3.4 Método de Evaluación de la Estabilidad para el Colapso de Masa de Roca

3.4.1 General (Colapso de masa de roca)

(1) Evaluación de factores y obras de tratamiento

El objeto de la evaluación del colapso de masa de roca, es el talud de corte y/o el talud natural que tiene más de 15mts. de altura.

La caída de roca, volcamiento y deslizamiento de roca etc. (Figura 3.4.2) son tipos de colapso de roca. Los factores de estos fenómenos son las grietas, calidad de roca, topografía y aguas freáticos. La evaluación debe ser realizada enfocándose en esos factores y el grado de eficiencia de obras existentes. Desde el punto de vista de evaluación e inspección, el síntoma sería un factor importante, sin embargo por la razón de insuficiencia de datos en contraste con los casos de colapso de rocas, y el sitio antes ocurrido de colapso de roca no sigue siendo el sitio de baja estabilidad. Por esa razón, el síntoma no se considera como factor de evaluación.

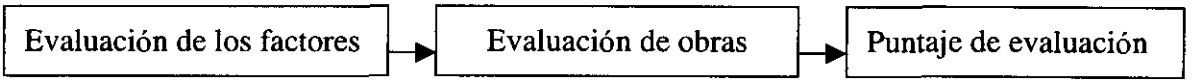


Figura 3.4.1 Concepto de puntaje de evaluación

(2) Evaluación integral

Los técnicos profesionales consideran la escala e influencia de desastres teniendo en cuenta;

i) factores de desastres,
ii) eficiencia de medidas,
iii) historial de desastres,
iv) condiciones alrededor del sitio.

Luego seleccionan la respuesta necesaria por medio de las tres categorías que se indican abajo:

● Es necesario tomar medidas	El sitio en donde existen factores potenciales de desastres
● Responder, elaborando una "Tabla de Prevención de Desastres"	El sitio donde existe una futura necesidad de tomar medidas, pero, por el momento, hay que controlar por vigilancia conforme al "Tabla de Prevención"
● No es necesario tomar nuevas medidas	El sitio en donde no se observa factores de desastres, y no necesite tomar nuevas medidas

Tabla 3.4.1 Criterio de evaluación

Evaluación integral	Criterio de evaluación
Es necesario tomar medidas	·Se observan factores potenciales de desastres como grietas claramente abierta. Es necesario realizar obras de tratamiento. (Incluido el estudio de tipo de obras.)
Responder, elaborando una "Tabla de Prevención de Desastres"	A) Se necesita un estudio detallado. ·Los factores potenciales de desastres como grieta abierta no es tan clara, pero se observa como un sitio no tan estable. B) Observar prioritariamente en la gira periódica. · Actualmente no se observan factores potenciales de desastres, pero se considera que se da la necesidad de observar la anormalidad de talud por la razón topográfica y geológica.
No es necesario tomar nuevas medidas	· No se pueden observar los factores de desastres, y no se necesita tomar nuevas medidas.

(3) Los factores deben ser considerados para la nota de evaluación de estabilidad

Los factores que deben ser considerados para la inspección de colapso de masa de roca son como sigue:

1) Fenómeno, síntoma

a) Dimensión de grieta abierta

El síntoma de colapso de masa de roca tiene íntima relación con las grietas de tensión (grieta vertical). Sin embargo, entre la grieta de tensión y la grieta abierta simple, existe una gran dificultad para distinguirlas. Principalmente, la variación de serie temporal es muy difícil de entender. Por lo tanto, desde el punto de vista de seguridad, todas las grietas abiertas deben ser objeto de inspección y evaluación.

Estas grietas abiertas grandes, aunque no se confirma su desplazamiento, deben ser consideradas como grieta con posibilidad de ser de tensión.

b) Dirección de grietas horizontales continuas

En caso de que se observe la grieta horizontal continua, hay que inspeccionar por medio de la razón de posibilidad de desplazamiento de masa de roca sobre grieta. Sobre todo, la grieta que tiene la misma dirección de inclinación que el talud, hay que observar con mucha atención porque esa grieta, está relacionada con la falla de deslizamiento.

c) Pequeño colapso, caída de rocas

Pequeño colapso y caída de rocas deben ser objeto de evaluación por la razón de su posible relación con el colapso de masa de roca. El depósito de sedimentos en el pie de pendiente, que se formó por un pequeño colapso y/o caída de rocas pasados, también debe ser evaluado como un síntoma de colapso de masa de roca. Además, si existe la historia de pequeños colapsos,

caída de rocas en el talud y/o pendiente lindante que tienen la misma característica topográfica y geológica del sitio de inspección, hay que evaluar como síntoma de desastres, porque se puede considerar que el sitio de inspección también tiene factores de desastres.

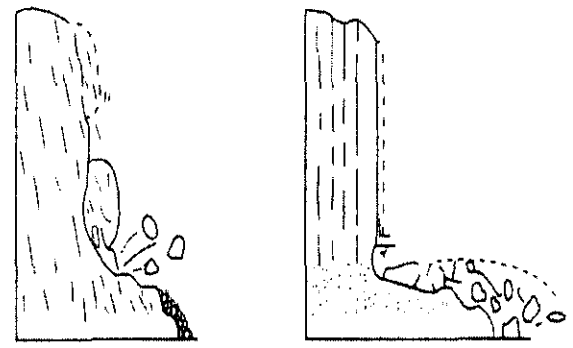
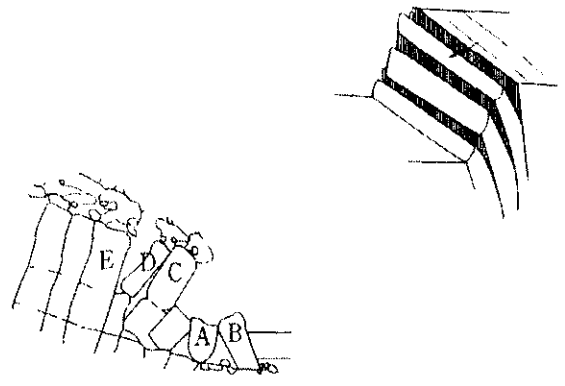
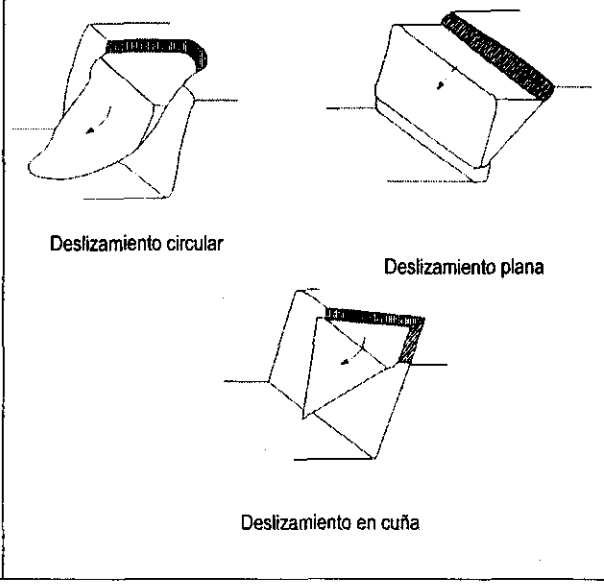
Tipo de colapso de masa de roca	Dibujo esquemático
Derrumbe Es un fenómeno que la masa de roca se cae desde pendiente escarpada o precipicio, desprendiéndose desde la roca base por existencia de discontinuidad como juntas. La roca desprendida desciende con la forma cinética como caída libre y salto.	
Volcamiento El volcamiento ocasionado por la gravedad, el empuje de bloques contiguos y la presión de agua que existe en la grieta. Con estos momentos de fuerza, la parte inferior de las rocas desplazadas funciona como punto de apoyo y las rocas ruedan hacia adelante.	
Deslizamiento de rocas Es la forma cinética del desplazamiento por cizallamiento a lo largo del plano de deslizamiento. El deslizamiento circular se origina a lo largo de su propio plano, y el deslizamiento plana se origina a lo largo de su propio plano. La falla de cuña también es una forma de deslizamiento de rocas, que se origina a lo largo de unos planos de deslizamiento, y es un fenómeno típico de la pendiente de rocas.	

Figura 3.4.2 Tipo de colapso de masa de roca

2) Estado de grietas, etc.

Hay que inspeccionar la calidad de roca y el estado del área discontinua tales como el plano de estratificación, de juntas y de fisuras (se denominará "grietas etc.").

Si la masa de roca dura parece estable, pero existen grietas con intervalos regulares en gran dimensión, hay posibilidad de que se origine un colapso de masa de roca relativamente grande.

Al otro lado, en caso de roca blanda que tiene grietas con intervalos irregulares, la masa se quiebra en pequeños pedazos y hay posibilidad de que se origine un derrumbe de masa de roca de pequeña escala.

3) Combinación de roca dura y blanda

Hay que inspeccionar la combinación de roca dura y blanda que se considere tenga relación con la dimensión del colapso de masa de roca.

En el talud que tiene roca blanda en la parte inferior y roca dura en superior, en contraste con el talud de roca blanda, hay más posibilidad de formar un voladizo y existe una posible relación con el colapso de masa de roca.

En caso de que el talud consista en roca blanda, aunque se forma el voladizo, la dimensión de colapso será pequeña (Véase Figura 3.4.3).

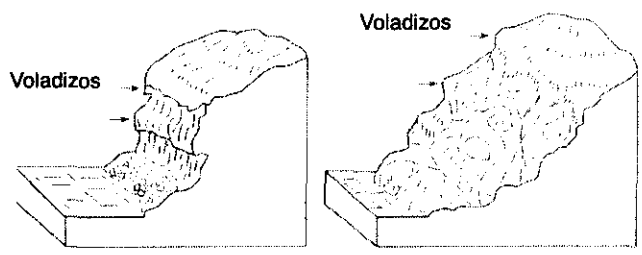


Figura 3.4.3 Voladizo

4) Dirección deslizable de capa, Dirección estable de capa

Si las grietas tienen la misma inclinación que el talud, hay que considerar la dirección deslizable de capa. Sobre todo, se debe observar cuidadosamente la inclinación abrupta porque tiene íntima relación con el colapso.

5) Topografía

a) Inclinación de talud y/o talud natural

Si la inclinación de talud y/o talud natural es abrupta, y además de eso, existe voladizo debe realizarse la inspección, por razón de que hay una alta posibilidad de colapso de masa de roca.

En este tipo de talud y/o pendiente natural, no se puede esperar la amortiguación de energía de impacto, en caso de ocurrir el colapso de masa de roca.

b) Altura de precipicio

En general, el precipicio más alto tiene la más alta probabilidad de colapso de masa de roca, y en caso de ocurrencia del colapso, la energía será alta. Por estas razones, se considera que es de baja estabilidad.

c) Tipo de talud

Debe evaluarse la estabilidad entre la relación de el tipo de talud y el colapso de masa de roca, teniendo en cuenta las siguientes características (Figura 3.4.4).

En caso de talud de tipo lomo, debe prestarse atención al aflojamiento del terreno por razón de que en ambos lados de el lomo, no existe nada para sujetarlo. Es necesario observar en el talud con depósito de materiales meteorizados, porque puede que haya existido un repetido colapso y caída de rocas en el pasado. El talud del tipo intermedio de tipo lomo y tipo valle se puede considerar de alta estabilidad relativamente, a causa de un menor grado de meteorización. En la pendiente de tipo valle, por la acumulación del suelo coluvial, la masa de roca se observa en el fondo de valle y la posibilidad de colapso de masa de roca es, generalmente, baja. Pero, si se observa la meteorización de masa de roca cerca de la cabecera de el valle, debe prestarse suma atención.

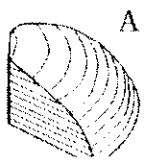
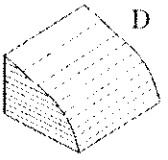
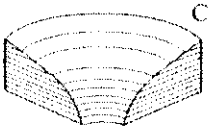
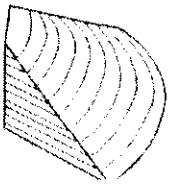
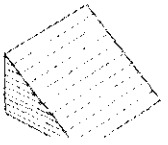
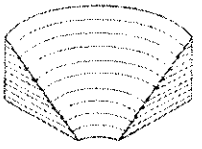
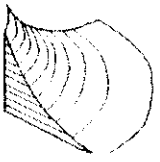
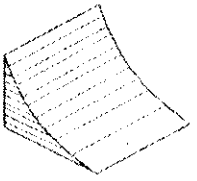
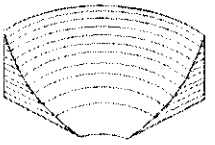
Clasificación		Clasificación por sección horizontal		
		Tipo de lomo	Entre valle y cumbre	Tipo de valle
Clasificación por sección perpendicular	Convexo			
	Pendiente de equilibrio			
	Cóncavo			

Figura 3.4.4 Clasificación de tipo de pendiente

d) Línea de mella (Línea "knick")

Línea de mella es la línea en donde la inclinación cambia de suave a escarpada, y se puede decir que es el hombro del talud. (Figura 3.4.5) La evidencia de una línea de mella se considera que tiene relación con la caída de rocas y el colapso de masa de roca, por lo tanto debe inspeccionarse el talud con esta línea. Es decir, la meteorización y erosión han formado el talud escarpado y sigue formándolo hacia el fondo del talud. En este sentido, desde el pie del talud hasta la línea de mella, es el área más atacada por la meteorización, la erosión, y la línea clara indica que es la pendiente de más fuerte erosión. La grieta de tensión que es el síntoma de colapso de masa de roca, aparece cerca de la línea de mella.

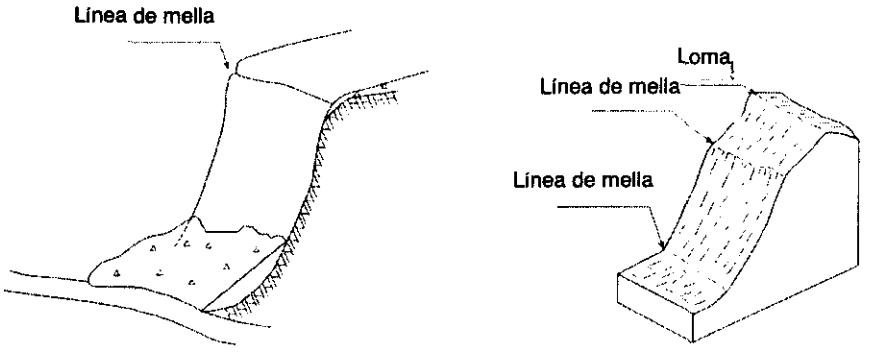


Figura 3.4.5 La definición y ejemplo de línea de mella

6) Agua freática, Lluvia

El agua es un factor que promueve la meteorización.

Si se observan aguas manantiales en las grietas verticales o en la frontera de grietas horizontales, hay que prestar atención por la razón de la posibilidad del desarrollo del espacio entre grietas, y del desarrollo de grietas.

3.4.2 Tabla de Inspección de Estabilidad y Guía para Llenar (Colapso de masa de roca)

La tabla de inspección de estabilidad para colapso de masa de roca se muestra en la "Tabla 3.4.3". A continuación, se indica cómo llenar la tabla de inspección.

(1) Evaluación por medio de factores

1) Fenómeno, síntoma

a) Tamaño de grieta abierta

Debe confirmarse la existencia de grieta abierta en el talud, estando en el sitio donde se puede conseguir la vista general del talud de masa de roca. Sobre todo, hay que fijarse bien en las grietas horizontales y diagonales.

En el talud que no se observa grieta abierta grande, pero existan estratificación y grietas, si es posible, hay que subir hasta la parte superior del talud y confirmar la existencia de grietas cerca del hombro.

<Criterio de evaluación>

Hay que clasificar en tres categorías como (1)Grande, (2)Pequeña, (3)No existe, conforme a existencia y tamaño de grieta abierta.

i) La definición de "grieta abierta grande" es como sigue. Se muestran las fotos como ejemplos de grieta abierta grande, en figura 3.4.6 Todas las fotos indican una grieta abierta grande.

[En la cabecera de masa de roca desplazada]

[1] Se puede ver hasta la parte profunda de la grieta

[2] La grieta se encuentra claramente separada

[3] Aunque el ancho de la grieta es pequeño, si es larga la grieta continua

[4] Está escalonado

[5] No se considera como grieta abierta, pero hay continuidad de escalón y hay hueco en la superficie del bloque desplazado

[En el lado de masa de roca desplazada]

[1] Las grietas no son continuas, pero existen sucesivamente.

[En el extremo de masa de roca desplazada]

i) Se observa el fenómeno de expansión de masa de roca.

ii) La definición de "grieta abierta pequeña" es como sigue:

[1] Las grietas abiertas sólo se observan en la superficie.

[2] El ancho de grieta abierta es muy angosto, y no hay continuidad. No se puede

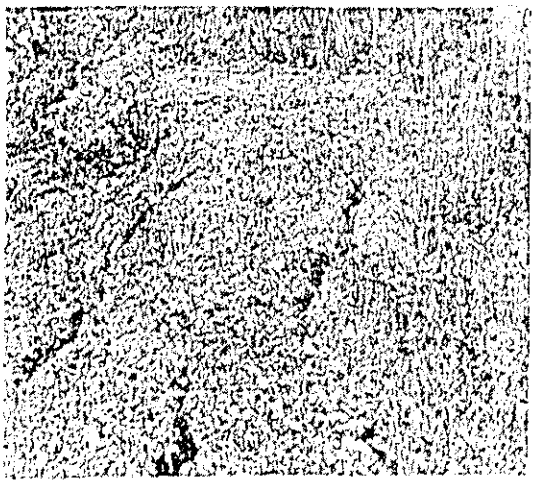
[3] considerar que la grieta está separada.

