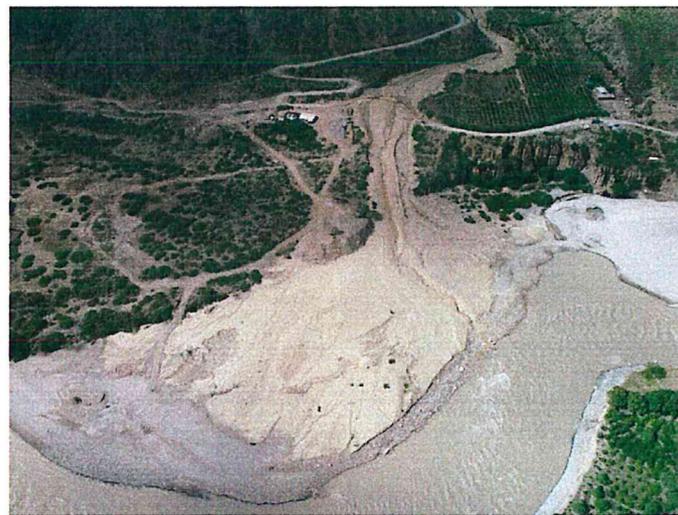


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6948

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS, DE LOS CENTROS POBLADOS CHAGUAL Y JUAN EL OSO

Región La Libertad
Provincia Pataz
Distrito Pataz



OCTUBRE
2019

Contenido

RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES	4
3. OBJETIVO GENERAL	4
3.1. Objetivo específico	4
4. METODOLOGÍA	5
4.1. Gabinete I:	5
4.2. Campo	5
4.3. Gabinete II:	5
5. ASPECTOS GENERALES	6
5.1. Ubicación y Accesibilidad	6
5.2. Población y actividades económicas	6
5.3. Clima	6
5.4. Hidrografía	7
6. GEOMORFOLOGÍA	8
6.1. Pendiente de terreno	9
6.2. Clasificación de unidades geomorfológicas	11
7. ASPECTOS GEOLÓGICOS	16
7.1. Complejo Maraón	16
7.2. Formación Contaya	16
7.3. Grupo Copacabana	16
7.4. Grupo Mitú	17
7.5. Grupo Pucara	17
7.6. Grupo Goyllarisquizga	17
7.7. Formación Crisnejas	17
7.8. Formación Rosa	17
7.9. Terraza aluvial	17
7.10. Deposito coluvio-deluvial	17
7.11. Depósito proluvial	18
7.12. Depósito fluvial	18
8. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	18
9. PELIGROS GEOLOGICOS	21
9.1. Concepto teórico	21
CONCLUSIÓN	28
RECOMENDACIONES	29

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos y geohidrológicos en el centro poblado Chagual y alrededores, que pertenece a la jurisdicción del distrito y provincia de Pataz región La Libertad. 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.

El centro poblado Chagual y Juan el Oso es afectado por peligros geohidrológicos de tipo inundación y erosión fluvial, afectan viviendas que se encuentran situadas cerca al cauce de río; también, las quebradas cercanas a la zona de estudio son afectadas por peligros geológicos de movimientos en masa de tipo: derrumbes y flujos de detritos, estos eventos afectan tramos de carretera afirmada y terrenos de cultivo y pastizales.

Entre los factores condicionantes que originan la ocurrencia de eventos geológicos por movimientos en masa, se tiene la pendiente de terreno fuerte (35° a 50°), geomorfológicamente formada por laderas de montaña en roca sedimentaria y metamórfica, substratos formado por mica esquistos (Complejo Maraón), intercalación de areniscas y limolitas de color gris verduzco (Gpo. Copacabana) y areniscas con limolitas de color gris violáceo (Gpo. Mitú).

Por las condiciones geológicas-geodinámicas presentes en el área de estudio, se le considera como zona crítica de muy alto peligro a la ocurrencia de movimientos en masa como: derrumbes y flujos de detritos (huaico), así como peligros geohidrológicos como: inundación y erosión fluvial, que se activan ante la ocurrencia de lluvias intensas y/o excepcionales y actividad sísmica actuando como factores desencadenantes.

Finalmente, en el presente informe se brindan recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades pongan en práctica para reducir la vulnerabilidad y por tanto el riesgo a los peligros geológicos. Estas propuestas de solución se plantean con la finalidad de minimizar las ocurrencias y los daños que pueden ocasionar los procesos identificados; así como también evitar la generación de nuevas ocurrencias o eventos futuros que causen daños.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente técnico-científico, incorpora dentro de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) a través de la ACT.7: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional. Su alcance contribuye con entidades gubernamentales en los diferentes niveles de gobierno (nacional, regional y local), a partir del reconocimiento, caracterización y diagnóstico de peligros geológicos en territorios susceptibles a movimientos en masa, inundaciones u otros peligros geológicos asociados a eventos hidroclimáticos, sísmicos o de reactivación de fallas geológicas, o asociados a actividad volcánica. Mediante esta asistencia técnica el INGEMMET proporciona una evaluación técnica que incluye resultados de la evaluación geológica-geodinámica realizada, así como, recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención de fenómenos activos o la generación de desastres futuros en el marco del Sistema de Gestión de Riesgo de Desastres.

El subgerente de la Oficina Regional de Defensa Nacional de la región La Libertad, mediante Oficio N°186-2019-GRLL-GGR-GRDN/SGDC, de fecha 15 de marzo del año en curso solicitó a nuestra institución una evaluación técnica de peligros geológicos en los anexos Chagual y el sector Juan el Oso.

El INGEMMET, por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico comisionó a los profesionales Edinson Ramos Silva y Dulio Gomez Velasquez, especialistas en peligros geológicos, para realizar las evaluaciones técnicas, en los sectores previamente mencionados, el cual se realizó el 05 y 06 mayo del presente año, previa coordinación con autoridades locales.

La evaluación técnica, se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anterior realizados por el Ingemmet, la interpretación de imágenes satelitales, preparación de mapas para trabajos de campo, toma de datos (fotografía y GPS), cartografiado y redacción de informe preliminar

Este informe, se pone en consideración del Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, autoridades y funcionarios competentes, para la ejecución de medidas de mitigación y reducción de riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

2. ANTECEDENTES

- Como trabajos anteriores se ha recopilado estudios de temas geológicos y de riesgos geológicos realizados en la región Libertad, información técnica necesaria para la elaboración del siguiente informe, tales como:
- Geología del cuadrángulo de Pataz, (Hojas; 16-h-I): Realizado por Ingemmet (2013): En el cual brinda información geológica a escala 1.50000.
- Boletín geológico del cuadrángulo de Pataz, (Hoja; 16-h), Realizado por Ingemmet (1964), informe en el cual se detallan aspectos geológicos, geomorfológicos y estructurales a escala 1.100000.
- Zonas críticas en la región La Libertad (Medina & Luque, 2008): En este estudio técnico preliminar se ha identificado que el distrito de Pataz, presentan peligros históricos por activaciones de quebrada como: el Tingo en la localidad de Vijus y en la quebrada Hualanga que afectó tramo de la carretera Vijus y Chagual, en periodos de lluvias de estación y extremas, desencadenando flujos de detritos transportados (Huaycos), en la página 10 y 48 se describe a la provincia de Pataz como una de las zonas críticas, expuestas a peligros geológicos (Movimientos en masa) en 5 de sus distritos como: Auyos de Buldibuyo, Bellavista de Huancaspata, Tayabamba, Parcoy, Pataz y Pías, registrándose también flujos de detritos y erosión fluvial en el poblado de Chagual en el distrito de Pataz.
- Riesgo geológico en la región La Libertad, boletín N°50 serie C (Medina *et al.*, 2012): Dicho estudio busca evaluar los problemas de geodinámica externa (peligros geológicos por movimientos en masa e inundaciones) que afectan a la región Libertad, teniendo como objetivo contribuir a la gestión de riesgos de desastres con el tema y cultura de prevención recomendando obras de mitigación estructural en los puntos críticos susceptibles a eventos geodinámicos. También contiene información geológica actualizada, clima, hidrografía, sismicidad etc.

3. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del estudio es realizar la evaluación geológica, geomorfológica en los poblados de Chagual y Juan "El Oso" con la finalidad de identificar los peligros geodinámicos y/o hidrogeológicos que afectan la seguridad física de estos poblados, determinar las causas y consecuencias de la ocurrencia, para brindar las conclusiones y recomendaciones respectivas, para mitigar el peligro con medidas estructurales de prevención o reubicación de elementos expuestos propensos a ser afectados por dichos eventos de origen natural, para el desarrollo sostenible de la población y el mejoramiento de las condiciones de vida de sus habitantes.

3.1. Objetivo específico

- Obtener información del origen de ocurrencia, es decir conocer las causas y efectos que provocan o podrían ocasionar los peligros geológicos presentes en las localidades de Chagual y Juan "El Oso".

- Realizar los cartografiados respectivos de los peligros o eventos geodinámicos presentes en la zona de estudio.
- Identificar zonas críticas y los elementos expuestos para tener un alcance de la vulnerabilidad ante la ocurrencia de peligros geológicos.
- Analizar la actividad sísmica de la zona de estudio.
- Comunicar y sensibilizar a la comunidad de qué manera puede afectar como deben hacer para prevenirlo.
- Generar información geocientífica que contribuya a los planes de ordenamiento territorial y gestión del riesgo local y que permita a las autoridades y la población implementar planes de prevención de desastres.

