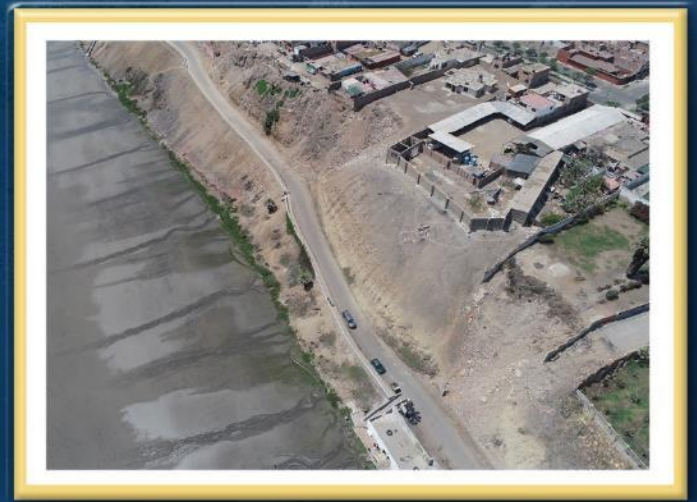


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7099**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL ACANTILADO DE LA PLAYA CHORRILLOS DEL DISTRITO DE CHANCAY

Región Lima  
Provincia Huaral  
Distrito Chancay



NOVIEMBRE  
2020

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

*Equipo de investigación:*

*Julio Lara Calderón*

*Briant García Fernández*

**Referencia bibliográfica**

*Lara J. & García, B. (2020). "Evaluación de peligros geológicos en el acantilado de la playa Chorrillos del distrito de Chancay", informe técnico N° A7099, INGEMMET.*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>1.1. Objetivos del estudio</b> .....	2
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	3
<b>1.3. Aspectos generales</b> .....	4
1.3.1. UBICACIÓN.....	4
1.3.2. ACCESIBILIDAD .....	5
1.3.3. CLIMA .....	5
<b>2. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	6
<b>2.1. Unidades litoestratigráficas</b> .....	6
2.1.1. Depósitos aluviales (Q-al).....	6
2.1.2. Depósitos marinos (Q-ma).....	7
2.1.3. Depósitos antropógenos (Q-ant).....	7
<b>3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	9
<b>3.1. Pendientes del terreno</b> .....	9
<b>3.2. Unidades geomorfológicas</b> .....	10
3.2.1. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	10
<b>4. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	14
<b>4.1. Derrumbes en el acantilado de la playa Chorrillos</b> .....	14
4.1.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO .....	14
4.1.2. FACTORES CONDICIONANTES .....	15
4.1.3. FACTORES DESENCADENANTES.....	16
4.1.4. DAÑOS.....	20
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	22
<b>6. RECOMENDACIONES</b> .....	23
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	25
<b>ANEXO 1: MAPAS</b> .....	26
<b>ANEXO 2: GLOSARIO</b> .....	29
<b>ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN</b> .....	31

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizada en el acantilado de la playa Chorrillos, que pertenece a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Chancay, provincia de Huaral, región de Lima. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, cumple con una de sus funciones, que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología para los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades geológicas aflorantes, corresponden a depósitos aluviales (capas de grava gruesa y fina, bien clasificada, con clastos redondeados a subredondeados e intercalaciones de capas de arena, limo y arena arcillosa); sobre los cuales se asienta la zona urbana de la ciudad de Chancay. También se identificaron depósitos marinos (conformados por acumulaciones de arenas, limos y cantos retrabajados), distribuidos por corrientes a lo largo del borde litoral como producto de erosión y disgregación de las rocas de los acantilados), de igual modo se aprecian depósitos antropógenos (acumulaciones de desmontes de construcción, residuos sólidos y material aluvial removidos de otros sectores).

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen depositacional y agradacional, conformadas por una planicie aluvial, zona de acantilado, borde litoral, playas y rellenos artificiales (antropogénicos).

La zona urbana de la ciudad de Chancay, se asienta sobre la geoforma denominada planicie aluvial, la cual está delimitada por un acantilado que muestra paredes de fuerte pendiente ( $>40^\circ$ ), siendo el principal factor condicionante en este caso, para la ocurrencia de movimientos en masa identificados en esta zona.

Los procesos identificados en el acantilado de la playa Chorrillos corresponden a los denominados movimientos en masa (derrumbes); procesos de erosión de laderas (cárcavas) con desarrollo de ensanchamiento y profundización; además de procesos de erosión marina.

Por todo lo descrito anteriormente, se concluye que el área de estudio, es considerada como una **Zona Crítica** de peligro muy alto a la ocurrencia de derrumbes, que pueden ser detonados por movimientos sísmicos y el escape e infiltración de aguas por riego y mal estado de las tuberías de agua y desagüe.

Finalmente, se brindan recomendaciones que se consideran importantes para que las autoridades competentes pongan en práctica, las cuales consisten principalmente en dejar una franja de seguridad al borde del acantilado y propuestas de estabilización de taludes con trabajos de banquetado o construcción de terrazas en las zonas correspondientes a depósitos antrópicos; dichas obras deben ser diseñadas y dirigidas por especialistas en geotecnia, entre otras.

## 1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos y consideraciones geotécnicas a nivel nacional (ACT. 7)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad distrital de Chancay, según oficio N° 0041-2020/MDCH/ODC/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de los eventos de tipo derrumbes, que podrían afectar población, viviendas y vías de acceso del acantilado de la playa Chorrillos del distrito de Chancay.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los especialistas Julio Lara Calderón y Briant García Fernández Baca para realizar la evaluación técnica respectiva.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por INGEMMET, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y fotografías), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad distrital de Chancay, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

### 1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en el acantilado de la playa Chorrillos, distrito de Chancay, provincia de Huaral, región de Lima, que pueden comprometer la seguridad física de personas, viviendas, obras de infraestructura y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.
- b) Determinar las causas de origen de los peligros geológicos identificados.
- c) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.



## 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET, que incluyen el acantilado de la playa Chorrillos, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan los siguientes:

- A) Boletín N° 76, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: “Peligro geológico en la región Lima” (2020). Este trabajo indica que los suelos en la zona urbana de Chancay, se encuentran conformados por depósitos inconsolidados aluviales, acumulados por procesos aluvionales y fluviales, ubicados en las márgenes de ríos y quebradas formando terrazas a diferentes niveles, de igual modo se presentan como abanicos antiguos de gran dimensión. Por otro lado, con los trabajos de campo y gabinete en la región Lima, se han identificado un total de 4329 eventos de peligros geológicos según su origen: siendo los de movimientos en masa de mayor ocurrencia (75.6 %); peligros geohidrológicos (10.3 %) y otros peligros geológicos (14.1 %). De acuerdo al mapa de inventario de peligros geológicos, se han identificado en el acantilado de Chancay procesos de tipo caída (derrumbe) y erosión marina.
- B) Boletín N° 59, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: “Peligros geológicos en el área de Lima Metropolitana y la Región Callao” (2015). En este estudio se identificaron peligros geológicos y geohidrológicos que pueden causar desastres en el ámbito de Lima Metropolitana y la Región Callao. Se tiene un total de 848 ocurrencias de peligros inventariados y determinación de 107 zonas críticas. De igual forma, en el mapa de inventario de peligros geológicos de este trabajo, en el acantilado de Chancay se identificaron procesos de tipo caída (derrumbe) y erosión marina en la playa Chancay.
- C) Boletín N° 12, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: “Estudio geodinámico de la cuenca del río Chancay-Huaral” (1994). Este estudio menciona que la estratigrafía de la cuenca está conformada por rocas y suelos cuyas edades van desde el Cretáceo Inferior al Cuaternario reciente, afectados por una serie de estructuras geológicas. Se identificaron fenómenos de geodinámica externa que ocurren a lo largo de la cuenca, tales como erosión fluvial, desprendimiento de rocas, derrumbes, huaicos y erosión de laderas que en varias zonas comprometen la seguridad física de las obras viales, de irrigación, centros poblados y terrenos de cultivo. También se menciona que, para la reducción de los riesgos geológicos, se deben realizar acciones preventivas que adopten medidas correctivas para cada tipo de fenómeno ocurrente en la cuenca, ya que es fundamental proteger el medio ambiente y salvaguardar las inversiones en pro del desarrollo.
- D) Boletín N° 43, serie A, carta geológica nacional: “Geología de los cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica” (1992). Este trabajo muestra que la zona de estudio se encuentra conformada por depósitos aluviales del cono deyectivo del río Chancay, con espesores del orden de decenas de metros, sobre los que se asientan los centros urbanos y la agricultura por lo que adquieren una significativa

importancia para el distrito; ya que ellos contienen acuíferos notables que dan vida a numerosas poblaciones y gran parte de la agricultura.

