

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA DEL DESLIZAMIENTO DE TULPAY (DISTRITO DE CHECRAS, PROVINCIA DE HUAURA, DEPARTAMENTO DE LIMA)

Región Lima
Provincia Huaura
Distrito Checras
Paraje Tulpay



POR:

RONALD FERNANDO CONCHA NIÑO DE GUZMÁN
IGOR ASTETE FARFÁN

FEBRERO
2018

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA DEL DESLIZAMIENTO DE TULPAY (DISTRITO DE CHECRAS, PROVINCIA DE HUAURA, DEPARTAMENTO DE LIMA)

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS.....	4
3. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	8
a. MARCO CONCEPTUAL (DESLIZAMIENTOS)	8
b. CARACTERÍSTICAS DEL DESLIZAMIENTO DE TULPAY.....	10
c. FACTORES CONDICIONANTES Y DETONANTES DEL FENÓMENO.....	16
4. CONCLUSIONES	20
5. RECOMENDACIONES	20
MEDIDAS CORRECTIVAS.....	21
REFERENCIAS	33

1. INTRODUCCIÓN

El poblado de Tulpay, se ubica a 8 km al sur de la ciudad de Churín, en la ladera norte de la loma Pirca, a 2940 m.s.n.m., flanqueada por los ríos Yanaraccra al oeste y Palcaura al este, estos ríos desembocan al río Checras por su margen izquierda. Políticamente pertenece al distrito de Checras, provincia de Huaura, departamento de Lima (Fig. 1).

En los alrededores de Tulpay, afloran limo-arcillitas y areniscas de la Formación Chicama y limolitas negras y areniscas del Grupo Casma. Sobre estas rocas se han desarrollado grandes deslizamientos dispuestos de manera escalonada, lo que configura un relieve accidentado de pendientes abruptas.

El día 20 de marzo del año 2017, los pobladores de Tulpay se percataron de la existencia de grandes grietas o “rajaduras” en el suelo, desarrolladas en la cara norte del cerro Pirca, al sur de Tulpay. Este fenómeno fue incrementándose las semanas siguientes, con la aparición de nuevas grietas tensionales y desniveles o “saltos”, que fueron configurando la activación de un gran deslizamiento de tipo rotacional y un relieve fuertemente deformado.

Si bien, este fenómeno no provocó la destrucción de ninguna vivienda, su desarrollo y evolución afectará en un futuro al poblado de Tulpay, poniendo en riesgo las viviendas y vidas humanas, tal como ocurrió en la década de los años 20’s con la destrucción del antiguo pueblo de Tulpay.

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, como parte de sus funciones inherentes a la contribución como ente técnico-científico parte del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD), realizó una inspección de campo el día 16 de noviembre del presente a solicitud de la Municipalidad Distrital de Checras con Oficio N° 131-2017- ALC/MDCH. El trabajo de campo estuvo a cargo del ingeniero geólogo Ronald Fernando Concha Niño de Guzmán y el geólogo Igor Astete Farfán, quienes realizaron una evaluación geológica y geodinámica de la zona de estudio.

Este documento, muestra un mapa geológico a escala 1: 15,000 (modificado de Romero D. & La Torre O. 2003), en el que se mapea detalladamente fenómenos de movimientos en masa en los alrededores de Tulpay, un mapa geodinámico a escala 1: 2500, del deslizamiento de Tulpay, un corte geológico y esquemas ilustrativos del fenómeno geodinámico ocurrido. Se analiza también una probable zona de reubicación y finalmente se brindan algunas recomendaciones técnicas preventivas.

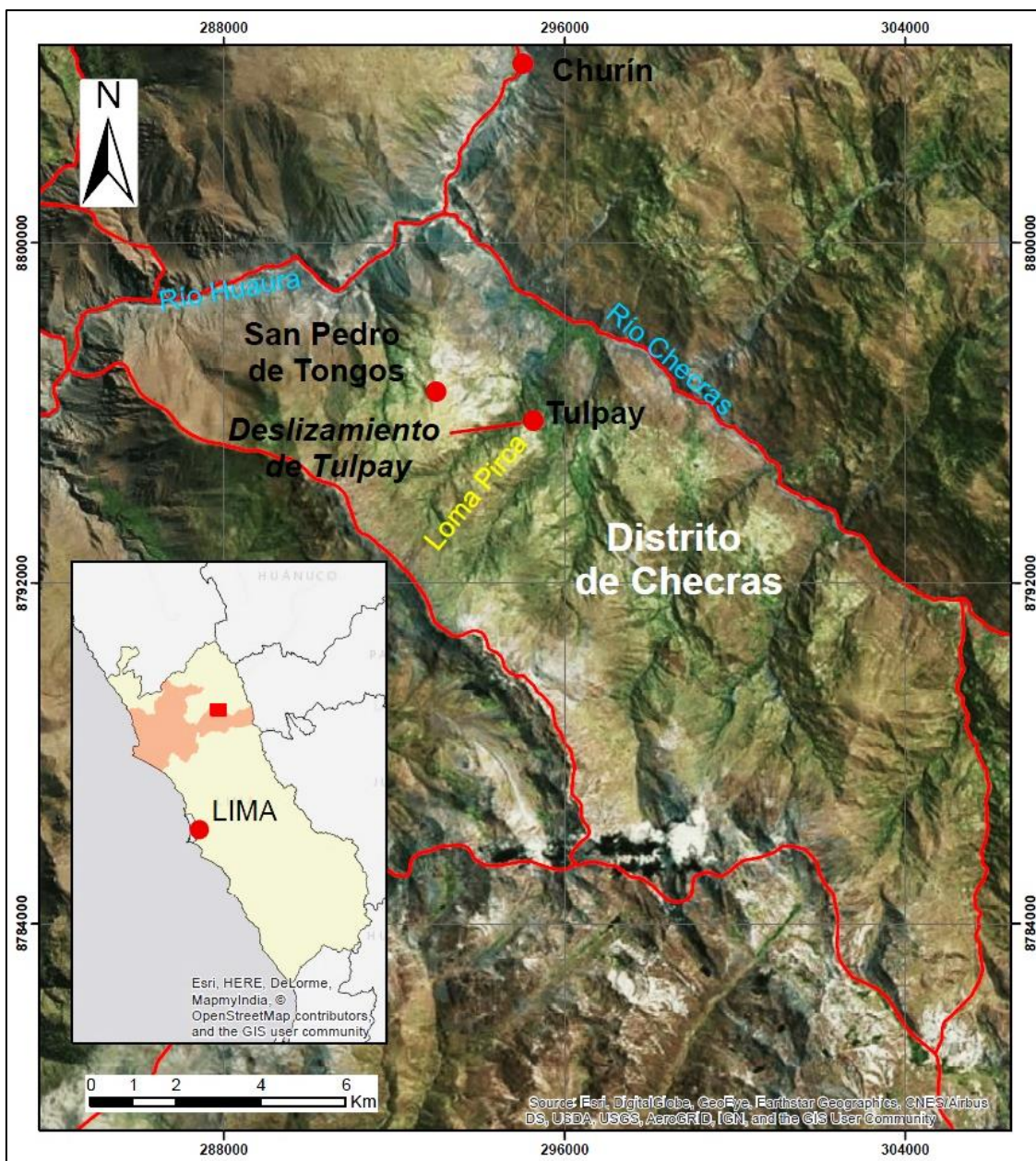


Fig. 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

En los alrededores de Tulpay, afloran ampliamente secuencias de rocas sedimentarias y volcano-sedimentarias. Al norte y noreste de Tulpay en la loma Huncushcancha y Jircan, afloran limo-arcillitas esquistosas intercaladas con calizas y areniscas blanquecinas muy deformadas de la Formación Chicama de edad Jurásico superior (Foto 1), al sur y suroeste en la loma Pirca y el cerro Anataycoto, aparecen limo-arcillitas negras, areniscas y limolitas tobáceas muy fracturados del Grupo Casma de edad Cretácico inferior (Cobbing & Garayar, 1972; Romero D. & La Torre O. 2003).

Toda esta secuencia de rocas se encuentra fuertemente fracturadas, debido a que son cortadas por fallas regionales inversas de dirección noroeste – sureste y con buzamientos norte y sur, que favorecen y originan la formación de grandes

deslizamientos dispuestos de manera escalonada, los cuales condicionan el relieve muy escarpado característico de la zona (Fig. 2 y Foto 2).



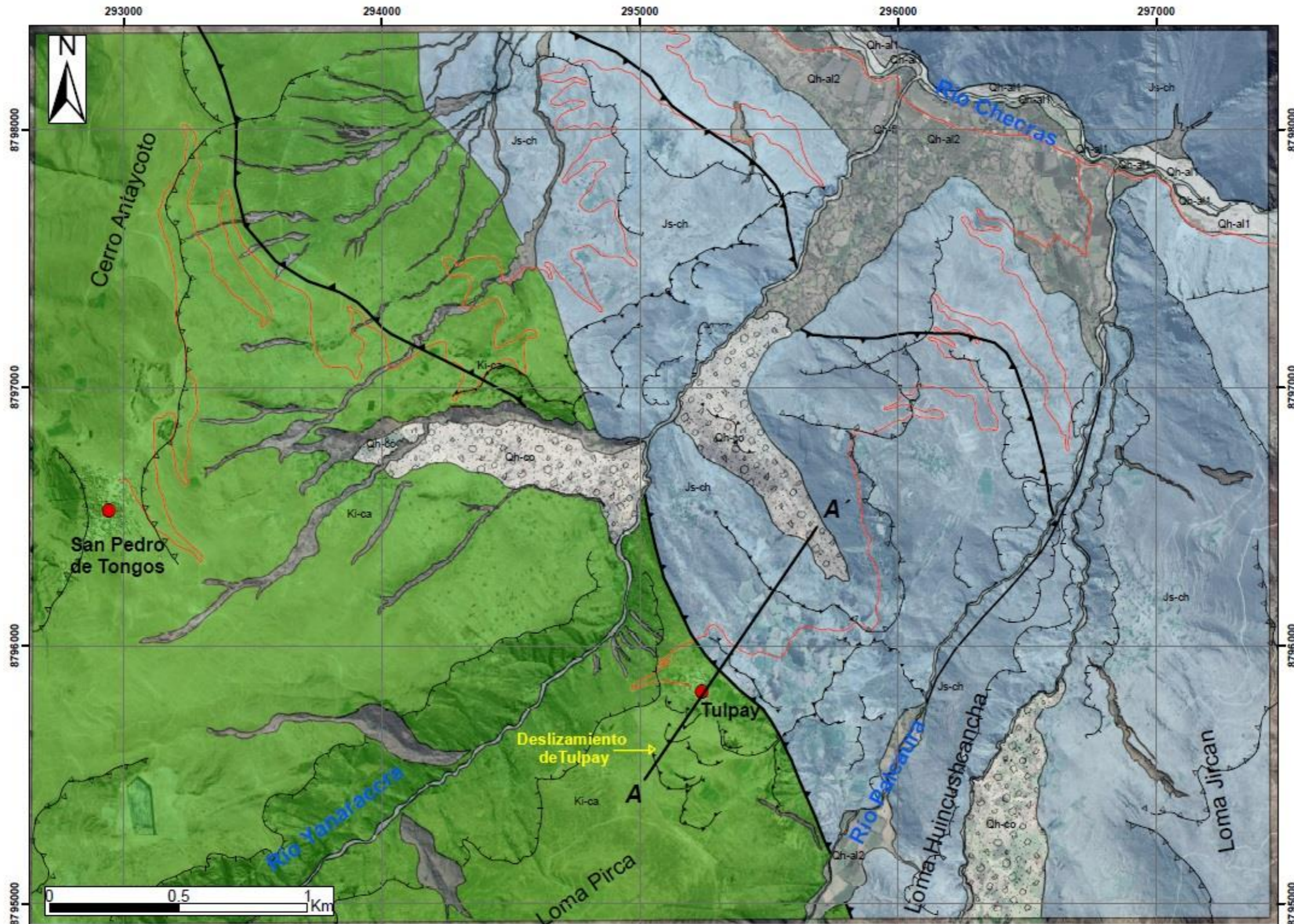
Foto 1: limo-arcillitas esquistosas de la Formación Chicama, al norte de Tulpay.



