FACULTAD DE INGENIERÍA

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Maestría en Ingeniería Geotécnica - MIG
(Carrera Binacional Argentina - Alemania)

Asignatura ACMIG03:

Comportamiento Mecánico de Suelos

Dr. Juan Pablo Ibañez
juan.pablo.Ibanez@ingenieria.uncuyo.edu.ar
+54 261 5796326

FACULTAD DE INGENIERÍA

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Maestría en Ingeniería Geotécnica - MIG
(Carrera Binacional Argentina - Alemania)

Clasificación de Suelos

ACMIG03: Comportamiento Mecánico de Suelos

Dr. Juan Pablo Ibañez

juan.pablo.Ibanez@ingenieria.uncuyo.edu.ar

+54 261 5796326

Temas generales

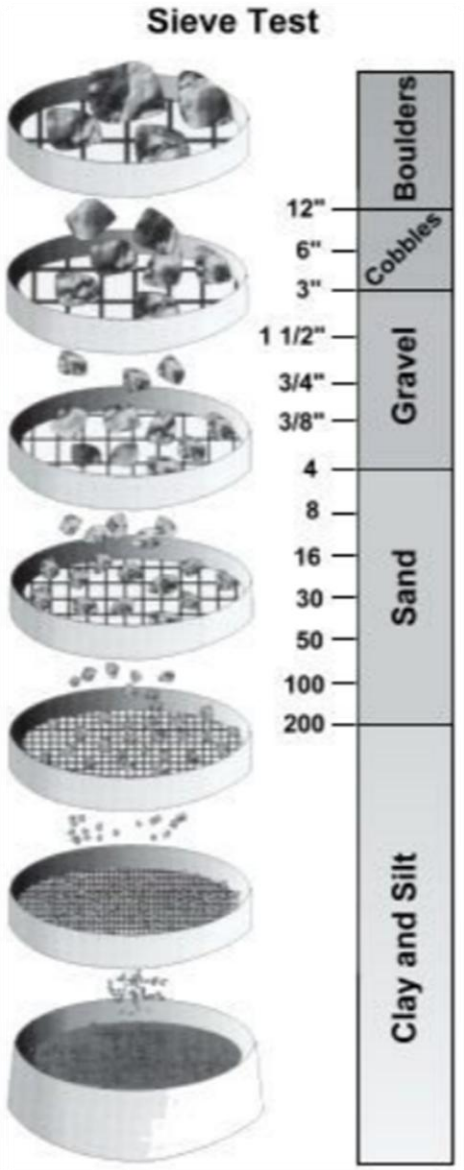
- **Granulometría: Distribución porcentual por tamaño de las partículas**
  - Tamizado por vía seca (poco finos y algo adheridos)
  - Tamizado por vía húmeda
  - Curvas Granulométricas
  - Hidrometría (Ley de Stokes)
- **Límites de Consistencia - Límites de Atterberg:**
  - Límite líquido
  - Limite plástico
  - Limite de Contracción
  - Índice de Plasticidad
- **Sistemas de Clasificación de Suelos**
  - SUCS (Sistema unificado de Clasificación de suelos)
  - AASHTO-HRB (de uso generalmente Vial)



Granulometría

- **Tamizado**
  - Se emplea una columna de tamices de mayor a menor abertura.
  - El suelo es tamizado por gravedad con agitación manual o mecánica.
  - En suelos con abundantes finos el tamizado puede ser vía húmeda.
  - Se obtiene la curva de distribución granulométrica.
- ***Material* suelo y *Fracción* Suelo**
  - Material suelo original (Dmáx >75mm ≡ 3 pulgadas)
  - Fracción suelo del material (pasa 3 pulgadas)→SUCS

TAMICES
6"=152mm.
3"=76mm.
1,5"=38mm.
0,75"=19mm.
0,33"=9,6mm.
N°4=4,76mm.
N°10=2,00mm.
N°40=0,417mm.
N°60=0,25mm.
N°100=0,149mm.
N°200=0,074mm.

