

Informe Técnico N° A6792

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



Por:  
Dulio Gómez Velásquez

Diciembre, 2017

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

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
3.1.1. PELIGROS POR MOVIMIENTOS EN MASA	12
4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS QUE OCASIONARON GRAVES DAÑOS A POBLACIONES E INFRAESTRUCTURA	17
4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES: CIUDAD TUMBES	16
4.2. ASPECTOS GEOLÓGICOS LOCALES	18
4.3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS LOCALES	19
4.4. ASPECTOS HIDROGEOLOGICOS REGIONALES Y LOCALES	21
4.5. RÉGIMEN HIDROLOGICO DEL RÍO TUMBES	22
4.6. PELIGROS GEOHIDROLOGICOS Y OTROS PELIGROS GEOLOGICOS	23
4.6.1. DESCRIPCIÓN DE LOS EVENTOS QUE AFECTAN LA CIUDAD DE TUMBES Y CUENCA BAJA DEL RÍO TUMBES	25
4.7. CUADROS CON DESCRIPCIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS QUE AFECTARON POBLACIONES, CARRETERAS, INFRAESTRUCTURA Y AREAS DE CULTIVO	30
4.8. ESTADISTICA DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS QUE AFECTARON A POBLADOS, CARRETERAS Y OBRAS DE INFRAESTRUCTURA	58
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	64
ANEXOS I	68
ANEXOS II	88

## RESUMEN

El año 2017, en la zona costera central y norte del Perú se presentó un evento climático excepcional denominado “Niño Costero”, caracterizado por la ocurrencia de fuertes precipitaciones pluviales que activaron varios movimientos en masa (huaicos, flujos de lodo), como desbordes o inundaciones en áreas urbanas, agrícolas en la región Tumbes.

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

Las condiciones geomorfológicas identificadas en la ciudad de Tumbes y la cuenca baja del río Tumbes han sido divididas en dos grupos: geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional (colinas y lomadas) y las geoformas de carácter deposicional y agradacional (llanura aluvial, terraza aluvial, abanico y deltas) son factores condicionantes, elementos que propician la ocurrencia de los eventos naturales debido a las relaciones espaciales y temporales de los objetos analizados.

La ciudad de Tumbes y la cuenca baja del río Tumbes debido a las lluvias intensas, soportaron grandes eventos naturales como son: inundación fluvial, erosión fluvial e inundación pluvial, viéndose afectadas viviendas, instituciones educativas, vías, puentes, etc. Asimismo, la activación de numerosas quebradas aparentemente secas durante largos períodos donde se generaron flujos de lodo o de detritos, afectando principalmente carreteras. En el presente informe se realiza una descripción de estos efectos, a partir del análisis geomorfológico con ayuda de imágenes satelitales y los datos obtenidos en los trabajos de campo.

Asimismo, la descripción de todos los peligros identificados, muestra un detalle de los aspectos geológicos, geomorfológicos y geodinámicos, para su entendimiento, como también se brindan recomendaciones puntuales para cada peligro inventariado.

Siendo uno de los procesos geológico geomorfológicos, las inundaciones y erosión fluvial y asociadas a ellas los huaicos o flujos de lodo, con gran impacto en áreas urbanas, agrícolas, carreteras, se actualizó el mapa de susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial, con énfasis al análisis geomorfológico; así como el de susceptibilidad a movimientos en masa. En ambos casos a nivel regional.

Finalmente, 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 Tumbes.

## 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 m<sup>3</sup> /s.- como ocurrió en 1998, e incluso se inunda la Plaza de Armas, cuando el volumen llega a 3000 m<sup>3</sup> /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 (Ej. 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 el informe técnico “Evaluación geológica de las zonas afectadas por El Niño Costero 2017 en la Región Tumbes, se identificaron las zonas detonadas por las lluvias de tal evento, que afectaron a centros poblados, obras de infraestructura y tramos de vías terrestres.

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 maremoto, 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 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.	No construir viviendas, ni obras de infraestructura dentro del cauce de la quebrada. Canalizar la quebrada.

<p>San Pedro de Los Incas-San Jacinto (Corrales)</p> <p>5</p>	<p>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.</p> <p>En la parte alta se ubica un botadero de basura; los desechos en tiempo de lluvias son arrastrados por las corrientes que se forman. Del mismo modo ocurre en las quebradas Urcos, Cristales y otras.</p>	<p>No construir viviendas, ni obras de infraestructura dentro del cauce de la quebrada. Reforestar la zona. Canalizar la parte baja de la quebrada</p>
<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, en presencia El Niño, estos procesos son más destructivos.</p> <p>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.</p> <p>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 Blanqueada 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.).</p> <p>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.</p> <p>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 encuentra canalizada con muros de mampostería.</p>
<p>Carretera Plateros-Oidor (San Jacinto)</p> <p>10</p>	<p>Tramo de carretera donde se presentan varias torrenceras 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</p>	<p>Realizar trabajos de limpieza en los cauces de torrenceras y quebradas. Encauzar y colocar defensas ribereñas en sectores donde se observe incidencia de los flujos (colocar gaviones y enrocados donde sea necesario).</p>

	<p>flujos de lodo, que pueden afectar viviendas y la carretera por tramos.</p>	<p>Realizar el diseño de alcantarillas y puentes, que no impliquen el estrangulamiento de cauces, ya que puede propiciarse procesos de erosión de los estribos y márgenes. Contar con maquinaria pesada a disposición, para una rápida rehabilitación de los tramos de carretera afectados.</p>
<p>Panamericana Norte entre la Quebrada La Cruz y Zorritos (Zorritos) <b>(km 219+550 al km 230+000)</b></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 deleznales. 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 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).</p> <p>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.</p> <p>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) <b>(km 212+400 al km 219+550)</b></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 deleznales. 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>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).</p> <p>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</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>badenes de ser necesario. Contar con maquinaria pesada disponible para una rápida rehabilitación en los tramos de carretera afectados.</p> <p>Colocar trinchos o barreras transversales en las torrenteras, para controlar procesos de socavación y pérdida de terreno</p>
<p>Panamericana Norte entre quebrada Bocapán y quebrada Plateritos (Zorritos) (km 186+000 al km 212+400),</p> <p><b>13</b></p>	<p>Tramo de la carretera Panamericana Norte afectado por erosión de laderas, erosión fluvial, derrumbes y flujos de lodo.</p> <p>Derrumbes desde el talud superior de la carretera. El substrato está conformado por areniscas, limolitas y lutitas, poco consolidadas y muy deleznales. El material caído obstruye la carretera. Erosión de laderas intenso, forma surcos y cárcavas.</p> <p>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. 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.</p> <p>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).</p> <p>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).</p> <p>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.</p> <p>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)</p> <p><b>14</b></p>	<p>Tramo de la carretera Panamericana Norte, afectado por erosión de laderas, erosión fluvial, derrumbes y flujos de lodo.</p> <p>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). Un gran número</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).</p> <p>Colocar alcantarillas y puentes, que no implique el estrangulamiento en los cauces, ya</p>

	<p>de torrenteras y cárcavas de corto recorrido también discurren flujos.</p> <p>Los flujos también producen procesos de erosión fluvial en márgenes de quebradas, pudiendo afectar estribos de puentes y pontones.</p> <p>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>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.</p> <p>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 controlar los procesos de socavación y pérdida de terreno.</p>
<p>Punta Sal (Canoas de Punta Sal)</p> <p>15</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.</p> <p>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).</p> <p>Realizar un mantenimiento periódico de pontones y alcantarillas; badenes de ser necesario y trinchos o barreras transversales a las torrenteras, para controlará los procesos de socavación y pérdida de terreno.</p>
<p>Panamericana Norte km 154+400 al km 165+600 (Zorritos)</p> <p>16</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 Carpitas), 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</p>	<p>Realizar limpieza en los cauces de torrenteras y quebradas. Encauzar y colocar defensas ribereñas en sectores con incidencia de flujos (gaviones y enrocados en zonas donde sean necesarias).</p> <p>Reparar gaviones, enrocado y muros de encauzamiento de concreto para evitar deterioros y pérdida total de la defensa. Realizar el diseño de alcantarillas y puentes, que no impliquen el estrangulamiento de cauces, pues propician los procesos de erosión en los estribos y márgenes.</p> <p>Mantenimiento periódico en 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</p>

	puentes.	plataforma de carretera asfaltada.  Contar con maquinaria pesada a disposición, para una rápida rehabilitación de tramos viales afectados. Colocar trinchos o barreras transversales a torrenteras para controlar los procesos de socavación y pérdida de terreno.
--	----------	--

Tomado de Vilchez *et al.*, 2009.

### 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 (Fall),

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra un desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir, con velocidades mayores a 5 x 10<sup>1</sup> mm/s.

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

- Caída o desprendimiento de rocas: ocurre en laderas de montañas y colinas de moderada a fuerte pendiente, frentes rocosos escarpados, montañas estructurales asociadas a litologías de diferente naturaleza (sedimentarias, ígneas y metamórficas),

sujetas a fuerte fracturamiento, así como, en taludes al efectuarse cortes en laderas para obras civiles (carreteras y canales).

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

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

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

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

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

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

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

### **c.- Flujos (*Flow*)**

Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se

originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Se tienen los siguientes tipos según Varnes (1978), Hungr et al. (2001), Hungr (2005):

- Flujo de detritos (Debris flow): 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 (Hungr, 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 (Hungr *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 discurren 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 (Dávila, J., 1999). Los factores más importantes para la ocurrencia de erosión fluvial son, la cobertura vegetal, la geomorfología y el clima.

En la región Tumbes, en condiciones climáticas normales, la erosión fluvial se produce a lo largo de las márgenes de los ríos Tumbes y Zarumilla, 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 afluentes a estos los ríos o de otras intercuenas, produciendo también 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).

#### **4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS QUE OCASIONARON GRAVES DAÑOS A POBLACIONES E INFRAESTRUCTURA**

El evento climático del Niño Costero significó cuantiosas pérdidas económicas al estado peruano, puesto de manifiesto en la destrucción de vías de comunicación (carreteras y caminos) que paralizaron totalmente el transporte de personas, mercancías y productos; la destrucción y afectación de puentes, redes de agua-desagüe y de transmisión eléctrica; así como también la destrucción de medios de sustento económico basado principalmente en la actividad agrícola para consumo interno y la obtención de productos para la agroindustria.

Con este evento fueron afectadas ocho regiones localizadas entre Ica y Tumbes, donde los daños se centraron en los valles costeros que vierten sus aguas hacia el océano Pacífico entre los 0 msnm hasta los 2 000 msnm aproximadamente; se activaron quebradas secas que no se tenían registros de activación de muchos años, así como ríos principales retomaron sus antiguos cauces y destruyeron todo lo que se construyó sobre de ellos.

Como en muchas de las regiones afectadas, Tumbes sintió el impacto de este evento principalmente en la población, sus viviendas, las vías de comunicación y también en su agricultura. Muchos distritos fueron afectados, sin embargo, los mayores daños se produjeron a lo largo de los valles principales, donde la carga de volúmenes de agua sin ser mayores a los registrados en el evento el Niño 1997-1998, causaron inundación por desbordes en zonas residenciales y erosión de terrenos de cultivo.

Es en este contexto que en el presente informe se hace un análisis de los aspectos geológicos, geomorfológicos en el tramo inferior del río Tumbes. Sin embargo, es preciso mencionar que si bien es cierto en este estudio hacemos referencia a los efectos y daños causados por inundaciones de tipo fluvial, también se produjeron situaciones de emergencia por inundaciones de origen pluvial, en otras palabras, derivada de la acumulación de agua de lluvia a zonas cóncavas y de drenaje deficiente; en muchos de los casos estos dos tipos de génesis u origen de la inundación se presentaron de forma simultánea en algunos sectores de la región.

##### **4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES: CIUDAD DE TUMBES**

La ciudad de Tumbes ha experimentado en su historia una expansión física y crecimiento demográfico. Llegaba a los 6,000 habitantes diseminados en todo el territorio y en los distritos ya creados hasta ese entonces (1894) los cuales eran: Tumbes, San Juan de la Virgen, Corrales y Zarumilla

A partir de 1942 se crean los distritos: Zorritos, Casitas, Matapalo y Papayal. En 1955 se crea el distrito San Juan de **Jacinto**; en 1962 se crearon los distritos La Cruz y Pampas de Hospital; en 1985 el distrito Aguas Verdes.

La población de Tumbes entre 1940 y 2015 se incrementó en 137 908 habitantes, es decir cinco veces más. En 1940 la población era de 26 496 habitantes; en el 2015, es decir 75 años después, fue de 164 404 habitantes. Comparando la población de 2015, respecto a la de 1961 se observa un incremento de 107 026 personas, tres veces mayor con respecto al año de 1961,

en el cual la población de 1961 y 2015 fue de 57 378 y 164 404 habitantes respectivamente. Respecto al censo de 1972, la población del 2015, es decir el doble a la del año de 1972.

Departamento de Tumbes: población total de crecimiento entre 1940-2015

Año	Población Total	Incremento intercensal	Tasa de crecimiento promedio
1940	26496	--	
1961	57378	30882	5.6
1972	79348	21970	3.5
1981	108064	28716	4.0
1993	158582	50518	3.9
2015	237685	79103	2.3

Fuente: INEI

En la ciudad de Tumbes se concentra el mayor volumen poblacional del departamento y de la provincia Tumbes (111 mil habitantes en el año 2015).

La estructura de la ciudad está condicionada por el río Tumbes que bordea la ciudad; la carretera Panamericana Norte (Av. Tumbes) que cruza la ciudad y por la existencia de grandes áreas destinadas a instalaciones militares. Estas condiciones han contribuido a que la capital departamental crezca desarticulada, definiéndose tres sectores urbanos claramente identificables: ciudad antigua, ciudad intermedia y ciudad nueva (nuevo Tumbes).

El área seleccionada para este análisis geomorfológico, geológico y de peligros comprende La ciudad de Tumbes, la cual se encuentra situado en la costa septentrional en el extremo por occidental del territorio del Perú, sus coordenadas UTM 560018 E – 9605289 S, a una altura de 10 msnm.

Su clima semi tropical corresponde a una zona de transición entre el régimen tropical húmedo ecuatorial y el desértico de la costa peruana. Las características promedio del clima registrado en la estación tumbes durante los meses de marzo 2017 son las siguientes:

Temperatura máxima	31.7 °C
Temperatura mínima	24 °C
Precipitación (MI)	107 mm/mes

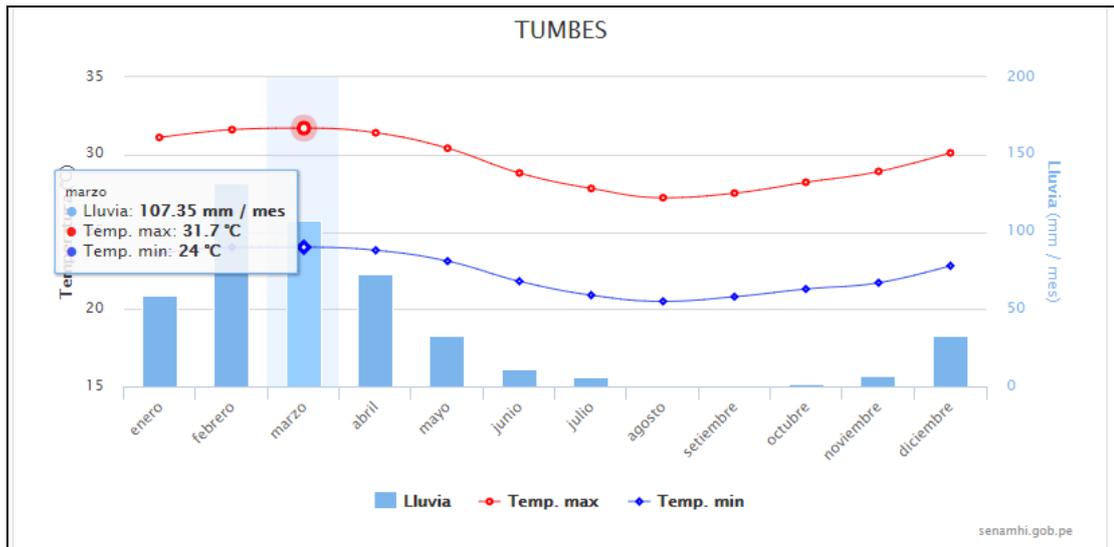


Figura 1. Fuente: SENAMHI

Los ríos principales son el Tumbes y el Zarumilla. Una cuenca secundaria forma la quebrada Bocapán. El río Tumbes uno de los mayores de la costa peruana, nace en los contrafuertes andinos del Ecuador en las sierras de Zaruma, con un recorrido total de 180 km. Y en territorio peruano de 130 km su cuenca colectora tiene un área estimada de 5656 km<sup>2</sup> de los cuales 1 885 km<sup>2</sup> aproximadamente se encuentran en territorio peruano.

El volumen de carga anual promedio es de 3 928 millones de metros cúbicos que lo ubica en segundo lugar después del río Santa. Las máximas absolutas las alcanzaron en las avenidas extraordinarias del 12 de abril de 1965, y del 13 de febrero de 1998 con 4 558 m<sup>3</sup>/seg y 2 500 m<sup>3</sup>/seg respectivamente, produciendo grandes inundaciones. Su régimen de descarga en estiaje varía de 10 – 30 m<sup>3</sup>/seg. Y en época de crecimiento sobrepasa los 400 m<sup>3</sup>/seg. Con descargas máximas superiores a 1000m<sup>3</sup>/seg. Los meses de marzo y abril son los de máxima descarga y los de octubre y noviembre los mínima.

El río Zarumilla es el más septentrional de nuestra costa. Tiene una cuenca de 1800 km<sup>2</sup>. Nace en el Ecuador, en las quebradas de Cotrina y Lajas, no discurriendo agua la mayor parte del año. Su recorrido total es de 50 km. A partir de La Palma, las aguas se infiltran, dando origen posiblemente a una rica napa freática. En su desembocadura, el estero del algarrobo se ramifica en varios brazos de poco ancho y profundidad pero que permite la navegación.

La quebrada Bocapán se seca durante casi todo el año. En forma temporal, pequeños riachuelos a manera de afluentes aumentan el caudal en sus aguas hasta su desembocadura al mar en una pequeña rada.

#### 4.2. ASPECTOS GEOLÓGICOS LOCALES

En la ciudad de Tumbes y sus alrededores geológicamente afloran rocas de edad Cenozoica que se describen a continuación (Palacios, 1994):

**Formación Zorritos:** En la base presenta lutitas marrones, meteorizadas a coloraciones ocre debido a la oxidación. También contiene yeso. Hacia arriba se tiene areniscas terrosas poco consolidadas, lutitas tobáceas que meteorizan a ocre con

algunos niveles de areniscas, tiene nódulos de chert y niveles conglomerádicos, presencia de vetillas rellenas con yeso y nódulos silíceos de hasta 30 cm de diámetros. Aflora en el cerro Punto

**Formación Tumbes:** Constituida por areniscas, lutitas y conglomerados. En el sector Caleta Cruz se describe la siguiente secuencia: lutitas arcillosas, abigarradas, fisibles con algunos niveles muy finos de areniscas poco consolidadas y niveles amarillentos por la descomposición del yeso. La parte media consta de areniscas tobáceas de grado fino a medio, bien clasificadas, poco consolidadas, seguidas de areniscas de grano grueso beige. Forma bancos compactos de 1 m de grosor, sobre las que se encuentran lutitas abigarradas con niveles delgados de areniscas, seguida de un banco de arenisca dura. También se presentan niveles de conglomerados, con fragmento bien redondeados de 5 a 12 cm de diámetro; se intercalan lutitas grises claras con tintes amarillentos, así como areniscas tobáceas grises y areniscas de grano muy fino, compactas, formando capas medianas.

**Depósitos aluviales recientes:** Los depósitos mejor desarrollados se encuentran en los flancos de los grandes cursos fluviales, entre ellos el río Tumbes; están constituidos por arena, limo, arcillas y gravas. La zona circundante al cauce del río Tumbes se caracteriza por tener hasta su desembocadura en el océano Pacífico. Las quebradas que presentan grandes depósitos de materiales aluviales son Pedregal, Luay, San Juan, Bellavista y parte de la ciudad de Tumbes.

**Depósitos marinos:** Constituidos por acumulaciones de canto, arena y limo al borde litoral, así como la faja playera inundable que forman lagunas salinas. Se ubica en las Palmas, el Milagro y el Romero

**Depósitos fluviales:** Estos depósitos corresponden a la acumulación a lo largo de valles y llanuras de inundación por corrientes fluviales. Están constituidos por conglomerados, arena, limo-arcillas.

### **4.3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS LOCALES**

En general, desde el punto de vista morfoestructural regional, el área estudiada se ubica entre la pampa costera y la Cordillera Occidental del Perú, el cual se encuentra disectadas por varios cursos de ríos y quebradas. Entre los principales están los ríos Tumbes y Zarumilla, las quebradas Bocapán y Carpitás (ver mapa geomorfológico).

Las unidades geomorfológicas diferenciadas en la región Tumbes fueron originadas por agentes tectónicos, erosionales y depositacionales, ocurridos a lo largo de su historia geológica. Estas unidades se diferenciaron de acuerdo a sus características morfológicas, morfométricas, geológicas y a su origen (Verstappen & Van Zuidam, 1991; Martín-Serrano et al., 2004).

Las unidades geomorfológicas identificadas en la zona de estudio para la ciudad de Tumbes pertenecen a dos grandes grupos:

## **Geoformas de carácter tectónico-degradacional y erosional**

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, altillanuras, superficie onduladas y lomadas. Dentro de este grupo se tienen las siguientes:

**Colinas y lomadas en rocas sedimentarias:** Corresponde a afloramientos de rocas sedimentarias, reducidos por procesos denudativos. Lo conforman elevaciones alargadas, con laderas de baja moderada pendiente.

## **Geoformas de carácter deposicional y agradacional**

Estas geoformas son el resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento como agentes móviles, tales como el agua de escorrentía, los glaciares, las corrientes marinas, las mareas y los vientos. Estos tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

### **Llanura aluvial o planicie inundable:**

son superficies bajas, adyacentes a los fondos de valles principales y al mismo curso fluvial, sujeta a inundaciones recurrentes, ya sean estacionales o excepcionales. Morfológicamente, se distingue como terreno plano, compuesto de material no consolidado y removible.

Sus mejores exposiciones se encuentran en las márgenes de los ríos Zarumilla y Tumbes. Estas áreas inundables son ocupadas por terrenos de cultivo. Están sujetas a inundaciones periódicas y erosión fluvial en sus márgenes o terrazas bajas.

### **Terrazas aluviales:**

Son porciones de terrenos que se encuentran dispuestas a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río. A mayor altura, representan niveles antiguos de sedimentación fluvial, los cuales han sido disectadas por las corrientes como consecuencias de la profundización del valle. Sobre estos terrenos se desarrollan actividades agrícolas.

**Deltas:** Geoformas de terreno plana e inundables que presenta una forma triangular, formada en la desembocadura del río Tumbes, mediante sedimentos que se depositan a medida que la corriente del río va perdiendo fuerza. Está compuesto por brazos o caños fluviales que separan a las islas, así como también presentan varios cursos abandonados.

**Abanico de piedemonte:** Depósitos en forma de abanico, de baja pendiente dirigida hacia el valle ( $2^{\circ}$ - $15^{\circ}$ ), formados por acumulaciones de material, acarreados por cursos de agua, en la desembocadura de quebradas y ríos tributarios. Muchos de estos depósitos están asociados a cursos individuales de quebradas secas; estas se activan excepcionalmente con la presencia del fenómeno de El Niño, que es cuando acarrear y depositan material. De este tipo de geoforma se tiene en la confluencia de quebradas tributarias del río Tumbes.

#### 4.4. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS REGIONALES Y LOCALES

Los acuíferos principales en la región se encuentran en depósitos porosos no consolidados y en menor proporción en acuíferos fisurados. Las unidades que afloran en la región, según su litología, estructura y sus parámetros hidrogeológicos (porosidad y permeabilidad), fueron clasificados de modo en que sigue:

**Acuíferos:** Son formaciones geológicas con capacidad de almacenar y transmitir aguas subterráneas a través de sus facturas, poros y la interconexión entre estas. En la zona de estudio se consideró las formaciones geológicas como unidad de análisis para su clasificación.

**Acuíferos porosos no consolidados:** Son acuíferos extensos de profundidad elevada, permeables, detríticos y no consolidados; su litología principal lo conforman arena, gravas, conglomerados y materiales aluviales. En el sector se agrupan depósitos fluviales de playa, marinos aluviales antiguos y recientes intergranulares y no consolidados. En la parte más alejada, al norte de la región Tumbes y prolongándose hasta el país vecino del Ecuador, los materiales de este tipo abarcan una gran zona de planicie, desde el río Tumbes de Sur a Norte, hasta llegar a la ciudad de Tumbes. También se encuentran en menor proporción de manera más local en las quebradas, ríos menores y en la faja de playa.