Foto 2: Vista de Tupay desde la parte alta, al fondo el cerro Antaycoto afectado por grandes escarpes de deslizamientos antiguos.

Los depósitos cuaternarios, se emplazan en las laderas de las montañas, lomas y en el fondo de los valles Yanaraccra, Palcaura y Checras. Los depósitos fluviales, están constituidos principalmente por bloques y fragmentos de areniscas redondeadas en una matriz arenosa, los depósitos aluviales se encuentran dispuestos a manera de terrazas, en el mapa geológico de este estudio se distinguen los depósitos aluviales 1 o terrazas bajas, emplazadas en las márgenes del río Checras y los depósitos aluviales 2 o terrazas altas (más antiguas) emplazadas en los valles Yanaraccra y Palcaura. Estos depósitos están constituidos por fragmentos sub-redondeados de areniscas y limolitas envueltos en una matriz areno-limosa.

Los depósitos coluviales, se emplazan en la ladera de las montañas y su origen está relacionado a fenómenos de caída por efectos gravitacionales como derrumbes o deslizamientos. En la zona de estudio, se han identificado tres grandes depósitos coluviales asociados a deslizamientos de gran magnitud procedentes del cerro Antaycoto y las lomas Pirca y Jircan.



UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS <table border="0"> <tr> <td></td> <td>Depósitos Fluviales</td> <td></td> <td>Depósitos Coluviales</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Depósitos Aluviales 1</td> <td></td> <td>Grupo Casma</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Depósitos Aluviales 2</td> <td></td> <td>Formación Chicama</td> </tr> </table>			Depósitos Fluviales		Depósitos Coluviales		Depósitos Aluviales 1		Grupo Casma		Depósitos Aluviales 2		Formación Chicama	LEYENDA <table border="0"> <tr> <td></td> <td>Falla Inversa</td> <td></td> <td>Centro Poblado</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Lineamiento</td> <td></td> <td>Carcava</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Deslizamiento Activo</td> <td></td> <td>Carretera Afirmada</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Deslizamiento Inactivo</td> <td></td> <td>Escarpe de Erosión</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Perfil Geológico</td> </tr> </table>		Falla Inversa		Centro Poblado		Lineamiento		Carcava		Deslizamiento Activo		Carretera Afirmada		Deslizamiento Inactivo		Escarpe de Erosión				Perfil Geológico	 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA DEL DESLIZAMIENTO DE TULPAY (DISTRITO DE CHECRAS, PROVINCIA DE HUAURA, DEPARTAMENTO DE LIMA) MAPA GEOLÓGICO ESC. 1:15 000 FIG. N° 02
	Depósitos Fluviales		Depósitos Coluviales																																
	Depósitos Aluviales 1		Grupo Casma																																
	Depósitos Aluviales 2		Formación Chicama																																
	Falla Inversa		Centro Poblado																																
	Lineamiento		Carcava																																
	Deslizamiento Activo		Carretera Afirmada																																
	Deslizamiento Inactivo		Escarpe de Erosión																																
			Perfil Geológico																																

3. PELIGROS GEOLÓGICOS

En esta sección, se explicará primeramente algunos conceptos sobre movimientos en masa de tipo deslizamientos, seguidamente se detallarán las características geodinámicas del deslizamiento de Tulpay y alrededores, mostrando un mapa geodinámico a escala 1: 2500, luego se analizarán algunos factores condicionantes y detonantes del fenómeno y finalmente se propondrán algunas medidas correctivas y preventivas.

a. MARCO CONCEPTUAL (DESLIZAMIENTOS)

Son movimiento producidos ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación. Los deslizamientos se clasifican, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales (Varnes, 1978). Sin embargo, las superficies de rotura de movimientos en masa son generalmente más complejas que las de los dos tipos anteriores. Al deslizamiento de Tulpay, se lo consideró como de tipo rotacional.

Los deslizamientos de tipo rotacional son fenómenos en los cuales, la masa desplazada se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava (Fig. 3), muestran una morfología distintiva caracterizada por un desnivel o escarpe principal pronunciado, grietas tensionales internas (dentro de la masa desplazada) y externas (fuera de la masa desplazada) y una pendiente superficial deformada de manera escalonada (Fig. 4).

La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante, y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas. Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir con velocidades lentas de algunos centímetros al año o rápidamente con velocidades menores a 1 m/s.

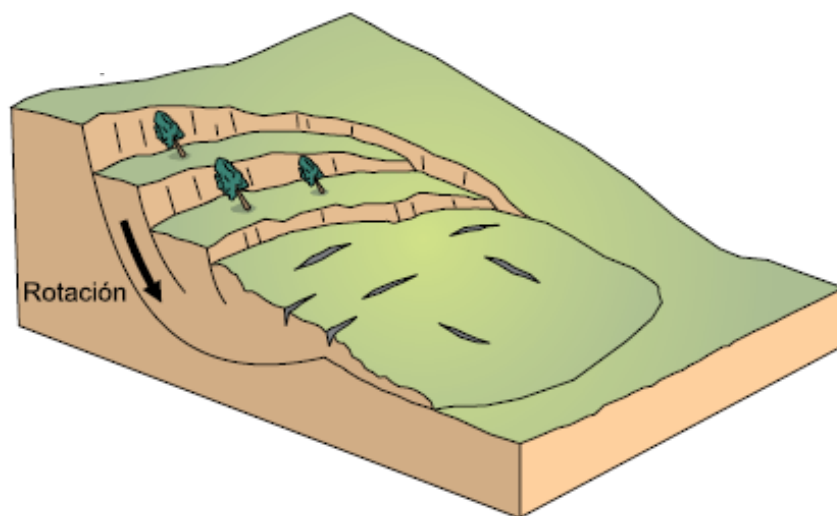


Fig. 3: Esquema de un deslizamiento rotacional, mostrando sus rasgos característicos (Cruden y Varnes, 1996).

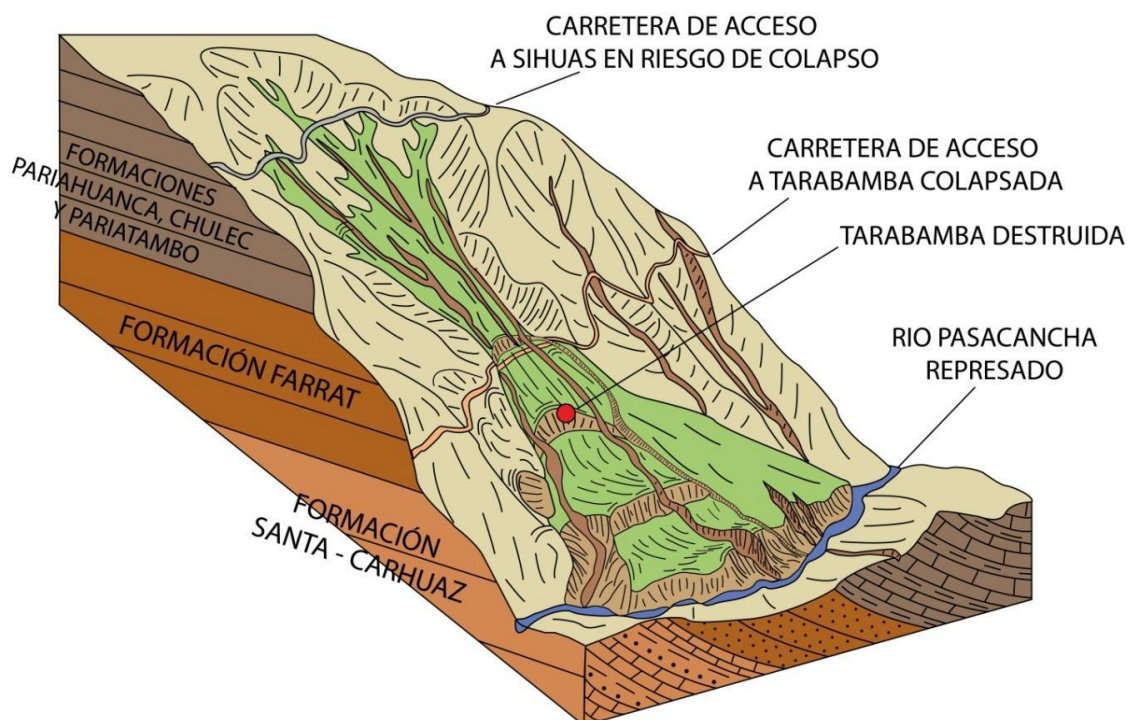


Fig. 4: Esquema del deslizamiento rotacional ocurrido en el poblado de Tarabamba – Ancash en el año 2015, ocurrido tras la reactivación de un deslizamiento antiguo. (Concha R. 2015).