4. METODOLOGÍA

La metodología para el desarrollo del estudio geológico, geomorfológico y geodinámico constara de 3 etapas: Gabinete I, Campo, Gabinete II, descritos a continuación.

4.1. Gabinete I:

Los trabajos de gabinete I consistieron en las siguientes etapas:

- 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.
- Generación del mapa topográfico base, generados mediante el procesamiento de información geográfica (SIG), a partir de un modelo digital de terreno (MDT) obtenido del servidor Alos Palsar.
- Generación de mapas temáticos preliminares para su respectiva comprobación de campo a escala 1.10000.
- Recopilación de mapas geológicos de la zona a escala 1.100000 y 50000, extraídos de la base de Ingemmet.
- Interpretación de imágenes satelitales Google Earth pro del área de estudio.

4.2. Campo

La inspección técnica de campo tuvo una duración de 1 día en las localidades de Chagual y Juan "El Oso", donde se realizaron las siguientes actividades:

- Caracterización, cartografiado e identificación de zonas críticas ante peligros geodinámicos que puedan afectar la seguridad física de centros poblados, obras de ingeniería, etc.
- Caracterización y cartografiado de unidades litológicas y unidades geomorfológicas que afloran en las localidades antes mencionadas.
- Coordinación con las autoridades distritales de Pataz y sus dirigentes comunales con la finalidad de difundir el estudio y sensibilización sobre la temática de prevención de desastres.

4.3. 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 mapa temáticos finales tales como mapas geológicos, geomorfológicos y geodinámicos a escala 1.7500 (Poblado de Chagual) y a escala 1.2500 (Poblado Juan “El Oso”).
- Inventario local de peligro geológicos, elementos expuestos y análisis de la actividad sísmica.
- Preparación y redacción del informe final.

5. ASPECTOS GENERALES

5.1. Ubicación y Accesibilidad

Los poblados de Chagual y Juan “El Oso” pertenecen al distrito de Pataz, Provincia del mismo nombre, región La Libertad, ambos pueblos se encuentran ubicados cercanos al margen derecho del río Marañón, en la coordenada UTM, WGS84; 209442 E, 9133248 N, con una altitud de 1238 m s.n.m, ver Planos (Anexo 01).

El acceso a la zona de estudio desde Lima es de la siguiente manera:

Tramo		Distancia (km)	Tipo de vía	Duración (h)
Lima	Trujillo	558	Vía asfaltada	8:24
Trujillo	Huamachuco	184	Vía asfaltada	4:20
Huamachuco	Chagual	134	Vía afirmada	4:43
Chagual	Juan el Oso	3	Vía afirmada	00:5



Figura 01: Ubicación de la zona de estudio (Poblado de Chagual y Juan “El Oso”).

Fuente: Google maps

5.2. Población y actividades económicas

Según el INEI (censo, 2017), el distrito de Pataz lo constituyen 8937 habitantes, con una densidad poblacional de 19.12 hab/km². Las principales actividades económicas que realizan los pobladores de las localidades de Chagual y Juan el Oso es la pequeña minería de Au y Ag, agricultura (Siembran y cosechan papa, yuca, camote, mango, papaya, etc.) y en menor grado comercio de sus productos de la zona y negocio de restaurantes.

5.3. Clima

El clima de Chagual es desértico. No hay virtualmente ninguna lluvia durante el año en Chagual. Este clima es considerado BWk según la clasificación climática de Köppen-Geiger. En Chagual, la temperatura media anual es de 17.9 ° C. Precipitaciones aquí promedios 5 mm. es la más baja en febrero, con un promedio de 0 mm. 1 mm, mientras

que la caída media en enero y junio a setiembre tiene las mayores precipitaciones del año

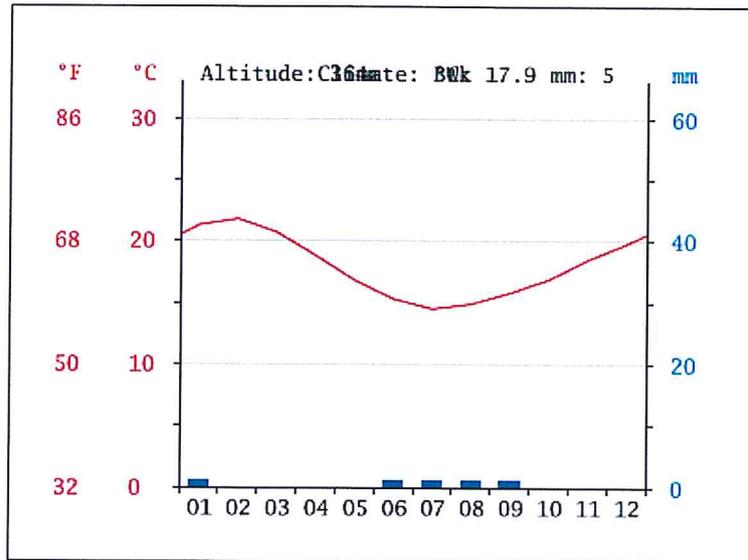


Figura 02: Diagrama de precipitaciones anual (fuente: <https://es.climate-data.org>)

5.4. Hidrografía

El área de estudio se encuentra ubicada en la margen derecha del sistema hidrográfico de la vertiente del Atlántico, específicamente en la cuenca del río Marañón, es uno de los principales afluentes del río Amazonas, se ubica entre la Cordillera Occidental y Central de los Andes del Perú, drena un área total de 6438.07 km² de superficie, en la región La Libertad, calculado por INRENA.

Ocupa superficie entre Huánuco, Ancash, La Libertad, Cajamarca y Amazonas. El río Marañón tiene su origen al noroeste del nudo de Pasco, en el flanco septentrional del nevado de Raura, en la cordillera de Huayhuash, a más de 5800 m.s.n.m. de altitud, recibiendo agua de las lagunas Niñococha, Santa Ana y Lauricocha (Huánuco), además de los deshielos del nevado Matador, comprende también el pongo de Manderecha (ubicado entre las regiones de Amazonas y Loreto), se caracteriza por presentar un cauce estrecho, profundo, caudales turbulentos en épocas de crecientes, también sirve como régimen límite regional en algunos sectores. Su curso del río presenta una orientación sureste a noroeste entre la cadena Occidental y Central de los Andes, hasta llegar al pongo de Rentema tomando una dirección noreste hasta el pongo de Manseriche, con numerosos pongos y cañones que dificultan su navegación.

En la región La Libertad sus principales afluentes por su margen izquierdo son: Chusgón, Gansul, San Sebastián y por el margen derecho los ríos Cajas, Parcoy, Lavasen y Cujibamba.

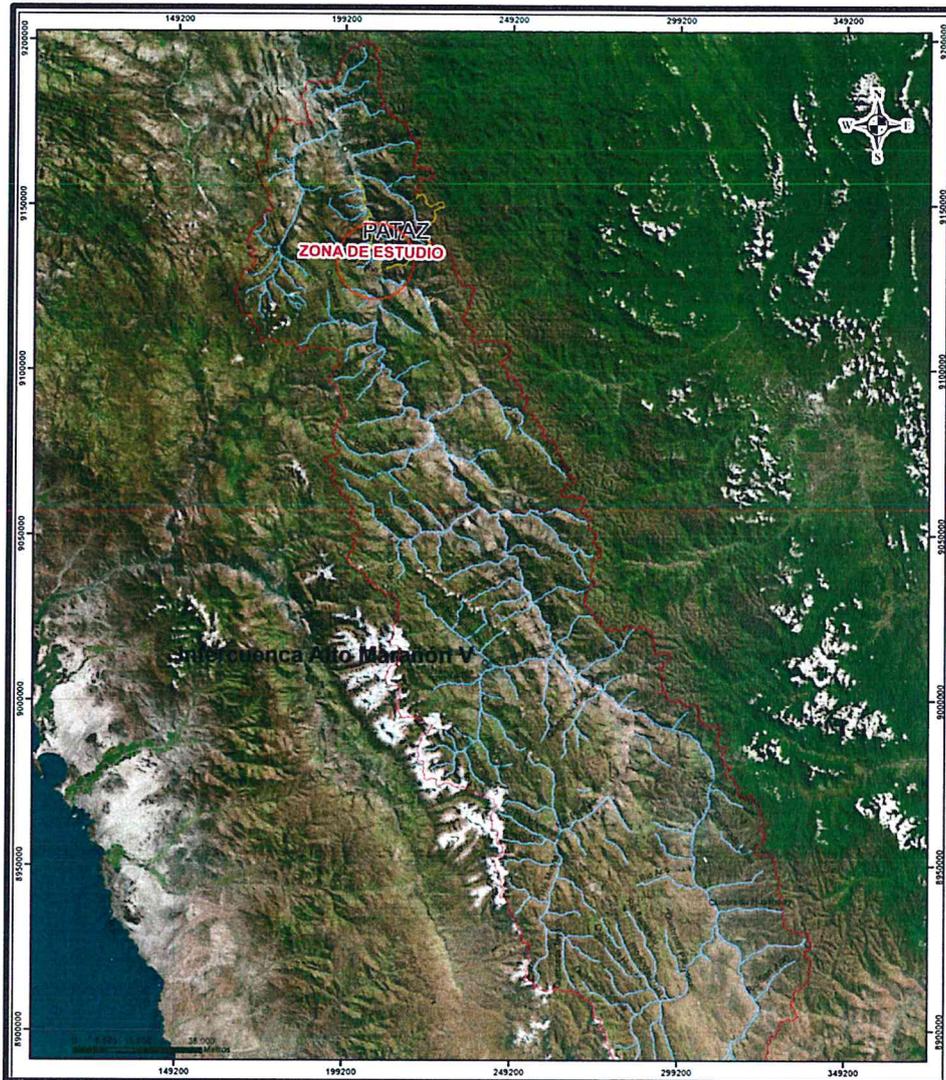


Figura 03: Intercuenca Alta del río Marañón. Fuente: Propia 2019

6. 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 la cadena meteorización, erosión, transporte y sedimentación (Gutierrez, 2008).

