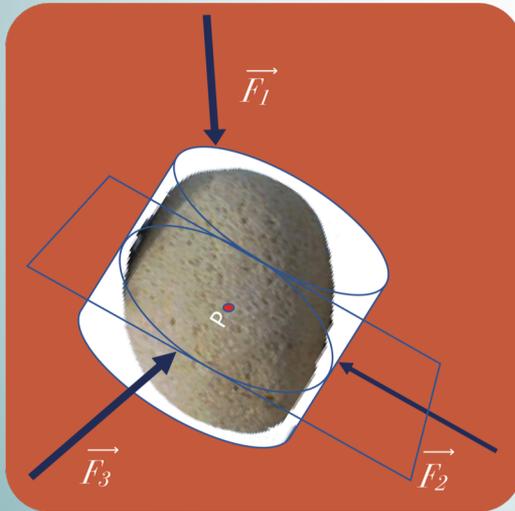


# Caracterización geomecánica de suelos y rocas

## Tema 6.1 Introducción al estudio del macizo rocoso



**Alberto González Díez**

**Patricio Martínez Cedrún**

DPTO. DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y FÍSICA DE LA  
MATERIA CONDENSADA (CITIMAC)

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

# Resistencia y deformabilidad de MR

La determinación de la **resistencia y deformabilidad** de un macizo fracturado puede ser compleja al depender de propiedades resistentes aportadas por la matriz rocosa y de las discontinuidades.

Así, en un macizo rocoso con una matriz rocosa dura y muy resistente, serán las diferentes familias de discontinuidades las que controlen su resistencia.

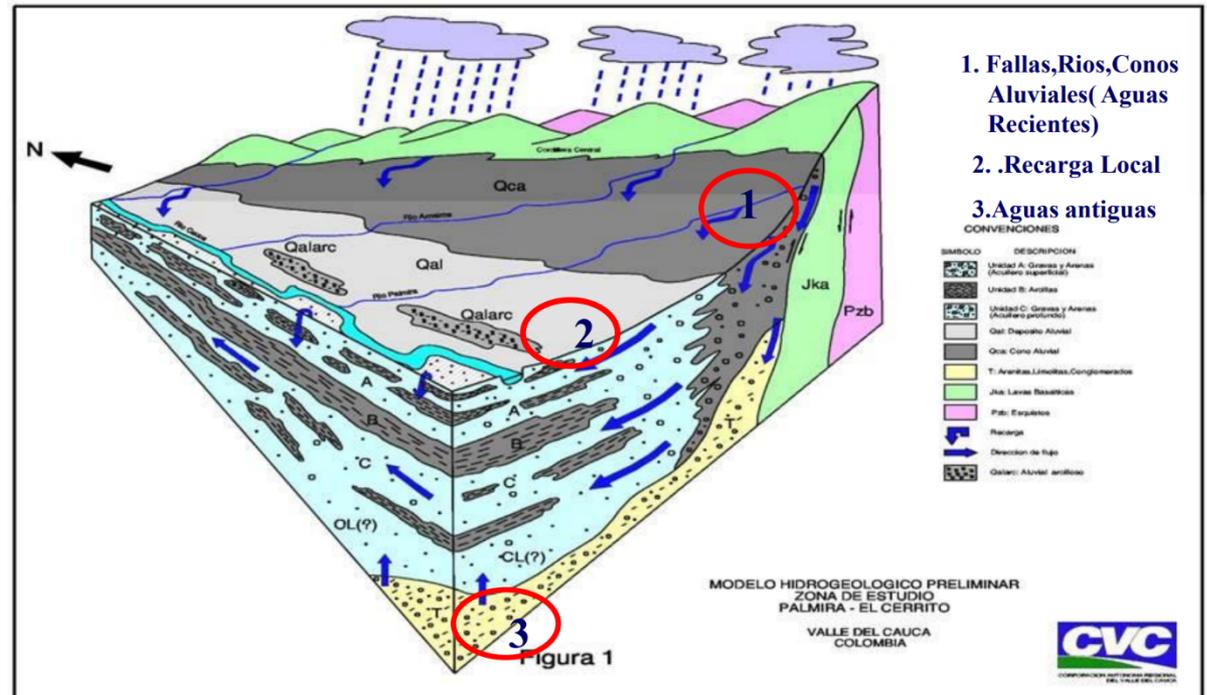
Los valores de la resistencia en un macizo de alta calidad son inferiores a los de la matriz rocosa que lo constituye.