Los deslizamientos , pueden tambien formar movimientos en masa de tipo flujo parcialmente canalizados, incorporando a su trayectoria gran cantidad de material saturado (Fig. 5). Estos fenómenos fueron cartografiados en el mapa geológico de este trabajo como depósitos coluviales.

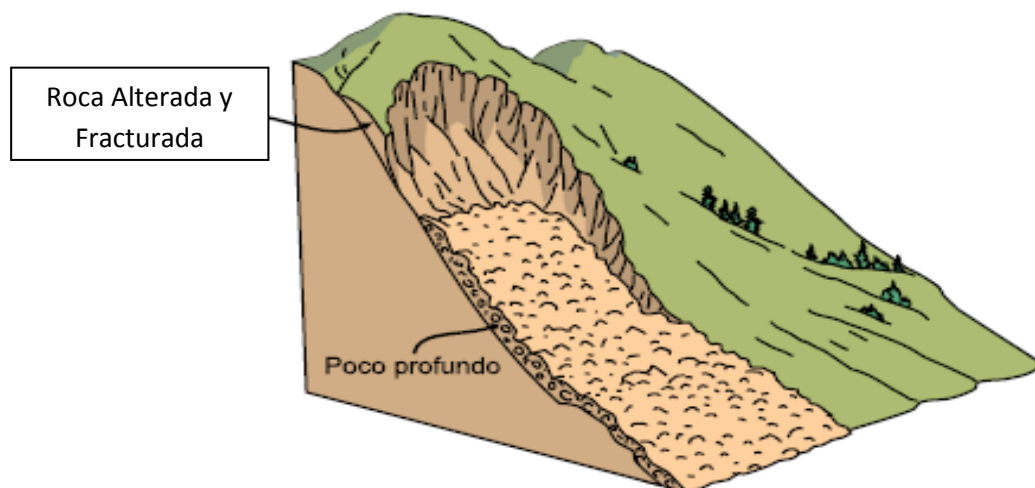


Fig. 5: Esquema de un flujo no canalizado o parcialmente canalizado, originado por un deslizamiento (Cruden y Varnes, 1996).

b. CARACTERISTICAS DEL DESLIZAMIENTO DE TULPAY

Este fenómeno, consiste en una secuencia ascendente de grietas tensionales de distintas dimensiones a lo largo de la cara norte de la Loma Pirca. Estas grietas se empezaron a formar desde el mes de marzo del 2017 con unos pocos centímetros de apertura, las semanas siguientes estas grietas se propagaron y se hicieron más anchas y profundas, en total se desarrollaron unos tres sectores de aglomeración de grietas, las cuales se desarrollan en el cuerpo de deslizamientos superficiales antiguos (Fig. 6).

El primero de ellos (sector 1), se ubica a solamente unos 100m al sur de la plaza de Tulpay a 2994m, es un conjunto de grietas con aperturas de hasta 20cm., y entre 10 y 20 m de longitud que afectan depósitos coluviales limo arcillosos de la Loma Pirca (Foto 3). Estas grietas, originaron varios deslizamientos superficiales, el más importante de ellos, desplazó capas de suelo que arrastró consigo árboles, arbustos y áreas de cultivo (Foto 4).

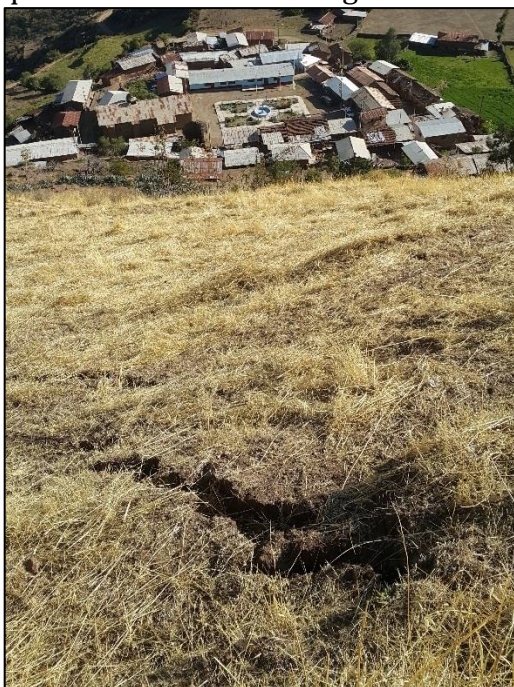


Foto 3: grietas tensionales en el sector 1.



Foto 4: deslizamiento superficial al sur de Tulpay.

El sector 2, se ubica a 200m al sur de Tulpay a 3065m (Foto 5 y 6), durante la inspección de campo se pudo observar por lo menos unas 5 grietas muy profundas, de hasta 40 cm., de apertura y entre 20 y 80m de longitud (Foto 7), estas grietas se desarrollaron dentro de un deslizamiento superficial antiguo de 100m de diámetro. A unos 50m al este de esta zona, se puede observar varios saltos o desniveles en el terreno, aunque las evidencias morfológicas no son del todo claras, hace suponer que se trataría de un antiguo deslizamiento de 150m de diámetro (Foto 8).



Fotos 5 y 6: grietas tensionales del sector 2, al sur de Tulpay.



Foto 7: izquierda, grieta tensional muy profunda en el sector 2. **Foto 8:** derecha, ladera norte de la loma Pirca, con pequeños saltos y desniveles que hacen suponer la existencia de deslizamientos superficiales antiguos.

En el sector 3, se observa la mayor deformación, no solamente se observan 2 grietas tensionales importantes, sino el escarpe principal del deslizamiento activo, con un salto de 4m y una longitud de 80m (Foto 9 y 10). Ambas grietas, se encuentran dentro de un gran deslizamiento antiguo de 230m de diámetro, que puede ser el fenómeno dominante en la ladera norte de la loma Pirca, que presenta también evidencias de movimientos en masa antiguos (Foto 11).

Inmediatamente detrás del escarpe principal del deslizamiento se observan más grietas tensionales, incluso a 100m al sur siguen apareciendo nuevas grietas, lo que configura un gran deslizamiento de características retrogresivas, es decir que su desarrollo se da ladera arriba.



Fotos 9 y 10: escarpe principal del deslizamiento activo de Tulpay.



Foto 11: ladera norte de la Loma Pirca, con una forma escalonada, evidencia de antiguos movimientos de ladera.

En resumen, en la cara norte de la Loma Pirca existen asentamientos dispuestos a manera de “escalones”, que ponen evidencia la existencia de antiguos deslizamientos superficiales. Además de estos desniveles, existen también escarpes de erosión superficial en pendientes muy abruptas. En este contexto se han desarrollado varios sistemas de grietas tensionales, que indican la reactivación de movimientos en masa antiguos (Foto 12), toda esta dinámica se detalla en la figura 6.

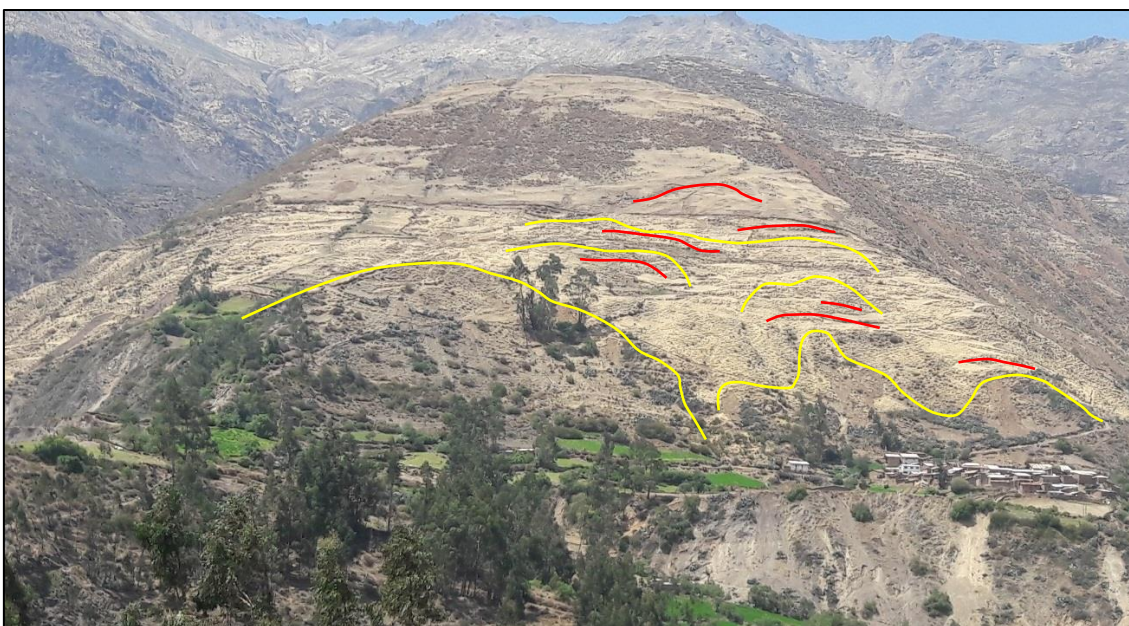
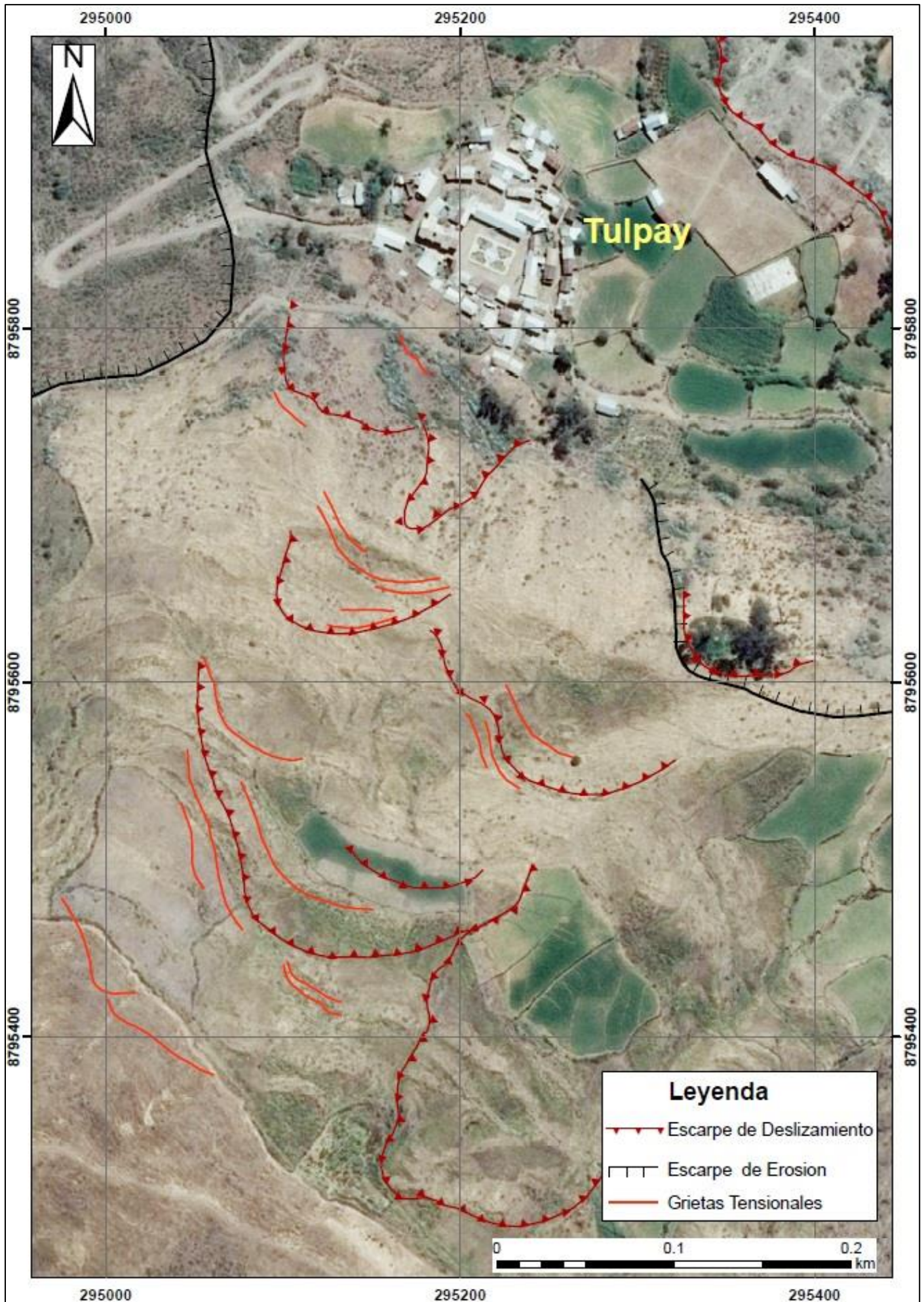