[4] No existe grieta abierta, pero existen muchas fisuras y está fracturada.

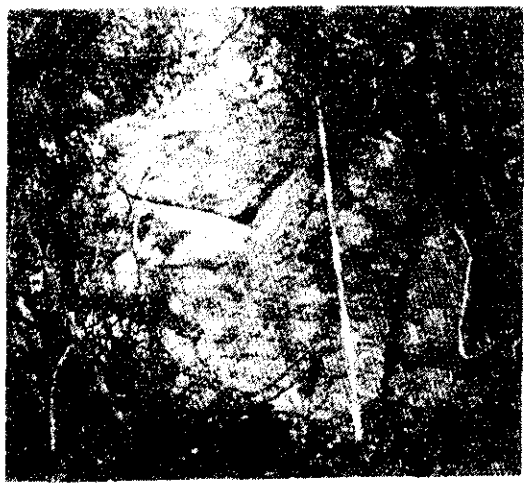
Nota) Si se observa la grieta vertical en la parte de voladizo, hay que inspeccionar la continuidad y la separabilidad, y luego define el tamaño de grieta.

iii) La definición de "No existe" es como sigue:

[1] No se observa grieta.



Grietas pequeñas no son continuas, pero se encuentran en grupo

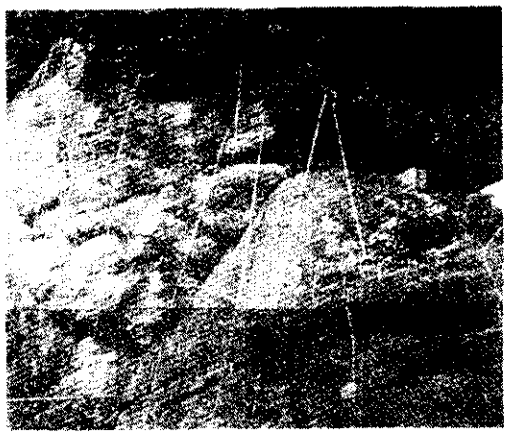


Grietas abiertas en uniones verticales y uniones horizontales

Fractura abierta debajo de una roca colgante

Masa de roca deslizándose o cayendo desde una falla en la cumbre

Masa de roca deslizándose o cayendo Desde una falla en la cumbre



Fracturas abiertas en juntas cuadriculares

Figura 3.4.6 Ejemplos de las grietas abiertas que se clasifican "grande"

b) Dirección de inclinación de la grieta horizontal continua

El sitio en donde se observan rocas fracturadas y/o grieta horizontal continua con arcilla, debe ser objeto de inspección, dado que es se presenta la posibilidad de desplazamiento de masa de roca encima de la grieta.

<Criterio de evaluación>

i) Dirección deslizable
La inclinación de grieta es igual que la del talud, hay una alta relación con la falla de deslizamiento.

ii) Dirección estable
La inclinación de la grieta tiene dirección contraria que la del talud, hay una alta relación con la falla de volcamiento.

iii) No existe
No existe grieta horizontal.

c) Pequeño colapso, Caída de rocas

Debe observar si hay rocas caídas, suelos coluviales y masa de roca caída en el pie de la pendiente objeto de inspección.

También hay que tomar en consideración el registro de colapsos del pasado y la topografía del terreno formado por colapso. Además, hay que confirmar la existencia de caída de rocas, suelos coluviales y masa de roca caída en talud lindante. En caso de que haya vegetación, debe observarse cuidadosamente, porque es posible que las huellas estén cubiertas.

<Criterio de evaluación>

i) ① Existe
[1] Existen pequeños colapso que se pudieron o han podido darse en el pasado o el presente (Se reconocen la huella de deslizamiento y depósito de suelos deslizados).
[2] Existen rocas en la carretera o en el cobertizo de rocas.
[3] No se sabe el origen de rocas caídas, pero en el pie del talud hay depósitos de gravas (más de 2 cm. de diámetro).
[4] Hay acumulación de gravas en la malla protectora de rocas caídas.
[5] El talud está accidentada. (Hay posibilidad de haber huella de derrumbe)
[6] Existe el registro o la historia de colapso en el talud lindante.

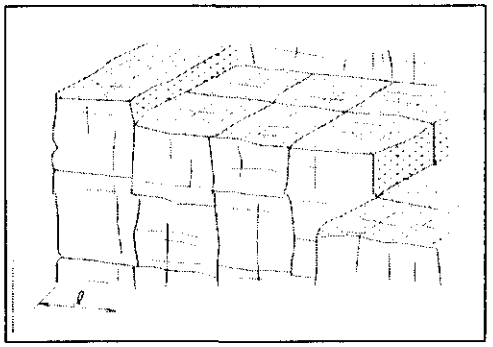
ii) ② No existe
[1] No se observan pequeño colapso ni rocas caídas.
[2] Los materiales del depósito de suelos en el pie del talud son arenas y pedazos de roca (menos de 2 cm. de diámetro)
(Si los materiales del depósito son el suelo superficial, caídos de línea de mella, granitos y areniscas meteorizadas y arenas, se puede considerar, que son de caída de rocas de escala normal).

[3] No existe registro y/o historia de colapso, caída de rocas, ni huellas de ellos.

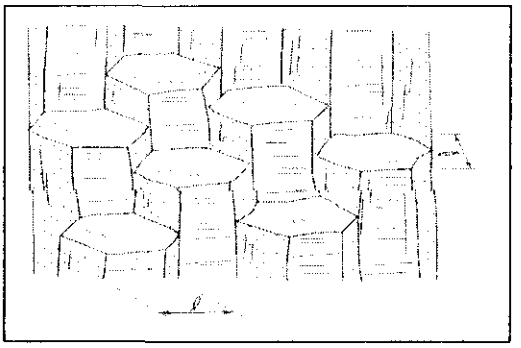
Nota; En caso de que la superficie del talud estñe cubierta por mortero pulverizado, si no se observan grietas en la superficie, se clasifica como"No existe", y si se les observa, se clasifica como "Existe".

2) Estado de grietas, etc.

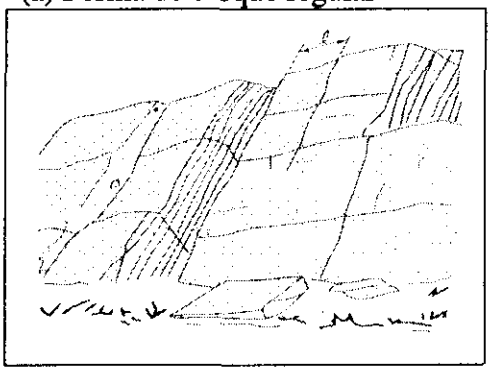
Hay que inspeccionar la calidad de la roca y frecuencia de aparición de las grietas. Debe realizarse la inspección con mayor cuidado porque estos son los factores más importantes. Los ejemplos de grieta regular e irregular se muestran en la Figura 3.4.7.



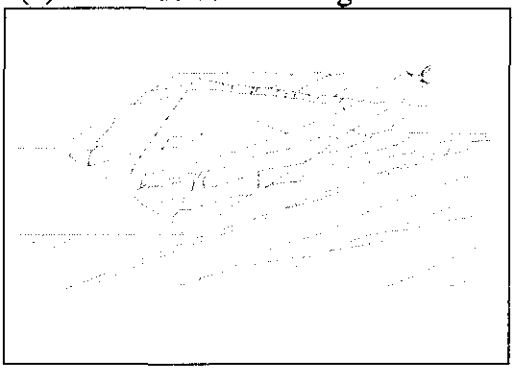
(a) Forma de bloque regular



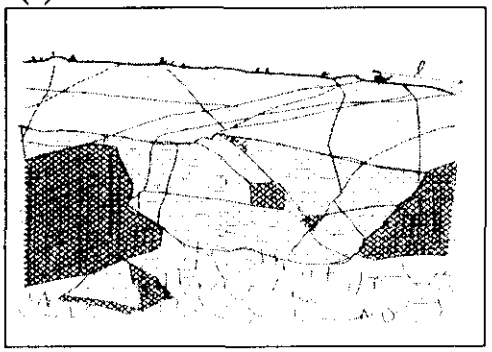
(b) Forma de columna regular



(c) Forma laminar



(d) Forma prismática



(e) Irregular

[l indica intervalo de grietas]

Figura 3.4.7 Grietas regulares (a,b,c,d) e irregulares (e)

<Criterio de evaluación>

a) Calidad de roca

La calidad de roca se clasifica en dos categorías.

i) Roca dura: Si se golpea con el martillo y hay rebote. Sonido metálico.

ii) Roca blanda: Con el golpe de martillo sale el sonido sordo o despega la capa.

b) La frecuencia de aparición de grietas etc.

i) Regular y más de un (1) metro del intervalo
Grietas destacadas existen regularmente y el intervalo de grietas es más de 1 m.

ii) Regular y menos de un (1) metro del intervalo
Grietas destacadas existen regularmente y el intervalo de grietas es menos de 1 m.

iii) Irregular
Grietas existen irregularmente

iv) No existe.
No existen grietas etc. (Área de discontinuidad), o no existe flaco químico. En caso de que existan diversas especies de roca, cada especie debe tener la resistencia semejante.

Nota: Las grietas que se trata de aquí son como estratificación y junta. Las grietas abiertas provocada por deformación de masa de roca no serán incluidas. En caso de que haya dificultad de distinción, se considera como grieta abierta y se evalúa en 1)-a).

3) Combinación de litofacía

Hay que inspeccionar la combinación de parte dura y parte blanda. El criterio de distinción es como sigue:

Parte dura: Si golpea con el martillo, hay rebote. Sonido metálico.

Parte blanda: La parte vulnerable como parte de exfoliación, de anormalidad y de desarrollo de junta irregular etc., y se rompe con martillada. Se incluye el suelo en parte blanda.

<Criterio de evaluación>

i) Parte superior es dura, parte inferior es blanda
El ejemplo del talud de "parte superior es dura e inferior es blanda" se muestra en Figura 3.4.8

ii) Parte superior es blanda, parte inferior es dura

iii) Toda la parte del talud es blanda

iv) Toda la parte del talud es dura
No existe la capa vulnerable, sino que se forma el talud de roca dura homogénea.

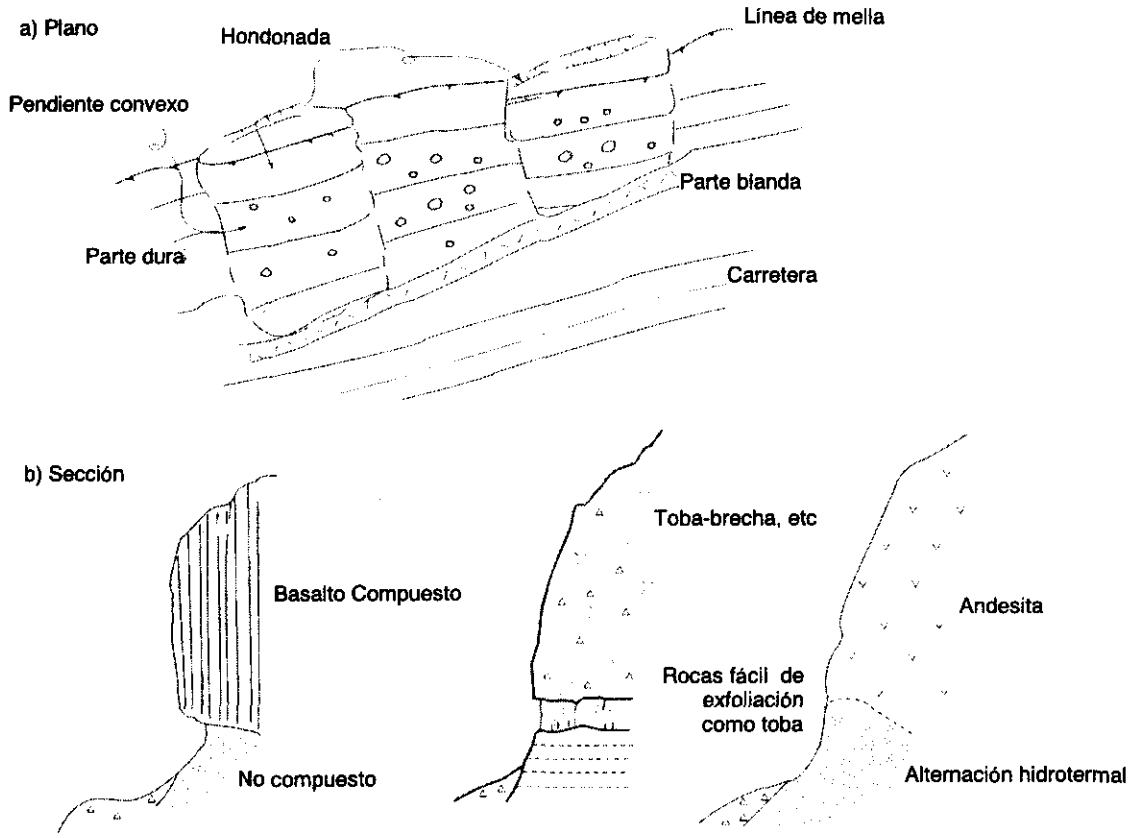


Figura 3.4.8 Ejemplo de la parte superior es dura, el pie blanda

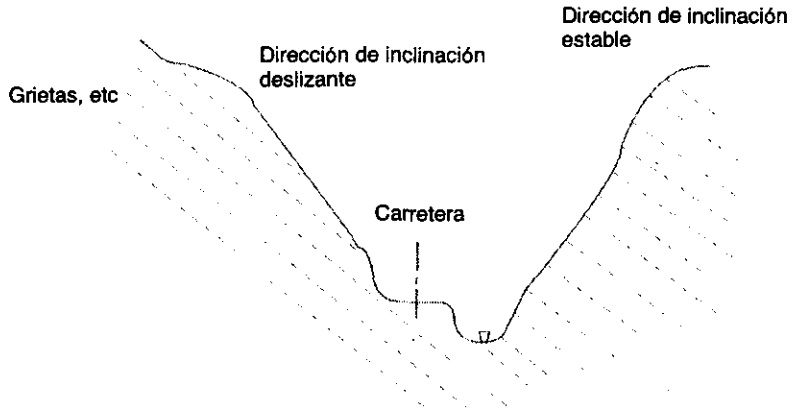


Figura 3.4.9 Dirección de inclinación deslizable y estable

4) Dirección de inclinación deslizable, Dirección de inclinación estable

Hay que confirmar el área de discontinuidad como área de estratificación, de junta, de grietas y fisuras, y hay que medir la inclinación aparente en la dirección de máxima inclinación. Se debe tener en cuenta las siguientes condiciones;

i) Si existen varias áreas de discontinuidad, el área de discontinuidad dominante en el talud será objeto de inspección.

ii) Hay que inspeccionar el sitio cerca de la carretera donde el área de discontinuidad se conecta con el talud.

iii) Si el área de discontinuidad no es clara, se sustituye por la inclinación general del talud de su alrededor.

iv) El área de discontinuidad y grieta abierta se trata en 1)-a). "Dirección de inclinación deslizable", "Dirección de inclinación estable" se muestran en la Figura 3.4.9

<Criterio de evaluación>

i) Dirección de inclinación deslizable : La inclinación del área de discontinuidad coincide con la inclinación de talud.

ii) Dirección de inclinación estable : La inclinación del área de discontinuidad es contraria a la inclinación del talud.

iii) No existe : No existe el área de discontinuidad. O el área de discontinuidad es horizontal.

5) Topografía

a) Inclinación de talud y/o talud natural

Hay que medir el promedio de la inclinación desde la carretera o desde el pie del talud hasta la línea de mella del talud. Como se muestra en (Figura 3.4.10a), hay que medir el ángulo a del talud A. El talud B con inclinación suave, en general es la pendiente del suelo. Por lo tanto, el ángulo β no será objeto de medición por la razón de prioridad.

<Criterio de evaluación>

El criterio para determinar el concepto de "inclinación escarpada" es 60°, y con este grado hay que clasificar la inclinación del talud. Además, si existe un voladizo de más de un metro de profundidad, se considera que es de más baja estabilidad que la de la inclinación escarpada.

i) Voladizo

ii) Más de 60o

iii) Menos de 60o

b) Altura de talud

Hay que medir la altura desde la carretera o desde el pie de talud hasta la línea de mella.

En caso de Figura 3.4.10b), la altura de la pendiente es H1. Pero, el ancho D del talud B con suave inclinación, es igual o menor que el ancho de la carretera W, la altura debe ser H1+H2.

Si la línea de mella no es clara, es decir que la inclinación experimenta levemente de escarpada a suave o cerca de cresta, la altura del talud se mide hasta la cresta.

<Criterio de evaluación>

La altura del talud se clasifica en 4 categorías.

i) Más de 100 mts.
ii) De 50 a 100 mts.
iii) De 30 a 50 mts.
iv) Menos de 30 mts.

c) Tipo de talud

Los taludes objeto de inspección se clasifican en 4 categorías como se muestra en la Figura 3.4.4

<Criterio de evaluación>

i) A:Tipo lomo
ii) B:Tipo talud con depósito de materiales meteorizados
iii) C:Tipo valle
iv) D:Tipo intermedio de lomo y valle

En caso de que no sea clara, hay que clasificar como D.

d) Línea de mella

Hay que observar desde el sitio donde se puede conseguir la vista general de la pendiente. Además, hay que evaluar por medio de fotos aéreas y mapas topográficos.

