

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

INFORME TÉCNICO

**EVALUCIÓN DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS
QUE AFECTAN AL ANEXO DE LLOCHE**

(DISTRITO HUACAPÓN, PROVINCIA CAJATAMBO, REGIÓN LIMA)

POR:

SEGUNDO NÚÑEZ JUÁREZ



DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGOS GEOLÓGICOS

LIMA - PERÚ
JULIO - 2007

CONTENIDO

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

1.2 Ubicación y Accesibilidad

1.3 Datos socio económicos

1.4 Clima

2. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

2.1 Geomorfología

2.1.1 Montañas

2.1.2 Colinas

2.1.3 Llanura aluvial.

2.1.4 Piedemontes

2.2 Pendientes de los Terrenos

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

3.1 Secuencias sedimentarias

3.2 Rocas volcánicas

4. TERRENOS DE FUNDACIÓN

5. PELIGROS GEOLÓGICOS.

5.1 Deslizamiento de Llocche.

5.2 Flujo de Tumac.

5.3 Deslizamientos en la carretera Tumac-Aguas termales Llocche-Llocche.

5.4 Deslizamiento en la margen derecha de la quebrada Shallaragra.

5.5 Deslizamiento en la carretera Tumac-Llocche margen izquierda de la quebrada Tumac.

5.6 Deslizamiento de Tumac

5.7 Derrumbes en la margen derecha de la quebrada Tumac

5.8 Inundaciones

5.9 Erosiones en cárcavas

6. - SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA

7.- ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

8. MEDIDAS CORRECTIVAS

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

RESUMEN

El domingo 07 de Abril en el centro poblado de Llocche se produjo un deslizamiento, fenómeno generado después del periodo lluvioso. Este deslizamiento movilizó una masa de suelo de aproximadamente 445,700 m³.

El material generado por el deslizamiento cayó sobre la quebrada Shallaragra, represándola y posteriormente se desembalsó de manera natural, originando un flujo también represado temporalmente el río Rapay.

Este deslizamiento presenta una corona con una longitud de 230 m, y un salto de 100 m, en la pared de escarpa se observó cuatro ojos de agua, los cuales tienen un caudal promedio menor a 1 l/s.

Según manifestaciones de los lugareños hace 8 años atrás en el terreno donde se generó el deslizamiento era posible observar la aparición de agrietamientos de forma longitudinal.

Los daños causados son: destrucción del Puente Tumac que estaba en construcción, 12 hectáreas destinadas para cultivos de frutales y actividades agropecuarias, y tramo de 100 m de la carretera afirmada Tumac-Copa.

En el poblado de Llocche no se ha encontrado evidencias de agrietamientos, pero la presencia de manantiales, indican cierto grado de inestabilidad que si no se toman las medidas del caso puede con el tiempo generarse otro deslizamiento que este si comprometería al centro poblado de Llocche.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Director de la Dirección Regional de Defensa Civil Lima-Callao, mediante oficio N° 1800-2007/INDECI/16.0.4, con fecha 11 de Abril, dirigido al Presidente del Consejo Directivo del INGEMMET, solicitando un especialista para hacer una evaluación del deslizamiento, en el anexo de LLoche, distrito de Huancapón, provincia de Cajatambo. Junto con el oficio, adjunta el reporte N° 12 GRL/ORD./CERR, de fecha 09 de abril, en la cual se informa de un deslizamiento ocurrido en el Anexo de LLoche, distrito de Huancapón, provincia Cajatambo, que ha afectado un tramo de carretera y una hectárea de cultivos de frutales.

Otro documento adjunto, es el enviado por el Gobierno Regional de Lima, oficio N° 053-2007/GRL/GRRNGMA/ODC, en la cual solicitan en evaluación de riesgos geológicos, en la cual manifiestan que en el anexo de Llocche, distrito de Huancapón, provincia de Cajatambo, se genero un deslizamiento que movilizó 100,000 m³ de tierras de cultivos, y que en la pared que donde se generado el deslizamiento hay gran cantidad de agua (filtraciones de Agua).



Foto 1.- Apréciase la ubicación del deslizamiento y el anexo de Llocche.

1.2 Ubicación y Accesibilidad

El área de estudio se ubica al Noroeste del anexo de Llocche, este pertenece políticamente al distrito de Huacapón, provincia de Cajatambo, región Lima (Figura 1). Geográficamente se encuentra en las siguientes coordenadas UTM (Prov. 56).

- Corona del deslizamiento:
Norte: 273062

- Este: 8840098
- Área de estudio:
 - Norte : 8838500, 8844000
 - Este : 269000, 274000.

El acceso desde Lima es siguiendo por la Panamericana Norte, hasta llegar a la ciudad de Pativilca, donde se toma el desvío a Cajatambo, prosiguiendo con por una carretera asfaltada hasta Huayto, a partir de aquí se continua por una carretera afirmada, pasando por Cahua, Mayush, hasta Tumac, al llegar a este punto se toma la carretera afirmada de la derecha, y recorriendo un tramo de 28 Km se llega al anexo de Llocche.

El tiempo de llegada desde Lima al anexo de Llocche es de 7 horas, esto es por medio de una camioneta de doble tracción.

1.3 Datos socio económicos

El anexo de Llocche, cuenta con 54 familias, las que hacen una población aproximada de 270 personas (promedio de 5 personas por familia). Según el INEI-2005, el anexo de Llocche cuenta con 82 viviendas.

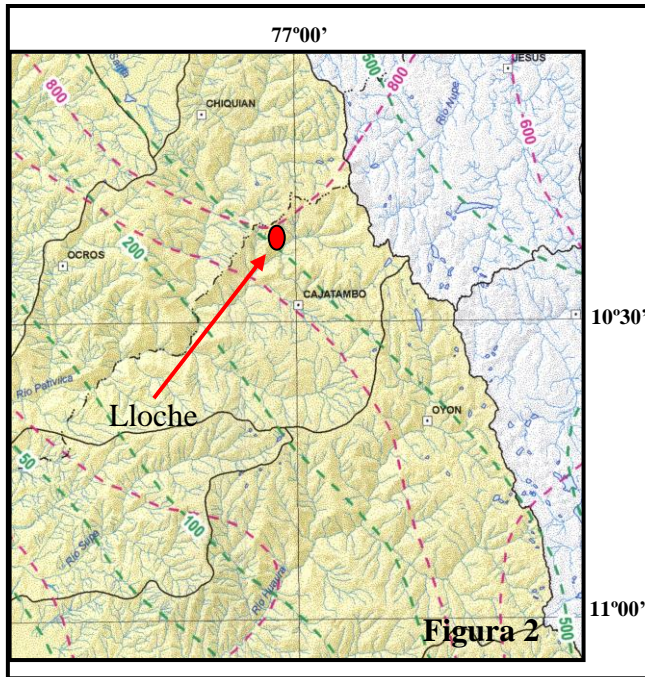
La población en un 90% se dedica a labores de agricultura como cultivos de granadilla, blanquillo y palto, entre otros. El otro 10% a labores de ganadería como crianza de ganado vacuno.

