

# DESLIZAMIENTOS DE LADERAS

## Métodos de análisis de inestabilidad de laderas

Ing. Leobardo Domínguez Morales

19 DE MARZO DE 2021



# INTRODUCCIÓN

La estabilidad de taludes involucra dos aspectos principales:

- Diseño de taludes (cortes, terraplenes, presas de tierra, etc.), de tal manera que se satisfagan los requisitos de seguridad requeridos.
- Estudio de la estabilidad de laderas naturales.



# INTRODUCCIÓN

Inicialmente, el estudio de la estabilidad de laderas y taludes se debió a los frecuentes daños que se tenían en terraplenes para ferrocarriles y caminos, así como en cortes y excavaciones para carreteras.

Los primeros intentos para tratar de entender el comportamiento de éstas obras, se basaron en normas o reglas puramente **empíricas**, concebidas de las experiencias vividas, pero sin ningún criterio ingenieril.



## INTRODUCCIÓN

Los primeras propuestas de análisis del comportamiento de obras geotécnicas, con **criterios científicos** y **metodológicos**, basados en el entendimiento del comportamiento de los materiales y la forma en que sucedían las fallas, fueron desarrollados por Ch. A. Coulomb (1785) quien, con base los principios de la mecánica clásica, propuso que la resistencia que desarrollan los suelos en la potencial superficie de falla, se debe a la fricción y a la cohesión de los suelos y/o de las rocas:

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

# INTRODUCCIÓN



GOBIERNO DE  
**MÉXICO**

**SEGURIDAD**  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN  
INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**UNA NUEVA LEY DE FRICCIÓN CINÉTICA PARA BLOQUES  
RÍGIDOS Y SU APLICACIÓN A PROBLEMAS GEOSÍSMICOS**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**DOCTOR EN INGENIERÍA**

INGENIERÍA CIVIL – GEOTECNIA

**P R E S E N T A**

**BOGART CAMILLE MÉNDEZ URQUÍDEZ**

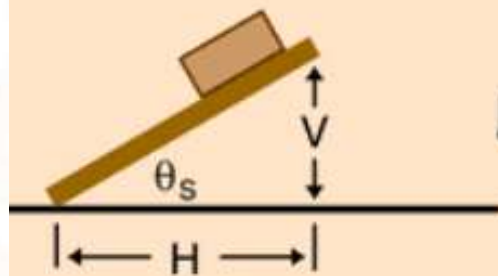
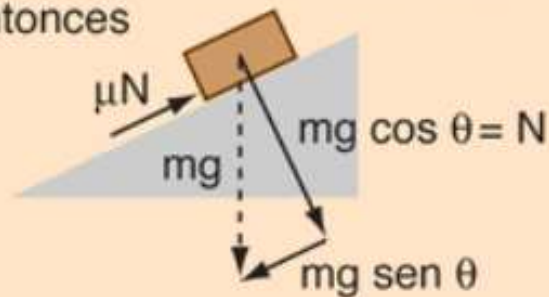
# INTRODUCCIÓN

## CONCEPTO DE FRICCIÓN

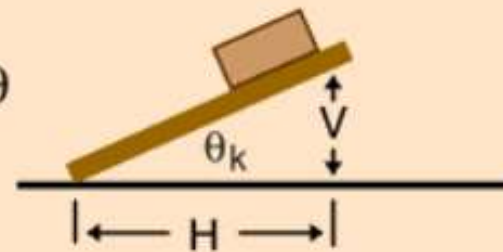
Si la componente de la fuerza de la gravedad hacia abajo del plano inclinado es igual a la fuerza de fricción, entonces

$$mg \sin \theta = \mu mg \cos \theta$$

$$\mu = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \tan \theta$$



$$\mu = \frac{V}{H} = \tan \theta$$



Caso estático: con el bloque en reposo sobre el plano inclinado, elevar este hasta que el bloque comience a deslizarse. La tangente de ese ángulo umbral, es una medida del coeficiente de fricción estática.

