

5. CLASIFICACIÓN DE SUELOS.

Resolver un problema de geotecnia supone conocer y determinar las propiedades del suelo; por ejemplo:

- 1) Para determinar la velocidad de circulación de un acuífero, se mide la permeabilidad del suelo, se utiliza la red de flujo y la ley de Darcy.
- 2) Para calcular los asentamientos de un edificio, se mide la compresibilidad del suelo, valor que se utiliza en las ecuaciones basadas en la teoría de la consolidación de Terzaghi.
- 3) Para calcular la estabilidad de un talud, se mide la resistencia al corte del suelo y este valor se lleva a expresiones de equilibrio estático.

En otros problemas, como pavimentos, no se dispone de expresiones racionales para llegar a soluciones cuantificadas. Por esta razón, se requiere una taxonomía de los suelos, en función de su comportamiento, y eso es lo que se denomina clasificación de suelos, desde la óptica geotécnica.

Agrupar suelos por la semejanza en los comportamientos, correlacionar propiedades con los grupos de un sistema de clasificación, aunque sea un proceso empírico, permite resolver multitud de problemas sencillos. Eso ofrece la caracterización del suelo por la granulometría y la plasticidad. Sin embargo, el ingeniero debe ser precavido al utilizar esta valiosa ayuda, ya que soluciones a problemas de flujos, asentamientos o estabilidad, soportados sólo en la clasificación, puede llevar a resultados desastrosos.

Las relaciones de fases constituyen una base esencial de la Mecánica de Suelos. El grado de compacidad relativa de una arena es seguro indicador del comportamiento de ese suelo. La curva granulométrica y los Límites de Atterberg, de gran utilidad, implican la alteración del suelo y los resultados no revelan el comportamiento del suelo in situ.

5.1 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS.

Inicialmente se tienen suelos granulares o finos, según se distribuye el material que pasa el tamiz de 3'' = 75 mm; el suelo es **fino** cuando más del 50% pasa el T#200, si no, es **granular**.

a. Los suelos granulares se designan con estos símbolos

Prefijos

| | | |
|---|-------|-----------------------------------|
| G | Grava | El 50% o más es retenido en el T4 |
| S | Arena | Sí más del 50% pasa el T4 |

Sufijos

| | | | | | |
|---|--------------|--|---|-------------|-----------------------|
| W | bien gradado | | P | mal gradado | Depende del Cu y Cc |
| M | Limoso | | C | Arcilloso | Depende de WL y el IP |

Si menos del 5% pasa el T200, los sufijos son W o P, según los valores de Cu y Cc. Si más del 12% pasa el T# 200, los sufijos son M o C, dependiendo de W_L e IP. Si el porcentaje de finos está entre el 5% y el 12%, se utilizan sufijos dobles (clase intermedia).

b. Los suelos finos se designan con estos símbolos.

Prefijos

| | |
|---|----------|
| M | Limo |
| C | Arcilla |
| O | Orgánico |

Sufijos

| | | |
|---|----------------------------------|--|
| L | Baja plasticidad ($WL < 50\%$) | En la carta de plasticidad separados por la línea B. |
| H | Alta plasticidad ($WL > 50\%$) | |

Esta clasificación está basada sólo en los límites de Atterberg para la fracción que pasa el T40, y se obtiene a partir de la llamada CARTA DE PLASTICIDAD así:

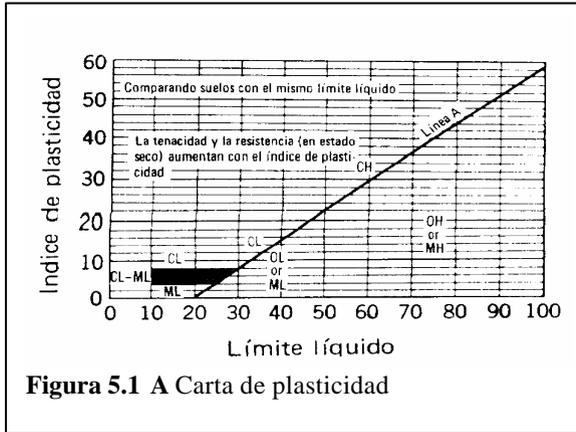


Figura 5.1 A Carta de plasticidad

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Línea A : } IP = 0,73(LL - 20) \\ \text{Línea U : } IP = 0,9(LL - 8) \end{array} \right.$$

Sobre la línea A: arcillas inorgánicas.
 Debajo de la línea A: limos y arcillas orgánicas.

