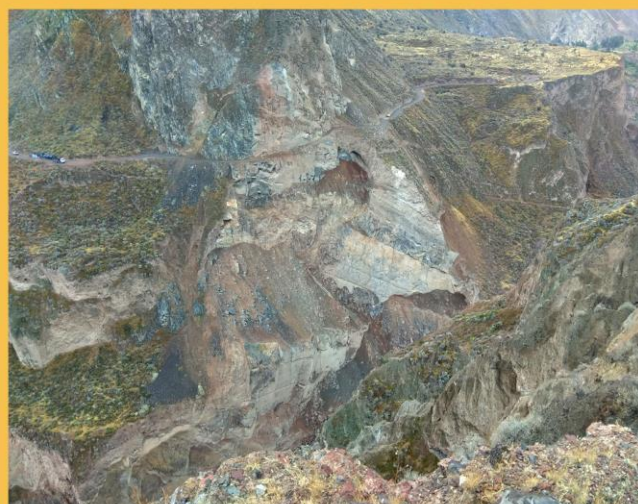
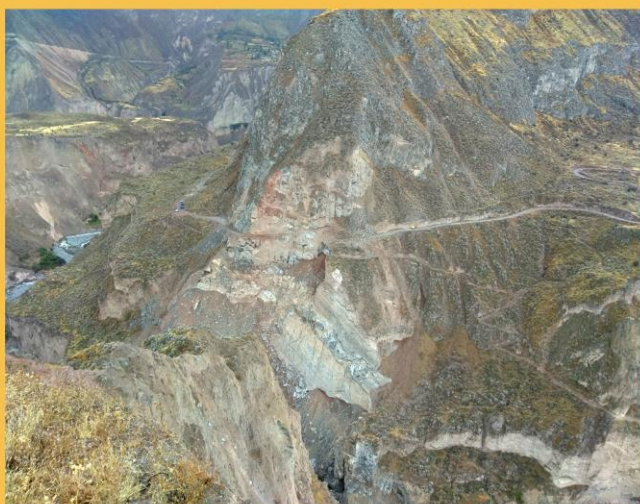


Informe Técnico Nº A 6778

INSPECCIÓN GEOLÓGICA DEL DERRUMBE DEL CERRO CHIPITO (Cotahuasi)

Paraje Cerro Chipito
Distrito Pampamarca
Provincia La Unión
Región Arequipa



POR:

JERSY MARIÑO SALAZAR
DAVID VALDIVIA HUMEREZ

OCTUBRE
2017

INSPECCIÓN GEOLÓGICA DEL DERRUMBE EN EL CERRO CHIPITO (COTAHUASI) DEL 14 DE MARZO 2017

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	1
1.2 UBICACIÓN	2
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	2
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	6
4. PELIGROS POR MOVIMIENTOS EN MASA.....	8
4.1 DERRUMBE DEL 14 DE MARZO 2017	8
CONCLUSIONES.....	11
RECOMENDACIONES	12
ANEXO: MAPAS	14

INSPECCIÓN GEOLÓGICA DEL DERRUMBE DEL CERRO CHIPITO (COTAHUASI) DEL 14 DE MARZO 2017

1. INTRODUCCIÓN

El Gobierno Regional de Arequipa, a través de la Oficina Regional de Defensa Nacional y Defensa Civil, mediante Oficio Nro. 486-2017-GRA/ORDNDC, de fecha 09 de agosto 2017, solicitó al Instituto Geológico Minero y metalúrgico (INGEMMET) realice estudios geológicos en la zona de Chipito-Cotahuasi, que fue afectado por un derrumbe el día 14 de marzo 2017. Dicho derrumbe destruyó un tramo de la carretera Cotahuasi-Pampamarca.

El INGEMMET a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, brinda asistencia técnica a gobiernos locales y regionales en materia de peligros geológicos, con el objetivo de reducir el riesgo de desastres en nuestro país. Atendiendo a esta solicitud, el Director de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, designó al Ing. Jersy Mariño y al Bach. David Valdivia, realicen la inspección geológica del área afectada.

Cabe mencionar que el día 02 de agosto del año 2014, también se produjo un derrumbe en la zona de Chipito, específicamente en la margen derecha del río Cotahuasi, que originó el represamiento de dicho río. A raíz de este suceso el INGEMMET elaboró el Informe Técnico Nro. A 6682, titulado “Represamiento del río Cotahuasi en el sector Chaymi o Chipito” (Medina & Calderón, 2016).

El presente informe contiene los resultados de la inspección geológica realizada los días 13, 14 y 15 de octubre último, en la zona afectada por el derrumbe del cerro Chipito. Se complementó con información geológica y de evaluación de peligros realizados anteriormente en dicha zona.

1.1 OBJETIVOS

El presente trabajo tiene los siguientes objetivos:

- Realizar una inspección geológica del derrumbe del cerro Chipito-Cotahuasi del 14 de marzo 2017.
- Realizar una evaluación de peligros geológicos de la zona del cerro Chipito-Cotahuasi, que afectó la transitabilidad en la carretera Cotahuasi-Pampamarca, a fin de evaluar si este se encuentra en situación de peligro inminente, así como recomendar propuestas de intervención, a fin de recuperar la única vía de acceso por carretera a la localidad de Pampamarca.

1.2 UBICACIÓN

La zona de derrumbe se encuentra en el cerro Chipito, margen derecha del río Cotahuasi, aproximadamente a 1 km al noroeste del pueblo de Cotahuasi (figura 1), políticamente en la jurisdicción del distrito Pampamarca, provincia La Unión, región Arequipa.

El área de trabajo se encuentra alrededor de las coordenadas UTM 8318000N y 725600E, entre los 2400 a 2900 msnm. Se accede desde Arequipa por la carretera Arequipa-Aplao-Chuquibamba-Cotahuasi. El viaje dura aproximadamente 8 horas.

