

Informe Técnico N° A6764

EVALUACIÓN GEOLÓGICA DE LAS ZONAS AFECTADAS POR EL NIÑO COSTERO 2017 EN LA REGIÓN TUMBES



Por:
Dulio Gómez Velásquez

Agosto, 2017

EVALUACIÓN GEOLÓGICA DE LAS ZONAS AFECTADAS POR EL NIÑO COSTERO 2017 EN LA REGIÓN TUMBES

INDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. ANTECEDENTES.....	4
2.1 TRABAJOS GEOLÓGICOS ANTERIORES	6
3. EVALUACIÓN DE EFECTOS DEL NIÑO COSTERO POR TIPOS DE PELIGRO GEOLÓGICO.....	12
3.1 GENERALIDADES.....	12
3.2 CUADROS SÍNTESIS DE PELIGROS GEOLÓGICOS QUE AFECTARON POBLACIONES, INFRAESTRUCTURA Y ÁREAS DE CULTIVO.....	16
CONCLUSIONES	33
RECOMENDACIONES	35
ANEXO 1: FOTOGRAFÍAS ILUSTRATIVAS.....	40
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS	47
ANEXO 3: FIGURAS Y MAPAS	67

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 con 41,237 damnificados, 93,486 afectados y 4,483 viviendas colapsadas; Piura con 18 996 damnificados, 225,492 afectados y 2 250 viviendas colapsadas; Lima con 4972 damnificados, 17,320 afectados y 1085 viviendas colapsadas; La Libertad con 3606 damnificados, 17,071 afectados y 542 viviendas colapsadas y Tumbes con 380 damnificados, 21 792 afectados y cinco viviendas colapsadas; 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 Tumbes. 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 de zonas afectadas, se evaluaron 52 poblados evaluados, de los cuales 48 necesitan ser rehabilitados y 04 reubicados; de los cuales 24 son afectados por flujos (huaico), 12 por inundación fluvial, 08 por deslizamientos, 07 por inundación pluvial y uno por erosión fluvial. Se tienen un total de 42 tramos de vías (Carreteras y trochas) afectadas, de las cuales 37 son por Flujos (huaico). 04 por erosión fluvial y uno por inundación fluvial. Por otro lado, a nivel de infraestructura los mayores daños fueron producidos por procesos de flujos que afectaron severamente canales de regadío erosión fluvial en puentes y 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, tiene la responsabilidad de realizar estudios de riesgo geológico, brindar apoyo a las comunidades, efectuar el estudio sobre los peligros geológicos que afectan tanto al territorio nacional como a los centros poblados y a las obras de infraestructura. Por ello realizó el estudio «Evaluación Geológica de las Zonas Afectadas por el Niño Costero 2017 en la región Tumbes». Mediante los diferentes temas tratados, busca generar información Geocientífica que sirva para futuros proyectos de planificación a desarrollarse en los terrenos de esta región

Ante la inusual ocurrencia del evento climático denominado “Niño Costero”, y la magnitud del desastre registrado en nuestro país el presente año, el INGEMMET, en cumplimiento del Decreto de Urgencia N°004-2017 Artículo 14.3 y su modificatoria en el Decreto de Urgencia N° 008-2017 Artículo 7 del 21 de abril de 2017 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 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. Disponiendo la realización de evaluaciones geológicas en las zonas afectadas por este evento meteorológico. Para ello designó doce brigadas de geólogos a la zona 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.

Para los trabajos en la región Tumbes, debido a su extensión se dispuso de una brigada con dos profesionales geólogos:

- Dulio Gomez y Anderson Palomino: Tumbes, Zarumilla, Casitas, La Cruz, Pampas de Hospital, Matapalo; carreteras de interconexión.

Los trabajos de campo fueron realizados en una campaña de 30 días y fue supervisado por el MSc. 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, abarcando de sur a norte los departamentos entre Ica hasta Tumbes, afectó a miles de personas y 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.

Según Andrés J. Huamán, et al (2011), como resultado de un primer viaje de inspección, se decidió centrar los estudios en los efectos de inundaciones en los S A y A de la ciudad de Tumbes, por las siguientes razones: **a)** El área urbana de Tumbes se desarrolla sobre un terreno ondulado, cruzado por cinco quebradas de fuerte pendiente. Cuando llueve en la zona, los torrentes de agua que se generan causan erosión severa en el lecho, márgenes y planicies de inundación de las quebradas y las tuberías de agua y desagüe enterradas son destruidas. **b)** Parte importante de la ciudad también está asentada sobre una planicie que se inunda cuando el río Tumbes incrementa su caudal a 1500 m³ /s.- como ocurrió en 1998, e incluso se inunda la Plaza de Armas, cuando el volumen llega a 3000 m³ /s – como ocurrió en 1983. En la actualidad con la colmatación del cauce bajo del río Tumbes estos parámetros deben haber cambiado y es necesario estudiarlos. Debido a la deforestación de la cuenca alta del río Tumbes, que en Ecuador se llama Puyango, y en su cauce medio en territorio peruano, se produce erosión de laderas y quebradas, emitiendo gran volumen de suelo que el río transporta, y luego se deposita en su cuenca baja, donde se ubica la ciudad de Tumbes. De acuerdo a la dinámica del río Tumbes, su curso se ha alejado de la bocatoma de la planta de tratamiento de agua, y ahora es necesario conducir el agua por un canal.

Según SENAMHI (1999), para el Niño 1997-98 en el departamento de Tumbes las precipitaciones más frecuentes se iniciaron a partir de noviembre de 1997, incrementándose en el mes de febrero. Las lluvias más intensas ocurrieron en la estación Tumbes que acumuló 701.4 mm que representa una anomalía de 1,945%; en el departamento de Piura las precipitaciones se incrementaron a partir de diciembre de 1997, con las intensidades más altas en enero de 1998. La lluvia sobre la parte baja y media de la región totalizaron cantidades muy superiores a sus patrones históricos, inclusive mayores a las registradas en el periodo setiembre-abril de El Niño 1982-83.

CONAM (2001) también menciona que los efectos del calentamiento ambiental en la fisiología o adaptabilidad de la planta, no afectan a algunos cultivos, como por ejemplo el plátano y la yuca. Otros cultivos, especialmente los introducidos de climas templados con inviernos fríos (manzano, vid, pera, durazno, olivo), requieren de una estación fría para su normal desarrollo fenológico. En forma similar, cultivos como la papa y la mayoría de las hortalizas requieren temperaturas bajas, por lo menos durante la noche, para su desarrollo o tuberización. Con el inusual incremento de las lluvias provocadas por El Niño 1997 - 1998, asistimos a un fuerte aumento de casos, especialmente en el norte del país. Se observó, sin

embargo, que la transmisión por *P. falciparum* no ha sido homogénea en las diferentes regiones. En algunos lugares se ha caracterizado por la presencia de brotes epidémicos recurrentes, como en la zona noroeste del país. En 1997 la región de la selva, especialmente el departamento de Loreto, registró el mayor número de casos de malaria transmitida por *P. falciparum*. En 1998, mientras duró El Niño, pasó al segundo lugar con respecto a la región noroeste.

Cuando ocurre un fenómeno 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 (Ejm. 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 se da solo en las costas de Perú y Ecuador, 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 Perú, 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 el 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.

El impacto de El Niño Costero también se vio reflejada 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).

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 trabajos de investigación en la región Tumbes que han tratado temáticas como geología, minería, petróleo, geodinámica, contaminación ambiental, ordenamiento ambiental, entre otros. Los más notables son los realizados por el Proyecto Binacional Puyango-Tumbes, Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN, actualmente ANA) y el INGEMMET, los cuales se puede resumir en:

- El “**Estudio geoambiental de la cuenca del río Puyango-Tumbes**” (Núñez & Zegarra, 2006). Evalúa la susceptibilidad a los movimientos en masa, peligros geohidrológicos y otros peligros geológicos en la cuenca; además, hace un análisis de la línea base ambiental, de los recursos y potencialidades con las que cuenta dicha cuenca.
- Los reportes elaborados por INDECI dan cuenta de 40 emergencias por peligros geológicos y geo-hidrológicos en Tumbes entre los años 1990 y 2010. Como ejemplos de datos relevantes sobre desastres ocurridos por fenómenos naturales, se pueden mencionar procesos de erosión fluvial e inundaciones en las márgenes del río Tumbes que afectaron áreas urbanas, terrenos de cultivo, carreteras, puentes e infraestructura de riego, asociados estos, principalmente, al Fenómeno de El Niño de 1997-98.
- La **Base de Datos Geocientífica del INGEMMET (SISBDGEO)**, registraba hasta el año 2016, 401 ocurrencias de peligros geológicos, de los cuales 291 eran peligros por movimientos en masa (deslizamientos, flujos, caídas, etc.), 41 ocurrencias de peligros hidrometeorológicos (inundación fluvial, erosión fluvial, etc.) y 69 sectores afectados por otros peligros geológicos (erosión de laderas, arenamiento, etc.) (Vilchez *et al.*, 2009).
- En el informe técnico “**Zonas críticas por peligros geológicos en la región Tumbes-informe preliminar**” (Vilchez *et al.*, 2009) y el estudio de “**Riesgo geológico en la región Tumbes**” (Vilchez *et al.*, 2013), se identificaron “zonas críticas”, donde se resalta las áreas o lugares, que luego del análisis de los peligros geológicos identificados y la vulnerabilidad a la que están expuestas tanto infraestructura, carreteras y centros poblados a estos peligros, se consideran con peligro potencial de generar desastres, y que necesitan que se realicen obras de prevención y/o mitigación.

En este contexto, se identificaron con este estudio en la región Tumbes 19 zonas críticas, de las cuales se resaltan 14 sectores que fueron afectados con las fuertes lluvias asociadas al evento Niño Costero de este año 2017 (Cuadro 2.1), sin dejar de mencionar que las otras zonas críticas también se activaron con las fuertes lluvias, así como también los demás

peligros geológicos inventariados por INGEMMET durante los trabajos de elaboración del estudio de riesgo geológico de la región Tumbes.

Cuadro 2.1: Zonas críticas definidas entre los años 2009-2013 en los estudios de peligros geológicos realizados por INGEMMET que se activaron con el evento El Niño Costero 2017.

SECTOR DISTRITO Número	AREAS SUJETAS Y COMENTARIOS GEODINÁMICOS	RECOMDACIONES
AA. HH. Las Malvinas – San José, Los Cedros - La Jota (Caleta La Cruz) 1	Deslizamiento traslacional, erosión en cárcavas y flujos. En el año 1983 y 1998, se acentuaron más estos problemas como consecuencia del Fenómeno El Niño, observándose que los flujos tienen mayor radio de influencia. En el año 1983 se produjo una inundación marina, a consecuencia de un maretazo, afectó las instalaciones (viviendas) del Ejército Peruano. Zona de flujos de lodo; adicionalmente se presentan cárcavas y derrumbes en zonas aledañas. Las quebradas se activan con lluvias ocasionales. Existe una intensa deforestación de la zona.	Reubicar viviendas localizadas cerca del borde del deslizamiento, reforestar la zona, y realizar canales de drenaje. Colocar un sistema de monitoreo en el deslizamiento, para determinar nuevos movimientos que impliquen peligro, para el colegio y estudiantes. Reubicar viviendas que están dentro del área de influencia de las quebradas, reforestar las laderas. Prohibir la construcción de viviendas en zonas e influencia
Higuerón (San Jacinto) 2	Zona sujeta a derrumbes, rocas alteradas, poco consolidadas. En 1998, se produjeron derrumbes que afectaron viviendas.	Reubicar viviendas ubicada dentro del cauce de la quebrada, reforestar la zona.
Oidor (San Jacinto) 3	Área sujeta a flujos. En las cabeceras de la microcuenca se observa derrumbes con coronas menores a 50 m, rocas inconsolidadas y deforestación en la zona. Cuando se presenta el Fenómeno El Niño ó lluvias excepcionales, hay gran aporte a la quebrada, dando las condiciones para que se formen flujos.	No construir viviendas y obras de infraestructura dentro del cauce de la quebrada
Quebrada Luay (Tumbes) 4	Área sujeta a flujo de detritos (Huaico). En la microcuenca se encuentran pequeños deslizamientos y derrumbes. Substrato conformado por rocas inconsolidadas. La zona presenta deforestación. Cuando se presenta el fenómeno El Niño ó lluvias excepcionales, se generan flujos.	No construir viviendas, ni obras de infraestructura dentro del cauce de la quebrada. Canalizar la quebrada.
San Pedro de Los Incas-San Jacinto (Corrales) 5	Quebrada Colorado sujeta a flujos. En su parte alta se observa pequeños derrumbes, deslizamientos y procesos de erosión de laderas, que alimentan a la quebrada. Cuando se presenta el fenómeno El Niño ó lluvias excepcionales se generan flujos. En la parte alta se ubica un botadero de basura, de manera que los desechos en tiempo de lluvias excepcionales, son arrastrados por las corrientes que se forman. Del mismo modo ocurre en las quebradas Urcos, Cristales y otras torrenteras.	No construir viviendas, ni obras de infraestructura dentro del cauce de la quebrada. Reforestar la zona. Canalizar la parta baja de la quebrada

<p>Quebrada San Juan (San Juan de La Virgen)</p> <p>6</p>	<p>Área sujeta a flujo de lodo, proceso de erosión en cárcavas y erosión fluvial. Los flujos y erosión de laderas se producen periódicamente, sin embargo, durante el evento de El Niño, estos procesos son más destructivos. La erosión fluvial está incidiendo en la margen derecha.</p>	<p>No construir obras de infraestructura dentro del cauce de la quebrada. Reforestar la zona. La quebrada ha sido canalizada.</p>
<p>Quebrada La Jardina (San Jacinto)</p> <p>7</p>	<p>Área sujeta a flujos de lodo. En su cuenca alta se presentan derrumbes, y procesos de erosión de laderas que alimentan a la quebrada. La zona presenta deforestación. Esta quebrada se activa cada vez que se presenta el Fenómeno El Niño.</p>	<p>No construir obras de infraestructura dentro del cauce de la quebrada, reforestar la zona. Parte de la quebrada esta canalizada.</p>
<p>Higuerón–Casa Blanca Oidor (San Jacinto)</p> <p>8</p>	<p>Área sujeta a flujos de lodo. A lo largo de este trecho se presentan en varias quebradas que generalmente se activan con la presencia del fenómeno El Niño.</p> <p>Las quebradas comprendidas en este sector son de recorrido corto y de baja pendiente. Son alimentadas por derrumbes y en ocasiones por pequeños deslizamientos (coronas menores a 30 m.). Están asociados a fenómenos de erosión de laderas (principalmente cárcavas) que generan gran cantidad de material. El área se presenta deforestada.</p>	<p>No construir obras de infraestructura dentro del cauce de la quebrada. Encauzar las quebradas.</p>
<p>Capitana-Rica Playa (San Jacinto)</p> <p>9</p>	<p>Área donde se presentan varias quebradas de recorrido corto, que producen flujos en presencia del Fenómeno El Niño. Se observa intensa deforestación, en las laderas de estas quebradas.</p>	<p>No construir obras de infraestructura dentro del cauce de las quebradas. Actualmente se encuentran canalizadas con muros de mampostería.</p>
<p>Carretera Plateros-Oidor (San Jacinto)</p> <p>10</p>	<p>Tramo de carretera donde se presentan varias torrenteras y quebradas (Quebradas Plateros, La Peña, Tigre y Vaquería), que permanecen secas la mayor parte del tiempo.</p> <p>Con el Fenómeno El Niño, por estas quebradas discurren flujos de detritos y flujos de lodo, que pueden afectar viviendas y la carretera por tramos.</p>	<p>Realizar trabajos de limpieza en los cauces de torrenteras y quebradas. Encauzar y colocar defensas ribereñas en sectores donde se observe incidencia de los flujos (colocar gaviones y enrocados donde sea necesario). Realizar el diseño de alcantarillas y puentes, que no impliquen el estrangulamiento de los cauces, ya que puede propiciarse los procesos de erosión de los estribos y márgenes. Contar con maquinaria pesada a disposición, que permita una rápida rehabilitación de los tramos de carretera afectados.</p>