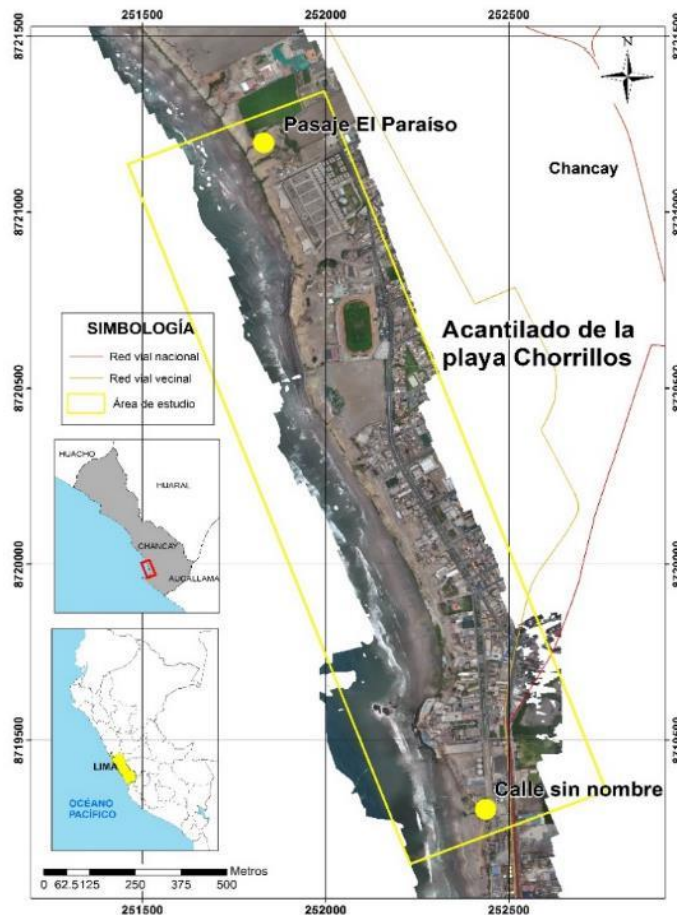
### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. UBICACIÓN

El área evaluada corresponde al acantilado de la playa Chorrillos (limitada por el pasaje El paraíso y la calle sin nombre) que pertenece al distrito de Chancay, provincia Huaral, región Lima (figura 1), en las coordenadas UTM (WGS84 - Zona 18S) siguientes:

**Cuadro 1.** Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	251463	8721140	-11.55°	-77.28°
2	251989	8721349	-11.55°	-77.27°
3	252763	8719360	-11.57°	-77.26°
4	252237	8719151	-11.57°	-77.27°



**Figura 1.** Mapa de ubicación.

### 1.3.2. ACCESIBILIDAD

El acceso por vía terrestre, se realizó mediante la siguiente ruta:

**Cuadro 2.** Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Lima - Chancay	Asfaltada	74.6	1 hora 23 minutos

### 1.3.3. CLIMA

De acuerdo al Mapa climático nacional elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, el distrito de Chancay presenta un clima semi-cálido (desértico-árido-subtropical).

La temperatura media anual es de 18° a 19°. En todo el litoral costero hay presencia de cielo nuboso y escasa o nula precipitación, lo que lo tipifica como una zona árida. En otoño e invierno amanece nublado o cubierto y hacia el mediodía las nubes rápidamente se disipan permitiendo brillo solar.

Las lluvias son muy escasas en la mayor parte del año, excepto ante la presencia de Fenómenos del El Niño, entre otros, que ocasionan lluvias de moderada a fuerte intensidad.



## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base el Boletín N° 43: “Geología de los cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica” (Palacios et al., 1992) y el Mapa geológico del cuadrángulo de Chancay-Hoja 24i4 (Fabián et al., 2019), donde se han identificado principalmente depósitos Cuaternarios aluviales y marinos. De igual manera se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, vuelos con drone y observaciones de campo.

### 2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas aflorantes corresponden a depósitos aluviales que han sido acumulados desde el holoceno hasta la actualidad (anexo 1). Localmente se han identificado depósitos aluviales, marinos y antropógenos.

#### 2.1.1. Depósitos aluviales (Q-al)

Son depósitos inconsolidados que han sido acumulados por la combinación de procesos aluviales y fluviales; se ubican en ambas márgenes del río Chancay y quebradas principales formando terrazas a diferentes niveles.

Estos depósitos están constituidos por capas de grava gruesa y fina, bien clasificada, con clastos redondeados a subredondeados e intercalaciones de capas de arena, limo y arena arcillosa en proporciones variables (figura 2).

Sobre estos depósitos aluviales que alcanzan hasta 35 metros de espesor en la zona norte (Pasaje Paraíso) y coinciden con los cauces y la desembocadura del río Chancay en la zona sur, se asienta la zona urbana de la ciudad de Chancay.



**Figura 2.** Depósitos aluviales identificados en los acantilados de la playa Chorrillos en el distrito de Chancay.

### 2.1.2. Depósitos marinos (Q-ma)

Estos depósitos recientes están conformados por acumulaciones de arenas, limos y cantos re trabajados, distribuidos por corrientes a lo largo del borde litoral como producto de erosión y disgregación de las rocas de los acantilados y /o materiales acarreados por los ríos al océano.

Se encuentran ubicados a lo largo del cordón litoral de la playa Chorrillos, donde existen numerosas playas de arena y gravas (figura 3).



**Figura 3.** Depósitos marinos identificados en la playa Chorrillos del distrito de Chancay, conformados por arenas.

### 2.1.3. Depósitos antropógenos (Q-ant)

Corresponde a depósitos generados por la actividad antrópica, los cuales pueden ser de dos tipos: 1) los que son generados sin un proceso de transformación industrial, entre ellos se tienen las ruinas, desechos, coprolitos, construcciones civiles (terraplenes, diques de presas, enrocados, espigones, etc.); 2) los depósitos resultantes de procesos de transformación industrial, entre estos se tienen depósitos de relaves, desechos industriales, escorias, canchas de minerales, escombreras, entre otros.

Visualizándose en la zona, los de tipo de depósitos generados sin un proceso de transformación industrial; conformados por acumulaciones de desmontes de construcción, residuos sólidos (basura) y material aluvial removidos de otros sectores donde se hicieron excavaciones (figura 4).

Es importante mencionar que algunas viviendas se encuentran asentadas sobre estos depósitos y podrían ser afectadas y/o dañadas ante la ocurrencia de sismicidad.



**Figura 4.** Depósitos antropógenos identificados en los acantilados del distrito de Chancay.

### 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

#### 3.1. Pendientes del terreno

Los rangos de pendiente corresponden a terrenos llanos e inclinados suavemente ( $0^{\circ}$ - $10^{\circ}$ ) correspondiente a la planicie aluvial, con un cambio abrupto a terrenos de pendiente fuerte ( $40^{\circ}$ - $55^{\circ}$ ) en laderas de acantilado, para nuevamente cambiar a un terreno con suave pendiente correspondiente a la borde litoral y playas (figura 5).