Caso cinético: con el bloque sobre el plano inclinado, levante el plano en pasos y en cada paso empujelo suavemente para ponerlo en movimiento. Si éste no se produce y se para, es porque la fricción supera a la gravedad. Levantar el plano otro paso y repetir el proceso hasta encontrar el ángulo en el cual el bloque se desliza hacia abajo a velocidad constante. La tangente de ese ángulo es una medida del coeficiente de fricción cinética.



# INTRODUCCIÓN

## CONCEPTO DE COHESIÓN

Es la **fuerza** que **une** las partículas de un **suelo fino**.

J. Badillo (1995) es la cualidad por la cual las partículas del suelo se mantienen unidas, como resultado de fuerzas internas, que dependen, entre otras cosas, del número de puntos de contacto que cada partícula tiene con sus vecinas, pero principalmente depende del contenido de humedad en el suelo.

# MÉTODOS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LADERAS Y TALUDES

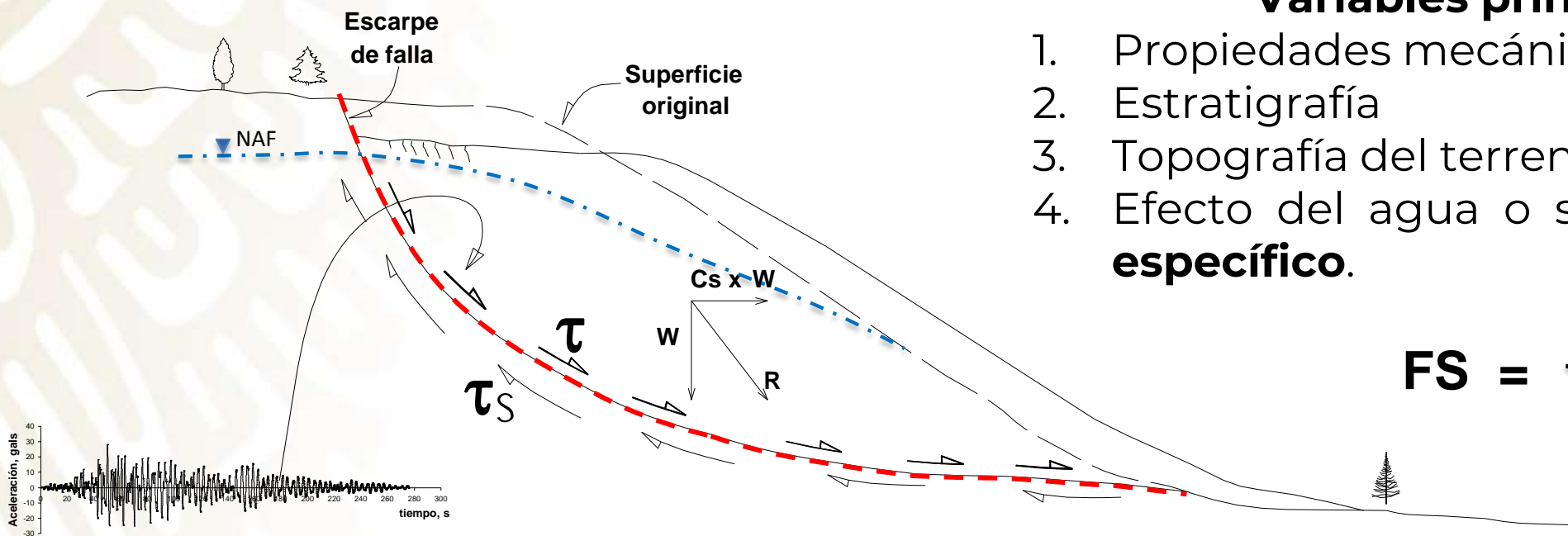
## MÉTODOS BASADOS EN LA DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD (FS)

A partir de los conceptos de resistencia al esfuerzo cortante de Coulomb y de la definición del Factor de Seguridad, Terzagui concluyó que la falla se debe a factores internos (condicionantes) y externos (desencadenantes) que modifican los esfuerzos resistentes y actuantes en la potencial superficie de falla o de deslizamiento.

