

# CARACTERIZACION DE LAS ROCAS

LAS ROCAS SON MATERIALES  
QUE TIENEN COHESION  
NATURAL

# PROPIEDADES EN LAS ROCAS

**FISICAS O INTRINSECAS**  
**GEOMECHANICAS O EXTRINSECAS**

# ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN EN LAS ROCAS

LAS ROCAS SON MATERIALES  
NATURALES CON COHESION

# PROPIEDADES FÍSICAS O INTRÍNSECAS

- Las mismas propiedades que se realizan para suelos, adaptadas
  - Índice de absorción
  - Índice de higroscopia
  - Ascenso capilar
  - Velocidad sónica
  - Índice de anisotropía
  - Módulo dinámico
  - Índice de calidad
  - Porosidad Total =  $P_p + P_f$

# CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS ROCAS

$\gamma_h$

Peso volumétrico total húmedo

$$\gamma_h = \frac{W}{V}$$

$\gamma_{sat}$

Peso volumétrico saturado

$$\gamma_{sat} = \frac{W_{sat}}{V}$$

$\gamma_d$

Peso volumétrico seco

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

$\gamma_s$

Peso volumétrico de los granos sólidos

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$$

$\gamma_w$

Peso volumétrico del agua

$$\gamma_w = \frac{W_w}{V_w}$$

$\gamma'$

Peso Volumétrico sumergido

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

$$\gamma_{sat} = \frac{W_{sat}}{V}$$

# VELOCIDAD LONGITUDINAL DE PROPAGACION DEL SONIDO

Schistes ardoisiens	Direction	$v_l$ (m/u)
Ardoise de Flöerme	A	6655
	B	5990
	C	3780
Ardoise d'Angers	A	6510
	B	6220
	C	4580
Ardoise de Sainte Tréphime	A	6360
	B	6200
	C	3470
Ardoise des Lacs	A	6630
	B	6275
	C	3290

TABIEAU 5 - Vitesses de propagation des ondes longitudinales dans des schistes ardoisiens

A - Parallèlement au longruin

B - Dans le plan de schistosité perpendiculaire au longruin

C - Perpendiculairement au plan de schistosité

(d'après A. Denis, J. Esteoule, J. Guyader, C. Tourenq)

# UTILIZACION DE LA VELOCIDAD LONGITUDINAL SONICA

## INDICE DE ANISOTROPIA

ROCHE	max $V_L$ (m/s)	min $V_L$ (m/s)	$I_A$
Granite de la Bresse	4960	4500	1,1
Calcschiste du Mont Cenis	5490	2905	1,9
Schiste ardoisien de Travassac	6830	5040	1,35
Ardoise de Plöermel	6655	3780	1,75
Ardoise d'Angers	6510	4580	1,4
Ardoise de Sainte Tréphime	6360	3470	1,85
Ardoise des Lacs	6630	3290	2

TABEAU 6 - Indice d'anisotropie de quelques roches anisotropes

On peut alors définir un indice d'anisotropie  $I_A$  par le rapport :

$$I_A = \frac{\max V_L}{\min V_L}$$

Le tableau 6 donne les indices d'anisotropie de quelques roches.

Les relations contrainte déformation s'écrivent alors :

$$\delta \epsilon_1 = \frac{1}{E_1} \{ \delta \sigma_1 - \nu_{12} (\delta \sigma_2 + \delta \sigma_3) \}$$

$$\delta \epsilon_2 = \frac{1}{E_2} \{ -\nu_{21} \delta \sigma_1 + \delta \sigma_2 - \nu_{23} \delta \sigma_3 \}$$

# EQUIPO PARA REALIZAR UN ENSAYO DE SATURACIÓN

FIGURA 1

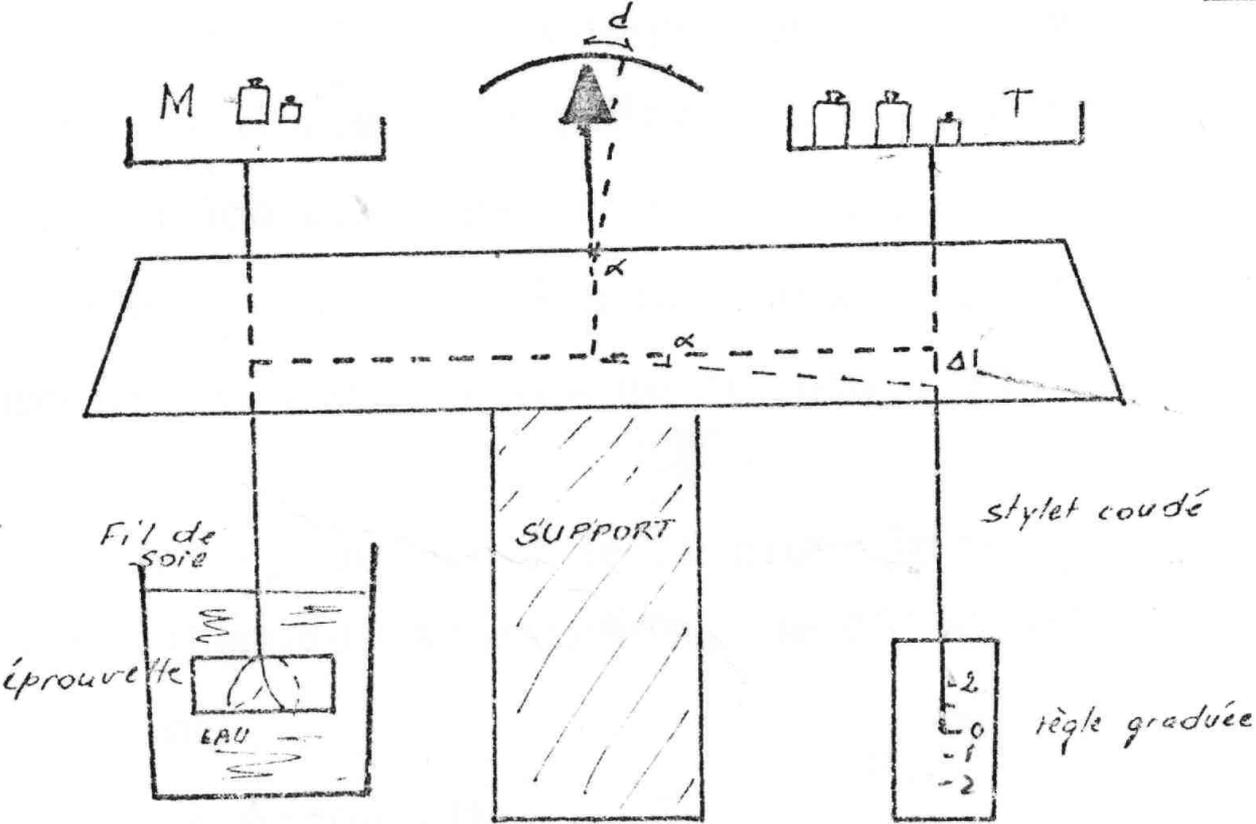


TABLA 3

Algunas velocidades sísmicas típicas

TIPO DE ROCA	VELOCIDAD SISMICA
Pizarra sedimentaria .....	885 – 3900 m/s
Arenisca .....	1432 – 4270 m/s
Granito en masa .....	5650 m/s
Granito parcialmente descompuesto y ligeramente fisurado ...	3200 m/s
Granito fuertemente descompuesto y muy fracturado ... ..	670 m/s
Granito fuertemente descompuesto y friable ... .. .	457 m/s
Caliza .....	5000 – 6160 m/s

*Ensayo de velocidad sísmica en el laboratorio:* En el laboratorio se puede medir la velocidad sísmica longitudinal en ejemplares obtenidos de testigos. Luego se puede usar la velocidad para calcular el módulo de deformación aplicable a tensiones dinámicas de baja magnitud usando la fórmula:

