacente* y N-CMT-1-03, *Materiales para Subrasante*, de acuerdo con pruebas índice realizadas en campo y en laboratorio.

**B. OBJETIVO**

Clasificar los materiales para terracerías, que pueden ser fragmentos de roca o suelos, mediante pruebas índice, que permiten estimar algunas de las propiedades físicas y mecánicas del material y, con base en éstas, determinar su tipo de acuerdo con un sistema de clasificación de fragmentos de roca y suelos previamente definido.

**C. REFERENCIAS**

Este Manual se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Materiales para Terraplén .....	N-CMT-1-01
Materiales para Subyacente .....	N-CMT-1-02
Materiales para Subrasante .....	N-CMT-1-03
Granulometría de Materiales Compactables para Terracerías .....	M-MMP-1-06
Límites de Consistencia .....	M-MMP-1-07

**D. CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL DE ACUERDO CON SUS PROPIEDADES ÍNDICE**

En esta Cláusula se describe el sistema de clasificación de los fragmentos de roca y de los suelos que se utilicen para terracerías.

**D.1. CLASIFICACIÓN DE FRAGMENTOS DE ROCA**

Los fragmentos de roca son todos aquellos cuyo tamaño está comprendido entre 7,5 cm (3") y 200 cm. Según su tamaño se clasifican como se señala en la Tabla 1 de este Manual.

Los fragmentos de roca se identifican por su tamaño, forma, textura superficial y grado de alteración, utilizando para ello las características que se indican en la Tabla 2 de este Manual.

TABLA 1.- Clasificación de los fragmentos de roca

Tipo	Subtipos	Identificación	Símbolo de grupo
Fragmentos de roca (tamaños mayores de 7,5 cm y menores de 2 m)	Grandes (mayores de 75 cm y menores de 2 m)	Fragmentos grandes, con menos del 10% de otros fragmentos o de suelo.	Fg
		Fragmentos grandes mezclados con fragmentos medianos, predominando los grandes, con menos del 10% de fragmentos chicos o de suelo.	Fgm
		Fragmentos grandes mezclados con fragmentos chicos, predominando los grandes, con menos del 10% de fragmentos medianos o de suelo.	Fgc
		Fragmentos grandes mezclados con fragmentos medianos y chicos, predominando los grandes sobre los medianos y éstos sobre los chicos, con menos del 10% de suelo.	Fgmc
		Fragmentos grandes mezclados con fragmentos chicos y medianos, predominando los grandes sobre los chicos y éstos sobre los medianos, con menos del 10% de suelo.	Fgcm
	Medianos (mayores de 20 cm y menores de 75 cm)	Fragmentos medianos, con menos del 10% de otros fragmentos o de suelo.	Fm
		Fragmentos medianos mezclados con fragmentos grandes, predominando los medianos sobre los grandes, con menos del 10% de fragmentos chicos o de suelo.	Fmg
		Fragmentos medianos mezclados con fragmentos chicos, predominando los medianos sobre los chicos, con menos del 10% de fragmentos grandes o de suelo.	Fmc
		Fragmentos medianos mezclados con fragmentos grandes y chicos, predominando los medianos sobre los grandes y éstos sobre los chicos, con menos del 10% de suelo.	Fmgc
		Fragmentos medianos mezclados con fragmentos chicos y grandes, predominando los medianos sobre los chicos y éstos sobre los grandes, con menos del 10% de suelo.	Fmcg
	Chicos (mayores de 7,5 cm y menores de 20 cm)	Fragmentos chicos, con menos del 10% de otros fragmentos o de suelo.	Fc
		Fragmentos chicos mezclados con fragmentos grandes, predominando los chicos, con menos del 10% de fragmentos medianos o de suelo.	Fcg
		Fragmentos chicos mezclados con fragmentos medianos, predominando los chicos, con menos del 10% de fragmentos grandes o de suelo.	Fcm
		Fragmentos chicos mezclados con fragmentos grandes y medianos, predominando los chicos sobre los grandes y éstos sobre los medianos, con menos del 10% de suelo.	Fcgm
		Fragmentos chicos mezclados con fragmentos medianos y grandes, predominando los chicos sobre los medianos y éstos sobre los grandes, con menos del 10% de suelo.	Fcmg

TABLA 2.- Características de los fragmentos de roca

<b>Forma</b>	Redondeada Subredondeada Angulosa Lajeada Acicular <sup>[1]</sup>
<b>Textura</b> <sup>[2]</sup>	Lisa Rugosa Muy rugosa
<b>Grado de alteración</b>	Sanos Alterados Muy alterados

[1] En forma de aguja.

[2] Cuando los fragmentos sean francamente porosos se hará notar también esta característica.