Este centro poblado cuenta con servicios básicos de luz, desagüe, y agua potable.

El transporte urbano es por medio de transporte interprovincial y de camionetas rurales, las cuales pasan diariamente por este centro poblado.

1.4 Clima

Las precipitaciones en la zona son de tipo estacional, se presenta entre los meses de Diciembre a Abril. Según el mapa de precipitaciones pluviales acumuladas para el periodo lluvioso septiembre-mayo esta entre 200 a 500 mm, y para el periodo lluvioso de El Niño 1997/1998 fue entre 400 a 600 mm (SENAMHI-2003). (Figura 2).



Mapa de precipitaciones pluviales acumuladas para el periodo lluvioso septiembre-mayo.

- Isoyetas de precipitación acumulada en el periodo lluvioso (Set-May) en mm.
- Isoyetas de precipitación acumulada en El Niño 1997/1998, en mm.

2. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS Y PENDIENTES

2.1 Geomorfología

Desde el punto de vista geomorfológico se han distinguido las siguientes unidades (Figura 3):

2.1.1 Montañas

Esta unidad se refiere a las elevaciones mayores de 300 m desde su nivel local. En el área de estudio esta unidad está ampliamente distribuida, abarca un área de 23 km², presenta laderas con pendientes moderadas a fuertes.

Las rocas involucradas son volcánicas como derrames lávicos, y rocas sedimentarias del tipo areniscas (Cobbing, J. et al 1996).

En ella se generan movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas).



Foto 2.- Se aprecia la unidad de montaña, sector Llocche.

2.1.2 Colinas

Esta unidad tiene un área de 0,03 km² del área de estudio, se encuentra ubicada en la parte baja de la quebrada Tumac y la confluencia con el río Rapay, tiene un largo de 30 m. y una altura menor a los 20 m.

Esta unidad ha sido cubierta parcialmente por el material aluvional proveniente de los flujos que han discurrido por la quebrada Tumac.

Los afloramientos que hay en esta unidad son areniscas, se pueden generar derrumbes y caídas de rocas.



Foto 3.- Colina, producto del proceso erosivo en rocas sedimentarias (remante), ubicada en la desembocadura de la quebrada Tumac.

2.1.2 Llanura Aluvial

Son depósitos que presentan superficiales llanas a planas, ubicadas inmediatamente del borde del río Rapay y de la quebrada Tumac (Foto 4). Esta área comprende en un 0,79 km² del área de estudio. Se distinguen dos tipos de terrazas.

- a) **Terrazas bajas.** Esta unidad se encuentra a lo largo de las quebrada Tumac y del río Rapay, por ambas márgenes, se caracterizan por tener de alturas menores a 2.00 m, en ella se presentan inundaciones y erosiones fluviales.
- b) **Terrazas altas.** Esta unidad se encuentra inmediatamente posterior a la zona de terrazas bajas, se caracteriza por tener alturas mayores a 2 m. En los lugares donde no se presenta la terraza baja, se forman erosiones fluviales, más no inundaciones de tipo fluvial.

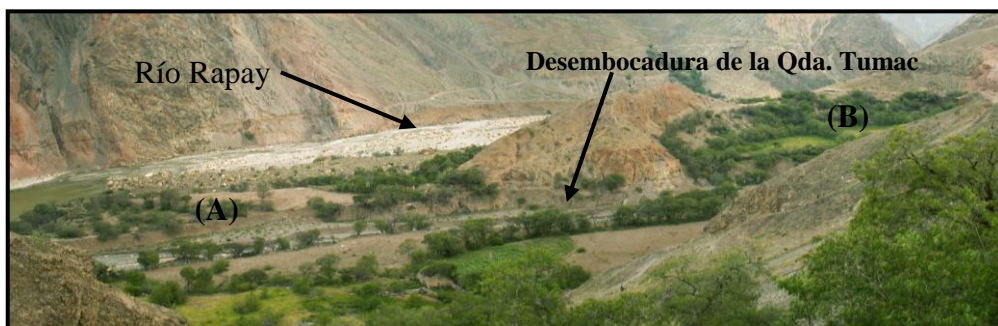


Foto 4.- Llanura aluvial, se observa la terraza baja (A), y la terraza alta (B), sector de la desembocadura de la quebrada Tumac.

2.1.4 Piedemontes

Se refiere a los depósitos ubicados en las vertientes de las laderas generados por movimientos en masa, abarcan un área de 4.9 km² del área de estudio. Se tiene los depósitos de deslizamientos, dan laderas con morfología cóncavo-convexa (Foto 5 y 6), en caso de una reactivación de ellos se pueden generar nuevamente deslizamientos o derrumbes.



Foto 5.- Depósitos de piedemonte, formados por la acumulación de material del deslizamiento. Sector de Llocche



Foto 6.- Depósitos de piedemonte, sector carretera Tumac-Llocche.

2.2 Pendientes de los Terrenos

Se han distinguido las siguientes pendientes:

Menor a 5°

Este tipo de pendiente involucra las terrazas formadas por el cauce del río Rapay y la desembocadura de la quebrada Tumac (Foto 4), también involucra las terrazas bajas que ha formado la quebrada Tumac. Esta unidad esta sujeta a inundaciones y erosiones fluviales.

