

# Propiedades mecánicas de las discontinuidades

## Fórmulas

Resistencia a la compresión ( $\gamma$  en  $\text{kN/m}^3$ )

$$\log \text{JCS} = 0.00088 \gamma r + 1.01 \quad \text{en MPa}$$

Resistencia al corte usando el criterio de Mohr-Coulomb

$$\begin{aligned} \tau_p &= c + \sigma \tan \phi_p && \text{cortante pico} \\ \tau_r &= \sigma \tan \phi_r && \text{cortante residual} \end{aligned}$$

Resistencia al corte usando el criterio de Patton

$$\tau = \begin{cases} \sigma \tan \phi_p = \sigma \tan(\phi_b + i) & \sigma \leq \text{esfuerzo de transición} \\ c + \sigma \tan \phi_r & \sigma > \text{esfuerzo de transición} \end{cases}$$

Resistencia al corte usando el criterio de Barton-Choubey para  $\frac{\text{JCS}}{\sigma} \leq 50$

$$\begin{aligned} \tau_p &= \sigma \tan \phi_p = \sigma \tan(\phi_r + i) = \sigma \tan \left[ \phi_r + \text{JRC} \log \left( \frac{\text{JCS}}{\sigma} \right) \right] && \text{cortante pico} \\ \tau_r &= \sigma \tan \phi_r && \text{cortante residual} \end{aligned}$$

Para  $\frac{\text{JCS}}{\sigma} > 50$

$$\begin{aligned} \tau_p &= \sigma \tan \phi_p = \sigma \tan(\phi_r + i) = \sigma \tan(\phi_r + 1.7 \text{JRC}) && \text{cortante pico} \\ \tau_r &= \sigma \tan \phi_r && \text{cortante residual} \end{aligned}$$

Ángulo de fricción residual

$$\phi_r = (\phi_b - 20) + 20 \left( \frac{r}{R} \right)$$

Coefficiente de rugosidad de la junta mediante el ensayo de mesa inclinada

$$\text{JRC} = \frac{\alpha - \phi_r}{\log \left( \frac{\text{JCS}}{\sigma} \right)}$$

Para este ensayo el esfuerzo normal es

$$\sigma = \gamma h \cos^2 \alpha$$

Efecto de escala en la resistencia al corte

$$\begin{aligned} L_0 &= 100 \text{ mm} \\ \text{JRC}_n &= \text{JRC}_0 \left( \frac{L_n}{L_0} \right)^{-0.02 \text{JRC}_0} \\ \text{JCS}_n &= \text{JCS}_0 \left( \frac{L_n}{L_0} \right)^{-0.03 \text{JRC}_0} \end{aligned}$$

Resistencia al corte a escala real usando el criterio de Barton-Choubey

$$\tau = \sigma \tan \left[ \phi_r + JRC_n \log \left( \frac{JCS_n}{\sigma} \right) + i \right]$$