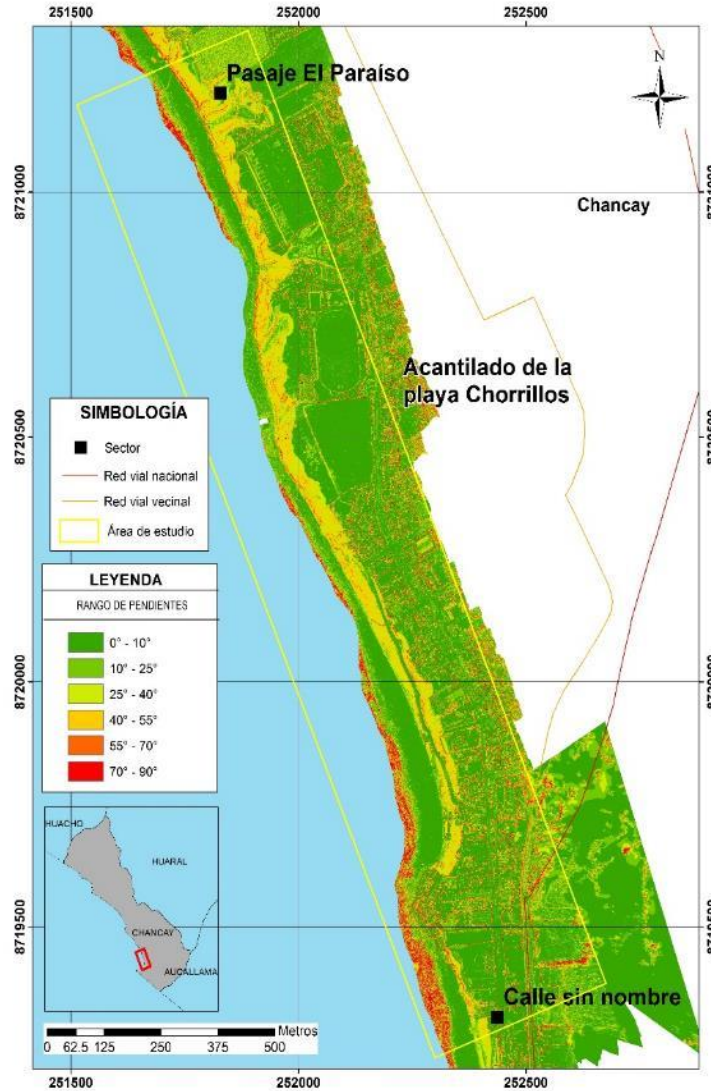


Figura 5. Mapa de pendientes.



### 3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019).

#### 3.2.1. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Están representadas por las formas de terreno resultantes de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan otras geoformas preexistentes.

**Sub Unidad planicie aluvial (P-al):** Corresponde al material acumulado por el abanico aluvial del río Chancay, cuyas cabeceras se encuentran en las cumbres más altas de la sierra de la región Lima (Villacorta et al., 2015).

Geoforma que se extiende desde el borde litoral hasta las estribaciones andinas, posee un relieve plano-ondulado cuya pendiente es menor a los 10°. En la actualidad, sobre esta geoforma se ubica la zona urbana de la ciudad de Chancay (figura 6).



**Figura 6.** Planicie aluvial que posee un relieve plano-ondulado cuya pendiente es menor a los 10°. Sobre esta geoforma se asienta el área urbana de la ciudad de Chancay.



**Sub Unidad Acantilado (ACN):** Geoforma de origen marino que se encuentra siguiendo la línea costera, a lo largo de la cual se ha desarrollado la zona de ribera actual, donde destacan entrantes y salientes conformando playas delgadas y acantilados (Guzmán et al., 1997).

Sub-unidad que configura paredes de fuerte pendiente ( $>40^\circ$ ) de hasta 35 metros de altura, que tienen su origen en la erosión marina producida en el frente del abanico aluvial del río Chancay (figura 7 y fotografía 1).



**Figura 7.** Subunidad acantilado ubicado en el distrito de Chancay.



**Fotografía 1.** Vista panorámica de la playa de Chorrillos de Chancay y los acantilados.

**Sub Unidad borde litoral y playas (B-pl):** El borde litoral corresponde al nivel del mar en la actualidad, cuya configuración depende de factores como son el levantamiento tectónico propiciado por el proceso de subducción. Por esta razón, en una escala de miles o decenas de miles de años, el borde litoral puede haber experimentado considerables variaciones (Villacorta et al., 2015).

Las playas son el resultado de la depositación de material detrítico transportado por el mar. En la playa Chorrillos existe predominancia de arenas finas, procedentes en parte de desprendimientos de los acantilados; específicamente para las playas situadas en el tramo evaluado y que se encuentra cubierta por depósitos de arena (figura 8).



**Figura 8.** Borde litoral y zona de playas en la ciudad de Chancay.

**Sub Unidad relleno artificial (R-art):** Sub-unidad que comprende los materiales de desmonte dispuestos en laderas, bordes de acantilados y talud inferior de carreteras.

Este relleno artificial está conformado por desmonte de construcción de viviendas, residuos sólidos provenientes de la zona urbana y el material resultante de excavaciones realizadas en otros sectores del abanico aluvial de Chancay (gravas y arenas), dispuestos y rellenando hondonadas ubicadas en los bordes del acantilado (figura 9).

Actualmente, sobre estas geoformas se asientan viviendas, las cuales se ubican muy próximas al acantilado, y por consiguiente en zonas muy susceptibles a derrumbes ante la ocurrencia de algún sismo.



**Figura 9.** Geofomas de relleno artificial sobre las cuales se asientan viviendas de la zona urbana de Chancay.

## 4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos, corresponden a movimientos en masa de tipo caídas (derrumbes) (PMA: GCA, 2007) y los denominados otros peligros geológicos de tipo erosión de laderas (cárcavas) y erosión marina.

Estos peligros geológicos tienen como causas o condicionantes a factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, suelo, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal; cuyos factores desencadenantes” se representan por eventos de sismicidad.

### 4.1. Derrumbes en el acantilado de la playa Chorrillos

Estos se observan a lo largo del acantilado y podrían afectar a la población, viviendas y carreteras de la zona urbana de Chancay.

Dicho acantilado se encuentra conformado por material aluvial, depositado por el río Chancay, el cual presenta paredes de fuerte pendiente ( $>40^\circ$ ) y con alturas de hasta 35 metros en el Pasaje Paraíso (zona norte del acantilado).

Además es importante mencionar que en los acantilados se identificaron procesos de erosión de laderas (cárcavas) que se encuentran rellenos por depositaciones antrópicas de desmonte, residuos sólidos, etc. acumulados y relleno, con el fin de poder asentar viviendas sobre estos depósitos. Dichas estructuras de cimentación de viviendas se encuentran por lo tanto sobre suelos sueltos, poco a casi nada compactos, los mismos que ante eventos sísmicos de gran magnitud, pueden colapsar.

Como producto de la erosión marina en los acantilados se producen derrumbes propios de la actividad marina, esta erosión contribuye a la desestabilización del talud y junto a eventos sísmicos podrían generar daños a la población y carreteras del distrito de Chancay ubicados sobre los acantilados.

Durante el trabajo de campo se pudo observar que en todo el acantilado de la playa Chorrillos no existe ningún tipo de revestimiento, por ejemplo, geomallas; por ello se recomienda realizar estudios geotécnicos de detalle, que permitan determinar el tipo de revestimiento a utilizar con la finalidad de contrarrestar los daños producidos para determinados tipos de procesos como derrumbes y caída de rocas y/o suelo.

#### 4.1.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

Los derrumbes identificados en el acantilado de la playa Chorrillos, distrito de Chancay, tienen las siguientes características (fotografía 2):

- Ancho promedio de las zonas de arranque: 50 m.
- Forma de la superficie de rotura: irregular y regular.
- Diferencia promedio de altura aproximada de la zona de arranque a la base del derrumbe: 25 m
- Dirección (azimut) del movimiento: N  $45^\circ$



- Presencia de material colgado desde la zona de arranque del derrumbe que forma terrenos inestables.



**Fotografía 2.** Vista frontal y lateral de los derrumbes identificados en el acantilado de la playa Chorrillos.

#### 4.1.2. FACTORES CONDICIONANTES

##### **Factores naturales**

- Configuración geomorfológica del área, manifestada en la presencia de un acantilado que alcanza hasta los 35 m de altura (fotografía 3).
- Pendiente promedio de los acantilados que configuran paredes de fuerte pendiente ( $>40^\circ$ ).
- Características de los suelos inconsolidados de depósitos aluviales (niveles de grava subredondeada en matriz limo-arenosa, no plástico, masivo, semicompacto, seco, de permeabilidad media a alta; que se intercalan con horizontes de limo-arcilla, secos e incompetentes; poco a medianamente compactados).
- Poca o escasa cobertura vegetal.