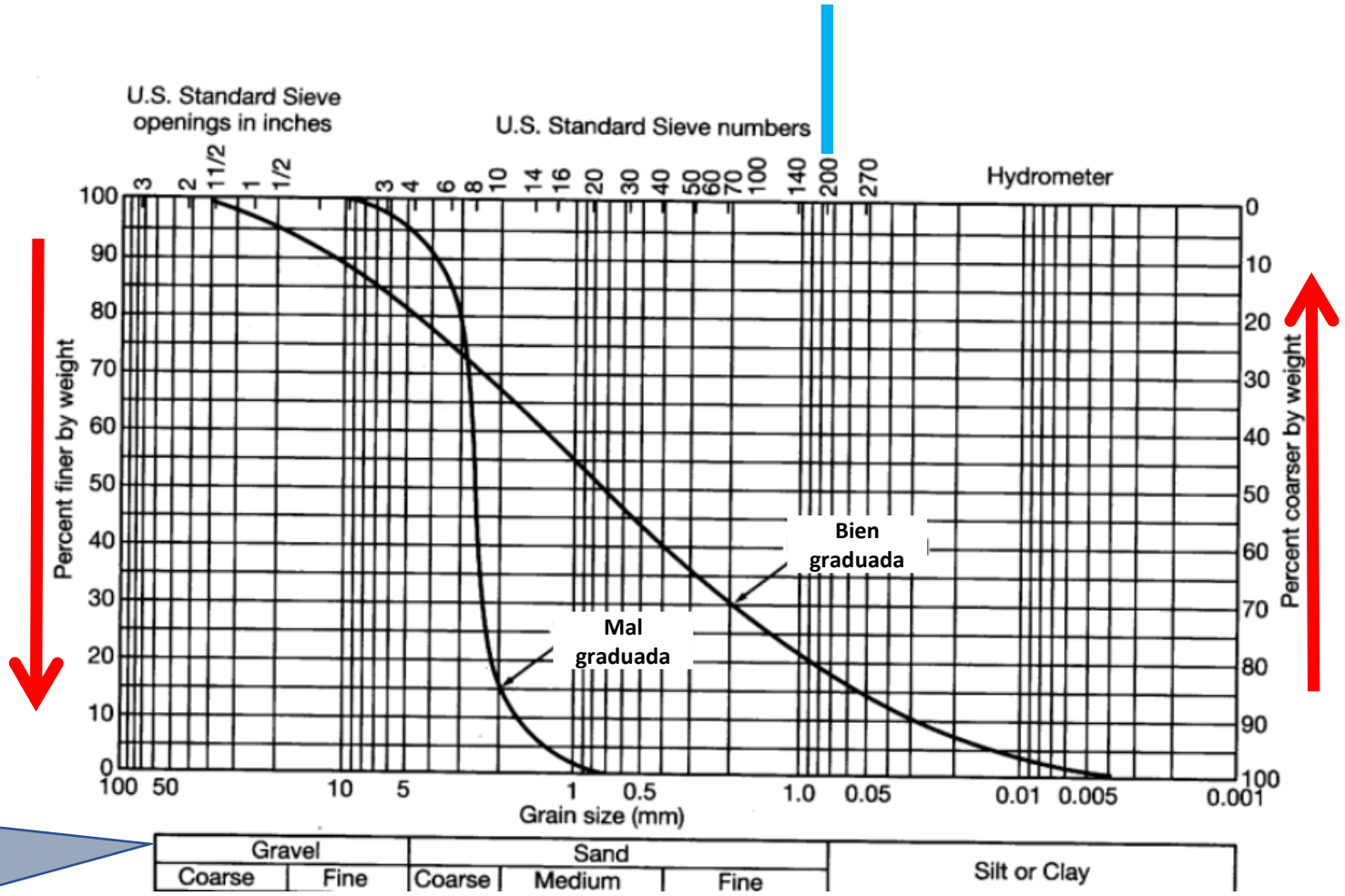






Granulometría

- **Curva granulométrica:**
  - A partir de los **pesos retenidos acumulados** en los tamices calcular los pesos que pasan cada tamiz.
  - Calcular los **[%] Pasa** para cada tamiz.
  - Se grafica la curva de distribución granulométrica en escala **semi logarítmica**.
  - Corregir por **retenido #3** y por "corte" de la muestra.



En el epígrafe de la Gráfica se distinguen los TIPOS de Suelos según el Tamaño Máximo Nominal de las partículas: Gravas, Arenas, Limos y Arcillas

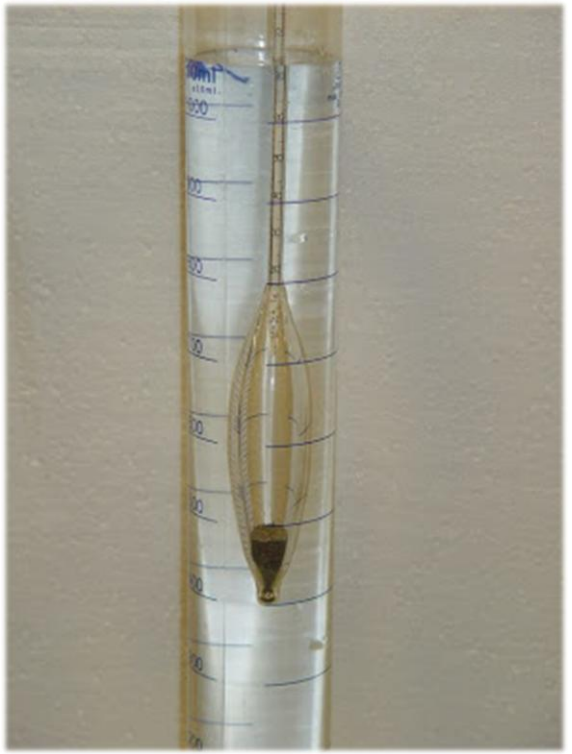
Hidrometría

- Para obtener la distribución granulométrica de los finos (limos y arcillas).
- Se utilizan 50 grs. de suelo pasa tamiz #10.
- Se obtiene mediante sedimentación de suelo en suspensión en agua, usando la Ley de Stokes.
- Se deben aplicar correcciones por temperatura y densidad real del suelo.