## D.2. CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON BASE EN EL SISTEMA SUCS

Los suelos son materiales con partículas de tamaño menor de 7,5 cm (3"). Se clasifican como se indica en la Tabla 3 de este Manual y se explica a continuación, con base en su composición granulométrica determinada mediante los procedimientos indicados en el Manual M-MMP-1-06, *Granulometría de Materiales Compactables para Terracerías*, y en sus características de plasticidad, representada por los límites de consistencia determinados de acuerdo con lo indicado en el Manual M-MMP-1-07, *Límites de Consistencia*.

Los suelos se clasifican como *suelos gruesos* cuando más del 50% de sus partículas son de tamaño mayor que 0,075 mm (malla N°200) y como *suelos finos* cuando el 50% de sus partículas o más, son de tamaño menor.

### D.2.1. Suelos gruesos

**D.2.1.1.** Los suelos gruesos se clasifican como *grava* cuando más del 50% de las partículas de la fracción gruesa tienen tamaño mayor que 4,75 mm (malla N°4) y como *arena* cuando el 50% de las partículas o más de la fracción gruesa, son de tamaño menor.

**D.2.1.2.** La grava se identifica con el símbolo G (Gravel) y la arena con el símbolo S (Sand). Ambas a la vez se subdividen en ocho subgrupos:

**a) Grava o arena bien graduada (GW o SW)**

Si el material contiene hasta 5% de finos, cuando se trate de una grava cuyo coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ) es mayor de 4 y su coeficiente de curvatura ( $C_c$ ) esté entre 1 y 3, determinados como se indica en el Inciso D.4.7. del Manual M-MMP-1-06, *Granulometría de Materiales Compactables para Terracerías*, se clasifica como *grava bien graduada* y se identifica con el símbolo GW. Cuando se trate de una arena cuyo coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ) es mayor de 6 y su coeficiente de curvatura ( $C_c$ ) esté entre 1 y 3, se clasifica como *arena bien graduada* y se identifica con el símbolo SW.

**b) Grava o arena mal graduada (GP o SP)**

Si el material contiene hasta 5% de finos y sus coeficientes de uniformidad y curvatura ( $C_u$  y  $C_c$ , respectivamente), no cumplen con lo indicado en el Punto anterior, se clasifica como *grava mal graduada* o *arena mal graduada*, según corresponda y se identifica con los símbolos GP o SP, respectivamente.

**c) Grava o arena limosa (GM o SM)**

Si el material contiene más de 12% de finos y estos son limo de acuerdo con lo indicado en el Párrafo D.2.2.1. de este Manual, se clasifica como *grava limosa* o *arena limosa*, según corresponda y se identifica con los símbolos GM o SM, respectivamente.

**d) Grava o arena arcillosa (GC o SC)**

Si el material contiene más de 12% de finos y estos son arcilla de acuerdo con lo indicado en el Párrafo D.2.2.2. de este Manual, se clasifica como *grava arcillosa* o *arena arcillosa*, según corresponda y se identifica con los símbolos GC o SC, respectivamente.

TABLA 3.- Clasificación de suelos con base en el SUCS

Tipo	Sub-Tipos		Identificación		Símbolo de Grupo		
Suelos (partículas menores de 7,5 cm)	SUELOS GRUESOS Más de la mitad del material se retiene en la malla N°200 (0,075 mm)	GRAVA Más de la mitad de la fracción gruesa se retiene en la malla N°4	GRAVA LIMPIA	Grava bien graduada; mezcla de grava y arena con poco o nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ) mayor de 4 y un coeficiente de curvatura ( $C_c$ ) entre 1 y 3 <sup>[1]</sup>	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	GW	
			(Poco o nada de partículas finas)	Grava mal graduada; mezcla de grava y arena con poco o nada de finos. No satisface los requisitos de graduación para GW.	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	GP	
			GRAVA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Grava limosa; mezcla de grava, arena y limo.	Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como ML o MH (véanse abajo los grupo ML y MH)	GM	
				Grava arcillosa; mezclas de grava, arena y arcilla	Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como CL o CH (véanse abajo los grupo CL y CH)	GC	
			ARENA Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla N°4	ARENA LIMPIA	Arena bien graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ) mayor de 6 y un coeficiente de curvatura ( $C_c$ ) entre 1 y 3 <sup>[1]</sup>	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	SW
				(Poco o nada de partículas finas)	Arena mal graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos. No satisface los requisitos de graduación para SW.	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	SP
	ARENA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Arena limosa; mezcla de arena, grava y limo.		Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como ML o MH (véanse abajo los grupo ML y MH)	SM		
		Arena arcillosa; mezclas de arena, grava y arcilla		Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como CL o CH (véanse abajo los grupo CL y CH)	SC		
	SUELOS FINOS Más de la mitad del material pasa la malla N°200 (0,075 mm)	LIMO Y ARCILLA Límite líquido	Menor de 50%	Limo de baja compresibilidad; mezcla de limo de baja plasticidad, arena y grava; polvo de roca. Se localiza dentro de la zona I de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	ML		
				Arcilla de baja compresibilidad; mezcla de arcilla de baja plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona II de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	CL		
				Limo orgánico de baja compresibilidad; mezcla de limo orgánico de baja plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona I de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	OL		
			Mayor de 50%	Limo de alta compresibilidad; mezcla de limo de alta plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona III de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	MH		
				Arcilla de alta compresibilidad; mezcla de arcilla de alta plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona IV de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	CH		
				Limo orgánico de alta compresibilidad; mezcla de limo orgánico de alta compresibilidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona III de la Carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	OH		
ALTAMENTE ORGÁNICOS	Turba, fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa.		P <sub>t</sub>				

