

MACASTAB



# LOS TALUDES EN ESPAÑA EN LOS ÚLTIMOS 50 AÑOS

## Experiencias y análisis de la casuística

LUIS GONZALEZ DE VALLEJO



Workshop

Instabilidade de Encostas e Taludes de Natureza Vulcânica na Macaronésia



MADEIRA OCTUBRE 2018



# ANÁLISIS DE LA CASUÍSTICA EN ESPAÑA



**220 casos analizados procedentes de:**

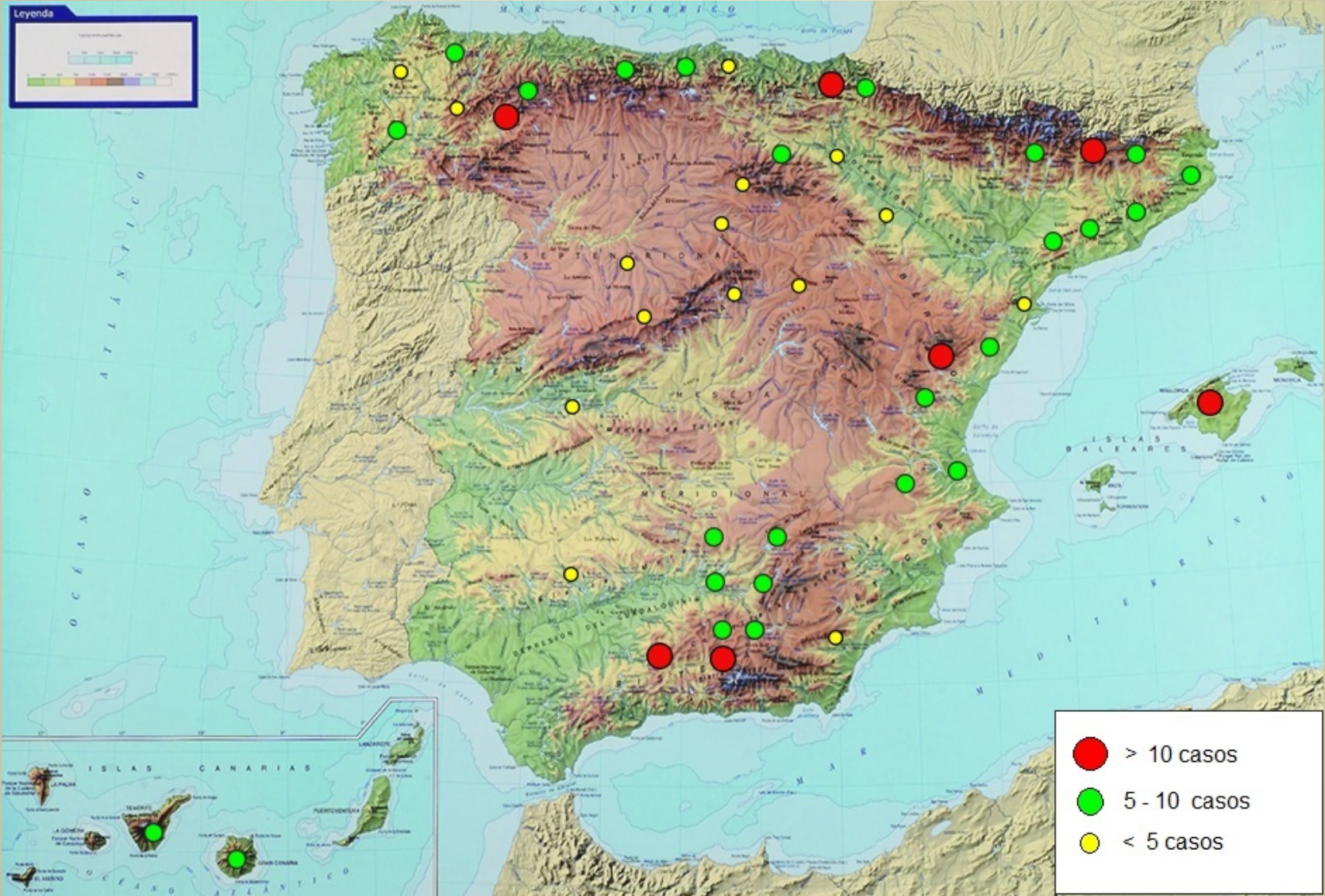
- **Recopilación bibliográfica de taludes y laderas inestables con roturas: 195 casos**
- **Encuesta a expertos sobre experiencias en estabilización de taludes y laderas: 18 casos**

