

Informe Técnico N° A6790

PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEO-HIDROLÓGICOS DETONADOS POR EL NIÑO COSTERO 2017 EN LA REGIÓN ANCASH: ANÁLISIS GEOLÓGICO, GEOMORFOLÓGICO Y DE PELIGROS EN LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RÍO HUARMEY

Región Ancash
Provincia: Huarmey



POR:

RONALD FERNANDO CONCHA NIÑO DE GUZMÁN
ESTIBENE POOL VÁSQUEZ CHOQUE
IGOR ASTETE FARFÁN
ALEXANDRA BENITES CAÑOTE
WALDIR VALDIVIA VERA

DICIEMBRE
2017

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	3
2. INTRODUCCIÓN.....	5
3. ÁREA DE ESTUDIO.....	6
4. MARCO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO.....	8
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	16
4.1. EVALUACIÓN GEODINÁMICA Y SUS CAUSAS.....	16
a. FLUJOS DE DETRITOS.....	16
b. CAÍDAS O DESPRENDIMIENTOS DE ROCA.....	24
c. EROSIÓN FLUVIAL-ALUVIAL.....	27
d. INUNDACIONES FLUVIALES E INUNDACIONES DE DETRITOS Y LODO.....	34
4.2. ZONIFICACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS.....	48
6. LISTADO DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA REGIÓN.....	54
6.1. ESTADÍSTICAS.....	82
7. CONCLUSIONES.....	85
8. RECOMENDACIONES.....	88
9. BIBLIOGRAFÍA.....	89
ANEXOS	91
1. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	91
2. MAPAS.....	112

RESUMEN

En los meses de febrero y marzo del 2017, el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), reportó un incremento anormal en la temperatura de la superficie del mar en la costa central y norte de Perú. Esto dio lugar a la formación e instalación de masas de aire húmedo a lo largo de la costa y las vertientes de la cordillera occidental de los Andes peruanos, originando intensas precipitaciones pluviales anómalas que desencadenaron múltiples fenómenos de movimientos en masa (flujos de detritos, deslizamientos, caídas de roca, erosión fluvial, etc.) e inundaciones, que afectaron gran parte de la región Ancash. En particular ciudades como Chimbote, Casma y Huarney fueron duramente golpeadas, principalmente esta última, donde más del 50% de viviendas fueron afectadas por las inundaciones, así como numerosas obras de infraestructura como canales, pozos, puentes, etc.

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, como parte de sus funciones inherentes a la contribución como ente técnico-científico parte del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD); luego de su primer informe o reporte sobre los daños originados a nivel de toda la región Ancash presentado en agosto del 2017, creyó conveniente evaluar y elaborar un inventario y caracterización de zonas afectadas por peligros geológicos, realizando un estudio de mayor detalle en la zona más afectada en esta región. Uno de los productos que pone en consideración es el informe *“Peligros geológicos y geo-hidrologicos detonados por el Niño Costero 2017 en la región Ancash: análisis geológico, geomorfológico y de peligros en la cuenca media y baja del río Huarney”*, que contiene la cartografía de la geomorfología y de los procesos geodinámicos a escala 1:25 000.

En la parte media y baja de la cuenca Huarney, extensas áreas de cultivo fueron destruidas por las inundaciones y flujos de detritos. En la margen derecha del valle, caídas de roca y derrumbes desarrollados principalmente sobre rocas intrusivas, afectaron la carretera asfaltada Huarney – Aija.

Mediante los estudios geodinámicos y geomorfológicos de campo y el análisis e interpretación de imágenes satelitales Google Earth, Alos Palsar y principalmente Perú SAT (0.7m de resolución) pre y post desastre, se realizó un cartografiado de peligros geológicos y geo-hidrologicos en la parte media y baja de la cuenca Huarney a escala 1:50,000 y la identificación de zonas críticas mediante la realización de dos mapas de susceptibilidad, el primero de ellos ante inundaciones, inundaciones de detritos y flujos de lodo y el segundo ante fenómenos de movimiento en masa (flujos de detritos o huaycos, caídas de roca, erosión fluvial y derrumbes).

Estos mapas se realizaron con el objetivo principal de zonificar áreas de susceptibilidad Media, Alta y Muy Alta ante peligros geológicos y geo-hidrologicos y de definir cuáles son las medidas correctivas generales a tomar en cuenta para la futura reconstrucción que emprenderá la Autoridad Nacional para la Reconstrucción con Cambios.

Complementan al informe un mapa geológico (modificado de Cobbing & Sánchez 1996) y un mapa geomorfológico (modificado de Zavala *et al.*, 2009) a escala 1: 80,000 de la parte media y baja de la cuenca Huarmey. Además, se presenta un listado de peligros geológicos presentes y latentes de la región de Ancash con el inventario de centros poblados, áreas de cultivo, tramos de carretera y obras de infraestructura afectados durante el fenómeno de “El Niño Costero”.

Finalmente, se muestran fotografías, figuras esquemáticas del origen de los procesos de inundación en la zona de Huarmey, cuadros resúmenes de peligros con detalles geológico, geomorfológico y geodinámicos, así como recomendaciones puntuales para cada tipo de peligro evaluado. Se emiten conclusiones y recomendaciones generales que deben ser tomadas en cuenta en los trabajos de reconstrucción que se llevaran a cabo.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) en el marco del cumplimiento de sus funciones, efectúa como ente técnico-científico y parte del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD) el estudio de los peligros geológicos que afectan a los centros poblados y obras de infraestructura en el territorio nacional, brindando información oportuna en apoyo al Gobierno Nacional, gobiernos regionales, locales y comunidades.

Ante la inusual ocurrencia del evento climático denominado “Niño Costero”, y la magnitud del desastre registrado en nuestro país el presente año, el INGEMMET, en cumplimiento del Decreto de Urgencia N°004-2017 Artículo 14.3 y su modificatoria en el Decreto de Urgencia N° 008-2017 Artículo 7 del 21 de abril de 2017, realizó evaluaciones geológicas y geomorfológicas de campo a las zonas afectadas por este evento meteorológico. Para ello designó a cuatro geólogos para cada región afectada (Tumbes, Piura, Lambayeque, Cajamarca, La Libertad, Cajamarca, Ancash, Ica y Lima provincias).

En el mes de agosto del presente año, el INGEMMET presentó la evaluación geológica de las zonas afectadas por el Niño Costero 2017 por regiones estudiadas. El estudio de la región Ancash incluyó un inventario de centros poblados, áreas de cultivo, carreteras e infraestructura urbana afectada en los valles de los ríos Santa, Lacramarca, Nuevo Chimbote, Nepeña, Casma, Culebras, Huarmey, Las Zorras, Fortaleza y Pativilca.

El presente informe, se enfoca en la evaluación geológica de movimientos en masa y peligros geo-hidrológicos en la parte media y baja de la cuenca Huarmey, haciendo un análisis más minucioso en la ciudad de Huarmey, que entre los días 14, 15, 16 y 17 de marzo del presente año fue duramente golpeada por los fenómenos mencionados.

La información geo-científica que se consigna en el presente reporte, pretende servir como un instrumento de orientación en los trabajos y proyectos que se emprendan en la cuenca Huarmey por parte de la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios, la cual se pone a disposición, así como a los Ministerios de Vivienda y Construcción, Transportes y Comunicaciones, Defensa, Agricultura, Educación y Salud, Autoridad Nacional del Agua (ANA), Gobiernos Regionales e instituciones del SINAGERD.

2. ÁREA DE ESTUDIO

El presente informe, enfoca su evaluación en la parte media y baja de cuenca Huarmey, cerca del piso de valle, desde los poblados Huamba y Huiña al noroeste (cerca de la confluencia de los ríos Aija y Malva), hasta la desembocadura del río Huarmey con el Océano Pacífico al sureste (Figura 1).

La parte alta de la cuenca Huarmey, registró numerosos daños provocados principalmente por flujos de detritos o huaycos, deslizamientos, erosión fluvial - aluvial y caída de rocas y detritos. Poblados como Huayup y Quilcap en la microcuenca Aija, así como San Miguel y Huichay en la microcuenca Malva, fueron afectados. Sin embargo, no fueron considerados en el presente informe debido principalmente a que los fenómenos ocurridos en estos parajes resultan pequeños en comparación a los daños ocurridos en la parte media y baja de la cuenca, además la escala de trabajo no permitió detallar esos fenómenos geodinámicos.

El área de estudio, corta las quebradas Pedregal y Carcar, debido a que para este estudio en particular resulta innecesario realizar un análisis de peligrosidad en su parte alta, ya que no existen poblaciones vulnerables y los efectos y alcances de su dinámica se pueden ver en las cercanías del piso del valle Huarmey (objetivo principal del presente estudio).

En conclusión, el área de trabajo se definió principalmente por la influencia geodinámica que tuvieron los valles y quebradas en los poblados asentados en el piso del valle Huarmey y consecuentemente en la destrucción casi total de la ciudad de Huarmey.

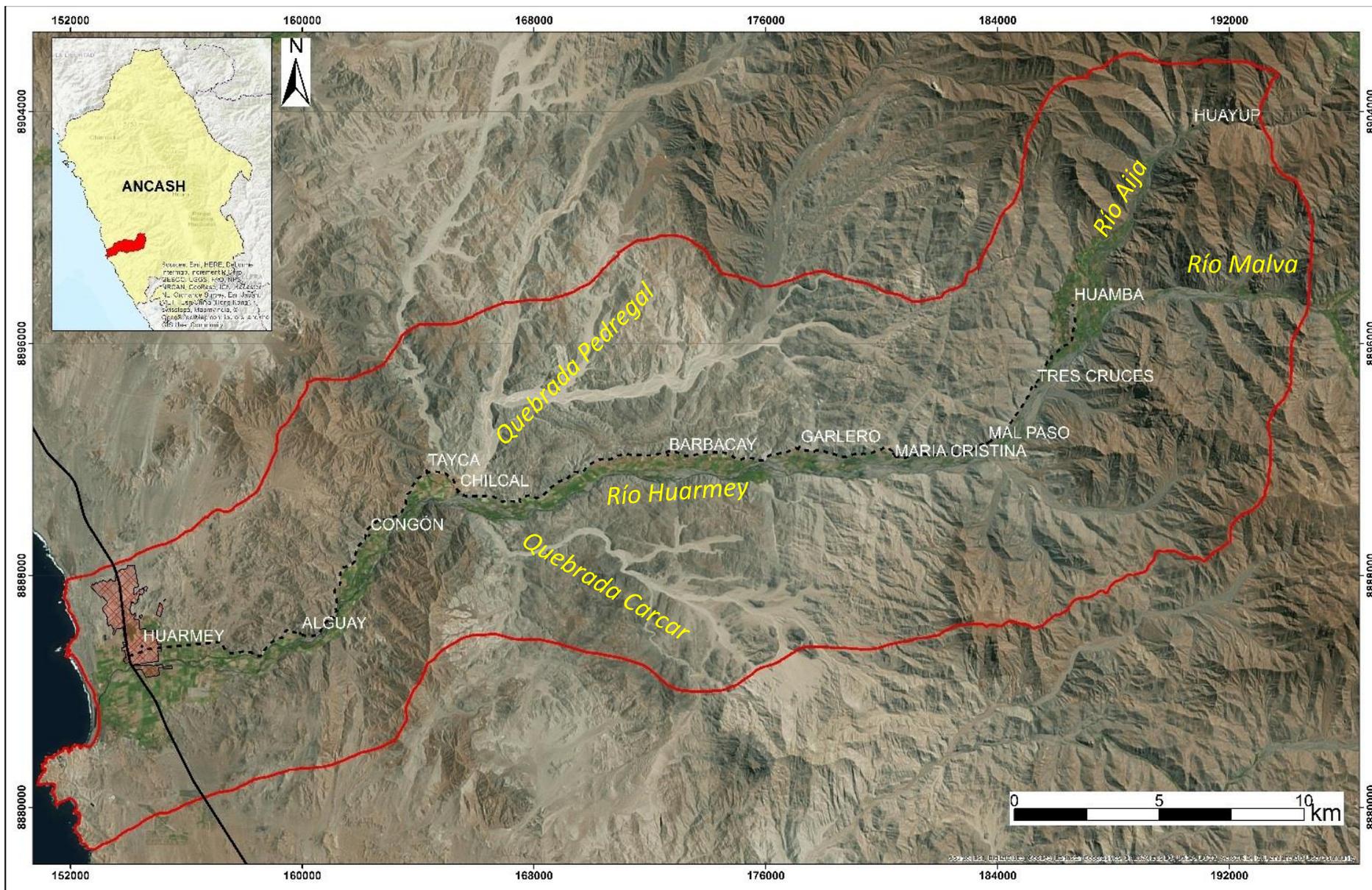


Figura 1: Mapa de Ubicación de la zona de estudio.

3. MARCO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO

En el presente apartado, se describirá brevemente las unidades geológicas y sus características litológicas y geomorfológicas de la zona de estudio y su relación con los peligros geológicos desencadenados durante el fenómeno del Niño Costero. Se presenta también un mapa geológico y otro geomorfológico a escala 1: 80,000 (mapas 1 y 2).

a. Formación Junco (Cretácico inferior)

Esta unidad aflora en la parte media y baja de la cuenca Huarmey, cerca de los poblados Huayup y Tayca respectivamente. Litológicamente está compuesta de lavas intercaladas con aglomerados grises y flujos piroclásticos, que sobre-yacen discordantemente a las formaciones Santa y Carhuaz del Grupo Goyllarisquizga e infra-yace a la Formación La Zorra (Cobbing & Sánchez 1996).

Durante las lluvias anómalas del Niño Costero, en esta unidad geológica se desarrollaron algunos flujos de detritos como los observados a la margen derecha del río Huarmey muy cerca del poblado de Tayca, así como el ocurrido en la quebrada Monsalve ubicada en la parte media de la cuenca Huarmey, flujo de detritos que tuvo un recorrido de casi 10 km., hasta el caserío Tres Cruces.

Esta unidad, se encuentra medianamente fracturada, por lo que se encuentra relativamente estable y no presentó fenómenos de caída de roca, derrumbes o deslizamientos importantes, a pesar de que forman montañas empinadas con pendientes que varían entre 30° a 70° de inclinación. (fotos 1 y 2).



Foto 1: Afloramientos de rocas volcánicas poco fracturadas de la Formación Junco, en el valle Huarmey.



Foto 2: Montañas muy empinadas en rocas volcánicas de la Formación Junco, en la confluencia del río Monsalve y el valle Huaramey.

b. Formación La Zorra (Cretácico inferior)

Esta unidad aflora cerca de la desembocadura del río Huaramey al Océano Pacífico, forma lomadas y colinas con pendientes que varían entre los 15° y 45° de inclinación, las cuales se pueden observar desde la ciudad de Huaramey (foto 3). Litológicamente está compuesta por flujos piroclásticos, andesitas intercaladas con limolitas, niveles de calizas y areniscas (foto 4). Tiene una edad del Albiano medio a superior, sobre-yace en conformidad a la Formación Junco e infra-yace a la Formación Lupín (Cobbing & Sánchez, 1996).

Esta unidad, no presenta evidencias de movimientos en masa desencadenados a raíz de las lluvias de marzo del presente año, sin embargo, los depósitos cuaternarios emplazados sobre esta unidad si sufrieron una re-movilización.



Foto 3: Lomadas en la Formación La Zorra, ubicadas al este de la ciudad de Huaramey.



Foto 4: Intercalación de flujos piroclásticos y limolitas de la formación La Zorra.

c. Formación Lupín (Cretácico superior)

Esta unidad aflora en el cerro Cruz Alta en la margen izquierda del valle de Huarmey, no se observó ninguna repercusión importante en la geodinámica externa de la cuenca Huarmey durante el fenómeno de El Niño Costero. Litológicamente está compuesta por andesitas, riolitas, calizas y areniscas.

d. Grupo Calipuy (Eoceno - Mioceno)

Aflora en el cerro Copa de Sombrero a la margen izquierda del valle de Huarmey; al igual que la Formación Lupín, no se observó mayor influencia geodinámica de esta unidad durante las lluvias del fenómeno del Niño Costero. Litológicamente está compuesta por conglomerados, flujos de lava y tobas, sobre-yace discordantemente a varias formaciones mesozoicas, así como rocas plutónicas.

e. Rocas Intrusivas

A lo largo y en la parte media de la cuenca Huarmey entre los caseríos Tayca, Chilcal, Barbacay, Malpaso y Huamba afloran hacia ambos márgenes del valle, un conjunto de rocas intrusivas constituidas por dioritas, tonalitas, gabros, granodioritas y monzogranitos. Todas estas rocas, corresponden a distintas pulsaciones magmáticas que configuran la super-unidad intrusiva reconocida como el Batolito de la Costa de edad Cretácico superior – Paleógeno (Cobbing & Sánchez, 1996).

Estos afloramientos, configuran colinas y montañas con pendientes que varían entre 30° y 50° y con frentes muy escarpados producto de la erosión fluvial-aluvial de 45° a 70° de inclinación (foto 5). Estas rocas se encuentran intensamente fracturadas, lo que las hace muy susceptibles a colapsar frente a un sismo de mediana a gran magnitud y a la erosión de pie de talud y superficial, formando de esta manera caídas de rocas y detritos, conos de deyección y avalanchas.

Ante las lluvias intensas de este año, estos frentes erosivos de rocas intrusivas colapsaron en varios sectores, formando numerosos conos de deyección y caídas de rocas que afectaron a la carretera Huarmey – Aija (foto 6).



Foto 5: Afloramiento de rocas intrusivas en ambas márgenes del río Huarmey.



Foto 6: Conos de deyección y caídas de roca en afloramientos intrusivos de la carretera Huarmey – Aija.

f. Depósitos Cuaternarios

Predominan principalmente los depósitos aluviales, constituidos por fragmentos sub-redondeados de rocas intrusivas, volcánicas y en menor proporción areniscas y calizas. Estos depósitos se emplazan a manera de terrazas en el fondo del valle del río Huarmey y sus tributarios de segundo orden (ríos Carcar, Pedregal, Piedras Labradas, Mal Paso, Malvas, Aija, etc.). Este trabajo presenta un mapa geológico donde se dividen estos depósitos en tres unidades (Q-al1, Q-al2 y Q-al3), según su orden, recorrido y procedencia.

Las intensas lluvias de este año, desencadenaron numerosos flujos de detritos o huaycos en la cuenca Huarmey, algunos con un gran recorrido. Estos aluviones, en algunos casos se emplazaron sobre depósitos aluviales antiguos rellenando valles y en otros casos incisaron estos depósitos formando terrazas cortadas (fotos 7 y 8).



Foto 7: Depósitos de huayco emplazados sobre aluviones antiguos en el río Huarmey.



Foto 8: Terrazas aluviales antiguas cortadas por huaycos recientes.

En la parte baja de la cuenca Huarmey, emplazados sobre las laderas, rellenando algunas quebradas y encima de algunas colinas y montañas, se observan extensos depósitos eólicos constituidos por arena muy susceptibles a ser lavados por acción de la escorrentía superficial, lo que representa un peligro para la formación de flujos de lodo (foto 9).

Los depósitos fluviales están constituidos por bloques redondeados de rocas volcánicas e intrusivas, los que se encuentran restringidos al cauce de los ríos Huarmey y sus tributarios, sin embargo, luego de las fuertes lluvias originadas por el fenómeno del

Niño Costero, se abrieron nuevos cauces fluviales en la llanura del valle de Huarmey (migración fluvial - foto 10).

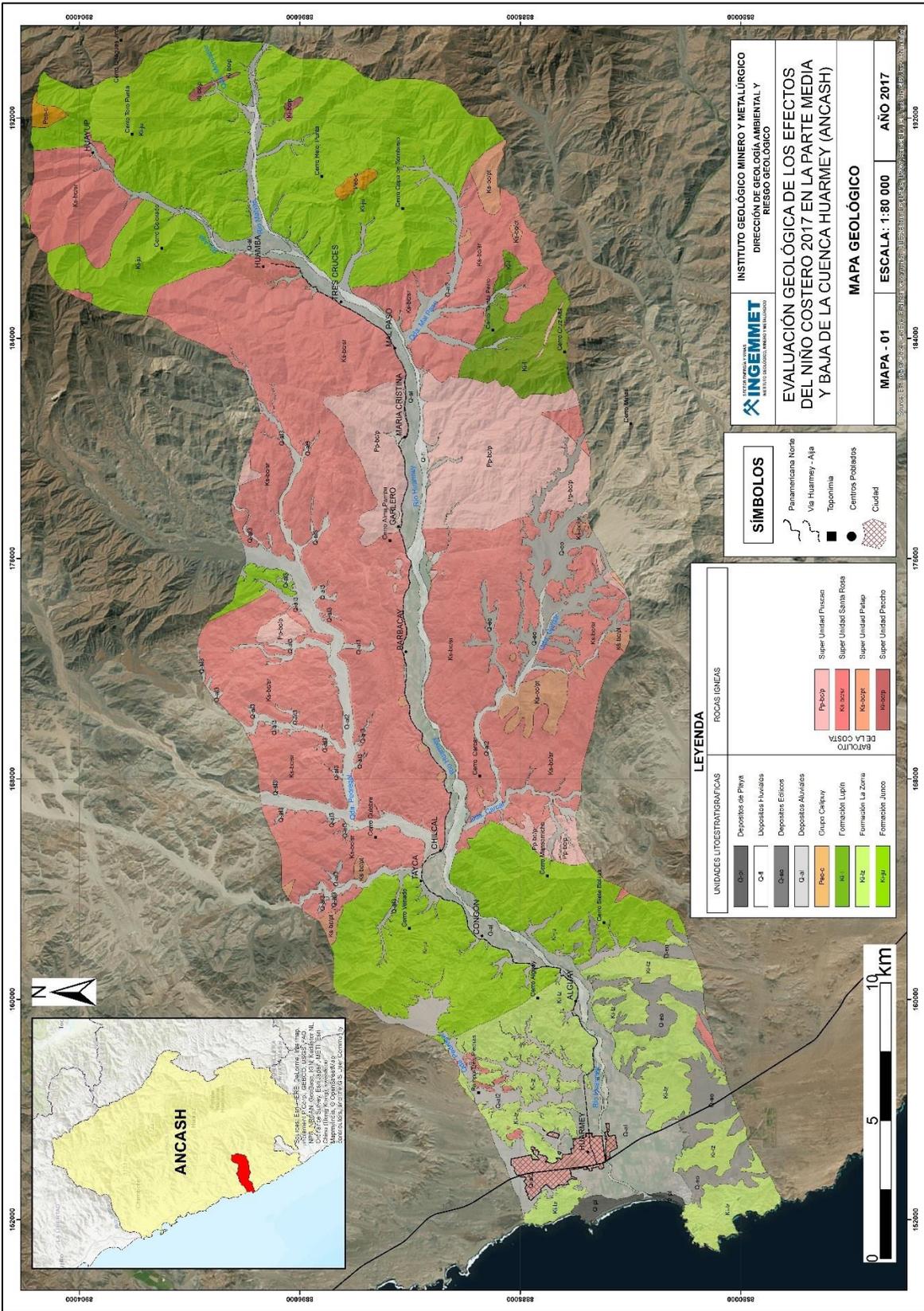


Foto 9: Depósitos eólicos en la margen izquierda del río Huarmey.



Foto 10: Migración del cauce fluvial del río Huarmey.

Depósitos coluviales, también pueden ser observados, aunque de pequeñas dimensiones, a manera de conos de deyección, caídas de detritos y pequeños canchales, por lo que no se cartografiaron debido a la escala del mapa. Sin embargo, es importante mencionarlos ya que muchos de ellos se reactivaron durante el fenómeno del Niño Costero (foto 6).



4. PELIGROS GEOLÓGICOS

El Niño Costero en la región Ancash, trajo como consecuencias la activación y reactivación de numerosos fenómenos de movimientos en masa, hidro-meteorológicos y otros peligros geológicos. La ciudad de Huarney fue una de las zonas más golpeadas en todo el país, las inundaciones destruyeron extensas zonas de cultivo e infraestructura urbana, más del 50% de las viviendas fueron afectadas. El Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN), reportó la afectación de 425 viviendas, 12 Instituciones Educativas; 14 mil 835 damnificados, 6 mil 682 afectados, seis muertos y 74 heridos en la provincia Huarney durante el Niño Costero 2017.

En el presente apartado, se presenta una descripción general de la tipología de los eventos geodinámicos observados durante los trabajos de campo y se analizará sus causas y condicionantes, luego se hará un enfoque detallado de la inundación y daños en la ciudad de Huarney y finalmente, se realizará una zonificación de peligros geológicos deducida de aspectos geomorfológicos observados, los cuales se expresarán en un mapa de susceptibilidad.

4.1. EVALUACIÓN GEODINÁMICA Y SUS CAUSAS

A lo largo de la zona de estudio, se detectaron numerosas evidencias de fenómenos de movimientos en masa (aluviones, caída de rocas, caída de detritos y flujos de lodo) e hidrometeorológicos (inundaciones y erosiones fluviales).

a. Flujos de detritos

Los flujos de detritos o huaycos son un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhiben un comportamiento semejante al de un fluido. Pueden ser lentos o extremadamente rápidos, saturados en agua o secos y transcurren principalmente confinados a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada, aunque también podrían ser no canalizados (Figura 2). Su origen es muy diverso, pudiendo ser a raíz de uno o varios deslizamientos o caídas de detritos en las cabeceras de cuenca o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes (Varnes, 1978).

Incorporan en su trayectoria, gran cantidad de material saturado al descender en el canal y finalmente los depositan en forma de abanicos de detritos. Sus depósitos tienen rasgos característicos como albardones o diques longitudinales, canales en forma de "u", trenes de bloques rocosos y grandes bloques individuales (foto 11). Usualmente desarrollan pulsos con acumulación de bloques en el frente de onda (Figura 3), como resultado de esto los caudales pico de los flujos de detritos pueden exceder en varios niveles de magnitud a los caudales pico de inundaciones grandes. Esta característica hace que los flujos de detritos tengan un alto potencial destructivo. Pueden ser detonados por sismos de gran magnitud o intensas precipitaciones pluviales.

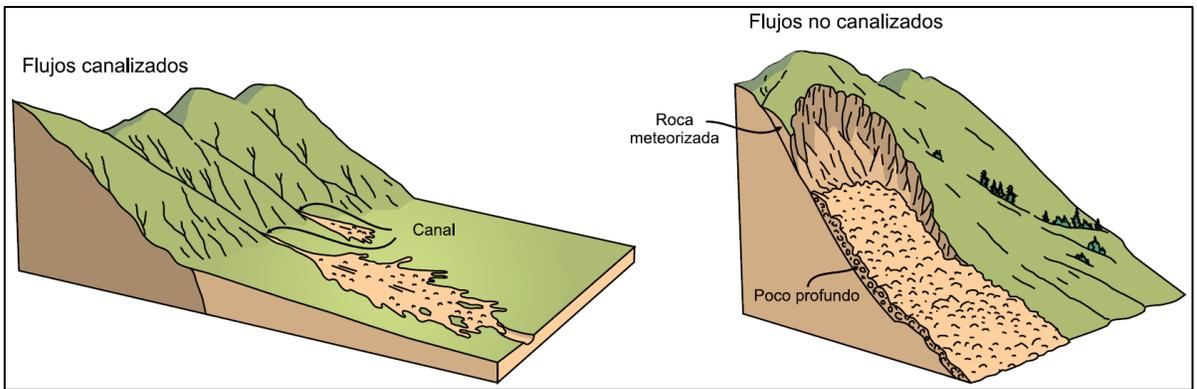


Figura 2: Esquema de flujos canalizados y no canalizados, según Cruden y Varnes (1996).