Foto 12: eventos geodinámicos en la ladera norte de la Loma Pirca. En amarillo, escarpes de deslizamientos y en rojo grietas tensionales.



c. FACTORES CONDICIONANTES Y DETONANTES DEL FENÓMENO

La formación no solamente de las grietas y el deslizamiento de Tulpay, sino de todo el conjunto de grandes movimientos en masa vistos en los alrededores, están relacionadas a las características geológicas y geomorfológicas regionales.

Las características litológicas y la tectónica regional, es decir las fallas que cortan las limo-arcillitas, limolitas y areniscas de la Formación Chicama y el Grupo Casma (Fig. 2), han hechos que estas rocas se encuentren fuertemente fracturadas y en algunos casos alteradas superficialmente, lo que las hace susceptibles a la erosión y formación de grandes deslizamientos, que configuraron la forma del relieve abrupto.

En la década de los años 20's, el antiguo pueblo de Tulpay se ubicaba a 500m al este de su localización actual, cuando la reactivación de un deslizamiento de grandes dimensiones destruyó gran parte del poblado (Foto 13).

En términos generales, las características litológicas, estructurales y topográficas, sumadas a las condiciones climáticas locales, configuran las condicionantes para la ocurrencia de fenómenos de movimientos en masa en la zona de Tulpay y alrededores (Foto 14), tal como se puede apreciar esquemáticamente en las figuras 7 y 8.

En este contexto, los sismos representan un factor detonante para la activación de movimientos en masa en la zona, pero el factor detonante para la reactivación del deslizamiento de Tulpay, fueron las intensas precipitaciones pluviales anómalas relacionadas al fenómeno de "El Niño Costero", registradas en marzo del 2017 a lo largo de la franja costera y parte de la cordillera occidental de los Andes del centro y norte del Perú.

Según registros meteorológicos y biológicos realizados por Alejandra Martinez y Ken Takahashi en el verano de 1925, habría ocurrido un fenómeno de El Niño con similares características al del año 2017, lo que podría haber ocasionado el deslizamiento que provocó la destrucción del antiguo pueblo de Tulpay.



Foto 13: cicatriz del deslizamiento que destruyó el poblado antiguo de Tulpay.



Foto 14: Cerro Antaycoto, afectado por grandes deslizamientos antiguos, al igual que el poblado de Tulpay.

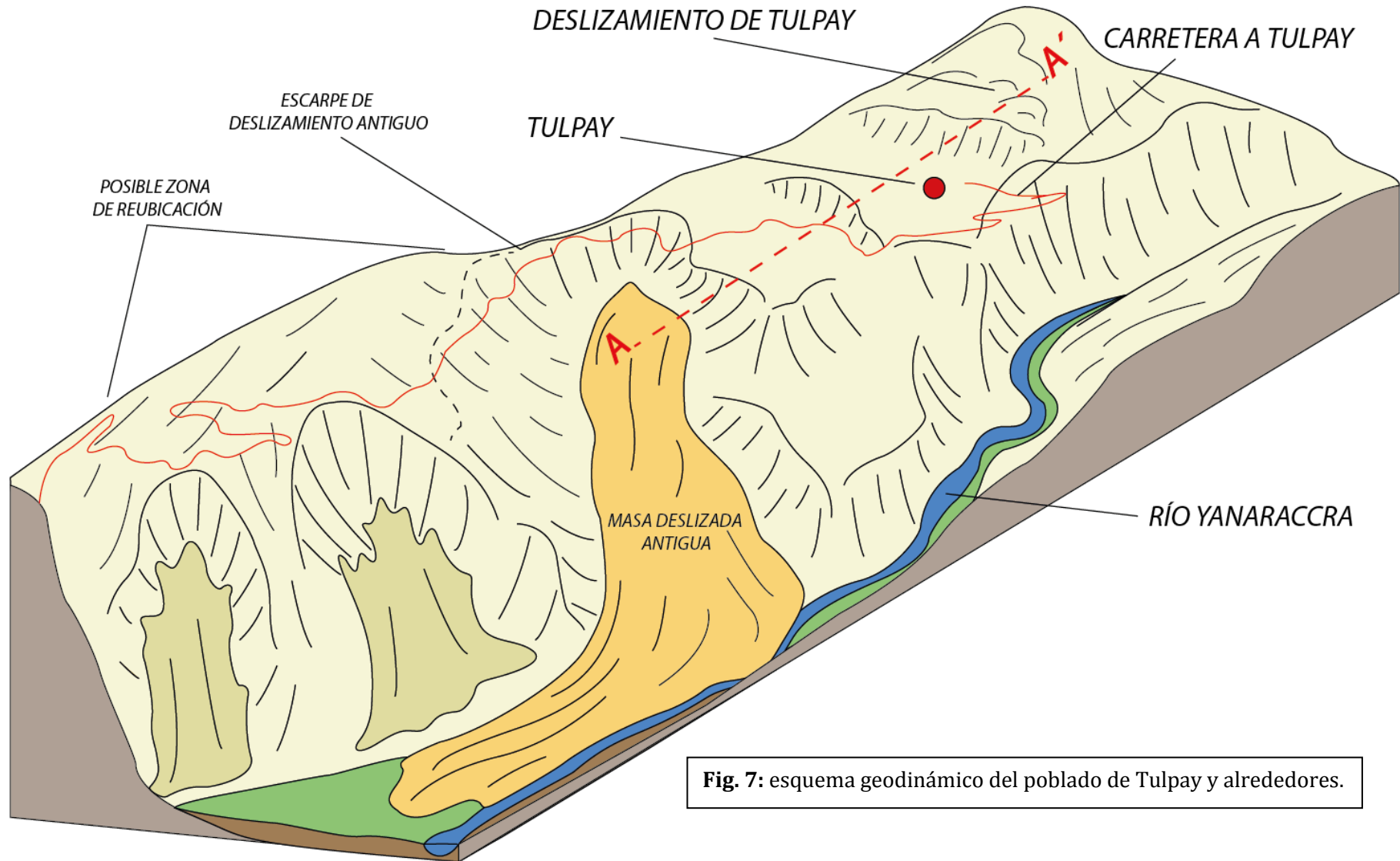
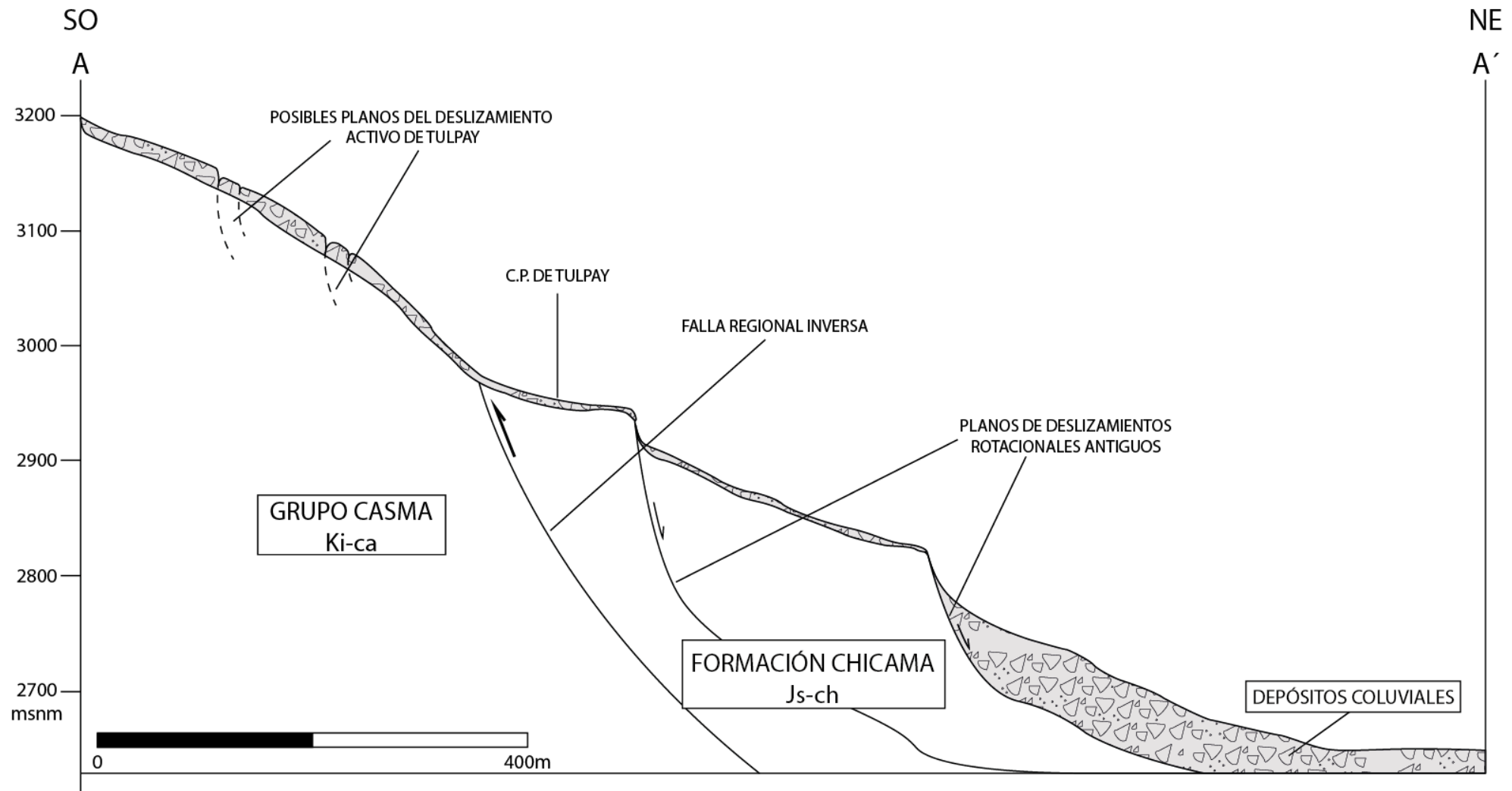