### Variables principales:

1. Propiedades mecánicas de los suelos
2. Estratigrafía
3. Topografía del terreno, y
4. Efecto del agua o sismos en el **sitio específico**.

$$FS = \frac{\tau_s}{\tau}$$



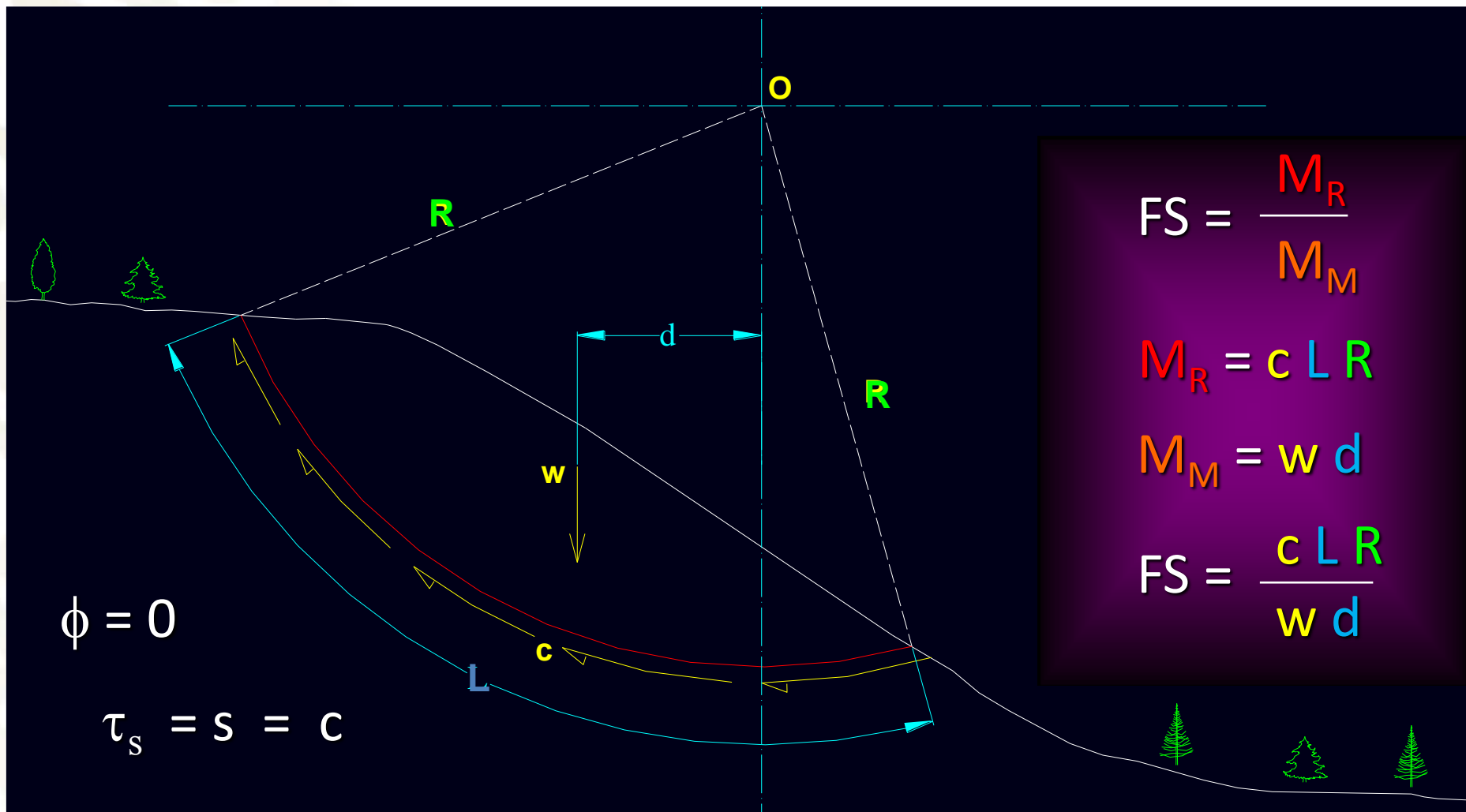
**Limitante: Requieren tiempo y resultan costosos para evaluar amplias zonas**