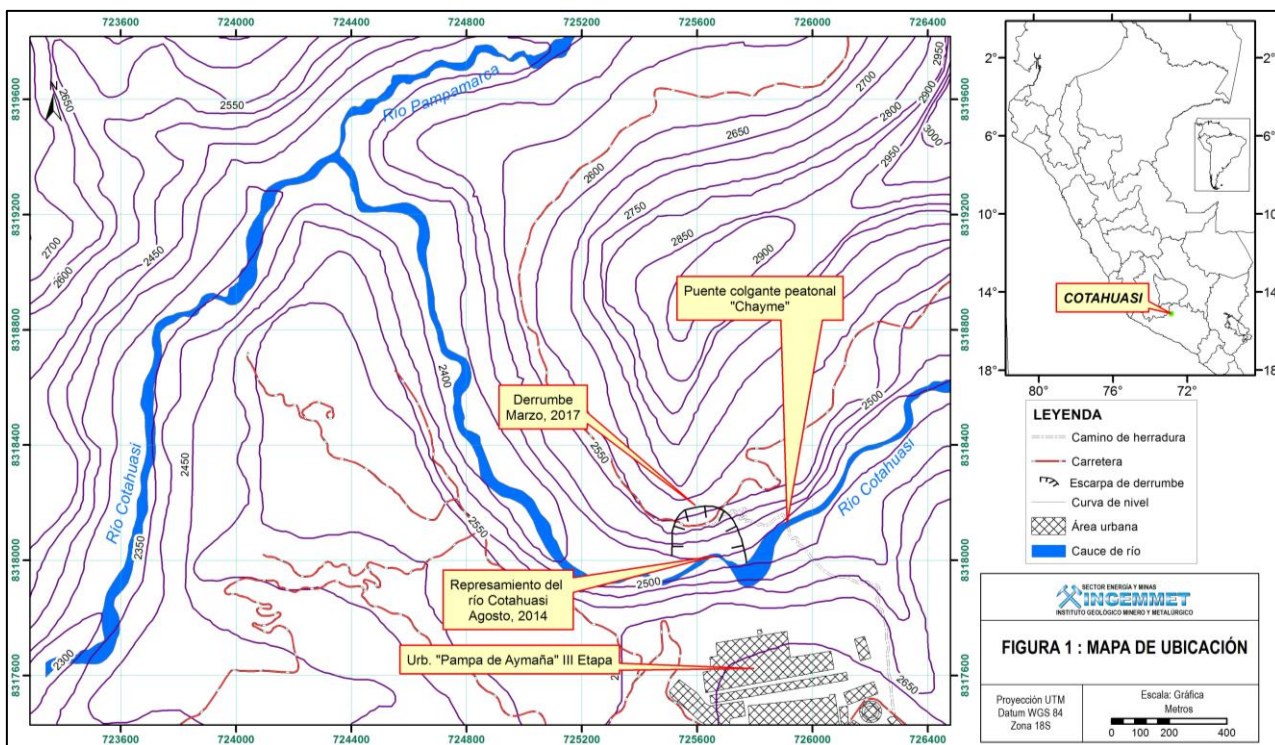


Figura 1. Ubicación del derrumbe de Chipito-Cotahuasi, del 14 de marzo 2017.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Las características geológicas en el área de estudio están referidas al mapa geológico del Cuadrángulo Cotahuasi (escala 1:100 000), correspondiente a la Hoja 31-q de la carta geológica nacional; así como a las observaciones de campo realizados durante el reconocimiento geológico los días 13, 14 y 15 de octubre 2017 y del Informe Técnico N° A6682, titulado “Represamiento del río Cotahuasi en el sector Chaymi o Chipito” (Medina & Calderón, 2016).

En el área de estudio afloran secuencias de calizas del Cretáceo, sobre la cual está sobreimpuestas o en contacto discordante, depósitos de avalanchas de escombros y flujos de escombros del Pleistoceno; depósitos coluviales y aluviales del Pleistoceno-Holoceno.

Calizas de la Formación Arcurquina (Kis-ar). En el cerro Chipito aflora una secuencia de calizas de color gris, que alcanza aproximadamente 300 m de espesor, que corresponden a la Formación Arcurquina (figura 2 y mapa 1), estudiadas inicialmente por Jenks (1948), quien describe una secuencia de calizas del Cretáceo que afloran en los valles adyacentes al cerro Arcurquina, situado al SE del pueblo Huanca, departamento de Arequipa (Salas *et al.*, 2003).

La secuencia de calizas en el Cerro Chipito poseen estratos de espesor métrico, bastante deformados por la actividad tectónica y presentan una dirección variable N10°E a N40°O, y buzamiento entre 15°SE y 30°SE (Figuras 2 y 3). El afloramiento localizado se encuentra ligeramente elongado en dirección norte y noreste y en gran parte del área está cubierto por secuencias de depósitos de avalanchas de escombros y flujos de escombros. El extremo sur de esta secuencia de calizas ha sido afectado por la erosión del río Cotahuasi, y es donde se produjo el derrumbe del 14 de marzo 2017 (figura 3).

Depósitos de avalanchas de escombros y flujos de escombros (Q-ae). Gran parte del área de estudio está conformado por una secuencia de depósitos de avalanchas de escombros y flujos de escombros, que en total posee entre 80 y 150 m de espesor (mapa 1; figuras 2-5). Los depósitos de avalancha de escombros han sido originados por el colapso de un estratovolcán del Plio-Pleistoceno, ubicado a 10 km al sureste del pueblo de Cotahuasi, donde se puede apreciar una cicatriz de colapso de casi 2 km de diámetro.

Los depósitos de avalancha de escombros presentan principalmente facies de matriz y en menor grado facies de bloques (figuras 4 y 5). Las facies de matriz se caracterizan por presentar más de 80% de matriz y menos de 20% de bloques. En algunos sectores las facies de bloques presentan hasta 60% de bloques y alrededor de 40% de matriz. Normalmente las facies de matriz engloban a las facies de bloques. Estos depósitos presentan bloques centimétricos, e incluso métricos y una litología heterogénea (figura 5). Los bloques están conformados por lavas andesíticas y dacíticas, así como ignimbritas soldadas. La matriz normalmente está conformada por ceniza.

Cubriendo los depósitos de avalanchas de escombros se encuentran depósitos de flujos de escombros (lahares), de espesor métrico (figuras 4 y 5). Estos depósitos presentan bloques heterométricos, normalmente de tamaños centimétricos y rara vez métricos. La matriz representa más del 70%. Debido a la presencia de agua durante su emplazamiento, estos depósitos se encuentran ligeramente compactados.

