

MÉXICO

---

GOBIERNO DE LA REPÚBLICA





COORDINACIÓN NACIONAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL  

---

**MÉXICO**

**1er Foro**  
**Inestabilidad de Laderas en el Estado de Veracruz: *necesidades de investigación y búsqueda de soluciones***

**Noviembre 6, 2014**

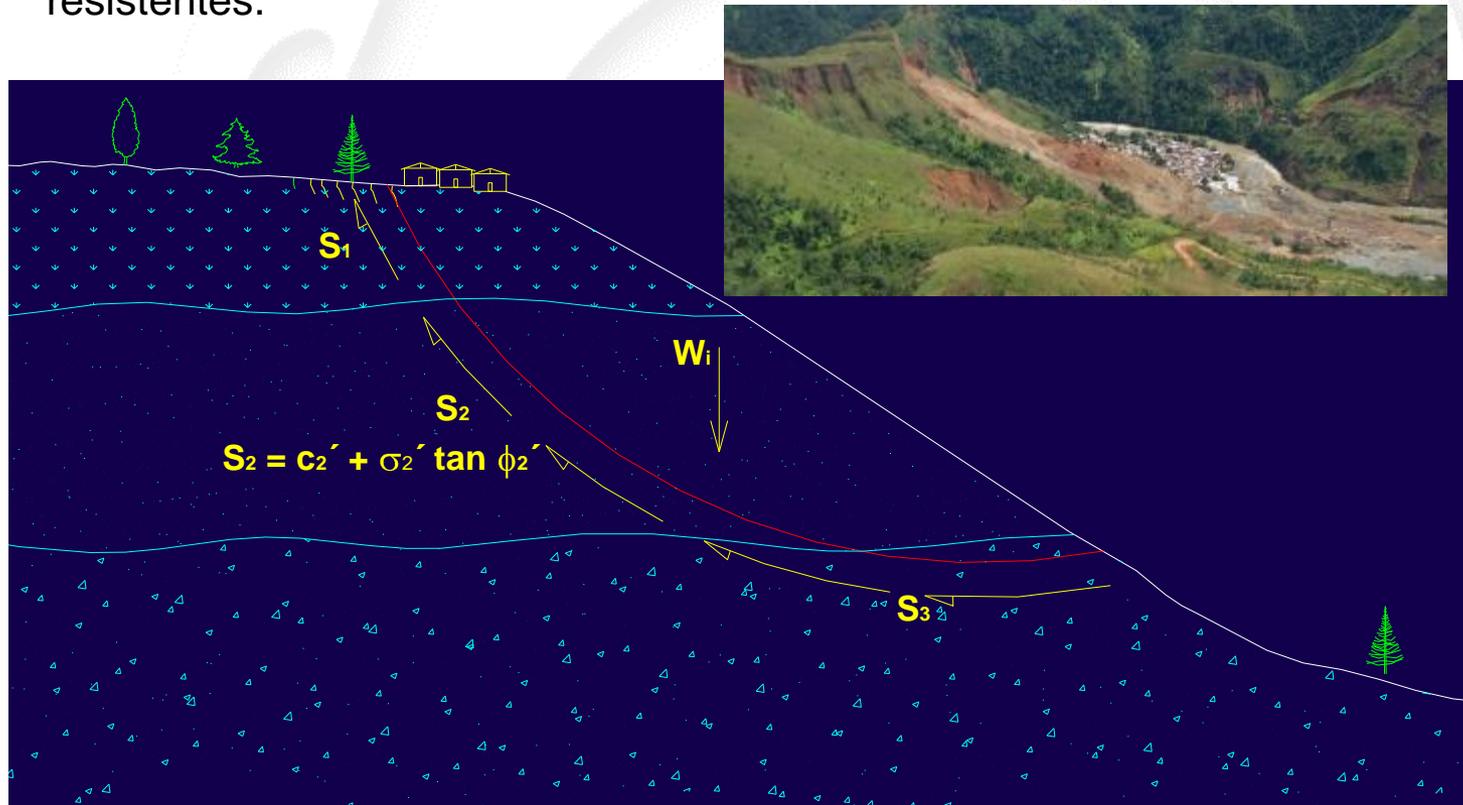


# Medidas de mitigación y protección contra deslizamientos



## Marco teórico

Terzagui (1950) postula que la estabilidad general de una ladera depende de los factores internos y externos y su análisis se realiza a partir de la definición de las fuerzas actuantes y de las fuerzas resistentes.