<p>Panamericana Norte entre la Quebrada La Cruz y Zorritos (Zorritos) (km 219+550 al km 230+000)</p> <p>11</p>	<p>Tramo de la carretera Panamericana Norte afectado por erosión en cárcavas, derrumbes y flujos de lodo.</p> <p>Derrumbes desde talud superior de carretera, conformado por areniscas, limolitas y lutitas, poco consolidadas y muy deleznable. El material caído obstruye la carretera. El substrato rocoso que conforman los tablazos, es muy susceptible a procesos de erosión, produciéndose erosión laminar, en surcos y en cárcavas, hasta llegar a formar quebradas (Quebradas Sechurita, Tucillal, Tronco Mocho, Urbina y La Cruz). Por estas cárcavas y quebradas, discurren flujos de manera excepcional cuando se presenta el fenómeno El Niño.</p> <p>Otro problema que se presenta, son asentamientos de material de relleno colocados en las torrenteras, para la construcción de la carretera y asentamientos en el substrato conformado por areniscas, limolitas y lodolitas, que producen ondulamientos e irregularidades en la carretera.</p>	<p>Realizar trabajos de limpieza en los cauces de torrenteras y quebradas. Encauzar y colocar defensas ribereñas en sectores donde se observe incidencia de los flujos (colocar gaviones y enrocados donde sea necesario). Realizar el diseño de alcantarillas y puentes, que no impliquen el estrangulamiento de los cauces, ya que propicien la erosión en los estribos y márgenes. Realizar un mantenimiento y limpieza permanente en las cunetas, pontones y alcantarillas; colocar badenes de ser necesario. Contar con maquinaria pesada a disposición, que permita una rápida rehabilitación de los tramos de carretera afectados. Colocar trinchos o barreras transversales a los cauces de las torrenteras, para controlar los procesos de socavación y pérdida de terreno.</p>
<p>Panamericana Norte entre la quebrada Bocapán y Zorritos (Zorritos) (km 212+400 al km 219+550)</p> <p>12</p>	<p>Tramo de la carretera Panamericana Norte afectado por erosión en cárcavas, derrumbes y flujos de lodo.</p> <p>Derrumbes desde talud superior de carretera, conformado por areniscas, limolitas y lutitas, poco consolidadas y muy deleznable. El material caído obstruye la carretera. Erosión de laderas intensa, forma surcos y cárcavas; por las cárcavas y quebradas, discurren flujos de manera excepcional cuando se presenta el fenómeno El Niño.</p> <p>En las cabeceras de las quebradas se producen derrumbes y deslizamientos que aportan material suelto muy susceptible a ser acarreado y generar los flujos.</p> <p>Asentamientos en la plataforma de carretera por la presencia de un substrato rocoso de mala calidad conformado por areniscas, limolitas y lodolitas; se producen ondulamientos e irregularidades visibles en la carretera.</p>	<p>Realizar limpieza en los cauces de torrenteras y quebradas. Encauzar y colocar defensas ribereñas donde se observe mayor incidencia de los flujos (Colocar gaviones y enrocados en zonas donde sean necesarios). Colocar alcantarillas y puentes, que no impliquen el estrangulamiento de cauces, ya que puede propiciarse los procesos de erosión en los estribos y márgenes.</p> <p>Realizar un mantenimiento y limpieza periódica de cunetas, pontones y alcantarillas; colocar badenes de ser necesario. Contar con maquinaria pesada disponible para una rápida rehabilitación en los tramos de carretera afectados. Colocar trinchos o barreras transversales en las torrenteras, para controlar procesos de socavación y pérdida de terreno</p>

<p>Panamericana Norte entre quebrada Bocapan y quebrada Plateritos (Zorritos) (km 186+000 al km 212+400), 13</p>	<p>Tramo de la carretera Panamericana Norte afectado por erosión de laderas, erosión fluvial, derrumbes y flujos de lodo. Derrumbes desde el talud superior de la carretera. El substrato está conformado por areniscas, limolitas y lutitas, poco consolidadas y muy deleznable. El material caído obstruye la carretera. Erosión de laderas intenso, forma surcos y cárcavas. Entre las quebradas principales se tiene a Huacuna, Sandías, Palo Santo, Gardalito, Labejal Rubio y Plateritos; por donde discurren flujos de detritos y de lodo cuando se presenta el fenómeno El Niño. Por otro lado un gran número de torrenteras y cárcavas de corto recorrido también acarrear flujos. Los aportes de material suelto se encuentran en las cabeceras de las quebradas, donde se producen derrumbes y deslizamientos. Asentamientos en la plataforma de carretera por el substrato rocoso de mala calidad conformado por areniscas, limolitas y lodolitas (se producen ondulamientos e irregularidades en la carretera). Erosión fluvial en márgenes de las quebradas Palo Santo y Huacuna, por estrangulamiento de cauce. Se han protegido los estribos del puente y las márgenes, con gaviones y muros de concreto.</p>	<p>Realizar trabajos de limpieza periódica en los cauces de torrenteras y quebradas. Encauzar y colocar defensas ribereñas en sectores donde se observe incidencia de los flujos (colocar gaviones y enrocados donde sea necesario). Realizar el diseño de alcantarillas y puentes, que no impliquen el estrangulamiento de los cauces, ya que puede propiciarse los procesos de erosión de los estribos y márgenes. Realizar un mantenimiento y limpieza constante de cunetas, pontones y alcantarillas Colocar badenes de ser necesario. Contar con maquinaria pesada a disposición, que permita una rápida rehabilitación de los tramos de carretera afectados. Colocar trinchos o barreras transversales a los cauces de las torrenteras, para controlará los procesos de socavación y pérdida de terreno.</p>
<p>Panamericana Norte entre quebrada Plateritos, Cancas desvío Punta Sal (Canoas de Punta Sal) (km 168+000 al km 212+400) 14</p>	<p>Tramo de la carretera Panamericana Norte, afectado por erosión de laderas, erosión fluvial, derrumbes y flujos de lodo. Derrumbes en el talud superior de carretera. Erosión de laderas intensa, forma surcos y cárcavas. Numerosas quebrada y torrenteras secas por donde discurren flujos de detritos y de lodo cuando se presenta el fenómeno El Niño (quebradas Zapotal, Peña Negra, Curo, Canoas, La Mira y Honda). Por otro lado, por un gran número de torrenteras y cárcavas de corto recorrido también discurren flujos. Los flujos también producen procesos de erosión fluvial en márgenes de quebradas, pudiendo afectar estribos de puentes y pontones. Se han construido badenes. Se colocaron gaviones y muros de encauzamiento para controlar los efectos de estos procesos. Ocupación de cauces de quebradas, con la construcción de viviendas. Por otro lado, muchas de las torrenteras presentan trabajos de encauzamiento con muros de mampostería.</p>	<p>Realizar trabajos de limpieza en los cauces de torrenteras y quebradas. Encauzar y colocar defensas ribereñas donde se observe incidencia de los flujos (colocar gaviones y enrocados donde sea necesario). Colocar alcantarillas y puentes, que no implique el estrangulamiento en los cauces, ya que puede propiciarse los procesos de erosión de los estribos. Realizar un mantenimiento y limpieza constante de cunetas, pontones y alcantarillas; colocar badenes de ser necesario. Disponer de maquinaria pesada que permita una rápida rehabilitación en los tramos de carretera afectados. Colocar trinchos o barreras transversales a los cauces de las torrenteras, para</p>

		controlar los procesos de socavación y pérdida de terreno.
15	<p>Punta Sal (Canoas de Punta Sal)</p> <p>Zona sujeta a flujos y derrumbes. Derrumbes se presentan en acantilado, debido a la presencia de substrato poco consolidado, fracturado y muy deleznable (areniscas, limolitas y arcillitas).</p> <p>Erosión de laderas forma cárcavas, por donde discurren flujos de lodo excepcionales. Torrentera cruza por el medio del Balneario Punta Sal, acarrea flujos de manera excepcional, se ha construido badén y se han colocado muros de encauzamiento en las márgenes.</p>	<p>Realizar trabajos de limpieza de los cauces de torrenteras y quebradas. Encauzar y colocar defensas ribereñas en sectores donde se observe incidencia de los flujos (Colocar gaviones y enrocados en sectores faltantes). Realizar un mantenimiento y limpieza periódica de pontones y alcantarillas. Colocar badenes de ser necesario y trinchos o barreras transversales a los cauces de las torrenteras, para controlará los procesos de socavación y pérdida de terreno.</p>
16	<p>Panamericana Norte km 154+400 al km 165+600 (Zorritos)</p> <p>Tramo de unos 11,2 Km de la Carretera Panamericana Norte, donde se presentan varias torrenteras y tres quebradas principales (Quebradas Seca, La Noria y Carpitás), las cuales durante largos periodos permanecen inalterables o secas, debido a la escasa precipitación pluvial de la zona, donde solo se alteran las rocas y se acumula material suelto en las ladera y cabeceras de las quebradas.</p> <p>Esta condición cambia drásticamente cuando se presenta el fenómeno El Niño, produciéndose precipitaciones excepcionales que posibilitan la formación de flujos de detritos y flujos de lodo, que acarrear todo el material suelto acumulado en las cuencas de recepción de las quebradas.</p> <p>En estos flujos erosionan y destruyen tramos de la carretera, puentes, pontones y alcantarillas, por rebalse de las aguas sobre estas obras, o porque se estrangulaban los cauces de las quebradas para construir los puentes.</p>	<p>Realizar trabajos de limpieza en los cauces de torrenteras y quebradas. Encauzar y colocar defensas ribereñas en sectores donde se observe incidencia de flujos (gaviones y enrocados en zonas donde sean necesarias). Reparar los gaviones, enrocado y muros de encauzamiento de concreto para evitar deterioros mayores y pérdida total de la defensa. Realizar el diseño de alcantarillas y puentes, que no impliquen el estrangulamiento de cauces, ya que propician los procesos de erosión en los estribos y márgenes.</p> <p>Realizar un mantenimiento y limpieza periódico en los pontones y alcantarillas de torrenteras pequeñas, ya que estas pueden estar obstruidas por flujos antiguos secos y acumulados, propiciándose los embalses y reboses que pueden destruir la plataforma de carretera asfaltada. Contar con maquinaria pesada a disposición, que permita una rápida rehabilitación de los tramos de carretera afectados. Colocar trinchos o barreras transversales a los cauces de las torrenteras para controlar los procesos de socavación y pérdida de terreno.</p>

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

3.1 GENERALIDADES

En términos generales se puede afirmar que en la región Tumbes 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 para la región Tumbes fueron:

a.- Caída

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

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 (*Rotational 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

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 (Hungar, 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 (Hungar *et al.*, 2001).

d.- Movimiento complejo

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

i. 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 de los ríos Piura y Chira, a lo largo de terrazas bajas del río Huancabamba 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.

ii. 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 cobertura vegetal, la geomorfología y el clima.

En la región Piura, en condiciones climáticas normales, la erosión fluvial se produce a lo largo de las márgenes de los ríos Huancabamba y Chira, esto durante los periodos de lluvia, que es cuando los ríos presentan caudales importantes. Esta condición cambia radicalmente cuando se presenta el fenómeno de El Niño, donde se registran precipitaciones intensas, que hacen que se activen quebradas secas y los ríos Piura, Chira y Huancabamba registren caudales elevados, produciendo una intensa erosión fluvial a lo largo de sus márgenes; así como migración y cambios en sus cursos.

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 retrogresivo desde la base, 3) cicatrización y 4) estabilización (Gonzalo *et al.*, 2002).

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

Se presenta en las siguientes páginas un cuadro resúmenes, donde se describe una síntesis de los peligros identificados en la zona estudiada de la región Tumbes con una extensión de 4404 m² (figura M-1).

Los trabajos de campo se realizaron entre el 16 de mayo y el 14 de junio del presente. 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.

Se presenta a continuación los cuadros de síntesis de peligro geológico de cada uno de los subsectores trabajados:

SECTOR 1A: Tumbes (Provincias de Tumbes, Contralmirante Villar y Zarumilla)

(Dulio Gomez Velasquez & Anderson Palomino)

El sector 1A comprende las provincias de Tumbes, Contralmirante Villar y Zarumilla, abarca un área de 4404 km². En los cuadros 3.1 al 3.3 se describen los peligros detonados por las fuertes lluvias del evento El Niño Costero y los daños causados por estos a los diferentes tipos de infraestructura y medios de sustento económico; algunas fotografías ilustrativas de algunos de los procesos evaluados se describen en los Anexos Así mismo mapas con distribución de sitios con información geológica analizados y los puntos de zonas afectadas señaladas en los cuadros. El cuadro consigna el tipo de peligro identificado, un código que expresa la zona evaluada, seguido de un número correlativo, el nombre del sector o lugar (centro poblado, carretera u otra infraestructura), provincia y región, la acción recomendada y algunas observaciones u comentarios de cada una de ellas.

Cuadro 3.1: Centros poblados afectados por los peligros detonados con las fuertes lluvias de El Niño Costero 2017.

TIPO DE PELIGRO	N° Punto	CENTROS POBLADOS	PROVINCIA	REGIÓN	NUMERO	ACCIÓN RECOMENDADA	OBSERVACIONES
INUNDACIÓN FLUVIAL	P-01	Pósitos	Zarumilla	Tumbes	12	Rehabilitación	Afectó viviendas por inundación.
	P-02	Quebrada Marco Felipe/ Barrio San José	Zarumilla	Tumbes		Rehabilitación	Inundación afectó viviendas ubicadas cerca al cauce de la quebrada (foto 1)
	P-03	La Jojita	Zarumilla	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas e Institución Educativa
	P-04	Villa Primavera	Zarumilla	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas
	P-05	Nueva Aguas Verdes	Zarumilla	Tumbes		Reubicación	Afectó viviendas, por ubicarse sobre una llanura inundable.
	P-06	Quebrada Luay	Tumbes	Tumbes		Reubicación	Afectó viviendas por inundación por encontrarse dentro del cauce antiguo de la quebrada Luay.
	P-07	Señor de Los Milagros	Contralmirante Villar	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas por inundación
	P-08	Barrio Primavera	Contralmirante Villar	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas y Local CUNAMAS por inundación fluvial

	P-09	Quebrada Puente Principal	Contralmirante Villar	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas ubicadas cerca al cauce ocupando terrazas bajas inundables.
	P-10	Quebrada Miraflores	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas ubicadas cerca al cauce ocupando terrazas bajas.
	P-11	Quebrada Santa María	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó Institución Educativa - CUNAMAS
	P-12	Quebrada Pedregal	Tumbes	Tumbes		Reubicación	Afectó viviendas ubicadas dentro del cauce de la quebrada Pedregal
FLUJOS (HUAICOS, DE LODO U OTROS)	P-13	Barrio Miramar	Contralmirante Villar	Tumbes	24	Rehabilitación	Flujos de lodo afectaron viviendas provenientes de las quebradas
	P-14	Buenaventura	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas por flujos menores
	P-15	Los Delfines	Contralmirante Villar	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas por flujos
	P-16	Barrio Las Mercedes	Contralmirante Villar	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas por flujos provenientes de quebradas
	P-17	Nueva Cancas	Contralmirante Villar	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas ubicadas en zonas donde se generan flujos de lodo
	P-18	Punta Sal	Contralmirante Villar	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas por flujos
	P-19	Quebrada Seca	Contralmirante Villar	Tumbes		Rehabilitación	Flujos de lodo afectaron viviendas ubicadas en el cauce de quebrada
	P-20	Quebrada La Mira	Contralmirante Villar	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas por flujos de lodo.
	P-21	Quebrada La Noria	Contralmirante Villar	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas situadas cerca a la quebrada
	P-22	Pueblo nuevo	Contralmirante Villar	Tumbes		Rehabilitación	Flujo excepcional afectó viviendas situadas en el cauce de quebrada
	P-23	Prolongación Grau	Contralmirante Villar	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas por flujos provenientes de las quebradas
	P-24	Quebrada La Capilla	Contralmirante Villar	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas situadas dentro del cauce de la quebrada La Capilla

	P-25	Nueva Esperanza	Contralmirante Villar	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas por flujos provenientes de las quebradas
	P-26	Ciudad Satélite	Tumbes	Tumbes		Reubicación	Afectó viviendas en zonas donde se generan flujos
	P-27	Quebrada Charán	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas ubicadas dentro del cauce de la quebrada Charán
	P-28	Quebrada Las Gardenias	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas en zonas donde se generan flujos
	P-29	Tierra Colorada	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas en zonas susceptibles a flujos excepcionales
	P-30	Las Palmeras	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas en zonas donde se generan flujos excepcionales
	P-31	Las Malvinas	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas en zonas donde se generan flujos excepcionales
	P-32	Asentamiento Humano La Cantera	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas ubicadas dentro del cauce de quebrada susceptible a flujos excepcionales
	P-33	Casa Blanca	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas en zona susceptible a flujos excepcionales
	P-34	Quebrada Oidor	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas situada dentro del cauce de la quebrada Oidor
	P-35	Quebrada San Francisco	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas situada dentro del cauce de la quebrada San Francisco
	P-36	San Isidro	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas situadas dentro del cauce de quebrada
EROSIÓN FLUVIAL	P-37	Quebrada Luay	Tumbes	Tumbes	1	Rehabilitación	Afectó viviendas situadas cerca al cauce de la quebrada
DESPLAZAMIENTO S, CAÍDA DE ROCAS U OTROS	P-38	Los Delfines	Contralmirante Villar	Tumbes	8	Rehabilitación	Afectó viviendas ubicadas al pie del cuerpo deslizado (foto 3)
	P-39	Marco Herrera	Contralmirante Villar	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas; se observa grietas en las paredes y pisos (foto 4)
	P-40	Ciudad Satélite	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas situadas en zonas donde se generan derrumbes (foto 5)

	P-41	Charán	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas en zona susceptible a caída de rocas
	P-42	Las Palmeras	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas situadas en zonas donde se generan derrumbe. (foto 6)
	P-43	Buena Ventura	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas e Institución Educativa que se encuentran al pie del cuerpo deslizado
	P-44	Prolongación Buena Ventura	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas situadas en zonas donde se generan derrumbes (foto 7)
	P-45	Las Malvinas	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas situadas al pie del talud donde se generan derrumbes
INUNDACIÓN PLUVIAL	P-46	Quebrada Belén	Tumbes	Tumbes	7	Rehabilitación	Afectó viviendas por inundación, al no presentar un sistema de drenaje de aguas pluviales (foto 8)
	P-47	Quebrada 1° de Febrero	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas situadas en hondonadas o depresiones
	P-48	Quebrada Calle	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas situadas en antigua quebrada
	P-49	Quebrada Chia	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas por contar con sistema de drenaje obstruido
	P-50	Quebrada Santa Rosa	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas por contar con sistema de drenaje obstruido.
	P-51	Santa María de Dios	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas Institución Educativa, Hospital y Coliseo (foto 9)
	P-52	San Isidro	Tumbes	Tumbes		Rehabilitación	Afectó viviendas situadas en terreno hondonada

Cuadro 3.2: Tramos carreteros afectados por los peligros detonados con las fuertes lluvias de El Niño Costero 2017.

