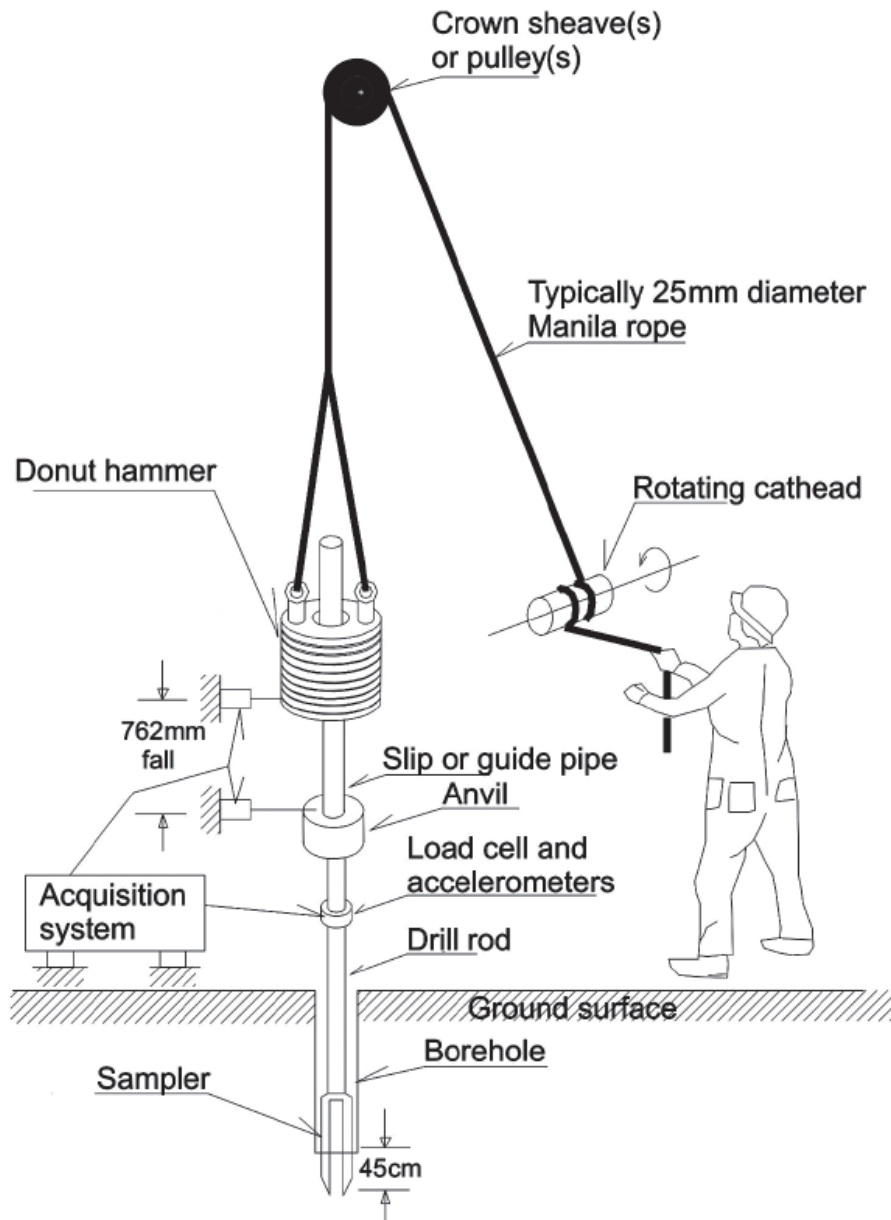




# **Notas sobre determinación de parámetros a partir de SPT**

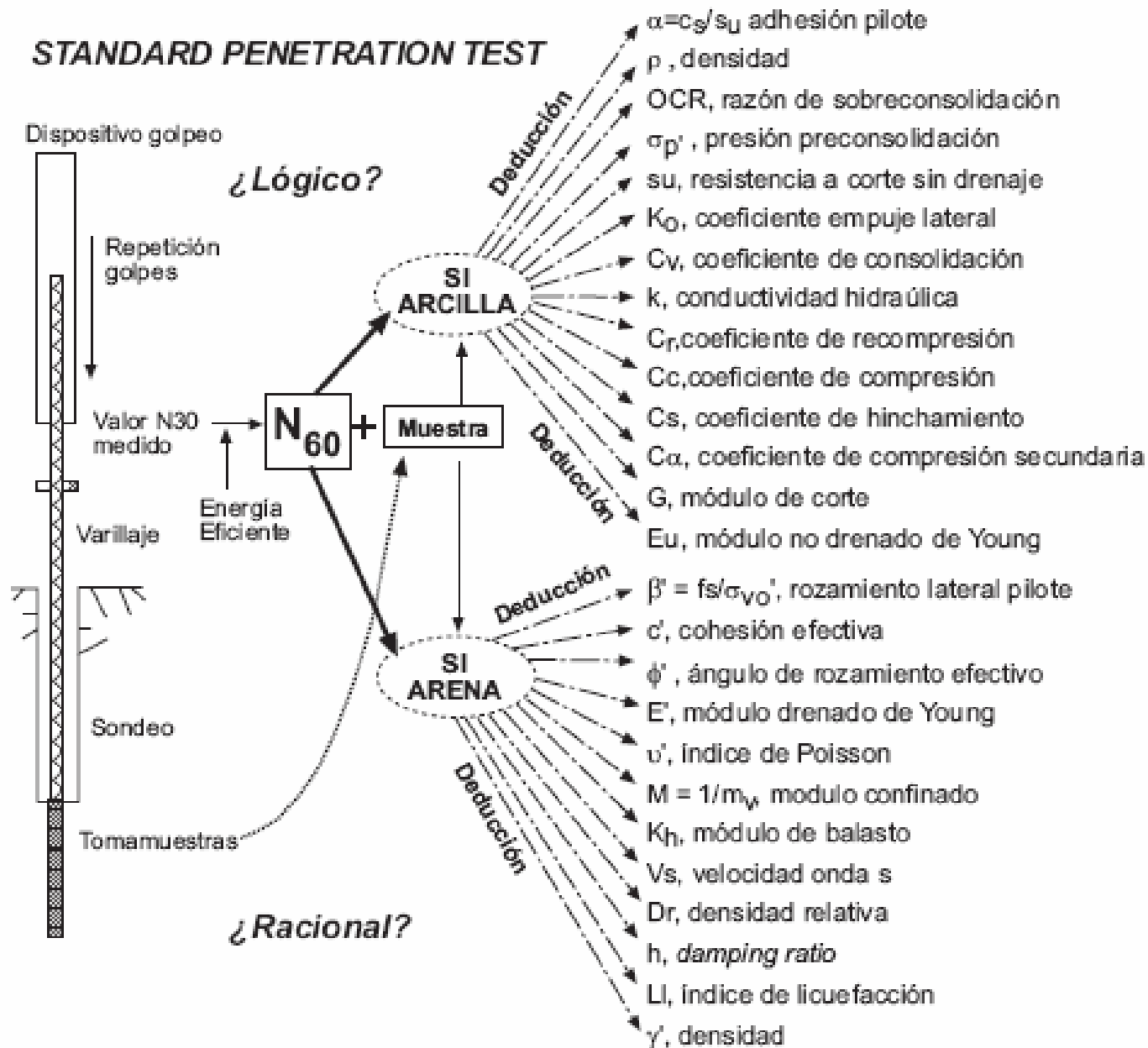
# Ensayo de Penetración Estándar (SPT)



## ASTM D 1586-99.

- Martillo: 63,5 kg.
- Altura de Caída: 76,2 cm.
- Peso varillaje: 6,3 kg/m.
- Área Varilla: 8 cm<sup>2</sup>.
- Área del Muestreador: 8,8 cm<sup>2</sup>.
- Longitud Muestreador: 45 cm.
- Peso del Muestreador: 6,9 kg/m.
- Energía Potencial Teórica: 474 J.

# Parámetros Mecánicos de Suelos



# SPT

- Hay que ser criterioso!!!
- Conocer bien las condiciones en las que ejecutó el ensayo. Las observaciones de campaña suelen aportar mucha información y pocas veces se les presta atención.
- Verificar la veracidad o representatividad del valor de  $N_{spt}$ : suelos no saturados, arenas, arcillas saturadas, etc. ¿Limos loéssicos no saturados?

# SPT

- Arenas con gravas de tamaños grandes suelen ser engañosas y reportan rechazo.
- Limos y arcillas secas (no saturados) suelen dar números altos de  $N_{spt}$  y su resistencia a la penetración puede variar en el futuro con la variación del contenido de humedad del suelo (ej. ascenso N.F., pérdida de cañerías, etc).