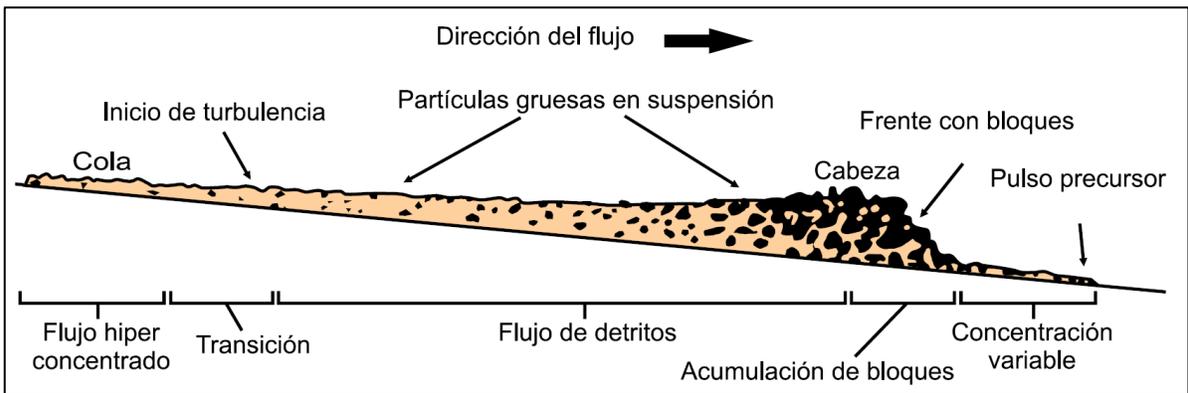
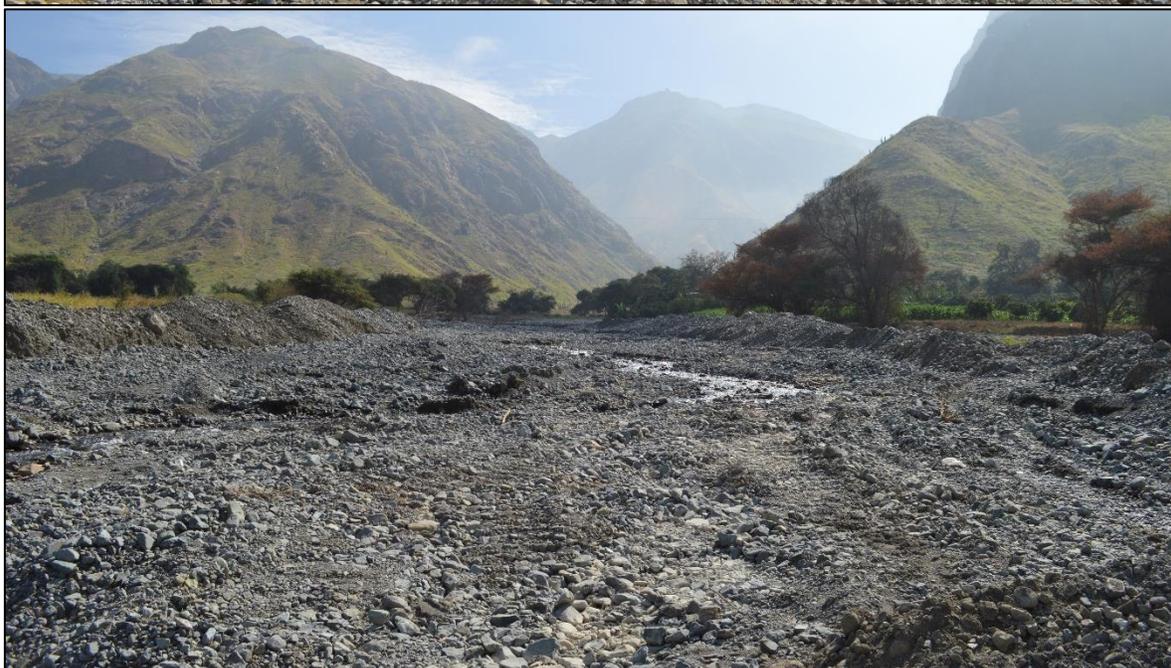


Figura 3: Corte esquemático típico de un flujo de detritos. Frente con bloques de un pulso del flujo de detritos (diagrama de Pierson, 1986).



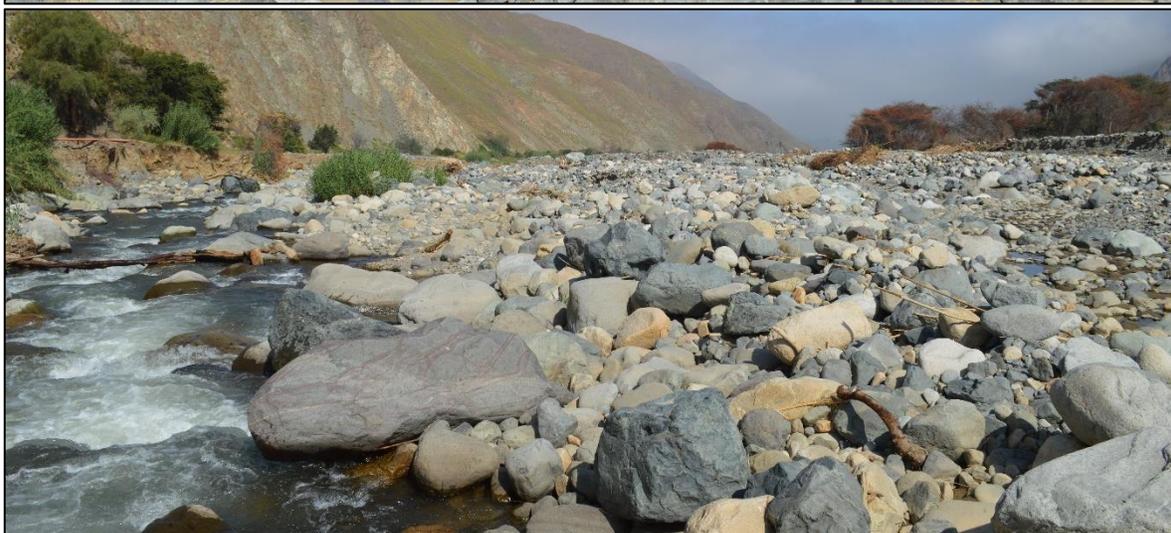
Foto 11: Albardones y cauces en forma de "u", en la quebrada Cañasbamba en el valle del río Santa - Ancash.

En la cuenca Huarmey, se pudo observar este fenómeno en la quebrada Monsalve, las intensas precipitaciones arrastraron rocas sueltas que se encontraban en dicha quebrada producto de antiguos aluviones, este flujo erosionó las laderas y el cauce del río, activando y reactivando pequeños deslizamientos que aportaron constantemente material al flujo haciéndolo más violento. El huayco transportó rocas volcánicas bien clasificadas con clastos promedio de 30cm y clasto mayor de 3m de diámetro, en una matriz arenosa (fotos 12 y 13).



Fotos 12 y 13: Flujo de detritos en la desembocadura del río Monsalve.

Este flujo llegó al río Malvas, donde se canalizó y se unió al huayco de mayor magnitud que bajaba de esta quebrada arrastrando consigo no solamente bloques significativamente más grandes, sino también pequeños árboles y arbustos (fotos 14 y 15); todo este material descendió por la quebrada Malva hasta llegar a la confluencia con el río Aija cerca al poblado de Huamba (Foto 16), de donde bajó otro aluvión. En este sector finalmente perdió energía debido a la topografía del terreno y se propagó hasta el sector Tres Cruces, desde donde el flujo de detritos pasó a ser una inundación de detritos y luego una inundación netamente acuosa. El recorrido total del aluvión fue de más de 10 km desde su origen en la quebrada Monsalve y aún mayor en la quebrada Malva.



Fotos 14 y 15: Confluencia de los ríos Monsalve y Malva.



Foto 16: Recorrido del huayco a través de la quebrada Malva.

Un aluvión de similar magnitud descendió por la quebrada Aija, erosionando conos de deyección antiguos, terrazas aluviales y afloramientos de rocas volcánicas de la Formación Junco (fotos 17 y 18). El puente Huamba no sufrió grandes daños, aunque sí las viviendas aledañas al cauce del río (en ambas márgenes), construidas sobre depósitos aluviales antiguos muy susceptibles a la erosión fluvial-aluvial del río Aija (fotos 19 y 20).



Foto 17: Flujo detrítico en la quebrada Aija.



Foto 18: Erosión lateral en la margen izquierda del río Aija.



Foto 19: Vista hacia la parte alta del río Aija, a la margen izquierda del río se observa una vivienda construida en una zona de peligro (susceptible a erosión o inundación).



Foto 20: Puente Huamba, viviendas en zona de peligro a la margen derecha del río Aija, susceptibles a erosión fluvial.

En conclusión, los flujos de detritos se originaron en la parte alta de las quebradas Aija y Malva, se concentraron en su confluencia y llegaron hasta el sector Tres Cruces, donde la pendiente del terreno se reduce considerablemente bajando de 10° - 15° hasta los 3° (Figura 4). En este punto, se depositó la mayor parte del material aluviónico, pero el flujo más líquido continuó su descenso, recibiendo durante su recorrido el aporte de más agua proveniente de otras quebradas, hasta llegar a ser lo suficientemente violento para destruir grandes áreas de cultivo y área urbana en Huarmey.

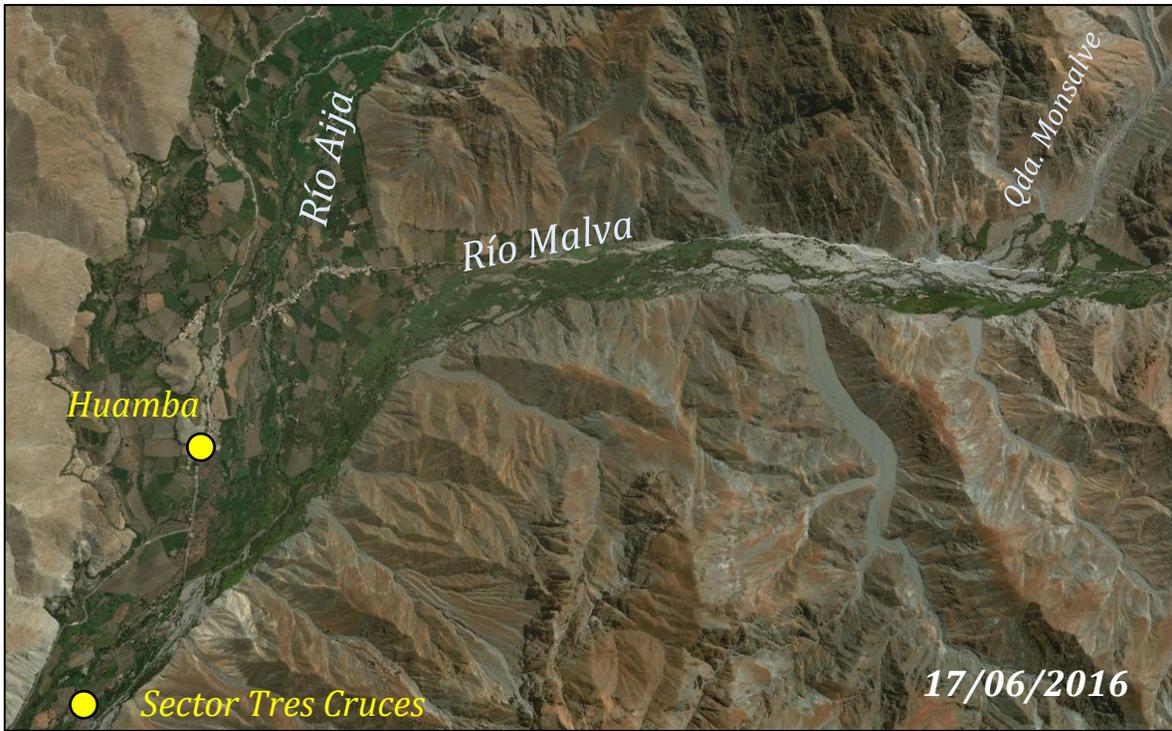


Figura 4: En la parte superior se muestra una imagen Google Earth del año 2016. En la parte inferior, una imagen post desastre Alos Palsar de 30m de resolución.

b. Caídas o desprendimientos de rocas

Las caídas o desprendimientos rocosos son un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra un desplazamiento cortante apreciable, se desarrollan en laderas de montañas y colinas de moderada a fuerte pendiente, frentes rocosos escarpados, montañas estructurales, sujetas a un fuerte fracturamiento y meteorización.

Una vez desprendido el material, cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Figura 5) (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo o detritos. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), los depósitos son angulosos. En función al mecanismo principal y la morfología de las zonas afectadas por el movimiento, así como, del material involucrado, los tipos de caídas identificados fueron generalmente caída de rocas y derrumbes. Su origen es principalmente por sismos de mediana y gran magnitud y por precipitaciones pluviales extraordinarias.

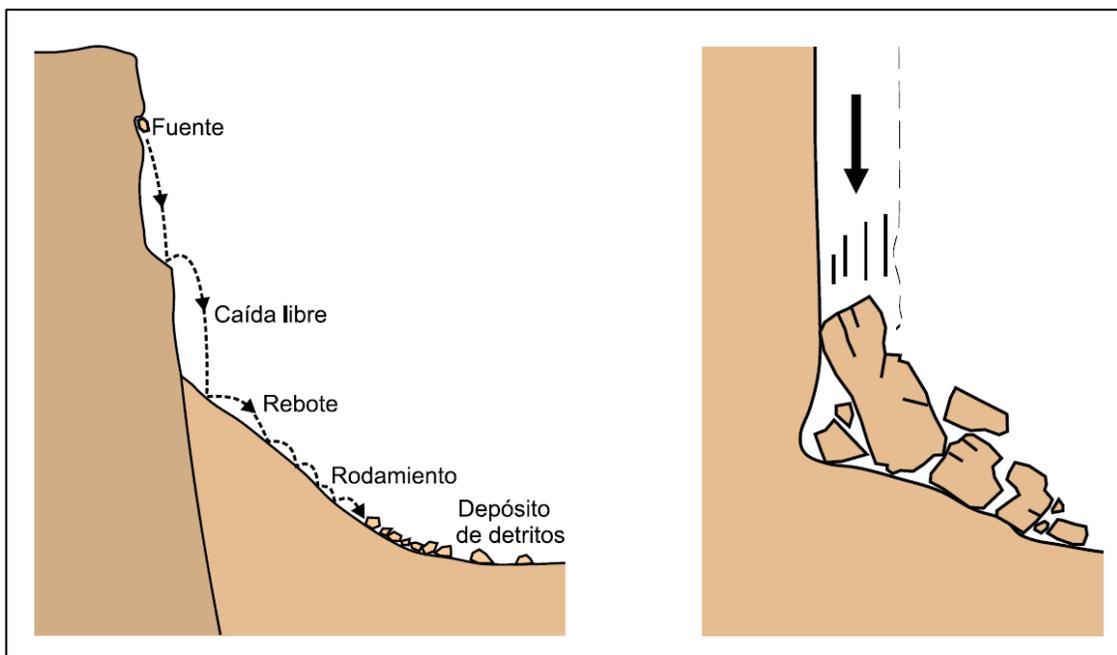


Figura 5: Esquema de colapsos y caídas de roca (Varnes, 1978).

Este fenómeno, se ha desarrollado ampliamente en ambas márgenes de la cuenca Huarmey, principalmente en zonas donde afloran rocas intrusivas, ya que debido a su intenso fracturamiento y meteorización son muy susceptibles a desprenderse. Las lluvias de este año activaron y reactivaron derrumbes y caídas de rocas y detritos en la zona de estudio, ya que removilizaron los fragmentos rocosos que se encontraban en las laderas de colinas y montañas.

Cerca al sector Huamba Alto, se puede observar desprendimientos de rocas volcánicas, así como intrusivas, representando este fenómeno un peligro principal para los caseríos cercanos y la vía asfaltada Huarmey – Aija (foto 21). Estos tipos de movimientos en masa (caída de rocas, caída de detritos y derrumbes), se aprecian ampliamente en el tramo Tayca – Huamba en ambas márgenes del río Huarmey; la fragilidad de las granodioritas y tonalitas del Batolito de la Costa condicionaron la susceptibilidad de estas rocas ante la erosión fluvial, intemperismo y la escorrentía superficial.

En muchos sectores del tramo Tayca – Huamba se puede observar cortes de talud muy abruptos (50° - 80°) y en sus laderas se han formado gran cantidad de acumulaciones de fragmentos rocosos a manera de “canchales” sobre los cuales se han desarrollado canales de flujo que afectan directamente a la vía asfaltada Huarmey - Aija (fotos 22, 23 y 24).



Foto 21: Alrededores del sector Huamba Alto, laderas muy susceptibles a caída de rocas.



Foto 22: Canchales en la margen derecha del río Huarmey.



Foto 23: Bloques granodioríticos susceptibles a colapsar cerca al poblado de Huamba



Foto 24: Cortes de talud muy abruptos en la carretera Huarmey – Aija.

c. Erosión Fluvial-Aluvial

La dinámica fluvial-aluvial ejerce una fuerte incidencia en el modelado del relieve (Figuras 6 y 7), los eventos extraordinarios como las crecidas inusuales del caudal o aluviones de gran magnitud erosionan y pulen el lecho rocoso en zonas de fuerte pendiente y socavan e incisan depósitos aluviales antiguos en zonas de pendientes más llanas.

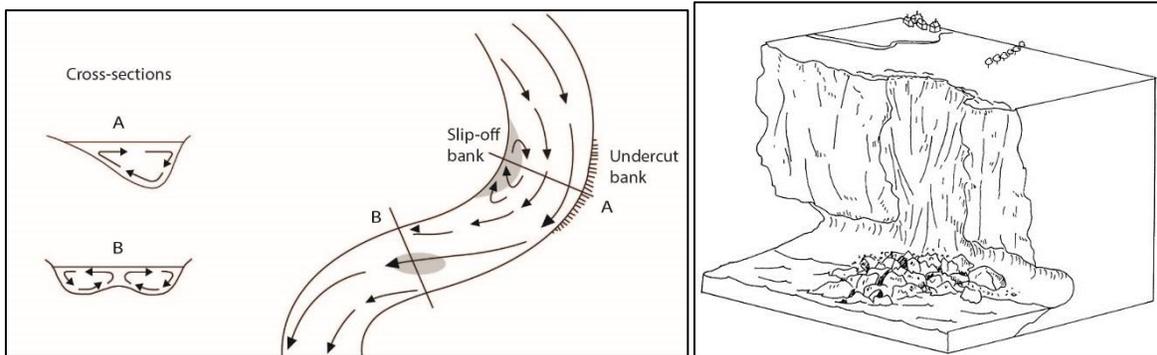


Figura 6: Vista en planta de la dinámica fluvial en cauces sinuosos (Huggett, 2007). **Figura 7:** Esquema de un socavamiento lateral, que origina derrumbes y deslizamientos (PMA, 2007).

Este fenómeno se ha observado ampliamente a lo largo de la cuenca Huarmey, donde el río se hace por muchos sectores sumamente sinuoso, desde el poblado de Huamba

hasta la ciudad de Huarney. Las inundaciones no solo socavaron lateralmente las terrazas aluviales antiguas, poniendo en riesgo la carretera asfaltada Huarney – Aija (fotos 25 y 26), sino que incisaron los depósitos aluviales, los profundizaron y formaron nuevos cauces a lo ancho del valle. En la foto 27, se puede observar dos pozos que quedaron descubiertos debido a la incisión producida por el río Huarney.



Foto 25: Socavamiento lateral en la margen derecha del río Huarney cerca de Alguay.



Foto 26: Destrucción por socavamiento lateral cerca del puente Cucus.



Foto 27: Pozos de captación de agua descubiertos, debido a la incisión producida por la crecida del río Huarmey.

Cerca del puente Cuscus, el río Huarmey, cambió su curso aproximadamente unos 20m al sur (Figura 8), ya que el cauce semi-canalizado y con protección arbustiva no soportó el volumen de agua y sedimentos que bajaban por el valle. Cabe remarcar que el nivel más bajo del valle, es decir su nivel base se encontraba a unos 400m al sur, por lo que el flujo busco su equilibrio para llegar al nivel base, por esta razón profundizó depósitos aluviales y formó un nuevo cauce a 3m por debajo del anterior (fotos 28 y 29), dejando el curso fluvial antiguo abandonado y el puente Cuscus sin función (fotos 30 y 31). En la figura 9, se presentan dos perfiles transversales del río Huarmey pre y post desastre. En este esquema se muestra la formación del nuevo cauce y la recuperación parcial del nivel base del valle.



Foto 28: Depósitos aluviales cortados en la margen izquierda del río Huarmey.



Foto 29: Carretera cortada (3m) en la prolongación del puente Cucus, por la crecida del río Huarmey.



Fotos 30 y 31: Cauce abandonado del río Huaramey. El nuevo curso del río se encuentra 20m al sur y 3m más profundo.

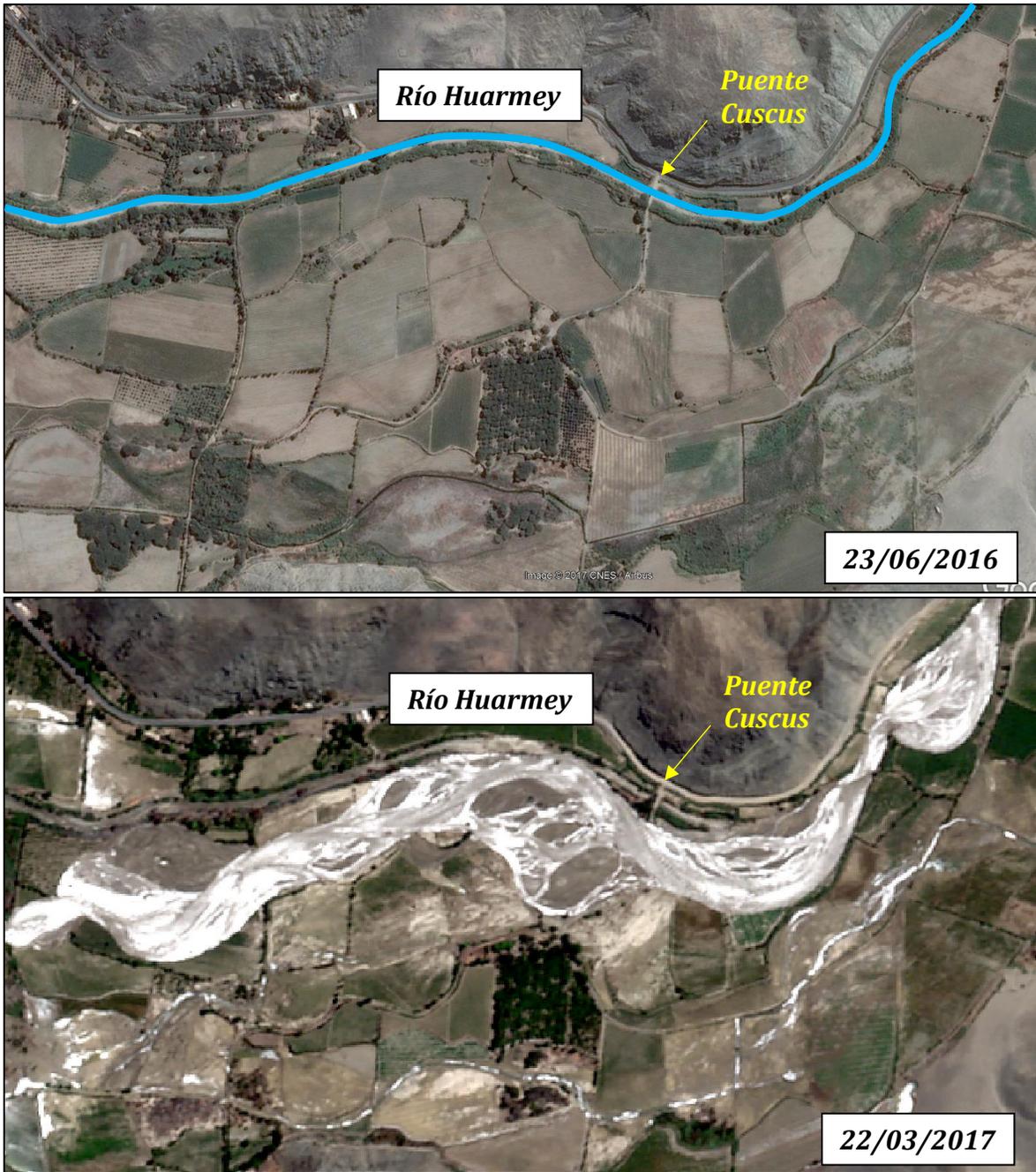
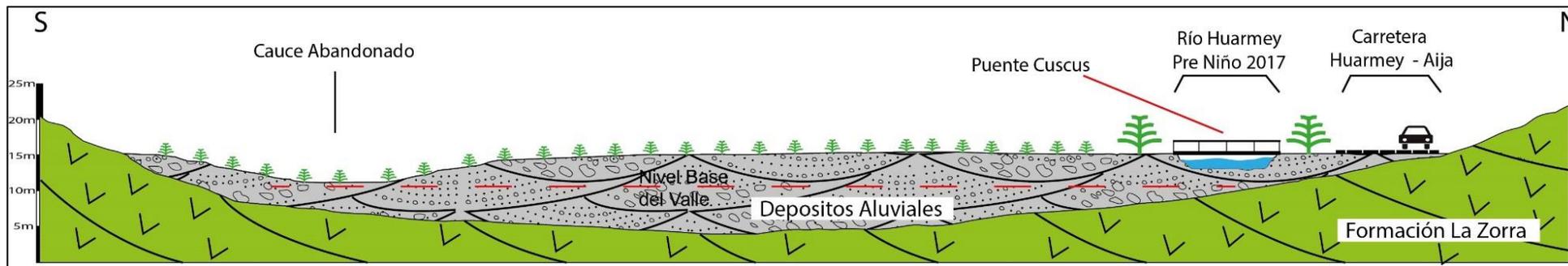


Figura 8: Comparación del río Huarmey en 2016 y su crecida en marzo del 2017.

Perfil Transversal en el valle de Huarmey, sector Cuscus antes del fenómeno de “El Niño Costero 2017”



Perfil Transversal del valle de Huarmey en el sector Cuscus después del fenómeno de “El Niño Costero 2017”

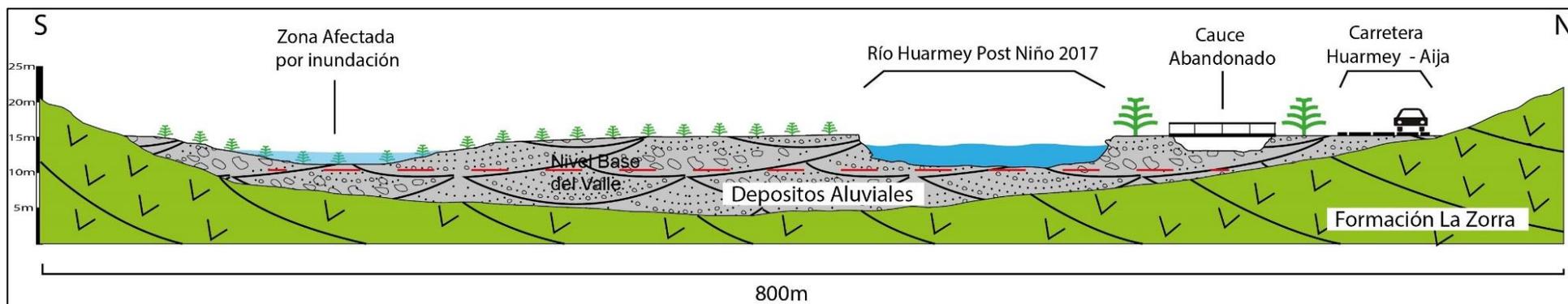


Figura 9: Perfiles pre y post fenómeno del Niño Costero 2017.

d. Inundaciones fluviales e inundaciones de detritos y lodo

Las inundaciones fluviales, son ocupaciones repentinas de agua en terrenos relativamente secos por colmatación y desbordamiento de ríos, estos fenómenos se producen por lluvias torrenciales o deshielo. Las inundaciones de detritos son flujos muy rápidos de una crecida de agua que transporta una gran carga de detritos o sedimentos y se diferencian de los flujos de detritos o huaycos por la concentración de carga de fondo.

La capacidad de daño de una inundación de detritos es similar a la de una inundación y los objetos impactados quedan enterrados o rodeados por los detritos o lodo, con frecuencia sin sufrir daño (foto 32).



Foto 32: Vehículos empujados por el flujo de lodo en la ciudad de Huarmey; nótese que no fueron impactados violentamente, sino que fueron transportados.

Si bien, tanto la inundación fluvial como la inundación de detritos (flujo hiperconcentrado) son fenómenos distintos, en el presente informe se les considera en la misma descripción e interpretación ya que muchas de las zonas inundadas dejaron depósitos de lodo, arena y grava, lo cual hace que resulte sumamente complejo distinguir si el evento geodinámico correspondió a una inundación netamente acuosa o tuvo una carga variable de fragmentos de roca y sedimentos.

Las fuertes y persistentes precipitaciones pluviales registradas en el mes de marzo de este año principalmente entre los días 14, 15 y 16, fueron devastadoras para Huarmey. En este apartado, se describirá en primer lugar los impactos sufridos a lo largo de la cuenca Huarmey, analizando imágenes satelitales pre y post desastre y finalmente se hará un análisis de las causas, los daños y las condicionantes geológicas geomorfológicas y antrópicas que ocasionaron el desastre en esta ciudad.