El acuífero del valle del río Tumbes es, por lo general, del tipo libre, aunque por pequeños sectores se encuentran semi confinados, la recarga o alimentación proviene de las aguas que circulan por superficie: ríos, canales rústicos, zonas agrícolas y sobre todo la precipitación

**Acuíferos sedimentarios:** Materiales heterogéneos compuestos por conglomerados con clastos redondeados a subredondeados en una matriz de arena, limo y arcilla. La presencia de limo y arcilla en la matriz reduce la permeabilidad efectiva de los materiales, pero no la anula. Los clastos son, por lo general, de roca sedimentarias, ígneas y metamórficas mal seleccionados y en matriz permeable, toda estas litológicas se clasifican como materiales detríticos o intergranulares, con porosidad primaria importante. Estos materiales sedimentarios cubren una considerable extensión que se encuentra atravesada en gran parte por numerosas fallas que se distribuyen desde la parte central hacia el suroeste de la región. La formación geológica consideradas dentro de esta clasificación es:

- **Acuífero fisurado Tumbes:** Está constituido por niveles finos de areniscas y lutitas arcillosas abigarradas, fisibles, con algunos niveles amarillentos debido a la descomposición del yeso. En la parte media, consiste en areniscas tobáceas de grano fino a medio bien clasificados, poco consolidados y areniscas de grano grueso de color beige. Esta unidad está controlada por diversas fallas de dirección preferencial oeste este. Las areniscas tienen grandes condiciones para el almacenamiento y distribución de aguas subterráneas, por la presencia de números fisuras y estructuras mayores como falla regionales y pliegues.

**Acuitardos.** Las características principales de rocas y suelos en estos materiales son importantes por la capacitación de almacenar agua subterránea y trasmitirla muy lentamente o en forma localizada, debido a su baja permeabilidad. Desde el punto de

vista hidrogeológico, estos materiales son de escaso interés. En zonas donde los acuitardos se intercalan con materiales permeables, generalmente en horizontes delgados y gruesos, los acuíferos son de tipo confinado. En muchos casos, principalmente en zona alto andinas, montañas y serranías, son estructuras que condicionan el almacenamiento de aguas subterráneas, cuando constituyen el piso de un acuífero, del mismo modo condicionan y favorecen al surgimiento de aguas subterráneas a través de manantiales. Las unidades geológicas consideradas como acuitardos son:

**Acuitardos sedimentarios:** Las formaciones de este tipo están constituidas, principalmente, por lutitas, algunas limolitas, niveles de areniscas y calizas, haciendo que sean impermeables en su conjunto; sin embargo, algunos acuitardos sedimentarios tienen intercalaciones de areniscas y calizas de capas delgadas, las cuales favorecen la infiltración mínima de aguas de precipitación, pero la percolación mínima a casi nula. Los acuitardos más importantes constituyen las areniscas tobáceas intercaladas con areniscas de cemento calcáreo pertenecientes al acuitardo Cardalitos y las lutitas marrones, meteorizadas, del acuitardo Zorritos, relacionados con fallas regionales; incluso en el acuitardo Cardalitos se tienen surgencias de agua subterránea relacionadas al componente estructural que atraviesa este acuitardo.

#### **4.5. RÉGIMEN HIDROLÓGICO DEL RÍO TUMBES**

Según reporte del SENAMHI, el día 30 de marzo, informa el desarrollo del aviso meteorológico N° 043, donde se identifica un nuevo incremento del nivel de agua y caudales en los principales puntos de monitoreo hidrológico debido a las persistentes lluvias que se ha presentado en la cuenca binacional Puyango - Tumbes.

Los valores que registraron son detallados a continuación: *Hasta las 04:00 horas, se ha registrado un valor máximo instantáneo de nivel del río Tumbes en la estación El Tigre, (figura 2) el cual representa unos 885.207 m<sup>3</sup>/s aproximadamente, superando su nivel crítico; esta cantidad de flujo atravesando la estación Puente Tumbes (Ciudad de Tumbes) en las próximas horas, este continúa incrementando según los pronósticos emitidos por el SENAMHI para la zona norte del país.*

En base a esto; se recomendó la precaución en las actividades cercanas en las riberas del río, además de las posibles inundaciones de áreas agrícolas en las localidades El Prado, Pampas de Hospital, San Jacinto, Tacural, ciudad de Tumbes. Eventualmente se podría generar la posible activación de quebradas, generación de huaycos y obstrucción de las vías de acceso.



- NIVEL 1** No es necesario tomar precauciones especiales.
- NIVEL 2** Sea precavido al realizar actividades cerca a los ríos, cursos o cuerpos de agua ante ligeras incrementos que puedan acarrear riesgos, sin embargo son situaciones normales en esta región. Manténgase al corriente del desarrollo de la situación hidrológica.
- NIVEL 3** Se prevé la ocurrencia de un evento hidrológico peligroso. Este atento en todo momento del desarrollo de la situación y cumpla los consejos e instrucciones dados por las autoridades evitando desarrollar actividades cerca a los ríos, cursos o cuerpos de agua.
- NIVEL 4** Sea extremadamente precavido; ante la ocurrencia de un evento hidrológico de gran magnitud (desbordes, inundaciones y/o huaycos). Este al corriente en todo momento del desarrollo de la situación y cumpla los consejos e instrucciones dados por las autoridades, evitando desarrollar actividades cerca a los ríos, cursos o cuerpos de agua.

**Figura 2.** Hidrograma de caudales del río Tumbes estación el Tigre (SENAMHI)

#### 4.6. PELIGROS GEOHIDROLÓGICOS Y OTROS PELIGROS GEOLÓGICOS

El tramo del río Tumbes analizado produjo inundaciones y procesos de erosión fluvial asociados al incremento excepcional del caudal en el río.

**La inundación fluvial**, es un peligro natural que se presenta periódica a excepcionalmente en la cuenca baja de los ríos Tumbes y Zarumilla, y en las quebradas secas de gran extensión. Al presentarse El Niño Costero, 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, la escorrentía superficial sobrepasa 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.

Es frecuente también durante la ocurrencia de estos fenómenos, el ensanchamiento del cauce de un río y la destrucción de parte de la llanura de inundación. En la región las mayores inundaciones están asociadas como al reciente fenómeno de El Niño costero. Así, se tiene desborde del río Tumbes que afectaron tanto a terrenos de cultivo como a la ciudad de Tumbes.



**Foto 1.** Margen izquierda del río Tumbes, sector Los Tamarindos, es afectado por el desborde del río Tumbes inundando área de platanales.

En la categoría de otros peligros se tiene la erosión fluvial:

**La Erosión fluvial**, es un fenómeno que está relacionado con la acción hídrica de los ríos, socavando los valles, profundizándolos, ensanchándolos y alargándolos (Dávila, 1999). Los factores más importantes para la ocurrencia de erosión fluvial son, la cobertura vegetal, la geomorfología y el clima.

En la región Tumbes, en condiciones climáticas normales, la erosión fluvial se produce tan solo a lo largo de las márgenes de los ríos Tumbes y Zarumilla, 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 caudales de los ríos Tumbes y Zarumilla sobrepasen sus máximos históricos registrados, produciendo una intensa erosión fluvial a lo largo de sus márgenes.



**Foto 2.** Margen izquierda del río Tumbes, sector Los Tamarindos, es afectado por la erosión fluvial.

#### **4.6.1 DESCRIPCION DE LOS EVENTOS QUE AFECTAN LA CIUDAD DE TUMBES Y CUENCA BAJA DEL RIO TUMBES**

Como consecuencia de las intensas lluvias asociadas al fenómeno denominado de El Niño costero, ocurridas en la región Tumbes en el mes de marzo del 2017, prácticamente activo quebradas secas, ocupadas por los pobladores para la construcción de viviendas y modificando el curso natural de las quebradas. Qué, se activan con la llegada del periodo de precipitaciones pluviales intensas como es el fenómeno de El Niño.

Las viviendas construidas de material rústico y ubicadas en las quebradas son afectadas por flujos de agua y lodo como también por material como son desechos que van arrastrando pendiente abajo, podemos nombrar las quebradas Luay y Pedregal, también podemos nombrar quebradas como son: San Juan, La Jardina, Cristal, Urcos y Colorado que se encuentran dentro de la cuenca baja del río Tumbes.

Como se muestra en el mapa de peligros geológicos se observa que las quebradas que pueden mantenerse seca en periodos normales se activan con la llegada de las lluvias del fenómeno de El Niño costero. También se debe mencionar que las quebradas de menor dimensión afectan las viviendas y muchas veces son utilizadas como vías de acceso.



**Foto 3.** Afluente de la quebrada Luay, que es ocupada por viviendas sin respetar su cauce natural.



**Foto 4.** Quebrada La Garita, flujo afecta Baden



**Foto 5.** Quebrada La Jardina, flujo afecta Baden



**Foto 6.** Quebrada Urcos se activa en periodo lluvias intensas.



**Foto 7.** Quebrada Colorado, se activa en periodo lluvias intensas, activando a manera de flujos.

Los desbordes del río Tumbes y el río Zarumilla, dos afluentes que surcan la región del extremo norte del Perú, han arruinado por completo 1,200 hectáreas de cultivo. Las pérdidas agrícolas solo en Tumbes superan hasta la fecha los cinco millones de soles. terrenos de cultivo que en su momento fueron parte del cauce de río son ocupados por los agricultores.



**Foto 8.** Desborde del río Tumbes afecta terrenos de cultivos.

Debido a las intensas precipitaciones pluviales en la ciudad de Tumbes terminaron inundadas o terminaron convertidas en piscinas, entre las más afectadas las principales calles y avenidas del centro. Entre ellas la avenida Tumbes Norte, a la altura de la sede del gobierno regional; Mariscal Castilla, cerca al mercado. También la calle Grau, a la altura del parque Bellavista; la calle Piura, entre otras arterias ubicadas en zonas bajas.

Así mismo fueron afectados dos instituciones educativas el IST José Abelardo Quiñones y el I.S.P José Antonio Encinas. Ambas, ambas instituciones no cuentan con un sistema de drenaje y por encontrarse en una hondonada, siendo perjudicado cada periodo de lluvias intensas.



Foto 9. Calles de la ciudad de Tumbes después de las precipitaciones pluviales, inundación afecta las partes bajas.

#### 4.7 CUADROS CON DESCRIPCIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS QUE AFECTARON POBLACIONES, CARRETERAS, INFRAESTRUCTURA Y ÁREAS DE CULTIVO

Se presenta en las páginas siguientes, cuadros resúmenes donde se describe una síntesis de los peligros identificados en la zona estudiada de la región Tumbes con una extensión de 4404 m<sup>2</sup> (figura M-1).

Los trabajos de campo se realizaron entre el 16 de mayo y el 14 de junio del presente. Los cuadros han sido agrupados según la infraestructura que 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 del subsector trabajado, separados por centros poblados, carreteras y obras de infraestructura afectadas.

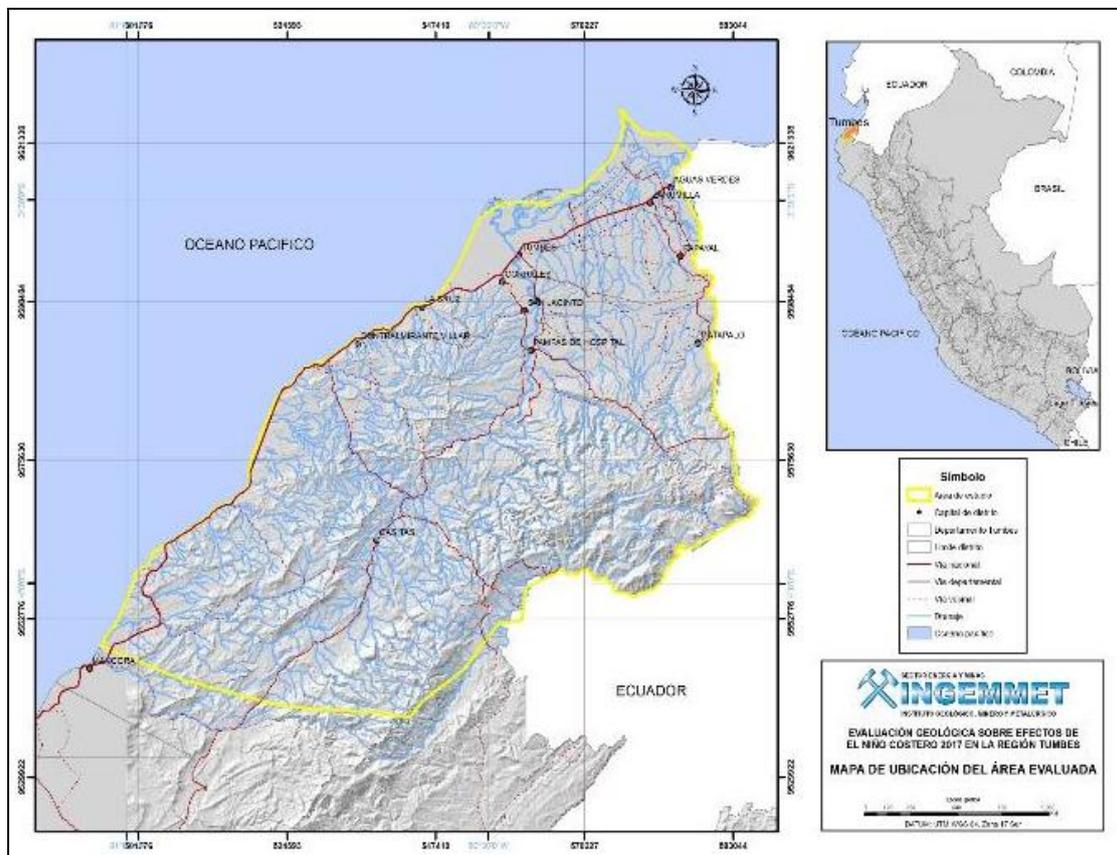


Figura 3. Área de estudio.

**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 km<sup>2</sup>. 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 4.7.1: CENTROS POBLADOS AFECTADOS POR EFECTOS DEL NIÑO COSTERO 2017**

<b>TIPO DE PELIGRO</b>	<b>SECTOR/POBLADO (Distrito, Provincia) (CODIGO)</b>	<b>COMENTARIO GEODINÁMICO</b>	<b>VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCACIONADOS</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>
<b>INUNDACIÓN FLUVIAL</b>	Pósitos Aguas Verdes (Zarumilla) (P-01)	Zona de inundación, presenta una superficie hondonada, no presenta drenaje para evacuar las aguas estancadas.  Se ha construido carretera afirmada para extraer los productos de los agricultores, también el sector es considerado para expansión urbana.	Los daños ocasionados por Inundación fluvial y pluvial, afecta viviendas, carretera y terrenos de cultivo.	Rehabilitar las viviendas afectadas.  Construir un sistema de drenaje fluvial para evacuar las aguas hacia el río principal.
	Marco Felipe (Zarumilla, Zarumilla) (P-02)	Zona de inundación, presenta morfología de superficie plana, pendiente menor a 5°, la quebrada denominado Marco Felipe su cauce con profundidad hasta de 2 m. que se activan con lluvias periódicas o excepcionales, afectando casas aledañas en ambas márgenes; se modificó el cauce natural debido al crecimiento poblacional.	Afectó viviendas ubicadas en ambas márgenes de la quebrada, también afecta calles.	Rehabilitar viviendas, también encausar la quebrada, realizar limpieza periódica y construir un sistema de drenaje de aguas pluviales

<p>La Gogita (Zarumilla, Zarumilla) (P-03)</p>	<p>Área sujeta a inundación, presenta un terreno llano de pendiente menor a 5°, quebrada activa con la presencia de lluvias periódicas o excepcionales.</p> <p>El cauce de la quebrada ha sido modificado, por el constante crecimiento poblacional llegando a afectar viviendas que se encuentra cerca al cauce de la quebrada.</p>	<p>Afectó viviendas ubicadas en ambas márgenes de la quebrada, también afecta calles de la urbanización.</p>	<p>Rehabilitar viviendas, también encausar la quebrada, realizar limpieza periódica y construir un sistema de drenaje de aguas pluviales</p>
<p>Villa Primavera (Aguas Verdes, Zarumilla) (P-04)</p>	<p>Sector presenta una superficie plana y hondonada por sectores, el incremento de las lluvias inunda casas situadas cerca al cauce que la quebrada,</p>	<p>Afectó viviendas, agua alcanza hasta 1.5 m.</p>	<p>Rehabilitación de viviendas y calles afectadas.</p> <p>Construir un sistema de drenaje.</p>
<p>Nueva Aguas Verdes (Aguas Verdes, Zarumilla) (P-05)</p>	<p>El aumento de lluvias genera el desborde de la quebrada inundando terrenos planos y hondonadas de pendiente menor 5°, donde se construyeron casas,</p>	<p>Afectó viviendas y terrenos de cultivo</p>	<p>Reubicar viviendas afectadas y zona no considerada como terrenos de expansión urbana, mejorar el encausamiento de la quebrada para periodos de lluvia excepcionales.</p>
<p>Quebrada Luay (Tumbes, Tumbes) (P-06)</p>	<p>Quebrada encausada de cauce natural modificado por el hombre, sector susceptible a la ocurrencia de inundación, se construyen casas cerca al cauce de la quebrada.</p>	<p>Afectó viviendas y terrenos de cultivo que se encuentran cerca de cauce de la quebrada,</p>	<p>Reubicar viviendas que se encuentran dentro del cauce natural.</p> <p>Determinar el área como zona no apta para expansión urbana</p>
<p>Señor de los Milagros (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar) (P-07)</p>	<p>Zona inundable ambas márgenes de la quebrada Cancas I, se activa con la presencia de lluvias intensas y/o excepcionales.</p> <p>El crecimiento de su caudal inunda viviendas que se ubican en ambas márgenes de la quebrada, se construyó defensas ribereñas por sectores. modificando el curso del cauce natural,</p>	<p>Afectó viviendas que se encuentran situadas en ambas márgenes de la quebrada que no cuentan con defensas ribereñas.</p>	<p>Rehabilitar las viviendas afectadas, construir defensas ribereñas en ambas márgenes de la quebrada.</p>

<p>Barrio Primavera (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar)</p> <p>(P-08)</p>	<p>Área sujeta a inundaciones, margen derecha de la quebrada Primavera. Quebrada encausada con muros de concreto, teniendo hacia la margen derecha una altura de 2.5 m.</p> <p>Con las fuertes lluvias del Fenómeno denominado El Niño Costero, el caudal sobre paso el nivel el muro inundando las viviendas que se encuentran en la margen derecha</p>	<p>Afectó viviendas y local de CUNAMAS que se encuentran situados en la margen derecha de la quebrada</p>	<p>Rehabilitar las viviendas y local CUNAMAS, realizar limpieza periódica del cauce de la quebrada, también construir un sistema de drenaje para evacuar las aguas pluviales</p>
<p>Puente Principal (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar)</p> <p>(P-09)</p>	<p>Área inundable, margen izquierda quebrada Peña Negra.</p> <p>La margen derecha presenta defensas ribereñas, con la presencia de lluvias del fenómeno El Niño Costero afecta viviendas asentadas recientemente.</p>	<p>Afectó viviendas</p>	<p>Rehabilitar viviendas afectadas, construir defensas ribereñas, realizar limpieza anual de la que quebrada.</p>
<p>Quebrada Miraflores (Pampa de Hospital, Tumbes)</p> <p>(P-10)</p>	<p>Área sujeta a inundación, superficie de terreno hondonada quebrada no presenta defensas ribereñas.</p> <p>Terraza baja susceptible a inundaciones. en el sector se asientan viviendas de forma ilegal.</p>	<p>Afecta viviendas</p>	<p>Reubicar las viviendas afectadas, construir defensas ribereñas, también construir un sistema de drenaje.</p>
<p>Quebrada Santa María (Pampa de Hospital, Tumbes)</p> <p>(P-11)</p>	<p>Zona inundable, en la margen derecha de la quebrada Santa María, también presenta defensa ribereña en ambos márgenes.</p> <p>Cauce colmatado con la presencia de lluvia intensas y/o excepcionales afectaría viviendas, locales educativos que se encuentran en la margen derecha. agua.</p>	<p>Afectó viviendas, 02 Instituciones Educativas, terrenos de cultivo y tramo de carretera, Tumbes - Pampa de Hospital</p>	<p>Rehabilitar daños en la infraestructura educativa, limpieza periódica del cauce que la quebrada, construir sistema de drenaje.</p>

	<p>Quebrada Pedregal (Tumbes, Tumbes)</p> <p>(P-12)</p>	<p>Sector sujeta a inundación, la margen derecha de la quebrada Pedregal. En el sector se encuentra asentado dentro del cauce de la quebrada el AAHH Alipio Rosales Camacho, 12 de Setiembre y los Portales.</p> <p>Con la presencia de lluvias excepcionales activaría la quebrada</p>	<p>Afectó viviendas de los AAHH Alipio Rosales Camacho, 12 de Setiembre y Los Portales.</p>	<p>Reubicar viviendas que encuentran dentro del cauce, respetar la margen</p>
<p>FLUJOS (HUAICOS, DE BARRO U OTROS)</p>	<p>Barrio Mira Mar (Tumbes, Tumbes)</p> <p>(P-13)</p>	<p>Área sujeta a flujos de lodo, los aportes de material suelto se encuentran en las cabeceras de las quebradas.</p> <p>Con la presencia de lluvias se generan flujos de lodo por el sustrato rocoso de mala calidad, conformado por areniscas, limolitas y lodolitas, que afectan viviendas situadas al pie de la ladera de pendiente suave 5°-20° y escasa vegetación</p>	<p>Afectó viviendas que se sitúan al pie de la ladera, también local de institución Inicial que presenta grietas en el piso.</p>	<p>Rehabilitar viviendas, reforzar muro de contención, construir sistema de drenaje.</p>
	<p>Buena Ventura (La Cruz, Tumbes)</p> <p>(P-14)</p>	<p>Área donde ocurren flujos de lodo con la presencia de lluvias se generan flujos de lodo.</p> <p>Sustrato rocoso de mala calidad, conformado por areniscas, limolitas y lodolitas.</p> <p>Afectan viviendas situadas al pie de la ladera de pendiente suave 5°-20° y escasa vegetación</p>	<p>Afectó viviendas de la urbanización Buena Ventura.</p>	<p>Rehabilitar viviendas afectadas, construir muros de contención y un sistema de drenaje.</p>
	<p>Los Delfines (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar)</p> <p>(P-15)</p>	<p>Sector donde ocurren flujos de lodo. Las laderas de lomadas con pendiente presenta suave 5°-20°, formado de sustrato rocoso de mala calidad, escasa vegetación, susceptible a movimientos en masa. detonadas con la presencia de lluvias Intensa y/o excepcionales.</p>	<p>Afecta viviendas que se sitúan al pie de la ladera</p>	<p>Construir sistema de drenaje</p>

<p>Las Mercedes (Canoas de Punta Sal Contralmirante Villar)</p> <p>(P-16)</p>	<p>Ladera sujeta a flujo de lodo, con pendiente suave 5°-20°, substrato rocoso de mala calidad muy meteorizado y escasa cobertura vegetal.</p> <p>Se activa con periodo de lluvia intensas y/o excepcionales.</p>	<p>Afectó tres viviendas ubicada al pie de la ladera.</p>	<p>Rehabilitar viviendas afectadas, forestar ladera para estabilizar.</p>
<p>Nueva Cancas (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar)</p> <p>(P-17)</p>	<p>Sector sujeta a flujos, Substrato de mala calidad muy meteorizado, pendiente &lt;5° y escasa cobertura vegetal.</p> <p>Ocupación inadecuada por el hombre (áreas vulnerables). Quebradas secas que se activan en periodo de lluvias intensas y/o excepcionales.</p>	<p>Afectó viviendas asentadas ilegalmente, ocupando cauce de las quebradas.</p>	<p>Rehabilitar viviendas afectadas, construir sistema de drenaje respetar las fajas marginales de las quebradas.</p>
<p>Punta Sal (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar)</p> <p>(P-18)</p>	<p>Quebrada sujeta a flujos. Ladera con pendiente &gt;5° aflora substrato de mala calidad formada de areniscas, limolitas y lodolitas.</p> <p>Presenta muros de concreto en la margen izquierda, cauce modificado hacia la desembocadura.</p>	<p>Afectó viviendas y tramo de carretera afirmada</p>	<p>Construir defensa ribereña; Realizar labores de limpieza y descolmatación de cauce antes de cada periodo lluvioso.</p>
<p>Quebrada Seca (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar)</p> <p>(P-19)</p>	<p>Quebrada sujeta a la ocurrencia de flujos. Superficie de pendiente menor 5°.</p> <p>Defensas ribereñas de tierra en ambas márgenes de la quebrada. Área no apta para expansión urbana.</p>	<p>Afectó propiedad privada</p>	<p>Construir defensa ribereña; ampliar y profundizar cauce de río; Realizar labores de limpieza y descolmatación de cauce antes de cada periodo lluvioso.</p>
<p>Quebrada La Mira (Canoas de Punta Sal Contralmirante Villar)</p> <p>(P-20)</p>	<p>Quebrada sujeta a la ocurrencia de flujos. Superficie de pendiente menor 5°, en la margen derecha presenta muros de concreto como defensa ribereña, hacia la margen izquierda ha sido modificado invadiendo parte del cauce reforzado con defensas ribereñas de tierra.</p>	<p>Afecta propiedad privada</p>	<p>Realizar modelamiento hidráulico y construir defensa ribereña; ampliar y profundizar cauce de río; Realizar labores de limpieza y descolmatación de cauce antes de cada periodo lluvioso.</p>

Quebrada La Noria (Canoas de Punta Sal Contralmirante Villar)  (P-21)	Sector sujeto a flujo. Quebrada seca, se activa con periodo de lluvias intensas y/o excepcionales, no cuenta defensas ribereñas, en algunos tramos usan sacos de arena como defensa ribereña e inundación provocó rebalse de canales hecho con sacos de arena afectando e inundando acceso a caserío de Viviate.	Afectó viviendas	Construir defensa ribereña; Realizar labores de limpieza y descolmatación de cauce antes de cada periodo lluvioso.
Pueblo Nuevo (Canoas de Punta Sal Contralmirante Villar)  (P-22)	Quebrada sujeta a la ocurrencia de flujos. Quebrada seca, se activa con la presencia de lluvias fuerte y/o excepcionales, cauce invadido por la construcción de viviendas del caserío pueblo nuevo.	Afectó viviendas	Construir defensa ribereña; ampliar y profundizar cauce de río; Realizar labores de limpieza y descolmatación de cauce antes de cada periodo lluvioso.
Prolongación Grau (Zorritos, Contralmirante Villar) (P-23)	Sector es afectado por flujos. Laderas de lomada, con pendiente 5°-20°, quebradas activadas con lluvias fuertes, al pie de las laderas son ocupadas por los pobladores construyendo viviendas precarias.	Afectó viviendas	Realizar labores de limpieza, construir sistema de drenaje, forestar con plantas nativas las laderas para evitar la erosión pluvial.
La Capilla (Zorritos, Contralmirante Villar)  (P-24)	Flujos de detritos provocó colapso del sistema de drenaje y alcantarillado.	Afectó viviendas; Cancha de futbol inundada	Realizar labores de limpieza, construir sistema de drenaje, forestar con plantas nativas las laderas para evitar la erosión pluvial.
Nueva Esperanza (Zorritos, Contralmirante Villar)  (P-25)	Sector sujeto a la ocurrencia de flujo. Ladera de pendiente 5°-20°, activadas con la presencia de lluvias intensas y/o excepcionales, ocupación inadecuada de viviendas en zonas no aptas para ser declaradas habitables.	Afectó viviendas	Realizar limpieza del sector; encauzar las quebradas; forestar con plantas nativas de la zona.