Se considera a los mapas geomorfológicos una herramienta indispensable para el análisis de los peligros naturales por su estrecha relación con los procesos geodinámicos.

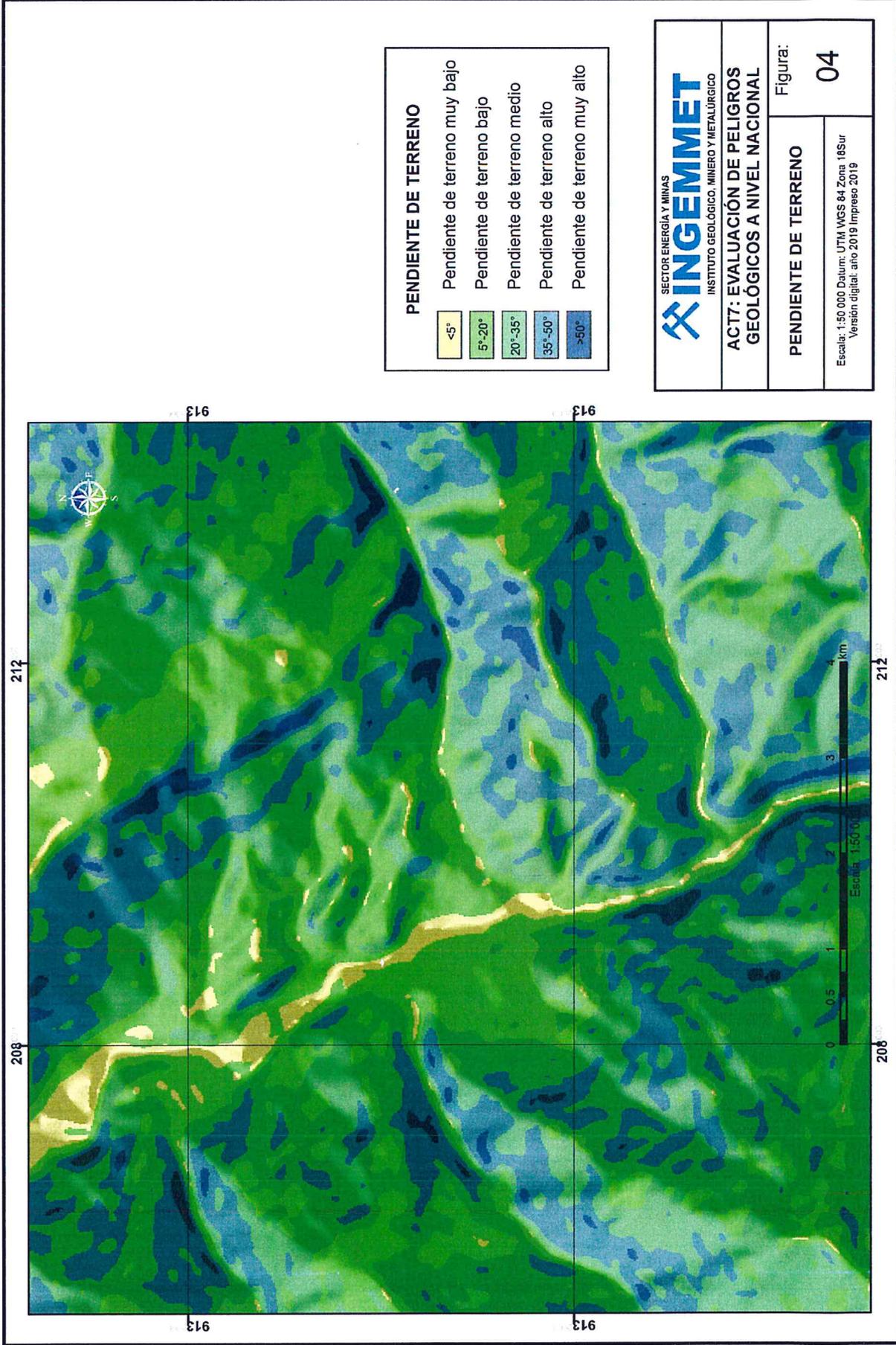
6.1. Pendiente de terreno

La clasificación de rangos de pendientes de un relieve expresados en grados o porcentajes se usó la tabla de rangos que aparece en el Informe “Estudio de riesgos geológicos del Perú – (Fidel, 2006), Tabla 01., ya que el autor en sus estudios clasifica las pendientes en base a las características físicas del territorio peruano tomando la metodología expuesta en el párrafo anterior, 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 Plano 02 y 03 (Anexo 01).

Tabla 01
 Rangos de pendientes del terreno.

Pendiente de terreno en grados (°)	Clasificación
<5°	Muy bajo
5° – 20°	Bajo
20° – 35°	Medio
35° – 50°	Fuerte
>50°	Muy fuerte

Fuente: Fidel, L. y otros (2006)



6.2. 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 caracterizar una geoforma a la percepción visual, proximal o distal, sea humana o instrumental.

El área de estudio se encuentra entre la región Quechua y Yunga, entre las cotas 1200 m s.n.m. y 2000 m s.n.m., donde se han diferenciado las siguientes unidades geomorfológicas.

Las unidades geomorfológicas consideradas en este ítem se describen a continuación. (figura 8)

6.2.1 Unidades geomorfológicas de carácter tectónico degradacional y erosional:

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas, ocupan el del área total de la región. Dentro de este grupo se tienen las siguientes unidades

Unidad de Montaña

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local, se reconocen como cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento, glaciación, etc.).

En el contexto general se encuentran conformadas por alineamientos alargados, constituidos por rocas de tipo metamórfica y sedimentaria, con un moderado a fuerte estado de meteorización superficial y de erosión.

Dentro de este grupo se diferenciaron dos subunidades:

Sub unidad de montañas en rocas sedimentarias

Relieve abrupto con pendientes muy fuertes (25 ° a 45 °), erosionadas en cárcavas, y con sistema de drenaje dendrítica, cumbres suavemente aristadas por rocas de mayor dureza, que se prolongan hasta la base de la montaña. Lo conforma rocas sedimentarias del grupo Ambo y la Formación Contaya.

Sub unidad montañas en rocas metamórficas

Son relieves parcialmente abrupta con cumbres suavemente contorneadas, sus laderas con fuerte a muy fuerte pendiente ($15^\circ - 25^\circ$ a $25^\circ - 45^\circ$), conformadas en rocas del complejo Marañón

6.2.2 Unidades geomorfológicas de carácter deposicional o agradacional

Unidad de piedemonte

Constituyen depósitos convexos residuales acarreados y depositados en vertientes o laderas bajas y medias, engloba orígenes variados asociado a la gravedad, aguas superficiales, etc. y la pendiente como una condición determinante para su movilidad y acumulación de los materiales sueltos. Corresponden al tiempo geológico del cuaternario.

Dentro de este grupo se diferenciaron tres subunidades:

Sub unidad de vertiente o piedemonte coluvio-deluvial

Depósito normalmente acumulado en laderas medias, producto de la acción gravitacional, la pendiente, condiciones del terreno y agentes externos. Están constituidos principalmente por suelos detrítica limo arcilloso y de litología homogénea. Son depósitos de corto recorrido. Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa. (figura 5)

Sub unidad de vertiente proluvial

Depósito de material detrítica acarreada por cursos de agua; morfológicamente se asemeja al abanico de utensilio, con una pendiente que puede variar entre $2^\circ - 15^\circ$. Se hallan normalmente en la desembocadura de quebradas y ríos. La acumulación de estos materiales se incrementa en los periodos altos de lluvias. Figura 7.

Unidad de planicies inundables

Corresponde a terrenos de acumulación de sedimentos y acuíferos. Están sujetos a modificaciones físicas constantes o recurrentes, desarrolladas normalmente en cuencas, llanos andinos y amazónicos.

Sub unidad de terraza aluvial

(Vilchez, et al., 2013) son porciones de terreno que se encuentran dispuestas a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río, a mayor altura, representan niveles antiguos de sedimentación fluvial, los cuales han sido disectados por las corrientes como consecuencia de la profundización del valle. Están constituidos

por material detrítica más o menos gradada, presentando en la parte superior terrenos idóneos para el desarrollo agrícola.

