

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7265

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL ACANTILADO PALMERITAS, LINDERO Y CASA VIEJA

Departamento Lima
Provincia Huaral
Distrito Huaral



MAYO
2022

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL ACANTILADO PALMERITAS, LINDERO Y CASA VIEJA

(Distrito y provincia Huaral, departamento Lima)

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

Equipo de investigación:

Norma L. Sosa Senticala

Mauricio A. Núñez Peredo

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). - *Evaluación de peligros geológicos en el acantilado Palmeritas, Lindero y Casa Vieja*. Distrito y provincia Huaral, departamento Lima. Lima: Ingemmet, Informe técnico A7265, p

ÍNDICE

RESUMEN	1
DEFINICIONES	2
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Objetivos del estudio	3
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	4
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación.....	5
1.3.2. Accesibilidad.....	5
1.3.4. Zonificación Sísmica.....	7
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	8
2.1. Unidades litoestratigráficas	9
2.1.1. Batolito de la Costa	9
2.1.2. Depósitos cuaternarios.....	10
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	13
3.1. Pendientes del terreno	13
3.2. Unidades geomorfológicas	14
3.2.1. Subunidad de montañas en rocas intrusivas (RM-ri)	15
3.2.2. Subunidad de colinas en rocas intrusivas (RC-cd).....	15
3.2.5. Subunidad de terraza fluvial (T-fl)	18
3.2.6. Deposito antrópico (Dan).....	18
4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS	19
4.1. Derrumbes en el acantilado Palmeritas, Lindero y Casa Vieja	19
4.1.1. Características visuales del evento	22
4.1.2. Factores condicionantes.....	27
4.1.3. Factores desencadenantes	27
4.1.4. Factores antrópicos	28
4.1.5. Daños por peligros geológicos	29
5. CONCLUSIONES	31
6. RECOMENDACIONES	32
7. BIBLIOGRAFÍA	33
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	39
ANEXO 3: FORMATO DE DESCRIPCIÓN DE SUELOS SUPERFICIALES	42

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en el acantilado Palmeritas, Lindero y Casa Vieja, perteneciente a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Huaral, provincia Huaral departamento 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 en los tres niveles de gobierno.

Los materiales que afloran en las zonas evaluadas y alrededores, corresponden a rocas de origen intrusivo compuestos por dioritas y tonalita – granodiorita (Batolito de la Costa), estas se encuentran altamente meteorizadas, diaclasadas con espaciamientos muy próximas y algo abiertas; así como depósitos aluviales, fluviales y proluviales compuestos por bolones y gravas redondeadas a subredondeadas, en una matriz de arena limosa, se presentan , poco consolidados a inconsolidados; También se observan depósitos antrópicos que corresponden a suelos modificados por el hombre.

Las geoformas identificadas corresponden a relieve de montañas y colinas de rocas intrusivas, geoforma de planicie (terrazas aluviales, indiferenciadas, fluviales, así como depósitos antrópicos) la cual está delimitada por un acantilado que muestra paredes de fuerte pendiente ($>40^\circ$) y rellenos antrópicos. Se considera que el principal factor condicionante que originan la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa con pendientes de terreno que va desde pendiente suave ($1^\circ-5^\circ$) a muy fuerte ($25^\circ-45^\circ$).

Los procesos identificados en el acantilado Palmeritas, Lindero, Casa Vieja, corresponden a los denominados movimientos en masa (derrumbes) y procesos de erosión de laderas (cárcavas).

Por las condiciones geodinámicas (presencia de derrumbes), geológicas (tipo de rocas), y su configuración morfológica (terrenos con pendiente suave a muy fuerte: acantilado) la zona se considera de **Peligro Moderado. Los derrumbes** pueden ser detonados por movimientos sísmicos, y a la erosión por el uso inadecuado del riego y/o mal estado de las tuberías de agua y desagüe.

Finalmente, en este informe, se brinda algunas recomendaciones que se consideran importantes para que las autoridades competentes pongan en práctica, las cuales consisten principalmente en no dejar permitir la construcción de ningún tipo de infraestructura o edificación sobre los depósitos antropógenos; así mismo realizar trabajos de sensibilización a los pobladores en temas de peligros geológicos y gestión de riesgo a fin de minimizar las ocurrencias y daños que pueden ocasionar los procesos identificados

DEFINICIONES

El Perú es un país que por su variedad de climas, complejidad geológica y ubicación en el denominado “Cinturón de Fuego del Pacífico”, está expuesto a diversos peligros geológicos que pueden convertirse en desastres. Se brinda una definición de los términos más importantes del presente informe:

- ACANTILADO** Laderas rocosas empinadas que se forman a lo largo de las costas debido a la continua socavación (o erosión progresiva) del oleaje marino, o por levantamientos de origen tectónico.
- 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. 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.
- EROSIÓN** Parte del proceso denudativo de la superficie terrestre que consiste en el arranque y transporte de material de suelo o roca por un agente natural como el agua, el viento y el hielo, o por el hombre. De acuerdo con el agente, la erosión se puede clasificar en eólica, fluvial, glacial, marina y pluvial. Por su aporte, de acuerdo con las formas dejadas en el terreno afectado se clasifica como erosión en surcos, erosión en cárcavas y erosión laminar.
- FORMACIÓN GEOLOGICA** Es una unidad litoestratigráfica formal que defino cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.
- METEORIZACIÓN** Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.
- MOVIMIENTOS EN MASA** Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. En el territorio peruano, los tipos más frecuentes corresponden a caídas, deslizamientos, flujos, reptación de suelos, entre otros.
- SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA** La susceptibilidad está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado. La estimación de la susceptibilidad se basa en la correlación de los principales

factores (intrínsecos) que contribuyen en la formación de movimientos en masa.

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 a nivel nacional (ACT.11)”, 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 Provincial de Huaral, según Oficio N°202-2021/MP/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 Palmeritas, Lindero y Casa Vieja.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros Norma Sosa Senticala y Mauricio Núñez Peredo, para realizar la evaluación de peligros geológicos en el sector previamente mencionado, el día 26 de febrero del 2022, en coordinación con representantes de la Unidad de Defensa Civil y Seguridad Ciudadana de la Municipalidad Provincial de Huaral.

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, fotografías terrestres y aéreas), la cartografía geológica y geodinámica, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Provincial de Huaral y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, 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 Palmeritas, Lindero y Casa Vieja, que pueden comprometer la seguridad física de personas, viviendas y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos
- 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 sectores aledaños a las zonas de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales relacionados a temas de geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- A) Boletín N° 26, “Geología de los Cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyon, Huacho, Huaral y Canta” (1973), se describen las unidades litoestratigráficas del cuadrángulo de Huaral (23i), donde describen la geología y geomorfología de los sectores evaluados, donde predomina el Batolito de la Costa.
- B) Boletín N° 12, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: “Estudio geodinámico de la cuenca del río Chancay-Huaral” (1994). En 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.
- C) Boletín N° 76, Serie C: Geodinámica e ingeniería Geológica, “Peligro Geológico en la Región Lima”, elaborado por Luque et al. (2020); en el cual se encuentra el inventario de peligros geológicos por movimientos en masa, zonas críticas y caracteriza la susceptibilidad a inundación y erosión fluvial en la región Lima; este boletín determinó que la zona de estudio se encuentra en susceptibilidad alta (figura 1).

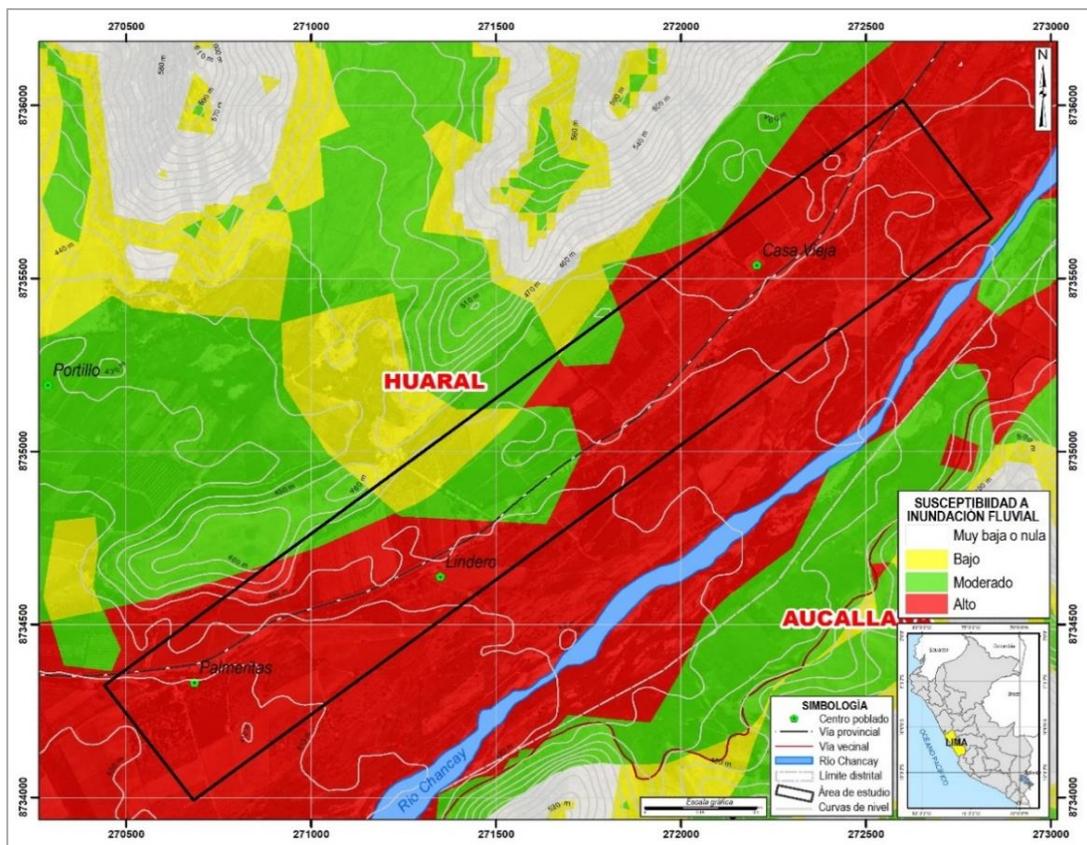


Figura 1: Susceptibilidad a inundación y erosión fluvial del acantilado Palmeritas, Lindero, Casa Vieja. Fuente: Luque, et al., 2020.