**Datos sobre:**

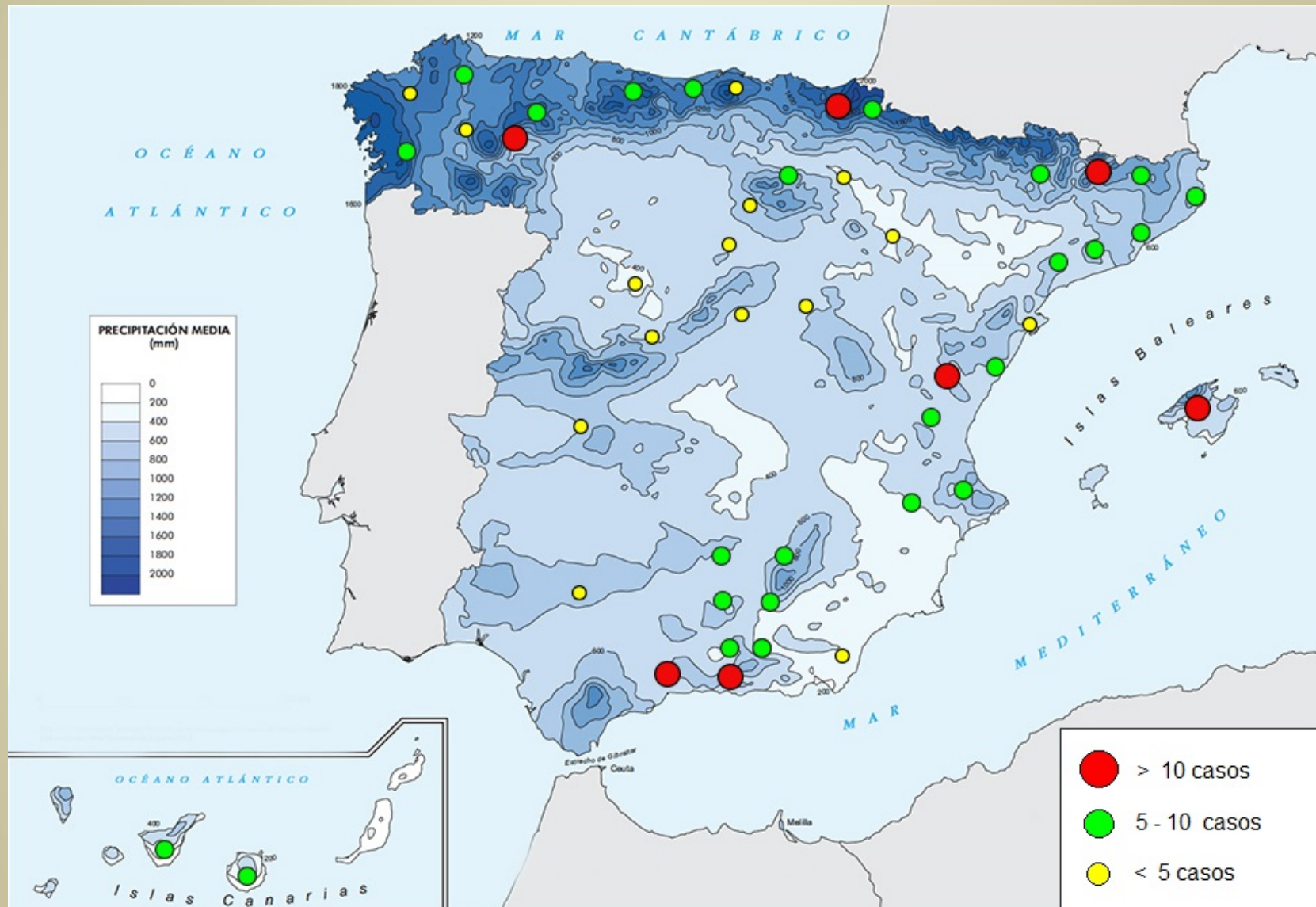
- **Localización y tipo de obra**
- **Tipo de rotura**
- **Datos geométricos**
- **Datos geológicos, hidrogeológicos y geomecánicos**
- **Causas**
- **Medidas estabilización**