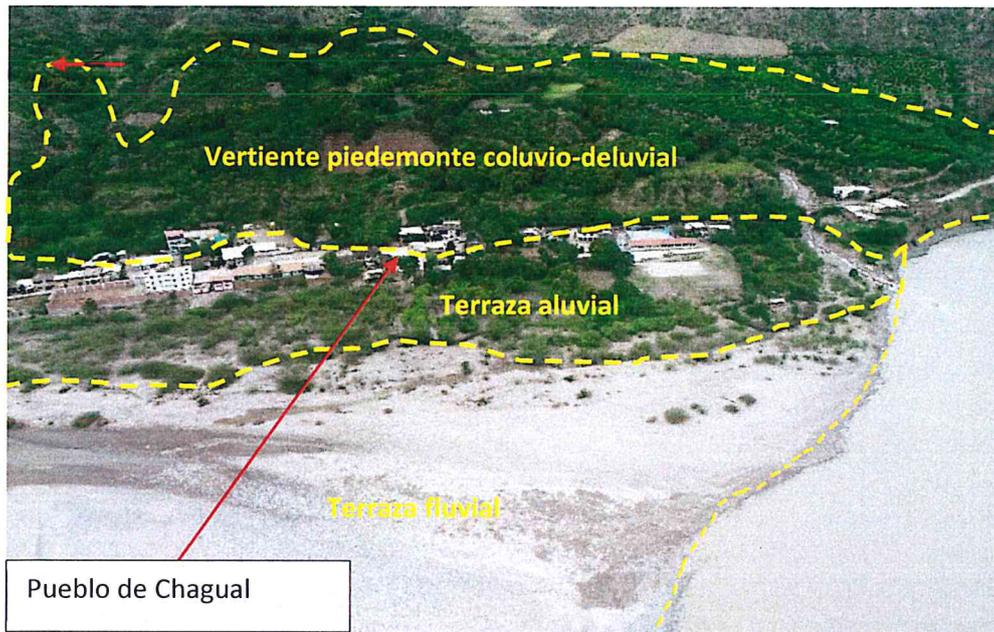


Figura 05: Pie de monte y de la terraza aluvial donde se asienta parte de la población de Chagual. Fuente: Propia 2019

Sub unidad de terraza fluvial

Sub unidad geomorfológica de origen denudativo y depositacional, ya que los cauces de los ríos al evolucionar en su madurez, sedimentan y profundizan sus lechos y laderas, quedando en sus márgenes formas de bancos o graderías de sedimentación fluvial conocida como terrazas fluviales, en la zona de estudio se han identificado terrazas fluviales de 0.60 m y 1.50 m de altura, aproximadamente. (figura 05 y 06).

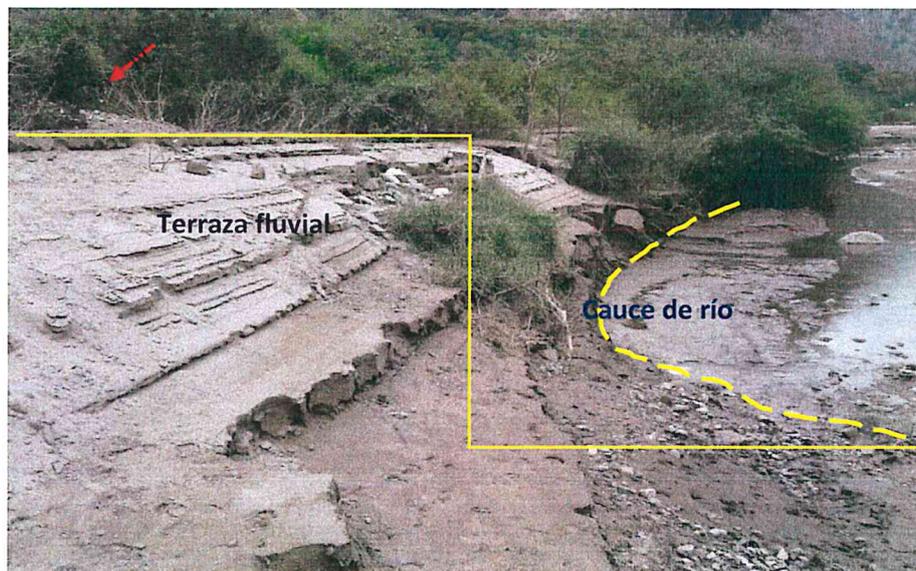
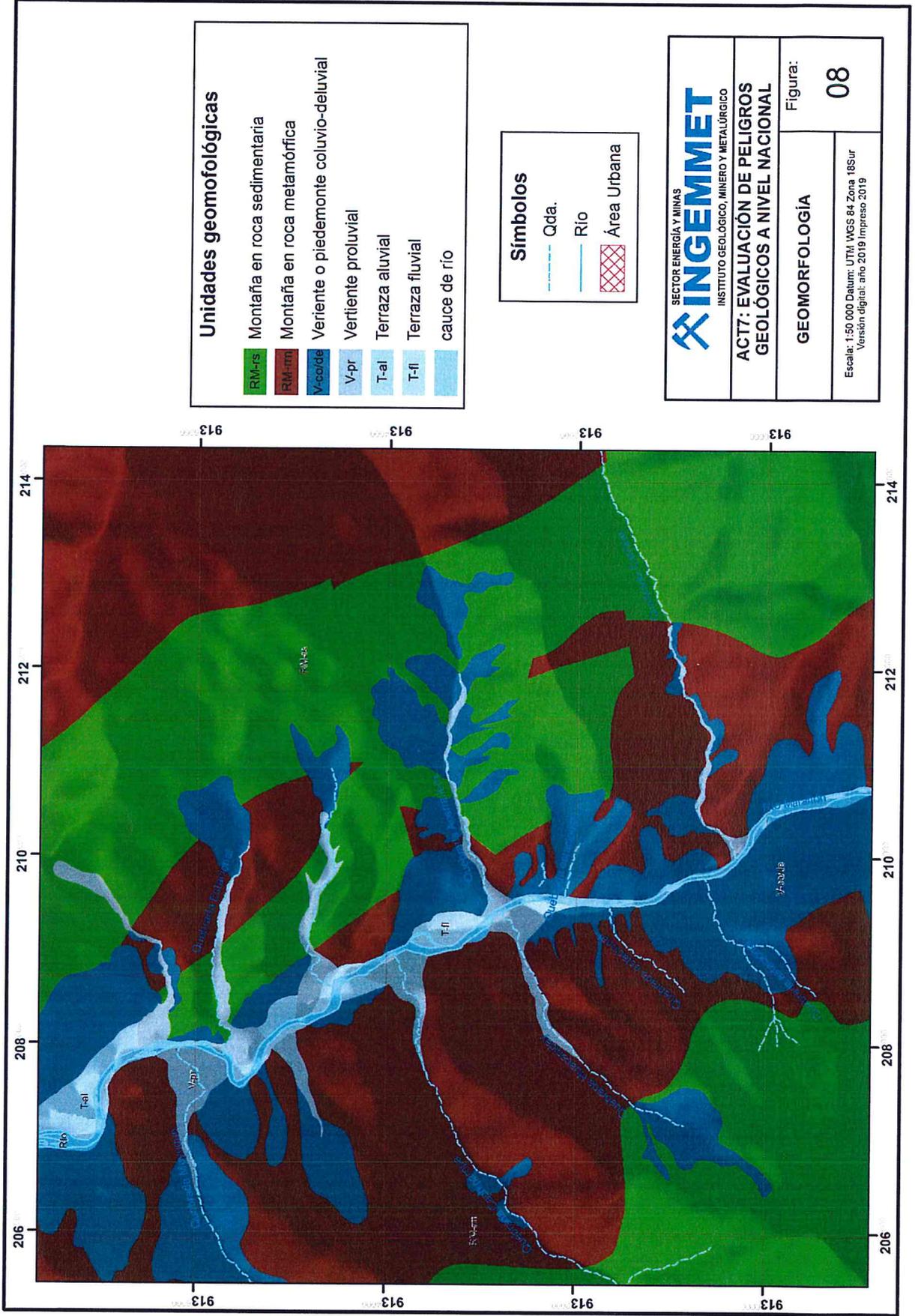


Figura 06: Lecho fluvial y terraza fluvial del río Marañón, ubicada a 122 y 423 m al noroeste de la comisaria del poblado de Chagual.



Figura 07: Vista panorámica tomado con vehículo aéreo no tripulado (drone), se observa vertiente proluvial



7. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Según la cartografía geológica en el cuadrángulo Pataz (hoja 16h-II) a escala 1/50 000, (Gomez. W, et al., 2013). En el área de estudio se presenta las siguientes unidades litoestratigráficas (figura 10).

7.1. Complejo Marañón

El mica-esquistos del Complejo del Marañón tiene buenos afloramientos a lo largo de la carretera que baja de Aricapampa a Chagual, y entre éste último lugar y el caserío de Magno, ubicado en la quebrada de Alpamarca. El esquistos presenta como una roca foliada, gris verdoso que generalmente forma escarpas o farallones, Esta unidad litoestratigráfica, es considerada de calidad geotécnica mala, susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa (figura 09,10 y 11)



Figura 09: Pizarras areniscosas y filitas grises, las primeras afloran al este y sureste del poblado de Chagual del norte, mientras que las segundas al norte, noreste y oeste del poblado Chagual. Fuente: Propia 2019

7.2. Formación Contaya

Esta unidad, aflora en ambas márgenes del valle Marañón, formado por varios cientos de metros de arcillitas pizarrosas y pizarras negras o gris oscuras en láminas y capas delgadas de cuarcita. Substrato meteorizado, muy fracturado de calidad geotecnia mala, susceptible a la ocurrencia de derrumbes, deslizamientos y erosión de ladera.

7.3. Grupo Copacabana

Está conformada litológicamente por areniscas y limolitas de color gris verduzco, muy compactas y fracturadas, afloran al noreste en la quebrada Lucmahuayco y sureste del

poblado de Chagual, a inmediaciones de la quebrada Acerradera. Presentan edad Pérmico temprano, ver figura 10 y 11.