TIPO DE PELIGRO	N° Punto	CARRETERA	TRAMO DE CARRETERA	LONGITUD AFECTADA (Km)	REGION	ACCIÓN RECOMENDADA	OBSERVACIONES
INUNDACIÓN FLUVIAL	C-01	PE-1N Quebrada Seca - Pajaritos	1+250 - 2+650	0.3	Tumbes	Reubicación	Tramo que se encuentra dentro del cauce de río
FLUJOS (HUAICOS, DE LODO U OTROS)	C-02	PE-1N Panamericana Norte	Peaje Cancas	0.72	Tumbes	Rehabilitación	Limpieza de cunetas
	C-03	PE-1N Panamericana Norte	Quebrada Curo	0.5	Tumbes	Reubicación	Tramo de carretera afectado por flujo de detritos en la quebrada Curo
	C-04	PE-1N Panamericana Norte	Quebrada Canoas	1	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera afectado por flujo de detritos en la quebrada Canoas
	C-05	PE-1N (Pte. Máncora) - Dv. Angolo B - Barrancos - Catalina - Papayalillo - Fernandez Bajo - Emp. TU-105 (Fernández Alto)	Quebrada 1	0.06	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera es afectado por flujos de lodo, que proveniente de la quebrada 1
	C-06	PE-1N (Pte. Máncora) - Dv. Angolo B - Barrancos - Catalina - Papayalillo - Fernandez Bajo - Emp. TU-105 (Fernández Alto)	Quebrada 2	0.04	Tumbes	Reconstrucción	Tramo de carretera es afectado por flujos de lodo, que se generaron en la quebrada 2
	C-07	PE-1N (Pte. Máncora) - Dv. Angolo B - Barrancos - Catalina - Papayalillo - Fernandez Bajo - Emp.	Quebrada La Juliana	0.05	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera es afectado por flujos de lodo, que se generaron en la quebrada La Juliana

		TU-105 (Fernández Alto)					
C-08	PE-1N (Pte. Máncora) - Dv. Angolo B - Barrancos - Catalina - Papayalillo - Fernandez Bajo - Emp. TU-105 (Fernández Alto)	Quebrada San Miguel	0.06	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera es afectado por flujos de lodo, que se generaron en la quebrada San Miguel	
C-09	PE-1N (Pte. Máncora) - Dv. Angolo B - Barrancos - Catalina - Papayalillo - Fernandez Bajo - Emp. TU-105 (Fernández Alto)	Barrancos	0.08	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera es afectado por flujos de lodo, que se generaron en el cerro Los Pericos	
C-10	PE-1N (Pte. Máncora) - Dv. Angolo B - Barrancos - Catalina - Papayalillo - Fernandez Bajo - Emp. TU-105 (Fernández Alto)	Barranco Chico	0.05	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera es afectado por flujos de lodo, que se genera en el flanco oeste del cerro Los Pericos	
C-11	PE-1N (Pte. Máncora) - Dv. Angolo B - Barrancos - Catalina - Papayalillo - Fernandez Bajo - Emp. TU-105 (Fernández Alto)	Corral de ovejas	0.08	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera es afectado por flujos de lodo que provienen del flanco noroeste del cerro Los Pericos y flanco sureste del cerro Cuchillo La Tranca	
C-12	PE-1N (Pte. Máncora) - Dv. Angolo B - Barrancos - Catalina - Papayalillo -	Quebrada del Dos	0.06	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera es afectado por flujos de lodo, que se generaron en la quebrada del Dos	

		Fernandez Bajo - Emp. TU-105 (Fernández Alto)					
C-13	PE-1N (Pte. Máncora) - Dv. Angolo B - Barrancos - Catalina - Papayalillo - Fernandez Bajo - Emp. TU-105 (Fernández Alto)	Angolo A	0.05	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera afectado por flujos que proviene de las quebradas en el sector Angolo	
C-14	PE-1N (Pte. Máncora) - Dv. Angolo B - Barrancos - Catalina - Papayalillo - Fernandez Bajo - Emp. TU-105 (Fernández Alto)	Km 3+000 carretera Barrancos	0.04	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera afectado por flujos que proviene de las quebradas menores en el sector Angolo	
C-15	PE-1N Quebrada Seca - Pajaritos	Quebrada La Noria	0.16	Tumbes	Reubicación	Tramo de carretera afectado por flujos que provienen de la quebrada La Noria	
C-16	PE-1N Quebrada Seca - Pajaritos	Pueblo Nuevo	0.06	Tumbes	Reubicación	Tramo de carretera afectado por flujos que provienen de las laderas en el flanco norte del cerro Corral de Ovejas.	
C-17	TU-107 (Pedregal) - Emp. TU-540 (Dv. Zorritos)	Quebrada La Capilla	1	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera afectado por flujos que proviene de la quebrada La Capilla	
C-18	TU-107 (Pedregal) - Emp. TU-540 (Dv. Zorritos)	Quebrada Zapotal	3.2	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera afectado por flujos proveniente de la quebrada Zapotal	

C-19	PE-1N (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto- Puente Francos - Vaquería -Casa Blanqueada-Higuerón	Quebrada Corralitos	0.05	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera afectado por flujos provenientes de la quebrada Corralitos
C-20	PE-1N (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto- Puente Francos - Vaquería -Casa Blanqueada-Higuerón	Quebrada Panales	0.04	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera es cortado por flujos de lodo de la quebrada Panales
C-21	PE-1N (Bocapan) Dv. Hervideros - Su	Quebrada Jahuaycato	0.05	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera afectado por flujos provenientes de la quebrada Jahuaycato
C-22	PE-1N Panamericana Norte	Villa Santa Rosa	0.7	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera afectado por derrumbes y flujos de lodo se generan en el talud superior de la carretera Panamericana Norte
C-23	PE-1N (Pte. Coloma) - Relleno Sanitario	Quebrada La Cruz	1	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera afectado por flujos en el sector La Cruz de Coloma, margen izquierda quebrada La Cruz
C-24	PE-1N (Tumbes) - Garbanzal - San Juan de la Virgen - Pampas de Hospital -El Prado - Naranjo.	Quebrada San Juan	0.05	Tumbes	Rehabilitación	La quebrada San Juan se activa con presencia de flujos incrementados con lluvias excepcionales.

	C-25	PE-1N (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto- Puente Francos - Vaquería -Casa Blanqueada-Higuerón- Rica Playa - Desvío Comandante Villar - Bocana-Desvío Huasimo-Ca	Quebrada Rica Playa	0.14	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera afectado por flujos provenientes de la quebrada Rica Playa
	C-26	PE-1N (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto- Puente Francos - Vaquería -Casa Blanqueada-Higuerón- Rica Playa - Dv. Comandante Villar - Bocana-Dv. Huasimoca	Afluente de Quebrada Rica Playa	0.07	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera afectado por flujos provenientes del afluente de la quebrada Rica Playa
	C-27	PE-1N (Puente Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto- Puente Francos - Vaquería -Casa Blanqueada-Higuerón- Rica Playa - Dv. Comandante Villar - Bocana-Desvío Huasimoca	Quebrada La Capitana	1	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera afectado por flujo proveniente de la quebrada La Capitana
	C-28	PE-1N (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto- Puente Francos -	Quebrada Higuerón	0.25	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera afectado por flujo proveniente de la quebrada Higuerón

		Vaquería -Casa Blanqueada-Higuerón- Rica Playa - Dv. Comandante Villar - Bocana-Dv. Huasimoca					
	C-29	PE-1N (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto- Pte. Francos - Vaquería -Casa Blanqueada-Higuerón- Rica Playa - Dv. Comandante Villar - Bocana-Dv. Huasimoca	Quebrada Loma Redondo	0.05	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera afectado por flujo proveniente de la quebrada Loma redondo
	C-30	PE-1N (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto- Pte. Francos - Vaquería -Casa Blanqueada-Higuerón- Rica Playa - Dv. Comandante Villar - Bocana-Dv. Huasimoca	Casa Blanqueada	0.04	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera afectado por flujos proveniente de las laderas en el sector Casa Blanqueada
	C-31	PE-1N (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto- Puente Francos - Vaquería -Casa Blanqueada-Higuerón-	Quebrada Oidor	0.04	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera afectado por flujos provenientes de la quebrada Oidor

		Rica Playa - Dv. Comandante Villar - Bocana-Dv. Huasimoca					
	C-32	PE-1N (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto- Puente Francos - Vaquería -Casa Blanqueada-Higuerón- Rica Playa - Dv. Comandante Villar - Bocana-Dv. Huasimoca	Quebrada Vaqueritas	0.05	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera afectado por flujos provenientes de la quebrada Vaqueritas
	C-33	PE-1N (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto- Puente Francos - Vaquería -Casa Blanqueada-Higuerón- Rica Playa - Dv. Comandante Villar - Bocana-Dv. Huasimoca	Quebrada La Peña	0.05	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera afectado por flujos provenientes de la quebrada La Peña
	C-34	PE-1N (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto- Puente Francos - Vaquería -Casa Blanqueada-Higuerón- Rica Playa - Dv. Comandante Villar - Bocana-Dv. Huasimoca	Quebrada Plateros	0.05	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera afectado por flujos provenientes de la quebrada Plateros

	C-35	PE-1N (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto-Puente Francos - Vaquería -Casa Blanqueada-Higuerón-Rica Playa - Dv. Comandante Villar - Bocana-Dv. Huasimoca	Quebrada Cristal	0.05	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de carretera afectado por flujos provenientes de la quebrada Cristal
	C-36	PE-1N (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto-Puente Francos - Vaquería -Casa Blanqueada-Higuerón-Rica Playa - Dv. Comandante Villar - Bocana-Dv. Huasimoca	Malval	0.06	Tumbes	Rehabilitación	Tramo afectado por flujos proveniente de las laderas en el sector Malval
	C-37	PE-1N (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto-Puente Francos - Vaquería -Casa Blanqueada-Higuerón-Rica Playa - Dv. Comandante Villar - Bocana-Dv. Huasimoca	Quebrada San Francisco	0.04	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de vía afectado por flujo proveniente de la quebrada San Francisco
	C-38	PE-1N (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto-Puente Francos -	Quebrada Colorado	0.1	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de vía afectado por flujo proveniente de la quebrada Colorado

		Vaquería -Casa Blanqueada-Higuerón- Rica Playa - Dv. Comandante Villar - Bocana-Dv. Huasimoca					
EROSIÓN FLUVIAL	C-39	TU-524 - Pta. Carretera	Quebrada Seca	0.1	Tumbes	Rehabilitación	Tramo de vía afectado por erosión fluvial, en la quebrada Seca
	C-40	PE-1N (Qda. Seca) - Pajaritos - Negritos - Emp. TU-105 (Dv. Cherrelisque)	Quebrada Cabeza de Vaca	1	Tumbes	Rehabilitación	Vía afirmada afectada por erosión fluvial en la quebrada Cabeza de Vaca
	C-41	PE-1N (Pte. El Charán) - El Charán	Quebrada Urbina	0.5	Tumbes	Rehabilitación	Vía afirmada afectada por erosión fluvial en la quebrada Urbina
	C-42	PE-1N (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto- Puente Francos - Vaquería -Casa Blanqueada-Higuerón	Quebrada La Capitana	0.05	Tumbes	Rehabilitación	Vía afirmada afectada por erosión fluvial en la quebrada La Capitana

Cuadro 3.3: Obras de infraestructura afectados por los peligros detonados con las fuertes lluvias de El Niño Costero 2017.

TIPO DE PELIGRO	N° Pto	INFRAESTRUCTURA	DISTRITO	PROVINCIA	REGIÓN	ACCIÓN RECOMENDADA	OBSERVACIONES
INUNDACIÓN FLUVIAL	I-03	Pozo de agua	Pampa de Hospital	Tumbes	Tumbes	Reubicación	Afecta toma de agua en el sector Fernández (fotos 11-12 -13)
	I-04	Baden	Tumbes	Tumbes	Tumbes	Rehabilitación	Deteriorado (Alto Prado)
FLUJOS (HUAICOS, DE LODO U OTROS)	I-05	Baden	Casitas	Contralmirante Villar	Tumbes	Rehabilitación	Socavamiento de estructura por flujos generados en la Quebrada 1
	I-06	Baden	Casitas	Contralmirante Villar	Tumbes	Rehabilitación	Socavamiento de estructura por flujos generados en la Quebrada 2
	I-07	Baden	Casitas	Contralmirante Villar	Tumbes	Rehabilitación	Socavamiento de estructura por flujos generados en la Quebrada La Juliana
	I-08	Baden	Casitas	Contralmirante Villar	Tumbes	Rehabilitación	Socavamiento de estructura por flujos generados en la Quebrada San Miguel
	I-09	Baden	Zorritos	Contralmirante Villar	Tumbes	Rehabilitación	Socavamiento de estructura por flujos generados en Barrancos
	I-10	Baden	Zorritos	Contralmirante Villar	Tumbes	Rehabilitación	Socavamiento de la estructura por flujos generados en Barranco Chico
	I-11	Baden	Zorritos	Contralmirante Villar	Tumbes	Rehabilitación	Socavado de la estructura por flujos generados en la Corral de ovejas
	I-12	Baden	Zorritos	Contralmirante Villar	Tumbes	Rehabilitación	Socavado de la estructura por flujos generados en la Quebrada del Dos

	I-13	Baden	Zorritos	Contralmirante Villar	Tumbes	Rehabilitación	Socavado de la estructura por flujos generados en la Km 3+000 carretera Barrancos
	I-14	Puente - defensa ribereña	Zorritos	Contralmirante Villar	Tumbes	Rehabilitación	Socavamiento en estribos del puente Leoncio Prado
	I-15	Baden	Casitas	Contralmirante Villar	Tumbes	Rehabilitación	Socavamiento de estructura por flujos generados en la Charanal
	I-16	Baden	Zorritos	Contralmirante Villar	Tumbes	Rehabilitación	Socavamiento de estructura por flujos generados en la Quebrada San Andrés
	I-17	Baden	Zorritos	Contralmirante Villar	Tumbes	Rehabilitación	Socavamiento de estructura por flujos generados en la Quebrada La Paja
	I-18	Baden	Zorritos	Contralmirante Villar	Tumbes	Rehabilitación	Socavamiento de estructura por flujos generados en la Quebrada Marinero
	I-19	Poste Eléctricos	La Cruz	Tumbes	Tumbes	Reubicación	Ciudad Satélite
	I-20	Muro de contención - Escaleras	La Cruz	Tumbes	Tumbes	Reconstrucción	Buena ventura y Los Milagros
	I-21	Baden	San Juan de la Virgen	Tumbes	Tumbes	Rehabilitación	Socavamiento de estructura por flujos generados en la Quebrada San Juan
	I-22	Baden	San Juan de la Virgen	Tumbes	Tumbes	Rehabilitación	Socavamiento de estructura por flujos generados en la Quebrada La Garita
EROSIÓN FLUVIAL	I-23	Puente	Zorritos	Contralmirante Villar	Tumbes	Rehabilitación	Erosión en estribos de puente, quebrada Algarrobillo
	I-24	Defensa ribereña	Zorritos	Contralmirante Villar	Tumbes	Reconstrucción	Colapso por sectores de estructura por la intensa erosión fluvial, sector

						Pajaritos	
	I-01	Puente	Matapalo	Zarumilla	Tumbes	Rehabilitación	Erosión en estribos de puente (quebrada Carita) (foto10)
	I-02	Puente	Casitas	Contralmirante Villar	Tumbes	Rehabilitación	Estribos expuestos (Quebrada Algarrobillo)
	I-25	Puente	Zorritos	Contralmirante Villar	Tumbes	Rehabilitación	Erosión de estribo puente Bocapan
DESPLAZAMIENTOS, CAÍDA DE ROCAS U OTROS	I-26	Muro de contención - Tanque elevado de agua	La Cruz	Tumbes	Tumbes	Reconstrucción	Barrio Marco Herrera
	I-27	Postes de energía eléctrica	La Cruz	Tumbes	Tumbes	Reubicación	Ciudad Satélite
	I-28	Muros de contención - escalera	Zorritos	Contralmirante Villar	Tumbes	Reconstrucción	Buena Ventura y Los Milagros

CONCLUSIONES

1. La región Tumbes, con características particulares de geografía, climática ecuatorial-subtropical (incluso llegar a valores extremos), complejidad geológica y características geomorfológicas variadas, presenta una recurrencia de peligros geológicos y hidrometeorológicos, marcada por la ocurrencia de: a) inundaciones, erosión fluvial, flujos de lodo y detritos en la zona de planicie costera, relacionados por la presencia del Fenómeno denominado El Niño Costero; b) presenta procesos asociados a movimientos en masa en las laderas (deslizamiento, flujos, derrumbes) en zona de colinas y montañas, ligados a las intensas lluvias, presencia de agua subterránea y características de los materiales que conforman las laderas. Los eventos (ocurridos en el pasado) de movimientos en masa identificados en la morfología de la región corroboran la geodinámica de esta área. La ocupación y crecimiento paulatino de las ciudades en valles y laderas, aumentan, en muchos casos, la frecuencia en la recurrencia de eventos de carácter desastroso.
2. Los regímenes de precipitaciones en la región Tumbes presentan muchas variaciones en el tiempo y el espacio. En la zona se pueden presentar lluvias torrenciales ocasionalmente, así como largos períodos con escasez de lluvias, donde la precipitación acumulada durante un período lluvioso normal (septiembre-mayo, según SENAMHI) es de 200 mm. Ésta condición cambia bruscamente al producirse eventos extraordinarios como el denominado fenómeno El Niño o Niño Costero (durante El Niño 1997-1998, la precipitación acumulada del período lluvioso alcanzó 2000 mm, con lo que cambia los regímenes de precipitación para toda la región).
3. En cuanto a la morfología del cauce del **río Zarumilla**: Entre el poblado El Porvenir y la desembocadura se ven afectadas principalmente terrazas aluviales utilizadas como terrenos de cultivo y el delta que se forma en la desembocadura. En el **río Tumbes**: fueron afectadas las zonas Rica Playa; entre el poblado de Higuierón y la desembocadura del río; Puerto Pizarro y afluentes principales como son las quebradas Chacritas y de La Angostura. En ellas se vieron afectadas principalmente las llanuras de inundación, terrazas aluviales y el delta del río Tumbes. **Quebrada Bocapán**: Entre el sector El Ciénego y la confluencia de las quebradas Bocapán y Zapotal, afectando terrazas aluviales y llanuras de inundación. Algunos sectores de los cursos principales de Carpitas, Fernández, Pilar, Salado Grande, Rubio, Palo Santo, El Abejal afectaron por sectores tramos de carretera.
4. La evaluación de campo de centros poblados determinó viviendas que fueron afectados por los eventos ocurridos en periodo lluvioso de febrero - marzo, y se determinó por sus características de potencialidad de peligro e importancia las áreas siguientes:
 - Distrito Corrales: ocurrencia de flujo de lodo que afectó viviendas en la quebrada San Francisco y el poblado San Isidro también afectado por inundación pluvial;
 - Distrito Tumbes: ocurrencia de inundación fluvial afectó viviendas en las quebradas: Miraflores y Pedregal; inundación pluvial afectó viviendas en las quebradas 1° de febrero, Calle, Chía, Santa Rosa y Santa María de Dios, también la ocurrencia de inundación y erosión de fluvial afectó vivienda en la quebrada Luay.
 - Distrito de San Jacinto: la ocurrencia de flujos que afectó viviendas en el sector Casa Blanca y quebrada Oidor

-Distrito Pampa de Hospital: la ocurrencia de inundación fluvial en la quebrada Santa María

-Distrito Caleta Cruz: la ocurrencia de deslizamiento, derrumbe y flujo de lodo afectó viviendas en los sectores: Buena Ventura, Ciudad Satélite, Tierra Colorada, Las Palmeras, Las Malvinas, AAHH. La Cantera y las quebradas Charán y Las Gardenias.