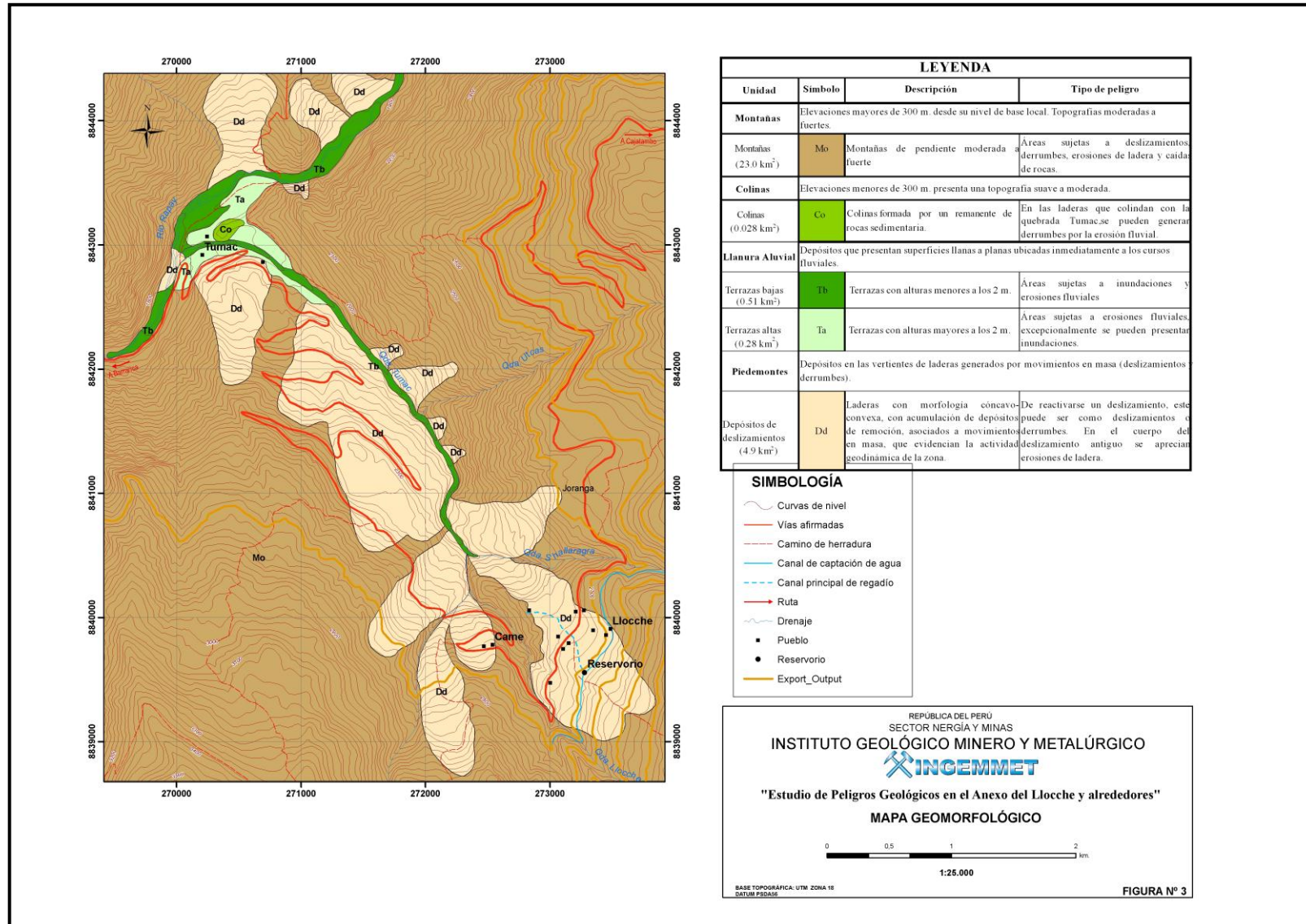
Pendiente entre 5° a 20°

Este tipo de pendiente la forma una lomada (remanente), ubicado en la desembocadura de la quebrada Tumac (Foto 3). En ella se pueden presentar caídas de rocas.

Pendiente entre 20° a 25°

Esta pendiente se encuentra en las laderas de la margen izquierda de la quebrada Tumac, donde se encuentran deslizamientos; también se aprecia en los alrededores del poblado de Llocche (Foto 1 y 5).

Esta unidad es susceptible a la generación de deslizamientos y derrumbes; en este tipo de pendiente se genero el deslizamiento de Llocche.



Evaluación de los peligros geológicos que afectan al Anexo de Llocche

Pendiente mayor de 25°

Este tipo de pendiente catalogado como pendiente fuerte, comprende a laderas de las montañas (Foto 7). Este rango de pendiente genera laderas inestables.

En ella se han presentado deslizamientos, erosiones en cárcavas, flujos y caídas de rocas.



Foto 7.- Montaña con pendientes mayores a los 25°. Sector de Llocche.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Según lo observado en campo, y del mapa geológico (Cobbing, et al, 1996) hay afloramientos de secuencias sedimentarias pertenecientes a la formación Chimu, y derrames lávicos del grupo Casma.

3.1 Secuencias sedimentarias

Las secuencias sedimentarias son areniscas, con intercalaciones de limonitas.

En la formación sedimentaria se observan cicatrices de grandes movimientos en masa como deslizamientos, de los cuales algunos se han reactivado.

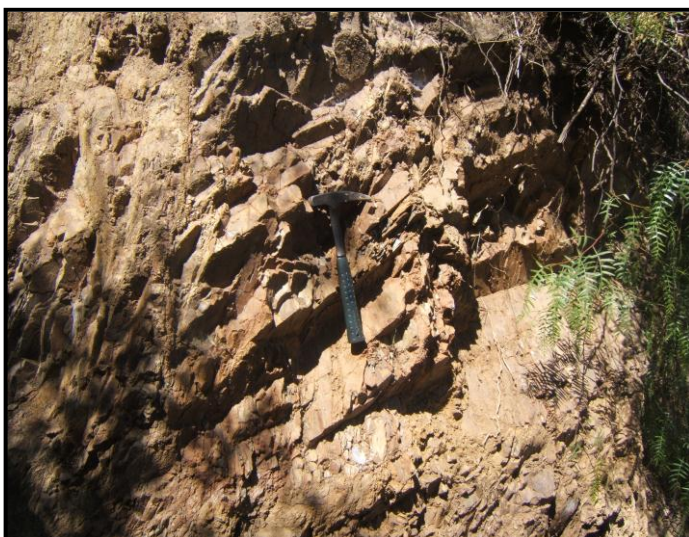


Foto 8.- secuencia de areniscas con lutitas. Sector de Llocche.

3.2 Rocas volcánicas

La secuencia volcánica esta conformada por derrames lávicos, en este tipo de litología generalmente se forman derrumbes o caídas de rocas.



Foto 9.- Afloramiento de rocas volcánicas, derrames lávicos andesíticos. Sector carretera Tumac-Llocche.

4. TERRENOS DE FUNDACIÓN

En el perfil de la escarpa principal del deslizamiento de Llocche, se han observado hasta cuatro secuencias (Foto 10)

a) Arcillo-limoso (1)

Este tiene un espesor variable entre 0,30 a 2,0 m, es de color beige oscuro, medianamente compacto.

b) Areno-limoso (2)

Este tiene un espesor que varía entre 1,0 a 2,0 m, es color beige, medianamente denso.

c) Grava-arenosa (3)

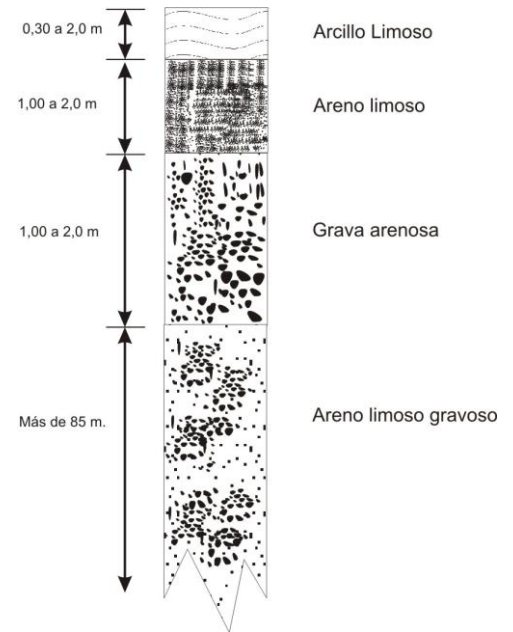
Esta secuencia tiene un espesor entre 1.0 a 2.0 m, color gris blanquecino, conformada por grava en matriz arenosa y escasamente bloques, estos últimos llegan a tener longitudes de hasta de 0.5 m, los fragmentos se presentan de formas angulosas.

d) Areno-limoso-gravoso (4)

Secuencia con más de 85 m, observables, suelto a medianamente denso, color beige claro, húmedo. Se observó que entre los 30 a 40 m. de profundidad cuatro ojos de agua. En el día de la inspección según versiones de los lugareños hace una semana estos ojos de agua eran tres y en el transcurso de los días ha aparecido otro pero de mayor caudal.



