



INFORME TÉCNICO N° A6769

**EVALUACIÓN GEOLÓGICA
DE LAS ZONAS AFECTADAS POR EL NIÑO COSTERO 2017
EN LAS REGIONES LA LIBERTAD-CAJAMARCA**

Por:

**Lucio Medina Allcca
Willy Ramos Cabrera
Omar Latorre Borda
Jhoel Gonzales Sales**

Agosto, 2017

EVALUACIÓN GEOLÓGICA DE LAS ZONAS AFECTADAS POR EL NIÑO COSTERO 2017 EN LAS REGIONES LA LIBERTAD-CAJAMARCA

RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. ANTECEDENTES	6
2.1 TRABAJOS GEOLÓGICOS ANTERIORES.....	8
3. GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE EFECTOS DEL NIÑO COSTERO POR TIPOS DE PELIGRO	17
3.1 GENERALIDADES	17
3.2 CUADROS SÍNTESIS DE PELIGROS GEOLÓGICOS QUE AFECTARON VIVIENDAS EN POBLACIONES, INFRAESTRUCTURA Y ÁREAS DE CULTIVO.....	21
CONCLUSIONES	48
RECOMENDACIONES	50
BIBLIOGRAFÍA.....	52
ANEXOS 1: FOTOGRAFÍAS ILUSTRATIVAS.....	55
ANEXO 2: MEDIDAS CORRECTIVAS	69
ANEXO 3: FIGURAS Y MAPAS	87

RESUMEN

En las costas de Perú y sur de Ecuador “El Niño Costero” es un fenómeno climático regional-local, en comparación con el “Fenómeno El Niño” que se desarrolla a lo largo de las costas del Pacífico, causado por el recalentamiento del agua de mar debido a que las corrientes de aire frías (anticiclón del Pacífico sur) que recorren las costas del Pacífico sur (dirección sur a norte) se debilitan. Este proceso permite que las corrientes cálidas provenientes de Ecuador ingresen con mayor intensidad, lo que origina el calentamiento anómalo del mar. Ocurre en verano (diciembre-marzo) generando mayor humedad y como consecuencia el incremento de las precipitaciones pluviales. Estas lluvias desencadenaron el presente año la ocurrencia de diversos peligros geológicos como: flujos de detritos (huaicos) o flujos de lodo, deslizamientos, caídas de rocas, derrumbes, etc.; inundaciones y erosión fluvial, que afectaron a la población y obras de infraestructura de diferentes regiones del país.

En nuestro país las regiones más afectadas por este fenómeno durante el reciente Niño Costero 2017 fueron: Lambayeque, Piura, Lima, La Libertad y Tumbes. En particular la región la Libertad con 3606 damnificados; las cuales se encuentran bajo declaratoria de Estado de Emergencia por el Gobierno Nacional.

Ante esta problemática de desastre nacional, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, realizó la evaluación geológica sobre los efectos de “El Niño Costero” 2017, en la región La Libertad y parte de Cajamarca, donde el trabajo fue realizado por una brigada de geólogos especialistas en riesgo geológico y consistió en: el cartografiado de peligros geológicos (escala a semidetalle) que afectaron centros poblados, carreteras y obras de infraestructura (reservorios, puentes, canales, torres de alta tensión, bocatomas, etc.), la identificación de zonas críticas ante dichos eventos, con el objetivo 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.

Como resultado de los trabajos de evaluación geológica se evaluaron 68 poblados, de los cuales 17 necesitan ser rehabilitados, nueve reconstruidos y 42 reubicados. De ellos 21 fueron afectados por inundación fluvial, 38 por flujos (huaico), seis por erosión fluvial y tres por deslizamientos. Se tienen un total de 156 tramos o sectores de vías (Carreteras y trochas) afectadas, de las cuales siete fueron afectadas por inundación fluvial, 86 por flujos, 20 por erosión fluvial y 48 por deslizamientos y/o derrumbes. Por otro lado, a nivel de infraestructura, los mayores daños fueron producidos por procesos de flujos que afectaron severamente canales de regadío y puentes; la erosión fluvial afectó tierras de cultivos y defensas ribereñas o muros de encauzamiento.

El presente estudio con información geológica y geodinámica para la Gestión del Riesgo de Desastres, contiene mapas que muestran las zonas afectadas (poblados, carreteras u obras de infraestructura) según el tipo de evento causado por el fenómeno de El Niño Costero en la región Piura. Se emiten conclusiones y recomendaciones generales que deben ser tomadas en cuenta en los trabajos de reconstrucción que se llevaran a cabo en la región Piura. Así mismo es importante mencionar que algunos sectores identificados en este estudio requieren de estudios de detalle, para poder definir adecuadamente las obras de prevención o mitigación a nivel de diseño e ingeniería, trabajos que se están realizando y se entregarán oportunamente.

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”, la magnitud del desastre registrado en nuestro país, y 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.”*

Se dispuso la realización de evaluaciones geológicas en las zonas afectadas por este evento meteorológico. Para ello se realizaron coordinaciones con los organismos señalados en los mencionados decretos de urgencia Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; CENEPRED; así como el Ministerio de Transportes y Comunicaciones manifestándoles nuestra disposición a iniciar los trabajos, de nuestra competencia, lo más pronto posible. Para ello se designó dos brigadas de dos geólogos por cada región afectada (Tumbes, Piura, Lambayeque-Cajamarca; La Libertad-Cajamarca, Ancash y Lima provincias) para identificar, evaluar y analizar las zonas desde el punto de vista geológico-geomorfológico, los tipos de procesos geodinámicos y geo-hidrológicos que sucedieron como resultado de las fuertes precipitaciones pluviales y el incremento del caudal de los ríos y quebradas, causantes principales de los daños.

Los trabajos en la región La Libertad-Cajamarca se sectorizaron en dos áreas, del cual se dispuso dos profesionales geólogos en cada una de ellas:

- Lucio Medina y Jhoel Gonzales, se encargaron del Sector 4A: Provincias de Trujillo, Ascope, Pacasmayo, Chepén y Gran Chimú (de Trujillo hacia el norte de la región La Libertad); Provincias San Miguel y Contumazá (Cajamarca); carreteras de interconexión. Abarca un área de 10 477 km².
- Willy Ramos y Omar Latorre, encargados del Sector 4B: Provincias de Trujillo, Virú, Santiago de Chuco, Julcán y Otuzco (de Trujillo hacia el sur de la región La Libertad); carreteras de interconexión. Comprende un área de 8 057 km².

Los trabajos de campo fueron realizados en campañas de 30 y 20 días, respectivamente y fueron supervisados por el Mg. Ricardo Aniya K. y revisados por la Jefatura de la DGAR y el Coordinador de Geología del INGEMMET especialistas en riesgo geológico.

La información geocientífica que se consigna en el presente reporte, es un avance de un informe completo que se encuentra en proceso, que sirva de orientación en los trabajos y proyectos que emprenderá la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios, como resultado de nuestros trabajos de campo y gabinete, 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. ANTECEDENTES

El Niño Costero manifiesto en la costa peruana, se registró con fuertes lluvias desde fines de enero del presente año, abarcando de sur a norte, entre los departamentos Ica y Tumbes, afectó a miles de personas, causó daños en diferentes magnitudes a viviendas, carreteras, líneas de transmisión eléctrica-telefónica, obras de infraestructura vial e hídrica; principalmente por el desborde de ríos y activación de quebradas que permanecen secas por largos periodos.

La intensidad y magnitud de las precipitaciones pluviales no se registraba desde hace 19 años (Fenómeno El Niño 1997-1998), y que, por las fuertes lluvias asociadas y daños causados similares a las de un fenómeno El Niño, se le denominó Niño Costero, por ubicarse además frente a las costas de Perú y Ecuador.

Cuando ocurre un fenómeno de El Niño extraordinario, la temperatura del agua del mar aumenta en toda la franja ecuatorial del océano Pacífico hasta la costa norte de Estados Unidos, y los efectos se sienten en todo el mundo (Ejemplo: Lluvias amazónicas débiles en India, inviernos más fríos en Europa, tifones en Asia y sequías en Indonesia y Australia; WWF, 2017). Pero, cuando este calentamiento en las aguas del mar solo se da desde las costas de Perú hasta Ecuador y las anomalías como lluvias fuertes se restringen a estos dos países; a este evento se denominó “Niño Costero”.

La evolución de este evento frente a las costas del territorio peruano, puede ser visto en los comunicados oficiales proporcionados por el comité multisectorial encargado del “Estudio Nacional del Fenómeno el Niño” (ENFEN):

- En un primer comunicado del 16 de enero, manifiesta que la temperatura superficial del mar (TSM) frente a la costa peruana tenía un aumento ligero por encima del promedio, y da la probabilidad de ocurrencia de un “Niño Costero débil” en un 30%.
- Un segundo comunicado del 24 de enero, considera condiciones favorables para que se dé un evento “El Niño Costero débil” para el presente verano e inicia un estado de vigilancia.
- Un tercer comunicado del 02 de febrero, señala que se consolidaron las condiciones para un evento El Niño Costero débil, con condiciones que favorecen un aumento de la frecuencia de lluvias de magnitud fuerte, especialmente en la costa norte del país, por lo que establece pasar a un estado de “Alerta de El Niño Costero”. La condición de un evento costero débil continuó hasta la quincena de febrero, con la probabilidad de ocurrencia de lluvias fuertes.
- Esta condición cambia a un “Niño Costero de magnitud débil a moderada” a inicios del mes de marzo, asociada a una alta probabilidad de lluvias fuertes en las zonas medias y bajas de Tumbes, Piura y Lambayeque; se mantiene estado de “Alerta de El Niño Costero”.
- Ya en la quincena de marzo, el ENFEN, le otorga al evento el Niño Costero una “magnitud moderada”, con alta probabilidad de lluvias muy fuertes en las zonas medias y bajas de la costa, principalmente en Tumbes, Piura y Lambayeque hasta el mes de abril, y se mantiene el estado de “Alerta de El Niño Costero”.

- Finalmente, en su comunicado 08-2017 del 20 de abril, el ENFEN, prevé la continuación del evento El Niño Costero por lo menos hasta el mes de mayo, aunque con menor intensidad respecto al verano y no descarta lluvias aisladas y de moderada intensidad en las zonas medias y altas de Tumbes durante el mes de abril; mantiene el estado de “Alerta de El Niño Costero”, pero ya manifiesta la declinación del evento.

Según el SENAMHI (2017). Durante el mes de marzo, la costa liberteña presentó cielos nublados durante la mayor parte del día, con precipitaciones pluviales excesivas y temperaturas máximas y mínimas ligeramente cálidas. En la sierra regional se presentaron cielos parcialmente nublados la mayor parte del período, con ocurrencia de lluvias, que al finalizar el mes acumularon valores sobre lo normal en toda la zona. Los mayores excesos de lluvia se registraron en San Miguel, San Pablo, Contumazá y Gran Chimú. En Contumazá se registró la mayor precipitación acumulada en un mes (769,8 mm) de los últimos 50 años. Asimismo, las precipitaciones en la zona costera de La Libertad mostraron un exceso extremo, con lluvias que acumularon 78,3 mm / mes.

El comportamiento de los caudales de los ríos durante en el mes de marzo fue la siguiente: En el río Jequetepeque se ha registrado caudales muy por encima de los promedios diarios históricos hasta en un 424 %. El caudal máximo registrado fue de 550,0 m³/s y el mínimo de 98,0 m³/s, la anomalía promedio del mes fue de 221 %. Los caudales promedios diarios del río Chicama registraron muy por encima de los caudales promedios diarios históricos, hasta en un 284 %. El caudal máximo registrado fue de 333,0 m³/s y el mínimo de 136,0 m³/s, la anomalía promedio del mes fue de 159 %. Es importante mencionar que en estas cuencas el Fenómeno El Niño Costero 2017, ha tenido impactos significativos, los cuales se han manifestado en el desborde de los ríos, erosión de carreteras e inundación de viviendas y áreas de cultivo. SENAMHI, 2017.

En la región La Libertad, según cifras oficiales del INDECI (2017) al 96% de procesamiento, hasta el mes de agosto, los daños causados por el evento El Niño Costero fueron de 79 623 damnificados, 386 521 personas afectadas, 24 personas fallecidas, 70 heridas y cuatro desaparecidas; en cuanto a los daños en viviendas se tiene 104 174 afectadas y 19 151 destruidas e inhabitables; los daños en carreteras alcanzan los 1 038 km destruidos y 703 km afectados; 369 km de caminos rurales destruidos y 22 338 km afectados; el número de puentes destruidos es de 38 y 70 puentes afectados; en daños a la agricultura, se tiene 11 557 Ha de cultivo perdido y 16 954 Ha de cultivo afectada. Asimismo, en la región Cajamarca los daños causados fueron de 1 662 damnificados, 10 950 personas afectadas, 8 personas fallecidas, 6 heridas y dos desaparecidas; en cuanto a daños de viviendas se tiene 2 485 afectadas y 432 destruidas e inhabitables; los daños en carreteras alcanzan los 110 km destruidos y 566 km afectados; 103 km de caminos rurales destruidos y 207 km afectados; el número de puentes destruidos es de 24 y 26 puentes afectados; en agricultura, se tiene 1 292 Ha de cultivo perdido y 3 253 Ha de cultivo afectada.

El impacto de El Niño Costero también se vio reflejado en la economía nacional. Si se observa al Producto Bruto Interno por actividades para el primer trimestre del 2017, el valor agregado bruto de la actividad económica de agricultura, ganadería, caza y silvicultura a precios constantes de 2007 decreció en -0,8% con relación a similar trimestre del año anterior. El subsector agrícola se contrajo en -4,6%, asociado a los menores volúmenes cosechados de algodón rama (-41,5%), limón (-29,2%), caña de azúcar (-18,2%) y alfalfa (-7,2%); asociado a las pérdidas por inundaciones causadas por el fenómeno de El Niño Costero que afectó

principalmente las regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque, la Libertad y Ancash (INEI, 2017).

Según INEI, en los primeros tres meses del 2017, el PBI de la zona norte se contrajo en 2,1%, la caída más severa de los últimos 33 años.

Revisando las cifras económicas para la región La Libertad, se puede percibir la influencia negativa del evento El Niño Costero en algunos productos agropecuarios. Según los datos de INEI para el mes de abril del 2017, decreció la producción de arroz cáscara (-96,5%), tomate (-65,4%), cebolla (-61,2%), yuca (-45,2%), maíz amarillo duro (-40,3%) y papa (-22,1%), entre los principales (INEI, 2017).

Analizando los daños causados en el aspecto socio-económico de Perú, se realiza el presente trabajo de investigación, que busca contribuir al conocimiento de los procesos ocurridos en la regiones La Libertad-Cajamarca (cuencas Chamán, Jequetepeque, Chicama, Moche, Virú, Huamansaña y Santa) como consecuencia de las fuertes lluvias asociadas al evento El Niño Costero, la ubicación de zonas críticas y la determinación de condicionantes principales que favorecen la ocurrencia de los peligros por movimientos en masa, erosión fluvial e inundaciones fluviales a los que se encuentran expuestos centros poblados, tierras de cultivo y obras de infraestructura existentes en el área estudiada.

Este conocimiento permitirá proponer políticas, programas y acciones de prevención ante los peligros naturales, así como los resultantes de los procesos de ocupación territorial; información que constituye la base para el ordenamiento territorial y el desarrollo sostenible de la región.

2.1 TRABAJOS GEOLÓGICOS ANTERIORES

Se han realizado varios trabajos de investigación en la región La Libertad y Cajamarca, los cuales han tratado temáticas como geología, minería, petróleo, geodinámica, contaminación ambiental, ordenamiento ambiental entre otros. Los más notables en orden cronológico son:

- Estudio geodinámico de la cuenca del río Santa, departamentos Áncash y La Libertad (Dávila *et al.*, 1989).
- Estudio Geodinámico de la cuenca del río Moche, departamento de La Libertad (Dávila *et al.*, 1994);
- El “Estudio Geodinámico de la cuenca del río Jequetepeque” (Fidel & Olivares, 1994) que analizó la ocurrencia y la zonificación de áreas afectadas por movimientos en masa, erosión fluvial e inundaciones en la cuenca.
- Estudio Geoambiental de la cuenca de los ríos Jequetepeque y Loco de Chamán (Vílchez *et al.*, 2007); evaluó la susceptibilidad a los movimientos en masa, peligros geohidrológicos y otros peligros geológicos; además aportó un análisis de la línea de base ambiental. En el resumen menciona que los peligros geológicos, más recurrentes en la cuenca son los denominados movimientos en masa, de los cuales los flujos son los más frecuentes.

- El “**Estudio de Riesgo Geológico en la región Cajamarca**” (Zavala *et al.*, 2011) evaluó la susceptibilidad y la peligrosidad a los movimientos en masa, peligros geohidrológicos y otros peligros geológicos en la región; además, identificó las zonas críticas.
- El estudio de “**Riesgo Geológico en la región La Libertad**” (Medina *et al.*, 2012), contiene información básica sobre los peligros geológico por procesos de movimientos en masa y geohidrológicos existentes en la región La Libertada; identifica un total de 2653 ocurrencias principales, de los cuales 899 han sido comprobados durante los trabajos de campo y 1754 han sido interpretados con apoyo de imágenes satelitales y fotografías aéreas. Además, menciona la existencia de 82 zonas críticas. La mayor cantidad de estas zonas se ubican en la provincia de Otuzco (19), seguida por las provincias de Chepén (11), Sánchez Carrión (11), Pataz (10), Virú (7), Gran Chimú (6), Santiago de Chuco (5), Ascope (4) y las provincias de Pacasmayo, Trujillo, Bolívar con 3 zonas cada una.

Las zonas críticas definidas entre los años 2007 y 2012 en las publicaciones realizados por Ingemmet y que se activaron con el evento de El Niño Costero se mencionan en los cuadro 2.1 a 2.3.

Cuadro 2.1
Zonas críticas en La Libertad, que se activaron con el evento El Niño Costero 2017.

Código en mapa	Paraje / distrito	Comentario geodinámico-vulnerabilidad y/o daños	Recomendaciones
2	Quebrada Zanzan Hondo (Chepén)	Quebrada susceptible a la ocurrencia de huaicos durante lluvias excepcionales. El cauce actual llega hasta el río Loco de Chamán. Presenta bloques de hasta 1 m de diámetro. Fuente: Vílchez et ál. (2007). Carretera Chepén-San Gregorio por tramos.	Realizar la limpieza de cauces por donde discurren flujos.
6	La Arenita (Chepén)	La quebrada La Arenita es susceptible a la ocurrencia de huaicos durante lluvias excepcionales. Presenta depósito de huaicos antiguos en forma de cono donde actualmente se asientan las viviendas del poblado. El año 1998 fue afectado por huaicos, material suelto en la parte alta de las laderas y cauce actual. Fuente: Vílchez et ál. (2007). Pueden ser afectados terrenos de cultivo, un tramo de carretera Cajamarca (km 21+200) y viviendas construidas cerca del cauce.	Mantener limpio el cauce principal de la quebrada. No construir viviendas cerca del cauce.
7	Vichayal, Huanchaco (Chepén)	Quebrada susceptible a la ocurrencia de huaicos en época de lluvias excepcionales. El material de huaicos antiguos forma depósito en forma de cono de unos 700 m de ancho. El material está suelto en el cauce de la quebrada y laderas superiores, derivado de la meteorización (Vílchez <i>et al.</i> , 2007). Puede afectar terrenos de cultivo, viviendas asentadas cerca del cauce de la quebrada y un tramo de carretera a Cajamarca.	Mantener limpio el cauce principal de la quebrada. No construir viviendas cerca del cauce.
9	Morena (Chepén)	Huaico excepcional que se activa en periodos de lluvias excepcionales. Material de flujo se ha depositado en forma de abanico de unos 3 km de ancho. Flujos posteriores discurren por varios canales cortando dicho abanico. Fuente: Vílchez et ál. (2007). Puede afectar tramo de trocha carrozal, canal de riego, terrenos de cultivo.	Mantener limpio el cauce de los canales principales; no arrojar basura. No construir viviendas cerca de los cauces por donde discurren los últimos huaicos.

