SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico Nº A6988

EVALUACIÓN POR PELIGRO DE EROSIÓN MARINA EN EL BALNEARIO DE HUANCHACO

Región La Libertad
Provincia Trujillo
Distrito Huanchaco

ENERO
2020

VERSIÓN N° 001 CARÁTULA DE INFORME TÉCNICO - INGEMMET / 23.01.20

INDICE

RESUMEN 1
1.INTRODUCCIÓN 2
2. ANTECEDENTES 2
3. GENERALIDADES 3
3.1 Objetivos 3
3.2 Metodología 4
3.3 Ubicación y accesibilidad 5
3.4 Población y actividades económicas 6
3.5 Clima 6
3.6 Hidrografía 7
4. GEOMORFOLOGÍA 8
4.1. Metodología para obtener un mapa geomorfológico 9
4.2. Clasificación de unidades geomorfológicas 10
4.3. Unidad de geoformas particulares 10
4.4. Unidad de Planicies 10
4.5. Unidad de Geoformas eólicas 11
5. GEOLOGÍA 13
5.1. Geología Regional 13
5.2. Geología Local 13
6. GEODINÁMICA 15
6.1. Caracterización de peligros geológicos 16
CONCLUSIONES 29
BIBLIOGRAFÍA 31
ANEXOS 32

EVALUACIÓN POR PELIGRO DE EROSIÓN MARINA EN EL BALNEARIO DE HUANCHACO

(Distrito de Huanchaco, provincia de Trujillo, región La Libertad)

RESUMEN

Los peligros geológicos, ocurren en cualquier región, ocasionan desastres debido a la exposición antrópica es decir afectan, en diferente grado a las poblaciones, vías de comunicación, infraestructura hidráulica, etc., generando altos costos en los trabajos de recuperación de las zonas afectadas, sumándose a estas consecuencias, la pérdida de vidas humanas y económicas, así como la interrupción de las actividades socio-económicas y comerciales.

Es por ello que este estudio tiene como objetivo evaluar y caracterizar los peligros geológicos a los que están expuestos la población del Balneario de Huanchaco, provincia de Trujillo, región La Libertad, mediante la cartografía de las unidades geológicas y geomorfológicas que predominan localmente, así como el análisis de las causas que lo originan, además de la identificando de daños y zonas críticas expuestas a ser afectadas por dichos eventos geológicos.

El balneario de Huanchaco se encuentra expuesto a: peligro por flujo de detritos en el sector María del Socorro (sureste de Huanchaco), donde la población ha invadido con la construcción de sus viviendas el cauce de quebrada estacional de Huanchaco originada por la unión de las quebradas estacionales “Río Seco y León dormido”, este peligro también se identificó en el acantilado aluvial, erosionado por escorrentías superficiales en épocas de lluvias intensas, sobre el cual se asientan parte de las viviendas de la última cuadra del balneario de Huanchaco.

De otro lado la erosión marina es otro tipo que ocurre en la zona de estudio; el cual se extiende a lo largo de 3000 m de litoral costero afectando el muro del malecón y produciendo inundando marina en la carretera Víctor Larco y en la zona del Boquerón, en épocas de oleaje anómalo.

La parte baja del balneario de Huanchaco se asientan sobre depósitos aluviales y marinos, con pendientes bajas a muy bajas descendentes en dirección hacia el mar.

En base a la inspección geológica e identificación general de daños, elementos expuestos y análisis de causas debido a la ocurrencia de los peligros geológicos en dicho balneario, se debe considerar las medidas de control y prevención estructural o no estructural (administrativas), recomendadas en este informe para atenuar sus efectos o impactos en la población.

1.INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), en el marco del cumplimiento de sus funciones, efectúa como ente técnico-científico y parte del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD) el estudio de los peligros geológicos, que afectan a los centros poblados y obras de infraestructura en el territorio nacional, brindando información oportuna en apoyo al Gobierno Nacional, Gobiernos Regionales, Locales y comunidades.

Ante la inusual ocurrencia del evento climático denominado “Niño Costero”, la magnitud del desastre registrado en nuestro país, y en el cumplimiento del Decreto de Urgencia N°008-2017.

El Gobierno Regional de La Libertad a través de la gerencia de Vivienda, Construcción y Saneamiento solicitó al INGEMMET, realizar la “Evaluación geológica, geomorfológica y geodinámica por peligros geológicos en el balneario de Huanchaco, primordialmente por erosión marina.

El Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET, asignó al ingeniero geólogo Edinson Ramos Silva especialista de dicha área, para que realice dicha inspección, en cooperación con representantes de la gerencia del área de vivienda, construcción y saneamiento del gobierno regional de La Libertad y un representante de Defensa Civil del distrito de Huanchaco, durante 2 días.

La información que se otorga en este informe, se da a consideración de la comunidad científica y técnica, autoridades, para la toma de decisiones en temas de prevención ante la ocurrencia de peligros geológicos o de origen natural, información que constituye la base para desarrollar proyectos futuros de reordenamiento territorial preventivo y desarrollo sostenible de las comunidades. También se pone a disposición del Ministerio de Vivienda y Construcción, Transporte y Comunicaciones, Defensa, Agricultura, Educación y Salud, Autoridad Nacional del Agua (ANA) e instituciones del SINAGERD, para que de alguna manera se propongan políticas, programas y acciones de prevención.

2. ANTECEDENTES

Como trabajos anteriores se ha recopilado estudios de temas geológicos y de riesgos geológicos realizados en la región La Libertad, información técnica necesaria para la elaboración del siguiente informe, tales como:

- Cuadrángulo Geológico de Trujillo, Hoja:17e (H. Jaén & L. Vargas,1967): en el cual muestra información de la cartografía geológica de Trujillo a escala 1:100 000.
- Boletín Geológico de los cuadrángulos de Puemape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa, (Hojas: 16-d, 16-e,16-f,17-e,17-f,18-f), realizado por el Servicio de Geología y Minería (H. Jaén & L. Vargas,1967), informe en el cual se detallan aspectos geológicos, geomorfológicos y estructurales a escala 1:100 000.
- El estudio de Riesgo Geológico en la región La Libertad, Boletín N°50 serie C realizado por Medina *et al.,* (2012): evalúa los peligros geológicos por movimientos en masa e inundaciones, que afectan a la región.
  Su objetivo principal es contribuir a la gestión de riegos de desastres, con el tema y cultura de prevención recomendando obras de mitigación estructural en los puntos críticos susceptibles a eventos geodinámicos.

Vílchez *et ál.* (2007), manifiesta que la erosión marina es el fenómeno que produce el desgaste de las formaciones rocosas por acción del oleaje y corriente marina al borde del litoral costero y para disminuir su capacidad erosiva, se han de construido muros rompeolas.

- Según el proyecto de ley N°197/2016 CR: Declara de interés nacional la problemática de la erosión costera en las playas del litoral peruano, con la finalidad de recuperar, preservar y mantener las playas y de esta manera sean utilizadas como áreas de recreación pública al alcance de todos, sean instrumento económico local y regional, generando empleo en base al turismo interno y externo, como también salvaguardar la vida y la salud de las personas e inmuebles de las poblaciones aledañas al mar.

- Peligros Geológicos y Geohidrológicos detonados por el Niño Costero 2017 en la Región de La Libertad-Cajamarca: Análisis Geológico, Geomorfológico y Peligros en la Ciudad de Trujillo, Informe técnico N°A6791 (Medina *et al.,* 2017): Este informe describe los peligros geológicos registrados en las zonas mencionadas, activados por las lluvias extremas de El Niño Costero 2017, menciona la ocurrencia de flujos de detritos (huaicos) por reactivación de la quebrada León Dormido que afectó al distrito de Huanchaco.

Cuadro N°1 Evento originado con el Fenómeno El Niño Costero

Tipo de peligro	Centro poblado/distrito/provincia	Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Flujo de detritos	A.A.H.H. Virgen del Socorro (Huanchaco/Trujillo) 41020	Relieve conformado por depósitos proluviales compuestos de gravas, arenas, limos y arcillas. -Terreno llano ligeramente inclinado al sureste. -El área afectada pertenece al cauce seco de la quebrada del León que se activa con fuertes precipitaciones pluviales y que actualmente se encuentran urbanizadas.	La reactivación de la quebrada del León provocó inundaciones en la zona. Afectó viviendas, calles, avenidas y erosionó la carpeta asfáltica de la vía de Evitamiento o vía Panamericana Norte.	Captar y canalizar las aguas y los flujos provenientes de la quebrada León dormido, considerando su cauce antiguo. Para realizar la canalización se debe reubicar las viviendas asentadas en antiguo cauce de quebrada.

Fuente: Lucio Medina & Jhoel Gonzales (2017)

También de este estudio se obtuvo información geológica y geomorfológica como referencia a escala 1: 25 000.

3. GENERALIDADES

3.1 Objetivos

a) <u>Objetivo general</u>

Realizar la evaluación geológica, geomorfológica y geodinámica para la identificación de peligros geológicos tales como; flujos de detritos, erosión pluvial y erosión marina, para caracterizarlos e identificar sus causas de ocurrencia.

b) Objetivos específicos

- Obtener información del origen, causas y efectos de ocurrencia del evento.
- Realizar la cartografía respectiva de los eventos geodinámicos presentes en la zona de estudio.
- Identificar zonas críticas y elementos expuestos para tener un alcance de la vulnerabilidad ante la ocurrencia del peligro geológico.
- Recomendar medidas estructurales y no estructurales para la mitigación de los efectos por interacción del peligro geológico y de los elementos expuestos.
- Generar información geocientífica que contribuya a los planes de ordenamiento territorial y desarrollo nacional, que permita a las autoridades y la población implementar planes de prevención de desastres.

3.2 Metodología

La metodología para el desarrollo del estudio comprendió en 3 etapas: Gabinete I, Campo, Gabinete II, descritos a continuación.

a) Gabinete I:

Los trabajos de gabinete I consistieron en:

- Recopilación y evaluación de información bibliográfica, topográfica, hidrometeorológica, geológica, sísmica, hidrogeológica, sobre uso de suelo, e información de registros de peligros geológicos históricos de desastres.
- Elaboración del mapa topográfico base, generado mediante el procesamiento de información geográfica (SIG), a partir de un modelo digital de terreno (MDT) obtenido del *Alaska Satellite facility* procesado y corregido.
- Generación de mapas temáticos preliminares para su respectiva comprobación de campo a escala 1.7500.
- Recopilación de mapas geológicos de la zona a escala 1.50000 y 25000, extraídas de la base de INGEMMET.
- Interpretación de imágenes satelitales Google Earth y Sas Planet de la zona de estudio.

b) Campo

La inspección técnica de campo tuvo una duración de 2 días en el sector costero del balneario de Huanchaco, donde se realizaron las siguientes actividades:

- Caracterización y cartografía de los eventos geodinámicos.
- Evaluación de la seguridad física de centros poblados, obras de ingeniería no lineales y determinación de zonas críticas.
- Caracterización y cartografía de unidades litoestratigráficas y geomorfológicas.
- Coordinación con las autoridades distritales de Huanchaco y sus dirigentes comunales con la finalidad de difundir el estudio y sensibilización sobre la temática de prevención de desastres.

c) Gabinete II:

Los trabajos de gabinete II consistirán en las siguientes etapas:

- Procesamiento y depuración de datos según la comparación de la información obtenida en las etapas de Gabinete I y Campo.