Foto 10.- Perfil del terreno, y las diferentes secuencias de suelos.



5. PELIGROS GEOLÓGICOS.

Se han distinguido diferentes tipos de de peligros geológicos como: deslizamientos, flujos, caídas de rocas y erosión de laderas (cárcavas), como también áreas susceptibles a inundaciones y erosiones fluviales (Figura 4).

5.1 Deslizamiento de Llocche (1):

- a) Ubicación: Anexo de Llocche.
- b) Causas: rocas sedimentarias alteradas (muy meteorizada), fracturadas, precipitaciones pluviales inensas, pendiente del terreno.
- c) Características (Fotos 11, 12, 13 y 14)
 - Longitud de la Corona: 120 m
 - Longitud de la escarpa al pie del deslizamiento: 1,850 m.
 - Este deslizamiento se ha reactivado la parte inferior (Este se trata en el ítem siguiente)
 - Se observan puquiales en su cuerpo del deslizamiento.
 - No se observa agrietamientos recientes en el cuerpo del deslizamiento.
- d) Otras observaciones:

- En el cuerpo del deslizamiento antiguo se encuentran canales de regadío sin revestir.
 - Existen dos reservorios revestidos de concreto, pero los canales de captación están parcialmente revestidos.
 - Se observó varios puquiales, donde la afluencia de agua no es captada, y se infiltra en el terreno.
 - Existen algunos ojos de agua que son captados hacia el canal principal de regadío.
- e) Recomendaciones:
- Revestir los canales de regadío y de captación de agua.
 - Hacer captaciones y drenaje de puquiales.
 - Reforestar la zona.
 - Si en el futuro se presentaran vestigios de reactivaciones del deslizamiento, solicitar asesoramiento al INGEMMET o INDECI, para mitigar sus efectos.



Foto 11.- Vista panorámica del deslizamiento de Llocche.



Foto 12.- Canal principal de regadío sin revestir.



Foto 13.- Reservorio de agua, destinado para labores agrícolas.

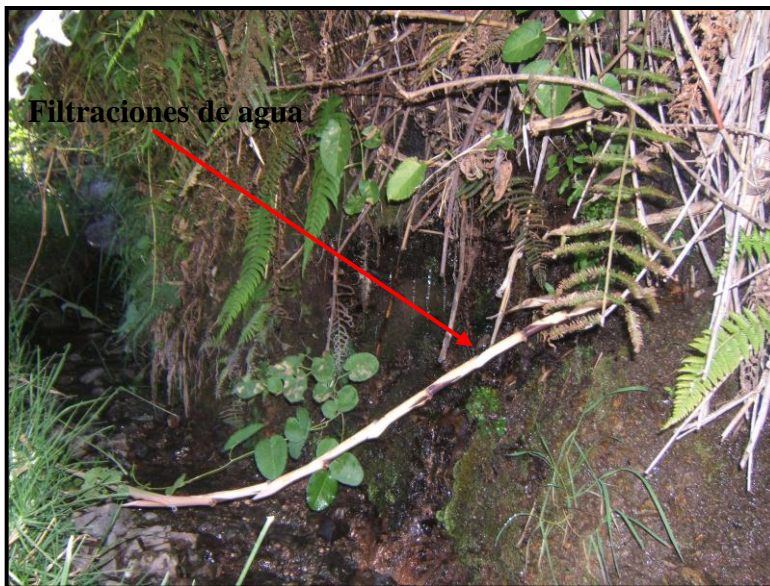


Foto 14.- Filtraciones de agua que vierte su caudal hacia el canal de regadío

5.1.1. Deslizamiento reactivado de Llocche.

- a) Ubicación: Noroeste del anexo de Llocche.
- b) Causas: Filtraciones de agua hacia el terreno por parte del canal de regadío (sin revestimiento), malas técnicas de regadío (inundación), rocas sedimentarias muy alteradas, precipitaciones pluviales intensas.
- c) Características (Fotos 1, 5, 10, 15, 16 y 17).
 - Longitud de la escarpa: 220 m.
 - Salto de escarpa principal: 100 m.
 - Velocidad del movimiento: Rápido
 - Avance del deslizamiento: Retrogesivo
 - Agrietamientos: Longitudinales de 20 a 30 m, separaciones entre 5 a 10 cm.

- Distancia recorrida del flujo: 4,800 m.
- Volumen de material deslizado: 455,700 m³.
- Otras Observaciones: Por versiones de los lugareños hace ocho años atrás, antes que ocurriera el deslizamiento, en el terreno afectado se empezaron a formar agrietamientos.

En la escarpa (en la pared) del deslizamiento a una profundidad de 50 m se observan hasta cuatro ojos de agua, con caudales de hasta de 0.50 lt/seg.

- El material que se deslizo represó a la quebrada Shallaragra que a su desembalse formó un flujo que se canalizó por la quebrada Tumac, y llegó a represar al río Rapay por pocos minutos.

d) Daños causados: 12 hectáreas destinadas a cultivo y actividades agropecuarias.

e) Recomendaciones:

- Revestir todos los canales como los de captación, de regadío y los secundarios.
- Cambiar el sistema de regadío de sus terrenos de cultivo, no hacerlo por inundación.
- Captación de todas las puquiales, hacia el canal principal de regadío o la captación de agua potable, mediante un sistema de drenaje, tipo espina de pescado (figura 8).



Foto 15.- Vista del noroeste del Deslizamiento de Llocche, se aprecia su longitud, altura de escarpa y las filtraciones de agua en la escarpa.



Foto 16.- Vista del lado suroeste del deslizamiento, en la escarpa se aprecian zonas con filtraciones de agua y parte del flujo



Foto 17.- Agrietamientos, cerca de la corona del deslizamiento.