7.4. Grupo Mitú

Está conformada litológicamente por areniscas y limolitas de color gris violáceo a rojizo, muy compactas y fracturadas, afloran al este del poblado Chagual del Campo y hacia la carretera a Pataz. Presentan edad Mesozoica del Triásico temprano, ver figura 10 y 11.

7.5. Grupo Pucara

Esta sub unidad litoestratigráfica, aflora en la margen derecha del valle Marañón, está formado por calizas negras en capas delgas con intercalaciones de arcillolitas negras intercalaciones, ver figura 10.

7.6. Grupo Goyllarisquizga

Unidad litoestratigráfica formada por la intercalación de areniscas finas, areniscas, arcillolitas y algunas calizas, aflora en la margen derecha del valle Marañón. Substrato muy meteorizado por sus características es considerado de calidad geotécnica mala, susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes y erosión de ladera, (figura 10)

7.7. Formación Crisnejas

La unidad litoestratigráfica está formado por la intercalación de calizas, areniscas calcáreas y lutitas calcáreas, con un grosor promedio de 200 m. Las calizas son nodulares, arcillosas, de un color grisáceo a pardo claro, y se presentan en capas medianas a gruesas. Las otras litologías constituyen solamente una pequeña parte de la formación y vienen como intercalaciones entre las calizas, que Benavides (1956). En la zona de estudio se caracteriza por que presenta superficie muy meteorizado y de calidad geotecnia mala, susceptible los procesos geodinámicos por movimientos en masa de tipo: deslizamientos, derrumbes y erosión de ladera, (figura 10)

7.8. Formación Rosa

La unidad litoestratigráfica está conformado por rocas sedimentarias como conglomerados y areniscas rojas (Benavides, 1956). En la zona de estudio esta unidad aflora en la margen derecha del valle del rio Marañón. El substrato presenta superficie muy meteorizado con características geotécnicas de mala calidad susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa, (figura 10)

7.9. Terraza aluvial

Son porciones de terreno que se encuentran dispuestas a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río, a mayor altura, representan niveles antiguos de sedimentación fluvial, los cuales han sido disectados por las corrientes como consecuencia de la profundización del valle (Vilchez, *et al.*, 2013). Están constituidos por material detrítica más o menos gradada, presentando en la parte superior terrenos idóneos para el desarrollo agrícola. Ver figura 12.

7.10. Deposito coluvio-deluvial

Son depósitos cuaternarios conformado por sedimentos de pie de monte, depositados en la base de las laderas de montañas, conformados por gravas angulosas y subredondeadas, en matriz areno arcillo-limosa, en este depósito se asienta parcialmente el poblado de Chagual, Chagual del Campo y Chagualito, ver figura 12.

7.11. Depósito proluvial

Fragmentos rocosos heterométricos (cantos, bolos, bloques, etc.), con relleno limo arenoso- arcilloso depositados en el fondo de valles tributarios y conos deyectivos en la confluencia con el río principal. Material arrastrado y lavado por la lluvia, (Tinta, 2000) ver figura 12.

7.12. Depósito fluvial

Son depósitos Cuaternarios constituidos por sedimentos transportados por la corriente de un río, en este caso por el río Marañón, están conformados por gravas polimícticas y arenas finas redondeadas, afloran a lo largo y ancho del lecho fluvial y terrazas fluviales del río Marañón, ver figura 12.

8. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

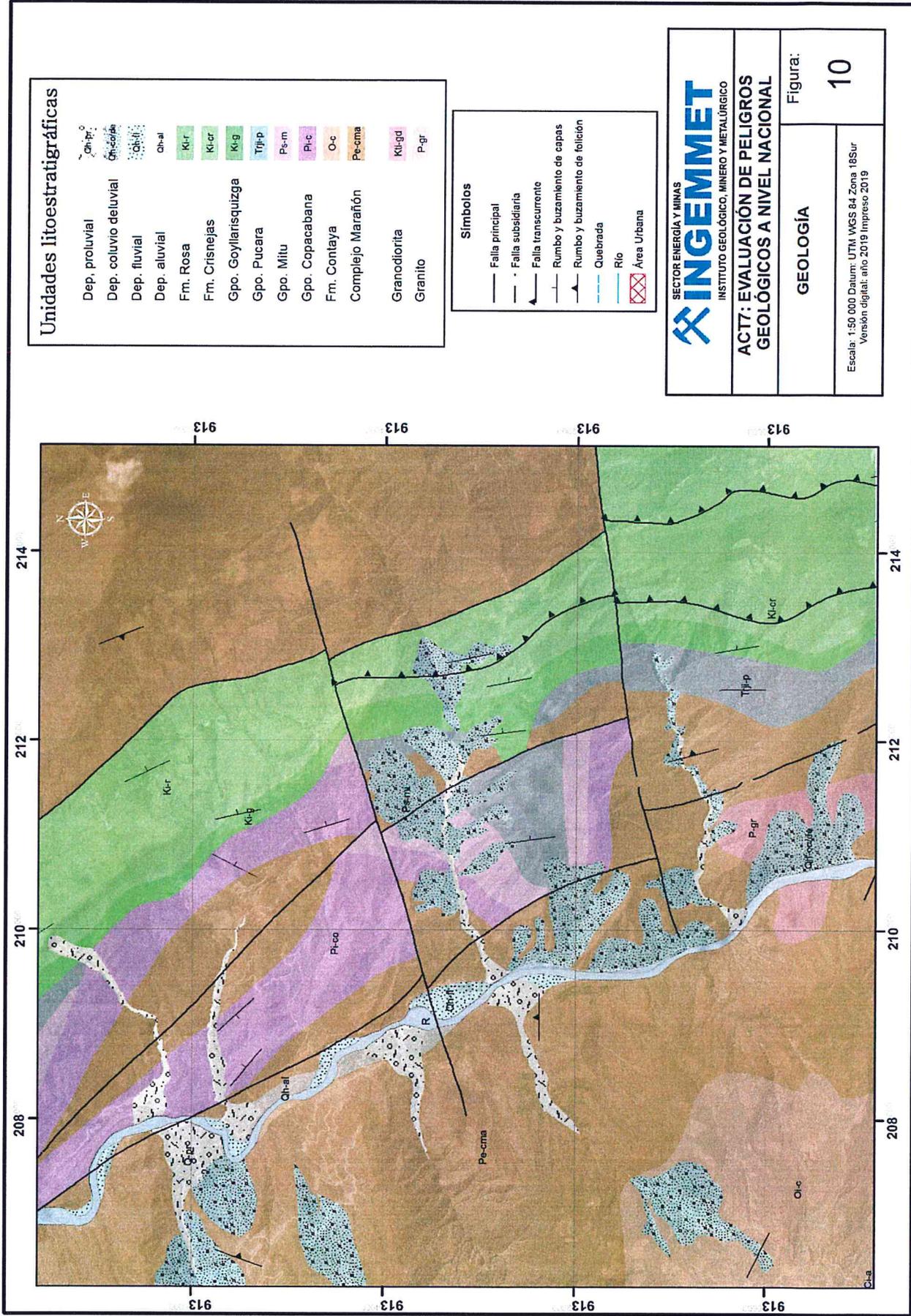
Los rasgos estructurales guardan relación con las condiciones y naturaleza de las rocas donde han actuado fuerzas tectónicas hasta completar la formación de estructuras geológicas que registramos actualmente.

En el estudio regional del cuadrángulo de Pataz, las rocas metamórficas del Paleozoico se encuentran falladas, de tipo normal e inferidas en ambos extremos del río Marañón y los cuerpos intrusivos de edad Carboníferos presentan una dirección NO-SE.

En la quebrada Lucmahuayco ubicada a 1.6 km al norte del centro poblado Chagual se identificó una falla dextral en sentido NE-SO, desplazando fallas normales e inversas en sentido NO-SE en secuencias Paleozoicas y Mesozoicas, que se proyectan a lo largo del margen este hasta la localidad Juan "El Oso", donde se identificó una falla del tipo sinistral inferida a lo largo de la quebrada Carrizal, desplazando fallas normales, inversas e inferidas en sentido NO-SE emplazadas en rocas Paleozoicas y Mesozoicas, al sur del poblado Juan "El Oso" se emplaza un cuerpo intrusivo granodiorítico en dirección NO-SE.

A lo largo de la quebrada Acerradera ubicada al sur del poblado Chagual también se identificó una falla inferida en sentido NE-SW. Los cuerpos dacíticos hipabisales del Paleógeno se emplazaron a medida que la Cordillera de los Andes se levantaba en su última fase de Orogenia Andina.

Según Wilson & Reyes (1964), describen que esta cuenca del marañón es una fosa tectónica angosta (Diseño de graben y horts), fracturada fuertemente y desplazada por fallas verticales durante las etapas de evolución del ciclo andino.