$$E = \rho C_p^2$$

Ec. 1-31

# EL EFECTO DE ESCALA EN LAS ROCAS

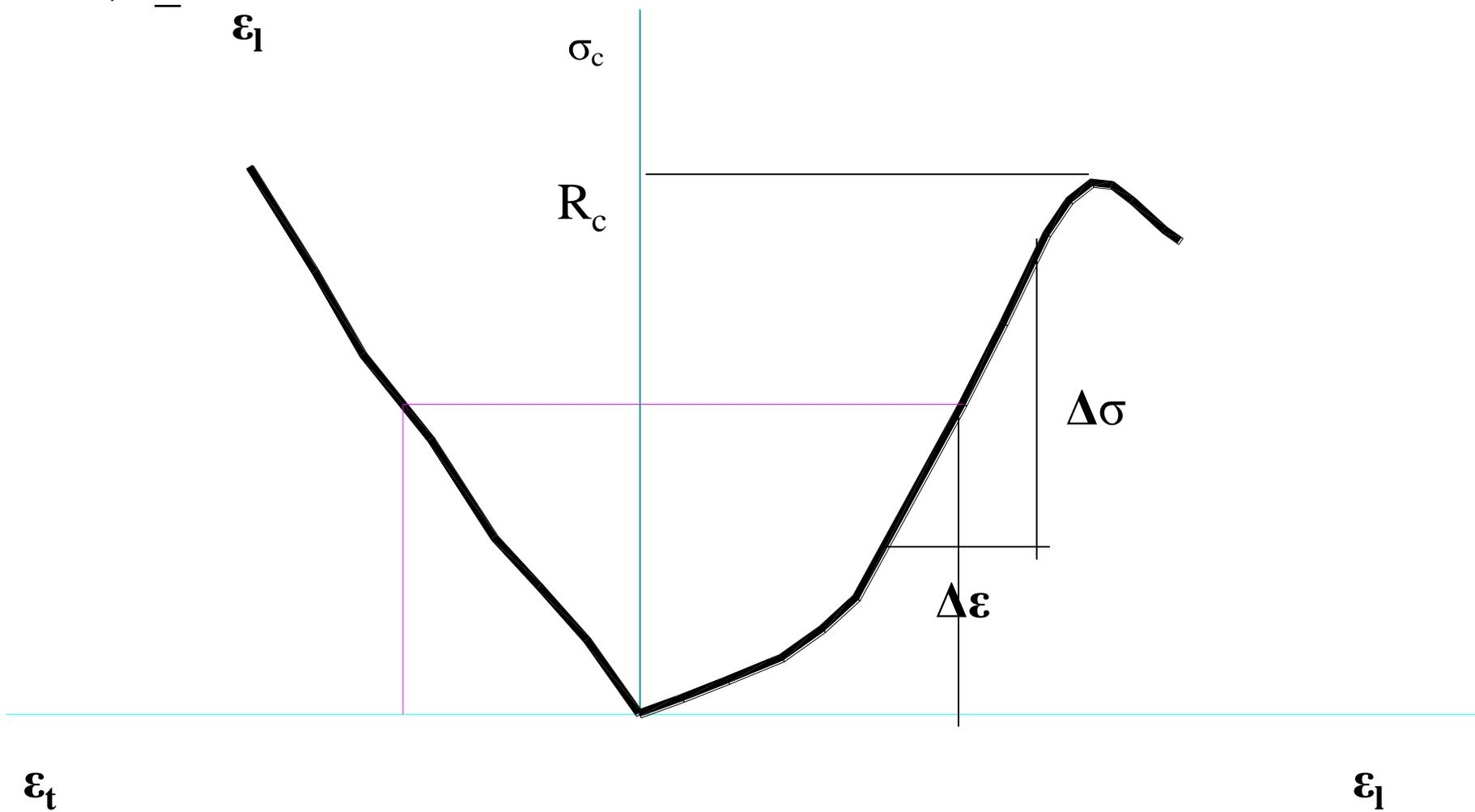
EFECTO DE SUPERFICIE

EFECTO DE VOLUMEN

EFECTO COMBINADO



$$v = -\frac{\epsilon_t}{\epsilon_l}$$



<b>ROCA</b>	<b>Resistencia a la compresión uniaxial (Valor medio) - kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Coefficiente de variación %</b>	<b>Módulo de deformación Kg.xcm<sup>2</sup>x10<sup>5</sup></b>
<b>Caliza (7)</b>	1,090.00	21.00	6.18
<b>Caliza (7)</b>	349.00	40.00	3.80
<b>Arenisca (16)</b>	2,180.00	26.00	3.02
<b>Pizarra sedimentaria (16)</b>	366.00	37.00	2.74
<b>Pizarra Sedimentaria (7)</b>	367.00	53.00	1.26
<b>Limonita(7)</b>	246.00	66.00	1.37
<b>Conglomerado (6)</b>	1,690.00	30.40	7.52
<b>Cuarcita (6)</b>	2,003.00	29.60	6.75
<b>Granito (7)</b>	1,517.00	33.00	3.66
<b>Granito (7)</b>	435.00	27.00	2.11
<b>Toba volcánica (6)</b>	2,680.00	30.10	7.80
<b>Toba volcánica (7)</b>	372.00	21.00	0.14
<b>Lava (6)</b>	1,035.00	31.50	6.33
<b>Esquisto de Hornblenda (6)</b>	2,490.00	48.50	8.93
<b>Jaspe</b>	4,500.00	7.50	9.00

(\*) Limonita, roca de tipo intermedio entre la pizarra sedimentaria y la arenisca. En inglés se denomina siltstone

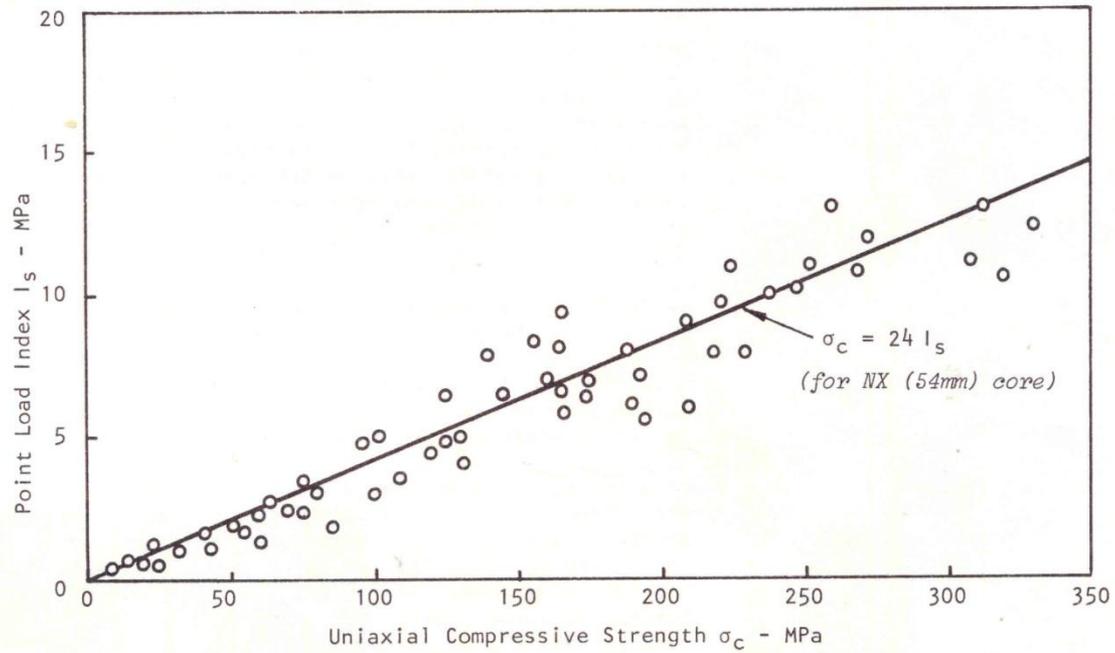


Figure 36 : Relationship between point load strength index and uniaxial compressive strength. 1 MPa = 10.2 kg/cm<sup>2</sup> = 145 lb/in<sup>2</sup>.

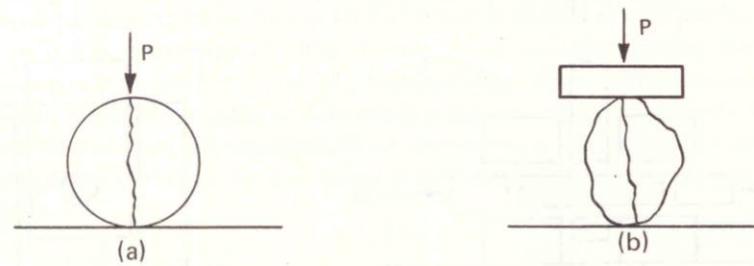


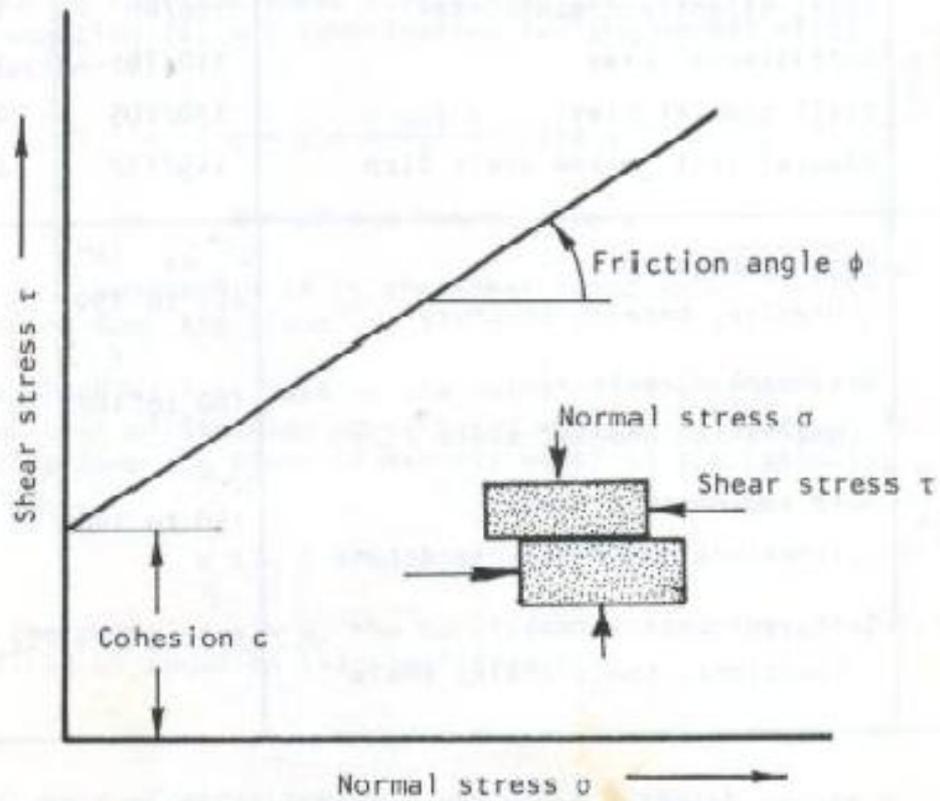
Fig. 1-21.—Resquebrajamiento por tracción debido a fuerzas de compresión.