Esfuerzo normal y cortante en un plano inclinado

$$\sigma = \sigma_1 \cos^2 \alpha + \sigma_3 \sin^2 \alpha$$

$$\tau = \sigma_1 \sin \alpha \cos \alpha + \sigma_3 \sin \alpha \cos \alpha$$

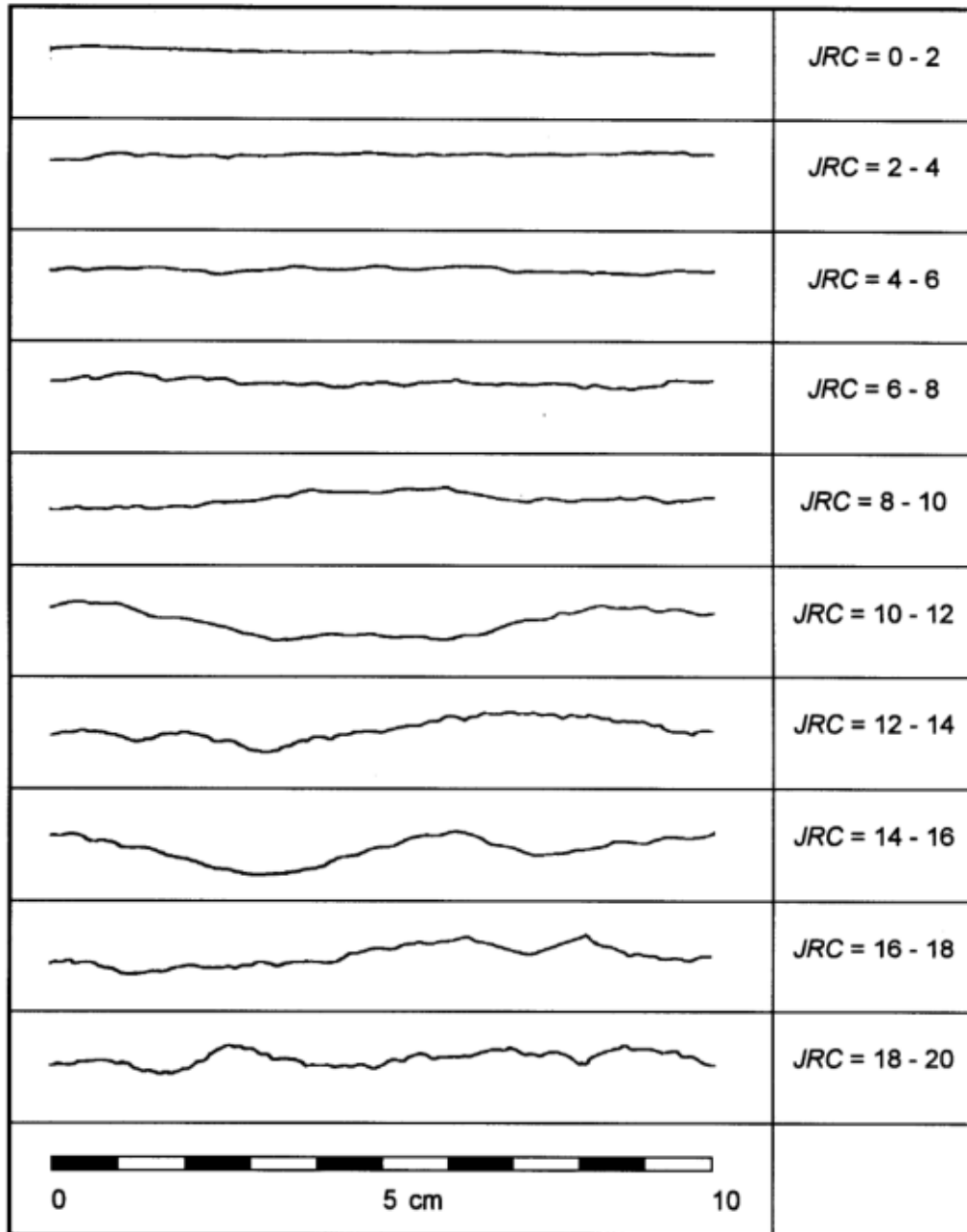


Figura 1: Practical Rock Engineering - Evert Hoek (2007)