<p>Ciudad Satélite (La Cruz, Contralmirante Villar)</p> <p>(P-26)</p>	<p>Sector donde se genera flujo. Ladera de pendiente 5°.20°, aflora substrato de mala calidad muy meteorizado, escasa cobertura vegetal, también debido a la actividad antrópica ocupación inadecuada del terreno, corte y relleno de algunos sectores. detonadas por la lluvia fuerte que ocurren entre los meses de enero a marzo.</p>	<p>Afectó viviendas</p>	<p>Reubicar vivienda afectadas; forestar con plantas nativas.</p>
<p>Las Gardenias (La Cruz, Contralmirante Villar)</p> <p>(P-27)</p>	<p>Área sujeta a la ocurrencia de flujo. Ocupación inadecuada por el hombre, laderas donde aflora substrato de mala calidad muy meteorizado, escasa cobertura vegetal, superficie de pendiente 5°-20°.</p> <p>Detonante principal lluvias intensas y/o excepcionales.</p>	<p>Afectó viviendas, vías de acceso</p>	<p>Forestar laderas con plantas nativas de la región, construir sistema de drenaje</p>
<p>Tierra Colorada (La Cruz, Contralmirante Villar)</p> <p>(P-28)</p>	<p>Sector afectado por flujo.</p> <p>Quebrada donde aflora substrato de mala calidad muy meteorizada, superficie de pendiente 10°-15°, escasa cobertura vegetal, ocupación inadecuada por el hombre modificando el cauce natural de las quebradas que recibe aporte de material de ambas márgenes</p>	<p>Afectó viviendas</p>	<p>Forestar laderas con plantas nativas de la región, construir sistema de drenaje</p>
<p>Sector Yacila (La Cruz Contralmirante Villar)</p> <p>(P-29)</p>	<p>Sector afectado por flujo. Quebrada donde aflora substrato de mala calidad muy meteorizada, superficie de pendiente 10°-20°, escasa cobertura vegetal, ocupación inadecuada por el hombre modificando el cauce natural de las quebradas que recibe aporte de material de ambas márgenes</p>	<p>Afectó viviendas</p>	<p>Forestar laderas con plantas nativas de la región, construir sistema de drenaje, no invadir cauce natural de las quebradas</p>

Las Palmeras (La Cruz Contralmirante Villar)  (P-30)	Sector es afectado por flujo. Quebrada donde aflora substrato de mala calidad muy meteorizada, superficie de pendiente <20°, escasa cobertura vegetal, ocupación inadecuada por el hombre.	Afectó viviendas	Forestar laderas con plantas nativas de la región, construir sistema de drenaje, no invadir cauce natural de las quebradas
Las Malvinas (La Cruz Contralmirante Villar)  (P-31)	Ladera sujeta a flujo. Aflora en el sector substrato de mala calidad muy meteorizado, pendiente 25°, escasa cobertura vegetal, ocupación inadecuada al pie de la ladera por el hombre.  Laderas son erosionadas por las precipitaciones pluviales intensas y/o excepcionales generando escorrentía y flujos.	Afectó viviendas	Forestar laderas con plantas nativas de la región, construir sistema de drenaje, no invadir cauce natural de las quebradas
AAHH La Cantera (La Cruz Contralmirante Villar)  (P-32)	Ladera sujeta a flujo. Aflora en el sector substrato de mala calidad muy meteorizada, ladera de pendiente 20°, escasa cobertura vegetal, ocupación inadecuada al pie de la ladera por el hombre. Flujos son detonadas por las precipitaciones pluviales intensas y/o excepcionales.	Afectó dos viviendas	Forestar laderas con plantas nativas de la región, construir sistema de drenaje, no invadir cauce natural de las quebradas
Casa Blanqueada (San Jacinto, Tumbes)  (P-33)	Ladera donde ocurre flujo. En el sector aflora substrato rocoso de mala calidad muy meteorizada, con pendiente de ladera 5°-20°, escasa cobertura vegetal, ocupación inadecuada por el hombre. Detonadas por las intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales	Afectó viviendas que se encuentran invadiendo parte del cauce de la quebrada.	Forestar laderas con plantas nativas de la región, construir defensa ribereñas y sistema de drenaje, no permitir la construcción de viviendas dentro del cauce de la quebrada.

	<p>Quebrada Oidor San Jacinto, Tumbes)</p> <p>(P-34)</p>	<p>Ladera sujeta a la ocurrencia de flujo. En el sector aflora substrato rocoso de mala calidad muy meteorizada, con pendiente de ladera 5°-20°, escasa cobertura vegetal, ocupación inadecuada por el hombre.</p> <p>Flujos detonados por las intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales</p>	<p>Afectó viviendas que se encuentran invadiendo parte del cauce de la quebrada.</p>	<p>Forestar laderas con plantas nativas de la región, construir defensa ribereñas y sistema de drenaje, no permitir la construcción de viviendas dentro del cauce de la quebrada.</p>
	<p>San Francisco (San Jacinto, Tumbes)</p> <p>(P-35)</p>	<p>Ladera sujeta a la ocurrencia de flujo detonado por las intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales.</p> <p>En el sector aflora substrato rocoso de mala calidad muy meteorizada, con pendiente de ladera &lt;5°, escasa cobertura vegetal, ocupación inadecuada por el hombre.</p>	<p>Afectó viviendas que se encuentran invadiendo parte del cauce de la quebrada.</p>	<p>Realizar trabajos de limpieza para descolmatación de quebrada antes de cada periodo de lluvias.</p> <p>Construir defensa ribereñas y sistema de drenaje.</p> <p>No permitir la construcción de viviendas dentro del cauce de la quebrada.</p>
	<p>San Isidro (San Jacinto, Tumbes)</p> <p>(P-36)</p>	<p>Ladera donde ocurrencia flujo detonado por las intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales.</p> <p>En el sector aflora substrato rocoso de mala calidad muy meteorizada, con pendiente de ladera &lt;5°, escasa cobertura vegetal, ocupación inadecuada por el hombre.</p>	<p>Afectó viviendas.</p>	<p>Construir defensa ribereñas y sistema de drenaje.</p> <p>No permitir la construcción de viviendas dentro del cauce de la quebrada.</p>
<p>EROSIÓN FLUVIAL</p>	<p>Quebrada Luay (Tumbes, Tumbes)</p> <p>(P-37)</p>	<p>Quebrada sujeta a erosión fluvial.</p> <p>Cauce natural modificado con defensas ribereñas en ambas márgenes, ocupación inadecuada por el hombre. Detonado por lluvias intensas y/o excepcionales</p>	<p>Afectó viviendas ubicadas cerca al cauce</p>	<p>Realizar trabajos de limpieza y descolmatación antes de cada periodo de lluvias.</p> <p>No permitir la construcción de viviendas dentro del cauce de la quebrada.</p>

DESPLAZAMIENTOS (CAIDAS DE ROCAS U OTROS)

<p>Los Delfines (Zorritos Contralmirante Villar)</p> <p>(P-38)</p>	<p>Sector donde ocurren derrumbes y caída de rocas.</p> <p>La ladera de los cerros Punta Sal Grande flanco oriental y Fila Carpitás flanco occidental, ambos con pendiente media, 20° - 35°, formado de Substrato rocoso geotécnicamente considerada de mala calidad, de escasa vegetación; también la ocupación inadecuada del hombre.</p> <p>Los detonantes principales a la ocurrencia son lluvias intensas y/o excepcionales y sismos.</p>	<p>Afectó viviendas ubicadas al pie del talud</p>	<p>No permitir la construcción de viviendas dentro en zona que ocurre caídas, forestar las laderas con plantas nativas.</p>
<p>Barrio Marco Herrera (Canoas de Punta Sal Contralmirante Villar)</p> <p>(P-39)</p>	<p>Sector sujeta a la ocurrencia de deslizamiento.</p> <p>Ladera de cerro formado por substrato rocoso de mala calidad geotécnica; pendiente media 20°-35°, de escasa cobertura vegetal, mal manejo de aguas de escorrentía detonado por lluvias intensas</p>	<p>Afectó paredes y piso de viviendas;</p>	<p>Rehabilitar las viviendas afectadas</p>
<p>Ciudad Satélite (La Cruz, Tumbes)</p> <p>(P-40)</p>	<p>Sector donde ocurre derrumbes.</p> <p>La ocupación inadecuada por el hombre en zonas expuestas al peligro; substrato rocoso geotécnicamente considerado de calidad mala, ladera de pendiente media 20°-35° y escasa cobertura vegetal.</p> <p>Detonados por lluvias intensas y sismos.</p>	<p>Afectó viviendas ubicadas cerca de la zona donde se generan derrumbes, también afecta poste de energía eléctrica</p>	<p>Reubicar viviendas construidas al filo del talud.</p> <p>Forestar con plantas nativas; reubicar poste de energía eléctrica</p>

<p>Charan (La Cruz, Tumbes)</p> <p>(P-41)</p>	<p>Área sujeta a derrumbes.</p> <p>La ocupación inadecuada de las laderas por el hombre con la construcción de viviendas sin tomar en consideración que se exponen al peligro.</p> <p>Substrato rocoso de mala calidad formado por la intercalación de lutitas y areniscas finas, pendiente suave de 20°-35° de escasa cobertura vegetal, detonadas por precipitaciones intensas y/o excepcionales y sismo.</p>	<p>Afectó viviendas ubicadas al pie de la ladera en ambas márgenes de la quebrada</p>	<p>Rehabilitar las viviendas afectadas.</p> <p>Forestar con plantas nativas de la región.</p> <p>Zanjas de coronación en la parte superior del talud</p>
<p>Las Palmeras (La Cruz, Tumbes)</p> <p>(P-42)</p>	<p>Sector donde se generan derrumbes.</p> <p>La ocupación inadecuada de las laderas por el hombre con la construcción de viviendas expuestas al peligro.</p> <p>Substrato rocoso de mala calidad formado por la intercalación de lutitas y areniscas finas, pendiente suave de 20°-35° de escasa cobertura vegetal, detonadas por precipitaciones intensas y/o excepcionales y sismo.</p>	<p>Afectó viviendas ubicadas al pie de la ladera en ambas márgenes de la quebrada</p>	<p>Rehabilitar las viviendas afectadas.</p> <p>Forestar con plantas nativas de la región (palmeras).</p> <p>Zanjas de coronación en la parte superior del talud</p>
<p>Buena Ventura (La Cruz, Tumbes)</p> <p>(P-43)</p>	<p>Sector sujeta a deslizamiento.</p> <p>Substrato rocoso de calidad geotécnica mala, formada por lutitas y areniscas finas, pendiente media 20°-35° de escasa cobertura vegetal.</p> <p>Factor detonante fuertes lluvias y/o excepcionales y sismo.</p>	<p>Afectó dos viviendas también afecto escalera de acceso quedando obsoleta.</p>	<p>Reubicar viviendas afectadas.</p> <p>Construcción de muros y un sistema de drenaje</p>

	<p>Prolongación Buena Ventura (La Cruz, Tumbes) (P-44)</p>	<p>Sector sujeto a deslizamiento. Aflora substrato rocoso de calidad geotécnica mala (lutitas y areniscas finas), pendiente media 20°-35° de escasa cobertura vegetal. Procesos detonados por fuertes lluvias y/o sismo.</p>	<p>Afectó dos viviendas también afecto escalera de acceso quedando obsoleta.</p>	<p>Reubicar viviendas afectadas, construcción de muros y un sistema de drenaje</p>
	<p>Las Malvinas (La Cruz, Tumbes) (P-45)</p>	<p>Área donde ocurre derrumbes. Talud inestable donde aflora substrato rocoso de calidad geotécnica mala, naturaleza de suelo incompetente, pendiente de ladera media 20°-35°, escasa cobertura vegetal, ocupación inadecuada de la ladera.  Detonado por lluvias intensas y/o excepcionales; llegan a producir también flujos de lodo.</p>	<p>Afectó cinco viviendas, situadas al pie del talud inestable</p>	<p>Rehabilitar viviendas afectadas.  Evitar corte da talud para ganar terreno.  Forestar con plantas nativas; construcción de muros y un sistema de drenaje</p>
INUNDACIÓN PLUVIAL	<p>Quebrada Belén (Pampa de Hospital, Tumbes) (P-46)</p>	<p>Área sujeta a inundación pluvial. Superficie de terreno que presenta hondonadas, en periodo de lluvias intensas algunas calles se convierten canales de evacuación afectando las viviendas alcanzando una altura de 1 m.</p>	<p>Afectó viviendas precarias</p>	<p>Rehabilitar las viviendas afectadas, construir un sistema de drenaje para aguas pluviales.</p>
	<p>1° de Febrero (Tumbes, Tumbes) (P-47)</p>	<p>Quebrada sujeta a inundación pluvial. La zona de pendiente baja entre 5°-20°, es ocupado y modificado el cauce natural por los habitantes. Se considera en peligro alto ante lluvias intensas.</p>	<p>Afectó viviendas que se encuentran ocupando el cauce natural de la quebrada</p>	<p>Reubicar las viviendas afectadas, encausar la quebrada, forestar con plantas nativas.</p>
	<p>Quebrada Calle (Tumbes, Tumbes) (P-48)</p>	<p>Quebrada sujeta a inundación pluvial. Zona de pendiente baja entre 5°-20°, es ocupado y modificado el cauce natural por los habitantes.  Se considera en peligro alto ante lluvias intensas.</p>	<p>Afectó viviendas que se encuentran ocupando el cauce natural de la quebrada</p>	<p>Reubicar las viviendas afectadas.  Encausar la quebrada; forestar con plantas nativas.</p>

<p>Quebrada Chía (Tumbes, Tumbes)</p> <p>(P-49)</p>	<p>Sector es afectado por inundación pluvial. Quebrada de pendiente baja entre 5°-20° encausado, es ocupado y modificado el cauce natural, así como por la construcción de cercos y estrechamiento del cauce.</p> <p>Detonado por lluvias intensas y/o excepcionales</p>	<p>Afectó viviendas.</p>	<p>Rehabilitar las viviendas afectadas.</p> <p>Realizar limpieza del cauce.</p> <p>Encauzar para que las aguas sean derivadas n al río Tumbes</p>
<p>San Rosa (Pampa de Hospital, Tumbes)</p> <p>(P-50)</p>	<p>Quebrada sujeta a inundación pluvial.</p> <p>Sector de pendiente baja 5°-20° encausado; se utiliza para evacuar las aguas de lluvia y viertan al río Tumbes,</p>	<p>Afectó viviendas</p>	<p>Realizar modelamiento hidráulico.</p> <p>Realizar labores de limpieza y descolmatación de cauce antes de cada periodo lluvioso.</p>
<p>Santa María de Dios (Tumbes, Tumbes)</p> <p>(P-51)</p>	<p>Sector sujeto a inundación pluvial.</p> <p>Se encuentra en una hondonada, en periodo de lluvias es afectado las viviendas, no presenta un sistema de drenaje para evacuar las aguas de lluvia.</p> <p>Se construyo un sistema vía canal que resulta poco eficiente</p>	<p>Afectó viviendas</p>	<p>Realizar modelamiento hidráulico.</p> <p>Realizar labores de limpieza antes de cada periodo de lluvia, complementar con obras el sistema de drenaje vía-canal para un mejor funcionamiento.</p>
<p>Quebrada Belén (Corrales, Tumbes)</p> <p>(P-52)</p>	<p>Área sujeta a inundación pluvial.</p> <p>Sector se ubica en una hondonada con pendiente &gt;1°, no presenta con un sistema de drenaje pluvial, también es afectado por flujos que se generan en las quebradas secas, detonados con lluvias intensas</p>	<p>Afecta viviendas del poblado de San Isidro</p>	<p>Construir un sistema de drenaje.</p>

#### 4.7.2: TRAMOS DE CARRETERA AFECTADOS POR EFECTOS DEL NIÑO COSTERO 2017

TIPO DE PELIGRO	TRAMO DE CARRETERA (Distrito, Provincia) (CODIGO)	CARRETERA	COMENTARIO GEODINÁMICO	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCACIONADOS	RECOMENDACIONES
INUNDACIÓN FLUVIAL	Km 1+250 a 2+650 (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar) (C-01)	PE-1N Quebrada Seca - Pajaritos	La quebrada está sujeto a inundación fluvial. Parte del trazo de vía se desarrolló por el cauce de la quebrada seca	Afectó 1400 m de carretera afirmada, dejando aislados poblados que se encuentra ubicadas en la quebrada	Reubicar o cambiar trazo de carretera previo estudio
FLUJOS (HUAICOS, DE LODO U OTROS)	Peaje Cancas (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar) (C-02)	PE-1N Panamericana Norte	Sector sujeto a flujos. Flanco nor-occidental del cerro Curo de pendiente media 20°-35°, substrato de calidad geotécnica mala, escasa cobertura vegetal, detonado por lluvias intensas y/o excepcionales.	Afectó 720 m de carretera asfaltada	Descolmatación de cunetas antes de cada periodo de lluvias
	Quebrada Curo (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar) (C-03)		Zona sujeta a flujos. Quebrada seca se activa en periodo de lluvias, pendiente <5°, daños en pilares del puente.	Afectó 500 m de carretera afectado en la margen izquierda de la quebrada	Descolmatación del cauce antes de cada periodo de lluvias, reforzar con defensas ribereñas los estribos de puente.
	Quebrada Canoas (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar) (C-04)		Sector sujeto a la ocurrencia de flujos. Quebrada con pendiente baja <5° inundando tramo de la carretera y socavando bases de estructura de tubería de agua.	Afectó 1000 m de carretera afirmada	Reubicar o cambiar trazo de carretera previo estudio
	Quebrada 1 (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar) (C-05)	PE-1N Fernandez Alto	Quebrada sujeta a la ocurrencia de flujos. Quebradas secas, de pendiente muy baja <5°, substrato de calidad geotécnica mala, escasa cobertura vegetal.	Afectó 60 m de carretera afirmada, también deterioro el Baden	Rehabilitar tramo de carretera y Baden. Limpieza del cauce antes de cada periodo de lluvias intensas.

Quebrada 2 (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar)  (C-06)	PE-1N Fernandez Alto	Quebrada sujeta a la ocurrencia de flujos. Quebradas secas, de pendiente muy baja <5°, substrato de calidad geotécnica mala, escasa cobertura vegetal.	Afectó 40 m de carretera afirmada, también deterioro de Badén.	Rehabilitar tramo de carretera y Badén.  Limpieza del cauce antes de cada periodo de lluvias intensas.
Quebrada la Juliana (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar)  (C-07)		Sector sujeta a la ocurrencia de flujos. Quebrada seca, de pendiente muy baja, substrato de calidad geotécnica mala, escasa cobertura vegetal. .	Afectó 50 m de carretera afirmada, también deterioro de Badén.	Rehabilitar tramo de carretera y Baden.  Limpieza del cauce antes de cada periodo de lluvias intensas.
Quebrada San Miguel (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar) (C-08)		Sector sujeta a la ocurrencia de flujos. Quebrada seca, de pendiente muy baja, substrato de calidad geotécnica mala, escasa cobertura vegetal. .	Afectó 60 m de carretera afirmada, también deterioro de Badén.	Rehabilitar tramo de carretera y Baden.  Limpieza del cauce antes de cada periodo de lluvias intensas.
Barrancos (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar)  (C-09)		Aumento de lluvias provocaron crecida de río inundando y obstaculizando tramos de carretera, se observa restos de estructuras de soporte anteriores.	Afectó 80 m de carretera afirmada, también deterioro de Badén.	Rehabilitar tramo de carretera y Baden.  Limpieza del cauce antes de cada periodo de lluvias intensas.
Barrancos Chico (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar)  (C-10)		El sector está sujeta a flujos. Quebradas secas que se activan en periodo de lluvias,	Afectó 50 m de carretera afirmada, también deterioro de Badén.	Rehabilitar tramo de carretera y Baden.  Limpieza del cauce antes de cada periodo de lluvias intensas.
Corral de Ovejas (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar)  (C-11)		Área está sujeta a flujos. Quebradas secas pendiente <5°, escasa vegetación, se activan con presencia de lluvias intensas.	Afectó 80 m de carretera afirmada, también deterioró Badén.	Rehabilitar tramo de carretera y Baden.  Limpieza del cauce antes de cada periodo de lluvias intensas.