[1] Los coeficientes de uniformidad ( $C_u$ ) y de curvatura ( $C_c$ ), que se utilizan para determinar la graduación de los suelos GW, GP, SW y SP están dados por las siguientes expresiones:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}, \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

Donde  $D_{10}$ ,  $D_{30}$  y  $D_{60}$  son los tamaño de las partículas para el cual el 10, 30 y 60% en masa del material es menor que esos tamaños, respectivamente, determinados gráficamente de la curva granulométrica como se indica en el Manual M-MMP-1-06, *Granulometría de Materiales Compactables para Terracerías*.

**e) Grava o arena bien graduada limosa (GW-GM o SW-SM)**

Si el material contiene entre 5 y 12% de finos y estos son limo de acuerdo con lo indicado en el Párrafo D.2.2.1. de este Manual, cuando se trate de una grava bien graduada, se clasifica como *grava bien graduada limosa* y se identifica con el símbolo GW-GM. Cuando se trate de una arena bien graduada, se clasifica como *arena bien graduada limosa* y se identifica con el símbolo SW-SM.

**f) Grava o arena mal graduada limosa (GP-GM o SP-SM)**

Si la grava o la arena son mal graduadas, contienen entre 5 y 12% de finos y estos son limo de acuerdo con lo indicado en el Párrafo D.2.2.1. de este Manual, se clasifican como *grava mal graduada limosa* o *arena mal graduada limosa*, según corresponda y se identifican con los símbolos GP-GM o SP-SM, respectivamente.

**g) Grava o arena bien graduada arcillosa (GW-GC o SW-SC)**

Si la grava o la arena son bien graduadas, contienen entre 5 y 12% de finos y estos son arcilla de acuerdo con lo indicado en el Párrafo D.2.2.2. de este Manual, se clasifican como *grava bien graduada arcillosa* o *arena bien graduada arcillosa*, según corresponda y se identifican con los símbolos GW-GC o SW-SC, respectivamente.

**h) Grava o arena mal graduada arcillosa (GP-GC o SP-SC)**

Si la grava o la arena son mal graduadas, contienen entre 5 y 12% de finos y estos son arcilla de acuerdo con lo indicado en el Párrafo D.2.2.2. de este Manual, se clasifican como *grava mal graduada arcillosa* o *arena mal graduada arcillosa*, según corresponda y se identifican con los símbolos GP-GC o SP-SC, respectivamente.

**D.2.2. Suelos finos**

Los suelos finos se clasifican según sus características de plasticidad, en:

**D.2.2.1. Limo (M)**

El suelo fino se clasifica como *limo* cuando su límite líquido ( $\omega_L$ ) y su índice plástico ( $I_p$ ), determinados como se indica en el Manual M-MMP-1-07, *Límites de Consistencia*, definen un punto ubicado en las zonas I o III de la Carta de plasticidad que se muestra en la Figura 1 de este Manual y se identifica con el símbolo M (del sueco *mo* y *mjala*). Si dicho punto se aloja en la zona I, el material se clasifica como *limo de baja compresibilidad* y se identifica con el símbolo ML; si se ubica en la zona III, se clasifica como *limo de alta compresibilidad* y se identifica con el símbolo MH.

Si el material contiene una cantidad apreciable de materia orgánica y el punto definido por su límite líquido ( $\omega_L$ ) y su índice plástico ( $I_p$ ) se ubica cercano y por debajo de la línea A de la Carta de plasticidad, se clasifica como *limo orgánico de baja compresibilidad* si su límite líquido ( $\omega_L$ ) es menor de 50% y se identifica con el símbolo OL, o como *limo orgánico de alta compresibilidad* si su límite líquido ( $\omega_L$ ) es mayor y se identifica con el símbolo OH.