Cabe precisar que, a partir de la fotointerpretación realizada, el piso de valle en la cuenca Huarmey, se pudo identificar numerosos rastros de cauces abandonados a manera de meandros y “trenzas” fluviales, lo que evidencia importantes ciclos de migración fluvial relacionados a eventos climáticos extremos a lo largo del tiempo, lo que confirma una dinámica fluvial muy intensa en la cuenca Huarmey.

Muchas quebradas que se las consideraba “secas”, debido a que no presentaban actividad ni siquiera durante los fenómenos de “El Niño” convencionales, se activaron este año. Flujos de lodo, detritos y netamente agua descendieron por las quebradas El Pedregal, El Arenal, Mandingo, Carcar, Berna Puqui, Monte Verde, Mal Paso, etc.

Como se mencionó anteriormente, grandes flujos de detritos con grandes bloques de roca descendieron por los valles Aija y Malva, desplazándose hasta el sector Tres Cruces, lugar donde el flujo pierde energía y deja de transportar la enorme carga. Es desde este punto que las inundaciones e inundaciones de lodo y detritos toman fuerza y son alimentadas por otros flujos provenientes de quebradas transversales al río Huarmey (figura 10).

Las inundaciones destruyeron extensas áreas de cultivo en los sectores Malpaso, Barbacay, Chilcal, Tayca, Mandinga y Alguay donde se pudo observar grandes depósitos de arenas y gravas, además de árboles y arbustos arrancados de raíz. (fotos 33, 34, 35 y 36; figuras 11 y 12).





Fotos 33, 34, 35 y 36: Extensas áreas de cultivo arrasadas por las inundaciones en el valle del río Huarmey.



Figura 10: Principales recorridos de los flujos de detritos (rojo) e inundaciones (azul) en la cuenca Huarney. **A3**

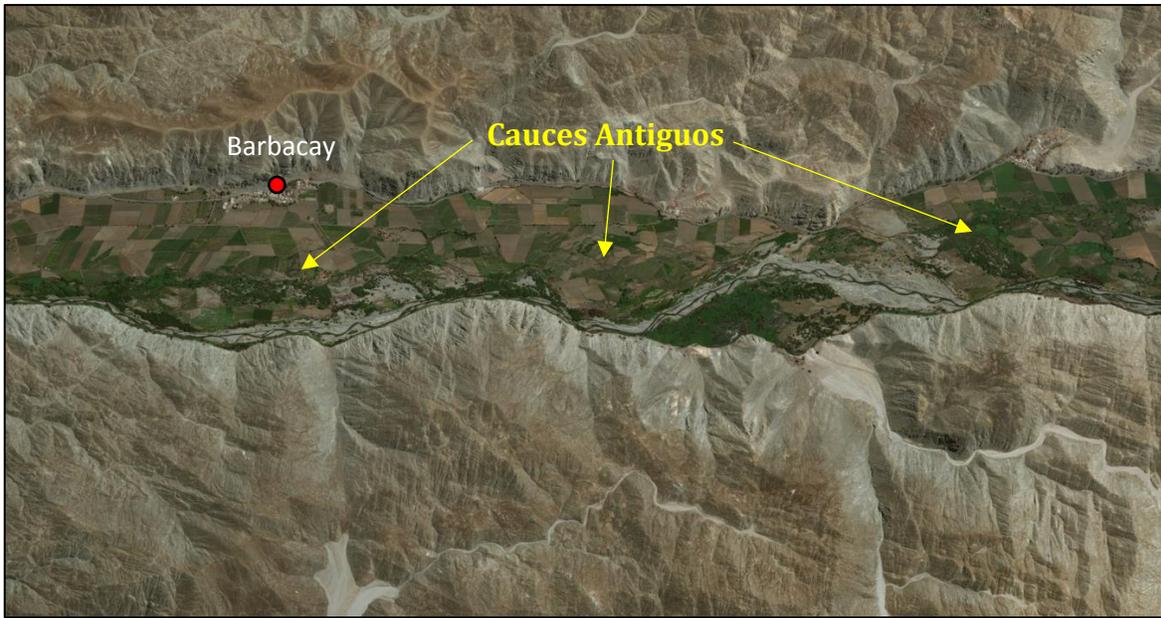
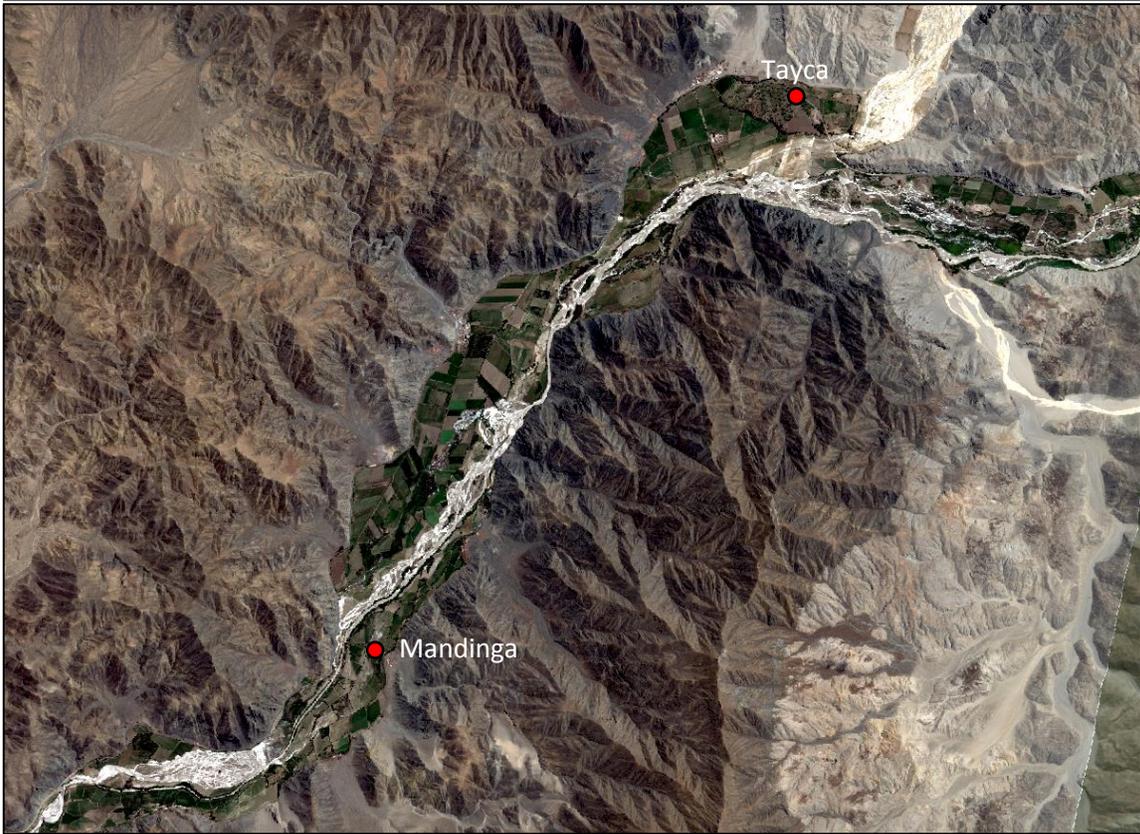


Figura 11: Sector Barbacay. En la parte superior se muestra una imagen Google Earth del año 2016 donde se distinguen evidencias geomorfológicas de cauces fluviales antiguos. En la parte inferior, una imagen post desastre (marzo 2017) Alos Palsar de 30m de resolución, donde se observan los cauces antiguos inundados.

En la **Figura 12** (Página 37), se muestran dos imágenes satelitales correspondiente a los sectores Tayca y Mandinga, en la parte superior una imagen Google Earth del año 2016 y en la parte inferior, una imagen PeruSAT post desastre (marzo 2017) de 0.7m de resolución, con claras evidencias de las inundaciones reportadas.



Una de las ciudades más afectadas por los embates del Niño Costero 2017 a nivel nacional, fue Huarmey. La figura 13, muestra la comparación de dos imágenes satelitales, una de ellas pre desastre (imagen Google Earth de junio del 2016) y la otra, post desastre (imagen PerúSAT de marzo del 2017); en ellas se puede observar muy claramente los límites de las inundaciones que afectaron viviendas y áreas de cultivo. En esta sección se realizará una crónica del fenómeno geo-hidrológico ocurrido, sus impactos e influencia y sus causas.



Figura 13: Imágenes satelitales pre y post desastre de la ciudad de Huarmey.

El día martes 14 de marzo del presente, se intensificaron las lluvias registradas en toda la costa central y norte de Perú, por lo que el río Huarmey incrementó significativamente su caudal (figura 14). Este hecho alertó de sobremanera a los pobladores de la ciudad de Huarmey.

Durante el día miércoles 15, en el sector Los Árabes, se fue reforzando la ya existente protección ribereña (enrocado) ubicada en la margen derecha del río ya que leves reboces o desbordes estaban empezando a desarrollar. (foto 37). El cauce del río no soportó el caudal que paulatinamente se incrementaba y se desbordó por la margen izquierda, inundando extensas áreas de cultivo, así como viviendas del sector Buenos Aires (figura 15).



Foto 37: Enrocado en la margen derecha del río Huarmey en el sector Los Árabes. Desde este punto el día 15, se inicia la inundación del sector Buenos Aires en la margen izquierda.

A las 06:00 pm aproximadamente, las autoridades locales conjuntamente con la oficina de Defensa Civil - Huarmey convocaron a una reunión de plataforma donde se acordó usar la campana del templo como alarma ante un desborde del río con el objeto de evacuar sobre todo las zonas que se encontraban ubicadas cerca del río.



Figura 14: Representación de la crecida del río Huarney (flechas azules), durante el día martes 14 de marzo, en color rojo se muestra la carretera Panamericana Norte.



Figura 15: Representación de la crecida del río Huarmey (flechas azules), durante el día miércoles 15 de marzo, inundando el sector Buenos Aires. En color rojo se muestra la carretera Panamericana Norte.

Durante toda la tarde y noche del día 15, el caudal del río Huarmey iba en aumento, es así que en la madrugada del día jueves 16 (00:40 a.m. aproximadamente) suena la alerta (campanadas) de un inminente desborde del río Huarmey, debido a la ruptura del enrocado en los sectores Los Árabes y Acuña. A las 1:40 a.m., el flujo con gran cantidad de sedimentos entierra el campo deportivo de Huarmey (foto 38), para luego canalizarse por las calles Pativilca, Paramonga y Jose Olaya alcanzando 1.0 a 1.8m de altura de flujo (foto 39) llegando hasta la carretera Panamericana Norte. En este punto, la inundación impacta contra viviendas dispuestas de manera transversal a la dirección del flujo, las cuales se comportan como una barrera o muro de contención, por este motivo el flujo se propaga lateralmente con dirección norte (figura 16), mientras tanto en el sector Buenos Aires disminuyeron las inundaciones.

A las 3:00 a.m. se inunda el Hospital de Huarmey (foto 40), quedando muy afectada su estructura e inmediatamente se inunda Hidrandina, que es la empresa que provee de electricidad a la ciudad provocando de esta manera la pérdida total de energía eléctrica.

A las 3:35 a.m. se inunda un grifo PRIMAX, ubicado muy cerca al sector Ciudad del Pescador; a las 4:30 a.m. aproximadamente, la inundación llega al sector Santo Domingo y La Victoria afectando numerosas viviendas. En este punto el flujo pierde energía debido a un cambio de pendiente y retorna por el sector Ciudad del Pescador, en la parte baja del cementerio, canalizándose por la avenida El Olivar, finalmente a las 4:45 a.m. se inundan las zonas Neri, La Victoria y Santo Domingo (figura 17).

El panorama para la mañana del día 16, fue devastador. Más de la mitad de la ciudad se encontraba inundada. El “muro” de viviendas contiguas a la carretera Panamericana Norte retuvo parcialmente el agua, ya que el desfogue era muy restringido, por este motivo se formó una “laguna temporal” que impedía el tránsito por la carretera Panamericana Norte. Este hecho propició que muchos dueños de estas viviendas se vean obligados a romper sus muros para poder desfogar el agua.

Alrededor de las 05:00 p.m. un llamado desde el poblado de Huiña (cerca de Huamba en la parte alta de la cuenca Huarmey), alertó de otro incremento anómalo en el caudal del río Huarmey es decir otro pulso aluviónico descendía por el valle. Dos horas más tarde, el nuevo flujo inundó nuevamente gran parte del centro de la ciudad. Cabe indicar que ese día no hubo presencia de lluvias en la ciudad de Huarmey.

El día viernes 17, bajó el nivel de agua en la ciudad y se incrementó la inundación hacia la parte occidental de Huarmey, cerca de la desembocadura al mar (figura 17).



Figura 16: Representación de la crecida del río Huarmey (flechas azules), durante el día jueves 16 de marzo, inundando gran parte de la ciudad hasta el sector Santo Domingo. Las inundaciones, disminuyen en el sector Buenos Aires. En color rojo se muestra la carretera Panamericana Norte.



Figura 17: Representación de la crecida del río Huarmey (flechas azules), durante el día viernes 17 de marzo. En color rojo se muestra la carretera Panamericana Norte



Foto 38: Campo deportivo de Huarmey cubierto por 1m de sedimentos.



Foto 39: Alrededores de la calle José Olaya, con evidencias de 1.5m del impacto de las inundaciones.



Foto 40: Local de emergencias del Hospital de Huarney, afectado por las inundaciones.

4.2. ZONIFICACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS

En base a los fenómenos geodinámicos observados en campo y el análisis geomorfológico de la cuenca realizado mediante imágenes satelitales Google Earth, Alos Palsar y principalmente Perú SAT (0.7m de resolución), se han elaborado dos mapas de susceptibilidad. El primero de ellos, ante inundaciones e inundaciones de detritos y flujos de lodo y el segundo ante peligros geológicos por movimientos en masa (flujos de detritos o huaycos, caídas de roca y caídas de detritos)

Definir los límites de susceptibilidad ante inundaciones y movimientos en masa fue sumamente complejo. Se utilizaron fotografías aéreas del año 1962 e imágenes de los satélites ya mencionados en los periodos 2003, 2010, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017, mediante esta técnica fue posible evaluar la recurrencia de eventos geodinámicos recientes. Mediante las imágenes Perú SAT fue posible definir y corroborar límites de antiguos flujos e inundaciones de detritos (figuras 18, 19 y 20). La información recopilada en campo mediante la observación e interpretación geológica y geomorfológica fue muy importante, así como los datos obtenidos de los pobladores locales.

Estos mapas requieren ser complementados con la realización de modelos numéricos que incluyan variables climáticas y topográficas.

Los mapas de susceptibilidad tienen tres escalas:

- **Susceptibilidad Muy Alta:**

Corresponde no solo a los cauces fluviales actuales ni los formados recientemente con el fenómeno de “El Niño Costero”, sino también a las depresiones correspondientes a cauces abandonados, ya que en eventos extremos como el fenómeno “El Niño” convencional, pueden llegar a ser inundadas.

El periodo de recurrencia de eventos geodinámicos puede variar entre 1 a 10 años (crecidas anuales y fenómenos de “El Niño”).

- **Susceptibilidad Alta:**

En el caso del mapa de susceptibilidad ante inundaciones e inundaciones de detritos y lodo, corresponde a llanuras inundables, terrazas bajas incluida parte de la ciudad de Huarmey y las quebradas que se las consideraba “secas”, pero que durante el fenómeno de “El Niño Costero” se reactivaron y fueron afectadas por inundaciones y flujos de detritos.

En el caso de la ciudad de Huarmey, mas de la mitad de ella, se encuentra ante una Susceptibilidad Alta, debido a las deficientes obras y planes de prevención ante eventos geodinámicos de gran magnitud.

El periodo de recurrencia, puede variar entre 10 a 50 años (crecidas y lluvias excepcionales – fenómenos de “El Niño Costero”).

En el caso del mapa de susceptibilidad ante movimientos en masa, se consideran también, además de las llanuras, terrazas y quebradas, las laderas donde se desarrollan caídas de roca y detritos, principalmente laderas de pendiente abrupta donde afloran rocas intrusivas.

Para el caso de la ciudad de Huarmey, esta susceptibilidad se restringe unicamente a las zonas que fueron enterradas por detritos, sedimentos y lodo a los lados del curso del río Huarmey.

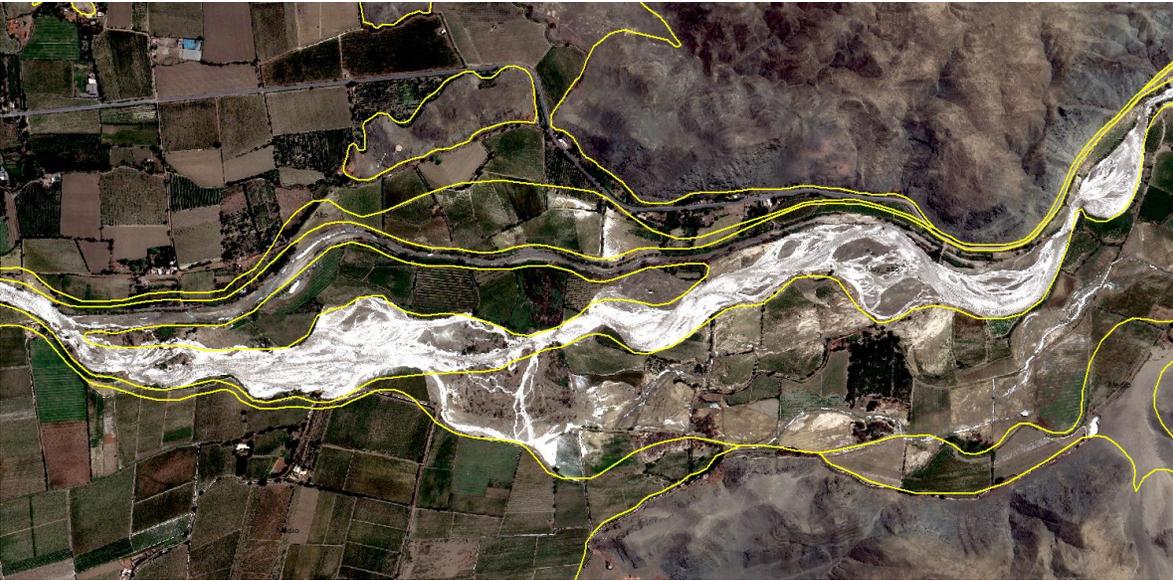
Para este caso, el periodo de recurrencia, puede ser menor ya que en el caso de las laderas susceptibles a caídas de roca y detritos pueden ser activadas ante un sismo de mediana y gran magnitud.

- **Susceptibilidad Media:**

Corresponde a terrazas medias y altas que no solamente no fueron afectadas por las inundaciones del fenómeno de “El Niño Costero”, sino que tampoco tienen evidencias geomorfológicas recientes de migración de cauces. Sin embargo, pertenecen a depósitos aluviales antiguos como conos y terrazas.

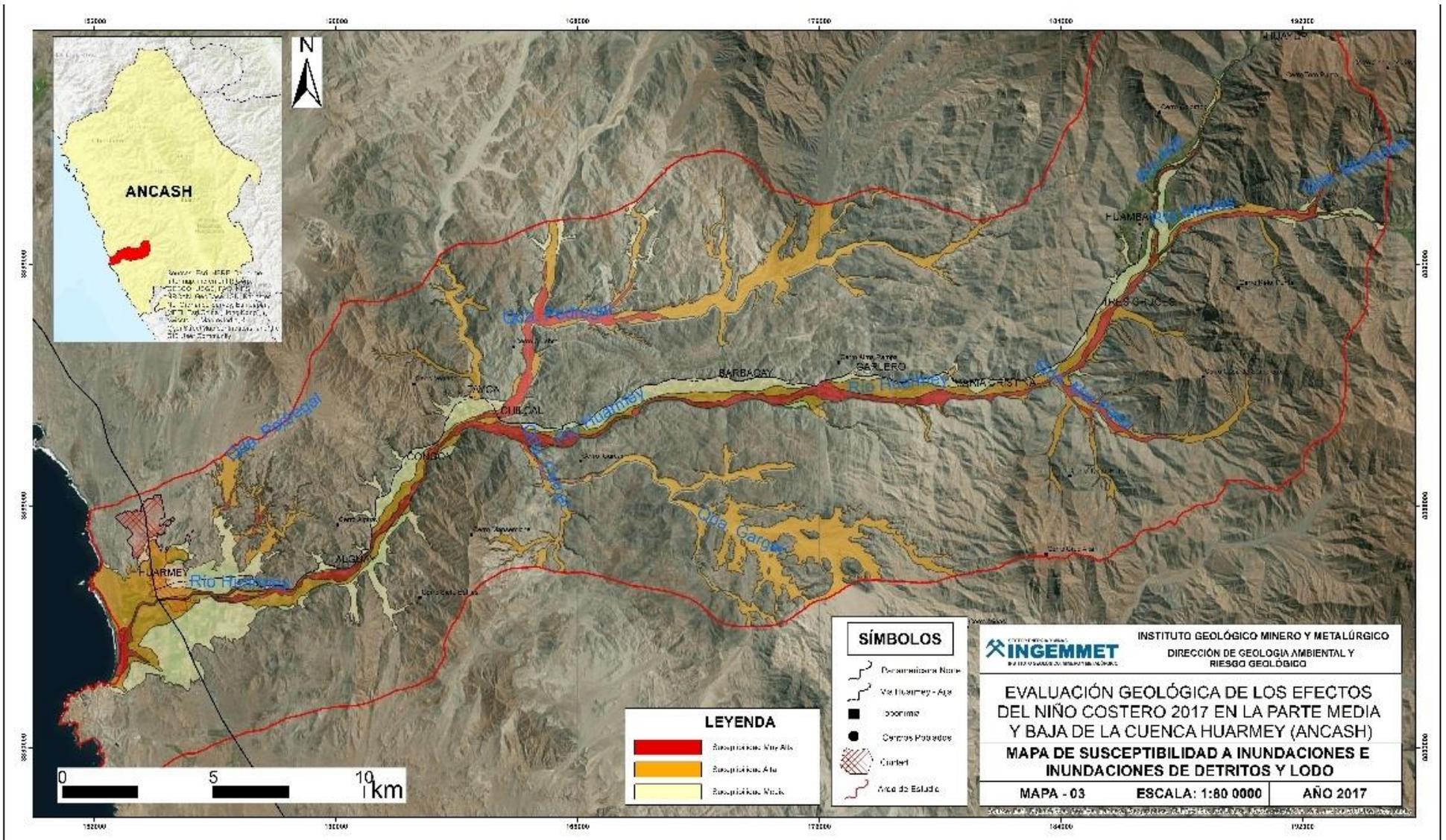
También están consideradas las quebradas “secas”, que no se activaron este año, a pesar de tener abundantes arenas eólicas. Sin embargo, podrían ser activadas en eventos aún más extremos.

El periodo de recurrencia, puede estar comprendido en periodos de 50 a 100 años.





Figuras 18, 19 y 20: Imágenes satelitales Perú SAT, del mes de marzo del 2017, en líneas amarillas se demarca los límites de susceptibilidad.



5. LISTADO DE PELIGROS GEOLÓGICOS PRESENTES Y LATENTES EN LA REGIÓN Y POSIBLES SOLUCIONES

En el mes de agosto, el INGEMMET, en cumplimiento del Decreto de Urgencia N°004-2017 Artículo 14.3 y su modificatoria en el Decreto de Urgencia N° 008-2017 Artículo 7 del 21 de abril de 2017 que literalmente dice:

Modifícase el inciso 14.3 del artículo 14 del Decreto de Urgencia N° 004-2017, en los siguientes términos:

“14.3 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, mediante Resolución Ministerial, podrá declarar las zonas de alto y muy alto riesgo no mitigable en los casos que los Gobiernos Locales no lo hayan declarado. Para tal efecto, se debe contar con la evaluación de riesgo elaborada por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres–CENEPRED, con la información proporcionada por el Instituto Geofísico del Perú–IGP, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico–INGEMMET y la Autoridad Nacional del Agua–ANA, entre otros. Por norma del Ministerio al cual se encuentre adscrito el CENEPRED se establecerán las disposiciones que correspondan.”.

Entregó a las instancias competentes seis informes sobre la evaluación geológica de las zonas afectadas por el Niño Costero 2017, para las regiones de Lima, Ancash, La Libertad, Cajamarca, Lambayeque, Piura y Tumbes.

Cada informe cuenta con 4 cuadros:

1. **Centros poblados afectados**
2. **Áreas de cultivo afectadas**
3. **Tramos de carretera afectados**
4. **Obras de Infraestructura afectadas**

En ellos se clasifican los fenómenos ocurridos por Tipo de Peligro Geológico, se plantea una Acción Recomendada y se describen algunas Observaciones. El presente informe amplía los cuadros elaborados para la región de Ancash, adicionando tres campos importantes para cada cuadro:

- **Comentario Geodinámico**
- **Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados y**
- **Recomendaciones**

Además, se realizó cuadros estadísticos para cada peligro geológico y geo-hidrológico que afectó Centros Poblados, Áreas de Cultivo, Tramos de Carretera Afectada y Obras de Infraestructura Urbana afectada.

CENTROS POBLADOS AFECTADOS POR LOS EFECTOS DE EL NIÑO COSTERO 2017					
TIPO DE PELIGRO	POBLADO (DISTRITO)	PROVINCIA	COMENTARIO GEODINÁMICO	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS	RECOMENDACIONES
INUNDACIÓN FLUVIAL	TORTUGAS	CASMA	Depósitos aluviales antiguos reactivados en quebradas por la continua dinámica fluvial y flujos de detritos, aumentaron la descarga de flujos de lodo hacia las planicies de inundación.	Las casas en la entrada hacia el balneario fueron inundadas.	Estudios o investigaciones que implementen zonas de amortiguamiento que permitan la infiltración de agua en área de dunas.
	LAS ZORRAS	CASMA	Depósitos aluviales antiguos reactivados en quebradas por la continua dinámica fluvial y flujos de detritos que aumentaron la descarga excesiva de agua hacia las planicies de inundación generando grietas de desecación	Casas inundadas	Mitigación de áreas de desarrollo urbano que presentan peligros de inundaciones y deslizamientos o problemas de erosión para reducir el daño en estas áreas.
	HUARMEY	HUARMEY	Depósitos aluviales antiguos emplazados en la parte terminal de la cuenca del río Huarmey	La sobrecarga del río Huarmey provocó la rotura y desborde inundando aguas abajo la ciudad de Huarmey	Construcción de muros de contención y encausamiento y limpieza aguas arriba del río Huarmey.
	LA RINCONADA	SANTA	Depósitos aluviales antiguos emplazados en el valle del río Santa	La precipitación provocó la inundación de un sector del poblado La Rinconada y la ruptura en varios tramos del canal Chincas.	Reconstrucción y rehabilitación de los tramos del canal Chincas, realizar protección al canal.
FLUJOS	RECUAY	RECUAY	Depósitos aluviales antiguos emplazados en el valle del río Santa. La dinámica fluvial y los eventos extraordinarios de crecida del río erosionan y socavan los márgenes del río.	La crecida estacional del río Santa afecta levemente la estructura del puente Velasco	Encausamiento y limpieza del cauce cerca al puente Velasco
	VICOS	CARHUAZ	Flujo de lodo y detritos debido al aumento de caudal de	Se observó la falta de inspección de obras de	Rehabilitación y mantenimiento constante a puentes y drenajes

		quebradas y que originaron inundación parcial de área.	infraestructura a nivel local y daños en casas.	(cunetas) además de implementación de políticas y planes de evacuación.
CHASQUITA MBO	BOLOGNESI	Terrazas aluviales emplazados en el fondo del valle del río Fortaleza. Los eventos extraordinarios de crecida de flujos de detritos, erosionan y socavan lateralmente estos depósitos.	Los eventos extraordinarios provocaron la inundación de las partes bajas de la terraza donde se emplaza el poblado de Chasquitambo	Protección ribereña en ambas márgenes del río, sector puente Chasquitambo - poblado Chasquitambo
YAUTÁN	CASMA	Depósitos aluviales antiguos emplazados en el valle del río Yaután. La dinámica fluvial y los eventos extraordinarios de crecida del río erosionan y socavan los márgenes del mismo	La crecida del río Yaután, afectan severamente al puente y viviendas del mismo nombre en zona de riesgo	Protección ribereña en el margen izquierdo (margen del poblado). Control de zonificación y expansión urbana hacia los márgenes del río.
OESTE DE QUILLO	CASMA	Terrazas aluviales emplazados en el fondo del valle del río Sechin. Los eventos extraordinarios de crecida de flujos de detritos, erosionan y socavan estos depósitos.	La crecida del río Sechín provocó el socavamiento lateral de los márgenes del río y a la vez las precipitaciones reactivaron quebradas trayendo consigo gran cantidad de bloques y cantos rodados	Protección ribereña en ambos márgenes del poblado de Quillo. Control de zonificación y expansión urbana hacia los márgenes del río.
CASMA	CASMA	Terrazas aluviales emplazados en el fondo del valle del río Sechin. Los eventos extraordinarios de crecida del cauce del río, erosionan y socavan estos depósitos	El incremento del cauce del río Sechín inundó las viviendas de un sector del margen derecho depositando material grueso entre bloques y gravas en la margen izquierda	Protección ribereña en el margen derecho del río Sechín, con la finalidad de proteger la zona de viviendas en la ciudad de Casma.