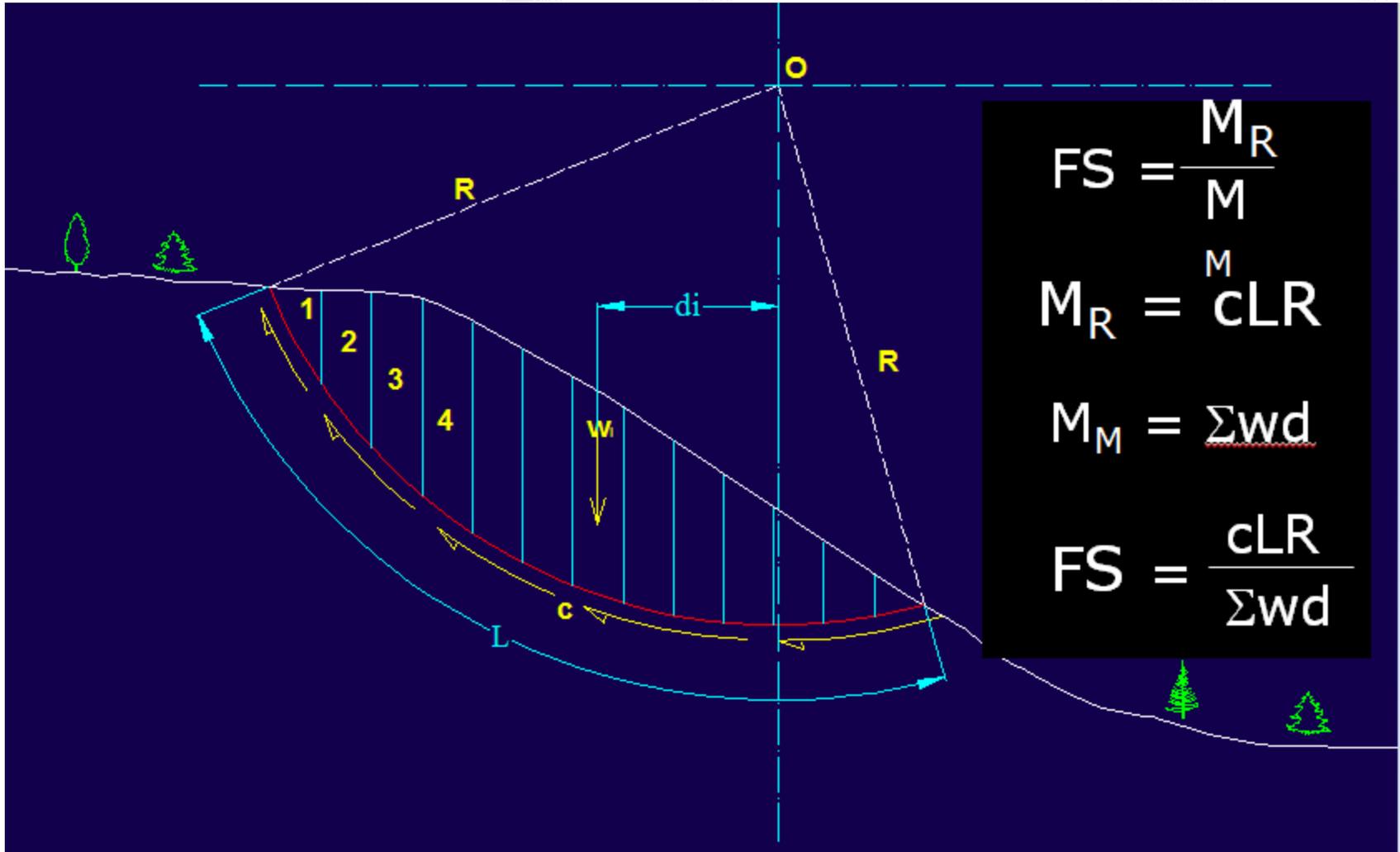
## Factor de Seguridad, FS

Usualmente se expresa desde el enfoque clásico de un análisis de estabilidad global, como el cociente mínimo entre la resistencia media al esfuerzo cortante ( $\tau_f$ ) del suelo o material que compone la ladera o talud, y el esfuerzo cortante medio que actúa en la potencial superficie de falla ( $\tau$ )

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau} = \frac{\text{Fuerzas resistentes}}{\text{Fuerzas actuantes}}$$

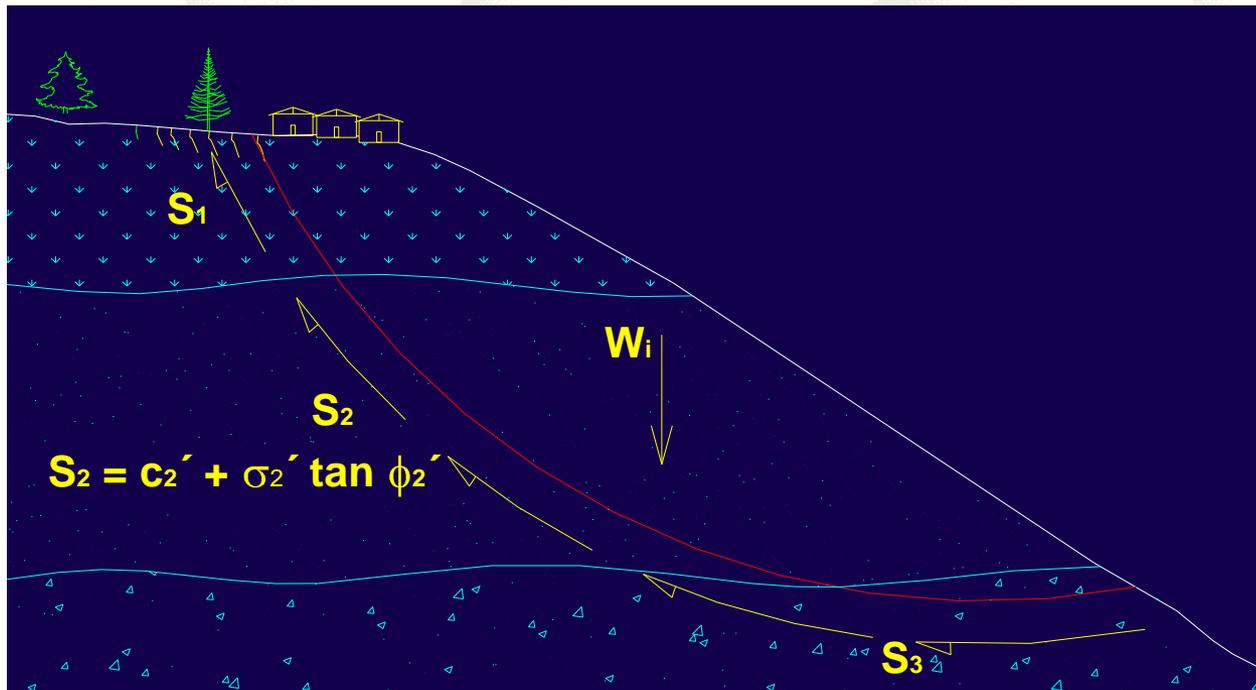
**$FS > 1$  ✓ Seguridad**

## Significado físico

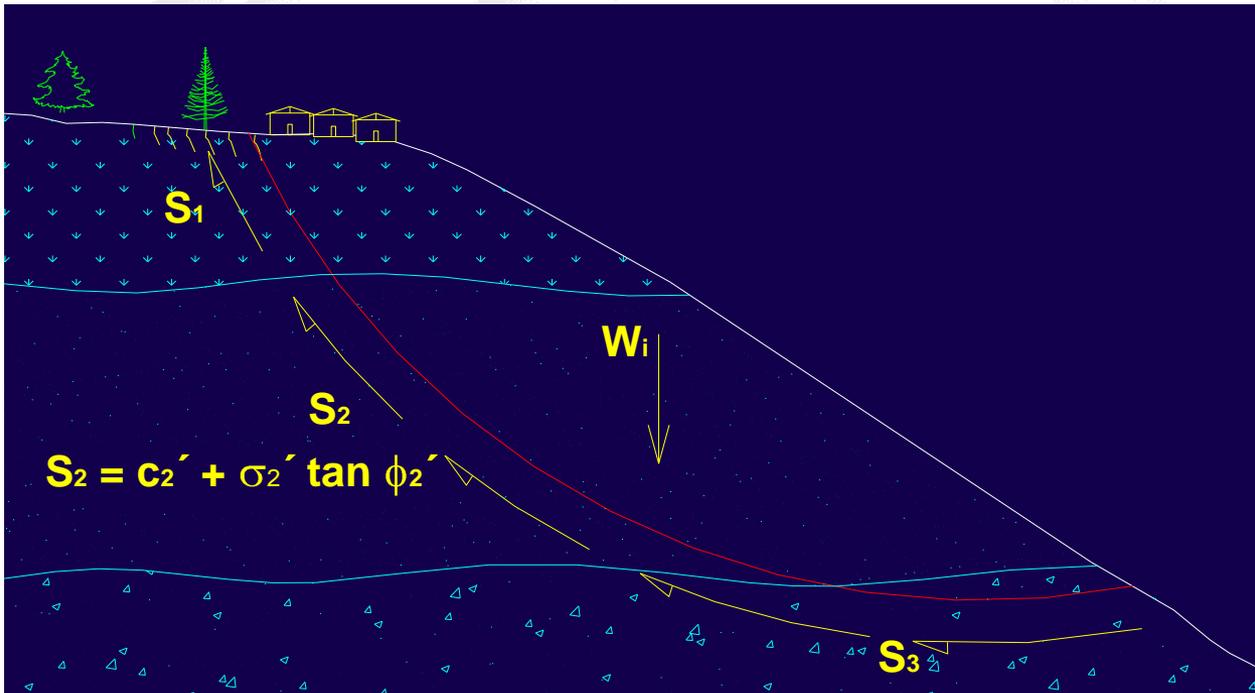


## Fuerzas Actuantes

En la mayoría de los problemas de estabilidad de taludes la magnitud de las **fuerzas actuantes** por peso propio y por cargas aplicadas, o sobrepeso, son determinadas con suficiente precisión.