- Elaboración y preparación mapas temáticos finales a escala 1.8000, tomando como referencia la cartografía geológica a escala 1:50 000 del INGEMMET, de la zona de estudio como mapa de: geología, geomorfología, de peligros geológicos, entre otros.
- Inventariado local de peligros geológicos, elementos expuestos y análisis de diseño sismo resistente de edificaciones según norma E.0.30.
- Preparación y redacción del informe final.

3.3 Ubicación y accesibilidad

Como referencia a la antigua Municipalidad distrital de Huanchaco, la zona inspeccionada se encuentra en la faja litoral costera, a 10.8 km al noroeste de la ciudad de Trujillo en línea recta, pertenece al distrito de Huanchaco, provincia de Trujillo, región La Libertad, específicamente en las coordenadas UTM, DATUM WGS84; 706982E, 9106396N, 14 m s.n.m.

Para llegar al balneario de Huanchaco se parte de la ciudad de Trujillo, desde la plaza de armas hasta el Ovalo Víctor Larco Herrera, siguiendo la Av. del mismo nombre para luego dirigirse por la carretera pavimentada Panamericana Norte hasta llegar al destino, recorriendo una distancia de 15.5 km, empleando un tiempo aproximado de 23 minutos. (Figura 01).

El distrito de Huanchaco limita por el norte con la provincia de Ascope, por el sur con el distrito de Trujillo y Víctor Larco Herrera, por el este con el distrito de El Porvenir y La Esperanza, por el oeste con el Océano Pacífico, ver Mapa 1.1 (Anexo 01).

-El itinerario de trabajo fue el siguiente:

Ruta	**Vía**	**Recorrido-Tiempo**
Distrito de Trujillo-Huanchaco	Av. Víctor Larco Herrera-Panamericana Norte-Vía Huanchaco	15.5 km-23 minutos

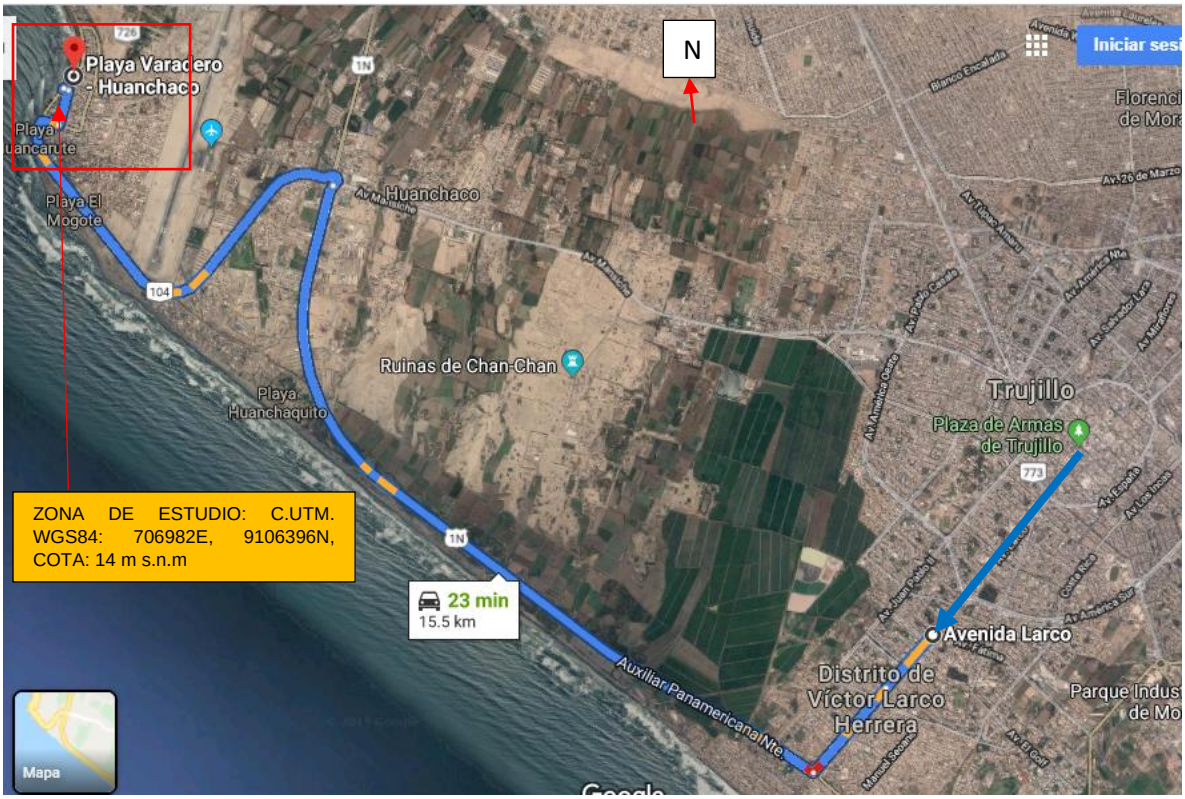


Figura 01. Ubicación de la zona de estudio (Balneario de Huanchaco). Fuente: Google Map.

3.4 Población y actividades económicas

El distrito de Huanchaco está integrado por los sectores de Las Lomas, María del Socorro, El Tablazo, El Boquerón, Huanchaquito Aeropuerto, Cerro La Virgen, El Milagro, Villa del Mar entre otros. Según el censo del 2017 del INEI, el distrito alberga 68 409 habitantes en un área total de 333.9 km^2 y una densidad poblacional de 204.88 hab/km^2.

La zona estudiada presenta 7km^2 y 16 000 habitantes aproximadamente (Universidad Privada del Norte, 2014).
Su principal actividad económica es el turismo, por lo que hay múltiples hoteles y restaurantes con vista al mar, seguido de la pesca artesanal en caballos de totora para el autoconsumo etc.

3.5 Clima

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI 2015-2019), de la estación meteorológica de "Trujillo"[1], se obtuvo datos de temperatura promedio anual entre 23 y 26°C, durante el día y por las noches su temperatura mínima promedio anual es entre 17° y 19°, disminuyendo unos grados en los meses de junio a agosto a pesar de ser una estación seca es la época más fría del año, mientras que en los meses de diciembre a abril son los meses más calurosos aumentando la temperatura a 28.7°.

Tiene una precipitación máxima acumulada mensual de 0.9 a 1.6 mm y durante el evento de El Niño 2017 el mes de marzo fue el más lluvioso, donde se registró una precipitación máxima acumulada de 28.7 mm (Cuadro 02).

[1] La Estación de Trujillo se encuentra ubicada a 14.4 km al sureste de la Municipalidad de Huanchaco, en las coordenadas geográficas: Latitud 8°6' 43.29"S, Longitud 78°59'6.36"W y en la cota: 44 m s.n.m.

Cuadro 02

Registro de temperaturas máximas, mínimas y precipitaciones pluviales máximas mensuales acumuladas en la zona de estudio
(Distrito de Víctor Larco-Periodo 2015-2019)

Estación Meteorológica (Tipo convencional): Trujillo													
Departamento:		La Libertad	Provincia:	Trujillo	Distrito:	Laredo	Latitud	8° 6' 43.29"	Longitud:	78° 59' 6.36"	Altitud:		44 m s.n.m
AÑO	Parametros	MESES											
		ENE	FEBR	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2015	T°.Max.Prom.C°	26.9	28.7	29.2	28.1	26.6	25.7	24	23	24.2	24.4	25.7	26.6
	T°.Min.Prom.C°	19.2	21.2	20.9	19.2	20.3	20.4	17.7	17	17.5	17.9	18.9	20.3
	P.Max.Acum.Men	1.9	1.5	1.2	0.9	0.9	0	0	0	0	0.2	0.3	1.6
2016	T°.Max.Prom.C°	27.3	29.5	29.7	27.2	24.3	23.1	22.6	22.8	22.6	23.6	23.8	25.7
	T°.Min.Prom.C°	21.3	22.4	21.4	19.6	17.3	15.2	14.7	15.6	16.0	15.5	14.9	17.3
	P.Max.Acum.Men	0.0	10.2	0.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	T°.Max.Prom.C°	28.4	30.5	30.5	27.5	25.9	23.7	22.6	20.9	20.7	21.0	22.4	24.7
	T°.Min.Prom.C°	20.3	22.5	23.0	20.0	18.8	16.5	15.8	15.2	14.8	14.6	14.6	16.7
	P.Max.Acum.Men	0.3	5.9	28.7	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
2018	T°.Max.Prom.C°	26.3	27.6	26.4	25.7	22.7	20.8	20.9	20.6	21.1	22.8	23.6	25.4
	T°.Min.Prom.C°	18.0	18.9	18.0	18.0	16.8	16.4	16.1	15.4	15.5	15.7	17.6	18.3
	P.Max.Acum.Men	1.6	2.2	0.0	4.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	3.7
2019	T°.Max.Prom.C°	28.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	T°.Min.Prom.C°	20.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	P.Max.Acum.Men	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: SENAMHI (2015-2019)

Según el estudio realizado por el Instituto de investigación en desastres y medio ambiente IIDMA, (2002): describen que la humedad relativa tiene un régimen casi uniforme a lo largo del año, presentando solamente una oscilación de 2,6 %. En términos generales se verifica que la humedad relativa es mayor durante el invierno (88 %) que en el verano (77%), lo que da un promedio anual de 83, 5%.

3.6 Hidrografía

El área de estudio se encuentra ubicada en la parte media y terminal de la intercuenca 137719 con un área estimada de 672 km^2, por donde las quebradas estacionales de “Río Seco” y “ León Dormido” surcan la planicie aluvial de NE-SO y se unen a inmediaciones de la localidad del Milagro, reactivándose en periodos de lluvias intensas como las del evento de El Niño Costero, limita hacia el sur con la cuenca hidrográfica del río Moche y por el norte con la cuenca hidrográfica del río Chicama (Figura 02).

Figura 02. Cuenca del río Moche e Intercuenca 137719.

4. GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología estudia las diferentes formas de relieve de la superficie terrestre (geoformas) y los procesos que las generan, este relieve es el resultado de la interacción de fuerzas endógenas y exógenas. Las primeras actúan como creadoras de grandes elevaciones y depresiones producidas fundamentalmente por movimientos en masa de componente vertical, mientras que, las segundas, como desencadenantes de una continua denudación que tiende a rebajar el relieve originado, estos últimos llamados procesos de geodinámica externa se agrupan en meteorización, erosión, transporte y sedimentación (Gutiérrez, 2008).

El estudio de los procesos geológicos se efectúa en un sistema proceso-respuesta, ya que intervienen agentes modeladores que van a originar nuevas geoformas y depósitos

resultantes, es por ello que se considera importante el análisis de las geoformas en determinado lugar, ya que guardan información para saber cómo actuaron los procesos geológicos en el pasado y en su formación (Fuente propia 2019).

La región La Libertad desde el punto de vista morfoestructural, presenta el 80% de dominio andino, significando que las fuerzas exógenas han actuado relevantemente sobre esta zona obteniendo el relieve actual, siendo influenciada por procesos de geodinámica interna (magmáticos, volcánicos, tectonismo), levantamiento y contracción de la Cordillera de los Andes, seguido fuerte erosión fluvial y glaciar.