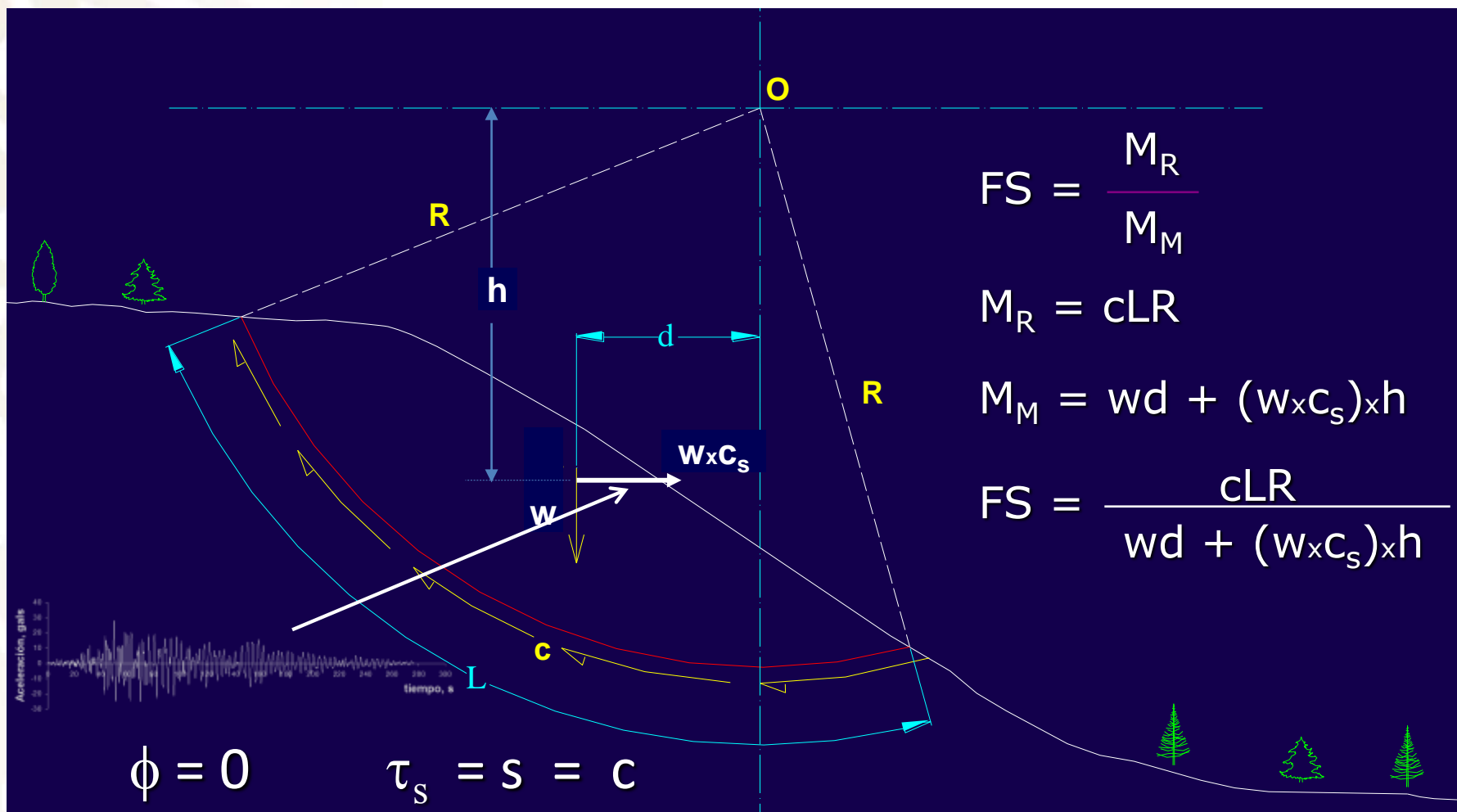
# ANÁLISIS DE ESTABILIDAD SIMPLIFICADO

## CONDICIONES ESTÁTICAS



# ANÁLISIS DE ESTABILIDAD SIMPLIFICADO

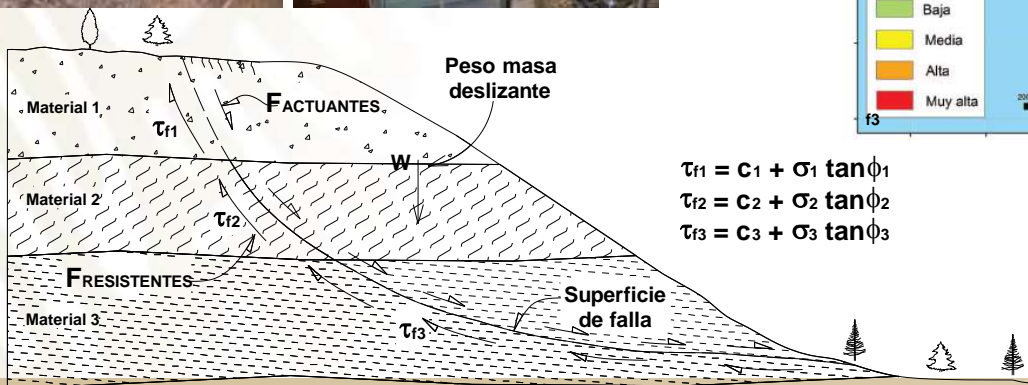