<Criterio de evaluación>

i) Clara: Existe un punto claro del cambio de inclinación. (No tiene relación con la inclinación.)
ii) Intermedio de "Clara" y "No clara" : Se observan varias líneas de mella, pero no hay cambios drásticos de la inclinación. La inclinación experimenta levemente de escarpada a suave.
iii) No clara: No existe el punto claro de cambio de inclinación. La inclinación se hace suave paulatinamente.

6) Agua freática, Lluvia

a) Agua manantial

La existencia de agua de manantial se puede suponer a través de datos meteorológicos de cercanías del sitio de inspección.

<Criterio de evaluación>

i) Siempre hay aguas de manantial.
[1] Manantial en el talud, o el agua rezuma. (Hay corriente de agua)
[2] No incluye el sitio donde termina la quebrada, y siempre hay corriente de agua.
ii) Después de lluvia se observa la salida de agua desde manantial.

[1] Después de lluvia, hay sitio mojado aunque otros sitios ya están seco.

[2] No incluye el sitio donde termina la quebrada.

iii) El charco no se congela. O no existe manantial permanente.

[1] Siempre está seco.

[2] Después de lluvia, se seca inmediatamente.

b) Sitio donde existe manantial

En caso de que se observe manantial dentro de grieta vertical o en la frontera de la grieta horizontal, hay posibilidad de el desarrollo dentro de la grieta.

<Criterio de evaluación>

i) Grieta vertical

Dentro de la grieta, se observan manantial.

ii) Frontera de grietas horizontales

En la frontera de grietas horizontales se observan manantial.

iii) No se observa

No se observan manantial.

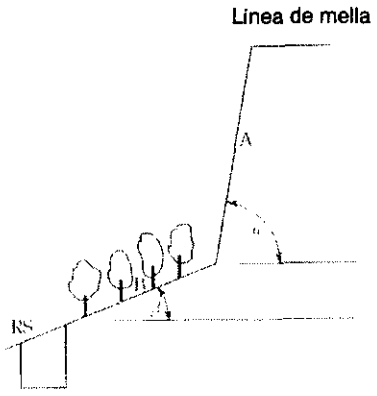


Figura 3.4.10 a)
Ángulo de inclinación de talud

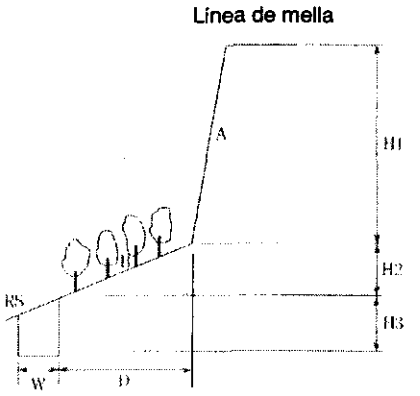


Figura 3.4.10 b)
Altura de talud

3.4.3 Tabla de registro por sitio de inspección y Guía para llenar

Hay que hacer la evaluación integral, a base de completar la "Tabla de inspección de estabilidad", y también hay que llenar la "Tabla de registro por sitio de inspección" con fotos del sitio y bosquejos.

Además, hay que mencionar la razón de evaluación integral, en el espacio de "Nota especial" de la "Tabla de registro". En ese caso, hay que usar palabras claves que se indica abajo,

Si no hay suficiente espacio para adjuntar mapa de ubicación y/o dibujos, se adjunta en otra hoja y se archivan todos juntos.

<Palabra Clave>

- Calidad de roca y Especie de roca (Período etc.)
- Forma y ubicación de grieta
- Posición de derrumbe
- Tipo de colapso (Caída, Volcamiento, Deslizamiento de roca)
- Dimensión de colapso (Dimensión normal, Máxima dimensión)
- Posibilidad de colapso (Factor provocador, etc.)
- Dirección y Proceso de colapso.
- Alcance de colapso (Posibilidad de alcanzar a la carretera)
- Influencia al tráfico (Importancia de carretera, Volumen del tráfico, etc.)}
- Razón de evaluación integral.

Tabla 3.4.2 Registro por Sitio de Inspección

Formato 3-1

No.			Ítem de inspección		Nombre de carretera		Poste de kilometraje (desde)		(a)				De Managua/ A		Total m.			
Clasificación	Peaje / Común	Categoría		Nombre del sitio			Marcación del sitio		Latitud norte				Longitud este					
Restricción del tráfico	Hay (Paso/Especial) No hay	Criterio de restricción		Volumen de tráfico		Día de la semana		Día no laborable		DID	Si No	Ruta de Bus	Si No	Desvío	Hay No hay			
Fotos del sitio, Bosquejo (Lo que indica la ubicación de obras existentes y marcación del sitio)						Mapa de ubicación (escala 1/50,000)												
Nota Especial Fecha de inspección : / / (Tiempo : Despejado・Nublado・Lluvia) Método de inspección : Observaciòn:						Historia de desastres	Existe (1. Véase el Registro de desastres, 2. No se sabe el detalle:) No existe											
						Otros objetivos de inspecciòn	Existe ò no: Caída de rocas, Colapso, Colapso de masa de roca, Deslizamiento de tierra, Alud de fango, Terraplén, Muro de											
						El resultado de inspección del año	Nota: (Terminada・En ejecución・No ha comenzada) Contramedida:											
						El resultado de inspección del año 2002	Nota de Evaluación ( ) Evaluación integral : 1. Es necesario tomar medidas: 2. Responder elaborando tabla de prevenciòn:											
						Previsión de la dimensión de desastres												
						Contramedidas propuestas	Tipo de obra: Norma: Cantidad: Costos preliminares:											
						Estabilidad en caso de sismo (para Caída de rocas y colapso solamente): Estable / Inestabl												

Tabla 3.4.3 Tabla de Investigación de Estabilidad

Tabla de Investigación de Estabilidad (Colapso de Masa de Roca)

Formto F4-2

Nombre de Inspector	
Organización	

[Factor A]

Item	Factor	Clasificación	Nota	Nota de evaluación
Fenómeno, sintoma	Tamaño de grieta abierta	Grande	30	
		Pequeño	15	
		No existe	0	(30)
	Dirección de grieta continua horizontal	Hacia la dirección degradable	10	
		Hacia la dirección estable	5	
		No existe	0	(10)
	Derrumbe pequeño, caída de rocas	Existe	7	
		No existe	0	(7)
Estado de grietas	Roca dura	Existencia regular, distancia de cada una más de 1 m.	15	
		Existencia regular, distancia de cada una menos de 1	11	
		Irregular	7	
		No existe	0	(15)
	Roca blanda	Existencia regular, distancia de cada una más de 1 m.	11	
		Existencia regular, distancia de cada una menos de 1	7	
		Irregular	4	
		No existe	0	(11)
Composición de masa de roca	Parte superior es dura/parte inferior es blanda		7	
	Parte superior es blanda/parte inferior es dura		5	
	Todo blanda		2	
	Todo dura		0	(7)
Buzamiento	Buzamiento quebradizo (dip slope)		15	
	Buzamiento estable		5	
	No existe		0	(15)
Topografía	Inclinación de talud y pendiente	Voladizo	4	
		Más de 60°	2	
		Menos de 60°	0	(4)
	Altura de precipicio	Más de 100m.	10	
		50～100m.	7	
		30～50m.	4	
		Menos de 30m.	2	(10)
	Forma de pendiente	Pendiente de forma de cresta	4	
		Pendiente de talud deterítico	3	
		Pendiente de forma de valle	1	
		Pendiente de forma intermedia de cresta y valle	0	(4)
	Línea de mella (Nick line)	Claro	7	
		irregular	4	
		No claro	0	(7)
Agua freática, lluvia	Descongelación, manantial	Existe manantial.	4	
		Después de lluvia se sale agua.	2	
				(4)
	Sitio Donde Existe Manantial	Dentro de grietas verticales	2	
		Límita de estratos horizontales	1	
		Casi no se observa	0	(2)
	Total		(A)	

[Obra de tratamiento] (B)=(A)+α o (A)X0

Grado de eficiencia de obras hechas	Nota(α)	Nota de evaluación
Protege bien el colapso de masa de roca *previsto. Cuando ocurran desastres pueden* proteger bien.	X0	
Protege en cierto grado el colapso de masa de roca. Cuando ocurran desastres funciona, pero no perfectamente.	-20	
Protege alguna parte de colapso de masa de roca. Cuando ocurran desastres algo funciona, pero nada más.	-10	
No hay ningún tratamiento. O si hay, pero no funciona nada.	±0	
Total	(B)	

[Evaluación total]

Resuesta	Evaluación
Es necesario tomar contramedidas	
Responder por elaborar manual de prevención de desastres	
No necesitan nuevas contramedidas	

Tabla 3.4.4 Registro de la Historia de Daños

Formato 5-1

No.	Tipo de desastres		Sitio	Poste de kilometraje	(a)		De Managua/ A	
Sitio de inspección del año	Responde / No Responde			Longitud este		Latitud norte		
Plano (Daños, Medidas)				Sección (Daños, Medidas)				
Fotos, Bosquejo del estado actual				Nota especial				
				Fecha de desastres				
				Dimensión	Ancho, Largo, Profundidad (m) m, m, m,			
				Factor provocador	Precipitación: Continua mm/ hr·d Máximo mm			
					Terremoto : Magnitud			
				Daños	Daños humanos: Muertos Heridos:			
					Daños materiales: Costo total de perdidas:			
					Comentario:			
				Restricción del tráfico	1. Restricción completa: horas/			
					2. Restricción de una vía: horas			
					3. Otros:			
				Contramedidas	Año de construcción : Tipo de obras :			
					Costo aproximado :			

3.5 Método de evaluación de estabilidad de deslizamiento de talud

3.5.1 General (Deslizamiento de talud)

(1) Evaluación de factores, historia y obra de tratamiento.

El deslizamiento de talud, en general, se caracterizan por lento movimiento del suelo y repetición. Con estas características, exceptuando el primer deslizamiento, se observa el terreno típico formado por deslizamiento. Pero, en el terreno de baja actividad del suelo, el terreno formado por deslizamiento está erosionado o está cubierto por vegetación, y se dificulta la observación.

Y el terreno con posibilidad de deslizamiento no se distribuye al azar, sino se distribuye concentradamente en el área con factores típicos topográficos y geológicos.

Para la evaluación de estabilidad, primero, se evalúa los factores típicos topográficos y geológicos del deslizamiento de tierra. Luego se evalúa el historial del deslizamiento y el síntoma actual. Al puntaje más grande de las dos evaluaciones, hay que agregar la evaluación sobre eficiencia de obras existentes.

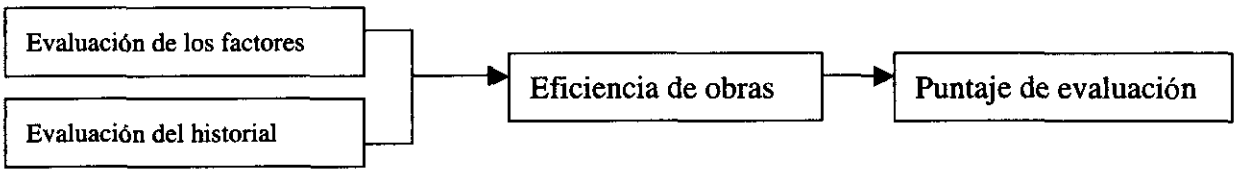


Figura 3.5.1 Concepto del puntaje de evaluación (Deslizamiento de tierra)

(2) Evaluación integral

Los técnicos profesionales consideran la escala e influencia de desastres teniendo en cuenta;

i) factores de desastres,
ii) eficiencia de medidas,
iii) historial de desastres,
iv) condiciones alrededor del sitio.

Luego seleccionan la respuesta necesaria por medio de las tres categorías que se indican abajo:

● Es necesario tomar medidas	El sitio en donde existen factores potenciales de desastres
● Responder, elaborando una "Tabla de Prevención de Desastres"	El sitio donde existe una futura necesidad de tomar medidas, pero, por el momento, hay que controlar por vigilancia conforme al "Tabla de Prevención"
● No es necesario tomar nuevas medidas	El sitio en donde no se observa factores de desastres, y no necesite tomar nuevas medidas

Tabla 3.5.1 Criterio de evaluación

Evaluación integral	Criterio de evaluación
Es necesario tomar medidas	Donde se confirma el síntoma de actividad de deslizamiento de talud
Responder, elaborando un "Tabla de Prevención de Desastres"	No se confirma el síntoma notable de deslizamiento, pero existe la posibilidad de desplazamiento del suelo.

Nota: En el caso de "No es necesario tomar nuevas medidas", hay que realizar la gira de inspección dos o tres veces al año.

(3) Factores de evaluación de estabilidad

El deslizamiento de talud es un fenómeno de que una parte del talud natural se desplaza perdiendo el equilibrio por causa de lluvia o elevación del nivel de agua freática. La posibilidad de deslizamiento debe ser evaluada desde el punto de vista de factores (factor topográfico y geológico) y de historia (historia de deslizamiento y el síntoma).

1) Terreno típico de deslizamiento de talud

El deslizamiento de talud se puede dividir en dos casos;

Primer caso es que el suelo se desplaza nuevamente en el talud en donde se muestra la forma del terreno formado por el deslizamiento de talud (tipo de deslizamiento repetido). El segundo caso es el deslizamiento que ocurre por primera vez en el sitio que no tiene la forma típica del terreno de deslizamiento. El primer caso tiene alta frecuencia de generación de deslizamiento y el segundo tiene la frecuencia baja. Por lo tanto, para encontrar el sitio potencial de deslizamiento de talud, es importante comprender la forma de terreno formada por deslizamiento.

2) Geología, etc.

El deslizamiento de talud ocurre concentradamente en la zona de depósito terciario (por ejemplo, zona de tufa verde), en la zona de trituración y de alteración volcánica. Con esto, es importante comprender la relación entre la ocurrencia de deslizamiento y condiciones geológicas. Si se reconoce la característica geológica por medio de fotos aéreas, mapa topográfico y geológico, se puede saber con anticipación el área potencial del deslizamiento de talud.

3) Historial de deslizamiento de talud

Las actividades de deslizamiento de talud tiene periodicidad y repeticidad. Por consiguiente, la comprensión de la historia de deslizamiento es muy importante para reconocer la posibilidad del deslizamiento en el futuro.

4) Síntoma de deslizamiento

Cuando comienzan las actividades de deslizamiento, se forma micro topografía con grietas, hundimiento y levantamiento en la superficie del suelo. Este fenómeno será síntoma de desplazamiento del suelo, y sirve como clave importante para saber la situación de actividades de ambos tipos de deslizamiento. Unos años después de la construcción de caminos, de vez en cuando, ocurre deslizamiento de talud por causa de obras de corte y terraplenado. En este caso, es muy difícil de evaluar el sitio potencial de deslizamiento con anticipación, así hace falta encontrar el síntoma como anormalidad de terreno y estructura, y tomar medidas.

(4) Puntos importantes de inspección

Como es muy raro que el síntoma de deslizamiento sea notable, es necesario realizar la inspección del sitio prestando atención al cambio de terreno tales como grietas, hundimiento y levantamiento etc.

Estos síntomas no siempre se observan en la carretera, deben observarse cuidadosamente las pendientes naturales de las partes superiores e inferiores de la carretera. Pero, en este caso, el alcance de observación debe ser igual que el alcance de vista.

El terreno formado por el deslizamiento se puede distinguir con otros terrenos por medio de foto aérea. El trabajo con foto aérea facilita la obtención de información sobre micro-topografía, vegetación y geología etc. Y a través del mapa topográfico de gran escala o de 1/25,000, se puede reconocer la característica del terreno por desorden de curva de nivel. Si existe el sitio donde se puede conseguir la vista general de la pendiente objeto de inspección, la comprensión de característica del terreno será fácil.

(5) Área de influencia de las actividades del deslizamiento de talud

El área de influencia de las actividades del deslizamiento de talud (Véase Figura 3.5.2) se estima como sigue:

i) El largo es dos veces más que el largo del cuerpo de deslizamiento.
ii) El ancho es dos veces más que el ancho del cuerpo de deslizamiento.
iii) Y la influencia hacia la parte arriba se estima hasta la cabeza del cuerpo de deslizamiento.

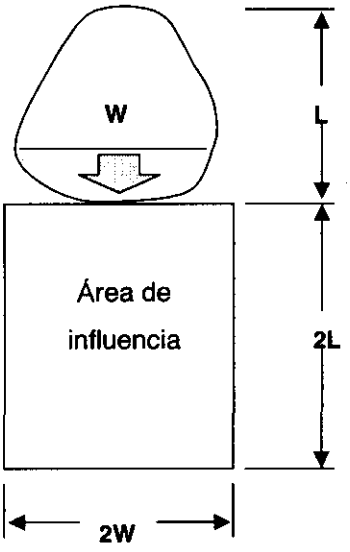


Figura 3.5.2 Área de influencia de deslizamiento de talud

(6) Unidad de inspección del cuerpo de deslizamiento de talud

Si los cuerpos de deslizamiento de talud están lindados o sobrepuestos, todos los cuerpos de deslizamiento deben ser objeto de inspección. En este caso, la nota de evaluación será la nota más alta de esos cuerpos, y la evaluación integral también.

3.5.2 Tabla de inspección de estabilidad y Guía para llenar (Deslizamiento de talud)

La "Tabla de Inspección de Estabilidad" para el deslizamiento de talud se muestra en Tabla-3.5.3. Luego se muestra la Guía para llenar.