# Distribución geográfica



## Relación con la pluviometría



## RESULTADOS

En función de la **resistencia** se han agrupado los taludes en 5 clases:

Tipo 1: Resistencia muy baja menor 10 MPa

Tipo 2: Resistencia baja 10-20 MPa

Tipo 3: Resistencia media 20-40 MPa

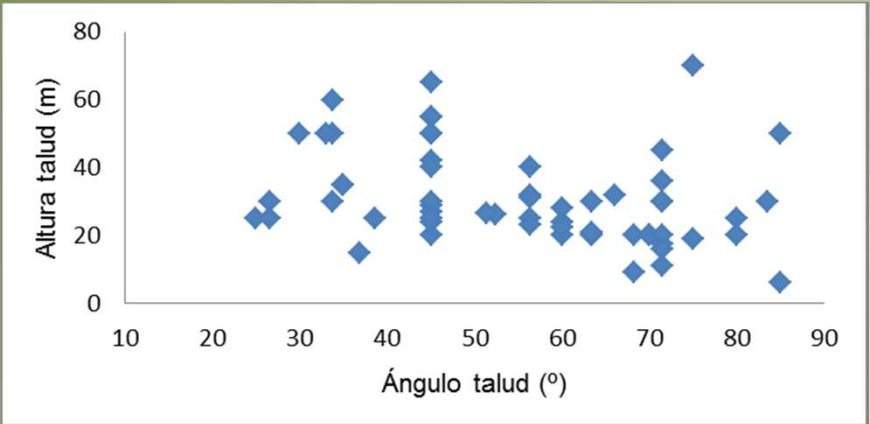
Tipo 4: Resistencia alta 40-60 MPa

Tipo 5: Resistencia muy alta superior a 60 MPa

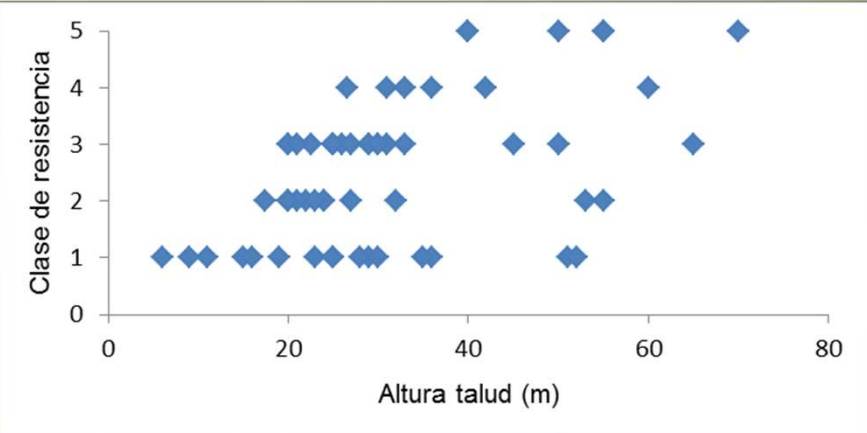
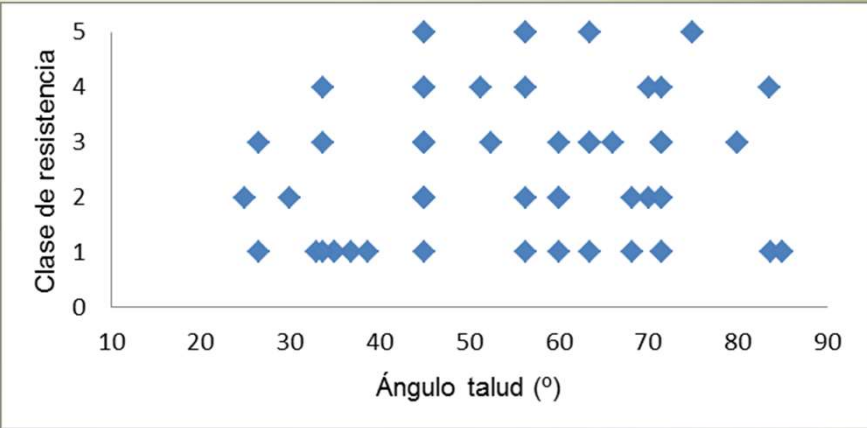
Su distribución ha sido la siguiente:

- 49 % rocas de baja resistencia
- 21% rocas de resistencia media
- 30 % rocas de resistencia alta

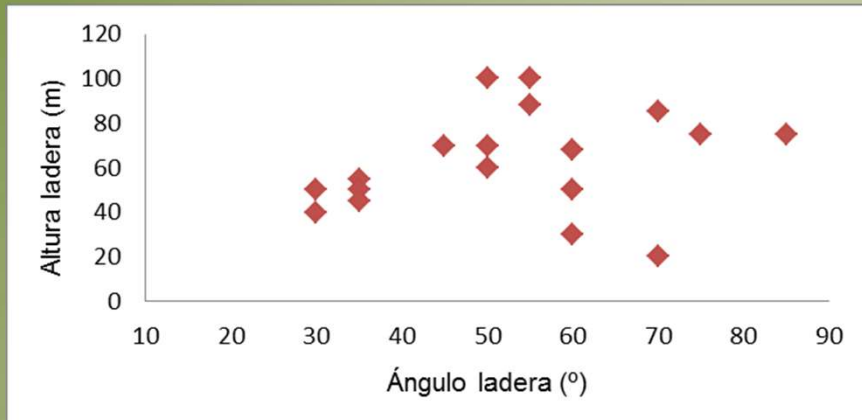




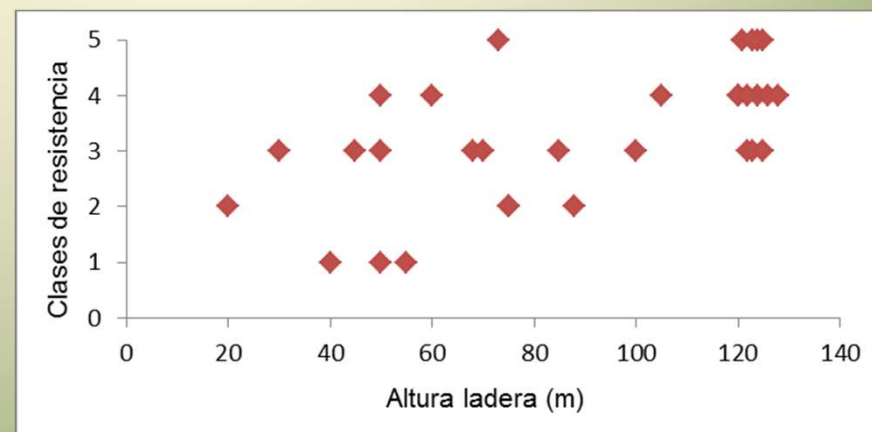
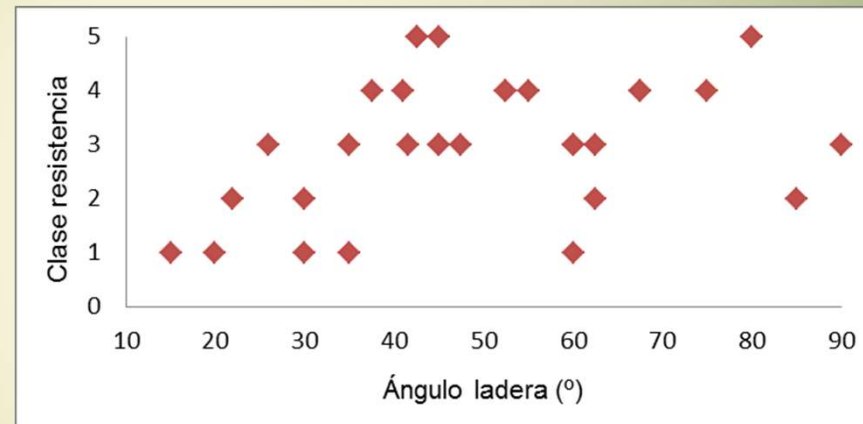
Relaciones entre altura, ángulo y clases de resistencia de la roca para taludes inestables.