5. En cuanto a infraestructura afectada en la zona de estudio se determinó, por sus características de potencialidad de peligro e importancia las áreas siguientes:

Distrito Casitas: la ocurrencia de flujo de lodo afecta badén que tienen que ser rehabilitadas en las quebradas Juliana, Charanal y San Miguel;

-Distrito Zorritos: la ocurrencia de flujo de detritos y lodo afectó puente y defensa ribereña en el sector Leoncio Prado; badén en las quebradas Barrancos, Barrancos Chico, Corral de Oveja, San Andrés, La Paja y Marinero; en cuanto a la ocurrencia de erosión fluvial afectó puente en las quebradas Algarrobbillo y Bocapan, también afectó defensa ribereña en el sector Pajarito.

-Distrito Caleta Cruz, la ocurrencia de flujo afectó poste de conducción de energía eléctrica en el sector ciudad Satélite y muros de contención y escaleras en los sectores Buena Ventura y Los Milagros;

-Distrito San Juan de La Virgen, la ocurrencia de flujos afectó badén en las quebradas San Juan y La Garita.

-Distrito Canoas de Punta Sal, inundación fluvial afectó pozos de agua en el sector Fernández.

6. En los que se refiere a infraestructura vial, las lluvias generadas entre febrero y marzo afectaron los siguientes tramos de carretera, donde la activación de quebradas secas y los caudales que acarrearón estas quebradas superaron la capacidad de pontones y alcantarillas; en algunos sectores no existían alcantarillas, por lo que se vio afectada la plataforma de la carretera en varios tramos:

-Tramo comprendido de la carretera Panamericana Norte entre la quebrada la Cruz y Zorritos (km 219+550 al km 230+000)

-Tramo de la carretera Puente Máncora – Desvío Angolo B - Barrancos - Catalina - Papayalillo - Fernández Bajo - Fernández Alto.

-Carretera quebrada Seca – Pajaritos – Negritos – Cherrelique, fue afectada (por sectores) por erosión fluvial como consecuencia de la activación de quebradas secas donde no existen alcantarillas; varios tramos fueron fuertemente afectados.

-La carretera (Puente Mayor Novoa)- San Pedro de Los Incas - San Jacinto - Puente Francos - Vaquería - Casa Blanqueada - Higuerón - Rica Playa, fue afectada por la activación de quebradas secas; los caudales que acarrearón material, afectaron las estructuras de badenes y alcantarillas.

-La carretera Bocana – Huasimo, afectada por la activación de quebradas secas a manera de flujos de detritos y de lodo dejaron en mal estado varios tramos que no contaban con alcantarillas.

En el distrito Canoas de Punta Sal, flujo de detrito y lodo afectó tramo de carretera de ingreso al poblado Punta Sal, que también afectó sus calles y viviendas.

7. Muchas viviendas en la ciudad de Tumbes se vieron afectadas por: a) Ocupar cauces de quebradas y de ríos que se reactivaron con las fuertes lluvias; b) zonas con deficiente o mal estado del sistema de drenaje pluvial; c) Ocupación de viviendas en hondonadas que no cuentan con desagüe de las lluvias pluviales.

RECOMENDACIONES

1. Realizar la limpieza de cauce (descolmatado) y encauzamiento del río Tumbes, no solo en el tramo que cruza la ciudad de Tumbes, sino a lo largo del valle pasando entre el puente Franco y puente Tumbes se observa que cada periodo de crecida del río acarrea y acumula material detrítico.
2. Reparar los tramos destruidos del muro de encauzamiento de concreto en el sector Pajaritos y modificar el trazo de carretera quebrada Seca – Pajaritos – Negritos – Cherrelique.
3. Reparar y reforzar los siguientes tramos de carretera afectados por la activación de quebradas secas: a) Puente Máncora - desvió Angolo B - Barrancos - Catalina - Papayalillo - Fernández Bajo - (Fernández Alto); b) Puente Mayor Novoa-San Pedro de los Incas-San Jacinto-Pte. Francos - Vaquería -Casa Blanqueada-Higuerón - Rica Playa.
4. Reparar y reforzar los gaviones y enrocados colocados como defensa ribereña a procesos erosivos en los estribos de puentes; asimismo se debe de ampliar la longitud de cobertura de estas defensas ribereñas, en ambas márgenes, aguas arriba y aguas abajo de los puentes.
5. Colocar defensas ribereñas en tramos donde los ríos y quebradas se aproximan a centros poblados, carreteras y terrenos de cultivo. Aplicar esto en los poblados de Pajaritos, Pueblo Nuevo.
6. Los diseños en general de los nuevos puentes y pontones en carreteras a reconstruir, deberán ser realizados con estudios hidrológicos de máximas avenidas los cuales aseguren que estas no fallen o colapsen totalmente.
7. Al momento de rediseñar y ubicar los nuevos puentes y pontones en las carreteras afectadas, tener en cuenta las características geomorfológicas de los valles (cauce activo, llanura inundable y niveles de terrazas) y quebradas (cauces y conos deyección; tipo de material acarreado).
8. En las quebradas secas reactivadas, se deberán realizar trabajos de limpieza periódicos (descolmatación) y encauzamiento con muros de arrimado de material, gaviones, concreto, etc.; así también se deberán redefinir los cauces de las quebradas tratando de evitar que estas hagan curvas en su paso por centros poblados.
9. Reubicar viviendas que se encuentran asentadas cerca o en el cauce de cursos de ríos, quebradas activas y secas, las cuales fueron afectadas o pueden ser afectadas por futuros eventos de flujos de detritos, inundación y erosión fluvial, como el caso de quebrada Pedregal y afluente de la quebrada Luay, entre otros.
10. Realizar el perfilado o banquetado de taludes en zonas donde se produjeron derrumbes y existen bloques inestables; así como en acantilados con elevados ángulos de inclinación y con alturas que permita la ejecución de este tipo de obras.
11. Implementar 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. Esto servirá para constituir sistemas de alerta ante un inminente colapso que pueda comprometer la seguridad de personas, animales, etc. Es el caso de los identificados en Los Delfines y el Barrio Marco Herrera.

12. Colocar drenajes en laderas que presentan movimientos y empuje de terreno, donde se evidencia la presencia y el afloramiento de agua subterránea.
13. Las localidades de la región Tumbes deben prepararse y elaborar sistemas de alerta temprana (SAT) ante la ocurrencia de nuevas inundaciones fluviales y flujos de detritos, que les permitan ser oportunamente alertados ante la ocurrencia de estos, estar preparados y reducir la pérdida de vidas humanas.
14. Realizar planes de emergencia, elaborando mapas donde se ubiquen zonas seguras, se definan rutas de evacuación en caso de la ocurrencia de inundaciones fluviales y flujo de detritos.
15. Las autoridades deben organizar y en conjunto con la población 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.
- Andrés J. Huamán, Julio M. Kuroiwa, Julio Kuroiwa (2011) Efectos del fenómeno de “el niño” en sistemas de agua y alcantarillado – costa noroeste del Perú. Disponible en:
[http://ateneo.unmsm.edu.pe/ateneo/bitstream/123456789/1795/2/Efectos del Fenomeno del Nino Huaman Kuroiwa 2011.pdf](http://ateneo.unmsm.edu.pe/ateneo/bitstream/123456789/1795/2/Efectos_del_Fenomeno_del_Nino_Huaman_Kuroiwa_2011.pdf)
- Hungr, O., 2005, Classification and terminology, en Jakob, M., y Hungr, O., ed., Debris flow hazard and related phenomena: Chichester, Springer-Praxis, p. 9–23.
- Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M., y Hutchinson, J.N., 2001, Review of the classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering Geoscience, v. 7, p. 22–238.
- Hoek, E., & Bray, J. W. (1981) Rock slope engineering. Institution of Mining and Metallurgy, 358 p.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo del Desastre (2012) “Escenarios de riesgos ante la probabilidad de ocurrencia del Fenómeno El Niño”. Disponible en línea:
http://www.cenepred.gob.pe/web/download/ESCENARIO%20DE%20RIESGOS%20ANTE%20LA%20OCURRENCIA%20DEL%20FEN_23102012.pdf
- INDECI (2017) Información de emergencias y daños producidos por el Niño Costero 19 de junio 2017 (en línea). Reporte Niño Costero 2017. (consulta: 23 de julio del 2017). Disponible en línea:
<http://www.indeci.gob.pe/objetos/noticias/NTY=/NTE1Mw==/fil20170621035555.pdf>
- INEI, 2017. Cuentas Nacionales Año base 2017-Producto Bruto Interno Trimestral (en línea). Informe Técnico N° 2- mayo 2017. (consulta: 25 de julio 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: 25 de julio del 2017). Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/panorama-economico-departamental/1/>
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). Movimientos en masa en la región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p.
- Varnes, D. J., (1978) Slope movements types and processes, in Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analysis and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportation research’s board Special Report 176, p. 9-33.

- Vilchez, M., Luque, G. & Rosado, M. (2013) Riesgo geológico en la región Tumbes. Boletín N.º 51 serie C: Geodinámica e ingeniería geológica. Lima: INGEMMET. 188 p., 9 mapas.
- Vilchez, M., Luque, G. & Rosado, M. (2009) Zonas críticas por peligros geológicos en la región Tumbes-primer reporte (en línea). Disponible en: http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/117725/ZONAS_CRITICAS_TUMBES_2009.pdf/1e394b0d-8e66-401b-a37c-fd2ec7137e6f
- 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>

ANEXOS

ANEXO 1: FOTOGRAFÍAS ILUSTRATIVAS

ANEXO 2: MEDIDAS CORRECTIVAS

ANEXO 3: FIGURAS Y MAPAS

ANEXO 1: FOTOGRAFÍAS ILUSTRATIVAS.



Foto 1: Viviendas en el sector San Isidro, situadas dentro del cauce de la quebrada, en periodo lluvioso se activa a manera de flujos de lodo.



Foto 2: Vivienda afectado por flujo de lodo en el sector Punta Sal.



Foto 3 Sector Los delfines, donde se observa tres viviendas afectadas por un deslizamiento rotacional.



Foto 4, Barrio Marco Herrera afectado por un deslizamiento; las viviendas presentan agrietamientos en sus paredes y superficie se genera hundimiento



Foto 5 Viviendas situados en zona donde se generan derrumbes y erosión de ladera. Sector ciudad Satélite.



Foto 6 Se observa viviendas situadas en el pie del talud donde se generan derrumbes, se observa substrato poco competente geotécnicamente inestable y pendiente muy fuerte, en el sector Las Palmeras.



Foto 7 Viviendas son afectadas por deslizamiento y flujo de lodo en el sector Prolongación Buena Ventura.



Foto 8. Viviendas afectadas por inundación pluvial en la quebrada Belén no presenta sistema de drenaje donde pueda drenar las aguas



Foto 9, viviendas del sector Santa María de Dios es afectado por inundación pluvial, se observa el canal vía, nivel de agua alcanza hasta dos metros



Foto 10: Vista de puente en la quebrada Vivienda afectado por flujo de lodo en el sector de Punta Sal.



Foto 11 se observa trazo de carretera afirmada dentro del río Fernández



Foto 12 Pozo de agua afectado por la erosión fluvial



Foto 13 Pozo de agua situado en terraza inundable es afectó instalaciones y poste de energía eléctrica

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.

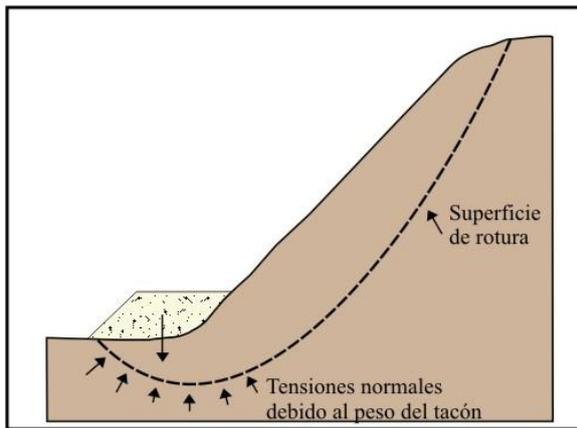


Figura 1: Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno.

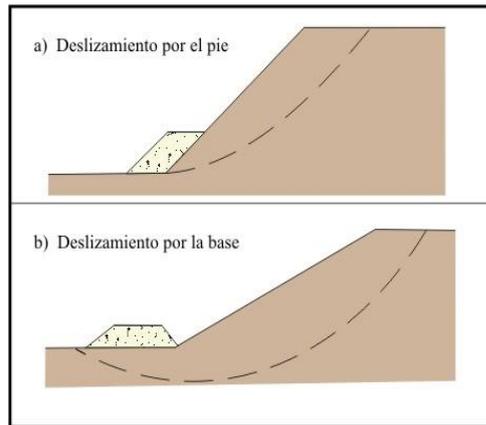


Figura 2: Colocación de escolleras.

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.

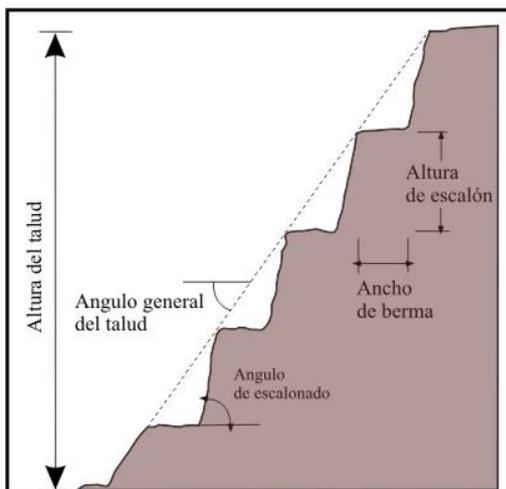


Figura 3: Esquema de un talud con bermas intermedias.

B) Corrección por drenaje

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

Las medidas de drenaje son de dos tipos:

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

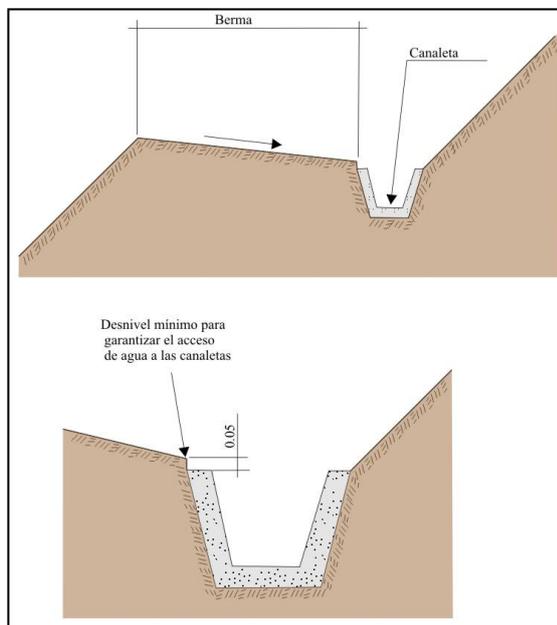


Figura 4: Detalle de una canaleta de drenaje superficial

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.