La línea B: LL = 50 separa H de L

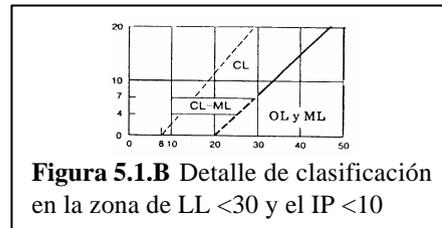


Figura 5.1.B Detalle de clasificación en la zona de LL <30 y el IP <10

NOTA: G = gravel; W = well; C = clay; P = poor; F = fair ≡ M = mud S = sand; M = mud; L = low; H = high; O = organics; Pt = pest

| GRUPO | NOMBRES TÍPICOS DEL MATERIAL |
|-------|---|
| GW : | Grava bien gradada, mezclas gravosas, poco o ningún fino. |
| GP : | Grava mal gradada, mezclas grava – arena, poco o ningún fino. |
| GM : | Grava limosa, mezclas grava, arena, limo. |
| GC : | Grava arcillosa, mezclas grava – arena arcillosas. |
| SW : | Arena bien gradada. |
| SP : | Arena mal gradada, arenas gravosas, poco o ningún fino. |
| SM : | Arenas limosas, mezclas arena – limo. |
| SC : | Arenas arcillosas, mezclas arena – arcilla. |
| ML : | Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limo arcilloso, poco plástico, arenas finas limosas, arenas finas arcillosas. |
| CL : | Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras (pulpa) |
| OL : | Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad. |
| MH : | Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos (ambiente marino, naturaleza orgánica silíceo), suelos elásticos. |
| CH : | Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas gruesas. |
| OH : | Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos. |
| Pt : | Turba (carbón en formación) y otros suelos altamente orgánicos. |

Tabla 5.1 Nombres típicos de los materiales.

Este sistema propuesto por Arturo Casagrande (1942) lo adopta el cuerpo de Ingenieros de EE.UU. en los aeropuertos y, actualmente, es ampliamente utilizado en el mundo, al lado del sistema de la AASHTO o el de la ASTM, todos basados en los LIMITES Y LA GRANULOMETRÍA.

5.1.1.1 Definición del Grupo SUCS, con la CARTA DE PLASTICIDAD

Se han definido, para gravas (G) y arenas (S), la situación W o P de acuerdo a dos coeficientes: Cu y Cc (Sección 3.4) ¿cuándo decimos que es GM, GC., SM o SC? (ver carta de plasticidad figura 5.1A)

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{GM} \Rightarrow \text{Debajo de la línea A o } IP < 4 \\ \text{GC} \Rightarrow \text{Sobre la línea A o } IP > 7 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Sobre la línea A con} \\ 4 < IP < 7 \Rightarrow \text{doble símbolo} \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{SM} \Rightarrow \text{Debajo de la línea A o } IP < 4 \\ \text{SC} \Rightarrow \text{Sobre la línea A o } IP > 7 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{En la zona sombreada con} \\ 4 \leq IP \leq 7 \Rightarrow \text{doble símbolo} \end{array}$$

Adicionalmente, como se señaló atrás (Sección 5.1)

- a) GW, GP, SW, SP exigen que MENOS del 5% pase el T# 200
- b) GM, GC, SM, SC exigen que MAS del 12% pase el T# 200
- c) Si el porcentaje de finos está entre 5% y 12%, se requiere símbolo doble.