- En suelos finos es importante comparar el contenido de humedad respecto de los límites de consistencia del suelo.

# Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

## *Estandarización / Correcciones.*

- ***Energía (Eficiencia)***
  - ***Energía de Referencia (60 %  $E_{TOT}$ ):  $N_{60}$ .***
  - ***Longitud del Varillaje:  $N'_{60}$ .***
- ***Característica del Muestreador:  $N''_{60}$ .***
- ***Presión de Tapada ( $N_1$ ) $_{60}$ .***

# Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

## Correcciones.

### ■ Energía (Eficiencia)

$$N_{60} = N_{SPT} (ER/60).$$

País	Tipo de Martillo	Mecanismo de Operación	Energía Estimada	ER
Japón	Donut	Caída Libre	78	$78/60 = 1,30$
	Donut	Cabrestante-Soga-Polea-Disparador	67	$67/60 = 1,12$
USA	Safety	Cabrestante-Soga-Polea	60	$60/60 = 1,00$
	Donut	Cabrestante-Soga-Polea	45	$45/60 = 0,75$
Argentina	Donut	Cabrestante-Soga-Polea	45	$45/60 = 0,75$
China	Donut	Caída Libre	60	$60/60 = 1,00$
	Donut	Cabrestante-Soga-Polea	50	$50/60 = 0,83$

# Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

## *Correcciones.*

### ■ *Longitud del Varillaje*

$$L < 10 \text{ ft}$$

$$N'_{60} = 0,75N_{60}$$

$$L > 10 \text{ ft}$$

$$N'_{60} = N_{60}$$

- *Considera un balance entre la energía reflejada/transmitida de la onda mecánica en el tren de barras y pérdidas por disipación de deformación en las barras y uniones.*



# Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

## *Correcciones.*

- *Presión de Tapada  $(N_1)_{60}$ .*

$$(N_1)_{60} = C_N N''_{60}$$

# Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

## Presión de Tapada ( $N_1$ )<sub>60</sub>

Table 2.2 Typical calculations of  $C_N$  values

Reference	Depth correction factor $C_N$	$\sigma'_{v0}$	Observation
Skempton (1986)	$C_N = \frac{200}{100 + \sigma'_{v0}}$	kPa	Seed <i>et al.</i> (1983) $D_r = 40\text{--}60\%$ NC sand
Skempton (1986)	$C_N = \frac{300}{200 + \sigma'_{v0}}$	kPa	Seed <i>et al.</i> (1983) $D_r = 60\text{--}80\%$ NC sand
Peck <i>et al.</i> (1974)	$C_N = 0.77 \log\left(\frac{2000}{\sigma'_{v0}}\right)$	kPa	NC sand
Liao and Whitman (1985)	$C_N = \sqrt{\frac{100}{\sigma'_{v0}}}$	kPa	NC sand
Liao and Whitman (1985)	$C_N = \left[\frac{(\sigma'_{v0})_{\text{ref}}}{\sigma'_{v0}}\right]^k$	–	$k = 0.4\text{--}0.6$
Skempton (1986)	$C_N = \frac{170}{70 + \sigma'_{v0}}$	kPa	OC sand OCR = 3
Clayton (1993)	$C_N = \frac{143}{43 + \sigma'_{v0}}$	kPa	OC sand OCR = 10
Robertson <i>et al.</i> (2000)	$C_N = \left(\frac{\sigma'_{v0}}{\sigma_{\text{atm}}}\right)^{-0.5}$	kPa	NC sand

### Notes

NC = normally consolidated.  
OC = overconsolidated.

# Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

## ■ *Presión de Tapada ( $N_1$ )<sub>60</sub>*

Table 2.3 Correction for overburden pressure

<i>Depth (m)</i>	$\gamma_{nat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma'_{v0}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$N_{SPT}$	$C_N$	$N_1$
2	18	36	5	1.667	~ 8
20	18	360	17	0.527	~ 9