10	Guanábano (Chepén)	Quebrada actualmente seca, susceptible a la ocurrencia de huaicos en periodos de lluvias excepcionales. Se observa material proluvial en el cauce. Material suelto acumulado en laderas y cauce principal, derivado de los procesos de meteorización. Fuente: Vílchez et ál. (2007). Puede afectar viviendas del poblado de Guanábano, terrenos de cultivo y tramo de la carretera hacia Cajamarca.	Mantener limpio el cauce de la quebrada. No construir viviendas cerca del cauce de la quebrada.
12	Faclo Chico (Guadalupe)	Derrumbes desde acantilado de 15 m de alto. Flujos excepcionales en lluvias excepcionales (Fenómeno El Niño) que pueden afectar viviendas. Fuente: Vílchez et ál. (2007). En los años 1982-1983 y 1997-1998, afectó viviendas, terrenos de cultivo y tramo de trocha carrozal.	Mantener limpio el cauce de la quebrada. No construir viviendas cerca o en el cauce de quebradas. Realizar un inventario de bloques sueltos en los acantilados y realizar trabajos de limpieza.
13	Faclo Grande, El Ingenio (Guadalupe)	Derrumbes, flujo de lodo. Derrumbes en acantilado con zona de arranque irregular por sectores en un tramo de 5 km. Flujo de material preponderantemente fino canalizado por torrenteras. Fuente: Vílchez, et ál. (2007). Podría afectar viviendas, camino rural y terrenos de cultivo.	No construir las viviendas a la sombra de los acantilados, ni cerca o en los cauces de quebradas. Mantener limpio los cauces de quebradas.
17	Sausal (Chicama)	Quebrada Mala Alva, susceptible a la ocurrencia de flujos de detritos o huaicos en periodos del fenómeno de El Niño. Se observa material de flujos antiguos depositados en forma de abanicos. Presenta material suelto en el cauce de la quebrada y las laderas superiores, derivado de la meteorización. El área también es susceptible a inundaciones fluviales. Podría afectar las viviendas de Sausal, construidas en el cauce antiguo de la quebrada.	No construir viviendas en el cauce de la quebrada. Realizar trabajos de encauzamiento de la quebrada.
18	Puente Careaga (Chicama)	Área susceptible a inundaciones y erosiones fluviales en periodos del fenómeno El Niño. Afectó carretera de la Panamericana Norte y destruyó el puente durante el fenómeno de El Niño 1997-1998.	Limpieza del cauce de río Chicama para evitar la colmatación de sedimentos.
29	La Cuesta (La Cuesta)	Erosión fluvial ocurre en la margen derecha del río La Cuesta. Viviendas ubicadas al borde de la terraza pueden ser afectadas. También podrían ocurrir derrumbes. Puede afectar a las viviendas del distrito La Cuesta construidas al borde del río.	Construir muro de contención para evitar la erosión fluvial y derrumbe. No construir viviendas en la margen del río.
32	Otuzco (Otuzco)	En el cerro Cholocday, ocurre erosión en cárcava y pequeños flujos que pueden represar el río Pollo. Posteriormente, puede afectar una parte de las viviendas de la ciudad de Otuzco asentadas en las márgenes del cauce del río. Podría afectar parte de las viviendas asentadas en las márgenes del río Pollo de la ciudad de Otuzco.	No construir viviendas cerca del cauce del río Pollo. Mantener limpio el cauce y canalizar. No botar basura en el cauce. Reforestar la zona donde ocurre la erosión en cárcava.
33A	Km 34+100 de la carretera Trujillo-Huamachuco (Otuzco)	Deslizamiento rotacional activo, cuya longitud de escarpa mide aproximadamente 250 m. El salto de escarpa visible es de 2 m, y la longitud entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 320 m. Las posibles causas son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas y corte de ladera para construir la carretera. Afectó y puede afectar a la carretera asfaltada Trujillo-Otuzco.	Banquetear o reducir el talud. Construir muro de contención. Desquinchar rocas sueltas. Reforestar la ladera.

35	Carretera Otuzco, Plaza Pampa (Salpo)	En el sector, existe un deslizamiento rotacional activo, cuya longitud de escarpa es de 200 m aproximadamente. Las causas son las siguientes: sustrato de mala calidad, pendiente del terreno, corte de ladera para carretera, deforestación y mal sistema de riego. En la masa deslizada, ocurren pequeños deslizamientos y derrumbes. También ocurren derrumbes y caídas de rocas en tramos discontinuos en una longitud de arranque de 500 m. El 5 de setiembre del 2008 afectó la carretera Trujillo-Otuzco. Paralizó el tránsito durante más de 12 horas. La causa fue la ocurrencia de un deslizamiento de 15 m de longitud de escarpa. Puede afectar viviendas ubicadas al pie del deslizamiento.	Impedir el riego por inundación. Banquetear o reducir la pendiente del talud. Construir muro de contención. Desquinchar rocas sueltas. Reforestar ladera inestable con plantas nativas. Reubicar viviendas.
46	Pedregal (Simbal)	Quebrada susceptible a la ocurrencia de huaicos en periodos de fenómeno de El Niño. Se observa material de flujos antiguos, presencia de material suelto en el cauce la quebrada y laderas superiores, derivado de la meteorización. Podría afectar a las viviendas.	Limpieza del cauce de la quebrada. Construir defensas ribereñas.
47	Llacamate (Chao)	Sector donde confluyen dos quebradas (Verrugas y Honda) hacia el río Huaraday, por donde discurren huaicos de manera excepcional. Actualmente, sobre el depósito de flujo está asentado el poblado de Llacamate. El área también es afectado por erosión fluvial y derrumbes (margen izquierda del río Huaraday). Podría afectar tierras de cultivo y viviendas.	No construir viviendas al borde del río.

Fuente: Medina *et al.*, 2012.

Cuadro 2.2 **Zonas críticas en la región Cajamarca, que se activaron con el evento El Niño Costero 2017**

Área o sector (distrito)		Comentario geodinámico-vulnerabilidad y/o daños	Recomendaciones
27	El Mango (Yonán)	Quebrada susceptible a huaycos en periodos de El Niño, se observa la confluencia de dos huaycos antiguos, su depósito de forma de abanico, presencia de material suelto en las cabeceras y laderas superiores de la quebrada. Puede afectar terrenos de cultivo, viviendas asentadas cerca de los cauces actuales y tramo de carretera a Cajamarca a la altura del Km. 29+000.	Mantener limpio el cauce principal de la quebrada, no construir viviendas cercar del cauce.
28	Ventanillas (Yonán)	Quebrada del Caracol por donde discurren huaycos de gran magnitud en periodos de El Niño, erosión en su margen derecha. Erosión fluvial en la margen izquierda del río Jequetepeque, sobre material proluvial, ha formado un acantilado de 5 m de altura, viviendas construidas al borde. Tormentas por donde discurren huaycos. Pueden afectar viviendas que se encuentran al borde del acantilado producto de la erosión fluvial, puede ser afectado restos arqueológicos por erosión fluvial y huaycos. Viviendas pueden ser afectadas por huaycos.	Colocar defensas ribereñas en la margen izquierda del río Jequetepeque con gaviones, no construir viviendas cerca de los bordes de acantilados, ni en el cauce de quebradas y tormentas secas las cuales pueden activarse durante lluvias excepcionales.
29	Pitura (Yonán)	Quebrada susceptible a huaycos. Material en el cauce actualmente seco, bolones de hasta 4 m de diámetro, derrumbes en las cabeceras de la quebrada. Puede afectar terrenos de cultivo y carretera hacia Ventanillas.	Mantener limpio el cauce de la quebrada y realizar trabajos de encauzamiento.

30	Cafetal (Yonán)	Quebrada Honda susceptible a huaycos, cauce socavado en depósitos eólicos de arena, causa erosión en ambas márgenes a la altura del poblado de Cafetal, material suelto en el cauce. Puede afectar unas 6 viviendas ubicadas cerca del cauce de la quebrada.	Mantener limpio el cauce la quebrada y realizar trabajos de encauzamiento.
31	Pay Pay (Yonán)	Quebrada Pay Pay susceptible a huaycos excepcionales durante el fenómeno de El Niño, confluencia de dos conos constituidos de material de huayco antiguo, en donde se encuentra asentado actualmente el poblado de Pay Pay, abundante material suelto en el cauce de la quebrada con bolones, también en las cabeceras y laderas superiores. Puede afectar viviendas del poblado de Pay Pay, carretera a Cajamarca.	Mantener limpio el cauce la quebrada, no arrojar basura ni desmonte, realizar trabajos de encauzamiento por medio de enrocados.
32	Tembladera (Yonán)	Quebrada Peña Blanca susceptible a la ocurrencia de huaycos durante el fenómeno de El Niño, se observa material suelto en las cabeceras y laderas superiores de la quebrada. Puede afectar viviendas ubicadas cerca del cauce.	No arrojar basura ni desmonte en el cauce de la quebrada a la altura del poblado de Tembladera, se han realizado trabajos de encauzamiento, con gaviones y muros de contención.
33	Carretera a Cajamarca: Km. 42+220 (Yonán)	Derrumbes en un tramo de 500 m, caída constante de rocas sueltas, talud de corte inestable. Cauce de torrentera actualmente seca por donde discurren huaycos en periodos de El Niño. Afecta tramo de 500 m de carretera ha Cajamarca aproximadamente, puede ocasionar accidente.	Mejorar el talud de corte, realizar un inventario de bloques sueltos y realizar trabajos de desquinchado.
34	Quebrada Las Viejas, Campamento Gallito Ciego (Yonán)	Susceptible a huaycos durante El Niño; materiales acumulados por huaycos antiguos de gran magnitud. Instalaciones del campamento Gallito Ciego en el material de huaycos antiguo. Material suelto en el cauce actual y cabecera de quebrada, con bolonería de hasta 3,5 m de diámetro. Puede afectar tramo de carretera a Cajamarca, a la altura del Km. 33+100, puente y alcantarilla, así como instalaciones del campamento Gallito Ciego.	Realizar limpieza del cauce actual de la quebrada, no arrojar basura ni desmonte, evitar colocar viviendas cerca del cauce.
35	Pampa Las Hamacas, Km. 44+000 de la carretera a Cajamarca (Yonán)	Tramo con quebradas y torrenteras susceptibles a huaycos de gran magnitud. La principal formada por la confluencia de las quebradas Cajón y Monte Grande, que en 1998 destruyó unos 300 m de la plataforma de carretera, se ha tenido que variar el trazo. Gran cantidad de material en el cauce y cabeceras de la quebrada. Puede afectar tramo de unos 1500 m de carretera asfaltada, interrumpiendo el tránsito hacia Cajamarca.	En lo posible realizar trabajos de encauzamiento de la quebrada, construir badén en la carretera.
36	Tembladera (Yonán)	Quebrada susceptible a huaycos durante el evento El Niño, presencia de material suelto en las cabeceras de la quebrada. Procesos de erosión fluvial en la margen derecha del río Jequetepeque. Pueden ser afectadas las viviendas ubicadas cerca del cauce y tramo de carretera.	Construir badén, no construir viviendas cerca ni en el cauce la carretera.
40	Quebrada Chausis (Yonán)	Abundante material proluvio-aluvial (colmatación del cauce); recibe aporte de quebradas afluentes las cuales acarrear huaycos durante el fenómeno de El Niño. Depósito desvió cauce del río Jequetepeque hacia margen derecha. Puede afectar puente tipo Bayle y tramo de carretera.	Realizar trabajos de descolmatación del cauce principal y encauzamiento mediante el arrimado de material del río.
42	Verdugal, Amanchaloc (Contumazá)	Erosión intensa en forma de cárcavas que producen la pérdida de suelos. Afecta terrenos de pastoreo.	Realizar una reforestación de todo el sector afectado.

45	La Capilla (Tantarica)	Quebrada La capilla y torrentera ubicada a su izquierda susceptibles a la ocurrencia de huaycos durante periodos de El Niño, presencia de gravas y bloques de hasta 2 m de diámetro en el cauce de quebradas, viviendas construidas muy cerca del cauce de la quebrada Los Layos. Pueden ser afectadas viviendas construidas cerca del cauce de las quebradas, puente y tramo de carretera de 100 y 150 m a la altura del Km. 78+000.	Realizar trabajos de encauzamiento de la quebrada, no arrojar basura ni desmonte en la quebrada, abstenerse de construir viviendas cerca de los cauces de quebradas.
48	El Tabacal (Chilete)	Quebrada Tabacal por donde discurren huaycos de manera ocasional, por precipitaciones intensas caídas en la zona; al costado otra quebrada por donde también discurren huaycos. Depósito de material acarreado de forma de abanico. Afecta 250 m de carretera a Cajamarca.	Colocar badén en la carretera, reforestar las laderas superiores.
50	Cerro Alcaparrosa; carretera San Benito-Ascope	Flujos de detritos recientes de carácter excepcional por tres torrenteras en la margen derecha del río San Benito. Afecta tramo de carretera afirmada que conduce hacia la costa.	Badenes para paso de flujos de detritos; forestación de laderas.
51	Quebrada Calvo	Flujo de detritos de carácter excepcional, activado durante El Niño. Afecta tramo de carretera que conduce hacia la costa.	Construcción de puente, encauzamiento de quebrada.
52	Cerro Calvo	Derrumbes en los taludes de corte y flujos de detritos, erosión fluvial en la margen derecha del río San Benito. Afecta tramo de carretera que conduce hacia la costa.	
54	Algarrobal – El Turrall (San Benito)	Planicie aluvial susceptible a huaycos de las quebradas Puquio, Algarrobal y Carrizillo. Afecta tres tramos de la carretera entre San Benito y La Huaca.	Encauzamiento de quebradas aguas arriba y construcción de badenes para paso de flujos de detritos.
55	Quebrada Los Gatos (San Benito)	Quebradas se activan con lluvias excepcionales generando huaycos. Afecta tramo de carretera entre San Benito y La Huaca.	Encauzamiento de quebradas aguas arriba y construcción de badenes para paso de flujos de detritos
57	Shimba (San Benito)	Flujo de detritos excepcional en la quebrada Shimba; derrumbes en la cabecera de cuenca y material de arrastre disponible en el cauce. Compromete tramo de carretera entre Jaguey y La Shimba.	Encauzamiento de quebrada y construcción de badén.

Fuente: Zavala *et al.*, 2011.

Cuadro 2.3
Zonas críticas en las cuencas de los ríos Jequetepeque y Loco de Chamán que se activaron con el evento El Niño Costero 2017.

Área o sector	Comentario geodinámico-vulnerabilidad y/o daños	Recomendaciones
Faclo Grande, El Ingenio (Guadalupe) 1	Derrumbe, flujo de lodo, Derrumbes en acantilado con zona de arranque irregular por sectores en un tramo de 5 Km., generación de flujo de material preponderantemente fino canalizados por torrenteras. Podría afectar viviendas, camino rural, terrenos de cultivo.	No construir las viviendas a la sombra de los acantilados, ni cerca o en los cauces de quebradas, mantener limpio los cauces de quebradas.
Faclo Chico (Guadalupe) 3	Derrumbes desde acantilado de ángulo vertical de 15 m de alto, generación de flujos excepcionales en periodos de El Niño que pueden afectar viviendas. Los años 1982-83 y 1997-98, afectos viviendas, terrenos de cultivo y tramo de trocha carrozal.	Mantener limpio el cauce de la quebrada, no construir vivienda cerca o en el cauce de quebradas, realizar un inventario de bloques sueltos en los

		acantilados y realizar trabajos de limpieza.
Morena (Chepén) 4	Huayco excepcional, se activa en periodos de fenómeno de EL Niño, ha depositado su material en forma de abanico de unos 3km de ancho, los flujos discurren por varios canales. Puede afectar tramo de trocha carrozal, canal de riego, terrenos de cultivo.	Mantener limpio el cauce de los canales principales, no arrojar basura en los mismos, no construir viviendas cerca de los cauces por donde discurren los últimos huaycos.
Vichayal, Huanchaco (Chepén) 7	Quebrada susceptible a la ocurrencia de huaycos en periodos de fenómeno de El Niño, material huaycos antiguos forman depósito de forma de cono de unos 700 m de ancho, presencia de material suelto en el cauce la quebrada y laderas superiores, derivados de la meteorización. Puede afectar terrenos de cultivo, viviendas asentadas cerca del cauce la quebrada, ramo de carretera ha Cajamarca.	Mantener limpio el cauce principal de la quebrada, no construir viviendas cerca del cauce.
La Arenita (Chepén) 8	Quebrada La Arenita, susceptible a la ocurrencia de huaycos durante el fenómeno de El Niño, depósito de huaycos antiguos de forma de cono donde actualmente se asientan las viviendas del poblado, el año 1998 fueron afectados por huaycos, Material suelto en la parte alta de las laderas y cauce actual. Puede ser afectados terrenos de cultivo y tramo de carretera Cajamarca a la altura del Km. 21+200 y viviendas construidas cerca del cauce.	Mantener limpio el cauce principal de la quebrada, no construir viviendas cercar del cauce.
Los Tres Montones (Chepén) 13	Quebrada susceptible a la ocurrencia de huaycos durante el fenómeno de El Niño, tiene varios ramales en su abanico proluvial, presencia de bloques de hasta 2 m de diámetro. Carretera Chepén-San Gregorio 400 m.	Realizar la limpieza de cauces por donde discurren flujos.
El Mango (Yonán) 28	Quebrada susceptible a la ocurrencia de huaycos en periodos de fenómeno El Niño, se observa la confluencia de dos huaycos antiguos, su depósito de forma de abanico, presencia de material suelto en las cabeceras y laderas superiores de la quebrada. Puede afectar terrenos de cultivo, viviendas asentadas cerca de los cauces actuales y tramo de carretera ha Cajamarca a altura del km 29+000.	Mantener limpio el cauce principal de la quebrada, no construir viviendas cercar del cauce.
Pitura (Yonán) 30	Quebrada susceptible a la ocurrencia de huaycos, se observa material proluvial en el cauce actualmente seco, bolones de hasta 4 m de diámetro, derrumbes en las cabeceras de la quebrada. Puede afectar terrenos de cultivo y carretera hacia Ventanillas.	Mantener limpio el cauce la quebrada y realizar trabajos de encauzamiento.
Cafetal (Yonán) 31	Quebrada Honda Susceptible a la ocurrencia de huaycos, cauce socavado en depósitos eólicos de arena, causa erosión en ambas márgenes a la altura del poblado de Cafetal, material suelto en el cauce. Puede afectar unas 6 viviendas ubicadas cerca del cauce de la quebrada.	Mantener limpio el cauce la quebrada y realizar trabajos de encauzamiento.
Pay Pay (Yonán) 32	Quebrada Pay Pay susceptible a la ocurrencia de huaycos excepcionales durante el fenómeno de El Niño, confluencia de dos conos constituidos de material de huayco antiguo, en donde se encuentra asentado actualmente el poblado de Pay Pay, abundante material suelto en el cauce de la quebrada con bolones, también en las cabeceras y laderas superiores. Puede afectar viviendas del poblado de Pay Pay, carretera ha Cajamarca.	Mantener limpio el cauce la quebrada, no arrojar basura ni desmonte, realizar trabajos de encauzamiento por medio de enrocados.

Tembladera (Yonán) 33	Quebrada Peña Blanca susceptible a la ocurrencia de huaycos durante el fenómeno de El Niño, se observa material suelto en las cabeceras y laderas superiores de la quebrada. Puede afectar viviendas ubicadas cerca del cauce.	No arrojar basura ni desmonte en el cauce de la quebrada a la altura del poblado de Tembladera, se han realizado trabajos de encauzamiento, con gaviones y muros de contención.
Carretera ha Cajamarca km 42+220 (Yonán) 34	Derrumbes en un tramo de 500 m, caída constante de rocas sueltas, talud de corte inestable. Cauce de torrentera actualmente seca por donde discurren huaycos en periodos de El Niño. Afecta tramo de 500 m de carretera ha Cajamarca aproximadamente, puede ocasionar accidente.	Mejorar el talud de corte, realizar un inventario de bloques sueltos y realizar trabajos de desquinchado.
Quebrada Las Viejas, Campamento Gallito Ciego (Yonán) 35	Quebrada Las Viejas susceptible a la ocurrencia de huaycos durante el fenómeno de El Niño, depósito con forma de cono constituido de materiales acumulados por huaycos antiguos de gran magnitud, se han construido las instalaciones del campamento Gallito Ciego en el material de huaycos antiguo. Se observa material suelto en el cauce actual y cabecera de la quebrada, con botonería de hasta 3,5 m de diámetro. Puede afectar tramo de carretera ha Cajamarca, a la altura del km 33+100, puente y alcantarilla, así como instalaciones del campamento Gallito Ciego.	Realizar limpieza del cauce actual de la quebrada, no arrojar basura ni desmonte, evitar colocar viviendas cerca del cauce.
Pampa Las Amacas, km 44+000 de la carretera ha Cajamarca (Yonán) 36	Tramo donde se presentan quebradas y torrenteras susceptibles a la ocurrencia de huaycos de gran magnitud, la principal es la quebrada formada por la confluencia de las quebradas Cajón y Monte Grande, que el año 1998 destruyó aproximadamente unos 300 m de la plataforma de carretera, se ha tenido que variar el trazo, actualmente se observa gran cantidad de material en el cauce y en las cabeceras de la quebrada. Puede afectar tramo de unos 1500 m de carretera asfaltada, interrumpiendo el tránsito hacia Cajamarca.	En lo posible realizar trabajos de encauzamiento de la quebrada, construir badén en la carretera.
Tembladera (Yonán) 37	Quebrada susceptible a la ocurrencia de huaycos durante el fenómeno de El Niño, presencia de material suelto en las cabeceras de la quebrada. Procesos de erosión fluvial en la margen derecha del río Jequetepeque.	Construir badén, no construir viviendas cerca ni en el cauce la carretera.
Km 10+850 de la carretera Chilete-Contumaza (Chilete) 45	Quebrada por donde discurren huaycos en periodos excepcionales como El Niño, derrumbes hacia la cara libre de la quebrada que aportan material suelto susceptible de ser acarreado como huayco, derrumbes y deslizamiento que afectan tramo de la carretera. Puede ser afectado puente, es afectado tramo de carretera.	Reforestar el talud superior de carretera, realizar trabajos de desquinchado de bloques inestable, mantener limpio el cauce de la quebrada.
Verdugal, Amanchaloc (Contumazá) 47	Erosión intensa en forma de cárcavas que producen la pérdida de suelos. Afecta terrenos de pastoreo.	Realizar una reforestación de todo el sector afectado.
Chilete (Chilete) 49	Quebrada Huertas erosiona su margen izquierda y ha ocasionado la pérdida de unos 200 m de carretera, discurren huaycos excepcionalmente por el cauce del río, se observa abundante material colmatando el cauce. El río Huertas recibe los aportes de varias quebradas afluentes que acarrear huaycos. Puede afectar poblado de Chilete, campo deportivo.	Mejorar defensas ribereñas colocando muros de concreto en ambas márgenes de la quebrada, realizar trabajos de descolmatación del cauce.