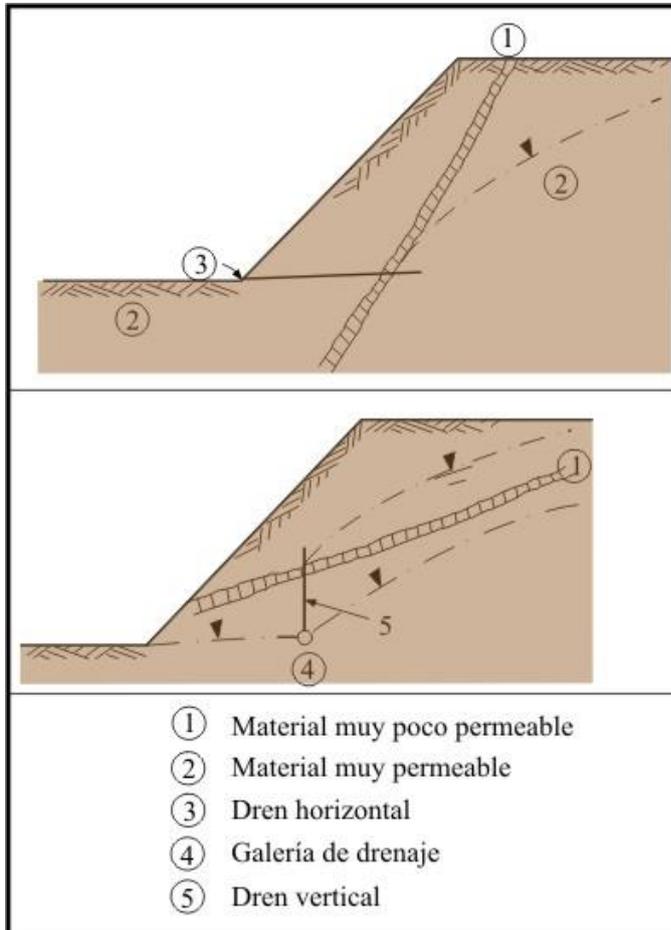


Figura 5: Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos.

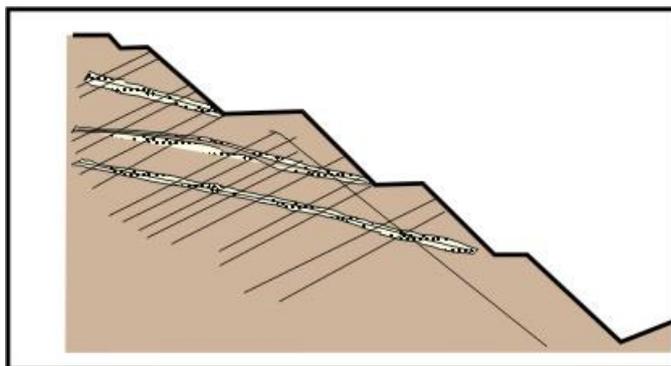


Figura 6. Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos

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.

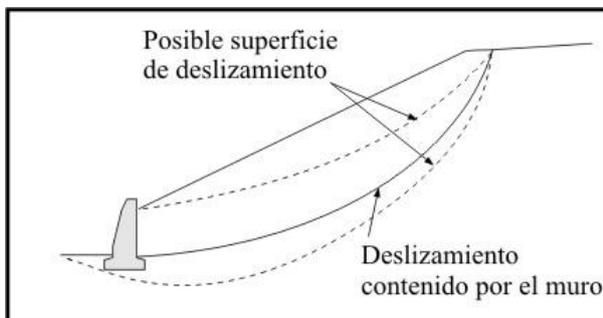


Figura 7: Contención de un deslizamiento mediante un muro.

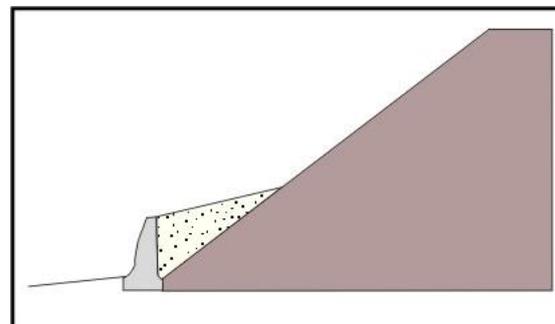


Figura 8: Relleno estabilizador sostenido por el muro.

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.

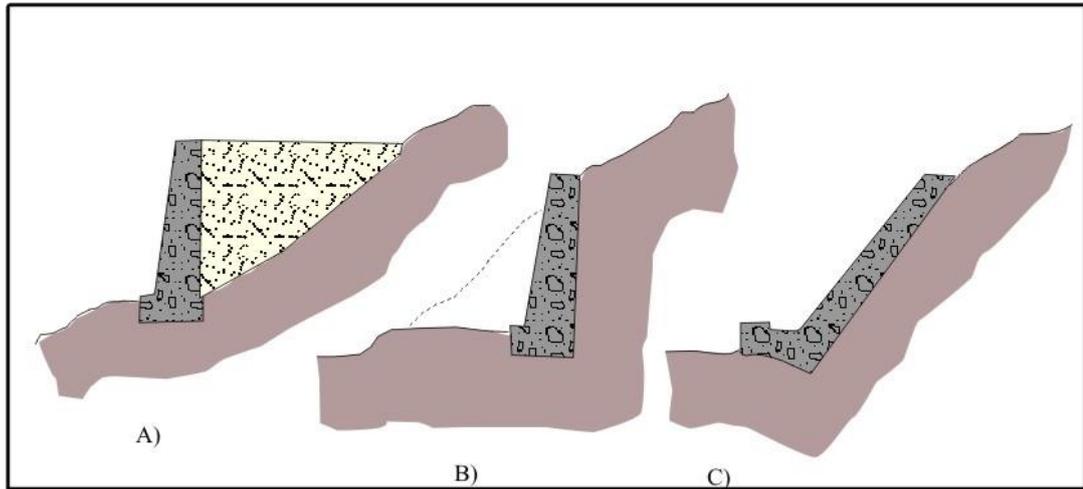


Figura 9: a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento.

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.

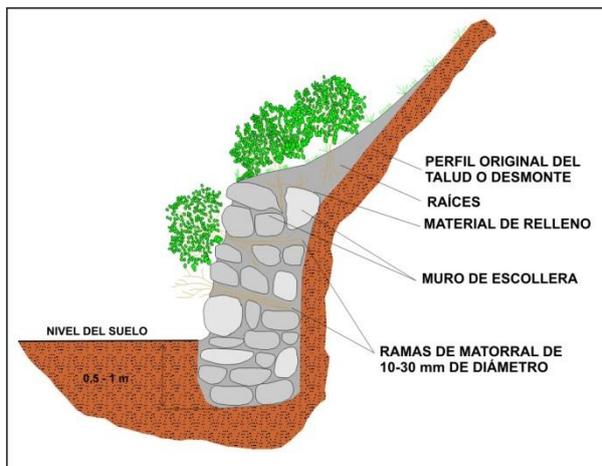


Figura 10 A). Muros de gravedad de piedra seca.

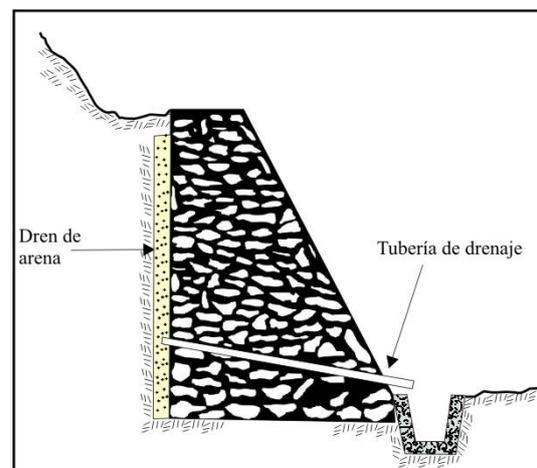


Figura 10 B) Muros de gravedad de piedra argamasa.

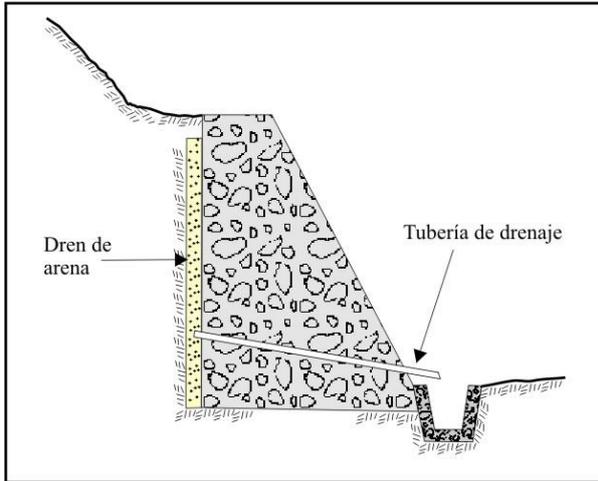


Figura 11: Muros de gravedad de concreto ciclópeo

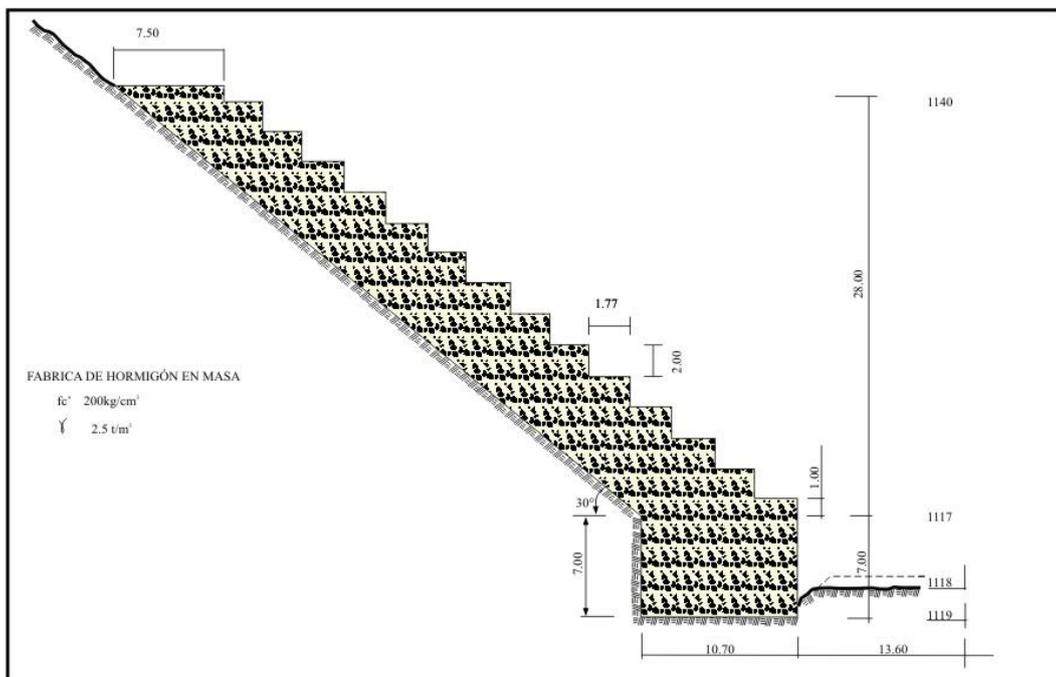


Figura 12: Muros de espesor máximo

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.

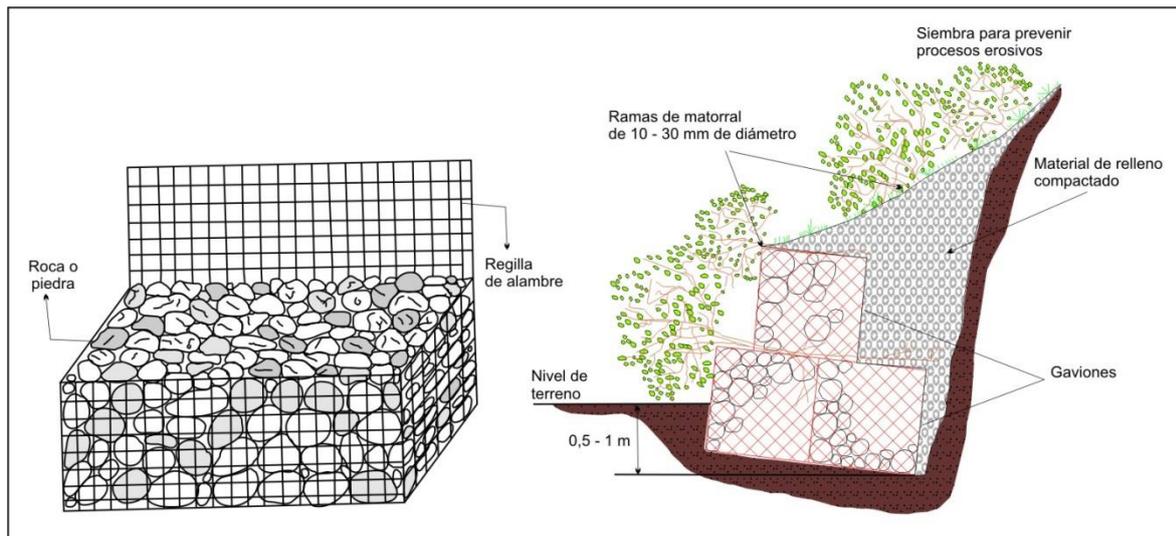


Figura 13: Muro de gavión.

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 hierro 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.

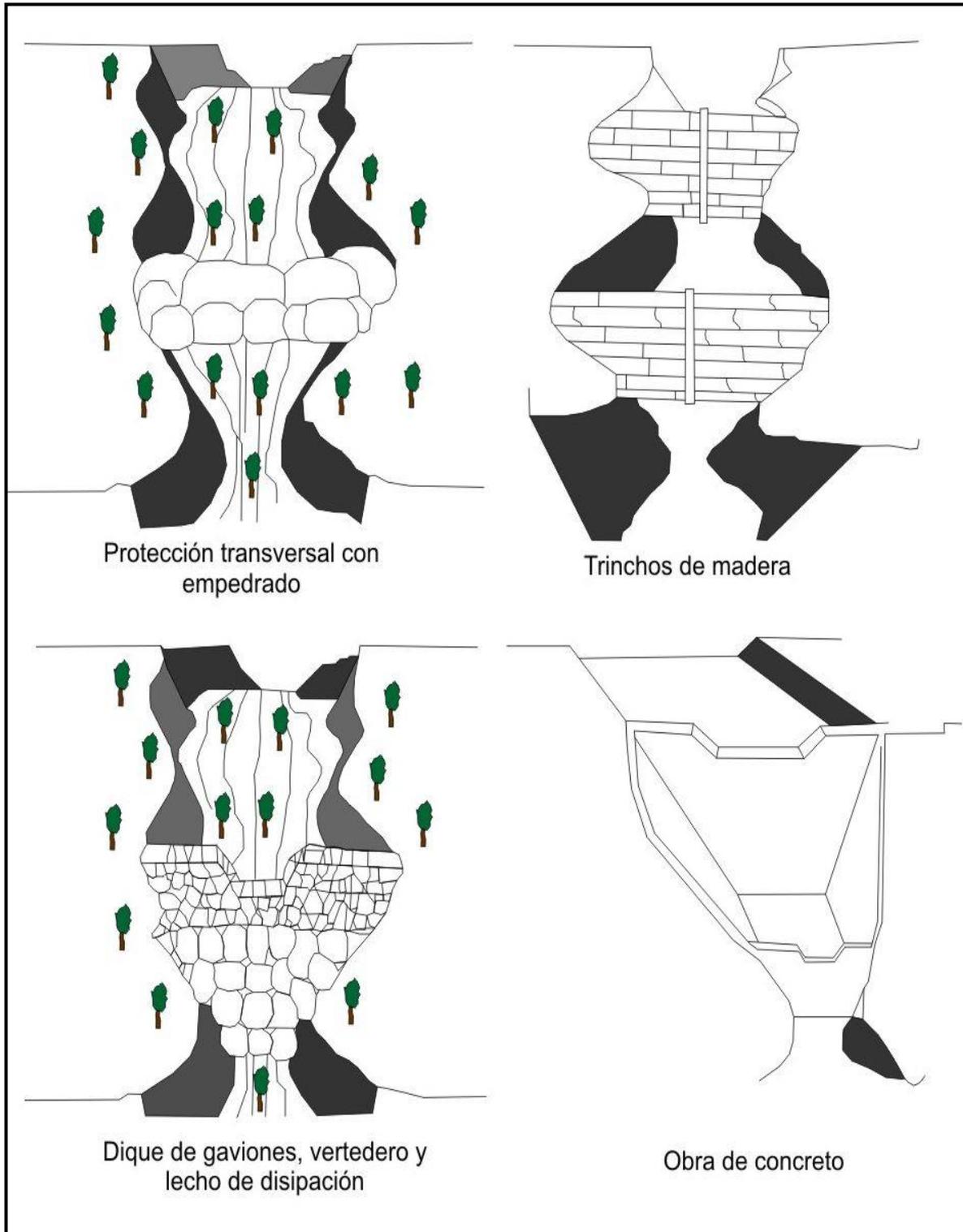


Figura 14: Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas.