Ambas secuencias están formando terrazas en ambas márgenes del río Cotahuasi, presentando paredes casi verticales entre 80 a 150 m de alto (figuras 2 al 5). Debido a que son depósitos no consolidados, los procesos de erosión y de movimientos en masa son frecuentes en estos depósitos (mapa 3).



Figura 2. En la parte central el cerro Chipito formado por una secuencia de calizas de la Formación Arcurquina. En los extremos, secuencia de depósitos de avalanchas de escombros y flujos de escombros, sobreyaciendo a las calizas y formando terrazas en ambas márgenes del río Cotahuasi. Fotografía en dirección norte.

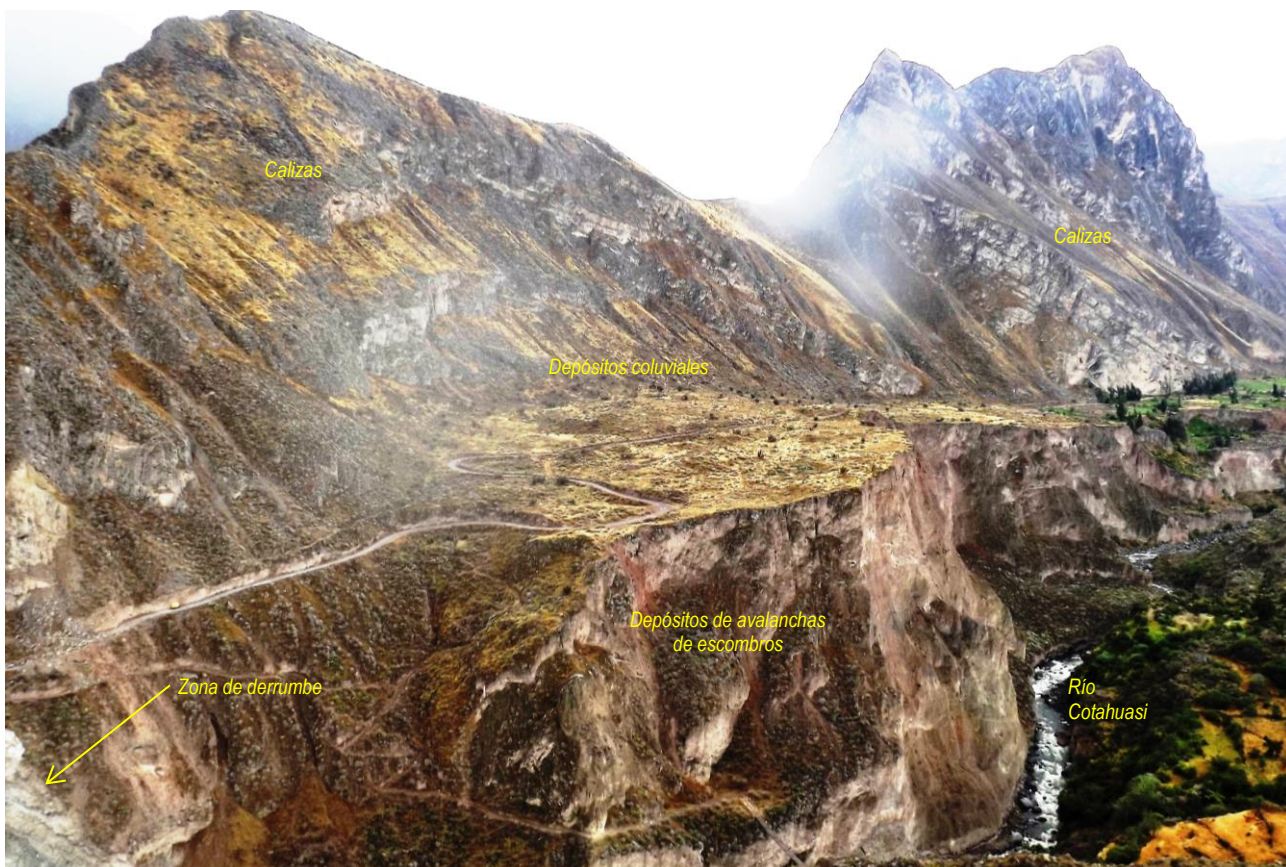


Figura 3. Cerro Chipito formado por una secuencia de calizas de la formación Arcurquina, que buzan en dirección SE. El afloramiento de las calizas se encuentra elongado en dirección noreste. También se observa una terraza de aproximadamente 150 m de alto, en la margen derecha del río Cotahuasi, que está conformado por depósitos de avalanchas de escombros y flujos de escombros. Fotografía en dirección noreste.



Figura 4. Terraza en la margen izquierda del río Cotahuasi, de entre 80 y 120 m de alto, formado por una secuencia de depósitos de avalanchas de escombros, cubierto por un nivel de flujo de escombros de casi 2 m de espesor. Fotografía en dirección noroeste.



Figura 5. Vista en detalle de la secuencia de depósitos de avalanchas de escombros y flujos de escombros, en la margen izquierda del río Cotahuasi. La secuencia posee alrededor de 100 m de espesor. Se pueden apreciar varios derrumbes y caídas de roca, debido a que son depósitos no consolidados.

Depósitos coluviales (Q-co). Los depósitos coluviales se encuentran en las laderas, constituyendo depósitos de pie de monte, producto de caídas de rocas o derrumbes de corto recorrido, originados en las calizas de la Formación Arcurquina o de la secuencia de depósitos de avalanchas de escombros y flujos de escombros (mapa 1; figuras 2-4). Están conformados por material heterométrico, de dimensiones milimétricas a centimétricas, que soportan bloques decimétricos e incluso métricos. Los bloques son normalmente angulosos a sub-angulosos y de litología diversa, principalmente caliza, lavas e ignimbritas. Posee espesor variable, dependiendo de la pendiente y morfología de las laderas de los cerros.

Depósitos aluviales (Q-co). Se encuentran ubicados en los cauces de los ríos Cotahuasi y Pampamarca (mapa 1 y figura 4). Litológicamente está compuestos por fragmentos rocosos de naturaleza muy heterogénea. Los fragmentos son principalmente cantos rodados, gravas y arenas. En las zonas estrechas del río Cotahuasi, estos depósitos se encuentran formando terrazas de entre 20 y 40 m de ancho, mientras que en las zonas de valle más abierto miden entre 50 y 100 m de ancho.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

El análisis geomorfológico en el área de estudio fue realizado por Medina & Calderón (2015), el cual se muestra en el mapa 2. En la zona identificaron unidades geomorfológicas

de carácter tectónico-degradacional y denudacional, y unidades asociadas a procesos de acumulación.