Quebrada Nazario (Yonán)	Quebrada por donde discurren huaycos de manera excepcional, se observa material suelto en el cauce, depósito de huaycos antiguos de unos 150 m de ancho, con bloques de 1,5 m de diámetro. Puede afectar tramo de carretera de 100 m, puente y 1 vivienda.	No construir viviendas cerca del cauce de la quebrada, realizar trabajos de limpieza y descolmatación de cauce y puente para evitar atoros y posteriores desborde.
50		
La Capilla (Tantarica)	Quebrada La capilla y torrentera ubicada a su izquierda susceptibles a la ocurrencia de huaycos durante periodos de El Niño, presencia de gravas y bloques de hasta 2 m de diámetro en el cauce de quebradas, viviendas construidas muy cerca del cauce de la quebrada Los Layos. Pueden ser afectadas viviendas construidas cerca del cauce de las quebradas, puente y tramo de carretera de 100 y 150 m a la altura del km 78+000.	Realizar trabajos de encauzamiento de la quebrada, no arrojar basura ni desmonte en la quebrada, abstenerse de construir viviendas cerca de los cauces de quebradas.
52		
El Tabacal (Chilete)	Quebrada Tabacal por donde discurren huaycos de manera ocasional, por precipitaciones intensas caídas en la zona, al costado se observa otra quebrada por donde también discurren huaycos. Depósito de material acarreado de forma de abanico. Afecta 250 m de carretera a Cajamarca.	Colocar badén en la carretera, reforestar las laderas superiores.
55		

Fuente: Vílchez *et al.*, 2007

3. GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE EFECTOS DEL NIÑO COSTERO POR TIPOS DE PELIGRO

3.1 GENERALIDADES

En términos generales se puede afirmar que en las regiones La Libertad y Cajamarca como consecuencia de las fuertes precipitaciones pluviales asociadas al fenómeno de El Niño Costero, se detonaron peligros geológicos por movimientos en masa, peligros hidrometeorológicos y otros peligros geológicos, de los cuales a continuación se presenta una descripción general de la tipología de los eventos identificados durante los trabajos de campo.

3.1.1 Peligros por movimientos en masa

Los movimientos en masa constituyen los procesos geológicos que involucran desplazamiento o remoción de masas rocosas (fracturadas y/o meteorizadas), depósitos inconsolidados, o ambos por efecto de la gravedad. Su ocurrencia en la región está estrechamente ligada a intensas lluvias, sismos y modificaciones antrópicas (factores detonantes); así como, factores condicionantes o intrínsecos tales como la litología, pendiente, morfología, cobertura vegetal, etc.

Los movimientos en masa identificados se han descrito utilizando la clasificación de deslizamientos y en general de movimientos en masa, adoptada por el Grupo de Estandarización de Movimientos en Masa (GEMMA) del Proyecto Multinacional Andino-Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA-GCA).

Los tipos de movimientos en masa detonados por las lluvias fuertes del fenómeno El Niño Costero son:

a.- Caída (*Fall*)

La caída es 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. Una vez desprendido el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir, con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s.

En función al mecanismo principal y la morfología de las zonas afectadas por el movimiento, así como, del material involucrado, los tipos caídas identificados fueron la caída de rocas y los derrumbes.

- Caída o desprendimiento de rocas: ocurre en laderas de montañas y colinas de moderada a fuerte pendiente, frentes rocosos escarpados, montañas estructurales asociadas a litologías de diferente naturaleza (sedimentarias, ígneas y metamórficas), sujetas a fuerte fracturamiento, así como, en taludes al efectuarse cortes en laderas para obras civiles (carreteras y canales).

- Derrumbes: son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. Se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de rocas sedimentarias, esquistos y depósitos poco consolidados.

•
b.- Deslizamiento (*Rotacional slide, Slump*)

Es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Varnes (1978) clasifica los deslizamientos según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales a su vez pueden ser planares y/o en cuña.

- Deslizamiento traslacional (*Translational slide*), deslizamiento en cuña (*Wedge slide*): La masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella (Cruden y Varnes, 1996). En un macizo rocoso, este mecanismo de falla ocurre cuando una discontinuidad geológica, tiene una dirección aproximadamente paralela a la de la cara del talud y buza hacia esta con un ángulo mayor que el ángulo de fricción (Hoek y Bray, 1981).

En los casos en que la traslación se realiza a través de un solo plano se denomina deslizamiento planar (Hoek y Bray, 1981).

El deslizamiento en cuña (*wedge slide*) es un tipo de movimiento en el cual el cuerpo del deslizamiento está delimitado por dos planos de discontinuidad que se intersectan entre si e intersectan la cara de la ladera o talud, por lo que el cuerpo se desplaza bien siguiendo la dirección de la línea de intersección de ambos planos o el buzamiento de uno de ellos. La velocidad de los deslizamientos puede variar desde rápida a extremadamente rápida.

- Deslizamiento rotacional (*Rotacional slide, Slump*): En este tipo de deslizamiento, la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla, curva cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es autodeslizante y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas. Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s.

c.- Flujos (*Flow*)

Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Se tienen los siguientes tipos según Varnes (1978), Hungr et al. (2001), Hungr (2005):

- Flujo de detritos (*Debris flows*): Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (índice de plasticidad menor al 5 %), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en 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. Los flujos de detritos desarrollan pulsos usualmente con acumulación de bloques en el frente de onda. Como resultado del desarrollo de pulsos, 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.

La mayoría de los flujos de detritos alcanzan velocidades en el rango de movimiento extremadamente rápido, y por naturaleza son capaces de producir la muerte de personas (Hungry, 2005).

- Flujo de lodo (*Mud flow*): Es un flujo canalizado muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados plásticos, cuyo contenido de agua es significativamente mayor al del material fuente (índice de plasticidad mayor al 5 %). El carácter de este tipo de movimiento es similar al del flujo de detritos, pero la fracción arcillosa modifica la reología del material. También se distingue de los deslizamientos por flujo de arcilla, en que el flujo de lodo incorpora agua superficial durante el movimiento, mientras que el deslizamiento por flujo ocurre por licuación in situ, sin un incremento significativo del contenido de agua (Hungry et al., 2001).
- Flujo de tierra (*Earth flow*): Es un movimiento intermitente, rápido o lento, de suelo arcilloso plástico (Hungry et al., 2001). Los flujos de tierra desarrollan velocidades moderadas, con frecuencia de centímetros por año, sin embargo, pueden alcanzar valores hasta de metros por minuto (Hutchinson, 1998). El volumen de los flujos de tierra puede llegar hasta cientos de millones de metros cúbicos. Las velocidades medidas en flujos de tierra generalmente están en el intervalo de 10^{-5} a 10^{-8} mm/s, y por tanto son generalmente lentos o extremadamente lentos.

d.- Movimiento complejo

Se producen por la combinación de uno o más de los tipos de movimientos en masa descritos anteriormente.

Peligros hidrometeorológicos

Dentro de este tipo de peligros se han identificado principalmente procesos de inundación fluvial.

a.- Inundación fluvial: Peligro natural que se presenta excepcionalmente en la cuenca media y baja, a lo largo de terrazas bajas y en quebradas secas de gran extensión; cuando se presenta el fenómeno de El Niño, debido a que la gran cantidad de precipitación caída en zonas de montaña, colinas y pampa costanera, al concentrarse en los cursos de ríos y quebradas

sobrepasan sus capacidades de carga, provocando desbordes e inundación de tierras adyacentes.

Los cursos de ríos y quebradas que atraviesan zonas de pendiente mínima (pampa costanera), desarrollan amplias terrazas y llanuras de inundación donde el río divaga, para poder compensar la falta de pendiente y lograr que por él discurran los caudales excepcionales que transporta.

El ensanchamiento del cauce de un río y la destrucción de parte de la llanura de inundación son resultados frecuentes durante la ocurrencia de estos fenómenos.

Otros peligros geológicos

Dentro de esta categoría de peligros se ha identificado:

a.- Erosión fluvial: Este fenómeno está relacionado con la acción hídrica de los ríos, socavando los valles, profundizándolos, ensanchándolos y alargándolos (Davila, J., 1999).

Los factores más importantes para la ocurrencia de erosión fluvial son, la geomorfología, la cobertura vegetal, y el clima.

b.- Erosión de laderas: este tipo de eventos son considerados predecesoras en muchos casos a la ocurrencia de grandes eventos de movimientos en masa. La erosión de los suelos es producto de la remoción del material superficial por acción del agua o viento. El proceso se presenta gracias a la presencia de agua en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escorrentías (escurrimiento), que entra en contacto con el suelo, en el primer caso por el impacto y en el segundo caso por fuerzas tractivas, que vencen la resistencia de las partículas (fricción o cohesión) del suelo generándose los procesos de erosión (Gonzalo et al., 2002).

La erosión hídrica causada por el agua de lluvia, abarca los siguientes procesos:

Saltación pluvial: el impacto de las gotas de lluvia en el suelo desprovisto de vegetación ocasiona el arranque y arrastre de suelo fino, el impacto compacta el suelo disminuyendo la permeabilidad e incrementa escorrentía.

Escurrimiento superficial difuso: comprende la erosión laminar sobre laderas carentes de coberturas vegetales y afectadas por saltación pluvial, que estimulan el escurrimiento del agua arrastrando finos.

Escurrimiento superficial concentrado: se produce en dos formas, como surcos de erosión (canales bien definidos y pequeños), formados cuando el flujo se hace turbulento y la energía del agua es suficiente para labrar canales paralelos o anastomosados; y como cárcavas, que son canales o zanjas más profundos y de mayor dimensión, por las que discurre agua durante y poco después de haberse producido una lluvia. El proceso se da en cuatro etapas: 1) entallamiento del canal, 2) erosión remontante o retrogresiva desde la base, 3) cicatrización y 4) estabilización (Gonzalo et al., 2002).

3.2 CUADROS SÍNTESIS DE PELIGROS GEOLÓGICOS QUE AFECTARON VIVIENDAS EN POBLACIONES, INFRAESTRUCTURA Y ÁREAS DE CULTIVO.

Los cuadros resúmenes (cuadros 3.1 al 3.9) que se presentan en las páginas siguientes, se describe una síntesis de los peligros detonados por las fuertes lluvias del evento El Niño Costero. Los cuadros fueron agrupados según la infraestructura que ha resultó afectada y dentro de estos se diferencia también el tipo de peligro o tipología el cual que causó o generó los daños.

El área de trabajo, por sus características morfológicas fue dividida en dos sectores: El primero se denominó **sector 4A**, abarca las principalmente las provincias de Trujillo, Ascope, Pacasmayo, Chepén y Gran Chimú (de Trujillo hacia el norte de la región La Libertad); Provincias San Miguel y Contumazá (Cajamarca); cuencas Chamán, Jequetepeque, Chicama y sus intercuencas. El segundo, **sector 4B**, se consideró a las provincias Trujillo, Virú, Santiago de Chuco, Julcán y Otuzco (de Trujillo hacia el sur de la región La Libertad); cuencas Santa, Huamansaña, Virú, Moche y sus intercuencas.

Cuadro 3.1:
Centros poblados afectados por peligros durante El Niño Costero 2017 en la región Cajamarca.
Sector 4A.

Tipo de peligro	POG	Centros poblados	Provincia	Región	Número	Acción recomendada	Observaciones
FLUJOS (HUAICOS, DE LODO U OTROS)	41001	CP. Lives	San Miguel	Cajamarca	8	Reubicación	La población podría ser afectada por flujos con origen entre los cerros El Pozo y Ventana. Según los pobladores, en el 2015, el flujo afectó dos viviendas y en el año 1983 y 1998 fue con mayor intensidad.
	41002	CP. Cafetal	Contumazá	Cajamarca		Reubicación	Flujo de detritos discurrió por el cauce de la quebrada Honda y atravesó el CP. Cafetal. Afectó parque recreacional, canal de riego y carretera.
	41003	Sector Pay Pay (Pacasmayo - Cajamarca)	Contumazá	Cajamarca		Reubicación	Las fuertes precipitaciones en zona activaron la quebrada. Los materiales arrastrados fueron obstruidos por un puente; también erosionó las riberas del cauce.
	41004	Quebrada Peña Blanca	Contumazá	Cajamarca		Reubicación	Las fuertes precipitaciones activaron el cauce de la quebrada Peña Blanca.
	41005	CP. Yonán Nuevo	Contumazá	Cajamarca		Rehabilitación	Flujo de detritos discurrió por el cauce quebrada, traspasó la carretera y descargó el material en el río Jequetepeque. La carretera también fue afectada por la erosión fluvial en la margen derecha del río Jequetepeque.
	41006	Anexo El Molino - (CP Santa Ana)	Contumazá	Cajamarca		Reubicación	En la margen derecha de la quebrada se observa dos viviendas que fueron afectados por flujos que pasó por el cauce del río Santa Ana.
	41007	CP. La Portada	Contumazá	Cajamarca		Reubicación	Ocurrencia de flujo de detritos en el flanco suroeste del cerro Jaguey afectó 10 viviendas del CP. La Portada. Foto 1.
	41008	CP. La Huaca	Contumazá	Cajamarca		Reubicación	Flujo de detritos discurrió por la quebrada y afectó calles en el CP. La Huaca. El centro poblado se encuentra ubicado en la desembocadura de la quebrada.

EROSIÓN FLUVIAL	41009	CP. Ventanillas	Contumazá	Cajamarca	4	Reubicación	Erosión fluvial en la margen izquierda del río Jequetepeque podría afectar vivienda asentadas en el filo del acantilado compuesto por depósitos de flujos antiguos provenientes de las quebradas Piedras Gorgas y Del Caracol. En la margen derecha del río, en el talud del cerro, se observan rocas colgadas que podrían caer sobre la carretera.
	41010	Sector Quindén Bajo	San miguel	Cajamarca		Reconstrucción	Debido al crecimiento excepcional del río Pallac en el sector Quindén Bajo, las aguas chocaron en el puente y salpicaron, discurriendo sobre las calles de dicho sector. En las márgenes de los ríos Pallac y Jequetepeque que rodea la población de Quindén Bajo ocurre erosión fluvial que podría afectar a sus habitantes.
	41011	CP. Santa Ana	Contumazá	Cajamarca		Reubicación	Las intensas precipitaciones ocurridas en la zona activaron la torrentera que atraviesa el CP Santa Ana, en su recorrido el agua erosionó ampliando el cauce. Se observa viviendas construidas.
	41012	CP. La Portada	Contumazá	Cajamarca		Reconstrucción	Erosión fluvial en la margen izquierda del río San Benito afectó defensa ribereña que protege a la población del CP La Portada.
DESIZAMIENTOS , CAÍDA DE ROCAS U OTROS	41013	Caserío de Chausibolan (Distrito de Guzmango)	Contumazá	Cajamarca	1	Reubicación	Deslizamiento con una longitud de escarpa de 50 m, desnivel escarpa y pie de 80 m y salto principal de 1 m podría afectar una vivienda.

Elaborado por: Lucio Medina & Jhoel Gonzales.

Cuadro 3.2:
Centros poblados afectados por los peligros detonados con las fuertes lluvias de El Niño Costero 2017 en la región La Libertad.
Sector 4A.

Tipo de peligro	POG	Centros poblados	Provincia	Región	Número	Acción recomendada	Observaciones
INUNDACIÓN FLUVIAL	41014	Bajo Santa Rosa	Virú	La Libertad	13	Reubicación	El área es de alta susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial por encontrarse en una depresión que pertenece al cauce antiguo del río Santa. Actualmente existe defensa ribereña para evitar la inundación.
	41015	CP. Huaca Blanca Alta	Chepén	La Libertad		Reubicación	Área susceptible a inundación por encontrarse en un cauce antiguo del río Loco de Chamán.
	41016	CP. Tahuantinsuyo	Chepén	La Libertad		Reubicación	El centro poblado se encuentra asentado en área del cauce antiguo del río Chaman.
	41017	CP Pakatnamu	Pacasmayo	La Libertad		Reconstrucción	Producto de las intensas precipitaciones, las torrenceras secas que atraviesan el centro poblado se activaron e inundaron las viviendas y derrumbó algunas paredes de ellas.
	41018	Sector La Línea - El Pancal	Ascope	La Libertad		Reconstrucción	Inundación originada por desborde del canal de riego. El desborde fue causado por la obstrucción del puente vial que se encuentra el canal de riego.
	41019	Chicama Chocope	Ascope	La Libertad		Rehabilitación	Inundación fluvial en la margen derecha del río Chicama causado por el desborde del río y recuperación de cauce antiguo. Las aguas afectaron carretera, viviendas, granja de pollos y tierras de cultivo.
	41020	AAHH Virgen del Socorro (Trujillo)	Trujillo	La Libertad		Reubicación	Las aguas provenientes de la quebrada Del León inundaron calles y viviendas.
	41021	Ascope (Quebrada Cocolicote)	Ascope	La Libertad		Rehabilitación	Inundación fluvial causada por desborde en la margen derecha de la quebrada Cocolicote. Las aguas se encausaron por la vía hasta llegar a la plaza de armas de Ascope.
	41022	AAHH Cacique de Lloc - Ontere Giura (San Pedro de Lloc)	Pacasmayo	La Libertad		Reconstrucción	Las aguas provenientes de la quebrada Cupisnique inundaron los AA.HH. Cacique de Lloc y Ontere Giura del distrito San Pedro de Lloc. Foto 2.

	41023	CP La Primavera (San Pedro de Lloc)	Pacasmayo	La Libertad		Reconstrucción	Inundación fluvial originada por desborde de la quebrada Cupisnique afectó viviendas.
	41024	AAHH Buenos Aires (La Pampa II Etapa)	Pacasmayo	La Libertad		Reconstrucción	Inundación fluvial originada por desborde de la quebrada Cupisnique afectó viviendas.
	41025	Panamericana Norte (Sector La Arenita)	Ascope	La Libertad		Reconstrucción	Inundación por desborde de cauce de quebrada Río Seco afectó viviendas y tierras de cultivo.
	41026	Victor Larco Herrera (Trujillo)	Trujillo	La Libertad		Rehabilitación	Las aguas provenientes de la quebrada San Idelfonso inundó las calles del distrito Víctor Larco Herrera. Foto 3.
FLUJOS (HUAICOS, DE LODO U OTROS)	41027	CP. Campo Nuevo	Virú	La Libertad	20	Reubicación	Se observa viviendas construidas en las desembocaduras de quebradas que podrían ser afectadas por flujos excepcionales.
	41028	Calle Nuevo Milenio del CP. San Ignacio	Virú	La Libertad		Reconstrucción	Se observa viviendas construidas en las desembocaduras de torrenteras secas que podrían ser afectadas por flujos excepcionales.
	41029	CP. Huaca Corral	Virú	La Libertad		Reubicación	Se observó viviendas y postes de energía eléctrica destruidas. Foto 4.
	41030	CP. Huaca Corral	Virú	La Libertad		Reubicación	Afectó un centro comunal, una loza deportiva y viviendas.
	41031	CP. Ciudad de Dios	Pacasmayo	La Libertad		Reubicación	Producto de las fuertes precipitaciones en la zona, las aguas de escorrentía arrastraron los detritos sueltos, canalizándolos por el cauce de la quebrada. El cauce atraviesa el CP. Ciudad de Dios.
	41032	CP. Faclo Chico	Pacasmayo	La Libertad		Reubicación	Producto de las fuertes precipitaciones en la zona, las aguas de escorrentía arrastraron los detritos sueltos, canalizándolos por el cauce de la quebrada. El cauce atraviesa el CP. Faclo Chico.
	41033	CP. Nueva Esperanza	Pacasmayo	La Libertad		Reubicación	Producto de las fuertes precipitaciones en la zona, las aguas de escorrentía arrastraron los detritos sueltos, canalizándolos por el cauce de la quebrada. El cauce atraviesa el CP. Nueva Esperanza.

