

Informe Técnico N° A6579

Inspección Técnica:

Derrumbe en la localidad de Tuti

Distrito de Tuti, provincia de Cailloma - Región Arequipa

POR:

BILBERTO ZAVALA CARRIÓN

OCTUBRE 2011



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

INSPECCIÓN TÉCNICA DEL DERRUMBE EN LA LOCALIDAD DE TUTI
Distrito de Tuti, Provincia de Cailloma, Región Arequipa

CONTENIDO

1.0	INTRODUCCIÓN	3
2.0	UBICACIÓN Y CONTEXTO CLIMÁTICO	3
3.0	ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS	5
4.0	PELIGROS GEOLÓGICOS: DERRUMBE DE TUTI	6
5.0	CONDICIONES ACTUALES EN LA LADERA DEL CERRO SOLERA QUE AFECTA CANAL Y MEDIDAS CORRECTIVAS	11
	CONCLUSIONES	14
	RECOMENDACIONES	14

INSPECCIÓN TÉCNICA DEL DERRUMBE EN LA LOCALIDAD DE TUTI

Distrito de Tuti, Provincia de Cailloma, Región Arequipa

1. INTRODUCCIÓN

El Alcalde de la Municipalidad Distrital de Tuti, Provincia de Cailloma (a través de la Lic. Nancy Quiroz del Centro de Operaciones de Emergencia de Arequipa), solicitó el apoyo urgente del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), en relación al derrumbe de tierras ocurrido en dicha zona. Pedido que fue, formalizado por la Municipalidad Distrital de Tuti, con Oficio N°0321-2011-MD-TUTI.

Luego de las coordinaciones con la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico y la O.D. Arequipa, se dispuso que el Ing. Bilberto Zavala (quien se encontraba cerca de la zona del desastre), realizara una evaluación técnica del evento: **movimiento en masa** ocurrido en el cerro Solera, localidad y Distrito de Tuti, Provincia de Cailloma, Arequipa. Dicha inspección de campo se realizó conjuntamente con el Alcalde y algunos Regidores del Municipio local el 07/10/2011.

Este informe se pone en consideración de las Autoridades regionales y locales con injerencia en el ámbito de la Municipalidad Distrital de Tuti. Se basa en las observaciones de campo realizadas durante la inspección, interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales, versiones de los lugareños, así como de la información disponible de trabajos realizados anteriormente en el área de estudio.

2. UBICACIÓN Y CONTEXTO CLIMÁTICO

El sector donde se produjo el evento de movimiento en masa de rocas, se encuentra ubicado en la jurisdicción del distrito de Tuti, provincia de Cailloma, departamento de Arequipa. Para acceder a la zona de estudio desde Arequipa se hace por la vía asfaltada Arequipa – Patapampa-Chivay- Tuti (Aprox. 180 km).

El poblado de Tuti, a una altitud de 3780 msnm, considerando la clasificación de regiones naturales del País (Pulgar Vidal, 1987), se encuentra ubicado en el piso sunio jalca. Este se extiende altitudinalmente entre los 3500 y 4000 msnm.

En esta zona el índice de precipitaciones pluviales es muy alto, principalmente entre los meses de diciembre a marzo. Las temperaturas son rigurosas, con grandes oscilaciones térmicas entre el día y la noche. El clima se caracteriza por ser frío, húmedo y nublado en el mayor tiempo del año. Con precipitaciones abundantes y en ocasiones se producen heladas intensas.

La vegetación típica de la zona es variada, se nota la presencia de sauco, cantuta, cola de zorro, wiñay-wayna, quinua, cañihua, tarhui entre otras. Se siembra generalmente papa, cebada y trigo.



Foto 1. Valle del Colca visto aguas arriba donde se aprecia el poblado de Tuti, ubicado sobre una terraza aluvial y limitada por colinas y cerros de naturaleza volcánica. En rojo se resalta la zona del derrumbe ocurrido el 03/10/2011 que afectó canal de Tuti y causó cuatro muertos.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS

Tuti se ubica en la margen derecha del río Colca, sobre depósitos superficiales recientes de origen proluvial y rodeada de alineamientos montañosos y colinosos. Localmente se tiene una culminación de estos últimos, con algo más de 100 metros de altura y pendiente subvertical (mayor a 75°). Esta geoformaha sido cortada para la construcción un canal de irrigación, con una sección transversal de 50 x 50 cm que discurre de norte a sur (Ver Fotos 1 y 2).