- d) Boletín N° 35, serie D: Estudios Regionales (2021), en el estudio se hace referencia de la composición del Batolito de la Costa, el cual se trata de diferentes rocas intrusivas de tipo gabro a granito potásico

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El acantilado Palmeritas, Lindero y Casa Vieja, políticamente pertenecen al distrito y provincia de Huaral departamento de Lima (figura 2), el cual se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S):

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	272559.00	8735974.00	-11.42	-77.08
2	272809.49	8735653.66	-11.42	-77.08
3	270701.00	8734030.83	-11.44	-77.10
4	270450.00	8734349.00	-11.44	-77.10
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	271295	8734657.00	-11.43	-77.09

1.3.2. Accesibilidad

El acceso a la zona de estudio se realizó por vía terrestre desde la oficina central de Ingemmet (Lima), hasta el acantilado Palmeritas, Lindero y Casa Vieja (Lima), mediante la siguiente ruta (cuadro 2):

Cuadro 2. Ruta de acceso

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Huaral	Asfaltada	76	2 horas 10 min
Huaral – Palmeritas, Lindero, Casa Vieja	Asfaltada	21	38 min

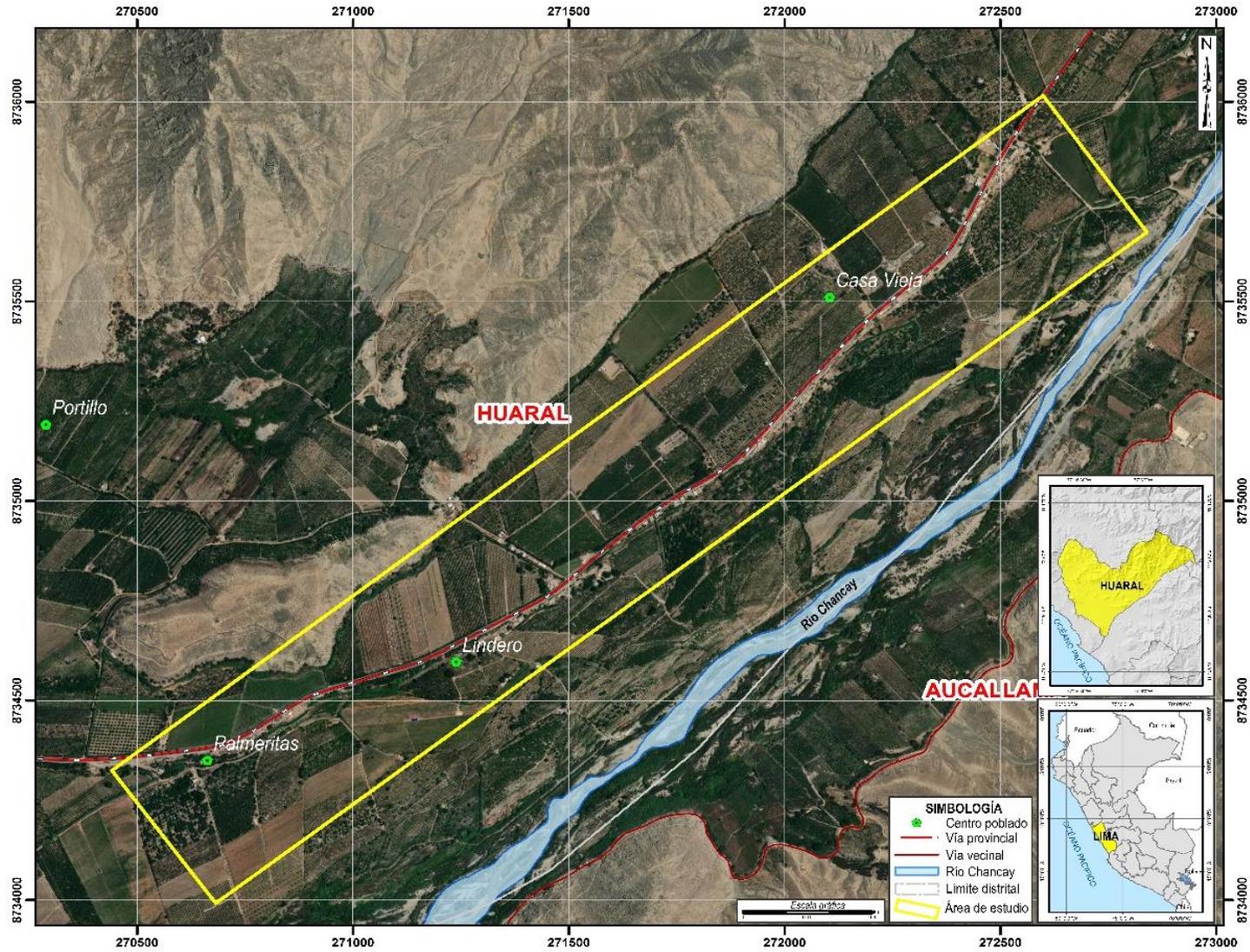


Figura 2: Ubicación del acantilado Palmeritas, Lindero, Casa Vieja y alrededores.

1.3.3. Clima

De acuerdo al Mapa climático nacional elaborado por el Servicio Nacional de Metrología e Hidrología del Perú (SENAMHI), el distrito de Huaral presenta un clima desértico semicálida (tipo árido) y húmedo.

Las temperaturas anuales oscilan entre 24.9 C° (valores máximos), en verano y 12.2 C° (valores mínimos) en invierno (figura 3).

La precipitación pluvial es variable y está vinculada estrechamente a la altitud, donde la precipitación máxima anual registrada en la estación pluviométrica de Huaral entre los últimos años (2017 y 2021), fue de 13 mm (figura 4). Así mismo, las lluvias son de carácter estacional, es decir, se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, produciéndose generalmente de diciembre a marzo.

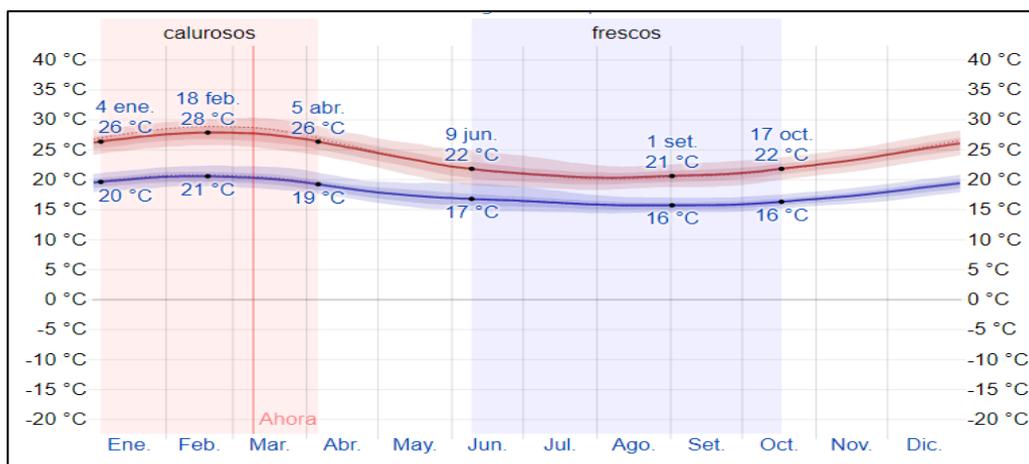


Figura 3. La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diario con las bandas de los percentiles 25° a 75°, y 10° a 90°. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes. Fuente: Weather Spark, 2021.

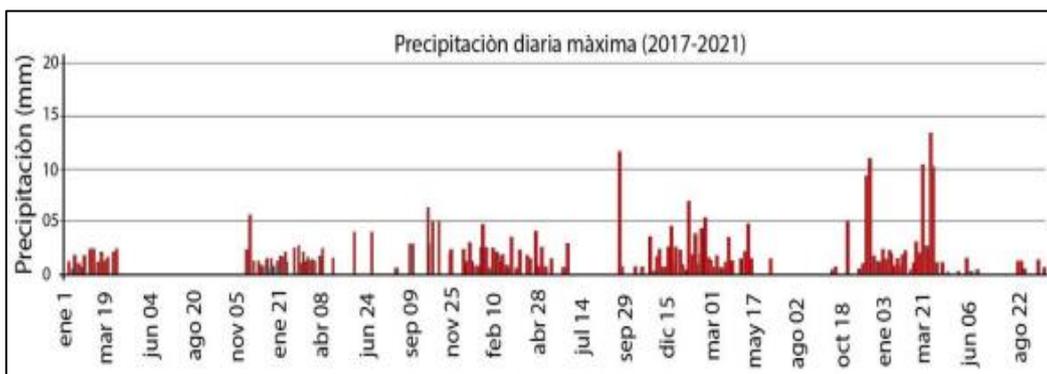


Figura 4. Estación meteorológica Huayán, (Dep. Lima, Prov. Huaral, Dist. Huaral)

1.3.4. Zonificación Sísmica

El territorio nacional se encuentra dividido en tres zonas, como se muestra en la figura 5. A cada zona se asigna un factor Z según se indica en el cuadro 3. 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 (DS No. 003-2016-VIVIENDA).

Según dicho mapa, el área de estudio se ubica en la Zona 4 (sismicidad Muy alto), localizada desde la línea de costa hasta el margen occidental de la Cordillera de los Andes, determinándose aceleraciones de 0.45 g.

Cuadro 3. Factores de zona Z.

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

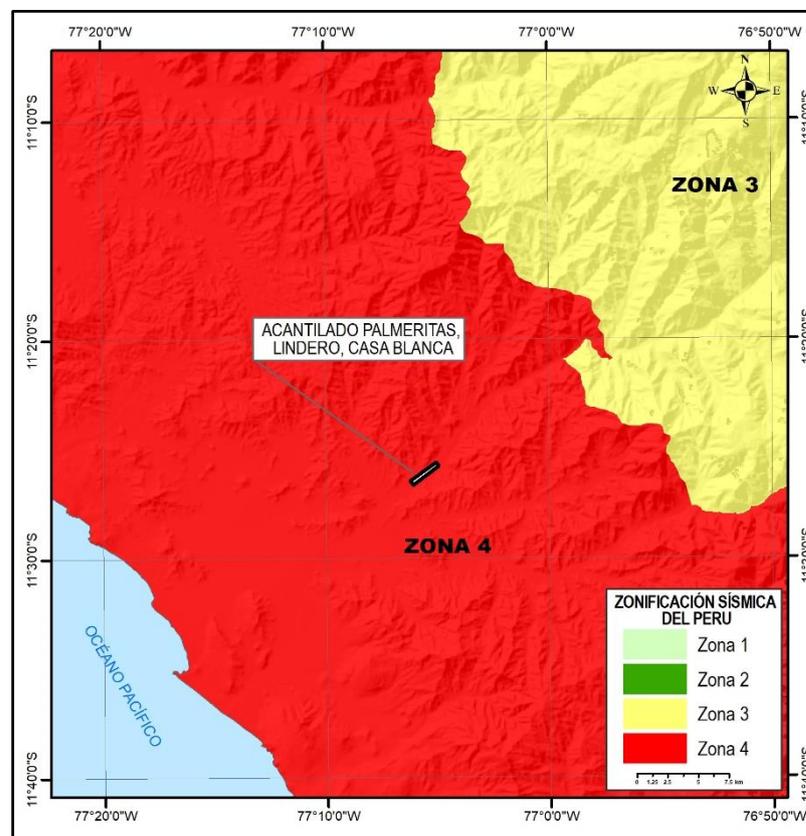


Figura 5. Zonificación sísmica del Perú. Fuente: Alva (1984).

