

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7655

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR EROSIÓN DE LADERAS-CÁRCAVAS

Departamento: Lima
Provincia: Yauyos
Distrito: Huangascar



AGOSTO
2025

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR EROSIÓN DE LADERAS- CÁRCAVAS

Distrito Huangascar, provincia Yauyos, departamento Lima

Elaborado por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET

Equipo Técnico:

Gabino Fabrizio Delgado Madera

Guisela Choquenaira Garate

Referencia bibliográfica

Delgado, F. & Choquenaira, G. (2025). Evaluación de peligros geológicos por erosión de laderas - cárcavas, departamento Lima, provincia Yauyos, distrito Huangascar. Lima: INGEMMET, Informe Técnico N° A7655, 33p.

INDICE

RESUMEN	
1. INTRODUCCIÓN	5
1. ANTECEDENTES	5
2. ASPECTOS GENERALES:	6
3. CONTEXTO GEOMORFOLOGICO Y GEOLÓGICO	7
3.1. CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO:.....	7
3.2. CONTEXTO GEOLÓGICO:.....	8
4.2.1. Formación Tantara.....	8
4.2.2. Depósitos Coluviales (Qh-co)	9
4.2.4. Depósitos fluviales (Qh-fl)	10
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	10
4.1. Deslizamiento de Huangascar.....	10
4.2. Erosión en Cárcavas:.....	12
5. FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES	15
6. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	16
6.1. DRENAJE SUPERFICIAL.....	16
6.2. ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN DE CÁRCAVAS:.....	21
6.3. ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN DE CARRETERAS:	24
7. CONCLUSIONES	26
8. RECOMENDACIONES	27
9. REFERENCIAS	29

RESUMEN

Las cárcavas vienen a ser una forma de erosión que se desarrolla por la presencia de las aguas superficiales formando surcos profundos que crecen con el tiempo. Este proceso se viene presentando en el distrito de Huangascar, provincia Yauyos y departamento Lima. Esta zona se encuentra entre las altitudes 3450 m.s.n.m. y 2150 m.s.n.m., en la margen derecha del río Viñac. En este sector la temperatura promedio anual es de 16°C y presenta lluvias intensas estacionales entre los meses de diciembre a marzo.

En cuanto al contexto geomorfológico, destacan las montañas y el valle formado por el río Viñac, donde las pendientes del terreno varían entre fuerte (15° - 25°) a muy fuerte (25° - 45°). Geológicamente, se identifican rocas del Paleógeno correspondiente a la Formación Tantara (Miembro inferior 4 y miembro 3) principalmente compuestas por tobas; también se observa rocas correspondientes al Batolito de la Costa de la Super unidad Catahuasi que corresponden a cuerpos de Monzogranito, y una cobertura cuaternaria compuesta por depósitos aluviales, coluviales y fluviales.

Los peligros geológicos identificados, corresponden a movimientos en masa, tipificado como un deslizamiento rotacional antiguo, surcado por cárcavas. Sobre el depósito del deslizamiento antiguo se emplazó el poblado de Huangascar, y es en este lugar donde ocurren procesos erosivos denominados cárcavas, que llegan a tener ~2 km de longitud y sus incisiones llegan hasta ~50m. Cabe mencionar, que por estas cárcavas discurren flujos de lodo y detritos que afectan infraestructura (viviendas, colegio, coliseo y puesto policial) en la capital del distrito Huangascar y las vías de comunicación.

Los factores que se observan y condicionan la actividad de estos procesos erosivos, son la litología, la pendiente del terreno, escasa vegetación, las lluvias y los cortes de talud. Como factor detonante se considera a los eventos climáticos extremos, es decir el agua través de las lluvias torrenciales que incrementan la escorrentía superficial profundizándose estas cárcavas y generando la erosión.

De acuerdo a la evaluación se concluye que, de no controlar los procesos identificados en esta evaluación, el distrito de Huangascar se encontrará en **peligro Alto**. Por tal motivo, las recomendaciones se enfocaron en mejorar la gestión del agua, debido a que es el principal factor detonante, para ello se deberá utilizar diferentes sistemas para controlar la escorrentía superficial. Se recomienda que los diseños y ejecuciones de las obras, que deben de ser realizadas por personal especializado.

1. INTRODUCCIÓN

Los deslizamientos son fenómenos geológicos gravitacionales que en el mundo causan pérdidas económicas muy significativas, también representan un riesgo para la vida de las personas (*Froude and Petley, 2018*). Estos procesos permiten el modelado de las montañas, a lo largo de la cordillera de los Andes se identificaron y cartografiaron deslizamientos activos y antiguos (*Geocatmin, Delgado et al., 2022*), asimismo se identificaron zonas de riesgo (*Geocatmin*). Otro proceso, pero de origen hídrico es la erosión por cárcavas que se dan en zonas con pendiente formando canales profundos que degradan el suelo. Entre los lugares denominados zonas de riesgo a este tipo de procesos se encuentra en el distrito Huangascar, provincia de Yauyos - Lima.

El INGEMMET, ente técnico-científico desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) el “Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables

En ese contexto, el alcalde de la Municipalidad Provincial de Yauyos, mediante oficios N° 049-2024–A-MDH/YAUYOS y OFICIO N° 0067-2025–A-MD-H/YAUYOS, solicita una Evaluación Geológica y Geodinámica del deslizamiento en el distrito de Huangáscar – Yauyos – Región Lima. El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico – DGAR, comisionó a los geólogos Gabino Fabrizio Delgado Madera y Guisela Choquenaira Garate, para realizar la evaluación ingeniero – geológica del área. Los trabajos se realizaron en el mes de septiembre de 2024 en coordinación con personal de la indicada municipalidad. En dicha evaluación se contó con la participación del Sr. Eddy Gonzales Rodriguez (Regidor de la Municipalidad Distrital de Huangascar).

El presente informe contiene documentación obtenida en campo y revisión de información geológica y cartográfica (boletines técnicos, topografía e imágenes satelitales) que permitieron la evaluación de peligros geológicos en el distrito Huangascar, y su influencia en la población e infraestructura. Este documento técnico se pone en consideración de la municipalidad distrital, la Municipalidad Provincial de Yauyos e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

1. ANTECEDENTES

Como antecedente de la zona a evaluar se tiene el estudio realizado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - Ingemmet (2023), donde indica que

el sector de Huangascar presenta como tipos de peligro Erosión de laderas, deslizamiento y flujo de detritos, ocurrido sobre roca intrusiva del tipo monzogranito perteneciente a la Súper Unidad Catahuasi y tobas líticas de la Formación Tantará (volcanosedimentaria), así también depósitos coluvio-aluviales de grava arenosa y arcilla. Geomorfológicamente el poblado de Huangascar se encuentra sobre la unidad de montaña en roca volcanosedimentaria con pendientes fuertes a muy fuertes (30°), al pie del poblado observamos la unidad de vertiente coluvial de detritos.

El sector de Huangascar se encuentra asentado en la ladera del cerro Pucahuasi, valle del río Viñac. En las laderas de cerro se observan gran cantidad de profundas cárcavas de hasta 45 m de ancho y 1500 m de longitud, aproximadamente; los cuales, debilitan el talud y pueden acarrear material detrítico. Además, Huangascar presenta ligeros asentamientos que podrían significar que el terreno está en aparente movimiento. Se indicó que estos procesos son ocasionados en épocas de lluvia excepcional donde ocurren flujos de detritos y derrumbes que afectan la destrucción de la plataforma vial que comunica al distrito de Huangascar con sus anexos.

Se recomendó construir muros de contención. Evitar la construcción de viviendas en las laderas. Controlar el riego de los terrenos de cultivo ubicados sobre el talud. Control de erosión de laderas (reforestación). Monitoreo visual de las cárcavas en temporadas de lluvias.

2. ASPECTOS GENERALES:

El distrito de Huangascar se ubica en el margen izquierdo del río Viñac, provincia Yauyos, departamento Lima (Figura 1). La coordenada referencial de este distrito en unidad UTM (WGS84) es: 8573849 N, 409751E; Zona 18L.

Para llegar a esta zona de estudio se accede desde Lima, a través de la carretera Panamericana Sur, hasta llegar a Cañete, para luego tomar carretera asfaltada hasta el poblado de San Jerónimo y se continúa por una carretera afirmada que lleva hasta el mismo distrito.

La zona de estudio presenta alturas que varían entre los 3450 m.s.n.m. (Cerro Pucahuasi) y los 2150 m.s.n.m. (piso de valle, río Viñac), en el medio del talud se encuentra emplazado el poblado del distrito de Huangascar. Anualmente, la temperatura máxima media es 16°C y la temperatura mínima media es 4°C; además, presenta lluvias estacionales intensas entre los meses de Diciembre a Marzo.