En sentido opuesto, en macizos rocosos blandos, la matriz rocosa juega un papel importante, en tanto en cuanto la diferencia entre su resistencia y la de las discontinuidades sea reducida.

Los **factores hidrogeológicos** que deben ser reflejados son los niveles freáticos, direcciones de flujo, filtraciones, surgencias o por el contrario barreras al flujo del agua (como diques, fracturas rellenas, etc).

# Factores hidrogeológicos intervienen en la resistencia y deformabilidad de MR

Los factores hidrogeológicos que deben ser reflejados son los niveles freáticos, direcciones de flujo, filtraciones, surgencias o por el contrario barreras al flujo del agua (como diques, fracturas rellenas, etc).

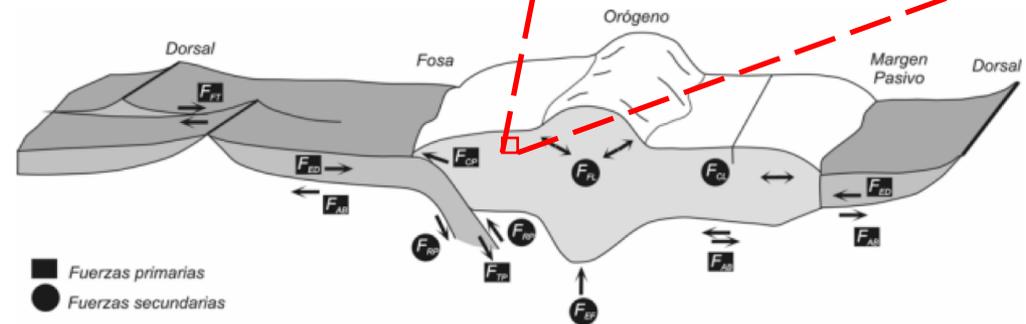


Tomado de

[https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Panorama\\_del\\_manejo\\_de\\_aguas\\_subterr%C3%A1neas\\_en\\_el\\_pa%C3%ADs/Plan\\_de\\_Manejo\\_de\\_Aguas\\_Subterr%C3%A1neas\\_en\\_valledel Cauca.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Panorama_del_manejo_de_aguas_subterr%C3%A1neas_en_el_pa%C3%ADs/Plan_de_Manejo_de_Aguas_Subterr%C3%A1neas_en_valledel Cauca.pdf)

# Factores tectónicos que afectan a la resistencia y deformabilidad de un macizo rocoso

El **estado tensional** de un macizo rocoso es difícil de conocerlo de manera cuantitativa aunque existen experimentos concebidos para determinarlo en campo de manera cualitativa, con direcciones de esfuerzo o por la historia geológica del lugar.



**Figura 1.2.** Localización y orientación relativa de las distintas fuerzas generadoras de campos de esfuerzos en la litosfera: TP (tracción de placa); DE (empuje de la dorsal); RE (resistente a la placa); CP (contacto en las placas); FT (fallas transformantes); AB (arrastre basal); EF (esfuerzos extensivos relacionados con variaciones laterales de densidad y fuerzas de flotabilidad); FL (flexión de la corteza); CL (contrastes laterales de resistencia). (Modificado de Forsyth y Uyeda, 1975; Zoback, 1992)

# Descripción y zonificación de MR

La caracterización de macizos rocosos (el conocimiento de sus propiedades geomecánicas) requiere de una tarea sistemática de descripción, que se realiza en las etapas más tempranas del estudio *in situ*.

Teniendo presente que cualquier descripción es un hecho subjetivo, se debe intentar que las descripciones efectuadas sean lo más objetivas posibles, con el fin de que distintos observadores lleguen a la misma descripción.