4.1. Metodología para obtener un mapa geomorfológico

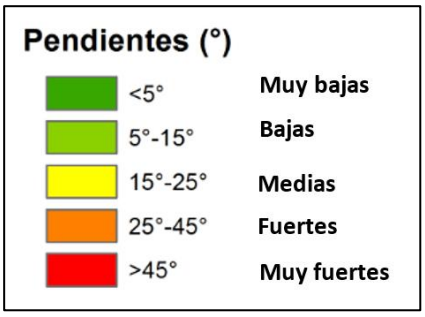
Se realiza una interpretación de imágenes satelitales y la cartografía local de la unidades geomorfológicas identificadas en campo, para luego en gabinete generar mapas digitales de elevaciones (MDE) y luego de pendientes, que nos ayudarán a clasificar, corroborar y digitalizar las geoformas presentes en el área de estudio a través del procesamiento de un modelo digital del terreno (MDT), obtenidos del geoservidor del MINAM, Alaska Facility, o por el procesamiento del levantamiento fotogramétrico con VANT y haciendo uso del software ARCGIS, sistema de geoprocesamiento de información geográfica (SIG).

Para la clasificación de rangos de pendientes de un relieve expresados en grados o porcentajes se usaron los rangos obtenidos del geoprocesamiento de pendientes en el software ARCGIS.

Es muy importante conocer este parámetro ya que influye en la formación de los suelos y condiciona el proceso erosivo, puesto que, mientras más pronunciada sea la pendiente, la velocidad del agua de escorrentía será mayor, no permitiendo la infiltración del agua en el suelo (Belaústegui, 1999), ver Mapa 1.2 y 1.3 (Anexo 01).

Según la tabla de pendientes (Cuadro 03), se determinó que la zona de estudio presenta pendientes muy bajas a muy fuertes, esto ayudo a delimitar las geoformas de la zona de estudio.

Cuadro 03
Rangos de pendientes del terreno



Fuente: Elaboración propia, 2019

4.2. Clasificación de unidades geomorfológicas

Las geoformas son unidades independientes que conforman un relieve, están compuestos por materiales que brindan información de su dinámica de formación, presentan características morfoestructurales tales como: forma, altura, pendientes, drenaje, vegetación, color, textura, etc., que las diferencian una de otras.

Estos parámetros son determinantes para poder identificar una geoforma de manera visual o instrumental, además poder clasificarlas según su origen ya sea depositacional, denudacional o estructural relacionándolos con sus procesos geológicos de formación.

El área de estudio se encuentra la región Chala o Costa entre las cotas de 0 m s.n.m., a 500 m s.n.m., donde se han diferenciado las siguientes unidades geomorfológicas, según lo interpretado de imágenes satelitales de Google Earth y la cartografía geomorfológica, ver Mapa 1.4 (Anexo 01).

4.3. Unidad de geoformas particulares

Estas geoformas peculiares se encuentran frente al litoral costero, entre ellas tenemos:

4.3.1. Subunidad de faja litoral (F-l)

Geoforma de origen depositacional y erosional a la vez, generadas por la acción marina (olas), se presentan en forma de extensiones longitudinales limitan desde el borde litoral hasta un ancho aproximado de 250 m, están conformadas por arenas con fragmentos achatados de rocas polimícticas, presentan pendientes muy bajas, (Figura 03).

Figura 03. Faja litoral o playa se encuentra como una escasa franja frente al mar del Balneario de Huanchaco. Fuente: Elaboración propia 2019

4.4. Unidad de Planicies

Son áreas planas con ligera inclinación, susceptibles a ser inundadas, ya sea por origen fluvial o pluvial.

4.4.1. Subunidad de Planicie Aluvial (Pl-al)

Geoforma semi-ondulada, llana, es de origen erosional y depositacional, en la parte terminal frente al mar presenta un desnivel de 35 m aproximadamente formando acantilados de 70° de inclinación, son de gran extensión, están conformados por depósitos aluviales torrenciales semicompactos a compactos (Figura 04).

Figura 04. Planicie aluvial, en su parte frontal presenta un escalón (desnivel topográfico) erosionado por la actividad marina antes de un ciclo de regresión seguido de levantamientos. Fuente: Elaboración propia 2019

4.4.2. Subunidad de Terraza Aluvial (T-al)

Geoforma escalonada de origen denudacional y depositacional, debido a la actividad dinámica de flujos de quebradas, se encuentra en la parte baja de la planicie aluvial en el margen derecho de la quebrada estacional que surca el sector sur de Huanchaco, es un escalón de 1.20 m de espesor, conformado por materiales de un antiguo flujo de detritos. Sobre esta geoforma se asienta la parte sur de dicho balneario, en suelos semicompactos (Figura 05).

Figura 05. Terraza aluvial conformada por materiales antiguos de un flujo de detritos. Fuente: Elaboración propia 2019

4.5. Unidad de Geoformas eólicas

Geoformas formadas por la actividad del viento.

4.5.1. Subunidad de dunas

Geoforma de pequeños montículos de 2m a 3 m de espesor conformada por arenas finas depositadas por el viento, ubicada posteriormente de la faja litoral, hacia el norte de la zona de estudio, a inmediaciones de los totorales (Figura 06).

Figura 06. Identificación de dunas hacia el norte del balneario de Huanchaco. Fuente: Elaboración propia 2019

4.6. Unidad de Piedemonte

Geoforma de origen denudacional y depositacional, producto de la dinámica de flujos de quebradas o ríos que erosiona, transporta y deposita materiales desde terrenos con pendientes altas a bajas, también se depositan sobre ladera de montañas disecadas por escorrentías superficiales, están conformados por material coluvial y/o deluvial, también puede formarse por procesos tectónicos originando un banco en la parte baja ladera de montaña.

4.5.2. Subunidad de vertiente aluvial (V-al)

Geoforma de surco o lecho aluvial diseñada por una escorrentía superficial, por donde la quebrada estacional discurre disectando de noreste a sureste la parte sur del balneario de Huanchaco, descendiendo de cotas altas con pendiente menor a 10° hacia cotas bajas con pendientes menores a 5° en dirección a la desembocadura al Oceáno pacífico, activándose y transportando sedimentos como gravas areno limosas de color parduzco en épocas de precipitaciones de estación o extremas, quedando secas el resto del año, sobre esta formación se asienta parcialmente la parte sur del Balneario de Huanchaco (Figura 07).

Figura 07. Identificación del surco o lecho de quebrada por donde discurren flujos de la quebrada “Río Seco” y San Idelfonso en dirección hacia el mar. Fuente: Elaboración propia, 2019

5. GEOLOGÍA

Se ha utilizado como base la geología regional del cuadrángulo de Trujillo (hoja 17-e-I) a escala 1/50 000, elaborado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2013), también se tomó en cuenta el cartografiado geológico a escala 1:25 000 del informe de Peligros Geológicos y Geohidrológicos detonados por el Niño Costero 2017 en la Región de La Libertad-Cajamarca: Análisis Geológico, Geomorfológico y Peligros en la Ciudad de Trujillo (Medina *et al.,* 2017). Asimismo, se realizó el cartografiado geológico local a escala gráfica 1.8 000, con la finalidad de corroborar, delimitar y describir las principales unidades litológicas que afloran en la zona de estudio.

A continuación, se describe de forma breve el contexto geológico desde el punto de vista regional y local:

5.1. Geología Regional

El área de estudio morfoestructuralmente se encuentra en la plataforma Costanera.

Regionalmente en los alrededores de la zona de estudio afloran secuencias de rocas sedimentarias Mesozoicas de calizas laminares grises, intercaladas con areniscas y lutitas grises de la Formación Simbal perteneciente al Jurásico Tardío, suprayaciendo se encuentran secuencias de rocas volcánicas conformadas por lavas andesíticas y basálticas gris verdosas afaníticas y profiríticas, de la Formación Huarmey, perteneciente al Cretácico Temprano

A finales del Cretácico Tardío e inicio del Cenozoico-Paleógeno-Paleoceno o Terciario inferior, se presentó magmatismo originado por la intrusión del Batolito Costanero, conformado por granodioritas.

Las secuencias del Jurásico y Cretácico que afloran en esta área se encuentra intruidas por cuerpos intrusivos de monzogranitos, dioritas y granodiorita asociados al volcánico Centinela del Cenozoico-Paleógeno-Eoceno.

La secuencia Cuaternaria, están representados por los depósitos Marinos, que se encuentran constituidos por arenas finas grises a negras con fragmentos de rocas polimícticas achatadas. Los depósitos aluviales, ampliamente distribuidos están conformados por fragmentos de rocas angulosos a subredondeados de diferente litología englobados en matriz areno limoarcillosa y depósitos eólicos conformados por arenas finas de dunas.

Estructuralmente esta zona ha sufrido moderada deformación tectónica, ya que las facies volcánica-sedimentaria de la Formación Casma, que aflora a lo largo de la costa y partes bajas del flanco andino presentan pequeños pliegues y las fallas observadas en esta formación son relativamente pequeñas. Estos rasgos estructurales se han originado por los esfuerzos producidos durante la Orogenia Andina, emplazamiento del batolito y el movimiento epirogénico de los Andes.

5.2. Geología Local

Se realizó el reconocimiento y delimitación de las unidades geológicas que afloran en la zona urbana del balneario de Huanchaco, cabe resaltar que dichas unidades se encuentran cartografiadas y registradas en un mapa geológico, que a continuación se describen, Mapa 1.5 (Anexo 01):

5.2.1. Deposito marino (Qp-ma)

Está conformada litológicamente por arenas finas de playas y fragmentos de gravas achatadas polimícticas, de color gris, se encuentran en la zona de estudio muy restringidas es decir con escasa extensión, afloran constituyendo longitudinalmente la faja litoral del

Balneario de Huanchaco, esos depósitos pueden encontrarse intercalados superiormente con facies de depósitos aluviales, hacia el sur de dicho Balneario (Figura 8).

Figura 8. Depósito marino constituido por arenas finas, conformando la faja litoral del balneario de Huanchaco. Fuente: Elaboración propia 2019

5.2.2 Deposito aluvial (Qh-al1)

Está conformada litológicamente por gravas subangulosas y subderondeadas de diferente naturaleza mayormente de origen intrusivo, en menor cantidad de origen volcánico y sedimentario, envueltos en matriz areno limosa, intercaladas con secuencias de arenas limosas y arcillas de color gris parduzco, se encuentran constituyendo la planicie aluvial desde el pie de la Cordillera de los Andes hasta la parte posterior de la faja litoral, presentándose como una terraza aluvial originada por un leve levantamiento y erosión marina, presentándose también en los márgenes de los surcos de quebrada debido a la erosión de la quebrada estacional presente al sur del balneario de Huanchaco (Figura 9).

Figura 09. Identificación de depósito aluvial conformando terrazas menores a 35m s.n.m, con menos de 22 metros de espesor y la planicie aluvial de gran extensión con espesores de 15 m a 25m en las zonas costeras y 200 m hacia el límite de las montañas. Presentan compacidad relativa compacta a semicompacta. Fuente:

5.2.2 Deposito aluvial (Qh-al2)

Esta conformados por fragmentos de roca subredondeada y subangulosa en matriz areno limo-arcillosa, depositación antigua de materiales acarreados por las corrientes de la

quebrada estacional que disecta la zona sur del balneario de Huanchaco en periodos de lluvias extremas. Actualmente se asienta parcialmente el área urbana del balneario de Huanchaco, presenta un espesor de 3m a 5 m (Figura 10).