Es en la magnitud de las fuerzas resistentes en las que se tienen incertidumbres en su determinación.



$$s_i = c_i' + \sigma_z' \tan \phi_i'$$

## Parámetros geotécnicos

Los parámetros de resistencia  $c'$  y  $\phi'$  se determinan mediante:

### Pruebas de laboratorio



### Pruebas de campo



## Principio fundamental

Desde el punto de vista fenomenológico los métodos de estabilización están encaminados a prevenir o reducir las causas que originan la falla de una ladera.

$$FS = \frac{\text{Fuerzas resistentes}}{\text{Fuerzas actuantes}}$$

FS



## ¿Aumento o reducción de fuerzas?



**Fuerzas resistentes**

**Métodos estructurales  
No estructurales**



**Fuerzas actuantes**

**No estructurales**

# ¿Cómo podemos aumentar las fuerzas resistentes?

**Métodos estructurales**

**Muros de contención**

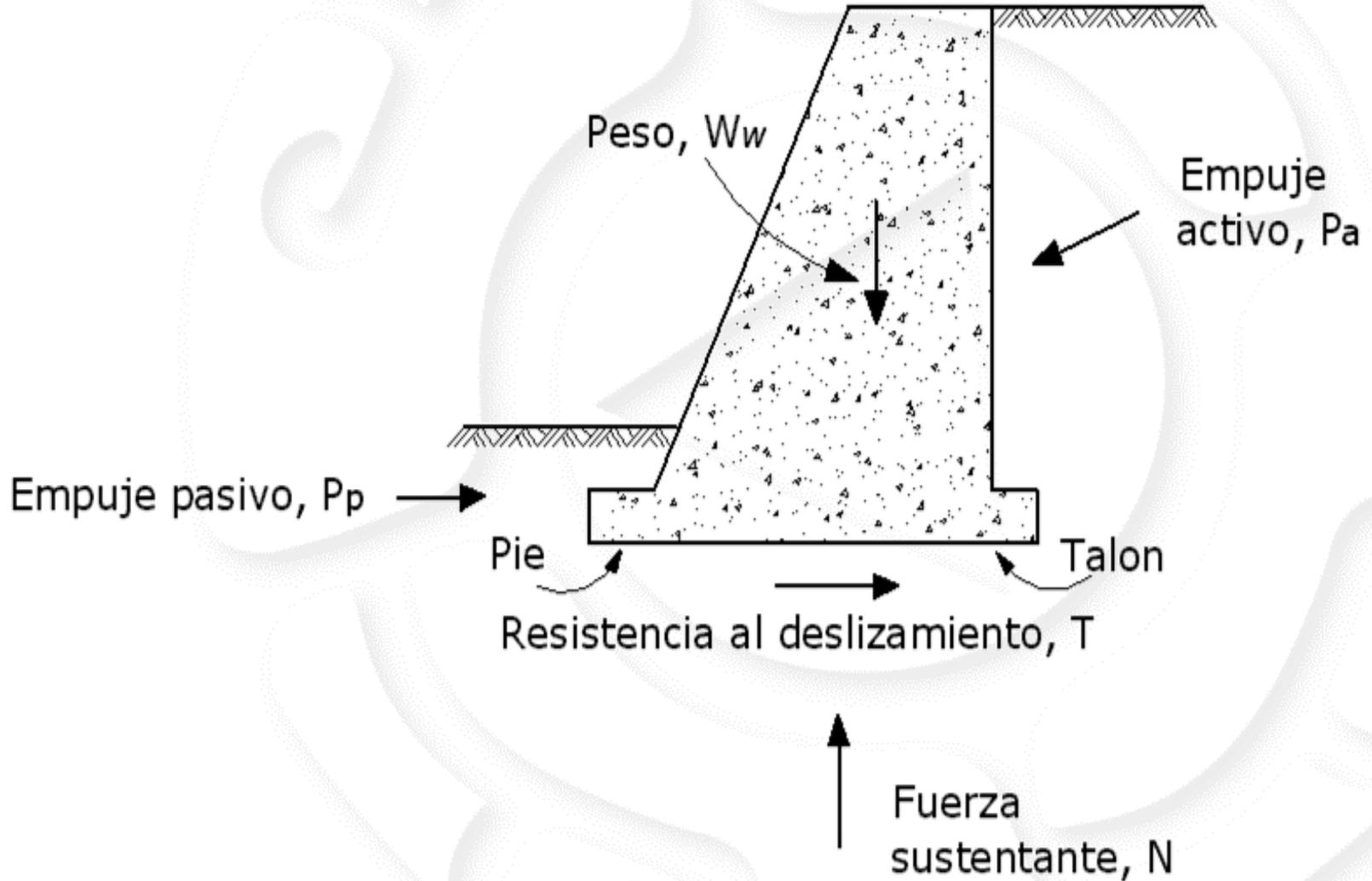
**Pilotes**

**Anclas**

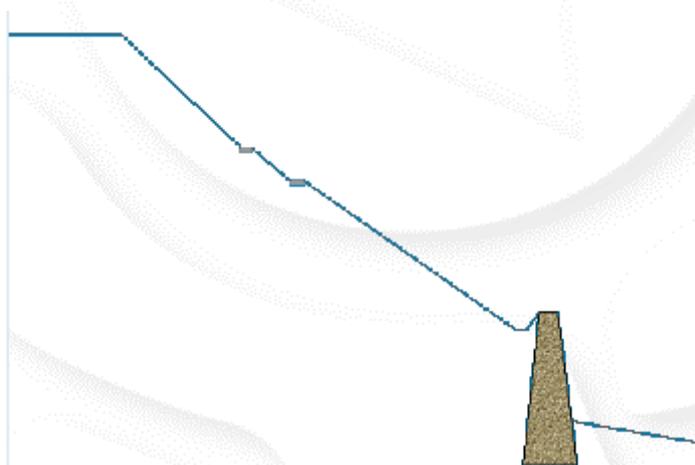
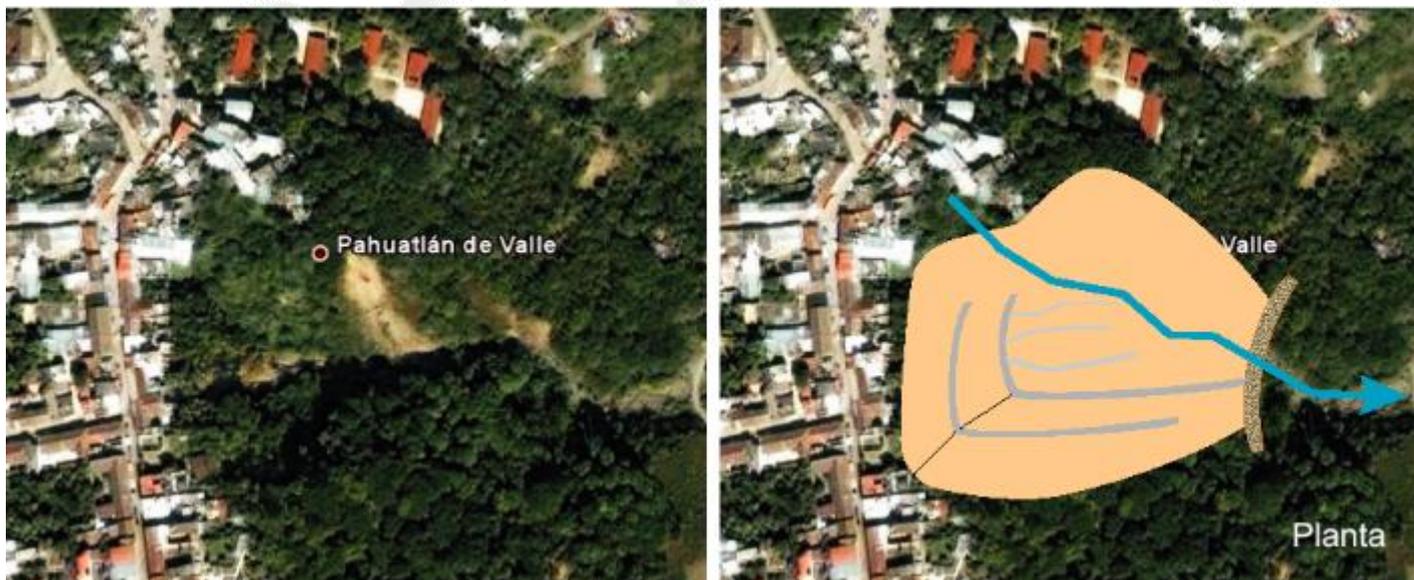
**Inclusiones o inyecciones**

**La combinación de ellos**

## Muros de contención

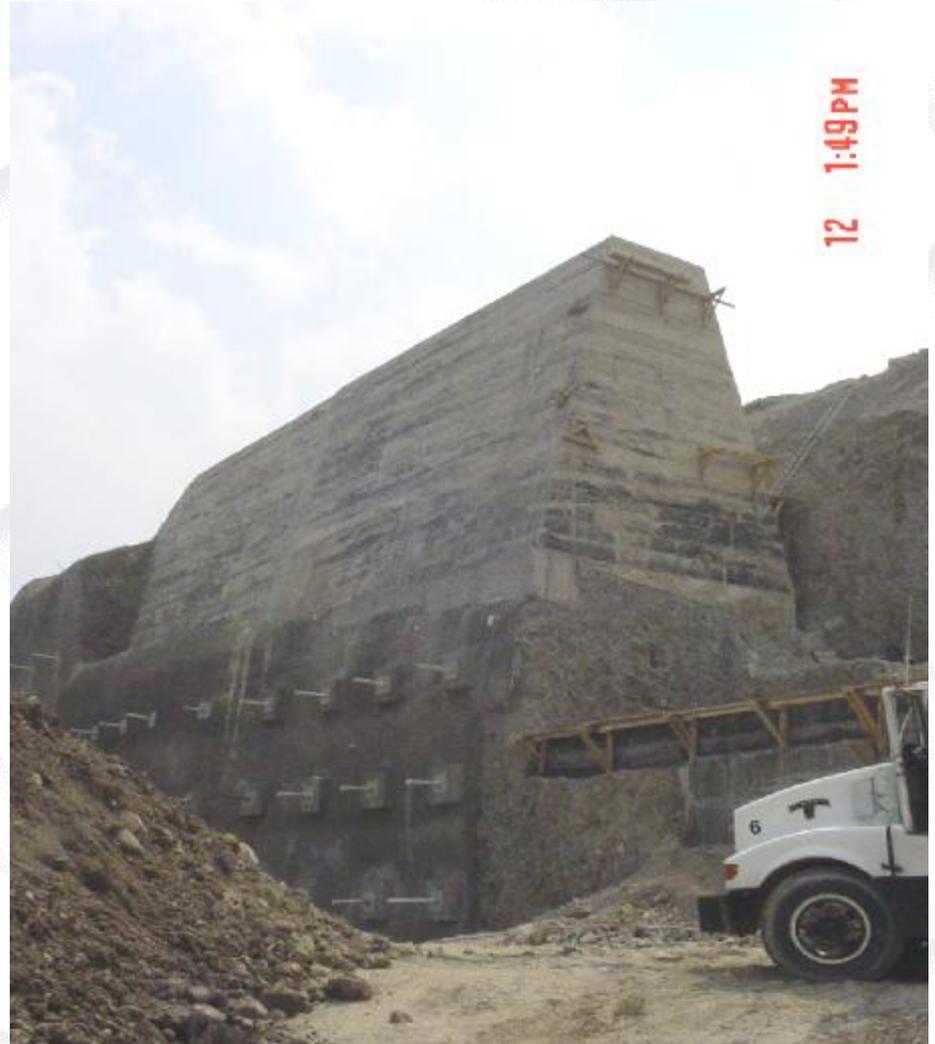
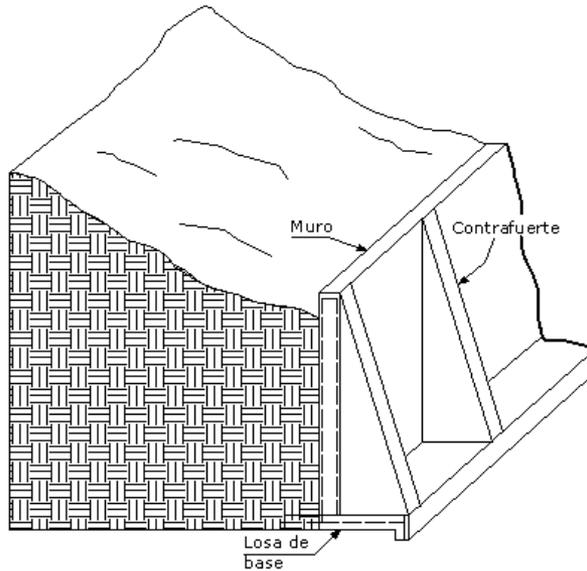
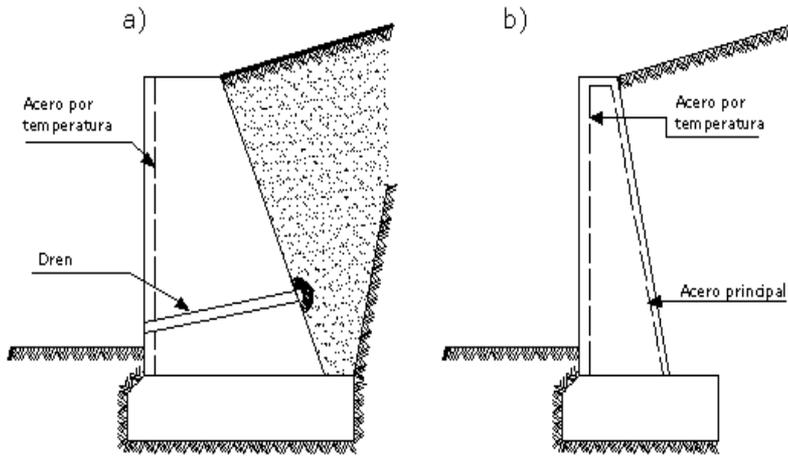