**D.2.2.2. Arcilla (C)**

El suelo fino se clasifica como *arcilla* cuando su límite líquido ( $\omega_L$ ) y su índice plástico ( $I_p$ ), determinados como se indica en el Manual M-MMP-1-07, *Límites de Consistencia*, definen un punto ubicado en las zonas II o IV de la Carta de plasticidad que se muestra en la Figura 1 de este Manual y se identifica con el símbolo C (Clay). Si dicho

punto se aloja en la zona II, el material se clasifica como *arcilla de baja compresibilidad* y se identifica con el símbolo CL, si se ubica en la zona IV, se clasifica como *arcilla de alta compresibilidad* y se identifica con el símbolo CH.

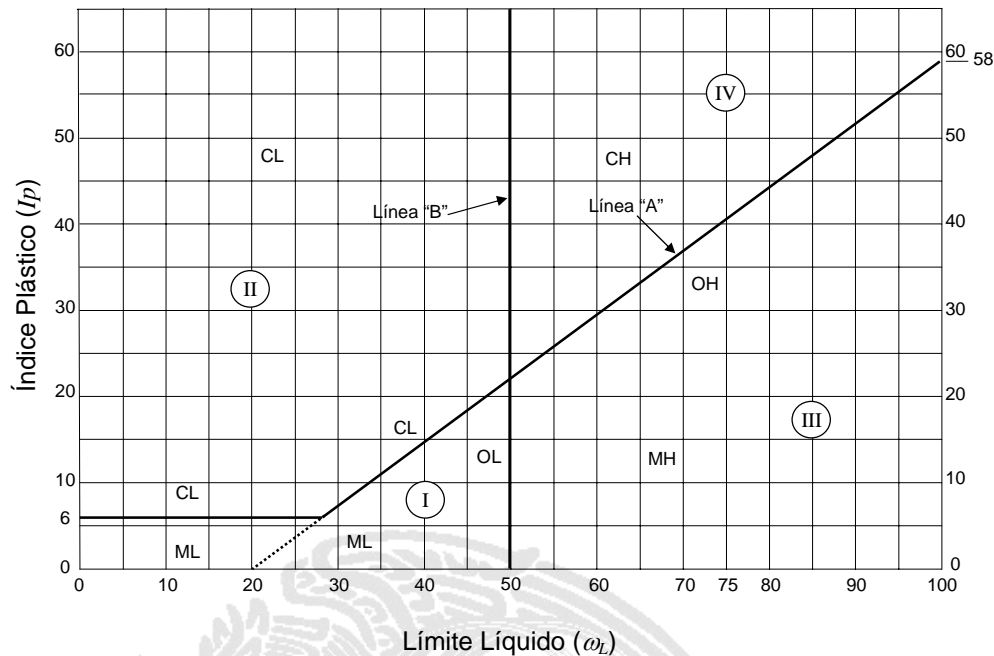


FIGURA 1.- Carta de plasticidad

#### D.2.2.3. Altamente orgánicos ( $P_t$ )

El suelo fino se clasifica como *altamente orgánico* cuando se identifica por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa; se le denomina *turba* y se identifica con el símbolo  $P_t$ .

### D.3. CLASIFICACIÓN DE CAMPO

La clasificación de los fragmento de roca y de los suelos en campo se realiza en forma visual, por lo que se requiere experiencia para clasificar los diferentes materiales. La experiencia se obtiene mediante la enseñanza de quien ya la tiene y comparando las clasificaciones hechas en campo con las obtenidas en el laboratorio. Para la clasificación de campo se utiliza el formato que se muestra en la Tabla 4 de este Manual y se procede como sigue:

#### D.3.1. Clasificación de campo de fragmentos de roca

Se estiman los porcentajes de tamaños de los fragmentos de roca, tomando en cuenta la dimensión mayor de los fragmentos, de la siguiente manera:

- D.3.1.1. Según su tamaño los fragmentos se agrupan como se indica en la Tabla 5.
- D.3.1.2. Se determinan en forma aproximada los porcentajes, en volumen, de cada uno de los grupos indicados en el Párrafo anterior con relación al volumen total y con ellos se clasifican los fragmentos de acuerdo con lo indicado en la Tabla 1 de este Manual.
- D.3.1.3. Se estima en los fragmentos de los diferentes grupos, la forma, textura de la superficie y grado de alteración, utilizando para describirlos los adjetivos indicados en la Tabla 2 de este Manual.