Quebrada del Dos (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar)  (C-12)	PE-1N Fernandez Alto	Sector está sujeta a flujos. Quebradas secas, pendiente <5°, substrato de calidad geotécnica mala, escasa cobertura vegetal. Se activa en periodo de lluvias intensas y/o excepcionales.	Afecto 60 m de carretera afirmada también compromete Baden	Rehabilitar tramo de carretera y Baden.  Limpieza del cauce antes de cada periodo de lluvias intensas.
Angolo A (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar)  (C-13)	PE-1N Angolo, Barrancos	Sector está sujeta a flujos. Quebradas secas, pendiente <5°, substrato de calidad geotécnica mala, escasa cobertura vegetal. Se activa en periodo de lluvias intensas y/o excepcionales.	Afectó 50 m de carretera afirmada también compromete Baden.	Rehabilitar tramo de carretera y Badén.  Limpieza del cauce antes de cada periodo de lluvias intensas.
Km 3+000 (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar)  (C-14)		Área está sujeta a flujos. Quebradas secas pendiente <5°, escasa vegetación, se activan con presencia de lluvias intensas.	Afecto 40 m de carretera afirmada, también compromete Badén.	Rehabilitar tramo de carretera y Badén.  Limpieza del cauce antes de cada periodo de lluvias intensas.
La Noria (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar)  (C-15)	PE-1N Quebrada seca - Pajaritos	Sector está sujeta a flujos. Quebradas secas, pendiente <5°, substrato de calidad geotécnica mala, escasa cobertura vegetal. Se activa en periodo de lluvias intensas y/o excepcionales.	Afecto 160 m de carretera afirmada.	Rehabilitar tramo de carretera.  Limpieza del cauce antes de cada periodo de lluvias intensas.
Pueblo Nuevo (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar)  (C-16)		Quebrada seca está sujeto a flujos.  Pendiente de terrenos <5°, substrato de calidad geotécnica mala.	Afectó tramo de carretera afirmada	Rehabilitar tramo de carretera.  Limpieza del cauce antes de cada periodo de lluvias intensas.
Quebrada La Capilla (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar)  (C-17)	TU-107 Pedregal Zorritos	Sector está sujeto a flujos. Pendiente de terreno <5° substrato de calidad geotécnica mala, escasa cobertura vegetal, quebradas secas que se activa en periodo de lluvias intensas y/o excepcionales.	Afectó 1000 m de carretera afirmada tramo por sectores	Rehabilitar tramo de carretera afectada.

Quebrada Sapotal (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar) (C-18)	TU-107 Pedregal Zorritos	Quebrada sujeta a la ocurrencia de flujos.  Quebradas secas, de pendiente muy baja <5°, substrato de calidad geotécnica mala, escasa cobertura vegetal. Se activan con periodo de fuertes lluvia y/o excepcionales	Afectó 3200 m de carretera afirmada.	Rehabilitar tramo de carretera afectada.
Quebrada Corralitos (Casitas, Contralmirante Villar) (C-19)	PE-1N San Jacinto - Higuerón	Sector sujeta a la ocurrencia de flujos.  Terreno con pendiente <5°, substrato de calidad geotécnica mala. Se activan con periodo de lluvias intensas y/o excepcionales	Afectó 50 m de carretera afirmada, también deterioro Baden	Rehabilitar tramo de carretera afectada.
Quebrada Panales (Casitas, Contralmirante Villar) (C-20)		Quebrada seca sujeta a la ocurrencia de flujos.  Terreno de pendiente <5°. Se activa con periodo de lluvias intensas y/o excepcionales	Afectó 40 m de carretera afirmada.	Rehabilitar tramo de carretera afectada.
Quebrada Jahuaycato (Casitas, Contralmirante Villar) (C-21)	PE-1N Bocapán - Hervideros	Quebrada seca sujeta a la ocurrencia de flujos.  Terreno de pendiente <5°. Se activa con periodo de lluvias intensas y/o excepcionales	Afectó 50 m de carretera afirmada también afecta Baden	Rehabilitar tramo de carretera afectada.
Villa Santa Rosa (Zorritos, Contralmirante Villar) (C-22)	PE-1N Panamericana Norte	Ladera de cerro sujeta a la ocurrencia de flujos.  Pendiente de terreno medio 20°-35°, substrato de calidad geotécnica mala de escasa cobertura vegetal. Se activa con lluvias intensas y/o excepcionales.	Afecto 700 m de carretera asfaltada.	Rehabilitar tramo de carretera afectada; realizar labores de limpieza de cunetas
Quebrada La Cruz (La Cruz, Tumbes) (C-23)	PE-1N Pte. Coloma - Relleno Sanitario	Quebrada seca sujeta a la ocurrencia de flujos.  Terreno de pendiente <5°, se activa con periodo de lluvias fuertes y/o excepcionales.	Afectó 1000 m de carretera afirmada por sectores.	Rehabilitar tramo de carretera afectadas.  Realizar labores de descolmatación antes de cada periodo de lluvias.

Quebrada San Juan (San Juan de La Virgen, Tumbes) (C-24)	PE-1N San Juan de La Virgen - Naranjo	Quebrada seca sujeto a la ocurrencia de flujos.  Terreno de pendiente <5°, se activa con periodo de lluvias fuertes y/o excepcionales.	Afectó 50 m de carretera asfaltada.	Rehabilitar tramo de carretera afectadas.  Realizar labores de descolmatación antes de cada periodo de lluvias.
Quebrada Rica Playa (San Jacinto, Tumbes) (C-25)	PE-1N San Jacinto - Huasimo	Quebrada seca sujeto a la ocurrencia de flujos.  Terreno de pendiente <5°, se activa con periodo de lluvias fuertes y/o excepcionales.	Afectó 140 m de carretera afirmada también deterioro Baden.	Rehabilitar tramo de carretera afectada.  Realizar labores de descolmatación antes de cada periodo de lluvia fuertes.
Afluente Quebrada Rica Playa (San Jacinto, Tumbes) (C-26)		Quebrada seca sujeto a la ocurrencia de flujos.  Terreno de pendiente <5°, se activa con periodo de lluvias fuertes y/o excepcionales.	Afectó 70 m de carretera asfaltada también deterioro Baden.	Rehabilitar tramo de carretera afectada  Realizar labores de descolmatación antes de cada periodo de lluvia fuertes.
Quebrada La Capitana (San Jacinto, Tumbes) (C-27)		Sector sujeto a la ocurrencia de flujos.  Quebrada seca de pendiente <5°, se activa en periodo de lluvias intensas y/o excepcionales.	Afectó 100 m de carretera asfaltada también deterioro Baden.	Rehabilitar tramo de carretera afectada  Realizar mantenimiento el badén.
Quebrada Higuierón (San Jacinto, Tumbes) (C-28)		Área sujeta a la ocurrencia de flujos.  Quebrada seca de pendiente <5°, vía reforzada con badén, se activa en periodo de fuertes lluvias	Afectó 250 m de carretera asfaltada también deterioro Baden.	Rehabilitar tramo de carretera afectada  Realizar mantenimiento el badén.
Loma Redondo (San Jacinto, Tumbes) (C-29)		Sector susceptible a la ocurrencia de flujos  Quebrada seca de pendiente <5°, se activan en periodo de lluvias intensas o excepcionales.	Afectó 50 m de carretera asfaltada	Realizar labores de limpieza.
Casa Blanqueada (San Jacinto, Tumbes) (C-30)		Sector sujeto a la ocurrencia de flujos  Ladera de pendiente baja 5°-20°, se activa en periodo de lluvia intensas y/o excepcionales.	Afectó 40 m de carretera asfaltada	Realizar labores de limpieza.

	Quebrada Oidor (San Jacinto, Tumbes) (C-31)	PE-1N San Jacinto - Huasimo	Quebrada seca susceptible a la ocurrencia de flujos.  Terreno de pendiente <5°, se activa en periodo de lluvias intensas.	Afectó 40 m de carretera asfaltada	Realizar labores de limpieza y mantenimiento.
	Quebrada Vaqueritas (San Jacinto, Tumbes) (C-32)		Quebrada seca susceptible a la ocurrencia de flujos.  Terreno de pendiente <5°, se activa en periodo de lluvias intensas.	Afectó 50 m de carretera asfaltada	Realizar labores de limpieza y mantenimiento.
	Quebrada La Peña (San Jacinto, Tumbes) (C-33)		Sector susceptible a la ocurrencia de flujos.  Quebrada seca de pendiente <5°, se activan en periodo de lluvias intensas y/o excepcionales	Afectó 50 m de carretera asfaltada	Realizar labores de limpieza y mantenimiento.
	Quebrada Plateros (San Jacinto, Tumbes) (C-34)		Quebrada seca sujeto a la ocurrencia de flujos.  Terreno de pendiente <5°, se activa en periodo de lluvias intensas.	Afectó 50 m de carretera asfaltada	Realizar labores de limpieza y mantenimiento.
	Quebrada Cristal (Corrales, Tumbes)  (C-35)		Sector susceptible a la ocurrencia de flujos.  Quebrada seca de pendiente <5°, se observa defensas ribereñas (gaviones) por sectores. se activan en periodo de lluvias intensas y/o excepcionales	Afectó 50 m de carretera asfaltada	Realizar labores de limpieza y mantenimiento.
	Malval (Corrales, Tumbes) (C-36)		Ladera de cerro susceptible a la ocurrencia de flujos.  Terreno de pendiente baja 5°-20°, substrato de calidad geotécnica mala, escasa cobertura vegetal. Se activa en periodo de lluvias intensas y/o excepcionales	Afectó 60 m de carretera asfaltada	Realizar labores de limpieza y mantenimiento.

	Quebrada San Francisco (Corrales, Tumbes)  (C-37)	PE-1N San Jacinto - Huasimo	Quebrada susceptible a la ocurrencia de flujos.  Terreno con pendiente muy baja <5°, suelo no competente, escasa cobertura vegetal. Se activa con lluvias intensas y/o excepcionales.	Afectó 40 m de carretera asfaltada	Realizar labores de limpieza antes de cada periodo de lluvia, encausar.
	Quebrada Colorado (Corrales, Tumbes)  (C-38)		Quebrada sujeta a la ocurrencia de flujos.  Quebrada encauzada con muros de concreto en la jurisdicción de la zona urbana, presenta una longitud aproximada de 8 km, terreno con pendiente muy baja <5°, suelo no competente, escasa cobertura vegetal.  Se activa en periodo de lluvias intensas y/o excepcionales.	Afectó 100 m de vía asfaltada.  También su cauce es utilizado como botadero de residuos sólidos, de escombros y cantera de para la extracción de material agregado.	Realizar labores de limpieza antes de cada periodo de lluvias.  Utilizar un sistema adecuado para la extracción de material de construcción, no permitir utilizar como botadero de escombros y/o residuos sólidos dentro del cauce de la quebrada.
EROSIÓN FLUVIAL	Quebrada Seca (Matapalo, Zarumilla)  (C-39)	TU-524 - Pta. Carretera	Sector susceptible a la ocurrencia de erosión fluvial, terreno con pendiente muy baja <5°, terraza con una altura promedio de 1.5 m en ambos márgenes del río, sustrato no competente, se activa con periodo de fuerte lluvias	Afectó 130 m de carretera afirmada	Realizar modelamiento hidráulico y construir defensa ribereña.  Ampliar y profundizar cauce de río; construir puente para el pase de flujos.  Realizar labores de limpieza y descolmatación de cauce antes de cada periodo lluvioso.
	Quebrada Cabeza de Vaca (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar)  (C-40)	PE-1N Quebrada seca - Cherrelique	Sector sujeto a la ocurrencia de erosión fluvial, margen izquierda de la quebrada Cabeza de Vaca.  Sustrato de calidad geotécnica mala, terraza con una altura de 2 a 4 m aproximado, se activa en periodo de lluvias intensas que hace que el nivel del caudal incremente y por ende la energía erosiva.	Afectó carretera afirmada	Realizar modelamiento hidráulico y construir defensa ribereña.  Ampliar y profundizar cauce de río; realizar labores de limpieza y descolmatación de cauce antes de cada periodo lluvioso.

<p>Quebrada Colorado (Corrales, Tumbes)  (C-41)</p>	<p>PE-1N Charán</p>	<p>Sector susceptible a la ocurrencia de erosión fluvial.  Terreno con pendiente muy baja &lt;5°, terraza encausada con una altura promedio de 1.5 m en la margen derecha del río, substrato no competente, se activa con periodo de fuerte lluvias</p>	<p>Afectó 700 m de carretera afirmada Caleta La Cruz - Caleta Pizarro</p>	<p>Realizar modelamiento hidráulico.  Construir defensas ribereñas, replantar el trazo de carretera</p>
<p>Quebrada La Capitana (San Jacinto, Tumbes)  (C-42)</p>	<p>PE-1N Casa Blanqueada - Higuierón</p>	<p>Sector susceptible a la ocurrencia de erosión fluvial.  Terreno con pendiente muy baja &lt;5°, terraza de 0.5 m en ambas márgenes del río, substrato no competente, se activa con periodo de fuerte lluvias</p>	<p>Afectó 60 m de carretera asfaltada y deterioro de Baden</p>	<p>Realizar labores de limpieza y mantenimiento.</p>

#### 4.7.3: INFRAESTRUCTURAS AFECTADAS POR EFECTOS DEL NIÑO COSTERO 2017

TIPO DE PELIGRO	TIPO DE OBRA DE INFRAESTRUCTURA (Distrito, provincia) (CODIGO)	COMENTARIO GEODINÁMICO	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCACIONADOS	RECOMENDACIONES
INUNDACIÓN FLUVIAL	Pozo de agua (Pampa de Hospital, Tumbes) (I-03)	Sector susceptible a la ocurrencia de inundación fluvial.  Morfología representada por terraza aluvial de pendiente <5°, detonado por intensas precipitaciones pluviales.	Afectó defensas ribereñas de la infraestructura, tuberías dañadas y postes de conducción de energía eléctrica.	Reubicar la infraestructura y reforzar con obras mitigables ante fenómenos naturales generados en periodo de lluvias excepcionales
	Badén (Tumbes, Tumbes) (I-04)	Quebrada susceptible a la ocurrencia de inundación fluvial.  Morfología representada por terrazas aluviales de pendiente <5°, detonada por lluvias intensas.	Afectó badén	Rehabilitar y reforzar con enrocado
FLUJOS (HUAICOS, DE LODO U OTROS)	Badén (Casitas, Contralmirante Villar) (I-05)	Sector sujeto a la ocurrencia de flujos, quebrada de pendiente <5°, naturaleza de suelo no competente.  Detonado por las lluvias intensas	Afectó badén	Rehabilitar y reforzar con enrocado
	Badén (Casitas, Contralmirante Villar) (I-06)	Sector susceptible a la ocurrencia de flujos, conjunto de quebradas secas, de pendiente <5°, naturaleza de suelo no competente.  Detonados por las intensas precipitaciones pluviales.	Afectó badén	Rehabilitar y reforzar con enrocado

<p>Badén (Casitas, Contralmirante Villar) (I-07)</p>	<p>Quebrada sujeta a la ocurrencia de flujos.</p> <p>Terreno de pendiente &lt;5°, laderas conformadas de substrato de calidad geotécnica mala, de grado de erosión moderada.</p> <p>Detonada por lluvias intensas.</p>	<p>Afectó badén</p>	<p>Rehabilitar, encauzar quebrada</p>
<p>Badén (Casitas, Contralmirante Villar) (I-08)</p>	<p>Quebrada seca susceptible a la ocurrencia de flujos.</p> <p>Terreno de pendiente &lt;5°, escasa cobertura vegetal.</p> <p>Detonado por intensas precipitaciones pluviales</p>	<p>Afectó badén</p>	<p>Rehabilitar, encauzar quebrada</p>
<p>Badén (Zorritos, Contralmirante Villar) (I-09)</p>	<p>Sector sujeta a la ocurrencia de flujos.</p> <p>Conjunto de quebradas secas, de pendiente &lt;5°, substrato de calidad geotécnica mala.</p> <p>Detonado por lluvias intensas y/o excepcionales.</p>	<p>Afectó badén</p>	<p>Rehabilitar, encauzar quebrada y realizar labores de descolmatación antes de cada periodo de lluvias</p>
<p>Badén (Zorritos, Contralmirante Villar) (I-10)</p>	<p>Ladera de colinas en rocas sedimentarias, susceptible a la ocurrencia de flujos detonados por lluvias intensas y/o excepcionales</p> <p>Quebradas secas de pendiente 5°-20°, substrato de calidad geotécnica mala y escasa cobertura vegetal.</p>	<p>Afectó badén</p>	<p>Rehabilitar, encauzar quebrada y realizar labores de descolmatación antes de cada periodo de lluvias</p>

Badén (Zorritos, Contralmirante Villar) (I-11)	Sector susceptible a la ocurrencia de flujos.  Morfología del sector con depósitos de piedemonte, de pendiente <5° y escasa cobertura vegetal.	Afectó badén	Rehabilitar, encausar quebrada y realizar labores de descolmatación antes de cada periodo de lluvias
Badén (Zorritos, Contralmirante Villar) (I-12)	Quebrada sujeta a la ocurrencia de flujos.  La morfología del sector caracterizada por vertientes de piedemonte, de pendiente <5° y escasa cobertura vegetal.	Afectó badén	Rehabilitar, encausar quebrada y realizar labores de descolmatación antes de cada periodo de lluvias
Badén (Zorritos, Contralmirante Villar) (I-13)	Ladera susceptible a la ocurrencia de flujos.  La morfología del sector caracterizada por vertientes de piedemonte, de pendiente 5°-20° y escasa cobertura vegetal.	Afectó badén	Rehabilitar, encausar quebrada y realizar labores de descolmatación antes de cada periodo de lluvias
Puente (Zorritos, Contralmirante Villar) (I-14)	Sector sujeto a la ocurrencia de flujos.  Abanico aluvial, de pendiente <5°, cobertura vegetal nula.	Afectó puente con una longitud de 25 m, alto de tablero de puente 1.5 m	Realizar labores de limpieza y descolmatación de cauce antes de cada periodo lluvioso.  Construir defensa ribereña en ambas márgenes de río. Elevar altura del tablero del puente y ampliar ancho de Luz.
Badén (Casitas, Contralmirante Villar) (I-15)	Quebrada sujeta a la ocurrencia de flujos.  Abanico aluvial, de pendiente <5°, escasa cobertura vegetal. pluviales y/o excepcionales.	Afectó badén	Realizar labores de limpieza y descolmatación de cauce antes de cada periodo lluvioso; encausar.

Baden (Zorritos, Contralmirante Villar) (I-16)	Sector susceptible a la ocurrencia de flujos, morfología de la zona forma abanico aluvial, de pendiente <math><5^\circ</math>, escasa cobertura vegetal.	Afectó badén	Realizar labores de limpieza y descolmatación de cauce antes de cada periodo lluvioso; encauzar.
Baden (Zorritos, Contralmirante Villar) (I-17)	Área sujeta a la ocurrencia de flujos, la morfología de la zona forma abanico aluvial, de pendiente <math><5^\circ</math>, escasa cobertura vegetal.	Afectó badén	Realizar labores de limpieza y descolmatación de cauce antes de cada periodo lluvioso; encauzar.
Baden (Zorritos, Contralmirante Villar) (I-18)	Quebrada susceptible a la ocurrencia de flujos.  Abanico aluvial, de pendiente <math><5^\circ</math>, escasa cobertura vegetal.	Afectó badén	Realizar labores de limpieza y descolmatación de cauce antes de cada periodo lluvioso; encauzar.
Poste energía eléctrica (La Cruz, Tumbes) (I-19)	Ladera susceptible a la ocurrencia de flujos.  Morfología de colinas en rocas sedimentarias de calidad geotécnica mala formada por lutitas; cobertura vegetal escasa.	Afectó poste de conducción de energía eléctrica	Reubicar poste de conducción eléctrica fuera de las zonas inestables.
Muro de Contención (La Cruz, Tumbes) (I-20)	Ladera sujeta a la ocurrencia de flujos.  Morfología de colinas en rocas sedimentarias de calidad geotécnica mala formada por lutitas; cobertura vegetal escasa.	Afectó muro de contención	Modificar el diseño del talud.

	Baden (San Juan de La Virgen, Tumbes) (I-21)	Quebrada susceptible a la ocurrencia de flujos.  Morfología de abanico de piedemonte. Escasa cobertura vegetal.	Afectó badén y muros de concreto	Rehabilitar y reforzar los muros
	Baden (San Juan de La Virgen, Tumbes) (I-22)	Ladera susceptible a la ocurrencia de flujos.  Morfología de la zona en abanico de piedemonte y escasa cobertura vegetal.	Afectó badén	rehabilitar y reforzar Baden
EROSIÓN FLUVIAL	Puente (Tumbes, Tumbes) (I-23)	Sector susceptible a la ocurrencia de erosión fluvial.  Terrazas aluviales.	Afectó estribo de puente	Realizar labores de limpieza y descolmatación de cauce antes de cada periodo lluvioso.  Muros de gaviones para proteger los estribos
	Defensa Ribereña (Zorritos, Contralmirante Villar) (I-24)	Área susceptible a la ocurrencia de erosión fluvial.  Morfología de terrazas aluviales.	Afectó muros de concreto una longitud de 50 m.	Reconstruir muros que sea un diseño adecuado para el lugar.
	Puente (Matapalo, Zarumilla) (I-01)	Sector sujeto a la ocurrencia de erosión fluvial.  Terrazas aluviales.	Afectó estribo de puente	Realizar labores de limpieza y descolmatación de cauce antes de cada periodo lluvioso.  Muros de gaviones para proteger los estribos
	Puente (Zorritos, Contralmirante Villar) (I-25)	Sector susceptible a la ocurrencia de erosión fluvial.  Llanura de inundación y escasa cobertura vegetal.	Afectó defensa ribereña y estribo de puente	Realizar labores de limpieza y descolmatación de cauce antes de cada periodo lluvioso.  Reconstruir defensas ribereñas para proteger los estribos

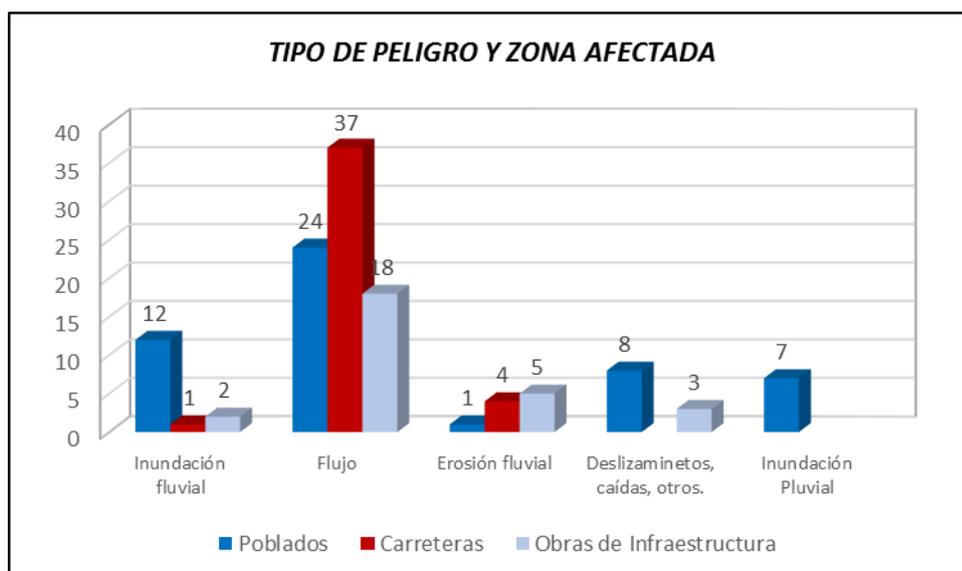
DESLIZAMIENTOS, CAÍDA DE ROCAS U OTROS	Muro de Contención (Canoas de Punta Sal, Contralmirante Villar) (I-26)	Área susceptible a la ocurrencia de deslizamientos.  Lomadas en roca sedimentaria, disectadas y con pendiente fuerte 35°-50°, litología formada de limolitas y areniscas de color rojizo, de calidad geotécnica mala, muy intemperado y escasa cobertura vegetal.	Afecto muros de contención	Modificar el sistema de estabilización de talud.  Mejorar el sistema de drenaje y las tuberías de instalaciones agua potable y desagüe
	Poste de energía eléctrica (La Cruz, Tumbes) (I-27)	Área susceptible a la ocurrencia de deslizamientos.  Lomadas en roca sedimentaria con laderas disectadas y pendiente fuerte 35°-50°; litología de areniscas y conglomerados de color amarillo y lutitas de color rojizo, de calidad geotécnica mala, muy intemperizados y con escasa cobertura vegetal.	Afectó badén	Reubicar los postes de transmisión eléctrica en zona seguras.
	Muro de Contención - escalera (Zorritos, Contralmirante Villar) (I-28)	Área susceptible a la ocurrencia de deslizamientos.  Lomadas en roca sedimentaria con laderas disectadas y pendiente fuerte 35°-50°, litología formada de areniscas arcósicas de color gris amarillentas, de calidad geotécnica mala, muy intemperizadas; escasa cobertura vegetal.	Afectó badén	Modificar el sistema de estabilización de talud, mejorar el sistema de drenaje y las tuberías de instalaciones agua potable y desagüe

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

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

En lo que respecta al tipo de peligro activado y la zona afectada (cuadro 4.3.1, figura. 4), las estadísticas nos muestran que los centros poblados fueron principalmente afectados por flujos (detritos y lodo) y en menor proporción por erosión fluvial, inundaciones, deslizamientos y caída de rocas. Las carreteras fueron también afectadas principalmente por flujos (detritos y lodo) y en segundo lugar por deslizamientos y derrumbes, en mucha menor proporción por procesos de erosión fluvial e inundaciones. Las obras de infraestructura en general recibieron mayores daños por flujos (detritos y lodo).