- **v: velocidad de caída de una esfera en un liquido [cm/seg]**
- **γ_s: peso específico del material de la esfera [gfza/cm^3]**
- **γ_w: peso específico del fluido[gfza/cm^3]**
- **η: coeficiente de viscosidad**
- **D: diámetro de la partícula**

→ *Relación Tiempo – Diámetro teórico de partícula*





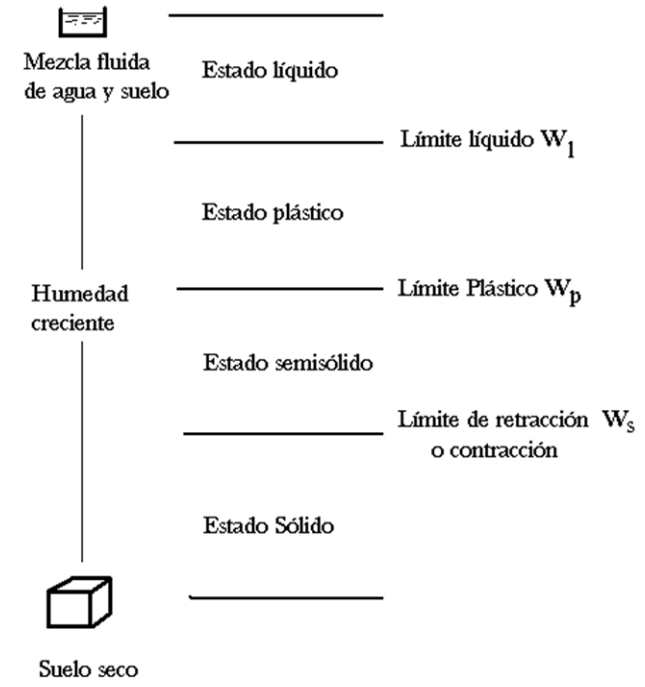
$$v = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18\,\eta} * D^2$$

Plasticidad

- **Límite líquido LL (w_L)**
  - Se utiliza el cascador de Casagrande.
  - Sobre fracción pasa tamiz #40.
  - Humedad w para unir 12mm con 25 golpes (N).
  - Método gráfico ajustando 3 puntos en una recta en grafico w-$\log_{10}$N.
  - Obtener un punto (N - w) y calcular mediante fórmula:

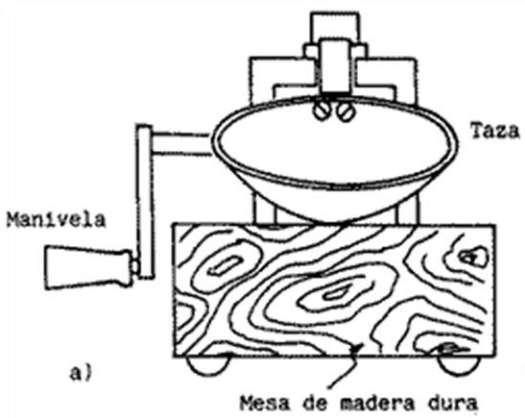
$$LL = \frac{w}{1{,}419 - 0{,}3 \cdot \log N}$$