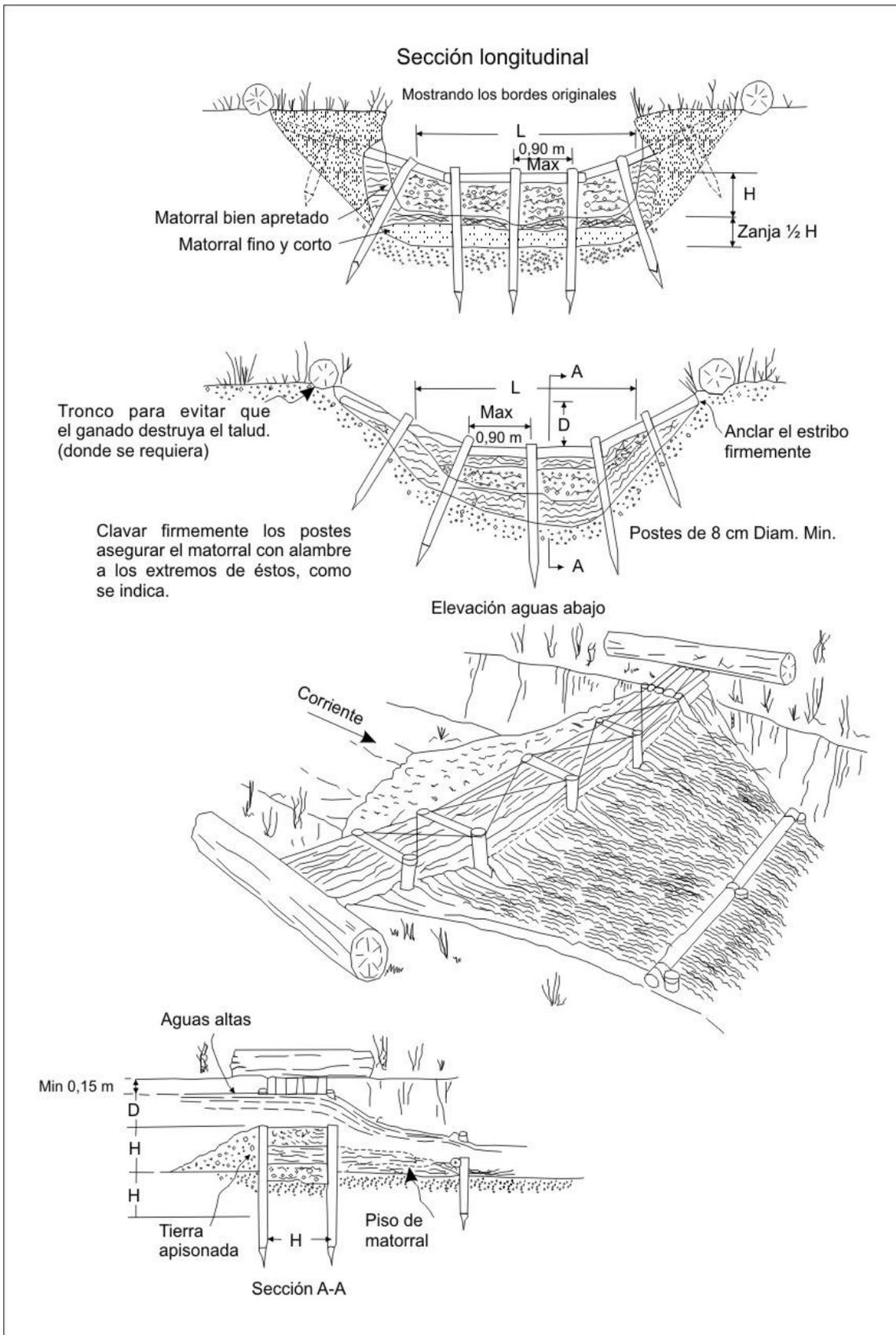


Figura 15: Trincho o presa de matorral tipo doble hilera de postes

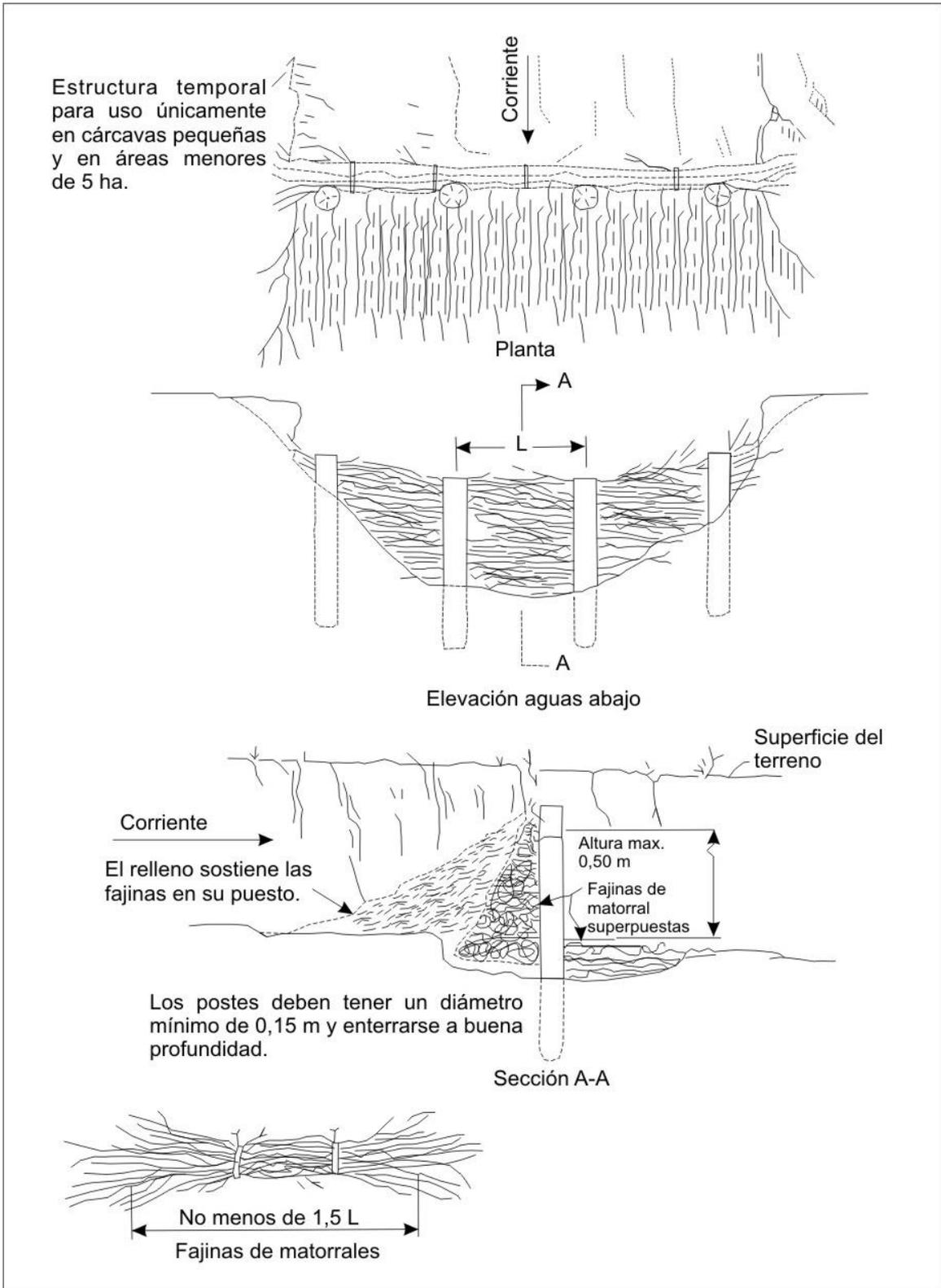


Figura 16: Trincho o presas de matorral tipo una hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964).

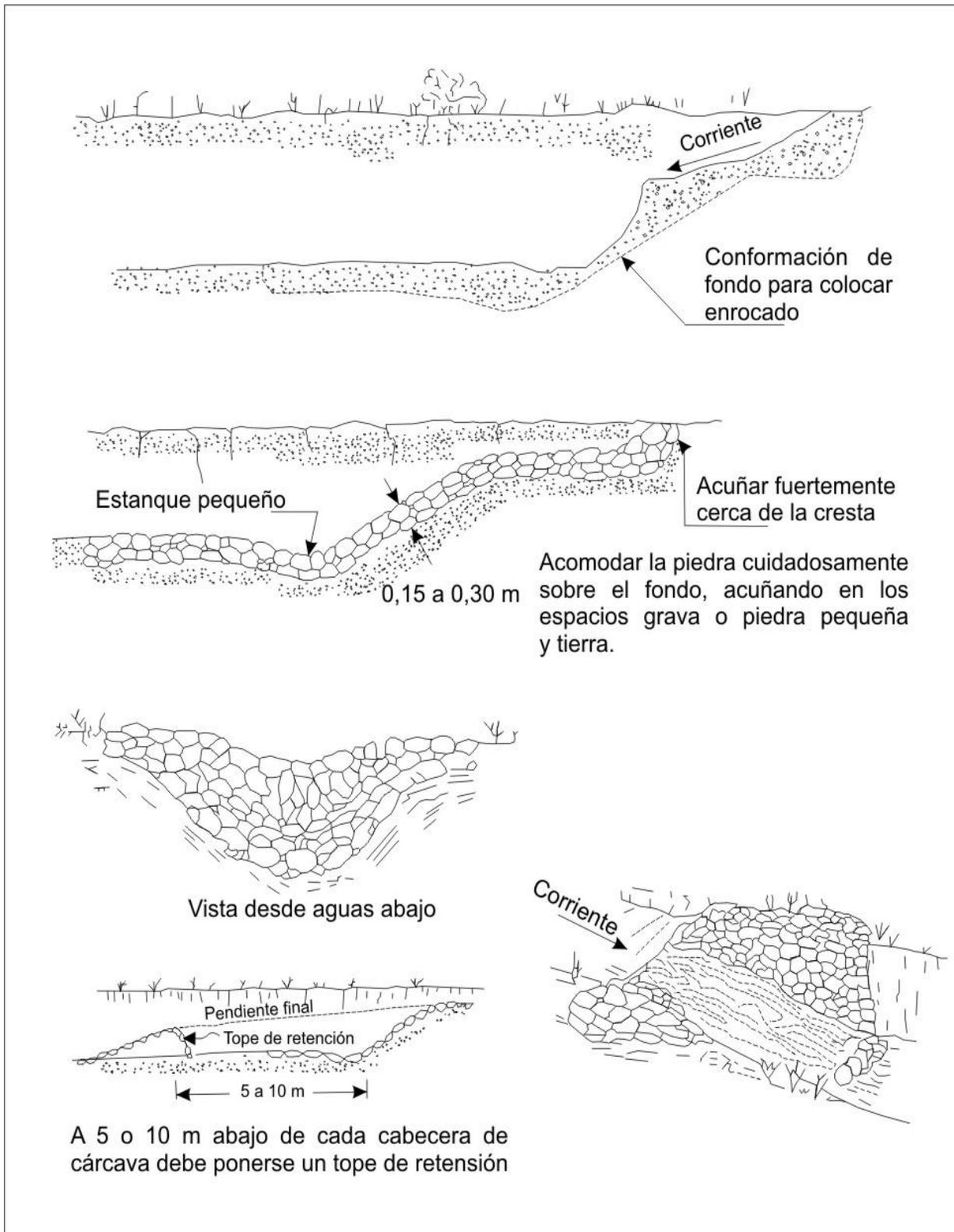


Figura 17: Trincho de piedra para cabecera de cárcava en zona de mina (adaptado de Valderrama et al., 1964).

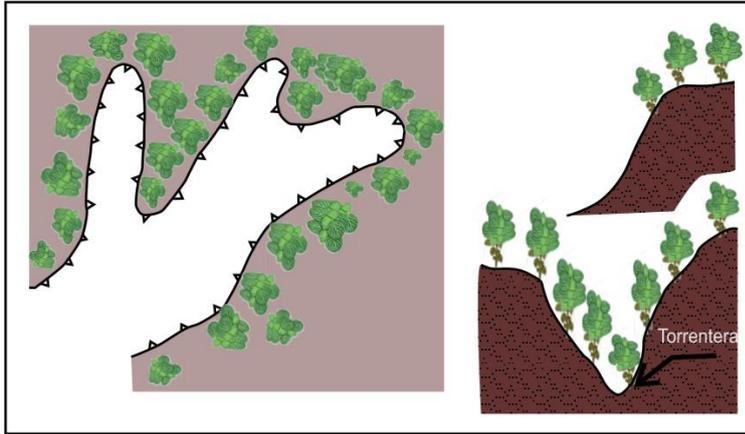


Figura 18: Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

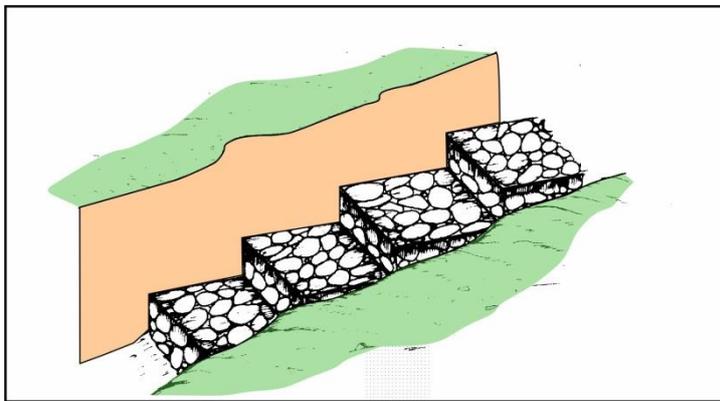


Figura 19: Protección del lecho de la quebrada con muros escalonados (andenes), utilizando bloques de roca o

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 acarrear 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.

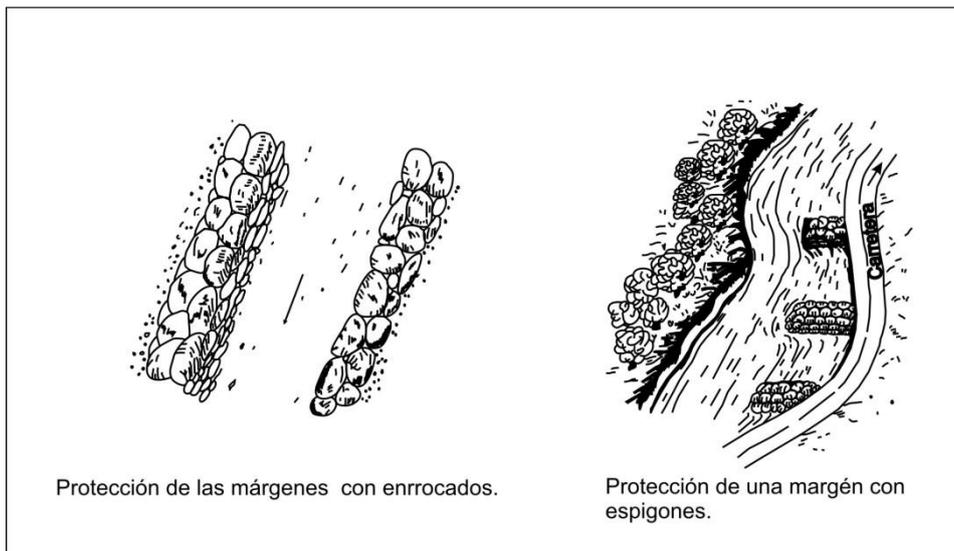
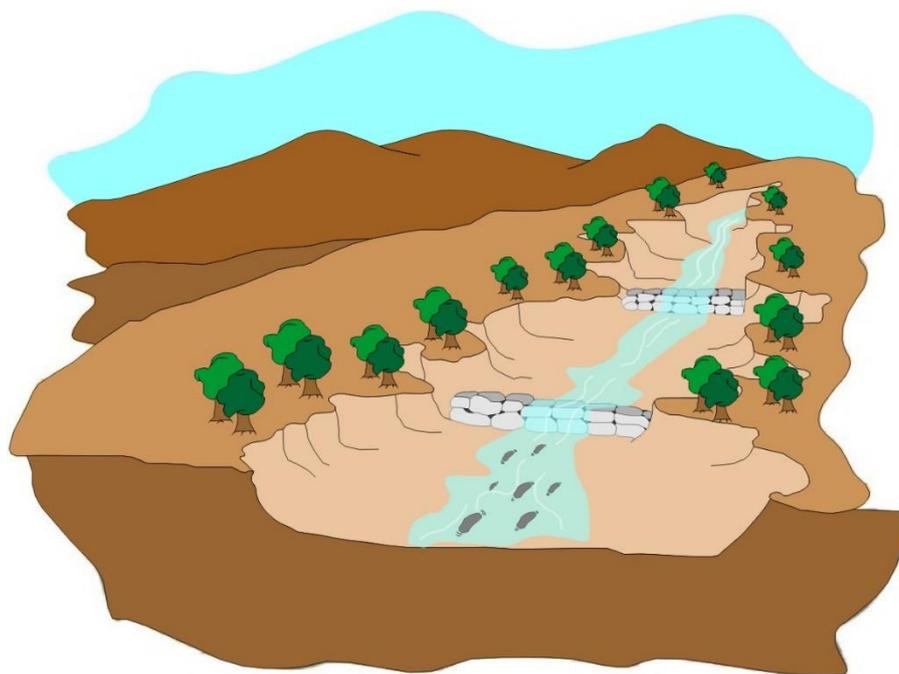


Figura 20: Protección de márgenes con enrocados, espigones y siembra de bosques ribereños.



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 sembrado 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 (mapa 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.