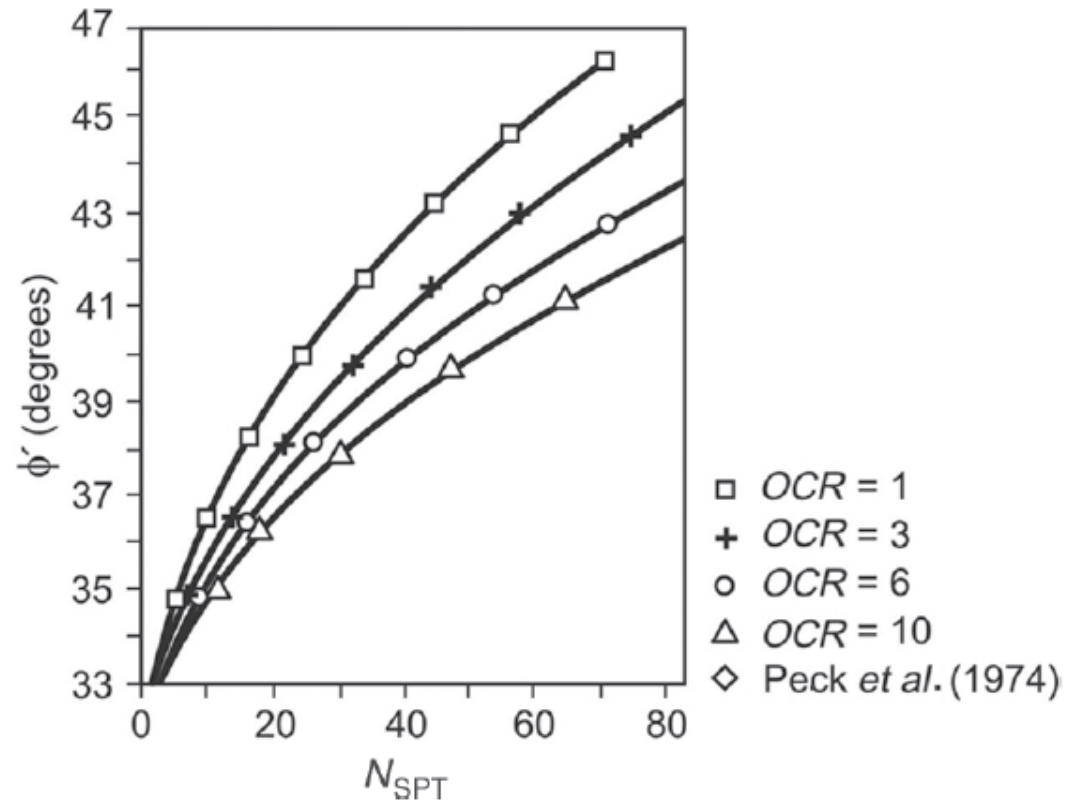
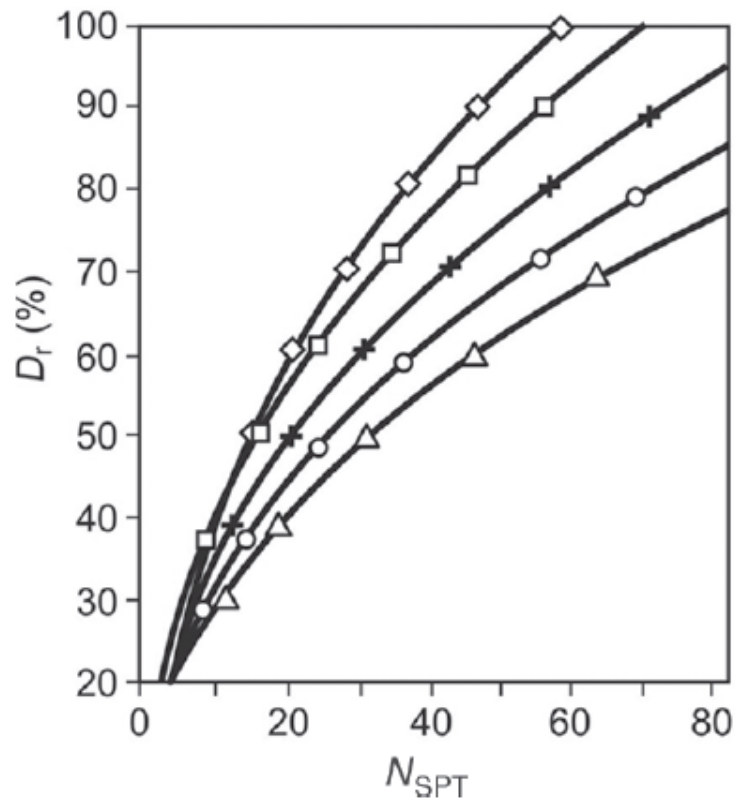
# Parámetros Mecánicos de Suelos

## 40 Standard penetration test

Table 2.6 SPT-based soil and rock classification system (Clayton, 1993)

Sand	$(N_1)_{60}$	0–3	Very loose
		3–8	Loose
		8–25	Medium
		25–42	Dense
		42–58	Very dense
Clay	$(N)_{60}$	0–4	Very soft
		4–8	Soft
		8–15	Firm
		15–30	Stiff
		30–60	Very stiff
		>60	Hard
Residual soils *	$(N)_{60}$	0–5	Completely weathered
		5–10	Very weathered (lateritic)
		10–15	Weathered
		>15	Moderately weathered (saprolitic)
Weak rock	$(N)_{60}$	0–80	Very weak
		80–200	Weak
		>200	Moderately weak to very strong