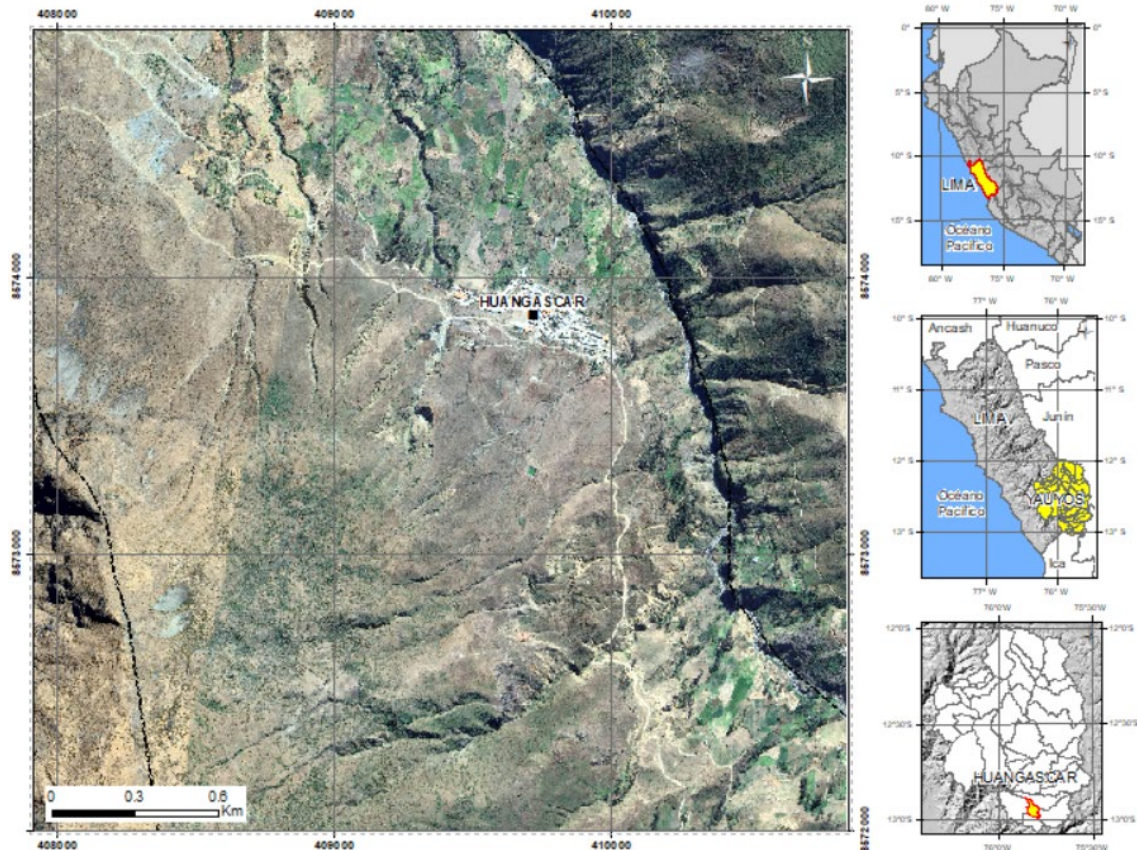


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio, Distrito Huangascar.

3. CONTEXTO GEOMORFOLOGICO Y GEOLÓGICO

3.1. CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO:

En la zona de estudio se reconocen las siguientes unidades geomorfológicas: **1) Montañas**, que rodean el área de estudio compuestas de rocas graníticas y vulcano-sedimentarias, con pendientes del terreno fuertes a muy fuerte o escarpada entre 15° a 25°. **2) Valle**, en la zona de estudio el valle principal está formado por el río Viñac, este tiene un perfil típico en “V” (valle joven), se encuentra rodeado de montañas. Los flancos están conformados por rocas vulcanosedimentarias. El centro poblado de Huangascar se encuentra emplazado en el flanco Noreste del río Viñac.

El mapa de pendientes muestra que la zona de estudio (Figura 2) ubicada en el flanco izquierdo del río Viñac presenta pendientes entre fuerte (15° - 25°) a muy fuerte (25° - 45°). La capital del distrito de Huangascar se encuentra en la parte media del flanco Noreste del cerro Pucahuasi donde la pendiente de terreno es moderada (5° - 15°). A los alrededores de la zona de estudio las pendientes son muy fuertes o escarpadas (25° - 45°), estos corresponden a los flancos del cerro Pucahuasi (Figura 2).

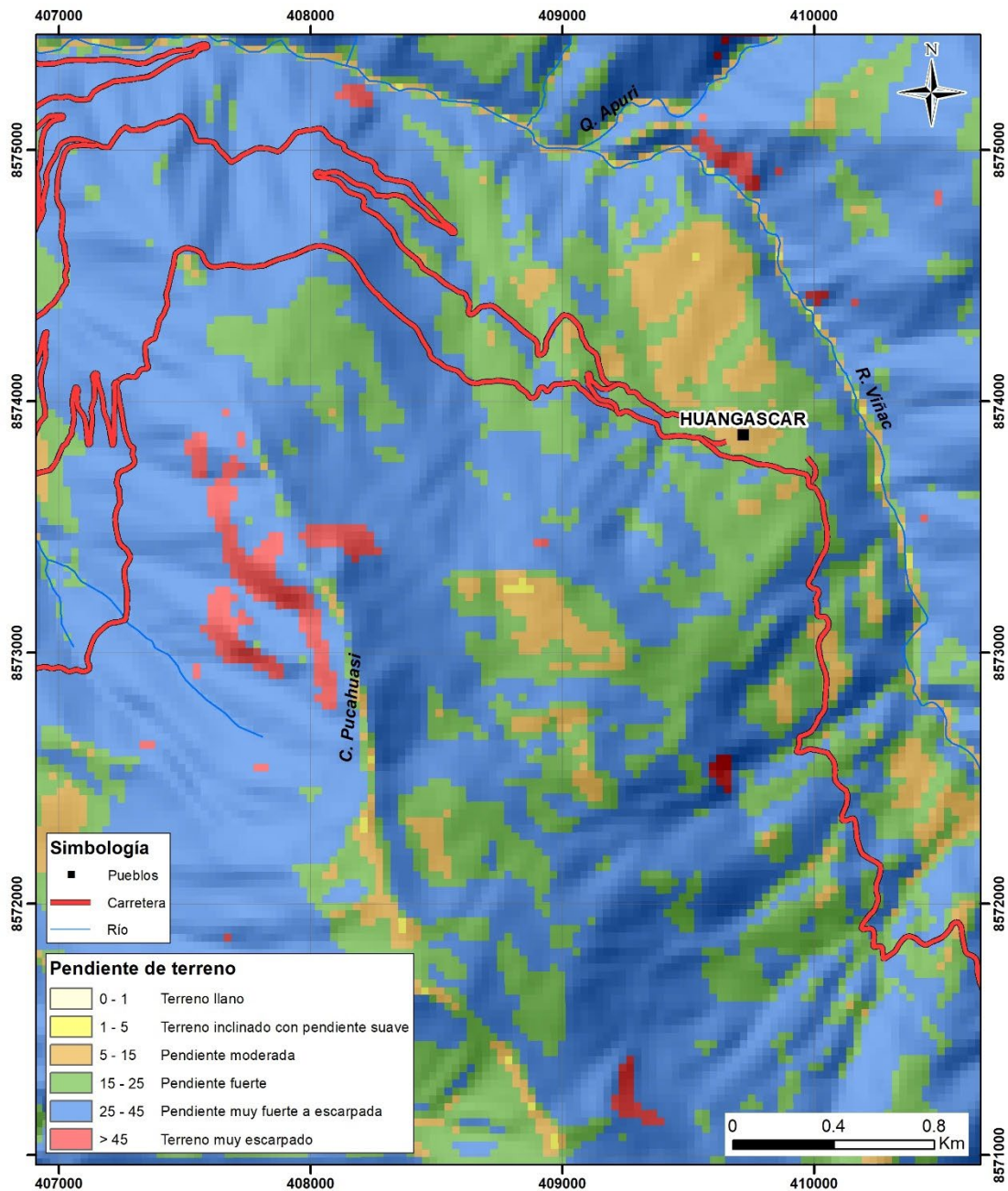


Figura 2. Mapa de pendiente del terreno, del distrito de Huangascar.

3.2. CONTEXTO GEOLÓGICO:

En el área evaluada afloran rocas de edad paleógena hasta depósitos cuaternarios (GEOCATMIN; Figura 3):

- 4.2.1. **Formación Tantara:** Corresponde a una gruesa secuencia volcánica que yace con discordancia angular sobre las unidades del Mesozoico. En la zona de estudio, se evidencia el miembro inferior (**Pe-t/i4**) que son rocas vulcano-sedimentarias compuestas por tobas líticas color gris oscuro y tobas de cristales moderadamente soldadas, afloran en ambas márgenes del río Viñac. Mientras que el miembro superior (**Pe-t/3**) que son tobas de brechas

color gris verdoso a gris violáceo con líticos subangulosos de andesita porfídica mayores a los 5 cm de diámetro afloran en el flanco derecho del río Viñac suprayaciendo al miembro inferior Pe-t/i4.

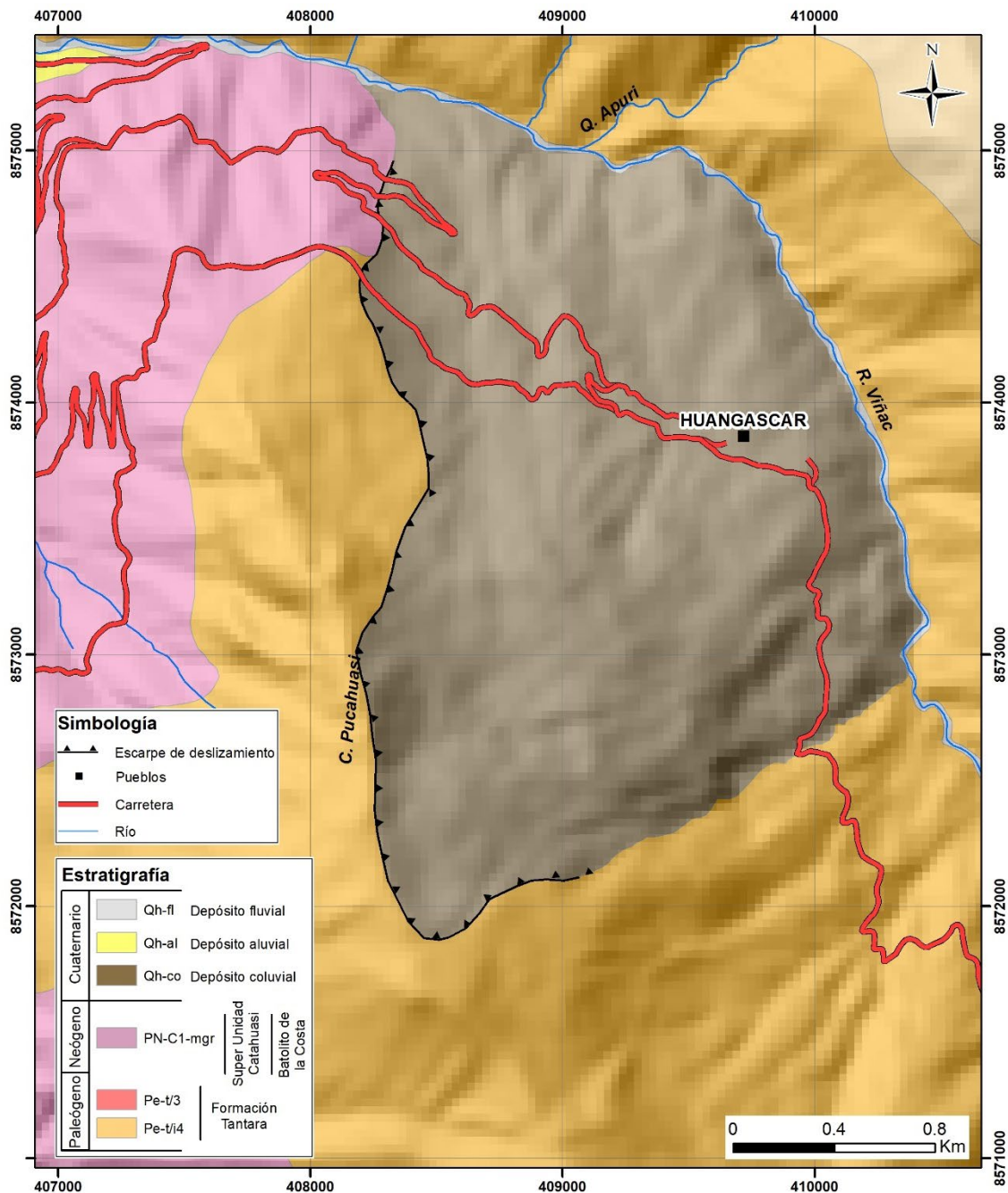


Figura 3. Mapa de las unidades estratigráficas del área de estudio.