Fig. 7: esquema geodinámico del poblado de Tulpay y alrededores.



4. CONCLUSIONES

- Las limolitas, limo-arcillitas y areniscas de la Formación Chicama y el Grupo Casma, se encuentran fuertemente plegadas, fracturadas y alteradas, lo que representa la condicionante principal para la ocurrencia de deslizamientos de gran magnitud.
- Estas características geológicas, han configurado un relieve abrupto con pendientes muy escarpadas.
- El factor detonante, para la reactivación del deslizamiento de Tulpay, fueron las intensas lluvias asociadas al fenómeno de “El Niño Costero”, registradas en marzo del 2017.
- La reactivación del deslizamiento de Tulpay, se evidencia por la aparición de varios sistemas de grietas tensionales dispuestos de manera escalonada a lo largo de la cara norte de la Loma Pirca, las cuales se dividieron en 3 sectores de deformación.
- Según las declaraciones de los pobladores y las evidencias de campo, se infiere que el deslizamiento de Tulpay está teniendo una evolución ladera arriba (retrogresivo), es decir que la aparición de nuevas grietas se estuvo dando cada vez más arriba.
- Según estudios meteorológicos y biológicos realizados por Alejandra Martínez y Ken Takahashi, el verano de 1925, habría ocurrido un fenómeno de El Niño con similares características al del año 2017, lo que podría haber ocasionado la reactivación del deslizamiento que provocó la destrucción del antiguo pueblo de Tulpay reportado en la década de los años 20’s.
- Teniendo en cuenta la cantidad de grietas tensionales, los factores condicionantes y detonantes, el evento que destruyó el poblado antiguo de Tulpay y principalmente la ausencia de obras de estabilización y tratamiento de laderas, se considera que la ladera al sur del poblado de Tulpay tiene un peligro inminente ante deslizamientos en los próximos años, que pondría en riesgo la seguridad física de los pobladores de Tulpay.

5. RECOMENDACIONES

- Se debe considerar la posibilidad de reubicar el poblado de Tulpay al extremo norte de la loma Pirca, a 1km al norte del poblado actual (Foto 15).
- Esta zona debe contar con estudios geológicos y geodinámicos detallados, considerando la información y cartografía de este informe.
- Todos estos estudios deben estar contemplados en los Planes de Ordenamiento Territorial del distrito de Checras y la provincia de Huaura.
- Los tratamientos para la estabilización y prevención ante fenómenos geodinámicos, que podrían realizarse hasta que se tome la decisión de reubicar al poblado de Tulpay, se detalla en el apartado denominado **Medidas Correctivas**.



Foto 15: Vista tomada desde Tulpay, a la zona de posible reubicación.

MEDIDAS CORRECTIVAS

En esta sección se dan algunas propuestas generales de solución para el tratamiento no solamente del deslizamiento de Tulpay, sino de la posible zona de reubicación con la finalidad de minimizar la ocurrencia de futuras reactivaciones o fenómenos geodinámicos afines como derrumbes, caída de rocas y erosión de laderas.

MEDIDAS PARA DESLIZAMIENTOS, DERRUMBES Y CAÍDAS DE ROCAS

Las medidas correctivas se pueden realizar en: 1) taludes en construcción, 2) laderas que tienen pendientes fuertes y es necesaria su estabilización, 3) para estabilizar fenómenos de rotura, sobre todo aquellos que pueden trabajarse a nivel de construcción. Para definir la solución ideal es necesario valorar diferentes parámetros, sean de tipo constructivo o económico.

A) Corrección por modificación de la geometría del talud

Cuando un talud es inestable o su estabilidad es precaria se puede modificar su geometría con la finalidad de obtener una nueva disposición que resulte estable. Esta modificación busca lograr al menos uno de los dos efectos siguientes:

- Disminuir las fuerzas que tienden al movimiento de la masa.
- Aumentar la resistencia al corte del terreno mediante el incremento de las tensiones normales en zonas convenientes de la superficie de rotura.

Lo primero se consigue reduciendo el volumen de la parte superior del deslizamiento y lo segundo incrementando el volumen en el pie del mismo.

Las acciones que pueden realizarse sobre la geometría de un talud para mejorar su estabilidad son las siguientes:

Eliminar la masa inestable o potencialmente inestable. Esta es una solución drástica que se aplica en casos extremos, comprobando que la nueva configuración no es inestable.

Eliminar el material de la parte superior (descabezamiento) de la masa potencialmente deslizante. En esta área el peso del material contribuye más al deslizamiento y presenta una menor resistencia, dado que la parte superior de la superficie de deslizamiento presenta una máxima inclinación. Por ello la eliminación de escasas cantidades de material produce aumentos importantes del factor de seguridad.

Construcción de escolleras en el pie del talud. Puede efectuarse en combinación con el descabezamiento del talud o como medida independiente (Figuras 9 y 10).

El peso de la escollera en el pie del talud se traduce en un aumento de las tensiones normales en la parte baja de la superficie del deslizamiento, lo que aumenta su resistencia. Este aumento depende del ángulo de rozamiento interno en la parte inferior de la superficie del deslizamiento. Si es elevado, el deslizamiento puede producirse por el pie y es más ventajoso construir la escollera encima del pie del talud, pudiéndose estabilizar grandes masas deslizantes mediante pesos relativamente pequeños de escollera. Si el ángulo de rozamiento interno es bajo, el deslizamiento suele ocurrir por la base y es también posible colocar el relleno frente al pie del talud. En cualquier caso, el peso propio de la escollera supone un aumento del momento estabilizador frente a la rotura. Por último, cuando la línea de rotura se ve forzada a atravesar la propia escollera, esta se comporta además como un elemento resistente propiamente dicho.

Algo que debe tomarse en cuenta constantemente es que la base del relleno debe ser siempre drenante pues en caso contrario su efecto estabilizador puede verse disminuido, especialmente si el relleno se apoya sobre material arcilloso. Puede ser necesario colocar un material con funciones de filtro entre el relleno drenante y el material del talud, para ello puede recurrirse al empleo de membranas geotextiles.

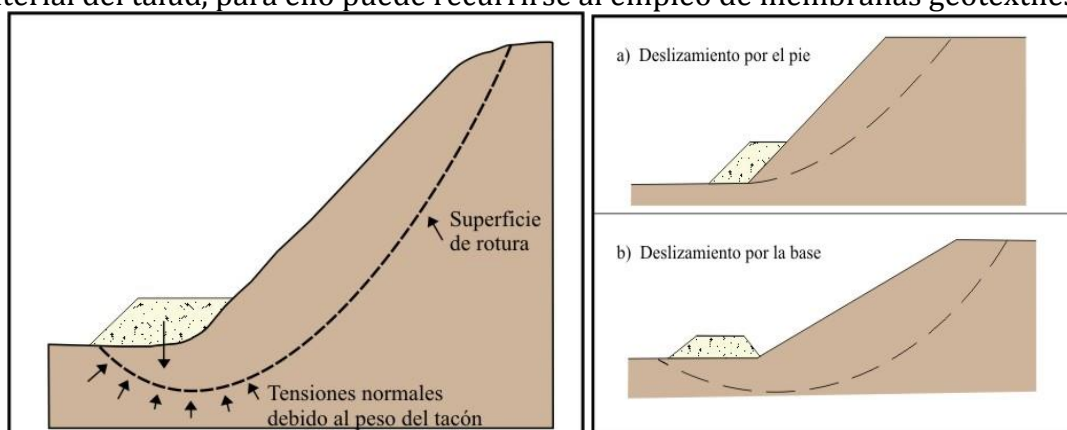


Figura 9: Colocación de escolleras. **Figura 10:** Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno.

Tratamiento de taludes con escalonamiento: Es una medida que puede emplearse tanto cuando un talud está comprometido por un deslizamiento o antes de que este

se produzca. Su uso es aconsejable porque facilita el proceso constructivo y las operaciones del talud, retiene las caídas de fragmentos de roca —indeseables en todos los casos— y si se coloca en ellos zanjas de drenaje entonces se evacuará las aguas de escorrentía, disminuyendo su efecto erosivo y el aumento de las presiones intersticiales. Figura 11.

Este escalonamiento se suele disponer en taludes en roca, sobre todo cuando es fácilmente meteorizable y cuando es importante evitar las caídas de fragmentos de roca, como es el caso de los taludes ubicados junto a vías de transporte.