LOS ÁNGELES	SANTA	Depósitos aluviales antiguos emplazados en quebradas de cabeceras de valle.	La inundación provocó la reactivación de estas quebradas secas, removiendo los depósitos antiguos	Encausamiento del drenaje para el libre traslado del flujo
LA CUADRA	SANTA	Depósitos de material aluvial consolidado removible por avenidas excepcionales.	Superficie sujeta a inundación recurrente ya sea estacional o excepcional, en la mayoría de los casos están ocupados por áreas urbanas y agrícolas	Control adecuado de la expansión urbana y producción agrícola
TAMBO REAL VIEJO	SANTA	Extensos depósitos de material aluvial consolidado emplazados en la planicie del extenso valle. Las avenidas excepcionales debilitan y erosionan estos depósitos y socavan los cauces	Superficie y cauces sujetos a inundación recurrente ya sea estacional o excepcional, ocupados por áreas urbanas y agrícolas	Control adecuado de la expansión urbana, producción agrícola y encausamiento de los drenajes
SANTA CLEMENCIA	SANTA	Extensos depósitos de material aluvial emplazados en planicies de extensos valles. Las avenidas excepcionales debilitan y erosionan estos depósitos y a la vez socava el cauce del río Lacramarca	Depósitos sujetos a inundación excepcional, ocupados por áreas urbanas y agrícolas emplazadas sobre estos depósitos	Control adecuado de la expansión urbana, producción agrícola y encausamiento de los drenajes
SAN JACINTO	SANTA	Flujo de detritos ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales. Mala calidad del sustrato y por la alternancia de rocas de diferente competencia.	Afectó levemente viviendas en ambos márgenes del río que cruza todo el poblado	Implementación de canales de encausamiento.
EL ARENAL	SANTA	Flujo de detritos ocasionado por excesivas precipitaciones pluviales y naturaleza incompetente del suelo.	Daños severos en ocho viviendas y cercos perimétricos de viviendas.	Reubicación de viviendas. Promover uso de técnicas de mitigación de áreas susceptibles.

	SAN JOSE	SANTA	Flujo de detritos ocasionado por excesivas precipitaciones pluviales. Mala calidad del sustrato y por la alternancia de rocas de diferente competencia.	Afectó la zona este del poblado y el acceso a un AAHH y a zonas de cultivo.	Implementación de canales de encausamiento y monitoreo permanente del área en época de precipitaciones pluviales
	MORO	SANTA	Flujo de detritos ocasionado por excesivas precipitaciones pluviales y naturaleza incompetente del suelo.	Afectó viviendas de la zona este AAHH Nuevo Moro (Daños leves).	Implementación de muros de contención, canales de drenajes. Monitoreo permanente del área en época de precipitaciones pluviales
	AL SUR DE MORO	SANTA	Flujo de detritos ocasionado por excesivas precipitaciones pluviales y naturaleza incompetente del suelo.	Daños severos en dos viviendas y cercos perimétricos de viviendas.	Implementación de muros de contención, canales de drenajes. Monitoreo permanente del área en época de precipitaciones pluviales
	CAJAY	SANTA	Flujo de detritos ocasionado por excesivas precipitaciones pluviales y naturaleza incompetente del suelo.	Daños leves a dos viviendas	Implementación de muros de contención, canales de drenajes. Monitoreo permanente del área en época de precipitaciones pluviales
	YURACMARCA	HUAYLAS	Flujo de detritos ocasionado por excesivas precipitaciones pluviales. Mala calidad del sustrato y alternancia de rocas de diferente competencia.	Daños moderados en dos viviendas	Rehabilitación e implementación de muros de contención y enrocado
	TORTUGAS	CASMA	Flujo de detritos ocasionado por excesivas precipitaciones pluviales. Naturaleza incompetente del suelo.	Daños moderados en 12 viviendas	Estudios o investigaciones que implementen zonas de amortiguamiento que permitan la infiltración de agua en área de dunas.
EROSIÓN FLUVIAL	RACRAO	CASMA	Depósitos fluviales poco consolidados emplazados en los márgenes del río Racrao. La dinámica fluvial y principalmente los eventos extraordinarios de crecida y de flujos de detritos, erosionan y socavan estos depósitos.	Las crecidas de los flujos de detritos afectaron un tramo corto de la vía asfáltica, cultivos y viviendas	Construcción de defensas ribereñas hacia el margen de las viviendas y la vía asfáltica.

VICHAY	HUARÁZ	Terraza aluvial emplazada en el fondo del valle del rio Santa. La continua dinámica fluvial y principalmente los eventos extraordinarios de crecida y de flujos de detritos, erosionan y socavan estos depósitos.	Provocó el socavamiento de estas terrazas aluviales y con ello afecta las viviendas ubicadas en la ribera del rio Santa	Construcción de defensas ribereñas hacia el margen de las viviendas.
HUARAZ	HUARÁZ	Terraza aluvial emplazada en el fondo del valle del rio Santa. La continua dinámica fluvial y principalmente los eventos extraordinarios de crecida y de flujos de detritos, erosionan y socavan estos depósitos.	La inundación provocó el socavamiento de estas terrazas aluviales y con ello afecta las viviendas ubicadas en la ribera del rio Santa	Construcción de defensas ribereñas hacia el margen de las viviendas.
PACHACOTO	HUARÁZ	Terraza aluvial emplazada en el fondo del valle del rio Santa. La continua dinámica fluvial y principalmente los eventos extraordinarios de crecida y de flujos de detritos, erosionan y socavan estos depósitos.	La precipitación provocó, derrumbes en los márgenes del río Santa por socavación en las márgenes; provocaron daños en las viviendas cercanas, también se aprecia derrumbes en el talud de corte de carretera	Construcción de defensas ribereñas hacia el margen de la vía asfaltada.
SECTOR CALICANTO	HUARÁZ	Terraza aluvial emplazada en el fondo del valle del rio Santa. Dinámica fluvial y principalmente los eventos extraordinarios de crecida y de flujos de detritos, erosionan y socavan estos depósitos.	La inundación provocó el socavamiento de estas terrazas aluviales y con ello afecta las viviendas ubicadas en la ribera del rio Santa	Construcción de defensas ribereñas hacia el margen de las viviendas.
COISHCO	SANTA	Depósitos cuaternarios de origen marino no consolidados depositado en zonas planas del litoral asociadas a bahías	Las crecidas de los flujos provocaron el socavamiento en ambas márgenes del Rio Sicho, afectando a una fábrica	Construcción de defensas ribereñas hacia el margen de las viviendas.

DESIZAMIENTOS (CAIDAS DE ROCAS U OTROS)	POMAY	RECUAY	Terraza aluvial emplazada en fondo de valle del río Fortaleza. Crecida excepcional y aumento del flujo de detritos invade y erosiona estos depósitos.	Las crecidas de los flujos provocaron la destrucción parcial de la vía asfáltica Lima - Ancash	Canalización del trayecto del flujo. Construcción de badén sobre la vía asfáltica
	COISHCO	SANTA	Material coluvial depositado en parte baja de las quebradas. La pendiente fuerte intensifica caída de bloques de parte alta.	Precipitaciones excepcionales provocan la caída de bloques de roca direccionados por las quebradas hacia las construcciones de los asentamientos humanos	Control adecuado de la expansión urbana en los asentamientos humanos
	COISHCO	SANTA	Material coluvial depositado en parte baja de quebradas (sector El mirador). Pendiente fuerte condiciona caída de bloques de parte alta	Las precipitaciones excepcionales y la pendiente provocan la caída de bloques de roca por las quebradas hacia las construcciones del sector conocido como "el mirador"	Control adecuado de la expansión urbana en los asentamientos humanos
	PHIRA	HUARAZ	Material coluvial depositado en las laderas del cerro Jirac. Continuas lluvias, la pendiente fuerte y la inestabilidad del suelo generan la dinámica del deslizamiento	La sobresaturación del material inestable por causa de lluvias, provocó el agrietamiento en distintos sectores del terreno, generando un desplazamiento pendiente abajo del terreno.	Adecuación en la construcción de tuberías subterráneas de agua y canales de irrigación para la agricultura y ganadería
PREC. PLUVIAL	CHUQUICAR A	SANTA	Caída de rocas y conos ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales, pendiente del terreno y alternancia de rocas de diferente competencia.	Daños en los techos de las casas por filtraciones debido a intensas lluvias.	Evitar alterar los taludes y construir barreras protectoras

ÁREAS DE CULTIVO AFECTADAS POR LOS EFECTOS DE EL NIÑO COSTERO 2017					
TIPO DE PELIGRO	POBLADO (DISTRITO)	PROVINCIA	COMENTARIO GEODINÁMICO	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS	RECOMENDACIONES
INUNDACIÓN FLUVIAL	ANTA	SANTA	Flujo de detritos reactivados, ocasionados por excesivas precipitaciones pluviales. Naturaleza del suelo (incompetente) y por la ocupación inadecuada del suelo por el hombre	Extensas áreas de cultivo inundadas	Implementación de canales de encausamiento y de drenaje
	AMPANU	HUARMEY	Flujo de lodo ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales. Naturaleza del suelo (incompetente) y por la ocupación inadecuada del suelo por el hombre	Áreas de cultivo inundadas	Evitar alterar los taludes. Construir barreras protectoras, enrocados como defensa ribereña.
	TAYCA	HUARMEY	Terraza aluvial emplazada en el fondo del valle del río Huarmey. La crecida excepcional y el aumento de material detrítico erosionan estos depósitos, dejando una depresión.	La crecida del río Sechín provocó el socavamiento lateral de los márgenes del río, dejando pozos de bombeo fuera de nivel, instalados anteriormente sobre la terraza aluvial.	Reubicación y rehabilitación de los pozos de bombeo.
	BARBACAY	HUARMEY	Depósitos aluviales antiguos emplazados en el valle del río Huarmey. Los eventos extraordinarios de crecida del río erosionan y socavan los márgenes del mismo	La inundación provocó la erosión del cauce socavando nuevos cauces paralelos al principal en las partes más bajas de la terraza	Encauzamiento del río. Limitación de sembríos en la llanura de inundación
	MALPASO	HUARMEY	Depósitos aluviales en la llanura de inundación emplazado en el fondo del valle del río Huarmey. Las inundaciones por precipitaciones extraordinarias	La inundación provocó la erosión de extensas áreas de cultivo instaurados cerca del río.	Encauzamiento de un tramo del río. Construcción de defensas ribereñas

		invaden grandes áreas de cultivo ubicados en este valle.		
MANDINGA	HUARMEY	Depósitos aluviales en la llanura de inundación emplazado en el fondo del valle del rio Huarmey. Las inundaciones por precipitaciones extraordinarias invaden grandes áreas de cultivo ubicados en este valle.	La inundación provocó la erosión de extensas áreas de cultivo instaurados cerca del rio.	Encausamiento de un tramo del rio y construcción de defensas ribereñas
ALGUAY	HUARMEY	Depósitos aluviales en la llanura de inundación emplazado en el fondo del valle del rio Huarmey. Las inundaciones por precipitaciones extraordinarias invaden grandes áreas de cultivo ubicados en este valle.	La inundación provocó la erosión de extensas áreas de cultivo instaurados cerca del rio.	Encausamiento de un tramo del rio y construcción de defensas ribereñas.
SAN FRANCISCO	CASMA	Depósitos aluviales en la llanura de inundación emplazado en el fondo del valle del rio Huarmey. Las inundaciones por precipitaciones extraordinarias invaden grandes áreas de cultivo ubicados en este valle.	La inundación provocó la erosión de extensas áreas de cultivo instaurados cerca del rio.	Encausamiento de un tramo del rio y construcción de defensas ribereñas.
HUANCAMUÑA	CASMA	Depósitos aluviales en la llanura de inundación emplazado en el fondo del valle del rio Casma. Las inundaciones por precipitaciones extraordinarias invaden grandes áreas de cultivo ubicados en estos depósitos.	La inundación provocó la erosión de extensas áreas de cultivo ubicados en los márgenes del rio.	Reubicación de las áreas de cultivo hacia las partes más alejadas del rio

	LA RINCONADA	SANTA	Extensos depósitos de material aluvial emplazados en planicies de extensos valles. Las avenidas excepcionales debilitan y erosionan estos depósitos.	Los eventos extraordinarios provocaron la inundación y con ello la ruptura del canal principal de irrigación inundando los cultivos en la parte baja del valle.	Rehabilitación del canal con un nuevo trazo
	TICAPAMPA	RECUAY	Terraza aluvial emplazada en el fondo del valle del río Santa. La continua dinámica fluvial, erosionan y socavan estos depósitos.	Inundación en la margen izquierda del río Santa afecta la vía asfáltica y un conjunto de viviendas cerca del río. Se observa obras de remediación ante desborde tales como muros y pestañas.	Mejora y repotenciación de obras de remediación ante desborde tales como muros y pestañas.
FLUJOS	TRES CRUCES	HUARMEY	Depósitos aluviales en la llanura de inundación emplazado en el fondo del valle del río Huarmey. Las inundaciones por precipitaciones extraordinarias invaden grandes áreas de cultivo y viviendas ubicados sobre estos depósitos.	Inundación en ambas márgenes del río Huarmey, afectando los cultivos y un conjunto de viviendas instalados entre los ramales del río principal.	Canalización y limpieza del cauce del río, para evitar los ramales de inundación
	TRES CRUCES	HUARMEY	Depósitos aluviales en la llanura de inundación emplazado en el fondo del valle del río Huarmey. Las inundaciones por precipitaciones extraordinarias invaden grandes áreas de cultivo y viviendas ubicados sobre estos depósitos.	Las precipitaciones extraordinarias provocaron la inundación en ambas márgenes del río Huarmey, afectando en mayor parte extensas áreas de cultivo.	Canalización y limpieza del cauce del río, para evitar los ramales de inundación

MONSALVE	HUARMEY	Depósitos aluviales antiguos en emplazado en la cabecera del fondo del valle del río Huarmey. Las crecidas de los flujos de detritos de la quebrada perpendicular al valle inundaron áreas de cultivo y viviendas ubicadas en estos depósitos.	Las precipitaciones extraordinarias provocaron la crecida excesiva del flujo de detritos transportados por la quebrada (Monsalve) que es perpendicular al valle principal.	Canalización y limpieza del cauce del río. Reubicación de las zonas de cultivo.
HUAYUP	HUARMEY	Depósitos aluviales antiguos en emplazado en la cabecera del valle del río Huarmey. Las crecidas de los flujos de detritos de quebradas perpendiculares al valle principal inundaron y depositaron material aluviónico sobre la carretera hacia el poblado de Huayup	Las precipitaciones extraordinarias provocaron la crecida excesiva del flujo de detritos transportados por las quebradas perpendiculares al valle principal de Huarmey.	Construcción de badenes y vías de evacuación para el material detrítico
RECUAY	RECUAY	Terraza aluvial emplazada en el fondo del valle del río Santa. La dinámica fluvial y la crecida de flujos de detritos, erosionan y socavan estos depósitos.	La inundación provocó el socavamiento de estas terrazas aluviales y con ello afecta un pequeño tramo de la vía asfáltica y con ello viviendas ubicadas en la ribera del río Santa	Construcción de defensas ribereñas en ambos márgenes del río, en los tramos de mayor peligrosidad
PUENTE TABÓN	CASMA	Depósitos aluviales en la llanura de inundación emplazado en el fondo del valle del río Casma. Las inundaciones por precipitaciones extraordinarias invaden la estructura del puente ubicados sobre estos	Las precipitaciones extraordinarias provocaron la inundación en ambas márgenes del río Casma, alterando la infraestructura del puente Tabón.	Refuerzo en la estructura del puente Tabón.

		depósitos cerca del puerto Casma.		
SANTA MELANIA	CASMA	Depósitos aluviales en la llanura de inundación emplazado en el fondo del valle del río Casma. Las inundaciones por precipitaciones extraordinarias invaden grandes áreas de cultivo ubicados sobre estos depósitos.	Las precipitaciones extraordinarias provocaron la inundación en ambas márgenes del río Casma, afectando en mayor parte extensas áreas de cultivo.	Reubicación de las áreas de cultivo ubicadas en las riveras del río Casma
SANTA MELANIA	CASMA	Depósitos aluviales en la llanura de inundación emplazado en el fondo del valle del río Casma. Las inundaciones por precipitaciones extraordinarias invaden grandes áreas de cultivo ubicados sobre estos depósitos.	Las precipitaciones extraordinarias provocaron la inundación en ambas márgenes del río Casma, afectando en mayor parte extensas áreas de cultivo.	Reubicación de las áreas de cultivo ubicadas en las riveras del río Casma
HUALGAYOC	CASMA	Depósitos aluviales en la llanura de inundación emplazado en el fondo del valle del río Casma. Las inundaciones por desbordes a causa de las precipitaciones extraordinarias invaden grandes áreas de cultivo ubicados sobre estos depósitos.	Las precipitaciones extraordinarias provocaron la inundación en ambas márgenes del río Casma, afectando en mayor parte extensas áreas de cultivo.	Reubicación de las áreas de cultivo ubicadas en las márgenes del río Casma
PUENTE MUÑA	CASMA	Depósitos aluviales en la llanura de inundación emplazado en el fondo del valle del río Casma. Las inundaciones por precipitaciones extraordinarias invaden la estructura del	Las precipitaciones extraordinarias provocaron la inundación en ambas márgenes del río alterando la infraestructura del puente Muña cerca al poblado de	Refuerzo en la estructura del puente Muña

		puente ubicados sobre estos depósitos	Cachipampa afectando los sembríos y generando una erosión lateral.	
CARBONERÍA	CASMA	Depósitos aluviales en la llanura de inundación emplazado en el fondo del valle del río Casma. Las inundaciones por desbordes a causa de las precipitaciones extraordinarias invaden grandes áreas de cultivo ubicados sobre estos depósitos.	Las precipitaciones extraordinarias provocaron la inundación en ambas márgenes del río Casma, afectando en mayor parte extensas áreas de cultivo con inundación de detritos.	Reubicación de las áreas de cultivo ubicadas en las márgenes del río Casma.
LA CUADRA	CASMA	Extensos depósitos de material aluvial emplazados en planicies de extensos valles. Las avenidas excepcionales debilitan y erosionan estos depósitos y a la vez socava el cauce del río tributario al río principal (río Santa).	Depósitos sujetos a inundación excepcional, ocupados por áreas urbanas y agrícolas emplazadas sobre estos depósitos	Control adecuado de la expansión agrícola y encausamiento de los drenajes
LA CUADRA	CASMA	Extensos depósitos de material aluvial emplazados en planicies de extensos valles. Las avenidas excepcionales debilitan y erosionan estos depósitos; socavamiento y encausamiento de mayor intensidad en el río tributario del río principal (río Santa).	Depósitos sujetos a inundación excepcional, ocupados por áreas urbanas y agrícolas emplazadas sobre estos depósitos	Control adecuado de la expansión agrícola y encausamiento de los drenajes
LA CUADRA	CASMA	Extensos depósitos de material aluvial emplazados en planicies de extensos valles. Las avenidas excepcionales debilitan y erosionan; socavamiento y encausamiento de mayor intensidad en el río	Depósitos sujetos a inundación excepcional, ocupados por áreas urbanas y agrícolas emplazadas sobre estos depósitos	Control adecuado de la expansión agrícola y encausamiento de los drenajes

		tributario del río principal (río Santa).		
ALTO PERÚ	CASMA	Extensos depósitos de material aluvial emplazados en planicies de extensos valles. Avenidas excepcionales debilitan y erosionan estos depósitos; socavamiento y encausamiento de mayor intensidad en río tributario del río Santa.	Depósitos sujetos a inundación excepcional, ocupados por áreas urbanas y agrícolas emplazadas sobre estos depósitos	Control adecuado de la expansión agrícola y encausamiento de los drenajes
ALTO PERÚ	CASMA	Extensos depósitos de material aluvial emplazados en planicies de extensos valles. Las avenidas excepcionales debilitan y erosionan estos depósitos inundándolos y socavando lateralmente	Depósitos sujetos a inundación excepcional por incremento del cauce, los mismos que son ocupados por áreas urbanas y agrícolas emplazadas sobre estos depósitos	Control adecuado de la expansión agrícola y encausamiento de los drenajes
RÍO SECO	CASMA	Extensos depósitos de material aluvial emplazados en planicies del extenso valle del río santa. Las avenidas excepcionales debilitan y erosionan estos depósitos inundándolos y socavando lateralmente	Depósitos sujetos a inundación excepcional por incremento del cauce, los mismos que son ocupados por áreas urbanas y agrícolas emplazadas sobre estos depósitos	Control adecuado de la expansión agrícola y encausamiento de los drenajes
CHACHAPOYAS	CASMA	Extensos depósitos de material aluvial emplazados en planicies del extenso valle del río santa. Las avenidas excepcionales debilitan y erosionan estos depósitos inundándolos y socavando lateralmente	Depósitos sujetos a inundación excepcional por incremento del cauce, los mismos que son ocupados por áreas urbanas y agrícolas emplazadas sobre estos depósitos	Control adecuado de la expansión agrícola y encausamiento de los drenajes

	CHACHAPOYAS	CASMA	Extensos depósitos de material aluvial emplazados en planicies del extenso valle del río Santa. Avenidas excepcionales debilitan y erosionan estos depósitos inundándolos y socavando lateralmente	Depósitos sujetos a inundación por flujos, erosión en los márgenes del cauce afectando áreas de cultivo.	Control adecuado de la expansión agrícola y encausamiento de los drenajes
	SANTA CLEMENCIA	CASMA	Extensos depósitos aluviales emplazados en planicies de extensos valles. Las avenidas excepcionales debilitan y erosionan estos depósitos inundándolos y socavando lateralmente	Depósitos sujetos a inundación por flujos, erosión en los márgenes del cauce afectando áreas de cultivo.	Control adecuado de la expansión agrícola. Encausamiento de los drenajes
	CAÑASBAMBA	YUGAY	Material fluvial depositado por huaycos de quebradas proveniente de partes altas. Los flujos socavan los márgenes de las quebradas dañando los canales de irrigado	Depósitos sujetos a inundación por fuertes flujos de detritos, dañando estructura de canales que se ubican sobre este tipo de material.	Canalización de la trayectoria del flujo
EROSIÓN FLUVIAL	ALGUAY	HUARMEY	Extensos depósitos de material aluvial emplazados en el valle del río Huarmey. Avenidas excepcionales profundizan el cauce y dejó cauce original abandonado.	Depósitos sujetos a inundación por flujos, erosión en los márgenes del cauce afectando áreas de cultivo	Encausamiento del río Huarmey
	CATAC	RECUAY	Terraza aluvial emplazada en el fondo del valle del río Santa. Dinámica fluvial y extraordinarios eventos, erosiona y socava estos depósitos.	La inundación provocó el socavamiento de estas terrazas aluviales y con ello afecta las viviendas ubicadas y la vía asfáltica en la ribera del río Santa	Construcción de defensas ribereñas hacia el margen de las viviendas y vía asfáltica.
	LA HUACA III	SANTA	Extensos depósitos de material aluvial emplazados en el valle del río Sicho.	Depósitos sujetos a inundación por flujos, erosión en los márgenes	Encausamiento del río Sicho

		Avenidas excepcionales profundizan el cauce y deja cauce original abandonado.	del cauce afectando áreas de cultivo	
CHACHAPOYAS	SANTA	Extensos depósitos aluviales emplazados en el valle del río Lacramarca. Las avenidas excepcionales profundizan y excavan los márgenes del río.	Depósitos sujetos a inundación que provocan la pérdida de cultivos ubicados cerca del río Lacramarca	Encausamiento de un tramo del río Lacramarca
CHIMBOTE	SANTA	Extensos depósitos aluviales emplazados en el valle del río Lacramarca. Avenidas excepcionales profundizan y excavan los márgenes del río.	Depósitos sujetos a inundación que provocan la pérdida de cultivos ubicados cerca del río Lacramarca	Encausamiento de un tramo del río Lacramarca

CARRETERAS AFECTADAS POR LOS EFECTOS DE EL NIÑO COSTERO 2017					
TIPO DE PELIGRO	TRAMO DE CARRETERA	LONGITUD AFECTADA (KM)	COMENTARIO GEODINÁMICO	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS	RECOMENDACIONES
INUNDACIÓN FLUVIAL	MOTOCACHI-MORO	0.5	Flujo de lodo ocasionado por excesivas precipitaciones pluviales. La naturaleza del suelo (incompetente), material de remoción antiguo susceptible y ocupación inadecuada del suelo por el hombre	Destrucción de carreteras	Planificación en la construcción del y tramo de la carretera en zonas seguras y con canales drenajes.
	BUENA VISTA ALTA - CACHIPAMPA	1.5	Depósitos de material aluvial emplazados en quebradas áridas cerca al valle del río Casma.	Depósitos sujetos a inundación que provocan la destrucción total de la vía asfáltica de la carretera Casma - Cachipampa.	Rehabilitación de la vía con un nuevo diseño de trazo
	BUENA VISTA ALTA - CACHIPAMPA	2.2	Depósitos de material aluvial emplazados en quebradas áridas cerca al valle del río Casma.	Depósitos sujetos a inundación que provocan la destrucción total de la vía asfáltica de la carretera Casma - Cachipampa.	Rehabilitación de la vía con un nuevo diseño de trazo
FLUJOS	CHAMANA	0.4	Extensos depósitos de material aluvial emplazados en el valle del río fortaleza. Las avenidas excepcionales profundizan el cauce.	Depósitos sujetos a inundación por flujos, erosión en los márgenes del cauce afectando áreas de cultivo	Construcción de defensas ribereñas
	CHASQUITAMBO	0.2	Depósitos de material reciente formando abanicos aluviales con terrazas recientes emplazados en quebradas perpendiculares al valle fortaleza.	Depósitos sujetos a huaycos que provocan la destrucción total de la vía asfáltica Lima-Huaraz en el sector Chasquitambo.	Rehabilitación de la vía con un nuevo diseño de trazo