**TABLA 4.- Reporte de clasificación de campo**

CLASIFICACIÓN DE CAMPO DE FRAGMENTOS DE ROCA Y SUELOS	
Obra: _____	Fecha: _____
Localización: _____	Laboratorista: _____
Muestra: _____	Fragmentos de roca ( $v_r$ ): _____ (% volumen)
Sondeo: _____ Profundidad: _____	Suelos ( $v_s$ ): _____ (% volumen)

**FRAGMENTOS DE ROCA**

Características	T a m a ñ o s		
	Chicos (de 7,5 a 20 cm)	Medianos (de 20 a 75 cm)	Grandes (de 75 a 200 m)
Porcentaje (en volumen)			
Forma (Redondeada, subredondeada, angulosa, lajeada, acicular)			
Textura superficial (lisa, rugosa, muy rugosa)			
Grado de alteración (sano, alterado o muy alterado)			
Clasificación petrográfica: _____			
Clasificación de los fragmentos: _____ (con base en la Tabla 1 de este Manual)			

**S U E L O S**

Tamaño máximo: _____ (mm)	Dilatancia (rápida, lenta o nula): _____
Grava: _____ (% en masa)	Tenacidad (alta, media o nula): _____
Arena: _____ (% en masa)	Resistencia en el estado seco (alta, media o nula): _____
Finos: _____ (% en masa)	Color: _____
	Olor: _____
	Clasificación de finos: _____
Clasificación del suelo: _____ (con base en la Tabla 6 de este Manual)	

Clasificación del material: _____
-----------------------------------

- Los porcentajes en volumen de los diferentes fragmentos de roca que contenga un material, se determinará en forma estimativa.

**TABLA 5.- Tamaño de los fragmentos de roca**

Designación	Grupo de tamaños (mayor dimensión de la partícula) cm
Chico	de 7,5 a 20
Mediano	de 20 a 75
Grande	de 75 a 200

**D.3.2. Clasificación de campo de suelos**

La clasificación de los suelos en campo, se hace considerando su granulometría, plasticidad, color y olor, como sigue:

### D.3.2.1. Granulometría

Se extiende una muestra seca del material con tamaño menor de 7,5 cm, sobre una superficie plana con el propósito de estimar, en forma aproximada, los porcentajes de los tamaños de las partículas, forma y composición mineralógica. Para distinguir la grava de la arena se usa el tamaño de 5 mm como equivalente a la malla N°4 y para los finos basta considerar que las partículas del tamaño correspondiente a la malla N°200 son aproximadamente las más pequeñas que pueden distinguirse a simple vista. Para esto se procede como sigue:

- a) Se determina el tamaño de la partícula mayor, que se considera como tamaño máximo.
- b) Según su tamaño las partículas de material se agrupan en:
  - Partículas mayores de 5 mm (grava)
  - Partículas comprendidas entre las de menor tamaño que pueda observarse a simple vista y 5 mm (arena)
  - Partículas del menor tamaño que se pueda observar a simple vista (finos)
- c) Se determinan en forma aproximada los porcentajes de cada uno de los grupos mencionados en el Punto anterior con relación al volumen total y con ellos se clasifica el suelo como grava, arena, fino o sus mezclas, de acuerdo con el criterio indicado en la Tabla 6 de este Manual.
- d) Cuando se aprecia que las partículas de menor tamaño del que puede observarse a simple vista constituyen menos del 12% del volumen total, se estima la graduación del material, como *bien graduada* cuando se observe una amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios, y como *mal graduada* cuando se observe la predominancia de un tamaño o de un rango de tamaños, faltando algunos intermedios.
- e) Cuando se aprecia que las partículas de menor tamaño que pueden observarse a simple vista constituyen más del 5% del volumen total, para identificar el grupo fino del material, se toma la fracción del material que pasa la malla N°40 (0,425 mm); si no se dispone de esta malla, el cribado puede sustituirse por una separación manual equivalente y se procede como se indica en los Párrafos D.3.2.2. a D.3.2.6.

### D.3.2.2. Dilatación

- a) De la fracción que pasa la malla N°40 se toma una porción de aproximadamente 10 cm<sup>3</sup> y se deposita en la mano donde se le agrega agua en cantidad tal que, al amasarla se obtenga una mezcla de consistencia suave que no presente flujo. Si al efectuar esta operación se excede la cantidad de agua agregada, la mezcla se extiende en la mano y se forma con ella una capa delgada que permita la pérdida por evaporación del exceso de agua.
- b) Una vez que la mezcla ha obtenido la consistencia deseada, se forma con ella una pastilla como la que se muestra en la Figura 2 de este Manual.