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología del área de estudio se desarrolló teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Huaral, hoja 23-i a escala 1: 100 000 (Cobbing et al,1971) y el Boletín N°26 “Geología de los Cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyon, Huacho, Huaral y Canta” (Cobbing, 1973) publicados por Ingemmet.

De igual manera se complementó con trabajos de interpretación de imágenes de satélite, vuelos de dron y observaciones de campo.

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran a lo largo de la zona de estudio, corresponden a rocas intrusivas del Batolito de la Costa, así como depósitos recientes fluviales, aluviales y proluviales (anexo 1 – mapa 01).

2.1.1. Batolito de la Costa

Según Cobbing (1973), se trata de un complejo de diferentes rocas intrusivas, cuya composición varía de gabro a granito potásico. Sus afloramientos constituyen una faja paralela a la Costa y una distancia de ella que oscila entre 520 km.

Las rocas intrusivas del Batolito de la Costa se han dividido en unidades teniendo en cuenta su distribución espacial, rango de edad y mineralogía (figura 6), dentro de la zona de estudio se identificó las siguientes unidades:

- a) Diorita (Kp-ac-di): Esta roca de cuerpo diorítico, tiene textura equigranular, grano medio, masivas y presenta cristales de piroxenos, plagioclasas y cuarzo. Existe una marcada semejanza en textura entre estas rocas, la cual está indicada particularmente por la presencia de hornblenda prismática y de biotita poikilítica.
- b) Tonalita-granodiorita (Ks-bc/sr-tn,gd): La roca presenta una textura equigranular de grano medio a grueso, color mesócrata, presenta cristales euhedrales holocristalinos con presencia de plagioclasas y piroxenos

Geomecánicamente, las dioritas y tonalitas-granodioritas; se encuentran muy fracturadas (F4), con espaciamentos muy próximas entre sí (0.05 m a 0.30 m) y aberturas algo abiertas (0.1 mm - 1.0 mm). Además, se encuentran altamente meteorizadas (A4), es decir más de 50% está desintegrada a suelo.



Figura 6. Vista del afloramiento de rocas intrusivas del Batolito de la Costa ubicado al sureste del acantilado Palmeritas, Lindero y Casa Vieja. Estas rocas se presentan muy fracturadas y altamente meteorizadas.



Figura 7. Sustrato rocoso altamente meteorizado y de resistencia baja (25 a 50 Mpa), ubicado entre las coordenadas UTM 8734233 N, 272381 E, con una altitud de 489 m s.n.m.

2.1.2. Depósitos cuaternarios

a. Depósito aluvial (Qh-al)

Son depósitos poco-consolidados, estos últimos por acumulación de material transportado por el río Chancay. Este depósito corresponde a una mezcla heterogénea de gravas (40%) y arenas (35%), redondeadas a subredondeadas, así como limos (15%) y limos (10%); estos materiales tienen selección de regular a buena, presentándose niveles y estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial (figura 8). Su permeabilidad es media a alta y se asocia principalmente a terrazas aluviales, susceptibles a la erosión fluvial.

b. Depósito fluvial (Qh-fl)

Conformados por gravas y arenas mal seleccionadas en matriz arenolimososa. Se le puede apreciar en el curso principal del río Chancay (figura 9); formando parte de la llanura de inundación, así como de las terrazas fluviales. Su granulometría está compuesta por bloques (30%), gravas (35%), arenas (30%) y limos (5%).

c. Depósito proluvial (Qh-pl)

Los depósitos proluviales se originan a partir de los depósitos de los flujos, por la existencia de material detrítico suelto acumulado y cuando ocurren precipitaciones pluviales intensas se saturan, pierden su estabilidad y se movilizan torrente abajo por las quebradas (figura 10). Sus depósitos llegan a confundirse muchas veces con las terrazas aluviales; el material que los constituye es heterométrico y está mal clasificado, por lo general son subangulosos a subredondeados, englobados en una matriz fina, permeables y poco consolidados.



Figura 8. Depósito aluvial; donde se asienta el mayor porcentaje de viviendas del acantilado Palmeritas, Lindero y Casa Vieja.



Figura 9. Depósito fluvial compuesta de arenas, gravas del depósito fluvial, ubicado en ambas márgenes del río Chancay.



Figura 10. Material de depósito proluvial compuesto de material subangulosos a subredondeados envueltos en matriz fina; las mismas que se ubican al norte del acantilado, ubicado entre las coordenadas UTM 8735735 N, 271047 E, con una altitud de 320 m s.n.m.

d. Depósito antropógeno (Qh-an)

Antropógeno o antrópico, es un término que designa a lo que está vinculado de algún modo al ser humano. La geotecnia, lo identifica como un terreno que ha sido modificado por el hombre. Para el caso del área de estudio está asociado al material de desmonte depositado por los pobladores y asociado a la construcción de nuevas viviendas.



Figura 11. Vista del material de desmonte depositado por los pobladores con el objetivo de rellenar el terreno para la construcción de nuevas viviendas.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

En el anexo 1 – mapa 2, se presenta el mapa de pendientes, elaborado en base a información de un modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS).

Del cual se puede determinar que el sector evaluado y alrededores se encuentran en una ladera cuyos rangos de pendiente van desde la conformación de terrenos llanos (0° - 1°), pasan de inclinación suave (1° - 5°) a pendiente moderada (5° - 15°), conformando una amplia depresión de dirección norte sur, originada por la erosión fluvial y la actividad geodinámica. Así mismo se observa un cambio abrupto a terrenos de pendientes fuerte (15° - 25°) a muy fuerte (25° - 45°) hasta llegar a terrenos muy escarpados ($>45^{\circ}$), los cuales corresponde laderas de montañas, resultantes de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre.

En promedio, la pendiente del sector evaluado se encuentra en una ladera cuyos rangos varían entre pendiente suave (1° - 5°) a muy fuerte (25° - 45°), cuyas características principales se describen en el siguiente cuadro 4:

Cuadro 4. Rango de pendientes del terreno.

RANGOS DE PENDIENTES		
Pendiente	Rango	Descripción
0°-1°	Llano	Comprende terrenos planos de las zonas de altiplanicie, extremos más distales de abanicos aluviales y torrenciales, bofedales, terrazas, llanuras de inundación fondos de valle y lagunas.
1°a 5°	Inclinación suave	Terrenos planos con ligera inclinación que se distribuyen también a lo largo de fondos de valles, planicies y cimas de lomadas de baja altura, también en terrazas aluviales y planicies, dentro de este rango se están desarrollando cultivos, ubicados en ambas márgenes del río Chancay.
5°a 15°	Moderado	Laderas con inclinaciones moderadas, de susceptibilidad moderada a los movimientos en masa de tipo derrumbes, erosión de laderas y flujos de detritos, algunas viviendas asentadas en este rango.
15°a 25°	Fuerte	Pendientes que se distribuyen principalmente en los bordes de abanicos aluviales, conos, piedemontes proluviales-aluviales y planicies, En este rango se asienta los sectores de Palmeritas, Lindero y Casa Vieja; próximos a terrenos de derrumbes.
25°a 45°	Muy fuerte	Se encuentran en laderas de colinas y montañas intrusivas, así como terrazas aluviales, que forman acantilados, vertientes de los valles. En este rango se generan los derrumbes y procesos de erosión de ladera del acantilado.
>45°	Muy escarpado	Distribución a lo largo de laderas, cumbres de colinas y montañas ígneas, así como acantilados, donde se generaron la mayor cantidad de deslizamientos.

Fuente: Elaboración propia

3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (anexo 1 – mapa 03), 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 (Luque, G., et al, 2019).

En la zona evaluada y alrededores se observan las siguientes unidades y subunidades geomorfológicas:

Cuadra 5. Unidades y subunidades geomorfológicas

Unidades geomorfológicas de carácter tectónico degradacional y erosional	
Unidad	Subunidad
Montaña	Montañas en roca intrusiva (RM-ri)
Colina	Colina en roca intrusiva (RC-ri)

Unidades geomorfológicas de carácter depositacional o agradacional	
Unidad	Subunidad
Piedemonte	Vertiente o piedemonte aluvio torrencial (P-at)
Planicie	Terraza aluvial (T-al)
	Terraza indiferenciada (Ti)
	Terraza fluvial (Tf)
	Depósito antrópico (Dan)
	Río (R)

Unidad de montaña: Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local; diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforman y los procesos que han originado su forma actual.

Unidad de colina: Elevaciones con menos de 300 metros de altura con referencia al nivel de base, donde se pueden diferenciar cimas estrechas y agudas, hasta amplias y redondeadas; con pendientes de orden de los 5° a 25°; se le localiza principalmente en el lado noreste de la región.

3.2.1. Subunidad de montañas en rocas intrusivas (RM-ri)

Corresponde a cadenas montañosas y crestas de topografía abrupta, con elevaciones que alcanzan los 3800 m s.n.m. formadas por plutones y stocks del Batolito Costanero, emplazadas con rumbo NO-SE, adyacente a la unidad de Planicie Costanera, estas zonas se encuentran muy meteorizadas.

En estas montañas, el plegamiento de las rocas superficiales no conserva rasgos reconocibles de las estructuras originales, sin embargo, estas pueden presentar localmente laderas controladas por la estratificación de rocas intrusivas, sin que lleguen a constituir cadenas montañosas.

Estas montañas presentan pendientes fuertes (15°-25°) a muy fuertes (25°-45°), sus relieves se encuentran asociados a procesos dominantes de erosión de ladera, caídas de rocas, derrumbes (figura 12).

3.2.2. Subunidad de colinas en rocas intrusivas (RC-cd)

Son afloramientos de rocas ígneas intrusivas con desniveles de hasta 300 m que presentan formas redondeadas, pendientes moderadas, por lo que no es frecuente en ellas la ocurrencia de deslizamientos, salvo procesos de erosión. Se disponen de manera discontinua y muy reducida al lado noreste de acantilado evaluado (figura 13).

Se pueden asociar geodinámicamente a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo deslizamiento, derrumbe y caída de rocas.