HUALGAYOC	1.2	Extensos depósitos aluviales emplazados en el valle del río Casma. Avenidas excepcionales profundizan el cauce.	Depósitos sujetos a inundación por flujos, erosión en los márgenes del cauce afectando áreas de cultivo y principalmente la carretera ha Hualgayoc	Construcción de defensas ribereñas
BUENA VISTA ALTA - CACHIPAMPA	0.4	Depósitos de material aluvial emplazados en quebradas áridas que cortan la carretera hacia Huaraz.	Depósitos sujetos a inundación que provocan la destrucción total de un tramo de la vía asfáltica de la carretera Casma-Huaraz	Rehabilitación de la vía con un nuevo diseño de línea de trazo
OESTE DE QUILLO	0.1	Extensos depósitos de material aluvial emplazados en el fondo del valle del río Sechin	Depósitos sujetos a inundación por flujos, erosión en los márgenes del cauce afectando áreas de cultivo y principalmente un tramo de la carretera	Construcción de defensas ribereñas
SAN JOSÉ	0.2	Extensos depósitos de material aluvial emplazados en el valle del río Lacramarca. Las avenidas excepcionales inundan la carretera.	La inundación provocó el socavamiento de los depósitos aluviales y el colapso de un tramo de la carretera	Construcción de defensas ribereñas
MORO-ANTA	4.8	Flujo de detritos ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales y la naturaleza del suelo (incompetente).	Daños leves a severos en tramos de carreteras	Planificación y rehabilitación de construcciones de carreteras en zonas seguras.
NE DE SAN JACINTO	2	Flujo de detritos ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales y la naturaleza del suelo (incompetente).	Daños severos en tramo de carretera	Planificación en la construcción del y tramo de la carretera en zonas seguras y con canales de encausamiento.
SAN JOSÉ	0.1	Flujo de detritos ocasionado por las excesivas	Daños severos en tramo de carretera	Planificación en la construcción del y tramo de la carretera en zonas

		precipitaciones pluviales y la naturaleza del suelo (incompetente).		seguras y con banquetas y drenes laterales.
O DE UCHUP	0.1	Flujo de detritos ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales y la naturaleza del suelo (incompetente).	Daños severos en tramo de carretera	Planificación en la construcción del y tramo de la carretera en zonas seguras y con banquetas y drenes laterales.
CERCA DE HORNILLOS	0.1	Flujo de detritos ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales y la naturaleza del suelo (incompetente).	Daños severos en tramo de carretera	Implementación de canales de encausamiento al pie de los abanicos y monitoreo constante del área en época de precipitaciones pluviales
LAREA	0.05	Flujo de detritos y bloques ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales y la naturaleza del suelo (incompetente).	Daños leves en tramo de carretera	Implementación de canales de encausamiento al pie de los abanicos y monitoreo constante del área en época de precipitaciones pluviales
SO DE LAREA	0.1	Flujo de detritos ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales y la naturaleza del suelo (incompetente).	Daños leves en tramo de carretera	Implementación de canales de encausamiento al pie de los abanicos y monitoreo constante del área en época de precipitaciones pluviales
AA HH NUEVO MORO	2	Flujo de lodo ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales, la naturaleza del suelo (incompetente), material de remoción antiguo susceptible y ocupación inadecuada del suelo por el hombre	Daños leves en tramo de carretera	Implementación de canales de encausamiento al pie de los abanicos y monitoreo constante del área en época de precipitaciones pluviales
SE DE SAN JACINTO	0.3	Flujo de lodo ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales, la naturaleza del suelo (incompetente), material de remoción antiguo susceptible y ocupación	Daños severos en tramo de carretera	Rehabilitación de la carretera con estabilización de talud

		inadecuada del suelo por el hombre		
CAJAY	0.2	Flujo de lodo ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales, la naturaleza del suelo (incompetente), material de remoción antiguo susceptible y ocupación inadecuada del suelo por el hombre	Daños moderados en tramo de carretera	Rehabilitación de la carretera con estabilización de talud
CP BREÑA	0.3	Flujo de lodo ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales, la naturaleza del suelo (incompetente), material de remoción antiguo susceptible y ocupación inadecuada del suelo por el hombre	Daños moderados en tramo de carretera	Rehabilitación de la carretera con estabilización de talud
NO DE BREÑA	0.2	Flujo de lodo ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales, la naturaleza del suelo (incompetente), material de remoción antiguo susceptible y ocupación inadecuada del suelo por el hombre	Destrucción de carreteras	Planificación en la construcción del tramo de la carretera en una zona segura con canales de encausamiento.
O DE NUEVO CHIMBOTE	0.1	Flujo de detritos ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales y la naturaleza del suelo (incompetente).	Daños moderados en tramo de carretera	Rehabilitación de la carretera con estabilización de talud
O DE NUEVO CHIMBOTE	1.1	Flujo de lodo ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales, substrato de mala calidad, naturaleza del suelo (incompetente) y material de remoción antiguo susceptible.	Daños moderados en tramo de carretera	Rehabilitación de la carretera con estabilización de talud

SE CHUQUICARA	0.1	Flujo de detritos y caída de rocas ocasionados por las excesivas precipitaciones pluviales, pendiente del terreno y alternancia de rocas de diferente competencia.	Daños moderados en tramo de carretera	Rehabilitación de la carretera con estabilización de talud
O DE CHUQUICARA	0.3	Flujo de detritos y caída de rocas ocasionados por las excesivas precipitaciones pluviales, sustrato de mala calidad, pendiente del terreno y alternancia de rocas de diferente competencia.	Daños moderados en tramo de carretera	Rehabilitación de la carretera con estabilización de talud
YURACMARCA-CHUQUICARA	0.35	Flujo de detritos y caída de rocas ocasionados por las excesivas precipitaciones pluviales, sustrato de mala calidad, pendiente del terreno y alternancia de rocas de diferente competencia. Estos factores ocasionaron socavamiento en la defensa ribereña en algunos sectores.	Daños moderados a severos en tramo de carretera	Rehabilitación de la carretera con estabilización de talud e implementación de canales de encausamiento al pie de los abanicos y monitoreo constante del área en época de precipitaciones pluviales.
HUALLANCA	0.28	Flujo de detritos y deslizamiento activo por las excesivas precipitaciones pluviales. Sustrato de mala calidad, pendiente del terreno, alternancia de rocas de diferente competencia muy fracturadas y diaclasadas. Socavamiento en la defensa ribereña en algunos sectores.	Daños leves en tramo de carretera	Mitigación en el área para reducir el impacto probable ante la susceptibilidad de laderas y restringir deslizamientos que atentan con la seguridad de la comunidad

YURACMARCA	0.1	Flujo de detritos por las excesivas precipitaciones pluviales. Substrato de mala calidad, pendiente del terreno, alternancia de rocas de diferente competencia muy fracturadas y diaclasadas y orientación desfavorable de discontinuidades. Estos factores ocasionaron socavamiento en la defensa ribereña en algunos sectores.	Daños severos en tramo de carretera	Rehabilitación de la carretera con estabilización de talud. Implementación de canales de encausamiento al pie de los abanicos. Enrocado y monitoreo constante del área en época de precipitaciones pluviales.
VESIQUE AL NORTE DE CASMA	2.5	Flujo de detritos por las excesivas precipitaciones pluviales, rocas muy fracturadas y diaclasadas y pendiente del terreno. Socavamiento en la defensa ribereña en algunos sectores.	Daños severos en tramo de carretera	Estudios o investigaciones que implementen zonas de amortiguamiento que permitan la infiltración de agua o encausamiento con desemboque al mar.
CULEBRAS ENTRE AMPANU Y OYOS	0.4	Flujo de lodo ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales. Naturaleza del suelo (incompetente) y ocupación inadecuada del suelo por el hombre	Daños severos en tramo de carretera	Reubicación y generar una nueva obra con defensas tipo enrocado y protección ribereña.
CULEBRAS ENTRE MOLINO Y QUILLAPAMPA	3	Flujo de lodo ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales. Naturaleza del suelo (incompetente) y ocupación inadecuada del suelo por el hombre	Daños severos en tramo de carretera	Reubicación y generar una nueva obra con defensas tipo enrocado y protección ribereña.
HORNILLOS	0.2	Depósitos de material reciente formando abanicos aluviales por medio de la quebrada de	Depósitos sujetos a huaycos que afectan la vía	Construcción de un badén

			Huich perpendicular al valle fortaleza.	asfáltica en el sector hornillos.	
	CERCA A LAS ZORRAS	0.3	Flujos de detritos y lodo por las excesivas precipitaciones pluviales, naturaleza incompetente del terreno y su morfología.	Daños severos en tramo de carretera	Rehabilitación de la carretera con estabilización de talud e implementación de canales de encausamiento al pie de los abanicos. Enrocado y monitoreo permanente del área en época de precipitaciones pluviales.
EROSIÓN FLUVIAL	EL OLIVAR	0.25	Extensos depósitos de material aluvial emplazados en el valle del río Sechin. Las avenidas excepcionales inundan la carretera.	La inundación provocó el socavamiento de los depósitos aluviales y con ello la destrucción de cultivos y un pequeño sector de la carretera	Construcción de defensas ribereñas hacia el margen de la carretera. Reubicación de las zonas de cultivos.
	CHUQUICARA	0.5	Flujo de detritos y conos ocasionados por las excesivas precipitaciones pluviales, sustrato de mala calidad, pendiente del terreno y alternancia de rocas de diferente competencia.	Se observa taludes verticales de aluviones antiguos en ambos márgenes del río Santa. Además, se puede ver socavamiento en la carretera por acción fluvial.	Rehabilitación de la carretera con estabilización de talud
DESIZAMIENTOS (CAÍDAS DE ROCAS U OTROS)	MORO-ANTA	0.6	Flujo de detritos y caídas de rocas ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales y la naturaleza del suelo (incompetente).	Daños leves debido a derrumbes que generaron inestabilidad del talud.	Planificación y rehabilitación de construcciones de carreteras en zonas seguras.
	O DE UCHUP	0.1	Derrumbes y caídas de rocas ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales y la naturaleza del suelo (incompetente).	Daños leves debido a derrumbes que generaron inestabilidad del talud.	
	YURACMARCA-CHUQUICARA	6.9	Zona de caída de rocas ocasionados por las excesivas precipitaciones pluviales.	Daños moderados debido a derrumbes que generaron inestabilidad del talud.	Rehabilitación de la carretera con estabilización de talud e implementación de canales de encausamiento al pie de los abanicos.

		Substrato de mala calidad, pendiente del terreno y alternancia de rocas de diferente competencia.		Monitoreo permanente del área en época de precipitaciones pluviales.
CHUQUICARA	6.9	Zona de caída de rocas y conos de detritos ocasionados por las excesivas precipitaciones pluviales. Substrato de mala calidad, pendiente del terreno y alternancia de rocas de diferente competencia.	Daños moderados debido a derrumbes que generaron inestabilidad del talud.	Rehabilitación de la carretera con estabilización de talud. Implementación de canales de encausamiento al pie de los abanicos y monitoreo constante del área en época de precipitaciones pluviales.
QUITAFLOL	0.25	Material coluvial depositado en las laderas del cerro Carpu punta. Las continuas precipitaciones, la pendiente fuerte y la inestabilidad del suelo generan una dinámica de laderas	La inestabilidad por el corte de talud provoca el derrumbe en un tramo de la carretera Casma - Huaraz.	Estabilidad del talud de corte de carretera Adecuación en la construcción de tuberías subterráneas de agua y canales de irrigación para la agricultura y ganadería
CATAC	0.22	Depósitos aluviales en llanura de inundación emplazado en el fondo del valle del río Santa. Las inundaciones por precipitaciones extraordinarias invaden la estructura del puente ubicados sobre estos depósitos	Las precipitaciones extraordinarias provocaron la inundación en ambos márgenes del río alterando la infraestructura del puente parco cerca al poblado de Catac	Refuerzo en la estructura del puente Muña. Defensas ribereñas hacia el margen del poblado
CHACCHÁN	1.8	Material coluvial depositado en las laderas del cerro Llacu. Las continuas precipitaciones, la pendiente fuerte y la inestabilidad del suelo generan la dinámica del deslizamiento	La inestabilidad por sobresaturación del terreno con humedad y el corte de talud de la carretera provoca el deslizamiento pendiente debajo de una gran cantidad de material.	Control de la irrigación en los sembríos de las partes altas del cuerpo del deslizamiento.

OBRAS DE INFRAESTRUCTURA AFECTADAS POR LOS EFECTOS DE EL NIÑO COSTERO 2017					
TIPO DE PELIGRO	INFRAESTRUCTURA	LUGAR	COMENTARIO GEODINÁMICO	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS	RECOMENDACIONES
INUNDACIÓN FLUVIAL	CANAL	NEPEÑA	Inundación ocasionada por las excesivas precipitaciones pluviales, la naturaleza del suelo (incompetente), morfología del terreno y ocupación inadecuada del suelo por el hombre	Daños moderados en canal colmatado por arenas, por falta de mantenimiento	Monitoreo de los factores ambientales que afectan el cauce y la conducción del agua por los canales pluviales.
	PUENTE	MORO	Inundación ocasionada por las excesivas precipitaciones pluviales, la naturaleza del suelo (incompetente), morfología del terreno y ocupación inadecuada del suelo por el hombre	Colmatación del canal del río por donde se ubica el puente.	Monitoreo de los factores ambientales que afectan el cauce y la conducción del agua por los canales pluviales.
FLUJOS	TRAMO DE CANAL	MORO	Flujo de detritos ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales y naturaleza incompetente del suelo.	Daños severos en carreteras	Implementación de muros de contención, canales de drenajes. Monitoreo permanente del área en época de precipitaciones pluviales
	CANAL	MORO-ANTA	Flujo de detritos ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales y la naturaleza del suelo (incompetente).	Daños moderados en tramos de carreteras	Planificación y rehabilitación de construcciones de carreteras en zonas seguras.
	PUENTE	JIMBE-COLPCAP	Flujo de lodo ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales, rocas muy fracturadas o diaclasadas y naturaleza del suelo (incompetente).	Daños leves en puente	Rehabilitación de la infraestructura con encorado en las laterales.
	CANAL Y RED DE AGUA POTABLE	BREÑA	Flujo de lodo ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales, la naturaleza del suelo (incompetente),	Daños moderados en canal revestido y red de agua potable	Rehabilitación y monitoreo de los factores ambientales que afectan el cauce y la conducción del agua por los canales pluviales.

		material de remoción antiguo susceptible y ocupación inadecuada del suelo por el hombre		
PUENTE	NO DE BREÑA	Flujo de lodo ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales, la naturaleza del suelo (incompetente), material de remoción antiguo susceptible y ocupación inadecuada del suelo por el hombre	Daños severos en puente	Planificación y reconstrucción del puente en una zona segura con canales de encausamiento.
CANAL Y PUENTE	SO DE SAN JACINTO	Flujo de lodo ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales, la naturaleza del suelo (incompetente), material de remoción antiguo susceptible y ocupación inadecuada del suelo por el hombre	Daños moderados en puente y canal	Planificación y reconstrucción del canal en una zona segura con enrocado
AVICOLAS Y VIVIENDAS	N DE CASMA	Flujo de detritos ocasionado por las excesivas precipitaciones pluviales, mala calidad del substrato y naturaleza del suelo (incompetente).	Daños severos en seis galpones y viviendas de la avícola.	Promover la prevención para la mitigación de áreas susceptibles a flujos de detritos o deslizamientos en lugares con construcciones.
Canal	Casma	Depósitos aluviales en la llanura de inundación emplazado en el fondo del valle del río Yautan. Las inundaciones por precipitaciones extraordinarias destruyeron parte del canal de drenaje cerrado ubicado sobre este depósito.	Las precipitaciones extraordinarias provocaron la inundación en ambas márgenes de la quebrada Hierba buena cerca al poblado de Yautan.	Rehabilitación del canal estancado, con una estructura de evacuación más pronunciada

Puente	Casma	Extensos depósitos de material aluvial emplazados en el valle del río Casma. Las avenidas excepcionales sobrecargan de agua al río, socavando el material donde está instaurado el puente.	La inundación provocó el socavamiento de los depósitos aluviales afectando la estructura del puente de Casma	Limpieza del cauce del río Casma, con mayor urgencia aguas arriba del puente Casma y defensas ribereñas
Canal	Santa	Extensos depósitos de material aluvial emplazados en la cabecera del valle del río Santa. Las avenidas excepcionales sobrecargan de agua las quebradas de cabecera socavando el material del depósito	La inundación provocó la erosión del material aluvial, provocando la destrucción de la compuerta del canal Chinecas	Construcción de obras de protección y evacuación de posibles flujos durante avenidas excepcionales.
Canal	Santa	Extensos depósitos de material aluvial emplazados en la cabecera del valle del río Santa. Las avenidas excepcionales sobrecargan de agua las quebradas de cabecera socavando el material del depósito	La inundación provocó la erosión del material aluvial, provocando la rotura de la estructura del canal Chinecas	Construcción de obras de protección y evacuación de posibles flujos durante avenidas excepcionales.
Canal	Santa	Extensos depósitos de material aluvial emplazados en la cabecera del valle del río Santa. Las avenidas excepcionales sobrecargan de agua las quebradas de cabecera socavando el material del depósito	Las escorrentías por las quebradas de la cabecera de valle inundan fuertemente los depósitos donde se encuentra construido la línea del canal Chinecas	Construcción de obras de disipación de flujos por avenidas extraordinarias.

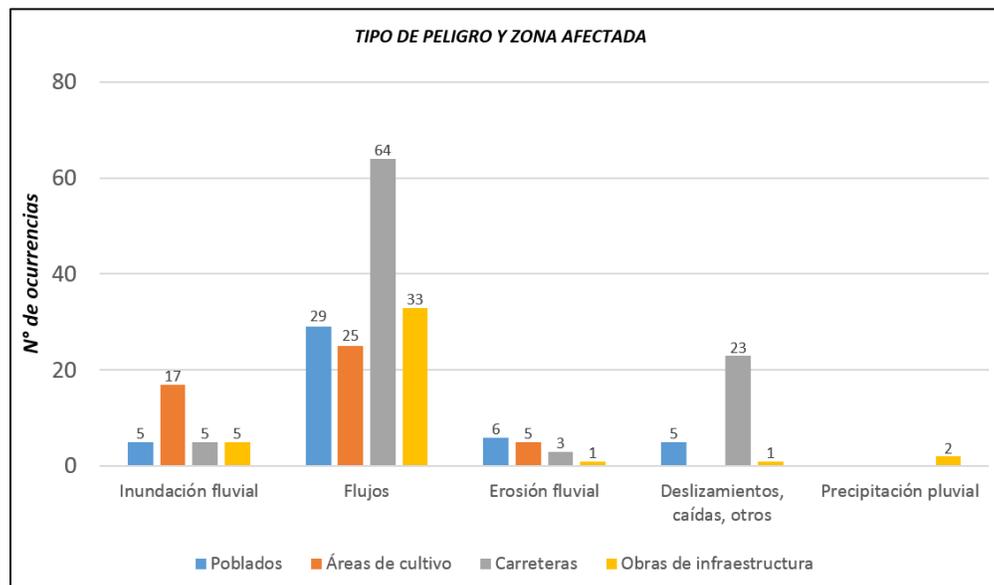
	Canal	Santa	<p>Extensos depósitos de material aluvial emplazados en la cabecera del valle del río Santa.</p> <p>Las avenidas excepcionales sobrecargan de agua las quebradas de cabecera socavando el material del depósito</p>	<p>Las escorrentías por las quebradas de la cabecera de valle rompieron el enrocado de los diques de protección, un tramo del canal pasa por debajo del suelo, en el evento ocurrido se obstruyó la entrada de la boca del canal donde se encuentra construido la línea del canal Chinecas</p>	<p>Construcción de obras de enrocado con mejor distribución espacial en la zona, para disipar los flujos de agua y lodo disipación de flujos por avenidas extraordinarias</p>
--	-------	-------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

6.1. ESTADISTICA DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS QUE AFECTARON A POBLADOS, CARRETERAS Y OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

La información referente a los eventos de peligros geológicos y geohidrológicos activados durante este último periodo de lluvias (enero-abril del 2017) en la región Ancash, sirvió para hacer un análisis estadístico que permite ver entre otras cosas, los tipos de eventos activados, los daños causados, etc.

En lo que respecta al tipo de peligro activado y la zona afectada (cuadro 5, figura. 21), las estadísticas nos muestran que los centros poblados fueron principalmente afectados por flujos (detritos y lodo) y en menor proporción por erosión fluvial, inundaciones, deslizamientos y caída de rocas. Las carreteras fueron también afectadas principalmente por flujos (detritos y lodo) y en segundo lugar por deslizamientos y derrumbes, en mucha menor proporción por procesos de erosión fluvial e inundaciones. Las áreas de cultivo fueron afectadas principalmente por flujos e inundaciones. Las obras de infraestructura en general recibieron mayores daños por flujos (detritos y lodo).

TIPO DE PELIGRO	Poblados	Áreas de cultivo	Carreteras	Obras de infraestructura	Total
Inundación fluvial	5	17	5	5	32
Flujos	29	25	64	33	151
Erosión fluvial	6	5	3	1	15
Deslizamientos, caídas, otros	5		23	1	29
Precipitación pluvial				2	2
Total	45	47	95	42	229



Cuadro 5: Distribución de las zonas afectadas, por tipo de peligro. **Figura 21:** Representación estadística del cuadro 5.

El estudio permitió dar recomendaciones generales (rehabilitar, reconstruir y reubicar), que las autoridades deben de tener en cuenta antes de realizar trabajos de reconstrucción en las zonas afectas por los diferentes eventos detonados por las fuertes lluvias asociadas al Niño Costero.

Así se tiene, que para centros poblados afectados por peligros geológicos y geohidrológicos, se recomienda principalmente realizar trabajos de rehabilitación (73.91 %), seguido de realizar trabajos de reubicación (17.39 %) y en menor porcentaje se recomendó realizar trabajos de reconstrucción (8.69 %); la reubicación no involucra mover poblados completos, solo se considera la reubicación de viviendas que se encuentra asentadas sobre zonas de alto peligro, como pueden ser cauces de quebradas, llanuras de inundación, terrazas bajas, borde de acantilados, deslizamientos activos y taludes de corte de carretera, etc. (figura 22).

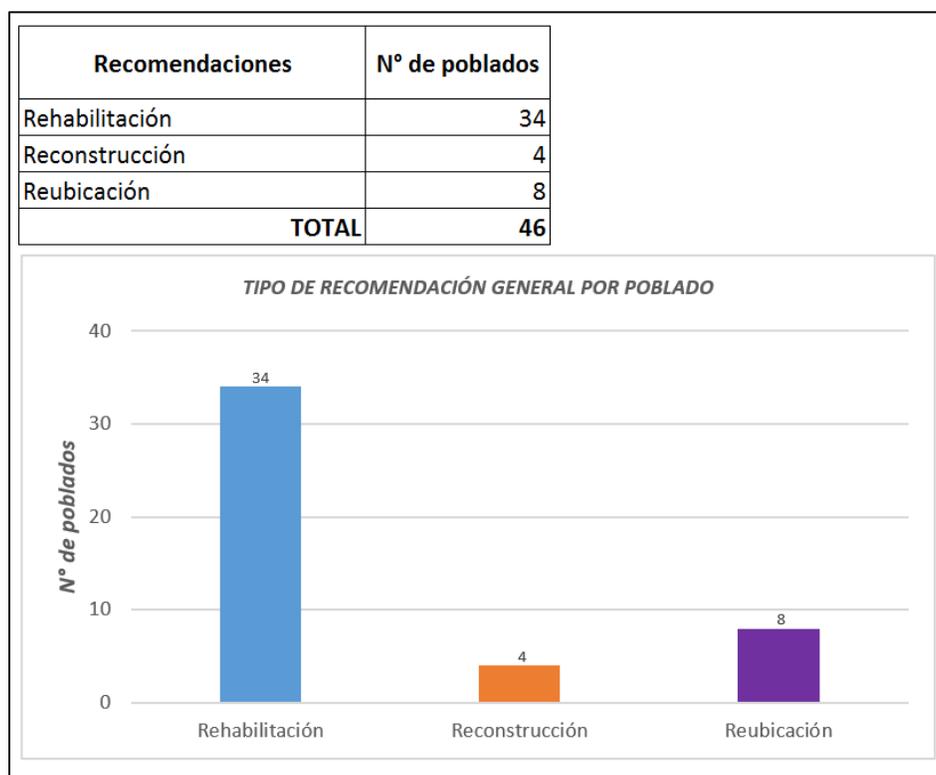


Figura 22: Tipo de recomendaciones generales para poblados afectados.

Para el caso de tramos de carretera afectados, principalmente se recomienda realizar trabajos de rehabilitación (72.615 %), le siguen en menor porcentaje las zonas en donde se debe realizar trabajos de reconstrucción por pérdida total de la vía (16.45 %); y finalmente se recomienda en menor porcentaje realizar la reubicación de tramos (10.93 %), esto porque son afectados por grandes eventos que resultarían muy costoso o difíciles de estabilizar (figura 23).

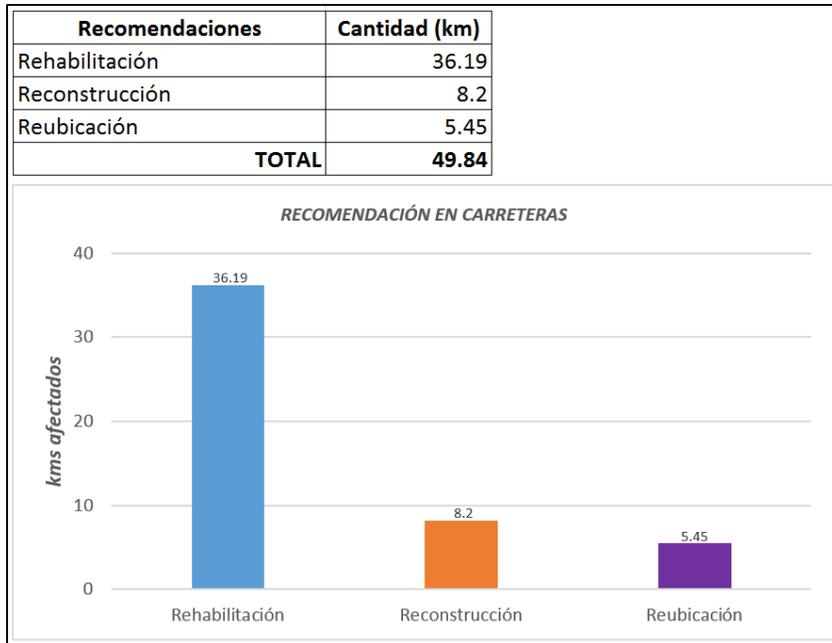


Figura 23: Tipo de recomendaciones generales para tramos de carretera afectados.

Finalmente, para el caso de daños en infraestructura afectada, principalmente se recomienda realizar trabajos de rehabilitación y reconstrucción (47.61 % cada actividad) y en mucha menor proporción realizar trabajos de reubicación (4.76 %) (figura 24). Para las áreas de cultivo, se recomendó la rehabilitación en todos los casos.

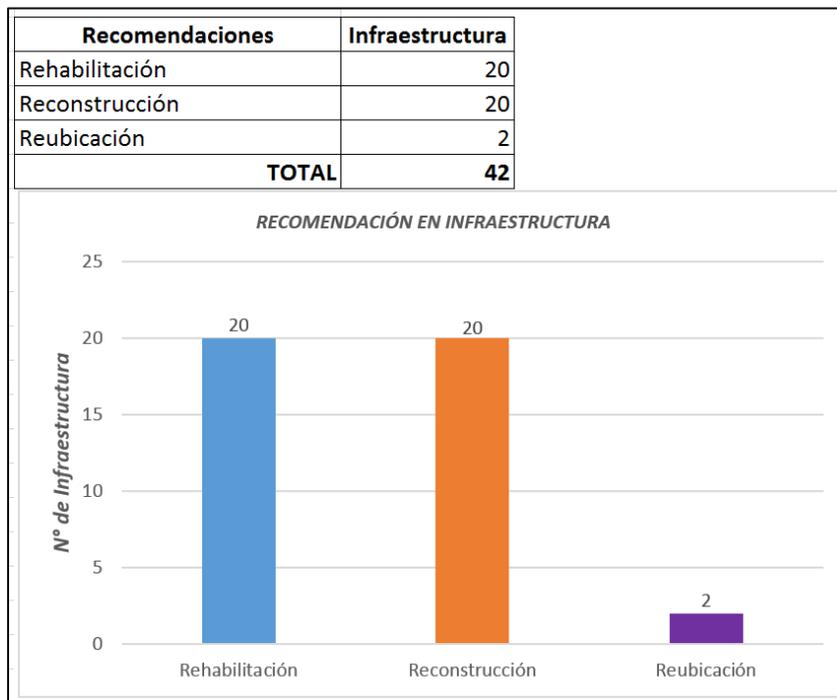


Figura 24: Tipo de recomendaciones generales para obras de infraestructura afectada.

6. CONCLUSIONES

1. El incremento anómalo en la temperatura de la superficie del mar, frente a las costas central y norte del Perú, instaló masas de aire húmedo a lo largo de la costa y parte de las vertientes de la cordillera occidental de los Andes peruanos, desencadenando intensas precipitaciones pluviales y dando origen de esta manera el fenómeno atmosférico conocido como El Niño Costero.
2. Las intensas precipitaciones pluviales registradas en la región Ancash, entre los meses de enero a marzo, asociadas al evento El Niño Costero, causaron variaciones del caudal (régimen hidrológico), llegando en ocasiones a duplicar y hasta triplicar sus volúmenes de agua normal. Lo que desencadenó múltiples fenómenos de movimientos en masa, que afectaron ciudades, campos de cultivo, carreteras y otras infraestructuras urbanas. En este contexto, el principal factor detonante, de los fenómenos de movimientos en masa e inundaciones, fueron las precipitaciones pluviales anómalas.
3. Los factores que condicionaron la ocurrencia de fenómenos de movimientos en masa en la cuenca Huarmey fueron:
 - Las características geológicas (litológicas y estructurales): Los afloramientos de rocas intrusivas se encuentran intensamente fracturadas, lo que las hace muy susceptibles a colapsar frente a un detonante que podría ser un sismo de mediana a gran magnitud o lluvias intensas como las ocurridas este año, que originó numerosos conos de deyección y caídas de rocas que afectaron a la carretera Huarmey – Aija.