| Grupo | VALORACIÓN ATRIBUTOS | | | | APTITUDES SEGÚN USOS | |
|-------------------------------|----------------------------------|---------------|----------------------|-----------------|--|-----|
| | | | | | | |
| GW | +++ | ++ | +++ | +++ | Mantos de presas, terraplenes, erosión de canales. | |
| GP | ++ | +++ | ++ | +++ | Mantos de presas y erosión de canales. | |
| GM | ++ | - | ++ | +++ | Cimentaciones con flujo de agua. | |
| GC | ++ | -- | + | ++ | Núcleos de presas, revestimientos de canales. | |
| SW | +++ | ++ | +++ | +++ | Terraplenes y cimentación con poco flujo. | |
| SP | m | ++ | ++ | ++ | Diques y terraplenes de suave talud. | |
| SM | m | - | ++ | + | Cimentación con flujo, presas homogéneas. | |
| SC | ++ | -- | + | + | Revestimiento de canales, capas de pavimento | |
| ML | m | - | M | m | Inaceptable en pavimentos, licuable. | |
| CL | + | -- | M | m | Revestimiento de canales, pero es erodable. | |
| OL | m | - | -- | m | No recomendable, máximo si hay agua. | |
| MH | -- | - | - | --- | Inaceptable en cimentaciones o bases (hinchable) | |
| CH | -- | -- | -- | --- | Inaceptable en cimentación (hinchable) | |
| OH | -- | -- | -- | --- | Inaceptable en cimentaciones o terraplenes. | |
| CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES | Facilidad de tratamiento en obra | Permeabilidad | Resistencia al corte | Compresibilidad | Sobresaliente | +++ |
| | | | | | Muy alto | ++ |
| | | | | | Alto | + |
| | | | | | Moderado | m |
| | | | | | Deficiente | - |
| | | | | | Bajo | -- |
| Muy bajo | --- | | | | | |

Tabla 5.2 Características y uso de los suelos (Grupo del SUCS)

Ejercicio 5.1

Con base en las curvas de gradación de la Figura 3.8, en el ejercicio 3.1 y demás datos, clasificar esos mismos suelos.

Suelo A: Suelo granular sin finos (67% de la fracción granular se retiene en el T# 4 = 4,75mm); Cu = 50 y Cc = 2 ⇒ GW

Suelo B: Suelo granular sin finos (33% de la fracción granular se retiene en el T# 4 = 4,75mm); $C_u = 2,4$ y $C_c = 1,1 \Rightarrow$ **SP**

Suelo C: Suelo fino – granular (45% de este suelo se retiene en el T# 200 = 0,075mm). Agreguemos como datos nuevos que: $\omega_L = 40\%$; $\omega_P = 18\%$; $IP = 22$; como $LL < 50$; $IP > 7$ (Sección 5.1) \Rightarrow **CL**

Suelo D: Suelo fino – granular (más de la mitad, 61%, pasó el T# 200). Agreguemos que $LL = 65$ y que $IP = 20$, como $LL > 50$, la plasticidad es alta y como $IP = 20$, está bajo la línea A. De acuerdo a la CARTA, dos posibilidades MH u OH, para evaluar los datos de campo. Y esa evaluación \Rightarrow **MH**

5.2 Clasificación de la AASHTO.

Este es el sistema del Departamento de Caminos de U.S.A., introducido en 1929 y adoptado por la “American Association of State Highway Officials” entre otras. Es de uso especial para la construcción de vías, en especial para manejo de subrasantes y terraplenes.

Los grupos de suelos son 7, subdivididos en otros más (para llegar a 12)

- a) Grueso granulares: 35% o menos pasa el T-200 comprende
 - A-1, si menos del 20% pasa el T-200 y menos del 50% pasa el T-40, pero en el P40 el $IP < 6\%$.
 - A-2, si menos del 35% pasa el T-200, (limoso o arcilloso), y el material no cumple con A-1 ni A-3.
 - A-3, si menos del 10% pasa el T-200 y 51% o más pasa el T-40, pero si el P40 no es plástico.
- b) Suelos fino granulares (grupo limo arcilla): más del 35% pasa el T-200
 - A-4 si $IP \leq 10$ (limo) y $LL \leq 40\%$
 - A-5 si $IP \leq 10$ (limo) y $LL \geq 41\%$
 - A-6 si $IP \geq 11$ (arcilla) y $LL \leq 40\%$
 - A-7 si $IP \geq 11$ (arcilla) y $LL \geq 41\%$