**TABLA 6.- Clasificación aproximada de suelos en el campo**

Tipo de suelo				Símbolo de grupo [1]	Denominación común	
<b>SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS [2]</b> Más de la mitad del material es de tamaño mayor que el mínimo que se puede observar a simple vista	<b>G R A V A</b> Más de la mitad de la fracción gruesa es mayor de 5 mm (malla N°4) [3]	Menos del 5% respecto al total son partículas del tamaño mínimo que se puede observar a simple vista	Amplio rango en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios.	GW	Grava bien graduada, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos.	
			Predominio de un tamaño o un rango de tamaños con ausencia de algunos tamaños intermedios.	GP	Grava mal graduada, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos.	
		Más del 12% respecto al total son partículas del tamaño mínimo que se puede observar a simple vista	Fracción fina no plástica (para identificación véase grupo ML, abajo)	GM	Grava limosa, mezclas de grava, arena y limo, mal graduadas.	
			Fracción fina plástica (para identificación véase grupo CL, abajo)	GC	Grava arcillosa, mezclas de grava, arena y arcilla, mal graduadas.	
	<b>A R E N A</b> Más de la mitad de la fracción gruesa es menor de 5 mm (malla N°4) [3]	Menos del 5% respecto al total son partículas del tamaño mínimo que se puede observar a simple vista	Amplio rango de los tamaños de partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios.	SW	Arena bien graduada, arena con grava y poco o nada de finos.	
			Predominio de un tamaño o un rango de tamaños con ausencia de algunos tamaños intermedios.	SP	Arena mal graduada, arena con grava y poco o nada de finos.	
		Más del 12% respecto al total son partículas del tamaño mínimo que se puede observar a simple vista	Fracción fina no plástica (para identificación véase grupo ML, abajo)	SM	Arena limosa, mezclas de arena, grava y limo.	
			Fracción fina plástica (para identificación véase grupo CL, abajo)	SC	Arena arcillosa, mezclas de arena, grava y arcilla.	
<b>SUELOS DE PARTICULAS FINAS</b> Más de la mitad del material son partículas menores que el tamaño mínimo que se puede observar a simple vista [4]	<b>Identificación de la fracción que pasa la malla N°40 ( 0,425 mm)</b>					
	<b>L I M O Y A R C I L L A</b>	<b>Dilatancia</b>	<b>Tenacidad</b>	<b>Resistencia en estado seco</b>		
		Rápida	Nula	Nula	ML	Limo y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa.
		Lenta	media	nula	MH	Limo de alta compresibilidad, limo micaceo o diatomeo.
		Lenta a nula	Media	Media	CL	Arcilla de baja o mediana compresibilidad, arcilla con grava, arcilla arenosa.
		Nula	Alta	Alta	CH	Arcilla de alta compresibilidad.
		Rápida	Media	Media	OL	Limo orgánico de baja compresibilidad.
		Rápida a lenta	Media	Media	OH	Limo orgánico de alta compresibilidad.
<b>Suelos altamente orgánicos</b>	Fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa.			Pt	Turba.	

[1] Tratándose de suelos con partículas gruesas, en que el por ciento en masa que pasa la malla N°200 queda comprendido entre 5 y 12%, son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles, como por ejemplo *GW-GC* que corresponde a una mezcla de grava y arena bien graduada con arcillosa, o *SW-SM* que corresponde a una arena bien graduada limosa.

[2] Las cantidades y porcentajes que se manejan son en volumen

[3] Puede considerarse 5 mm como equivalente a la abertura de la malla N°4

[4] Se estima que las partículas más pequeñas apreciables a simple vista corresponden al tamaño de 0,075 mm (malla N°200)



FIGURA 2.- Formación de la pastilla de prueba para determinar la dilatancia

- c) Con la palma de la mano ligeramente contraída se sujeta suavemente la pastilla y se sacude en dirección horizontal, golpeando varias veces y en forma vigorosa la mano que la contiene contra la otra mano, a fin de provocar la salida del agua a la superficie, lo cual queda de manifiesto cuando dicha superficie toma una apariencia lustrosa. Al ocurrir esto, se presiona ligeramente la pastilla con los dedos para provocar que el agua desaparezca de la superficie y ésta pierda su lustre.
- d) Se estima la rapidez con que la superficie de la pastilla toma la apariencia lustrosa al golpear, así como la rapidez con que desaparece ese lustre al presionarla. Se reporta la dilatancia como:
- Rápida
  - Lenta
  - Nula

Una dilatancia rápida es típica de arena fina y de arena limosa (SM) no plástica, así como de algunos limos inorgánicos (ML). Una dilatancia extremadamente lenta o nula es típica de la arcilla (CL o CH).