Figura 10. Depósito aluvial 02 registrado en el margen derecho de la parte baje de la quebrada estacional, donde actualmente se encuentran asentadas las viviendas del sector María del Socorro. Fuente: Imagen satelital del año 1960, Defensa Civil - Distrito. Huanchaco, 2019

5.2.2 Deposito aluvial (Qh-al3)

Esta conformados por fragmentos de roca generalmente subredondeada en matriz areno limosa, depositada en el lecho o surco actual de la quebrada estacional que disecta la zona sur del balneario de Huanchaco en periodos de lluvias extremas. Sobre este depósito se encuentran invadiendo el cauce de dicha quebrada por el parque proximal a la playa en el sector María del Socorro y de unas viviendas del Sector Las Lomas. Ese depósito presenta un espesor de 3m (Figura 11).

Figura 11. Identificación del depósito aluvial 03 reciente, transportado y depositado en el lecho de la quebrada estacional ubicada al sur del balneario de Huanchaco: Elaboración propia 2019.

6. GEODINÁMICA

Comprende el estudio de todos aquellos agentes, fuerzas internas y externas que actúan en los procesos dinámicos de la tierra, se divide en la geodinámica externa donde se estudian los procesos y agentes exógenos que modifican la superficie terrestre y la geodinámica

interna que estudia los procesos y agentes endógenos de la estructura interna de la tierra en base a la tectónica, vulcanología y geofísica, estos procesos originan cambios físicos y químicos que se ven reflejados en la superficie de la tierra.

Es importante incidir en la geodinámica externa, ya que al analizar los factores condicionantes como:

a) Pendiente del terreno
b) Estructuras geológicas
c) Geomorfología,
d) Litología
e) Tipo de suelo, entre otros.

Los factores desencadenantes tales como:

a) Sismos
b) Precipitaciones pluviales
c) Actividades antrópicas

Estos factores nos, permiten tener una idea clara de las condiciones físicas del terreno, como han actuado los procesos geológicos externos como la meteorización y erosión, que contribuyen a la ocurrencia de peligros geológicos impactando a poblaciones aledañas.

6.1. Caracterización de peligros geológicos

El peligro es todo evento, hecho, suceso potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, que ocurre en un lugar específico y en un tiempo dado con cierta intensidad y frecuencia.

Los peligros geológicos han sido identificados en base a los trabajos de campo e interpretación de imágenes satelitales de Google Earth, fotografías tomadas en campo y revisiones de informes MPT de INDECI/UNT y UPN, MINAM, entre los cuales se diferencian:

a) Inundación pluvial e inundación marina

Se identificaron estos peligros geológicos en la zona baja, del sector El Boquerón, que involucra 7 cuadras donde se asientan viviendas, hospedajes, restaurantes y cerca de 495 m de vía asfaltada denominada Av. Víctor Larco Herrera (balneario de Huanchaco). Se presentan mayormente inundación pluvial en periodos de lluvias extremas como las pasadas del evento El Niño Costero 2017, que afectan la seguridad física de la población.

Además, esta zona es afectada por inundación marina a causa de periodos de oleaje anómalo.

Se estimó un área de 3.96 ha susceptibles a ser afectada por ambas inundaciones.

-Análisis de las causas del peligro:

Los factores condicionantes del entorno geográfico son: Las bajas pendientes cercanas al mar, litología de arenas finas inconsolidadas que conforman la geoforma de faja de litoral y la presencia de viviendas por la actividad humana dentro de los 250 m de faja marginal de playa protegida.

El factor desencadenante:
Para que se genere inundación marina es el oleaje anómalo presente todos los años de marzo a agosto, provenientes de las corrientes marinas de sur a norte desde el país de Chile.

El factor desencadenante para que se origine inundación pluvial son las lluvias extremas debido a los eventos de El Niño en la estación de verano.

b) ***Erosión marina***

Se identificó en la línea litoral o borde costero peligro por erosión costera en la zona norte (sector Los Tumbos) en 549 m lineales, donde en el año 2012-2013 realizaron por parte de la Municipalidad distrital de Huanchaco, el proyecto de Arenamiento en toda la costa del balneario de Huanchaco, con las siguientes dimensiones: 45 m de ancho y 2.5 km de largo aproximadamente.
El cual, según imágenes satelitales en el 2015-2016, llego a erosionarse disminuyendo 36 m de ancho; a la actualidad solo hay entre 24 y 15 m de ancho en esta zona, determinando que presenta peligro alto por erosión marina.

También se identificó desde el sector El Boquerón, El Muelle de Huanchaco, El instituto del mar del Perú, Municipalidad distrital antigua de Huanchaco hasta el Bar Insta, erosión marina en 991 m lineales; siendo el evento del 2018 el de mayor incidencia y destrucción, por causa del oleaje anómalo en el sector del Boquerón, donde resultó afectado el malecón Miguel Grau, casetas de comercio artesanal, viviendas, restaurantes, vías de acceso, etc. (Cuadro 04).

Cuadro 04
Relación de infraestructura afectadas

VIVIENDAS	OTRAS INFRAESTRUCTURAS
1 360 viviendas - Albañilería confinada: 300 - Mampostería ladrillo: 1060	- Losa deportiva: 02 - Carretera: 1 (2 250 m.) - Postes de luz: 30 aprox. - Locales comerciales: 41 - Los Totorales 1.5 Km - Malecón: 200 m - Veredas: 276.64 m - Muro de contención: 127.68 m - Sede Municipal - Instituto del Mar del Perú (IMARPE): Laboratorio Costero Huanchaco - Comisaria de Huanchaco

Fuente: Sub Gerencia de Riesgo y Defensa Civíl, 2018

En el sector El Boquerón actualmente no presenta la plataforma de arenamiento colocada el año 2012-2013, todo fue erosionado por el oleaje anómalo registrado en el año 2015-2016 al 2018, en el año 2018-2019 se reconstruyo la zona afectada, con la construcción parcial de veredas y enrocado para evitar el socavamiento debido a la actividad marina, sin embargo se seguirán presentando afectaciones por erosión marina e inundación marina ya que no hay una defensa bien hecha, determinando que este tramo del balneario de Huanchaco presenta peligro muy alto y potencial.

El sector sur del balneario de Huanchaco y el sector de María del Socorro, frente a la línea costera, presenta erosión marina en 754 m de longitud, considerándolo como peligro alto por erosión costera ya que podría afectar a restaurantes ubicados en la faja litoral(playa).
Se estimó en total cerca de 2294 m lineales del borde costero susceptibles a ser afectado por erosión costera, siendo la zona más afectada en el año 2015 y 2018, el sector El Boquerón con 991 m lineales.

-Análisis de las causas del peligro:

Los factores condicionantes son: Las bajas pendientes cercanas al mar, litología de arenas finas inconsolidadas que conforman la geoforma de faja de litoral.

Siendo los elementos expuestos la construcción de viviendas por la actividad humana dentro de los 250 m de playa, que en el año 2018 fueron afectados.

El factor desencadenante para que se genera la erosión marina en las costas del balneario de Huanchaco, es el oleaje anómalo registrado en los últimos 16 años y que son recurrentes cada año en los meses de otoño, verano y primavera, todo ello debido al calentamiento global, efecto de la contaminación ambiental por acción del hombre (García. K, *et ál.,* 2016).

El oleaje anómalo que arriba en el litoral es generado principalmente por el sistema de vientos del "Anticiclón del Océano Pacífico Sur" (Sistema APSO), que circula en sentido antihorario a las manecillas del reloj, estos vientos bordean nuestro litoral soplando de sur hacia las zonas ecuatoriales. Estas perturbaciones atmosféricas generan en las costas centrales y sureñas de Chile, olas entre 6 a 15 m de altura, que al propagarse hacia nuestro dominio marítimo pierden energía por procesos de disipación arribando hacia las zonas costeras olas con alturas entre 2.5 a 4 m promedio, con máximos de hasta 6m en zona de rompiente (DHN, 2006).

c) ***Flujos de detritos***

Se identificó en el lecho actual de la quebrada estacional por donde discurren las aguas de la quebrada "Río Seco" y "León Dormido" para finalmente desembocar en el Océano Pacífico, donde el material susceptible a ser acarreados como flujos de detritos descienden como torrenteras de flujo, por reactivación de dicha quebrada, en periodos de lluvias estacionales o extremas como las del evento de El Niño Costero 2017.

En este cauce se asientan viviendas del sector Tablazo, Las Lomas y María del Socorro, consideradas en zonas con peligro muy alto por flujos de detritos.

También se identificó en el acantilado aluvial expuesto en la parte frontal de la planicie aluvial elevada y erosionada por actividad marina, erosión por reactivación de pequeños surcos de escorrentía superficial que arrastran materiales en periodos de lluvias intensas en forma de flujos de detritos menores, ocasionando afectaciones a las viviendas construidas en el acantilado y muy cercanas a esta geoforma (Sector Los Tumbos y El Boquerón). Se le ha considerado a esta zona con peligro muy alto.

Se estimó un espesor entre 3m y 5m y un volumen de flujo de detritos antiguos consolidados de 2 261 200 m^3 aproximadamente, depositados en el lecho antiguo de la quebrada estacional que hoy en día conforman terrazas aluviales, donde se asienta la mayor parte del sector sur del balneario de Huanchaco.

De la misma manera se estimó un espesor 3 m y un volumen de flujo de detritos recientes, sueltos a semicompactos de 750 000 m^3 depositados en el lecho de la quebrada estacional por donde discurren los flujos de la quebrada "Río Seco" y "León Dormido" hasta llegar a desembocar en el Océano Pacifico. Parcialmente se encuentran invadiendo el cauce de dicha quebrada, viviendas de los sectores de Las Lomas, El Tablazo y María del Socorro.

-Análisis de las causas del peligro:

Los factores condicionantes para el peligro por flujos de lodo, son; geoformas de vertiente aluvial reciente conformado por materiales aluviales sueltos depositados en el lecho de la quebrada estacional ubicada al sur del balneario de Huanchaco, material antrópico debido a actividad antrópicas de extracción de materiales de cantera dentro de la quebrada en mención, pendientes bajas a muy bajas descendentes en dirección hacia el mar.

Los elementos expuestos son las viviendas que se asientan en el lecho de la quebrada estacional, siendo estas las que se ubican en el sector El Tablazo, Las Lomas y María del Socorro.

El factor desencadenante es: el aumento de caudales no controlados en las cabeceras de las cuencas hidrográficas originadas por lluvias extremas.

Cabe precisar que en la zona de estudio se identificó un lecho antiguo de la quebrada estacional por donde discurrían las quebradas “Río Seco” y “León dormido” acarreando flujos de detritos antiguos que hoy en día se aprecian como una terraza aluvial, donde se asienta la mayor parte del sector María del Socorro y el sector El Tablazo.

A continuación, se aprecian en la imagen de Google Earth (figura 12), la identificación de peligros geológicos descritos anteriormente.