Para ello:

- utilizar nomenclatura y clasificación normalizada,
  - realizar observaciones y toma de datos sistemáticas.
- Condiciones, procedimiento o requisitos de una buena descripción:
- examinar todos los factores según una secuencia lógica,
  - no omitir ningún tipo de información básica,
  - la descripción debe comunicar una imagen mental precisa,
  - un usuario debe obtener la información relevante que precise.

# Etapas de la descripción

## 1) Descripción general del afloramiento y división en zonas (visión general):

- identificación, características y condiciones del afloramiento en conjunto,
- descripción de cada componente: rocas, suelos, agua, singularidades...
- división del afloramiento en zonas (partes más homogéneas), fundamentalmente mediante criterios litológico\_estructurales.

## 2) Descripción de cada una de las zonas:

- descripciones objetivas y normalizadas de sus elementos estructurales (matriz rocosa y discontinuidades) y de sus propiedades

## 3) síntesis de conocimientos:

- a partir de las observaciones y descripciones
- perfiles geológico-geotécnicos
- clasificaciones geomecánicas,
- integración del emplazamiento en la geología regional.

# Factores a observar del macizo

- Matriz rocosa: litología (características petrográficas y propiedades)
- Discontinuidades: fracturación (tipo y frecuencia)
- Estructuras geológicas no discontinuas (sedimentarias, tectónicas: pliegues...)
- Tensiones naturales (estado tensional o de esfuerzos, sismicidad, movimientos...)
- Otros Factores globales:
  - Grado de meteorización, susceptibilidad a la meteorización
  - Condiciones hidrogeológicas (nivel freático y sus variaciones, contenido en humedad, circulación de agua...)

# Características y propiedades a describir en el campo para la caracterización del macizo rocoso

(Tomado de González de Vallejo et al., 2002)

Ámbito de estudio	Característica o propiedad	Método	Clasificación
Matriz rocosa	Identificación	Observaciones de visu y con lupa	Clasificación geológica y geotécnica
	Meteorización	Observaciones de visu	Índices estándar
	Resistencia	Índices y ensayos en campo	Clasificaciones empíricas de resistencia
Discontinuidades	Orientación	Medidas directas con brújulas	
	Espaciado	Medidas de campo	Índices y clasificaciones estándar
	Continuidad		
	Rugosidad	Observaciones y medidas en campo	Comparación con perfiles estándar
	Resistencia de las paredes	Martillo de Schmitz Índices de campo	Clasificaciones empíricas de resistencia
	Abertura	Observaciones y medidas en campo	Índices estándar
	Relleno		
	Filtraciones		
Macizo rocoso	Número de familias de discontinuidades	Medidas en Campo	Índices y clasificaciones estándar
	Tamaño de bloque		
	Intensidad de fracturación		
	Grado de meteorización	Observaciones en campo	Clasificaciones estándar

# 1) Descripción general del afloramiento y división en zonas

Presentar en forma de ficha: tipo de trabajo, fase de estudio, elemento, observador, fecha...

- Identificación del macizo rocoso:

- denominación: litología
- localización geográfica: localidad, topónimo
- localización geológica: edad, formación
- rasgos estructurales generales: estratificación, fallas, fracturas...

- División en zonas homogéneas, según distintos criterios:

- litológicos, estructurales, hidrológicos, meteorización, fallas, brechas...

- Registro gráfico de afloramiento (fotografías, dibujos, esquemas), incluyendo:

- descripción geológica general (geomorfología, litología...) y grandes estructuras
- diferenciación y características básicas de cada zona

- Descripción general de cada zona, incluyendo:

- litología, edad, meteorización, fracturas, presencia de agua...
- una visión general del macizo y justificar su división en zonas (sin detalles respecto a la matriz rocosa o discontinuidades).

- Identificación de zonas singulares o estructuras lineales (fallas, diques...)

- afectan mucho al comportamiento geomecánico,
- precisan tratamiento individual, incluyendo: su problemática específica y su influencia en el comportamiento del macizo.