## Muros de contención





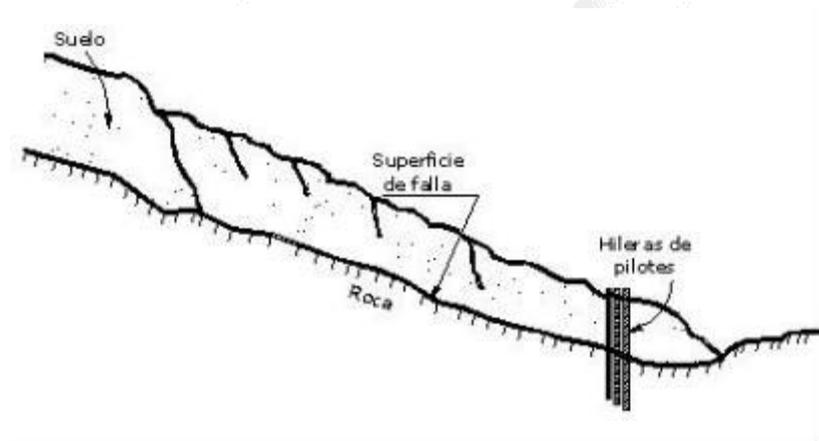
# Muros especiales



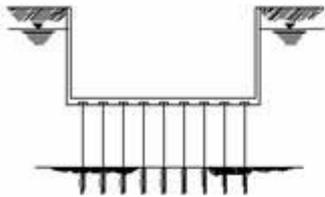
## Muros de mampostería



## Pilotes



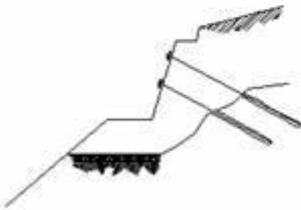
# Anclas



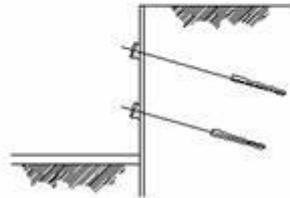
a) Para resistir subpresiones



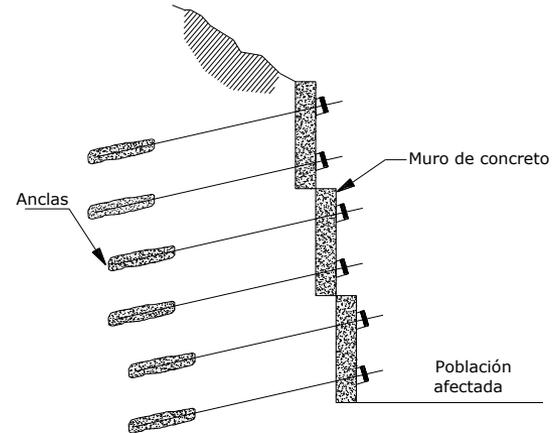
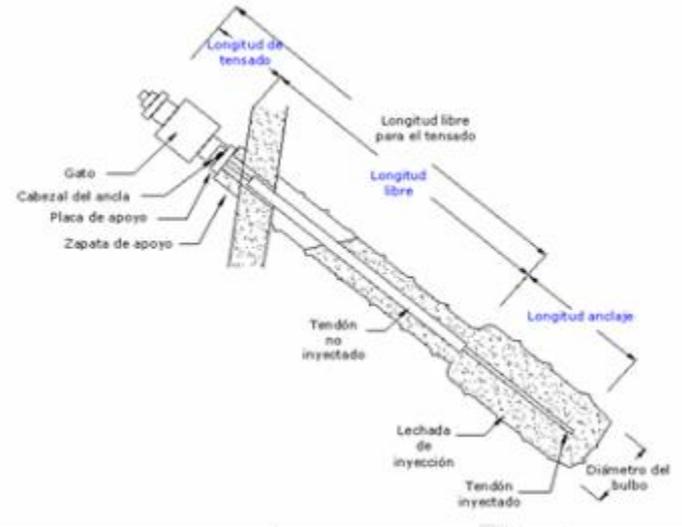
b) Estabilización de una presa de concreto