**Fotografía 3.** Acantilado de la playa Chorrillos que alcanza hasta los 35 m de altura.

### Factores antrópicos

- Presencia de material de relleno antropógeno, conformado por desmonte de construcción de viviendas, desechos sólidos, así como del mismo material aluvial que fue removido de otros sectores y que fue acumulado rellenando hondonadas para asentar viviendas sobre estos depósitos
- Mal manejo del sistema de desagüe y riego; manifestado en el vertimiento de aguas servidas de la ciudad de Chancay hacia los acantilados y el riego de áreas verdes.
- La humedad existente en el terreno forma surcos, y huellas de escorrentía que son derivadas hacia el acantilado.

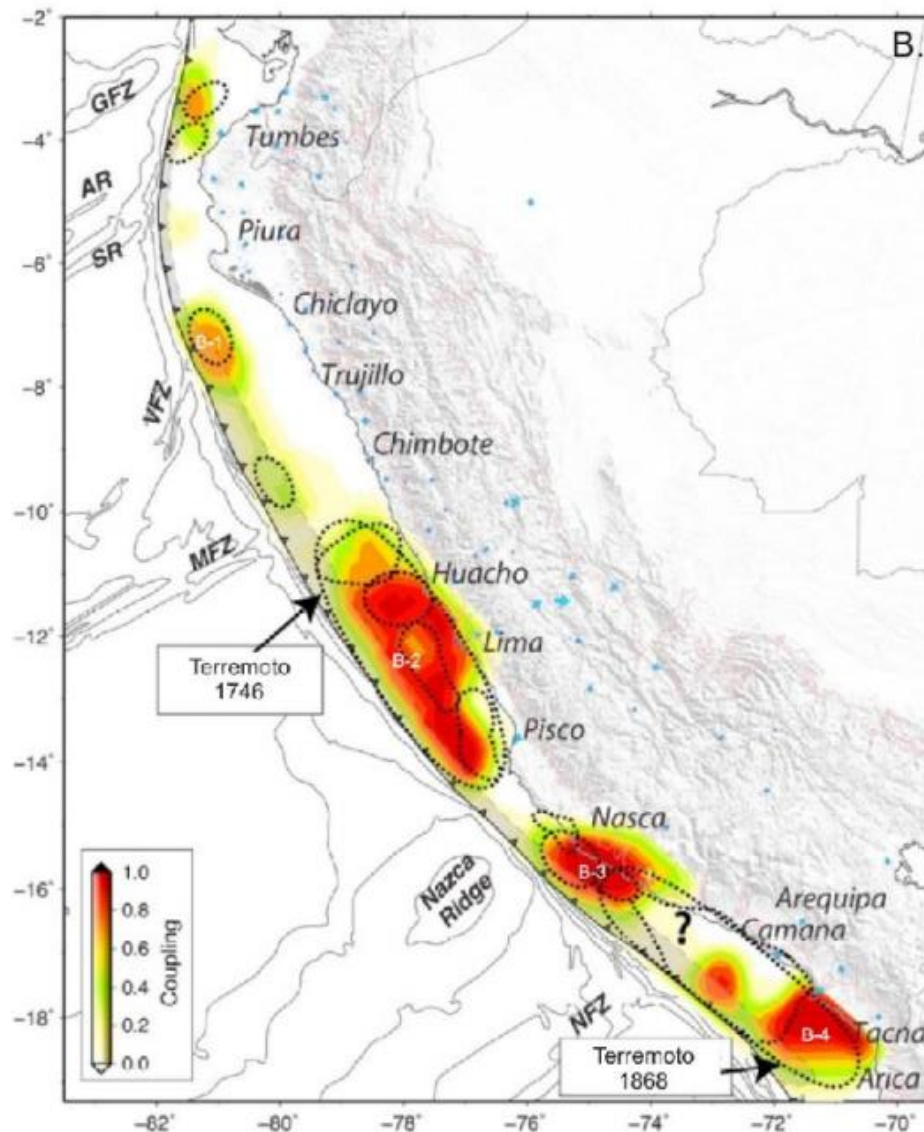
#### 4.1.3. FACTORES DESENCADENANTES

- Actividad sísmica: Un sismo genera vibraciones que pueden desestabilizar las laderas del acantilado de la playa Chorrillos. Por ello, es importante mencionar que mientras mayor sea la intensidad, duración y frecuencia de la actividad sísmica, mayor será el peligro y por consecuencia los daños que se podrían generar en la zona de estudio.

Históricamente, la zona costera de la región central del Perú ha sido afectada por eventos sísmicos que han originado daños en las zonas urbanas cercanas a la zona costera. Considerando este contexto el estudio integral realizado por

Villegas-Lanza et al. (2016) ha permitido identificar en la zona costera de la región central del Perú, la presencia de una zona de acoplamiento sísmico máximo o aspereza (Región Central B-2) que podría dar origen en el futuro, a un sismo de magnitud mayor a 8.5 Mw, similar al evento ocurrido en el año 1746 (figura 10).

Pulido et al. (2015), tomando en cuenta las características de este sismo y las propiedades geofísicas de los suelos de Lima Metropolitana y El Callao, estiman los posibles niveles de sacudimiento del suelo. Los autores indican que los suelos podrían experimentar niveles de aceleración mayores a  $500 \text{ cm/s}^2$ .



**Figura 10.** Distribución espacial de zonas de acoplamiento sísmico máximo (asperezas) en el borde occidental del Perú (Villegas-Lanza et al., 2016).

De acuerdo con Silgado (1978) se tiene un registro de los sismos que causaron daño y destrucción en la ciudad de Chancay, los cuales se podrían volver a repetir:

**Cuadro 3.** Sismos que afectaron la ciudad de Chancay.

<i>Fecha</i>	<i>Evento y descripción</i>
20/10/1687	Terremoto y maremoto en Lima y Callao. Se produjeron dos sismos de grandes proporciones en toda la costa central del Perú, entre <b>Chancay</b> y Pisco, el primero a las 4:15 y el segundo 5:30 de la mañana, que llegó al grado IX; destruyó varias viviendas y como consecuencia perecieron 600 personas. En el Callao, debido al maremoto, perdieron la vida más de 500 personas. El primer movimiento sacudió y desarticuló los edificios y las torres de la ciudad, y el segundo fue más prolongado. Los estragos fueron grandes en el puerto del Callao y alrededores, y se extendieron las ruinas hasta 700 km al sur de Lima, especialmente en las haciendas de los valles de Cañete, Ica, Palpa, Nazca y Camaná. Como efectos secundarios de estos sismos, se formaron entre Ica y Cañete, grandes grietas de muchos kilómetros de extensión.
30/03/1828	Terremoto en Lima. Un Domingo de Ramos, la ciudad de Lima fue sacudida por un terremoto del grado VIII de la escala Mercalli a las 7:35 de la mañana. Dejó como saldo 30 muertos y viviendas arruinadas. En el valle del Rímac se produjeron grandes deslizamientos de tierras. Se amplió la onda sísmica a las localidades del puerto del Callao, Chorrillos, <b>Chancay</b> , Huarochirí, Cañete, Chincha, Trujillo y Huancayo. Leve en Arequipa.
24/05/1940	Terremoto en Lima y Callao. Hubo mucho pánico a raíz del terremoto del 24 de mayo de 1940 que se produjo a las 11:35 de la mañana; duró 30 segundos. La intensidad fue de grado VIII de Mercalli; fueron afectadas las construcciones del barrio del Rímac, Lima, Callao, Chorrillos, Barranco, <b>Chancay</b> y Lurín. Los rieles ferroviarios en el Callao se desnivelaron 60 cm. Dejó como saldo 350 muertos y 5000 heridos; 5000 casas destruidas en el Callao, 80 % de viviendas colapsadas en Chorrillos, el malecón se agrietó y se hundió en tramos, las construcciones antiguas de Lima sufrieron graves daños. Averías en construcciones de concreto armado en el Callao (Compañía Nacional de Cerveza) y dos edificios de la Universidad Agraria de La Molina. Se produjeron algunos hundimientos en la zona portuaria con daños a los muelles y la vía férrea. Interrupciones en la carretera Panamericana Norte por derrumbes de arena en el sector de Pasamayo. Tsunami con retiro del mar a 150 m y retorno con olas de 3 m de altura que anegó totalmente los muelles.
17/10/1966	Terremoto en <b>Chancay</b> . A las 4:42 de la tarde, durante un minuto, llegó al grado VII de Mercalli, el epicentro del sismo estuvo a 40 km de Chancay. La intensidad del sismo se extendió a las localidades de Huacho, Huaraz y Barranca. Ciertos edificios en Lima y Callao fueron dañados por el movimiento sísmico. Considerado uno de los sismos más intensos desde 1940. Dejó un saldo de 100 muertos y daños materiales ascendentes a mil millones de soles oro. El área de percepción cubrió aproximadamente 524 000 km <sup>2</sup> y fue destructor a lo largo de la franja litoral comprendida entre Lima y Supe. La aceleración registrada en Lima estuvo acompañada de periodos dominantes del orden de un décimo de segundo. La amplitud máxima fue de 0.4 g, entre ondas de aceleraciones menores de 0.2 g. Dejó rotura de vidrios por doquier y ruidos intensos. En el centro de Lima y en algunos sectores, se veían caídas de comisas y enlucidos. En la hacienda San Nicolás a unos 156 km al norte de Lima, aparecieron numerosas grietas y en varias de ellas surgió agua de color amarillo. En el tramo 169 de la carretera Panamericana