(En la gráfica inferior se han incluido taludes con altura < 70 m)

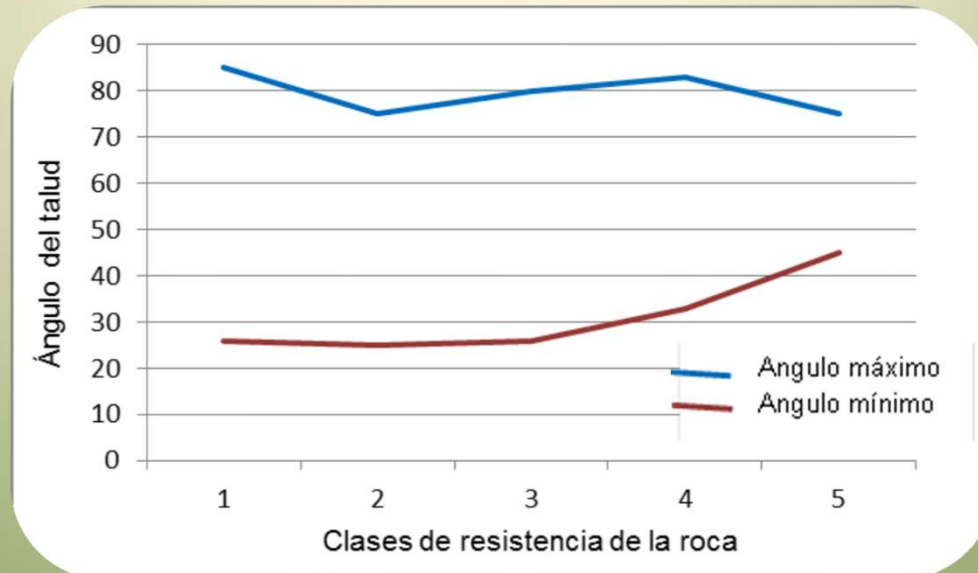
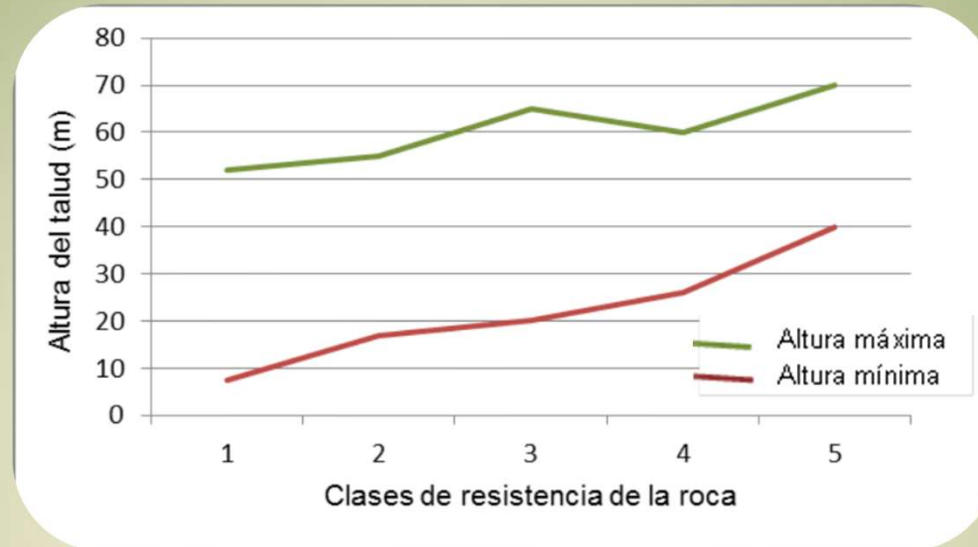