(1) Evaluación de factores

1) Terreno formado por deslizamiento

La característica del terreno formado por deslizamiento de talud como se indica desde a) hasta l). Hay que ser cuidadoso para que no se confunda con terraza del río, terraza de costa, meseta de lava y el terreno formado por sedimentos de flujo ígneo. Y el sitio en donde se observan derrumbe de masa de roca y deslizamiento de talud en sus alrededores, es posible que tenga mucho potencial de deslizamiento. También hay deslizamiento de talud relacionado con falla, debe prestar atención a los sitios a lo largo de la falla. Para llenar la Tabla, hay que tomar en consideración el grado de claro y no claro, y en caso de que haya dificultad de la definición, debe seleccionar la evaluación de alto grado. (No claro→Algo claro→Claro). El concepto de "Claro" es que el cuerpo de deslizamiento se puede distinguir fácilmente con otros terrenos.

i) Desorden de curva de nivel. Y la distancia entre las curvas se estrecha en la parte superior, se ensancha en la parte intermedia y se estrecha nuevamente en la parte inferior. (Figura 3.5.3- 3.5.7)

ii) La parte superior de talud natural tiene forma de casco de caballo o rectangular, la parte media tiene la inclinación suave.(Figura 3.5.8) Y existe pequeño lomo aislado. (Figura 3.5.3, Figura 3.5.7)

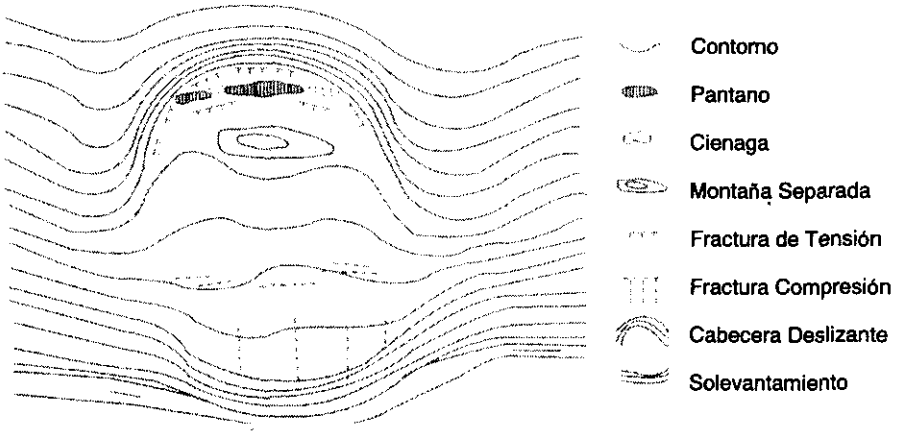


Figura 3.5.3 Modelo del terreno de deslizamiento

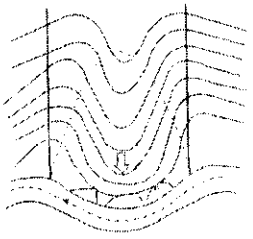


Figura 3.5.4
Lomo tipo convexo

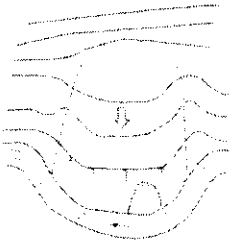


Figura 3.5.5
Meseta tipo convexo

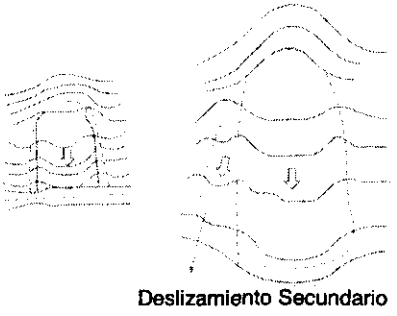


Figura 3.5.6
Cerro tipo cóncavo

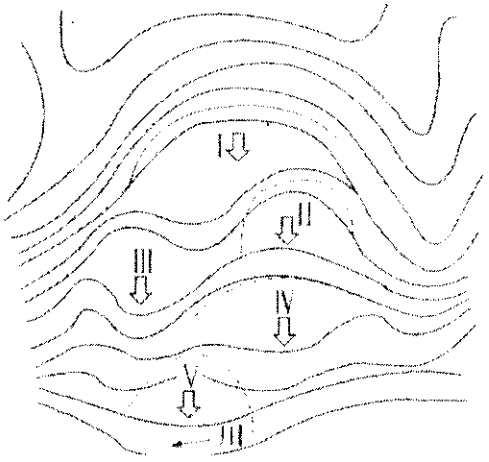
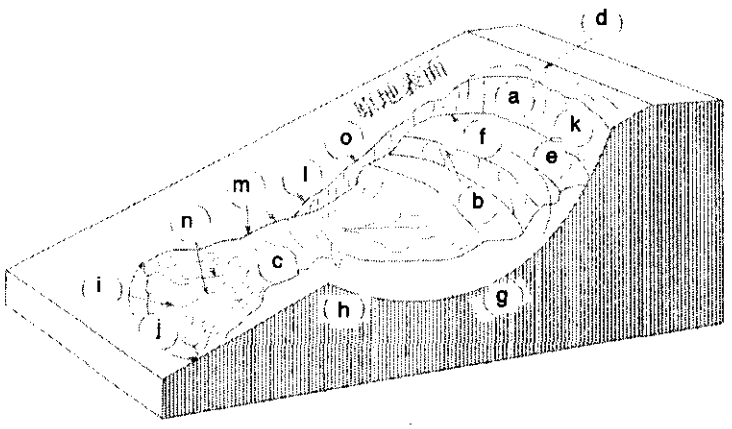


Figura 3.5.7 Varios cerros de tipo cóncavo

a) declive pri
b) declive se
c) lengua
d) corona
e) cumbre
f) cabecera
g) superficie



h) pie
j) punta
k) fractura tensión
l) fractura compresión
m) solevantamiento
n) fractura compresión
o) lado

Figura 3.5.8 Nombre del terreno deslizado

iii) Existe hondonada, tierra hundida, grietas. Y se observa el cinturón de hundimiento en la ladera y/o en la cumbre.

iv) Disposición regular de estanque, pantano y tierra fangoso.

v) El costado del terreno formado por deslizamiento, muchas veces, tiene forma de quebrada o de grieta. (Figura 3.5.9)

vi) En la cresta detrás del terreno de deslizamiento se observa el terreno hundido.(Figura 3.10)

vii) El terreno que desvía el bloque con sistema de río, o el área que pertenece al terreno de captación de agua.

viii) El área donde se desarrolla arrozal en el talud.

ix) El área donde existen levantamiento o expansión en el pie de talud natural.

x) El talud en que consiste la especie de roca potencial de deslizamiento está atacada por agua, o en caso de que la parte atacada por agua consiste en roca dura, el área de ambos lados de roca dura. (Figura 3.5.12)

xi) Donde el río se dobla, o donde existe la erosión

xii) El doblamiento extraordinario del río, o donde se estrecha drásticamente el ancho del río.

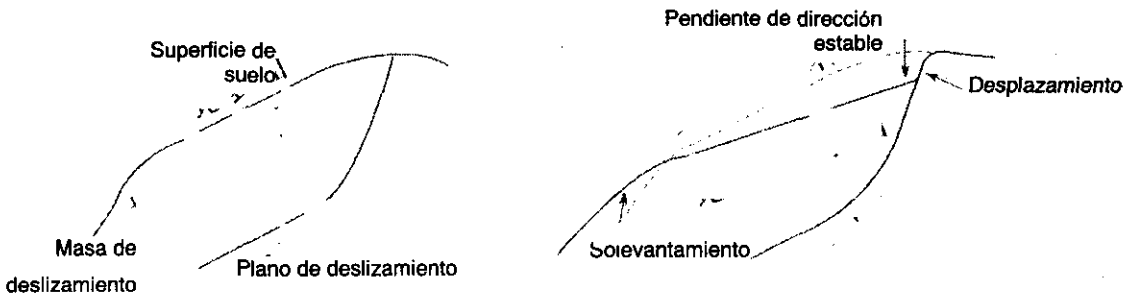
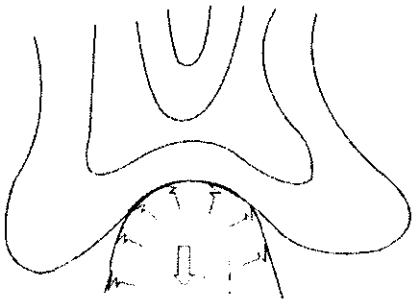


Figura 3.5.9 Variación de grieta lateral



Deslizamiento

Figura 3.5.10 Forma de lomo detrás del terreno de deslizamiento

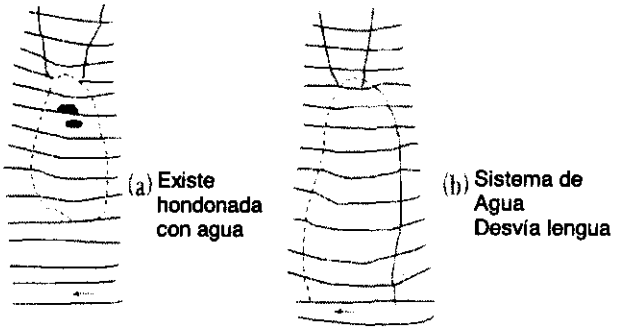


Figura 3.5.11
Forma de terreno fácil de deslizarse

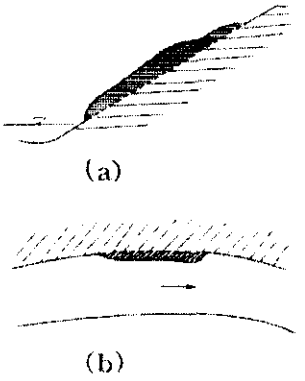


Figura 3.5.12
Pendiente natural inestable

2) Geología, etc.

a) Estructura geológica, etc.

Para evaluar los factores de deslizamiento de tierra, hay que confirmar los ítems siguientes en el talud y/o talud natural objeto de la inspección.

i) Falla, zona de trituración

La relación general entre falla o zona de trituración y el área de deslizamiento se muestra en la Figura 3.5.13. Las palabras "falla" y "zona de trituración" que están usando aquí tienen la relación directa con deslizamiento. Entre falla o zona de trituración y ocurrimiento del deslizamiento, existe la relación como se indica [1] y [2].

[1] Una parte del área de falla forma el área de deslizamiento o el área de desplazamiento, y determina la zona de deslizamiento de tierra.

[2] El área de falla o zona de trituración se convierte en el canal de agua freática, o la salbanda se convierte en la pared de retención de agua, y provocan el deslizamiento por medio de dominar el chorrillo.

ii) Zona de alteración volcánica, suelo solfatárico

En la zona volcánica, las aguas termales calientes producen, la transformación química de las rocas. La alteración de calidad de roca por función de aguas termales se llama la alteración volcánica. Las rocas afectadas por esa función se convierte en el suelo solfatárico. Y donde se encuentra la influencia de esa función, hay posibilidad de provocarse un deslizamiento de talud.

iii) Capa de dirección deslizable

El talud natural con capa de dirección deslizable tiene potencial de deslizamiento de talud, sobre todo tiene alto potencial de tipo deslizamiento de gasto líquido y de roca. (Figura 3.5.13, Figura 3.5.14). En caso de la capa de dirección deslizable, hay capa que tiene la inclinación más escarpada que la de talud natural (a) y otra tiene más suave (b). El (b) tiene más potencial de deslizamiento que (a), pero en caso de (a) también hay que prestar atención a la grieta en la parte superior.

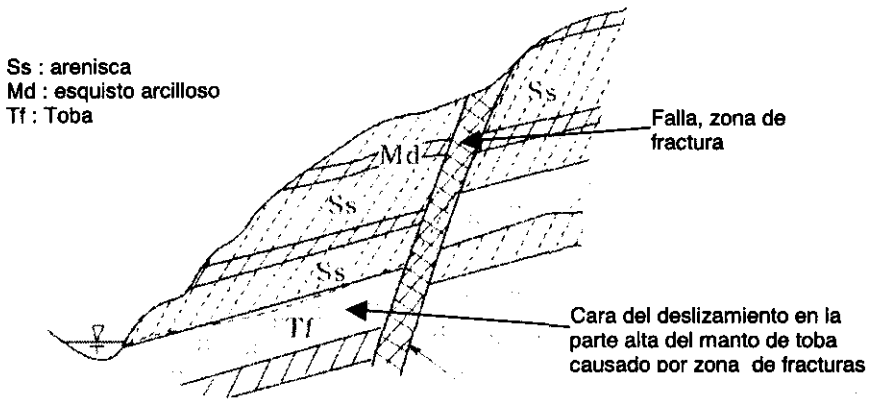


Figura 3.5.13 Modelo de deslizamiento de masa de roca por la inclinación de dirección deslizable y por la falla

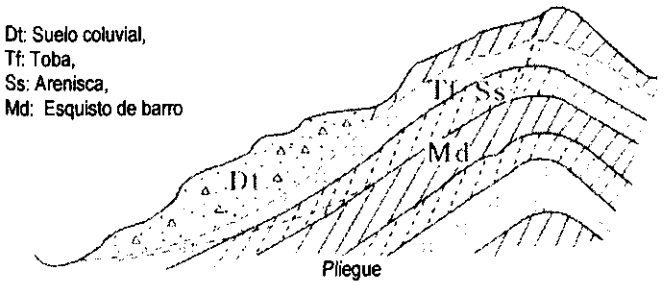


Figura 3.5.14 Modelo de deslizamiento de masa de roca y de suelo coluvial por el pliegue

iv) Capa de dirección estable

En el talud natural con capa de dirección estable, de vez en cuando, se provocan deslizamientos de pequeña o mediana dimensión. (Figura 3.5.17)

v) Estructura de roca intrusiva

En la zona de suelo coluvial alrededor de roca intrusiva volcánica existe potencial de deslizamiento de talud. (Figura 3.5.15)

vi) Estructura de rocas de cubierta

En donde se observa la estructura de rocas de cubierta, es decir la roca dura sobre el estrato vulnerable, la roca dura de cumbre no se meteoriza fácilmente y tiene bajo potencial de deslizamiento. Sin embargo, el estrato suave de parte inferior tiene alto potencial de deslizamiento y derrumbe. (Figura.3.5.16)

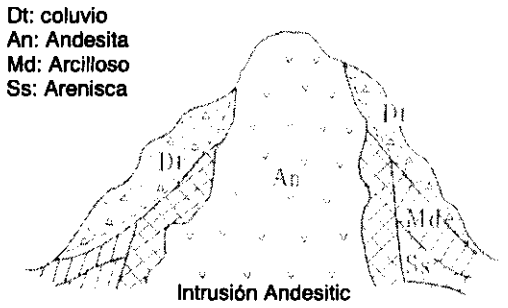


Figura 3.5.15
Modelo de deslizamiento de depósito coluvial por la intrusión de andesita

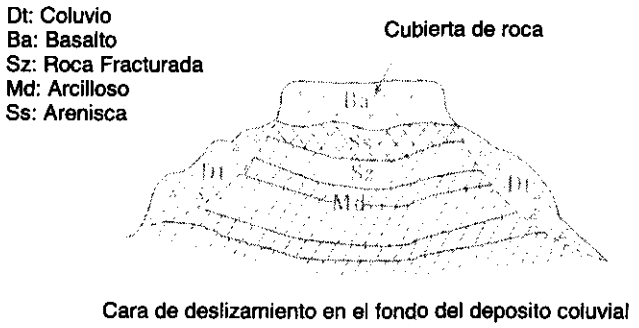


Figura 3.5.16
Modelo de deslizamiento de depósito coluvial por las rocas de cubierta

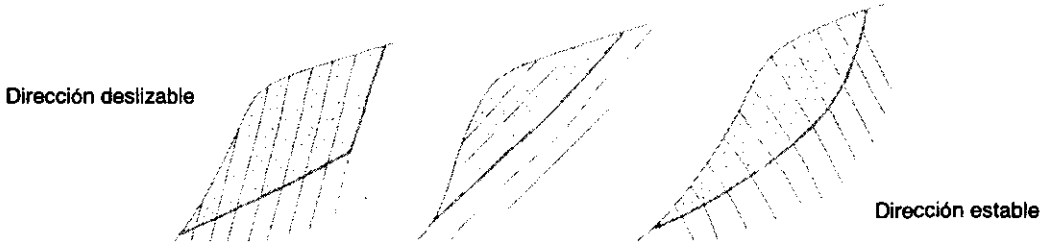


Figura 5.3.17 Deslizamiento por la inclinación de dirección deslizable y estable

b) Período y calidad de roca madre

La clasificación del período y calidad de roca como se indica abajo. Para la selección, hay que consultar con el mapa geológico etc.

[1] Estrato de era paleozoica y mesozoica (esquisto cristalino, roca sedimentaria)

[2] Estrato de período terciario (roca sedimentaria)

[3] Estrato de período cuaternario (sedimentos no solidificados, roca sedimentaria)

[4] Otros (roca volcánica, roca ígnea)

c) Agua de manantial

El agua freática es un factor provocador de importancia de deslizamiento de tierra. El agua entra o infiltra desde la parte superior de la pendiente y sale alrededor de pie de pendiente como manantial. Sobre todo, los manantiales se concentran en los pies de ambos lados del terreno formado por deslizamiento. (Figura 3.5.18)

Si no se observa agua de manantial en el momento de inspección, si existe la huella de manantial, se considera que hay manantial.