4.2.2. **Depósitos Coluviales (Qh-co):** Son depósitos de talud o depósitos de deslizamientos acumulados en los flancos o bases de taludes, su composición por lo general presenta clastos subangulosos con matriz fina, también son depósitos clasto-soportados. En la zona de estudio este tipo de

depósito corresponde a un antiguo deslizamiento que se ubica en el flanco izquierdo del río Viñac.

4.2.3. **Depósitos aluviales (Qh-al):** Corresponden a depósitos recientes, los cuales presentan fragmentos de rocas redondeadas a subredondeadas y se depositan en forma de abanicos aluviales en el fondo del valle.

4.2.4. **Depósitos fluviales (Qh-fl):** Corresponden a depósitos que se ubican sobre el cauce del río Viñac, está conformado por bloques, gravas, arenas y limos. Estos depósitos son aprovechados como agregados, y están siendo explotados como materiales para obras civiles.

Batolito de la Costa

Super Unidad Catahuasi

Cobbing et al., (1984), han denominado así a la sucesión de intrusiones que afloran a ambos lados del río Cañete y cuyo nombre proviene del pueblo de Catahuasi; el Plutón principal está constituido por la tonalita-granodiorita Catahuasi-Capillucas. En la zona de estudio aflora el cuerpo de un monzogranito ubicado en el flanco noroeste del cerro Pucahuasi, el cual mediante dataciones señala una edad de 24 M.A. (Beckinsale et. al., 1985) la cual sugiere que estas rocas se emplazaron durante el Oligoceno tardío a Mioceno temprano.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Para la descripción de los peligros geológicos identificados en la zona de Huangascar se ha tomado como base la clasificación de Varnes (1978), Cruden & Varnes (1996) y la terminología sobre Movimientos en Masa en la región Andina preparado por el Grupo GEMMA (PMA: GCA, 2007). Estos corresponden a fenómenos de origen gravitacional como son movimientos en masa de tipo deslizamiento rotacional y los fenómenos de origen hídrico como son los procesos de erosión por cárcavas (Figura 4).

4.1. Deslizamiento de Huangascar.

Este deslizamiento corresponde a un deslizamiento antiguo que se ubica en el flanco Este del cerro Pucahuasi. Actualmente este deslizamiento no presenta reactivaciones en el escarpe ni cuerpo del deslizamiento.

El escarpe principal se encuentra a 3450 m.s.n.m. y tiene ~ 950 m de ancho y el pie del deslizamiento se encuentra en el río Viñac a 2150 m.s.n.m., haciendo un desnivel de 1300 metros y tiene una longitud de recorrido de ~ 3 km (Figura 4).

Sobre el cuerpo del deslizamiento se emplaza el poblado de Huangascar, hacia la parte media y el pie del deslizamiento se tiene terrenos de cultivo (Figura 5). La masa deslizada presenta evidencias de erosión en forma de cárcavas.

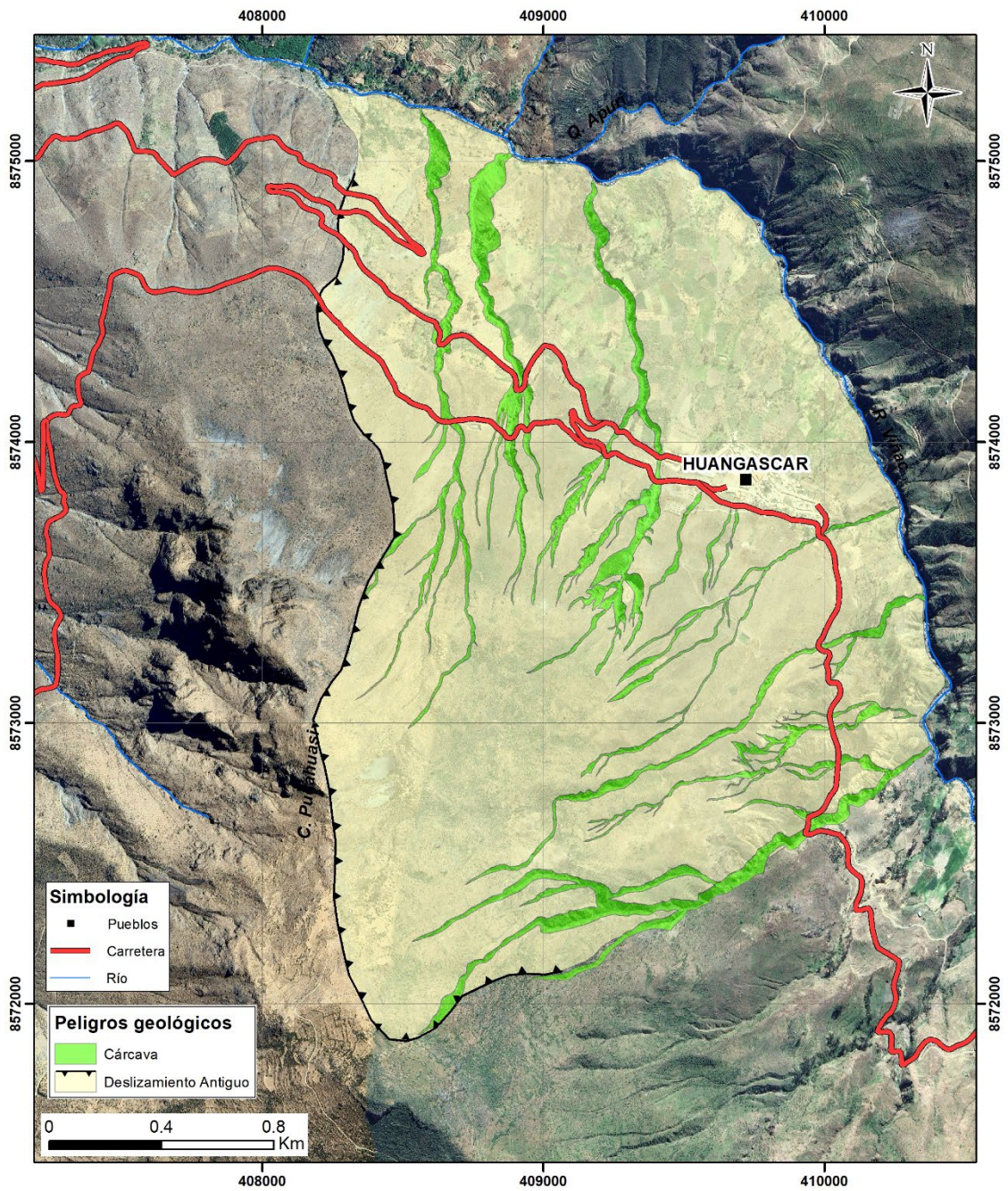


Figura 4. Mapa de peligros en el distrito Huangascar.



Figura 5. Vista del deslizamiento Huangascar, se observa el poblado emplazado en el cuerpo del deslizamiento y los terrenos de cultivo.

4.2. Erosión en Cárcavas:

La erosión por cárcavas es un proceso geomorfológico de origen hídrico donde el agua superficial, generalmente de escorrentía, excava y desgasta el suelo y las rocas, formando surcos o canales que pueden llegar a convertirse en cárcavas más profundas. Estas estructuras son típicas en terrenos con pendiente pronunciada y suelos poco cohesivos, donde la lluvia intensa o el riego inadecuado contribuyen a la erosión. Este proceso es considerado dentro de otros peligros geológico/geohidrológico.

En la zona de estudio estas cárcavas se presentan en el cuerpo de un deslizamiento antiguo (Figura 5) debido a que la masa movilizada ya no es una roca consolidada. Durante el tiempo de lluvias estas incisiones del terreno afectan a la población de Huangascar (Figura 6) ocasionando flujos de lodo que discurren por estos lugares y afectan a las viviendas. De igual forma las cárcavas ubicadas a lo largo de las vías de comunicación (carreteras) son afectadas en temporada de lluvias ya que estas se activan y ocasionan la erosión e incisión del terreno dejando incomunicado al distrito de Huangascar con sus anexos y otras comunidades (Figuras 7 y 8).

Debido a las recurrentes afectaciones a las viviendas por los flujos de lodo que descienden por las cárcavas, las autoridades y población realizaron zanjas y/o barreras para unir cárcavas y derivar los flujos a una cárcava mayor y así disminuir los daños a las viviendas como se ve en la imagen satelital del año 2023 (Figura 9). Este accionar redujo en alguna medida el volumen de material transportado y la afectación por flujos de lodo directos a la población, aunque estos problemas continúan en la temporada de lluvias.



Figura 6. Cárcavas (líneas punteadas verdes) ubicadas en la parte alta del poblado de Huangascar.



Figura 7. Imagen de cárcava que en tiempo de lluvias afecta la plataforma de la carretera, canalizando flujos de lodo y/o detritos.