c) Estabilización de taludes



d) Muro de contención en una carretera



## Uso de anclas en México



## Otros métodos para aumentar las fuerzas resistentes

### Métodos no estructurales

Drenaje externo

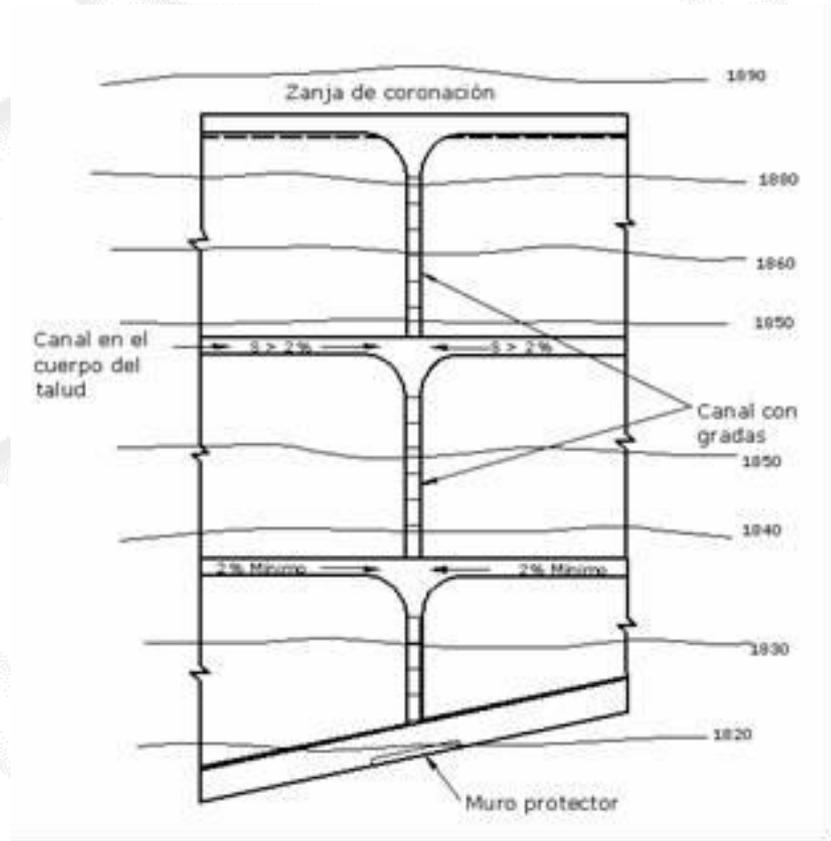
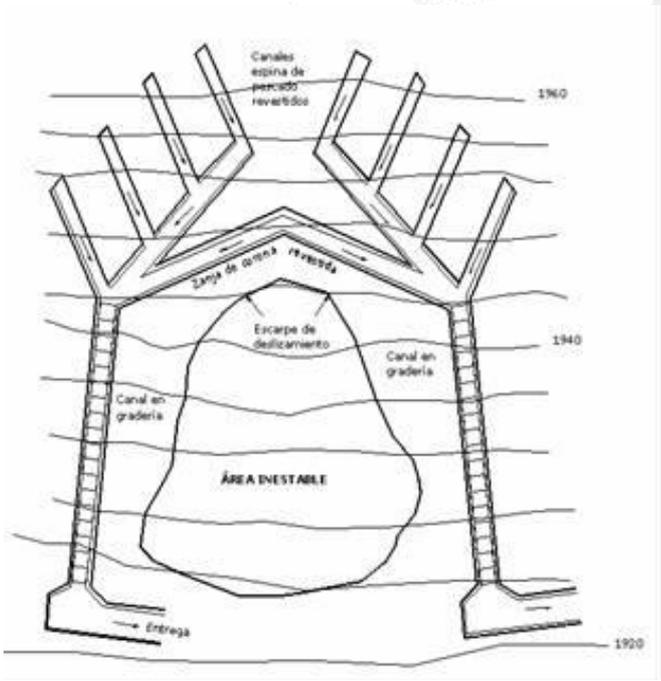
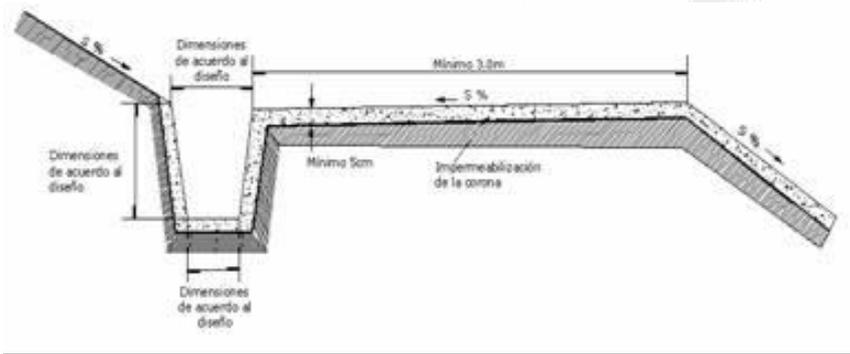
Drenaje  
interno