Relaciones entre altura, ángulo y clases de resistencia de la roca para laderas inestables



(En la gráfica inferior se han agrupado todas las laderas con altura  $\geq 120$  m)

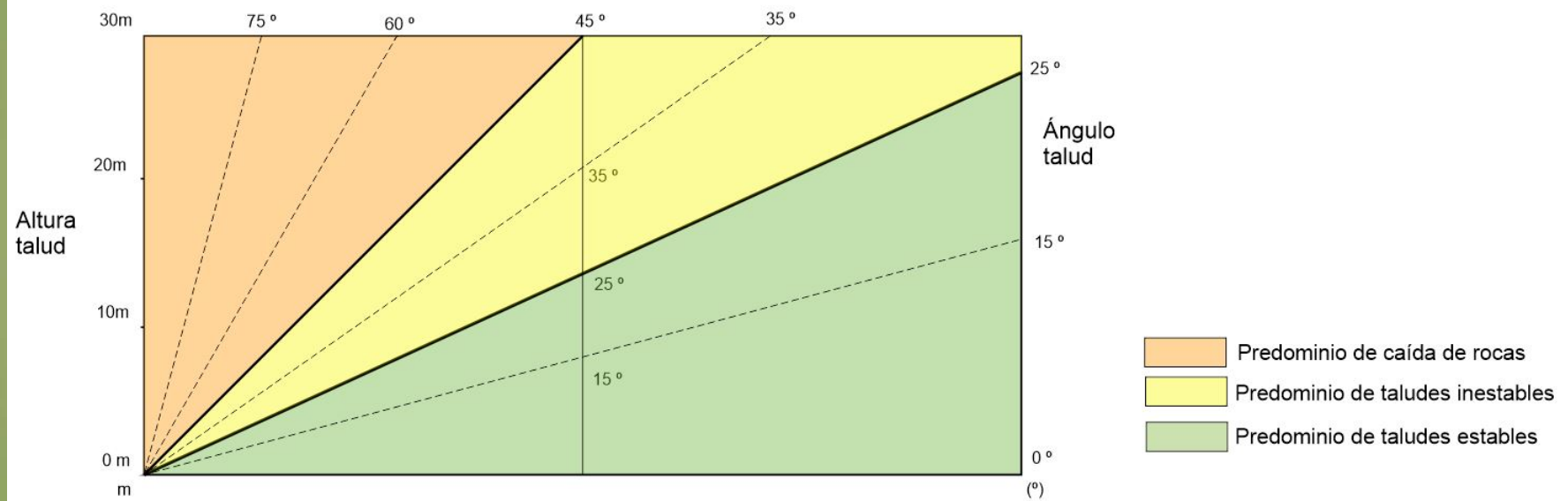
## Relaciones entre la resistencia de la roca y las alturas y ángulos máximos y mínimos para los que han roto los taludes analizados



(No se han incluido los taludes con altura > 70 m)



## Criterios precondicionantes de inestabilidad (1)



(1) A partir de datos de LGV et al 2017 SEMR  
Aplicable a rocas a partir de resistencia media ( $\geq 20\text{MPa}$ ).

## MEDIDAS DE ESTABILIZACIÓN

- En fase de proyecto, se recomendaron **medidas de estabilización** en el **32%** de los taludes analizados, y **NO se recomendaron** en el **68%** de los casos.
- En **todos los casos** analizados **se produjeron roturas** que precisaron de medidas de estabilización **adicionales**, tanto en los taludes en los que se proyectaron medidas como en los que no se proyectaron.