El substrato rocoso está compuesto por rocas predominantemente volcánicas a volcánico – sedimentarias. Localmente en el cerro Solera, ubicado al suroeste de la localidad de Tuti, se aprecia una alternancia de brechas o aglomerados volcánicos de coloración gris verdosa, de textura afanítica y masivos en la base; así como niveles de lavas andesíticas moderadamente alteradas y medianamente fracturadas. La pseudo – estratificación presenta un rumbo promedio $N70^\circ E$ y un buzamiento $20^\circ NO$. Secuencias volcánicas que corresponden a parte del Grupo Tacaza (Mioceno), expuesto a ambas márgenes del valle. La secuencia descrita es atravesada, muy localmente, por un dique de andesita porfirítica, muy fracturado con un grosor entre 4a6 m (Foto 2).

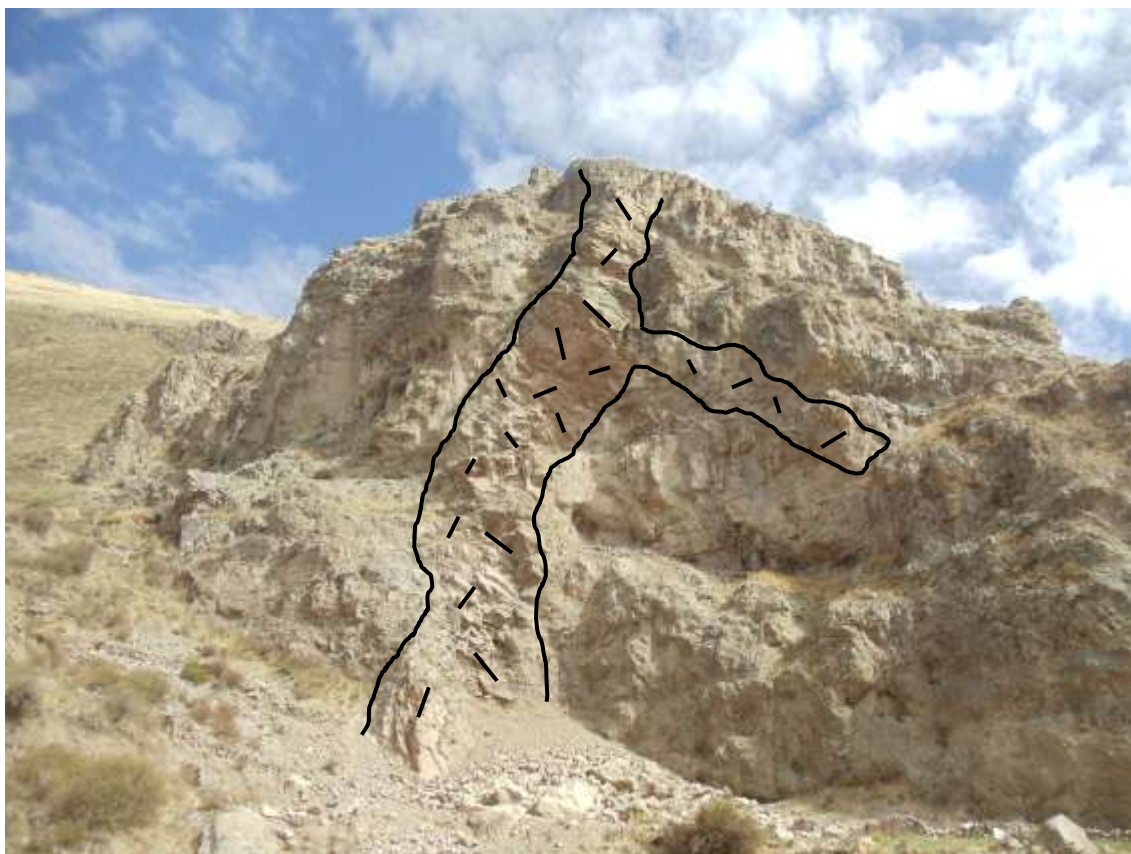


Foto 2. Vista que resalta el cuerpo irregular de un dique hipabisal o intrusivo que corta una secuencia alternada de capas volcanoclásticas y lávicas (roca encajonante). La zona del derrumbe se dio en el cuerpo del dique, la cual se presenta más fracturada.