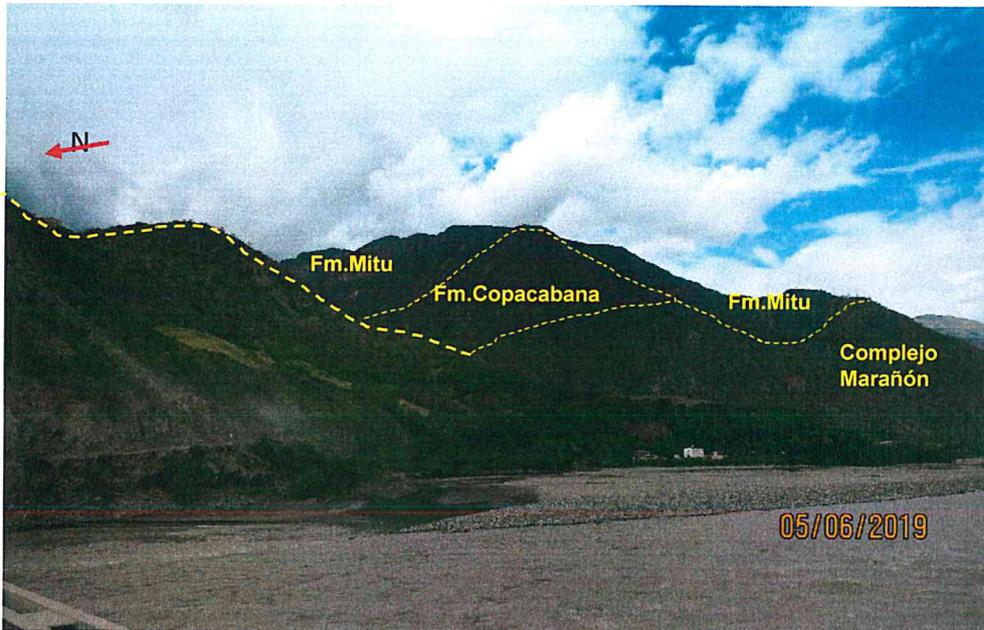


Figura 11: Formación Mitú, afloran al noreste y sureste del poblado Chagual, a inmediaciones de la quebrada Acerradera. Fuente: Propia 2019

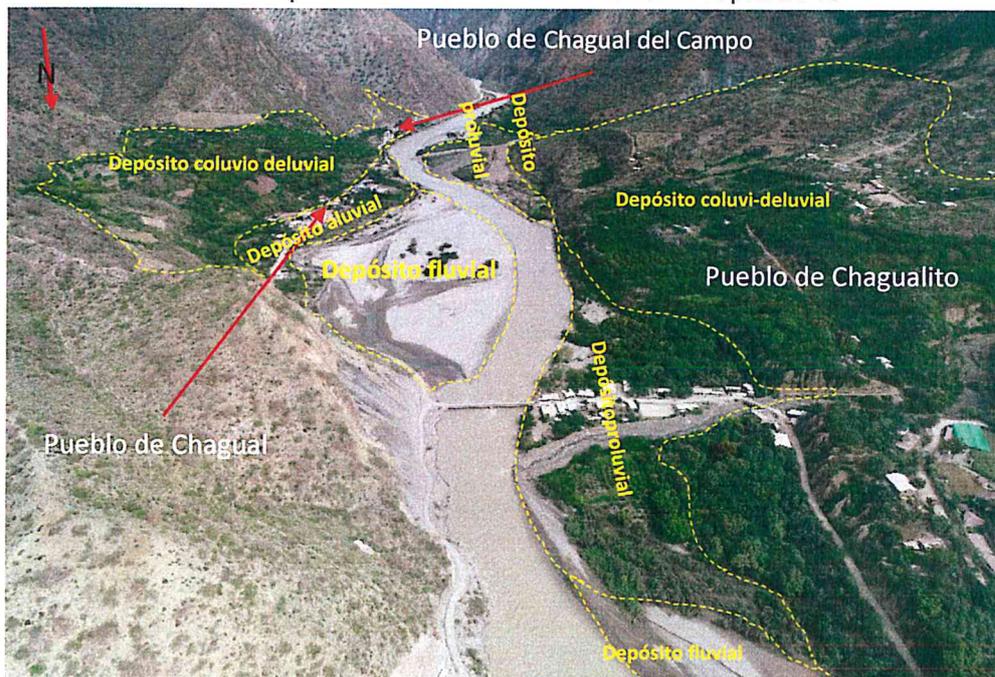


Figura 12: Vista de depósitos fluviales, aluviales y coluviales, siendo los dos últimos depósitos donde más se asienta parcial o totalmente la población de Chagual.

9. PELIGROS GEOLOGICOS

9.1. Concepto teórico

El termino movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991). Algunos movimientos en masa, como la reptación, son, lentos, a veces imperceptibles y difusos, en tanto de otros, como algunos deslizamientos pueden desarrollar velocidades altas y pueden definirse con límites claros, determinados por superficies de rotura (Crozier, 1999^a, en Glade y Crozier, 2005).

Estos movimientos en masa, tienen como causas factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de suelos, el drenaje superficial–subterráneo y la cobertura vegetal; combinados con factores extrínsecos, entre ellos se consideran la construcción de viviendas en zonas no adecuadas, construcción de carreteras, explotación de canteras. Se tiene como “desencadenantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona

9.1.1 Derrumbe

Caída violenta de material que se puede dar tanto en macizos rocosos como depósitos de cobertura, desarrollados por: heterogeneidad litológica, meteorización fracturamiento, fuertes pendientes, humedad y/o precipitaciones, sismos y erosión generada en las márgenes. (figura 13)

Estos fenómenos suelen producirse en taludes verticales en suelos inconsolidados a medianamente consolidados, rocas muy fracturadas y en el corte de carreteras, canteras, acantilados marinos, taludes de terraza, etc.

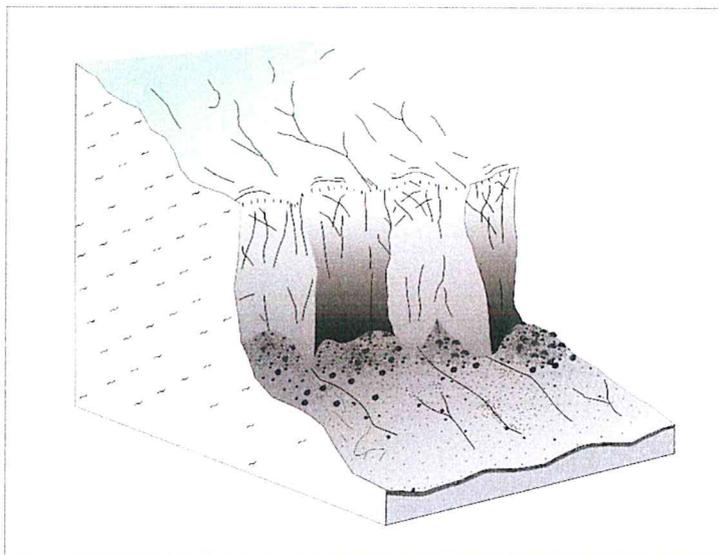


Figura 13. Esquema de movimiento en masa de tipo derrumbe

Los peligros geológicos identificados y delimitados en la zona de estudio, mediante la interpretación usando imágenes tomadas con vehículo aéreo no tripulado (VANT) e imágenes satelitales del Google Earth Pro, como también la cartografía de eventos antiguos y activos.

El poblado de Chagual y alrededores está expuesto a peligros por derrumbe, este tipo de eventos se generan en ambas márgenes de las quebradas afluentes al río Marañón, en su margen derecha se tiene las quebrada Carrizal y Acerradera y en su margen izquierda las quebradas Huacaniday, Cachipampa y Muyuque. (figura 14)

Para la ocurrencia de peligros geológicos en el área de estudio, está condicionado aspectos geológicos, geomorfológicos y antrópicos.

Factores de sitio

- a) El sector presenta montañas en rocas sedimentarias y en rocas metamórficas con laderas de pendiente muy fuerte (25° a 45°). consideradas como laderas inestables, susceptible a la ocurrencia de derrumbes y erosión de ladera
- b) Substrato muy meteorizado y fracturado, de características geotécnicas mala son susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa.
- c) Suelos residuales poco saturados por sectores
- d) Cobertura vegetal escasa.

Factores antrópicos

- a) Excavación (cortes en el pie de ladera)

El desencadenante principal es la lluvia intensa extraordinaria, que se presentan entre los meses diciembre a marzo.



Figura 14. Vista panorámica del cerro La Colpa, se observa derrumbes que aportan material al fondo de la quebrada y en periodo de lluvias intensas estas se desarrollan y forman flujos de detrito (huaicos)

9.1.2. Flujos

Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Se tienen los siguientes tipos según Varnes (1978), Hungr et al. (2001), Hungr (2005):

Flujo de detritos (huaicos)

Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada (figura 15). Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos (Figura 8). Sus depósitos tienen rasgos característicos como albardones o diques longitudinales, canales en forma de “u”, trenes de bloques rocosos y grandes bloques individuales. Los flujos de detritos desarrollan pulsos usualmente con acumulación de bloques en el frente de onda. Como resultado del desarrollo de pulsos, los caudales pico de los flujos de detritos pueden exceder en varios niveles de magnitud a los caudales pico de inundaciones grandes. Esta característica hace que los flujos de detritos tengan un alto potencial destructivo.

La mayoría de los flujos de detritos alcanzan velocidades en el rango de movimiento extremadamente, y por naturaleza son capaces de producir la muerte de personas (Hung, 2005).