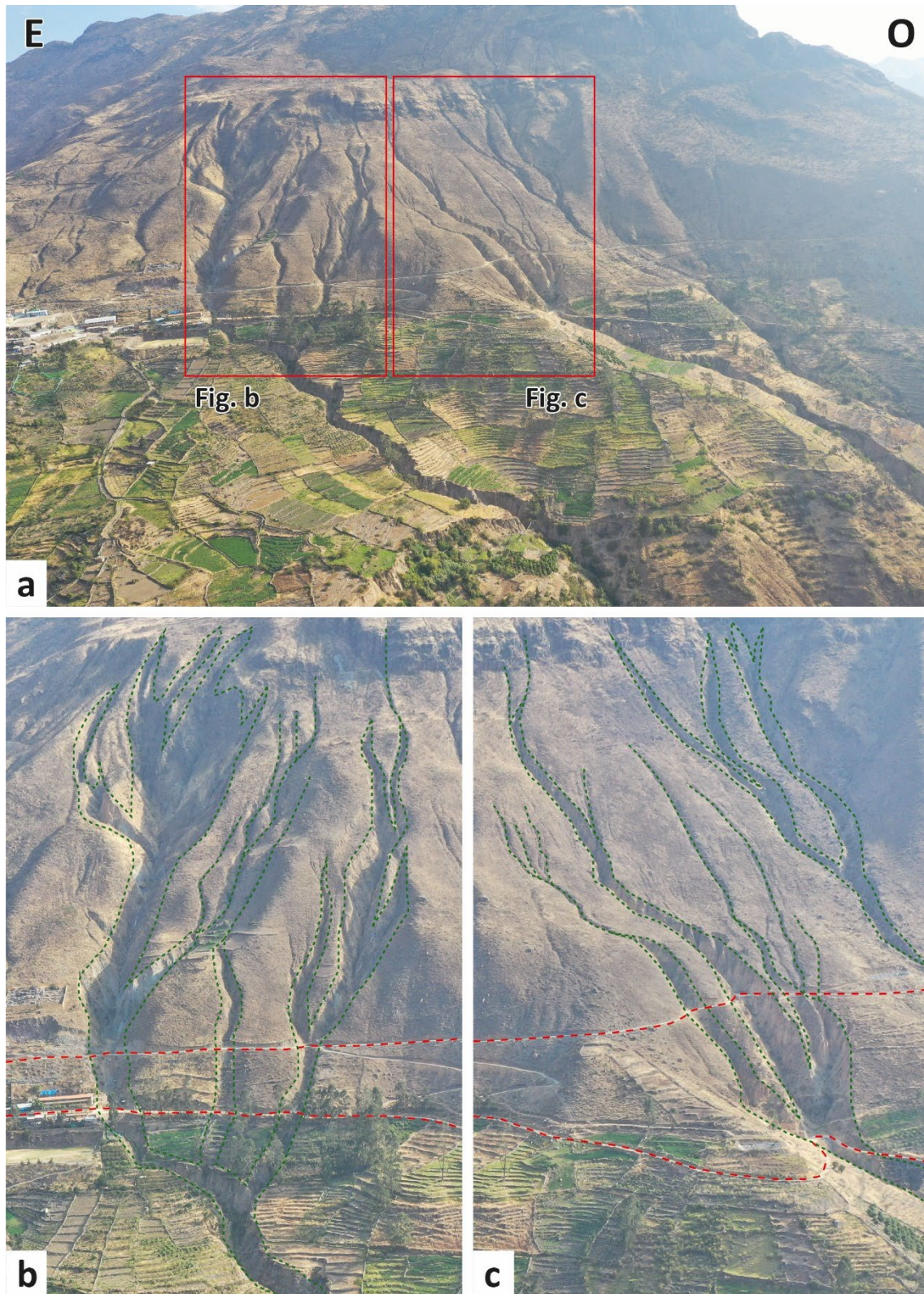


Figura 8. Cárcavas. a) Vista panorámica de las cárcavas en el distrito de Huangascar. b y c) Detalle de afectación de la erosión por cárcavas (Líneas punteadas verdes) a las principales vías de comunicación (Líneas punteadas rojas).



Figura 9. Cárcavas al noroeste del poblado de Huangascar. A) Proceso de carcavamamiento año 2013. B) Obras de prevención (polígono rojo), captura de cárcavas para derivar los flujos que descienden hacia el este del centro poblado, imagen año 2023.

5. FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES

Los procesos de erosión por cárcavas, viene a ser un fenómeno condicionado por factores como:

- *la litología* que corresponde a depósitos coluviales correspondientes a un antiguo deslizamiento; por lo que por su naturaleza inconsolidada y de remoción, es susceptible a erosionarse
- *la pendiente del terreno*, fuertes a escarpadas, predominantes, incrementan el potencial de erosión.
- *La escasa a nula vegetación*, en la zona aumenta el riesgo de erosión.
- *Intensidad y duración de lluvias*, se tienen lluvias estacionales entre los meses de Diciembre a Marzo, las cuales son intensas y prolongadas lo cual genera una mayor escorrentía, aumentando el riesgo de erosión.
- *Cortes de talud* para la construcción de vías de comunicación.

Por consiguiente, el factor detonante son las lluvias que se dan mediante eventos climáticos extremos; es decir el agua a través de las lluvias torrenciales que se incrementa la escorrentía superficial introduciéndose en estas cárcavas (zanjas) y

ocasionando el proceso erosivo y desgaste de los flancos para generar flujos de lodo y detritos.

6. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Una de las medidas fundamentales para garantizar la estabilidad en este tipo de fenómenos es el manejo controlado del agua superficial. Estos sistemas están diseñados para regular el agua y sus efectos, reduciendo la continua incisión y generación de los flujos que dañan vías de comunicación y viviendas en el distrito de Huangascar.

Los métodos destinados para controlar el agua están enfocados en el drenaje superficial, la contención de cárcavas y la protección de carreteras.

6.1. DRENAJE SUPERFICIAL

Tiene como objetivo principal recolectar las aguas superficiales para mejorar la estabilidad del terreno reduciendo la infiltración de agua y evitar la erosión dirigiendo el agua lejos del talud o área inestable.

El sistema de recolección de aguas superficiales debe abarcar la escorrentía de la ladera del flanco este del cerro Pucahuasi donde se ubica el deslizamiento Huangascar. Las aguas deben de ser captadas y conducir hacia zonas donde no ocasionen afectación y/o daños, en este caso debe de ser alejado del deslizamiento y la zona de cárcavas.

El agua de escorrentía debe de desviarse antes de que entre al área del deslizamiento, para ello se debería de construir zanjas interceptoras de agua en la parte alta del cerro Pucahuasi denominadas zanjas de coronación y canales colectores.

Las zanjas de coronación, vienen a ser estructuras que se deben de construir en la parte alta de los taludes con la finalidad de interceptar y desviar el agua de las lluvias (Figura 10), evitando que discurren sobre el talud contrarrestando a la inestabilidad y la erosión en cárcavas que afectan al poblado de Huangascar y las vías de comunicación.

Pero no se deben de ubicar cerca al escarpe porque puede debilitar esta zona. También se recomienda que estas zanjas sean impermeabilizadas y se deben de construir con pendientes adecuadas para asegurar un drenaje eficiente. Pero estas obras deben de tener un mantenimiento periódico que aseguren su funcionalidad y prevenir que se generen grietas en la infraestructura por infiltración.

Canales colectores en espina de pescado, son estructuras que sirven para disminuir la infiltración de agua en las partes altas del talud recolectando y conduciendo fuera de las áreas vulnerables del talud derivando el agua a canales en gradería (Figura 11), de igual forma que las zanjas de coronación estas estructuras tienen que ser impermeabilizadas y debe de tener un mantenimiento periódico.

Canales colectores y disipadores, vienen a ser canales que deben de conducir el agua captada a canales en pendientes fuera del talud inestable, estos canales pueden ser de dos tipos:

- *Canal rápido*, estos canales se construyen en una pendiente igual a la del talud, colocando disipadores de energía en la base de estos canales rápidos para disipar la energía (Figura 12). Suárez (1998) indica que la construcción de este sistema puede ser relativamente económica, pero presenta el problema de la poca energía disipada.
- *Canal en graderías o sistema en graderías*, este sistema es más eficiente para disipar energía, la pendiente disminuye y no sería necesario la construcción de un disipador en la base del canal ya que cada grada disipa la energía (Figura 13).

La construcción de estas estructuras permitirá la derivación del agua a zonas seguras, por tal motivo deben de ser impermeabilizadas y deben de tener un mantenimiento periódico que puedan asegurar su funcionalidad.

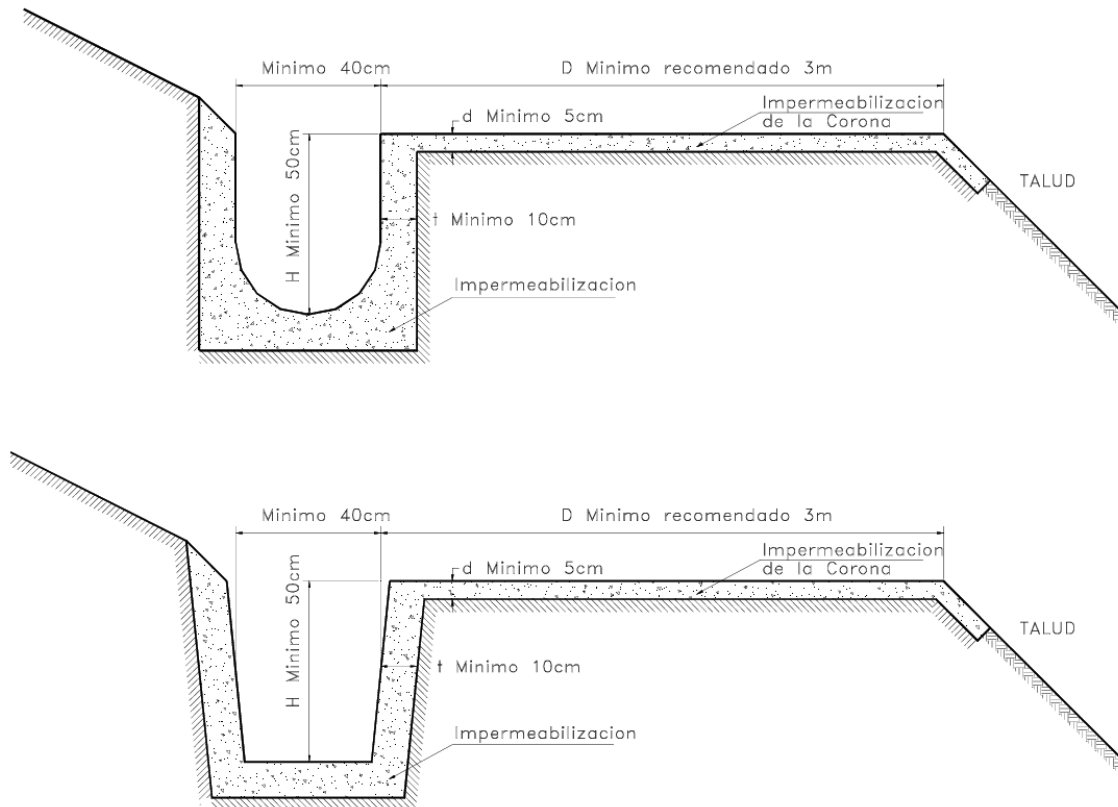


Figura 10. Detalle de zanjas de coronación para el control de aguas superficiales en un talud. (Tomado de Suárez, 1998).