El fracturamiento principal, casi paralelo al talud de la ladera, presenta un rumbo $N70^\circ E - 85^\circ SE$, generalmente espaciado en los aglomerados. Hacia la ladera norte del cerro se tiene un sistema de fracturas predominante con un rumbo $N70^\circ E - 78^\circ NE$ (Ver Foto 3).

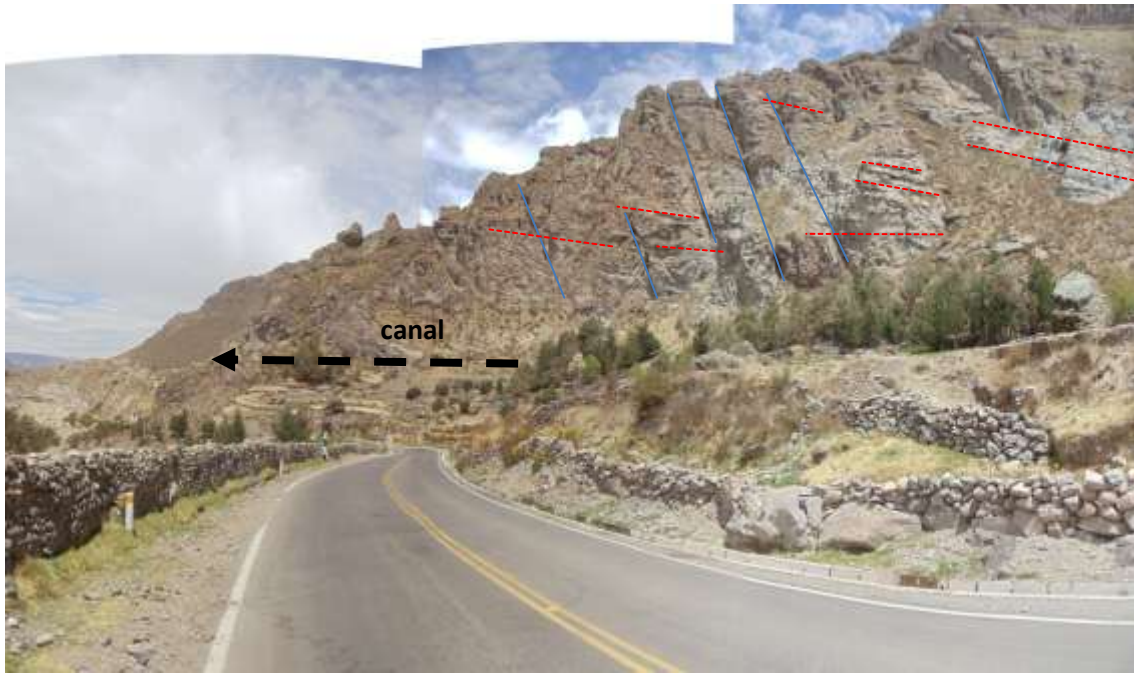


Foto 3. Vista hacia el sur de Tuti en la ladera del cerro Solera (opuesta a la zona del derrumbe). Se distingue la pseudo-estratificación (líneas en azul con buzamiento al NO, así como un sistema predominante de fracturas subverticales (líneas en rojo) con buzamiento también al NE. En doble línea gruesa se resalta una parte del canal.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS: DERRUMBE DE TUTI

Durante la inspección técnica de la zona de Tuti, se pudo determinar que fue afectada por un movimiento en masa de tipo Caída, que usualmente se conoce como **Derrumbe**, con origen en la ladera suroeste del cerro Solera.