TIPO DE PELIGRO	Poblados	Carreteras	Obras de Infraestructura	Total
Inundación fluvial	12	1	2	15
Flujo	24	37	18	79
Erosión fluvial	1	4	5	10
Deslizamientos, caídas, otros.	8		3	11
Inundación Pluvial	7			7
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>42</b>	<b>28</b>	<b>122</b>

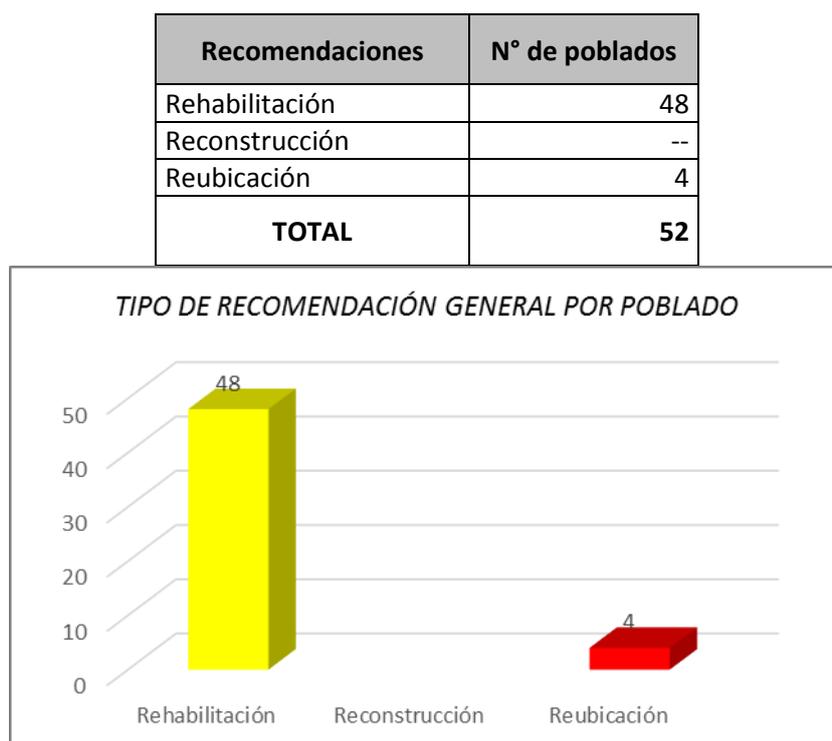


**Cuadro 4.8.1:** Distribución de las zonas afectadas, por tipo de peligro. **Figura 4:** Representación estadística del cuadro 4.3.1.

El estudio permitió dar recomendaciones generales (rehabilitar, reconstruir y reubicar), que las autoridades deben de tener en cuenta antes de realizar trabajos de

reconstrucción en las zonas afectas por los diferentes eventos detonados por las fuertes lluvias asociadas al Niño Costero.

Así se tiene, que para centros poblados afectados por peligros geológicos y geohidrológicos, se recomienda principalmente realizar trabajos de rehabilitación (92 %), seguido de realizar trabajos de reubicación (4 %) y no se tiene porcentaje recomendó para realizar trabajos de reconstrucción; la reubicación no involucra mover poblados completos, solo se considera la reubicación de viviendas que se encuentra asentadas sobre zonas de alto peligro, como pueden ser cauces de quebradas, llanuras de inundación, terrazas bajas, borde de acantilados, deslizamientos activos y taludes de corte de carretera, etc. (figura 5).



**Figura 5:** Tipo de recomendaciones generales para poblados afectados.

4

Para el caso de tramos de carretera afectados, principalmente se recomienda realizar trabajos de rehabilitación (92.48 %), le siguen en menor porcentaje las zonas en donde se debe realizar trabajos de reubicación de tramos (1.02 %); y finalmente se recomienda en menor porcentaje realizar la reconstrucción por pérdida total de vía (0.28 %), esto porque son afectados por grandes eventos que resultarían muy costoso o difíciles de estabilizar (figura 6).

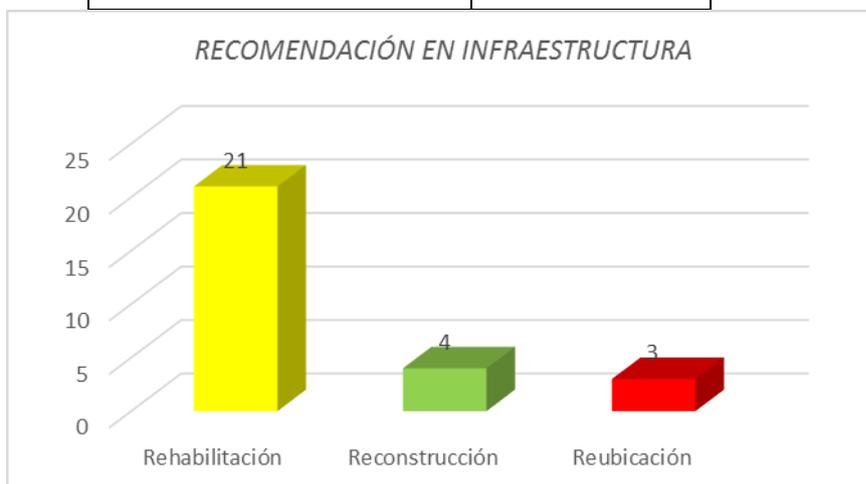
Recomendaciones	Cantidad (km)
Rehabilitación	13.04
Reconstrucción	0.04
Reubicación	1.02
<b>TOTAL</b>	<b>14.1</b>



**Figura 6:** Tipo de recomendaciones generales para tramos de carretera afectados.

Finalmente, para el caso de daños en infraestructura afectada, principalmente se recomienda realizar trabajos de rehabilitación (75 %) y reconstrucción (14 %) y en mucha menor proporción realizar trabajos de reubicación (11 %) (figura 7). Para las áreas de cultivo, se recomendó la rehabilitación en todos los casos.

Recomendaciones	Infraestructura
Rehabilitación	21
Reconstrucción	4
Reubicación	3
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>



**Figura 7:** Tipo de recomendaciones generales para obras de infraestructura afectada.

## 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 e 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) 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. Pueden presentarse ocasionalmente lluvias torrenciales, 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. Condición que cambia bruscamente al producirse eventos extraordinarios como 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.
4. En el **río Tumbes**: fueron afectadas las zonas Rica Playa; entre el poblado Higuerón 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.
5. En la **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 Carpitás, Fernández, Pilar, Salado Grande, Rubio, Palo Santo, El Abejal afectaron por sectores tramos de carretera.
6. La evaluación de campo de centros poblados determinó viviendas que fueron afectados por los eventos ocurridos en período 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 que 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 San Jacinto: la ocurrencia de flujos que afectaron 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.
7. 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 que 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 Bocapán, 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.
8. 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.
9. 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 (descolmatación) 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 Pajaritos y 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 otras.
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.

DHN (2017). Comunicado Oficial N° 08-2017 (en línea). Comunicados oficiales ENFEN (consulta: 26 de julio de 2017). Disponible en: [https://www.dhn.mil.pe/comunicado\\_oficial\\_enfen](https://www.dhn.mil.pe/comunicado_oficial_enfen)

Gómez, D. (2017). Evaluación geológica de las zonas afectadas por el Niño Costero 2017. En la región Tumbes. INGEMMET. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Informe Técnico N° A6764. 70 p.

Hungr, O. (2005). Classification and terminology, en Jakob, M., y Hungr, O., ed., Debris flow hazard and related phenomena: Chichester, Springer-Praxis, p. 9–23.

Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M., y Hutchinson, J.N. (2001). Review of the classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering Geoscience, v. 7, p. 22–238.

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

INDECI (2017). Información de emergencias y daños producidos por 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](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/>

Palacios, O. (1994). Geología de los cuadrángulos de Paita, Piura, Talara, Sullana, Lobitos, Quebrada Seca, Zorritos, Tumbes y Zarumilla 11-a, 11-b, 10-a, 10-b, 9-a, 9-b, 8-b, 8-c, 7-c – INGEMMET, Dirección de Geología Regional, Boletín Serie A: Carta geológica nacional, 54. 190 p.

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). Movimientos en masa en la región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p.

Varnes, D. J., (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analisis and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 176, p. 9-33.

Vilchez, M., Luque, G. & Rosado, M. (2013). Riesgo Geol3gico en la regi3n Piura. Bolet3n N3 52, serie C: Geodin3mica e ingenier3a geol3gica. Lima: INGEMMET. 282 p., 9 mapas.

Vilchez, M., Luque, G. & Rosado, M. (2009). Zonas cr3ticas por peligros geol3gicos en la regi3n Piura-primer reporte (en l3nea). Informe t3cnico geolog3a ambiental. Lima: INGEMMET. 54 p. (consulta: 25 de julio del 2017). Disponible en: [http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/117725/ZONAS\\_CRITICAS\\_PIURA.pdf/eea05a54-5217-4c74-8429-78f4af4bc869](http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/117725/ZONAS_CRITICAS_PIURA.pdf/eea05a54-5217-4c74-8429-78f4af4bc869)

WWF (2017). Que es “El Ni3o costero” que est3 afectando a Per3 y Ecuador (en l3nea). Art3culo. (consulta: 25 de julio del 2017). Disponible en l3nea: <http://www.wwf.org.pe/?294950/que-es-el-nino-costero-que-esta-afectando-a-peru-y-ecuador>

## ANEXO 1. MEDIDAS CORRECTIVAS

En esta sección se dan algunas propuestas generales de solución para la región, con la finalidad de minimizar las ocurrencias de inundaciones y erosión fluvial; flujos de detritos o de lodo (huaicos); deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas, erosiones de laderas, entre otros; así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias.

### MEDIDAS PREVENTIVAS Y/O CORRECTIVAS PARA INUNDACIONES Y FLUJOS RÁPIDOS

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

#### a) Permanentes

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

#### b) De emergencia

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

#### c) Sistemas de protección contra inundaciones

Deben consistir en:

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

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

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

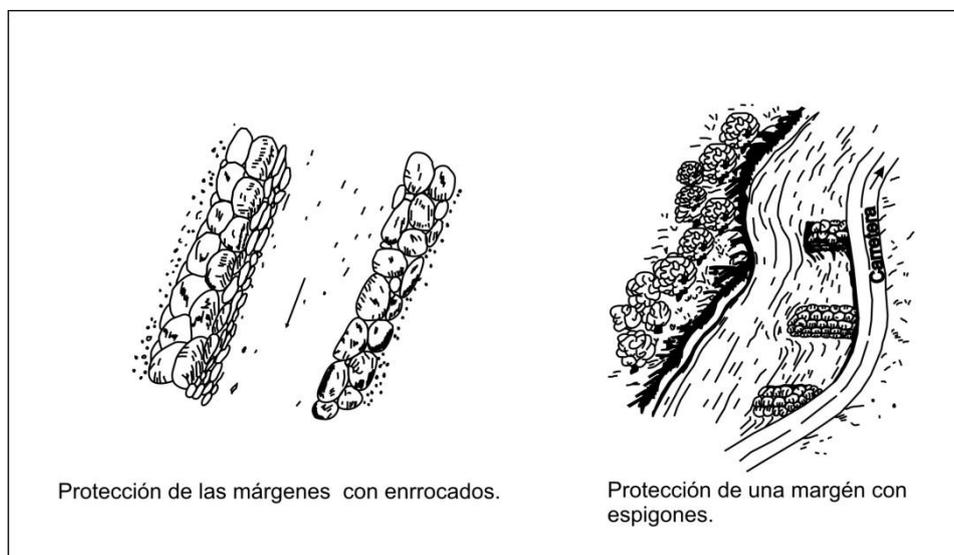
En los periodos en que no surjan situaciones de emergencia deberán mantenerse en buen estado la zona de evacuación de crecidas y el sistema de defensa contra inundaciones, lo que concluye:

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

## 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:

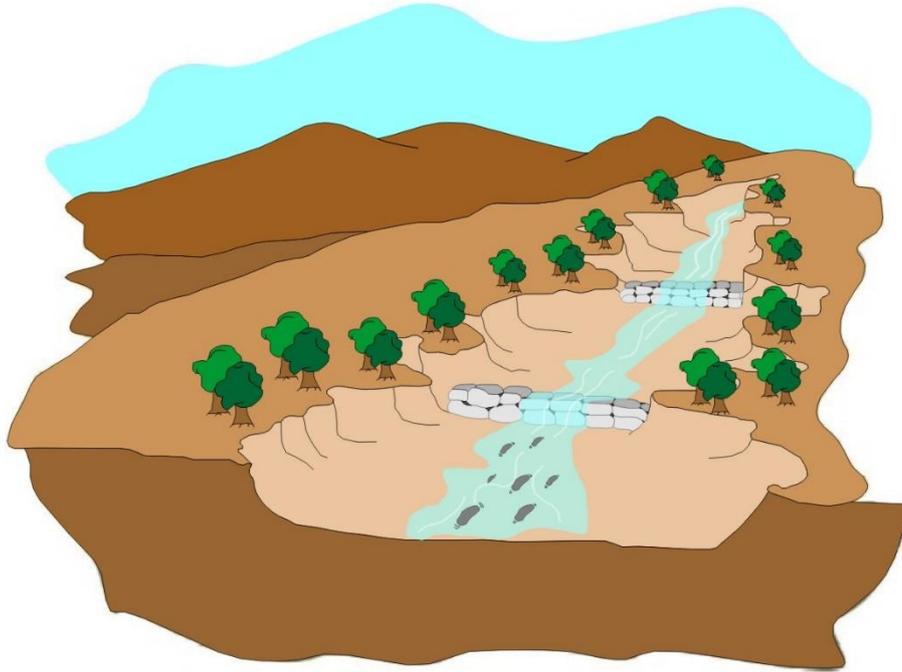
- Encauzamiento del canal principal de los lechos fluviales secos, con remoción selectiva de los materiales gruesos, que pueden ser utilizados en los enrocados y/o espigones para controlar las corrientes (Figura 7).



**Figura 7:** Protección de márgenes con enrocados, espigones y siembra de bosques ribereños.

- Propiciar la formación y desarrollo de bosques ribereños con especies nativas para estabilizar los lechos.
- La construcción de obras e infraestructuras que crucen estos cauces secos deben construirse con diseños que tengan en cuenta las máxima crecidas registradas, que permitan el libre paso de huaycos, evitándose obstrucciones y represamientos, con posteriores desembalses más violentos.
- Realizar la construcción de presas de sedimentación escalonada para controlar las fuerzas de arrastre de las corrientes de cursos de quebradas que acarrean grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia excepcional, cuya finalidad es reducir el transporte de sedimentos gruesos (Figura 8).
- 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.



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

**Figura 8:** Presas transversales a cursos de quebradas.

## **MEDIDAS PARA DESLIZAMIENTOS, DERRUMBES Y CAÍDAS DE ROCAS**

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

### **A) Corrección por modificación de la geometría del talud**

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

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

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

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

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

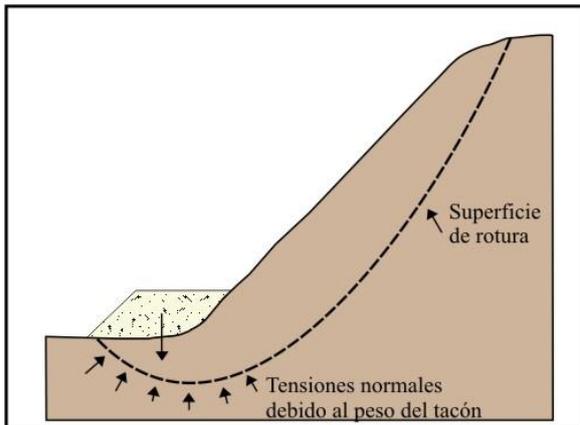
Eliminar el material de la parte superior (descabezamiento) de la masa potencialmente deslizante. En esta área el peso del material contribuye más al deslizamiento y presenta una menor resistencia, dado que la parte superior de la superficie de deslizamiento presenta una máxima inclinación. Por ello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

Construcción de escolleras en el pie del talud. Puede efectuarse en combinación con el descabezamiento del talud o como medida independiente (Figuras 9 y 10).

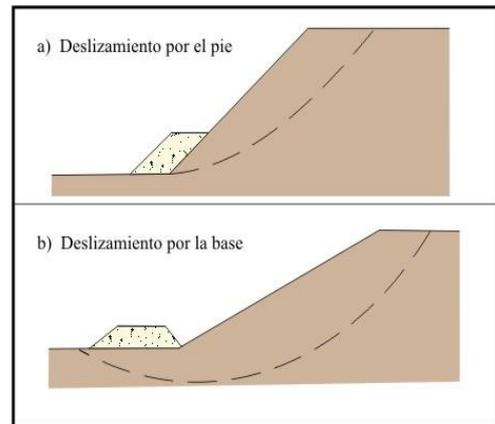
El peso de la escollera en el pie del talud se traduce en un aumento de las tensiones normales en la parte baja de la superficie del deslizamiento, lo que aumenta su resistencia. Este aumento depende del ángulo de rozamiento interno en la parte inferior de la superficie del deslizamiento. Si es elevado, 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.



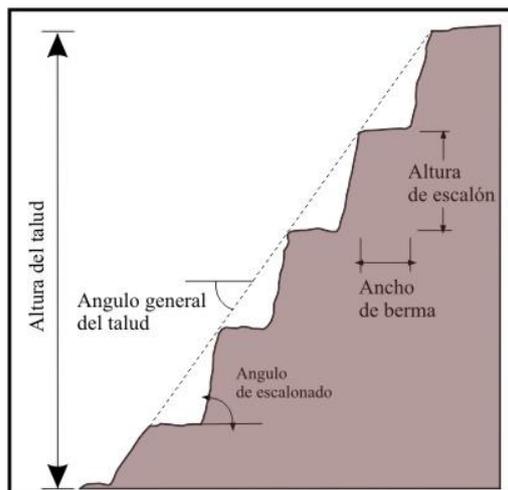
**Figura 9:** Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno.



**Figura 10:** 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 11.

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 11:** Esquema de un talud con bermas intermedias.

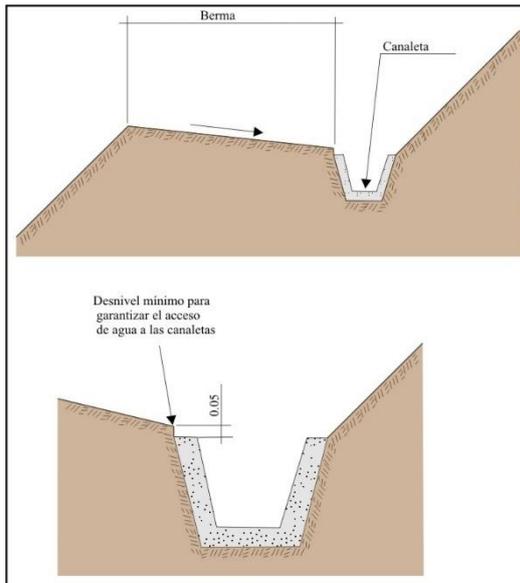
## B) Corrección por drenaje

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 12).

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 12:** Detalle de una canaleta de drenaje superficial.

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

Se clasifican en los siguientes grupos:

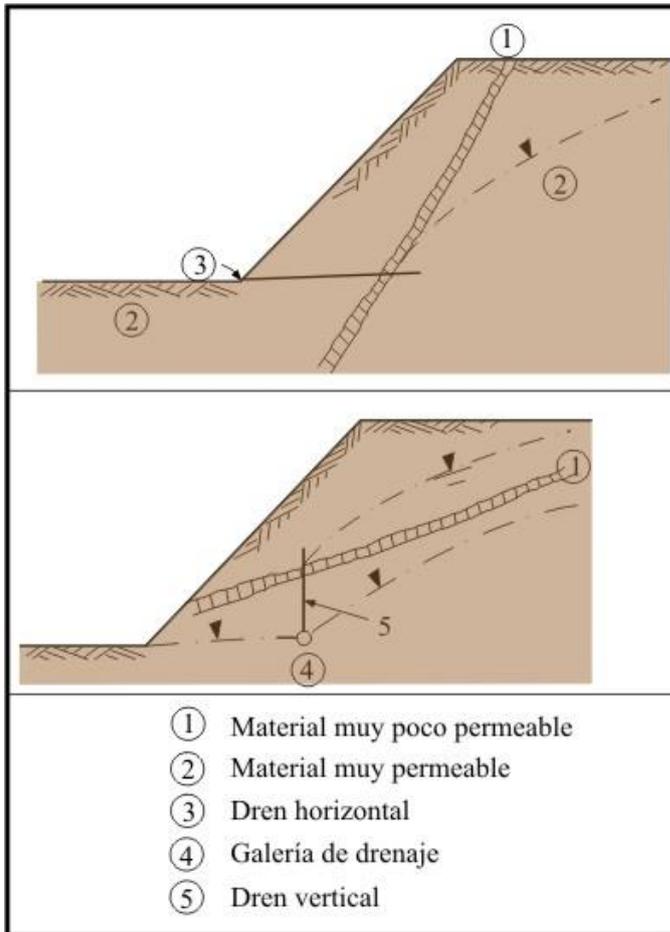
**b.1) Drenes horizontales.** Perforados desde la superficie del talud, llamados también drenes californianos. Consisten en taladros de pequeño diámetro, aproximadamente horizontales, entre  $5^\circ$  y  $10^\circ$ , que parten de la superficie del talud y que están generalmente contenidos en una sección transversal del mismo (Figuras 13 y 14).

Sus ventajas son:

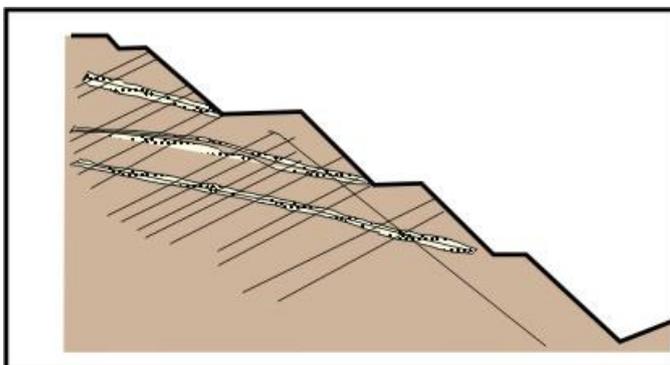
- Su instalación es rápida y sencilla.
- El drenaje se realiza por gravedad.
- Requieren poco mantenimiento.
- Es un sistema flexible que puede readaptarse a la geología del área.

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 13:** Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos.



**Figura 14.** Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos

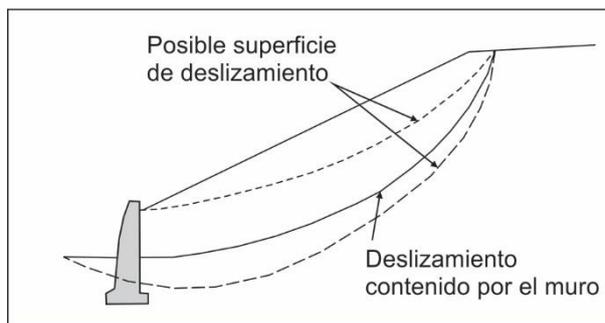
### C) Corrección por elementos resistentes

**C.1) Muros.** Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (Figura 15).

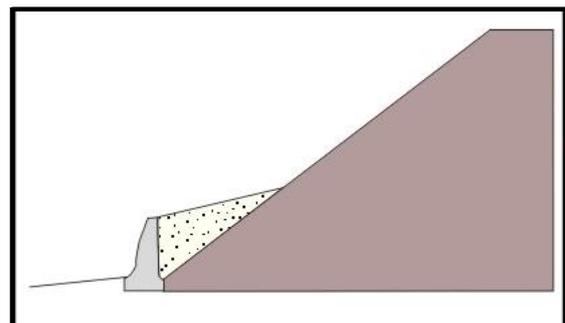
En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (Figura 16). Esta forma de actuar puede tener varios inconvenientes. En primer lugar, la construcción del muro exige cierta excavación en el pie del talud, lo cual favorece 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 15:** Contención de un deslizamiento mediante un muro.