Las rocas volcánicas se encuentran relativamente estables, mientras los depósitos cuaternarios son muy susceptibles a la erosión fluvial y de laderas. El emplazamiento de depósitos eólicos en las laderas de las montañas, colinas y en el fondo de los valles en presencia de lluvias extraordinarias, se saturan y descienden por las laderas a manera de flujos de lodo.
 - Las características geomorfológicas (pendientes): La morfología del valle Huarmey es muy encañonado en su parte media y alta, lo que condiciona la ocurrencia de fenómenos de movimientos en masa. Las pendientes bajas, son también condicionantes ya que permite la migración permanente de los cursos fluviales en eventos climáticos extremos.
4. La carga sólida acarreada por los grandes caudales que discurren por el río Huarmey está constituida principalmente de una fracción fina de arenas, limos y arcillas en la parte baja de la cuenca, mientras que los fragmentos de mayor tamaño se encuentran en la parte media y alta.

5. Los flujos de detritos se originaron en la parte alta de las quebradas Aija, Malva y Monsalve. Estos se concentraron en su confluencia y llegaron hasta el sector Tres Cruces, donde la pendiente del terreno se reduce considerablemente bajando de 10°-15° hasta los 3°. En este punto, se depositó la mayor parte del material aluviónico, pero el flujo más líquido continuó su descenso, recibiendo durante su recorrido el aporte de más agua proveniente de otras quebradas, hasta llegar a ser lo suficientemente violento para destruir grandes áreas de cultivo y la ciudad de Huarmey.
6. Las zonas inundadas por el río Huarmey (llanuras de inundación y terrazas bajas a medias), se encuentran cubiertas por un depósito areno-limoso a arcilloso de color crema, el cual sirve de marcador para identificar los límites alcanzados por las inundaciones
7. Los flujos de detritos y lodo están ligados al aumento brusco del caudal en las quebradas. Muchas de las quebradas no se habían reactivado desde hace 70-80 años (según la comunicación verbal de los pobladores), que coincide relativamente con los registros meteorológicos y biológicos estudiados por Martínez y Takahashi, para identificar al fenómeno de El Niño del verano de 1925.
8. La erosión fluvial-aluvial causó en muchos sectores del piso del valle Huarmey una intensa profundización del cauce, migración lateral como en el caso del puente Cuscus donde el nivel más bajo del valle es decir su nivel base se encontraba a unos 400m al sur, por lo que el flujo busco su equilibrio para llegar al nivel base, por esta razón profundizó depósitos aluviales y formó un nuevo cauce a 3m por debajo del anterior y socavamiento en riberas, que afectó principalmente la carretera Huarmey – Aija y poblados como Huamba.
9. La inusual crecida del río Huarmey se inició el día 14 de marzo, al día siguiente en la ciudad de Huarmey empezaron a reforzar el enrocado de la margen derecha en el sector Los Arabes, lo que propició que la inundación migre hacia la margen izquierda al sector Buenos Aires. El día 16 se rompe la protección de Los Árabes y se inicia la inundación casi completa de la ciudad de Huarmey.

Las viviendas contiguas a la carretera Panamericana Norte, sirvieron como una barrera o muro de contención ante la inundación. Esto provocó que el flujo impacte contra ellas y se propague lateralmente, inundando los sectores de Santo Domingo y Ciudad del Pescador. Los dueños de las viviendas “barrera” tuvieron que romper sus muros para desaguar la “laguna” que se había formado y que impedía el tránsito por la carretera Panamericana Norte.

10. La inundación en la ciudad de Huarmey, se debió a un deficiente sistema de canalización del río Huarmey, que no soportó la inusual crecida y colapsó ante sus impactos. Esto dejó al descubierto la deficiente cultura de prevención ante

estos fenómenos (ausencia de drenajes, ocupación de la faja marginal, colmatación del cauce, etc.).

11. La fotointerpretación en el piso de valle de la cuenca Huarmey y las observaciones de campo, evidenciaron numerosos rastros de cauces abandonados a manera de meandros y “trenzas” fluviales, lo que indica importantes ciclos de migración fluvial relacionado a eventos climáticos extremos a lo largo del tiempo, lo que confirma una dinámica fluvial muy intensa en la cuenca Huarmey.

Este análisis, permitió definir las zonas de susceptibilidad Muy Alta, Alta y Media ante movimientos en masa (flujos de detritos o huaycos, caídas de roca y caídas de detritos) e inundaciones, inundaciones de detritos y lodo.

12. Respecto a la estadística realizada para toda la región Ancash afectada por el Niño Costero 2017, se tiene que:

Los centros poblados fueron principalmente afectados por flujos (detritos y lodo) y en menor proporción por erosión fluvial, inundaciones, deslizamientos y caídas de roca. Las carreteras fueron también afectadas principalmente por flujos (detritos y lodo) y en segundo lugar por deslizamientos y derrumbes, en mucha menor proporción por procesos de erosión fluvial e inundaciones. Las áreas de cultivo fueron afectadas principalmente por flujos e inundaciones. Las obras de infraestructura en general recibieron mayores daños por flujos (detritos y lodo).

13. Los estudios permitieron dar recomendaciones generales (rehabilitar, reconstruir y reubicar).

Así se tiene que, para centros poblados afectados por peligros geológicos y geohidrológicos, se recomienda principalmente realizar trabajos de rehabilitación (73.91 %), seguido de realizar trabajos de reubicación (17.39 %) y en menor porcentaje se recomendó realizar trabajos de reconstrucción (8.69%).

Para el caso de tramos de carretera afectados, principalmente se recomienda realizar trabajos de rehabilitación (72.615 %), le siguen en menor porcentaje las zonas en donde se debe realizar trabajos de reconstrucción por pérdida total de la vía (16.45 %); y finalmente se recomienda en menor porcentaje realizar la reubicación de tramos (10.93 %).

Finalmente, para el caso de daños en infraestructura afectada, principalmente se recomienda realizar trabajos de rehabilitación y reconstrucción (47.61 % cada actividad) y en mucha menor proporción realizar trabajos de reubicación (4.76 %).

14. La información geo-científica que se consigna en el presente reporte, representa la base geológica y geomorfológica para futuros estudios en la cuenca Huarmey, pero requiere ser complementada con datos climáticos, hidrológicos, hidrogeológicos, etc. Sin embargo, es una herramienta eficaz para emprender trabajos y proyectos por la Autoridad Nacional para la Reconstrucción con Cambios. Estos estudios se ponen a disposición a los gobiernos regionales, locales e instituciones del SINAGERD.

7. RECOMENDACIONES

- Realizar una ampliación y reforzamiento del encauzamiento del río en la ciudad de Huarmey (en ambas márgenes) y descolmatarla periódicamente. A lo largo del valle, no restringir ni estrangular el río, que puede provocar desembalses violentos.
- Instalar sistemas de alerta temprana en la cuenca Huarmey. La comunicación con los poblados de la parte alta es esencial, para prevenir y estar preparados antes eventuales emergencias. El día 17 de marzo los pobladores de Huiña (parte media-alta de la cuenca), advirtieron a la ciudad de Huarmey, una nueva crecida de río. Estas alertas deben optimizarse, no solamente con los pobladores de Huiña, sino con todos los poblados de la parte alta de la cuenca.
- Estabilización de taludes (muros de contención, banquetas, desquinchado, etc.) en las zonas de caída de rocas, detritos y derrumbes.
- Reforzar la protección ribereña, en la carretera Huarmey – Aija, priorizando las zonas cercanas a la susceptibilidad alta y muy alta.
- Descolmatación de bloques y detritos en los ríos Aija, Malvas y Monsalve. En quebradas secas reactivadas como la quebrada Pedregal, realizar trabajos de limpieza de sedimentos periódica.
- Realizar la limpieza, mantenimiento y reparación de cunetas de carretera Huarmey – Aija, para controlar los desbordes de agua por la obstrucción de cunetas con material caído desde los taludes superiores, que erosionen la plataforma de carretera.
- Los mapas de susceptibilidad consignados en el presente informe, requieren ser complementados con la realización de modelos numéricos que incluyan variables climáticas y topográficas.
- Tener en cuenta el análisis de los mapas Geológico, Geomorfológico (depósitos aluviales, llanuras inundables, niveles de terrazas, quebradas, cauces y conos de deyección), de Susceptibilidad ante movimientos en masa y de Susceptibilidad ante inundaciones, inundaciones de detritos y lodo al momento de diseñar y gestionar el territorio.

- Realizar planes de emergencia en la ciudad de Huarney, donde participen las Autoridades Locales, Defensa Civil y toda la ciudadanía en general para organizar y diseñar mapas y rutas de evacuación a zonas seguras en caso de la ocurrencia de inundaciones fluviales, flujo de detritos.
- Las autoridades deben planear y en conjunto con la población deben efectuar simulacros de evacuación ante flujos de detritos e inundaciones en las zonas afectadas por este tipo de eventos.
- Estos estudios deben estar incluidos en los Planes de Ordenamiento Territorial provinciales y distritales.
- Diseñar políticas rigurosas, que prohíban la ocupación de fajas marginales, la construcción de viviendas y de obras de infraestructura (carreteras, puentes, canales, etc.) en la zona correspondiente a antiguos cauces del río Huarney.

8. BIBLIOGRAFIA

- Cobbing & Sánchez (1996). Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca 20-h, 20-i, 20-j, 21-i, 21-j – [Boletín A 76]
- Concha, et al., (2017). Evaluación Geológica de las zonas afectadas por el Niño Costero 2017 en la región Ancash, 45 p.
- Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Hungr, O., (2005). Classification and terminology, en Jakob, M., y Hungr, O., ed., Debris flow hazard and related phenomena: Chichester, Springer-Praxis, p. 9–23.
- Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M., y Hutchinson, J.N. (2001). Review of the classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering Geoscience, v. 7, p. 22–238.
- Hoek, E., & Bray, J. W. (1981). Rock slope engineering. Institution of Mining and Metallurgy, 358 p.
- ENFEN (2017). Informe técnico extraordinario N° 001-2017/ENFEM-El Niño Costero 2017. (consulta: 26 de julio de 2017). Disponible en: http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_infco_informe_tecnic_o_extraordinario_001_2017.pdf
- INDECI (2017). Información de emergencias y daños producidos por el Niño Costero 19 de junio 2017 (en línea). Reporte Niño Costero 2017. (consulta: 23 de julio del 2017). Disponible en línea: <http://www.indeci.gob.pe/objetos/noticias/NTY=/NTE1Mw==/fil20170621035555.pdf>
- INEI (2017). Perú: Panorama económico departamental (en línea). Informe técnico N° 6 junio 2017. (consulta: 25 de julio del 2017). Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/panorama-economico-departamental/1/>

- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). Movimientos en masa en la región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analisis and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 176, p. 9-33.
- Valderrama P. (2016). Peligros Geol3gicos por procesos glaciares Cordillera Blanca – R3o Santa. Bolet3n, Serie C: INGEMMET
- Zavala B., Valderrama P., Pari W., Luque G. & Barrantes R., (2009). Riesgos geol3gicos en la regi3n Ancash. INGEMMET, Bolet3n, Serie C: Geodin3mica e Ingenier3a Geol3gica, 38, 280 p.

ANEXO 1. MEDIDAS CORRECTIVAS

En esta sección se dan algunas propuestas generales de solución para la región, con la finalidad de minimizar las ocurrencias de deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas, flujos, procesos de erosiones de laderas, entre otros; así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y/O CORRECTIVAS PARA INUNDACIONES Y FLUJOS RÁPIDOS

Las medidas de protección para este tipo de peligros pueden ser:

a) Permanentes

- Tratamiento de la cuenca para disminuir el flujo de aguas, por ejemplo, la construcción de andenes, por su forma escalonada impiden que el agua corra pendiente debajo de manera violenta y retienen suelos cargados de nutrientes aprovechables para fines agrícolas. Asimismo, proteger la cobertura vegetal, ya que mediante el resembrado de gramíneas y árboles se protege los suelos de la erosión devolviéndoles su capacidad de retención del agua.
- Construcción de obras de ingeniería como presas, reservorios de regulación y construcción de canales que permitan mantener ciertas áreas libres de inundaciones.
- Efectuar obras de regulación para asegurar el uso económico de las llanuras anegadizas, estudios sencillos que se realicen en estas áreas permitirán determinar los niveles máximos alcanzados en pasadas inundaciones delimitándose las zonas amenazadas por este fenómeno.

b) De emergencia

- Construcción de defensas o refugios y mejoramiento de las existentes.
- Limpieza de canales y acequias.
- Acciones para combatir la inundación o el flujo rápido.
- Evacuación de personas y propiedades de las zonas amenazadas.
- Reprogramación de actividades para reducir las pérdidas e interrupciones ocasionadas por las inundaciones y flujos rápidos.

c) Sistemas de protección contra inundaciones

Deben consistir en:

- Una línea principal de defensa que proteja toda la zona.
- Líneas locales de defensa que protejan diversas partes de la zona, si queda destruida la línea principal de defensa.

Las estructuras de las líneas de defensa de protección contra las inundaciones deben consistir en:

- Disques de defensa (malecones) o terraplenes, erigidos para proteger el terreno situado detrás. Deberá preverse un margen bastante amplio de altura para el caso de que las condiciones de cimentación sean deficientes, con el fin de compensar un exceso de asiento del terraplén.
- Muros de encauzamiento de avenidas, muelles y terraplenes contruidos para proteger los asentamientos humanos.
- Compuertas de seguridad para crecidas y un sistema de canales para que el agua de la inundación se encause hacia los embalses provisionales.
- Un sistema de canales, pozos y alcantarillado, con su equipo correspondiente, que influya en el de la capa acuífera subterránea (napa freática).
- Capacidad de bombeo suficiente para evacuar el agua de drenaje en el interior del sistema de diques de defensa.
- Carreteras y otras vías de comunicación para el acceso al sistema de defensa, que permita el tránsito de personas y equipos durante las operaciones de defensa o para los trabajos de mantenimiento.
- Sistemas de comunicación por internet, teléfono y radio.
- Instalaciones hidrométricas y de otra índole para observar y comunicar la aproximación y desplazamiento de olas de inundaciones y fluctuaciones de la capa acuífera subterránea.

En los periodos en que no surjan situaciones de emergencia deberán mantenerse en buen estado la zona de evacuación de crecidas y el sistema de defensa contra inundaciones, lo que concluye:

- Reparación de los terraplenes, el mantenimiento de la capacidad de los cursos de agua mediante el dragado y limpieza, y la conservación de las esclusas compuertas y otros equipos.
- Mantenimiento de las estaciones hidrométricas y la prestación de un servicio diario de información sobre el nivel de las aguas que afecte a la situación hidrológica de la zona protegida.
- Mantenimiento de las instalaciones de almacenamiento de los materiales y equipos a utilizarse en una emergencia.
- Tener un cuidado especial para evitar la abertura de brechas en los sistemas de defensa existentes durante la construcción de nuevas obras de infraestructura o asentamientos poblacionales.

PARA ZONAS DE FLUJOS Y CÁRCAVAS

Las erosiones en cárcavas generan abundantes materiales sueltos que son llevados a los cauces de las quebradas. Muchos de estos cauces tienen suficiente material como para la generación de flujos.

Las zonas donde existen cárcavas de gran longitud y presenten un desarrollo irreversible, donde no se pueden corregir con labores de cultivo, se debe prohibir terminantemente cualquier actividad agrícola. El control físico de zonas con procesos de cárcavamiento debe de ir integrado a prácticas de conservación y manejo agrícola de las laderas adyacentes por medio de:

- Regeneración de la cobertura vegetal.
- Empleo de zanjas de infiltración y desviación entre las principales.

Para el control físico del avance de cárcavas se propone un conjunto de medidas, principalmente de orden artesanal, entre las que destacan:

- El desarrollo de programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc. (Figuras 25, 26, 27 y 28).
- Zanjas de infiltración articuladas de acuerdo a las condiciones climáticas de la región.
- Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ella (Figuras 29 y 30), y de esta manera asegurar su estabilidad, así como la disipación de la energía de las corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas.
- Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzarán versus la pendiente y profundidad de los suelos. También se recomienda que las plantaciones se ubiquen al lado superior de las zanjas de infiltración, con el objetivo de captar el agua y controlar la erosión.
- Evitar el sobrepastoreo, ya que deteriora y destruye la cobertura vegetal. Se debe realizar un manejo de las zonas de pastos mediante el repoblamiento de pastos nativos, empleando sistemas de pastoreo rotativo y sostenible, y finalmente evitar la quema de pajonales.
- Zanjas de infiltración articuladas de acuerdo a las condiciones climáticas de las cuencas.

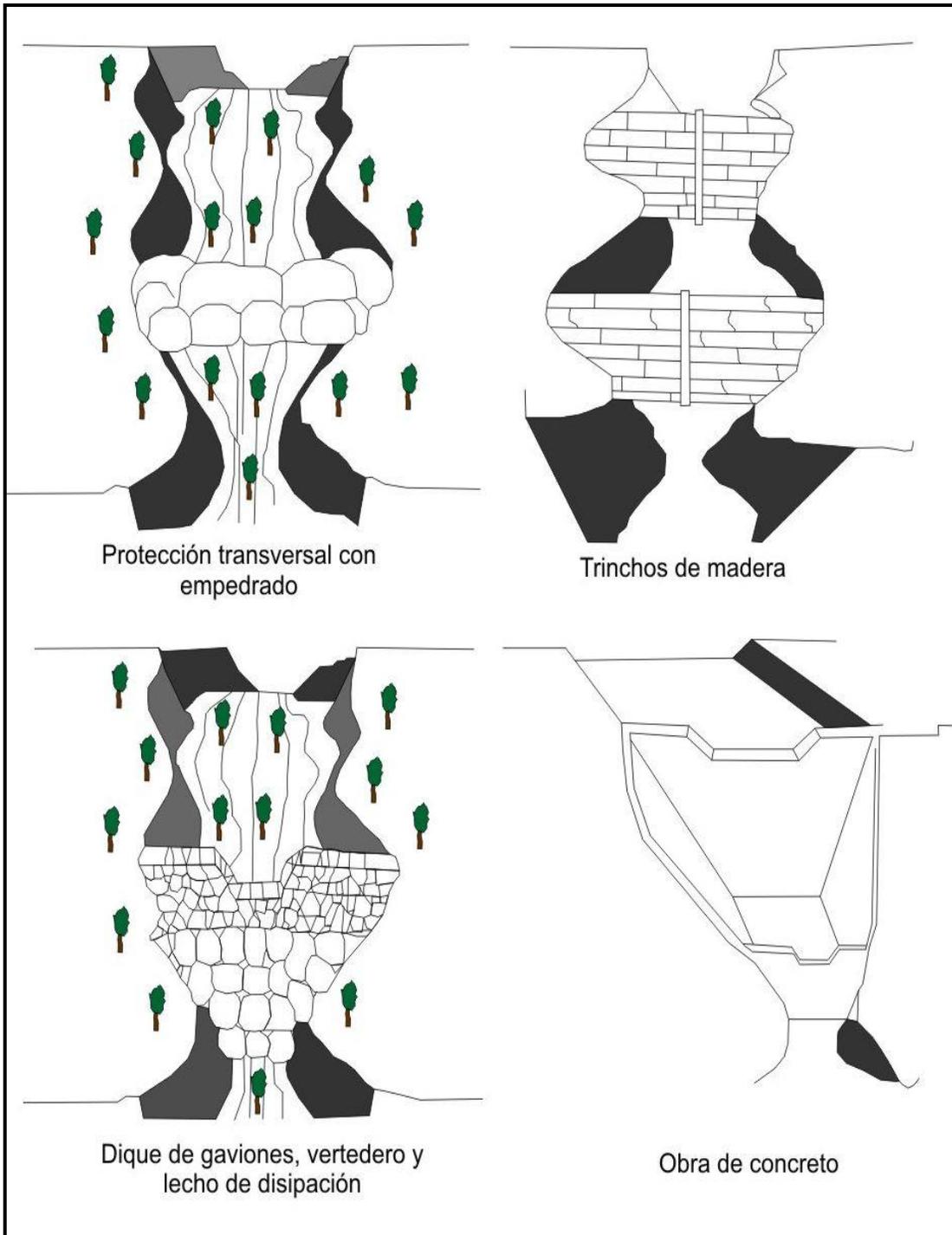


Figura 25: Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas.

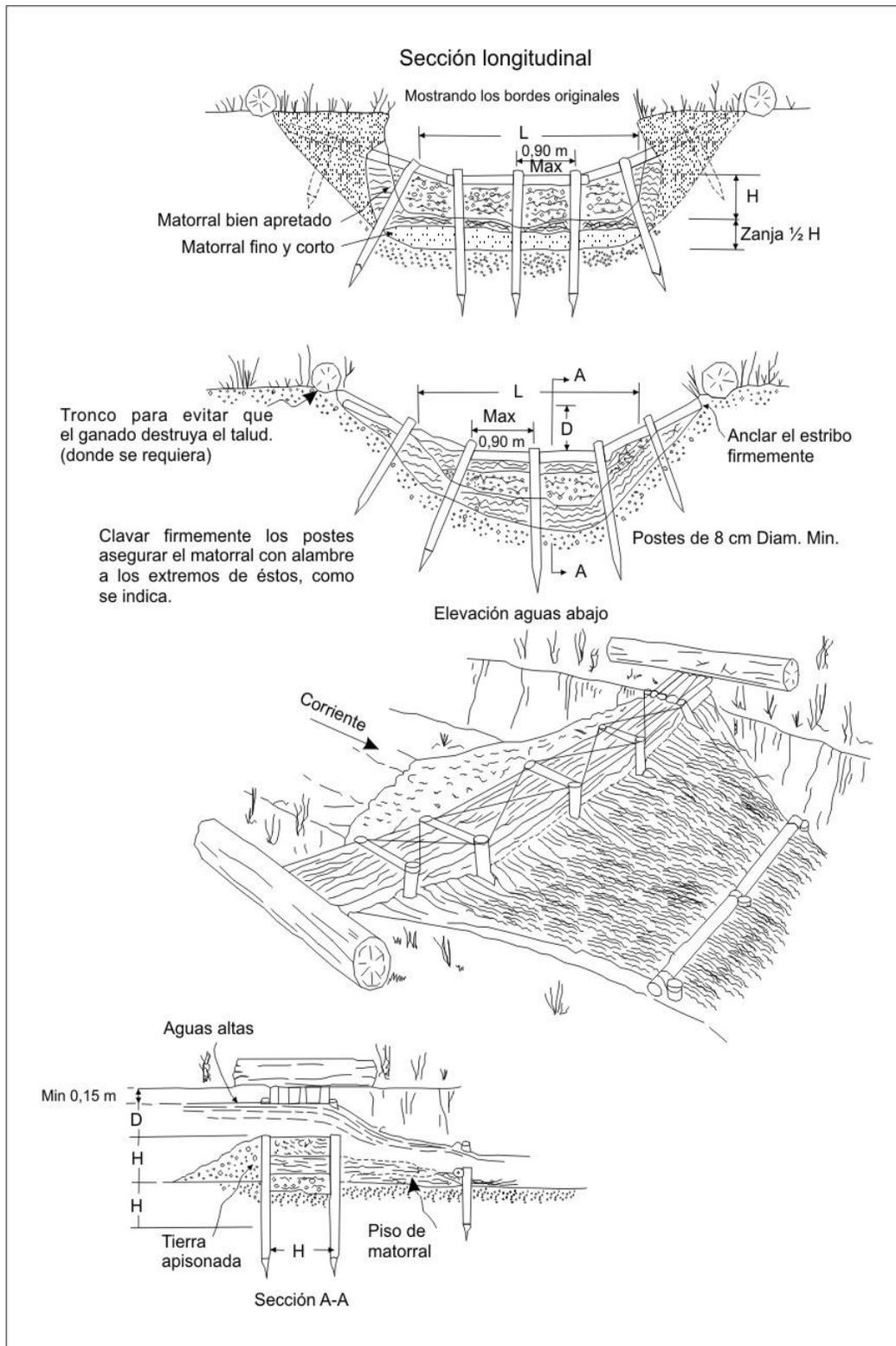


Figura 26: Trincho o presa de matorral tipo doble hilera de postes.

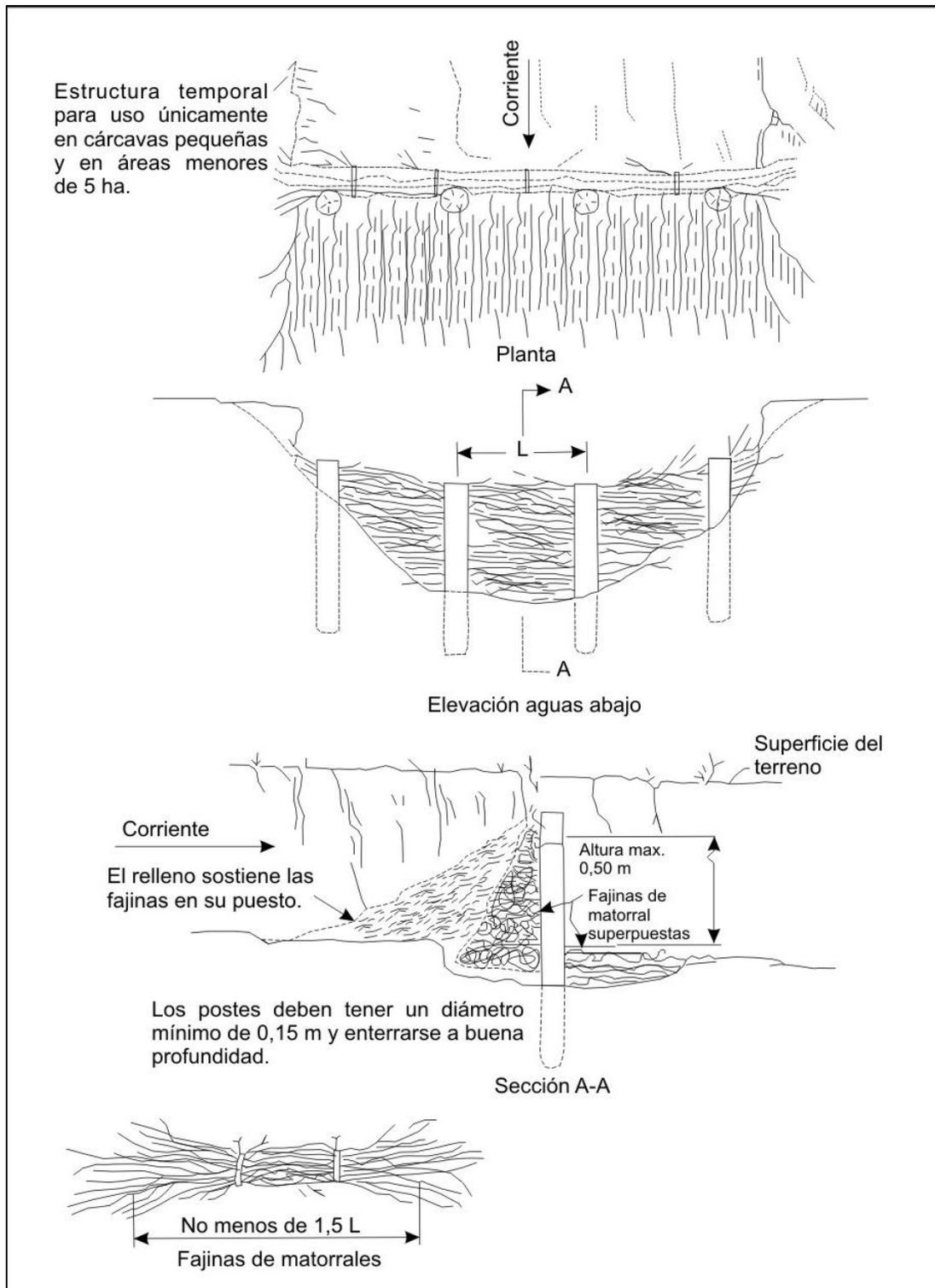


Figura 27: Trincho o presas de matorral tipo una hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964).