# Parámetros Mecánicos de Suelos



# Parámetros Mecánicos de Suelos

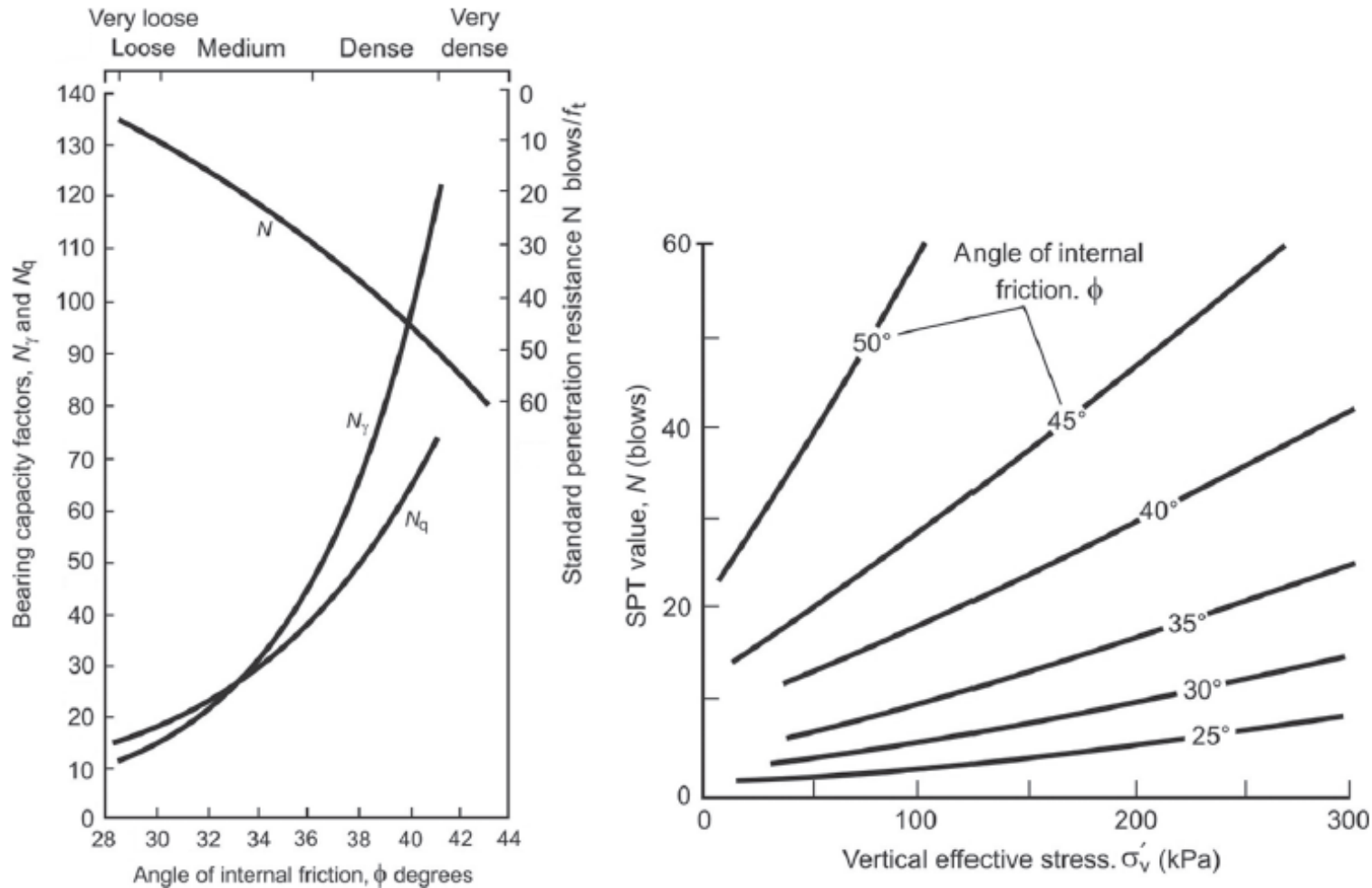
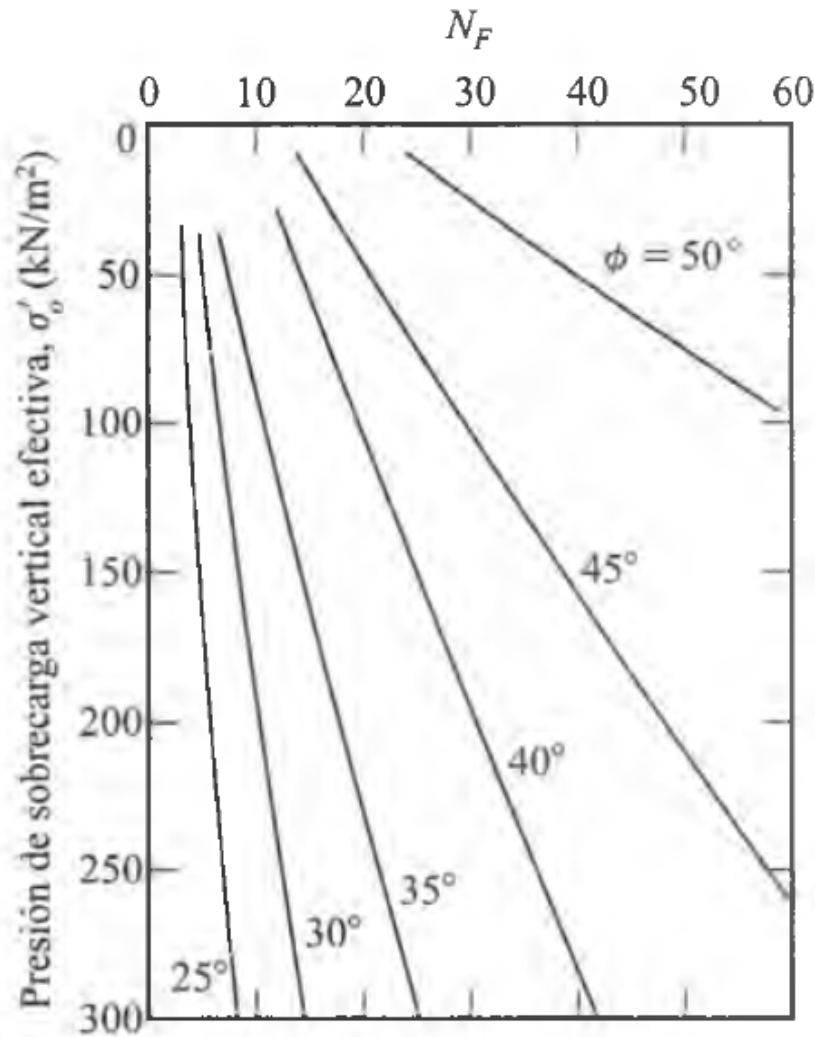


Figure 2.14 Recommended relationships between angle of friction and blow count number (Peck et al., 1974 and Mitchell and Lunne, 1978).