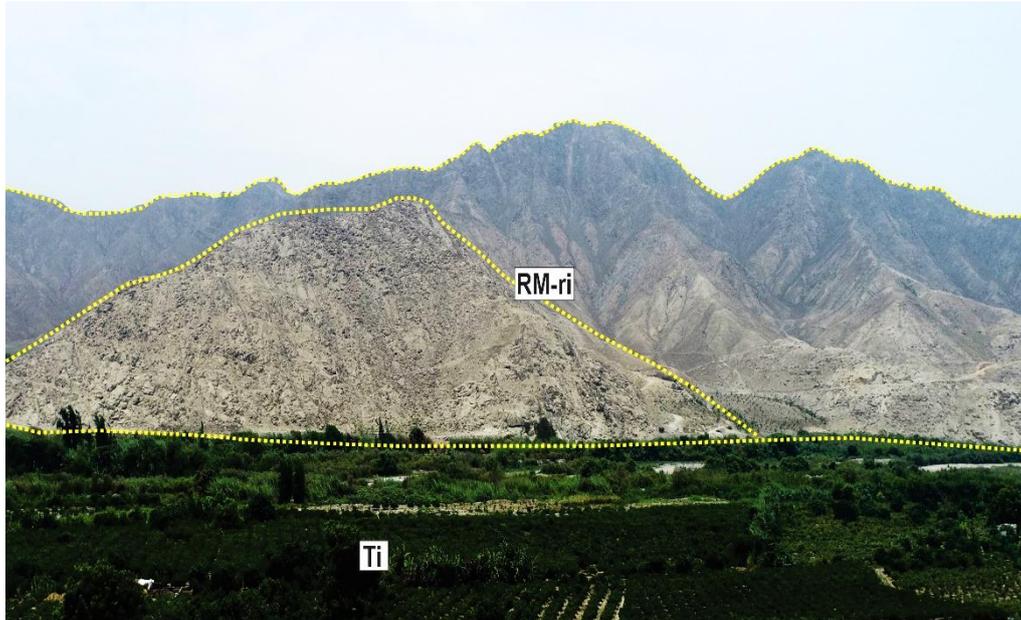


Figura 12. Vista con dirección al NE, donde se observa montañas en rocas ígneas (RM-ri) del Batolito de la Costa.

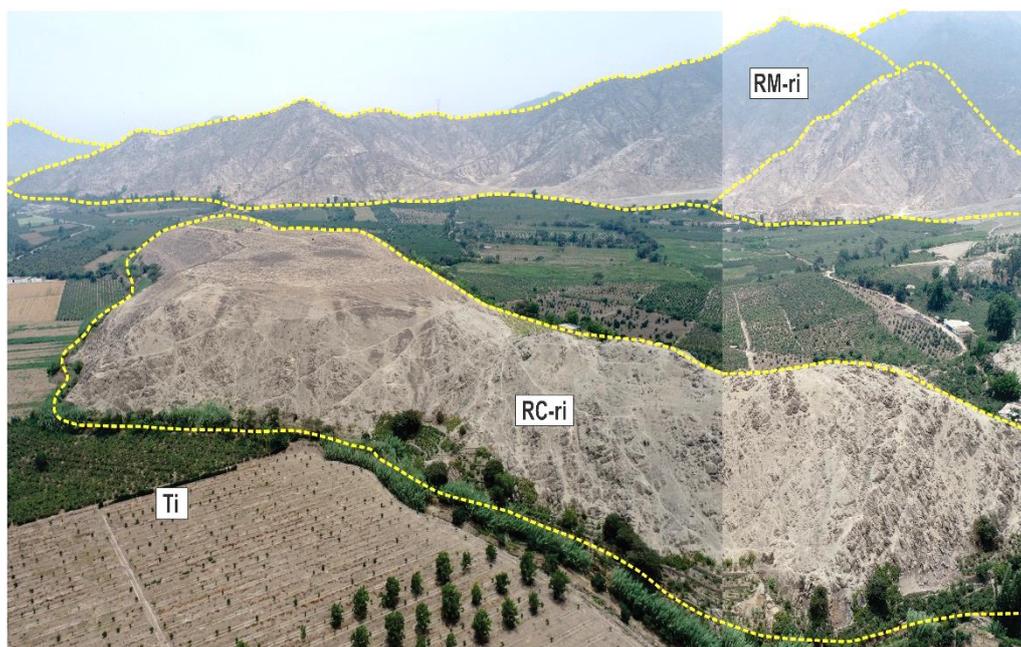


Figura 13. Vista con dirección al noroeste donde puede observar colinas de rocas ígneas, ubicada entre las coordenadas UTM 8734704 N, 270855 E, con una altitud de 443 m s.n.m.

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

3.2.3. Subunidad de vertiente aluvio torrencial (P-at)

Corresponden a planicies inclinadas a ligeramente inclinadas y extendidas, posicionadas al pie de los sistemas montañosos, formado por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales, de carácter excepcional, así como lluvias ocasionales muy excepcionales que se presentan en el área de estudio.

Esta unidad es susceptible a remoción por flujo de detritos (huaicos) ubicado principalmente en la desembocadura de las quebradas Huerequeque y Puerco Grande. Se distinguen grandes bloques de roca de hasta 1 m de diámetro producto del acarreo proveniente de los flujos (figura 14). Actualmente son ocupadas por terrenos de cultivo.



Figura 14. Se observa ala subunidad aluvio torrencial en las quebradas Huerequeque y Puerco Grande.

Unidad de Planicie: *Son superficies que no presentan un claro direccionamiento, ya que provienen de la denudación de antiguas llanuras agradacionales o del aplanamiento diferencial de anteriores cordilleras, determinado por una acción prolongada de los procesos denudacionales.*

3.2.4. Subunidad de terraza aluvial (T-al)

Son porciones de terreno alargado a ligeramente inclinado (1° a 5°) que se encuentren dispuestas a los costados de las llanuras de inundaciones o del lecho principal del río Chancay, a mayor altura, presentan niveles antiguos de sedimentación fluvial, los cuales han sido disectadas por las corrientes, es como consecuencia de profundización del valle (figura 15). Sobre estos terrenos se desarrollan actividades agrícolas.

3.2.4. Subunidad de terraza indiferenciada (T-i)

Son valles tributarios de cauce angosto, que desembocan en el mar, donde no ha sido posible diferenciar el fondo de valle, las terrazas y llanuras de inundación, esta subunidad la encontramos en ambas márgenes del río Chancay (figura 15), sujetos a la acción de procesos geodinámicas de origen hídrico como erosión fluvial, inundaciones y acumulación de sedimentos.

3.2.5. Subunidad de terraza fluvial (T-fl)

Depósitos dejados por las corrientes actuales de los ríos cuando disminuyen la pendiente y la capacidad de carga de sedimentos. Litológicamente está compuesto por fragmentos rocosos heterogéneos (bolos, cantos gravas, arenas, etc.) que son transportados por la corriente del río Chancay a grandes distancias (figura 15), se depositan formando terrazas bajas, también conformando la llanura de inundación o el lecho de los ríos.

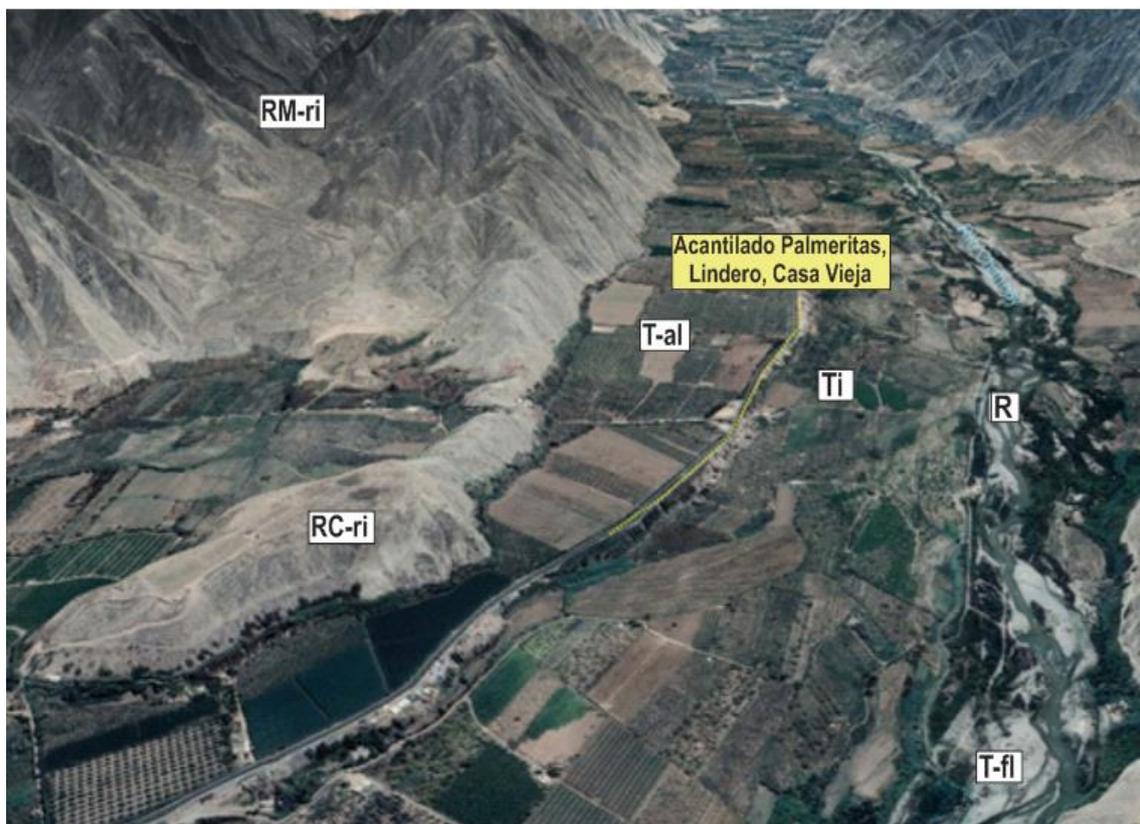


Figura 14. Se observa la distribución de subunidades geomorfológicas próximas a la zona evaluada.

3.2.6. Deposito antrópico (Dan)

Estas geoformas, corresponde a depósitos formados por la actividad antrópica, son el resultado de un conjunto de procesos generados por el hombre, mediante procesos de transformación industrial (construcciones civiles), conformados por acumulaciones de desmontes de construcción, residuos sólidos (basura) y material aluvial removidos de otros sectores donde se hicieron excavaciones (figura 16).



Figura 15. Se observa al pie de las viviendas depósito de desmonte y basurales vertidas por parte de la población.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

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

Este movimiento en masa, tienen como causas o condicionantes, factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “**desencadenante**” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

Los peligros geológicos identificados en la zona inspeccionada y sus alrededores se presentan en el anexo 1 – mapa 4

Para la caracterización de los eventos geodinámicos, se realizó en base a la información obtenida de los trabajos de campo, en donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través de la cartografía geológica y geodinámica, basado en la observación y descripción morfométrica in situ, la toma de datos GPS, fotografías a nivel de terreno y del levantamiento fotogramétrico con dron, de donde se obtuvo un modelo digital de terreno y un ortomosaico con una resolución de 1.0 cm por pixel, respectivamente.