Reforestación

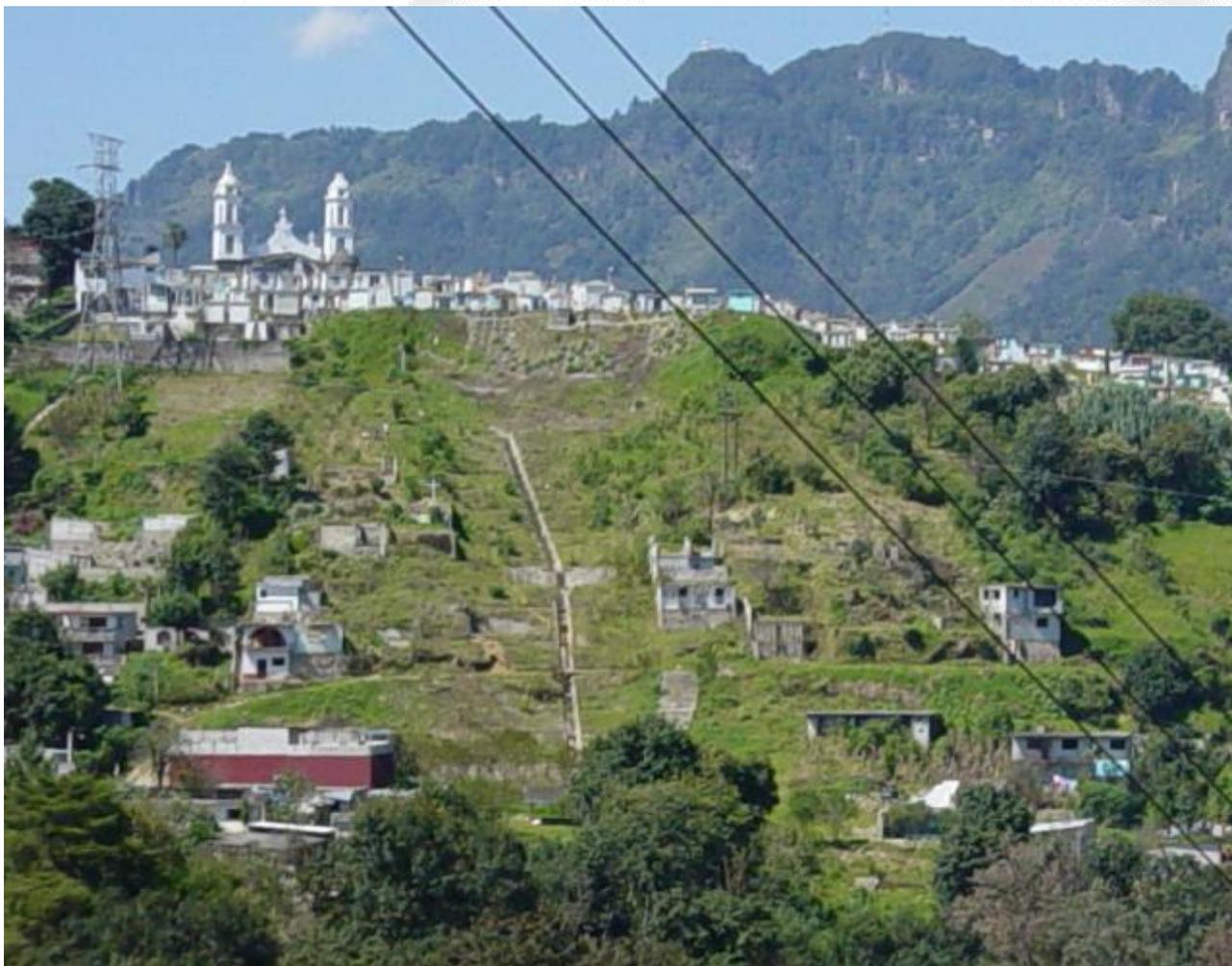
Cambio de pendientes

Construcción de  
bermas y terrazas

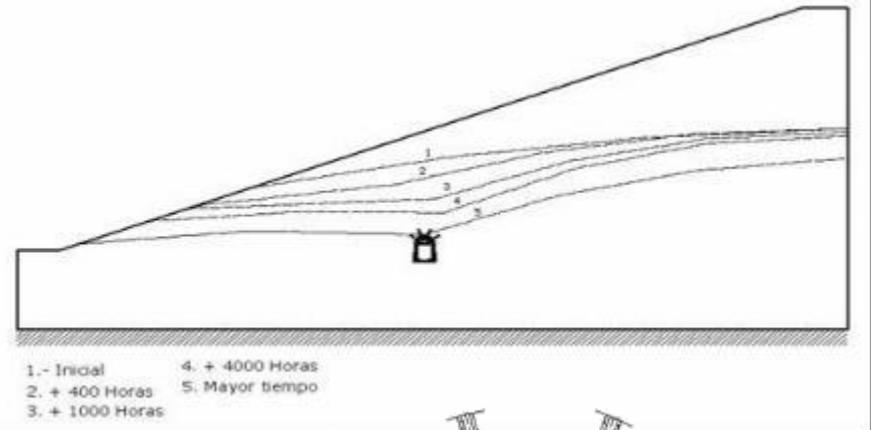
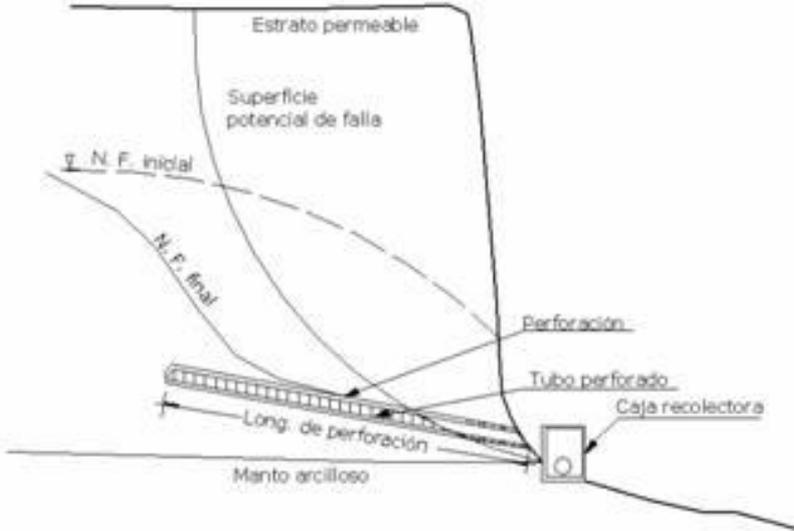
# Drenaje externo



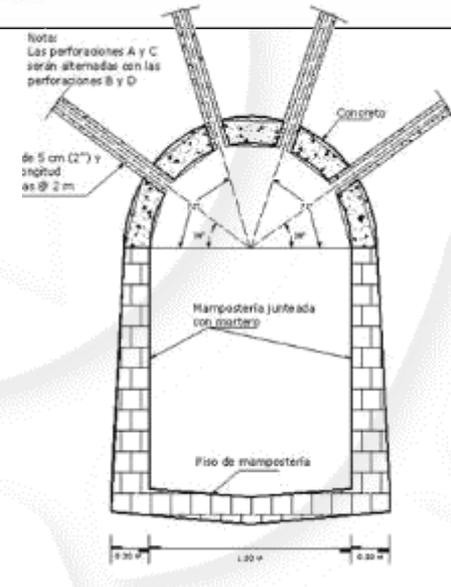
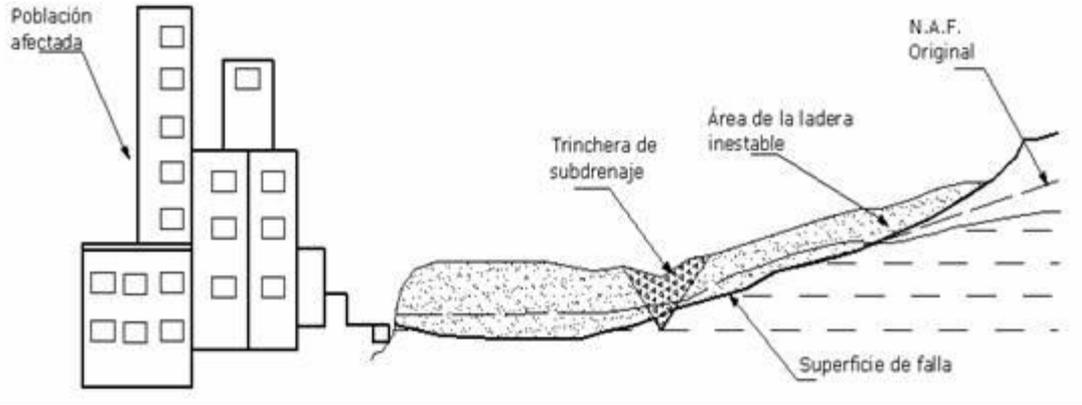
## Drenaje externo