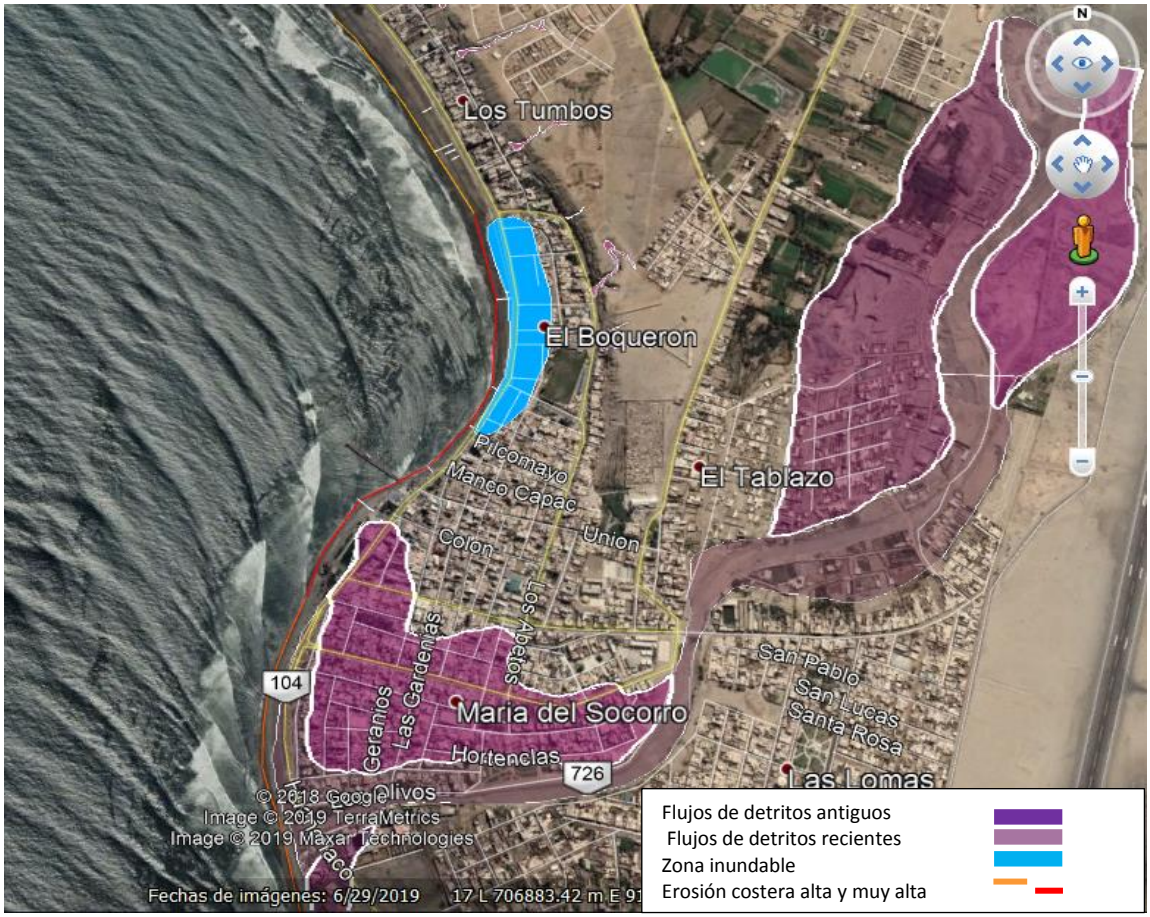


Figura 12. Identificación de peligros geológicos en el balneario de Huanchaco.
Fuente: Google earth y elaboración propia, 2019.

A continuación, se presentan en las siguientes figuras los peligros geológicos identificados en la zona de estudio y zonas afectadas o propensas a ser afectadas por dichos eventos (figuras 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 y fotografías 1, 2 y 3):

Figura 13. Vista de zona baja afectadas por inundación marina por impacto de olas anómalas y en otros periodos estacionales donde se registran lluvias intensas son susceptibles a ser afectadas por inundación pluvial. Fuente: Elaboración propia 2019

Figura 14. Material de Flujos de detritos localizadas en el lecho de quebrada estacional donde se asientan viviendas y un parque del sector María del Socorro, donde ya se han registrado daños a propiedades debido a las lluvias extremas registradas en el evento Niño Costero 2017. Fuente: Elaboración Propia 2019

Figura 15. Dirección de avance de flujo de detritos hacia la zona céntrica del balneario hasta inmediaciones del municipio antiguo del distrito de Huanchaco debido a la inclinación de la vía y pendiente baja del terreno, basado también en imagen satelital, 1960 y versiones del personal del área de Defensa Civil del distrito. Fuente: Elaboración Propia 2019

Figura 16. Viviendas informales asentadas en el lecho de la quebrada estacional por donde circulan flujos de las quebradas “Río Seco” y “León Dormido” y en terrazas aluviales antiguas, en la figura del extremo derecho se aprecian materiales de antiguos flujos de detritos consolidados y materiales de flujos de detritos recientes en el lecho de la quebrada en mención (sector El Tablazo). Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 17. En la imagen izquierda se muestra el cauce medio por donde discurrieron los flujos de detritos de la quebrada "Río Seco y León Dormido" que ahora luce descolmatada (sector El Milagro). En la imagen derecha se aprecia parte de una alcantarilla de concreto en mal estado, por la cual pasa una red de fibra óptica que puede ser afectada por avenidas futuras de flujos de detritos, se recomienda realizar un puente (sector El Milagro). Fuente: Elaboración propia, 2019

Cabe informar que estos flujos de detritos en periodos de lluvias extremas como las pasadas del Niño Costero 2017, se dirigen por su cauce natural hacia el distrito de Huanchaco desembocando hacia el Océano Pacífico, en su recorrido afecta a viviendas situadas en el cauce y margen del antiguo de dichas quebradas.

Figura 18. En las coordenadas UTM, WGS84: 711021E, 9110210N, cota: 91.3 m s,n,m., donde se interseca un ramal de cauce antiguo de las quebradas "Río Seco y León Dormido" con la vía asfaltada de Evitamiento, se realizó la descolmatación de material aluvial en la quebrada y el mantenimiento de esta vía afectada el año 2017 por el evento de El Niño Costero, generando prácticamente la obturación del paso de flujos futuros de las quebradas, lo que en efecto causaría nuevamente la destrucción de lo construido. Se debió realizar un puente y encausamiento de cauce con concreto armado en este punto. Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 19. Obra de arte construida sin desfogue de flujos de detritos perpendicularmente a la vía asfaltada de Evitamiento en la coordenada UTM, WGS84: 710445E, 91082097N, cota: 68.7 m s,n,m., lo que ocasionaría una inundación artificial provocada entrópicamente. Lo que se realizó aquí fue derivar las aguas de la quebrada mostrada en la Figura 16,. Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura 20. Evidencias de flujos de detritos no canalizados identificados en el acantilado, que afectó viviendas (Sector Los Tumbos) registradas El Niño Costero 2017. Fuente: Elaboración Propia 2019.

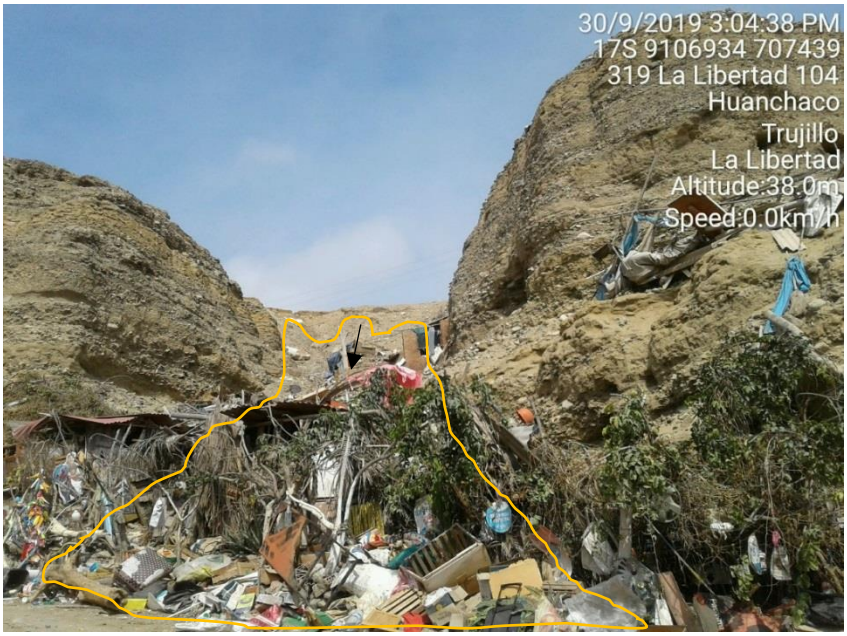


Figura 21. Evidencia de surco de escorrentía superficial obturado por materiales antrópicos, por donde discurren flujo de detritos en periodos de lluvias extremas, descendiendo en dirección hacia el sector de El Boquerón. Fuente: Elaboración Propia 2019

Fotografía 01. Daños en el malecón Miguel Grau del balneario de Huanchaco y a las embarcaciones de totora de los pescadores artesanales, debido a la erosión marina registrada en noviembre del año 2018. Fuente: Sub Gerencia de Riesgo y Defensa Civil, MDH, 2019

Fotografía 02. En el periodo 2018-2019 se reforzó con una medida estructural a corto plazo de colocación de rocas como barrera ante la erosión marina por el oleaje anómalo en 200 m lineales en el sector de El Boquerón. Fuente. Sub Gerencia de Riesgo y Defensa Civil, MDH, 2019

Fotografía 03. En el periodo 2012-2013, ante la amenaza por erosión marina en años pasados se realizó la colocación de arena en la faja litoral (playa) del balneario de Huanchaco, ejecutada por la MDH[2], la cual tuvo un impacto negativo ya que posteriormente fue erosionada por el oleaje anómalo parcialmente en el sector el Tumbo y parte de El Boquerón, totalmente en el malecón Miguel Grau (zona de El Boquerón) y sector sur del balneario de Huanchaco. Fuente: Sub Gerencia de

Figura 22. Vista de 18 m a 15 m de plataforma de arena que queda debido a la erosión marina donde inicialmente fueron 45 m aproximadamente de plataforma de arena colocada en el periodo 2012-2013 en el sector Los Tumbos hasta el inicio de la zona llamada Los totorales. Fuente: Elaboración Propia 2019

Figura 23. Vista de 5 m aproximadamente de plataforma de arenamiento puesta en la zona sur del balneario de Huanchaco y a inmediaciones de Insta bar (figura de lado derecho) en el año 2012-2013, que fue erosionado por la actividad de oleaje anómala marino.

Figura 24. Vista de 8 m de ancho de la plataforma de arena colocada en el año 2012-2013, sobre la faja litoral compuesta por una cama de rocas y 1.20 m de espesor de arena tamizada parecida a la arena de playa, ha sido erosionada por la actividad de oleaje anómala marino entre el sector costero de Los Tumbos y El Boquerón. Fuente: Elaboración Propia 2019

Figura 25. Erosión total de aproximadamente 30 metros de arenado colocado el año 2012-2013, debido al oleaje anómalo marino que afectó el borde costero donde se encuentra el malecón del Huanchaco, casetas de comercio artesanal, balsas de pesca artesanal, e inundación marina en el sector del Boquerón y parte central del balneario de Huanchaco, este arenado se colocó sobre la faja litoral(palya) y estaba compuesta por una cama de rocas de 3 m de espesor y 1.20 m de espesor de arena tamizada parecida a la arena de playa aproximadamente. Fuente: Elaboración Propia 2019

A continuación, se muestran en el Cuadro 05 el inventario de peligros geológicos identificados en el balneario de Huanchaco.