$$LL = w \cdot \left(\frac{N}{25}\right)^{0{,}12}$$









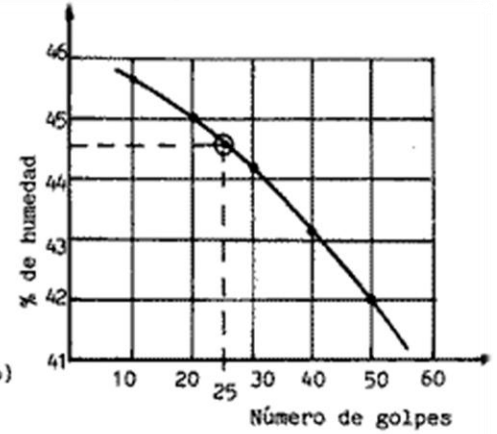
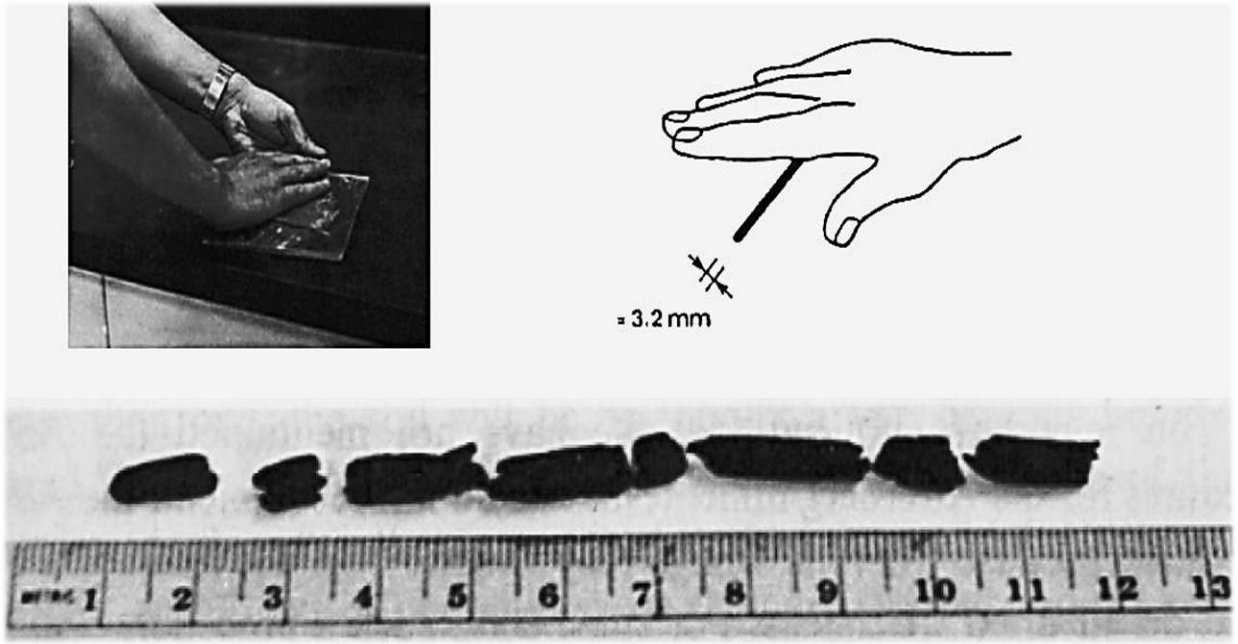


Figura 1.6

Plasticidad

- **Límite plástico LP**
  - Sobre **fracción pasa tamiz #40**.
  - Se amasan rollitos sobre superficie no absorbente (para tener humedad homogénea).
  - Humedad para que los rollitos se comiencen a agrietar con un diámetro de 3mm.





Plasticidad

INDICE DE PLASTICIDAD: IP = LL - LP

Nº ACTIVIDAD / DST										Analista	
OBSERVACIONES:										Resp. Carga	
										Fecha Carga	
CODIGO / PORCIÓN / MUESTRA [IG]	CLIENTE	LIMITE	GOLPES N°	PESAFILTRO N°	PESAFILTRO + MUESTRA HÚMEDA [gr]	PESAFILTRO + MUESTRA SECA [gr]	PESO DEL AGUA =A [gr]	TARA PESAFILTRO [gr]	MUESTRA SECA = Ms [gr]	HUMEDAD =[A/Ms]*100 [%]	LIMITE VALOR	OBS.
METODO ANALITICO		LL	28	10	30.98	25.97		10.3				IP=
		LP		7	23.48	21.40		10.2				
METODO GRAFICO		LL	19	25	53.00	40.30		10.4				IP=
		LP										
METODO GRAFICO		LL	23	47	49.00	38.70		12.7				IP=
		LP										
METODO GRAFICO		LL	27	16	54.10	42.70		11.4				IP=
		LP		18	38.10	33.30		10.9				
		LL										IP=
		LP										
		LL										IP=
		LP										

Sistemas de clasificación de suelos | SUCS

- **SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos**
  - Clasifica la **Fracción Suelo (% Pasa Tamiz 3'')** de una muestra de suelo.
  - Clasifica en **Suelos Gruesos (Gravas o Arenas) y Finos (Limos o Arcillas)**.
  - Basado en la **granulometría y la plasticidad** de los suelos.
  - Datos que utiliza:
    - **Curva granulométrica.**
    - **Tamiz 3'', #4 y #200.**
    - **LL (wL), LP (wP), IP (IP).**
    - **Coeficientes Cu y Cc.**