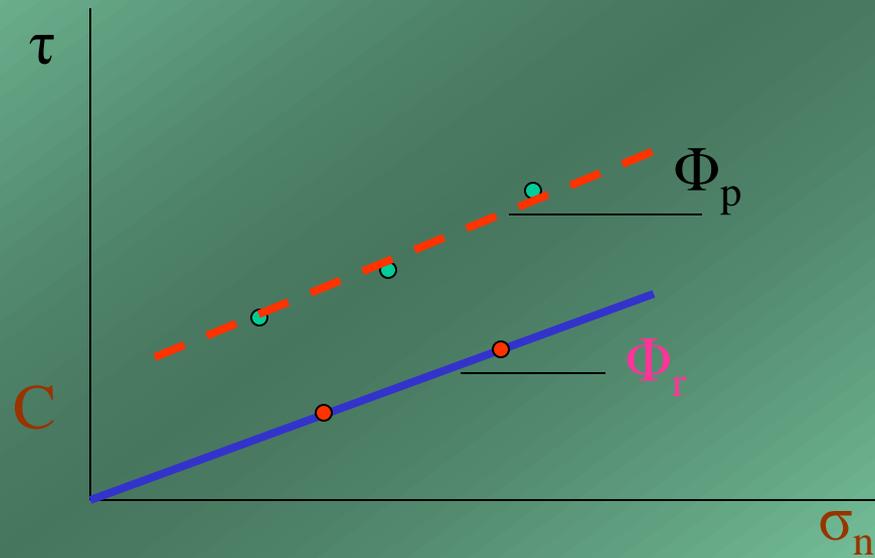
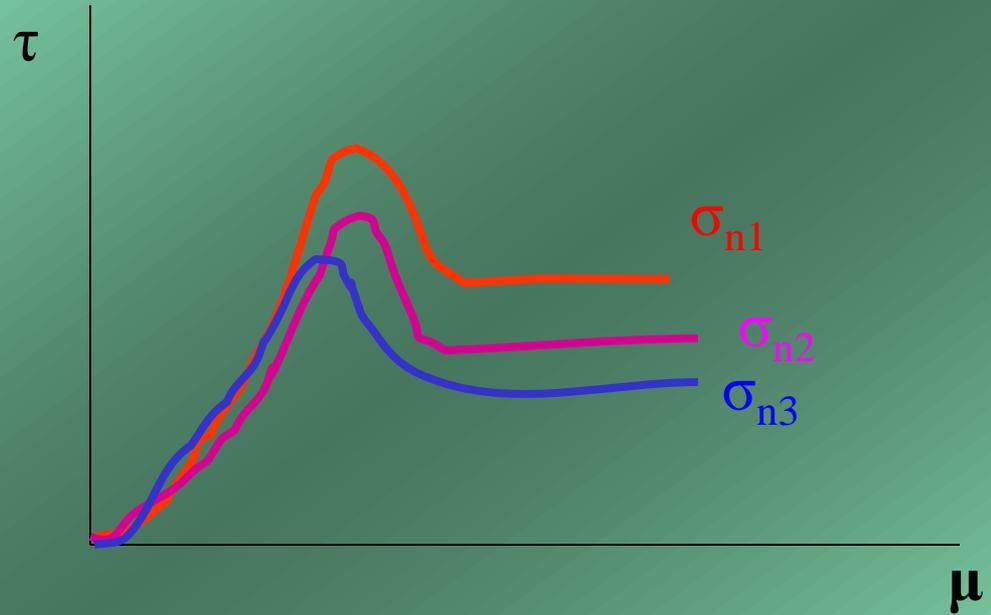
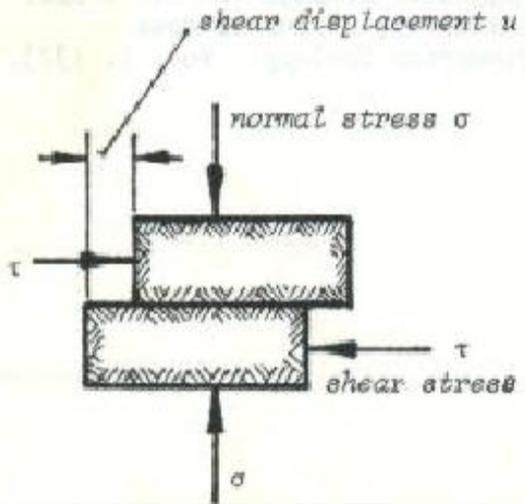
de tracción más o menos uniforme sobre la mayor parte del diámetro vertical. Cuando esta tensión produce la rotura, da una medida de la resistencia a la tracción de la roca. La fórmula para calcular la tensión de tracción media en rotura es:

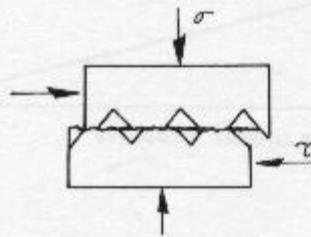
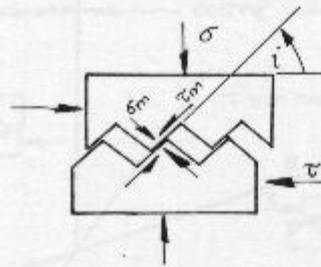
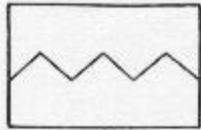
$$T_s = \frac{2P}{\pi DL} \quad \text{Ec. 1-28 (a)}$$

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

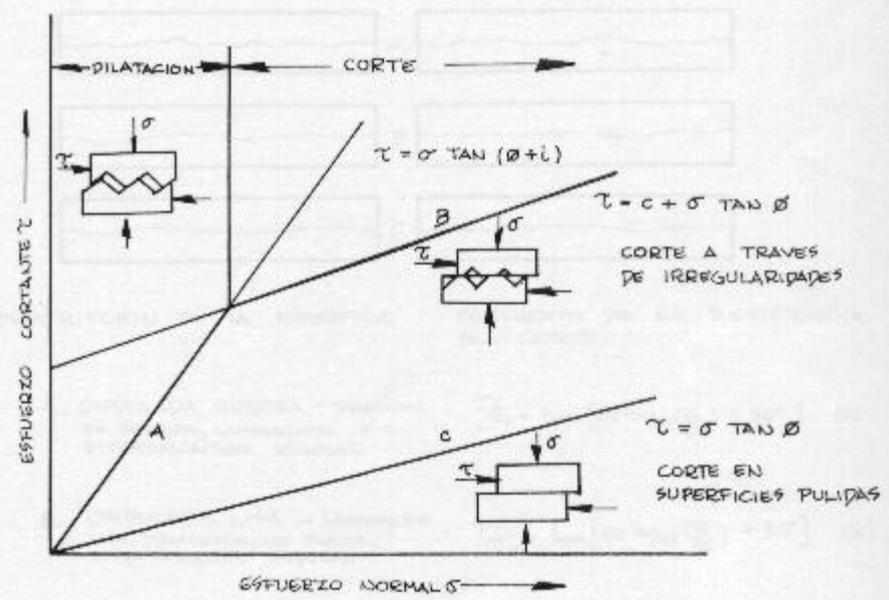
(1)



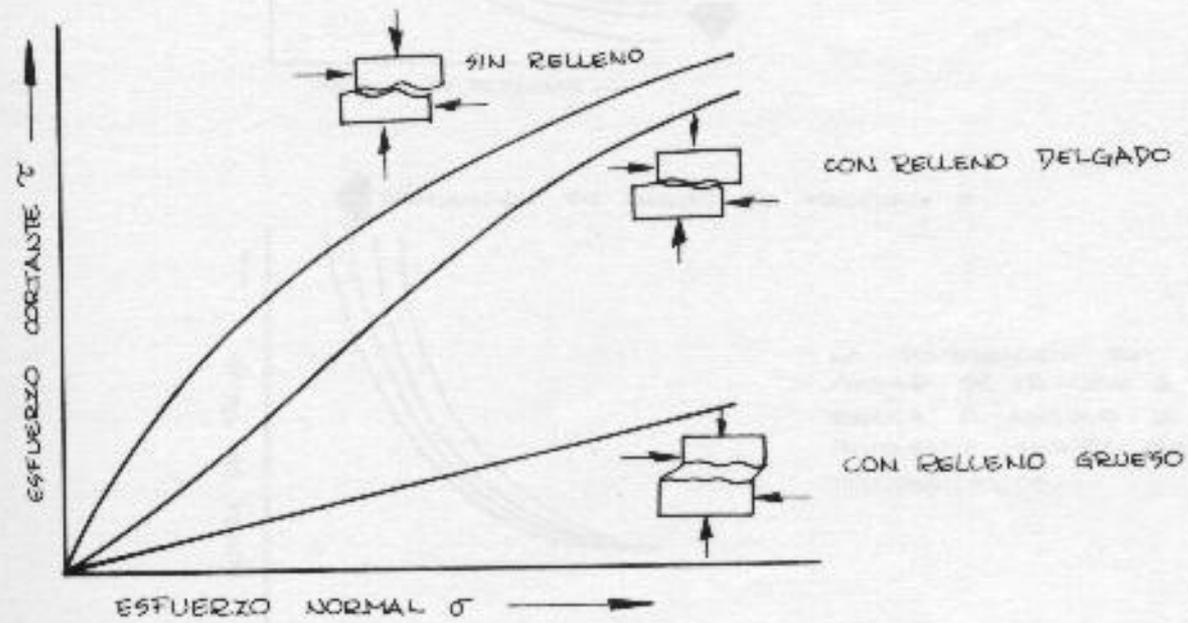




(HOEK & BRAY, 1974)



RELACION SIMPLIFICADA ENTRE RESISTENCIA AL CORTE Y ESFUERZO NORMAL PARA SUPERFICIES RUGOSAS (HOEK Y BRAY, 1974)



(HOEK Y BRAY, 1974)

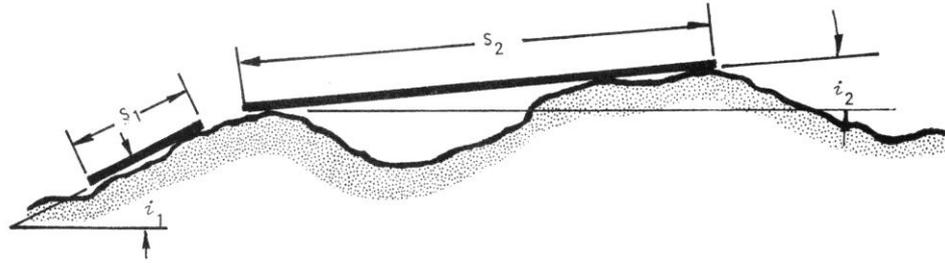


Figure 25a : Measurement of surface roughness with different base lengths. Short base length gives high values for the effective roughness angle while long bases give smaller angles.