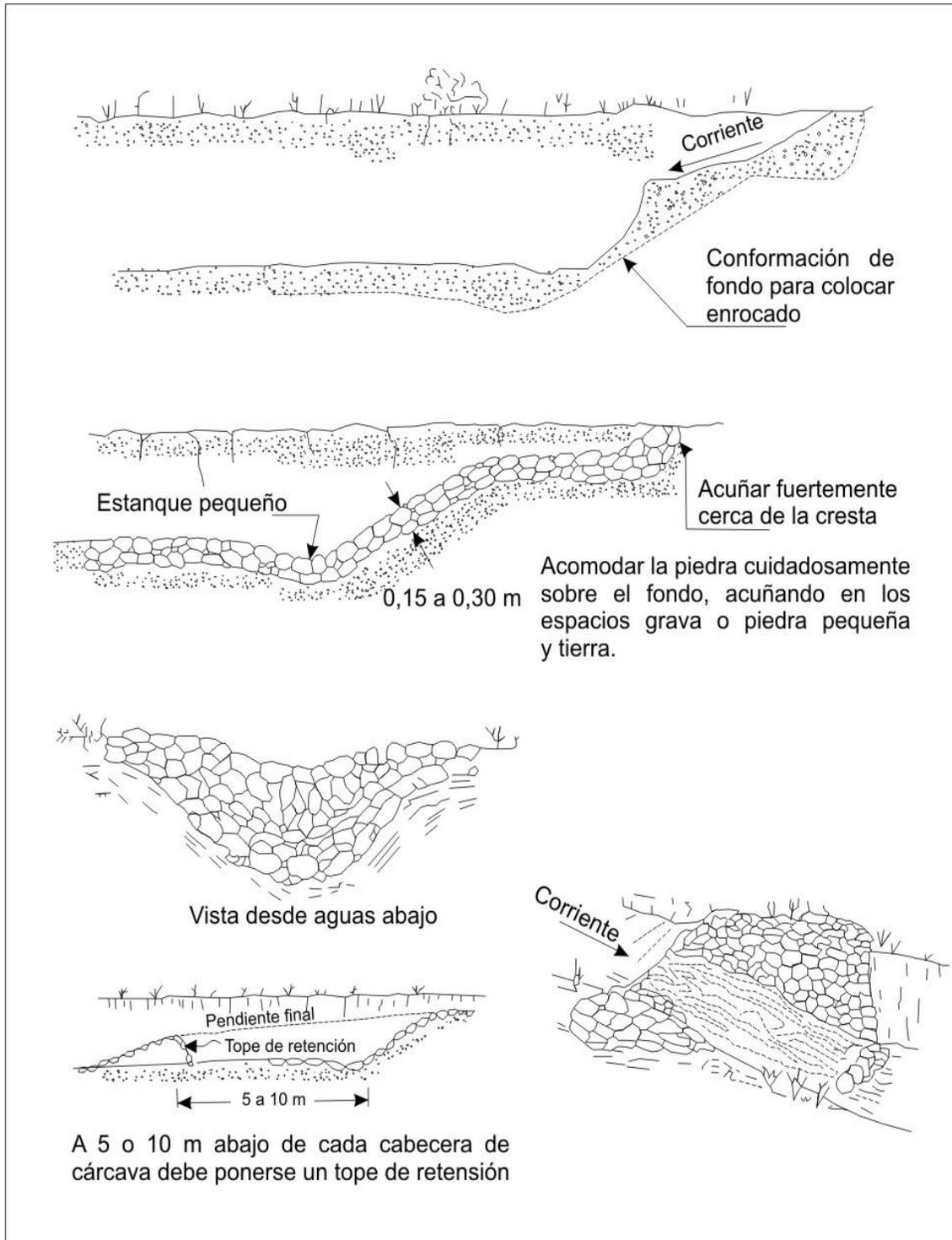


Figura 28: Trincho de piedra para cabecera de cárcava en zona de mina (adaptado de Valderrama et al., 1964).

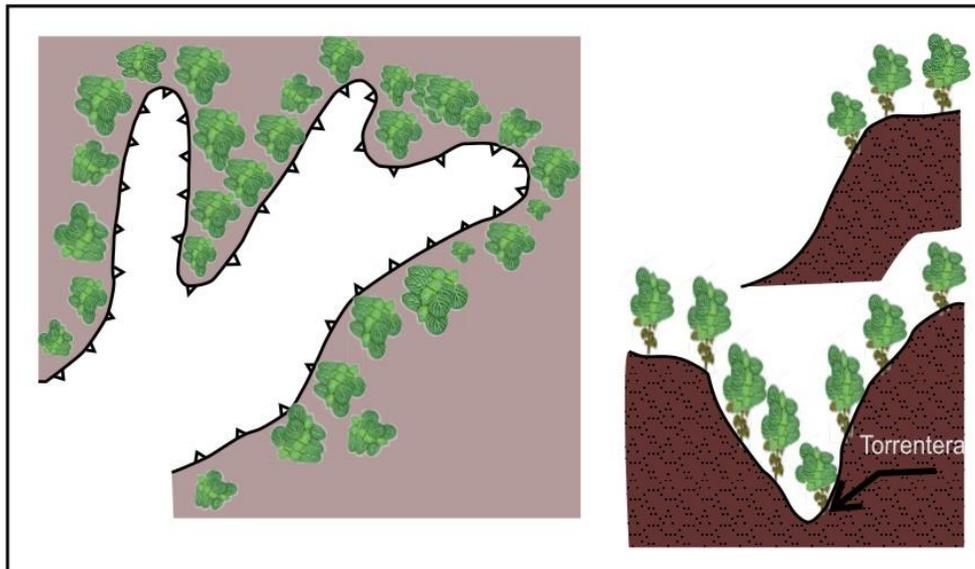


Figura 29: Trincho de piedra para cabecera de cárcava en zona de mina (adaptado de Valderrama et al., 1964).

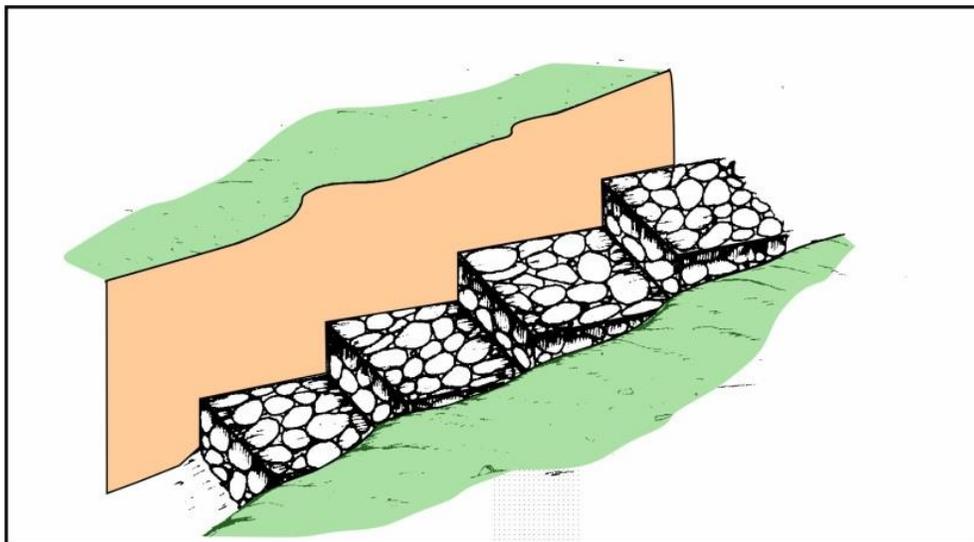


Figura 30: Protección del lecho de la quebrada con muros escalonados (andenes), utilizando bloques de roca o concreto armado.

MEDIDAS PARA EL MANEJO DE SUB CUENCAS CON LECHOS FLUVIALES SECOS

En la región, existen lechos fluviales y quebradas secas, que corresponden a quebradas de régimen temporal, sub cuencas con presencia de huaycos periódicos a excepcionales, con pendientes medias a fuertes; los cuales pueden transportar volúmenes importantes de sedimentos gruesos y finos. Con el propósito de propiciar la fijación de los sedimentos en tránsito y de minimizar el transporte fluvial, es preciso aplicar en los casos que sea posible, las medidas que se proponen a continuación:

- Encauzamiento del canal principal de los lechos fluviales secos, con remoción selectiva de los materiales gruesos, que pueden ser utilizados en los enrocados y/o espigones para controlar las corrientes (Figura 31).
- Propiciar la formación y desarrollo de bosques ribereños con especies nativas para estabilizar los lechos.
- La construcción de obras e infraestructuras que crucen estos cauces secos deben construirse con diseños que tengan en cuenta las máxima crecidas registradas, que permitan el libre paso de huaycos, evitándose obstrucciones y represamientos, con posteriores desembalses más violentos.
- Realizar la construcción de presas de sedimentación escalonada para controlar las fuerzas de arrastre de las corrientes de cursos de quebradas que acarrean grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia excepcional, cuya finalidad es reducir el transporte de sedimentos gruesos (Figura 32).
- Evitar en lo posible la utilización del lecho fluvial como terreno de cultivo que permita el libre discurrir de los flujos hídricos.
- Encauzamiento y dragado de lechos fluviales secos que se activan durante periodos de lluvia excepcional (Fenómeno de El Niño), que permitan el libre discurrir de crecidas violentas provenientes de la cuenca media y alta.

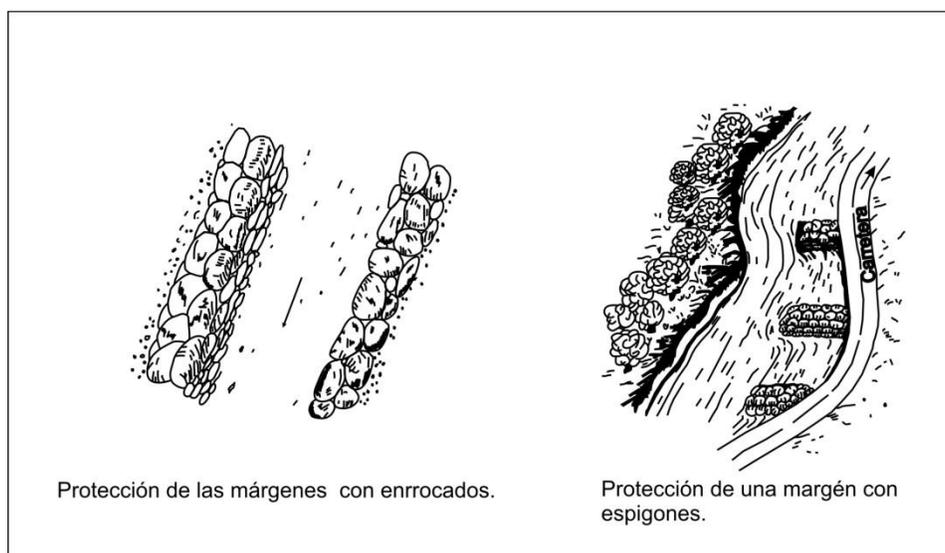


Figura 31: Protección de márgenes con enrocados, espigones y siembra de bosques ribereños.

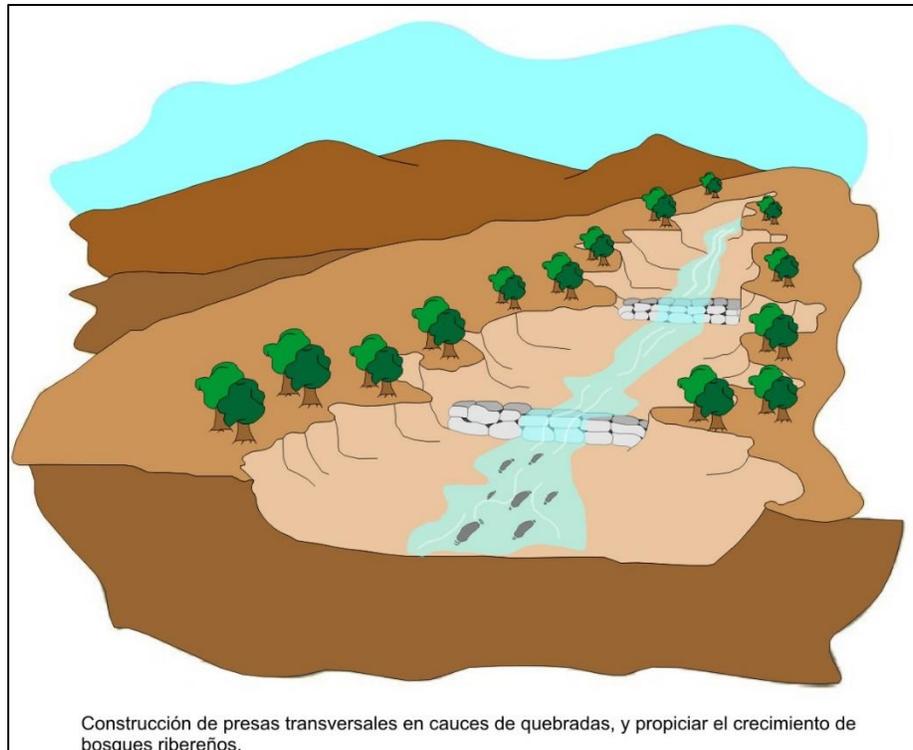


Figura 32: Presas transversales a cursos de quebradas.

MEDIDAS PARA DESLIZAMIENTOS, DERRUMBES Y CAÍDAS DE ROCAS

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

A) Corrección por modificación de la geometría del talud

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

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

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

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

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

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

Construcción de escolleras en el pie del talud. Puede efectuarse en combinación con el descabezamiento del talud o como medida independiente (Figuras 33 y 34).

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

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

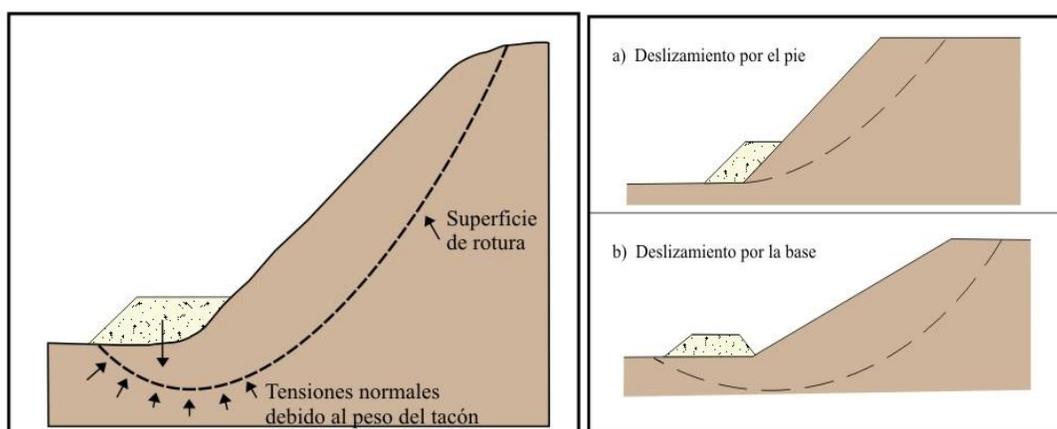


Figura 33: Colocación de escolleras. **Figura 34:** Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno.

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

produzca. Su uso es aconsejable porque facilita el proceso constructivo y las operaciones del talud, retiene las caídas de fragmentos de roca —indeseables en todos los casos— y si se coloca en ellos zanjas de drenaje entonces se evacuará las aguas de escorrentía, disminuyendo su efecto erosivo y el aumento de las presiones intersticiales. Figura 35

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

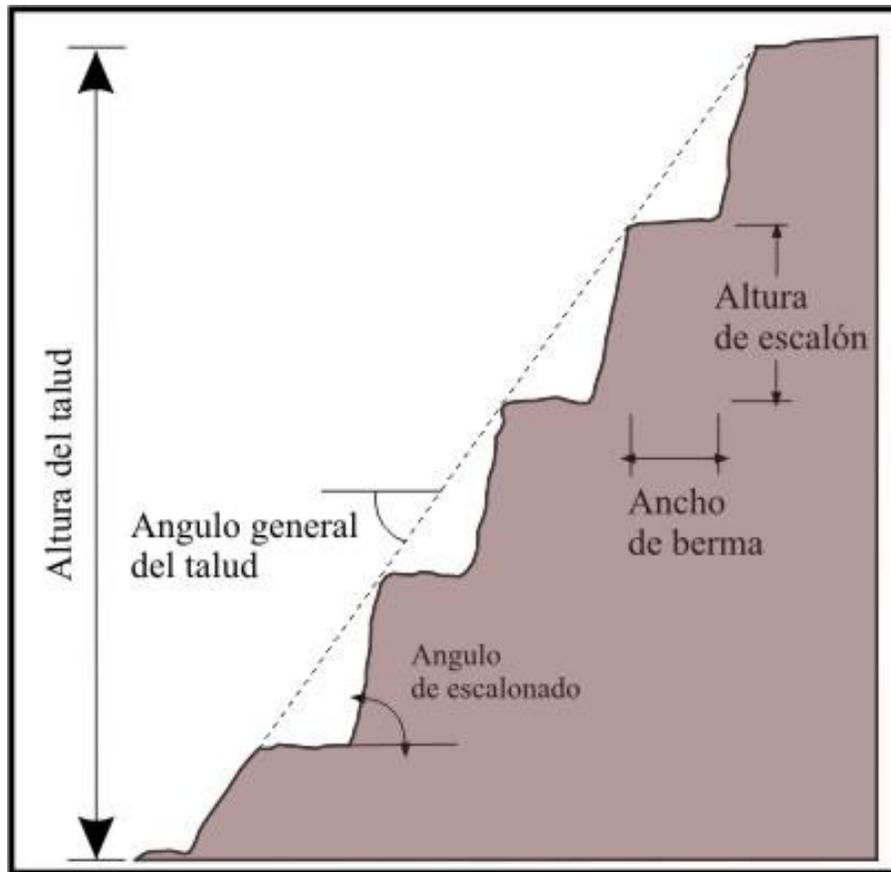


Figura 35: Esquema de un talud con bermas intermedias.

B) Corrección por drenaje

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

Las medidas de drenaje son de dos tipos:

Drenaje superficial. Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud, evitándose su infiltración (Figura 36).

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

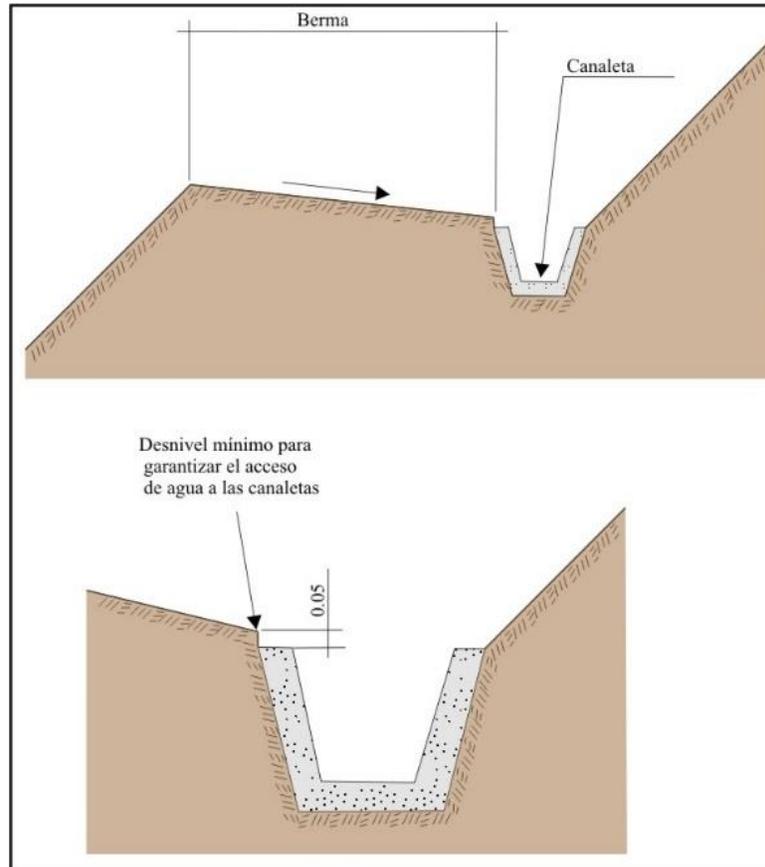


Figura 36: Detalle de una canaleta de drenaje superficial.

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

Se clasifican en los siguientes grupos:

b.1) Drenes horizontales. Perforados desde la superficie del talud, llamados también drenes californianos. Consisten en taladros de pequeño diámetro, aproximadamente horizontales, entre 5° y 10° , que parten de la superficie del talud y que están generalmente contenidos en una sección transversal del mismo (Figuras 37 y 38).

Sus ventajas son:

- Su instalación es rápida y sencilla.
- El drenaje se realiza por gravedad.

- Requieren poco mantenimiento.
- Es un sistema flexible que puede readaptarse a la geología del área.

Sus desventajas son:

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

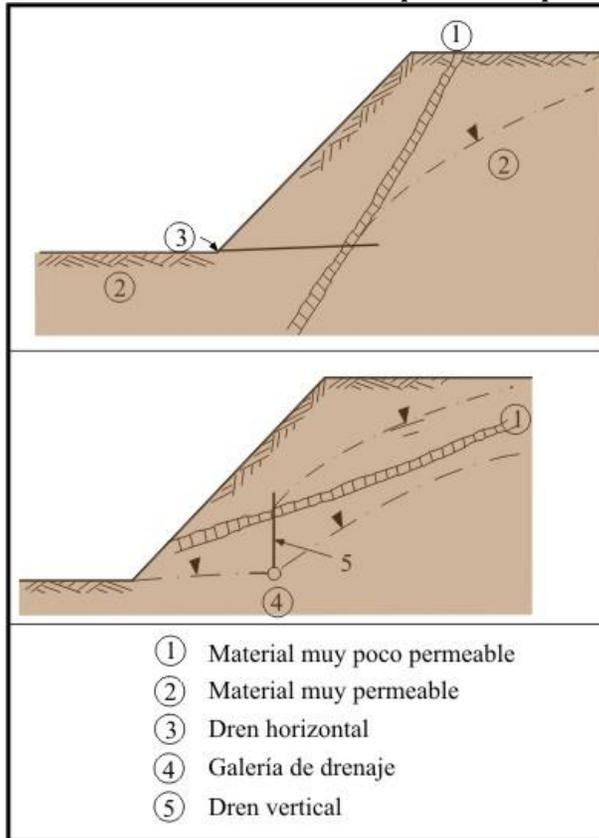


Figura 37: Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos.

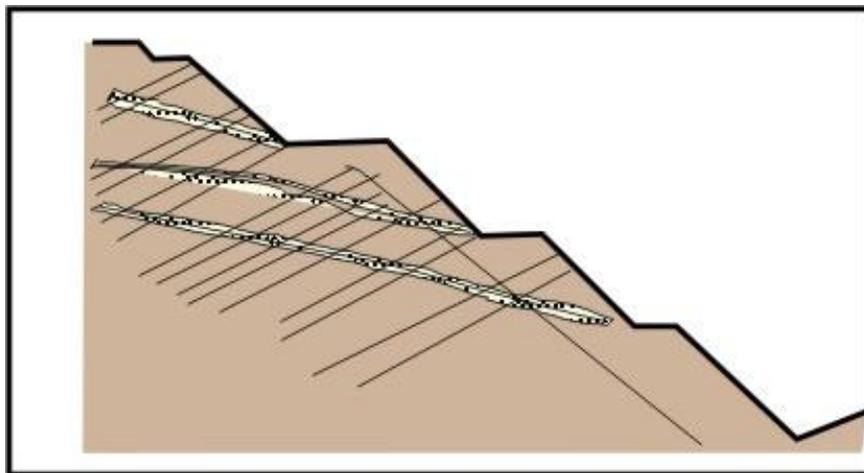


Figura 38. Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos

C) Corrección por elementos resistentes

C.1) Muros. Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (Figura 39).

En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (Figura 40). Esta forma de actuar puede tener varios inconvenientes. En primer lugar, la construcción del muro exige cierta excavación en el pie del talud, lo cual favorece la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado. Por otra parte, el muro no puede ser capaz de evitar posibles deslizamientos por encima o por debajo del mismo.

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

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

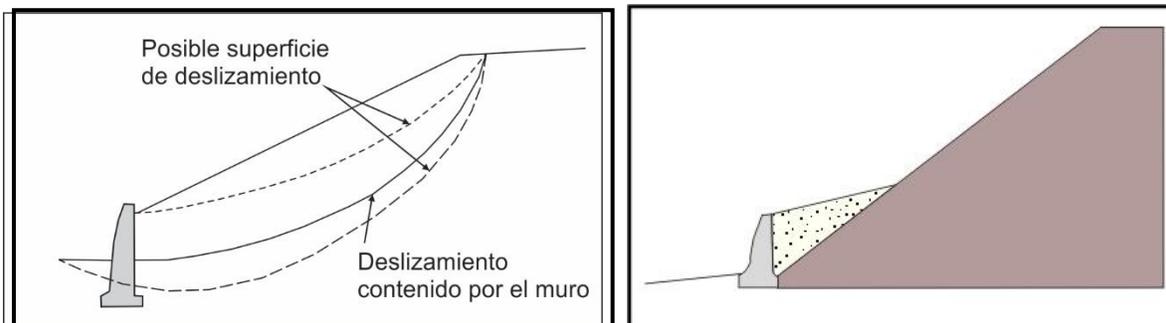


Figura 39: Contención de un deslizamiento mediante un muro. **Figura 40:** Relleno estabilizador sostenido por el muro.

Los muros se pueden clasificar en tres grupos (Figura 41):

- Muros de sostenimiento: Se construyen separados del terreno natural y se rellenan posteriormente.
- Muros de contención: Generalmente van excavados y se construyen para contener un terreno que sería probablemente inestable sin la acción del muro.

- **Muros de revestimiento:** Su misión consiste esencialmente en proteger el terreno de la erosión y meteorización además de proporcionar un peso estabilizador.

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

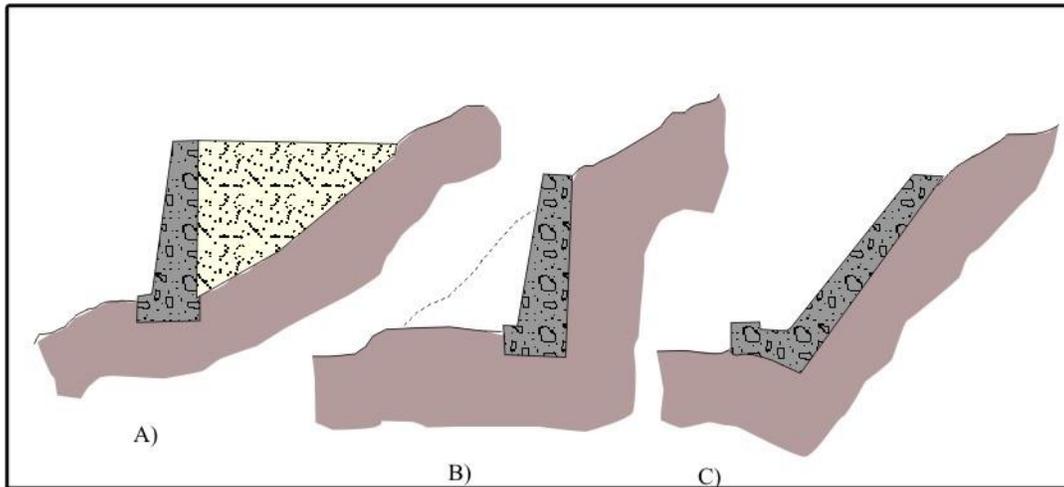


Figura 41: a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento.

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

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

Tipos de muros

Muros de gravedad: Son los muros más antiguos, son elementos pasivos en los que el peso propio es la acción estabilizadora fundamental (Figuras 42, 43 y 44).

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

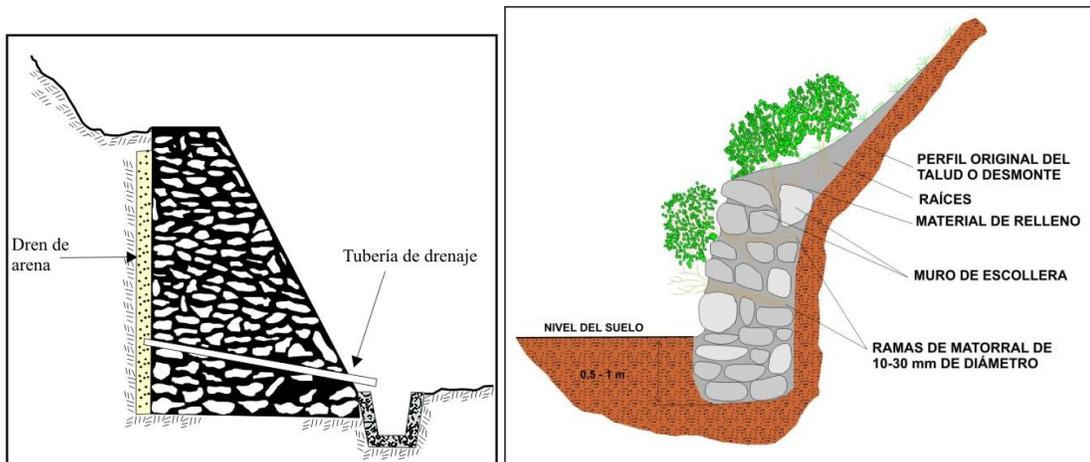


Figura 42 A). Muros de gravedad de piedra seca. **Figura 42 B)** Muros de gravedad de piedra argamasa.