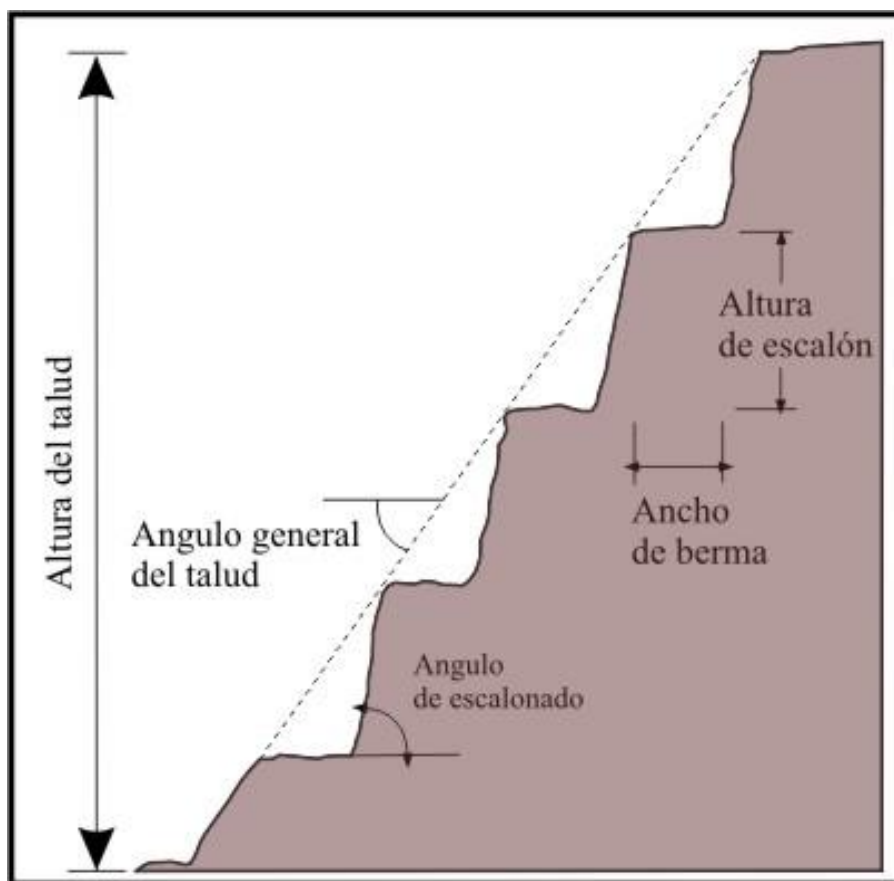


Figura 11: Esquema de un talud con bermas intermedias.

B) Corrección por drenaje

Este tipo de corrección se efectúa con el objeto de reducir las presiones intersticiales que actúan sobre la superficie de deslizamiento (sea potencial o existente), lo que aumenta su resistencia y disminuye el peso total, y por tanto las fuerzas desestabilizadoras.

Las medidas de drenaje son de dos tipos:

Drenaje superficial. Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud, evitándose su infiltración (Figura 12).

Las aguas de escorrentía se evacuan por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podrían existir o no. El cálculo de la sección debe hacerse con los métodos hidrológicos.

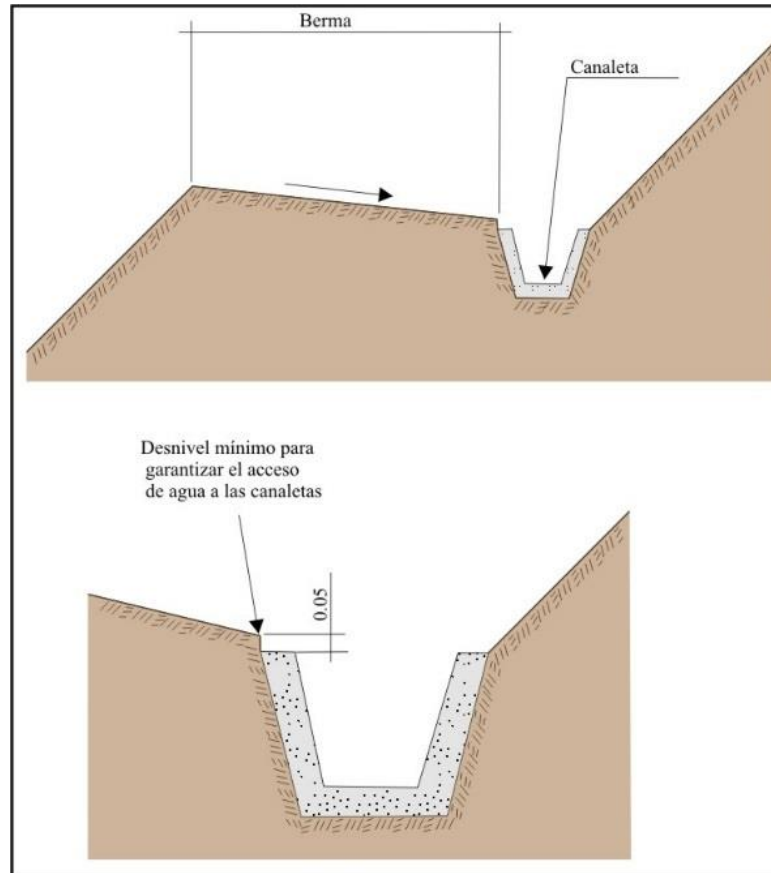


Figura 12: Detalle de una canaleta de drenaje superficial.

Drenaje profundo. La finalidad es deprimir el nivel freático con las consiguientes disminuciones de las presiones intersticiales. Para su uso es necesario conocer previamente las características hidrogeológicas del terreno.

Se clasifican en los siguientes grupos:

b.1) Drenes horizontales. Perforados desde la superficie del talud, llamados también drenes californianos. Consisten en taladros de pequeño diámetro, aproximadamente horizontales, entre 5° y 10°, que parten de la superficie del talud y que están generalmente contenidos en una sección transversal del mismo (Figuras 13 y 14).

Sus ventajas son:

- Su instalación es rápida y sencilla.
- El drenaje se realiza por gravedad.
- Requieren poco mantenimiento.
- Es un sistema flexible que puede readaptarse a la geología del área.

Sus desventajas son:

- Su área de influencia es limitada y menor que en el caso de otros métodos de drenaje profundo.
- La seguridad del talud hasta su instalación puede ser precaria.

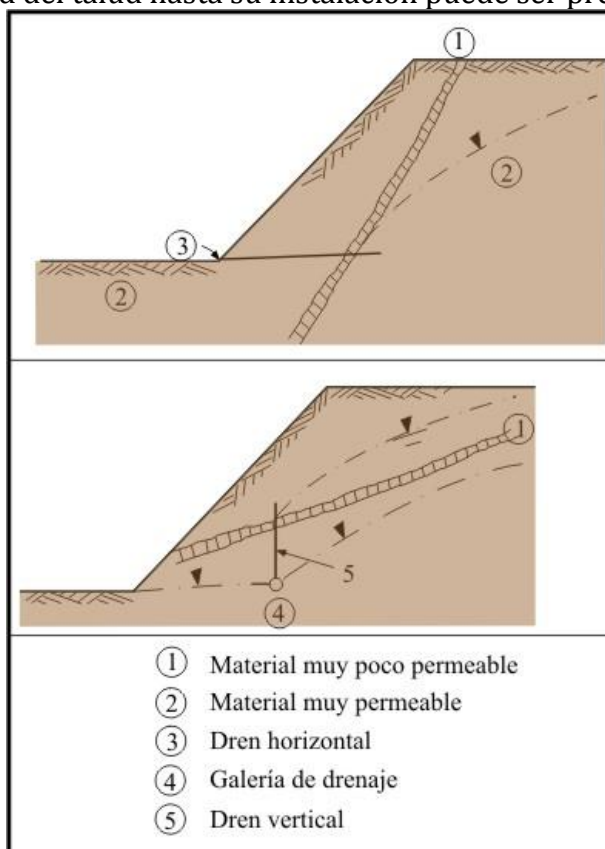


Figura 13: Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos.

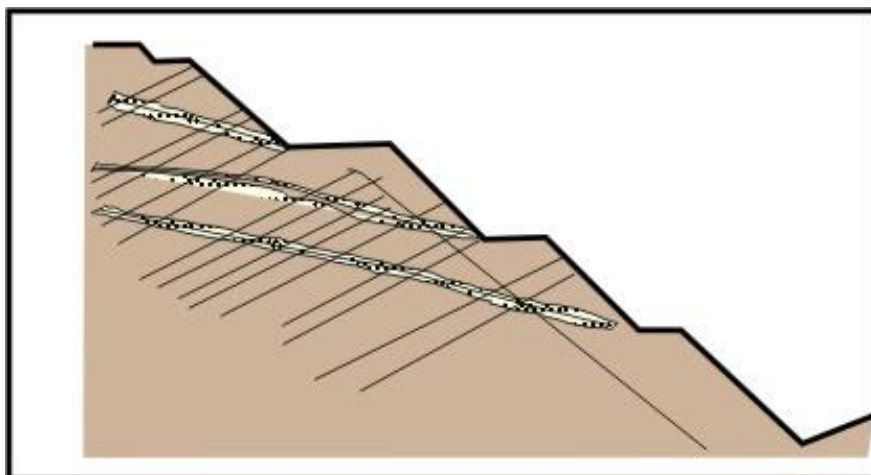


Figura 14. Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos

C) Corrección por elementos resistentes

C.1) Muros. Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (Figura 15).

En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (Figura 16). Esta forma de actuar puede tener varios inconvenientes. En primer lugar, la construcción del muro exige cierta excavación en el pie del talud, lo cual favorece la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado. Por otra parte, el muro no puede ser capaz de evitar posibles deslizamientos por encima o por debajo del mismo.

Una contención solo puede sostener una longitud determinada de deslizamiento ya que en caso contrario el deslizamiento sobrepasa al muro. Cuando quieran sujetarse deslizamientos más largos, debe recurrirse a un sistema de muros o a otros de los procedimientos expuestos. Por todo ello, en taludes con signos evidentes de inestabilidad puede ser más apropiado realizar el muro con objeto de retener un relleno estabilizador.