Las unidades geomorfológicas de carácter tectónico-degradacional y denudacional, resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005). Medina & Calderón identificaron unidades geomorfológicas de montaña, así como las sub-unidades de colinas y laderas, modeladas en las calizas de la Formación Alcurquina (mapa 2, figura 6). Las colinas y laderas normalmente poseen alturas menores a 300 m y pendientes moderadas a fuertes, entre 20° y 70°.

Las unidades asociadas a procesos de agradación o acumulación en la zona de estudio (Medina & Calderón, 2015) identificaron unidades de piedemonte o vertiente (sub unidades de vertiente de detritos, de deslizamientos, coluviales de avalanchas de escombros y aluvio-torrenciales), unidades de planicie, así como valles encañonados, valles encañonados disectados y zona con erosión en cárcavas (mapa 2 y figura 6). El derrumbe del 14 de marzo 2017, ocurrió en un tramo encañonado del río Cotahuasi, que posee entre 20 y 40 m de ancho y 150 m de alto (Mapa 2).



Figura 6. Principales unidades geomorfológicas del área de estudio. Se pueden ver el valle encañonado, la terraza fluvial, laderas, así como vertientes de avalanchas de escombros y vertientes coluviales.

4. PELIGROS POR MOVIMIENTOS EN MASA

Los peligros por movimientos en masa incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad, tales como caídas de rocas, derrumbes, deslizamientos, avalanchas, flujos de detritos, entre otros (Cruden, 1991 en PMA: GCA, 2007). Los movimientos en masa representan procesos geológicos superficiales, que involucran la remoción de masas rocosas con características inestables, depósitos inconsolidados de diferente origen, competencia y grado de cohesión, o la combinación de ambos, por efecto de la gravedad. Su ocurrencia en la zona está estrechamente ligada a factores detonantes como lluvias de gran intensidad o gran duración asociadas a eventos excepcionales; en menor porcentaje se asocian a sismicidad, así como a las modificaciones en los taludes naturales realizadas al construir obras de infraestructura vial, agrícola, etc. Como factores condicionantes o intrínsecos destacan la litología (calidad de la roca y permeabilidad en algunas formaciones geológicas), morfología y pendiente de los terrenos, tipos de cobertura vegetal existentes, entre otros.

Medina & Calderón (2015), realizaron un mapeo detallado de los peligros por movimientos en masa en la zona de estudio, el cual se muestra en el mapa 3. Señalan peligros por caídas de rocas, derrumbes, deslizamientos (traslacional activo, traslacional antiguo, rotacional antiguo), avalanchas de escombros antiguo, flujo de detritos y lodo antiguo, erosión de cárcavas y causes inundables. Así mismo se muestran los derrumbes que represaron el río Cotahuasi en Agosto 2014, así como el derrumbe de marzo 2017, que afectó la carretera Cotahuasi-Pampamarca (mapa 3).

4.1 DERRUMBE DEL 14 DE MARZO 2017

El derrumbe del 14 de marzo 2017 afectó el extremo sur del cerro Chipito (mapa 2; figuras 7 y 8). Presenta una longitud de casi 200 m entre la escarpa y pie del derrumbe y un ancho máximo de 170 m. La parte superior de la escarpa se encuentra a 2620 msnm y la zona de acumulación de los escombros, que se desplazaron en dirección sur, se encuentra a 2450 msnm, en el cauce del río Cotahuasi. Afectó a calizas de la Formación Alcurquina, y una secuencia de depósitos de avalanchas de escombros y flujos de escombros. Los estratos de las calizas están buzando en dirección SSE, en forma favorable a la pendiente del terreno. Las calizas se encuentran bastante fracturadas (figuras 7 y 8). Por otro lado, los depósitos de avalanchas de escombros poseen facies de bloques y matriz y son inconsolidados.

El derrumbe destruyó un tramo de casi 150 m de la carretera Cotahuasi-Pampamarca. Actualmente un grupo de pobladores vienen rehabilitando parcialmente dicha vía.



Figura 7. Derrumbe del 14 de marzo 2017 que afectó el cerro Chipito. La zona de arranque posee una extensión inclinada de casi 200 m y llegó hasta el río Cotahuasi. El derrumbe afectó a las calizas de la Formación Alcurquina y depósitos de avalanchas de escombros. Fotografía en dirección NNE.

Los factores que propiciaron el derrumbe del extremo sur del cerro Chipito el 14 de marzo 2017, fueron:

- Erosión fluvial del río Cotahuasi, que genera socavamiento del talud de forma permanente, principalmente entre enero y marzo, periodo en que alcanza sus máximos caudales, como consecuencia de intensas precipitaciones pluviales en los meses de enero, febrero y marzo 2017, asociados al fenómeno de El Niño Costero. Estas precipitaciones posiblemente originaron la sobresaturación del suelo y lecho rocoso.
- Fuerte pendiente en el extremo sur del cerro Chipito, que es de 40° a 70°.

- Buzamiento en los estratos de calizas, en dirección SSE, favorable a la pendiente del terreno.
- Naturaleza de las calizas, caracterizadas por un intenso diaclasamiento y fracturamiento, así como el carácter inconsolidado de los depósitos de avalancha y flujos de escombros.
- La ocurrencia periódica de sismo, que es muy frecuente en los Andes del sur de nuestro país. Aunque no se tienen reportes de la ocurrencia de un sismo de moderada a fuerte intensidad en fechas cercanas al derrumbe, la actividad sísmica pasada va desestabilizando los taludes.
- Ausencia o escasas de vegetación, así como la carencia de obras de mitigación estructural, como encauzamiento del río Cotahuasi y estabilización del talud.



Figura 8. Derrumbe del 14 de marzo 2017, que afectó un tramo de casi 150 m de la carretera Cotahuasi-Pampamarca. Se puede observar que las calizas de la Formación Alcurquina buzcan en forma favorable a la pendiente del terreno y se encuentran bastante fracturadas. Los depósitos de avalancha de escombros sobreyacen a las calizas y son depósitos no consolidados. La escarpa del derrumbe posee un ancho máximo de 170 m. Fotografía en dirección NNE.