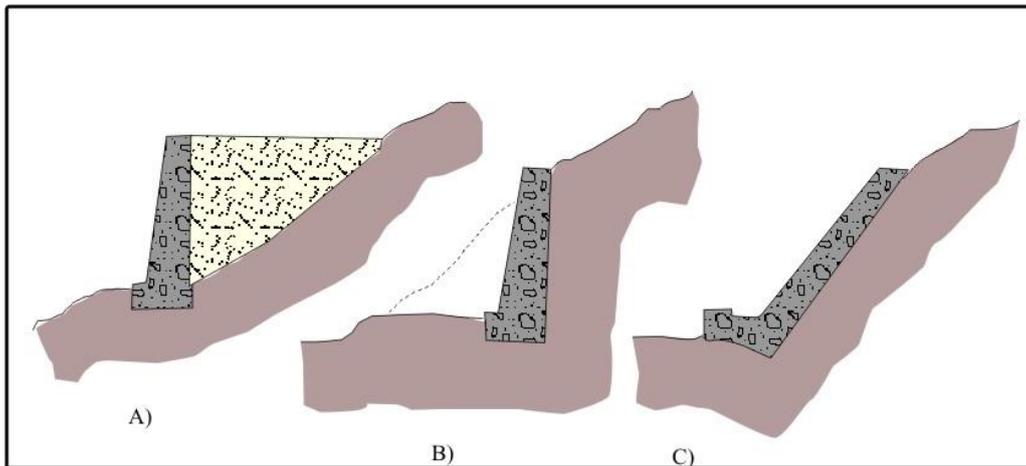


**Figura 16:** Relleno estabilizador sostenido por el muro.

Los muros se pueden clasificar en tres grupos (Figura 17):

- 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 17:** a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento.

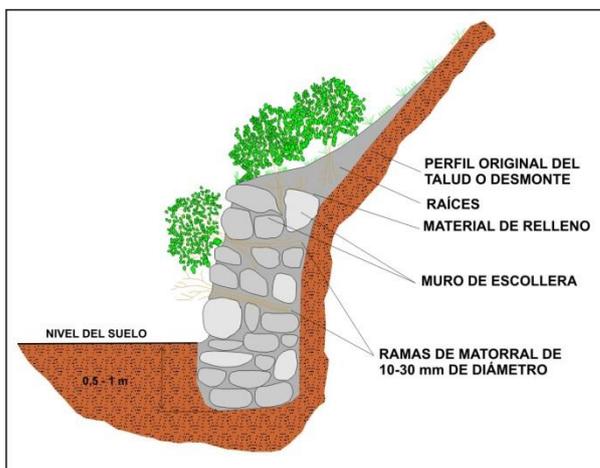
Las comprobaciones que deben efectuarse en un caso típico son las siguientes:

- 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.

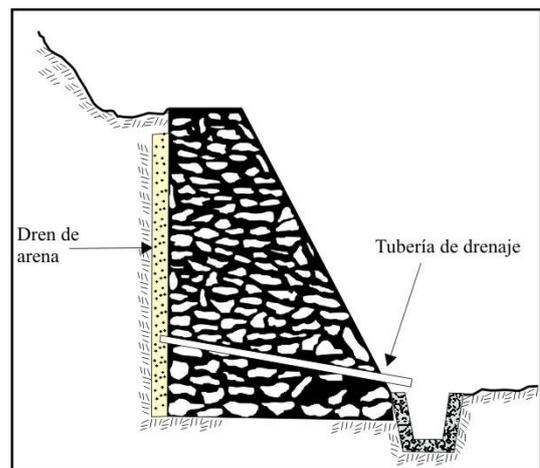
### Tipos de muros

**Muros de gravedad:** Son los muros más antiguos, son elementos pasivos en los que el peso propio es la acción estabilizadora fundamental (Figuras 18, 19 y 20).

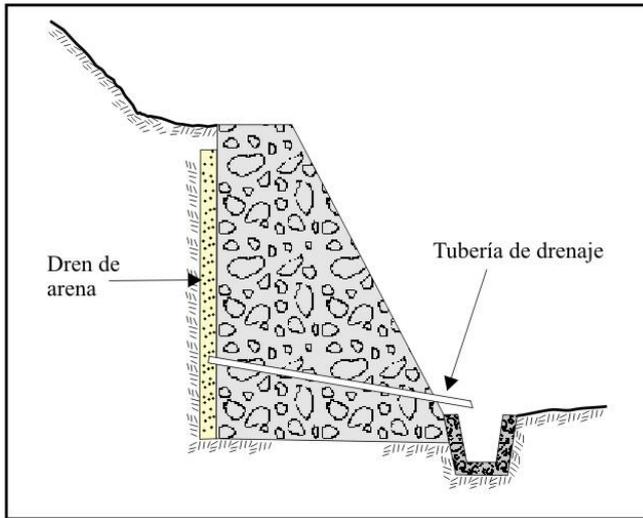
Se construyen de hormigón en masa, pero también existen de ladrillo o mampostería y se emplean para prevenir o detener deslizamientos de pequeño tamaño. Sus grandes ventajas son su facilidad constructiva y el bajo costo.



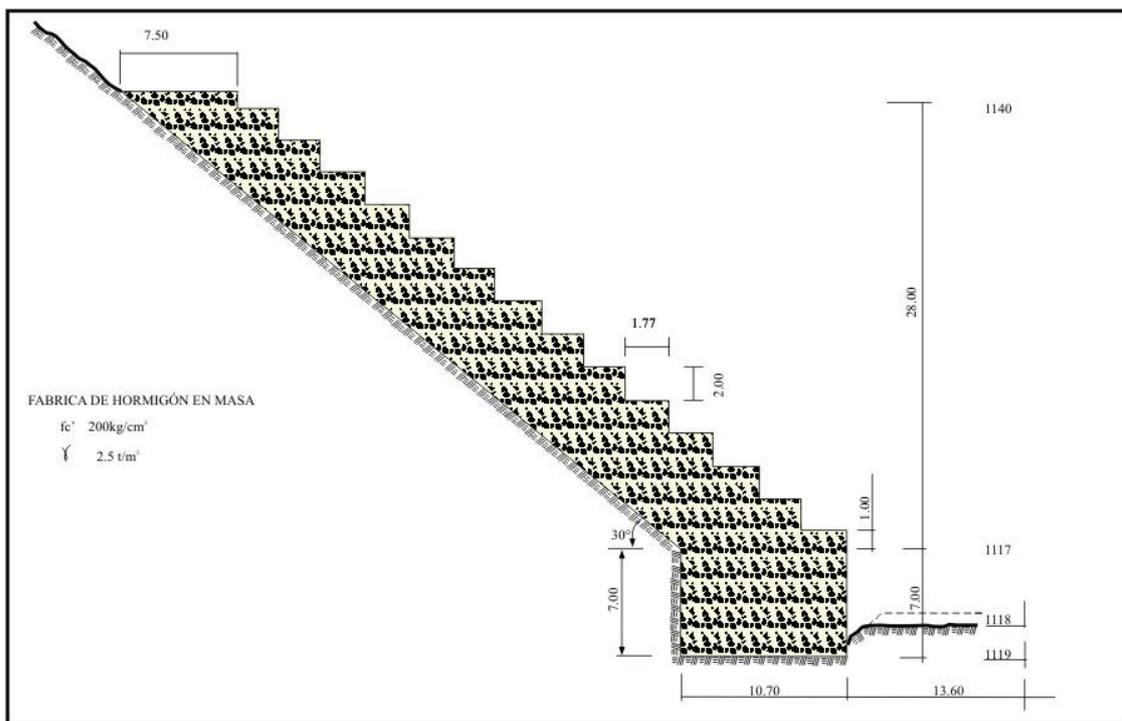
**Figura 18 A).** Muros de gravedad de piedra seca.



**Figura 18 B)** Muros de gravedad de piedra argamasada.



**Figura 19:** Muros de gravedad de concreto ciclópeo.



**Figura 20:** Muros de espesor máximo.

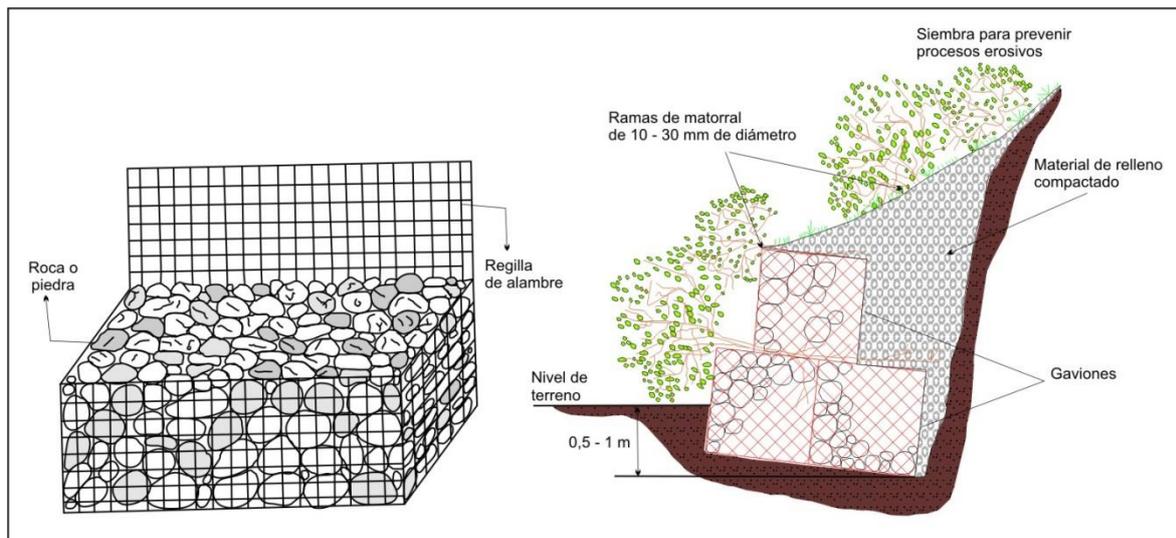
**Muros de gaviones.** Los gaviones son elementos con forma de prisma rectangular que consisten en un relleno granular constituido por fragmentos de roca no degradable (caliza, andesita, granitos, etc.), retenido por una malla de alambre metálico galvanizado (Figura 21).

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 21:** Muro de gavión.

#### **D) Correcciones superficiales**

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

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

Los principales métodos empleados son:

##### **d.1) Mallas de alambre metálico**

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

Las mallas de fierro galvanizado retienen los fragmentos sueltos de rocas y conducen los trozos desprendidos hacia una zanja en el pie del talud. Son apropiados cuando el tamaño de roca a caer se encuentra entre 0,60 y 1,00 m.

La malla se puede fijar al talud de varias maneras: siempre en la parte superior del talud o en bermas intermedias. Como sistemas de fijación pueden emplearse bulones, postes introducidos en bloques de hormigón que pueden a su vez ir anclados o simplemente un peso muerto en la parte superior del talud. Durante la instalación se prepara una longitud de malla suficiente para cubrir el talud, con una longitud adicional que es necesaria para la fijación de la malla.

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

#### **d.2) Sembrado de taludes**

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

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

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

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

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

## **PARA ZONAS DE FLUJOS Y CÁRCAVAS**

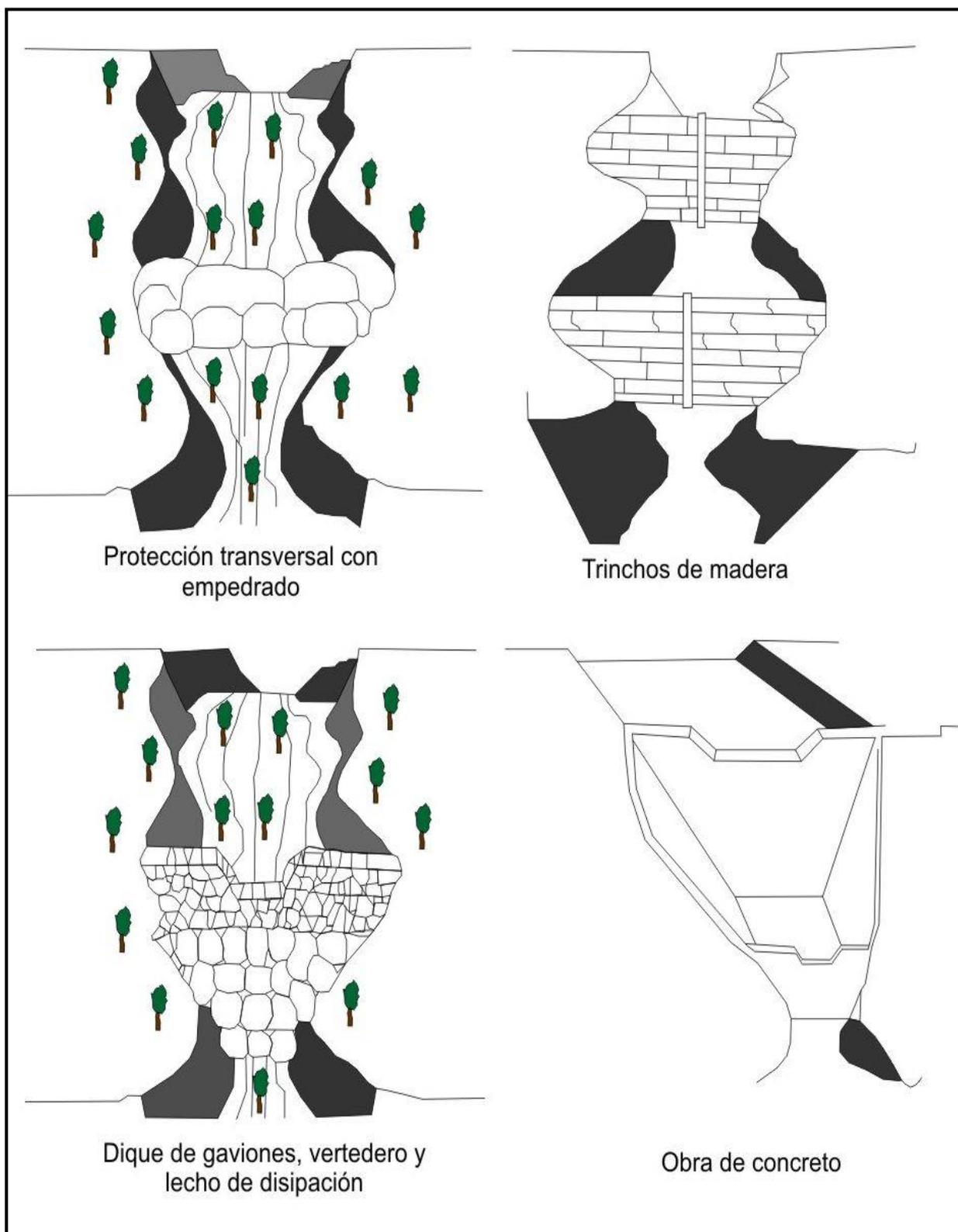
Las erosiones en cárcavas generan abundantes materiales sueltos que son llevados a los cauces de las quebradas. Muchos de estos cauces tienen suficiente material como para la generación de flujos.

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

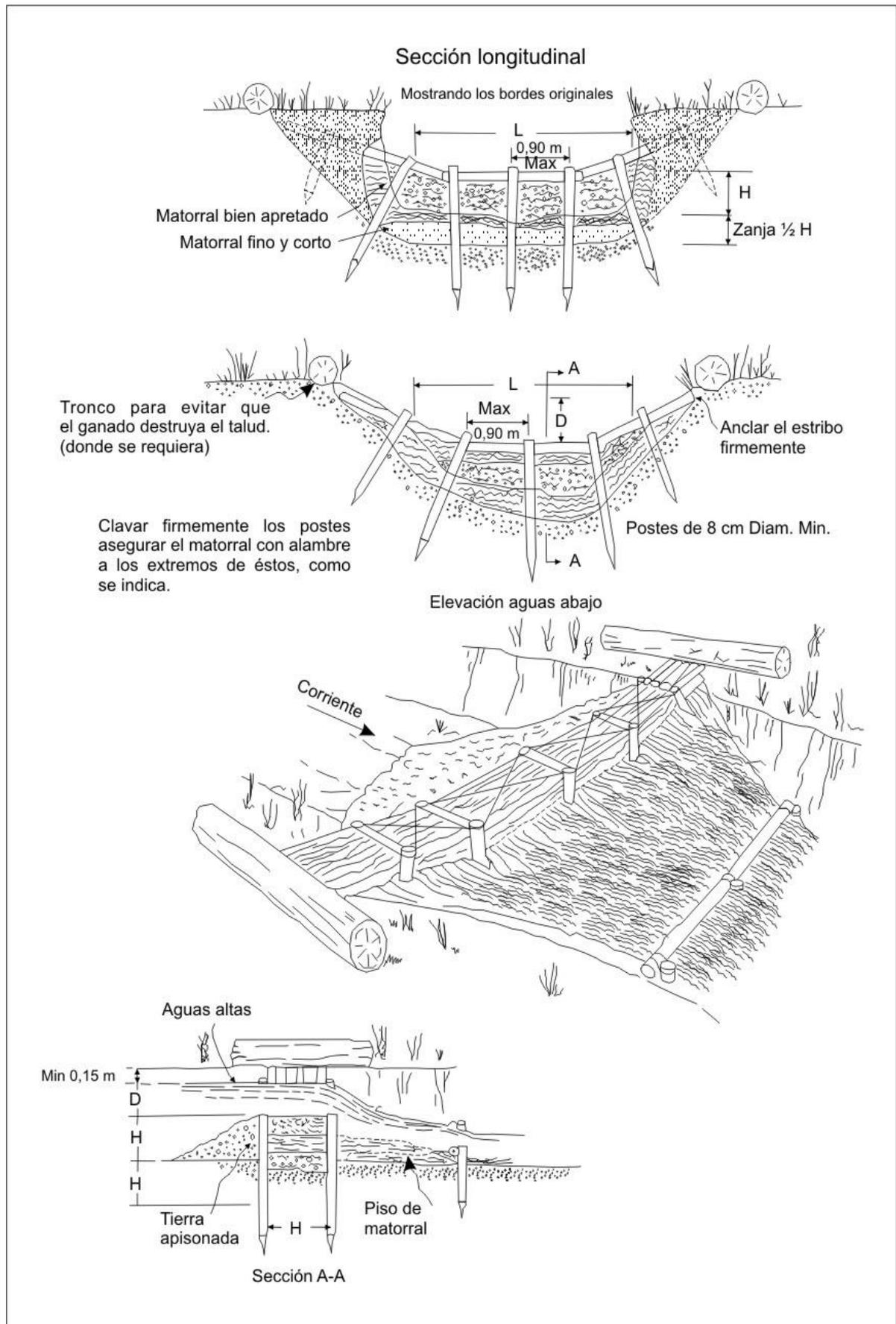
- Regeneración de la cobertura vegetal.
- Empleo de zanjas de infiltración y desviación entre las principales.

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

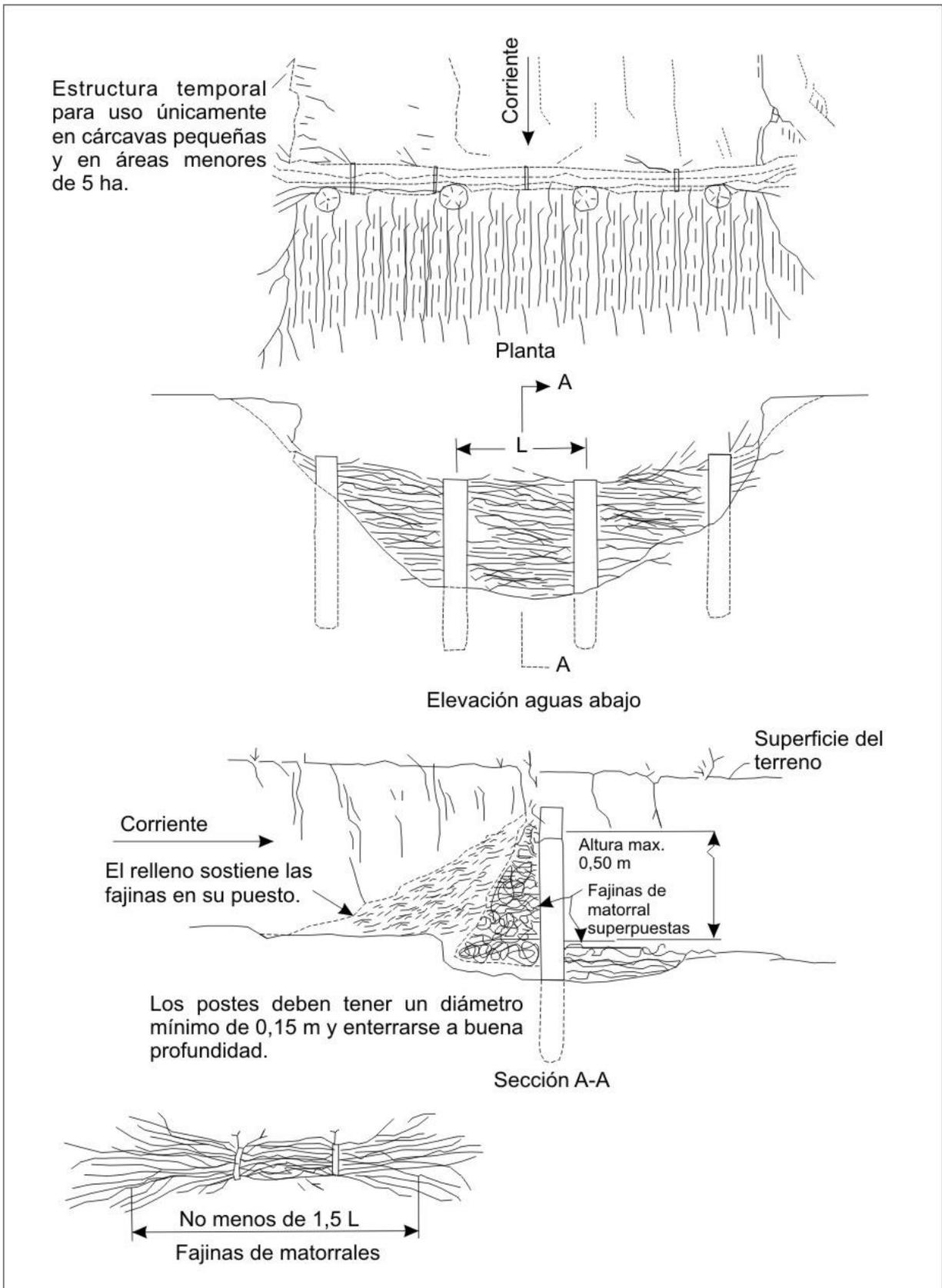
- El desarrollo de programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc. (Figuras 21 al 24).
- Zanjas de infiltración articuladas de acuerdo a las condiciones climáticas de la región.
- Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ella (Figuras 25 y 26), 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.



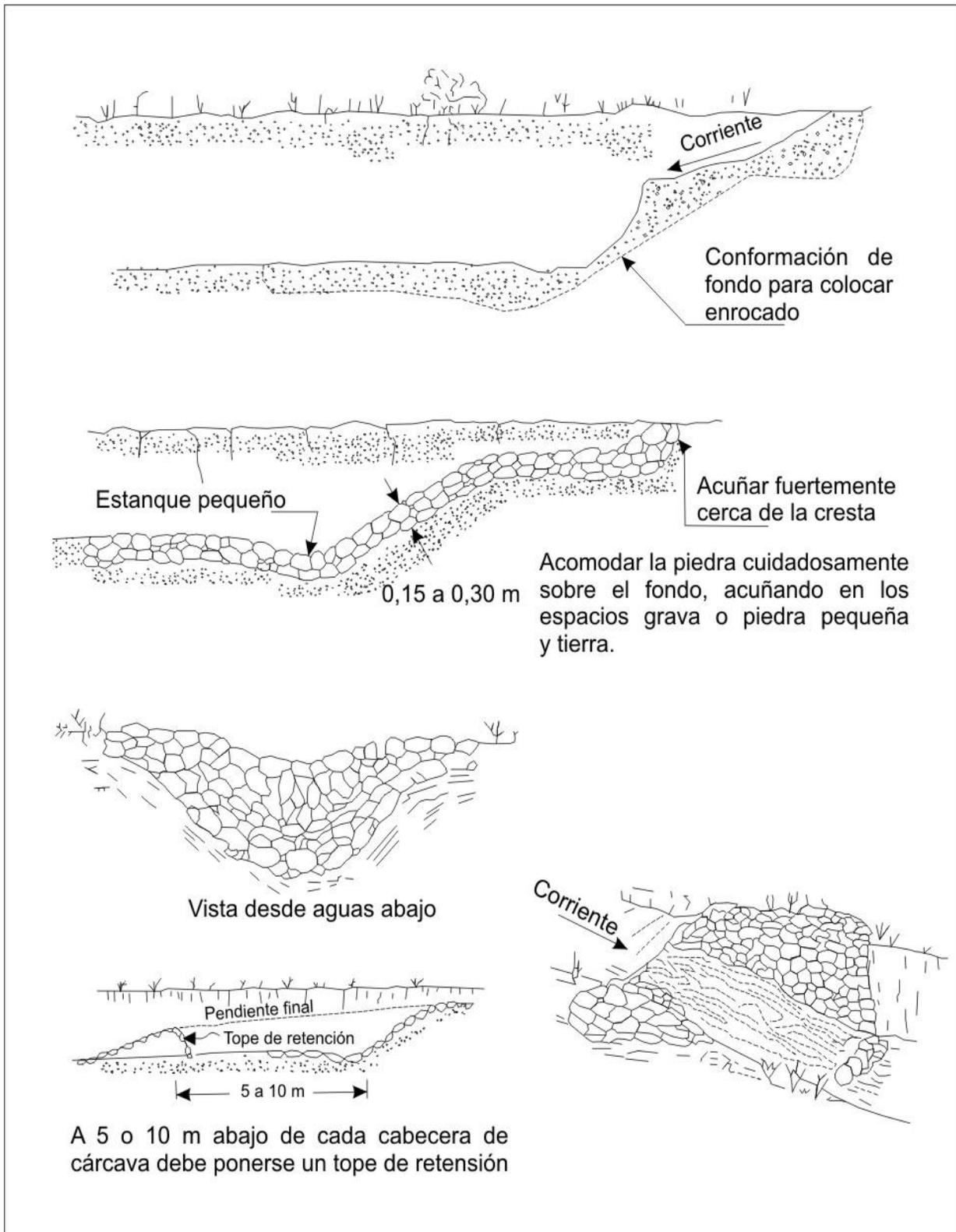
**Figura 21:** Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas.