En consecuencia: A-1 = cascajo y arena; A-3 = arena fina; A-2 = cascajos y arenas limosas o arcillosas; A-4 y A-5 suelos limosos, y A-6 y A-7 suelos arcillosos

A-1 y A-3 son suelos excelentes y buenos, A-2 buenos y moderados, y A-6 y A-7 son suelos de moderados a pobres.

| Grupo Suelos. | Permeabilidad | Elasticidad. | Cambio de volumen. | Capilaridad. | Bases de pavimentos. | Sub bases. | Terraplenes. | Valoración escala. |
|---------------|---------------|--------------|--------------------|--------------|----------------------|------------|--------------|--------------------|
| A-1 | -- | --- | -- | - | ++ | ++ | ++ | +++ Sobresaliente. |
| A-2 | - | ++ | + | m | - | M | + | ++ Muy alto. |
| A-3 | + | - | -- | - | + | + | + | + Alto. |
| A-4 | - | + | +- | +++ | - | - | +- | m Moderado. |
| A-5 | - | m | ++ | +++ | --- | - | -- | - Deficiente. |
| A-6 | --- | - | ++ | ++ | -- | -- | - | -- Bajo. |
| A-7 | -- | m | ++ | ++ | -- | -- | -- | --- Muy bajo. |

Tabla 5.3 Características de suelos –según la AASHTO–

Pero estos suelos tienen subclases as í:

A-1-a: si $IP \leq P_{40} < 6\%$ Además el $P_{200}=15\%$, $P_{40}=30\%$ y $P_{10}=50\% ==$

A-1-b: si es del grupo A1 y no cumple con A-1-a

A-2-4 ; A-2-5, A-2-6, y A-2-7: según la fracción fina se encuentre en las zonas 4, 5, 6 o 7 de la Carta de Plasticidad AASHTO de la Fig 5.2

A-3 no tiene subclases .

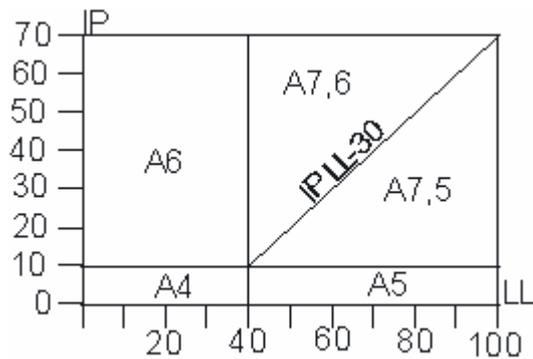


Figura 5.2 Carta de Plasticidad AASHTO

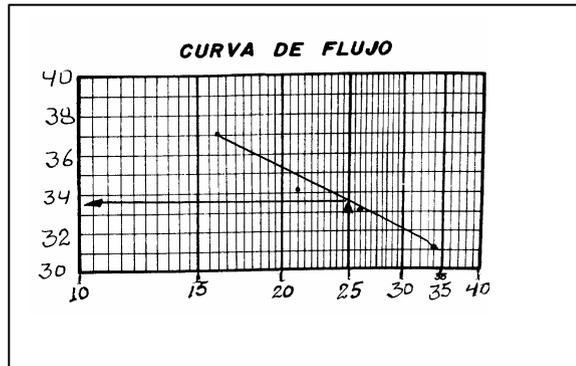
Ejercicio 5.2

Calcular el LL y Fi si se da el papel semilogarítmico de laboratorio, y el número de golpes para 4 contenidos de humedad, en el ensayo con la Cazuela de Casagrande (Figura 4.1)

$\omega_i = 31,1\% - 33,1\% - 34,2\% - 37,1\%$

$N_i = 34 - 27 - 22 - 17$ golpes

R/ Por interpolación, la humedad para $N = 25$ golpes, da $LL = 33,5\%$.



El F_i : Como el gráfico semilogarítmico de N contra ω , da una línea recta, llamada LÍNEA DE FLUIDEZ, su pendiente, denominada ÍNDICE DE FLUJO F_i , está dada por

$$F_i = \frac{(w_j - w_i)}{\log\left(\frac{N_j}{N_i}\right)}$$

$$F_i = \frac{\Delta w}{\log\left(\frac{N_j}{N_i}\right)}$$

$$F_i = \frac{32 - 37,6}{\log \frac{3}{15}}$$

Calcule F_i .