CONCLUSIONES

En función de los trabajos efectuados, se emiten las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- El derrumbe en el cerro Chipito se produjo en las calizas de la Formación Arcurquina y una secuencia de depósitos de avalanchas y flujos de escombros; en forma restringida depósitos coluviales. Las calizas poseen hasta 300 m de espesor y se encuentran bastante fracturadas. Los depósitos de avalanchas de escombros presentan facies de bloques y de matriz, alcanzan entre 80 y 150 de espesor. Los depósitos de flujos de escombros están cubriendo a la avalancha de escombros y poseen espesores menores a 3 m. Estos dos últimos son depósitos no consolidados.
- La zona del cerro Chipito y alrededores viene siendo afectado por frecuentes procesos de movimientos en masa, principalmente por caída de rocas, derrumbes, deslizamientos (de tipo traslacional y rotacional), avalanchas de escombros, flujo de detritos y lodo, erosión de cárcavas y causes inundables. El derrumbe precedente a este estudio, del 02 de agosto 2014, específicamente en la margen derecha del río Cotahuasi originó el represamiento de dicho río.
- El derrumbe del 14 de marzo 2017 que afectó el extremo sur del cerro Chipito, posee una longitud entre la escarpa y pie del derrumbe de casi 200 m de alto y un ancho máximo de 170 m. La parte superior de la escarpa se encuentra a 2620 msnm y la zona de acumulación de los escombros, que se desplazaron en dirección sur, se encuentra a 2450 msnm, en el cauce del río Cotahuasi.
- El derrumbe del 14 de marzo 2017 destruyó un tramo de casi 150 m de la carretera Cotahuasi-Pampamarca; sin embargo, en la ladera del cerro Chipito, cerca de 2 km que con atravesados por la carretera Cotahuasi-Pampamarca, poseen muy alta susceptibilidad a ser afectado por nuevos procesos de movimientos en masa, principalmente caídas de roca, derrumbes y deslizamientos.
- Los principales factores que propiciaron el derrumbe en el extremo sur del cerro Chipito el 14 de marzo 2017, son: a) La erosión fluvial del río Cotahuasi, que genera socavamiento del talud de forma permanente, principalmente durante los meses de enero, febrero y marzo, donde alcanza sus máximos caudales; como consecuencia de intensas precipitaciones ocurridas entre los meses de enero y marzo 2017, asociados al fenómeno de El Niño Costero. Estas precipitaciones posiblemente originaron la sobresaturación del suelo y lecho rocoso; b) La fuerte pendiente del extremo sur del cerro Chipito, que es de 40° a 70°, donde el valle se encuentra encañonado; c) El buzamiento de los estratos de las calizas, en dirección SSE y que es favorable a la pendiente del terreno; d) La naturaleza de los materiales, caracterizados por el intenso fracturamiento de las calizas, así como por el carácter no consolidado de la secuencia de los depósitos de avalancha de escombros y flujos de escombros.

- En base a los trabajos realizados, concluimos que la carretera Cotahuasi-Pampamarca, en la zona del cerro Chipito y en un tramo de hasta 2.5 km, se encuentra en una **ZONA DE PELIGRO INMINENTE POR DERRUMBES O DESLIZAMIENTOS COMO RESULTADO DEL SOCAVAMIENTO DE LA BASE DE LA LADERA POR EFECTO DE EROSIÓN FLUVIAL EN ÉPOCA DE AVENIDAS**. Considerando además las características geológicas y geodinámicas y de peligro, este tramo vial es de **ALTO RIESGO NO MITIGABLE** (ver mapas 3 y 4).

RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones se emiten las siguientes recomendaciones:

- Suspender los trabajos de rehabilitación de la carretera afectada por el derrumbe del 14 de marzo 2017, que actualmente se viene ejecutando, lo cual fue verificado en campo durante la realización del presente estudio los días 13, 14 y 15 de marzo 2017.
- Suspender de forma definitiva el tránsito vehicular en la carretera Cotahuasi-Pampamarca, desde la zona del derrumbe del 14 de marzo 2017, en dirección al pueblo de Pampamarca (dirección noroeste), en un tramo de 2.5 km.
- Recuperar la transitabilidad en la carretera Cotahuasi-Pampamarca, mediante la generación de un proyecto de construcción de un túnel de aproximadamente 450 a 500 m de largo, ubicado por lo menos a una distancia de 1 km al noreste de la zona del derrumbe del 14 de marzo 2017.
- En el mapa 4 se propone la posible ubicación del túnel recomendado, dicha ubicación responde a los siguientes factores: a) En dicho sector no se han identificado derrumbes y deslizamientos; b) en dicha área la susceptibilidad a movimientos en masa son bajos, debido a sus características geomorfológicas y litológicas; c) El punto de inicio del túnel (punto A, cota 2750 msnm), se encuentra en la zona donde aflora el macizo rocoso, que es la caliza de la Formación Arcurquina; d) Aproximadamente entre 0.4 y 1 km al noreste de la zona propuesta, pasa la traza de una falla que posee dirección predominante NNE; e) El túnel, en la zona propuesta, posee una extensión mínima, por lo que el costo de construcción será menor.
- Implementar medidas de mitigación estructural, como barreras, rellenos, diques y cortacorrientes, en ambos márgenes del río Cotahuasi, a fin de evitar la erosión y la ocurrencia de nuevos derrumbes y deslizamientos en la zona de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