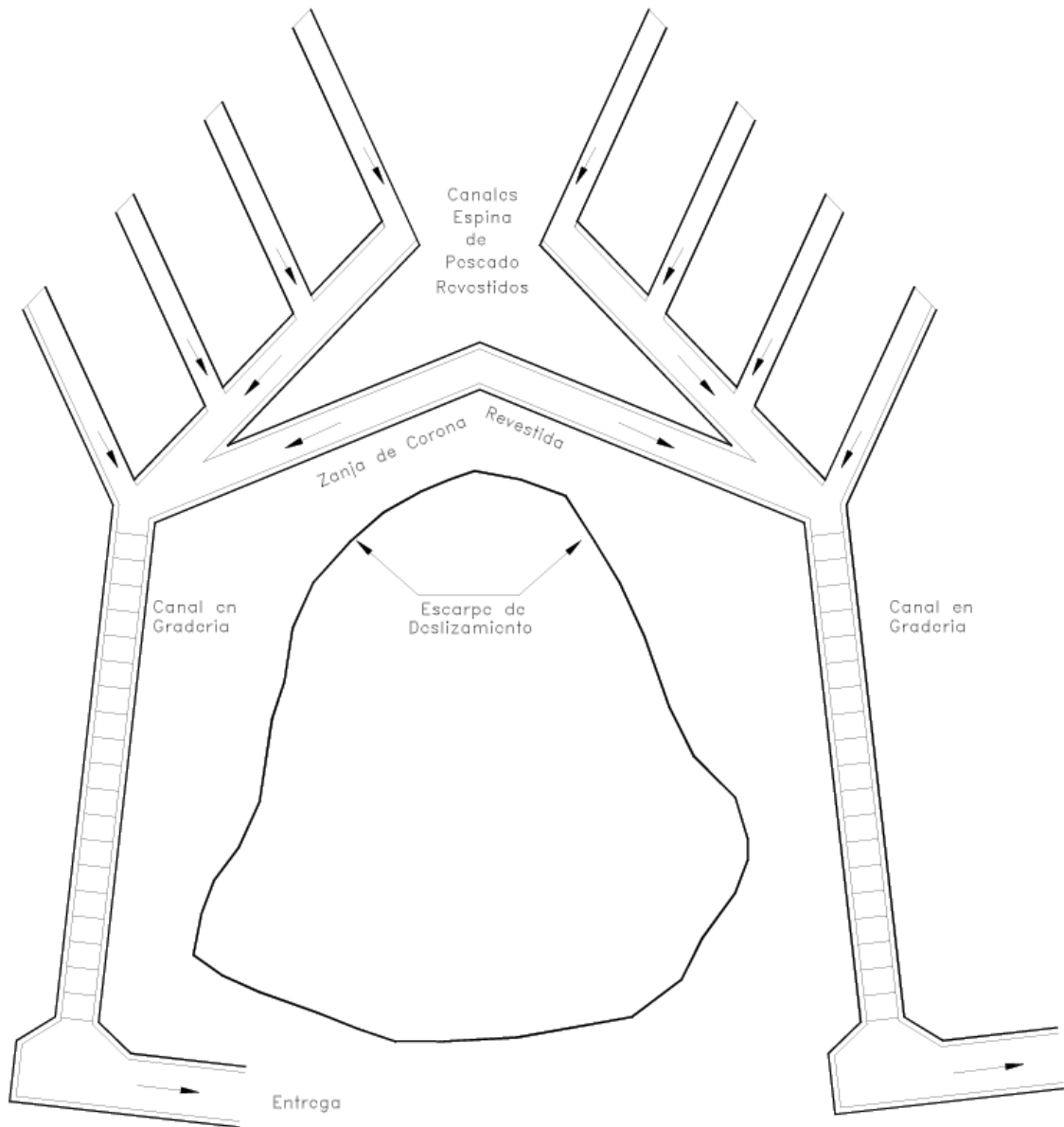


Figura 11. Esquema en planta de canales colectores espina de pescado. (Tomado de Suárez, 1998).

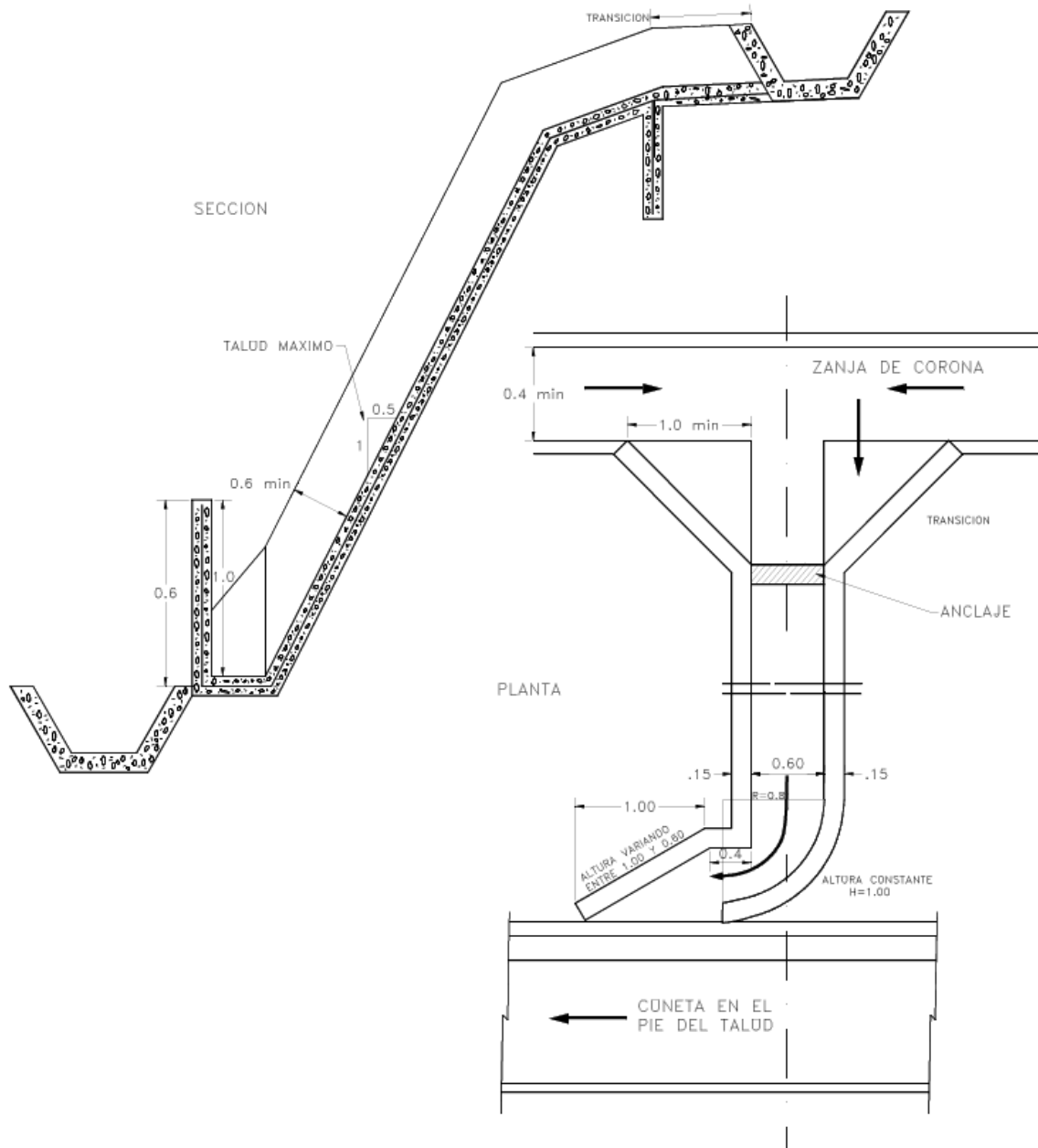


Figura 12. Detalle de un canal rápido de entrega. (Tomado de Suarez, 1998).