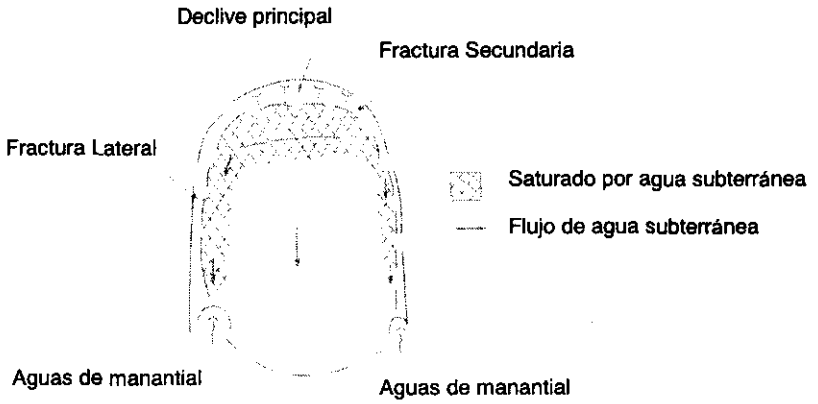


Figura 3.5.18 Sistema de canal de agua freática en el terreno de deslizamiento

(2) Evaluación por el historial de deslizamiento de tierra

1) Historial de deslizamiento

Es la inspección sobre la existencia de deslizamiento de tierra en el pasado.

La inspección se realizará por medio de los registros sobre deslizamiento de tierra que existen en la oficina de administración vial, o de leyendas seguras. Además, se puede adoptar otras maneras como se indica abajo.

a) Encuesta a los vecinos

Recolectar la información del sitio, dimensión y daños de deslizamientos de tierra a través de encuesta a los vecinos.

b) *Registro de deslizamiento de talud*

Recolectar los datos necesarios en la oficina de cada departamento, municipalidad y alcaldía.

2) Síntoma de deslizamiento de talud

El deslizamiento de talud, a través de su propia actividad, genera algunos síntomas como grietas o hundimiento en la superficie del suelo, en la superficie de carretera y en la estructura. (Figura 3.5.8) Sin embargo, el síntoma no siempre aparece claramente, por lo tanto es necesario inspeccionar con mucho cuidado.

Y en caso de que las grietas en la superficie de carretera se cubrió con capa superpuesta, hay que evaluar como el síntoma de deslizamiento. Los síntomas principales son como sigue:

a) Grietas en el talud natural

i) Grieta principal, grieta secundaria

Son las grietas de tensión que aparecen en la cabecera del terreno formado por deslizamiento, y que cruzan perpendicularmente con la dirección del movimiento, y tienen forma de casco o línea recta. Este tipo de grieta se produce por hundimiento de cabecera del terreno formado por deslizamiento y por desplazamiento horizontal de masa de suelo. (Figura 3.5.9, Figura 3.5.19)

ii) Grieta en el costado del terreno de deslizamiento

Las grietas en el costado del terreno formado por deslizamiento son claras en el momento de actividad o inmediatamente después de la actividad. Luego es difícil de reconocerlas. Además hay casos que se forman quebradas por erosión. Las grietas en el costado se clasifican en grietas cerradas (sólo existen escalonadas) y grietas abiertas. (Figura 3.5.20)

iii) Grietas de compresión

Se origina por compresión de masa de suelo. Son grietas abiertas horizontales o con el ángulo de 30° contra la dirección de deslizamiento. Son abiertas sin escalonada.

b) Levantamiento

En la parte baja del terreno se observa pequeña expansión. En general, en el medio del terreno se expansiona mucho. En caso de grietas en el costado del terreno de deslizamiento, en la cabecera hay escalonada por hundimiento, y en la parte baja hay levantamiento. (Figura 3.5.9)
Y en el costado del terreno de deslizamiento, cuando haya presión de diferente dirección que la de inclinación de talud, la parte presionada se levanta.

c) Hundimiento

Existen dos tipos de hundimiento; uno por la grieta de tensión en la cabecera del terreno y otra por la grieta abierta del costado.
El hundimiento en la cabecera se origina en caso de que el plano de deslizamiento se forme la línea recta. Por la deformación del punto de contacto de cabecera y base de suelo, se forma masa de suelo que se va a caerse en la grieta cerca del plano de deslizamiento, y con el movimiento la masa de suelo se cae en la grieta y genera el hundimiento. (Figura 3.5.19)
El hundimiento en el costado se produce por la presión en diferente dirección que la de la talud natural, originando la grieta abierta, y se forma el terreno de tipo quebrada.

d) Anormalidad y deformación de obras de estabilización de talud

El síntoma de deslizamiento de talud aparece en las obras de estabilización de talud (obra de armazón de parrilla, obra de muro de retención) como deslizamiento de juntas, expansión, ondulación y grietas en la estructura. Aparte de las actividades directas de deslizamiento de talud, el movimiento superficial provocado por las actividades de deslizamiento también genera estos síntomas.

e) Pequeño colapso

En los extremos superiores e inferiores del talud de deslizamiento, de vez en cuando, se observan pequeños colapsos.

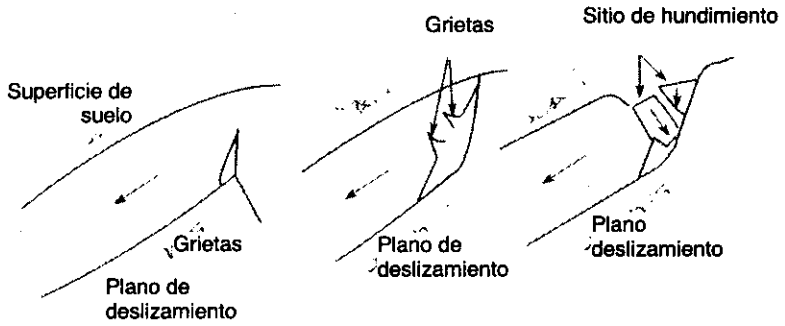


Figura 3.5.19 Aparición de hundimiento por deslizamiento de forma de "silla"

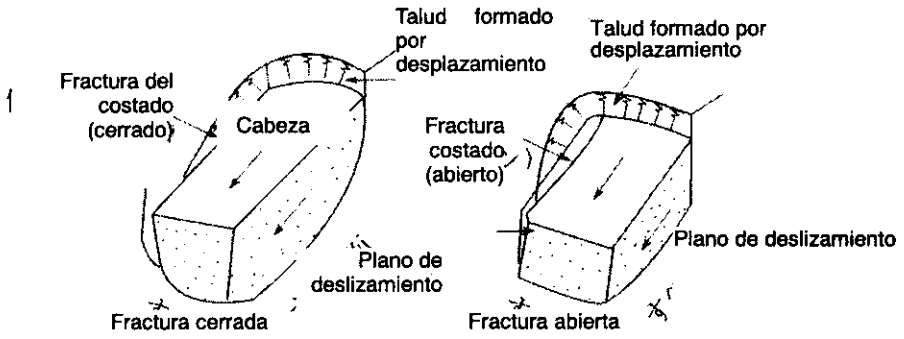


Figura 3.5.20 Fractura del costado

Los síntomas de deslizamiento de talud deben ser clasificados en tres categorías como "Notable", "Algo notable" y "No existe". En caso de que no se pueda determinar claramente, hay que seleccionar la categoría superior.

i) Síntoma notable

Los síntomas notables son como sigue:

[1] Escalonada de grietas por tensión en la cabecera o grietas abiertas son claras y continuas.

[2] Se observan grietas secundarias continuas en la cabecera.

[3] Se observan la expansión, levantamiento y grietas de compresión en la parte inferior del terreno.

[4] Al mismo tiempo se observan las grietas de tensión (no acompañan escalonada ni grieta abierta) en la cabecera, y levantamiento y grietas de compresión (no tan notables) en la parte inferior.

[5] En el costado del bloque del terreno de deslizamiento existen grietas continuas o discontinuas.

[6] Se observa el hundimiento relativamente nuevo en la cabecera o en el costado.

[7] Se produce la grieta en la pared del muro y se provoca el desnivel.

[8] Existe el desplazamiento notable de junta en la pared de muro.

[9] Se observan la inclinación y el hundimiento de estructuras por la función de tensión en la parte superior y por la función de compresión de la parte inferior.

[10] Se observan pequeños colapsos en la cabecera y en la parte inferior.

ii) Síntoma algo notable

Los síntomas algo notables son:

[1] Existen grietas de tensión sin escalonada y abertura sólo en la cabecera,.

[2] Existen grietas en la pared del muro.

[3] Existe deslizamiento de junta en la pared del muro.

[4] Se observa ondulación en la obra de estabilización de la pendiente.

[5] Se observa desplazamiento de junta en la obra de armazón de parrilla premoldeado.

iii) No existe síntoma

No existe síntoma.

(3) Evaluación de eficiencia de obras existentes

1) Grado de eficiencia de obras existentes

El grado de eficiencia de obras existentes para deslizamiento de talud objeto de inspección se determinará como sigue:

a) Alto

Ya han terminado todas las obras necesarias para cumplir el coeficiente de seguridad. No se observa el fenómeno de deslizamiento de talud después de terminar las obras.

b) Alguna eficiencia

i) En caso de obra de reducción de agua freática

Se realizó la obra de reducción de agua freática, y se confirma la eficiencia de drenaje, pero no está confirmado que el nivel de agua ha bajado como se hubiera esperado.

ii) En caso de obra de protección, de movimiento de tierra, de terraplén para contrapeso

Se realizaron las obras para deslizamiento de talud, pero por la observación del bloque de deslizamiento, hay necesidad de tomar más medidas.

c) No existe obras de tratamiento, o baja eficiencia

i) Las obras no se han realizado.

ii) Se realizaron obra de bloques y de muro de retención para proteger el colapso en la parte inferior del talud. (La reparación del muro de retención y la obra de revestimiento de camino no se pueden considerar como obra de protección de deslizamiento.)

Tabla 3.5.2 Registro por Sitio de Inspección

Formato 3-1

No.			Ítem de inspección		Nombre de carretera		Poste de kilometraje (desde)		(a)						De Managua/ A		Total m.
Clasificación	Peaje / Común	Categoría		Nombre del sitio			Marcación del sitio		Latitud norte						Longitud este		
Restricción del tráfico	Hay (Paso/Especial) No hay	Criterio de restricción		Volumen de tráfico		Día de la semana		Día no laborable		DID	Si No	Ruta de Bus			Si No	Desvío	Hay No hay
Fotos del sitio, Bosquejo (Lo que indica la ubicación de obras existentes y marcación del sitio)							Mapa de ubicación (escala 1/50,000)										
Nota Especial Fecha de inspección : / / (Tiempo : Despejado·Nublado·Lluvia) Método de inspección : Observaciòn:							Historia de desastres	Existe (1. Véase el Registro de desastres, 2. No se sabe el detalle:) No existe.									
							Otros objetivos de inspecciòn	Existe ò no: Caída de rocas, Colapso, Colapso de masa de roca, Deslizamiento de tierra, Alud de fango, Terraplén, Muro de									
							El resultado de inspección del año	Nota: (Terminada · En ejecución · No ha comenzada) Contramedida:									
							El resultado de inspección del año 2002	Nota de Evaluación ( ) Evaluación integral : 1. Es necesario tomar medidas: 2. Responder elaborando tabla de prevenciòn:									
							Previsión de la dimensión de desastres										
							Contramedidas propuestas	Tipo de obra: Norma: Cantidad: Costos preliminares:									
							Estabilidad en caso de sismo (para Caída de rocas y colapso solamente): Estable / Inestabl										

Tabla 3.5.3 Tabla de Investigación de Estabilidad

Tabla de Inspección de Estabilidad (Deslizamiento de tierra)

Formto F4-3

Nombre	
Organización	

[Factor] (A)

Ítem		Punto de observación		Nota	Nota de evaluación
Terreno formado por deslizamiento *de tierra*	Geología, etc.	Pendiente formada por deslizamiento de tierra, Terreno tipo meseta, Terreno de inclinación suave, *Desorden de curva de nivel*, Terreno fluido hacia el río, etc.	Claro	30	
			Algo claro	15	
			No claro	7	(30)
	Estructura geológica	Falla, Zona de trituración		18	
		Zona de alteración volcánica, Suelo solfatárico		18	
		Dirección deslizable de capa		14	
		dirección estable de capa		7	
		Forma de bloques (Estructura de roca intrusiva, de roca de cubierta)		3	
		Otros		0	(18)
	Edad geológica y Calidad de roca madre	Estrato mesozóico y paleozóico (esquisto cristalino, roca sedimentaria)		7	
		Estrato terciario (roca sedimentaria)		7	
		Estrato cuaternario (Sedimentos no solidificados o roca sedimentaria)		3	
		Otros (Roca volcánica, Roca ígnea)		0	(7)
	Manantial	Hay (incluye huella)		10	
		No hay		0	(10)
		Total (Nota máxima es 65)		(A)	

[Historial] (B)

Ítem		Punto de observación		Nota	Nota de evaluación
Historia de deslizamiento de tierra		Desastres pasados, registros y leyenda segura	Hay	100	
			No hay	0	(100)
Síntoma de deslizamiento de tierra		Grietas, levantamiento y hundimiento de pendiente, Anormalidad de obras de protección de pendiente,	Síntoma notable	100	
		Levantamiento de carretera, grietas, etc., Pequeño colapso,	Algún síntoma	75	
		(Si se realizó obras después de aparición de síntoma, debe notar "No hay".	No hay	0	(100)
		Total (Nota máxima es 100)		(B)	

(C)=MAX(A,B)

Nota de evaluación de factor	(A)
Nota de evaluación de historia	(B)
Más grande entre (A) y (B)	(C)=MAX(A,B)

[Obra de tratamiento] (D)=(C)+ ó (C)×0

Eficiencia de obras existentes	Nota (a)	Evaluación
No existen obras, o baja eficiencia	±0	
Alguna eficiencia	-30	
Alta eficiencia	×0	
Total	(D)	

[Evaluación integral]

Respuesta	Evaluación
Es necesario tomar medidas	
Responder, elaborando Receta	
No es necesario nuevas medidas	

Tabla 3.5.4 Registro de la Historia de Daños

Formato 5-1

No.		Tipo de desastres		Sitio	Poste de kilometraje	(a)		De Managua/ A	
Sitio de inspección del año	Responde / No Responde				Longitud este		Latitud norte		
Plano (Daños, Medidas)					Sección (Daños, Medidas)				
Fotos, Bosquejo del estado actual					Nota especial				
					Fecha de desastres				
					Dimensión	Ancho, Largo, Profundidad (m)	m,	m,	m
					Factor provocador	Precipitación: Continua mm/ hr·d *Máximo mm* Terremoto : Magnitud			
					Daños	Daños humanos: Muertos Heridos: Daños materiales: Costo total de perdidas: Comentario:			
					Restricción del tráfic	1. Restricción completa: horas/ 2. Restricción de una vía: horas 3. Otros:			
					Contramedidas	Año de construcción : Tipo de obras : Costo aproximado :			

3.6 Método de evaluación de la estabilidad de terraplenes

3.6.1 Generalidades

(1) Calificación basada en factores, medidas de control e historia

Generalmente, el colapso de los terraplenes de carreteras debido a la precipitación se da con mucha frecuencia, incluso en los pequeños, que representan la mitad de los desastres que se dan en la cara de los taludes y en los taludes naturales producidas por las precipitaciones. El factor que rige el colapso de los terraplenes debido a la precipitación es la acumulación local de agua, por ejemplo por infiltración de precipitación y de aguas subterráneas, socavamiento por aguas corrientes, etcétera.

Por lo tanto, durante la inspección debe realizarse una investigación del sitio, poniendo debida atención a la posibilidad de que se acumule agua. El concepto de la calificación es el siguiente: Primero, la estabilidad del terraplén de cada sección se evalúa desde dos puntos de vista: la posibilidad de un colapso inducido por la acumulación de agua, y el estado de ocurrencia de desastres anteriores. En lo que concierne a la posibilidad de colapsos, la calificación de la estabilidad se determina sumando los efectos de las obras de control a las calificaciones que resulten de los factores responsables de la ocurrencia del colapso.

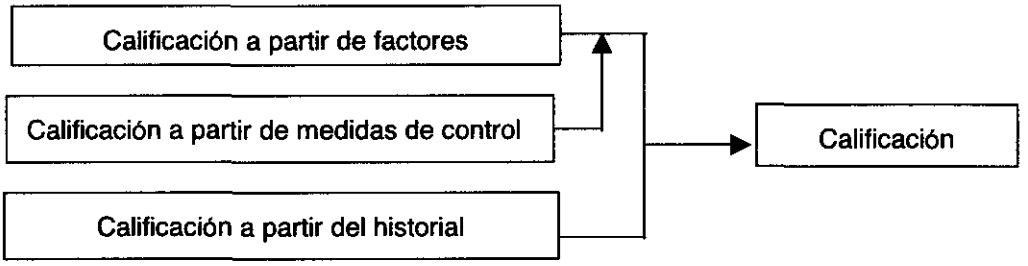


Figura 3.6.1. Concepto de calificación de estabilidad

Por otro lado, la posibilidad de que se produzcan daños en el terraplén debido a la precipitación, la acumulación de aguas y las condiciones de daños varía grandemente, dependiendo de las circunstancias en que exista el terraplén. Las condiciones de los terraplenes se califican según se muestra en la Figura 3.6.2.

El terraplén se divide en lo general en dos partes: la mitad del terraplén y la mitad del corte, a lo largo del cual el agua de las tormentas cae en el talud natural y la cara del talud en la parte superior del terraplén corre hacia abajo hasta alcanzar la superficie de la carretera y la cara del talud del terraplén, así como terraplenes en que el agua pluvial no llega a la superficie de la carretera y la cara del talud del terraplén. El terraplén se subdivide en cuatro partes, según las condiciones topográficas: terraplenado en terreno plano, terraplén en una pendiente, terraplén

que atraviesa un curso de agua montañoso, y terraplén en la frontera de corte y relleno. Los terraplenes de taludes pueden tener una posibilidad de que el agua que venga del área del curso de agua se recoja en la parte inferior de una pendiente de terraplén específica.