41034	CP. Los Jardines	Chepén	La Libertad	Rehabilitación	Producto de las fuertes precipitaciones en la zona, las aguas de escorrentía arrastraron los detritos sueltos, canalizándolos por las pequeñas torrenteras secas. Los cauces atraviesan galpones de crianza de pollos y algunas viviendas.
41035	Flanco sur oeste del Cerro Chepén	Chepén	La Libertad	Rehabilitación	Flujo de lodo proveniente de los mantos de arena afectó las calles y viviendas de la ciudad de Chepén.
41036	CP. El Algarrobal de San Mateo	Chepén	La Libertad	Rehabilitación	La población de El Algarrobal de San Mateo se encuentra asentado sobre depósitos de flujos antiguos provenientes del cerro Talambo.
41037	Anexo Piedra - Molino	Ascope	La Libertad	Reubicación	Flujo de detritos discurrió canalizado por el cauce de la quebrada y afectó tres viviendas, canal de riego y trocha carrozable.
41038	CP Sausal	Ascope	La Libertad	Rehabilitación	Flujo de detritos con origen en cerro Sausal discurrió canalizado por el cauce de la quebrada y afectó calles y viviendas.
41039	Sector El Pozo	Gran Chimú	La Libertad	Reubicación	El excesivo material detrítico que fue transportado por el río San Felipe colmató el cauce y taponeó ligeramente el puente. Esto causó desborde de las aguas que afectaron viviendas.
41040	Sector Jolluco Bajo	Gran Chimú	La Libertad	Rehabilitación	Flujo de detritos discurrió por la quebrada recuperando su cauce normal y afectó viviendas.
41041	Quebrada San Idelfonso (Trujillo)	Trujillo	La Libertad	Rehabilitación	Los flujos provenientes de la quebrada San Idelfonso inundaron calles y viviendas de los distritos de El Porvenir, Florencia Mora, Trujillo y Victor Larco Herrera. Foto 5. A) y B).
41042	Quebrada San Carlos (Laredo)	Trujillo	La Libertad	Reubicación	Afectó viviendas, restaurante campestre, canal de riego y trocha carrozable. Foto 6.
41043	Quebrada Del León (Trujillo)	Trujillo	La Libertad	Reubicación	Producto de las intensas precipitaciones se generaron flujos en la quebrada León y afectó calles y viviendas de los distritos de Huanchaco y La Esperanza en la ciudad de Trujillo. Foto 7.
41044	AAHH Victor Raúl (Ascope)	Ascope	La Libertad	Rehabilitación	Los flujos afectaron viviendas.
41045	AAHH Victor Raúl (Ascope), Calle Hipólito Unanue	Ascope	La Libertad	Rehabilitación	Los flujos afectaron viviendas y loza deportiva.

	41046	El Porvenir (Barrio Betel - Barrio 4E)	Trujillo	La Libertad		Rehabilitación	Producto de las precipitaciones pluviales, en las torrenteras que atraviesa los Barrios 4E y Betel se generaron flujo de lodo y afectaron calles y viviendas.
EROSIÓN FLUVIAL	41047	Sector Vichayal del CP. Huabal	Chepén	La Libertad	1	Rehabilitación	La población del CP. Huabal y del sector Vichaya se encuentra asentado sobre depósitos de flujos antiguos provenientes del cerro Talambo.
DESIZAMIENTOS, CAÍDA DE ROCAS U OTROS	41048	CP. Faclo Grande	Pacasmayo	La Libertad	1	Reubicación	Reubicar las viviendas que se encuentran en zonas de derrumbes; canalizar el cauce de la quebrada que pasa por el medio del CP. Faclo Grande; Prohibir la construcción de vivienda en zonas de derrumbes y en cauce de quebrada.
INUNDACIÓN PLUVIAL	41049	CP. Nuevo horizonte	Chepén	La Libertad	2	Rehabilitación	Producto de las intensas precipitaciones y forma ondulada del terreno, se formaron aniegos en las calles que afectaron a las viviendas de adobe.
	41050	CP Pakatnamu	Pacasmayo	La Libertad		Rehabilitación	Las aguas pluviales provocó el desborde de la laguna o poza para tratamiento de aguas servidas.

Elaborado por: Lucio Medina & Jhoel Gonzales.

Cuadro 3.3:
Centros poblados afectados por los peligros detonados con las fuertes lluvias de El Niño Costero 2017 en la región La Libertad.
Sector 4B

Tipo de peligro	POG	Centros poblados	Provincia	Región	Número	Acción recomendada	Observaciones
INUNDACIÓN FLUVIAL	42051	Hda. Buena Vista	Virú	La Libertad	6	Reubicación	También se produjeron daños en áreas de cultivo y bloqueo de carretera.
	42052	La Huaca	Virú	La Libertad		Rehabilitación	También se produjo la obstrucción de carretera y a áreas de cultivo
	42053	San Juan	Virú	La Libertad		Reubicación	Viviendas destruidas, carretera bloqueada y áreas de cultivo cubiertas por material desplazado por el río. Foto 8. A) y B).
	42054	La Alameda	Virú	La Libertad		Reubicación	Viviendas inundadas, trocha carrozable bloqueada y áreas de cultivo erosionadas por desborde del río.
	42055	Calunga	Virú	La Libertad		Reubicación	Vivienda (hotel) destruida. Foto 9.
	42056	Pedregal	Trujillo	La Libertad		Reubicación	Bloqueo de camino rural, inundación de viviendas, destrucción de tuberías de agua potable. Foto 10. A) y B).
FLUJOS (HUAICOS, DE LODO U OTROS)	42057	Simbal	Trujillo	La Libertad	10	Reubicación	Afectó viviendas, restaurante campestre y tuberías de agua potable.
	42058	Los Pinos	Virú	La Libertad		Reubicación	Cultivos erosionados, viviendas y granjas afectadas.
	42059	Turbinzal	Virú	La Libertad		Reubicación	Cultivos erosionados, viviendas afectadas y bloqueo de carretera.
	42060	Saraque	Virú	La Libertad		Reubicación	Viviendas y áreas de cultivo cubiertas por arena y gravas, probable propagación de focos infecciosos por la presencia de relleno sanitario junto a la quebrada.
	42061	Cruz Blanca	Trujillo	La Libertad		Reubicación	Bloqueo de trocha carrozable, viviendas destruidas, probabilidad de afectar áreas de cultivo y canal de regadío.
	42062	Hda. Puente Larco	Trujillo	La Libertad		Reubicación	Bloqueo de carretera y daños en vivienda.
	42063	La Cuesta	Otuzco	La Libertad		Reubicación	Daños en viviendas, loza deportiva destruida, bloqueo de trocha carrozable.
	42064	Miñate	Otuzco	La Libertad		Reubicación	Daños en viviendas, bloqueo de carretera, posibles daños en postes de cableado eléctrico.
	42065	Platanal	Otuzco	La Libertad		Reubicación	Daños en viviendas, áreas de cultivo, bloqueo de carretera, posibles daños en viviendas ubicadas al pie de ladera.
	42066	Plaza Pampa-Paday	Otuzco	La Libertad		Reubicación	Posibles daños en viviendas, áreas de cultivo, bloqueo de carretera. Foto 11.

EROSIÓN FLUVIAL	42067	Otuzco	Otuzco	La Libertad	1	Reubicación	Una vivienda destruida, con la posibilidad de afectar un sector más grande. Foto 12.
DESIZAMIENTOS, CAÍDA DE ROCAS U OTROS	42068	Plaza Pampa	Otuzco	La Libertad	1	Reubicación	Daños en viviendas, áreas de cultivo, bloqueo de carretera. Foto 13. A) y B).

Elaborado por: Willy Ramos & Omar Latorre

Cuadro 3.4
Tramos carreteros afectados por los peligros detonados con las fuertes lluvias de El Niño Costero 2017 en la región Cajamarca.
Sector 4A.

Tipo de peligro	POG	Carretera	Tramo de carretera	Longitud afectada (km)	Región	Acción recomendada	Observaciones
INUNDACIÓN FLUVIAL	43001	Chepén - Nanchoc	Río de Nanchoc	0.3	Cajamarca	Rehabilitación	La carretera es afectada por crecida del nivel de agua del río Nanchoc. En la zona se está desarrollando obras para laguna de oxidación de aguas servidas que podría ser afectada por inundaciones y erosión fluvial.
FLUJOS (HUAICOS, DE LODO U OTROS)	43002	Nanchoc - San José	Río de Nanchoc	0.05	Cajamarca	Rehabilitación	Las intensas lluvias en la zona, activó la quebrada generando flujos de detritos que afectó la carretera.
	43003	Zapotal - Nanchoc	Quebrada Despoblado	5.42	Cajamarca	Rehabilitación	Flujo de detritos discurrió por la quebrada Despoblado y afectó la trocha carrozable.
	43004	San Gregorio - El Prado	Flanco sur del cerro El Pozo	0.02	Cajamarca	Rehabilitación	Flujo de detritos discurrió canalizado por la quebrada El Molino.
	43005	San Gregorio - El Prado	Quebrada Carnamut.	0.014	Cajamarca	Rehabilitación	Flujo de detritos discurrió por una pequeña quebrada y afectó carretera. La zona, también es susceptible a la ocurrencia de derrumbes.
	43006	Chepén - San Gregorio	Sector Pueblo Nuevo	0.02	Cajamarca	Rehabilitación	Flujo de detritos canalizado discurrió por quebrada pequeña y afectó carretera.
	43007	Ciudad de Dios - Tembladera	Sector Las Huacas	0.1	Cajamarca	Rehabilitación	Los flujos tienen como origen las quebradas Cajón, Monte Grande y el cerro Pedroso. Afectó carretera.
	43008	San José - Tembladera	Quebrada Palangana; CP. Pedregal	0.07	Cajamarca	Rehabilitación	La carretera en la zona cruza un abanico proluvial de 1 300 m de ancho.
	43009	San José - Tembladera	Quebrada Hda. Vieja; entre Los Prados y La Florida	0.04	Cajamarca	Rehabilitación	En la desembocadura de la quebrada Hacienda Vieja se observa un abanico de 1 800 m de ancho sobre el cual se asienta el CP. De La Florida.

43010	San José - Tembladera	Quebrada Del Caracol; entre La Florida - Ventanillas	0.03	Cajamarca	Rehabilitación	En la desembocadura de la quebrada Del Caracol, se observa un abanico de 600 metros de ancho sobre el cual se asienta el CP. Ventanillas
43011	Tembladera - Trinidad	Quebrada Chausis (entre Yonán Viejo y Las Pampas)	4.26	Cajamarca	Reubicación	En la quebrada Chausis se observan numerosas ocurrencias de flujos antiguos y actuales que provienen principalmente de las quebradas Zapotal, Chiminote, Cholol, Poñes y Caña Brava.
43012	Tembladera - Trinidad	Quebrada Chocol; sector CP. Santa Catalina	0.11	Cajamarca	Reconstrucción	Flujo de detritos discurre por la quebrada Cholol con 110 metros de ancho de quebrada.
43013	Tembladera - Trinidad	Quebrada Poñes; Sector CP. Las Pampas	0.03	Cajamarca	Reconstrucción	Flujo de detritos discurre por la quebrada Poñes erosionando sus riberas.
43014	Tembladera - Trinidad	Quebrada Caña Brava	0.09	Cajamarca	Reconstrucción	Flujo de detritos discurre por la quebrada Cholol con 90 m de ancho de quebrada.
43015	Pacasmayo - Cajamarca	Sector El Mango	0.7	Cajamarca	Reconstrucción	Los huaicos que se generen en el flanco sureste del cerro Campana podría obstruirse en las alcantarilla compuesta por dos tubos circulares de diámetro 1.5 metros cada una y afectarían la circulación de tránsito en la zona y a las viviendas.
43016	Pacasmayo - Cajamarca	Quebrada Las Viejas	0.03	Cajamarca	Reconstrucción	Las fuertes precipitaciones en zona activaron la quebrada. Los materiales arrastrados fueron obstruidos por una alcantarilla de forma circular con un diámetro de 1.5 metros aproximadamente. Foto 14.
43017	Pacasmayo - Cajamarca	Cerro Monte Grande	0.02	Cajamarca	Rehabilitación	Las fuertes precipitaciones en zona activaron la quebrada en el flanco sur del cerro Monte Grande. Los materiales arrastrados traspasaron la carretera.
43018	Pacasmayo - Cajamarca	Quebrada Peña Blanca	0.02	Cajamarca	Rehabilitación	Las fuertes precipitaciones activaron el cauce de la quebrada Peña Blanca.
43019	Pacasmayo - Cajamarca	Quebrada Cabuyar	0.02	Cajamarca	Rehabilitación	Flujo de detritos discurrió por el cauce de la quebrada Cabuyar; traspasó la carretera y descargó el material en el río Jequetepeque.
43020	Pacasmayo - Cajamarca	Quebrada Nazario	0.04	Cajamarca	Reconstrucción	Flujo de detritos discurrió por la quebrada Nazario, traspasó la carretera y descargó el material en el río Jequetepeque. Afectó carretera y viviendas. El cauce de la quebrada fue obstruido por una alcantarilla de 4 m de largo y 1 m de alto.

43021	Pacasmayo - Cajamarca	Quebrada Los Layos	0.03	Cajamarca	Rehabilitación	Flujo de detritos discurrió por el cauce de la quebrada Los Layos, traspasó la carretera y descargó el material en el río Jequetepeque afectando la carretera
43022	Chilite - Contumazá	Flanco noroeste del cerro Cadaudon	5	Cajamarca	Rehabilitación	Múltiples derrumbes en el talud superior de la carretera, con forma de arranque irregular y discontinuo.
43023	Pacasmayo - Cajamarca	Quebrada Tabacal	0.03	Cajamarca	Rehabilitación	Flujo canalizado por la quebrada, traspasó la vía de acceso hacia la ciudad de Cajamarca, y depositó todo el material sobre el cauce del río Magdalena.
43024	San Benito - Ascope	Quebrada La Luma	0.1	Cajamarca	Rehabilitación	Las intensas precipitaciones ocurridas en la zona activaron la quebrada, el agua removi6 los materiales sueltos y ensanch6 el cauce activo depositando el material a lo largo del cauce.
43025	San Benito - Ascope	Quebrada Calvo	0.12	Cajamarca	Reconstrucción	Las intensas precipitaciones ocurridas en la zona activaron la quebrada el Calvo, el agua removi6 los materiales sueltos y ensanch6 el cauce activo depositando el material a lo largo del cauce de quebrada y sobre el río San Benito.
43026	San Benito - Ascope.	CP. El Algarrobal	7.35	Cajamarca	Reubicación	Zona de ocurrencias de flujos de detritos. No permitir el poblamiento personas.
43027	San Benito - Cascas	Quebrada San Benito	1.4	Cajamarca	Reubicación	Las intensas precipitaciones ocurridas en la zona activaron la quebrada, el agua removi6 los materiales sueltos y ensanch6 el cauce activo depositando el material a lo largo del cauce. En la zona se observa flujo ramificado.
43028	San Benito - Cascas	Cerro Algarrobal	0.4	Cajamarca	Reubicación	Las intensas precipitaciones ocurridas en la zona activaron la quebrada, el agua removi6 los materiales sueltos y ensanch6 el cauce activo depositando el material a lo largo del cauce.
43029	Algarrobal - Curipampa	Santa Ana - Jazmín	2	Cajamarca	Reconstrucción	Las intensas precipitaciones ocurridos en la zona activaron la quebrada Chust6n y el río Santa Ana; Afect6 trocha carrozable.
43030	San Benito - Cascas	Río Santa Ana	0.3	Cajamarca	Reubicación	Las intensas precipitaciones ocurridas en la zona activaron el río Santa Ana, el agua removi6 los materiales sueltos y ensanch6 el cauce activo. Afect6 trocha carrozable y línea de alta tensi6n. Foto 15.
43031	Ascope - CP. Jaguay	Quebrada Shimba	5.5	Cajamarca	Reubicación	Las intensas precipitaciones en la zona, activaron la quebrada Shimba, las aguas que discurrieron arrastraron los detritos sueltos, depositándolo a lo largo del cauce y en la desembocadura. Los flujos afect6 trocha carrozable.

	43032	Ascope - CP. Jaguay	CP. Shimba	0.1	Cajamarca	Reconstrucción	Las intensas precipitaciones en la zona, activaron la quebrada del sector, las aguas que discurrieron arrastraron los detritos sueltos depositándolo a lo largo del cauce y en la desembocadura. Los flujos afectó trocha carrozable.
EROSIÓN FLUVIAL	43033	Nanchoc - Bolívar	Sureste de Nanchoc	0.2	Cajamarca	Reubicación	Erosión fluvial en la margen derecha de riachuelo afectó carretera.
	43034	Tembladera - Cajamarca	Frente a CP. Yonan Viejo	0.026	Cajamarca	Reconstrucción	Erosión fluvial en la margen derecha afectó carretera en un tramo de 260 metros.
	43035	Pacasmayo - Cajamarca	Tembladera - Yonán Nuevo	0.12	Cajamarca	Rehabilitación	Erosión fluvial en la margen derecha del río Jequetepeque.
	43036	Quindén Bajo - El Prado	Noroeste de Vivero	0.35	Cajamarca	Reconstrucción	Erosión fluvial en la margen izquierda del río Payac afectó tocha carrozable.
	43037	Salire - San Luis Grande	Salitre - Las Paltas	0.15	Cajamarca	Reconstrucción	Erosión fluvial en la margen izquierda del río San Miguel en un tramo de 150 m aproximadamente.
	43038	Chilete - Contumazá	Chilete - Huertas	0.03	Cajamarca	Reconstrucción	Erosión fluvial en la margen izquierda del río Huertas en un tramo de 34m.
	43039	Pacasmayo - Cajamarca	Al este de Huaquillas	1	Cajamarca	Reconstrucción	Erosión fluvial discontinua en la margen derecha del río Magdalena, en un tramo de 1 000 m a lo largo del talud inferior de la carretera.
DESIZAMIENTOS, CAÍDA DE ROCAS U OTROS	43040	San Gregorio - El Prado	Flanco sureste del cerro Ventanas	0.02	Cajamarca	Rehabilitación	Derrumbe de rocas en una longitud de arranque continúa de 5 m; con tipo de rotura en cuña. Diámetro promedio de las rocas es menor a 0.8 m.
	43041	San Gregorio - El Prado	Quebrada Yerba Buena.	0.02	Cajamarca	Rehabilitación	Derrumbe de forma irregular continua afectó la carretera.
	43042	San Gregorio - El Prado	San Gregorio - CP. Lives	0.1	Cajamarca	Rehabilitación	Derrumbe de forma irregular y discontinua afectó carretera.
	43043	San Gregorio - El Prado	Entrada a San Gregorio	0.2	Cajamarca	Rehabilitación	Derrumbe de forma irregular y discontinua afectó carretera.
	43044	Chepén - San Gregorio	Pueblo Nuevo - San Gregorio	0.1	Cajamarca	Rehabilitación	Derrumbe de forma irregular y discontinua afectó carretera en tramos discontinuos.
	43045	Chepén - San Gregorio	Sector Pay Pay	0.5	Cajamarca	Rehabilitación	Derrumbe de forma irregular y discontinua afectó carretera.
	43046	Chepén - San Gregorio	Sapote - Pueblo Nuevo	0.8	Cajamarca	Rehabilitación	Derrumbe de forma irregular discontinua afectó carretera.
	43047	Chepén - San Gregorio	Sector Los Reyes	0.1	Cajamarca	Rehabilitación	Derrumbe de forma irregular discontinua afectó carretera.

43048	Ciudad de Dios - Tembladera	Represa Gallito Ciego (Cerro Monte Grande)	0.7	Cajamarca	Rehabilitación	Deslizamiento traslacional con una longitud aproximadas de 70 m de escarpa, desnivel entre escarpa y pie 50 m, salto principal de 15 m.
43049	Tembladera - Trinidad	Sector Cruz Chiquita	2.61	Cajamarca	Rehabilitación	Derrumbe irregular discontinuo afectó carretera de acceso hacia Trinidad. En la zona también se observa erosión en cárcava.
43050	Tembladera - Trinidad	Sur del CP. Nuevo Jerusalén	1.8	Cajamarca	Rehabilitación	Derrumbe irregular discontinuo afectó carretera de acceso hacia Trinidad. En la zona también se observa erosión en cárcava.
43051	Contumazá - Catán	Sector Altamisa	0.65	Cajamarca	Rehabilitación	Derrumbe de forma irregular y discontinua en el talud superior de la carretera; en tramos de 100 y 80 m respectivamente.
43052	Contumazá - Catán	Cerro Amanchaloc	0.07	Cajamarca	Reconstrucción	Múltiples derrumbes en ambos lados de la quebrada. Se observa procesos de erosión en cárcava.
43053	Contumazá - Catán	Cerro Angulo	1.47	Cajamarca	Rehabilitación	Derrumbe de forma irregular y discontinua en el talud superior de la carretera.
43054	Contumazá - Cascas	Suroese de Curipampa	0.05	Cajamarca	Rehabilitación	Derrumbe con forma de arranque irregular discontinua, altura de arranque 30 m.
43055	Chilete - Contumazá	Río Contumazá	0.42	Cajamarca	Rehabilitación	Múltiples derrumbes en el talud superior de la carretera, con forma de arranque irregular y discontinua, altura de arranque 20 m a lo largo de 420 m de la vía.
43056	Chilete - Contumazá	Sector Nansha	0.05	Cajamarca	Reubicación	Derrumbe en el talud lateral de la vía, con una forma de arranque irregular continua, con una longitud de arranque de 50m, altura de 100 m. También se observa otros derrumbes de menor dimensión cerca al lugar. Foto 16
43057	Chilete - Contumazá	Quebrada Morochillo	1.6	Cajamarca	Rehabilitación	Múltiples derrumbes en el talud superior e inferior de la carretera, con forma de arranque irregular discontinua en un tramo de 1 600 m.
43058	Chilete - Contumazá	Sector Santa Rosa del Rupe	0.76	Cajamarca	Reconstrucción	Múltiples derrumbes en el talud superior e inferior de la carretera, con forma de arranque irregular discontinua en un tramo de 760m. Foto 17
43059	Chilete - Contumazá	Quebrada Sibilote	0.02	Cajamarca	Reconstrucción	Derrumbe en el talud inferior de la vía, con una forma de arranque regular continua.
43060	Pacasmayo - Cajamarca	Hacienda Zapotal	0.04	Cajamarca	Reconstrucción	Derrumbe por erosión fluvial en el talud inferior de la carretera con una forma de arranque regular continua, longitud de arranque de 40 m, altura 15 m.