SUCS

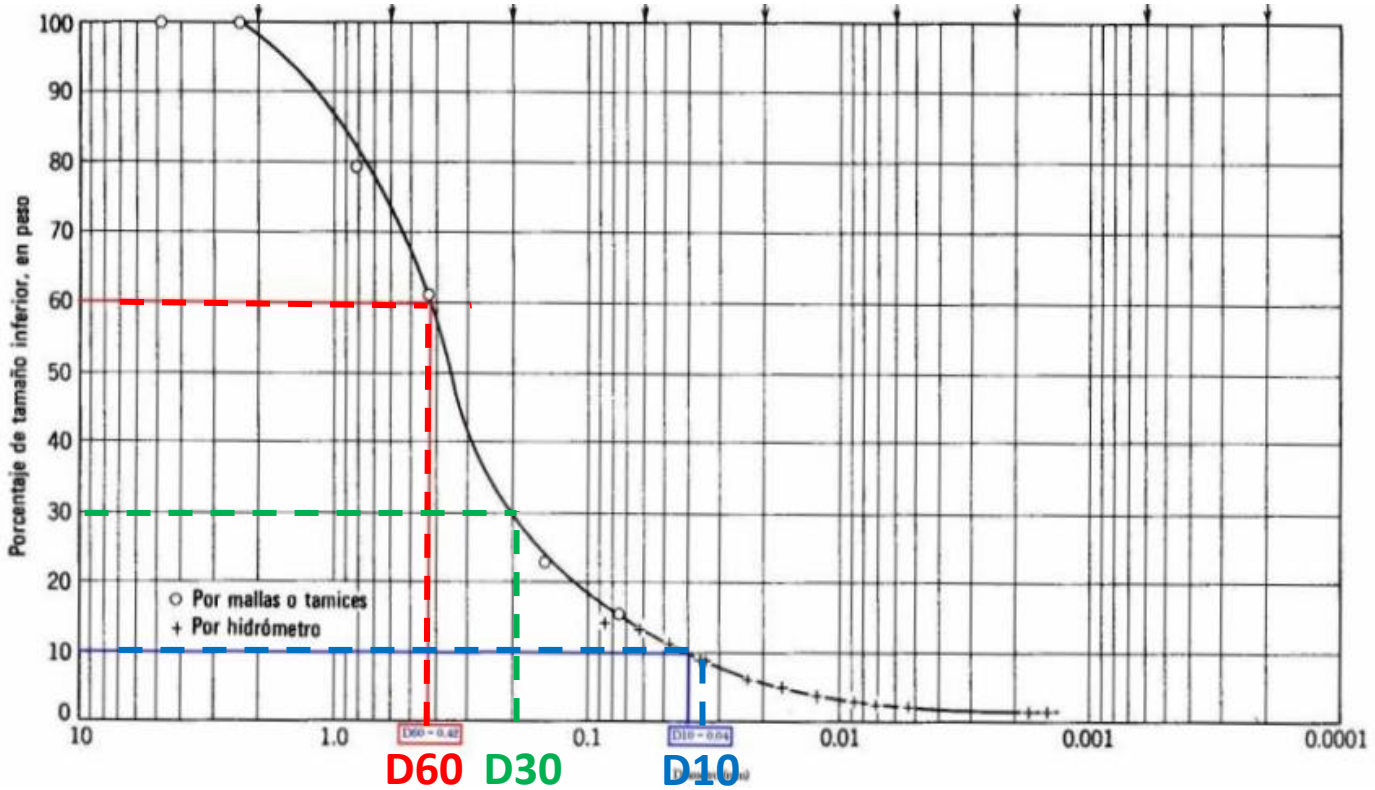
- **SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos**
  - Fracción Suelo (FS): **% Pasa Tamiz 3''** → Constituye el 100% para los cálculos de la clasificación.
  - Fracción Fina (FF): %FS que pasa Tamiz #200
  - Fracción Gruesa (FG): 100% - FF

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

Coeficiente de uniformidad (Cu):
Da idea de la distribución de tamaños de las partículas de suelo (granulometría uniforme o bien graduada)

Coeficiente de curvatura (Cc): Mide el grado de curvatura de la granulometría y da una idea de la compacidad del suelo.