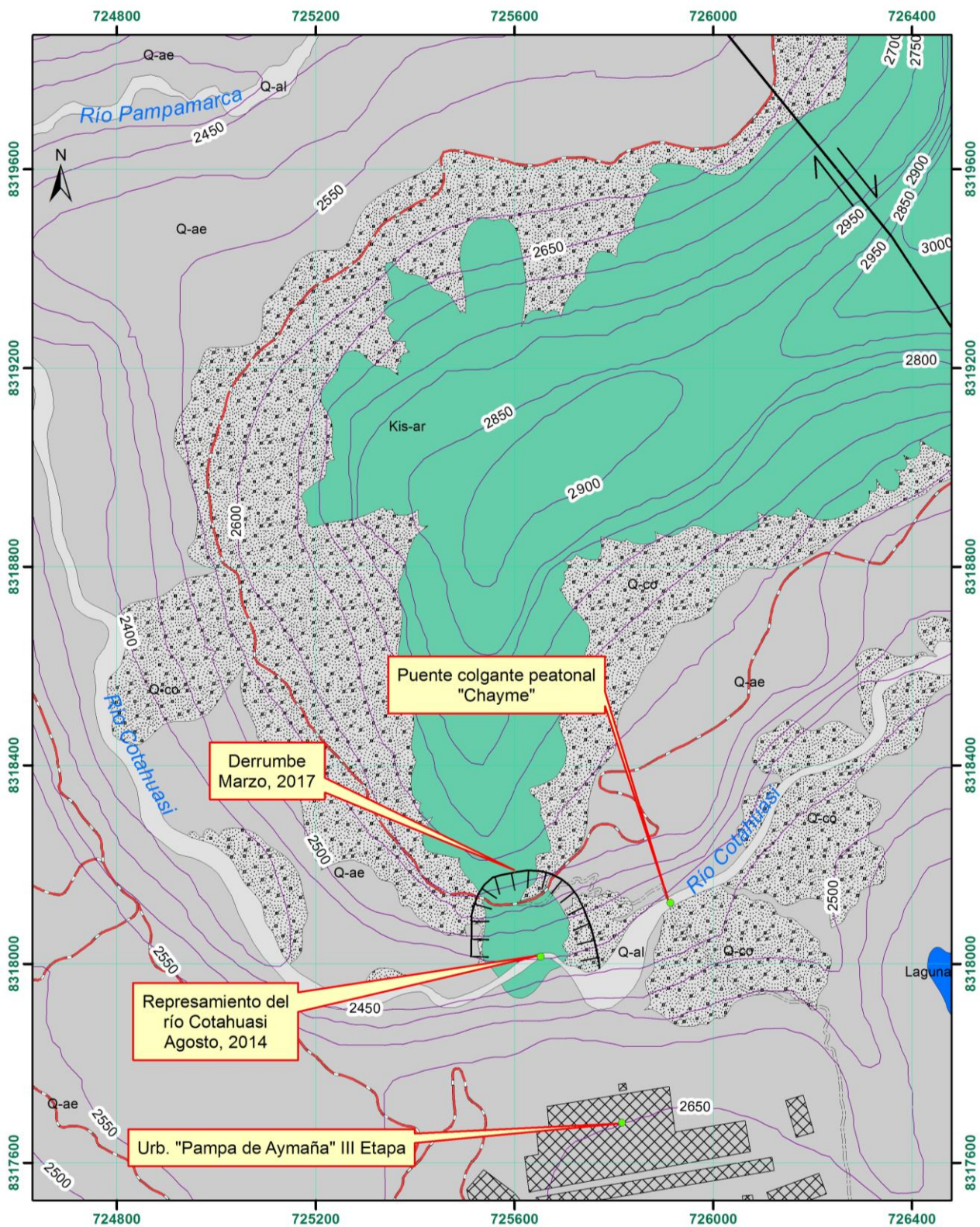
MEDINA, L., CALDERON, E. (2015) - Represamiento del río Cotahuasi en el sector Chaymi o Chipito. Informe Técnico Nro. A 6682. Lima: INGEMMET, 31 p. (disponible en DGAR INGEMMET).

PROYECTO MULTINACIONAL ANDINO: GEOCIENCIAS PARA LAS COMUNIDADES ANDINAS – PMA: GCA (2007). Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago, Chile. Publicación Multinacional N° 4, 432p.

SALAS, G., CHÁVEZ A., AGUILAR, E., CHÁVEZ, E., LAJO, J. A., DÍAZ, J., UMPIRE, A. Y BARREDA, M. (2003) - Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Chulca (30-q), Cayarani (30-r), Cotahuasi (31-q) y Orcopampa (31-r), Escala 1:100 000. Lima: INGEMMET.

VILLOTA, H. (2005) Geomorfología Aplicada A Levantamientos Edafológicos Y Zonificación De Tierras. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Bogotá, Colombia.

ANEXO: MAPAS



SIMBOLOGÍA

- Camino de herradura
- Carretera
- Escarpa de derrumbe
- Falla de rumbo
- Curva de nivel
- Cauce de río
- Laguna
- Área urbana

LEYENDA

ERA	SISTEMA	SERE	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	
CUATERNARIO	Holoceno	Q-al	Depósito Aluvial	
		Q-ae	Secuencia de avalanchas de escombros y flujos de escombros	
		Q-co	Depósito Coluvial	
MESOZOICO	CRETÁCEO	Superior	Kis-ar	Formación Arcuquina
Inferior				