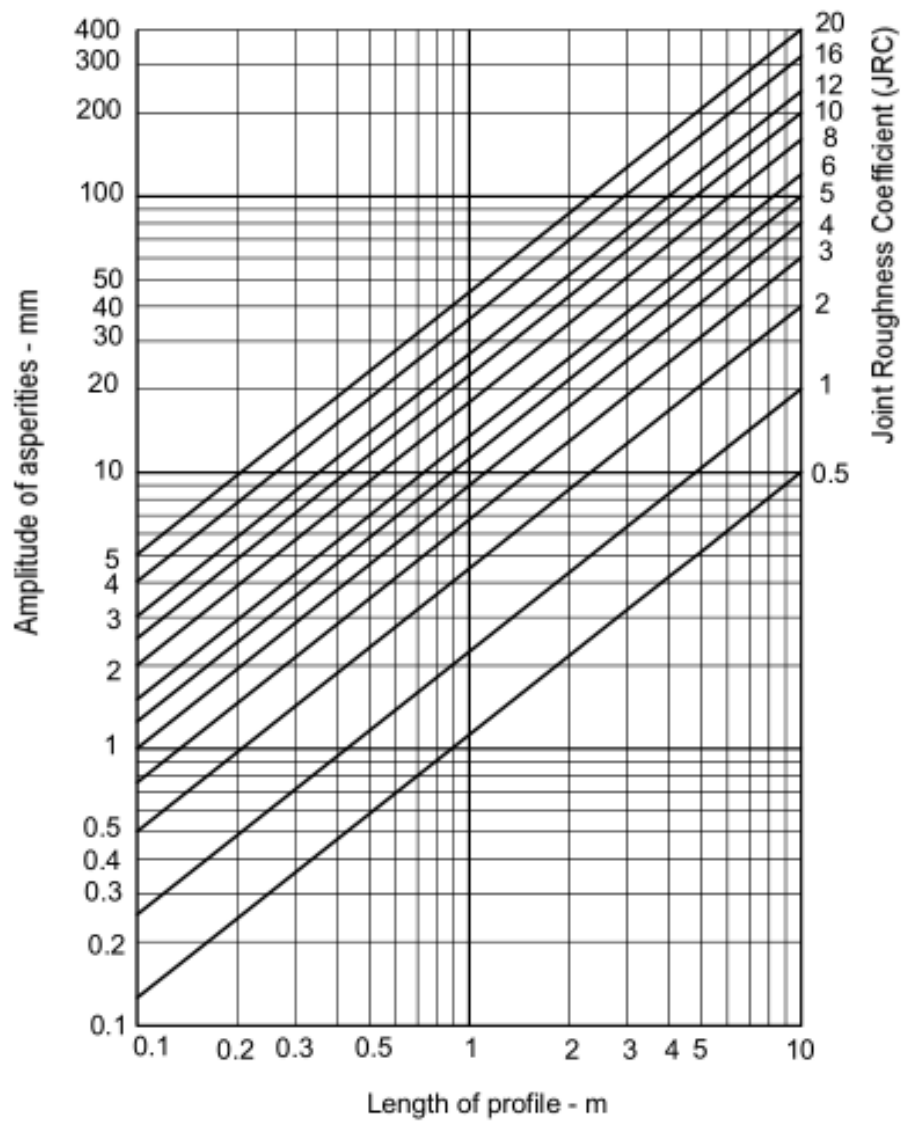
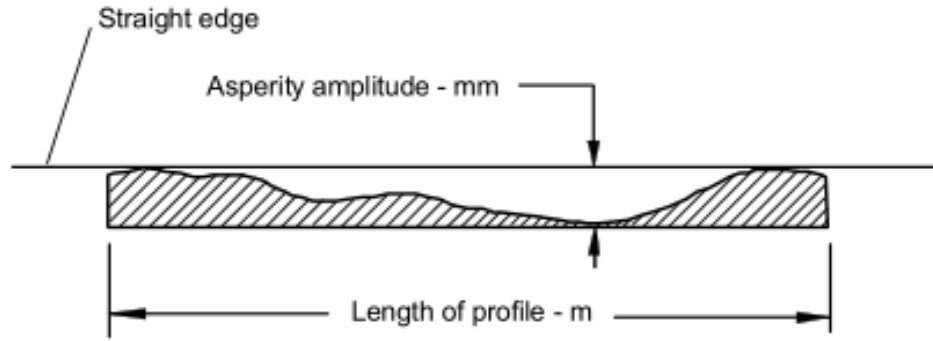


Figura 2: Practical Rock Engineering - Evert Hoek (2007)

## Ejercicios

1. Después de realizar un ensayo de corte directo combinado con un deformímetro de hilo, se obtuvieron los siguientes resultados:

$\delta$ (mm)	0.05	1.2	3.6	4.5	8.5	9.4	11.6	12.6	17	19.8	22.2	25
$\tau$ (kPa)	157	201	238	231	210	205	199	192	180	181	182	183

Obtener:

- Cortante pico
- Cortante residual

2. Después de realizar un ensayo de corte directo en una muestra en donde la junta estaba meteorizada, se obtuvieron los siguientes resultados:

$\sigma$ (MPa)	9.6	15.6	17.2	17.3	21.6	23.1	24.8	28.6	30
$\tau$ (MPa)	13.2	23.5	19.3	26.5	27	29.6	25.7	32.1	34.7

Obtener:

- Envolvente de falla aplicando el criterio de Mohr-Coulomb
- Ángulo de fricción
- Cohesión

3. Después de realizar un ensayo de corte directo en una muestra en donde la junta estaba ligeramente meteorizada, se obtuvieron los siguientes resultados:

$\sigma$ (MPa)	6.5	10.5	10.7	14.3	15.6	16.4	20.7	21.3	21.5
$\tau$ (MPa)	7.9	14.8	15	16	16.7	17.5	18.6	19.6	19.9

Obtener:

- Envolvente de falla aplicando el criterio de Patton
- Ángulo de fricción pico
- Ángulo de fricción residual
- Cohesión aparente debido a la rugosidad

4. Después de realizar ensayos se determino que la resistencia a compresión de la junta es 55 MPa, el coeficiente de rugosidad de la junta es 18.2, el ángulo de fricción residual es  $18^\circ$  y el esfuerzo normal en la junta será 30 MPa.

Obtener:

- Envolvente de falla aplicando el criterio de Barton-Choubey
- Ángulo instantáneo de fricción
- Cohesión instantáneo

5. Mediante ensayos se determino que el ángulo de fricción básico de la muestra es  $17^\circ$ , la resistencia a compresión sin confinar es 14.3 MPa, su peso unitario es  $27 \text{ kN/m}^3$  y con una altura de 15 cm.

Calcular:

- Coefficiente de rugosidad de la junta

6. Mediante un ensayo de mesa inclinada se determino que el ángulo de fricción básico de la muestra es  $23^\circ$ , su peso unitario es  $22 \text{ kN/m}^3$ , en la discontinuidad el número de rebote fue 25 y en la roca intacta el número de rebote fue 32.

Calcular:

- a) Ángulo de fricción residual
- b) Resistencia a la compresión

7. Mediante ensayos realizados en una muestra de longitud 0.9 m y con amplitud de 4 mm en la discontinuidad, se determino que el ángulo de fricción residual de la muestra es  $32^\circ$ , la resistencia a la compresión de la discontinuidad es 8.2 MPa, después se realizaron mediciones en campo y se estima que el esfuerzo normal en la junta es 7.2 MPa.

Calcular:

- a) Resistencia cortante pico
- b) Resistencia cortante residual

8. Mediante un ensayo de corte directo se determina que la muestra falla con un esfuerzo vertical 4.2 MPa, esfuerzo horizontal 1.9 MPa y la junta contenida en la muestra tiene una inclinación de  $22^\circ$  medido respecto a la horizontal.

Calcular:

- a) Esfuerzo normal
- b) Cortante

9. Mediante un ensayo de corte directo a una muestra con longitud 0.1 m, esfuerzo vertical 2.3 MPa, esfuerzo horizontal 1.2 MPa, coeficiente de rugosidad de la junta igual a 5, resistencia a compresión de la discontinuidad 3.6 MPa, ángulo de fricción residual  $22^\circ$  y la junta contenida en la muestra tiene una inclinación de  $15^\circ$  medido respecto a la horizontal.

Calcular:

- a) Resistencia cortante pico
- b) Resistencia cortante residual

10. Usando los datos del anterior ejercicio estimar la resistencia a cortante pico de una discontinuidad con una longitud de 23 m.