4.1. Derrumbes en el acantilado Palmeritas, Lindero y Casa Vieja

Los derrumbes se observan a lo largo del acantilado de 2.63 km de longitud y podrían afectar a la población, viviendas y carretera de la zona urbana de Huaral. Dicho acantilado se encuentra conformado por material aluvial, depositado por el río Chancay, el cual presenta paredes de moderada pendiente (5°-15°) y con alturas máximas de hasta 3 metros.

Cuadro 6. Coordenadas de los sectores evaluados.

N°	SECTOR	DISTANCIA	COORDENADAS UTM		
			Norte	Este	Cota
1	Palmeritas	2.63 km	8735488	272246	399 m s.n.m
2	Lindero		8734630	271342	
3	Casa Vieja		8734319	270680	

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 de metros (figura 17). Se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados, de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.

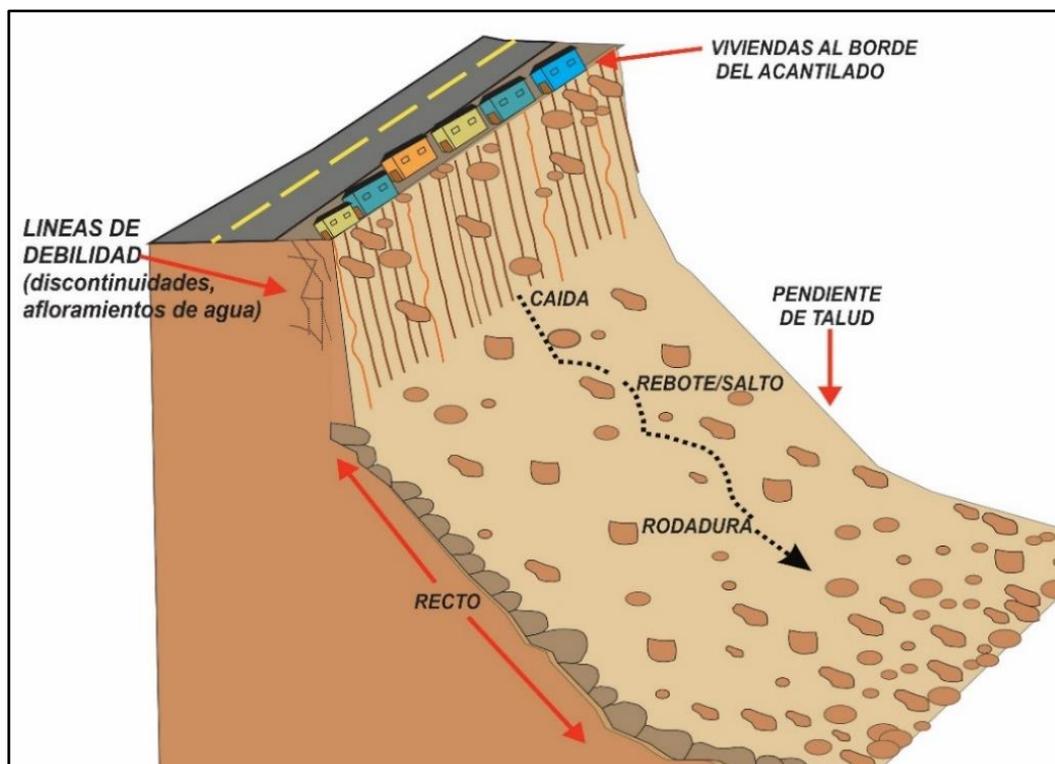


Figura 17. Esquema de un derrumbe con viviendas ubicadas al filo del acantilado.



Fotografía 1. Vista de viviendas del sector Casa Vieja ubicadas al borde del acantilado, a 1 m del derrumbe, se observa que algunas viviendas instalaron muros de contención de concreto, entre las coordenadas UTM WGS84 8735728 N, 272446 E.



Fotografía 2. En el sector de Lindero se observa derrumbes a 1 m de las viviendas, se observa que parte de los muros de adobe que pertenecías a viviendas antiguas; colapsaron, ubicados en las coordenadas UTM WGS84 8734734 N, 271468 E.



Fotografía 3. En El sector Palmeritas, se identificó vivienda ubicada al pie de derrumbe, cabe mencionar que en la parte alta del derrumbe existe cultivos, esta se ubica entre las coordenadas UTM WGS84 87344116 N, 270766 E.

4.1.1. Características visuales del evento

Los derrumbes identificados en el acantilado Palmeritas, Lindero y Casa Vieja, presentan las siguientes características y dimensiones:

- Estado de la actividad del movimiento: Activo
- Arranque: roca/suelo
- Zona de arranque: discontinuo
- Forma de zona de arranque: irregular
- Características del depósito:
- Dimensiones: longitud de arranque: 2.63 km
 Altura: 2 a 6 m
- Presencia de material colgado desde la zona de arranque del derrumbe que forma terrenos inestables.

Se observó varias viviendas de concreto y adobe ubicadas al borde del acantilado; algunas de estas se asentaron sobre depósitos aluviales antiguos e incluso encima de material de relleno como se observa en la figura 17. Se identificó un centro educativo en el sector de Casa Vieja, el cual se ubica a 1 m del acantilado (figura 18).

Por otro lado, se observó que los derrumbes y procesos de erosión de laderas del acantilado están próximos (6.0 m) a la carretera asfaltada entre Cuyo a Huayán (figura 19).

Los procesos de erosión contribuyen a la desestabilización del talud y junto a eventos sísmicos podrían generar daños a la población y carreteras de las viviendas y/o infraestructuras ubicadas sobre los acantilados.



Figura 18. Imágenes tomadas con el dron, donde se puede visualizar viviendas ubicadas en el acantilado de la zona evaluada, las mismas que están asentadas sobre depósito de material aluvial y antrópico.



Figura 19. Fotografía tomada con el dron, donde se puede observar al I.E. Casa Vieja, ubicada a un metro del acantilado; también se puede observar que están depositando desmonte en la parte de atrás de dicha institución; así mismo se aprecia un muro de contención de 4 m de longitud y 3 m de altura.



Figura 20. Se observa: a) viviendas ubicadas al filo del acantilado una de cada sector, b) viviendas en media del acantilado (sobre el corte de ladera y sobre relleno de terreno), y c) viviendas ubicadas entre 2 m a 5 m al pie del acantilado.



Figura 21. Vista frontal tomada con el dron, donde se observa derrumbe en el talud inferior de la carretera afirmada, al pie del mismo se observa un canal de riego; el mismo que ocasionalmente el material caído obstruye.



Figura 22. Se observa que algunas viviendas actualmente deshabitadas y deterioradas, específicamente en las viviendas de adobe.



Figura 23. Se observa canal de riego, al costado de la carretera, cabe mencionar que un tramo de la misma se encuentra revestido con concreto como se observa en la figura a y c; también se observa un tramo de enrocado de forma rústica como en la figura b.



Figura 24. De la misma forma que en la figura anterior, se observa canal de riego de concreto al pie del acantilado; por donde discurre agua permanentemente.

Se observó que la mayoría de viviendas vierten sus aguas servidas, así como su desagüe aguas abajo, algunas de estas tuberías se encuentran dañadas y otras obsoletas (figura 24). También se observó viviendas deshabitadas por seguridad (figura 25)



Figura 25. De la misma forma que en la figura anterior, se observa canal de riego de concreto en la parte baja de las viviendas del sector de Lindero, el agua discurre permanentemente.



Figura 26. Viviendas deshabitadas, por temas de seguridad los propietarios abandonaron sus construcciones.

4.1.2. Factores condicionantes

- Pendiente pronunciada del acantilado Palmeritas, Lindero y Casa Vieja, presentan paredes de muy fuerte pendiente ($>40^\circ$).
- Configuración geomorfológica del área, manifestada en la presencia de un acantilado que alcanza hasta los 6 m de altura.
- Características de los suelos poco consolidados a 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 limoarcilla, secos e incompetentes; poco a medianamente compactados).

4.1.3. Factores desencadenantes

- SISMOS: La presencia de sismos de gran magnitud, que según el Mapa de distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva & Meneses, 1984), el departamento de Lima se encuentra ubicada en la zona 4 que corresponde a una sismicidad alta.

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 dentro del Informe Técnico N°A7099, (Lara, J., et al, 2020), haciendo referencia al estudio de Villegas 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 27).