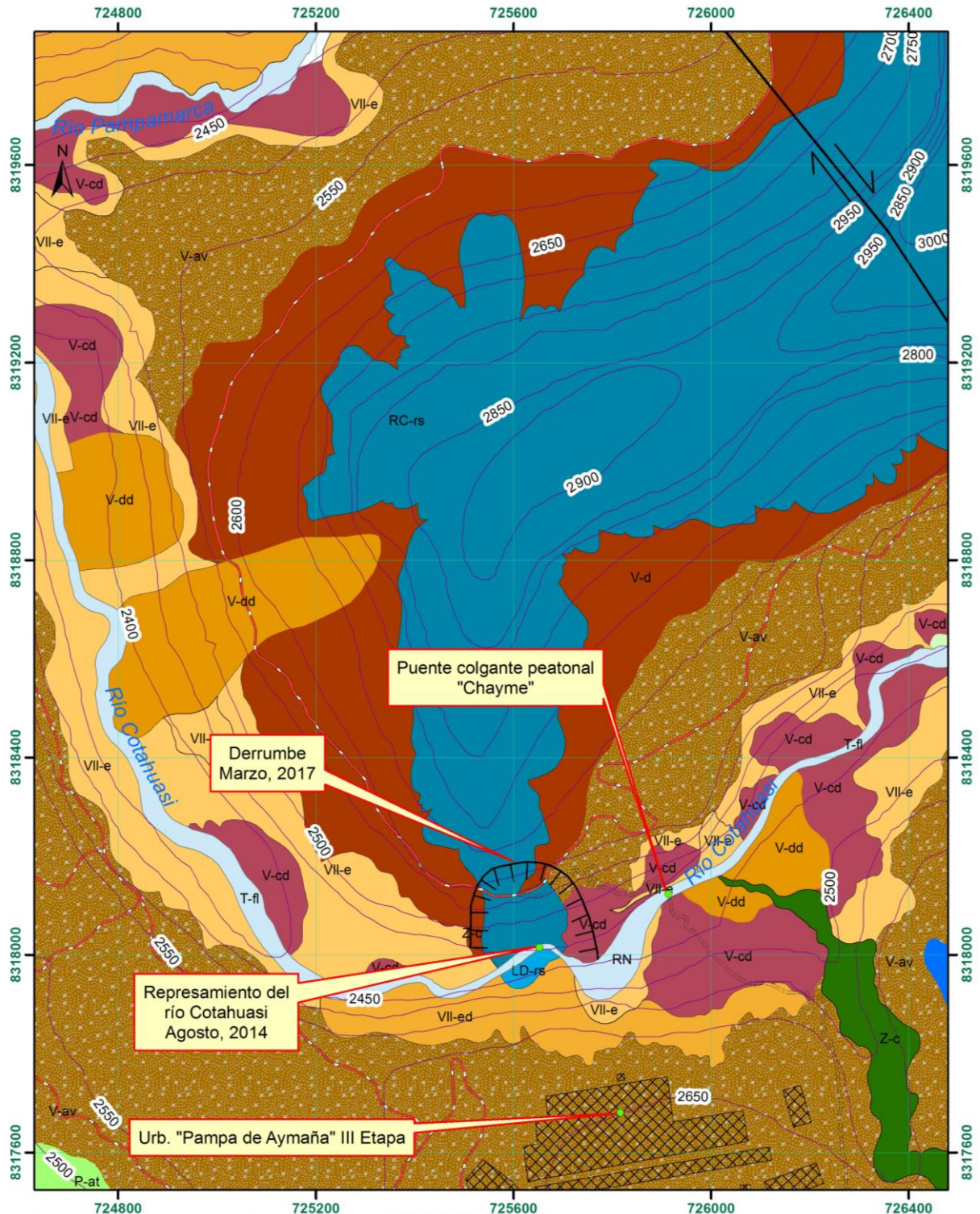
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

MAPA 1: GEOLOGÍA

MODIFICADO DE MEDINA ET AL., 2015

Proyección UTM
 Datum WGS 84
 Zona 18S

Escala: Gráfica



SIMBOLOGÍA

- Camino de herradura
- Carretera
- Falla de rumbo
- Curva de nivel
- Cauce de río
- Laguna
- Represa natural
- Área urbana de Cotahuasi
- Cárcava
- Escarpa de deslizamiento
- Escapa de acanillado y derrumbe
- Dirección de avalancha

LEYENDA

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL	
Unidad	Sub unidad
Montaña	Ladera en rocas sedimentarias LD-sl
	Cómba en rocas sedimentarias RC-sl
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DE CARÁCTER DEPOSICIONAL O AGRADACIONAL	
Unidad	Sub unidad
Piedemonte o vertiente	Vertiente de diente V-d
	Vertiente de abanico V-ab
	Vertiente de abanico de acortamiento V-ab-c
	Vertiente aluvial V-al
Planicie	Terapia fluvial T-fl
	María encajonada MS-e
Otras	Valle encajonado drenado VE-d
	Zona con erosión en cárcavas Z-c

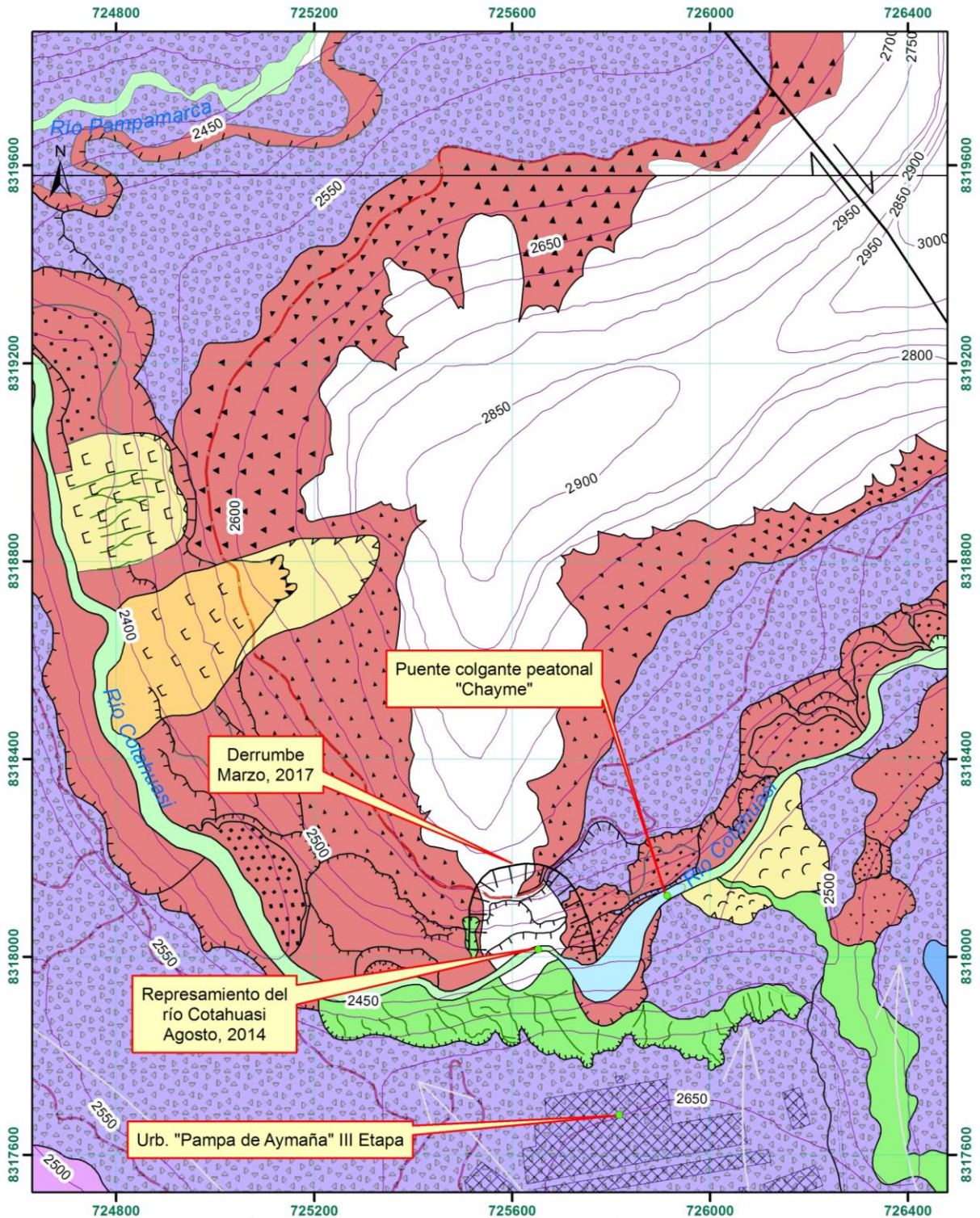
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