Cuadro 05

Resumen de registro de peligros geológicos identificados en el balneario de Huanchaco, consideraciones en base al análisis cualitativo de sus causas y efectos, con sus respectivas recomendaciones

Tipo de peligro	Ubicación	Consideración	Recomendación
Inundación pluvial y marina	Sector El Boquerón	Peligro Alto	Realizar un sistema de drenaje pluvial perpendicular en calles especificas hacia la Av. Víctor Larco con enrejado conectado a un drenaje longitudinal posterior de captación de agua marina debido a salpicadura de olas, con su debida pendiente en dirección norte o sur, evacuándolas hacia el mar.
Erosión Marina	Sector Los Tumbos, El Boquerón y centro del Balneario de Huanchaco, sector sur del balneario.	Peligro Alto en el sector Los Tumbos, Peligro Muy Alto en el sector El Boquerón y centro del balneario de Huanchaco. Peligro Alto en el sector sur del balneario de Huanchaco	Realizar una barrera marina mixta con cimentación profunda conformada por base de enrocado con concreto ciclópeo y estructura superior de concreto armado ancha con cresta terminal curva frontal hacia el mar en 2294 m de longitud. Considerando una altura optima de la estructura superior desde el ras de la playa, protegida frontalmente por un pequeño talud de enrocado con concreto que sobresale de la misma base superior de enrocado, prevaleciendo siempre 2.5 m aproximadamente de estructura final desde el ras del pavimento, para el control preventivo ante el impacto de oleaje anómalo y hacer graderías en tramos específicos hacia el mar, también realizar el drenaje posterior a la barrera contra salpicaduras mínimas del oleaje, (ver fotografía de barrera marina construida en la Punta Callao). Dicha obra debe ser diseñada, ejecutada y supervisado por especialistas geotécnicos.
Flujos de detritos	Parte frontal del acantilado (sector Los Tumbos y El Boquerón)	Peligro Muy Alto	Realizar la reubicación de viviendas situadas por donde discurre material de flujos de detritos transportados por escorrentías superficiales que surcan el acantilado o la terraza aluvial del balneario de Huanchaco. Una vez reubicadas se puede realizar la ejecución de muros de contención al pie del talud en zonas críticas para retener dicho evento. En dicho talud se puede realizar 3 rutas de evacuaciones en caso de Tsunami al final y en medio del sector Los Tumbos y en el surco de quebrada ubicada en la parte central del sector El Boquerón, con su debido drenaje en sus extremos, ensanchamiento y estabilización de laderas mediante banqueteo, para evitar la erosión de estas, de igual forma realizar drenaje en las calles de estos sectores.
Flujos de detritos	Sector María del Socorro, Tablazo, Las Lomas	Peligro Muy Alto	Reubicar a las viviendas asentadas dentro del cauce de la quebrada estacional por donde discurren los flujos de la quebrada Río Seco y León Dormido caso del Sector Tablazo. Realizar medidas estructurales de prevención de los efectos ante el peligro por flujos de detritos, como defensas ribereñas bien cimentadas (muros de concreto armado con el grosor, altura y cimentación optima en el sector María del Socorro y Las Lomas) también en la terraza aluvial para evitar la erosión de las base de estas y reubicar el parque ubicado dentro del cauce antiguo de la quebrada a inmediaciones del sector María del Socorro (desembocadura de la quebrada estacional hacia el mar).

Fuente: Elaboración Propia 2019

En la figura 26 se aprecia una estructura de barrera contra la erosión marina a tomar en cuenta para proteger el balneario de Huanchaco.

Figura 26. Imagen a tomar en cuenta de Barrera rompeolas del distrito La Punta Región Callao, vista de enrocado al pie de la barrera o dique rompeolas de concreto. Fuente: Tripadvisor.com.pe

CONCLUSIONES

a) Desde el punto de vista geológico el balneario de Huanchaco se encuentra asentado sobre depósitos marinos conformados por arenas grises oscuras de grano fino y depósitos aluviales antiguos y modernos conformados por gravas subangulosas a subredondeadas en matriz areno limo arcillosa y gravas subredondeadas a redondeadas en matriz arenosa limosa respectivamente, con pendientes variadas.

b) Desde el punto de vista geomorfológico la zona de estudio se asienta predominantemente en planicies aluviales (sectores altos del distrito de Huanchaco), sobre la faja litoral se asienta la parte norte y central del balneario de Huanchaco, las ultimas calles del balneario de Huanchaco se asientan sobre el talud o la terraza aluvial (acantilado) y la parte sur del balneario de Huanchaco sobre terrazas aluviales antiguas originadas por depositación de materiales aluviales de las quebradas “Río Seco” y León Dormido.

c) Según la identificación de peligros geológicos la zona de estudio se encuentra expuesta a:
-Erosión marina en 2.299 m lineales de borde costero.
-Inundación marina y pluvial en el sector El Boquerón, estimando un área a afectar de 3.9ha.
-Flujos de detritos identificados en el talud de la terraza aluvial o parte terminal de la planicie aluvial.
-Flujos de detritos, por presentar material inconsolidados y removido por actividad extractiva de agregados para la construcción ubicados en el lecho de la quebrada estacional, afectando viviendas ubicados en el cauce de dicha quebrada a inmediaciones del sector El Tablazo y de Las Lomas, parte del sector María del socorro (parque y viviendas), estimando un volumen de 750 000 m^3 a inmediaciones del balneario de Huanchaco.
-La parte sur del balneario de Huanchaco se asienta sobre depósitos aluviales de antiguos deslizamientos estimando un volumen de 2 261 000 m^3 en la zona de influencia.

d) Por todo lo expuesto anteriormente, al balneario de Huanchaco se le ha considerado al balneario de Huanchaco una zona con peligro alto por inundación pluvial y marina, peligro alto y muy alto por erosión marina y peligro muy alto por flujos de detritos.

e) Según la Norma E.030 de “Diseño Sismo Resistente” del reglamento nacional de edificaciones la zona de estudio se encuentra en la zona sísmica 04, cuyo factor de aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años, “z” se expresa como fracción de la aceleración, siendo este de 0.45, determinándose que las viviendas a construir deben estar hechas con cualquier sistema sísmico estructural y/o con estructuras de acero y concreto de sistema dual, muros de concreto armado, albañilería armada o confinada para atenuar los esfuerzos de corte por vibración de ondas sísmicas.

RECOMENDACIONES

a) Las medidas estructurales para la prevención y reducción del peligro geológico dadas en el ítem de geodinámica (Cuadro 4,5,6 y 7), deben ser ejecutadas y supervisadas por un especialista, previo a un estudio geotécnico que reúna todas las especificaciones técnicas para la ejecución de estas y así salvaguardar la seguridad física de la población.
b) Se recomienda reubicar a:
   -Las viviendas ubicadas en el cauce de quebrada por donde discurren flujos de detritos de las quebradas del “Río Seco” y “León Dormido” en periodos de lluvias extremas a inmediaciones del sector “El Tablazo” y “Las Lomas”.
   -El parque situado en el lecho de la quebrada estacional, en el sector María del Socorro.
   -A viviendas situadas debajo del talud de la terraza aluvial, porque están expuestas a peligro por flujos de detritos.
c) Evitar la expansión urbana y parques encima y cerca de la terraza aluvial escarpada, respetando como máximo 100 metros como franja marginal, para evitar problemas de desestabilización de taludes, fracturas de tracción y colapso de estos, como los que vienen presentándose en el acantilado de la costa verde en Lima.
d) Reforzar con muros de contención en ambas márgenes de la quebrada estacional por donde discurren flujos de detritos mencionados anteriormente, desde la entrada hacia la zona urbana hasta su desembocadura, incluso al pie de las terrazas aluviales para evitar la erosión (caso del sector Las Lomas).
e) Realizar el encausamiento de quebradas reactivadas en periodos de precipitaciones extremas como las del evento de El Niño, desde sus cabeceras hasta sus desembocaduras al Océano Pacífico, en incluso realizar puentes en zonas donde intersectan vías asfaltadas. Estos trabajos pueden desarrollarse integralmente con otros distritos.
f) Reubicar a las viviendas que se encuentran en el cauce de dichas quebradas aguas arriba o dentro del tramo a canalizar con defensas ribereñas u otras medidas estructurales.
g) Prohibir las expansiones urbanas longitudinalmente y cercanas a las líneas costeras o dentro de los 250 m de playa, como lo establece la Ley N°30590.
h) Hacer un estudio integral o actualizar la información existente a lo largo de la costa entre Huanchaco y Salaverry, con la finalidad de estudiar la dirección de las corrientes marinas y poder planificar y plantear soluciones integrales para el tema de la erosión marina.
f) Evitar botar basura en el lecho de las quebradas, o colmatarlo con depósitos de cantera, ya que se comportan como materiales sueltos susceptibles a ser acarreados como flujos de detritos en periodos de lluvias extremas, estos materiales de cantera deben ser depositados en una zona alta.
g) Evitar modificar demasiado el cauce debido a la extracción de materiales para la construcción (fiscalizar esto).

BIBLIOGRAFÍA

- Beláustegui, S. (1999). Pendientes del Terreno y Fundamento del Caudal Máximo No Erosivo. Hoja técnica N° 07. Buenos Aires – Argentina, 4 p.
- DHN, (2006). Bitácora Hidrográfica. Publicación de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú. Callao-Perú.
- Gutiérrez, M. (2008). Geomorfología. Edit. Pearson/Prentice Hall, Madrid, 898 p. ISBM 97884832-23895.
- García. K, et ál., (2016). Análisis de la erosión costera en la playa de Buenos Aires, distrito de Víctor Larco, provincia de Trujillo, La Libertad, Perú.
- H. Jaén & L. Vargas, (1967): Cuadrángulo Geológico de Trujillo (Hoja:17e), escala 1: 100 000, Lima-Perú.
- Municipalidad Provincial de Trujillo, (2017). Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres de la Provincia de Trujillo 2018-2022
- INDECI & UNT, (2002): Mapas de peligros de la ciudad de Trujillo y zonas Aledañas-Instituto de Investigación en Desastres y Medio Ambiente (IIDMA).
- Medina, L. & Luque, G. (2008). Informe preliminar: Zonas Críticas en la Región La Libertad. Disponible en: http://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/ingemmet/2006.
- Medina, L. Luque, G. & Pari, W. (2012). Riesgo Geológico en la Región La Libertad, Boletín N°50 serie C.
- MINAM, (2014). Evaluación probabilística de la peligrosidad y la vulnerabilidad frente a los desastres naturales basados en proyecciones de cambio climático en el área metropolitana de Trujillo-Perú. Dirección Regional de Reordenamiento Territorial.
- SENAMHI, (2019). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía, “Estación Meteorológica Convencional de Trujillo”.
- SGM, (1967). Boletín N°17; “Geología del Cuadrángulo de Puemape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa” (hojas; 16-d, 16-e, 16-f, 17-e, 17-f,18-f) realizado por el servicio de geología y minería. Lima-Perú.
- UPN, (2014). Impacto en la gestión del espacio de la ciudad en función de la condición socioeconómica de la población del distrito de Huanchaco-Ciudad Vegeta. Trujillo-Perú.
- Varnes, D. J, (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek, R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176, p. 9–33.
- Proyecto de ley N°197/2016 CR.
- Diario “El Peruano” 2017: Ley N° 30590.