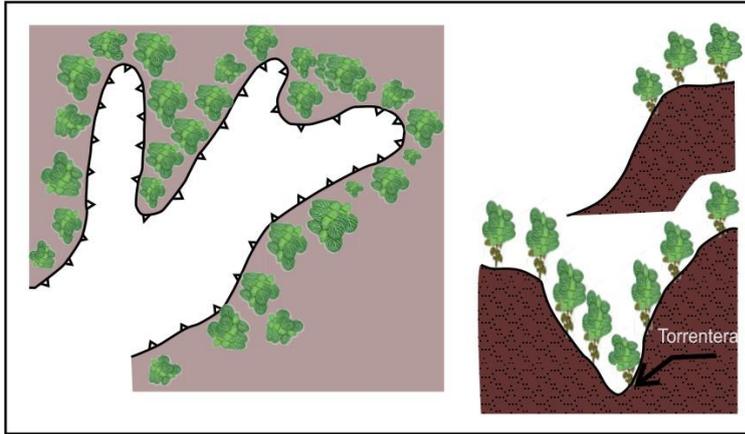
**Figura 22:** Trincho o presa de matorral tipo doble hilera de postes.



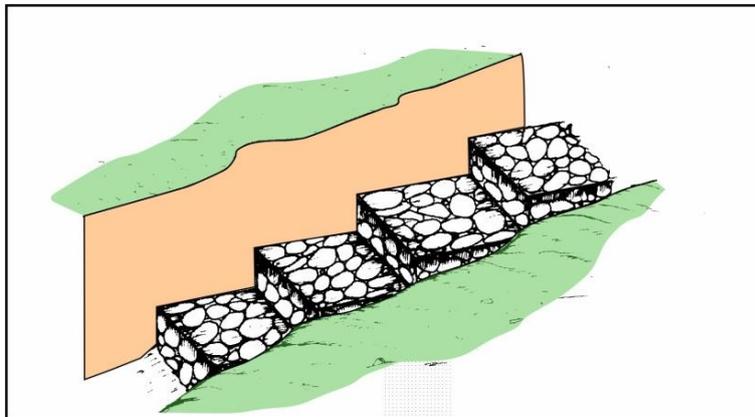
**Figura 23:** Trincho o presas de matorral tipo una hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964).



**Figura 24:** Trincho de piedra para cabecera de cárcava en zona de mina (adaptado de Valderrama et al., 1964).



**Figura 25:** Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.



**Figura 26:** Protección del lecho de la quebrada con muros escalonados (andenes), utilizando bloques de roca o concreto armado.

### **OTRAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA DESLIZAMIENTOS Y CÁRCAVAS**

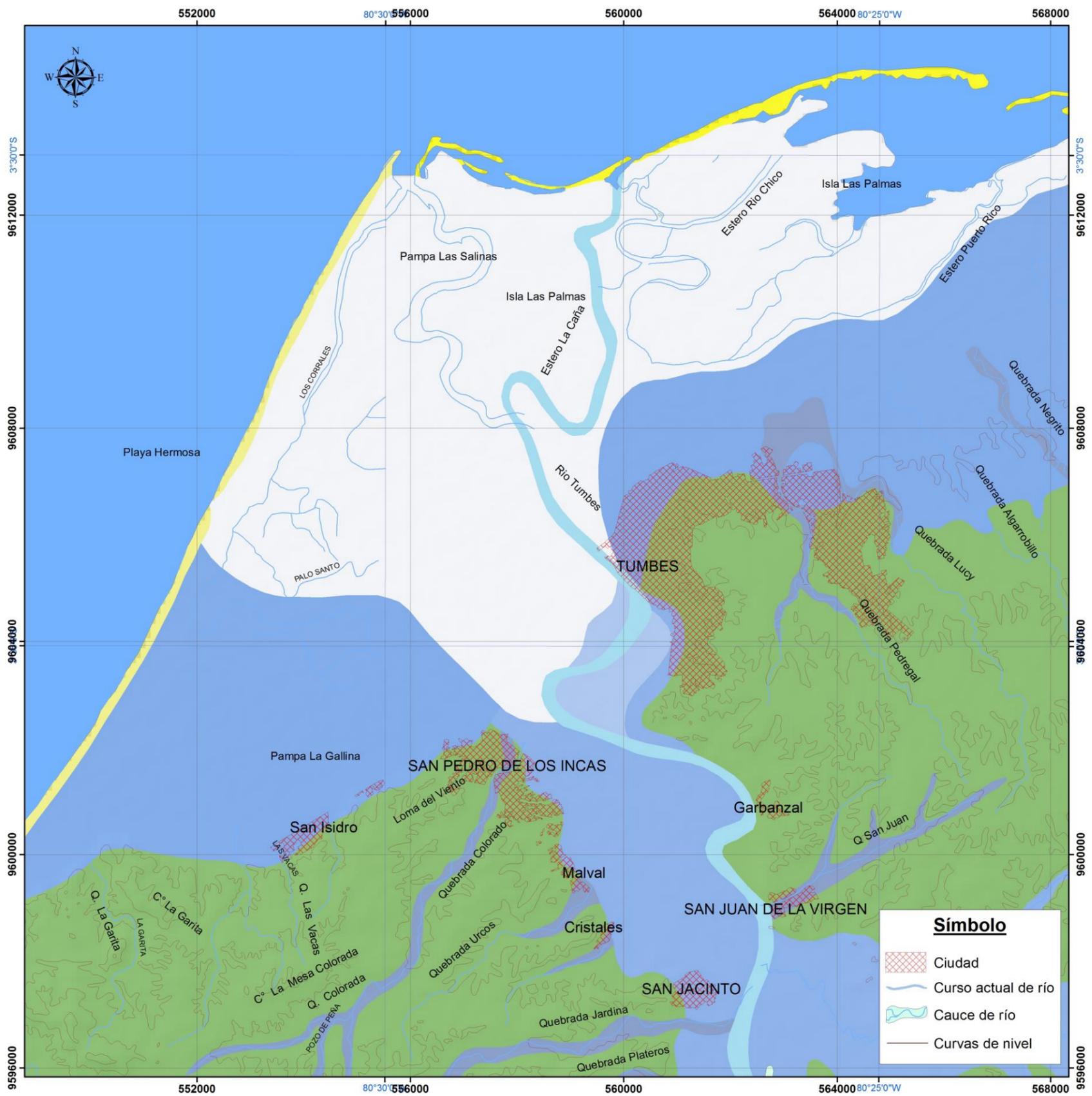
El proceso de deslizamientos y cárcavas ocurre esencialmente de forma natural pero también por la actividad antrópica (agrícola, deforestación) mal desarrollada que acelera el proceso; asimismo por el socavamiento del río al pie de deslizamientos, la utilización de canales sin revestir, etc. Algunas,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

- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos.
- Los canales deben ser revestidos para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
- El sistema de cultivo debe ser por surcos en contorno y conectados al sistema de drenaje, para una evacuación rápida del agua.
- No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, ya que esto favorece a la infiltración y saturación del terreno.

- La remoción de la tierra para realizar el cultivo debe ser superficial pues una remoción más profunda realizada con maquinaria puede favorecer la infiltración y saturación del terreno.
- En las cuencas altas se debe favorecer el cultivo de plantas que requieran poca agua y proporcionen una buena cobertura del terreno para evitar el impacto directo de la lluvia sobre el terreno.
- El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida de las masas deslizantes; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- Los tramos de carretera que cruzan cauces de quebradas, en donde se producen flujos, deben de ser protegidos por medio de gaviones para evitar los efectos de los huaycos y el socavamiento producido por avenidas en las quebradas. Los gaviones deben ser construidos 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.

## **ANEXO 2: MAPAS**

- Mapa 1: Mapa Geomorfológico cuenca baja del río Tumbes.
- Mapa 2: Peligros geológicos y geohidrológicos – cuenca baja río Tumbes.
- Mapa 3: Susceptibilidad a movimientos en masa en la región Tumbes.
- Mapa 4: Susceptibilidad a inundaciones fluviales en la región Tumbes.

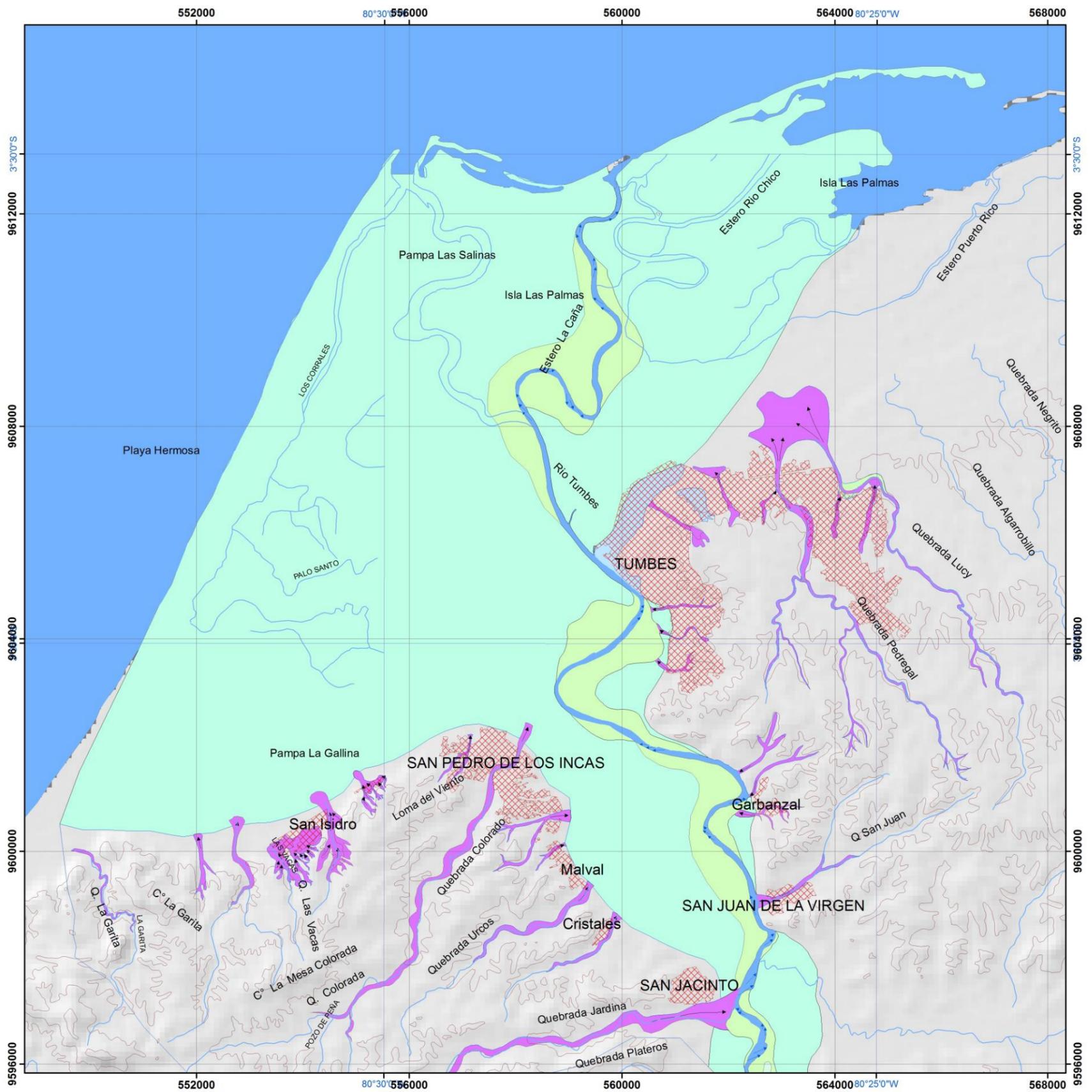


Unidades Geomorfológicas	
	RCL-rs, Colina y lomada en roca sedimentaria
	Ab, Abanico de piedemonte
	PI-al, Llanura o planicie aluvial
	T-al, Terraza aluvial
	PI-i, Llanura o planicie inundable
	M-a, Mantos de arena
	Lg/ca, Laguna y cuerpos de agua
	D, Delta

SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

**MAPA GEOMORFOLÓGICO**  
**CUENCA BAJA DEL RIO TUMBES**

0 0.75 1.5 3 4.5 6 Km  
 Escala 1:50 000



**Peligro Geológico y Geohidrológico**

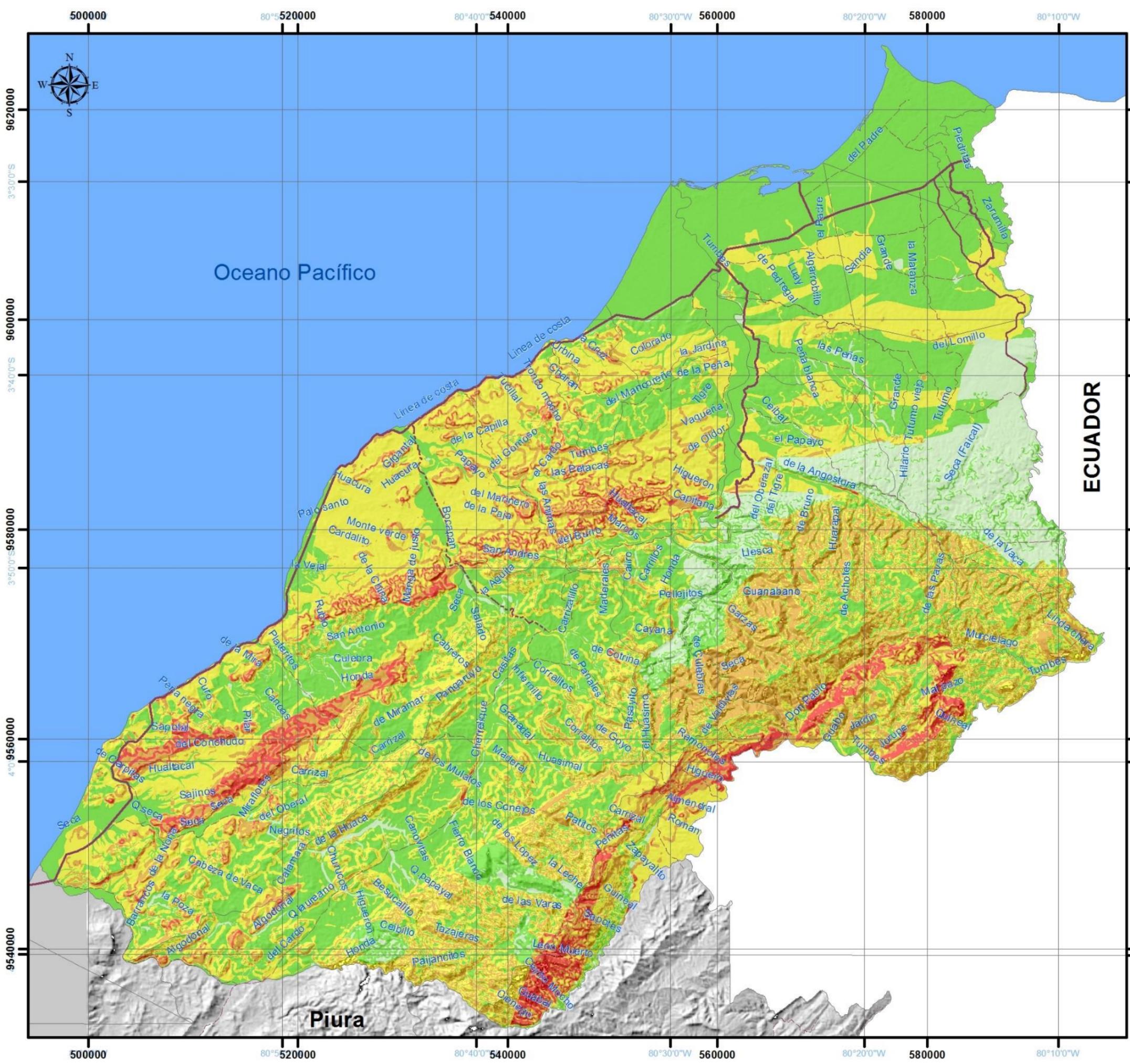
-  Flujos
-  Inundación fluvial
-  Erosión fluvial
-  Inundación pluvial

**Símbolo**

-  Ciudad
-  Curso actual de río
-  Cauce de río
-  Curvas de nivel

SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
  
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO  
**MAPA DE PELIGRO GEOLÓGICO Y GEOHIDROLÓGICO  
 DETONADO POR LLUVIAS DEL FENÓMENO  
 EL NIÑO COSTERO**  
**CUENCA BAJA DEL RIO TUMBES**

0 0.75 1.5 3 4.5 6 Km  
 Escala 1:50 000



### Susceptibilidad a movimientos en masa

	Muy baja
	Baja
	Media
	Alta
	Muy alta

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

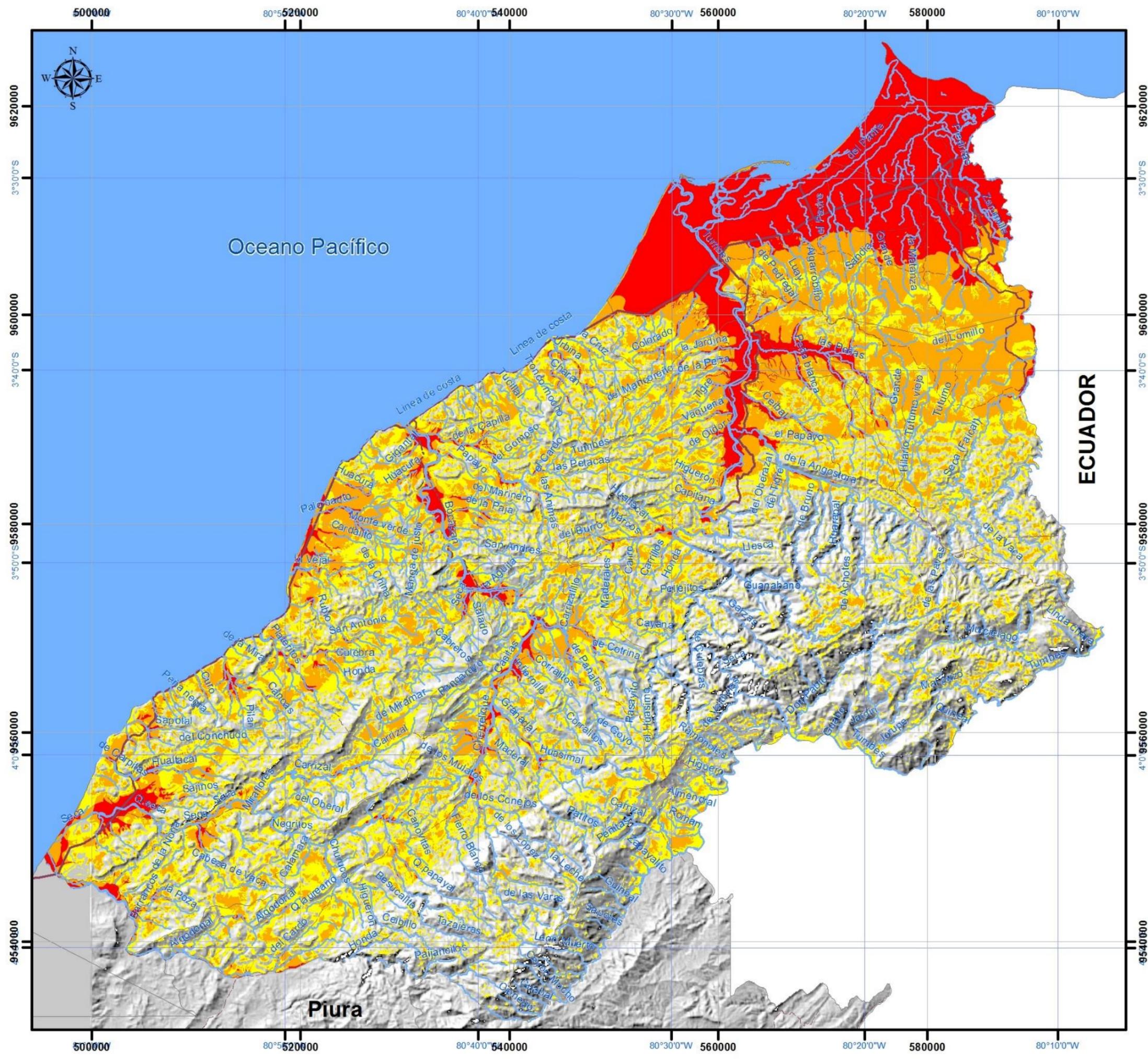
**INGEMMET**

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA  
DETONADO POR LLUVIAS DEL FENÓMENO  
EL NIÑO COSTERO

**REGIÓN TUMBES**

0 2.75 5.5 11 16.5 22 Km  
Escala 1:50 000



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

**INGEMMET**

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

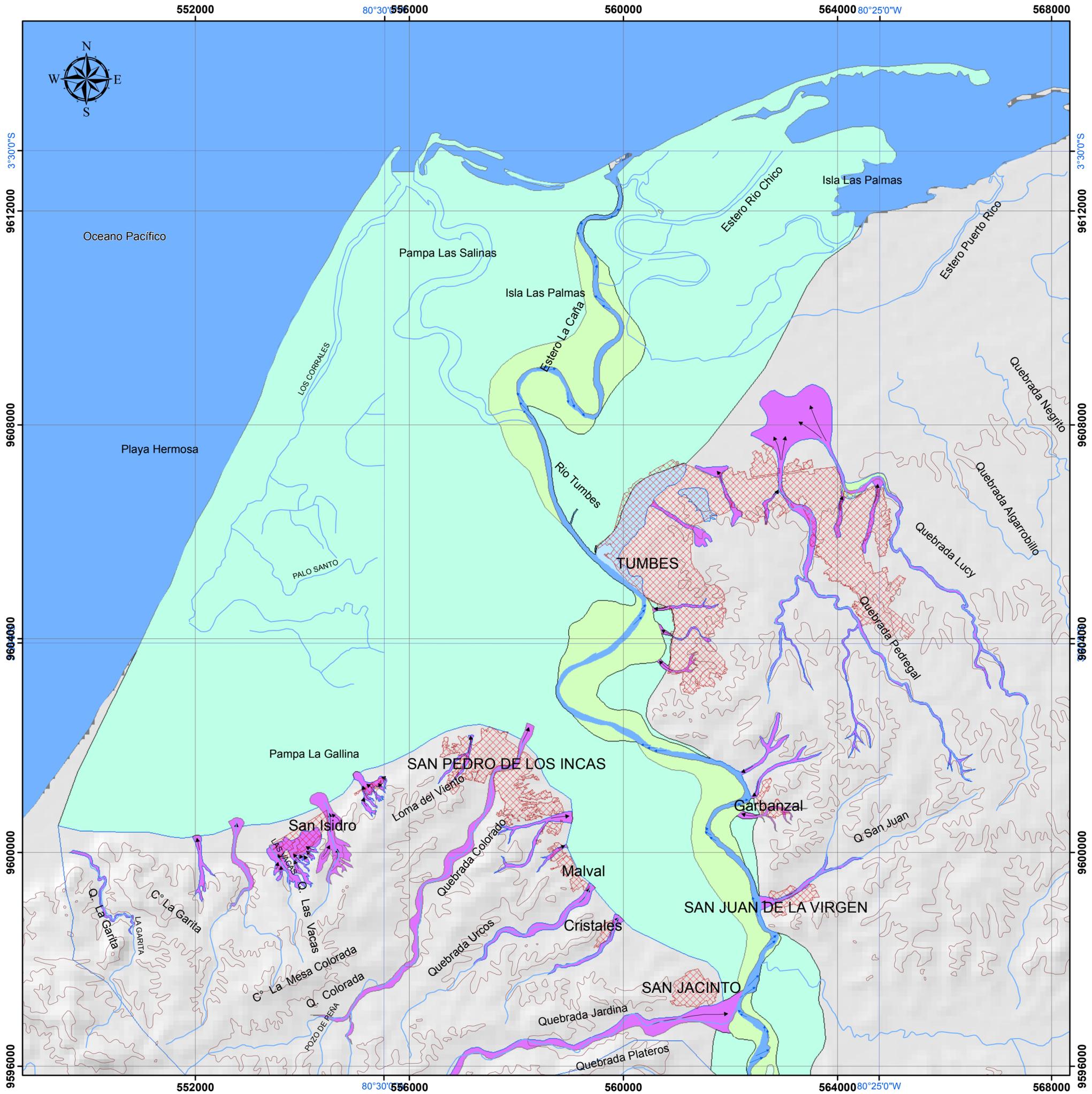
MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIÓN Y EROSIÓN FLUVIAL DETONADO POR LLUVIAS DEL FENÓMENO EL NIÑO COSTERO