# Parámetros Mecánicos de Suelos



**FIGURA 8.7** Correlación de Schmertmann (1985) entre  $N_F$ ,  $\sigma'_o$  y  $\phi$  para suelos granulares.

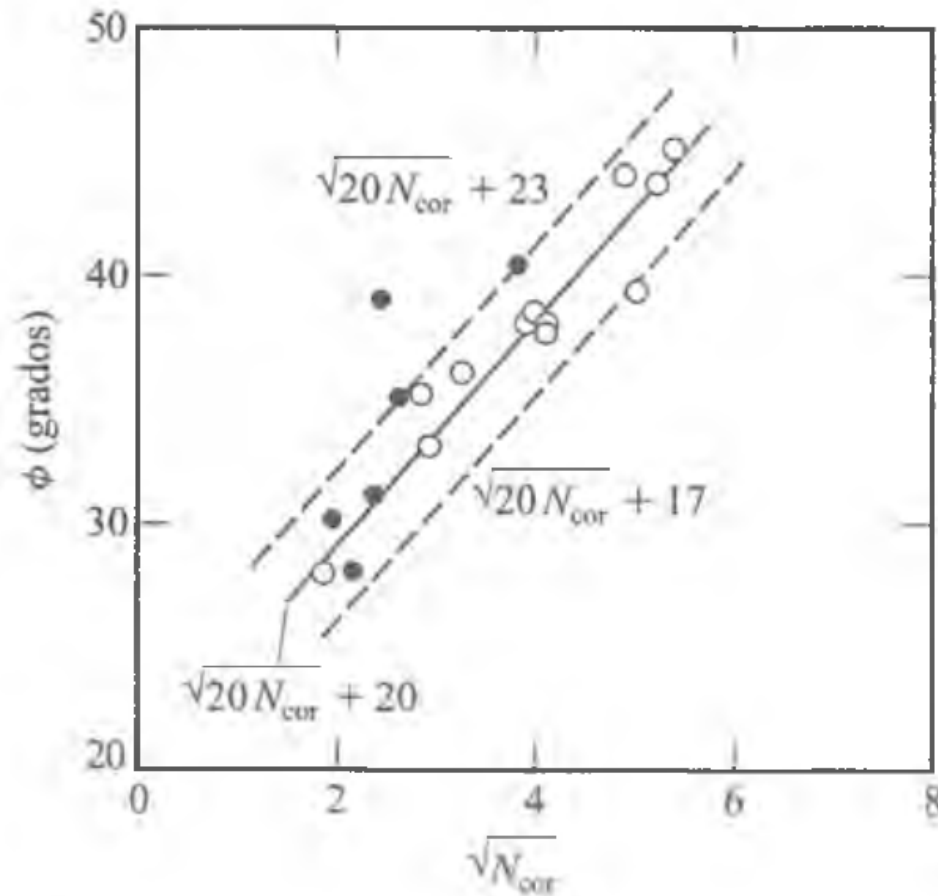
(Kulhawy y Mayne, 1990)

$$\phi = \tan^{-1} \left[ \frac{N_F}{12.2 + 20.3 \left( \frac{\sigma'_o}{p_a} \right)} \right]^{0.34}$$

Hatanaka y Uchida (1996)

$$\phi = \sqrt{20N_{\text{cor}}} + 20$$

# Parámetros Mecánicos de Suelos



Hatanaka y Uchida (1996)

$$\phi = \sqrt{20 N_{cor}} + 20$$

**FIGURA 8.8** Resultados de prueba de laboratorio de Hatanaka y Uchida (1996) para la correlación entre  $\phi$  y  $\sqrt{N_{cor}}$ .



# Parámetros Mecánicos de Suelos

Table 2.7 Typical angles of friction

<i>Material</i>	<i>Bolton (1979)</i>	<i>Bolton (1979)</i>	<i>Robertson and Hughes (1986)</i>
	$\phi'_p$ (degrees)	$\phi'_{cv}$ (degrees)	
Dense, well-graded sand or gravel	55	35	40
Uniform, medium-dense/coarse sand	40	32	34–37
Dense, sandy silt with some clay	47	32	
Fine sand and sandy, silty clay	35	30	30–34
Clay-shale or partings	35	25	
Clay (London)	25	15	

# Parámetros Mecánicos de Suelos

- Las ecuaciones son aproximadas y de carácter empírico. Evaluar si las condiciones de mi caso son semejantes a las condiciones para las cuales se determinaron las ecuaciones.
- Debido a que el suelo no es homogéneo, los valores de  $N_{SPT}$  en campo obtenidos en una sola perforación pueden no ser representativos de todo el sitio a explorar.
- En depósitos de suelos que contienen gravas o “bochones”, el  $N_{SPT}$  resulta errático y poco confiable.