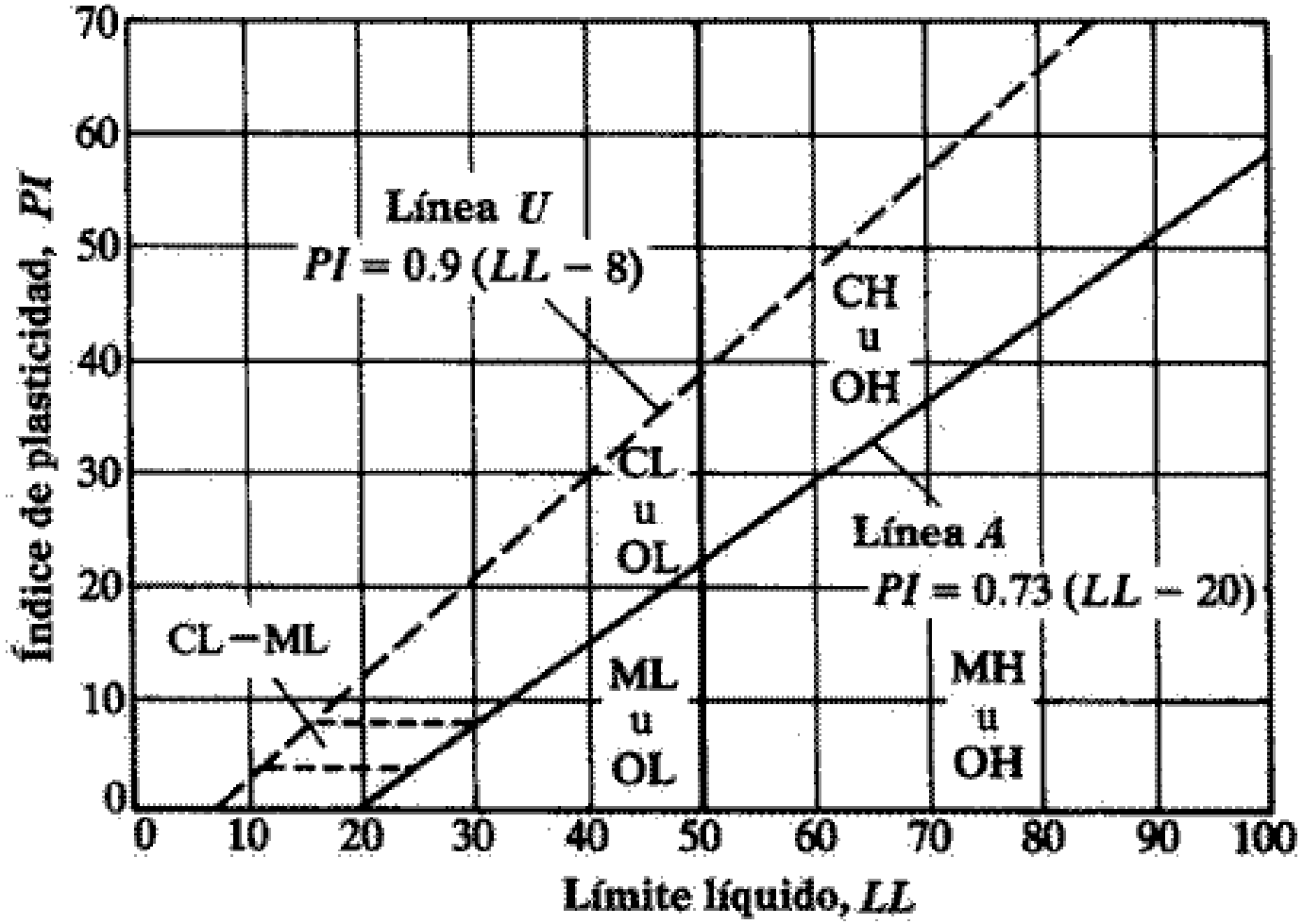
Diámetros equivalentes: D10, D30, D60 (abertura teórica de tamiz por el que pasa el 10, 30 o 60% de la muestra).

SUCS | Gruesos

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION SUCS - ASTM D2487

GRUPOS			SIMBOLO DE GRUPO	NOMBRE DE GRUPO	CRITERIOS DE CLASIFICACION
SUELOS DE GRANO GRUESO (mas del 50 % es retenido en el tamiz No 200	GRAVAS (mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No 4)	Gravas Limpias (menos de 5% de finos)	GW	Grava bien gradada	Cu > 4 y 1 < Cc < 3
			GP	Grava pobremente gradada	Cu < 4 y/ó 1 > Cc > 3
		Gravas con finos (mas de 12% de finos)	GM	Grava limosa	Los finos se ubican en la zona de LIMOS (ML) en la Carta de Plasticidad de Casagrande
			GC	Grava arcillosa	Los finos se ubican en la zona de ARCILLA (CL) en la Carta de Plasticidad de Casagrande
			GC-GM	Grava limosa arcillosa	Simbolo dual: Finos se ubican en la zona de signo doble (CL-ML) de la carta de plasticidad de Casagrande.
		Gravas con 5 a 12% de finos (simbolo dual)	GW-GM	Grava bien gradada con limo	Granulometria y plasticidad (simbolo dual)
			GW-GC	Grava bien gradada con arcilla	
			GP-GM	Grava pobremente gradada con limo	
			GP-GC	Grava pobremente gradada con arcilla	
	ARENAS (mas de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz No 4)	Arenas Limpias (poco o ningun fino)	SW	Arena bien gradada	Cu > 6 y 1 < Cc < 3
			SP	Arena pobremente gradada	Cu < 6 y/ó 1 > Cc > 3
		Arenas con finos (cantidad apre-ciable de finos)	SM	Arena limosa	Los finos se ubican en la zona de LIMOS (ML) en la Carta de Plasticidad de Casagrande
			SC	Arena arcillosa	Los finos se ubican en la zona de ARCILLA (CL) en la Carta de Plasticidad de Casagrande
			SC-SM	Arena limosa arcillosa	Simbolo dual: Finos se ubican en la zona de signo doble (CL-ML) de la carta de plasticidad de Casagrande.
			SW-SM	Arena bien gradada con limo	Granulometria y plasticidad (simbolo dual)
			SW-SC	Arena bien gradada con arcilla	
			SP-SM	Arena pobremente gradada con limo	
			SP-SC	Arena pobremente gradada con arcilla	