Elaborado por: Lucio Medina & Jhoel Gonzales.

Cuadro 3.5
Tramos carreteros afectados por los peligros detonados con las fuertes lluvias de El Niño Costero 2017 en la región La Libertad.
Sector 4A.

Tipo de peligro	POG	Carretera	Tramo de carretera	Longitud afectada (km)	Región	Acción recomendada	Observaciones
INUNDACIÓN FLUVIAL	43061	Chicama - Cascas	San Diego	8	La Libertad	Rehabilitación	Inundación en la margen izquierda del río Chicama afectó tierras de cultivo y carretera.
	43062	Chicama - Casacas	Puente Ochape	1.2	La Libertad	Reconstrucción	Inundación en la margen derecha del río Chicama afectó tierras de cultivos y carretera.
	43063	Carretera Panamericana Norte	Noreste del Puente Careaga	0.45	La Libertad	Reconstrucción	Inundación en la margen derecha del río Chicama causado por el desborde del río y recuperación de cauce antiguo. Las aguas afectaron carretera, viviendas, granja de pollos y tierras de cultivo.
	43064	San Pedro de Lloc - Puémape	Norte del cerro Puémape	0.65	La Libertad	Reconstrucción	Inundación fluvial originada por desborde de la quebrada Cupisnique afectó carretera.
FLUJOS (HUAICOS, DE LODO U OTROS)	43065	Guadalupito - Huaca Corral	Cerro Culebras	1.5	La Libertad	Rehabilitación	Afectó carretera Guadalupito - Huaca corral en diferentes tramos.
	43066	Chepén - San Gregorio	Flanco noroeste de cerro Talambo	1.3	La Libertad	Reconstrucción	La carretera fue afectada por flujos ramificados en tramos discontinuos.
	43067	Chepén - San Gregorio	Quebrada Zanjón Hondo	1.29	La Libertad	Reconstrucción	La carretera fue afectada por flujos ramificados en tramos discontinuos.
	43068	Chepén - San Gregorio	La Cruz - El Algarrobal	0.43	La Libertad	Reconstrucción	La carretera fue afectada por flujos ramificados en tramos discontinuos.
	43069	Panamericana Norte	Km 697. Ciudad de Dios - Guadalupe	4.5	La Libertad	Reconstrucción	Producto de las intensas precipitaciones, las pequeñas quebradas que se encuentran en la zona se activaron y discurrieron flujos que cruzaron la carretera Panamericana Norte.
	43070	San Benito - Cascas	Quebrada Lapalen	0.05	La Libertad	Reconstrucción	Las intensas precipitaciones ocurridas en la zona activaron la quebrada Lapalen, el agua removió los materiales sueltos y ensanchó el cauce activo.
	43071	Cascas - Contumazá	Sector Tambo La Lima	0.06	La Libertad	Reconstrucción	Flujo de detritos con porcentaje de agua escasa discurrió por cauce de cárcava y afectó carretera.
	43072	Cascas - Contumazá	Piscigranja Corlas Cascas	0.2	La Libertad	Rehabilitación	El flujo se originó en ladera del cerro Rumán, afectó carretera y una minicentral hidroeléctrica en desuso.

	43073	Cascas - Contumazá	Quebrada Corlas	0.03	La Libertad	Reconstrucción	Flujo de detritos discurrió canalizado por la quebrada Corlas y afectó carretera.
	43074	Cascas - Contumazá	Quebrada Chimbiles	0.07	La Libertad	Reconstrucción	Flujo de detritos discurrió por la quebrada Chimbiles afectó carretera y puente. Se observa una alcantarilla circular de diámetro 2 m construido temporalmente. Foto 18.
	43075	Chicama - Cascas	Quebrada Mala Alma	0.05	La Libertad	Reconstrucción	Flujo de detritos discurrió por el cauce de la quebrada Mala Alma, en su paso afectó carretera y colmató de sedimentos los canales de riego.
	43076	Chicama - Cascas	Quebrada Pelenque	0.08	La Libertad	Reconstrucción	Flujo de detritos discurrió por el cauce de la quebrada Pelenque, en su paso afectó carretera y colmató de sedimentos los canales de riego.
	43077	Chicama - Cascas	Flanco Noroeste del cerro Grande	0.5	La Libertad	Reconstrucción	Ocurrencia de flujo colmató el cauce de canal de riego y provocó desborde y derrumbes en talud inferior de carretera.
	43078	Chicama - Cascas	Quebrada Pampa Hermosa	0.1	La Libertad	Reconstrucción	Flujo de detritos discurrió canalizado por la quebrada Pampa Hermosa afectó 2 viviendas y 100 metros de carretera.
	43079	Chicama - Casacas	Cerro Tambora	0.05	La Libertad	Reconstrucción	Flujo de detritos discurrió por cauce de quebrada afectó carretera.
	43080	Ascope - San Benito	Cerro Orifico	2.6	La Libertad	Reubicación	Flujo de detritos discurrió por la quebrada, arrastrando los materiales detríticos a lo largo del cauce.
	43081	Ascope - San Benito	Quebrada San Antonio	1.8	La Libertad	Reubicación	Flujo de detritos discurrió por la quebrada, arrastrando los materiales detríticos a lo largo del cauce.
	43082	Chicama - Cascas	Río Quirripango	0.15	La Libertad	Reconstrucción	Las intensas precipitaciones pluviales en las microcuencas del río Quirripango originaron una crecida excepcional del caudal, causó un ensanchamiento del cauce y depositó el material removido en el cauce. Afectó planta de tratamiento de aguas servidas.
EROSIÓN FLUVIAL	43083	Guadalupito - Sarcope	Huaca Corral - Sarcope	0.8	La Libertad	Reubicación	Erosión fluvial en la margen derecha de río Santa afectó trocha carrozable y tierras de cultivo.
	43084	San Benito - Cascas	Río Cascas	0.03	La Libertad	Reconstrucción	Las intensas precipitaciones ocurridos en la zona activaron el río Cascas, el agua removió los materiales sueltos originando la obstrucción del Puente y posterior erosión de la carretera en la margen derecha.
	43085	Chicama - Cascas	Sausal - Salinas	0.6	La Libertad	Reconstrucción	Erosión fluvial en la margen izquierda del río Chicama. Foto 19.
	43086	Chicama - Cascas	Pampa de Jaguey - La Botella	1.64	La Libertad	Reconstrucción	Desborde del río y erosión fluvial afectó la carretera en la margen izquierda del río Chicama. También afectó 2 viviendas.

	43087	Chicama - Cascas	Quebrada Calvayuque	0.3	La Libertad	Rehabilitación	Erosión fluvial en la margen izquierda del río Cascas en tramos discontinuos afectó carretera.
	43088	Chicama - Sayapullo	Cerro Portachuelo	0.4	La Libertad	Rehabilitación	Erosión fluvial en la margen derecha del río Chicama afectó carretera.
	43089	Panamericana Norte	Trujillo	0.12	La Libertad	Reconstrucción	Las aguas provenientes de la quebrada El León erosionó la carpeta asfáltica de la carretera Panamericana Norte en un tramo de 123 m. Foto 20.
	43090	Panamericana Norte	Km 661; Quebrada Cupisnique	3.7	La Libertad	Reconstrucción	Las aguas provenientes de la quebrada Cupisnique erosionaron la carretera Panamericana Norte (km 661), en un tramo discontinuo de 3.7 km; luego inundó los asentamientos humanos Casique de Lloc y Ontere Grua del pueblo San Pedro de Yoc. Foto 21.
	43091	Panamericana Norte	Sector Cacique	0.08	La Libertad	Reconstrucción	La aguas provenientes de la quebrada Cupisnique traspasaron la Panamericana Norte erosionándolo en un Tramo de 80 m.
Deslizamientos, caída de rocas u otros	43092	Cascas - Contumazá	Sector El Molino	1.2	La Libertad	Rehabilitación	Derrumbe con tipo de rotura mixta con forma de arranque irregular discontinua afectó carretera.
	43093	Cascas - Contumazá	Corte Cerrado	1	La Libertad	Rehabilitación	Derrumbe con tipo de rotura mixta, con forma de arranque irregular discontinua afectó carretera.
	43094	Cascas - Contumazá	Sector La Loma del Medio	1.14	La Libertad	Rehabilitación	Derrumbe y deslizamiento ocurre en el talud superior de la carretera. También se observan rocas colgadas.

Elaborado por: Lucio Medina & Jhoel Gonzales.

Cuadro 3.6
Tramos carreteros afectados por los peligros detonados con las fuertes lluvias de El Niño Costero 2017 en la región La Libertad.
Sector 4B

Tipo de peligro	POG	Carretera	Tramo de carretera	Longitud afectada (km)	Región	Acción recomendada	Observaciones
INUNDACIÓN FLUVIAL	44001	Carretera	Chao-Buena Vista	0.06	La Libertad	Reconstrucción	Río Cerro Blanco
	44002	Carretera	Chao-Buena Vista	0.15	La Libertad	Reconstrucción	Río Puyto
FLUJOS (HUAICOS, DE LODO U OTROS)	44003	Carretera	Sector Bello Horizonte	0.15	La Libertad	Rehabilitación	Quebrada La Portada
	44004	Trocha carrozable	Carrizal-Ñari	0.1	La Libertad	Rehabilitación	Quebrada Playa de Ñari
	44005	Trocha carrozable	Carrizal-Ñari	0.3	La Libertad	Rehabilitación	Quebrada Zapotal
	44006	Trocha carrozable	Sector Fundo Las Animas	0.1	La Libertad	Rehabilitación	Quebrada Cajamarca. Foto 22. A) y B).
	44007	Trocha carrozable	Sector San José Cholocar	0.15	La Libertad	Rehabilitación	Río La Cuesta
	44008	Trocha carrozable	Llacamate-Huaraday	0.08	La Libertad	Rehabilitación	Quebrada La Berruga
	44009	Trocha carrozable	Turbinzal-Chorobal	0.5	La Libertad	Rehabilitación	Río Cerro Blanco
	44010	Carretera	Monte Grande-Santa Rita	0.1	La Libertad	Rehabilitación	Río Huamanzaña
	44011	Carretera	Santa Rita-Santa Rosa	0.1	La Libertad	Reconstrucción	Río Huamanzaña
	44012	Trocha carrozable	Santa Rosa-Casa Blanca	0.25	La Libertad	Rehabilitación	Hda. Huamanzaña

44013	Trocha carrozable	Casa Blanca-Llacamate	0.2	La Libertad	Rehabilitación	Casa Blanca
44014	Trocha carrozable	Quebrada Simulo-Tanguche	0.4	La Libertad	Rehabilitación	Quebrada Simulo
44015	Carretera	Quebrada Simulo-Tanguche	0.15	La Libertad	Rehabilitación	2 km después de pasar la Qda. Pampa Colorada.
44016	Carretera	Quebrada Simulo-Tanguche	0.03	La Libertad	Reconstrucción	Quebrada Palo Redondo
44017	Carretera	Tanguche-Hda. Suchiman	0.15	La Libertad	Rehabilitación	Quebrada Quita sueño
44018	Trocha carrozable	Hda. Suchiman-Chuquicara	0.05	La Libertad	Rehabilitación	Hda. Suchiman
44019	Trocha carrozable	Hda. Suchiman-Chuquicara	0.1	La Libertad	Rehabilitación	
44020	Trocha carrozable	Hda. Suchimancillo-Chuquicara	0.3	La Libertad	Rehabilitación	2.4 km antes de llegar a la Qda. Del Silencio.
44021	Trocha carrozable	Hda. Suchimancillo-Chuquicara	0.1	La Libertad	Rehabilitación	Quebrada Del Silencio.
44022	Carretera	El Niño-Botador	0.35	La Libertad	Rehabilitación	Quebrada Niño
44023	Carretera	California-Los Angeles	0.3	La Libertad	Rehabilitación	A 0.2 km al norte del poblado de San Agustín
44024	Trocha carrozable	Fundo Queneto-Puquio Grande	0.1	La Libertad	Rehabilitación	Río Carabambita
44025	Trocha carrozable	Mayasgo-Juyacul	0.07	La Libertad	Rehabilitación	Quebrada Carabamba
44026	Trocha carrozable	Juyacul-Satapampa	0.07	La Libertad	Reconstrucción	Quebrada Algodonal
44027	Trocha carrozable	Buena Vista-El Quinual	0.25	La Libertad	Rehabilitación	Río Pursulate
44028	Trocha carrozable	Calipuy-Sogobara	0.04	La Libertad	Rehabilitación	Santa Cruz de Chuna
44029	Trocha carrozable	Aguipay-Casapampa	0.02	La Libertad	Rehabilitación	Quebrada San León

	44030	Carretera	Los Toritos-Agua Colorada	0.07	La Libertad	Rehabilitación	Laguna Negra
	44031	Trocha carrozable	Mayahuista-Calamarca	0.08	La Libertad	Rehabilitación	A 1.7 km al NO del río Pirhuay
	44032	Trocha carrozable	Oscol-San Ignacio	0.04	La Libertad	Rehabilitación	A 1.4 km al SO de San Ignacio
	44033	Trocha carrozable	Yerba Buena-Sinsicap	0.05	La Libertad	Rehabilitación	A 1.5 km al S de Sinsicap
	44034	Trocha carrozable	Cerro Blanco-El Castillo	0.15	La Libertad	Rehabilitación	A 0.85 km al SE de la carretera industrial
	44035	Carretera	Chuai-Huangabal	0.02	La Libertad	Rehabilitación	Río La Cuesta
	44036	Trocha carrozable	Huangabal-La Cuesta	0.04	La Libertad	Rehabilitación	Quebrada Peña el Loro
	44037	Trocha carrozable	Chaga Pampa-Pollo	0.03	La Libertad	Rehabilitación	Río Pollo
	44038	Trocha carrozable	Chaga Pampa-Chaga/Huara	0.13	La Libertad	Rehabilitación	Margen derecha del río Pollo
	44039	Carretera	Fundo Platanal-Plaza Pampa	0.05	La Libertad	Rehabilitación	Quebrada Jesús María. Foto 23. A) y B).
EROSIÓN FLUVIAL	44040	Trocha carrozable	Sector Casa Blanca	0.09	La Libertad	Rehabilitación	Quebrada Purgatorio
	44041	Trocha carrozable	Sector Hda. Laramie	0.15	La Libertad	Reconstrucción	Río Huamanzaña. Foto 24.
	44042	Trocha carrozable	Fundo Tizal-Puente Chao	0.09	La Libertad	Reconstrucción	Río Chao
	44043	Carretera	Arcalle-Cruz Quenga	0.09	La Libertad	Rehabilitación	Río Constancia
DESLIZAMIENTOS, CAÍDA DE ROCAS U OTROS	44044	Trocha carrozable	Llacamate-Huaraday	0.5	La Libertad	Reconstrucción	Río Huaraday. Foto 25.
	44045	Trocha carrozable	Llacamate-Huaraday	0.4	La Libertad	Rehabilitación	Quebrada Carrizal
	44046	Trocha carrozable	Hda. Suchimancillo-Hda. Suchiman	0.15	La Libertad	Rehabilitación	Tablones.
	44047	Trocha carrozable	Calipuy-Sogobara	0.07	La Libertad	Rehabilitación	Quebrada Calipuy

44048	Trocha carrozable	Huamada-Aguipay	0.15	La Libertad	Rehabilitación	Río Huaran
44049	Trocha carrozable	Santiago de Chuco-Cachicadan	0.07	La Libertad	Rehabilitación	Quebrada Chivatos
44050	Carretera	Huayatan-Santiago de Chuco	0.08	La Libertad	Rehabilitación	Quebrada Chulite. Foto 26.
44051	Trocha carrozable	Chaga Pampa-Chocta Pampa	0.025	La Libertad	Rehabilitación	Carnachic
44052	Trocha carrozable	Trigo Pampa-Carnachic	0.07	La Libertad	Rehabilitación	Río Pollo. Foto 27.
44053	Carretera	Pueblo Nuevo-Otuzco	0.13	La Libertad	Rehabilitación	Murayapampa
44054	Carretera	Pueblo Nuevo-Otuzco	0.3	La Libertad	Rehabilitación	Gruta Virgen de la Puerta
44055	Trocha carrozable	Sinsicap-San Ignacio	0.09	La Libertad	Rehabilitación	A 1.6 km al NE de Sinsicap
44056	Trocha carrozable	Sinsicap-San Ignacio	0.08	La Libertad	Rehabilitación	A 1.13 km al NE de Sinsicap
44057	Carretera	Pueblo Nuevo-José Balta	0.3	La Libertad	Rehabilitación	A 2.77 km al SO de Otuzco
44058	Carretera	Motil-Arcalle	0.1	La Libertad	Rehabilitación	A 1.15 km al SE de Motil
44059	Carretera	Cushpiorco-Peña Cruz Quenga	0.15	La Libertad	Rehabilitación	A 10.61 km al O de Quiruvilca
44060	Carretera	Chinchango Campo Bello-Julcán	0.2	La Libertad	Rehabilitación	A 1.47 km al NO de Julcán
44061	Trocha carrozable	Huangabal-La Cuesta	0.23	La Libertad	Rehabilitación	Río La Cuesta, 1.43 km al SO de La Cuesta.
44062	Carretera	Casmicjhe-Challcacocha	0.15	La Libertad	Rehabilitación	Quebrada Huacaday

Elaborado por: Willy Ramos & Omar Latorre

Cuadro 3.7
Obras de infraestructura afectados por los peligros detonados con las fuertes lluvias de El Niño Costero 2017 en la región Cajamarca.
Sector 4A

Tipo de peligro	POG	Infraestructura	Distrito	Provincia	Región	Acción recomendada	Observaciones
INUNDACIÓN FLUVIAL	45001	Cultivo	San Miguel	San Miguel	Cajamarca	Reubicación	Debido al crecimiento excepcional del río Jequetepeque se inundó y erosionó las tierras de cultivo en ambas márgenes del río.
FLUJOS (HUAICOS, DE LODO U OTROS)	45002	Puente	Bolívar	San Miguel	Cajamarca	Rehabilitación	Futuras ocurrencias de flujos podrían socavar las bases del puente.
	45003	Puente	Yonán	Contumazá	Cajamarca	Reconstrucción	Flujo discurrió por la quebrada, erosionó ambas márgenes de la quebrada y colmató el cauce. Las viviendas ubicadas en la margen izquierda del cauce de quebrada podrían ser afectadas por flujos al obstruirse el puente mal construido.
	45004	Puente	Yonán	Contumazá	Cajamarca	Reconstrucción	Flujo de detritos discurrió por la quebrada Nazario, traspasó la carretera y descargó el material en el río Jequetepeque. Afectó carretera y viviendas. El cauce de la quebrada fue obstruido por una alcantarilla de 4 m de largo y 1 m de alto.
	45005	Puente	Chilete	Contumazá	Cajamarca	Reconstrucción	Flujo que discurrió por el cauce del río Huertas casi llegó a obstruir el puente que se encuentra a la salida del sector Chilete con dirección a la ciudad de Cajamarca.
	45006	Puente	San Benito	Contumazá	Cajamarca	Reconstrucción	Flujo de detritos excepcionales taponeó el puente vial de acceso a San Benito, debido a que el largo del puente es muy pequeño en comparación con el cauce real de la quebrada.
	45007	Torres de alta tensión	San Benito	Contumazá	Cajamarca	Reubicación	Las intensas precipitaciones ocurridas en la zona activaron el río Santa Ana, el agua removió los materiales sueltos y ensanchó el cauce activo. Afectó trocha carrozable y línea de alta tensión.

EROSIÓN FLUVIAL	45008	Cultivo	San Gregorio	San miguel	Cajamarca	Reubicación	Erosión fluvial afectó tierras de cultivo.
	45009	Puente	San Miguel	San miguel	Cajamarca	Reconstrucción	Debido al crecimiento excepcional del nivel de agua del río Pallac en el sector Quindén Bajo, las aguas chocaron en el puente y salpicaron, discurriendo sobre las calles de dicho sector. En las márgenes de los ríos Pallac y Jequetepeque que rodea la población de Quindén Bajo ocurre erosión fluvial que podría afectar a sus habitantes.