ANEXOS

Mapas

-Mapa 1.1: Ubicación y Accesibilidad
-Mapa 1.2: Elevaciones
-Mapa 1.3: Pendientes
-Mapa 1.4: Geomorfológico
-Mapa 1.5: Geológico
-Mapa 1.6: Peligros Geológicos

SIMBOLOGÍA

- Área urbana de Huanchaco
- Curvas de nivel
- Trocha carrozable
- Carretera
- Material antropizado (arena y rocas)
- Enrocado artesanal

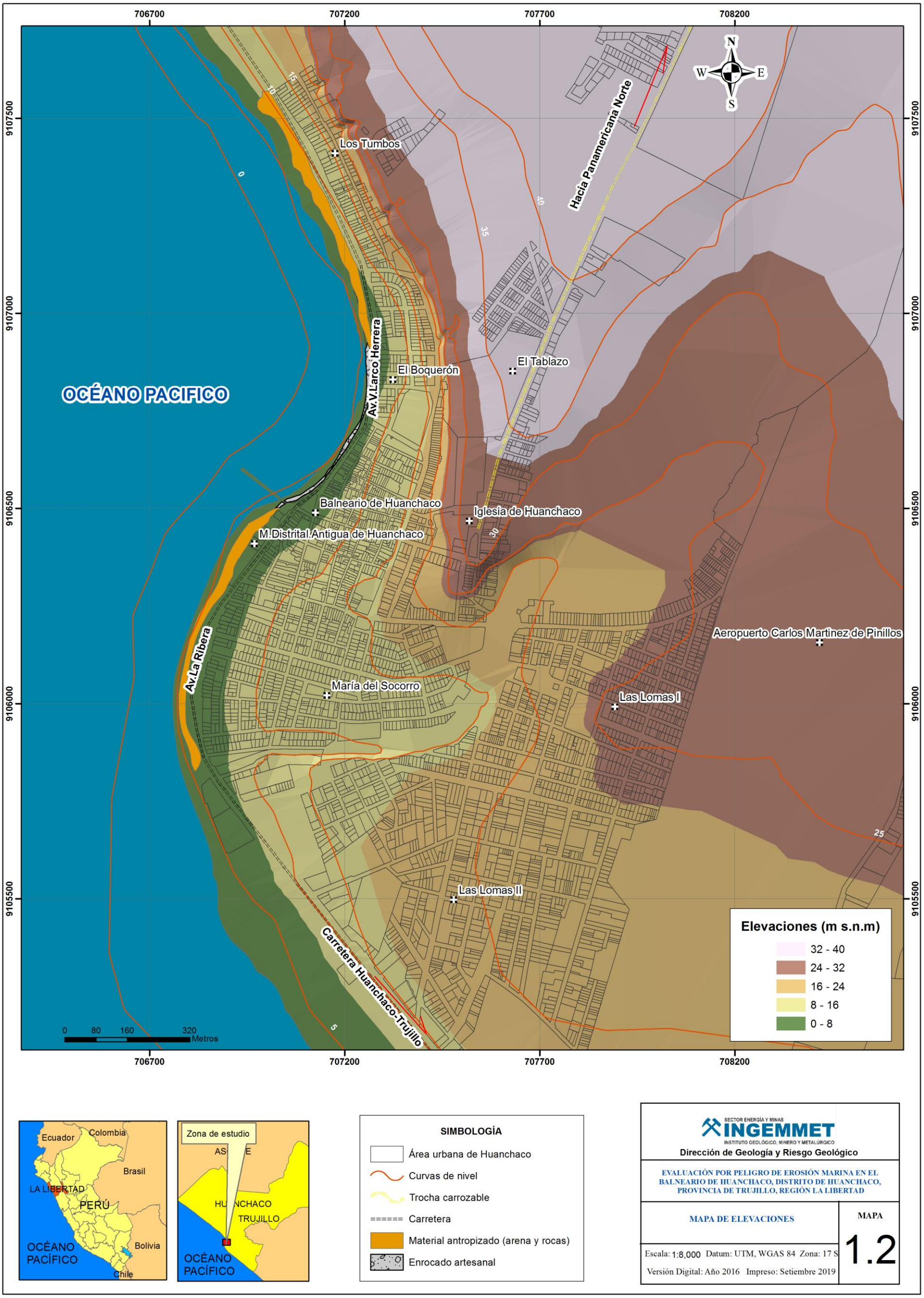
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
Dirección de Geología y Riesgo Geológico

EVALUACIÓN POR PELIGRO DE EROSIÓN COSTERA EN EL BALNEARIO DE HUANCHACO, DISTRITO DE HUANCHACO, PROVINCIA DE TRUJILLO, REGIÓN LA LIBERTAD

MAPA DE UBICACIÓN

MAPA 1.1

Escala: 1:8,000 Datum: UTM, WGAS 84 Zona: 17 S
Versión Digital: Año 2016 Impreso: Setiembre 2019



SIMBOLOGÍA

- Área urbana de Huanchaco
- Curvas de nivel
- Trocha carrozable
- Carretera
- Material antropizado (arena y rocas)
- Enrocado artesanal

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

Dirección de Geología y Riesgo Geológico

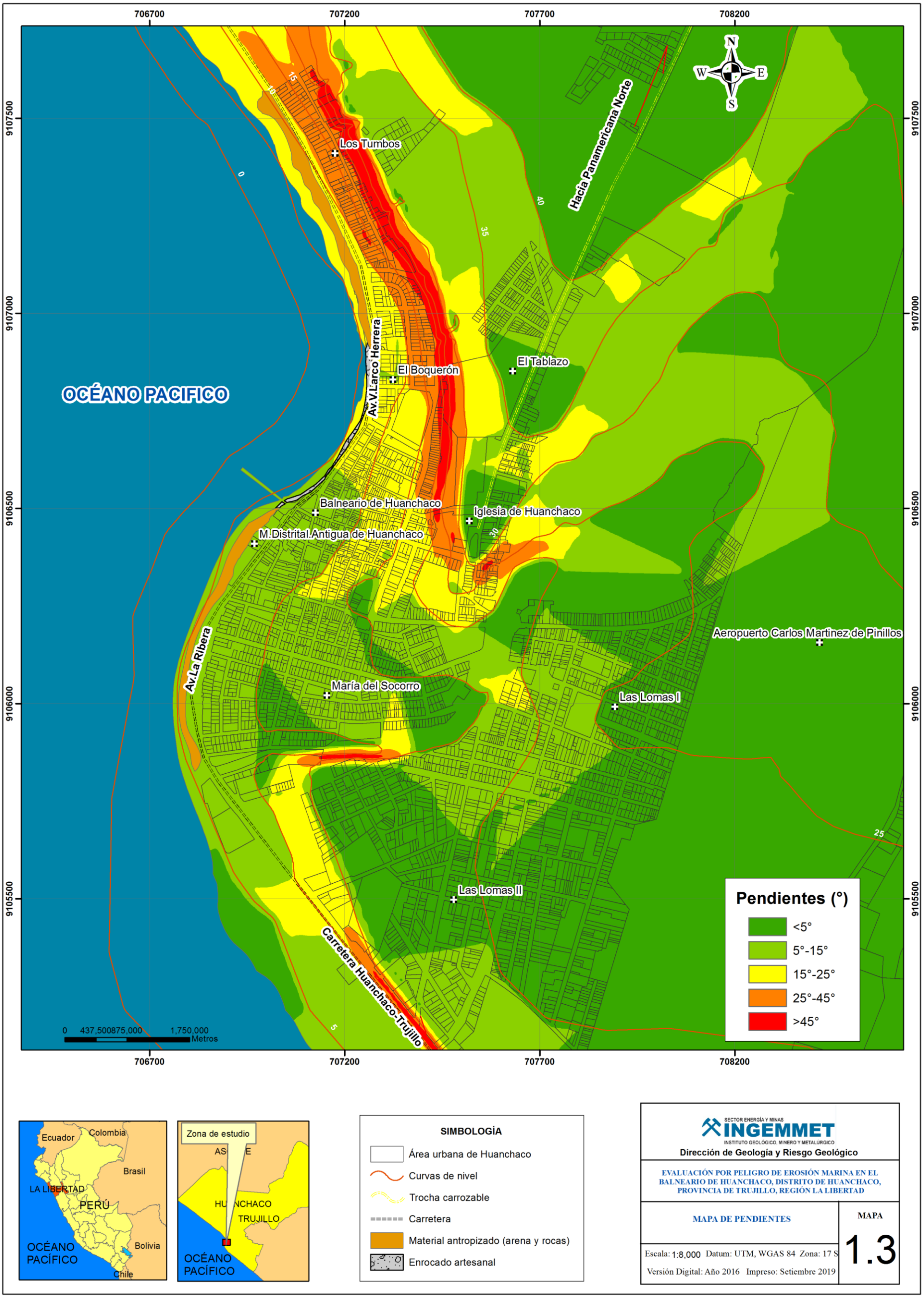
EVALUACIÓN POR PELIGRO DE EROSIÓN MARINA EN EL BALNEARIO DE HUANCHACO, DISTRITO DE HUANCHACO, PROVINCIA DE TRUJILLO, REGIÓN LA LIBERTAD