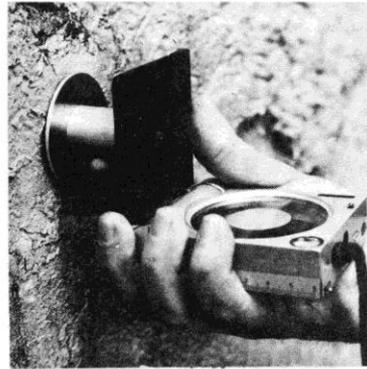
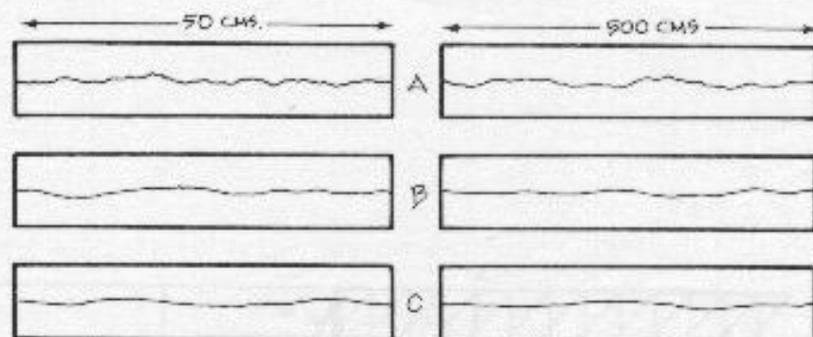


Figure 25b :  
5.5cm diameter measuring plate fitted to a Breithaupt geological compass.  
Photographs reproduced with permission of Dr. N. Rengers from a paper by Fecker and Rengers<sup>66</sup>.



Figure 25c :  
42 cm diameter measuring plate fitted to a Breithaupt geological compass for surface roughness measurement.

## EJEMPLOS DE PERFILES DE RUGOSIDAD



DESCRIPCION DE LA SUPERFICIE.

ESTIMACION DE LA RESISTENCIA AL CORTE.

A. ONDULADA, RUGOSA - DIACLASAS DE TENSION, LAMINACION Y ESTRATIFICACION RUGOSAS.

$$\frac{\tau}{\sigma_n} = \tan [20 \log_{10} \left( \frac{\sigma_c}{\sigma_n} \right) + 30^\circ] \quad (a)$$

B. ONDULADA, LISA - LAMINACION LISA, FOLIACION NO PLANA, ESTRATIFICACION ONDULADA.

$$\frac{\tau}{\sigma_n} = \tan [10 \log_{10} \left( \frac{\sigma_c}{\sigma_n} \right) + 30^\circ] \quad (b)$$

C. LISA CASI PLANA - DIACLASAS PLANAS DE CORTE, FOLIACION PLANA, ESTRATIFICACION PLANA.

$$\frac{\tau}{\sigma_n} = \tan [5 \log_{10} \left( \frac{\sigma_c}{\sigma_n} \right) + 30^\circ] \quad (c)$$

(BARTON, 1973)

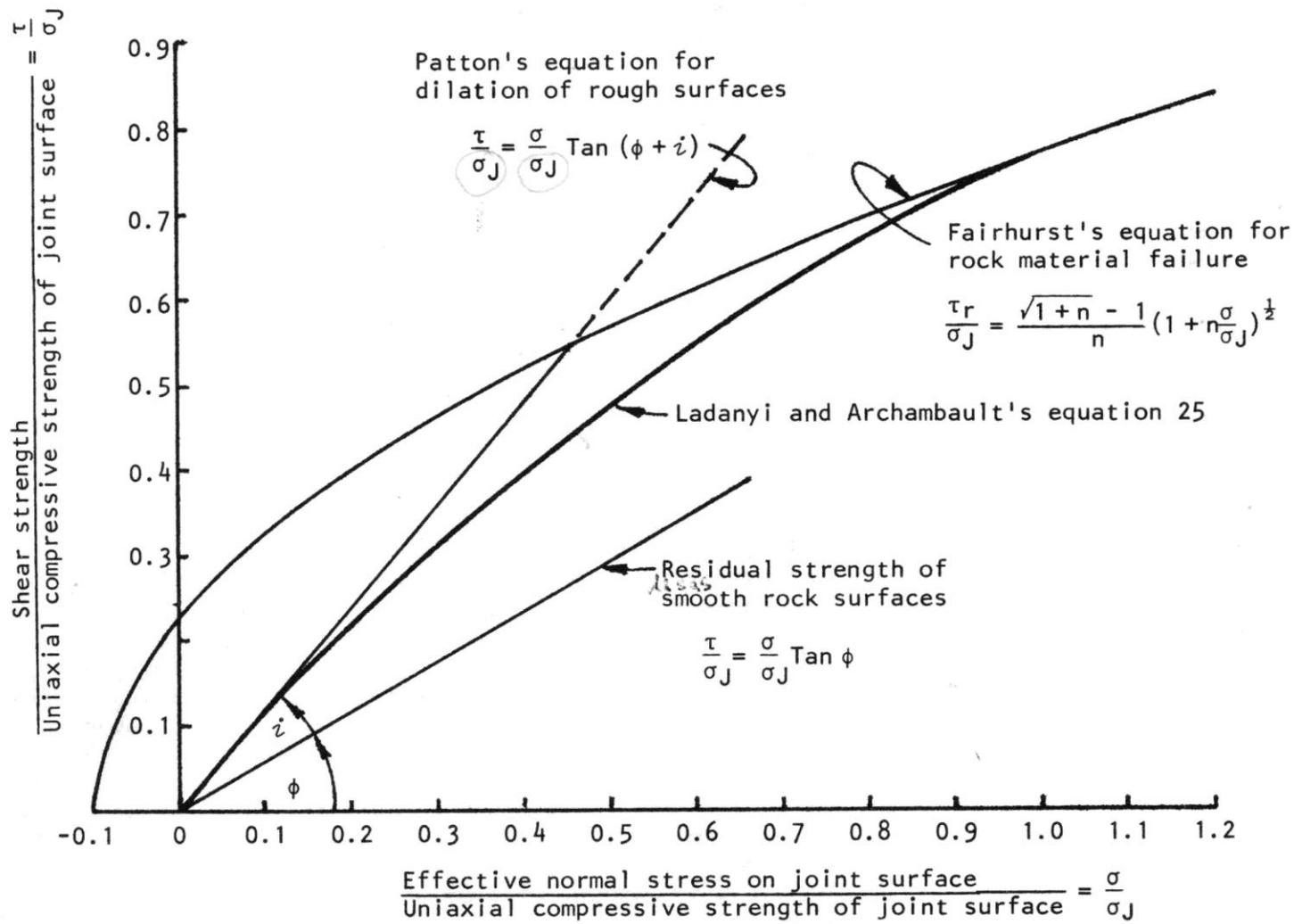
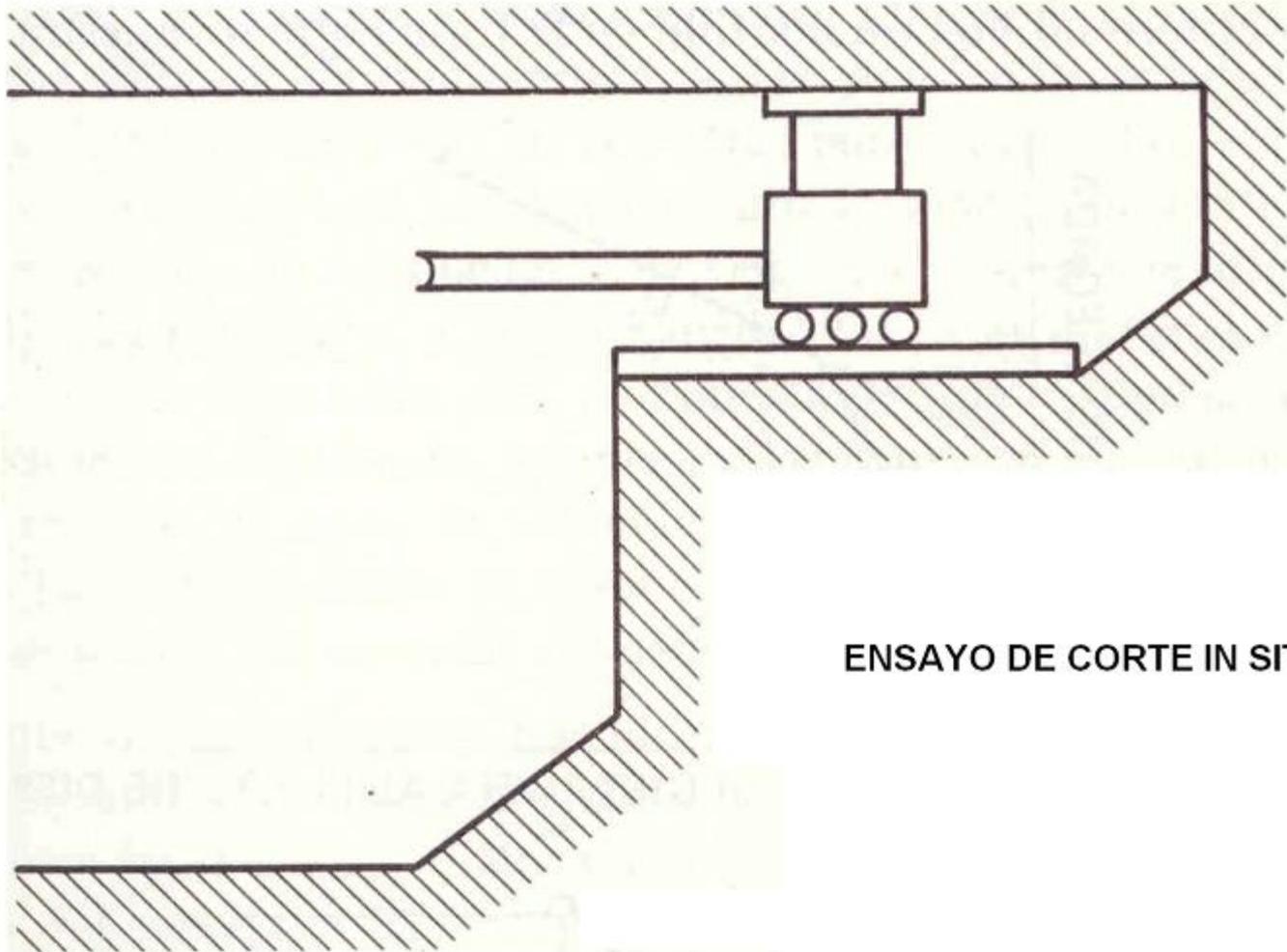


Figure 27 : Transition from dilation to shearing predicted by Ladanyi and Archambault's equation. Plotted for  $i = 20^\circ$  and  $\phi = 30^\circ$ .

$$n = \sigma_j / \sigma_t$$

$\tau_r$  = Resistencia al corte del material adyacente a la discontinuidad

# EQUIPOS PARA DETERMINAR LOS PARAMETROS DEL ESFUERZO CORTANTE



ENSAYO DE CORTE IN SITU

RES QUE DEBIMOS.