Cuadro 3.8

Obras de infraestructura afectados por los peligros detonados con las fuertes lluvias de El Niño Costero 2017 en la región La Libertad. Sector 4A

Tipo de peligro	POG	Infraestructura	Distrito	Provincia	Región	Acción recomendada	Observaciones
INUNDACIÓN FLUVIAL	45010	Cultivo	Pueblo nuevo	Chepén	La Libertad	Reubicación	El río recuperó su cauce y afectó cultivos existentes en el área. CP. Nuevo horizonte (Río Chamán)
	45011	Cultivo	Chicama	Ascope	La Libertad	Rehabilitación	Inundación en la margen izquierda del río Chicama afectó tierras de cultivo y carretera. Sector San Diego.
	45012	Cultivo	Chicama	Ascope	La Libertad	Reubicación	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Chicama afectó tierras de cultivo. En la zona, también rastros de inundaciones por desborde del río que afectaron cultivos. Foto 28.
	45013	Cultivo	Cascas	Gran Chimú	La Libertad	Reconstrucción	Inundación en la margen derecha del río Chicama afectó tierras de cultivos y carretera. Sector Puente Ochape.
	45014	Cultivo	Chocope	Ascope	La Libertad	Reubicación	Inundación en la margen derecha del río Chicama causado por el desborde del río y recuperación de cauce antiguo. Las aguas afectaron carretera, viviendas, granja de pollos y tierras de cultivo. Se ubica al Noreste del Puente Careaga
	45015	Cultivo	Virú	Virú	La Libertad	Rehabilitación	Inundación fluvial por represamiento de aguas pluviales en laguna seca. El desborde de las aguas podría afectar la ciudad de Pacasmayo.
HUAICO S, DE LODO U	45016	Canal	Chepén	Chepén	La Libertad	Rehabilitación	No se registraron daños de consideración en el canal de riego; pero, huaico de grandes volúmenes podría afectar el canal. Sector Morona Alta (Canal de riego Jequetepeque - Zaña).
	45017	Canal	Chepén	Chepén	La Libertad	Reconstrucción	Obstrucción parcial del canal de riego a causa de flujos. Sector Pampa Talambo (Canal de riego Jequetepeque - Zaña)

45018	Canal	Pacanga	Chepén	La Libertad	Reconstrucción	Obstrucción parcial del cauce del canal de riego a causa de flujos. Noroeste de Cruz Alta (Canal de riego Jequetepeque - Zaña)
45019	Canal	Chepén	Chepén	La Libertad	Reconstrucción	Flujo de detritos que discurrió por el cauce de la quebrada fue obstruido levemente por el "Puente Canal" de 1.5 m. de ancho y afectó canal de riego. Sureste del CP. Calera Alta (Canal de riego Jequetepeque - Zaña).
45020	Cultivo	Chepén	Chepén	La Libertad	Reubicación	Las fuertes precipitaciones en zona, activaron la quebrada La Arenita. El agua que discurrió por el cauce arrastró los materiales sueltos y los depositó sobre cultivos de arroz. Quebrada La Arenita.
45021	Mini central hidroeléctrica	Cascas	Gran Chimú	La Libertad	Reubicación	El flujo se originó en ladera del cerro Rumán, afectó carretera y una minicentral hidroeléctrica en desuso. Sector Piscigranja Corlas Cascas. Foto 29.
45022	Puente	Cascas	Gran Chimú	La Libertad	Reconstrucción	Flujo de detritos discurrió por la quebrada Chimbiles afectó carretera y puente. Se observa una alcantarilla circular de diámetro 2 m construido temporalmente.
45023	Canal	Chicama	Ascope	La Libertad	Reconstrucción	Flujo de detritos discurrió por el cauce de la quebrada Mala Alma, en su paso afectó carretera y colmató de sedimentos los canales de riego.
45024	Canal	Chicama	Ascope	La Libertad	Reconstrucción	Flujo de detritos discurrió por el cauce de la quebrada Pelenque, en su paso afectó carretera y colmató de sedimentos los canales de riego.
45025	Puente	Cascas	Gran Chimú	La Libertad	Rehabilitación	El excesivo material detrítico que fue transportado por el río Cascas colmató el cauce. En la margen derecha existen viviendas que podrían ser afectadas por flujos en el futuro. Carretera Chicama - Cascas (Puente Ochape)
45026	Planta de tratamiento de aguas servida	Cascas	Gran Chimú	La Libertad	Reubicación	Ocurrencia de flujo de detritos en el flanco sur del cerro Jaguey afectó una planta de tratamiento de aguas servidas y 5 viviendas del CP. Jaguey, anexo Los Incas.
45027	Canal	Ascope	Ascope	La Libertad	Rehabilitación	Los flujos afectaron viviendas y canal de riego. AAHH Luis Sánchez (Ascope).
45028	Canal	Ascope	Ascope	La Libertad	Rehabilitación	Los flujos afectaron viviendas y canal de riego. AAHH Santa Rosa (Ascope)
45029	Canal	Ascope	Ascope	La Libertad	Rehabilitación	Los flujos afectaron viviendas y canal de riego. AAHH Santa Rosa (Ascope).

	45030	Planta de tratamiento de aguas servidas	Chicama	Ascope	La Libertad	Reubicación	Las intensas precipitaciones pluviales en las microcuencas del río Quirripango originaron una crecida excepcional del caudal, causó un ensanchamiento del cauce y depositó el material removido en el cauce. Afectó planta de tratamiento de aguas servidas.
Erosión fluvial	45031	Cultivo	Guadalupito	Virú	La Libertad	Reubicación	Erosión fluvial en la margen derecha de río Santa afectó trocha carrozal y tierras de cultivo. Entre Huaca Corral y Sarcupe
	45032	Canal	Chepén	Chepén	La Libertad	Reconstrucción	Erosión fluvial afectó margen derecha del canal de riego. Sector Morona Alta (Canal de riego Jequetepeque - Zaña). Foto 30.
	45033	Canal	Chepén	Chepén	La Libertad	Reconstrucción	Erosión fluvial afectó 35 m aproximados de canal de riego. Entre Pampa Talambo y Pampa Larga (Canal de riego Jequetepeque - Zaña).
	45034	Cultivo	Chepén	Chepén	La Libertad	Reubicación	Erosión fluvial en la margen derecha del río Loco de Chaman afectó tierras de cultivo. CP. Huaca Blanca Alta.
	45035	Canal	Pueblo Nuevo	Chepén	La Libertad	Rehabilitación	Erosión fluvial afectó 56 m de canal de riego en la margen derecha. AAHH. Alto San Idelfonso.
	45036	Cultivo	Jequetepeque	Pacasmayo	La Libertad	Rehabilitación	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Jequetepeque afectó tierras de cultivo.
	45037	Cultivo	Guadalupe	Pacasmayo	La Libertad	Rehabilitación	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Jequetepeque afectó tierras de cultivo. Sector La Leche (río Jequetepeque).
	45038	Cultivo	Jequetepeque	Pacasmayo	La Libertad	Rehabilitación	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Jequetepeque generó inundación de cultivos de arroz. Sector Las Flores.
	45039	Cultivo	Guadalupe	Pacasmayo	La Libertad	Rehabilitación	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Jequetepeque generó inundación de cultivos de arroz. Sector Santa Marta.
	45040	Puente	Cascas	Gran Chimú	La Libertad	Reconstrucción	Las intensas precipitaciones ocurridos en la zona activaron el río Cascas, el agua removió los materiales sueltos originando la obstrucción del Puente y posterior erosión de la carretera en la margen derecha.
	45041	Cultivo	Casa Grande	Ascope	La Libertad	Reubicación	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Chicama ocurrió en aguas arriba y abajo del puente Victoria. Afectó tierras de cultivo. Sector Roma.
	45042	Puente peatonal	Cascas	Gran Chimú	La Libertad	Reconstrucción	Erosión fluvial en la margen derecha del río Cascas afectó tierras de cultivo y pilote del puente peatonal. En la margen derecha, aguas abajo del puente, se observa erosión fluvial que afectó el talud inferior de la carretera. Foto 31.

	45043	Cultivo	Chocope	Ascope	La Libertad	Reubicación	Erosión fluvial y desborde por la margen derecha del río Chicama afectó tierras de cultivo. La zona afectada corresponde a antiguo brazo del río Chicama. Las aguas cruzaron la carretera Panamericana Norte. Noreste del Puente Careaga.
	45044	Cultivo	Magdalena de Cao	Ascope	La Libertad	Reubicación	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Chicama afectó tierras de cultivo. En la margen izquierda se observa desborde del río. Sector Campiña de Nepen.
INUNDACIÓN PLUVIAL	45045	Planta de tratamiento de aguas servidas	Guadalupe	Pacasmayo	La Libertad	Reubicación	Las aguas pluviales provocó el desborde de la laguna o poza para tratamiento de aguas servidas ubicado en el CP. Pakatnamu.

Elaborado por: Lucio Medina & Jhoel Gonzales.

Cuadro 3.9
Obras de infraestructura afectados por los peligros detonados con las fuertes lluvias de El Niño Costero 2017 en la región La Libertad.
Sector 4B.

TIPO DE PELIGRO	POG	Infraestructura	Distrito	Provincia	Región	Acción recomendada	Observaciones
FLUJOS (HUAICOS, DE LODO U OTROS)	46001	Canal	Simbal	Trujillo	La Libertad	Reconstrucción	Mucha-Qda. Tungul
	46002	Canal	Chao	Virú	La Libertad	Reconstrucción	Qda. Pampa Blanca
EROSIÓN FLUVIAL	46003	Puente	Simbal	Trujillo	La Libertad	Reconstrucción	Carrizal. Foto 32. A) y B).
INUNDACIÓN PLUVIAL	46004	Canal	Virú	Virú	La Libertad	Reconstrucción	Huancaquito

Elaborado por: Willy Ramos & Omar Latorre.

CONCLUSIONES

- Los altos niveles de precipitaciones pluviales entre la llanura costera y la cordillera occidental, trajo como consecuencia el aumento del caudal en los principales ríos costeros, llegando en ocasiones a duplicar y hasta cuadruplicar sus valores promedios diarios históricos. El incremento en los volúmenes de agua generó que los ríos retomen sus antiguos cauces, muchos de los cuales ocupados por obras civiles (puentes, carreteras y ciudades) y terrenos de cultivo.
- Las fuertes precipitaciones pluviales asociadas al evento Niño Costero en la zona costera de las regiones La Libertad y Cajamarca entre los meses de enero y marzo del 2017, causaron variaciones del caudal (régimen hidrológico) de los ríos en la región. Los mayores excesos de lluvia se registraron en San Miguel, San Pablo, Contumazá y Gran Chimú. En Contumazá se registró la mayor precipitación acumulada en un mes (769,8 mm, en los últimos 50 años). Asimismo, las precipitaciones en la zona costera de La Libertad mostraron un exceso extremo, con lluvias que acumularon 78,3 mm / mes.
- Los valores de caudales registrados durante El Niño Costero 2017, principalmente en el río Jequetepeque fueron por encima de los promedios diarios históricos hasta en un 424 %; el caudal máximo registrado llegó a 550,0 m³/s y el mínimo de 98,0 m³/s. Los caudales promedios diarios del río Chicama registraron valores muy por encima de los caudales promedios diarios históricos, hasta en un 284 %; el caudal máximo registrado fue de 333,0 m³/s y el mínimo de 136,0 m³/s. Estos valores nos hace suponer que las inundaciones que afectaron tierras de cultivos y carreteras en las márgenes de los ríos Jequetepeque y Chicama, deben estar relacionadas a condicionantes que tengan que ver principalmente con la morfología del cauce del río y la cantidad de sedimentos o colmatación que presentan estos ríos.
- Durante los trabajos de campo se evidenció colmatación con abundante material fino (conglomerados, arena, limo y arcilla) dentro de los cauces de los ríos Loco de Chamán, Jequetepeque, Chicama, Moche, Virú y Santa.
- Los peligros geológicos identificados en el área de estudio, que ocurrieron durante el Niño Costero 2017, están asociados principalmente a las ocurrencias de procesos de movimientos en masa como flujos o huaicos, caídas (derrumbes), deslizamientos, y peligros geohidrológicos como inundación y erosión fluvial. Eventos que dañaron carreteras (asfaltadas, afirmadas y trochas carrozables), viviendas, infraestructura y tierras de cultivo. Así mismo, se observó que existen muchas áreas de alta susceptibilidad a la ocurrencia de flujos de detritos excepcionales que podrían afectar las viviendas ubicadas dentro de los cauces de ríos o en sus riberas; también, existen poblaciones ubicadas en las desembocaduras de quebradas susceptibles a ser afectadas por huaicos.
- La causa de daños registrados en viviendas e infraestructuras se relaciona a su ubicación en la desembocadura de quebradas, zonas de cauces antiguos y terrazas bajas; así como también, a la falta de obras de prevención o mitigación calculadas o mal diseñadas para eventos excepcionales.

- Poblados o sectores en el departamento de La Libertad que fueron afectados por inundación fluvial y donde existen viviendas que requieren ser reubicados son: Bajo Santa Rosa, Huaca Blanca Alta, Tahuantinsuyo, Buena Vista, San Juan, La Alameda, Calunga y Pedregal.
- Los poblados o sectores donde existen viviendas afectadas por flujos y que requieren ser reubicados son: Lives, Cafetal, Pay Pay, El Molino, La Portada, La Huaca, en el departamento de Cajamarca; Piedra-Molino, Pozo, La Cuesta, Miñate, Platanal, Plaza Pampa, Ciudad de Dios, Faclo Chico, Nueva Esperanza, Lives, Laredo, Simbal, Cruz Blanca, Puente Larco, Campo Nuevo, Huaca Corral, Los Pinos, Turbinzal, en La Libertad.
- Viviendas afectadas por erosión fluvial y que requieren ser reubicadas se ubican en Ventanillas y Santa Ana en el departamento de Cajamarca; Otuzco en el departamento de La Libertad.
- En los caseríos Chausibolan (Cajamarca), Faclo Grande y Plaza Pampa (La Libertad) existen viviendas que requieren ser reubicadas por ubicarse en áreas susceptibles a deslizamientos.
- En la ciudad de Trujillo, también existen viviendas que requieren ser reubicadas y se ubican principalmente en el cauce de la quebrada Del León y en quebradas sin nombres ubicadas en el distrito El Porvenir.
- La plataforma de la carretera Panamericana Norte (red vial nacional) fue afectada principalmente por erosión fluvial en los sectores de: la ciudad de Trujillo (quebrada Del León), margen derecha del río Chicama, desembocadura de la Quebrada Cupisnique y en el Puente Virú.
- Las carreteras principales entre: Pacasmayo – Chilete fue afectada principalmente por flujos de detritos o huaicos proveniente de quebradas aledañas; Chilete – Contumazá – Cascas fue afectada por derrumbes; Chicama – Cascas fue afectada principalmente por erosión fluvial y en algunos sectores por huaicos; Trujillo – Otuzco fue afectada por deslizamientos y flujos.
- Finalmente, como resultado de los trabajos de evaluación geológica se evaluaron 68 poblados, de los cuales 17 necesitan ser rehabilitados, nueve reconstruidos y 42 reubicados¹. De ellos 21 fueron afectados por inundación fluvial, 38 por flujos (huaico), seis por erosión fluvial y tres por deslizamientos. Se tienen un total de 156 tramos o sectores de vías (Carreteras y trochas) afectadas, de las cuales siete fueron afectadas por inundación fluvial, 86 por flujos, 20 por erosión fluvial y 48 por deslizamientos y/o derrumbes. Por otro lado, a nivel de infraestructura, los mayores daños fueron producidos por procesos de flujos que afectaron severamente canales de regadío y puentes; la erosión fluvial afectó tierras de cultivos y defensas ribereñas o muros de encauzamiento.

¹ Los centros poblados que necesitan reubicación, comprenden solamente las zonas afectadas o que puedan ser afectadas en un futuro (no todo el centro poblado).

RECOMENDACIONES

- Prohibir la ocupación de los cauces antiguos para fines agrícolas y/o asentamiento de viviendas en los ríos Loco de Chamán, Jequetepeque, Chicama, Moche, Virú y Santa. A su vez, realizar la descolmatación de sedimentos y construir defensas ribereñas en los tramos donde las alturas de las terrazas son muy superficiales; tener en cuenta que las direcciones de la línea por donde se coloque la defensa ribereña, se diseñe respetando el ancho del cauce.
- Reconstruir los tramos afectados por descarga de flujos en las carreteras y canales de riego. En el caso de canales construir “puentes canales” o “canales cubiertos” para el pase flujos y en el de carreteras construir badenes, en ambos casos respetando el ancho del cauce.
- Rediseñar las alcantarillas para el pase flujos ubicados en la carretera Pacasmayo – Cajamarca, como en el sector El mango y la quebrada Las Viejas, donde se evidencian daños a la carretera y viviendas por obstrucción del alcantarillado.
- Limpiar y canalizar el cauce de las quebradas secas reactivadas, teniendo en cuenta el caudal máximo que transportan en temporadas excepcionales de lluvia. Estas a su vez, deben ser limpiadas periódicamente.
- En la carretera Chilete – Contumaza – Cascas, afectada duramente por derrumbes; realizar la limpieza, mantenimiento y reparación de cunetas y alcantarillado en los tramos afectados. En algunos tramos realizar el respectivo banqueteo para estabilizar el talud superior de la carretera.
- Limpiar periódicamente los canales de riego que se distribuyen en los valles agrícolas para evitar inundaciones por desborde de canal, estas a su vez, deben ser revestidos con concreto.
- Reparar las carreteras dañadas por erosión fluvial colocando enrocados o gaviones a lo largo del tramo erosionado.
- Reubicar las viviendas asentadas en el cauce de las quebradas o dentro de la franja marginal las cuales fueron afectadas o podrían ser afectadas por eventos como flujos de detritos, inundaciones y erosión fluvial.
- Reubicar las viviendas ubicadas cercanas al borde de la terraza de los ríos, las cuales pueden ser afectadas si continua la erosión fluvial. Como en el caso del sector Ventanillas.
- Para el caso especial como las quebradas Cupisnique, San Idelfonso, Del Leon, río Chicama realizar una evaluación geológico-geomorfológica-geotécnica detallada para la evaluación de los peligros geológicos y/o remediación o mitigación.
- Realizar el monitoreo permanente de grandes deslizamientos que afectan tramos de carretera o centros poblados, que permitan tener conocimiento de su actividad y avance de los mismos, además servirá para constituir sistemas de alerta ante un

inminente colapso que pueda comprometer la seguridad de personas, animales, etc.

- Colocar drenajes en laderas que presentan movimientos y empuje de terreno, donde se evidencia la presencia y el afloramiento de agua subterránea.
- Se deben preparar y elaborar sistemas de alerta temprana (SAT) ante la ocurrencia de nuevas inundaciones fluviales y flujos de detritos en los sectores más críticos, que les permitan ser oportunamente alertados ante la ocurrencia de estos, estar preparados y reducir la pérdida de vidas humanas.
- Realizar planes de emergencia, donde se ubiquen a través de mapas, zonas seguras y se definan rutas de evacuación en caso de la ocurrencia de inundaciones fluviales y 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 localidades afectadas por este tipo de eventos.

BIBLIOGRAFÍA

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, Transportation researchs board Special Report 247, p. 36-75.

Dirección de Hidrografía y Navegación - DHN (2017). Comunicado Oficial N° 08-2017 (en línea). Comunicados oficiales ENFEN (consulta: 11 de agosto de 2017). Disponible en: https://www.dhn.mil.pe/comunicado_oficial_enfen

Hoek, E., & Bray, J. W. (1981). *Rock slope engineering*. Institution of Mining and Metallurgy, 358 p.

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.

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). Cuentas Nacionales Año base 2017-Producto Bruto Interno Trimestral (en línea). Informe Técnico N° 2- mayo 2017. (consulta: 11 de agosto del 2017). Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/02-informe-tecnico-n02_producto-bruto-interno-trimestral-2017i.pdf

INEI (2017). Perú: Panorama económico departamental (en línea). Informe técnico N° 6 junio 2017. (consulta: 11 de agosto del 2017). Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/06-informe-tecnico-n06_panorama-economico-departamental-abr2017.pdf

MEDINA, L., LUQUE, G. & PARI, W. (2012). Riesgos geológicos en la Región La Libertad. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 50, 233 p., 9 mapa.

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.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI (2017). Boletín Hidrometeorológico de la Dirección Zonal 3 Cajamarca La Libertad. Boletín año XVIII – Número 03 – Marzo 2017. (consulta: 11 de agosto del 2017). Disponible en: <http://www.senamhi.gob.pe/load/file/03701SENA-46.pdf>.

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.

VÍLCHEZ, M., et al. (2007).-Estudio geoambiental de la cuenca de los ríos Jequetepeque y Loco de Chamán. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 36, 292 p.

WWF (2017). Que es “El Niño costero” que está afectando a Perú y Ecuador (en línea). Artículo. (consulta: 25 de julio del 2017). Disponible en línea: <http://www.wwf.org.pe/?294950/que-es-el-nino-costero-que-esta-afectando-a-peru-y-ecuador>

Zavala, B. L., & Rosado, M. (2011). Riesgo geológico en la Región Cajamarca. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 44, 404 p.

ANEXOS

ANEXO 1: FOTOGRAFÍAS ILUSTRATIVAS

ANEXO 2: MEDIDAS CORRECTIVAS

ANEXO 3: FIGURAS Y MAPAS

ANEXOS 1: FOTOGRAFÍAS ILUSTRATIVAS



Foto 1. Viviendas sepultadas en el CP. La Portada por depósitos de flujo detrítico. Distrito San Benito, provincia Contumazá, Cajamarca.



Foto 2. Rastrs del nivel de agua alcanzada por la inundación fluvial en los asentamientos humanos Cacique de Lloc y Ontere Giura. Distrito San Pedro de Lloc, provincia Pacasmayo, La Libertad.



Foto 3. Rastros de nivel de agua alcanzada por inundación en las calles del distrito Víctor Larco Herrera; provincia Trujillo, La Libertad.



Foto 4. Vivienda e instalación de energía eléctrica ubicadas en el cauce de quebrada que fue afectada por flujo de detritos. CP. Huaca Corral, distrito Guadalupito, provincia Virú, La Libertad.