# Drenaje interno



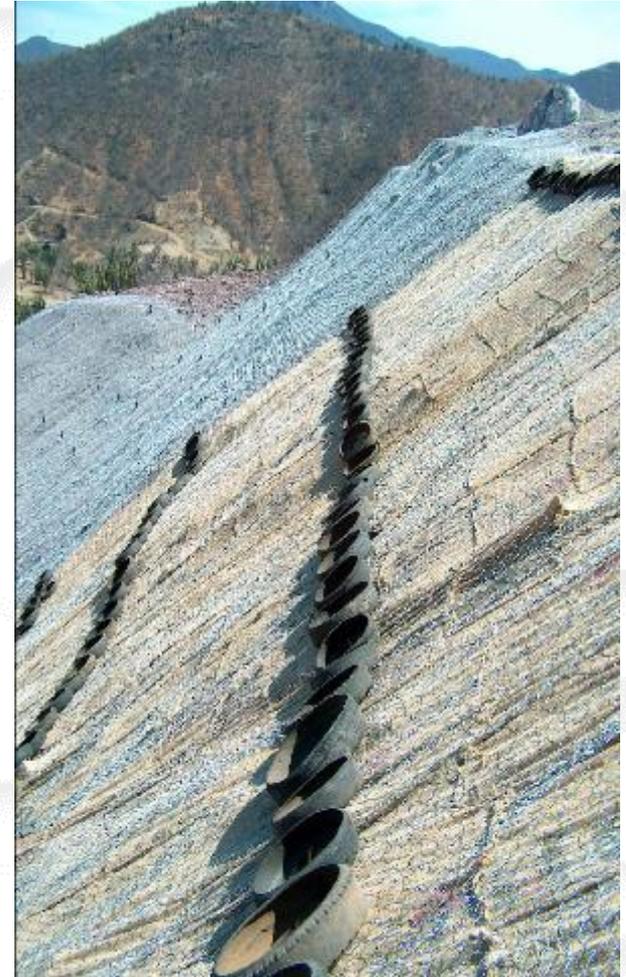
- 1.- Inicial
- 2. + 400 Horas
- 3. + 1000 Horas
- 4. + 4000 Horas
- 5. Mayor tiempo





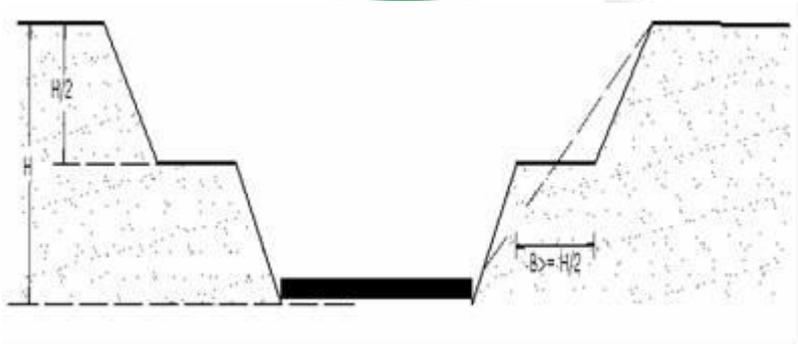
## Otros métodos para aumentar las fuerzas resistentes

### Reforestación



## Otros métodos para aumentar las fuerzas resistentes

Construcción de bermas y terrazas



## Métodos de protección y métodos indirectos

Muros de  
gaviones

Zanjas y  
depresiones

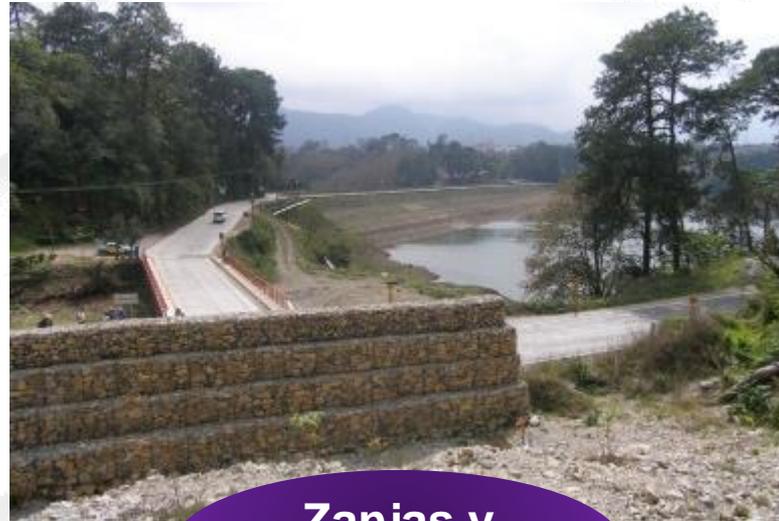
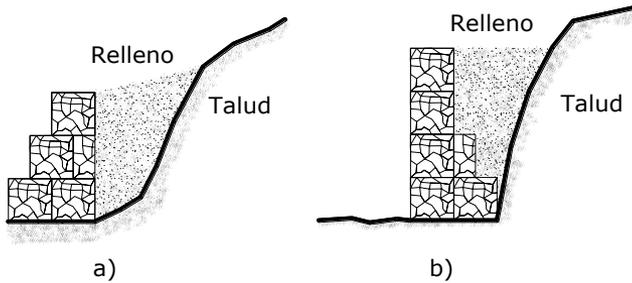
Concreto lanzado

Franjas de seguridad

Barreras de protección

## Métodos de protección y métodos indirectos

### Muros de gaviones



### Zanjas y depresiones



## Métodos de protección y métodos indirectos

Concreto lanzado



## Medidas de emergencia



## Medidas de emergencia



## Condiciones adversas para las laderas



# Condiciones adversas para las laderas



## Condiciones adversas para las laderas



## Condiciones adversas para las laderas



## Condiciones adversas para las laderas



## Conclusiones

1. Las cordilleras, montañas, ríos y cañadas son lugares donde los seres humanos han tenido que habitar, ya sea por necesidad o porque son lugares prósperos y de atractivo natural; por tal motivo, han tenido que enfrentar los cambios que impone la dinámica de la superficie de la tierra como la inestabilidad de laderas.
2. Cuando un potencial deslizamiento amenaza la seguridad de un núcleo de población o de alguna obra de infraestructura u obra de vital importancia, se debe recurrir a algún método de estabilización que impida o disminuya las posibilidades de ocurrencia de un deslizamiento.

## Conclusiones

3. La selección de un método de estabilización o de protección debe ser determinada con base en un análisis riguroso de los factores condicionantes y desencadenantes.
4. En general no es suficiente con la aplicación o implementación de una sola medida de mitigación. La combinación de métodos resulta más exitosa.
5. Para la selección de los métodos de estabilización se requieren además análisis costo beneficio que tomen en cuenta aspectos relacionados con el mantenimiento de las obras.

## Conclusiones

6. Para salvaguardar la vida de la población generalmente pensamos en grandes inversiones y grandes obras. No siempre son estas las más convenientes o más efectivas.
7. Para la selección de cualquier método no sólo se requiere un dominio del problema sino también imaginación, sustentada en principios técnicos e ingenieriles.
8. Muchos de los procesos de inestabilidad de laderas se deben a un desconocimiento, tanto de autoridades como de la población, sobre los efectos que sus actividades ocasionan en la estabilidad de laderas y taludes.



COORDINACIÓN NACIONAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL  
MÉXICO

---

### MAYOR INFORMACIÓN:



**Leobardo Domínguez Morales**

Subdirector Dinámica de Suelos y Procesos Gravitacionales

 @DomnguezM

ldm@cenapred.unam.mx

**SEGOB**  
SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN



[www.segob.gob.mx](http://www.segob.gob.mx)

 @segob\_mx

**protección civil federal:**

[www.proteccioncivil.gob.mx](http://www.proteccioncivil.gob.mx)

 @pcsegob