5.2 Flujo de Tumac (2).

- a) Ubicación: Anexo de Llocche.
- b) Causas: Precipitaciones pluviales intensas, pendiente del terreno, material suelto proveniente del deslizamiento.
- c) Características (Foto 18, 19 y 20).
 - Por la quebrada a lo largo de su historia ha tenido varios eventos, tal como lo muestra los diferentes depósitos en su desembocadura.
 - En la desembocadura de la quebrada Tumac se ha formado un abanico.
 - El material del flujo es muy heterogéneo, tiene un 60% de material grueso (gravas, bloques) y un 40 % por material fino (arenas y limos).
- d) Daños Causados:
 - Destrucción del puente en construcción Tumac-Copa.
 - El flujo destruyó parte de la carretera de acceso Tumac-Copa en un tramo de 100 m.
 - Represo temporalmente al río Rapay.
- e) Recomendaciones:
 - La zona del abanico no es recomendable para construcciones de obras civiles y menos para vivienda.
 - Colocar muros escalonados a lo largo de la quebrada para atenuar el efecto del flujo.
 - Reubicar el puente Tumac-Copa, aguas abajo del río Rapay, fuera de la influencia de la quebrada.



Foto: Villacorta S. (2007)

Foto 18.- Apréciase la desembocadura de la quebrada Tumac hacia el río Rapay.



Foto 19.- Flujo que bajo por la quebrada Tumac, hacia el río Rapay, llegando a represarlo, como evidencia tenemos la formación de una laguna.



Foto 20.- Vista de parte del estribo derecho del puente que fue destruido por el flujo que bajo por la quebrada Tumac.

5.3 Deslizamientos en la carretera Tumac-Aguas termales Llocche-Llocche (3).

- a) Ubicación: Carretera afirmada Tumac – Llocche, margen izquierda de la quebrada Tumac.
- b) Causas: Precipitaciones pluviales intensas, pendiente del terreno, roca muy alterada, filtraciones de agua sobre el terreno.
- c) Características (Foto 21):
 - Longitud de la escarpa: 100 m.
 - Salto de escarpa principal: 120 m.
 - Avance del deslizamiento: Progresivo
 - Agrietamientos: Se observan en los deslizamientos reactivados son de formas longitudinales.

- Otras Observaciones: Este deslizamiento se ha reactivado en tres sectores, donde las coronas tienen longitudes menores a los 120 m. y saltos menores a los 20 m.

Las causas de la reactivación del deslizamiento son: corte de talud de la carretera de acceso, precipitaciones pluviales intensas, filtraciones de aguas superficiales, areniscas de mala calidad.

d) Daños Causados:

- Ha afectado en diferentes tramos a la carretera de acceso Tumac-Llocche (tramos comprendidos entre 100 a 200 m).
- Pastizales 5 hectáreas.

f) Recomendaciones:

- Mejorar talud de corte de carretera.
- Hacer un sistema de drenaje desde la parte alta para impedir la infiltración de agua de lluvia al subsuelo.
- Si se piensa en un futuro ampliar esta carretera para ser asfaltada, sería conveniente cambiar el trazo de carretera en este tramo.



Foto 21.- Deslizamiento ubicado en la carretera Tumac-Llocche, se aprecian los agrietamientos.

5.4 Deslizamiento en la margen derecha de la quebrada Shallaragra (4).

- a) Ubicación: Se encuentra entre la margen derecha del quebrada Shallaragra y el sector de Joronga.
- b) Causas: Fuertes precipitaciones pluviales, pendiente del terreno, roca muy alterada.
- c) Características:
- Longitud de la escarpa: 130 m.
 - Salto de escarpa principal: 20 m.
 - Avance del deslizamiento: Retrogresivo
 - Agrietamientos: Se presentan en la zona reactivada.
 - Otras observaciones: Cuando se generó este deslizamiento obturo a la quebrada Tumac y la quebrada Shallaragra, es posible que el desembalse haya generado un flujo que se canalizó por la quebrada Tumac, hasta llegar al río Rapay, al cual también habría represado.

Dentro de este deslizamiento se presentan tres reactivaciones, las causas son: erosiones fluviales de la quebrada Tumac, pendiente fuerte y precipitaciones pluviales intensas.

- e) Daños Causados:
 - La reactivación del deslizamiento incrementó con material suelto a las quebradas Shallaragra y Tumac, lo que ayudo a la generación de flujos.
- f) Recomendaciones:
 - Reforestar toda el área.
 - Hacer un sistema de drenaje para impedir la infiltración de agua al subsuelo (aplicar sistemas de andenerías).

5.5 Deslizamiento en la carretera Tumac-Llocche margen izquierda de la quebrada Tumac (5).

- a) Ubicación: Carretera Tumac Llocche, a 2,500 m de Tumac .
- b) Causas: Precipitaciones pluviales intensas, pendiente del terreno, areniscas de mala calidad.
- c) Características:
 - Longitud de la escarpa: 400 m.
 - Salto de escarpa principal: 20 m.
 - Avance del deslizamiento: estabilizado.
 - En el terreno se observan escarpas secundarias, que no presentan movimiento.
 - Distancia de la corona al pie del deslizamiento: 980 m.
 - Otras observaciones: La carretera de accesos cruza al deslizamiento en 6 tramos, en los cuales no se presenta zonas reactivadas como deslizamiento, pero si muestra zonas de derrumbes o de caídas de rocas, los cuales tienen longitudes no mayores a 20 m y alturas entre los 10 a 20 m.
- d) Posibles daños a causar.
 - a. Si se llega a reactivar podría afectar a la carretera Tumac-Llocche.
 - b. Puede afectar las instalaciones de la fuente termal Llocche.
- e) Recomendaciones:
 - Para la zona donde se presentan caídas de rocas, se deben desatar las rocas sueltas, y para la zona de derrumbes se debe mejorar el talud de corte de carretera.

5.6 Deslizamiento de Tumac (6).

- a) Ubicación: Tumac
- b) Causas: Precipitaciones pluviales intesas, pendiente del terreno, areniscas de mala calidad.
- c) Características:
 - Longitud de la escarpa: 100 m.
 - Salto de escarpa principal: 30 m.
 - Avance del deslizamiento: estabilizado.

- En el terreno se observan escarpas secundarias, no muestran signos de movimientos recientes.
- Distancia de la corona al pie del deslizamiento: 1,100 m.
- Otras observaciones: La carretera de acceso cruza al deslizamiento en 2 tramos, en los cuales no se presenta zonas reactivadas como deslizamiento, pero si muestra zonas de derrumbes o de caídas de rocas, los cuales tienen longitudes menores a 20 m y alturas entre los 10 a 20 m.

Este deslizamiento, por la forma como termina en su pie, es seguro que ha represado a la quebrada Tumac en un tramo de 700 m, por el cauce de la quebrada Tumac se desplazo hacia la margen derecha.

d) Posibles daños a causar:

- a. Si se llega a reactivar afectaría la carretera Tumac-Llocche en un tramo de 1 km.

f) Recomendaciones:

- Para la zona donde se presentan caídas de rocas, se deben desatar la las rocas sueltas, y para la zona de derrumbes se debe mejorar el talud de corte de carretera.
- Reforestar el área.