Foto 5. A). Rotura de dique transversal en el cauce de la quebrada San Idelfonso, Trujillo. B). Huellas del nivel de agua alcanzada por inundación en las calles del distrito El Porvenir, en la ciudad de Trujillo.



Foto 6. Viviendas destruidas por erosión fluvial, causado por la activación de la quebrada San Carlos en el distrito Laredo, provincia Trujillo, La Libertad.



Foto 7. Activación de la quebrada Del León afectó carretera, calles y viviendas en la ciudad de Trujillo; jurisdicción de los distritos Huanchaco y La Esperanza.

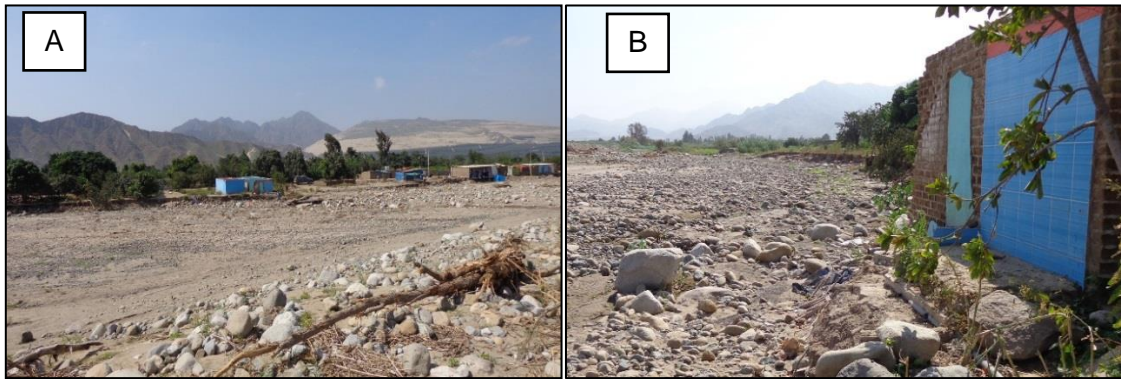


Foto 8. A) Foto panorámica de la inundación causada por el desborde del río Virú. Vista al SE.
 B) Viviendas afectadas por el desborde del río, en donde se aprecia también la presencia de detritos que han sido arrastrados por la corriente del río. Localidad de Zaraqe, distrito Virú. Vista al NE.



Foto 9. Hotel destruido con la inundación provocada por el desborde del río Virú, esta a su vez arrastró arenas pertenecientes a depósitos eólicos encontrados en la zona. Localidad Calunga, distrito Virú. Vista al Oeste.



Foto 10. A) Foto panorámica del río La Cuesta. La crecida del río ocasionó daños en tuberías de agua potable e inundó las viviendas aledañas, así también causó la destrucción de camino rural. Vista al SO. B) Local multiusos del Pedregal afectado por la inundación a causa del desborde del río La Cuesta, obsérvese el nivel del material arrastrado por la corriente del río. Localidad del Pedregal, distrito Simbal. Vista al Sur.



Foto 11. Flujo de detritos con clastos de tamaño variable, desplazados por una quebrada secundaria provocando el bloqueo de carretera y daños en tuberías de filtración de agua. Localidad Paday, distrito Salpo. Vista al NO.



Foto 12. Las precipitaciones pluviales intensas generaron la crecida del río Pollo, provocando la erosión de sus márgenes, afectando a viviendas ubicadas cerca de la margen derecha del río. Otuzco, La Libertad. Vista al SE.

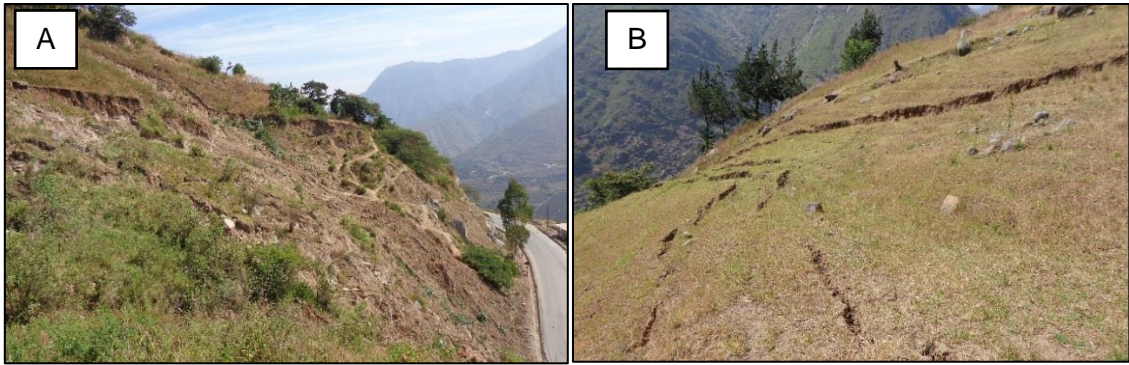


Foto 13. A) Deslizamiento rotacional, originado por el fracturamiento, meteorización y las precipitaciones pluviales. Localidad Plazapampa, distrito Salpo. Vista al SO. B) Agrietamientos de hasta 10 cm de abertura, observados en la parte superior del deslizamiento. Vista al Este.



Foto 14. Alcantarilla de dimensiones inadecuadas que fue cubierto por flujos provenientes de la quebrada Las Viejas. Distrito Yonán, provincia Contumazá, Cajamarca.



Foto 15. Trocha carrozable San Benito – Cascas, fue afectada por la activación del río Santa Ana. Distrito San Benito, provincia Contumazá, Cajamarca.



Foto 16. Derrumbe en el talud lateral de la carretera Chilete – Contumazá. Sector Nansha, distrito y provincia Contumazá, Cajamarca.



Foto 17. Derrumbe en el talud inferior de la carretera Chilete – Contumazá; Sector Santa Rosa del Rupe, distrito Chilete, provincia Contumazá, Cajamarca.



Foto 18. Flujo de detritos excepcional sobrepasó la capacidad del puente en la quebrada Chimbiles, carretera Cascas – Contumazá. Distrito Cascas, provincia Gran Chimú, La Libertad.



Foto 19. Rehabilitación parcial de la carretera Chicama-Cascas después de la erosión fluvial en la margen izquierda del río Chicama. Distrito Chicama, provincia Ascope, departamento La Libertad.



Foto 20. Erosión fluvial en la carpeta asfáltica en la vía circunvalación de la ciudad de Trujillo.
Distrito Huanchaco.



Foto 21. Erosión fluvial de la carpeta asfáltica en el Km 661, carretera Panamericana Norte.
Distrito de San Pedro de Lloc, provincia Pacasmayo, La Libertad.

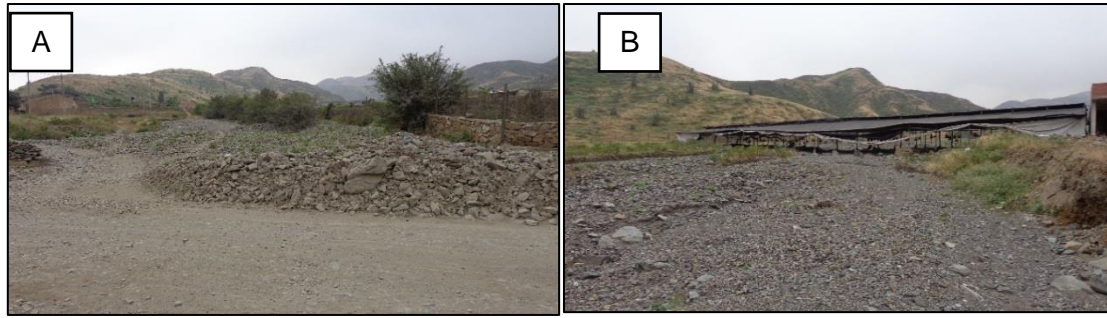


Foto 22. Zona afectada por flujos de detritos. A) Flujo de detritos compuesto por diferentes tamaños de clastos arrastrados a lo largo de la quebrada. B) Instalación de granja ubicada a mitad de la quebrada, afectada por flujos de detritos. Quebrada Cajamarca, distrito Simbal. Vista al NE.



Foto 23. A) Flujo de detritos ubicado en la quebrada Jesús María, distrito Salpo. Vista al NO. B) Nótese los clastos de roca intrusiva de gran tamaño que fueron arrastrados a lo largo de la quebrada Jesús María, los cuales provocaron el bloqueo de la carretera principal que une las provincias de Trujillo y Otuzco.



Foto 24. Trocha carrozable inhabilitada a causa de la erosión fluvial provocada por el río Huamanzaña. Hacienda Laramie, distrito Chao. Vista al NO.



Foto 25. Deslizamiento rotacional, originado por el intenso fracturamiento, meteorización y saturación, ocasionando la destrucción de la carretera y un posible represamiento del río Huaraday. Localidad Guacapungo, distrito Santiago de Chuco. Vista al NE.



Foto 26. Vía hacia Santiago de Chuco, se puede observar restos de material colapsado, que provocaron el bloqueo de la vía Quebrada Chulite, distrito de Santiago de Chuco. Vista al Este.



Foto 27. Derrumbes que provocaron el bloqueo de la vía, originadas por el fracturamiento, meteorización y las precipitaciones pluviales. Localidad Carnachique, distrito Otuzco. Vista al Norte.



Foto 28. Rastros de inundación fluvial en la margen izquierda del río Chicama; distrito Chicama, provincia Ascope, La Libertad.



Foto 29. Mini central hidroeléctrica en desuso afectado por flujos provenientes del cerro Rumán en el distrito Cascas, Provincia Gran Chimú, La Libertad.



Foto 30. Erosión fluvial que afectó canal de riego Jequetepeque – Zaña en el sector Morona Alta. Distrito y provincia Chepen, La Libertad.



Foto 31. Puente peatonal afectado por la erosión fluvial en el distrito Cascas, provincia Gran Chimú, La Libertad.

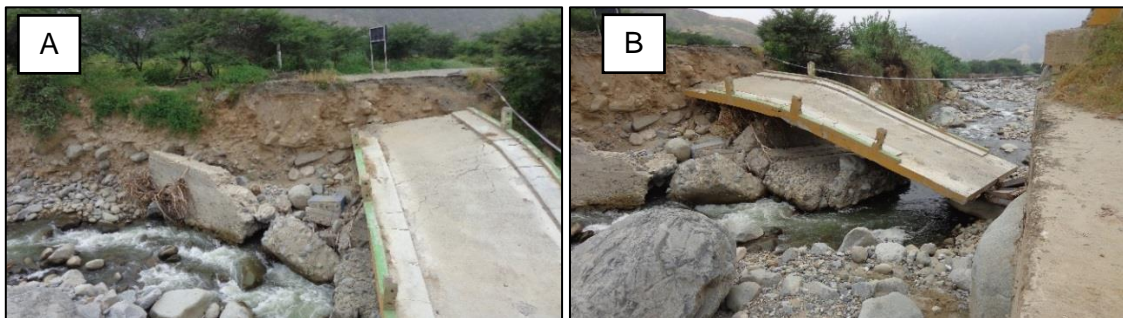


Foto 32. A) y B) Puente colapsado por el socavamiento de ambas márgenes del río Sinsicap. Localidad Carrizal, distrito Simbal. Vista al Sur.

ANEXO 2: 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 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 1 y 2).

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.

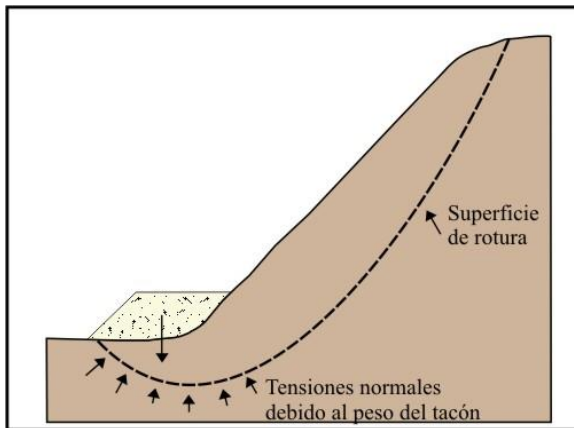


Figura 1: Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno.

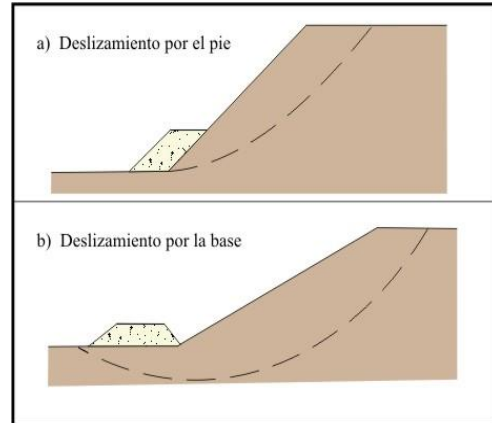


Figura 2: Colocación de escolleras.

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 3

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.

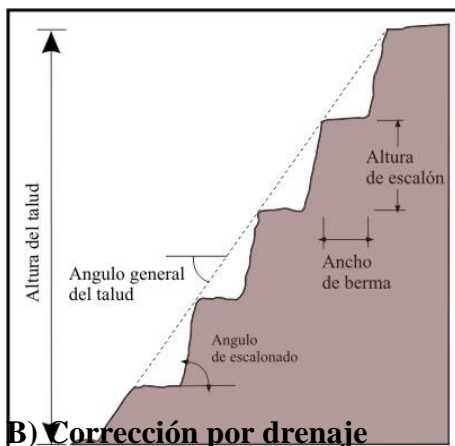


Figura 3: Esquema de un talud con bermas intermedias.

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 4).

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.

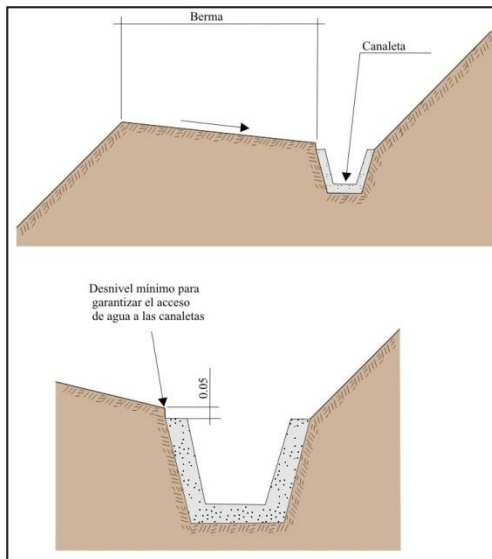


Figura 4: Detalle de una canaleta de drenaje superficial

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 (Figura 5).

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 5 y 6).

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.

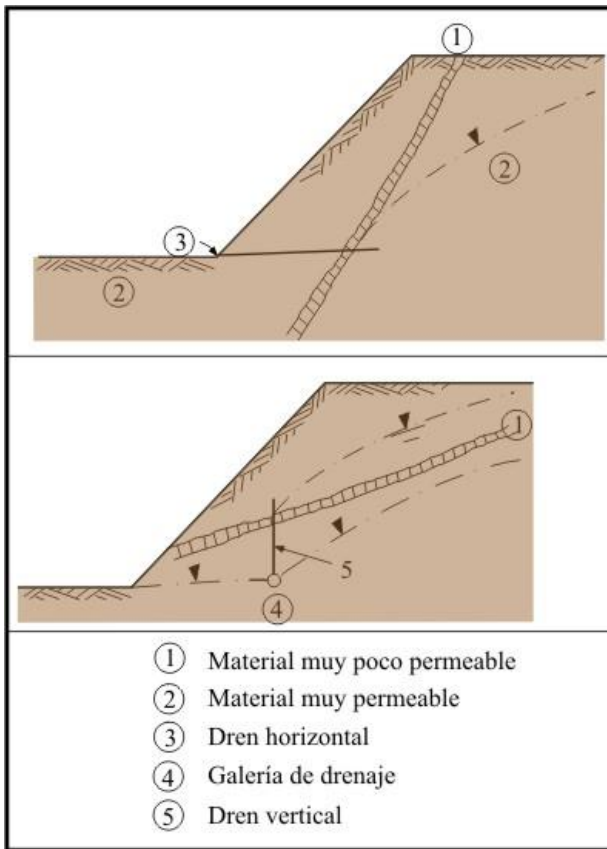


Figura 5: Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos.

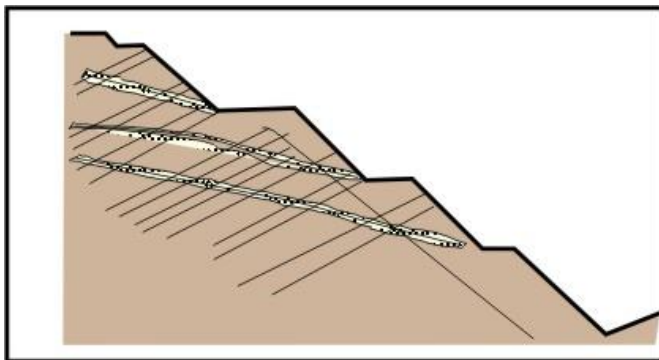


Figura 6. Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos

C) Corrección por elementos resistentes

C.1) Muros. Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (Figura 7).

En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (Figura 8). 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.

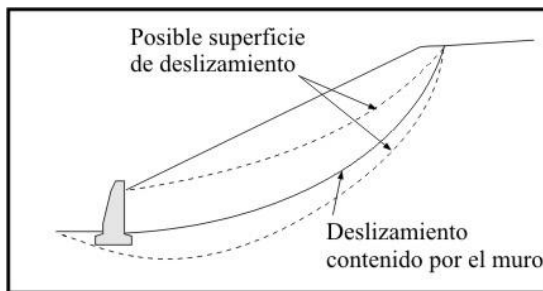


Figura 7: Contención de un deslizamiento mediante un muro.

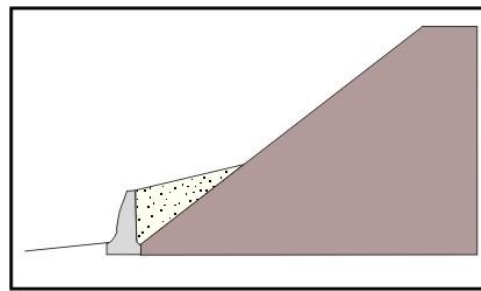


Figura 8: Relleno estabilizador sostenido por el muro.

Los muros se pueden clasificar en tres grupos (Figura 9):

- **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.

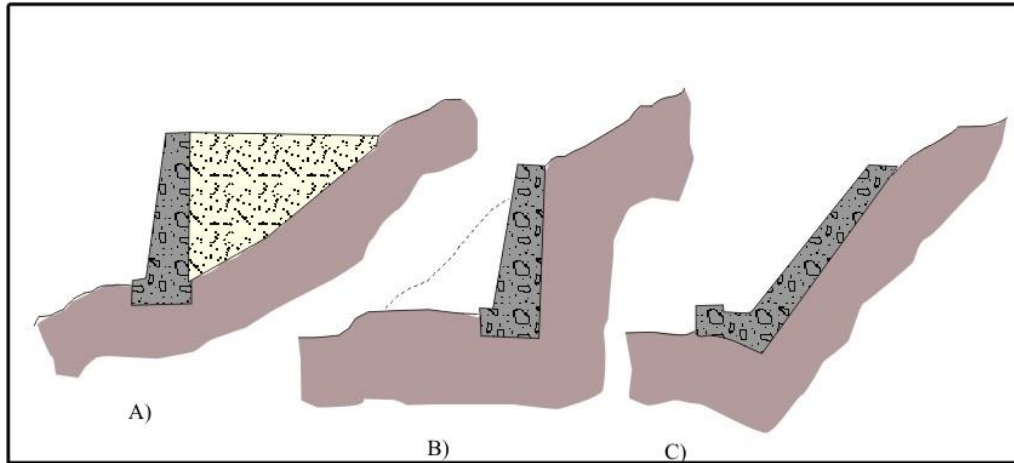


Figura 9: a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento.

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 10, 11 y 12).

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.

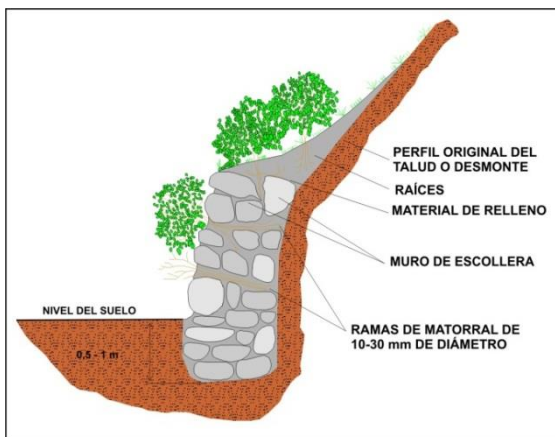


Figura 10 A). Muros de gravedad de piedra seca.

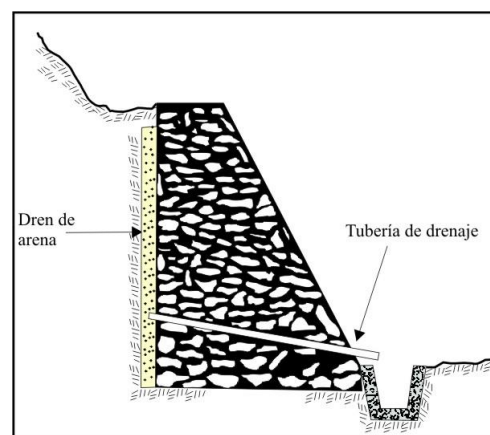


Figura 10 B) Muros de gravedad de piedra argamasada.