# Parámetros Mecánicos de Suelos

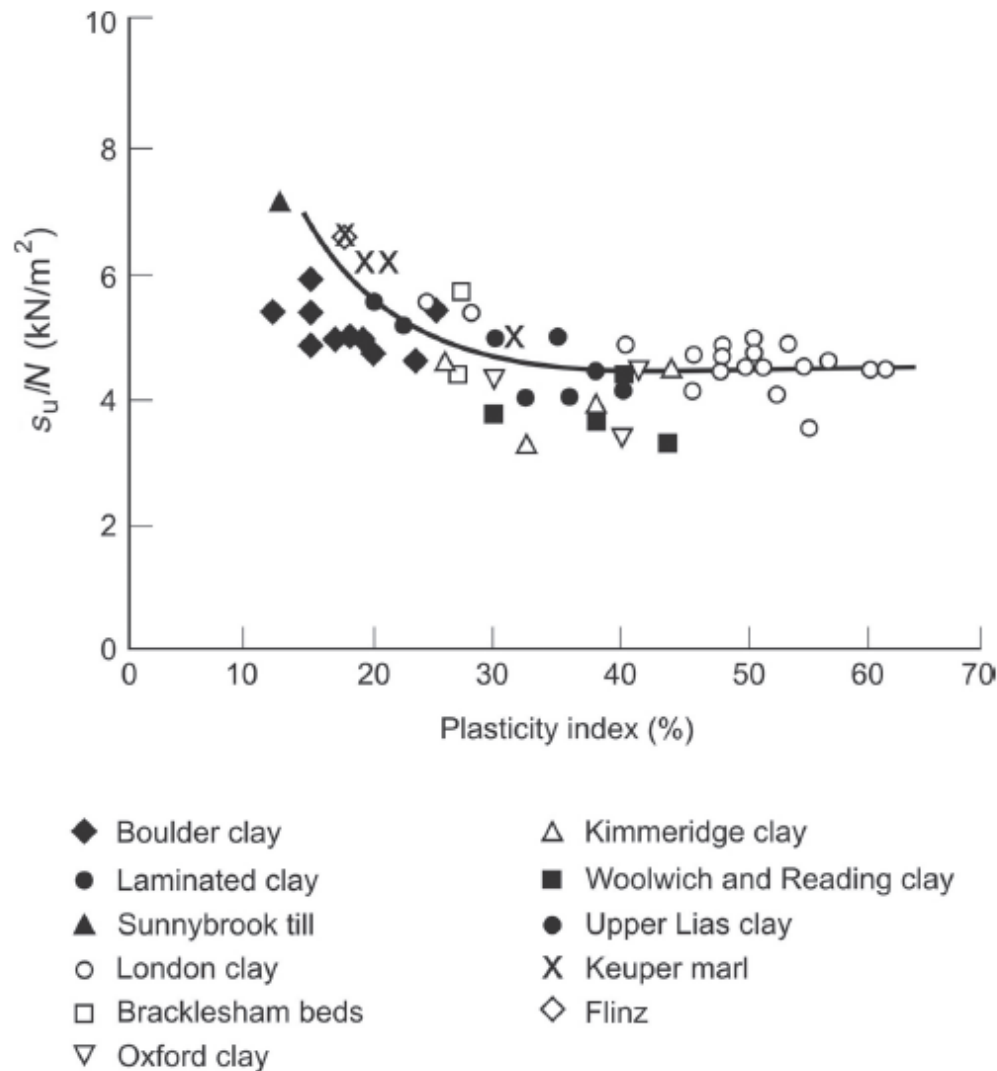


Figure 2.18 Undrained shear strength for insensitive clays (after Stroud, 1974).

# Parámetros Mecánicos de Suelos

**Tabla 8.3** Consistencia de arcillas y correlación aproximada con el número de penetración estándar  $N$ .

Número de penetración estándar, $N$	Consistencia	Resistencia a compresión simple, $q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )
0–2	Muy blanda	0–25
2–5	Blanda	25–50
5–10	Rigidez media	50–100
10–20	Firme	100–200
20–30	Muy firme	200–400
> 30	Dura	>400

# Parámetros Mecánicos de Suelos

$$c_u \text{ (kN/m}^2\text{)} = 29N^{0.72}$$

$$OCR = 0.193 \left( \frac{N}{\sigma'_o} \right)^{0.689}$$

$\sigma'_o$  = esfuerzo efectivo vertical (MN/m<sup>2</sup>).