En desmontes y terraplenes en los que la falta de espacio impone taludes casi verticales, el empleo de muros resulta casi obligado. Este es un caso frecuente en la construcción de vías de transporte. En ocasiones, como en el caso de un desmonte en una ladera, puede resultar más económica la construcción de un muro, frente al coste de sobre excavación requerido si aquel no se realiza. La construcción de un muro es generalmente una operación cara. A pesar de ello, los muros se emplean con frecuencia pues en muchos casos son la única solución viable.

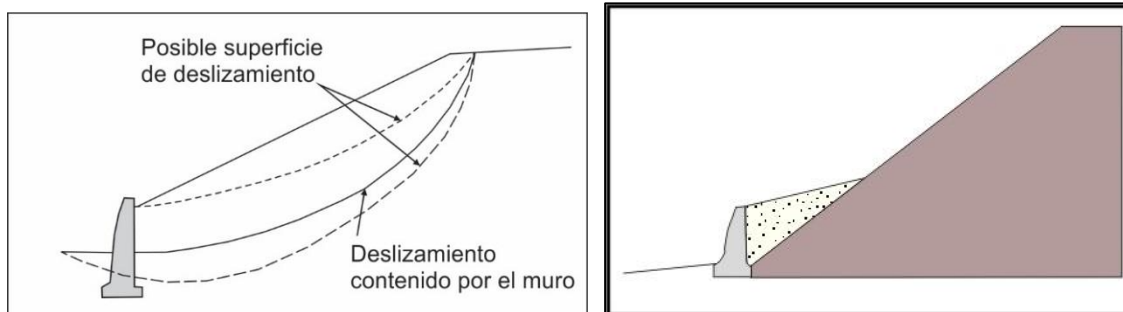


Figura 15: Contención de un deslizamiento mediante un muro. **Figura 16:** Relleno estabilizador sostenido por el muro.

Los muros se pueden clasificar en tres grupos (Figura 17):

- Muros de sostenimiento: Se construyen separados del terreno natural y se rellenan posteriormente.
- Muros de contención: Generalmente van excavados y se construyen para contener un terreno que sería probablemente inestable sin la acción del muro.
- Muros de revestimiento: Su misión consiste esencialmente en proteger el terreno de la erosión y meteorización además de proporcionar un peso estabilizador.

Cuando se proyecta un muro deberán determinarse las cargas a las que va a estar sometido y su distribución, lo que permitirá planificar una estructura capaz de resistirlas.

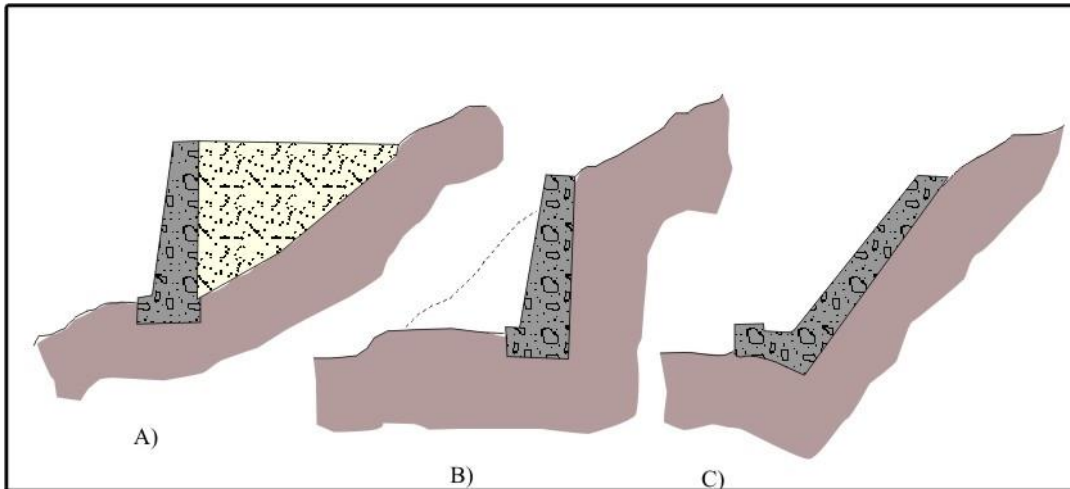


Figura 17: a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento.

Las comprobaciones que deben efectuarse en un caso típico son las siguientes:

- Estabilidad general del sistema muro-terreno al deslizamiento; la estabilidad general del muro incluye la estabilidad al vuelco y al deslizamiento.
- Resistencia del terreno del cimiento.
- Ausencia de tracciones en la base del muro.
- Resistencia estructural: Se ha de comprobar que las tensiones máximas en el muro no sobrepasen los valores admisibles.

Tipos de muros

Muros de gravedad: Son los muros más antiguos, son elementos pasivos en los que el peso propio es la acción estabilizadora fundamental (Figuras 18, 19 y 20).

Se construyen de hormigón en masa, pero también existen de ladrillo o mampostería y se emplean para prevenir o detener deslizamientos de pequeño tamaño. Sus grandes ventajas son su facilidad constructiva y el bajo costo.

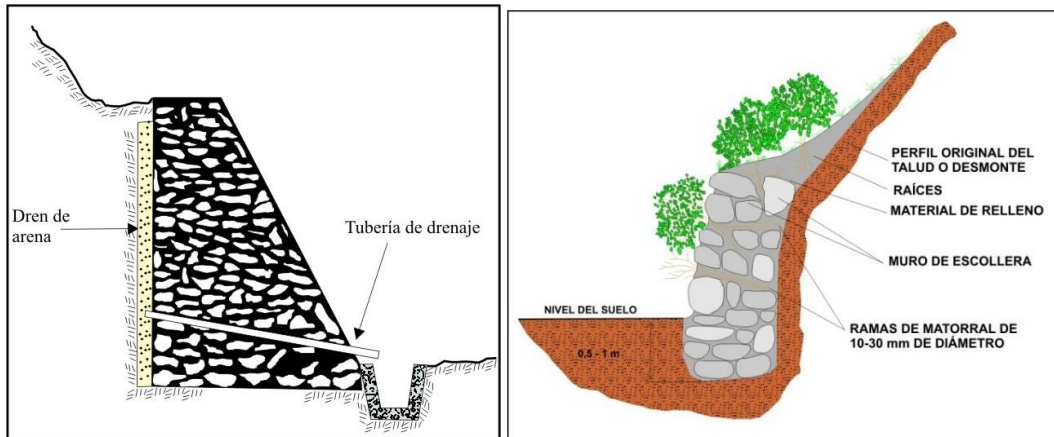


Figura 18 A). Muros de gravedad de piedra seca. **Figura 18 B)** Muros de gravedad de piedra argamasada.

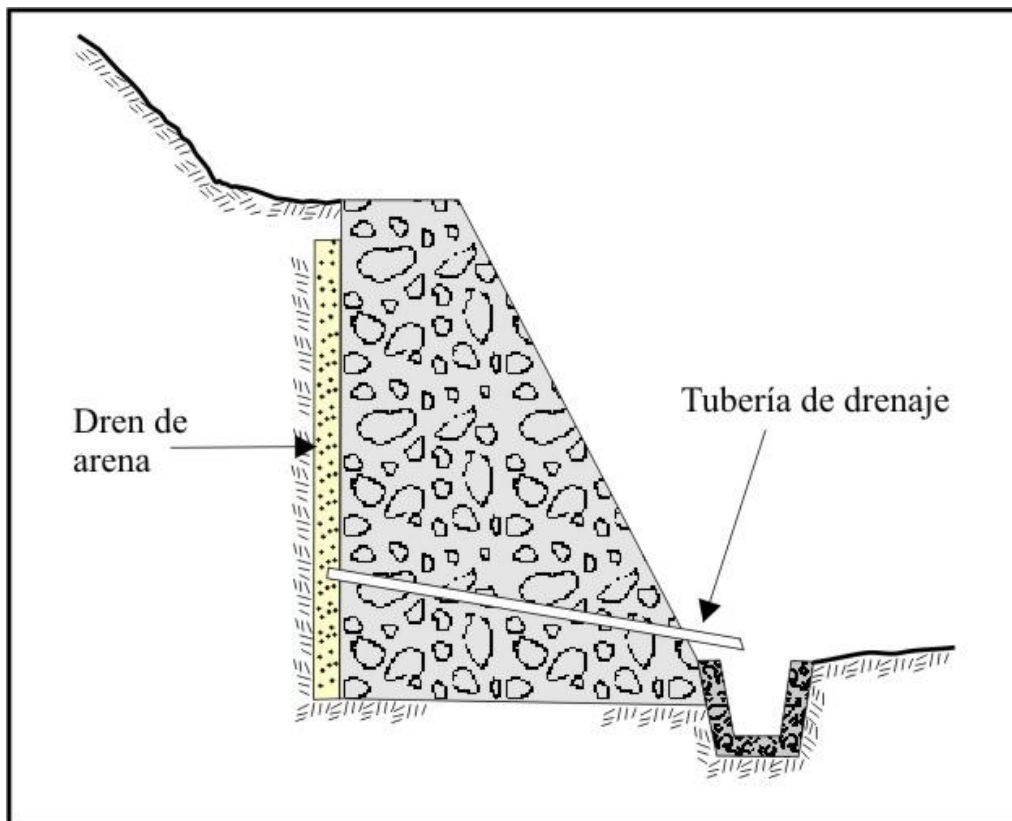


Figura 19: Muros de gravedad de concreto ciclópeo.