Norte se observaron otras especialmente. El Km. 51 y el Km. 22 de la carretera Central quedaron bloqueados, a consecuencia de los derrumbes. En la costa hubo deslizamientos de material suelto de los acantilados de Chorrillos, Miraflores y Magdalena.

Por otro lado, el Mapa de Zonificación Sísmica del Perú (Alva et al., 1984), actualmente es utilizado en el Nuevo Reglamento Peruano de la Construcción con la Norma Técnica de edificación E-30 “Diseño Sismorresistente”, del Reglamento Nacional de Edificaciones, actualizado al 2016 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016). De acuerdo a este mapa, el territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas sísmicas, como se muestra en la figura 11.

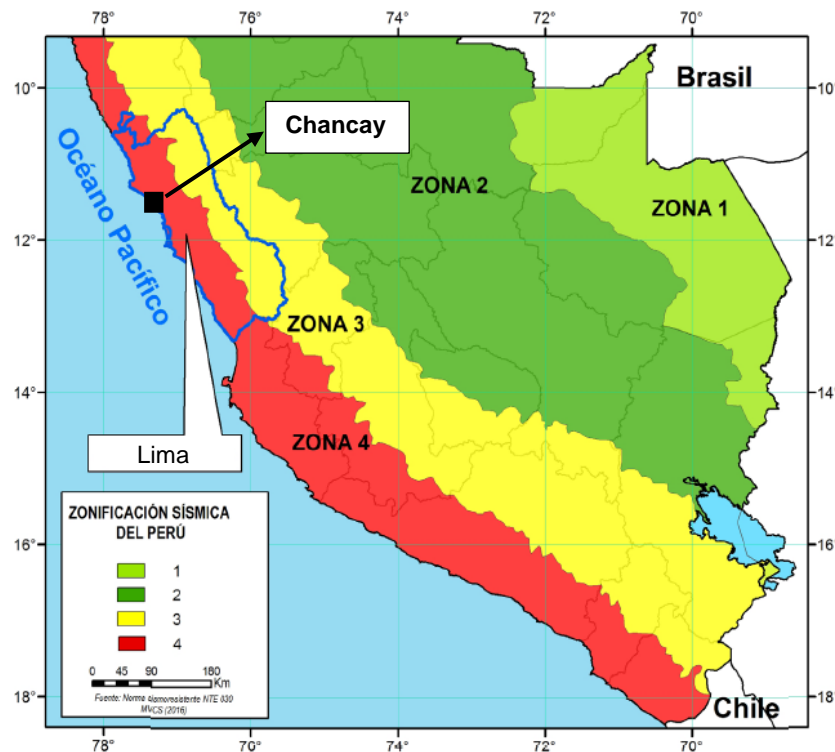


Figura 11. Zonificación sísmica del Perú.

La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como la información neotectónica. A cada zona se asigna un factor Z, según se indica en el Cuadro 4. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

De acuerdo con este mapa, el distrito de Chancay se ubica en la zona 4, correspondientes a una zona de sismicidad alta a muy alta. Según la Norma Técnica E-30 “Diseño Sismorresistente”, se indica un valor de “Z” de 0.45 g. El valor de “Z” representa una fracción de la aceleración de la gravedad.

**Cuadro 4.** Factores de zona Z.

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

#### 4.1.4. DAÑOS

No se produjeron daños directos a personas en la parte superior del acantilado; ni a personas, viviendas, vehículos y sus ocupantes que circulan por las vías del distrito de Chancay. Sin embargo, los sectores donde se ubican las viviendas, vías y otras obras de infraestructura corresponden a zonas con alta susceptibilidad a derrumbes y caídas ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud (fotografías 4 y 5).



**Fotografía 4.** Viviendas y carretera que podrían ser afectadas por derrumbes.





**Fotografía 5.** Viviendas ubicadas muy próximas al acantilado de la playa Chorrillos que podrían ser afectadas por actividad sísmica.

## 5. CONCLUSIONES

- a) El acantilado de la playa Chorrillos se encuentra ubicado en la zona costera del distrito de Chancay, en zonas de susceptibilidad alta a la ocurrencia de movimientos en masa como derrumbes.
- b) La zona urbana de la ciudad de Chancay se asienta sobre depósitos inconsolidados constituidos por capas de grava gruesa y fina, bien clasificada, con clastos redondeados a subredondeados e intercalaciones de capas de arena, limo y arena arcillosa en proporciones variables que han sido acumuladas por la combinación de procesos aluvionales y fluviales del río Chancay.
- c) Geomorfológicamente, el área urbana del distrito de Chancay se encuentra sobre un relieve plano-ondulado cuya pendiente es menor a los 10° denominado planicie aluvial, limitada hacia el borde costero por paredes de fuerte pendiente (>40°) de hasta 35 metros de altura, denominadas acantilados, que tienen su origen en la erosión marina producida en el frente del abanico aluvial del río Chancay.
- d) Los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en la zona evaluada corresponden a movimientos en masa tipo derrumbes y los denominados otros peligros geológicos de tipo erosión de laderas (cárcavas) y erosión marina.
- e) Los derrumbes identificados en el acantilado de la playa Chorrillos tienen como factores condicionantes: la configuración geomorfológica del área (acantilado), la pendiente del acantilado mayor a 40°, la cobertura vegetal ausente en la zona, la presencia de material de relleno antropógeno, conformado principalmente por desmonte de construcción de viviendas y residuos sólidos, así como el mal sistema de drenaje y riego. Mientras que el factor desencadenante es la actividad sísmica. También se debe considerar la exposición por la ocupación urbana no planificada.
- f) Debido a que las condiciones de inestabilidad continúan en el acantilado de la playa Chorrillos, como es la presencia de suelos antropógenos ubicados en la parte alta del acantilado, la alta pendiente del acantilado, entre otros, se considera este sector como una **zona crítica**, de muy alto peligro a la ocurrencia de derrumbes, ante la ocurrencia de sismos.