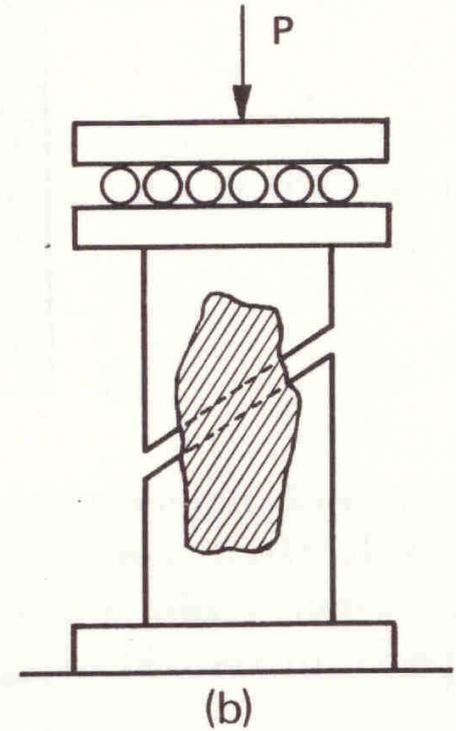
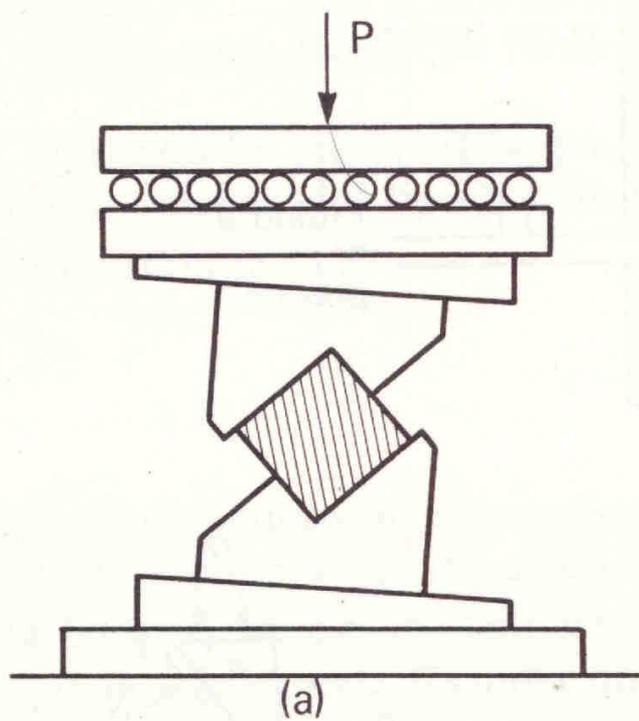
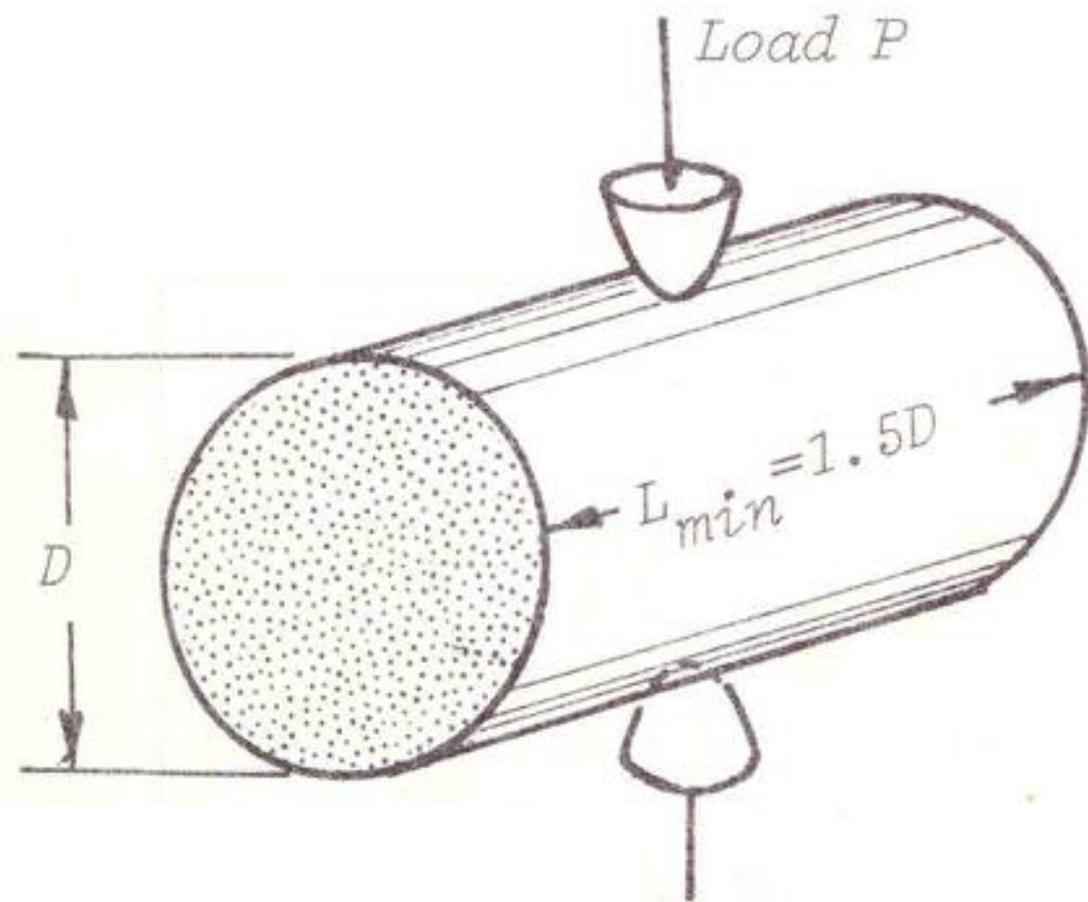


Fig. 1-19.—Aparatos para medir la resistencia al corte sobre planos predeterminados (5).

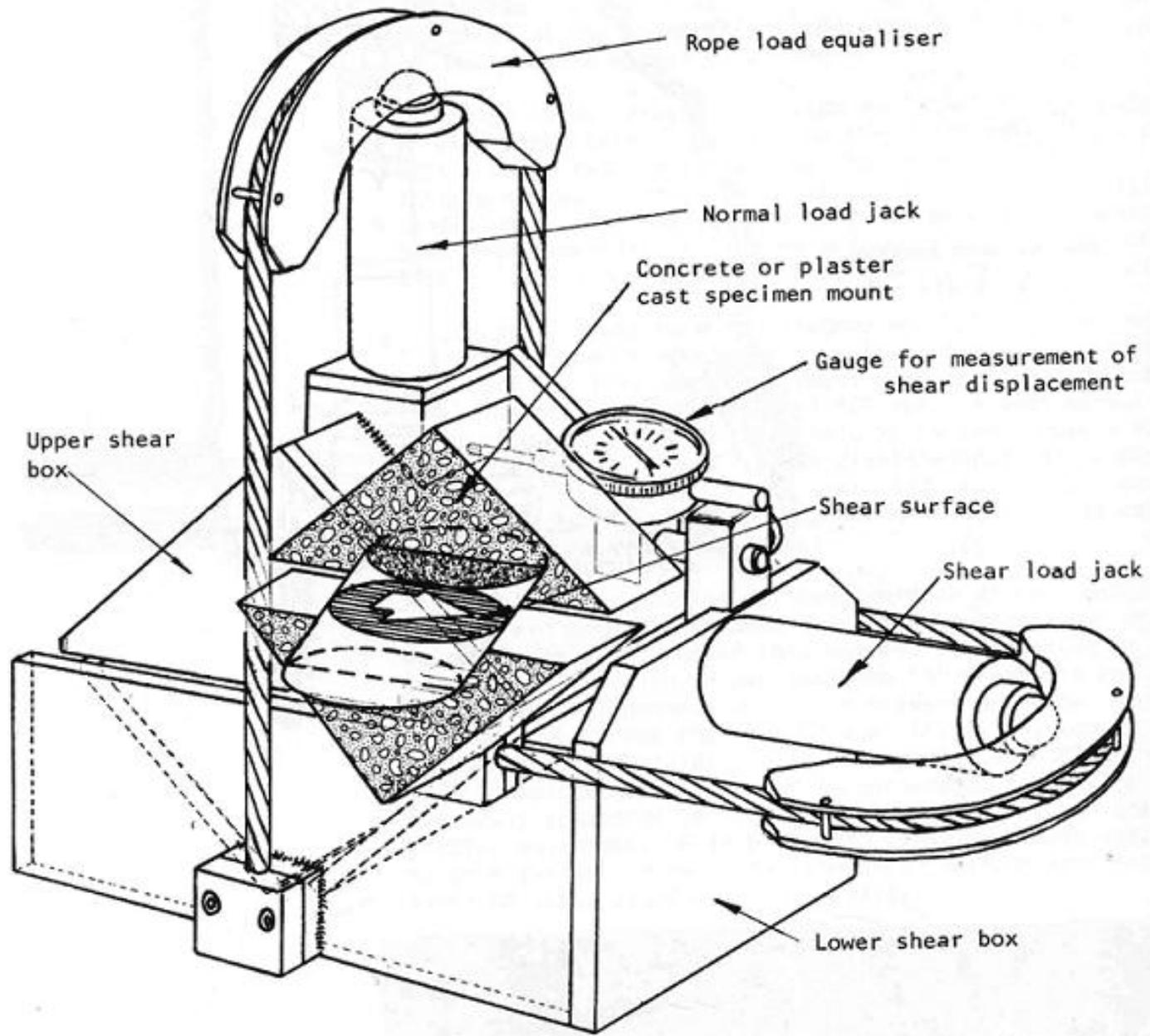


Point Load Index  $I_s = \frac{P}{D^2}$

**Relación con la resistencia a la compresión simple**

$$\sigma_c = 24 I_s$$

# EQUIPOS PARA DETERMINAR LOS PARAMETROS DEL ESFUERZO CORTANTE



# EQUIPOS PARA DETERMINAR LOS PARAMETROS DEL ESFUERZO CORTANTE

RES QUE DEBEMOS.