Factores Condicionantes y Detonantes: Usualmente, en los Andes, los movimientos en masa son detonados por el clima (fuertes lluvias), movimientos sísmicos o por causas antrópicas (malas técnicas en riego, cortes inadecuados, deforestación, etc.). Las condiciones naturales del terreno (suelo o roca), expresadas en su grado de fracturamiento, alteración o meteorización y pendiente de las laderas, se ven afectadas por lluvias cortas e intensas, o prolongadas, por la vibración sísmica originada por sismos (locales o por subducción), o la modificación del talud para efectuar un corte para un canal o carretera.

En el caso particular de Tuti, el derrumbe fue condicionado por:

- La fuerte pendiente del talud en ladera del cerro Solera. Visto de perfil muestra una ladera con 75-80° de pendiente.
- El fracturamiento en las rocas volcánicas existentes, principalmente en el dique de andesita, y su grado de alteración. El arreglo estructural del mismo, que favorece a las caídas (un sistema espaciado en los volcanoclásticos paralelo al talud y la estratificación con buzamiento suave contra – talud). El dique de andesita muestra cuatro sistemas principales de fracturas sistemas, cuyo arreglo estructural favorece a la rotura del macizo en cuñas y principalmente roturas planares. (Ver Foto 4).

- Presencia de bloques inestables, dejados en la construcción del canal existente, que por arreglo estructural desfavorable se derrumbó.



Foto 4. Detalle del dique intrusivo muy fracturado, en comparación a la roca encajonante. Se detallan en líneas de diferentes colores cuatro planos de fracturamiento principales, que originan bloques, los cuales se desprendieron con el derrumbe.

- No se encontró evidencia de filtración de aguas del canal que hagan suponer una saturación de la ladera o talud inferior

El derrumbe se encuentra cubriendo 50 metros del canal, encima del cual se presenta una pared inestable con bloques que pueden llegar a desprenderse en cualquier momento, debido a la inestabilidad que se ha generado (Foto 5).



Foto 5. Zona Crítica en el tramo del canal, que han cubierto por completo la sección del canal (tramo de 50 m). Nótese el tamaño de los bloques inferiores a 0,50 m y la pared superior a este con zonas inestables.

Pasando esta zona afectada por el derrumbe se tiene una zona relativamente estable, con predominio de las rocas volcánico-clásticas con pseudoestratificación y menos fracturadas (Foto 6).



Foto 6. Diferencia de litología en el corte del talud del canal que muestra una zona medianamente estable (A) y una zona inestable (B), donde se produjo el derrumbe del 03/10/2011. Se distingue también la estratificación subhorizontal contratalud en los volcanoclásticos (aglomerados) gris verdosos. La sección del canal de agua que conduce 70-80 L/s es de 50 x 50 cm.

En forma general se describe al derrumbe como un movimiento en masa súbito, que muestra una zona de arranque muy irregular, con una longitud promedio de 50 metros. La zona de arranque se ubicó a 12-15 metros encima del canal y el material caído se desplazó hacia abajo 65 a 70 m en dirección vertical (distancia de zona de arranque y pie del material caído). Se estima un promedio de material caído de 600 a 800 m³ de material rocoso, con desprendimiento de material rocoso de 0,50 hasta 2,50 metros de diámetro (Ver Fotos 7 y 8).



Fotos 7 y 8. Vista de los trabajos de remoción de escombros o rocas originado por el derrumbe, donde se puede distinguir el tamaño de los bloques caídos (Fotos proporcionadas por la municipalidad de Tuti).

5. CONDICIONES ACTUALES EN LA LADERA DEL CERRO SOLERA QUE AFECTA CANAL Y MEDIDAS CORRECTIVAS

La inestabilidad y características condicionantes existentes en la ladera (expuestas en las páginas anteriores), hacen suponer la ocurrencia de desprendimiento de bloques colgados en el substrato rocoso fracturado. Esto podría acelerarse con la ocurrencia de movimientos sísmicos y/o lluvias intensas. Las condiciones geológicas y geodinámicas para establecer un control de la inestabilidad de la ladera, así como la necesidad de uso de la infraestructura de irrigación que atraviesa la ladera del cerro Solera, pueden corregirse a través de las siguientes medidas de control:

- Conducción de agua del canal en el tramo afectado de aproximadamente 150 metros de manguera gruesa o polietileno, hasta que las condiciones de estabilidad de la ladera se reviertan. Las condiciones de pendiente y diferencia de nivel hacen posible que esta pueda funcionar en forma de un sifón. Esto debe estar acompañado con una malla de protección en la ladera inferior, para evitar posibles daños a transeúntes en el pie de la misma (Foto 9).