### Tipos de medidas de estabilización:

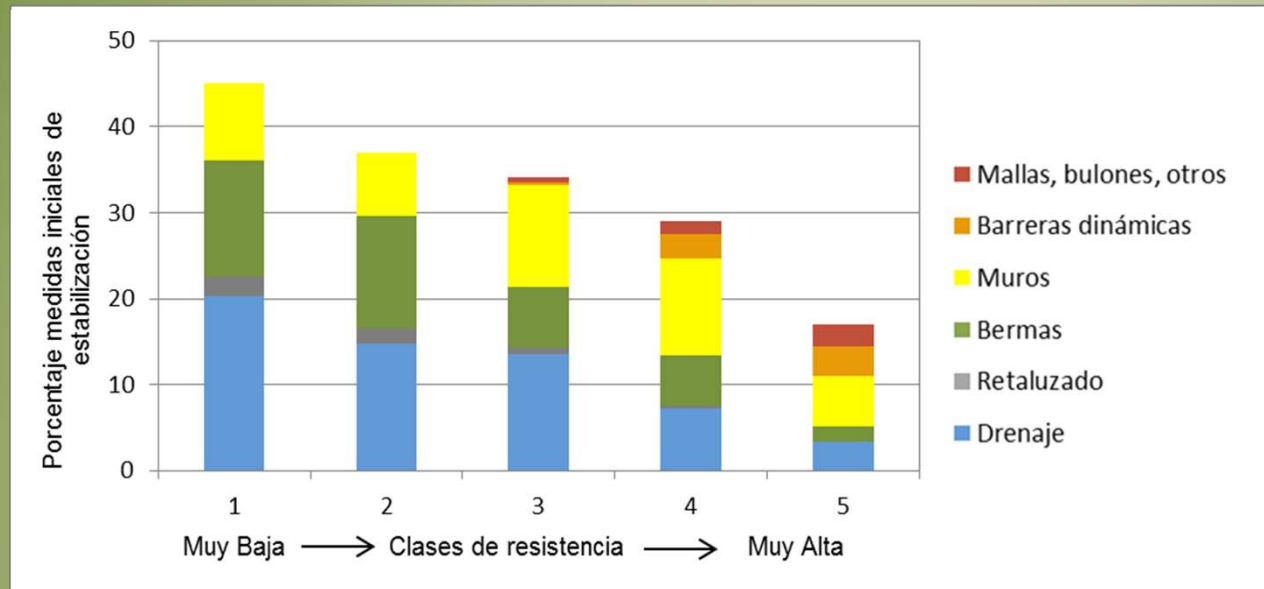
#### En fase de proyecto y obra:

- Rocas de resistencia baja y media (1, 2 y 3): Principalmente drenajes, y retaluzado.
- Rocas de resistencia alta (4 y 5): Principalmente muros, bulones, anclajes y mallas.

#### En fase post-rotura :

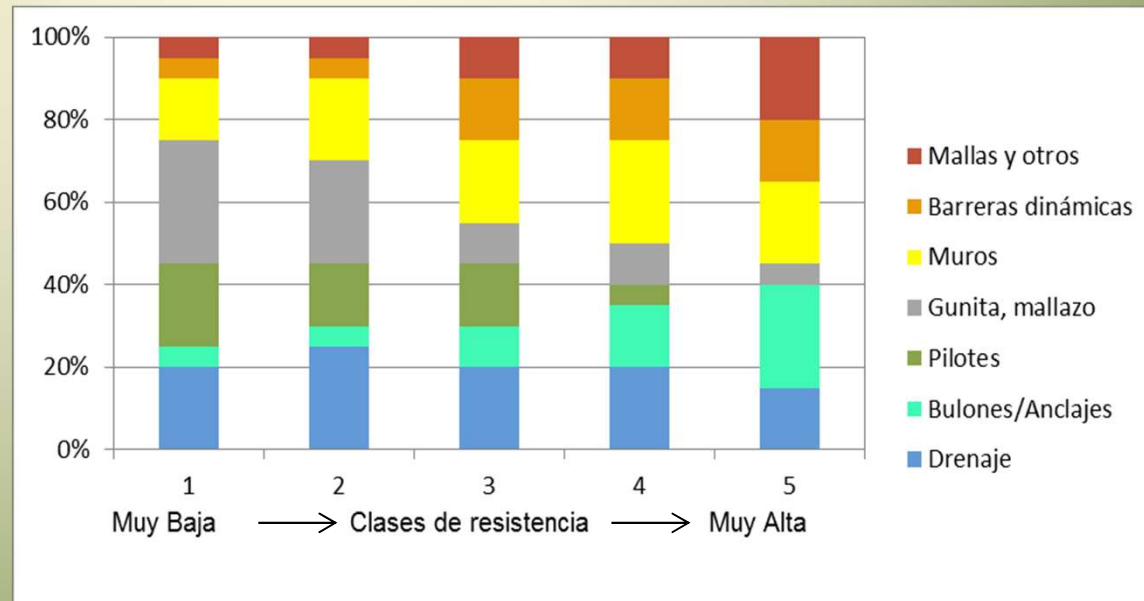
- Resistencias baja y media: Principalmente hormigón proyectado, mallazo, drenajes, anclajes.
- Resistencias altas: bulones y anclajes, mallas y barreras dinámicas.