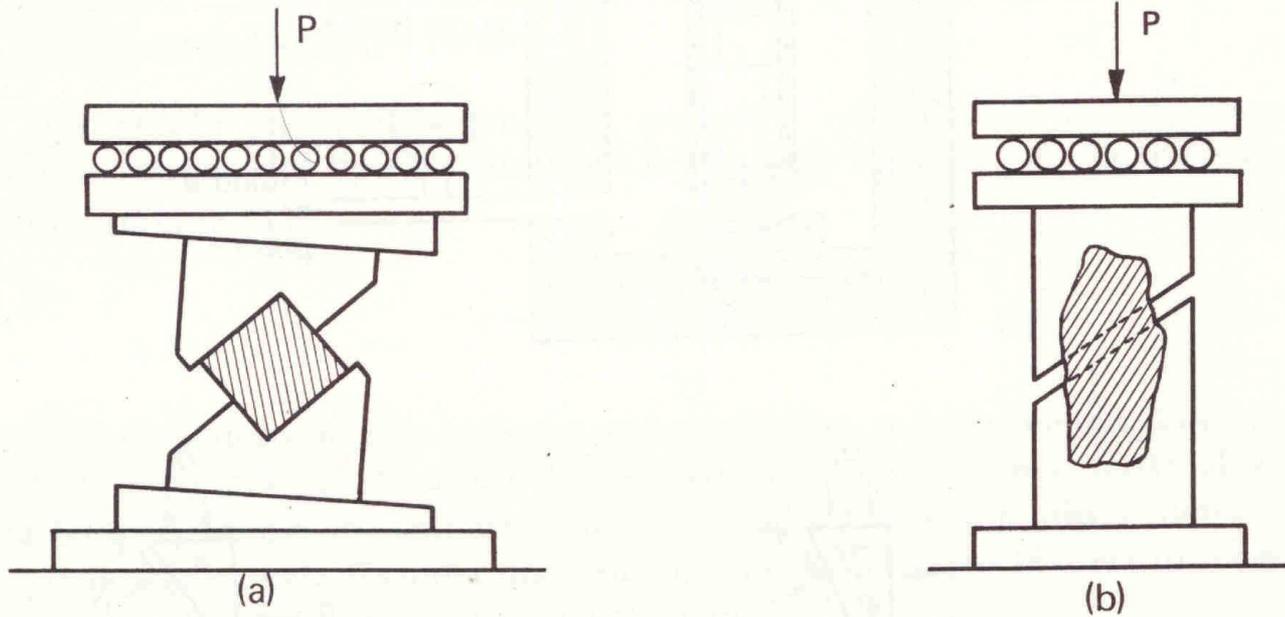
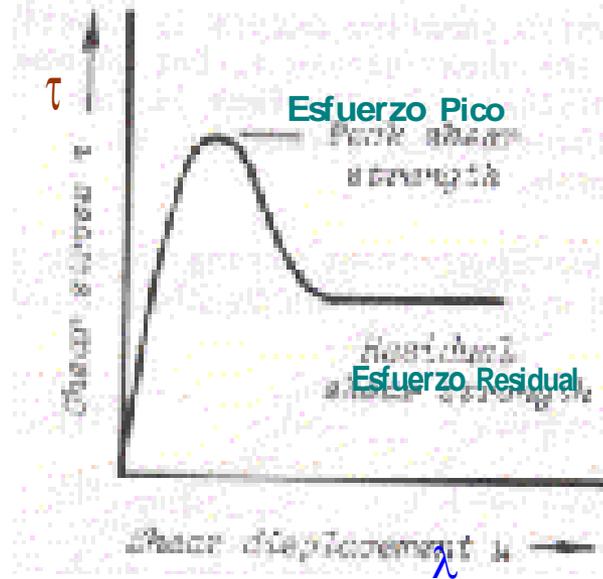
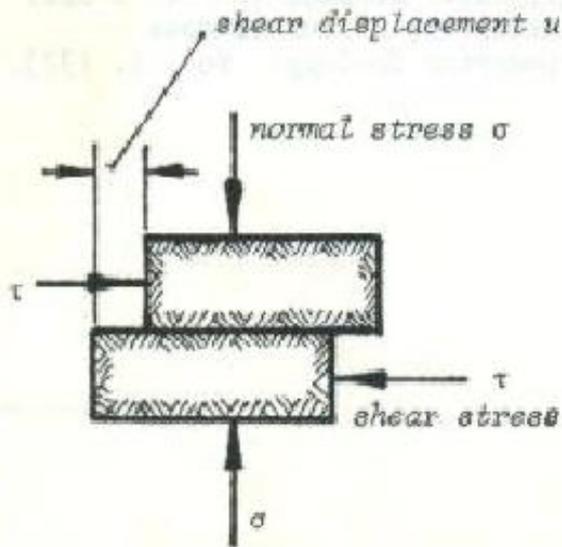


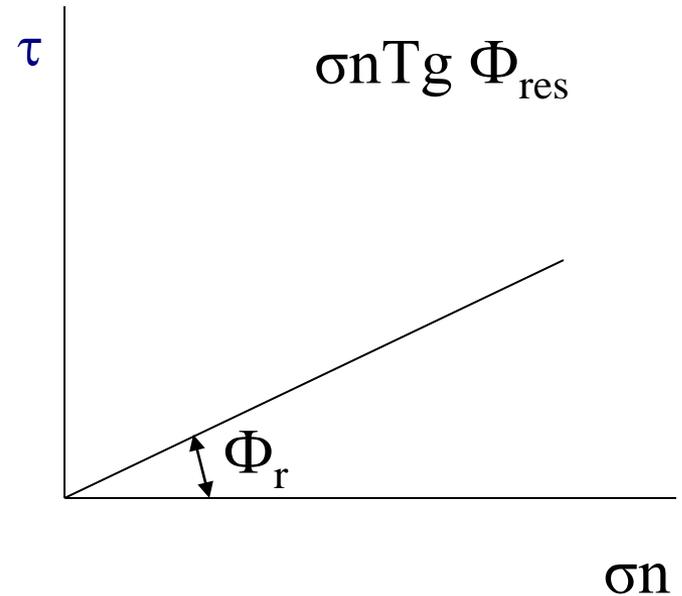
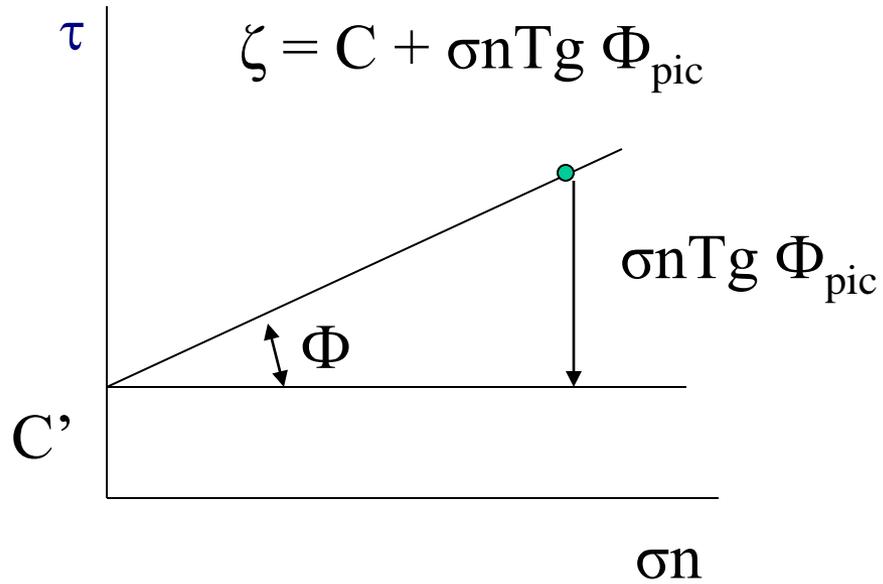
Fig. 1-19.—Aparatos para medir la resistencia al corte sobre planos predeterminados (5).

ECUACIONES PARA  
DETERMINAR EL VALOR  
DEL ESFUERZO CORTANTE  
EN ROCAS ROCAS

# LA RESISTENCIA AL CORTANTE

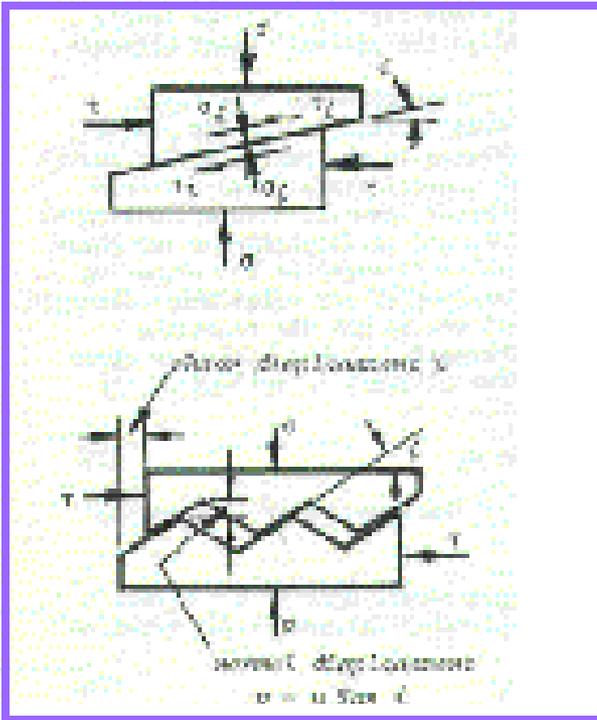


# LA RESISTENCIA AL CORTANTE ECUACION DE MOHR COULOMB



$$C = C' \times 0.7$$

# ESFUERZO CORTANTE EN SUPERFICIES IRREGULARES E INCLINADAS



$$\zeta_i = \zeta \text{Cos}^2 i + \sigma_n \text{Sen } i \text{ Cos } i$$

$$\sigma_i = \sigma \text{Cos}^2 i + \zeta \text{ Sen } i \text{ Cos } i$$

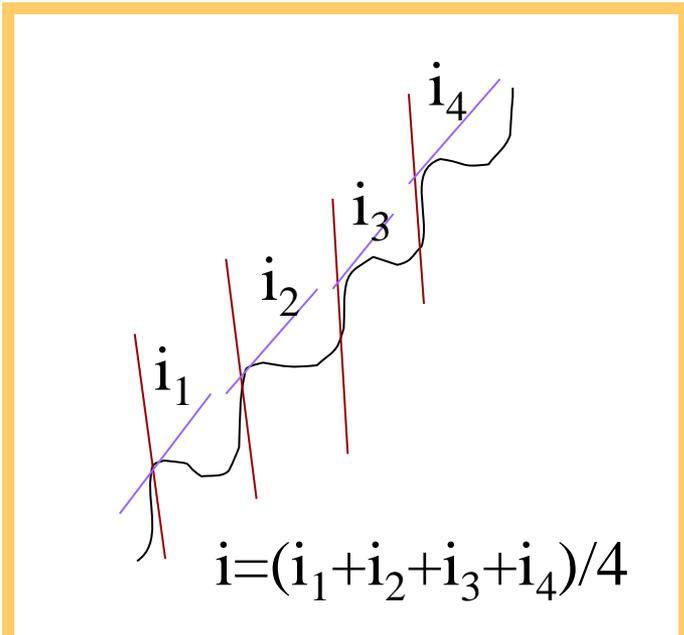
Si no hay cohesión, la resistencia al cortante es:

$$\zeta_i = \sigma_i \text{ Tan } \Phi$$

El esfuerzo cortante se determina así:

$$\zeta = \sigma_i \text{ Tan}(\Phi + i) \quad \text{(Ecuación de Barton)}$$

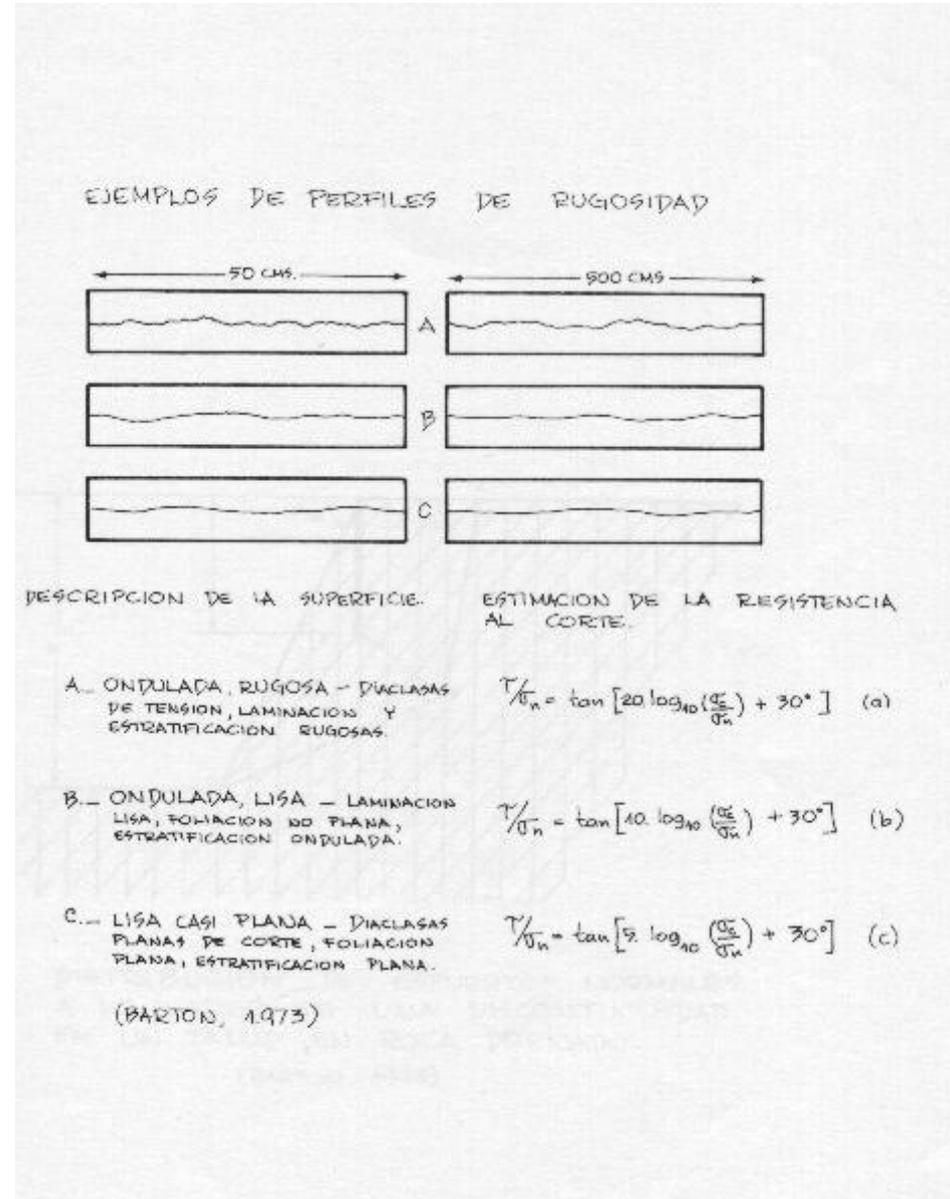
**ECUACIONES PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA AL CORTANTE**



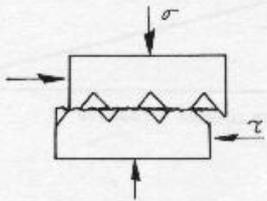
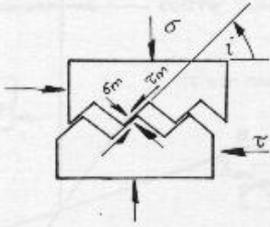
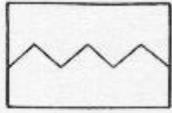
# ESFUERZO CORTANTE EN SUPERFICIES RUGOSAS

## ECUACIÓN DE BARTON

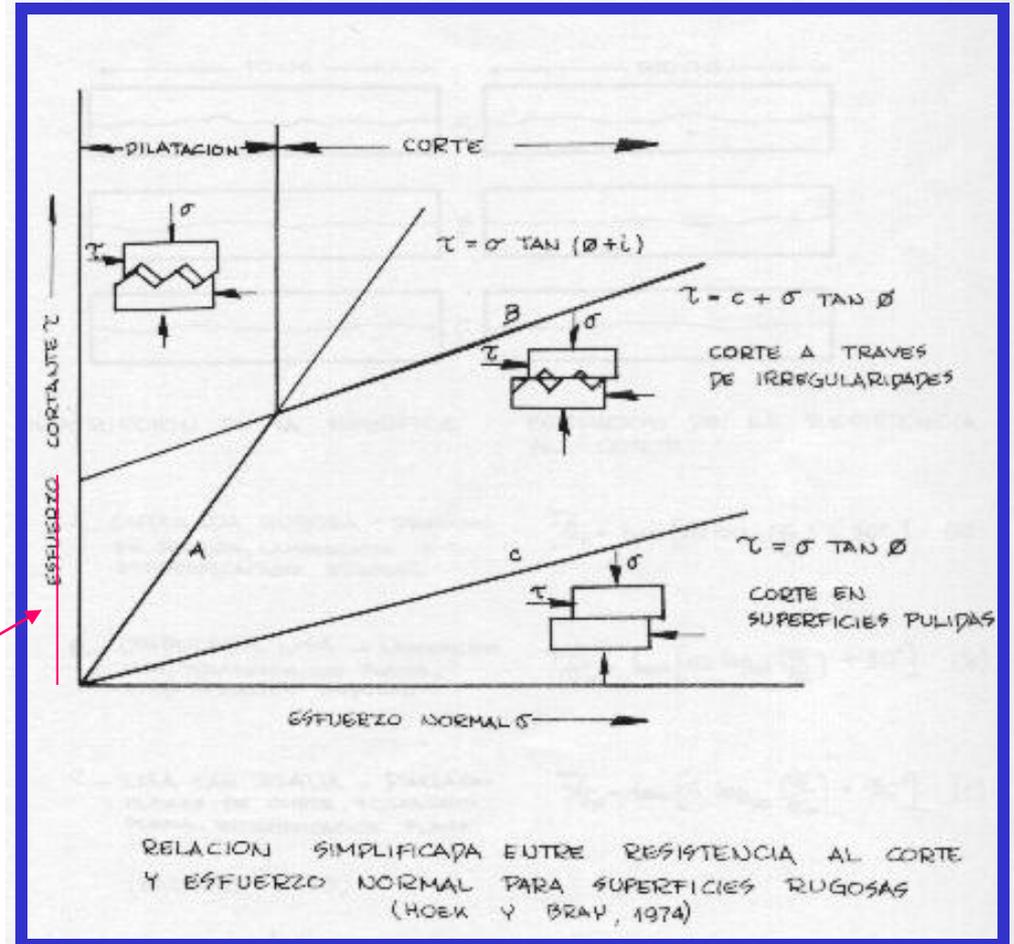
$$\zeta = \sigma_n \tan(\Phi + JRC \cdot \log_{10}(Rc/\sigma_n))$$