5.7 Derrumbes en la margen derecha de la quebrada Tumac (7).

a) Ubicación: Frente de las aguas termales de Llocche.

b) Causas: Precipitaciones pluviales intensas, pendiente del terreno, areniscas de mala calidad.

c) Características:

- Longitud del arranque: entre 120 m.
- Tipo de ruptura: mixta.
- Forma de la zona de arranque: irregular y continua.
- En su cuerpo se presentan algunos bloques sueltos aislados.
- Se presentan erosiones en cárcavas en su cuerpo.

d) Posibles daños a causar:

- Puede alimentar a la quebrada con los bloques sueltos.

e) Recomendaciones:

- Reforestar la zona.

5.8 Inundaciones (8).

a) Ubicación: Ambas márgenes del río Rapay.

b) Causas: Precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial, pendiente baja del terreno.

c) Características (Foto 22).

- Terrazas con alturas menores a 1 m, son propensas a inundarse en una extensión de 2 Km.
- La pendiente del río es menor a 1°.

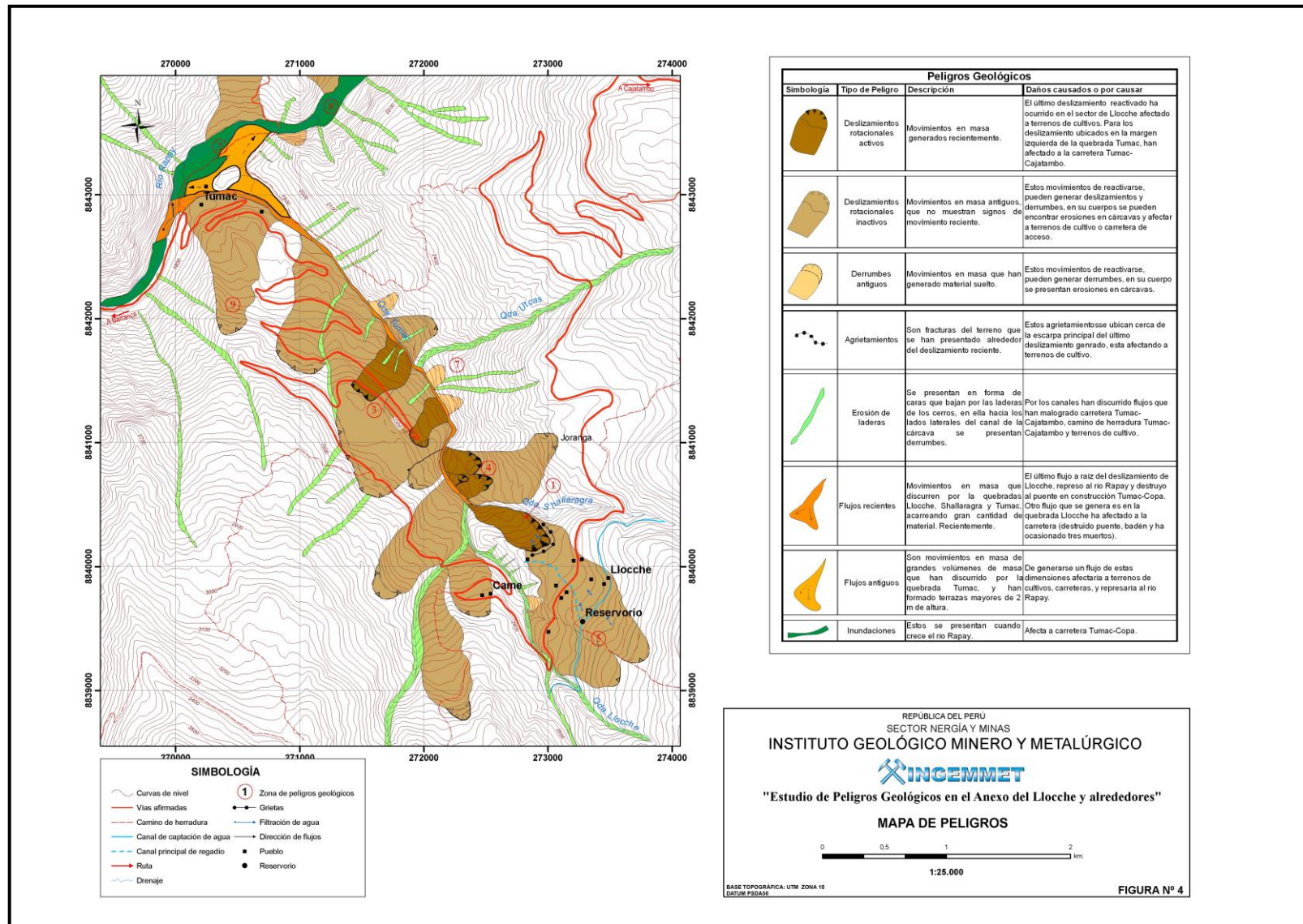
- El curso principal del río de tipo rectilíneo.
 - Se producen algunas erosiones en los bordes de la terraza, especialmente en tiempo de crecida.
- d) Daños causados
- Afecta carretera Tumac-Copa en un tramo 400 m.
- e) Recomendaciones.
- Reforestar la zona.
 - El trazo de carretera y del Puente Tumac, debe ser cambiado, por estar ubicado en una zona de inundación y además esta cerca de la influencia de la quebrada Tumac la cual trae huaycos.



Foto 22.- Zonas inundables del río Rapay.

5.9 Erosiones en cárcavas (9).

- a) Ubicación: Distribuidas en toda el área de estudio.
- b) Causas: Roca fracturada, de mala calidad, precipitaciones pluviales intensas, pendiente del terreno.
- c) Características (Foto 23):
- Se forman canales en las laderas de los cerros, en los cuerpos de los deslizamientos y derrumbes.
 - En los bordes de los canales de la cárcava se forman derrumbes, por el proceso de ensanchamiento.
 - En las quebradas Utcas y Llocche, se presentan erosiones en cárcavas, y derrumbes en los bordes del canal, esto trae consigo mucho material suelto sobre el lecho del canal, al haber mucho material suelto en el canal en tiempos de lluvia se generan flujos, son zonas muy inestables.
 - Alimentan con material suelto a la quebrada Tumac.
- d) Daños causados
- En la margen derecha de la quebrada Tumac han afectado al camino de herradura Tumac-Cajatambo.



Evaluación de los peligros geológicos que afectan al Anexo de Llocche

- Afectan por varios tramos de la carretera Tumac-Llocche-Cajatambo.
- La quebrada Llocche, ha afectado a badén, destruido puente, y el año pasado trajo pérdidas personales.