## 6. RECOMENDACIONES

- A) Realizar trabajos de banqueteados o construcción de terrazas en las zonas correspondientes a depósitos antrópicos. Estos trabajos deben ser diseñados y dirigidos por un especialista en geotecnia con la finalidad de determinar la estabilidad de dichos depósitos.
- B) Mejorar el sistema de drenaje y vertimiento de aguas hacia el mar, debido a que la filtración de agua genera inestabilidad del terreno y erosión por las aguas.
- C) Identificar y reparar tuberías de agua y desagüe que presenten problemas de rotura y fugas de agua que saturan los suelos.
- D) No construir ningún tipo de infraestructura o edificación sobre los depósitos antropógenos (antrópicos), ni mucho menos en el borde del acantilado que forma este depósito.
- E) Realizar estudios geofísicos en el acantilado con la finalidad de determinar el límite que separa los suelos estables de los inestables, debido a que el comportamiento dinámico de estos suelos será diferente ante un sismo de gran magnitud.
- F) Considerar una franja de seguridad de mínimo 30 metros aproximadamente, desde el borde del acantilado en dirección a la zona urbana, se recomienda que las viviendas ubicadas dentro de esta franja sean reubicadas, con la finalidad de evitar daños a la población, ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud. Luego estas zonas pueden ser utilizadas como áreas de recreación.
- G) Prohibir la habilitación urbana en zonas de derrumbes y/o erosión de laderas identificadas en este informe técnico debido a que representan zonas de inestabilidad.
- H) Eliminar definitivamente el riego de parques y jardines en la parte alta del acantilado de la playa Chorrillos.
- I) Retirar o hacer caer los bloques colgados e inestables ubicados en el acantilado; los trabajos deben ser planificados y dirigidos por especialistas en geotecnia.
- J) Prohibir el paso de personas por la parte alta del acantilado, debido a que la zona se encuentra inestable.

- K) Se podrían implementar medidas de prevención y/o mitigación como mallas metálicas, pantallas metálicas, geomallas, entre otros, en el acantilado, dichas técnicas dependerán de un estudio geotécnico a detalle. El diseño, altura y longitud del muro debe de ser realizada por un especialista en geotecnia.



## 7. BIBLIOGRAFÍA

Guzmán, A., Zavala, B. & Valenzuela, G. (1997). Estudio de seguridad física de los acantilados de la Costa Verde. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 18. Perú: INGEMMET. 97 p.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2006) Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja No. 4 Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 29. Perú: INGEMMET. 383 p.

León, W. & De la Cruz, O. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Mala (26-j), Lurín (25-j) y Lima (25-l). Memoria descriptiva. Perú: INGEMMET. 18 p.

Luque, G.; Rosado, M.; Pari, W.; Peña, F. & Huamán, M. (2020). Peligro geológico en la región Lima. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica*, 76, 298 p., 9 mapas.

Palacios, O., Caldas, J. & Vela, Ch. (1992). Geología de los cuadrángulos de Lurín, Chancay y Chosica. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, n° 43. Perú: INGEMMET. 163 p.

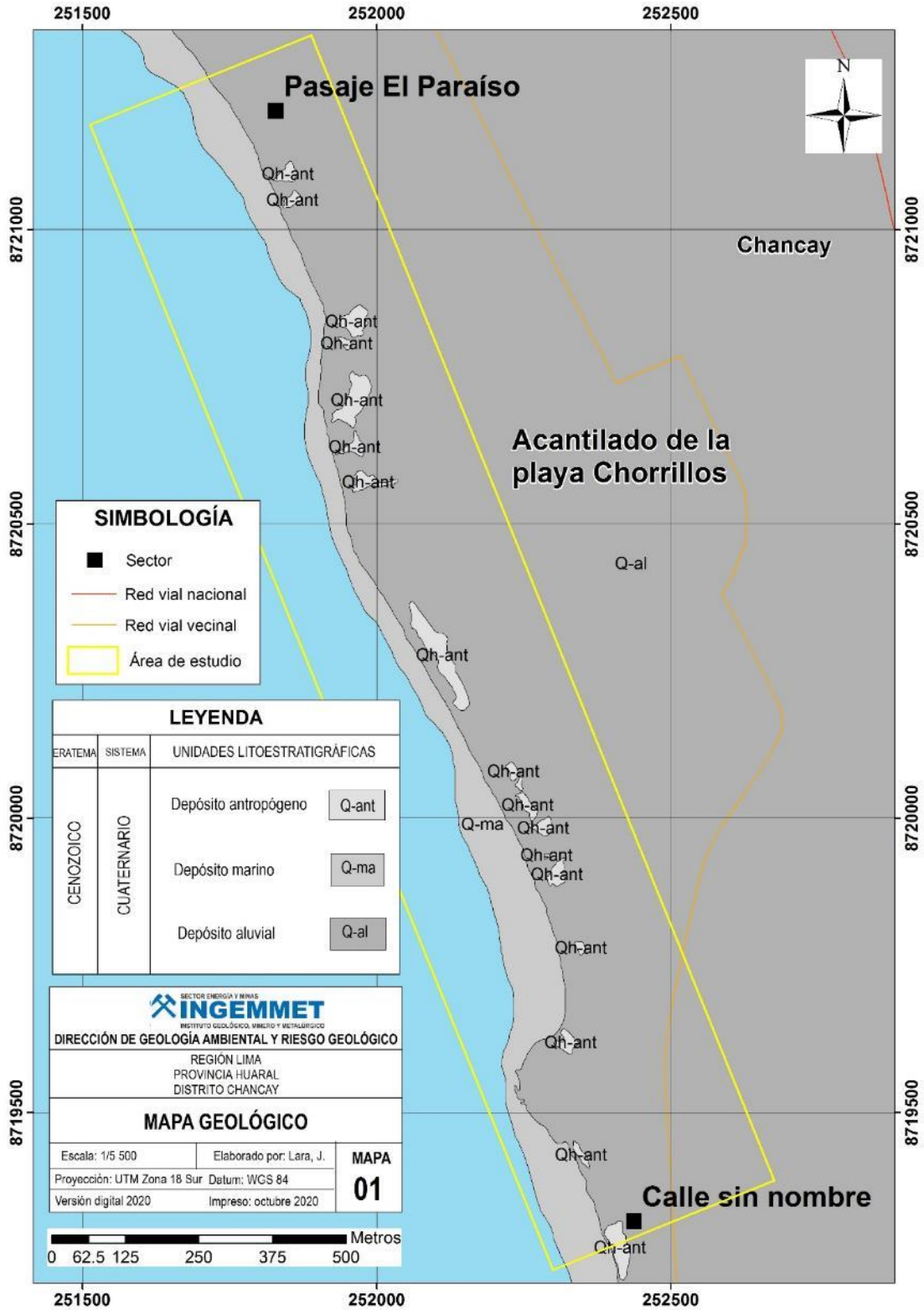
Pulido, N., Aguilar, Z., Tavera, H., Chlieh, M., Calderón, D., Sekiguchi, T., Nakai, S., Yamazaki, F. (2015). Scenario Source Models and Strong Ground Motion for Future Megathrusts: Application to Lima, Central Peru. *BSSA*, Vol. 105, doi: 10.1785/0120140098.