# Estadillo para el estudio de macizos rocosos

(Tomado de González de Vallejo et al., 2002)

Trabajo:

Fase de estudio

Elemento investigado:

Localización y accesos:

Autor:

Fecha:

Observaciones:

FOTO:

ESQUEMA:

Descripción geológica general:

Descripción Básica de cada zona:

Zonas:

I

II

III

# 2) Descripción detallada de cada zona:

## Matriz rocosa y discontinuidades

El macizo rocoso debe subdividirse en unidades homogéneas como las presentadas en la figura. En ellas se debe realizar una toma de datos de manera sistemática precisa para su ulterior caracterización, fijando estaciones en las que las condiciones sean representativas de la unidad. A partir de los datos, posteriormente se obtendrán parámetros relativos a la matriz rocosa y a las discontinuidades (número de familias de discontinuidades, su orientación y sus características).



• *Matriz rocosa:*

– Identificación:

- litología: naturaleza, potencia, localización geológica (formación, edad)

- formaciones superficiales: naturaleza, textura, morfología, espesor

- estructura: pliegues, fallas, otros...

- fracturación: parámetro Jv, juntas por m<sup>3</sup> (6 clases)

– Meteorización: grados de meteorización (6 clases)

– Resistencia: índices de campo (7 clases + valores R del esclerómetro)

– Hidrogeología: grados de humedad (5 clases, valor del caudal)

Necesitaba hacer una  
tabla similar

FRACTURACIÓN	BLOQUES Jv Juntas/m <sup>3</sup>	muy grandes < 1	Grandes 1-3	Medios 3-10	Pequeños 10-30	muy pequeños >30	muy disminuido > 60
RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA	Extremadam. blanda (Uña) 0	Muy blanda (Navaja) 1	Blanda (Punta martillo) 2	Media (1 Golpe martillo) 3	Dura (+ 1 Golpe martillo) 4	Muy dura (Varios golpes) 5	Extremadam. dura (Sólo raya con martillo) 6
GRADOS DE METEORIZACIÓN	I Sana	II Algo meteorizada	III Medianamente meteorizada	IV Muy meteorizada	V Completamente meteorizada	VI Suelo residual	
HIDROGEOLOGÍA	Sin presencia de agua	Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteos	Flujo	CAUDAL ESTIMADO	
RESISTENCIA "R" ESCLERÓMETRO	30	42	30	50	45	38	40
OBSERVACIONES:							

# 3) Caracterización global: Parámetros del macizo rocoso y clasificación geomecánica

- En la descripción del macizo rocoso se toman datos cualitativos y si es posible cuantitativos.
  - Por ello, los métodos de caracterización tienden normalmente a obtener valores numéricos.
  - En este sentido, existen tablas donde se establecen clases (escalas con valores de referencia, criterios) que permiten cuantificar dichas características y obtener parámetros.
  - Dichos parámetros son necesarios en la clasificación geomecánica de los macizos rocosos.
- 
- *Parámetros del macizo rocoso* (elementos que proporcionan los parámetros utilizados para definir y caracterizar el macizo en su conjunto o sus diferentes zonas):
    - ✓ Número de familias de discontinuidades
    - ✓ Tamaño de bloque
    - ✓ Intensidad de fracturación
    - ✓ Meteorización
    - ✓ Resistencia

# Discontinuidades

- Identificación: tipo de plano (estratificación: S0, esquistosidad: S1, juntas: J1, J2,, fallas: F1, F2,)
- Características (para cada tipo o familia de discontinuidades):
  - orientación: dirección y buzamiento (valores)
  - espaciado, en mm (7 clases)
  - continuidad según dirección y buzamiento, en m (5 clases)
  - rugosidad, establecer tipos y clases en cada tipo (3 x 3 clases)
  - apertura, en mm (9 clases)
  - relleno:
    - composición (8 tipos)
    - espesor, en mm
    - grado de meteorización (6 clases)
    - filtraciones, discontinuidades con o sin relleno (4 clases)
  - resistencia a la compresión de las paredes (discontinuidades con o sin relleno):
  - índices de campo (6 clases)
  - valor del penetrómetro de bolsillo
- Resistencia al corte (parámetro cuantitativo)