Foto 23.- Erosiones en cárcavas, se aprecian derrumbes por ensanchamiento de la quebrada Utcas.



Foto 24.- Flujo que se genera en la quebrada Llocche, en tiempos de lluvia afecta a carretera.

6. SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA

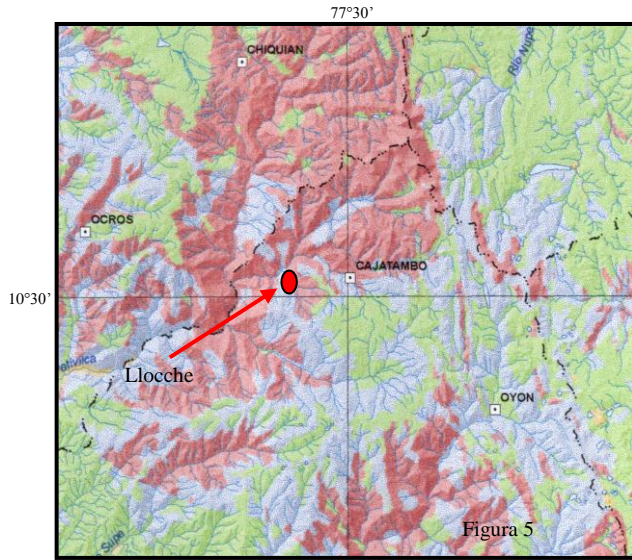
Según el trabajo de Riesgos Geológicos del Perú Franja N° 4, realizado por el Fidel, L, et al, el área de Llocche se ubica en una zona de muy alta susceptibilidad a los movimientos en masa (Figura 5).

En el inventario de peligros geológicos por movimientos en masa, se ha identificado deslizamientos (Figura 7).

Por la mala calidad de las rocas, pendientes de laderas medias a fuertes, rocas de alta permeabilidad e impermeables que permiten la retención del agua, todos estos factores intrínsecos permiten considerar al área como de alta susceptibilidad a los movimientos en masa.

Del mapa de Amenaza por movimientos en masa, donde intervienen las precipitaciones pluviales del Fenómeno El Niño 1997/1998 y sismicidad con un recurrencia de 50 años

(Fidel, L. et al 2006), el área en estudio esta comprendida en una zona de muy alta amenaza (Figura 6).

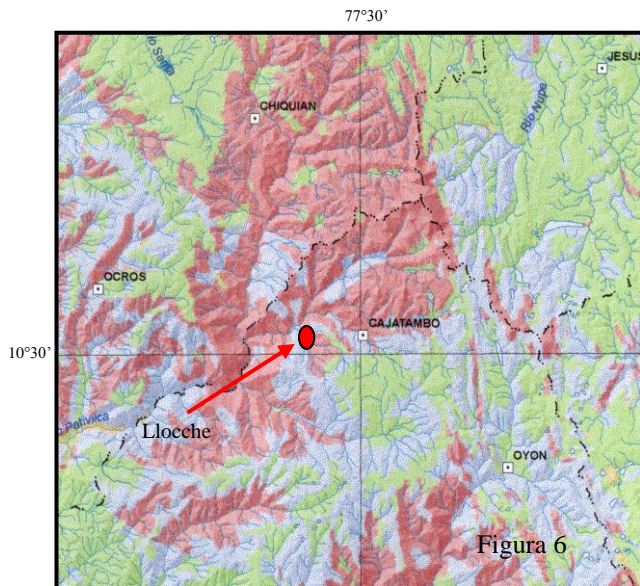


MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA

Categoría de susceptibilidad

- Moderada
- Alta
- Muy Alta

Fuente: Fidel, L. et al 2006.



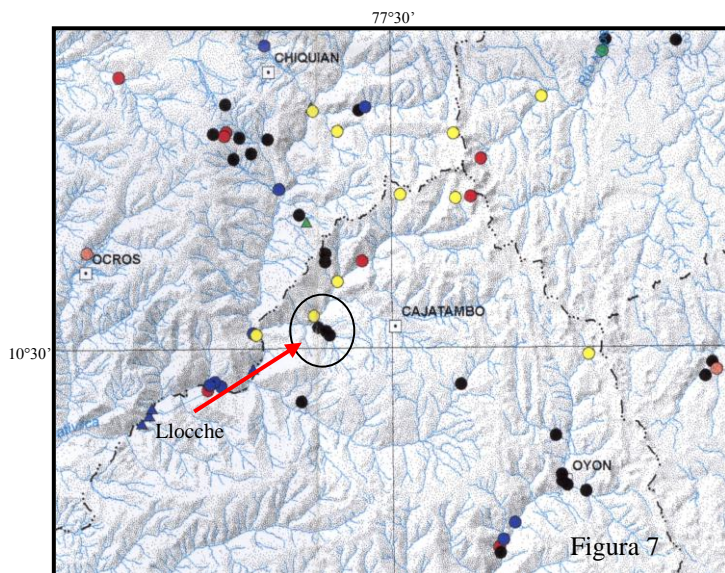
MAPA DE AMENAZA A LOS MOVIMIENTOS EN MASA

Aceleraciones sísmicas esperadas para un periodo de 50 años y probabilidad de 1%, precipitaciones acumuladas fenómeno El Niño 97798

CATEGORÍA DE AMENAZA

- Moderada
- Alta
- Muy Alta

Fuente: Fidel, L. et al 2006.



MAPA DE INVENTARIO DE PELIGROS GEOLÓGICOS

(Fuente Fidel, L. et al 2006)

TIPOS DE PELIGROS GEOLÓGICOS

- Deslizamientos
- Aluviones
- Caídas
- Erosión de laderas
- Reptación de suelos
- Flujos
- Movimiento complejo

7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Los flancos de la quebrada Tumac, muestra que mucha actividad geodinámica, tal como lo muestra los deslizamientos antiguos.

Los deslizamientos reactivados son por causa de las actividades del hombre, como son malas técnicas de regadío, cortes de talud de carretera, y la deforestación.

Antes que se presentará el deslizamiento, hace ocho años atrás, el terreno empezó a agrietarse, esto era un indicio que el terreno estaba perdiendo estabilidad.

La reactivación del deslizamiento de Llocche la causa principal son las filtraciones de agua hacia el terreno, por las malas técnicas de regadío (inundación) y la presencia de los canales de regadío sin revestimiento. Al estar el canal de regadío sin revestir es muy fácil que el agua que pasa por él se infiltre hacia el subsuelo. La acumulación de agua hacia el subsuelo por la infiltración, a través los años, hace que el terreno pierda estabilidad. Por medio de los agrietamientos fue fácil que se infiltre el agua proveniente de la lluvia además de las inundaciones del terreno, contribuyendo aun más el humedecimiento del terreno. Otra de las causas es que el substrato esta conformado por una roca (areniscas y limolitas) de mala calidad, la cual permite la filtración y retención del agua en el subsuelo. Dado todas estas condiciones, el día 07 de Abril se genero un deslizamiento de tipo rotacional.