SUCS | Carta de plasticidad



SUCS | Finos

SUELOS DE GRANO FINO (50 % ó mas pasa el tamiz No 200	**LIMOS Y ARCILLAS** Límite Líquido < 50%	CL	Arcilla de baja plasticidad	IP >7 y cae en ó sobre la línea A
		ML	Limo	IP< 4 ó cae bajo la línea A
		CL-ML	Arcilla limosa	4 ≤ IP ≤ 7, Simbolo dual: Finos se ubican en la zona de signo doble (CL-ML).
		OL	arcilla ó limo orgánico	Ubicar IP en Carta Plasticidad y verificar que : L.L (secado al horno) / L.L (sin secado al horno) < 0.75
	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido ≥ 50%	CH	Arcilla de alta plasticidad	IP cae en ó sobre la línea A
		MH	Limo elástico	IP cae bajo de la línea A
		OH	arcilla ó limo orgánico	Ubicar IP en Carta Plasticidad y verificar que : L.L (secado al horno) / L.L (sin secado al horno) < 0.75
Suelos altamente orgánicos		Pt	Turba	Patrón principal de identificación: color oscuro a negro, olor orgánico, textura fibrosa a amorfa. No aplican ensayos

SUCS | Símbolos

GW	Grava bien graduada
GP	Grava mal graduada
GM	Grava limosa
GC	Grava arcillosa
SW	Arena bien graduada
SP	Arena mal graduada
SM	Arena limosa
SC	Arena arcillosa

ML	Limo inorgánico, ligeramente plástico.
MH	Limo inorgánico, medianamente plástico
CL	Arcilla inorgánica, medianamente plástica
CH	Arcilla inorgánica, altamente plástica
OL	Limo orgánico de baja plasticidad
OH	Limo orgánico de media plasticidad
Pt	Turba. Suelos altamente orgánicos

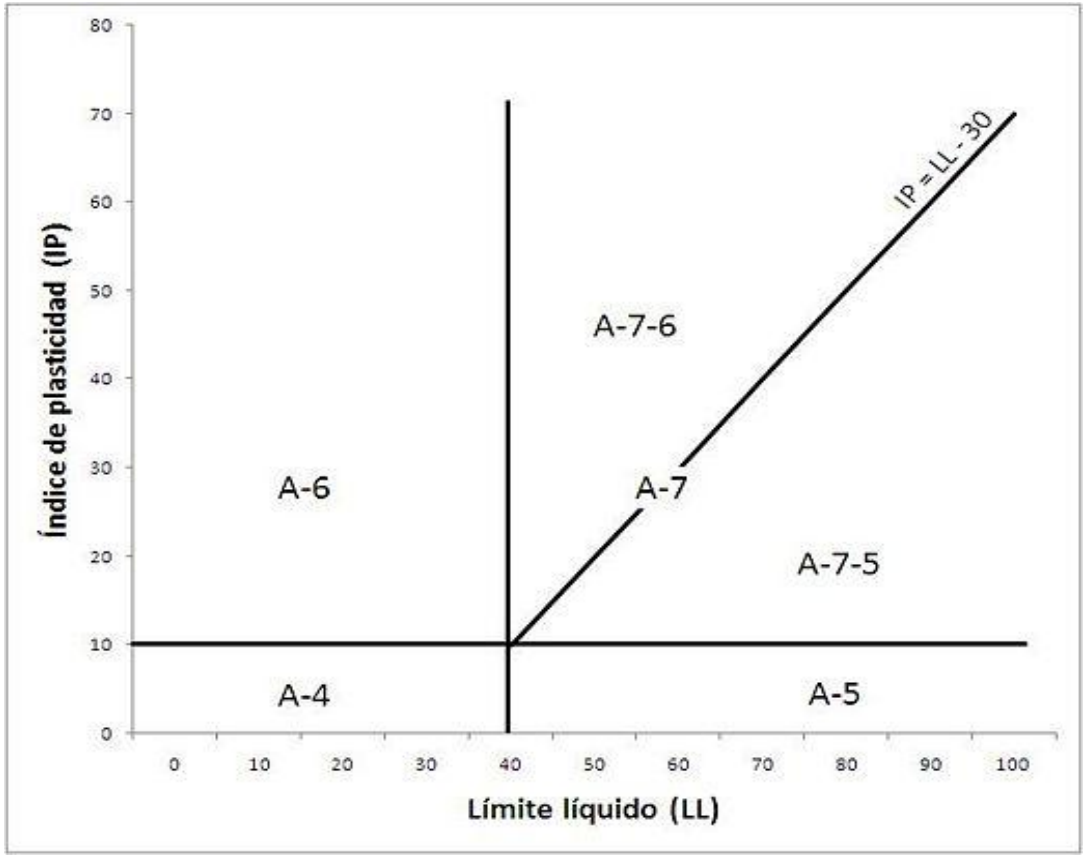
GW-GM	Grava bien graduada, con limo.
GP-GM	Grava mal graduada, con limo.
GW-GC	Grava bien graduada, con arcilla.
GP-GC	Grava mal graduada, con arcilla.
SW-SM	Arena bien graduada, con limo.
SP-SM	Arena mal graduada, con limo.
SW-SC	Arena bien graduada, con arcilla.
SP-SC	Arena mal graduada, con arcilla.