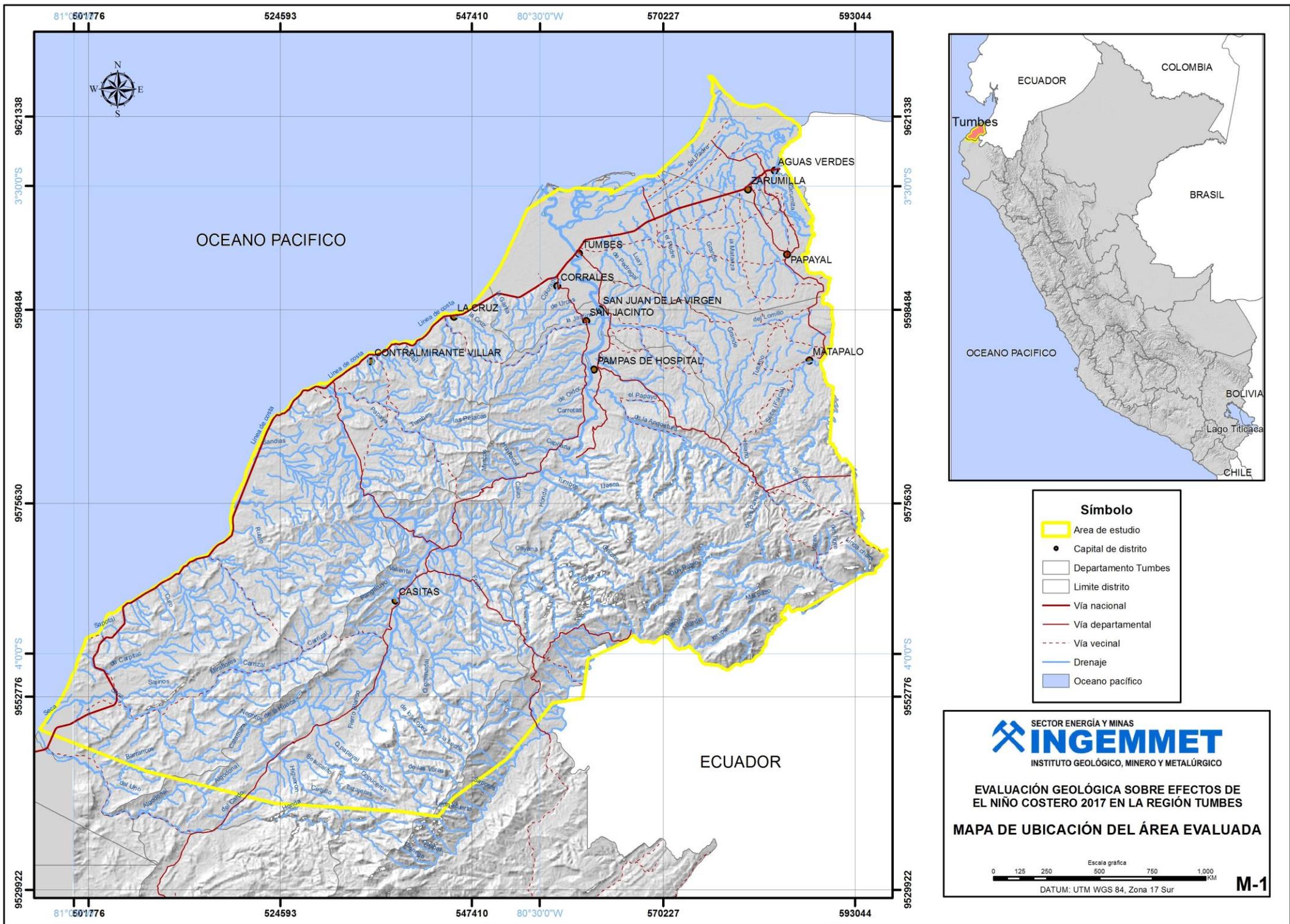
- Sistemas de comunicación por internet, teléfono y radio.
- Instalaciones hidrométricas y de otra índole para observar y comunicar la aproximación y desplazamiento de olas de inundaciones y fluctuaciones de la capa acuífera subterránea.

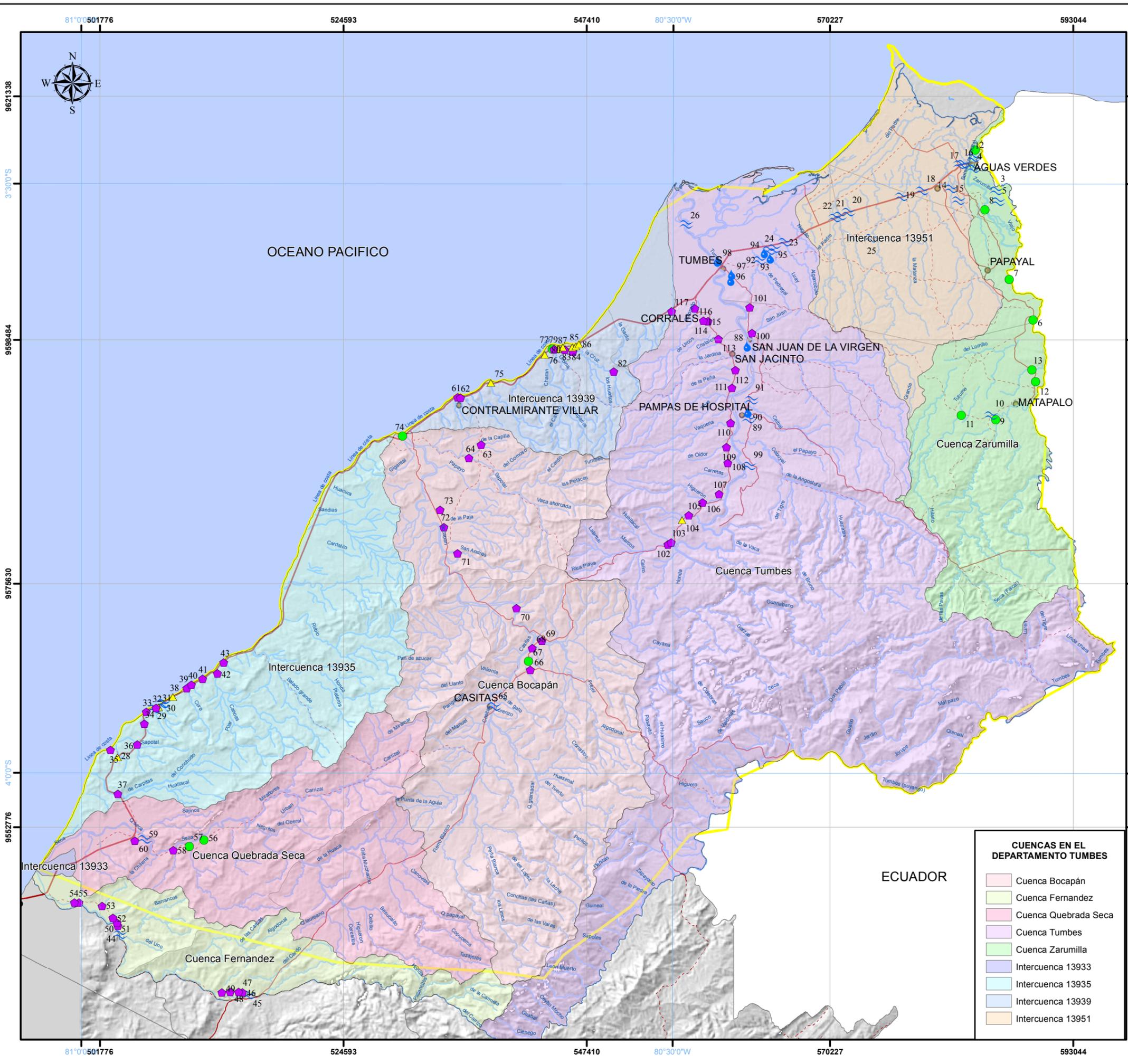
En los periodos en que no surjan situaciones de emergencia deberán mantenerse en buen estado la zona de evacuación de crecidas y el sistema de defensa contra inundaciones, lo que concluye:

- 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





Tipo de Peligros

- Deslizamiento, derrumbe, caída, erosión de ladera y otros
- Flujo de detritos y lodo
- Erosión fluvial
- Inundación fluvial
- Inundación pluvial

Símbolo

- Área de estudio
- Drenaje
- Vía nacional
- Vía departamental
- Vía vecinal
- Departamento Tumbes

CUENCAS EN EL DEPARTAMENTO TUMBES

- Cuenca Bocapán
- Cuenca Fernández
- Cuenca Quebrada Seca
- Cuenca Tumbes
- Cuenca Zarumilla
- Intercuenca 13933
- Intercuenca 13935
- Intercuenca 13939
- Intercuenca 13951

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

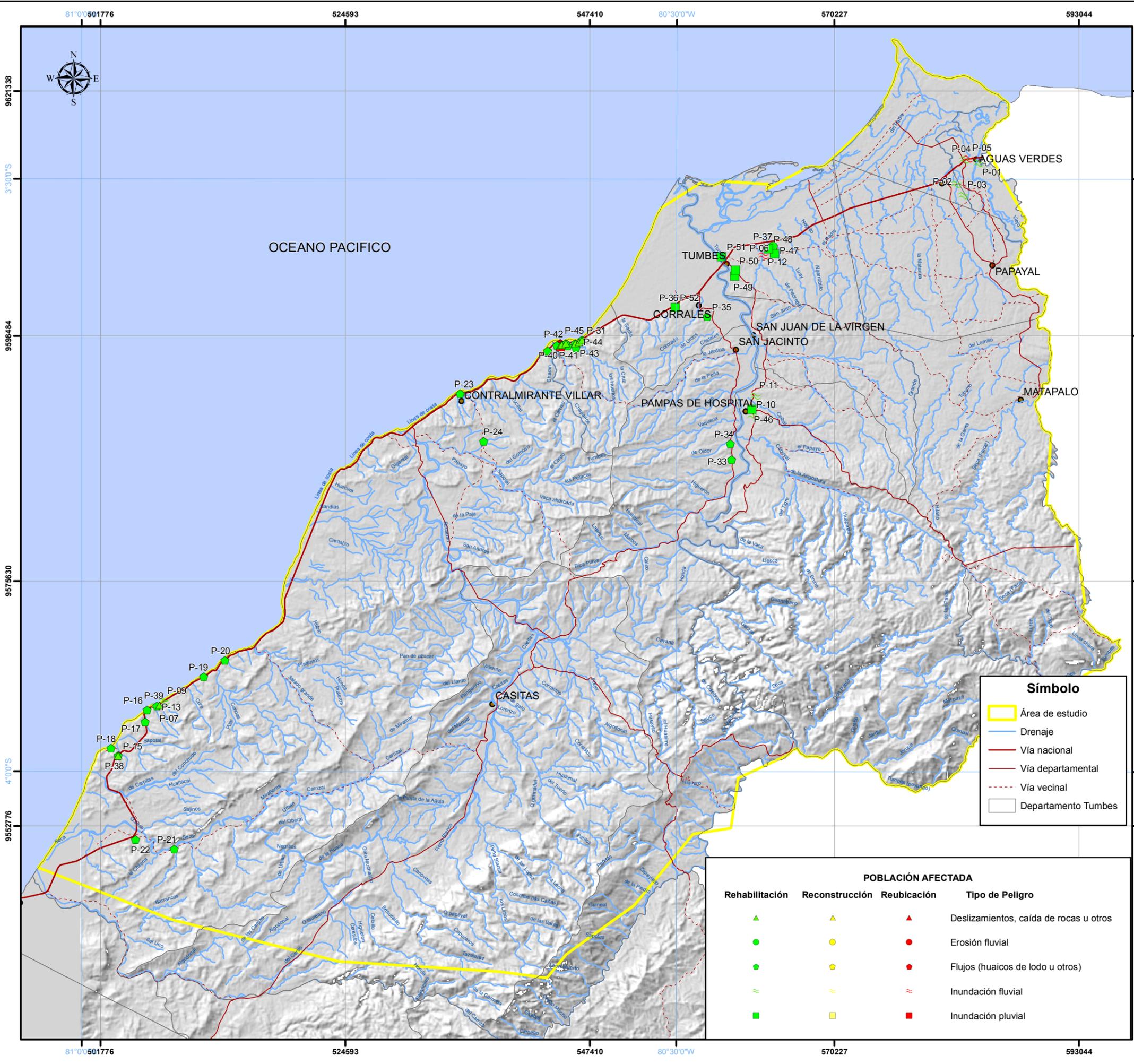
EVALUACIÓN GEOLÓGICA SOBRE EFECTOS DE EL NIÑO COSTERO 2017 EN LA REGIÓN TUMBES

PUNTOS DE CONTROL GEOLÓGICO

Escala gráfica
 0 150 300 600 900 1200 KM

DATUM: UTM WGS 84, Zona 17 Sur

M-2



TIPO DE PELIGRO	N°Punto	CENTROS POBLADOS	PROVINCIA	NUMERO	ACCION RECOMENDADA		
INUNDACION FLUVIAL	P-01	Positos	Zarumilla	12	Rehabilitación		
	P-02	Quebrada Marco Felipe/barrio San Jose	Zarumilla				
	P-03	La Jajita	Zarumilla				
	P-04	Villa Primavera	Zarumilla				
	P-05	Nueva aguas verdes	Zarumilla				
	P-06	Quebrada Luay	Tumbes				
	P-07	Señor de Los Milagros	Contralmirante Villar				
	P-08	Barrio Primavera	Contralmirante Villar				
	P-09	Quebrada Puente Principal	Contralmirante Villar				
	P-10	Quebrada Mirallores	Tumbes				
	P-11	Quebrada Santa Maria	Tumbes				
	P-12	Quebrada Pedregal	Tumbes				
FLUJOS (HUAICOS DE LODO U OTROS)	P-13	Barrio Mira Mar	Contralmirante Villar	24	Rehabilitación		
	P-14	Buena Ventura	Tumbes				
	P-15	Los Delfines	Contralmirante Villar				
	P-16	Barrio Las Mercedes	Contralmirante Villar				
	P-17	Nueva Cancas	Contralmirante Villar				
	P-18	Punta Sal	Contralmirante Villar				
	P-19	Quebrada Seca	Contralmirante Villar				
	P-20	Quebrada La Mira	Contralmirante Villar				
	P-21	Quebrada La Noria	Contralmirante Villar				
	P-22	Pueblo nuevo	Contralmirante Villar				
	P-23	Prolongación Grau	Contralmirante Villar				
	P-24	Quebrada la Capilla	Contralmirante Villar				
	P-25	Nueva Esperanza	Contralmirante Villar				
	P-26	Ciudad Satellite	Tumbes				
	P-27	Quebrada Charan	Tumbes				
	P-28	Quebrada Las Gardenias	Tumbes				
	P-29	Tierra Colorada	Tumbes				
	P-30	Las Palmeras	Tumbes				
	P-31	Las Malvinas	Tumbes				
	P-32	Asentamiento humano La Canterra	Tumbes				
	P-33	Casa Blanca	Tumbes				
	P-34	Quebrada Oidor	Tumbes				
	P-35	Quebrada San Francisco	Tumbes				
	P-36	San Isidro	Tumbes				
EROSION FLUVIAL	P-37	Quebrada Luay	Tumbes	1	Rehabilitación		
	P-38	Los Delfines	Contralmirante Villar				
	P-39	Marco Herrera	Contralmirante Villar				
	P-40	Ciudad Satellite	Tumbes				
	P-41	Charan	Tumbes				
	DESLEZAMIENTOS, CAIDA DE ROCAS U OTROS	P-42	Las Palmeras		Tumbes	8	Rehabilitación
		P-43	Buena Ventura		Tumbes		
		P-44	Prolongación Buena Ventura		Tumbes		
		P-45	Las Malvinas		Tumbes		
INUNDACION FLUVIAL		P-46	Quebrada Beleo	Tumbes	7		Rehabilitación
	P-47	Quebrada 1 de febrero	Tumbes				
	P-48	Quebrada Calle	Tumbes				
	P-49	Quebrada Chia	Tumbes				
	P-50	Quebrada Santa Rosa	Tumbes				
	P-51	Santa Maria de Dios	Tumbes				
	P-52	San Isidro	Tumbes				

Símbolo

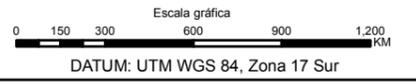
- Área de estudio
- Drenaje
- Vía nacional
- Vía departamental
- Vía vecinal
- Departamento Tumbes