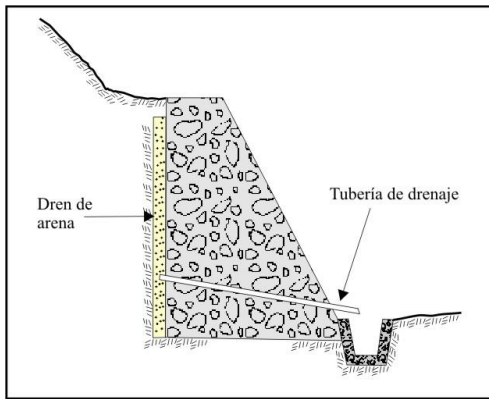


Figura 11: Muros de gravedad de concreto ciclópeo

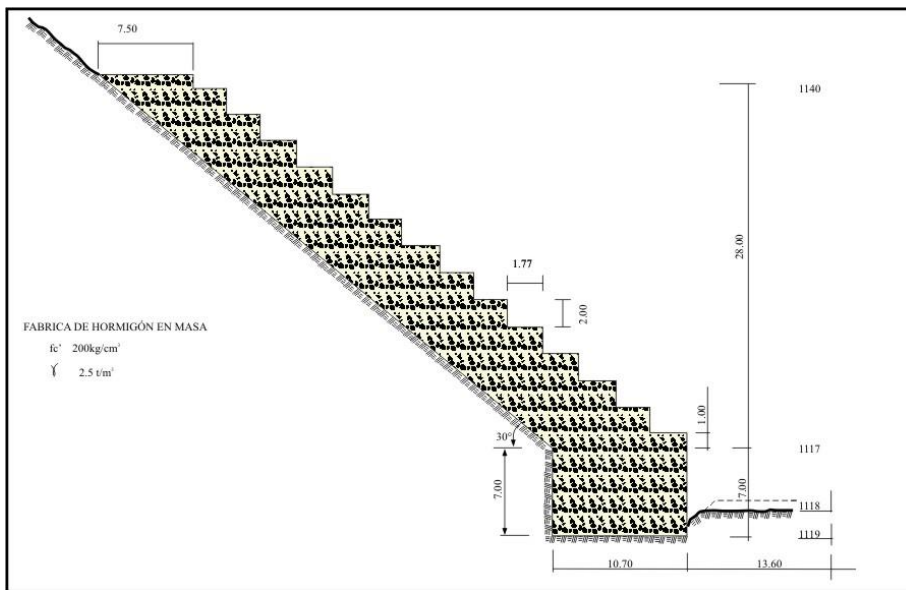


Figura 12: Muros de espesor máximo

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 13).

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.

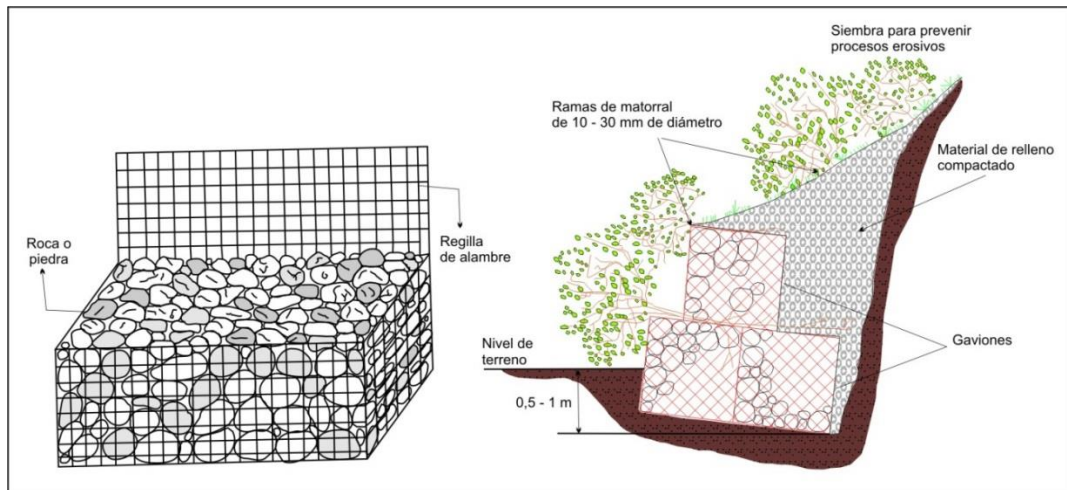


Figura 13: Muro de gavión.

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.

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 carcavamiento 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 14, 15, 16 y 17).
- 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 18 y 19), 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.

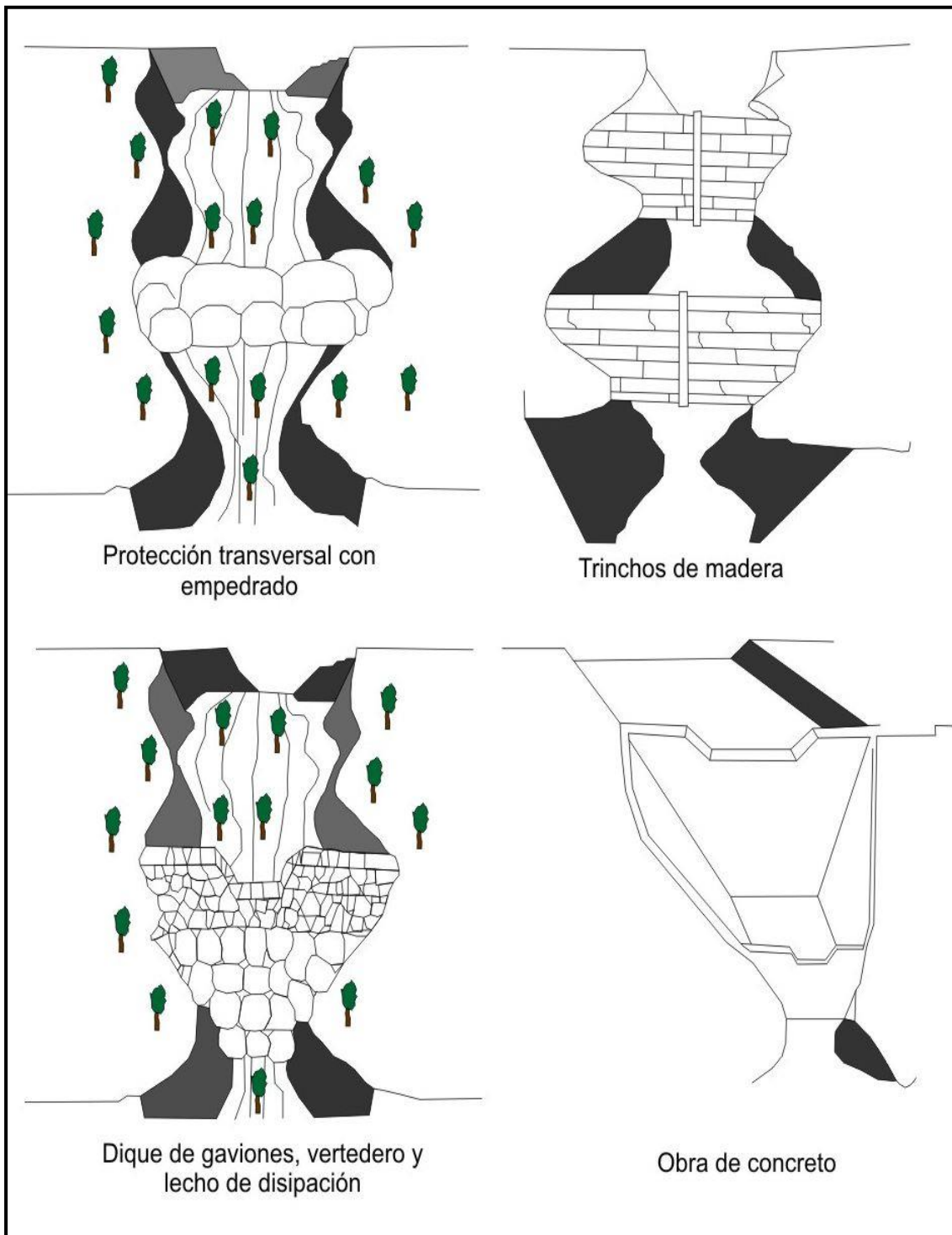


Figura 14: Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas.

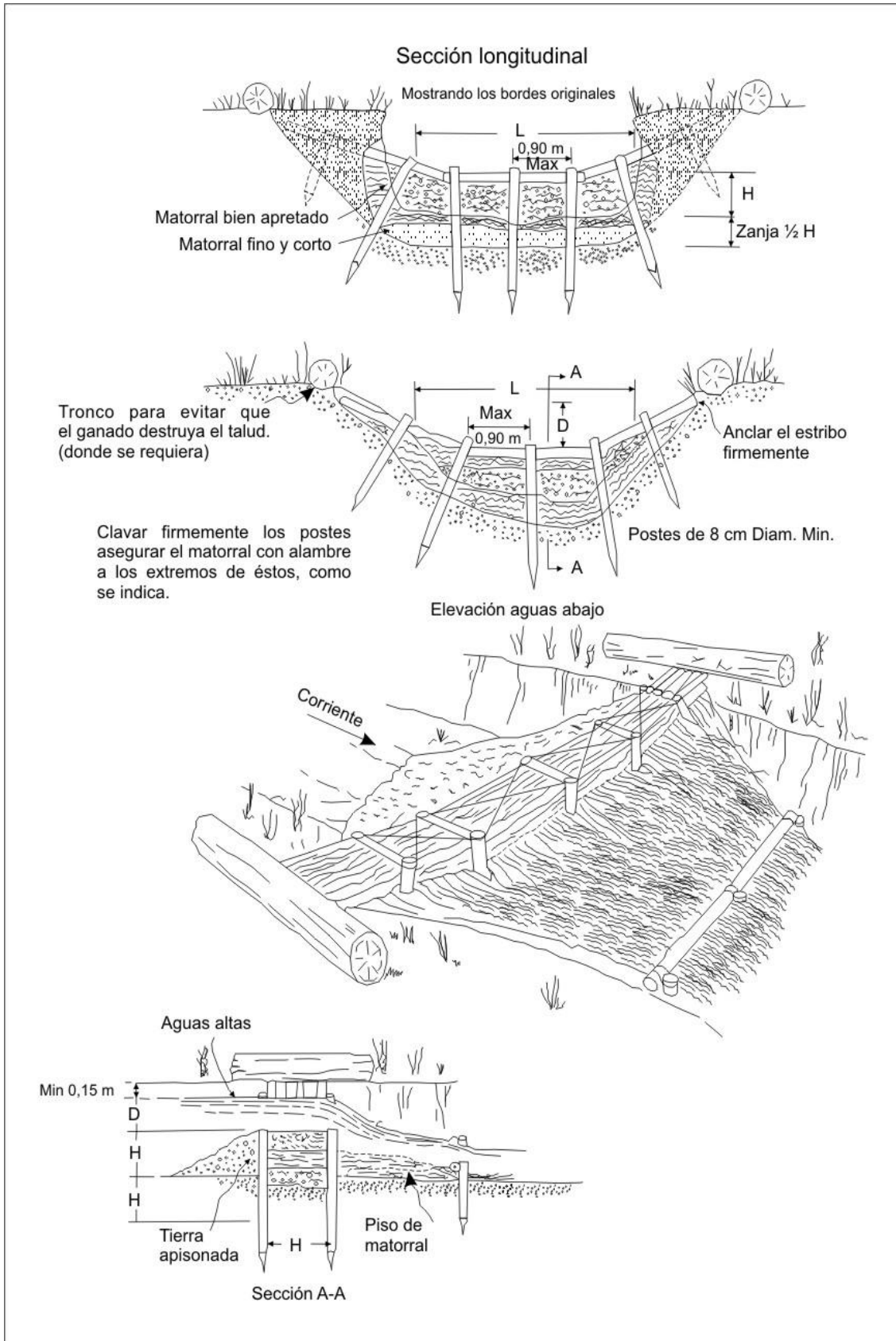


Figura 15: Trincho o presa de matorral tipo doble hilera de postes

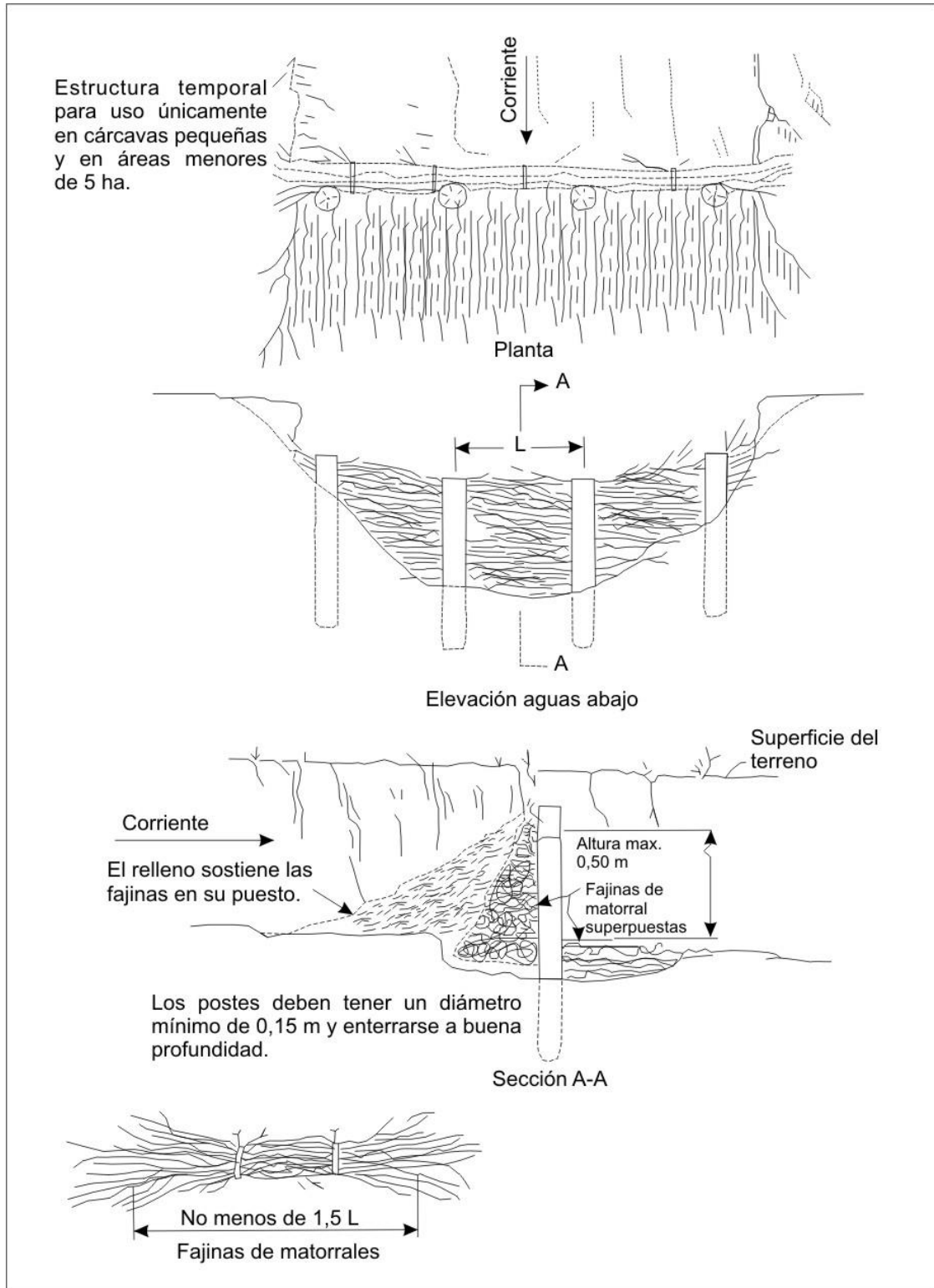


Figura 16: Trincho o presas de matorral tipo una hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964).

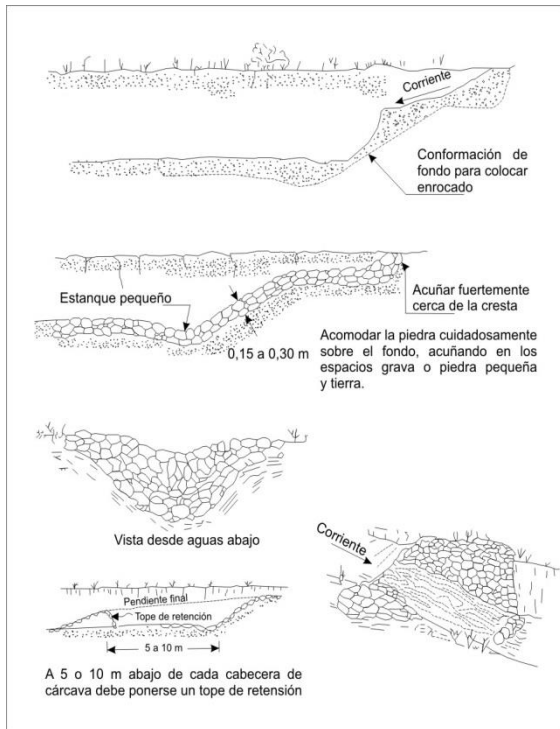


Figura 17: Trincho de piedra para cabecera de cárcava en zona de mina (adaptado de Valderrama et al., 1964).

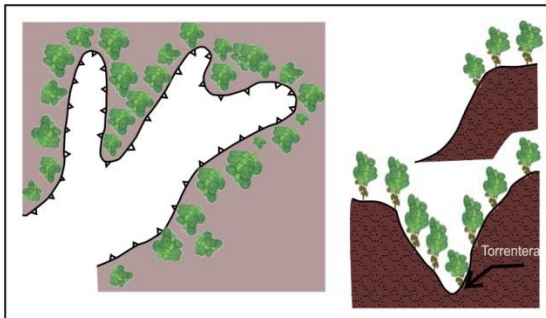


Figura 18: Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

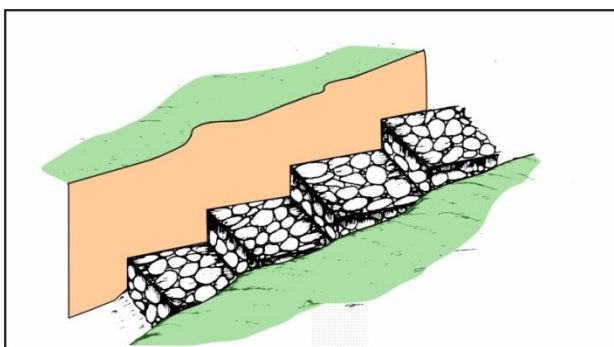


Figura 19: Protección del lecho de la quebrada con muros escalonados (andenes), utilizando bloques de roca o concreto armado.

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.

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 20).
- 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 21).
- 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.

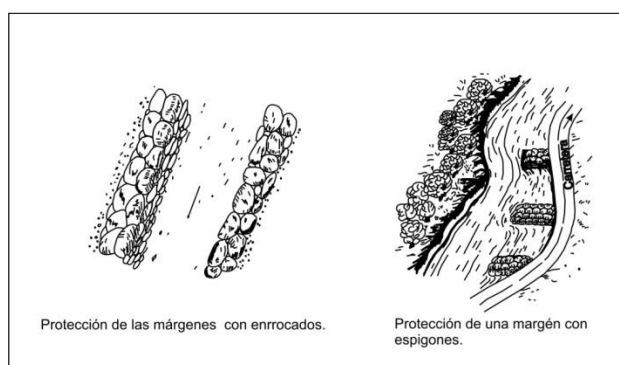
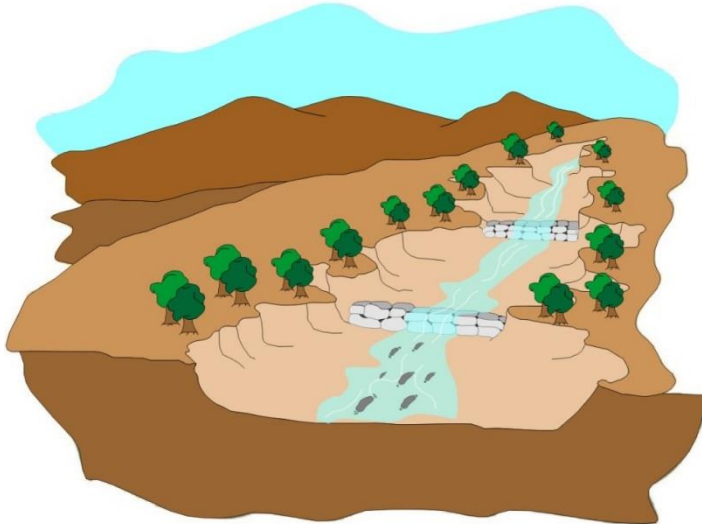


Figura 20: Protección de márgenes con enrocados, espigones y siembra de bosques ribereños.



Construcción de presas transversales en cauces de quebradas, y propiciar el crecimiento de bosques ribereños.

Figura 21: Presas transversales a cursos de quebradas.

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 construidos 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.

ANEXO 3: FIGURAS Y MAPAS



Figura 1. Ubicación de los sectores 4A y 4B