**REGION TUMBES**

0 2.75 5.5 11 16.5 22 km

Escala 1:50 000

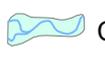




**Peligro Geológico y Geohidrológico**

-  Flujos
-  Inundación fluvial
-  Erosión fluvial
-  Inundación pluvial

**Símbolo**

-  Ciudad
-  Curso actual de río
-  Cauce de río
-  Curvas de nivel

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

**INGEMMET**

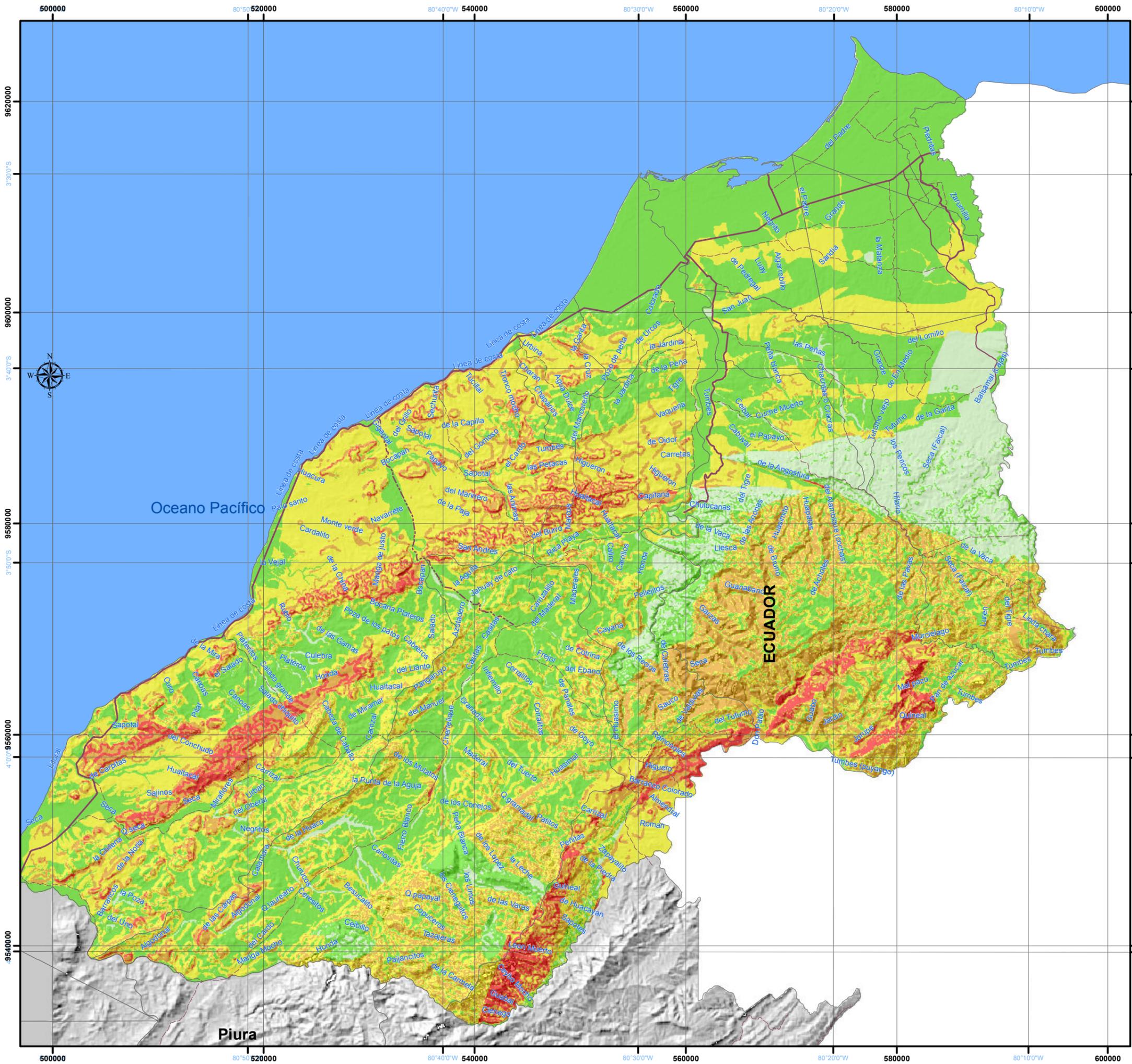
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

MAPA DE PELIGRO GEOLÓGICO Y GEOHIDROLÓGICO  
DETONADO POR LLUVIAS DEL FENÓMENO  
EL NIÑO COSTERO

**CUENCA BAJA DEL RIO TUMBES**

0 0.75 1.5 3 4.5 6 Km

Escala 1:50 000



CARACTERÍSTICAS DE LOS TERRENOS	LEYENDA	RECOMENDACIONES
<b>SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA:</b> Las condiciones del terreno muy favorables para que se generen movimientos en masa. Se concentran donde ocurrieron deslizamientos en el pasado, también se tienen ocurrencias recientes.		
Estas áreas presentan pendientes fuertes a muy fuertes, sustrato de rocas sedimentarias (areniscas, lutitas, limolitas y conglomerados) intrusivas, muy fracturadas y alteradas. Cuando se modifica la topografía original de estas zonas es muy probable que se presenten derrumbes, caída de rocas y deslizamientos.	conforman las cimas y laderas de colinas estructurales, colinas, lomadas montañosas.	Prohibir el desarrollo de toda infraestructura, sin el conocimiento geológico detallado previo. Son necesarios los estudios geológicos-geotécnicos al detalle para el desarrollo y construcción probable de infraestructura de cualquier tipo (carreteras, puentes, presa, hidroeléctrica), o habitación humana.
<b>SUSCEPTIBILIDAD ALTA:</b> Confluyen la mayoría de condiciones del terreno favorables a generar movimientos en masa, cuando s modifican sus taludes. Colinda con zonas de muy alta susceptibilidad.	La carretera Panamericana Norte en sus tramos Canoaas-El Rubio, Peña Redonda y Bocapan-Zeritos-Cañeta Cruz atraviesan esta zona	Restringir el desarrollo de infraestructura urbana, o de instalaciones para una alta concentración de población. En caso de infraestructura vital, líneas de energía, actividad minera, etc., se deben realizar estudios geotécnicos de detalle.
<b>SUSCEPTIBILIDAD MEDIA:</b> Presenta algunas condiciones favorables para producir movimientos en masa		
Estas áreas presentan pendientes bajas a medias (5°-20°), se encuentran depósitos de material superficial inconsolidados y consolidados, sustrato de rocas sedimentarias (areniscas, conglomerados, limolitas, lutitas y calizas), fracturadas y alteradas, expuestas a grandes periodos de sequía. (Fenómeno El Niño), es aquí donde las lluvias caídas, se concentran y se forman los flujos de lodo y huacos que se movilizan hacia zonas de baja y muy baja susceptibilidad. Se incluye dentro de esta zona las unidades geomorfológicas de colinas, laderas bajas de montaña, se encuentran cubiertas por vegetación de tipo bosque seco y matorral seco.	Dentro de esta zona se encuentran gran parte del trazo de la Panamericana Norte, la cual es afectada por derrumbes, flujos de lodo y huacos, y asentamientos de la plataforma carretera.	Permitir el desarrollo de infraestructura urbana industrial, siempre y cuando, se conozcan al detalle las propiedades de los terrenos para poder tomar decisiones respecto a la viabilidad del proyecto.
<b>SUSCEPTIBILIDAD BAJA:</b> Las condiciones intrínsecas del terreno no son propensas a generar movimientos en masa		
Estas áreas presentan una topografía plano-ondulada (con pendientes bajas, se tienen depósitos de materiales superficiales consolidados y no consolidados, el sustrato es constituido por rocas sedimentarias (areniscas, limolitas, arcillas y conglomerados); se incluyen a las unidades geomorfológicas de colinas modeladas en rocas intrusivas, sedimentarias y metamórficas. Algunas zonas pueden considerarse algo inestables, las cuales pueden ser alcanzadas por los flujos de lodo y huacos, generados en zonas de mayor altitud durante periodos de lluvia excepcionales asociadas a fenómeno El Niño; se debe tener en cuenta que muchos de estos flujos se forman en zonas de	Dentro de esta zona se tienen laderas de vertientes localizadas hacia ambas márgenes del río Tumbes aguas arriba del sector de Higuerón, y en las vertientes de la quebrada Angostura.	Permitir el desarrollo de infraestructura siempre y cuando se incorporen las recomendaciones del estudio de diseño para hacer viable cualquier proyecto, o adaptarse a las condiciones del terreno. Tener en cuenta a una evaluación por procesos de inundación fluvial.
<b>SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA:</b> Podrían ser afectados por procesos que ocurren en sus franjas marginales, como obstrucciones o cierres de valles originados por flujos, deslizamientos u otro movimientos en masa		
estas áreas presentan en general una topografía plana, con pendientes bajas a muy baja (menores 5°), se tienen depósitos superficiales de material consolidado y no consolidado, como los depósitos fluviales y aluviales y el sustrato rocoso constituido por rocas sedimentarias (areniscas, conglomerados, limolitas y arcillas), poco fracturadas, son terrenos relativamente estables y los movimientos en masa son inexistente o muy raros, ya que las características intrínsecas de los terrenos hacen difícil su ocurrencia; siendo el único problema la erosión de ella cobertura de suelo y la formación local de algunos torrencios por lluvias excepcionales, donde pueden ocurrir flujos o causar inundaciones en algunas zonas urbanas, también pueden ser alcanzados por flujos generados en zonas de media a alta susceptibilidad.	Se incluyen dentro de esta zona los valles de los ríos Tumbes, Zaramilla, las quebradas Fernandez, Bocapan, Carpiñas y Turbes, entre otros; los cuales presentan topográficamente planas; y pampas con pendientes menores de 5°	Evaluar procesos geohidrológicos circundantes (inundación y erosión fluvial), en las áreas de escorrentía, generación de flujos de detritos u otros movimientos en masa en sus zonas marginales.

**Símbolo**

- Drenaje
- Trocha carrozable
- Via afirmada
- Via asfaltada
- Via sin afirmar
- Limite de distrito

SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

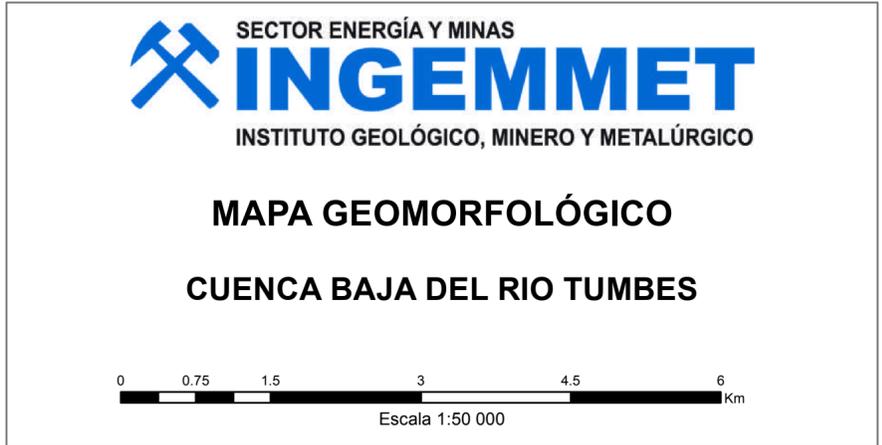
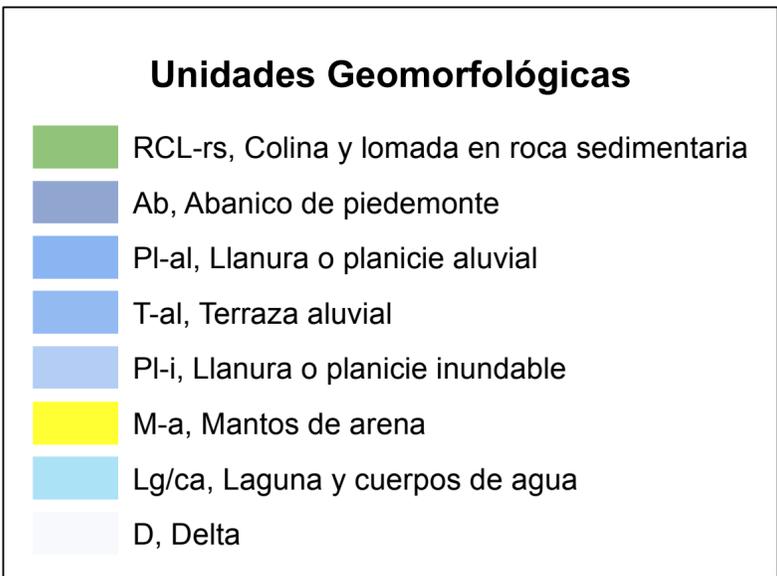
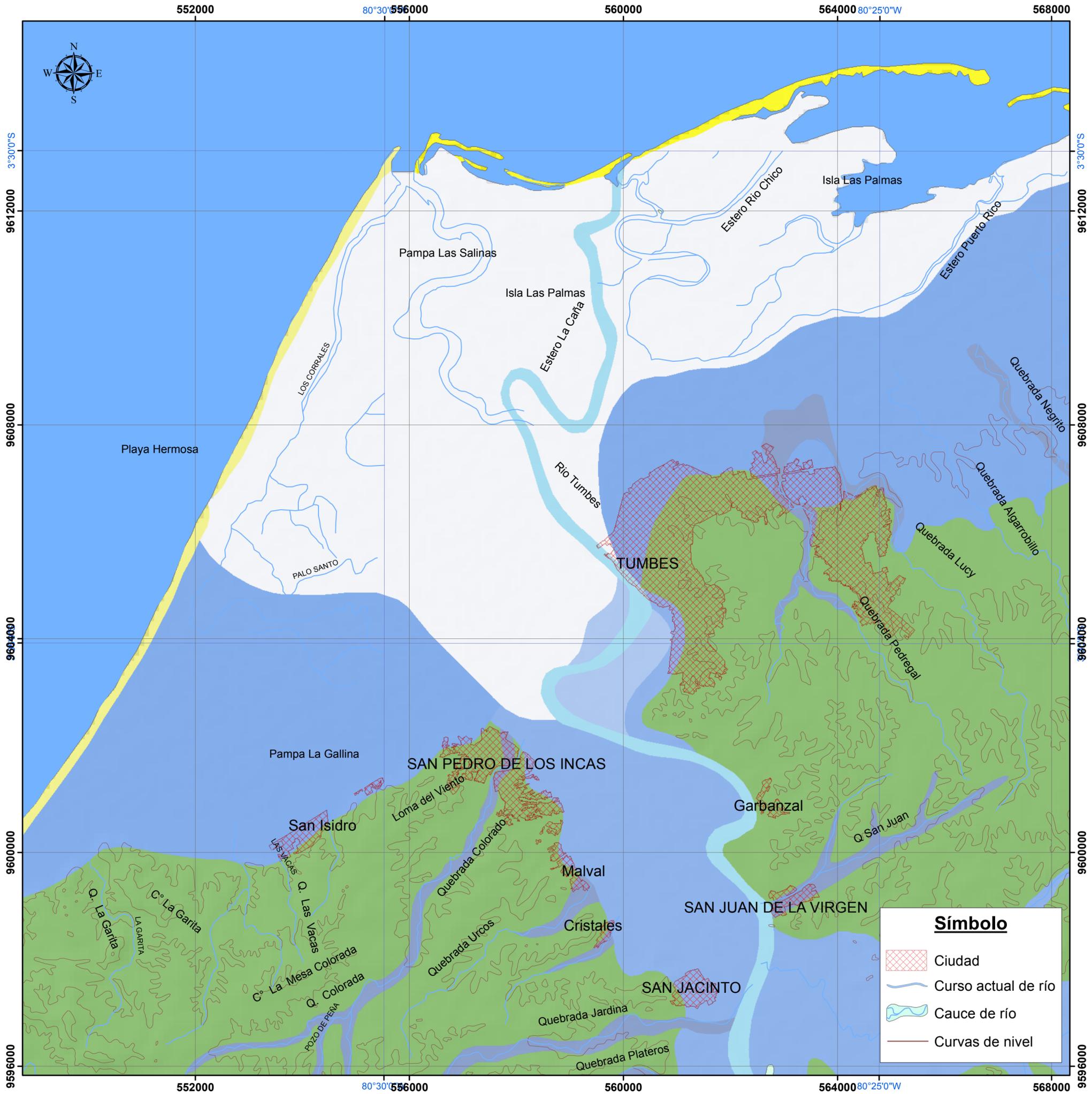
**MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA  
 DETONADO POR LLUVIAS DEL FENÓMENO  
 EL NIÑO COSTERO**

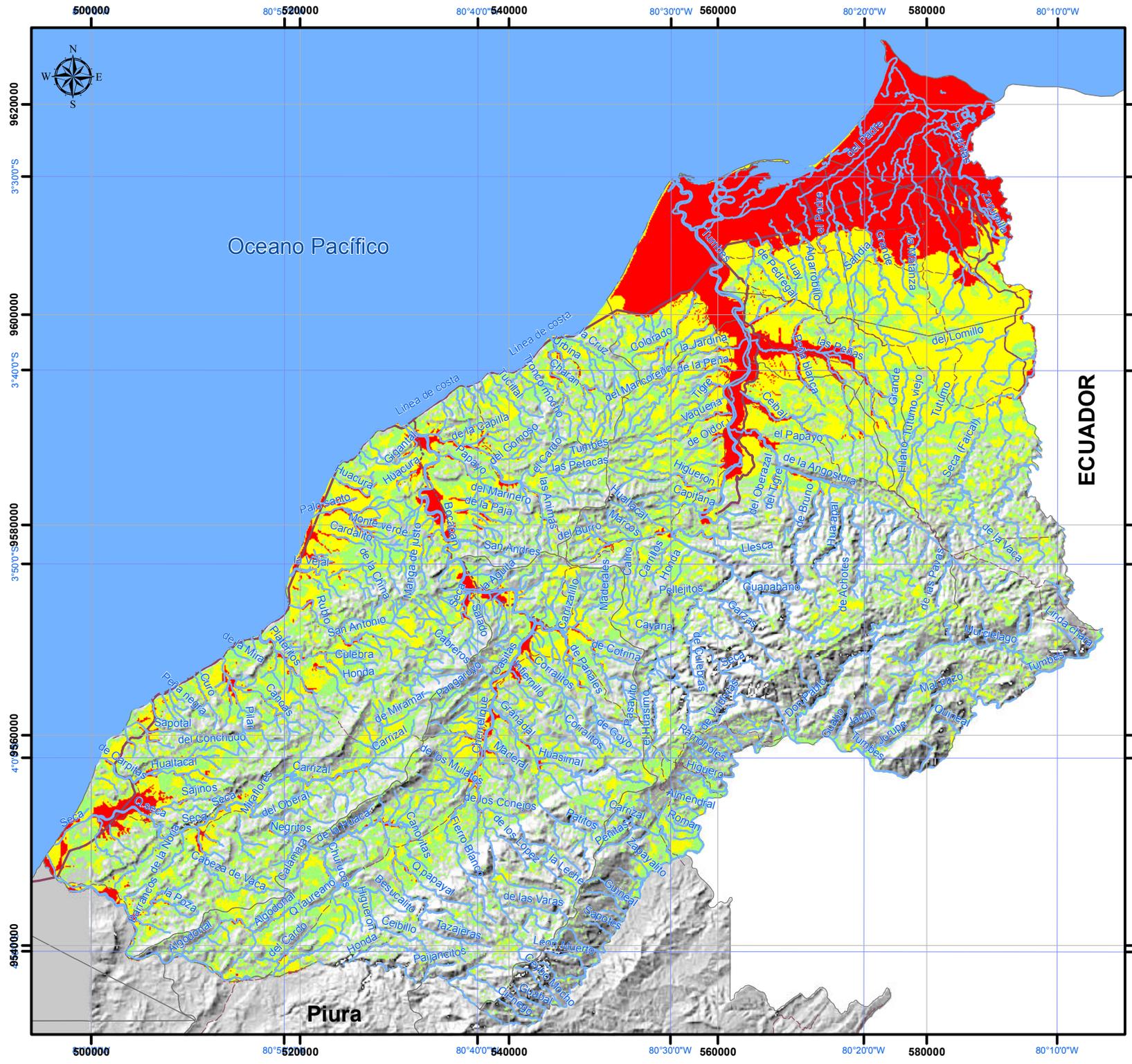
**REGIÓN TUMBES**

Versión 2017

0 2.75 5.5 11 16.5 22 Km  
 Escala 1:50 000

MAPA 03





LEYENDA	
GRADO	CARACTERÍSTICAS DE LOS TERRENOS
ALTA	Terrenos que corresponden a llanuras de inundación periódica a ocasional de los ríos: Río Zarumilla: entre el poblado de El Porvenir y la desembocadura; afecta principalmente terrazas aluviales y el delta que se forma en la desembocadura. Río Tumbes: en la zona de Rica Playa; entre el poblado de Higuieron, la desembocadura del río Puerto Pizarro y afluentes principales como son las quebradas Chacaritas y de la Angostura; afecta principalmente zonas de llanuras de inundación, terrazas aluviales y el delta del río Tumbes, Quebrada Bocapan: entre el sector de El Cienego y la confluencia de las quebradas Bocapan y Zapotal. Afecta terrazas aluviales y llanuras de inundación. algunos sectores de los cursos principales de las quebradas Carpitás, Fernandez, Pilar, Salado Grande, Rubio, Palo Santo, El Abejal, Incluyen zonas urbanas y asentamientos urbanos ubicados dentro de las áreas e inundación normal excepcional, terrenos de cultivos y vías de comunicación.
MEDIA	Terrenos bajos adyacentes a la llanura de inundación, terrazas, abanicos aluviales de baja pendiente, llanura costeras y márgenes de valles fluviales. Son terrenos levemente inclinados, mal drenados, inundados en periodos excepcionales. Estas áreas se encuentran en los cauces de las quebradas Fernandez, Seca, Carpitás, Pilar, Salado Grande, Labejas, Curo, Canoas, Plateritos, Rubio, Palo Santo, Sandias, Huacuna, Bocapán, Zapotal y Urbina; y en zona de planicie costera localizada entre Playa Hermosa, La Jota, la Margen izquierda del río Zarumilla. también se tiene dentro de esta área las quebradas tributarias del río Tumbes, las cuales se activa de manera excepcional.
BAJA	Estos sectores presentan topografías plano-onduladas, localizados en zonas de colinas y lomadas, de baja altura y suave pendiente (hasta 5°), resultantes de procesos erosivos que desgastaron una antiguo terreno plano.
Nula	Zonas localizadas en geoformas de montañas y colinas, vertientes de laderas inclinadas y concavas; terrazas antiguas elevadas

Símbolo	
	Drenaje
	Trocha carrozable
	Via afirmada
	Via asfaltada
	Via sin afirmar
	Limite de distrito

**SECTOR ENERGÍA Y MINAS**

**INGEMMET**

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

**MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIÓN Y EROSIÓN FLUVIAL DETONADO POR Lluvias DEL FENÓMENO EL NIÑO COSTERO**

**REGIÓN TUMBES**

Versión 2017

Escala 1:50 000

**MAPA 04**