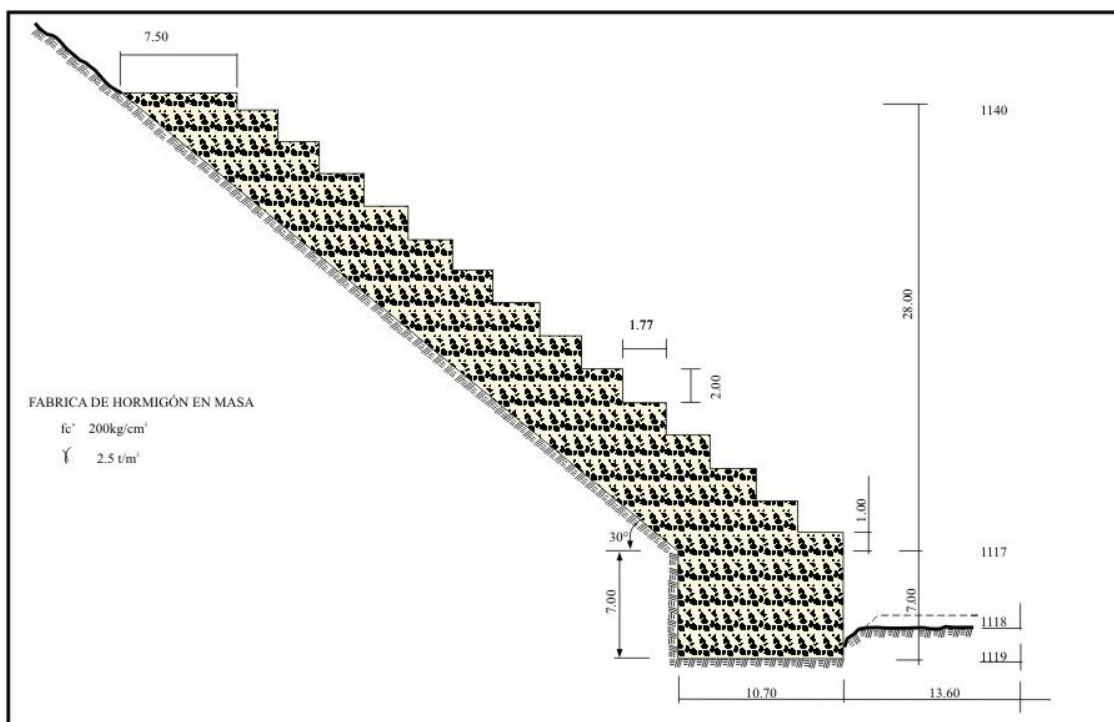


Figura 20: Muros de espesor máximo.

Muros de gaviones. Los gaviones son elementos con forma de prisma rectangular que consisten en un relleno granular constituido por fragmentos de roca no degradable (caliza, andesita, granitos, etc.), retenido por una malla de alambre metálico galvanizado (Figura 21).

Los muros de gaviones trabajan fundamentalmente por gravedad. Generalmente se colocan en alturas bajas, aunque algunas veces se colocan en alturas medianas (hasta 25 m de alto y 10 m de ancho) y funcionan satisfactoriamente. La relación entre la altura del muro y el ancho de la base del mismo es muy variable, y suele estar comprendida entre 1,7 a 2,4.

Las ventajas que presenta son:

- Instalación rápida y sencilla.
- Son estructuras flexibles que admiten asentamientos diferenciales del terreno.
- No tienen problemas de drenaje ya que son muy permeables.
- Los empujes sobre el muro y su estabilidad al vuelco y deslizamiento se calculan de igual forma que en el caso de un muro de gravedad.

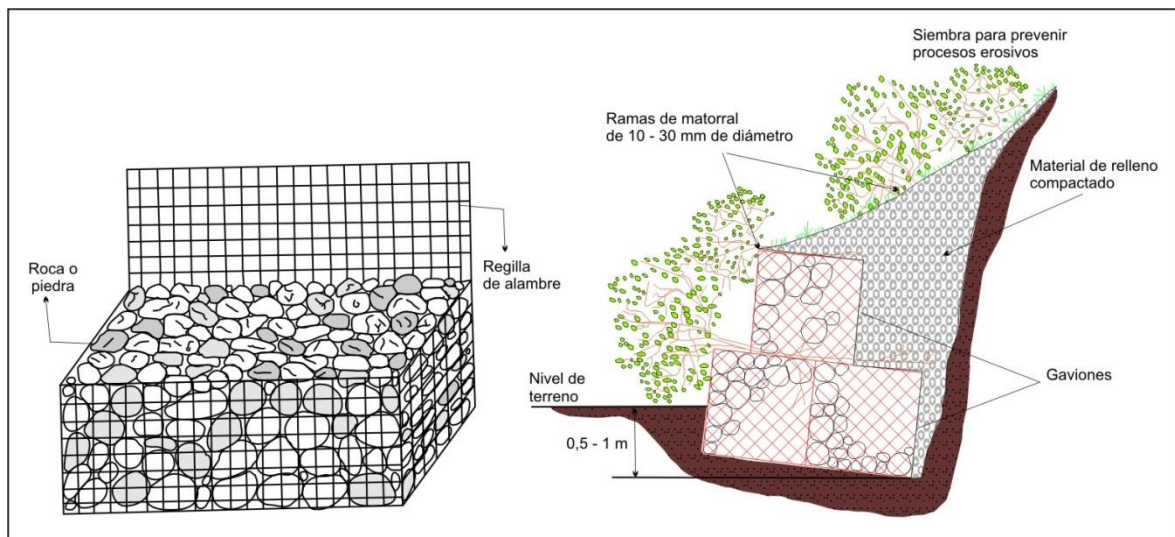


Figura 21: Muro de gavión.

D) Correcciones superficiales

Las medidas de corrección superficiales se aplican en la superficie de un talud de manera que afectan solo a las capas más superficiales del terreno y tienen fundamentalmente los siguientes fines:

- Evitar o reducir la erosión y meteorización de la superficie del talud.
- Eliminar los problemas derivados de los desprendimientos de rocas en los taludes donde estos predominan.
- Aumentar la seguridad del talud frente a pequeñas roturas superficiales.

Los principales métodos empleados son:

d.1) Mallas de alambre metálico

Se cubre con ellas la superficie del talud con la finalidad de evitar la caída de fragmentos de roca, lo cual es siempre peligroso, especialmente en vías de transporte o cuando hay personal trabajando en el pie del talud.

Las mallas de fierro galvanizado retienen los fragmentos sueltos de rocas y conducen los trozos desprendidos hacia una zanja en el pie del talud. Son apropiados cuando el tamaño de roca a caer se encuentra entre 0,60 y 1,00 m.

La malla se puede fijar al talud de varias maneras: siempre en la parte superior del talud o en bermas intermedias. Como sistemas de fijación pueden emplearse bulones, postes introducidos en bloques de hormigón que pueden a su vez ir anclados o simplemente un peso muerto en la parte superior del talud. Durante la instalación se prepara una longitud de malla suficiente para cubrir el talud, con una longitud adicional que es necesaria para la fijación de la malla.

La malla se transporta en rollos hasta el talud, se fija en su parte superior y se desenrolla dejándola caer simplemente, fijándola en la superficie del

talud; en la parte final de la malla se suele dejar un metro por encima de la zanja de acumulación de piedras.

d.2) Sembrado de taludes

Mantener una cobertura vegetal en un talud produce indudables efectos beneficiosos, entre los cuales destacan los siguientes:

- Las plantaciones evitan la erosión superficial tanto hídrica como eólica, que puede ocasionar la ruina del talud en el largo plazo.
- La absorción de agua por las raíces de las plantas produce un drenaje de las capas superficiales del terreno.
- Las raíces de las plantas aumentan la resistencia al esfuerzo cortante en la zona del suelo que ocupan.

Para sembrar en taludes se emplean hierbas, arbustos y árboles, privilegiando especies capaces de adaptarse a las condiciones a las que van a estar sometidos (climas, tipo de suelo, presencia de agua, etc.); suelen convenir especies de raíces profundas y de alto grado de transpiración, lo que indica un mayor consumo de agua. Generalmente la colonización vegetal de un talud se hace por etapas, comenzando por la hierba y terminando por los árboles.

Es conveniente no dejar un talud muy plano, sino con salientes que sirvan de soporte, así cuando más tendido sea un talud resultará más fácil que retenga la humedad. Para mantener una cubierta vegetal es más favorable un terraplén que un desmonte.

Los suelos arenosos y areno-arcillosos son ventajosos para un rápido crecimiento de la hierba. Las arcillas duras son inadecuadas a menos que se añadan aditivos o se are el terreno. Cuando la proporción de limo más arcilla es superior al 20% se puede esperar un crecimiento satisfactorio, pero si es inferior al 5% el establecimiento y mantenimiento de la hierba resultarán difíciles.

OTRAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA DESLIZAMIENTOS Y CÁRCAVAS

El proceso de deslizamientos y cárcavas ocurre esencialmente de forma natural pero también por la actividad antrópica (agrícola, deforestación) mal desarrollada que acelera el proceso; asimismo por el socavamiento del río al pie de deslizamientos, la utilización de canales sin revestir, etc. Algunas, medidas que se proponen para el manejo de estas zonas son:

- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos.
- Los canales deben ser revestidos para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.

- El sistema de cultivo debe ser por surcos en contorno y conectados al sistema de drenaje, para una evacuación rápida del agua.
- No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, ya que esto favorece a la infiltración y saturación del terreno.
- La remoción de la tierra para realizar el cultivo debe ser superficial pues una remoción más profunda realizada con maquinaria puede favorecer la infiltración y saturación del terreno.
- En las cuencas altas se debe favorecer el cultivo de plantas que requieran poca agua y proporcionen una buena cobertura del terreno para evitar el impacto directo de la lluvia sobre el terreno.
- El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida de las masas deslizantes; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- Los tramos de carretera que cruzan cauces de quebradas, en donde se producen flujos, deben de ser protegidos por medio de gaviones para evitar los efectos de los huaycos y el socavamiento producido por avenidas en las quebradas. Los gaviones deben ser construidos teniendo en cuenta los caudales máximos de las quebradas y deben ser cimentados a una profundidad de 1 m como mínimo.
- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal natural conformada por pastos, malezas y arbustos.
- Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización, en la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzaran versus la pendiente y profundidad de los suelos, se recomienda que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de las zanjas de infiltración a curvas de nivel con el objeto de captar el agua y controlar la erosión.
- Evitar el sobre pastoreo que produzca deterioro y destrucción de la cobertura vegetal, se debe realizar un manejo de las zonas de pasturas mediante el repoblamiento de pasturas nativas, empleando sistemas de pastoreo rotativo, evitar la quema de pajonales.

REFERENCIAS

- Cobbing E. & Garayar S., 1972. Geología, de los cuadrángulos de Huacho-Huaral y Canta-Barranca-Ambar-Oyón. Bol. Serv. Geol. Min. Perú.
- Concha R. 2015. Evaluación geológica y geodinámica del deslizamiento de Tarabamba, (distrito de Cashapampa, provincia de Sihuas, departamento de Ancash). Informe Técnico INGEMMET, 32p.
- Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Martinez A. & Takahashi K., 2017. Monitoreo del fenómeno El Niño y su impacto socioecon3mico en el Perú. Revista Libros Con Ciencia – CONCYTEC.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). Movimientos en masa en la regi3n Andina: Una guía para la evaluaci3n de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicaci3n Geológica Multinacional, No. 4, 432 p.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analisis and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 176, p. 9-33.