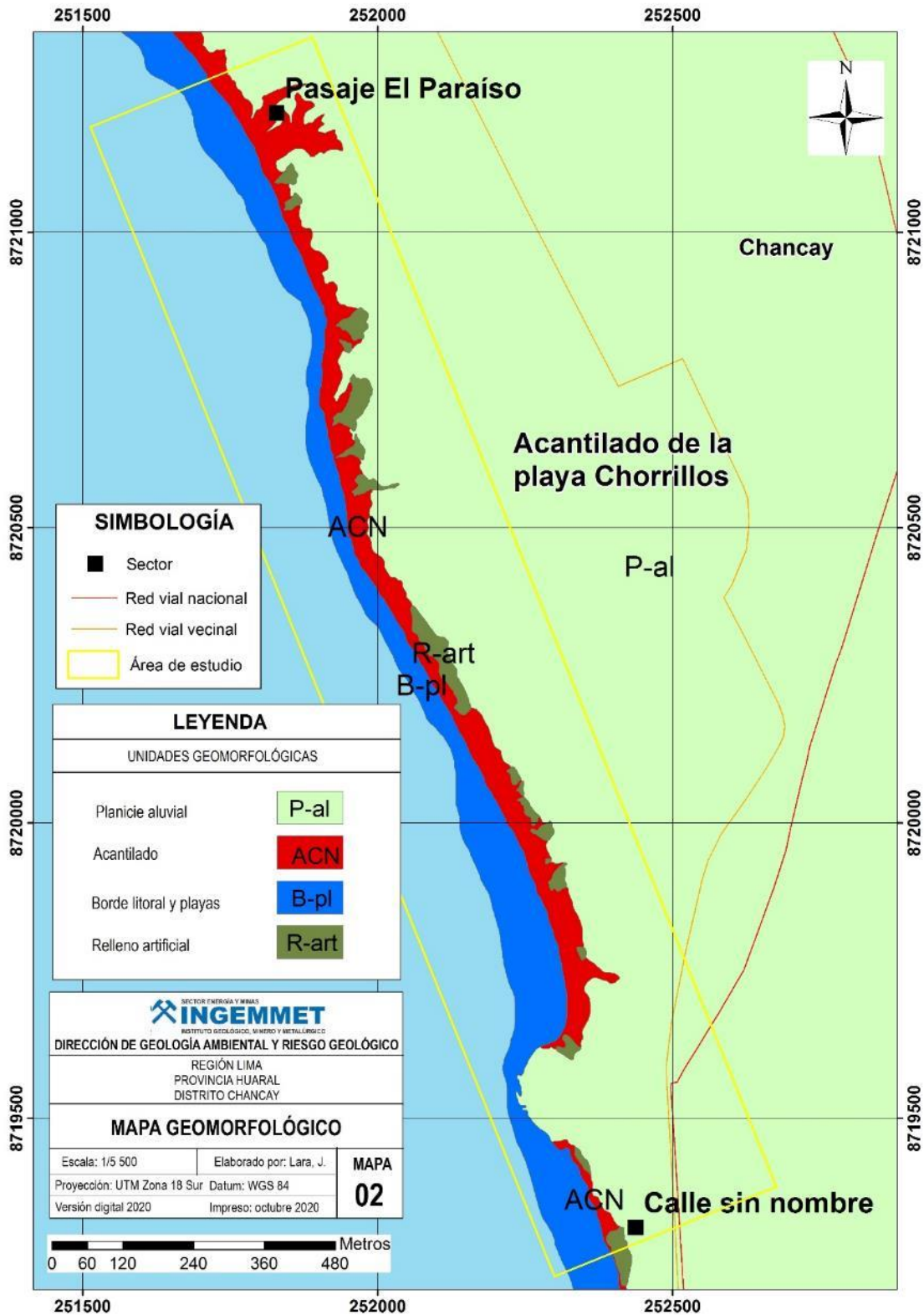
Silgado, E. (1978). Historia de los sismos más notables ocurridos en Perú, 1513-1974. *Inst. Geol. Minero de Perú*, 131 pág.

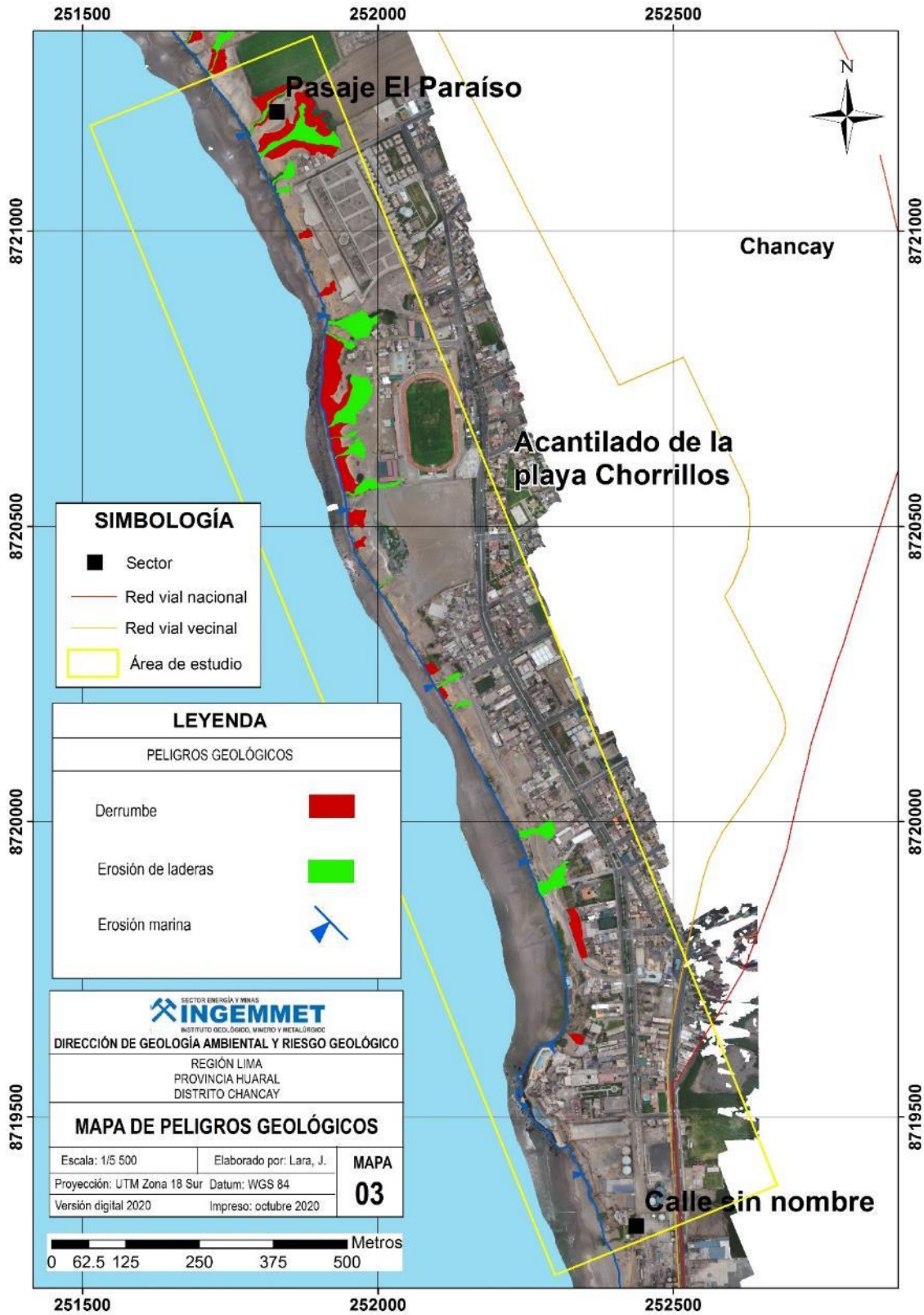
Villacorta, S., Núñez, S., Vásquez, J., Pari, w., Ochoa, M., Benavente, E., Tatar, L., Luque, G., Rosado, M., Fidel, S. & Úbeda J. (2015). Peligros geológicos en el área de Lima Metropolitana y la Región Callao. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 99. Perú: INGEMMET. 151 p.

Villegas-Lanza, J.C., Chlieh, M., Cavalié, O., Tavera, H., Baby, P., Chire-Chira, J., Nocquet, J-M. (2016). Active tectonics of Peru: Heterogeneous interseismic coupling along the Nazca megathrust, rigid motion of the Peruvian Sliver, and Subandean shortening accommodation. *JGR*, 10.1002/2016JB013080.

**ANEXO 1: MAPAS**









## ANEXO 2: GLOSARIO

### a) Caídas

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, y puede 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 & Varnes, 1996), es decir, con velocidades mayores a  $5 \times 10^1$  mm/s.

En función al mecanismo principal y la morfología de las zonas afectadas por el movimiento, así como del material involucrado, las caídas se subdividen en tres tipos principales: aludes, caída de rocas y derrumbes.

**Derrumbe:** Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros (figura 1). Se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También 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 diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.

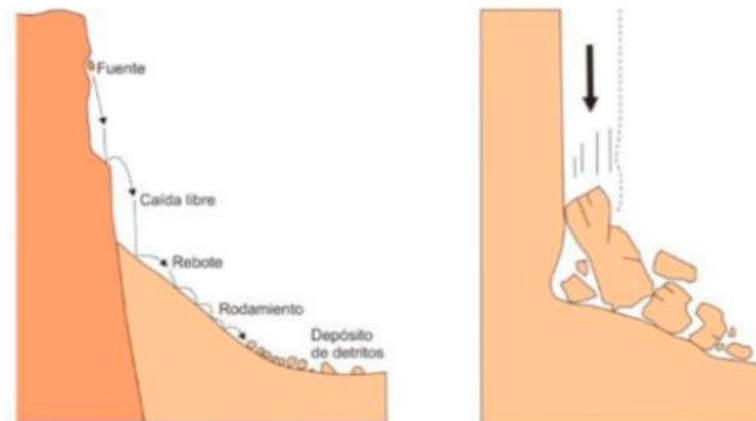


Figura 1. Esquema de un derrumbe.