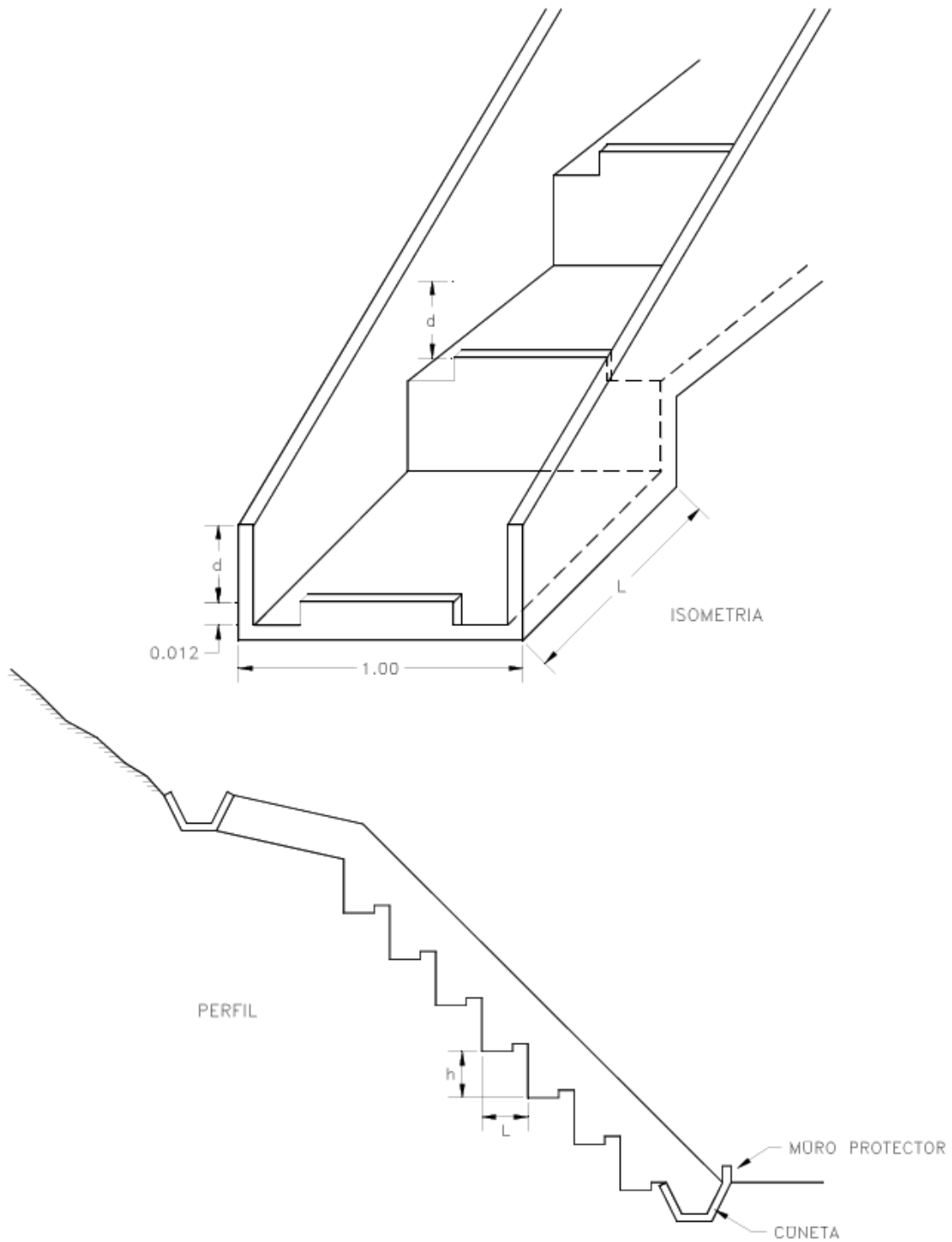


Figura 13. Canal de entrega con gradas de disipación. (Tomado de Suárez, 1998).

6.2. ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN DE CÁRCAVAS:

El objetivo de control de una cárcava implica minimizar los procesos erosivos y detener el aumento de sus dimensiones (longitud, ancho y profundidad), para ello es importante combinar medidas ingenieriles (diques de retención) y revegetación, para proteger el poblado de Huangascar, terrenos de cultivo y las vías de comunicación.

Los diques de retención, permiten reducir la capacidad erosiva por el agua en movimiento a lo largo de las cárcavas. De modo que, la construcción de una serie de diques debe modificar el régimen hidráulico, controlar el avance y desarrollo de las cárcavas y en especial controlar los daños ocasionados por este proceso en la población y en las vías de comunicación (carreteras).

El diseño de los diques depende de la altura, ancho y profundidad de las cárcavas, además se debe de tener cuidado con el espaciamiento entre diques, un espaciamiento excesivo puede producir erosión remontante que afecte el dique situado aguas arriba por efectos de socavación. De igual forma se debe de construir una plataforma delante de los diques para amortiguar el impacto del agua (Figura 14).

Cuando estos diques estén colmatados se procederá a repoblar con árboles y/o plantas nativas como medida de estabilización.

Revegetación de cárcavas, este paso es importante para terminar de dar estabilidad a las cárcavas a largo plazo, teniendo un efecto muy beneficioso desde el punto de vista ambiental. Esta revegetación se debe de hacer únicamente con especies herbáceas o una combinación de especies herbáceas y leñosas.



Piedra mallada (sin armadura)



Piedra mallada (con armadura)



Empalizada simple



Empalizada doble



Placa de hormigón prefabricado



Cordones de escollera

Figura 14. Recomendaciones en la construcción de diques para el control de cárcavas (Tomado de Gómez 2019).

Por otro lado, con la revegetación y/o reforestación se puede controlar zonas donde los taludes presentan pendiente fuerte a muy fuerte como se ve en el flanco noreste del cerro Pucahuasi. Para ello se deberá reforestar con plantas nativas utilizando mallas orgánicas, geomallas, geoceldas o se puede colocar biotrampas de madera (Figura 15) que se llegarán a sedimentar y servirán para reforestar con plantas nativas de la zona y/o arbustos.

La cubierta vegetal proporciona grandes beneficios con respecto a los procesos de erosión, entre ellos protege la superficie del suelo del impacto de las gotas de lluvia, incrementa la resistencia del suelo al esfuerzo de corte de la escorrentía gracias a las raíces y aumenta la rugosidad hidráulica que disminuye la velocidad de la escorrentía. En la tabla 1 se puede ver los beneficios de la vegetación.

Tabla 1. Beneficios de la vegetación respecto a la erosión y la estabilidad (Giráldez et al., 2015)

INFLUENCIA EN LA EROSIÓN SUPERFICIAL	Protección mecánica	El follaje y los residuos de las plantas disipan la energía de la lluvia y previenen la separación de las partículas del suelo por salpicadura.
	Refuerzo biomecánico del suelo en profundidad	Las raíces retienen las partículas del suelo aumentando su resistencia a la erosión laminar y, sobre todo, al flujo concentrado.
	Retención	El follaje y los tallos incrementan la aspereza del terreno, disminuyendo la velocidad de la escorrentía.
	Infiltración	Las plantas y otros residuos ayudan a mantener la porosidad y permeabilidad del suelo, retrasando el comienzo de la escorrentía.
INFLUENCIA EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD	Refuerzo de las raíces	Las raíces refuerzan mecánicamente el suelo transfiriendo la tensión de corte del suelo a una resistencia a tracción sobre ellas.
	Disminución de la humedad del suelo	La transpiración y la interceptación por el follaje, puede reducir la humedad y limitar el aumento de una presión de poro positiva.
	Refuerzo	Los tallos pueden actuar como pilotes de refuerzo o apeo, o los contrafuertes de un arco, para contener las fuerzas de corte.
	Sobrecarga	El peso de la vegetación puede, en algunas circunstancias, incrementar la presión de confinamiento de la capa de deslizamiento del talud.



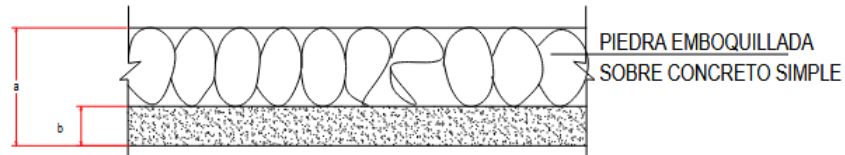
Figura 15. Distribución de biotrapas de madera, al sedimentarse estas se podrán forestar con plantas nativas para dar mayor estabilidad al talud.

6.3. ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN DE CARRETERAS:

Para la protección de las vías de comunicación (carreteras) y evitar el deterioro e incomunicación con poblados anexos se debería de construir **badenes, alcantarillas o mixto (baden-alcantarilla)** en los sectores donde se ubican las cárcavas, los cuales servirán para evitar la erosión e incisión de las carreteras. Para elegir el tipo de obra adecuada, esta deberá ser estudiada detalladamente por un personal especializado.

La construcción de estas obras permitirá interceptar las aguas que desciende de las cárcavas, con el fin de evacuar flujos menores en épocas de estiaje y materiales solidos en periodos de lluvias extraordinarias. Pero los diseños deben de contemplar obras para la protección contra la socavación en la entrada y salida de estas obras como disipadores de energía. En el manual de carreteras (Hidrología, Hidráulica y drenaje) propuesta por el Ministerio de Transportes y comunicaciones (https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html) propone un ejemplo de la construcción de baden (Figura 16).

Una ventaja es que en este tipo de obras los trabajos de mantenimiento y limpieza se realizan con mayor eficacia, siendo el riesgo de obstrucción muy bajo.



DETALLE 1

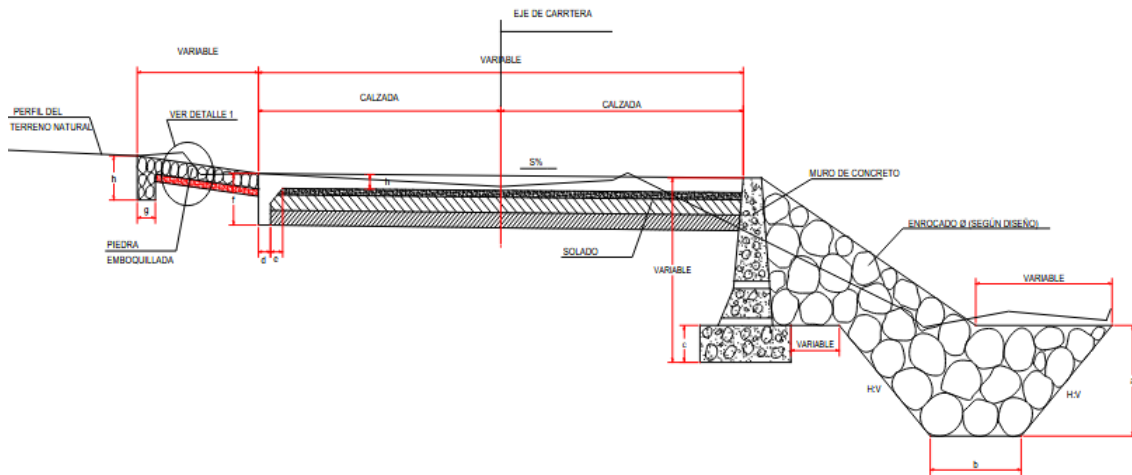


Figura 16. Sección típica de badén con protección a la entrada y salida (tomado del manual de carreteras (Hidrología, Hidráulica y drenaje) propuesta por el Ministerio de Transportes y comunicaciones https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20de%20Hidrolog%C3%ADa,%20Hidr%C3%A1ulica%20y%20Drenaje.pdf)

7. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica de la zona de estudio, así como a los trabajos de campo y la evaluación de peligros geológicos, emitimos las siguientes conclusiones:

- a) El área de estudio se considera geodinámicamente muy activa, debido a la presencia de procesos de erosión en cárcavas, que se extienden y van en crecimiento sobre el cuerpo de deslizamiento antiguo.
- b) Las cárcavas se encuentran en el cuerpo de un deslizamiento antiguo de tipo rotacional, este evento tiene su escarpe ubicado a 3450 m.s.n.m., presenta un ancho de ~ 950 m, el desnivel entre la cabecera y el pie del deslizamiento es 1300 m y la longitud de recorrido es ~ 3 km.
- c) La descripción del área de estudio se enfocó en las evidencias de erosión por cárcavas, ubicados en el flanco Noreste del cerro Pucahuasi. Estas cárcavas afectan las viviendas del distrito Huangascar ya que a través de estos discurren flujos de lodo y detritos, de igual forma estos flujos afectan la carretera produciendo la erosión e incisión de esta.
- d) La causa principal de la formación de las cárcavas es el agua producto de las fuertes precipitaciones pluviales que generan una mayor escorrentía aumentando el riesgo de erosión
- e) El depósito del deslizamiento antiguo de Huangascar presenta poca resistencia a la erosión.
- f) La Pendiente del terreno del talud (cuerpo del deslizamiento antiguo) presenta una pendiente entre fuerte (15° - 25°) a muy fuerte (25° - 45°), este hecho hace que se incremente el potencial de erosión.
- g) Todos estos movimientos y/o procesos de reactivación pueden ser acelerados por precipitaciones pluviales excepcionales y la acción antrópica.
- h) Por lo explicado, el distrito de Huangascar, podría ser afectado, debido a que presenta cárcavas ubicadas en la parte superior del poblado cuyas desembocaduras se ubican encima de viviendas, colegio, coliseo y puesto de control policial, además, estos procesos erosivos afectan las carreteras y dejan aislado al distrito. De no controlar el avance erosivo de estas cárcavas se podría generar daños mayores. En ese sentido el poblado de Huangascar se considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** a peligros geológicos/geohidrológicos específicamente erosión en cárcavas.

8. RECOMENDACIONES

En base a los datos de campo y todo lo descrito en este informe, se recomienda controlar la erosión por cárcavas enfocadas en controlar el drenaje de la zona (agua superficial), utilizando diferentes sistemas para controlar la escorrentía superficial.

Se recomienda que los diseños y ejecuciones de las obras, deben de ser realizadas por un profesional especializado, entre las recomendaciones se tiene:

- a) **Levantamiento topográfico:** Realizar un levantamiento topográfico detallado del área de influencia del distrito de Huangascar, utilizando drones a alta resolución (centímetros). Esta herramienta servirá de base para el planteamiento y desarrollo de las obras de prevención y control.
- b) **Monitoreo de las cárcavas:** Se debe de realizar un monitoreo del crecimiento de las cárcavas (ancho y profundidad), para ver la evolución de las cárcavas y en qué meses se incrementa sus dimensiones y proceso erosivo.
- c) **Control del agua superficial:** Se debe implementar drenes interceptores, consistentes en zanjas, elementos de captación y transporte de agua (Ver ítem 6). Ello con la finalidad de controlar la escorrentía superficial.
- d) **Zanjas de coronación:** Construir zanjas de coronación impermeabilizadas en la cabecera del deslizamiento y en la parte alta de las cárcavas con la finalidad de coleccionar las aguas de lluvia y drenarlas hacia una quebrada alterna o por canales de derivación, evitando que se infiltren en las zanjas y/o cárcavas (Ver ítem 6.1).
- e) **Drenaje tipo espina de pez:** Construir drenajes tipo espina de pez con canales revestidos. Un primer canal en la parte superior, con la finalidad de interceptar el escurrimiento en la zona de mayor pendiente. Los canales revestidos deben desembocar en canales colectores con la finalidad de conducir el agua fuera de la zona de cárcavas (Ver ítem 6.1).
- f) **Canales colectores y disipadores:** Construcción de canales impermeabilizados que coleccionan y conducen las aguas fuera de la zona de cárcavas, estos pueden ser canales rápidos o en gradería (Ver ítem 6.1).
- g) **Diques de retención:** Construcción de diques a lo largo de las cárcavas para controlar el desarrollo de las cárcavas (Ver ítem 6.2). Para su construcción se deberá tomar en cuenta la forma y dimensión de la quebrada. Estas presas pueden ser presas de gaviones o ser presas de cimentación ciclópea.
- h) **Revegetación de cárcavas:** Revegetación con especies herbáceas y leñosas, estas se deben de plantar entre los diques de retención para dar estabilidad a las cárcavas (Ver ítem 6.2).
- i) **Reforestación:** Servirá para estabilizar el suelo y así reducir la erosión causada por la lluvia y la escorrentía superficial. Se pueden usar mallas orgánicas, geomallas, geoceldas o colocar biotrampas de madera (Ver ítem 6.2).
- j) **Badenes, alcantarillas o mixto (baden-alcantarilla):** Se debe construir este tipo de obras para proteger las carreteras y evitar la erosión e incisión de la plataforma por los flujos que discurre por las cárcavas. Estas obras tienen la

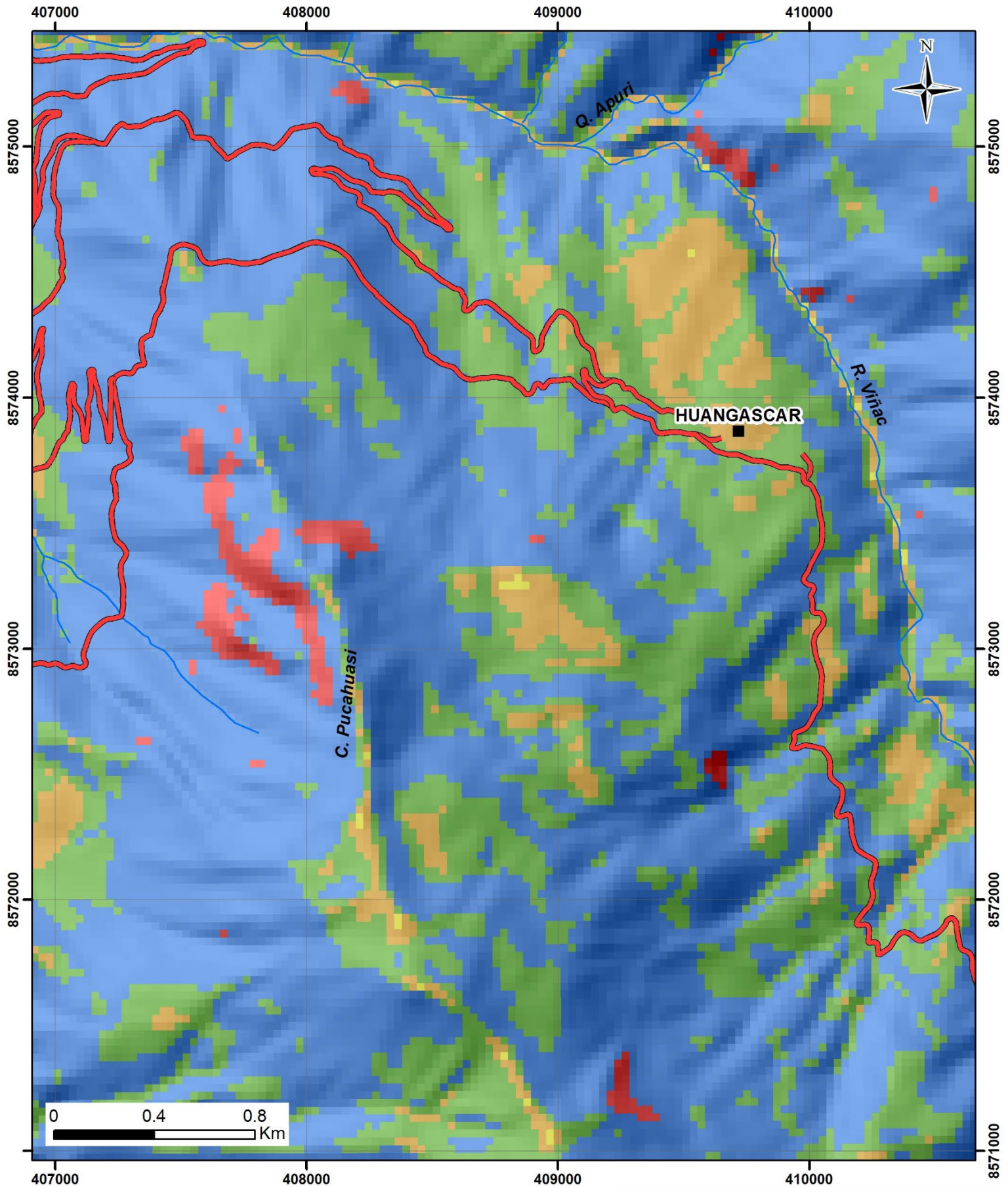
finalidad de evacuar flujos menores en épocas de estiaje y los materiales sólidos en periodos de lluvias extraordinarias (Ver ítem 6.3).

- k) Educación y Sensibilización:** Se debe informar, capacitar y concientizar mediante talleres o charlas a los habitantes del distrito de Huangascar sobre los peligros a los que están expuestos, las prácticas adecuadas de manejo del suelo y la importancia de la vegetación en la prevención de la erosión.







9. REFERENCIAS

- Beckinsale, R. D., Sanchez-Fernandez, A. W., Brook, M., Cobbing, E. J., Taylor, W. P., & Moore, N. D. (1985). Rb-Sr whole-rock isochron and K-Ar age determinations for the Coastal Batholith of Peru. In *Magmatism at a plate edge. The Peruvian Andes* (pp. 177-202).
- COBBING, E. J.; PITCHER, W.S.; et. al. (1984).- Sinopsis Geológica de Superunidades del Batolito de la Costa. British Geological Survey, U.K. and CONOCO. U.K. Ltd.-INGEMMET
- CRUDEN, D. M., VARNES, D. J., (1996) Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R. L., ed., *Landslides investigation and mitigation: Washington D. C.*, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36-75.
- Delgado, F., Zerathe, S., Schwartz, S., Mathieux, B., & Benavente, C. (2022). Inventory of large landslides along the Central Western Andes (ca. 15°–20° S): Landslide distribution patterns and insights on controlling factors. *Journal of South American Earth Sciences*, 116, 103824.
- Froude, M. J., & Petley, D. N. (2018). Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(8), 2161-2181
- Giráldez, J. V., Madrid, R., Rodríguez, A., Contreras, V., Landa, B. B., Taguas, E. V., ... & Gómez Calero, J. A. (2015). *Manual de técnicas de estabilización biotécnica en taludes de infraestructuras de obra civil.*
- Gómez, J. A. (2019). *Criterios técnicos para el diseño y evaluación de cárcavas, revegetación para diversificación del paisaje, muros de contención, mejora ambiental de fuentes y abrevaderos y construcción de charcas artificiales.* Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible.
- Grupo GEMMA (PMA: GCA, 2007), *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas.* Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades Andinas, Canada, 404 p.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). *Evaluación de zonas críticas por peligros geológicos ante Fenómeno El Niño 2023-2024 en el departamento de Lima. Tomo II: Lima Provincias.* Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7463, 240 p.
- SUAREZ, J. (1998). *Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales.* Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. Bucaramanga, Colombia. 548 p.
- VARNES, D.J. (1978), *Slope movements types and processes*, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, *Landslides analysis and control: Washington D.C.*, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176, p. 9-33.