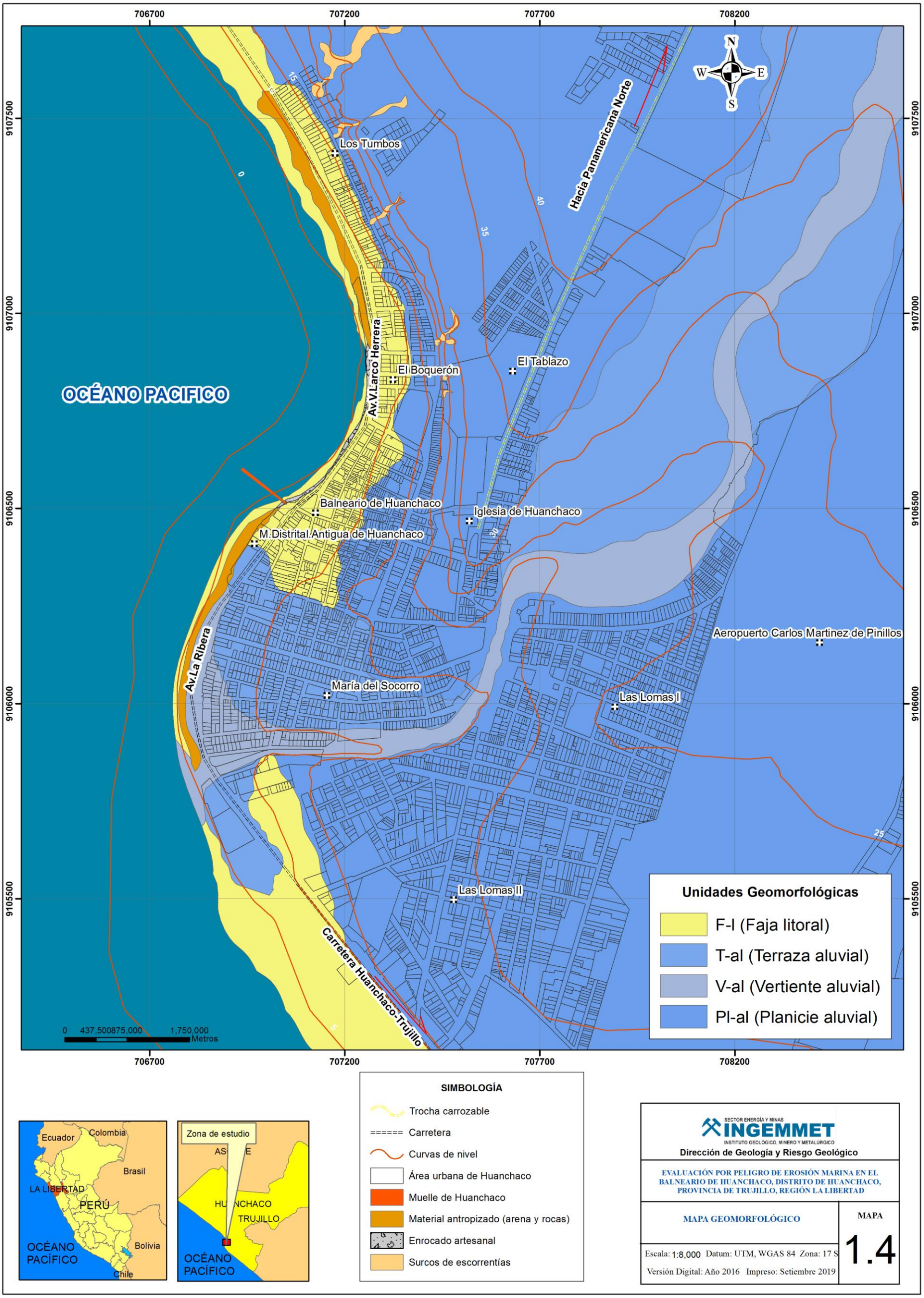
MAPA DE ELEVACIONES

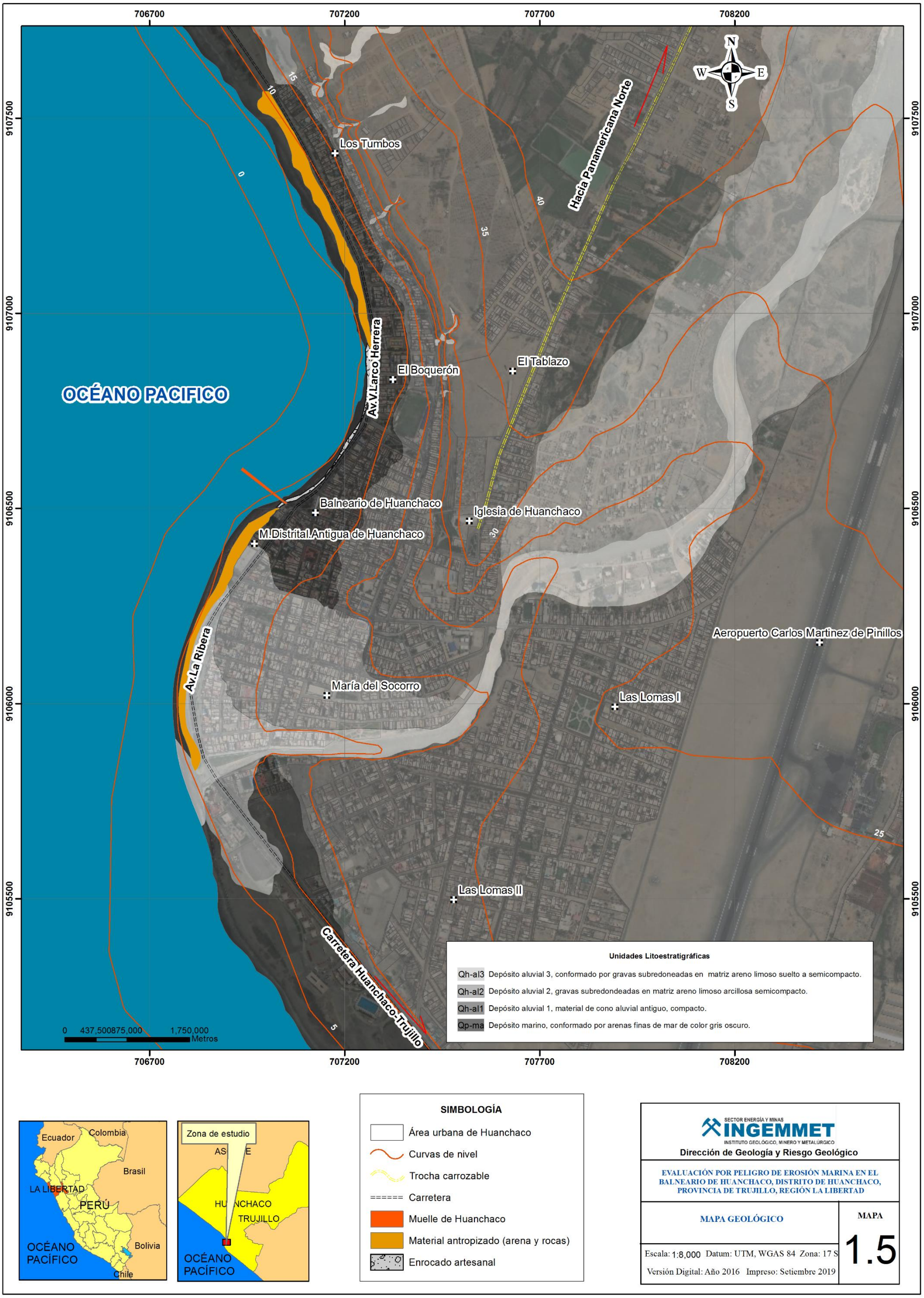
MAPA 1.2

Escala: 1:8,000 Datum: UTM, WGAS 84 Zona: 17 S

Versión Digital: Año 2016 Impreso: Setiembre 2019


706700
707200
707700
708200
9107500
9107000
9106500
9106000
9105500
N
W
E
S
Los Tumbos
Hacia Panamericana Norte
OCÉANO PACIFICO
Av.V.Larco Herrera
El Boquerón
El Tablazo
Balneario de Huanchaco
Iglesia de Huanchaco
M.Distrital Antigua de Huanchaco
Av.La Ribera
María del Socorro
Aeropuerto Carlos Martinez de Pinillos
Las Lomas I
Las Lomas II
Carretera Huanchaco-Trujillo
0
15
10
40
35
30
25
5
0 437,500875,000 1,750,000
Metros
Pendientes (°)
<5°
5°-15°
15°-25°
25°-45°
>45°
Ecuador
Colombia
Brasil
LA LIBERTAD
PERÚ
OCÉANO PACÍFICO
Bolivia
Chile
Zona de estudio
TRUJILLO
OCÉANO PACÍFICO
SIMBOLOGÍA
Área urbana de Huanchaco
Curvas de nivel
Trocha carrozable
Carretera
Material antropizado (arena y rocas)
Enrocado artesanal
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
Dirección de Geología y Riesgo Geológico
EVALUACIÓN POR PELIGRO DE EROSIÓN MARINA EN EL BALNEARIO DE HUANCHACO, DISTRITO DE HUANCHACO, PROVINCIA DE TRUJILLO, REGIÓN LA LIBERTAD
MAPA DE PENDIENTES
MAPA
1.3
Escala: 1:8,000 Datum: UTM, WGAS 84 Zona: 17 S
Versión Digital: Año 2016 Impreso: Setiembre 2019


706700
707200
707700
708200
9107500
9107000
9106500
9106000
9105500
N
W
E
S
Los Tumbos
Hacia Panamericana Norte
OCÉANO PACIFICO
Av.V.Larco
El Boquerón
El Tablazo
Balneario de Huanchaco
Iglesia de Huanchaco
M.Distrital Antigua de Huanchaco
Av.La Ribera
María del Socorro
Aeropuerto Carlos Martinez de Pinillos
Las Lomas I
Las Lomas II
Carretera Huanchaco-Trujillo
0
15
35
40
25
0 437,500875,000 1,750,000
Metros
Unidades Geomorfológicas
F-l (Faja litoral)
T-al (Terraza aluvial)
V-al (Vertiente aluvial)
Pl-al (Planicie aluvial)
Ecuador
Colombia
Brasil
LA LIBERTAD
PERÚ
OCÉANO PACÍFICO
Bolivia
Chile
Zona de estudio
HUANCHACO
TRUJILLO
SIMBOLOGÍA
Trocha carrozable
Carretera
Curvas de nivel
Área urbana de Huanchaco
Muelle de Huanchaco
Material antropizado (arena y rocas)
Enrocado artesanal
Surcos de escorrentías
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
Dirección de Geología y Riesgo Geológico
EVALUACIÓN POR PELIGRO DE EROSIÓN MARINA EN EL BALNEARIO DE HUANCHACO, DISTRITO DE HUANCHACO, PROVINCIA DE TRUJILLO, REGIÓN LA LIBERTAD
MAPA GEOMORFOLÓGICO
MAPA
1.4
Escala: 1:8,000 Datum: UTM, WGAS 84 Zona: 17 S
Versión Digital: Año 2016 Impreso: Setiembre 2019



SIMBOLOGÍA

- Área urbana de Huanchaco
- Curvas de nivel
- Trocha carrozable
- Carretera
- Muelle de Huanchaco
- Material antropizado (arena y rocas)
- Enrocado artesanal

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

Dirección de Geología y Riesgo Geológico

EVALUACIÓN POR PELIGRO DE EROSIÓN MARINA EN EL BALNEARIO DE HUANCHACO, DISTRITO DE HUANCHACO, PROVINCIA DE TRUJILLO, REGIÓN LA LIBERTAD

MAPA GEOLÓGICO

MAPA 1.5

Escala: 1:8,000 Datum: UTM, WGAS 84 Zona: 17 S
Versión Digital: Año 2016 Impreso: Setiembre 2019

706700 707200 707700 708200

9107500 9107000 9106500 9106000 9105500

OCÉANO PACIFICO

Los Tumbos
El Boquerón
El Tablazo
Balneario de Huanchaco
Iglesia de Huanchaco
M.Distrital Antigua de Huanchaco
María del Socorro
Aeropuerto Carlos Martinez de Pinillos
Las Lomas I
Las Lomas II

Av.V.Larco Herrera
Av.La Ribera
Hacia Panamericana Norte
Carretera Huanchaco-Trujillo

0 10 15 35 40 5

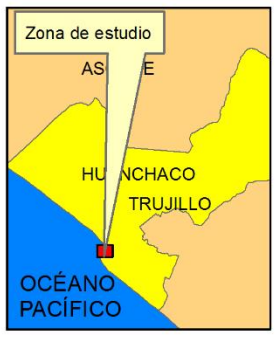
N W E S

0 80 160 320 Metros

706700 707200 707700 708200

SIMBOLOGÍA

- Área urbana de Huanchaco
- Curvas de nivel
- Trocha carrozable
- Carretera
- Surcos de escorrentías
- Muelle de Huanchaco
- Material antropizado (arena y rocas)
- Enrocado artesanal



Peligros Geológicos

- Erosión Marina
- Flujo de detritos
- Flujo de detritos antiguos
- Inundación marina y/o pluvial

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
Dirección de Geología y Riesgo Geológico

EVALUACIÓN POR PELIGRO DE EROSIÓN MARINA EN EL BALNEARIO DE HUANCHACO, DISTRITO DE HUANCHACO, PROVINCIA DE TRUJILLO, REGIÓN LA LIBERTAD

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS

MAPA 1.6

Escala: 1:8,000 Datum: UTM, WGAS 84 Zona: 17 S
Versión Digital: Año 2016 Impreso: Setiembre 2019