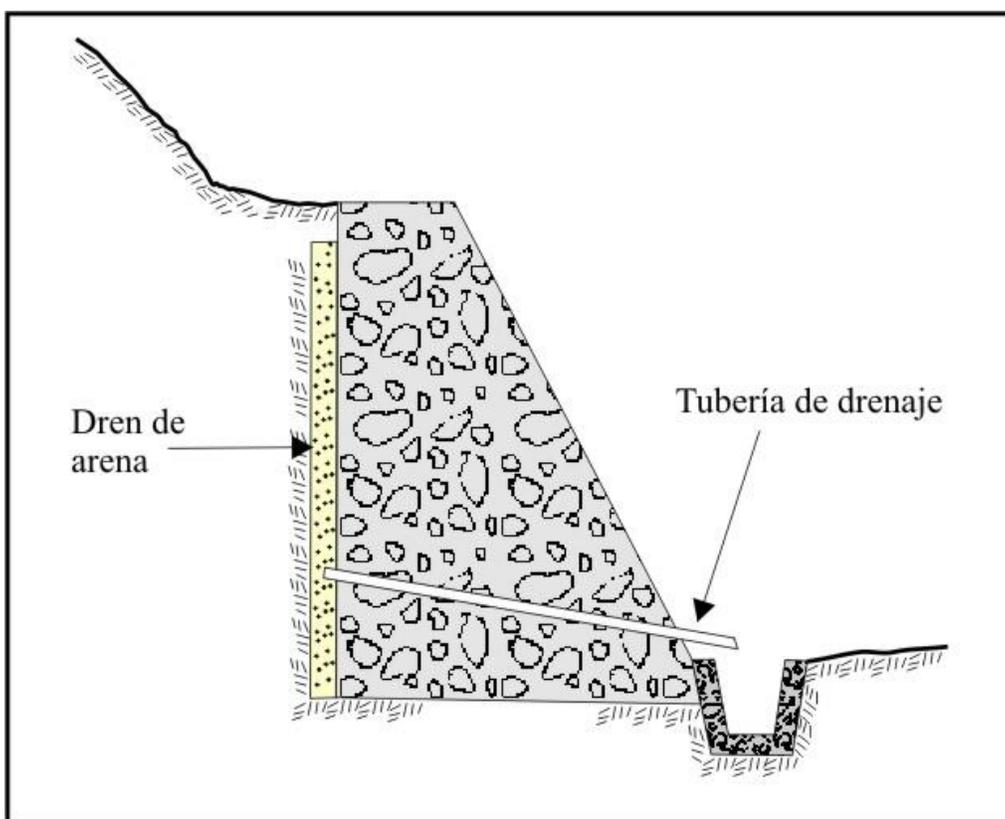


Figura 43: Muros de gravedad de concreto ciclópeo.

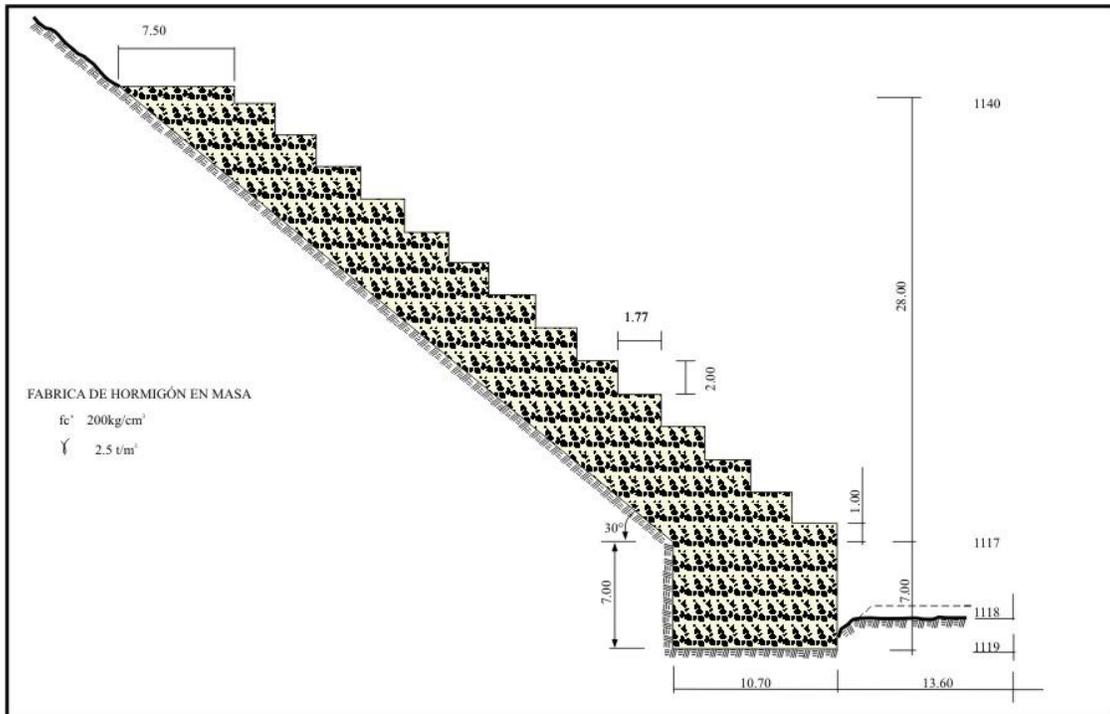


Figura 44: Muros de espesor máximo.

Muros de gaviones. Los gaviones son elementos con forma de prisma rectangular que consisten en un relleno granular constituido por fragmentos de roca no degradable (caliza, andesita, granitos, etc.), retenido por una malla de alambre metálico galvanizado (Figura 45).

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

Las ventajas que presenta son:

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

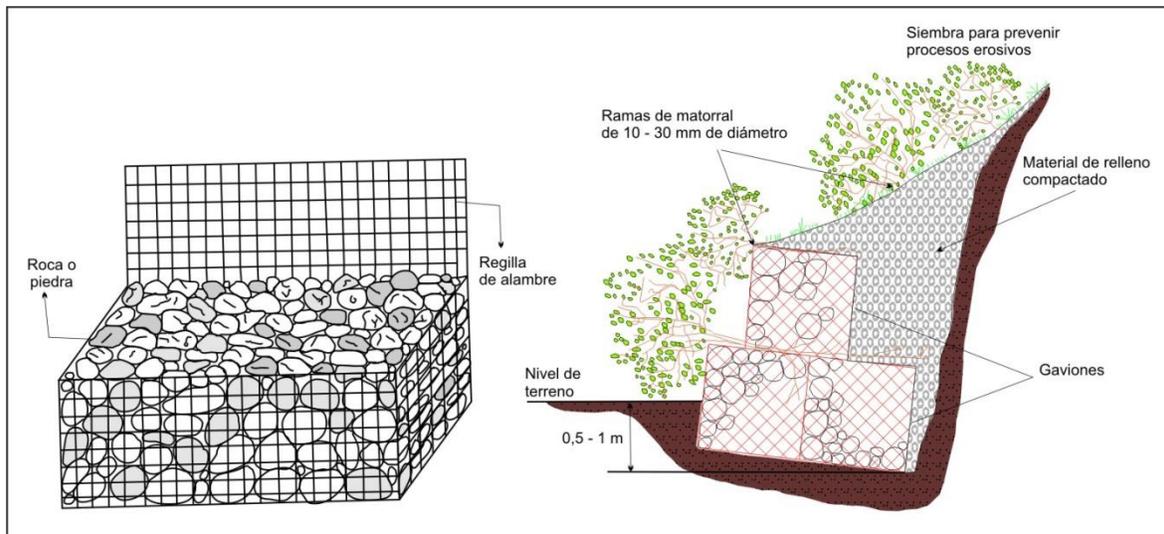


Figura 45: Muro de gavión.

D) Correcciones superficiales

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

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

Los principales métodos empleados son:

d.1) Mallas de alambre metálico

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

Las mallas de fierro galvanizado retienen los fragmentos sueltos de rocas y conducen los trozos desprendidos hacia una zanja en el pie del talud. Son apropiados cuando el tamaño de roca a caer se encuentra entre 0,60 y 1,00 m. La malla se puede fijar al talud de varias maneras: siempre en la parte superior del talud o en bermas intermedias. Como sistemas de fijación pueden emplearse bulones, postes introducidos en bloques de hormigón que pueden a su vez ir anclados o simplemente un peso muerto en la parte superior del talud. Durante la instalación se prepara una longitud de malla suficiente para cubrir el talud, con una longitud adicional que es necesaria para la fijación de la malla.

La malla se transporta en rollos hasta el talud, se fija en su parte superior y se desenrolla dejándola caer simplemente, fijándola en la superficie del talud; en la parte final de la malla se suele dejar un metro por encima de la zanja de acumulación de piedras.

d.2) Sembrado de taludes

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

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

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

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

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

OTRAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA DESLIZAMIENTOS Y CÁRCAVAS

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

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

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



Sources: Esri, HERE, DeLorme, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		ROCAS IGNEAS	
Q-pl	Depositos de Playa	Pp-bc/p	Super Unidad Puscao
Q-fl	Depositos Fluviales	Ks-bc/sr	Super Unidad Santa Rosa
Q-eo	Depositos Eólicos	Ks-bc/pt	Super Unidad Patap
Q-al	Depositos Aluviales	Ki-bc/p	Super Unidad Paccho
Peo-c	Grupo Calipuy		
Ki-l	Formación Lupín		
Ki-lz	Formación La Zorra		
Ki-ju	Formación Junco		

SÍMBOLOS	
	Panamericana Norte
	Vía Huarমেy - Aija
	Toponimia
	Centros Poblados
	Ciudad



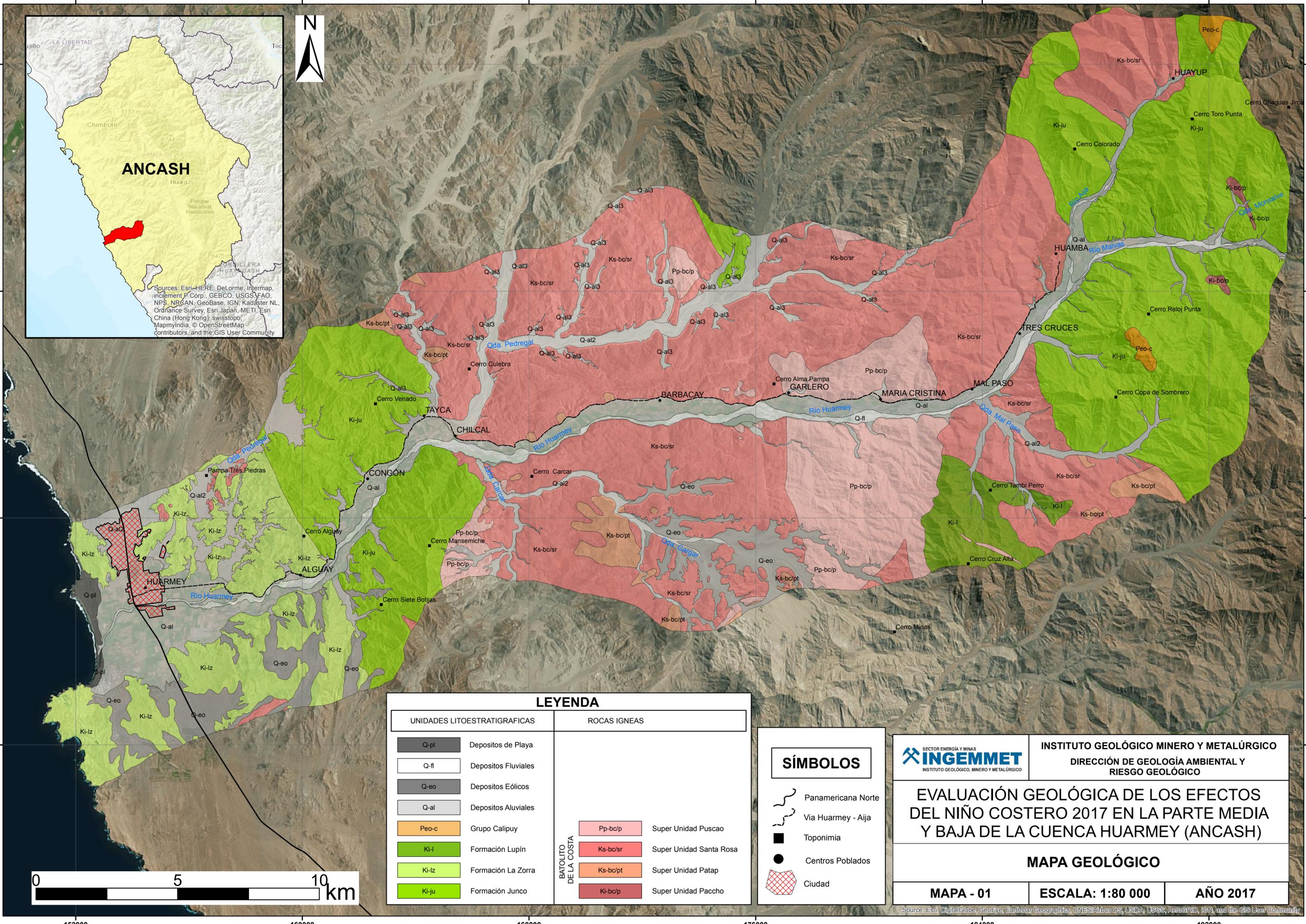
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

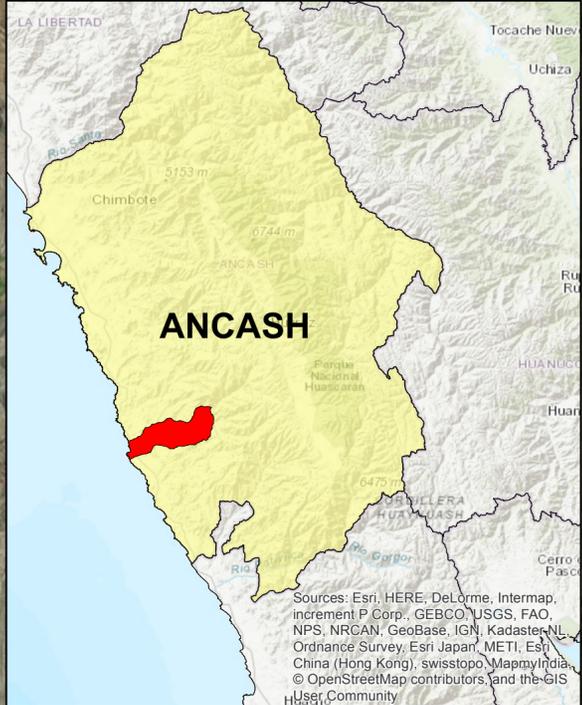
EVALUACIÓN GEOLÓGICA DE LOS EFECTOS DEL NIÑO COSTERO 2017 EN LA PARTE MEDIA Y BAJA DE LA CUENCA HUARMEY (ANCASH)

MAPA GEOLÓGICO

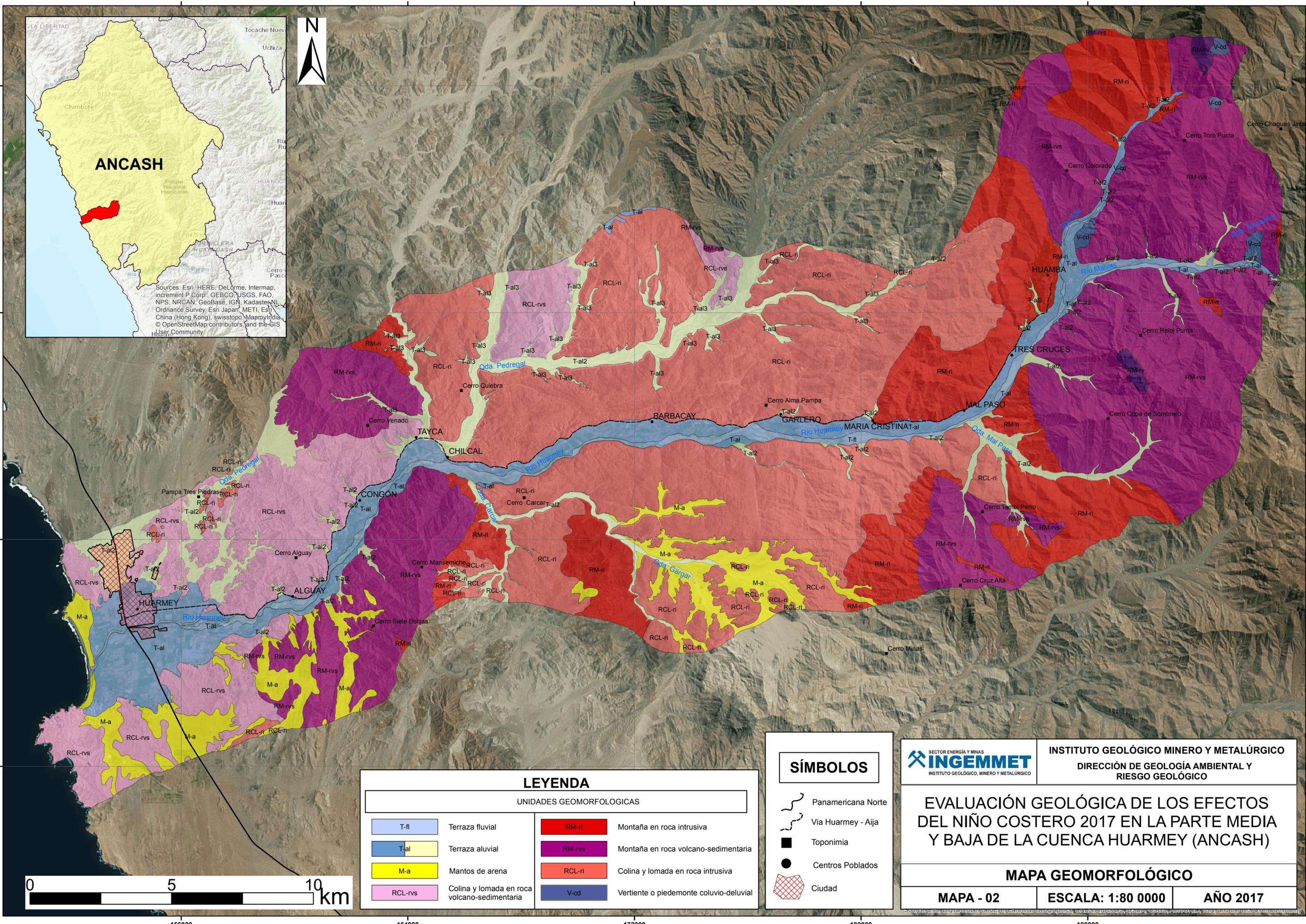
MAPA - 01	ESCALA: 1:80 000	AÑO 2017
------------------	-------------------------	-----------------

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community





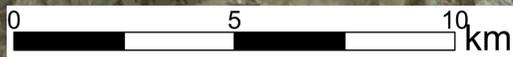
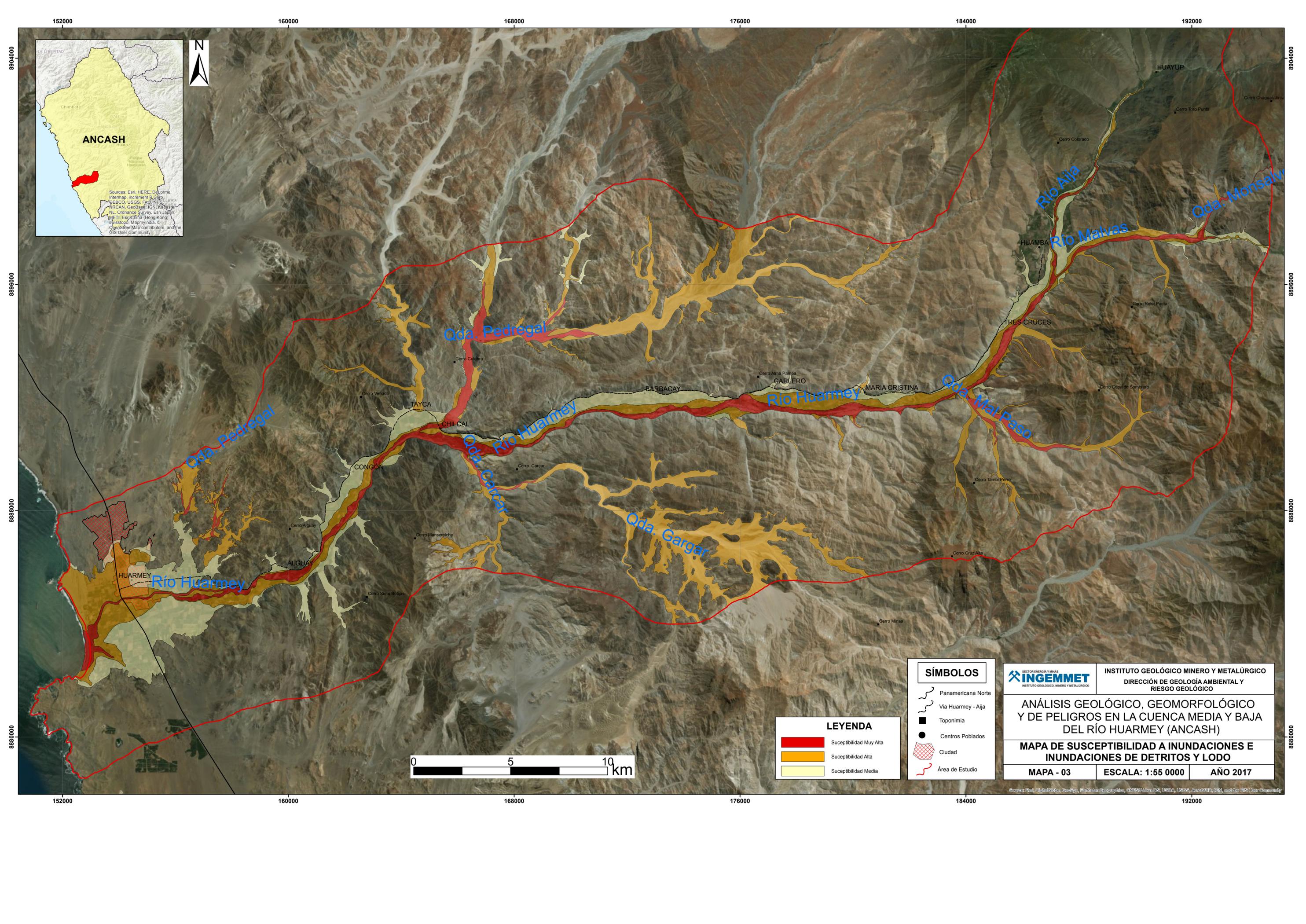
Sources: Esri, HERE, DeLorme, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



LEYENDA			
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS			
	Terraza fluvial		Montaña en roca intrusiva
	Terraza aluvial		Montaña en roca volcano-sedimentaria
	Mantos de arena		Colina y lomada en roca intrusiva
	Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria		Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial

SÍMBOLOS	
	Panamericana Norte
	Via Huarmey - Aija
	Toponimia
	Centros Poblados
	Ciudad

	INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO	
	EVALUACIÓN GEOLÓGICA DE LOS EFECTOS DEL NIÑO COSTERO 2017 EN LA PARTE MEDIA Y BAJA DE LA CUENCA HUARMEY (ANCASH)	
MAPA GEOMORFOLÓGICO		
MAPA - 02	ESCALA: 1:80 000	AÑO 2017



LEYENDA

	Susceptibilidad Muy Alta
	Susceptibilidad Alta
	Susceptibilidad Media

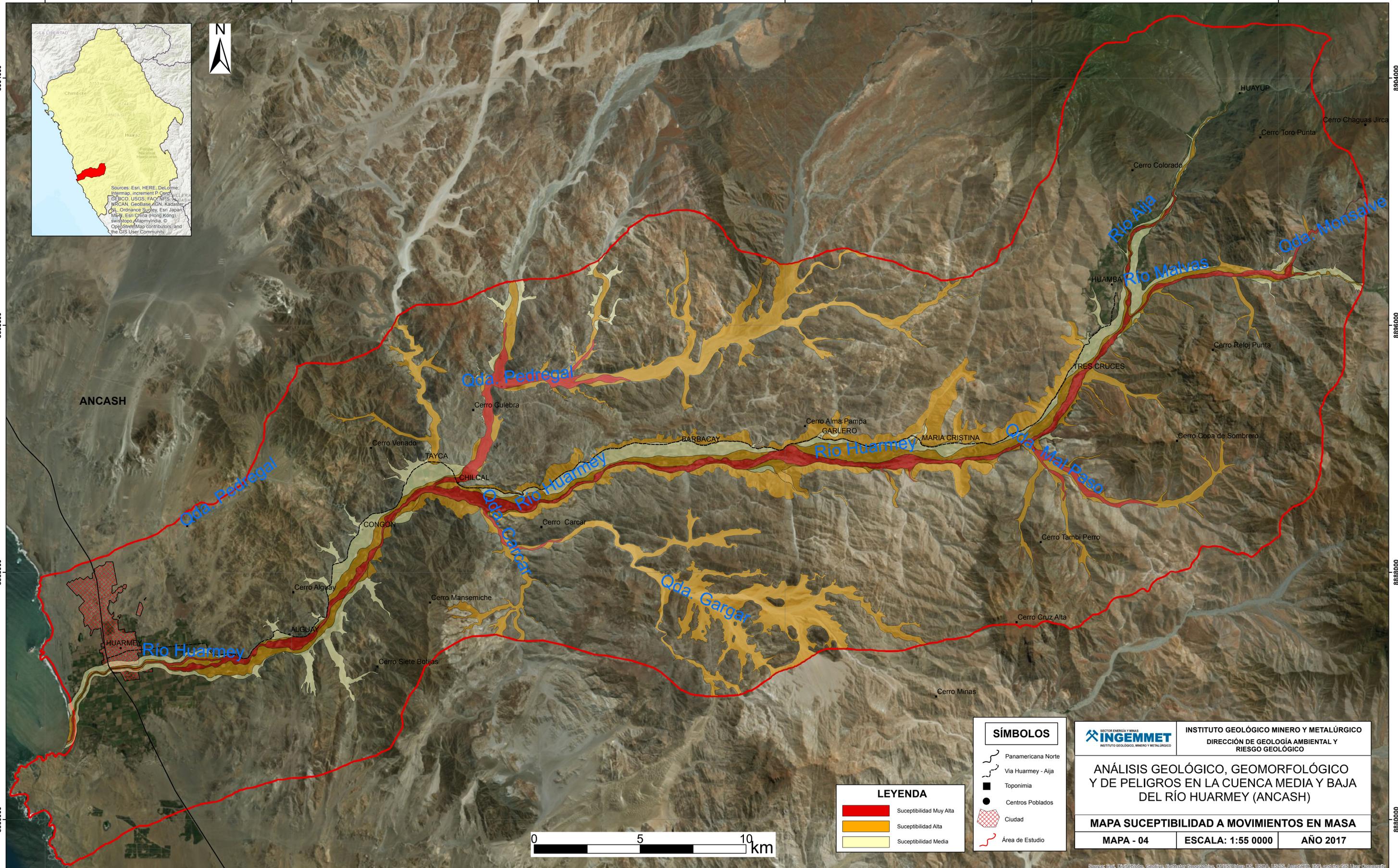
SÍMBOLOS

	Panamericana Norte
	Via Huarmey - Aija
	Toponimia
	Centros Poblados
	Ciudad
	Área de Estudio

<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p>	<p>INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO</p>	
	<p>ANÁLISIS GEOLÓGICO, GEOMORFOLÓGICO Y DE PELIGROS EN LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RÍO HUARMEY (ANCASH)</p> <p>MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES E INUNDACIONES DE DETRITOS Y LODO</p>	
<p>MAPA - 03</p>	<p>ESCALA: 1:55 0000</p>	<p>AÑO 2017</p>

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar (Google), CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

152000 160000 168000 176000 184000 192000



ANCASH

Río Huaramey

Qda. Pedregal

Qda. Carcar

Qda. Gargar

Río Huaramey

Qda. Mal Paso

Río Malvas

Río Aija

Qda. Monsalve

SÍMBOLOS

- Panamericana Norte
- Via Huaramey - Aija
- Toponimia
- Centros Poblados
- Ciudad
- Área de Estudio

LEYENDA

- Suceptibilidad Muy Alta
- Suceptibilidad Alta
- Suceptibilidad Media



INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ANÁLISIS GEOLÓGICO, GEOMORFOLÓGICO Y DE PELIGROS EN LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RÍO HUARMEY (ANCASH)

MAPA SUCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA

MAPA - 04	ESCALA: 1:55 0000	AÑO 2017
-----------	-------------------	----------

152000 160000 168000 176000 184000 192000

8904000 8896000 8888000 8880000

8904000 8896000 8888000 8880000

Sources: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community