## Medidas de estabilización



Medidas previstas en proyecto y ejecutadas en la excavación, agrupadas por clases de roca.

Medidas finales de estabilización aplicadas en la totalidad de taludes, tanto los que requirieron medidas de estabilización en su diseño como los que no, agrupadas por clases de roca.





## CASOS SINGULARES

Los resultados de la encuesta realizada, con respecto a las medidas de estabilización, han sido **concordantes** con los datos obtenidos de casos publicados.

Se han presentado en varias tablas y en un apéndice ejemplos de taludes y laderas singulares por el tipo de roturas, volumen, altura, medidas de estabilización, etc.



## TENDENCIAS ACTUALES:

- Uso generalizado de programas informáticos que han facilitado la modelización, los análisis de estabilidad y el diseño de taludes, en condiciones más representativas de las reales.
- Avances en el análisis del comportamiento de los macizos rocoso en base a modelos numéricos.
- Sigue utilizándose ampliamente el criterio de Mohr-Coulomb, a pesar de sus limitaciones en rocas fracturadas, y el criterio de Hoek & Brown (1980, 1988, 2002)
- Nuevos avances para la estimación de la resistencia de macizos fracturados a partir del procedimiento de Barton (2002) y Barton & Pandey (2011)

(cont.)

- Desarrollo de nuevas técnicas de obtención de datos de superficie de taludes y laderas con aplicaciones geotécnicas mediante sensores remotos: interferometría de radar, fotogrametría digital laser escáner, uso de drones, etc.



## ¿Hacia dónde se dirigen los avances en los próximos años?

- Es evidente que se dispondrá de herramientas cada vez más potentes y sofisticadas para caracterizar, modelizar y analizar los macizos rocosos ante condiciones complejas.
- Estos avances deberán ir acompañados de un mejor conocimiento de los materiales geológicos: anisótropos, heterogéneos y variables en cada emplazamiento.
- De lo contrario los resultados de las modelizaciones, cada vez más sofisticadas, no serán suficientemente representativos ni fiables.

## CONSIDERACIONES FINALES

- La extraordinaria experiencia adquirida en España en ingeniería de taludes ha sido fruto de miles de kilómetros de infraestructuras excavadas en todo tipo de materiales rocosos y en las más variadas condiciones geológicas, climáticas y geométricas.
- La casuística analizada se ha centrado exclusivamente en los casos en los que se produjeron roturas significativas, tanto si se proyectaron medidas estabilizadoras como si no.
- Las tendencias observadas indican que la mayoría de los taludes se han diseñado con ángulos que no precisan medidas de estabilización (68%) frente a los casos en que sí se previeron tales medidas (32%).
- Aunque estos datos representan la casuística más desfavorable, invitan a reflexionar sobre las causas de estas roturas y por qué no fueron previstas, además de otras consideraciones como la adecuación de presupuestos, tipo de licitación, etc.



**Y para concluir:**

*“La roca es un material ingenieril extremadamente complejo, y el diseño en roca requiere la aplicación de la ciencia, la experiencia y todo el sentido común que sea posible.” (Hoek y Londe, 1974)*

**Muito obrigado pela sua atenção**