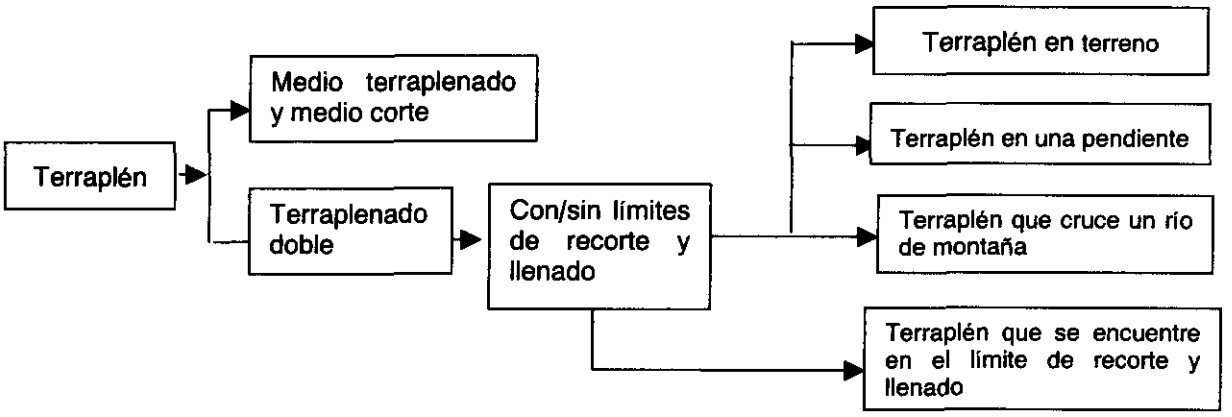


Figure 3.6.2 Clasificación de las condiciones de los terraplenes

(2) Evaluación general

Para la evaluación general, el ingeniero revisa la escala y los efectos de desastres, y a la vez toma como referencia (1) los factores de desastre, (2) los efectos de las obras de medidas de control, (3) historial de desastres y (4) condiciones del entorno. El futuro de la política de medidas de control se evalúa en tres etapas, de la manera siguiente:

● Se juzga que las medidas de control son necesarias.	Ubicaciones en que se detecta claramente el factor que probablemente producirá un desastre.
● Se ejecutan medidas de control preparando la carta de prevención de desastres.	Ubicaciones en que las medidas de control pueden ser necesarias en el futuro, pero por el momento se lleva a cabo monitoreo, etcétera, mediante la carta de prevención de desastres.
● No es necesaria ninguna medida de control en particular.	Ubicación en que no se detecta ningún factor de desastre y no es necesaria ninguna medida de control en particular.

(3) Factores que deben tomarse en cuenta cuando se califique la estabilidad

1) Deformación

Cualquier factor desestabilizador latente que se produzca en o alrededor del cuerpo del terraplén a menudo produce ciertas deformaciones en el cuerpo. Por lo tanto, es posible verificar la estabilidad del terraplén para detectar deformaciones.

2) Suelo de los cimientos

No existen problemas en particular cuando el suelo en que se construye el terraplén es estable. Pero los suelos inestables (masas móviles, taludes, etcétera) puede producir el deslizamiento del suelo, lo que tiene como resultado una deformación del terraplén. Por lo tanto, es necesario proceder a verificaciones del suelo en los lugares en que se construya el terraplén.

3) Material del terraplén

Los suelos arenosos permiten una fácil penetración del agua y sufren un deterioro rápido de su resistencia debido a su contenido de agua. Este tipo de suelo tiene poca resistencia contra el socavamiento y produce colapsos con facilidad. En este contexto, es necesario proceder a una clasificación adecuada de los materiales de terraplenado mediante la comprensión de sus propiedades físicas.

4) Efectos de las aguas subterráneas y las aguas superficiales sobre los terraplenes.

La penetración de las aguas subterráneas y superficiales al cuerpo de un terraplén produce un incremento en la presión de los poros, que a menudo tiene como resultado el deslizamiento de la parte superior del talud del terraplén. El agua superficial (el agua que fluye hacia abajo, a lo largo del lado superior del talud natural y la superficie de la carretera) también puede producir un socavamiento de la cara del talud. Debe realizarse una verificación sobre si las aguas superficiales o las aguas subterráneas pueden ejercer un efecto adverso sobre el terraplén.

5) Condiciones de los ríos de áreas montañosas

Cuando un río de áreas montañosas atraviesa un terraplén, el flujo de agua con sedimentos o el agua corriente del río puede producir desastres en el terraplén. Por lo tanto, deben llevarse a cabo verificaciones de si en el río hay trazas de flujo de sedimentos o no, si la topografía o el sitio permite un fácil estancamiento del agua en el sitio de cruce de drenaje, y si este último es suficiente.

6) Efectos de ríos y olas

El pie del talud de un terraplén (las partes inferiores de un muro de retención, la cara del talud del terraplén) puede sufrir erosión por el golpear de las aguas en condiciones normales, y cuando se sumerge en condiciones anormales (inundaciones, mareas altas). Cuando la salida de la instalación de drenaje de un terraplén queda sumergida, la capacidad de descarga se deteriora, con el rebose resultante en la entrada que produce daños al terraplén. Deben realizarse verificaciones de los efectos de las aguas de ríos y las olas sobre el pie del talud o la infraestructura de cruce de drenaje. y

7) Obras de medidas de control

Existen varias obras de medidas de control contra los patrones de daño y factores de riesgo supuestos. Si se realiza la obra de control adecuada para cada factor, no debe haber motivo de preocupación de daños a consecuencia de dichos factores. Cuando se haga cualquier obra de medidas de control, por lo tanto, debe hacerse una compensación para mejorar la estabilidad.

8) Historial de desastres

Si la sección concernida alguna vez hubiere sufrido daños, generalmente se habrán tomado concienzudas medidas de control. En el caso de que la escala prevista de los daños sea grande, o las obras de medidas de control sean muy antiguas, deberá realizarse una evaluación y a la vez tomar en cuenta la posibilidad de sufrir un desastre una vez más.

3.6.2 . Tabla de revisión de la estabilidad y procedimiento de entrada (terraplén).

La Tabla 3.6.3 presenta la tabla de revisión de colapsos y lavado de terraplenes durante las precipitaciones. A continuación se presenta el procedimiento que se sigue para escribir los datos en dicha tabla. En este caso, la sección en que las condiciones de un terraplén no haya cambiado mucho y pueda considerarse aproximadamente similar, las condiciones se toman como unidad uno de terraplén.

(1) Clasificación de los terraplenes

En esta evaluación, los terraplenes se clasifican como medio terraplén y medio corte (inclusive la ampliación del terraplén), o de dos terraplenes (en el lado plano, en el talud, en el cruce de ríos de montaña, y en el límite de zonas de corte y relleno). Durante las precipitaciones se lleva a cabo una evaluación de la estabilidad. La clasificación adecuada de los terraplenes es la más importante de las evaluaciones de estabilidad porque los factores y métodos para asignar marcas diferente según los terraplenes clasificados. Los elementos 1) y 2) presentan el método de clasificación de terraplenes. La Figura 3.6.3 presenta un diagrama de flujo de la clasificación de los terraplenes.

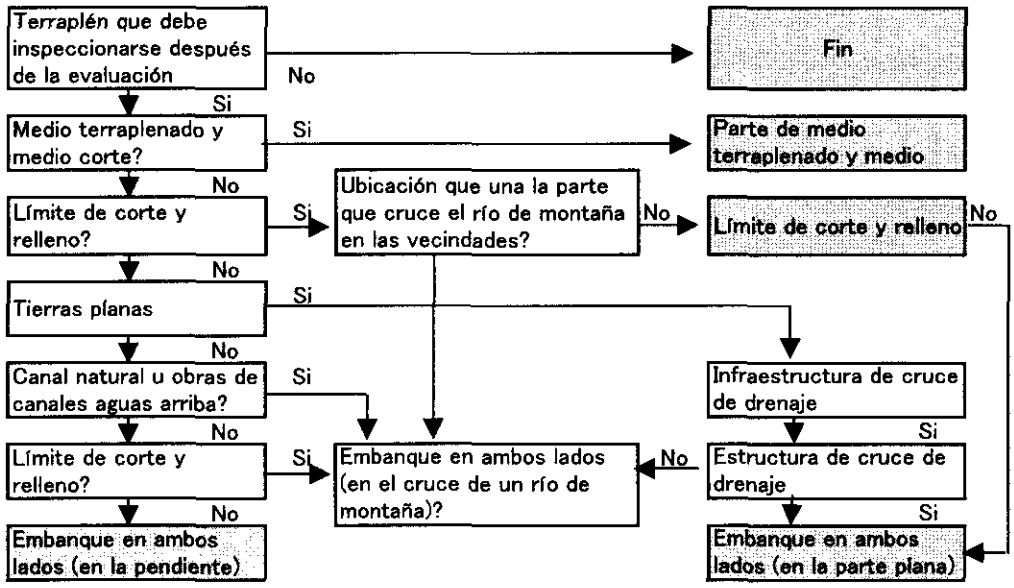


Figura. 3.6.3 Diagrama de flujo de la clasificación de terraplenes.

1) Medio terraplenado y medio corte (Figura 3.6.4)

Esta configuración se da generalmente cuando la carretera se ha construido en un talud natural. La superficie de la carretera se asegura cortando el talud natural en el lado montañoso y terraplenando en el talud del lado de valle.

En esta clasificación también se incluye la ampliación del terraplenado. La parte de medio terraplenado y medio corte sufre una rápida penetración de aguas subterráneas y a la vez se ve afectada adversamente por el agua superficial del talud de corte. En este caso, los puntos de verificación importantes incluyen el tratamiento de las aguas subterráneas y superficiales.

En esta clasificación también se incluye la ampliación del terraplenado. La parte de medio terraplenado y medio corte sufre una rápida penetración de aguas subterráneas y a la vez se ve afectada adversamente por el agua superficial de la pendiente de corte. En este caso, los puntos de verificación importantes incluyen el tratamiento de las aguas subterráneas y superficiales.

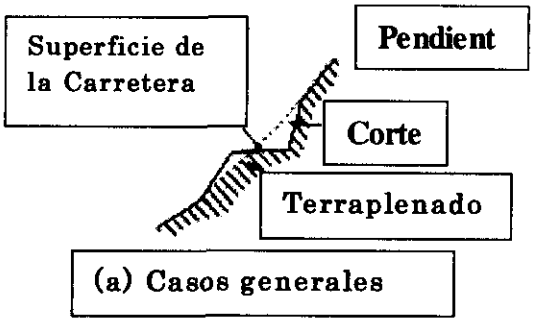


Figura 3.6.4 Parte de medio terraplenado y medio corte

2) Terraplenado en ambos lados

Terraplenado en ambos lados
(punto de cruce de río de montaña, Figura 3.6.5)

Este tipo de terraplenado se usa en combinación con un puente, una alcantarilla, etcétera, cuando la carretera ha de cruzar el río montañoso o canal.

Los desastres de los terraplenes de carreteras se dan sobre todo en los puntos de cruce de ríos de montaña. Un punto de verificación importante es si las obras de canal y de cruce de drenaje del río de montaña se han desarrollado bien.

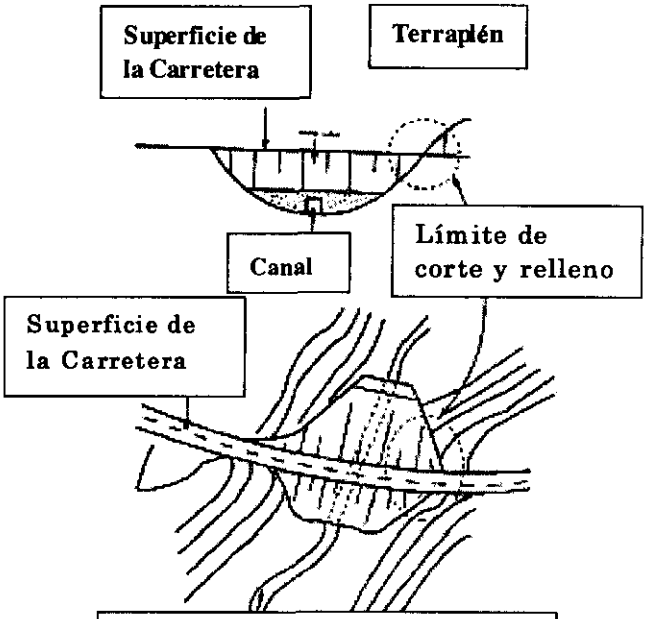


Figura 3.6.5 Terraplenado en ambos lados (cruce del río de montaña)

La entrada de datos en esta tabla de revisión cubre un caso en que hay agua superficial y otro en que trazas de agua de escorrentía se hacen visibles, como en el caso de cárcavas, socavamiento, etcétera, aunque no haya ningún agua de escorrentía de todo tiempo. Sin embargo,

si el estribo, etcétera, no están cubiertos, y cuando las obras de canalización se encuentran en la parte plana y bien desarrollada, sin que el agua del río tenga ningún efecto adverso sobre el terraplén.

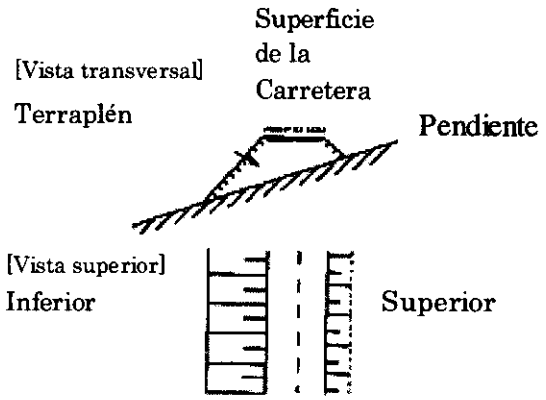


Figura 3.6.6.
Parte de terraplenado en ambos lados (sobre la pendiente) [Vista transversal]

b) Parte de terraplenado en ambos lados (sobre el talud, Figura 3.6.6)

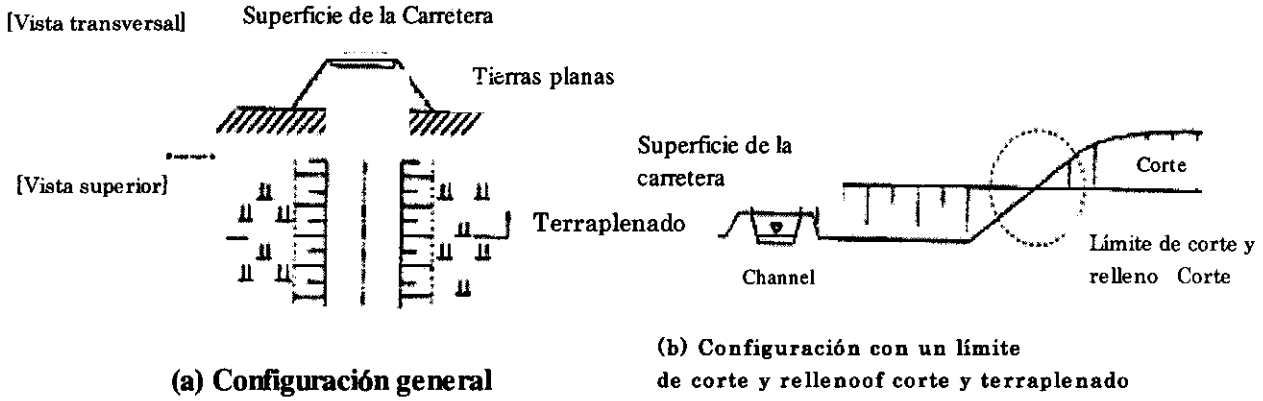
Esta configuración se da cuando la carretera se construye en un talud paralela a la pendiente cóncava suelta. Se hace terraplenado en ambos lados aunque exista una diferencia en la altura del terraplenado a los lados de montaña y de valle.

En esta porción (en el talud), la cara del talud se ve lavada por las aguas de la superficie de la carretera o de las aguas pluviales sobre el talud del lado de aguas arriba, que produce una rápida penetración del agua desde el pie del talud del terraplén (en el lado de aguas arriba) y hacia el terraplenado, como en el caso de la Figura 3.6.7, Terraplenado a ambos lados. El punto de verificación importante, por lo tanto, es el tratamiento de las aguas superficiales y pluviales en el lado del talud aguas arriba.

c) Both-banking portion (on a flat land. Fig. 3.6.7)

Esta es la configuración más común, que se da cuando la carretera se construye en un terreno plano, como por ejemplo la parte inferior del lado de aguas debajo de los ríos (inclusive los abanicos aluviales y los deltas), en las tierras bajas del fondo de los valles, o en los terrenos montañosos o escarpados, así como en los rellenos artificiales.

En la parte de terraplenado a ambos lados (en tierras planas) que se encuentran al lado de partes de mitad de terraplenado y mitad de corte, el agua superficial que corre a lo largo de la superficie de la carretera fluye hacia la cara del talud, lo que produce socavamiento y daños. El punto de verificación importante es si el agua superficial corre o no hacia la cara del talud, o si es grande el volumen de agua que corre a lo largo de la superficie de la carretera.