#### D.3.2.3. Tenacidad

- a) De la pastilla a que se refiere el Punto b) del Párrafo anterior, se toma una porción y se rola con la mano hasta formar un pequeño rollo de aproximadamente 3 mm de diámetro. Se reamasa el material y se forma nuevamente el rollo, repitiéndose esta operación varias veces para que material pierda el exceso de agua y el rollo se fragmente, lo que indica que el suelo ha alcanzado un contenido de agua similar al del límite plástico ( $\omega_p$ ).
- b) Se estima el tiempo necesario para que el material alcance el contenido de agua correspondiente al límite plástico, así como la resistencia que opone a ser comprimido el rollo. La tenacidad se reporta como:
- Nula (Tiempo corto y resistencia muy pequeña)
  - Media (tiempo medio y resistencia media)

- Alta (Tiempo largo y resistencia alta)

Una tenacidad alta es típica de la arcilla (CL o CH), mientras más alta sea la tenacidad, el material será más compresible. Una tenacidad media o nula es típica de limo y limo orgánico.

#### **D.3.2.4. Resistencia en estado seco**

- a) De la fracción que pasa la malla N°40 se toma una porción de material, y se forma una pastilla de aproximadamente 4 cm de diámetro y 1 cm de espesor, como se muestra en la Figura 3 de este Manual.
- b) La pastilla se coloca en un medio adecuado para que pierda lentamente su contenido de agua, hasta que se aprecie visiblemente seca; posteriormente se rompe y se desmorona con los dedos. Si al romper la pastilla se observa que aun contiene agua, se continúa con el secado del material y posteriormente se rompen y desmoronan las fracciones.
- c) Se estima la dificultad que presenta la pastilla a romperse y desmoronarse; de acuerdo con lo anterior se reporta la resistencia en estado seco como:
  - Nula
  - Media
  - Alta

Una alta resistencia en estado seco es característica de una arcilla de alta compresibilidad (CH). Una resistencia en estado seco nula es típica de un limo (ML o MH).

#### **D.3.2.5. Color**

El color del suelo suele ser un dato útil para diferenciar los distintos estratos y para identificar tipos de suelo, cuando se posee experiencia. Existen algunos criterios relativos al color, por ejemplo, el color oscuro suele ser indicativo de la presencia de materia orgánica o de su naturaleza básica (ferromagnesianos), y los colores claros y brillantes son más bien propios de suelos ácidos (sílices).

#### **D.3.2.6. Olor**

Los suelos orgánicos (OL y OH) tienen por lo general un olor distintivo, que puede usarse para su identificación. El olor es particularmente intenso si el suelo está húmedo y disminuye con la exposición al aire, aumentando, por lo contrario, con el calentamiento de la muestra húmeda. Los suelos altamente orgánicos (Turba) prenden estando secos.

### **D.3.3. Clasificación de campo de mezclas de fragmentos de roca y suelos**

- D.3.3.1.** Con toda la información obtenida como se indica en las Fracciones D.3.1. y D.3.2., y anotada en el formato que se muestra en la Tabla 4, se procede a clasificar el material en su conjunto, conforme a los criterios contenidos en las Tablas 1 y 6 de este Manual.

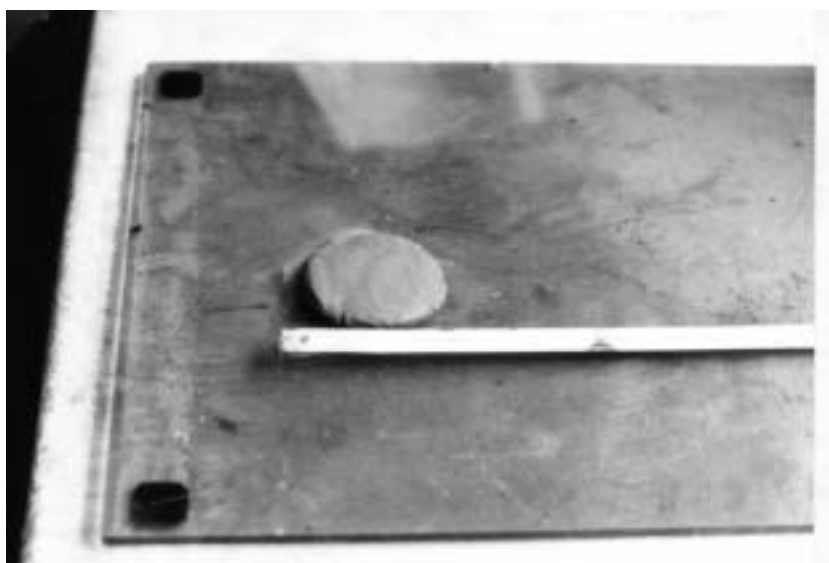


FIGURA 3.- Formación de la pastilla de prueba para determinar la resistencia en estado seco

**D.3.3.2.** Cuando se trate de materiales constituidos por mezclas de fragmentos de roca y suelo, una vez que se han clasificado individualmente como se indica en el Párrafo anterior de este Manual, se clasifican dichos materiales combinando los símbolos que corresponden a las porciones que los integran de acuerdo con lo que se indica a continuación:

- Cuando los fragmentos de roca contengan más del 10% de suelo, el material se clasificará con símbolo doble.
- Si el volumen de suelo es mayor del 50%, el símbolo de éste se antepondrá al de los fragmentos de roca; si el volumen de suelo está comprendido entre 10 y 50 %, su símbolo se colocará enseguida del símbolo de los fragmentos de roca, como se ejemplifica a continuación:

**Ejemplo 1**

Un material contiene:  
60% de GC  
40% de Fgm

Su símbolo será:  
GC-Fgm

**Ejemplo 2**

Un material contiene:  
40% de Fm  
30% de SM  
20% de Fc  
10% de Fg

Su símbolo será:  
Fmcg-SM

**E. CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES SEGÚN LA POSIBILIDAD DE SER CONTROLADOS MEDIANTE PRUEBAS DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO**

Para fines de la formación de terraplenes, los materiales que se empleen en la construcción de los mismos se clasificarán como:

- Compactables.- Son los materiales susceptibles de controlar su compactación con equipo de laboratorio, tales como los fragmentos de roca muy alterados que se disgreguen, areniscas blandas y suelos a que se refieren las Tablas 3 y 6 de este Manual, siempre y cuando, después de compactados, contengan como máximo el 20% de fragmentos de roca chicos, con respecto al volumen total y de esta fracción sólo el 5% sean mayores de 15 cm.
- No compactables.- Son aquellos materiales que no cumplan con las condiciones anteriores.

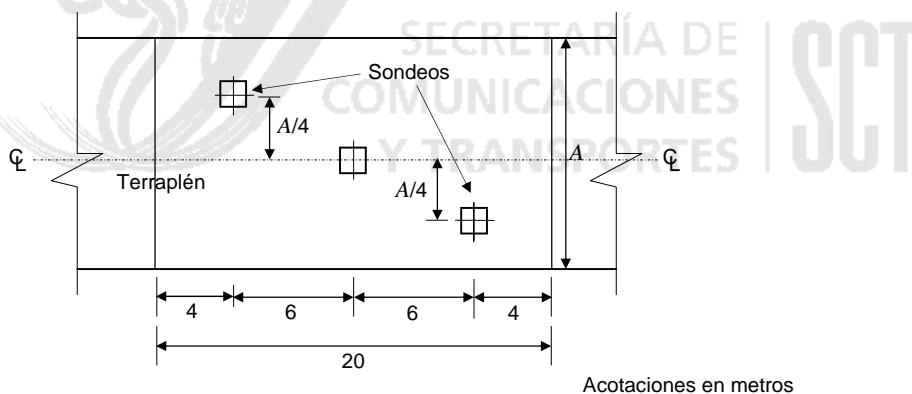
En caso de duda, para saber si un material es compactable, se someterá a la prueba que se describe a continuación:

**E.1. EQUIPO**

Tractor de orugas con peso de 20 ton en condiciones de operación.

**E.2. PROCEDIMIENTO DE PRUEBA**

- E.2.1.** Se tiende una capa, del espesor que permita el tamaño máximo del material pero no menor de 30 cm, en todo el ancho del terraplén y en 20 m de longitud.
- E.2.2.** Se riega agua sobre la capa, en cantidad aproximada a 100 L/m<sup>3</sup> de material.
- E.2.3.** Se somete la capa regada con agua al tránsito del tractor, pasando 3 veces por cada punto de la superficie.
- E.2.4.** Se excavan 3 pozos a cielo abierto en los 20 cm superiores de la capa, con un volumen aproximado de 0,5 m<sup>3</sup>, cada uno, ubicados como se muestra en la Figura 4 de este Manual, y se extiende el material sobre la superficie para estimar el porcentaje de fragmentos de roca.
- E.2.5.** Si el material producto de cada pozo contiene como máximo 20% en volumen, de material retenido en la malla de 75 mm (3") y de esta fracción los fragmentos son chicos y menos del 5% quedan comprendidos entre 15 y 20 cm, el material es compactable.
- E.2.6.** Para los cálculos anteriores se toma el promedio de los resultados obtenidos en los 3 pozos efectuados.



Donde:  
A= Ancho del terraplén en el sitio de prueba

FIGURA 4.- Distribución de sondeos

**E.3. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES**

Para evitar errores durante la ejecución de la prueba, se observarán las siguientes precauciones:

- E.3.1.** Que el espesor de la capa de prueba no sea menor de 30 cm, en todo el ancho del terraplén.
- E.3.2.** Que se agregue la cantidad de agua uniformemente sobre el material para alcanzar su homogeneidad.
- E.3.3.** Que el paso del tractor sea uniforme en toda la superficie para cada una de las 3 pasadas, moviéndose el tractor transversalmente al eje del camino.