Este nuevo deslizamiento presenta una corona con una longitud de 230 m, la altura de la escarpa es de 100 m, ha movilizado una masa de 445,700 m³, es de avance retrogresivo, porque se han presentado grietas paralelas a la escarpa principal a una distancia entre 10 a 12 m, la separación de las grietas es de 5 a 10 cm, con longitudes entre 10 a 30 m. La zona aun no esta estable, se seguirán presentándose nuevos movimientos en masa y que afecten a los terrenos de cultivo, esto será hasta donde se encuentra la última grieta. En el día de visita en la zona de escarpa se observo tres derrumbes de poca magnitud.

En la pared de la escarpa se observo hasta cuatro puntos de ojos de agua, llegando a tener caudales hasta de 0.5 l/s., esta agua es proveniente de las filtraciones.

La distancia de los agrietamientos encontrados en el terreno, hacia las viviendas del anexo de Llocche es de 100 m.

Al generarse el deslizamiento, llegó a represar a la quebrada Shallaragra, que al momento de su desembalse genera un flujo que se desplazó por la quebrada Tumac, y este a su vez represa por instantes al río Rapay.

Los daños que causaron estos movimientos en masa fueron, perdidas de 12 ha destinadas a terrenos de cultivo y labores pecuarias, y el puente en construcción Tumac-Copa.

Por otro lado en el cuerpo del antiguo deslizamiento de Llocche, desde la parte central al alta, donde se ubica el anexo de Llocche, se ha observado filtraciones de agua (puquiales). Se tiene también los reservorios de agua para labores agrícolas y agua potable, la captación del agua es por medio de canales los cuales se encuentran parcialmente revestidos.

Por lo comentado, las filtraciones de agua hacia el subsuelo se están dando y de no darle solución lo que va a generar que el terreno con el tiempo perdiera estabilidad, a esto hay

que agregarle que la roca es de mala calidad, la cual permite la infiltración de agua y retenga parte de ella. Esto contribuiría a la generación de una nueva reactivación del deslizamiento el cual si afectaría al anexo de Llocche y terrenos de cultivo.

8. MEDIDAS CORRECTIVAS

a) A corto plazo

- Hacer un drenaje de tipo espina de pescado (Figura 8), para captar los puquiales, los cuales deben ser revestidos.
- Es necesario que todos los canales de regadío y de captación sean revestidos, hacer una captación de los puquiales que deben canalizarse hacia el canal de captación para el reservorio de agua o al canal principal de regadío. Así se evitara la infiltración de agua hacia el subsuelo.

b) A largo plazo

- Reforestar la zona
- Para la quebrada Tumac, hacer muros escalonados para atenuar los efectos de los flujos.
- Para la quebrada Llocche, debe construirse un puente de mayor luz, para evitar pasar por el lecho de la misma quebrada.
- El futuro puente Tumac-Copa, debe ubicarse fuera de la influencia de la quebrada Tumac.
- Reforestar toda la zona.

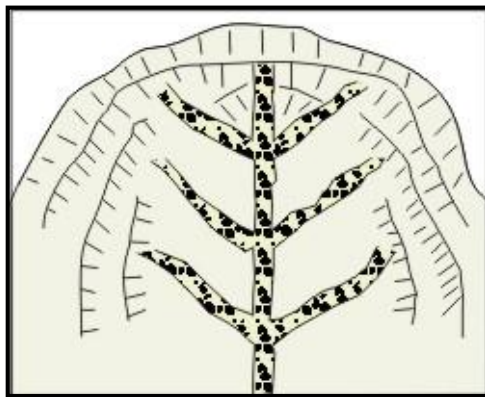


Figura 8.- Dren en tipo espina de pescado

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- a. El deslizamiento que se ha presentado en el poblado de Llocche, es producto del mal manejo de agua destinado para las labores agrícolas, como el mal sistema de regadío que es por inundación, los canales de regadío y de captación de agua sin revestir.
- b. Las zonas de agrietamiento deben ser obturadas para evitar la infiltración de agua hacia el subsuelo.

- c. Todos los canales de regadío, de captación de agua para los reservorios, deben ser revestidos. Los puquiales deben ser captados para evitar la infiltración de agua al subsuelo. De persistir este problema de la infiltración de agua es muy seguro que en tiempo próximo se presente otra reactivación del deslizamiento, pero esta vez afectaría las viviendas de Llocche, carretera Tumac-Cajatambo y terrenos cultivo.
- d. Deben cambiar el sistema de riego de los terrenos de cultivo, no deben usar el tipo de inundación. Para ello deben pedir asesoramiento de profesionales entendidos en la materia.
- e. Para zona de la quebrada Llocche, donde todos los años trae flujo, es necesario cambiar el trazo de carretera y evitar pasar por el lecho de la quebrada. Esta quebrada ya ha destruido puente, badén y también ha causado pérdidas humanas.
- f. Con respecto al nuevo puente Tumac-Copa, debe ser reubicado, fuera de la influencia de la quebrada Tumac.
- g. Para el sector de la carretera Tumac-Llocche, donde se presenta el deslizamiento que se ha reactivado en dos lugares, es necesario hacer obras de drenaje, y evitar la infiltración de agua hacia el terreno.

BIBLIOGRAFÍA

- a. Instituto Nacional de Estadística e Informática **CENTROS POBLADOS: (INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE AL PRE-CENSO 1999)**. (<http://desa.inei.gob.pe/mapas/bid/>).
- b. Hernnans R. (2005) **PRIMER CURSO DE MOVIMIENTOS EN MASA**. Proyecto Multinacional Andino – Instituto Geológico Minero Metalúrgico.
- c. Cobbing, J, et al. (1996) **GEOLOGÍA DE LOS CUADRÁNGULOS DE HUARAZ, RECUAY, LA UNIÓN, CHIQUIAN Y YANAHUANCA**. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Serie “A” Carta Geológica Nacional. Boletín N° 76. 297 Págs.
- d. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) (2003), **MAPA DE PRECIPITACIÓN ANUAL-PERÍODO NORMAL (SEPTIEMBRE-MAYO)**. En INDECI, Atlas de Peligros Naturales. Lima. P. 310-311.
- e. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2003), **MAPA DE PRECIPITACIÓN ACUMULADA “EL NIÑO 97/98”**. En INDECI, Atlas de Peligros Naturales. Lima. P. 316-317

- f. Fidel, L., et al (2006). **ESTUDIO DE RIESGO GEOLÓGICOS DEL PERÚ FRANJA N° 4**. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Serie “C” Geodinámica e Ingeniería Geológica. Boletín N° 29. 376 Págs.