Foto 9. Ejemplo de barrera estática para protección de caída de rocas.

- Enmallado del talud con alambre galvanizado y anclado en zonas estables en los aglomerados volcánicos (Foto 10). La utilización de esta técnica de mallas protectoras, consiste en la instalación de mallas onduladas de alambre galvanizado con recubrimiento en PVC y pernos o varillas de acero anclados en la roca con una longitud entre 1 y 3 metros de profundidad, dependiendo de las características de roca o suelo. Con esta actividad se puede evitar los efectos de una piedra de hasta seis toneladas de peso.



Foto 10. Ejemplo de trabajos de colocación de enmallado para protección de caída de rocas y derrumbes en taludes rocosos con fuerte pendiente.

- Desquinche o eliminación de bloques inestables, realizado por personal técnico especializado. Este debe estar acompañado de combinación de técnicas usuales de perforación con avanzados procedimientos de escalada y colocación de mallas de protección.



Foto 11. Trabajos de desquinche utilizando paralelamente protección con enmallado en taludes inestables.

- Construcción de una variante del canal, para la cual sería necesaria la apertura de un túnel de conducción de agua de aproximadamente 120 –150m de longitud en el cerro Solera (Ver figura 1).

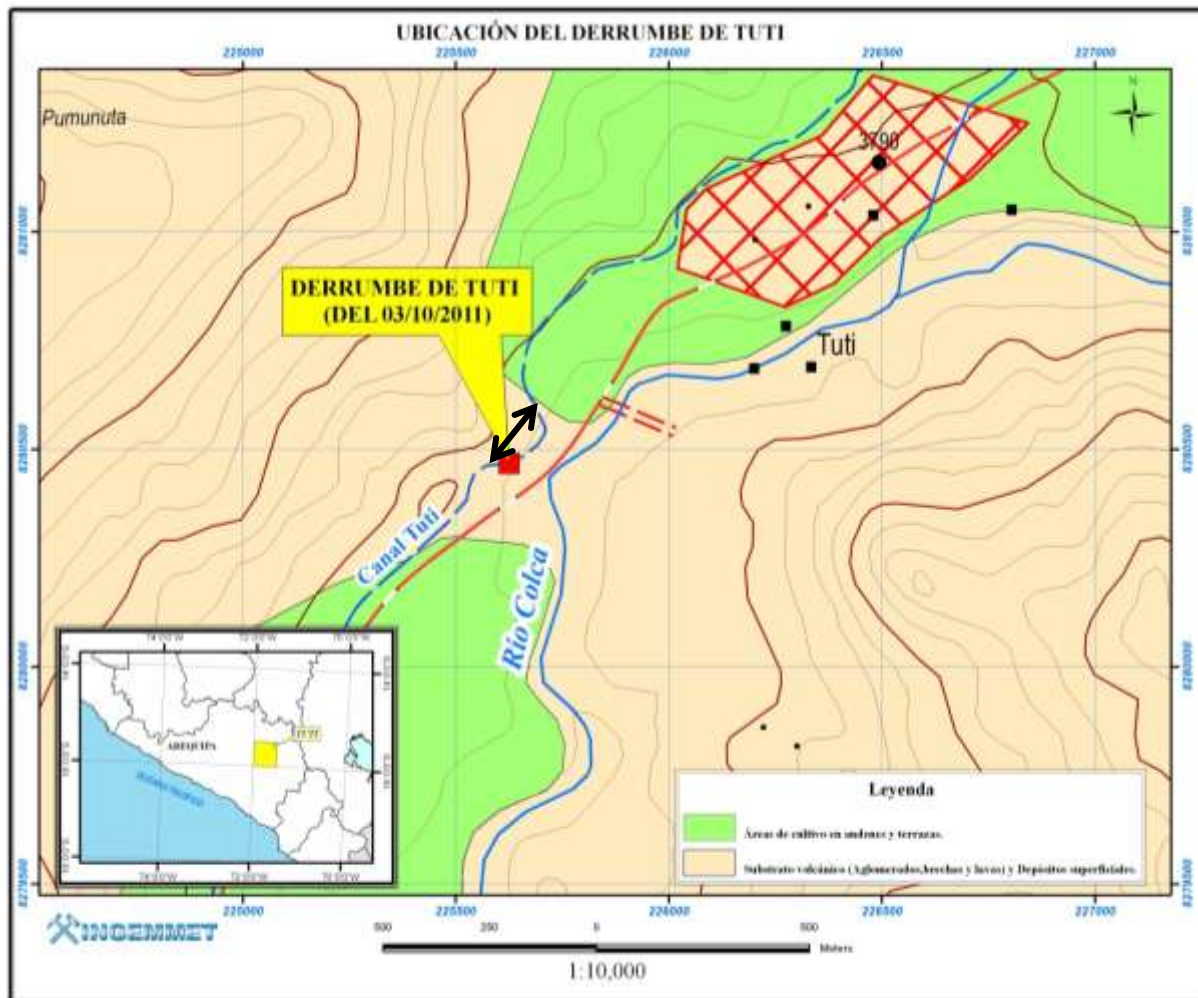


Figura 1. Muestra la ubicación del canal, el poblado de Tuti, sus áreas agrícolas y la zona de posible dirección del túnel, como variante del canal en la zona inestable.

CONCLUSIONES

1. El derrumbe de rocas en la ladera del cerro Solera ubicado cerca al poblado de Tuti, afectó un tramo de canal de 50 m de longitud. El cierre temporal de éste canal está afectando a un 80 % de la población de Tuti, la cual se abastece de este canal (70 – 80litros por segundo), para regar sus terrenos de cultivo.
2. Este movimiento en masa fue condicionado por las características de fracturamiento del material rocoso (dique de andesita fuertemente fracturado) y el arreglo estructural desfavorable con respecto al talud. El desprendimiento de material súbito originó la muerte de cuatro personas que al momento de desprenderse se encontraban en un camino de herradura ubicado al pie de ladera.