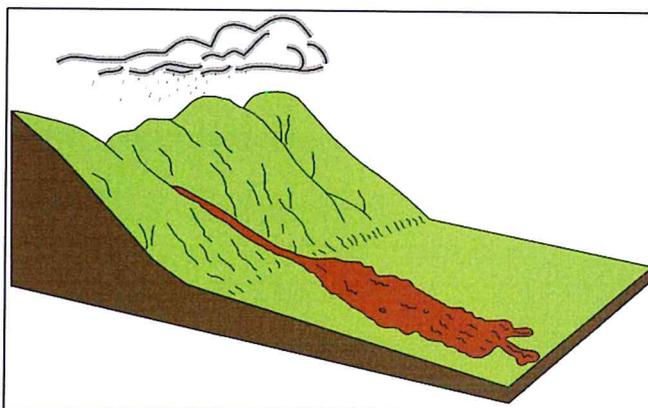


Figura 15 Esquema de flujos canalizado, según Cruden y Varnes (1996).

En la zona de estudio se han identificado eventos de tipo flujo de detritos (huaico), en las quebradas: Cachipampa, Acerradera Huacaniday y Muyuque, son eventos que se generan periódicamente, la acumulación de material (bloques, guijarros y arenas en material limo arcilloso) formado por los procesos como derrumbes y erosión de ladera este material es acarreado pendiente abajo en periodo de lluvias intensas y/o excepcionales.

Los huaicos presentan las siguientes características son flujos canalizados, tienen un recorrido aproximado de 2200 m un ancho de 40 m, y se depositan a manera de abanico en zonas de confluencia del río principal

Para la ocurrencia de huaicos en el área de estudio, éstos están condicionados aspectos geológicos, geomorfológicos y pendiente.

Factores de sitio

- e) El sector presenta montañas en rocas sedimentarias y en rocas metamórficas con laderas de pendiente muy fuerte (25° a 45°). consideradas como laderas

- inestables, susceptible a la ocurrencia de derrumbes y erosión de ladera. También presentan terrenos llanos (<5°) en el fondo de quebradas.
- f) Substrato muy meteorizado y fracturado, de características geotécnicas mala son susceptible a la ocurrencia de derrumbes y erosión que aportan de material al fondo de las quebradas.
 - g) Suelos coluvio-deluvial poco saturados, que se encuentra acumulados en el fondo de las quebradas.
 - h) Cobertura vegetal escasa.

Afecta:

Afecta terrenos de pastoreo, plataforma de vía afirmada y podría afectar estribos de la estructura de puente

El desencadenante principal es la lluvia intensa extraordinaria, que se presentan entre los meses diciembre a marzo.

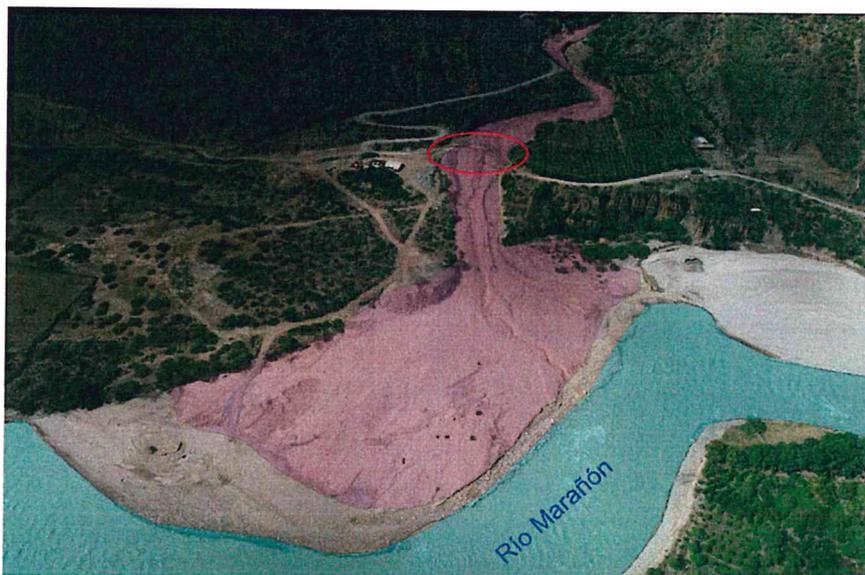


Figura 16. Vista de la quebrada del evento (huaico) ocurrido el 2019, afecta tramo de carretera afirmada Chagual - Pataz.

Erosión de ladera

Fenómeno asociado con la pérdida de suelo por origen hídrico, dependen de la susceptibilidad que tenga el área en términos de su geología, pendiente, uso del suelo, actividades antrópicas y cobertura vegetal, abarca la separación, el transporte y la sedimentación de los suelos. La erosión laminar puede ser laminar, en surcos y en cárcavas (Figura 17).

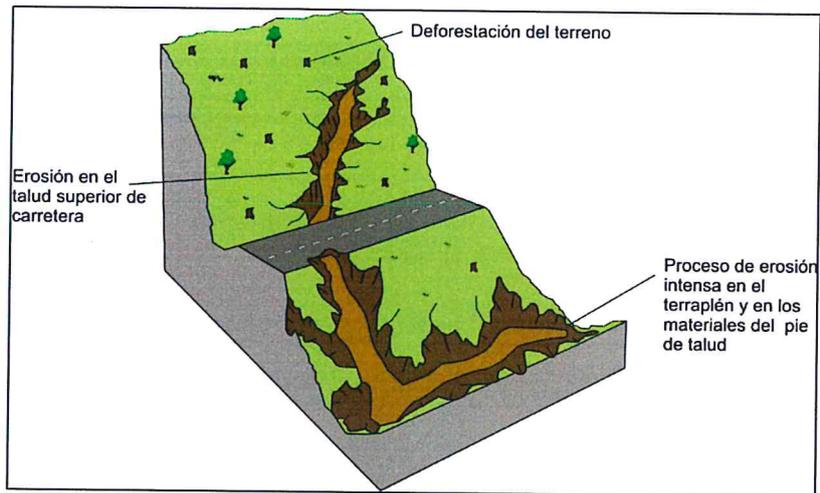


Figura 17: Esquema de erosión de ladera tipo cárcava.

9.1.3. Erosión fluvial

Para que se produzca este fenómeno intervienen, tanto factores geológicos (morfología del cauce, dinámica del río, pendiente y ancho del cauce, tipo de drenaje, naturaleza del suelo o substrato en las márgenes, etc.), así como hidrológicos (Precipitación en cuenca húmeda, caudales normales, máximos, etc.). Los procesos de erosión fluvial producen pérdidas de terrenos en las márgenes de los ríos, por medio de los derrumbes y deslizamientos, resultantes de la socavación en la base de las márgenes (figura 18).

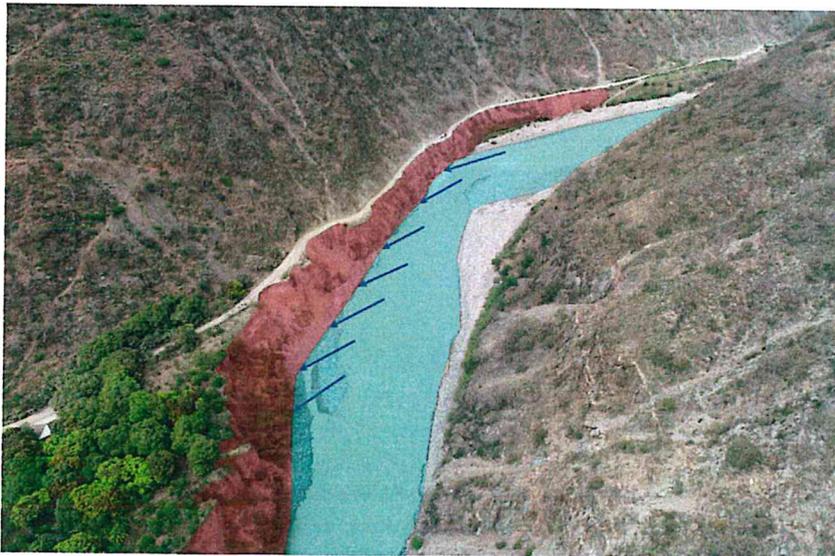


Figura 18. Vista de la margen derecha del río Marañón ubicado a 300 m, aguas arriba del poblado de Juan el Oso, se observa erosión fluvial que genera derrumbes una longitud de 1000 m. este evento afecta tramo de carretera Chagual – Retamas - Parcoy