MAPA 2: GEOMORFOLOGÍA

MODIFICADO DE MEDINA ET AL., 2015

Proyección UTM
 Datum WGS 84
 Zona 18S

Escala: Gráfica



SIMBOLOGÍA	
	Camino de herradura
	Carretera
	Falla de rumbo
	Curva de nivel
	Cauce de río
	Laguna
	Represa natural
	Área urbana de Cotahuasi
	Cárcava
	Escarpa de deslizamiento
	Escapa de derrumbe
	Dirección de avalancha

LEYENDA	
	Caída de rocas
	Derrumbe
	Zona de derrumbes
	Deslizamiento traslacional activo
	Deslizamiento traslacional antiguo
	Deslizamiento rotacional antiguo
	Avalancha de escombros antiguo
	Flujo de detritos y lodo antiguo
	Zona de erosión en cárcavas
	Cauce funcional o inundables

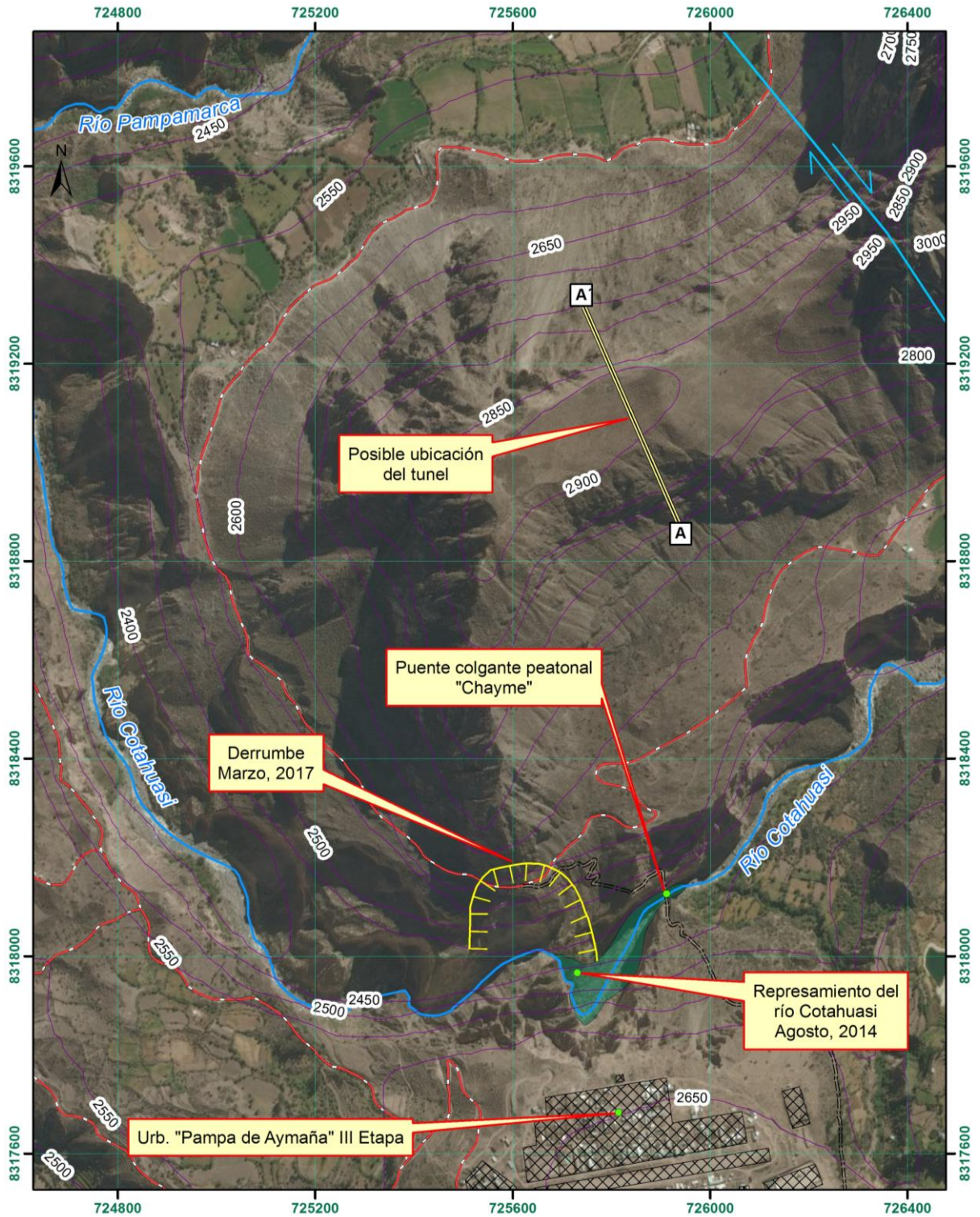
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

MAPA 3: PELIGROS GEOLÓGICOS

MODIFICADO DE MEDINA ET AL., 2015

Proyección UTM
 Datum WGS 84
 Zona 18S

Escala: Gráfica



SIMBOLOGÍA	
	Camino de herradura
	Carretera
	Escarpa de derrumbe 2017
	Posible ubicación del tunnel
	Cauce de río
	Represamiento del río Cotahuasi, 2014
	Falla de rumbo
	Área urbana
	Curva de nivel

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO	
MAPA 4: PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	
Proyección UTM Datum WGS 84 Zona 18S	Escala: Gráfica