(a) Configuración general

(b) Configuración con un límite de corte y rellenoof corte y terraplenado

Figura 3.6.7. Parte de terraplenado a ambos lados (en tierras planas)

d) Parte de terraplenado a ambos lados (en un límite de corte y relleno)

Esta configuración de terraplenado se da cuando la parte de terraplenado a ambos lados se conecta a la pendiente natural o de corte. A medida que el agua superficial del corte o de la superficie de la tierra tiende a acumularse fácilmente en la parte inferior del talud, se producen desastres con frecuencia, inclusive el socavamiento desde la cara de la pendiente del terraplén hasta el cuerpo del mismo. El punto de verificación de importancia, por lo tanto, es si es suficiente la cuneta del límite de corte y relleno, o su capacidad de tratamiento terminal (véanse las Figuras 3.6.5 y 3.6.6). Nótese que el límite de corte y relleno que se encuentre junto a un punto de cruce de un río de montaña, como se muestra en la Figura 3.6.5, se maneja en un punto de cruce durante la evaluación.

(2) Evaluación basada en factores

1) Factores desestabilizadores latentes en terraplenes y sus puntos de vista

Los siguientes factores de riesgo pueden derivarse de desastres en terraplenes que resulten de la precipitación:

En esta tabla de revisión se extraen todos los elementos relacionados con los factores de riesgo por separado. Cuando varios elementos confluyen en un factor, la calificación que se asigna es la marca más alta para uno de los elementos. Se asigna un cero cuando no existen elementos que puedan aplicarse.

a) Deformación

La deformación se da no sólo en el cuerpo del terraplén sino también en otros sitios en que los fallos tengan efectos adversos sobre el cuerpo del terraplén, como socavamiento del talud natural en la parte más baja de la cara del talud (del lado de valle).

La deformación estructural es un índice particularmente importante. Las fisuras y aperturas estructurales incluyen el abultamiento de los muros que retienen la tierra.

La deformación incluye casos menores (estables en su estado actual) que están involucrados debido a una consolidación ineficiente de los materiales del terraplenado o el peso muerto de las estructuras (muros de retención, etcétera), así como la deformación estructural (que posiblemente pueda ampliarse en un futuro) que está involucrada en el deslizamiento del hombro del terraplén. Por lo tanto, es esencial el identificar los factores responsables de la deformación y evaluar si esta última es de carácter estructural. Las fisuras y depresiones arqueadas en la superficie de la carretera y abultamientos de los muros de retención probablemente serán deformaciones estructurales (véase la Figura 3.6.8)

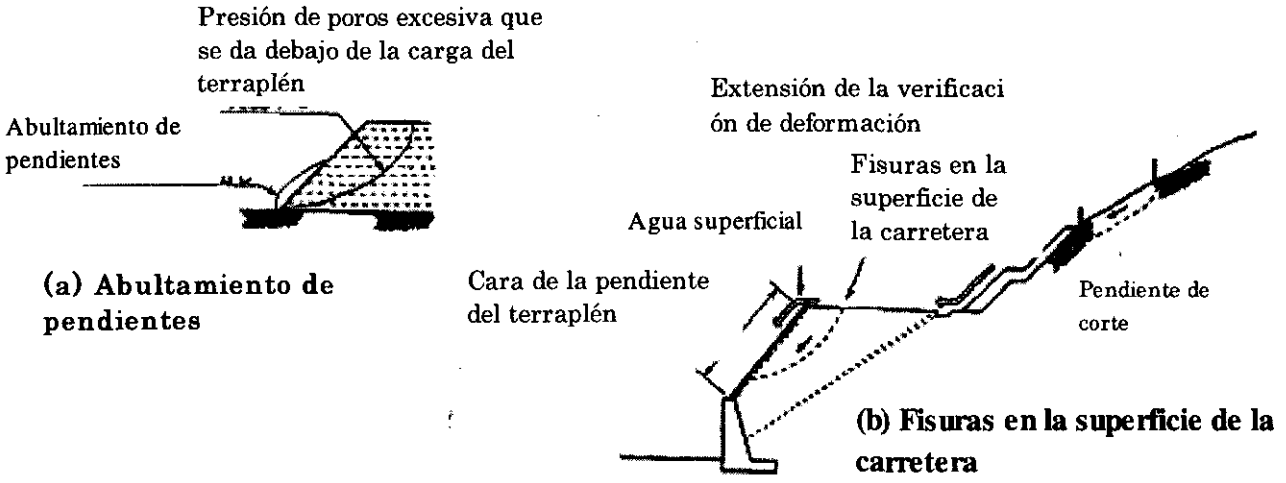


Figura 3.6.8. Deformaciones estructurales típicas

d) Efectos de las aguas subterráneas y superficiales sobre los terraplenes

La penetración de las aguas subterráneas y superficiales del suelo y las pendientes de corte (pendientes naturales) a menudo produce el deslizamiento y colapso del hombro de la pendiente de un terraplén. Por lo tanto, la penetración del agua es un factor crítico en cuanto al deslizamiento y colapso, y debe asignársele un gran peso entre los factores de evaluación de la estabilidad, lo mismo que al agua que corre en los ríos de montaña que se describe más adelante. En particular, los terraplenes que se encuentran en suelos de pendientes, los que rellenan un valle, los que son del tipo medio terraplenado y medio corte y los que se

encuentran en el límite de corte y relleno a menudo sufren de inestabilidad de pendiente debido a la penetración de las aguas de manantiales (subterráneas) y de aguas superficiales del suelo. Incluso cuando el agua corriente es estable, no deberá haber problema si las estructuras de drenaje o alcantarillas y los cauces verticales funcionan satisfactoriamente durante las lluvias copiosas. En este contexto, la verificación del tratamiento del agua es importante.
Es difícil determinar en el sitio si el agua subterránea ha penetrado o no al cuerpo del terraplén, de manera que al pie del talud del cuerpo, incluso en los muros de retención, es donde se verifica si hay humedad (si el crecimiento vegetal de la capa superior no se seca, el nivel de aguas subterráneas por debajo del terraplén a menudo es alto.).

Puede juzgarse si el agua superficial de los taludes (de corte o naturales) y los flujos superficiales corren hacia la cara del talud verificando si hay trazas de agua corriente, como cárcavas, moho de pantano, etcétera. Debe prestarse particular atención al hecho de que la concentración de aguas corrientes de la superficie de la carretera en puntos específicos del talud a menudo produce socavamiento y colapso de la superficie de la carretera.

Cuando en las zonas circundantes se confirma que el suelo es similar a aquel sobre el que se construyó el terraplén, y hay una posibilidad de la salida de agua desde el suelo, cabe la posibilidad de que el agua de manantial haya penetrado desde el suelo al terraplén. Nótese también que en el caso de las partes de terraplenado a ambos lados (en el talud), la salida de agua puede convertirse en aguas superficiales como resultado del gradiente, y penetrar al terraplén. En particular, debe tenerse especial cuidado cuando no exista una alcantarilla en el pie del talud.
En la tabla de revisión, los terraplenes en que se confirmen estos posibles hechos corresponden a "manantiales en la cara del talud y en el talud natural)
Nótese también que el agua de infiltración que penetra a un terraplén tiende a aumentar cuando la tierra que se encuentra alrededor del mismo es suelo rural, lagos, ciénagas o pantanos. En la Tabla de revisión, este caso corresponde a "Usos húmedos de la tierra circundante).

e) Condiciones de los ríos de montaña

Los casos de desastre en terraplenes de carreteras indican que los desastres se dan más frecuentemente en los puntos de cruce de los ríos de montaña. El caso más frecuente se da cuando el flujo de agua con sedimentos bloquea la entrada de un desagüe, lo que produce el rebose, o bien que el mismo terraplenado sea arrastrado bajo el impacto del flujo de agua con sedimentos. A ello le sigue el rebose causado por una ineficiente recolección de agua en la entrada del desagüe, debida a un alineamiento curvo del canal o a una sección insuficiente en el mismo.

La evaluación de las condiciones de los flujos de montaña se hace en dos pasos: la condición del río de montaña (aguas arriba) y las condiciones actuales de las estructuras de drenaje en el cruce. Como calificación, se asigna la marca más alta para cada condición. Se recomienda interpretar el colapso de tierras en la parte superior aguas arriba del río de montaña mediante el uso de fotografías aéreas.

En el caso de la parte de mitad terraplén mitad corte, en algunos casos pueden no existir estructuras de drenaje en el punto de cruce, incluso cuando se observan trazas de flujos de agua (cárcavas, etcétera) en el talud de corte (del lado de montaña).

Algunas carreteras antiguas de áreas montañosas pueden no tener una estructura de drenaje en el cruce del terraplén, incluso cuando la topografía sea la de un río de montaña. En estos casos es necesario tener un cuidado particular porque es muy probable que se dé socavamiento en la cara del talud y el colapso de la superficie de la carretera.

Cuando la terminal (la salida) de las estructuras de drenaje en el cruce no estuviere cubierta de concreto, el agua que descargue del cauce podrá producir socavamiento, con el resultado de un colapso del terreno circundante. Por lo tanto es esencial verificar si el tratamiento de la terminal es suficiente.

En las instalaciones de drenaje puede acumularse suelo o madera de acarreo, cosa que en muchos casos produce el deterioro de la capacidad de descarga. En esos casos, durante la evaluación se supone que la sección que permita el flujo del agua es la sección real del cauce.

Nota: En el caso de terraplenes de medio terraplenado y medio corte, y de terraplenado a ambos lados, sólo se hace una evaluación de "ninguna estructura de drenaje" en el ítem "Condición actual de la estructura de drenaje" cuando se determina que la "condición actual del río de montaña" es "No hay un curso estable de agua, pero sí cárcavas".

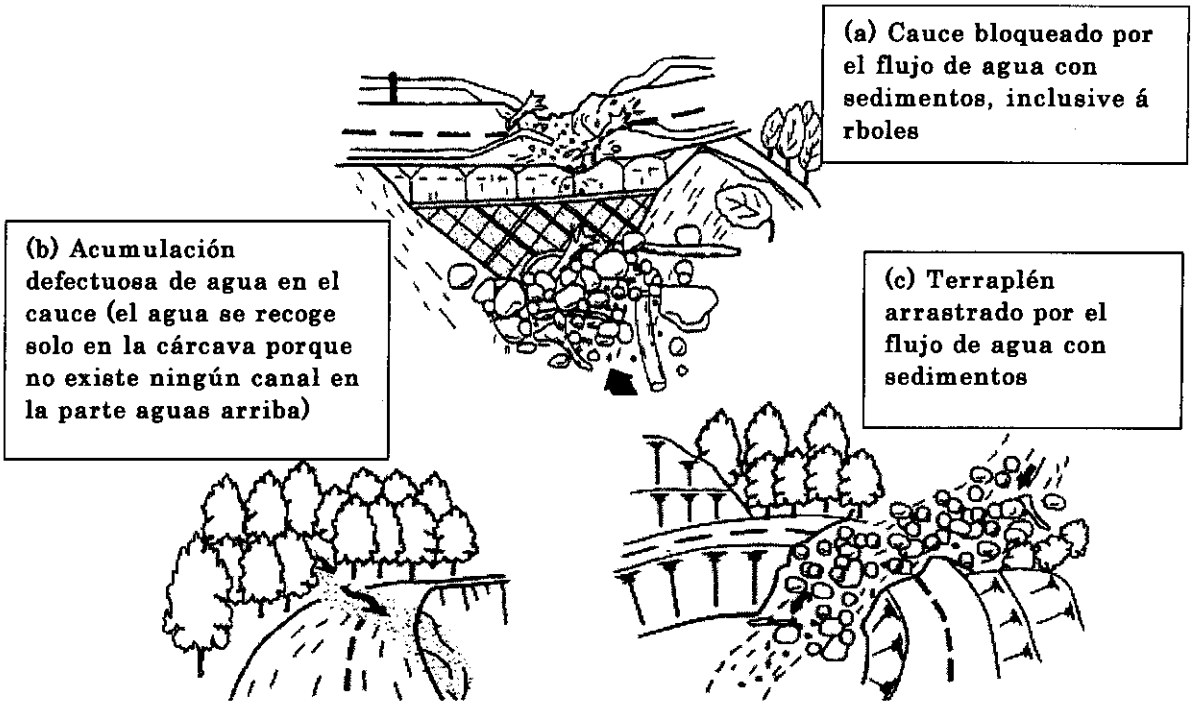


Figura 3.6.9. Desastres típicos de la cara de un talud de terraplenado en los puntos de cruce de ríos de montaña

(3) Evaluación basada en factores

c) Medidas contra el agua subterránea y superficial

Cuando exista un estrato de drenaje de aguas superficiales o una tubería de drenaje para permitir la salida rápida del agua subterránea o superficial que entre, y cuando la parte superior del suelo del cuerpo del terraplén esté cubierta con medidas de protección tales como torcreto, recubrimiento, etcétera, puede esperarse que sean efectivas hasta cierto grado. Por otro lado, puede suceder que las alcantarillas y el drenaje superficial sean ineficientes debido a la acumulación de arenas u hojas, de manera que deben registrarse en la columna "Otros, ninguno". La Tabla 3.6.1 muestran el tipo de medidas reales que han de tomarse contra la deformación y el agua subterránea/superficial, que indica qué medidas de control se ubican en cada tipo de medidas de la tabla (a la derecha en la Tabla, y entre paréntesis en la Figura).

Tabla 3.6.1 Tipos de Medidas Actuales contra la Deformación y Aguas Freáticas y Superficiales

Clasificación	Tipo	Propósito y Características	Medidas contra Deformación	Medidas contra Aguas Freáticas y Superficiales
Vegetación	Hidrosiembra Vegetación	Prevención de erosión		Tratamiento Vegetal
Protección de Superficie del Talud con Estructuras	Enchapado en Piedra *Torcreto* Maco de Concreto Premoldeado	1)Prevención de meteorización y erosión. 2)Protección de erosión en caso de terraplén con suelo o	Obras de control	Cubierto Superficial
	Enchapado con Bloque de Concreto Marco de Concreto Lanzado Obras de Concreto en Sitio Pernos de Anclaje, Obras de Anclaje	1) Retención del suelo 2) Prevención de meteorización y erosión 3) Prevención de colapso de roca.	Medidas Permanentes Estructurales	Obras de Conformación del Talud
	Obra de Malla Metálica Gavión	Prevención de erosión de la superficie de capa o la escurrimiento.	Obras de control	Tratamiento Vegetal
	Malla de Prevención			
	Muro de Gaviones Muro de Mampostería Muro de retención a Gravedad Muro de Retención de Forma T Pilotaje Terraplenado	Resistencia contra la presión de tierra	Medidas Permanentes Estructurales	Obras de Conformación del Talud

(4) Evaluación basada en el historial de desastres

1) Consideración de los desastres que existan

Se considera que los desastres que causa la lluvia y la recolección de agua, como los que se producen pro el flujo de agua con sedimentos, se repetirán a menos que se cambien grandemente las condicione topográficas. Por lo tanto, deben recogerse datos al respecto de los desastres que existan antes de que se construya el terraplén. La estabilidad se evalúa como sustancialmente baja en caso de que falten suficientes medidas, cuando se hayan dado desastres en el pasado y su escala haya sido grande.

Tabla 3.6.2 Registro por Sitio de Inspección

Formato 3-1

No.			Ítem de inspección		Nombre de carretera		Poste de kilometraje (desde)		(a)				De Managua/ A		Total m.			
Clasificación	Peaje / Común	Categoría		Nombre del sitio			Marcación del sitio		Latitud norte				Longitud este					
Restricción del tráfico	Hay (Paso/Especial) No hay	Criterio de restricción		Volumen de tráfico		Día de la semana		Día no laborable		DID	Si No	Ruta de Bus	Si No	Desvío	Hay No hay			
Fotos del sitio, Bosquejo (Lo que indica la ubicación de obras existentes y marcación del sitio)						Mapa de ubicación (escala 1/50,000)												
Nota Especial Fecha de inspección : / / (Tiempo : Despejado·Nublado·Lluvia) Método de inspección : Observaciòn:						Historia de desastres	Existe (1. Véase el Registro de desastres, 2. No se sabe el detalle:) No existe											
						Otros objetivos de inspecciòn	Existe ò no: Caída de rocas, Colapso, Colapso de masa de roca, Deslizamiento de tierra, Alud de fango, Terraplén, Muro de											
						El resultado de inspección del año	Nota: (Terminada · En ejecución · No ha comenzada) Contramedida:											
						El resultado de inspección del año 2002	Nota de Evaluación ( ) Evaluación integral : 1. Es necesario tomar medidas: 2. Responder elaborando tabla de prevenciòn:											
						Previsión de la dimensión de desastres												
						Contramedidas propuestas	Tipo de obra: Norma: Cantidad: Costos preliminares:											
						Estabilidad en caso de sismo (para Caída de rocas y colapso solamente): Estable / Inestabl												