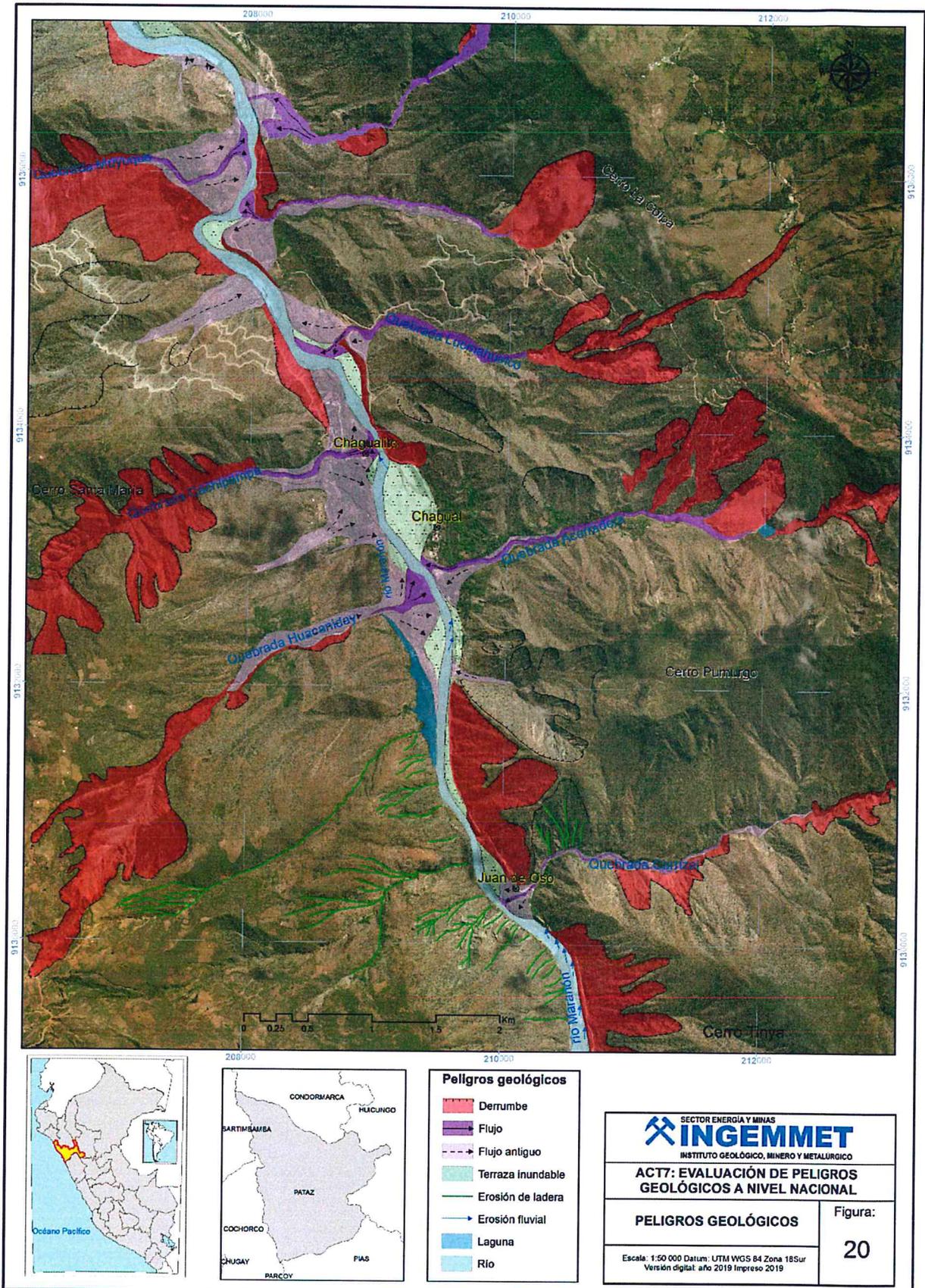
9.1.4. Inundación fluvial

Son procesos naturales y recurrentes en la historia dinámica de un río, están asociadas a precipitaciones pluviales abundantes estacionales o excepcionales en las cuencas húmedas de los valles, estas lluvias muchas veces relacionadas al fenómeno de El Niño, se produce por la excesiva descarga y aumento del caudal de los ríos y originan avenidas que rebasan la capacidad de absorción del suelo y la capacidad de carga de

los lechos o cauces, afecta terrenos agrícolas ubicados en la llanura de inundación del río , áreas urbanas, etc. (Figura 19).



Figura 19. Vista panorámica de los alrededores del poblado de Chagual y Chagualito, es afectado por inundación y erosión fluvial (polígono de color amarillo), también se observa flujos de detritos (huaico) (polígono de color fucsia) en las quebradas Huacaniday y Acerradera.



CONCLUSIÓN

1. Según la cartografía geomorfológica la población de Chagual se ubica sobre una terraza aluvial de 5° de inclinación y también sobre pie de monte coluvial de 20° de inclinación, en el sector de Chagualito, el 60% vive en la ladera del cerro de 35° de inclinación, el 25% sobre terraza aluvial menor a 5° de inclinación y el 15% sobre un pie de monte de 20 a 35° de inclinación, presentando pendientes menores a 20°. El poblado de Chagual de campo se asienta sobre un pie de monte coluvial en su totalidad, con una inclinación de 5° a 20°.
2. Según la cartografía geodinámica el poblado de Chagual se encuentra expuesto a inundación y erosión fluvial debido a las crecidas del río Marañón en periodos de precipitaciones normales y extremas, que afecta un tramo de la vía carrozable en Chagual, estimando un área de 17.9 ha, inundación en el margen izquierdo del río Marañón estimando un área de 0.7ha y erosión de terraza aluvial donde se asienta parte del poblado Chagualito, flujos de detritos en la quebrada Cachipampa en Chagualito, estimando un volumen de 195,305m³, en la quebrada Acerradera al sur de Chagual, estimando un volumen de 929,346m³ y en quebradas estacionales que obturan el cauce del río Marañón donde se estimó un volumen de 1,887,552m³.
 - a. Flujos de detritos (huaico), deslizamientos y caídas de rocas presentes a inmediaciones de Chagual del Campo. Finalmente, se identificó un flujo de detritos que afecta periódicamente el tramo de Chagual hacia Patay y Vijus dejándolo incomunicado, se estimó un volumen de 133,800 m³ aproximadamente y en la carretera Chagualito-Aricapampa se identificó un deslizamiento antiguo que podría activarse por efectos de factores desencadenantes como precipitaciones y sismos de gran magnitud.
3. Según la cartografía geomorfológica la población de Juan "El Oso" se encuentra asentada sobre la geoforma de pie de monte, con pendiente de 20° y escalones de 5°, conformado por material coluvial, erosionado en surcos por escorrentías superficiales en dirección hacia el río Marañón.
4. Según la cartografía geodinámica el poblado de Juan "El Oso" se encuentra expuesto a Inundación de terrazas fluvio-aluviales utilizadas por la población como cultivos de mango, también se identificó erosión fluvial en terrazas coluviales utilizadas como zonas de cultivo, flujos de detritos acarreados por la quebrada Carrizal que a su vez erosiona sus laderas, estimando un volumen de 298,812m³, flujos de detritos de ladera de montaña ubicados al este de dicho poblado propensos a afectar la trocha carrozable Juan "El Oso"-Chagual, cultivos de mango y 4 viviendas. En el tramo de trocha carrozable Juan "El Oso-Pías" se ha identificado dos derrumbes por efecto de erosión fluvial del pie de monte que llega a formar terrazas verticales de 8 a 12m, afectando 60 m de vía.
5. Dado que las condiciones de inestabilidad en los centros poblado de Chagual y Juan el Oso, se considera estos sectores como zona critica de alto peligro a la ocurrencia de movimientos en masa como: derrumbes y flujos de detritos (huaico), así como peligros geohidrológicos como: inundación y erosión fluvial; por lo tanto, en peligro inminente, ante la ocurrencia de lluvias intensas y/o excepcionales y sismo.



Ing. HUGO DULIO GÓMEZ VELÁSQUEZ
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que en la quebrada Lucmahuayco, donde se registran en todos los periodos lluviosos flujos de detritos, que afecta 60 m de trocha carrozable, interrumpiendo el tránsito hacia los poblados de Víjus y Pataz, se realice una obra de arte con diques de protección de laderas de concreto armado y roca, graderías en el cauce de concreto armado y roca en tramos específicos, con un badén de concreto armado o sustituirlo por un puente sobre los diques de concreto armado o sobre pilotes, con sus respectivos muros de protección de laderas o diques de enrocado o concreto armado, para el paso de vehículos, todo ello, previo a un estudio geotécnico.
2. Realizar la sustitución de los puentes Bailey por unos puentes definitivos que se deben instalar previo a estudio geotécnico.
3. En el tramo Chagualito-Aricapampa en la coordenada: 208197.00 m E, 9134436.70 m S, se ha registrado un deslizamiento propenso a reactivación, se recomienda realizar un nuevo trazo de carretera o realizar un estudio de estabilización de laderas.
4. Se recomienda no construir más viviendas en las zonas de peligros geológicos identificados en el poblado de Chagual y Juan "El Oso", tal como se muestran en los mapas geodinámicos.
5. Para las obras de prevención y reducción del riesgo geológico que se recomiendan, las obras deben ser ejecutadas y supervisadas por un especialista previo a un estudio geotécnico que reúna todas las especificaciones técnicas para la ejecución de estas o de las que se crean convenientes para salvaguardar la seguridad física de la población.



.....
Ing. HUGO DULIO GÓMEZ VELÁSQUEZ
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET



.....
Ing. CESAR A. CHACALTANA BUDIÉL
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

BIBLIOGRAFÍA

- Fidel, L., Zavala, B., Nuñez, S., Valenzuela, G., (2006): Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N°4. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 29. 383 p.
- Gutiérrez, M. (2008): Geomorfología. Edit. Pearson/Prentice Hall, Madrid, 898 p. ISBN 97884832-23895.
- INGEMMET, (2008): Informe preliminar: Zonas Críticas en la Región La Libertad.
- INGEMMET, (2012): Riesgo Geológico en la Región La Libertad, Boletín N°50 serie C.
- INGEMMET, (2013): Cuadrángulo geológico de Pataz (Hoja; 16-h-II), escala 1:50000. Lima-Perú.
- Norma E-030, (2016): "Diseño Sismo Resistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones. Decreto Supremo 003-2016-Vivienda.Lima-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.
- Willson, J. & Reyes, L. (1964): Boletín N°9; "Geología del Cuadrángulo de Pataz" (hoja; 16-h), escala 1:100000, INGEMMET. Lima-Perú.