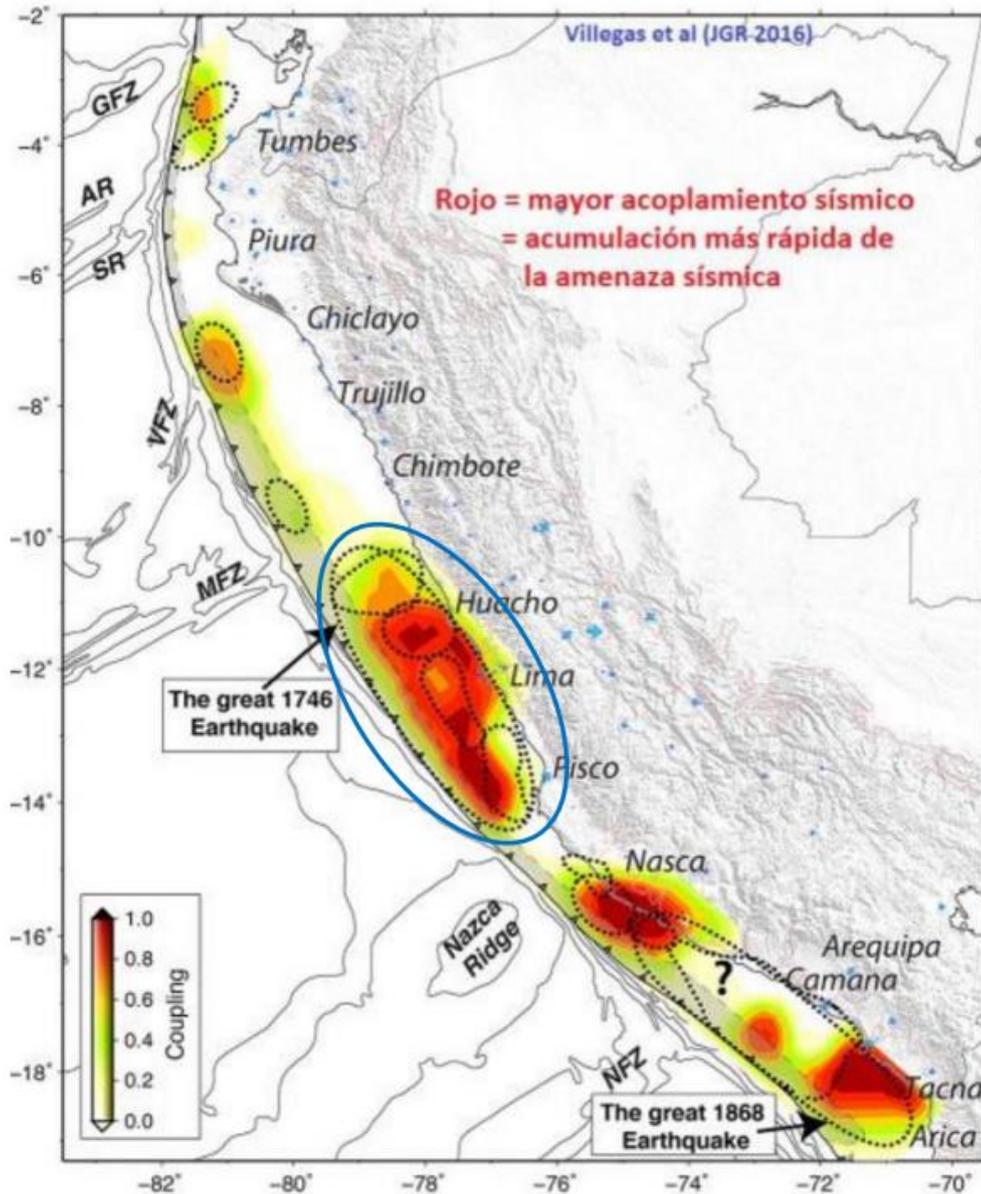


Figura 27. Distribución espacial de zonas de acoplamiento sísmico máximo (asperezas) en el borde occidental del Perú (Villegas et al., 2016).

4.1.4. 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 los pobladores de los sectores Palmeritas, Lindero y Casa Vieja hacia los acantilados y el riego de áreas verdes.
- Ocupación inadecuada de viviendas y presencia de silos (no cuentan con sistemas de desagüe).
- Actividad agrícola a menos de 5 a 7 metros de las viviendas ubicadas al pie del acantilado, en el que se remueve suelos para seguir cultivando.
- Los canales que se encuentran al costado de la carretera no cuentan con revestimiento de concreto por donde discurre el agua permanentemente; lo que podría estar generando la saturación de terreno.

4.1.5. Daños por peligros geológicos

El derrumbe, generó y podría generar los siguientes daños:

- Viviendas deshabitadas (Palmeritas 02, Lindero 05 y Casa Vieja 04), ubicadas próximas al acantilado.
- Afectó 8 m del canal de riego (ubicado al costado de la carretera).
- No se produjeron daños directos a personas.
- Podría afectar a la carretera principal, de continuar el proceso de derrumbe.

ANÁLISIS DEL PERFIL

En base al levantamiento fotogramétrico con dron y el modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS), se generó un esquema de la sección transversal del derrumbe del acantilado (figura 28), realizado con el objetivo de caracterizar el movimiento:

El perfil transversal A-A' (derrumbe), muestra el cuerpo de un derrumbe generado a partir de procesos de erosión, el cual se originó sobre depósitos aluvial indiferenciado. El estado del movimiento es activo caracterizado por un desnivel entre escarpa y pie de aproximadamente 6 m.

El factor detonante es el sismo. La combinación desfavorablemente es estos factores con las propiedades físico mecánicas de los materiales cuaternarios (de naturaleza poco consolidado a inconsolidado) y la pendiente de la ladera que en este caso es de muy fuerte (25° a 45°) inducen la ocurrencia de estos derrumbes.

Las dimensiones del acantilado donde se producen los derrumbes y el proceso de erosión de laderas, tienen una longitud de 2.63 km, con alturas variables de 1 a 6 m. estos procesos afectaron 11 viviendas y podría afectar más de 20; así como un tramo de la carretera y el canal de riego.

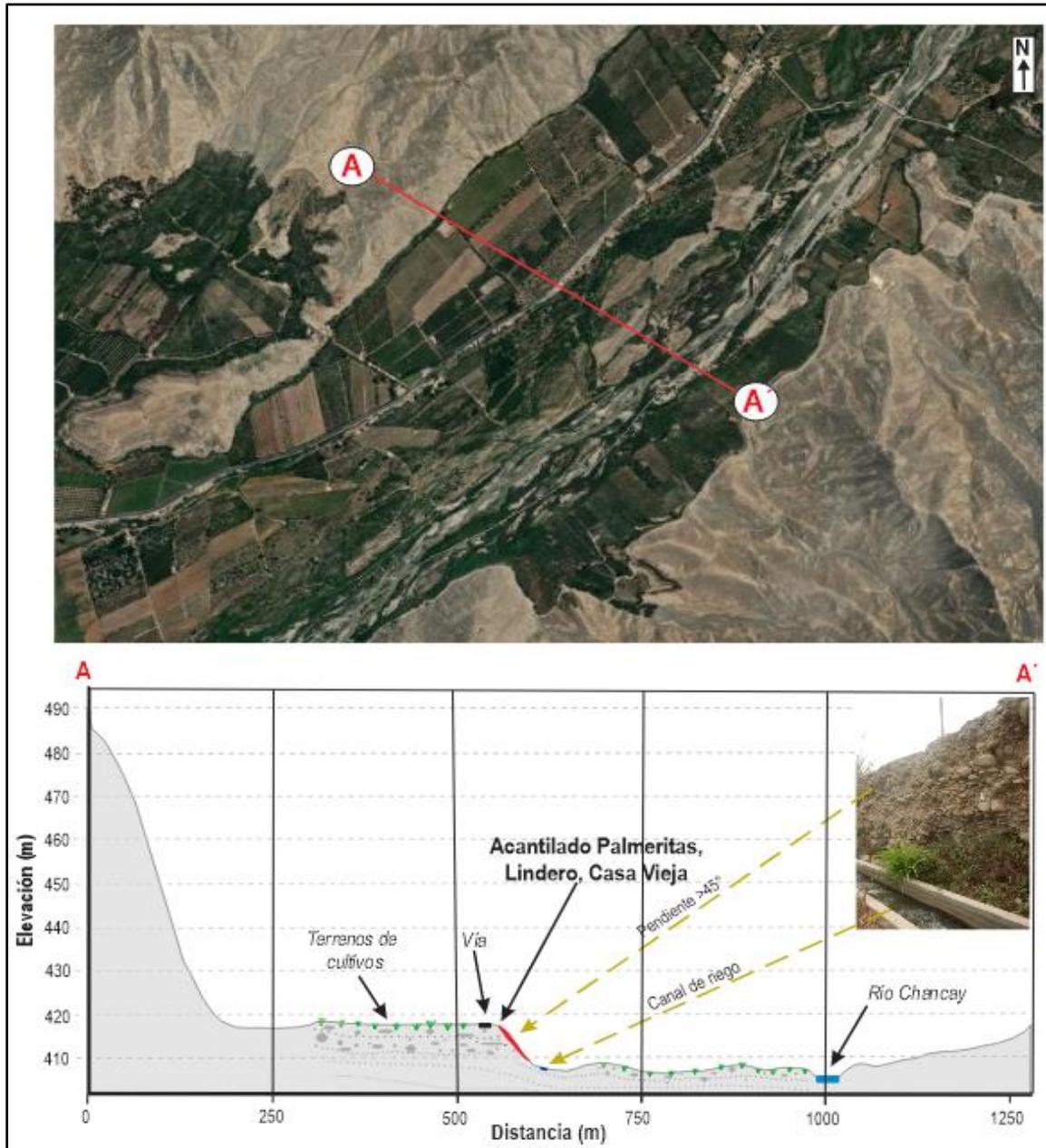


Figura 28. Esquema de sección del acantilado específicamente en Lindero.

5. CONCLUSIONES

- 1) En el acantilado Palmeritas, Lindero y Casa Vieja se encuentra ubicado en el distrito de Huaral, en terrenos considerados de alta susceptibilidad a inundación y erosión fluvial.
- 2) Las viviendas se asientan sobre depósitos poco consolidados a 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, proluviales aluviales y fluviales del río Chancay.
- 3) Geomorfológicamente el acantilado se encuentra sobre un relieve plano-ondulado cuya pendiente es menor a los 15° denominado como terraza aluvial indiferenciado, presenta paredes con pendiente muy fuerte (25°-45°), de hasta 6 m de altura, denominado acantilado, ubicado en la margen derecha del río Chancay.
- 4) 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).
- 5) Los derrumbes identificados en el acantilado 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. Mientras que el factor desencadenante es la actividad sísmica. También se debe considerar la exposición por la ocupación urbana no planificada
- 6) Por las condiciones geodinámicas (presencia de movimientos en masa y procesos de erosión de laderas), geológicas (depósitos cuaternarios), la configuración geomorfológica (laderas con pendiente fuerte a muy escarpado, se considera al acantilado Palmeritas, Lindero, Casa Vieja de **Peligro Moderado**, donde se pueden producir nuevas reactivaciones de movimientos en masa.

6. RECOMENDACIONES

1. No permitir la construcción de ningún tipo de infraestructura o edificación sobre los depósitos antropógenos (antrópicos), ni mucho menos en el borde del acantilado que forma este depósito.
2. 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.
3. Mejorar el sistema de drenaje y vertimiento de aguas servidas hacia el río, debido a que la filtración de agua genera inestabilidad del terreno y erosión por las aguas. Estos trabajos deben ser diseñados y dirigidos por profesionales con experiencia en el tema, esta recomendación irá de la mano con las mencionadas líneas arriba, desarrolladas en el anexo 2.
4. 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.

Ing. NORMA LUZ SOSA SENTICALA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET

Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

7. BIBLIOGRAFÍA

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.

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.

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., 1 CD-ROM.

Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

Cobbing, E. (1973), Boletín N° 26, serie A: Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta (hojas 22-h, 22-i, 22-j, 23-h, 23-i, 23-j). INGEMMET, 6 mapas.

Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017) – Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de Población; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. (Consulta: Junio 2021). Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf

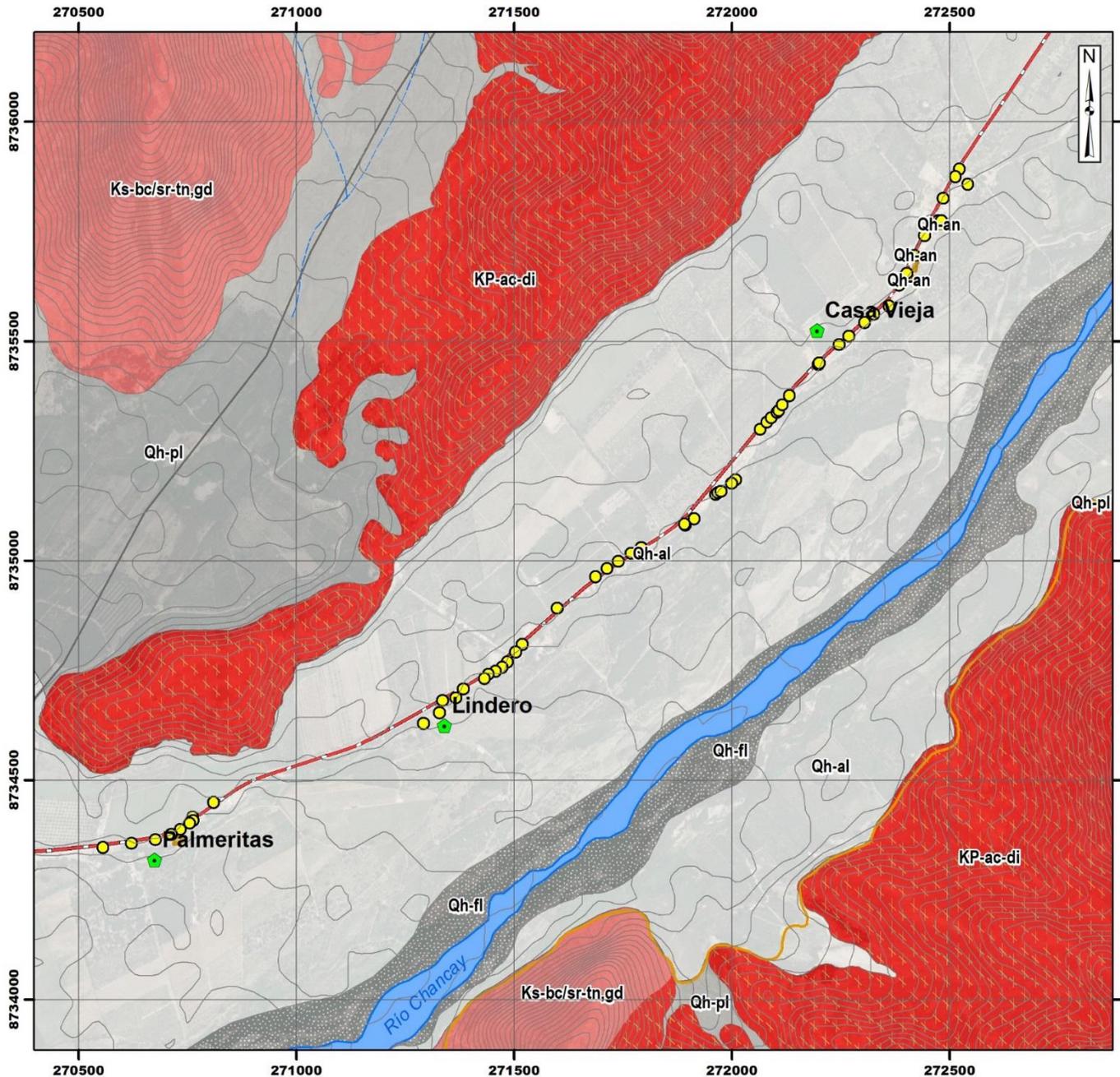
Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016) - Decreto supremo N° 003-2016-VIVIENDA: Decreto supremo que modifica la norma técnica E.030 “diseño sismoresistente” del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con decreto supremo N° 002-2014-VIVIENDA. El Peruano, Separata especial, 24 enero 2016, 32 p.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2020) – SENAMHI. (consulta: agosto 2021). <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>.

Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrológica, SENAMHI (2020) – Mapa de clasificación climática del Perú (Texto). Lima, Perú. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2185020/Climas%20del%20Per%C3%BA%3A%20Mapa%20de%20Clasificaci%C3%B3n%20Clim%C3%A1tica.pdf>

Callo, W. et al. (2021). Boletín N° 35, serie D: Estudios Regionales (2021), Características litogeoquímicas y petrográficas en los bordes norte y sur del segmento Lima –Batolito de la Costa, comparada con el sureste de China.

ANEXO 1: MAPAS



- SIMBOLOGÍA**
- Centro poblado
 - Via provincial
 - Via vecinal
 - Río Chancay
 - Limite distrital
 - Área de estudio
 - Curvas de nivel
 - Quebrada
 - Falla inferida
 - Puntos de control

LEYENDA		
Era	Sistema	Unidades litoestratigráficas
Cenozoico	Cuaternario	Qh-al Depósito aluvial
		Qh-fl Depósito fluvial
		Qh-pl Depósito proluvial
		Qh-pl Depósito antropogeno
Mesozoico	Cretácico	KP-ac-di Diorita
		Ks-bc/sr-tn,gd Tonalita granodiorita

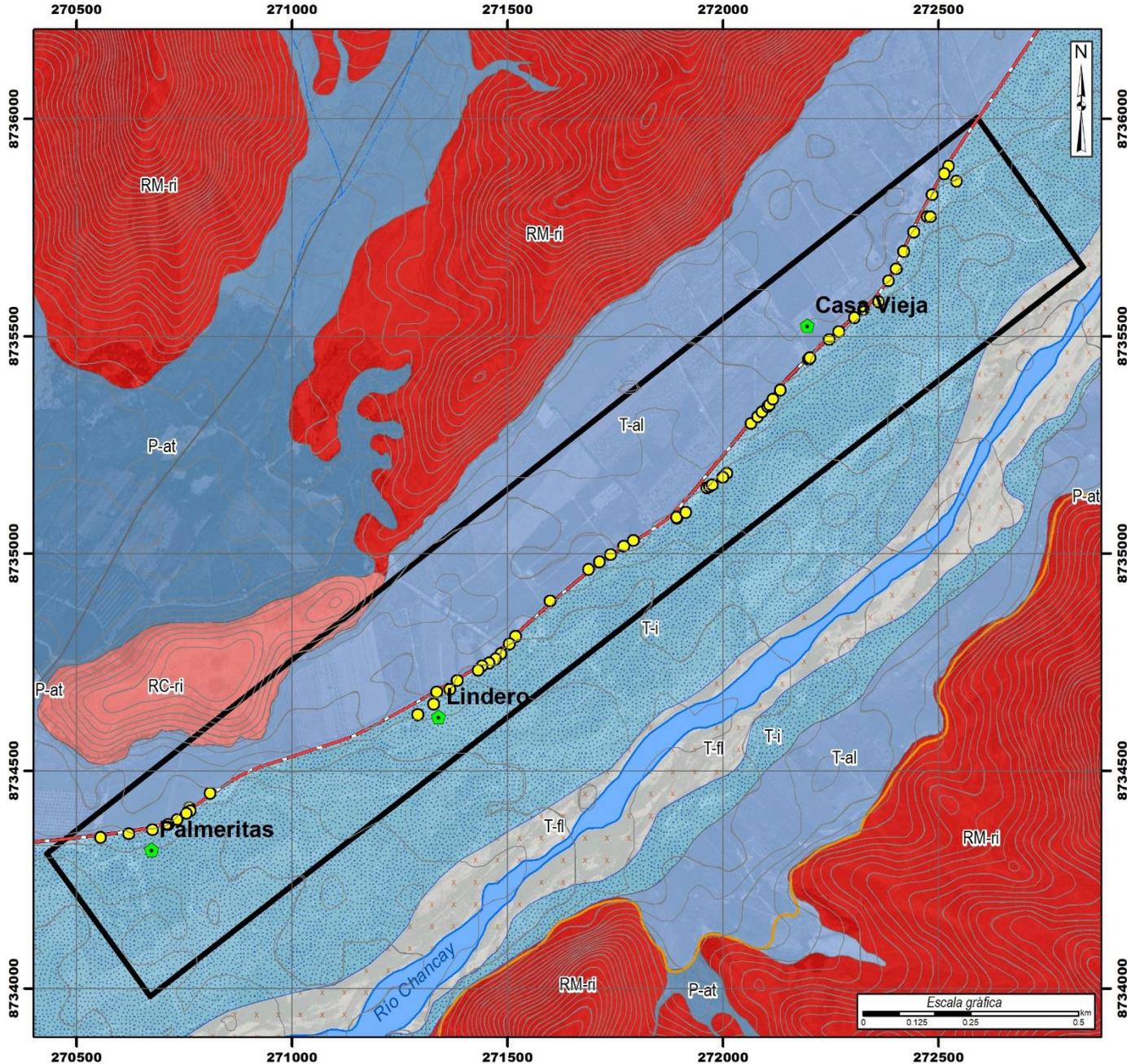
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: LIMA
 PROVINCIA: HUARAL
 DISTRITO: HUARAL

MAPA GEOLÓGICO

Escala: 1/12.000	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA 01
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Marzo, 2022	



- SIMBOLOGÍA**
- ★ Centro poblado
 - Vía provincial
 - Vía vecinal
 - Río Chancay
 - Limite distrital
 - Área de estudio
 - Curvas de nivel
 - Quebrada
 - Falla inferida
 - Puntos de control

LEYENDA

Código	Unidades geomorfológicas
RM-ri	Relieve montañoso de roca intrusiva
RC-ri	Relieve colinado de roca intrusiva
P-at	Subunidad de vertiente o piedemonte aluvio torrencial
T-al	Terraza aluvial
T-i	Terraza indiferenciada
T-fi	Terraza fluvial
Dan	Depósito antrópico