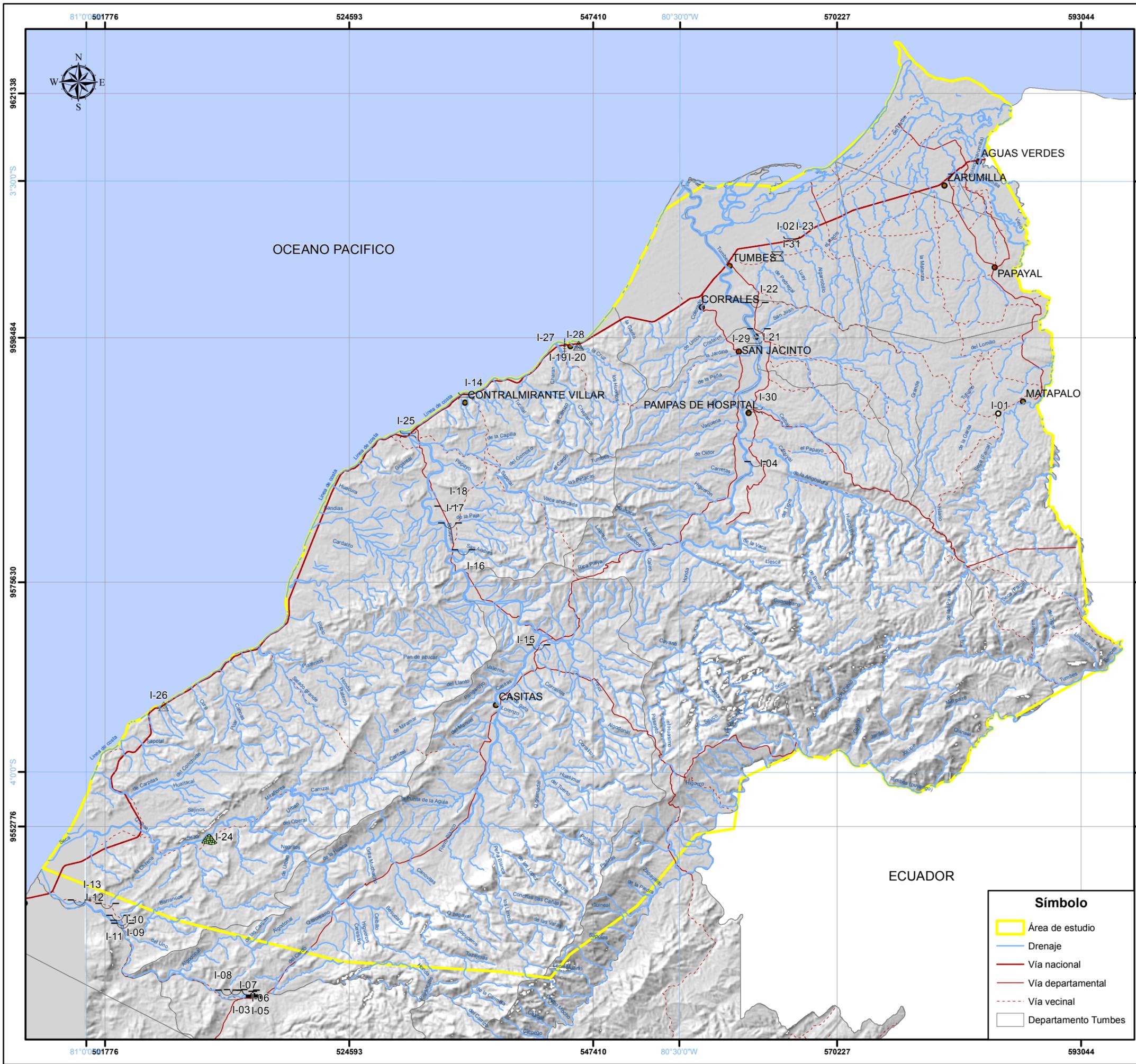
POBLACION AFECTADA

Rehabilitación	Reconstrucción	Reubicación	Tipo de Peligro
▲	▲	▲	Deslizamientos, caída de rocas u otros
●	●	●	Erosión fluvial
◆	◆	◆	Flujos (huaicos de lodo u otros)
≈	≈	≈	Inundación fluvial
■	■	■	Inundación pluvial



EVALUACIÓN GEOLÓGICA SOBRE EFECTOS DE EL NIÑO COSTERO 2017 EN LA REGIÓN TUMBES
MAPA DE PELIGROS QUE AFECTAN VIVIENDAS EN POBLADOS





TIPO DE PELIGRO	Nº Pto	INFRAESTRUCTURA	DISTRITO	ACCIÓN RECOMENDADA	
INUNDACIÓN FLUVIAL	I-03	Pozo de agua	Pampa de Hospital	Reubicación	
	I-04	Baden	Tumbes	Rehabilitación	
FLUJOS (HUACOS, DE LODO U OTROS)	I-05	Baden	Casitas	Rehabilitación	
	I-06	Baden	Casitas	Rehabilitación	
	I-07	Baden	Casitas	Rehabilitación	
	I-08	Baden	Casitas	Rehabilitación	
	I-09	Baden	Zorritos	Rehabilitación	
	I-10	Baden	Zorritos	Rehabilitación	
	I-11	Baden	Zorritos	Rehabilitación	
	I-12	Baden	Zorritos	Rehabilitación	
	I-13	Baden	Zorritos	Rehabilitación	
	I-14	Puente - defensa ribereña	Zorritos	Rehabilitación	
	I-15	Baden	Casitas	Rehabilitación	
	I-16	Baden	Zorritos	Rehabilitación	
	I-17	Baden	Zorritos	Rehabilitación	
	I-18	Baden	Zorritos	Rehabilitación	
	I-19	Poste Eléctricos	La Cruz	Reubicación	
	I-20	Muro de contención - Escaleras	La Cruz	Reconstrucción	
	I-21	Baden	San Juan de la Virgen	Rehabilitación	
	I-22	Baden	San Juan de la Virgen	Rehabilitación	
	EROSIÓN FLUVIAL	I-23	Puente	Zorritos	Rehabilitación
		I-24	Defensa ribereña	Zorritos	Reconstrucción
I-01		Puente	Matapalo	Rehabilitación	
I-02		Puente	Casitas	Rehabilitación	
I-25		Puente	Zorritos	Rehabilitación	
DESIZAMIEN- OS, CAÍDA DE ROCAS U OTROS	I-26	Muro de contención - Tanque elevado de agua	La Cruz	Reconstrucción	
	I-27	Postes de energía eléctrica	La Cruz	Reubicación	
	I-28	Muros de contención - escalera	Zorritos	Reconstrucción	

INFRAESTRUCTURA AFECTADA

- Alcantarilla
- Baden
- Defensa ribereña
- Muro de contención
- Ponton
- Postes de energía eléctrica
- Pozo de agua
- Puente

Símbolo

- Área de estudio
- Drenaje
- Vía nacional
- Vía departamental
- Vía vecinal
- Departamento Tumbes

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

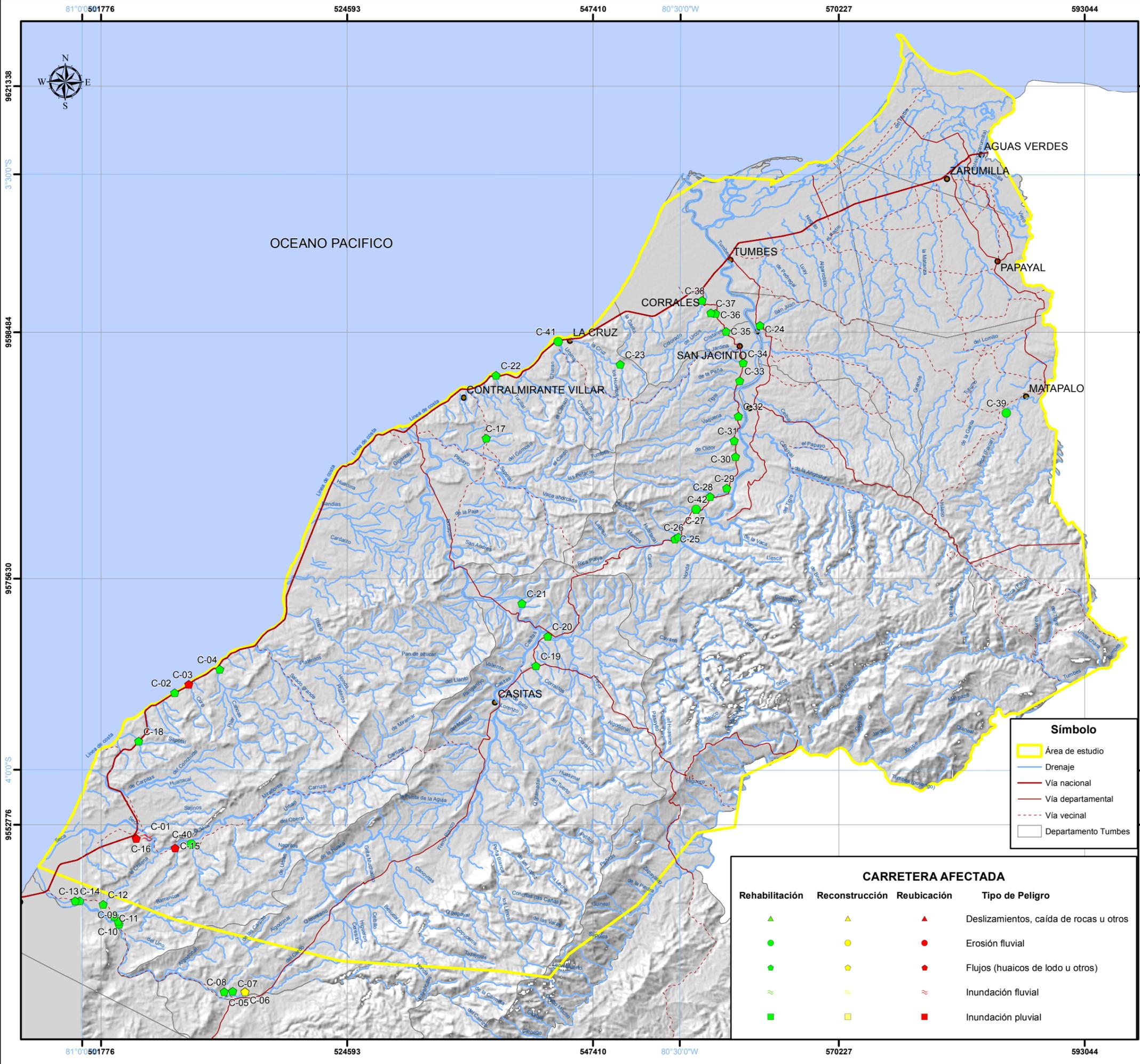
EVALUACIÓN GEOLÓGICA SOBRE EFECTOS DE EL NIÑO COSTERO 2017 EN LA REGIÓN TUMBES

MAPA DE PELIGROS QUE AFECTAN LA INFRAESTRUCTURA

Escala gráfica
 0 150 300 600 900 1,200 KM

DATUM: UTM WGS 84, Zona 17 Sur

M-5



TIPO DE PELIGRO	N°Punto	CARRETERA	TRAMO DE CARRETERA	LONGITUD AFECTADA (Km)	ACCIÓN RECOMENDADA	
INUNDACIÓN FLUVIAL	C-01	PE-IN Quebrada Seca - Pajaritos	1+250 - 2+650	0.3	Reubicación	
	C-02	PE-IN Panamericana Norte	Pajaritos - Cancos	0.72	Rehabilitación	
	C-03	PE-IN Panamericana Norte	Quebrada Curio	0.5	Rehabilitación	
	C-04	PE-IN Panamericana Norte	Quebrada Cancos	1	Rehabilitación	
	C-05	PE-IN (Pte. Mincora) - Dr. Angulo B - Barrancos - Catalina - Papayallo - Fernandez Bajo - Emp. TU-105 (Fernandez Alto)	Quebrada 1	0.06	Rehabilitación	
	C-06	PE-IN (Pte. Mincora) - Dr. Angulo B - Barrancos - Catalina - Papayallo - Fernandez Bajo - Emp. TU-105 (Fernandez Alto)	Quebrada 2	0.04	Reconstrucción	
	C-07	PE-IN (Pte. Mincora) - Dr. Angulo B - Barrancos - Catalina - Papayallo - Fernandez Bajo - Emp. TU-105 (Fernandez Alto)	Quebrada la Juliana	0.05	Rehabilitación	
	C-08	PE-IN (Pte. Mincora) - Dr. Angulo B - Barrancos - Catalina - Papayallo - Fernandez Bajo - Emp. TU-105 (Fernandez Alto)	Quebrada San Miguel	0.06	Rehabilitación	
	C-09	PE-IN (Pte. Mincora) - Dr. Angulo B - Barrancos - Catalina - Papayallo - Fernandez Bajo - Emp. TU-105 (Fernandez Alto)	Barrancos	0.08	Rehabilitación	
	C-10	PE-IN (Pte. Mincora) - Dr. Angulo B - Barrancos - Catalina - Papayallo - Fernandez Bajo - Emp. TU-105 (Fernandez Alto)	Barranco Chico	0.05	Rehabilitación	
	C-11	PE-IN (Pte. Mincora) - Dr. Angulo B - Barrancos - Catalina - Papayallo - Fernandez Bajo - Emp. TU-105 (Fernandez Alto)	Cerro de ovejas	0.08	Rehabilitación	
	C-12	PE-IN (Pte. Mincora) - Dr. Angulo B - Barrancos - Catalina - Papayallo - Fernandez Bajo - Emp. TU-105 (Fernandez Alto)	Quebrada del Dos	0.06	Rehabilitación	
	C-13	PE-IN (Pte. Mincora) - Dr. Angulo B - Barrancos - Catalina - Papayallo - Fernandez Bajo - Emp. TU-105 (Fernandez Alto)	Angulo A	0.05	Rehabilitación	
	C-14	PE-IN (Pte. Mincora) - Dr. Angulo B - Barrancos - Catalina - Papayallo - Fernandez Bajo - Emp. TU-105 (Fernandez Alto)	Km 3+000 carretera Barrancos	0.04	Rehabilitación	
	C-15	PE-IN Quebrada Seca - Pajaritos	Quebrada La Notia	0.16	Reubicación	
FLUJOS (HUAICOS DE LODO) (OTROS)	C-16	PE-IN Quebrada Seca - Pajaritos	Pueblo nuevo	0.06	Reubicación	
	C-17	TU-107 (Podregal) - Emp. TU-540 (Dr. Zorritos)	Quebrada la Capilla	1	Rehabilitación	
	C-18	TU-107 (Podregal) - Emp. TU-540 (Dr. Zorritos)	Quebrada Spotal	3.2	Rehabilitación	
	C-19	PE-IN (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto-Pte. Francos - Vaqueria - Casa Blanca-Higuer	Quebrada Corralitos	0.05	Rehabilitación	
	C-20	PE-IN (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto-Pte. Francos - Vaqueria - Casa Blanca-Higuer	Quebrada Panfles	0.04	Rehabilitación	
	C-21	PE-IN (Bocapun) Dr. Hervideros - Su	Quebrada Jahuayaco	0.05	Rehabilitación	
	C-22	PE-IN Panamericana Norte	Villa Santa Rosa	0.7	Rehabilitación	
	C-23	PE-IN (Pte. Coloma) - Reflejo Sanitario	Quebrada La Cruz	1	Rehabilitación	
	C-24	PE-IN (Tumbes) - Garbanzal - San Juan de la Virgen - Pampas de Hospital - El Prado - Naranjo	Quebrada San Juan	0.05	Rehabilitación	
	C-25	PE-IN (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto-Pte. Francos - Vaqueria - Casa Blanca-Higuer	Quebrada Rica Playa	0.14	Rehabilitación	
	C-26	PE-IN (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto-Pte. Francos - Vaqueria - Casa Blanca-Higuer	Alfaro de Quebrada Rica Playa	0.07	Rehabilitación	
	C-27	PE-IN (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto-Pte. Francos - Vaqueria - Casa Blanca-Higuer	Quebrada La Capitana	1	Rehabilitación	
	C-28	PE-IN (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto-Pte. Francos - Vaqueria - Casa Blanca-Higuer	Quebrada Higuer	0.25	Rehabilitación	
	C-29	PE-IN (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto-Pte. Francos - Vaqueria - Casa Blanca-Higuer	Quebrada Loma Redondo	0.05	Rehabilitación	
	C-30	PE-IN (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto-Pte. Francos - Vaqueria - Casa Blanca-Higuer	Casa Blanca	0.04	Rehabilitación	
EROSIÓN FLUVIAL	C-31	PE-IN (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto-Pte. Francos - Vaqueria - Casa Blanca-Higuer	Quebrada Oidor	0.04	Rehabilitación	
	C-32	PE-IN (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto-Pte. Francos - Vaqueria - Casa Blanca-Higuer	Quebrada Vaquerias	0.05	Rehabilitación	
	C-33	PE-IN (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto-Pte. Francos - Vaqueria - Casa Blanca-Higuer	Quebrada La Peña	0.05	Rehabilitación	
	C-34	PE-IN (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto-Pte. Francos - Vaqueria - Casa Blanca-Higuer	Quebrada Plateros	0.05	Rehabilitación	
	C-35	PE-IN (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto-Pte. Francos - Vaqueria - Casa Blanca-Higuer	Quebrada Cristal	0.05	Rehabilitación	
	C-36	PE-IN (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto-Pte. Francos - Vaqueria - Casa Blanca-Higuer	Malval	0.06	Rehabilitación	
	C-37	PE-IN (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto-Pte. Francos - Vaqueria - Casa Blanca-Higuer	Quebrada San Francisco	0.04	Rehabilitación	
	C-38	PE-IN (Pte. Mayor Novoa)-San Pedro de los Incas-San Jacinto-Pte. Francos - Vaqueria - Casa Blanca-Higuer	Quebrada Colorado	0.1	Rehabilitación	
	EROSIÓN PLUVIAL	C-39	TU-524 - Pta. Carretera	Quebrada Seca	0.1	Rehabilitación
		C-40	PE-IN (Oda. Seca) - Pajaritos - Negritos - Emp. TU-105 (Dr. Chernetique)	Quebrada Cabeza de vaca	1	Rehabilitación
		C-41	PE-IN (Pte. El Charan) - El Charan	Quebrada Urbina	0.5	Rehabilitación
		C-42	PE-IN (Pte. Mayor Novoa) San Pedro de los Incas-San Jacinto-Pte. Francos - Vaqueria - Casa Blanca-Higuer	Quebrada La Capitana	0.05	Rehabilitación

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

EVALUACIÓN GEOLÓGICA SOBRE EFECTOS DE EL NIÑO COSTERO 2017 EN LA REGIÓN TUMBES

MAPA DE PELIGROS QUE AFECTAN CARRETERAS

Escala gráfica
 0 150 300 600 900 1,200 KM

DATUM: UTM WGS 84, Zona 17 Sur

M-4