R/ El índice de flujo, del suelo anterior, es $F_i = -17,8$.

Ejercicio 5.3

Clasifique los siguientes suelos, en el sistema SUCS.

| T# 200 T# 4 | Retenido 20% Pasa: 9,2% | Pasa: 30% Retenido: 10% | Pasa: 8% Retenido: 2% | Retenido: 20% Pasa: 92% | Pasa: 8% Pasa: 60% |
|---|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--|-----------------------|
| Cu | 4 | 4 | 8 | 4 | 7 |
| Cc | 1,5 | 2 | 2 | 1,5 | 5 |
| $w_L = \left\{ \begin{array}{l} \text{en los} \\ \text{finos} \end{array} \right.$ $w_p = \left\{ \begin{array}{l} \text{finos} \end{array} \right.$ | 250% 100% | 40% 25% | 45% 31% | 250% 150% | 60% 40% |
| Observación adicional | Buen contenido de materia orgánica | Pasa el 4 y retiene el 200 60% | Pasa el 4 y retiene el 200 90% | Contenido despreciable de materia orgánica | IP = 20 |
| R/ | OH | SC | SW – SM | MH | SP – SM |

Nota: Para este ejercicio, es fundamental utilizar la Carta de Plasticidad en suelos finos y Criterios de Gradación en suelos gruesos o granulares – máximo si hay suelos de FRONTERA

Ejercicio 5.4

Clasifique los siguientes suelos, según AASHTO y SUCS.

| Suelo | A | B | C | Suelo | A | B | C | } % más fino que |
|-------|------|------|------|------------|-------|-------|--------------|------------------|
| T4 | ---- | ---- | 69,3 | T100 | ---- | ---- | 19,8 | |
| T10 | 65,8 | 79,5 | 59,1 | T200 | 21,9 | 54,3 | 5,1 | |
| T20 | ---- | ---- | 48,3 | ω_L | 34,1% | 53,5% | (NO PROCEDE) | |
| T40 | 36,1 | 69,0 | 38,5 | ω_p | 16,5% | 31,6% | (NO PROCEDE) | |
| T60 | ---- | ---- | 28,4 | IP | 17,6 | 21,9 | (NO PROCEDE) | |

- A: Arcilla arenosa y limosa, parda clara
- B: Arcilla limosa, trazos de grava; parda oscura
- C: Arena muy gravosa, gruesa parda media (no plástico)

Solución: I según la AASHTO (Sección 5.2)

- Suelo A: $IP = 17,6 > 10$. Además 21,9% pasa T200 \Rightarrow A-2
- Suelo B: $IP = 21,9 > 10$. Además 54,3% pasa T200 \Rightarrow A-7
- Suelo C: Es grueso granular y sólo 38,5% pasa T40 \Rightarrow A-1

Solución II Según la SUCS (Figura 5.1, Sección 5.1.1.1)

- Suelo A: Menos del 50% pasa el T200 y más del 50% pasa el T4: Será SM o SC, porque más del 5% pasa el T200. De acuerdo a la CARTA DE PLASTICIDAD y la descripción es CL; en consecuencia, no pudiendo ser limo, es \Rightarrow SC.

- Suelo B: Es fino granular, pues más del 50% pasa el T200. Como $LL > 50\%$ es MH, OH o CH (ver CARTA DE PLASTICIDAD). Por la dificultad de leer exactamente su localización, $f(IP, LL)$ el cálculo es $IP = 0,73(53,5 - 20) = 24,4 > 21,9$, quedando el suelo por debajo de la línea A. Por la descripción es \Rightarrow MH.
- Suelo C: Asumamos $5,1\% \approx 5\%$. Haciendo la curva granulométrica $Cu = 23,3$; $Cc = 0,5$ (mal gradado). Entre T4 y T200, 62,4% (restar) del material se retiene y su denominación es arena; entonces \Rightarrow SP

[Ir a la página principal](#)