# Parámetros Mecánicos de Suelos

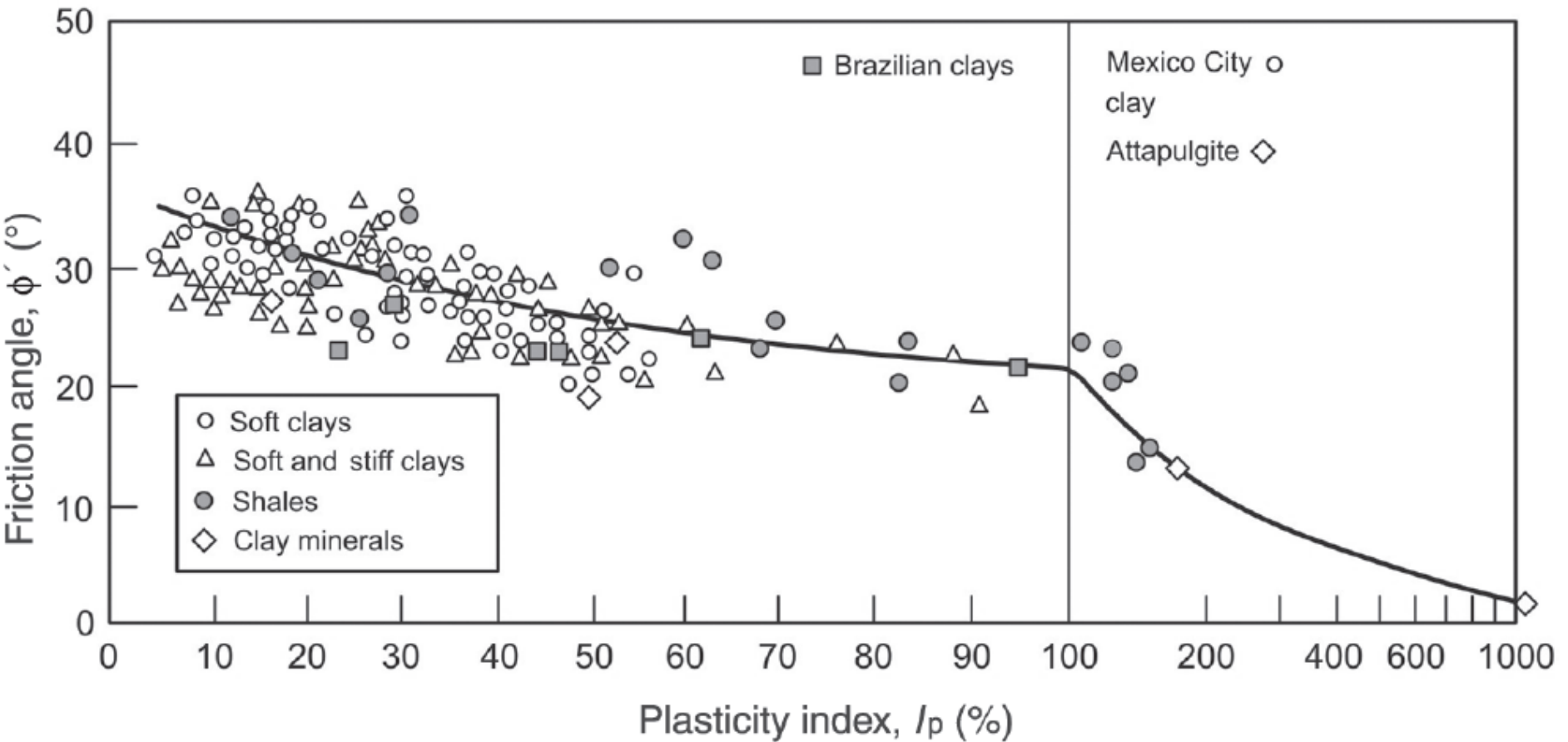


Figure 7.3 Variation of friction angle with plasticity index (Terzaghi *et al.*, 1996).

# Parámetros Mecánicos de Suelos

$$E_s \text{ (kN/m}^2\text{)} = 766N_F$$

**Tabla 11.5** Parámetros elásticos de varios suelos.

Tipo de suelo	Módulo de elasticidad, $E_s$ (MN/m <sup>2</sup> )	Razón de Poisson, $\mu_s$
Arena suelta	10–25	0.20–0.40
Arena de compacidad media	15–30	0.25–0.40
Arena densa	35–55	0.30–0.45
Arena limosa	10–20	0.20–0.40
Arena y grava	70–170	0.15–0.35
Arcilla blanda	4–20	
Arcilla media	20–40	0.20–0.50
Arcilla dura	40–100	

# Parámetros Mecánicos de Suelos

- Nuevamente....Hay que ser criterioso!!!
- Conocer el origen de las ecuaciones de correlación. A veces están calibradas para casos particulares y se comete el error de utilizarlas en forma generalizada (buscar en bibliografía de referencia su origen, libros, artículos de renombre, etc.).
- Existe mucha bibliografía del tema. Investigar al respecto por cuenta propia.