### b) Erosión de laderas

Se considera dentro de esta clasificación a este tipo de eventos, porque se considera 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 (figura 2); 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 (Duque et ál, 2016). Los procesos de erosión de laderas también pueden tener como desencadenante la escorrentía formada por el uso excesivo de agua de regadío.

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: a) entallamiento del canal, b) erosión remontante desde la base, c) cicatrización y d) estabilización (Duque et al., 2016).

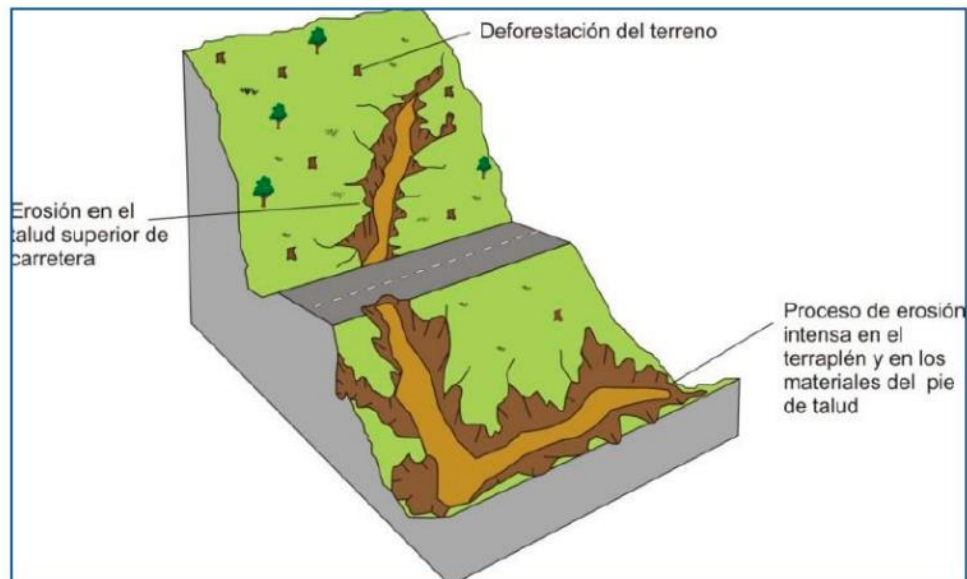


Figura 2. Esquema de erosión de laderas en cárcavas.

### ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

En la zona de estudio se podrían implementar medidas de prevención y/o mitigación como mallas metálicas, pantallas metálicas, geomallas, entre otros, dichas técnicas dependerán de un estudio geotécnico a detalle realizado por un especialista en geotecnia.

- a) **Geomallas:** Es una cobertura que permite proteger la erosión del agua y el viento cuando estos problemas son difíciles de ser resueltos de una manera natural. Generalmente, se complementan con vegetación en su superficie (fotografía 1). Son susceptibles a la acción directa de los rayos ultra violeta. En la geometría existente en el talud, se tendrían que hacer instalaciones complementarias para su auto sostenimiento. Cabe mencionar un geocompuesto (MacMat-R) fabricado a partir de una geomanta pegada a una malla metálica (malla hexagonal de doble torsión), que protege la superficie contra la erosión mediante la geomanta, y evita la caída de piedras mediante la malla metálica.
- b) **Uso de vegetación:** Se trata de un método preventivo y correctivo que consiste en el empleo de vegetación sobre o delante de la superficie del talud. Desde el punto de vista estético y de impacto ambiental, la revegetación es una buena alternativa que ha funcionado en otros taludes como en la Costa Verde en Lima (fotografía 1). Sin embargo, en la zona de estudio existen dificultades para el crecimiento de la vegetación, tales como la verticalidad de los taludes y la cantidad de grava en el suelo. Esto evita que las raíces logren un entramado profundo para generar un agarre que estabilice el talud sin un considerable movimiento de tierras. El riego en esta zona no debe de realizarse mediante inundación sino por goteo puesto que el agua puede llegar a debilitar las propiedades resistentes del suelo y aumentar su peso, doble efecto negativo que puede hacer colapsar zonas del talud. La hidrosiembra es un método moderno que consiste en rociar una emulsión sobre el suelo que se desea revegetar. Esta emulsión (aglutinantes, hidroabsorbentes, nutrientes, semillas, agua, etc.) provoca una capa superior en la superficie del talud que favorece la germinación de las semillas.



Fotografía 1. Combinación de geomallas y vegetación en los acantilados de la Costa Verde (Lima).

- c) **Mallas metálicas:** El revestimiento del talud con mallas metálicas de triple o doble torsión, es un tratamiento eficaz que es muy utilizado en todo el mundo (fotografía 2). Teniendo en cuenta la proximidad de la malla al talud, la densidad de anclado y la forma de colocación se pueden clasificar en mallas colgadas o adosadas al terreno. Las mallas colgadas encauzan el movimiento del material que cae del talud haciendo que disminuya su energía y se acumule al pie del talud, mientras que las mallas adosadas van prácticamente pegadas al talud, de manera que se tenga la mayor cantidad de puntos del talud en contacto con la malla, evitando así que el material de las zonas inestables se muevan de su sitio o que pueda alcanzar determinada velocidad. Las mallas colgadas requieren complementos en la base del talud como gaviones, bermas o “cunetas” para almacenar el material caído.



Fotografía 2. Malla metálica de triple torsión.

- d) **Pantallas metálicas:** En taludes naturales de pendiente media, bajo un acantilado de gran altura, resultan muy convenientes las pantallas metálicas para la interceptación de material que puedan caer del acantilado. De acuerdo con la forma de trabajo las pantallas se pueden denominar estáticas o dinámicas.

**Barreras estáticas:** Constituidas con elementos metálicos, se comportan de forma acertada ante impactos de muy baja energía, su principio de funcionamiento está basado en el empleo de soluciones potentes basado en elementos rígidos y de gran inercia que se oponen al paso de las rocas. Para energías superiores a los 50 kJ son inadecuadas y resultan literalmente arrasadas por el paso de las rocas.

**Barreras dinámicas:** Es una barrera que, al igual que la anterior, se coloca perpendicular al eje de la trayectoria probable del material caído, con el objeto de interceptarlo y evitar que llegue a la parte baja del talud (fotografía 3). En este caso se pone una estructura de elevada deformabilidad, gracias a la cual se puede absorber una elevada cantidad de energía sin que los esfuerzos en los diferentes elementos de la misma sean excesivamente elevados. El conjunto de pantallas metálicas existentes en la zona se pueden complementar con paneles o publicidad



reforzada para el impacto, alargándose en forma de medios túneles, elevándoseles con un parapeto o sino reubicándose en el mismo acantilado, etc.



Fotografía 3. Ejemplo de barrera dinámica.

- e) **Pantallas ancladas:** Los anclajes en suelos pueden ser usados en combinación con muros, vigas horizontales y bloques de concreto para estabilizar taludes. Los anclajes pretensados de suelos actúan contra el posible plano de falla e incrementan el esfuerzo normal en la superficie potencial de falla. Una aplicación común de los anclajes es la construcción de pantallas ancladas para estabilizar excavaciones y taludes. Éstas, consisten de muros con uno o más niveles de anclajes diseñados para restringir las fuerzas asociadas con masas inestables de suelos. La presión del terreno en el muro anclado se transfiere a los tensores, ya sea a través de largueros horizontales o a través de placas de carga en la cabeza de cada anclaje, los cuales deberán alcanzar el estrato de conglomerado firme y estable. Se puede usar en zonas en las que el relleno es muy grande. Además, esta solución protege el talud contra eventos catastróficos y elimina el efecto del intemperismo en el talud.