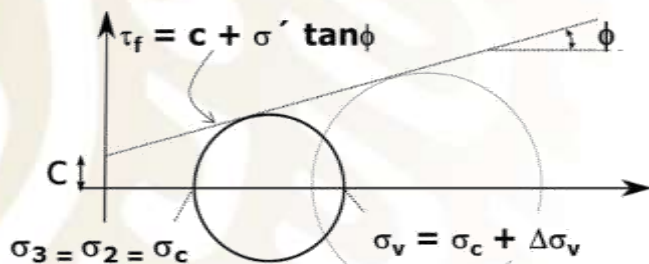
## CONDICIONES DINÁMICAS



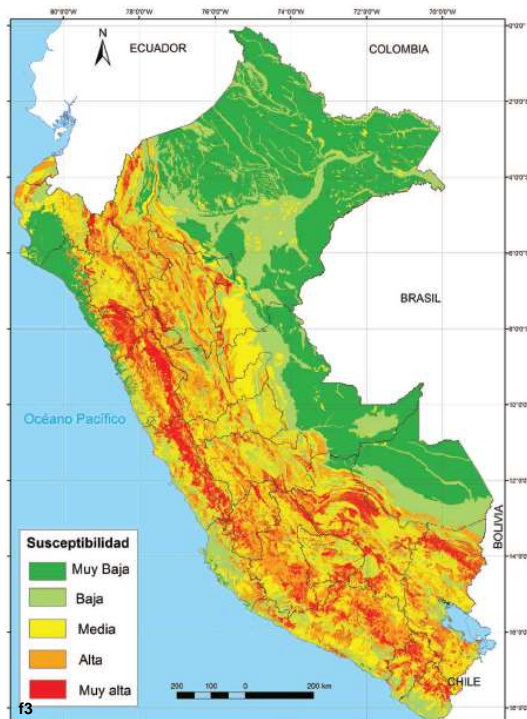
# MÉTODOS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LADERAS Y TALUDES