# CORTANTE EN SUPERFICIES IRREGULARES

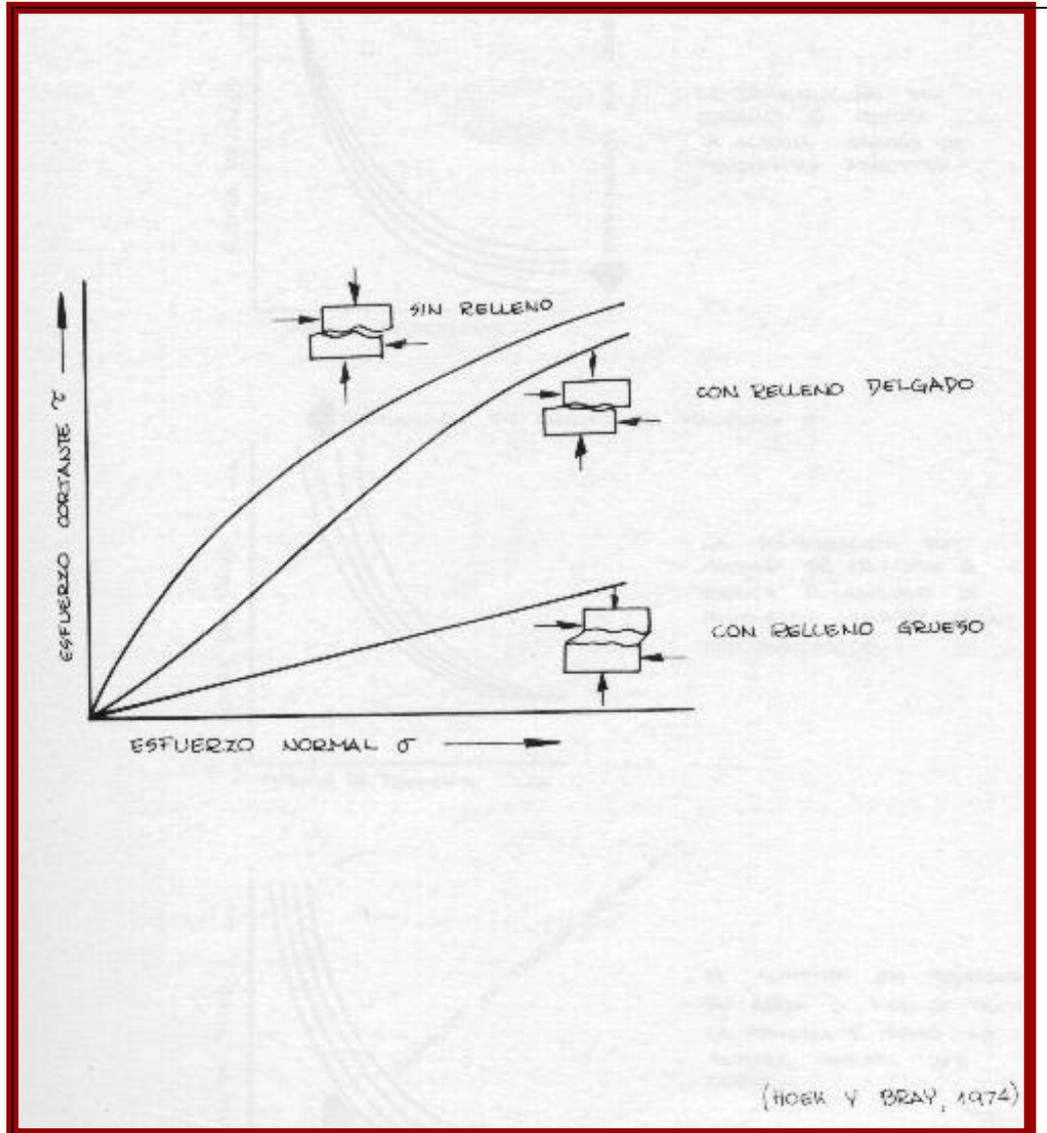


(HOEK Y BRAY, 1974)

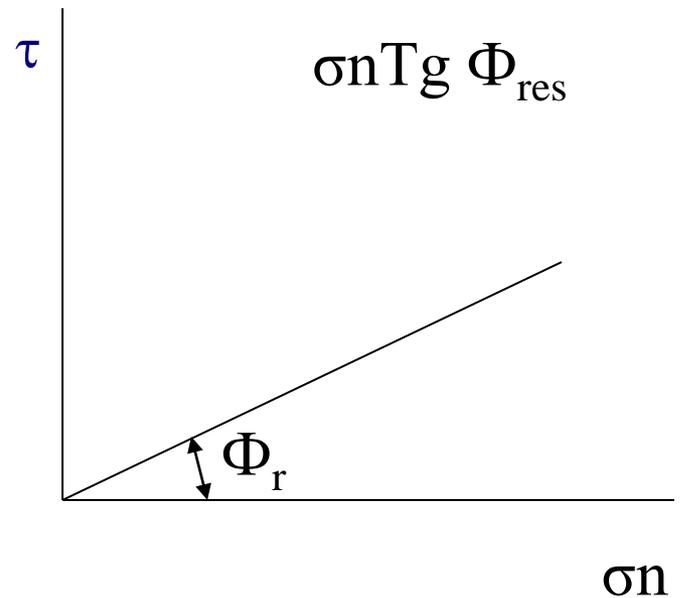
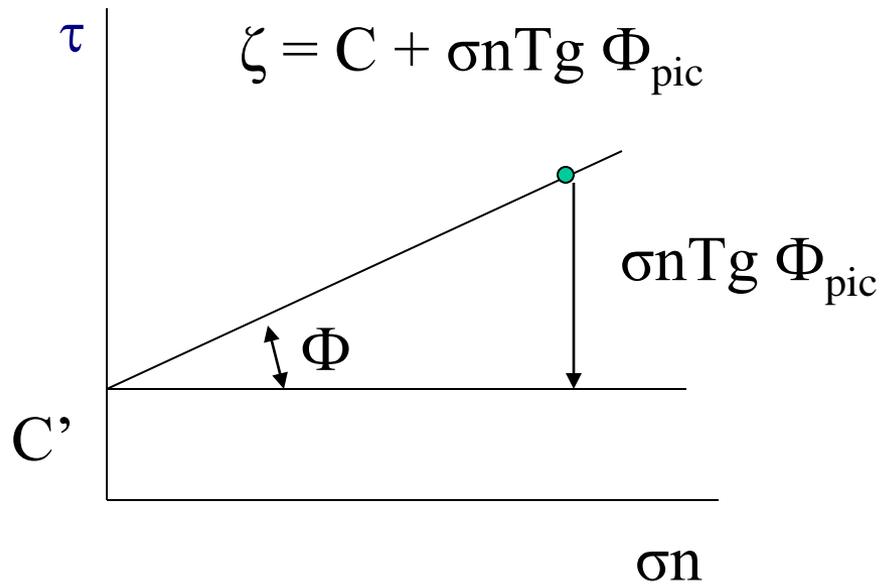


Cohesión aparente

# CORTANTE EN DISCONTINUIDADES



ECUACIONES PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA AL  
CORTANTE  
ECUACION DE MOHR COULOMB



$$C = C' \times 0.7$$

# ECUACIONES DE PATON, FAIRHURST, LADANYI y ARCHAMBAULT

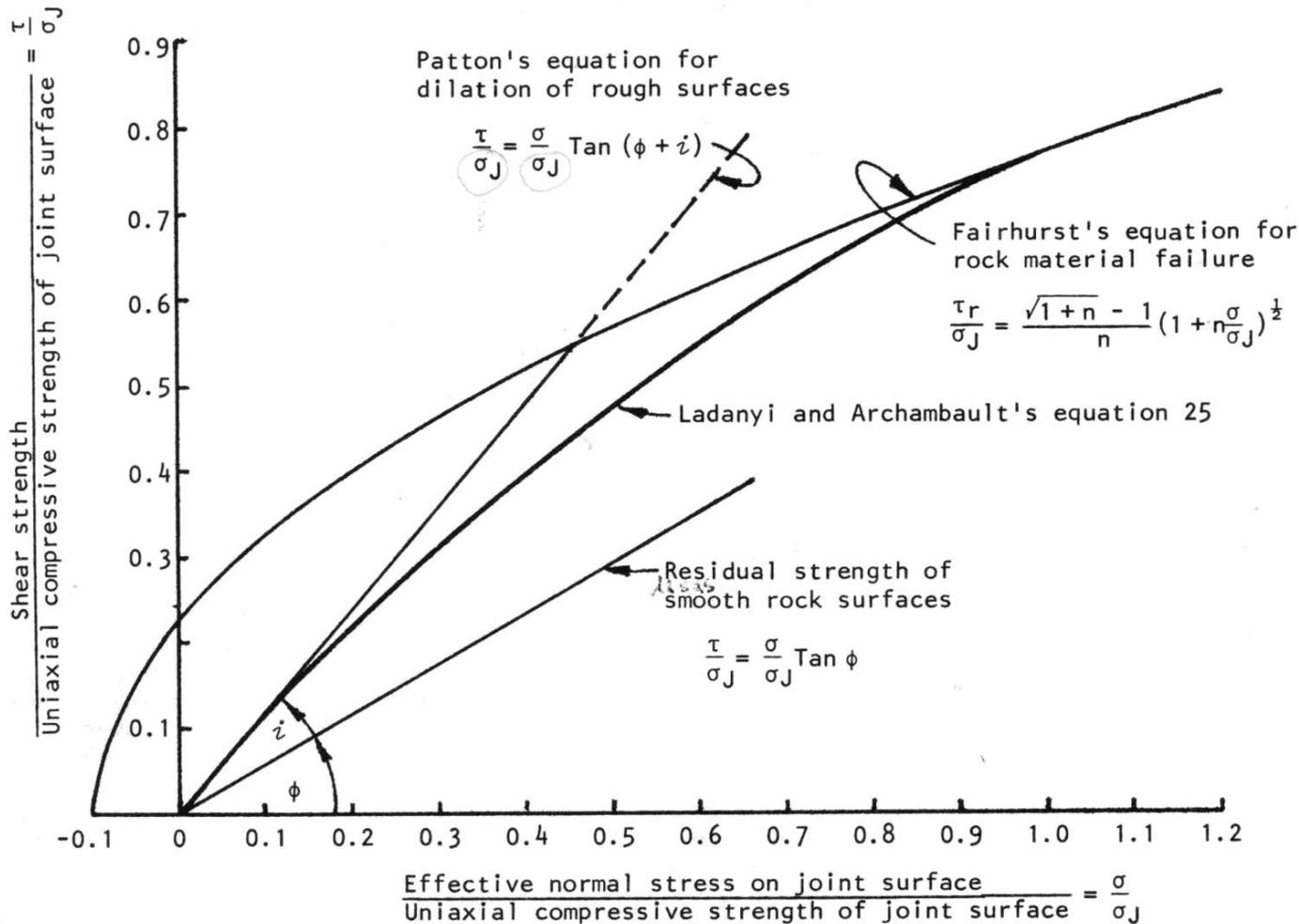


Figure 27 : Transition from dilation to shearing predicted by Ladanyi and Archambault's equation. Plotted for  $i = 20^\circ$  and  $\phi = 30^\circ$ .