GW-GC-GM	Grava bien graduada con arcilla y limo.
GP-GC-GM	Grava mal graduada con arcilla y limo.
SW-SC-SM	Arena bien graduada con arcilla y limo.
SP-SC-SM	Arena mal graduada con arcilla y limo.

GM-GC	Grava limosa, arcillosa.
SM-SC	Arena limosa, arcillosa.
CL-ML	Arcilla limosa, ligeramente plástica.
GO	Grava con limo orgánico.
SO	Arena con limo orgánico.

Sistemas de clasificación de suelos | AASHTO-HRB

- **Sistema AASHTO-HRB** *(American Association of State Highway Officials - Highway Research Board):*
  - ***Para uso en obras viales, clasifica los suelos según utilidad como material para subrasantes.***
  - Clasifica en:
    - **Suelos granulares (A1, A2, A3)** y
    - **Suelos arcillo-limosos (A4, A5, A6, A7)**.
  - Se clasifica verificando los grupos desde el A1 hasta llegar al grupo para el cual se cumplen todas las condiciones.
  - Datos que utiliza:
    - **Pasantes tamiz #10, #40, #200**
    - **LL (w_L), LP (w_P), IP (I_P)**
    - **IG: Índice de Grupo**



$$IG = (F - 35)\,(0{,}2 + 0{,}005\,(\omega_L - 40)) + 0{,}01\,(F - 15)\,(I_P - 10)$$

F = % que pasa el tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200)

AASHTO-HRB

CLASIFICACION GENERAL	SUELOS GRANULARES Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) hasta el 35 %							SUELOS ARCILLOSO - LIMOSO Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) más del 35 %			
CLASIFICACION POR GRUPOS	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A - 7 - 5 A - 7 - 6
Ensayo de tamizado por vía húmeda. Porcentaje que pasa por:											
Tamiz IRAM de 2 mm. **N° 10**	Máx 50										
Tamiz IRAM de 425 micrómetros **N° 40**	Máx 30	Máx 50	Min 51								
Tamiz IRAM de 75 micrómetros **N° 200**	Máx 15	Máx 25	Máx 10	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Min 35	Min 35	Min 35	Min 35
Características de la fracción que pasa por tamiz IRAM 425 micrómetros N° 40											
Límite Líquido ω_L (%)	-	-	-	Máx 40	Min 41	Máx 40	Min 41	Máx 40	Min 41	Máx 40	Min 41
Índice de Plasticidad I_P (%)	Máximo 6		No plástico	Máx 10	Máx 10	Min 11	Min 11	Máx 10	Máx 10	Min 11	Min 11
índice de Grupo IG	0	0	0	0	0	Máx 4	Máx 4	Máx 8	Máx 12	Máx 16	Máx 20
CONSTITUYENTES PRINCIPALES DE TIPOS MAS COMUNES	Fragmentos de rocas, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas arcillosas limosas				Suelos limosas		Suelos arcillosos	
COMPORTAMIENTO GENERAL COMO SUBRASANTE	Excelente a bueno							Regular a pobre			

El índice plástico del Sub - Grupo A - 7 -5 es igual o menor que Límite Líquido menos 30. ($I_P \leq (\omega_L - 30)$).

El índice plástico del Sub - Grupo A - 7 -6 es mayor que Límite Líquido menos 30. ($I_P > (\omega_L - 30)$).

$I_P = \omega_L - \omega_P$ ω_P = Límite Plástico

El índice de Grupo debe ser indicado entre paréntesis después del símbolo del grupo (ej.: A-2-6 (3) y debe ser un número entero, si da menor que cero el IG es igual a cero. El IG no tiene límite pero se lo suele acotar a un valor máximo de 20.

$IG = (F - 35)\ (0{,}2 + 0{,}005\ (\omega_L - 40)) + 0{,}01\ (F - 15)\ (I_P - 10)$

F = % que pasa el tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200)