MÉTODOS CUANTITATIVOS Y MÉTODOS CUALITATIVOS

## Determinísticos



## Heurísticos

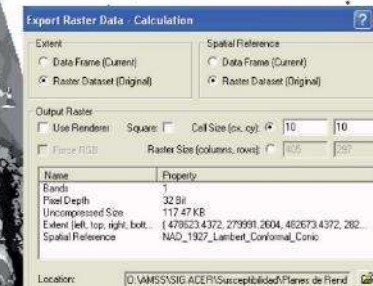
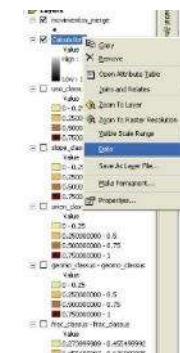
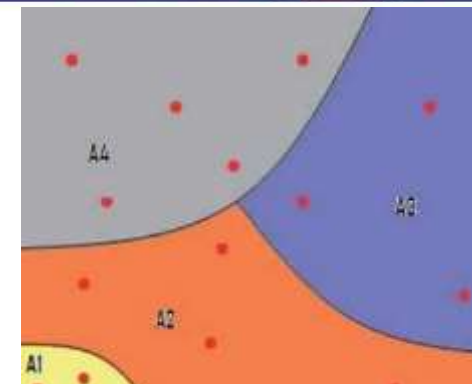


## Estadísticos

Selected Attributes of movimientos

OBJECTID*	SHAPE*	X	Y
130	Point	489336.862192	286309.577582
131	Point	471831.966944	286927.813615
137	Point	472324.355040	289430.045169
138	Point	472114.810144	289354.946289
142	Point	474352.850658	293988.940533
146	Point	473039.057249	290030.518258
150	Point	469674.506946	291227.923167

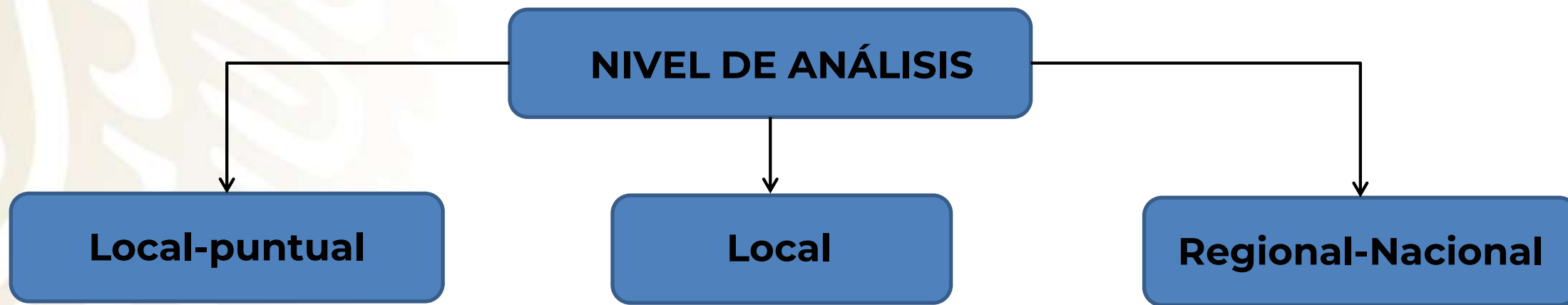
Record: 1 | Show: All | Selected: Records (167 out of 285 Selected)





### 3. MAPA NACIONAL DE SUSCEPTIBILIDAD

NIVEL DE ANÁLISIS Y VARIABLES CONSIDERADAS EN DISTINTOS MÉTODOS



#### M. Determinista FS

1. Prop. Mec. suelos
2. Estratigrafía
3. Topografía y
4. NAF y sismos

#### E. Susceptibilidad Formato

1. Fact. topográficos
2. Fact. geotécnicos
3. Uso de suelo y veg.

#### M. Heurísticos

1. Geología
2. Pendientes
3. Uso de suelo y veg.



## CONCLUSIONES

Actividades humanas como la deforestación, las excavaciones, los cambios de escurrimientos, las modificaciones topográficas, la colocación de sobrecargas, las fugas de agua, etc., producen inestabilidad en las laderas.

Muchas de estas actividades se realizan por usos y costumbres y también por falta de conocimiento.

El problema de los deslizamientos de laderas es un tema complejo que involucra el conocimiento del medio físico, los cambios al entorno natural y la investigación de las propiedades de los materiales

¡GRACIAS!

Ing. Leobardo Domínguez Morales

---

Subdirector de Dinámica de Suelos y Procesos Gravitacionales

+52 55 54246100 ext. 17105

LDM@cenapred.unam.mx