Tabla 3.6.3 Tabla de Investigación de Estabilidad

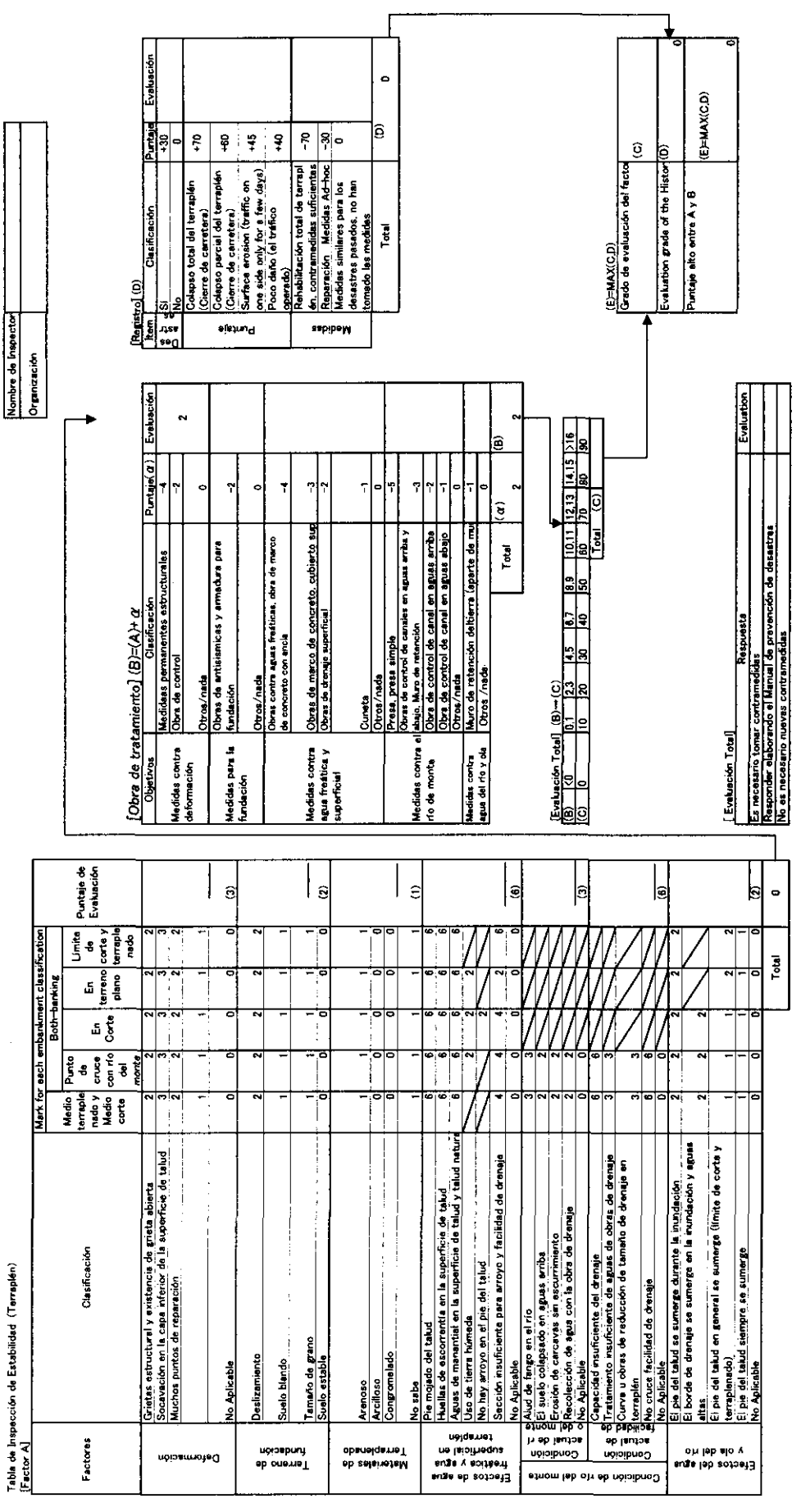


Tabla 3.6.4 Registro de la Historia de Daños

Formato 5-1

No.	Tipo de desastres		Sitio	Poste de kilometraje	(a)	De Managua/ A	
Sitio de inspección del año	Responde / No Responde			Longitud este	Latitud norte		
Plano (Daños, Medidas)			Sección (Daños, Medidas)				
Fotos, Bosquejo del estado actual			Nota especial				
			Fecha de desastres				
			Dimensión	Ancho, Largo, Profundidad (m)	m, m, m		
			Factor provocador	Precipitación: Continua mm/ hr·d Máximo mm Terremoto : Magnitud			
			Daños	Daños humanos: Muertos Heridos: Daños materiales: Costo total de perdidas: Comentario:			
			Restricción del tráfico	1. Restricción completa: horas/ 2. Restricción de una vía: horas 3. Otros:			
			Contramedidas	Año de construcción : Tipo de obras : Costo aproximado :			

3.7 Método de Evaluación de La Estabilidad del Alud de Fango

3.7.1 General (Alud de fango)

(1) Evaluación de factor, obras de tratamiento, estructura de carreteras e historia

Los desastres viales causados por los alud de fango deben ser tratados no sólo desde el punto de vista de las condiciones de ocurrencia del alud de fango sino también de la relación respectiva con las carreteras que cruzan la quebrada. Por lo tanto, la evaluación de la estabilidad tiene que realizarse conforme a la idea que se indica abajo.

La evaluación, debe ser realizada comparando los puntajes de factor con el enfoque de las característica del talud de quebrada agregando los puntajes de obras de tratamiento, de estructura vial, y los puntajes de evaluación del historial de desastres. Los puntajes mayores entre ellas, deben ser puntajes de evaluación de estabilidad.

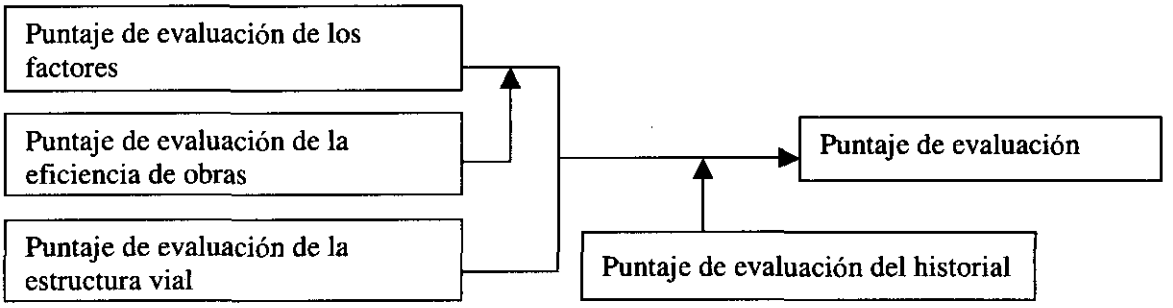


Figura 3.7.1 Concepto del puntaje de evaluación de estabilidad

(2) Evaluación integral

Los técnicos profesionales consideran la escala e influencia de desastres teniendo en cuenta;

i) factores de desastres,
ii) eficiencia de medidas,
iii) historial de desastres,
iv) condiciones alrededor del sitio.

Luego seleccionan la respuesta necesaria por medio de las tres categorías que se indican abajo:

● Es necesario tomar medidas	El sitio en donde existen factores potenciales de desastres
● Responder, elaborando una "Tabla de Prevención de Desastres"	El sitio donde existe una futura necesidad de tomar medidas, pero, por el momento, hay que controlar por vigilancia conforme al "Tabla de Prevención"
● No es necesario tomar nuevas medidas	El sitio en donde no se observa factores de desastres, y no necesite tomar nuevas medidas

(3) Factores de evaluación de estabilidad

i) Superficie de la cuenca
ii) Inclinación máxima de el lecho de quebrada
iii) Característica del talud
iv) Grado de eficiencia de obras existentes
v) Rectificación por estructura de instalaciones vial que atraviesen la quebrada.
vi) La influencia de la estructura de instalación vial en la zona de la quebrada a la dimensión de desastres, depende de la escala del alud de fango, del espacio libre debajo de la viga de puente, del ancho del cauce y de la forma de la quebrada. Aquí se adopta el método de evaluación del espacio libre debajo del puente y el ancho del canal.
vii) Historia de desastres

(4) Demás necesarios

Plano básico de bosque (escala 1/5,000), Fotos aéreas (escala aproximadamente 1/10,000)

3.7.2 Tabla de Inspección de Estabilidad y Guía para Llenar (Alud de fango)

(1) Evaluación de factores

Hay que estudiar los siguientes factores de la quebrada objeto de inspección. El estudio principalmente se realizará en la oficina.

1) Característica de quebrada

i) Superficie de la cuenca potencial de el alud de fango
ii) Máxima inclinación de la quebrada: Máxima inclinación de la quebrada objeto de inspección

2) Característica de talud

i) La Superficie del talud es más de 30°de inclinación
ii) La Superficie de tierra con hierbas y arbustos (menos de 10mts. de altura)
iii) Existencia de obras con suelos inestables; Existencia de obras con suelos inestables en la quebrada de más de 15° de inclinación
iv) Existencia de pendientes formadas por desplazamiento; Debe tener la dimensión que se puede reconocer por medio de foto aérea (aproximadamente 1/10,000)
v) Existencia de historia de derrumbe de dimensiones relativamente grande; Debe tener la dimensión que se puede reconocer por medio de foto aérea (aproximadamente 1/10,000), y la dimensión del derrumbe alcanzó desde el lecho de la quebrada hasta la parte superior del talud, y el ancho de el derrumbe casi igual a la altura suya.

(2) Evaluación de eficiencia de obras existentes

1) Rectificación de eficiencia por medio de obras de tratamiento en la quebrada

Hay que evaluar conforme a la tabla 3.7.1

Tabla 3.7.1 Tabla de rectificación por la eficiencia de obras existentes

Evaluación	Altura total del espacio libre de presa existente en la quebrada (m)			
	0m	0m- 14m.	14m- 28m.	Más de 28m.
	No hay, bajo	Normal	Alto	Suficiente

Nota: "La altura de el espacio libre de presa" es la diferencia entre la altura de la presa y la de los sedimentos. Y "la altura total" significa la suma de el espacio libre de varias presas (si existen).

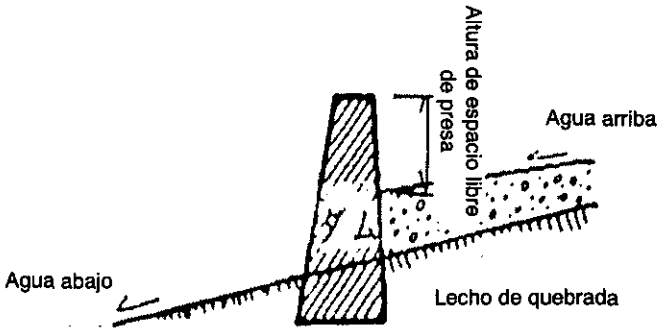


Figura 3.7.2 La altura de presa y la altura de espacio libre

(3) Evaluación por la estructura de carretera

"Espacio libre" es la altura desde lecho de quebrada hasta la parte inferior de estructura de carretera, como se indica en la Figura 3.7.3

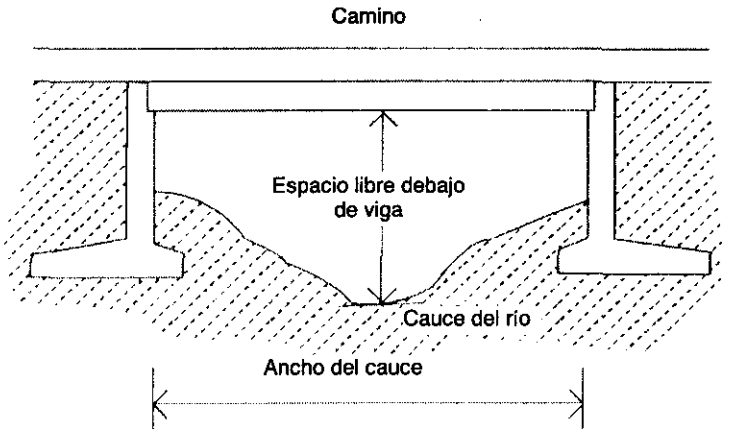


Figura 3.7.3 Espacio libre debajo de viga y ancho de cauce

(4) Evaluación de la historia de desastres

Para el estudio de la frecuencia de ocurrencia del alud de fango o sea del estudio de desastres pasados, hay que realizar los ítems siguientes:

i) Encuesta a los vecinos
ii) Registros
iii) Vegetación (edad de árboles)
iv) Topografía, estudio del estado del suelo superficial
v) Fotos aéreas

(5) Tipo de daños supuestos

Hay que clasificar los daños supuestos causados por el alud de fango en dos tipos de daños. Uno es la pérdida de terraplén, y otro es la acumulación de sedimentos en la carretera.

3.7.3 Tabla de inspección de estabilidad y guía para llenar

Los resultados de inspección deben ser puestos en la "tabla de inspección de estabilidad" por cada sitio. Y en la tabla 3.7.2 hay que adjuntar las fotos del sitio de inspección o dibujos.

Tabla 3.7.2 Registro por Sitio de Inspección

Formato 3-1

No.			Ítem de inspección		Nombre de carretera		Poste de kilometraje (desde)		(a)				De Managua/ A		Total m.			
Clasificación	Peaje / Común	Categoría		Nombre del sitio			Marcación del sitio		Latitud norte				Longitud este					
Restricción del tráfico	Hay (Paso/Especial) No hay	Criterio de restricció		Volumen de tráfico		Día de la semana		Día no laborable		DID	Si No	Ruta de Bus	Si No	Desvío	Hay No hay			
Fotos del sitio, Bosquejo (Lo que indica la ubicación de obras existentes y marcación del sitio)						Mapa de ubicación (escala 1/50,000)												
Nota Especial Fecha de inspección : / / (Tiempo : Despejado・Nublado・Lluvia) Método de inspección : Observaciòn:						Historia de desastres	Existe (1. Véase el Registro de desastres, 2. No se sabe el detalle:) No existe											
						Otros objetivos de inspecciòn	Existe ò no: Caída de rocas, Colapso, Colapso de masa de roca, Deslizamiento de tierra, Alud de fango, Terraplén, Muro de											
						El resultado de inspección del año	Nota: (Terminada・En ejecución・No ha comenzada) Contramedida:											
						El resultado de inspección del año 2002	Nota de Evaluación ( ) Evaluación integral : 1. Es necesario tomar medidas: 2. Responder elaborando tabla de prevenciòn:											
						Previsión de la dimensión de desastres												
						Contramedidas propuestas	Tipo de obra: Norma: Cantidad: Costos preliminares:											
						Estabilidad en caso de sismo (para Caída de rocas y colapso solamente): Estable / Inestabl												

Tabla 3.7.3 Tabla de Investigación de Estabilidad

Tabla de Inspección de Estabilidad (Alud de Fango)

Formato 4-4

Nombre de Ins	
Organización	

[Factor] (A)

Item	Factor	Clasificación	Nota de Evaluación	
Característica de arroyo	Superficie de la cuenca dañada por alud de fango. Superficie que tiene más de 15° de inclinación de lecho	Más de 0.50㎢	10	
		Más de 0.15㎢ menos de 0.50㎢	8	
		Menos de 0.15㎢	4	(10)
	Inclinación máxima del lecho	Más de 40°	10	
		Más de 30° menos de 40°	5	
		Menos de 30°	0	(10)
Característica de pendiente	Superficie del pendiente que tiene más de 30° de inclinación	Más de 0.20㎢	8	
		Más de 0.08㎢ menos de 0.20㎢	6	
		Menos de 0.08㎢	2	(8)
	Superficie ocupada por hierbas y arbustos (menos de 10m. de altura)	Más de 0.20㎢	8	
		Más de 0.02㎢ menos de 0.20㎢	4	
		Menos de 0.02㎢	0	(8)
	Existencia de obra de suelo con suelos inestables	Existe	5	
		No	0	(5)
	Existencia de grietas y pendiente formada por desplazamiento nuevas	Existe	5	
		No	0	(5)
	Historia de derrumbe de dimensión relativamente grande	Existe	10	
		No	0	(10)
		Total	(A)	

[Contramedidas] (B)

Item, Clasificación		Suma de Notas de Evaluación (A)				
		Más de 20°	Más de 15° menos de 20°	Más de 10° menos de 15°	Menos de 10°	
Grado de eficiencia de obras existentes	No hay. Baja	100	70	50	30	
	Normal	70	50	30	10	
	Alta	50	30	10	0	(B)
	Suficiente	0				

[Estrucura de Carreteras] C)=(B)+α

Estructura	Clasificación	Nota(α)	Nota de evaluación
Ancho de canal	Más de 10m.	−40	
	5m∽10m.	−30	
	3m∽5m.	−20	
	Menos de 3m.	±0	
Altura debajo de viga	Menos de 1m. O en caso de que no nayan puente o arcantarilla cuadrada	±0	
	1m∽2m.	−5	
	2m∽3m.	−15	
	3m∽5m.	−30	
	Más de 5m.	−40	
	Total	C)	

[Historia] (D)

Clasificación	Nota	Nota de evaluación
Después de recien medidas tomadas, alud de fango interrumpió el tráfico.	90	
Ocurrió alud de fango, pero no provocó problema del trá	40	
No hay historia de ocurriencia de alud de fango.	0	
	(D)	

(E)=MAX(C,D)

Evaluación desde Factor	(C)
Evaluación desde Historia	(D)
Lo más grande entre	(E)=MAX(C,D)

[Evaluación Total]

Respuesta	Evaluación
Es necesario tomar contramedidas	
Responder a través de elaborar manual de prevención de desastres	
No es necesario tomar nuevas medidas	

[Tipo de daños supuestos]

Destrucción de puente	
Arrastre de relleno	
Sedimentación de suelos en la carretera por inundación	

Marcar el tipo que corresponde con círculo.

Tabla 3.7.4 Registro de la Historia de Daños

Formato 5-1

No.	Tipo de desastres		Sitio	Poste de kilometraje	(a)		De Managua/ A	
Sitio de inspección del año	Responde / No Responde			Longitud este		Latitud norte		
Plano (Daños, Medidas)				Sección (Daños, Medidas)				
Fotos, Bosquejo del estado actual				Nota especial				
				Fecha de desastres				
				Dimensión	Ancho, Largo, Profundidad (m) m, m, m			
				Factor provocador	Precipitación: Continua mm/ hr-d Máximo mm Terremoto : Magnitud			
				Daños	Daños humanos: Muertos Heridos: Daños materiales: Costo total de perdidas: Comentario:			
				Restricción del tráfic	1. Restricción completa: horas/ 2. Restricción de una vía: horas 3. Otros:			
				Contramedidas	Año de construcción : Tipo de obras : Costo aproximado :			