ANEXOS (Mapas)



Pendiente de terreno

	0 - 1	Terreno llano
	1 - 5	Terreno inclinado con pendiente suave
	5 - 15	Pendiente moderada
	15 - 25	Pendiente fuerte
	25 - 45	Pendiente muy fuerte a escarpada
	> 45	Terreno muy escarpado

Simbología

	Pueblos
	Carretera
	Río



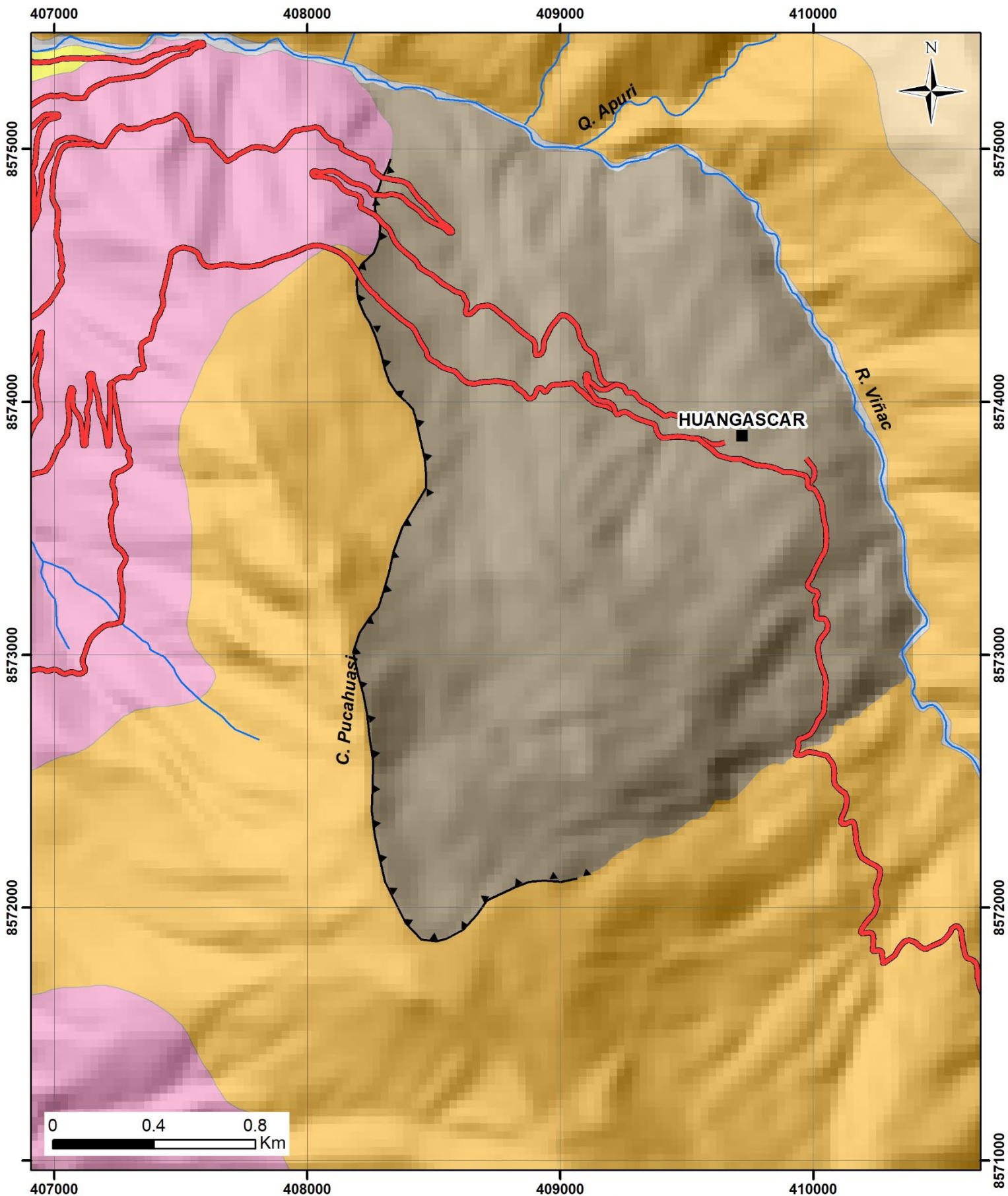
ACT. 16: SERVICIO DE ASISTENCIA TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

MAPA DE PENDIENTES

MAPA

Escala gráfica Datum UTM WGS 84 Zona 18s
Versión digital: Año 2025

01



Estratigrafía	
Cuaternario	Qh-fi Depósito fluvial
	Qh-al Depósito aluvial
	Qh-co Depósito coluvial
Neógeno	PN-C1-mgr Super Unidad Catahuasi Batolito de la Costa
	Pe-t/3 Pe-t/4 Formación Tantara
Paleógeno	Pe-t/3 Pe-t/4 Formación Tantara

Simbología	
▲▲	Escarpes de deslizamiento
■	Pueblos
—	Carretera
—	Río



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

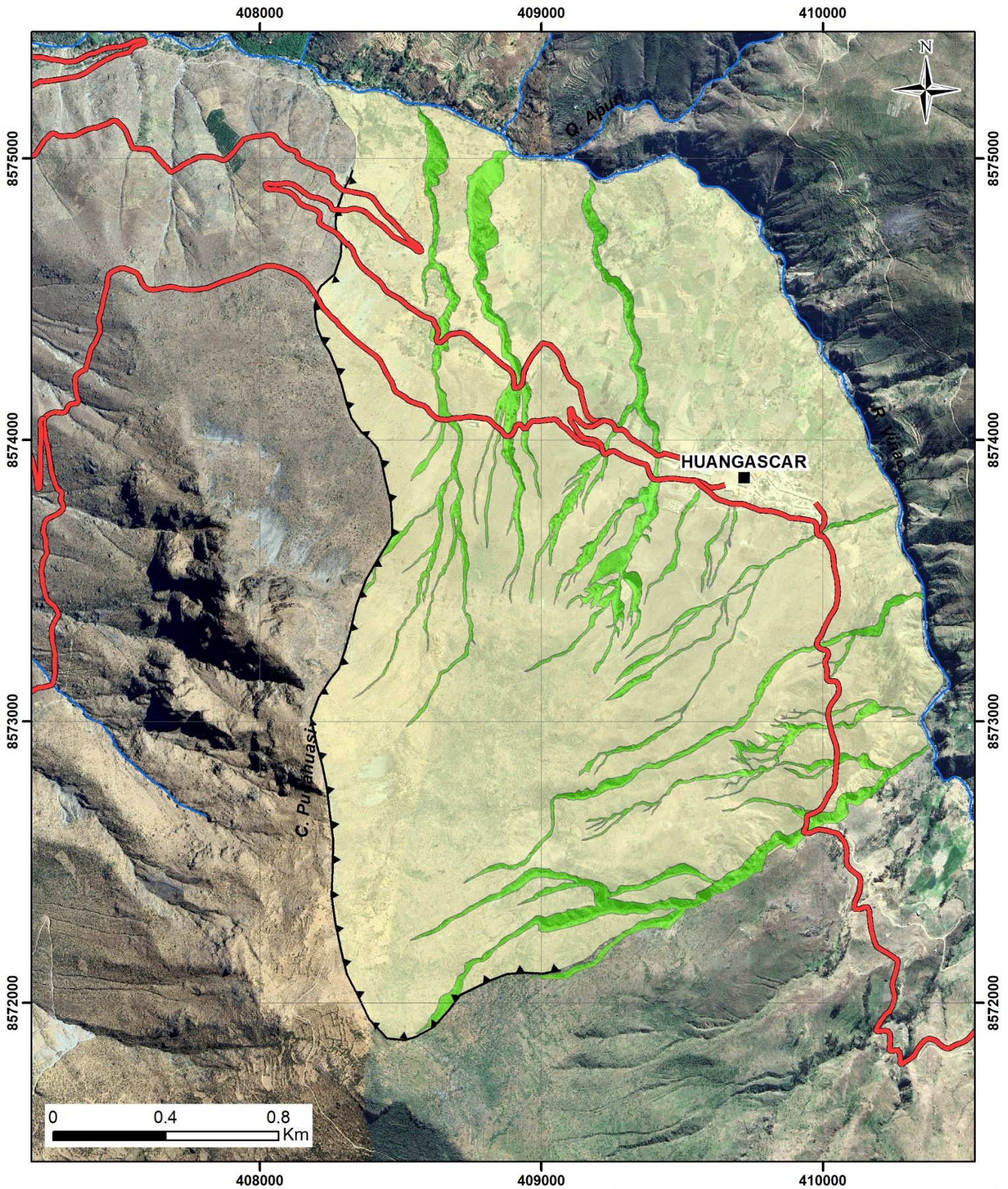
ACT. 16: SERVICIO DE ASISTENCIA TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

MAPA GEOLÓGICO

Escala gráfica Datum UTM WGS 84 Zona 18s
Versión digital: Año 2025

MAPA

02



Peligros geológicos	
	Cárcava
	Deslizamiento Antiguo

Simbología	
	Pueblos
	Carretera
	Río

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 16: SERVICIO DE ASISTENCIA TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
MAPA DE PELIGROS	MAPA 03
Escala gráfica Datum UTM WGS 84 Zona 18s Versión digital: Año 2025	