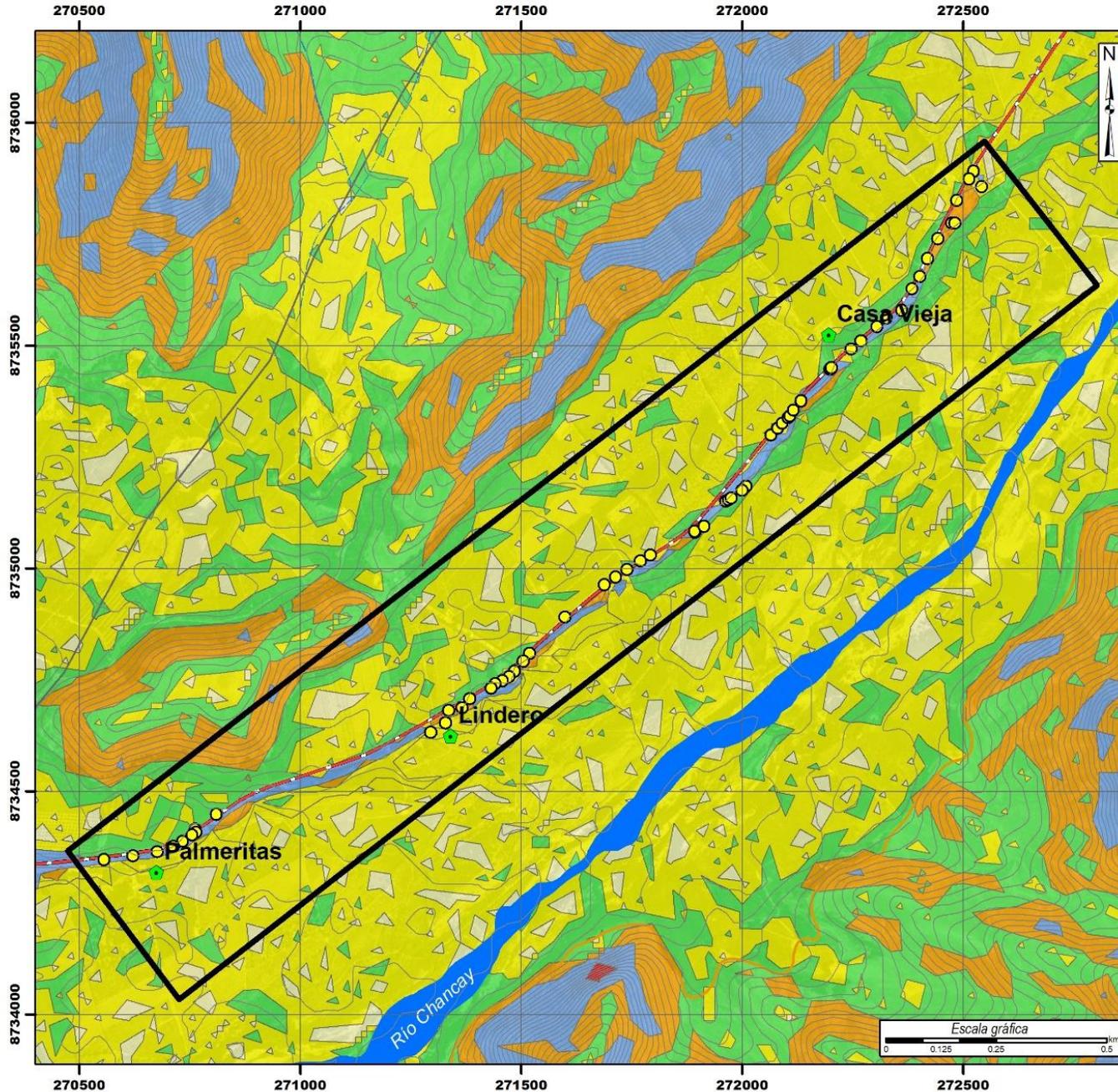
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: LIMA
 PROVINCIA: HUARAL
 DISTRITO: HUARAL

MAPA GEOMORFOLOGICO

Escala: 1/12,000	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA 02
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Marzo, 2022	



SIMBOLOGÍA

- Centro poblado
- Via provincial
- Via vecinal
- Río Chancay
- Limite distrital
- Área de estudio
- Curvas de nivel
- Quebrada
- Falla inferida
- Puntos de control

RANGOS DE PENDIENTE

0° - 1°	Terreno llano
1° - 5°	Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°	Pendiente moderada
15° - 25°	Pendiente fuerte
25° - 45°	Pendiente muy fuerte o escarpada
>45°	Terreno muy escarpado

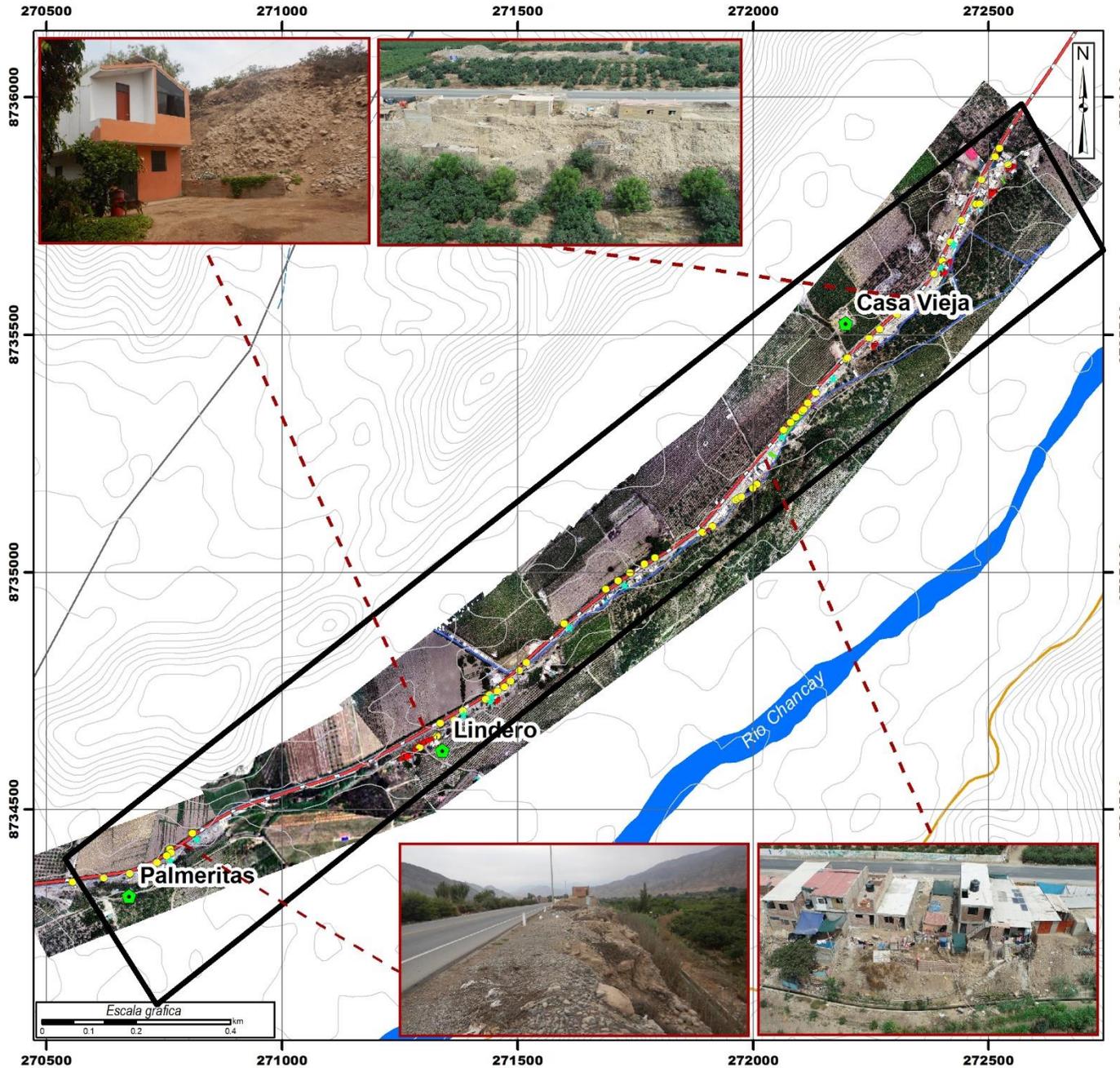
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: LIMA
 PROVINCIA: HUARAL
 DISTRITO: HUARAL

MAPA DE PENDIENTE

Escala: 1/12,000	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA 03
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Marzo, 2022	



SIMBOLOGÍA

- Centro poblado
- Vía provincial
- Vía vecinal
- Río Chancay
- Límite distrital
- Área de estudio
- Curvas de nivel
- Quebrada
- Puntos de control
- Canal de riego
- Depósito antrópico
- ★ Vivienda afectada

PELIGROS GEOLÓGICOS

- Derrumbe
- Erosión de ladera

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: LIMA
 PROVINCIA: HUARAL
 DISTRITO: HUARAL

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS

Escala: 1/11,000	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	04
Versión digital 2022	Impreso: Marzo, 2022	

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Medidas de Prevención y Mitigación

A partir de la evaluación geológica-geodinámica realizada, se dan algunas propuestas de intervención de forma general para la zona evaluada. Se debe considerar la prohibición de expansión urbana hacia los acantilados, como medidas de prevención y mitigación ante futuros eventos que puedan causar desastres en las paredes del acantilado.

Para los bloques sueltos

- **Pantallas metálicas:** En taludes naturales de pendiente media, bajo un acantilado de gran altura, resultan muy convenientes las pantallas metálicas para la intercepción 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 1). 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.



Fotografía 1. Ejemplo de barrera dinámica.

- **Mallas ancladas:** es un sistema de protección frente a desprendimientos rocosos o que cubre la superficie afectada del talud/ladera por medio de una malla de alambre de acero galvanizado de triple torsión, reforzada con anclajes cortos dispuestos en una grilla, que además se vinculan diagonal y perimetralmente por los extremos con cables de acero (fotografía 2).

Debe tenerse en cuenta que los anclajes de mallas protegen de la caída de bloques superficiales, pero no representan estabilidad para el caso de fallas de bloques grandes o movimientos de grandes masas de suelo o roca. Todos estos elementos poseen recubrimiento anticorrosivo salvo los elementos de anclaje (bulones intermedios, los anclajes superiores, tuerca y placas de anclaje).



Fotografía 2. Control de caída de rocas utilizando mallas ancladas.

- **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, 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 establezca el talud sin un considerable movimiento de tierras.

ANEXO 3: FORMATO DE DESCRIPCIÓN DE SUELOS SUPERFICIALES

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES													
TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL		Eluvial		Lacustre	GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES		PLASTICIDAD		
		Deluvial		Marino	15	Bolos	X	Esférica		Redondeado	X	Alta plasticidad	
		Coluvial		Eólico	40	Cantos		Discoidal	X	Subredondeado	X	Med. Plástico	
	X	Aluvial		Orgánico	20	Gravas		Laminar		Anguloso		Baja Plasticidad	
		Fluvial		Artificial		Gránulos		Cilíndrica	X	Subanguloso		No plástico	
		Proluvial		Litoral	10	Arenas		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE %	
		Glaciar		Fluvio glacia	6	Limos		Masiva		Harinoso		Materia Orgánica	Intrusivos
					9	Arcillas		Estratificada		Arenoso		Carbonatos	Volcánicos
								Lenticular		Aspero		Sulfatos	Matamórficos
												X	Sedimentarios
COMPACIDAD						CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.							
SUELOS FINOS			SUELOS GRUESOS			SUELOS GRUESOS			SUELOS FINOS				
Limos y Arcillas		Arenas		Gravas		GW	GC	ML	CH				
X	Blanda		Suelta		Suelta								
	Compacta	X	Densa	X	Med. Consolidada	X	GP	SW	CL	OH			
	Dura		Muy Densa		Consolidada		GM	SP	OL	PT			
					Muy Consolidada		SM	SC	MH				