3. Las condiciones de inestabilidad actuales en la ladera (y la pendiente pronunciada del lugar) no permiten efectuar una labor de “desquinche o eliminación” de material caído y también de material a punto de desprenderse.
4. Dadas las observaciones de campo e interpretaciones geológicas, la necesidad apremiante de uso y apertura del canal de agua de Tuti, así como de un tramo de camino de herradura usado por los pobladores para llegar a sus tierras de cultivo, vulnerables a los efectos del derrumbe en la ladera del cerro Solera, hacen que esta zona se constituye de **PELIGRO INMINENTE**, tanto en temporadas de lluvias, como de la ocurrencia de un eventual movimiento sísmico.

RECOMENDACIONES

1. Para poder realizar las labores de riego en las áreas agrícolas afectadas, temporalmente se puede instalar un sistema de conducción de agua con mangueras gruesas industriales o tubería de polietileno.
2. Debido a las condiciones de inestabilidad de ladera se debe colocar una malla de protección al pie de la misma. El camino que conducía hacia las tierras de cultivo, aguas abajo del canal, deberá realizarse por otro sector.
3. La estabilización de la ladera se puede alcanzar tras un sistema combinado de desquinche sistemático de bloques inestables, combinado con un enmallado de protección del talud y fijación en el substrato rocoso. Esta labor debe ser realizada por personal técnico especializado en el tema. Al poder efectuar esta técnica con buenos resultados se procederá paralelamente a la apertura del canal. En este tramo involucrado, se podrá decidir a futuro la ejecución de un tramo de canal cubierto, o la instalación de una manguera o tubería fija anclada a la sección del canal actualmente existente.
4. La construcción de un túnel (variante del canal actual) es una labor demasiado costosa, que probablemente no pueda ser asumida económicamente por el municipio local. Esto implica un estudio de ingeniería civil y geotecnia, para un tramo aproximado de canal de 150 metros de longitud.