



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6917

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL POBLADO DE PAROBAMBA

Región Ancash
Provincia Pomabamba
Distrito Parobamba



SEPTIEMBRE
2019

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL POBLADO DE PAROBAMBA

(Región Ancash, Provincia Pomabamba, Distrito Parobamba)

INDICE

RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES	3
3. TRABAJOS PREVIOS	4
4. OBJETIVOS	6
5. ASPECTOS GENERALES	6
5.1 Ubicación y accesibilidad.....	6
5.2 Condiciones hidrometereológicas	7
5.3 Sismicidad.....	8
6. CARACTERISITICAS GEOMORFOLÓGICAS Y GEOLÓGICAS	9
6.1 Características geomorfológicas	9
6.2 Características geológicas.....	13
7. PELIGROS GEOLOGICOS	15
7.1 Marco Conceptual.....	15
7.2 Características de los peligros geológicos identificados	18
8. FACTORES CONDICIONANTES Y DETONANTES	32
8.1 Condicionantes.....	32
8.2 Detonantes.....	33
CONCLUSIONES	34
RECOMENDACIONES	35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL POBLADO DE PAROBAMBA

(Región Ancash, Provincia Pomabamba, Distrito Parobamba)

RESUMEN

El Poblado de Parobamba está ubicado al Noreste de la región Ancash y pertenece a la capital de distrito de Parobamba, provincia de Pomabamba, departamento de Ancash.

Geomorfológicamente corresponde a un valle fluvial, rodeado de montañas en rocas sedimentarias con pendientes medias a fuertes que varían de 50° a 30°; piedemontes deluviales y terrazas disectadas por quebradas afluentes a la quebrada Chogo que fluye en dirección W-E y que forman parte de la red hidrológica del río Marañón.

Este sector viene siendo afectado desde aproximadamente hace 50 años por eventos geodinámicos tales como reptación de suelos, agrietamientos, asentamientos, deslizamientos y flujos, los cuales han movilizados grandes volúmenes de materiales modificando la morfología de la zona. Durante el último periodo de lluvias 2018-2019, se registraron lluvias excepcionales que incrementaron los problemas de reptación de suelos, deslizamientos, hundimientos y levantamiento del terreno registrando mayor cantidad de agrietamientos y graves daños en las estructuras de las viviendas, calles y veredas de esta localidad.

A la margen derecha de la quebrada Chogo se evidencia un movimiento complejo denominado deslizamiento-flujo Yanocolpa el cual se generó en el año 1970, presentando varias reactivaciones a lo largo del tiempo, siendo la última en el año 2013 y se caracteriza por presentar un flujo plástico y denso, lento, capaz de transportar bloques de gran tamaño y a gran distancia lo que representa un riesgo para los pobladores de Yanocolpa Nuevo.

Los principales detonantes para la ocurrencia de los eventos geodinámicos mencionados corresponden a la presencia de un macizo rocoso con calidad geotécnica mala, el cual presenta alternancia de rocas de diferente competencia (arcillitas y areniscas) friables, además de suelos arcillosos con alta plasticidad saturados de agua que constantemente incrementan la densidad o el peso de los materiales del suelo disminuyendo el factor de seguridad de la ladera. Los puquiales, bofedales y quebradas que afloran en las laderas del poblado también generan infiltración de agua y saturación del terreno. Al no contar con un sistema de drenaje adecuado (canales de tierra sin revestimiento) y un sistema de riego tecnificado, se contribuye a que las aguas se infiltren y saturen el sub suelo desestabilizando las laderas del sector generándose movimientos en masa.

Se recomienda realizar un estudio hidrogeológico que permitan delimitar la geometría, distribución, profundidad y dirección de los flujos subterráneos a fin de diseñar un sistema de drenaje adecuado, entre los métodos geofísicos que se deben aplicar se tiene a los sondajes eléctricos verticales (SEV) y la tomografía eléctrica, así como también implementar trabajos de forestación en las superficies erosionadas de las laderas de los sectores Racrajirca, Rucuchijirca y Noreste de Parobamba y considerar la pronta reubicación de las viviendas del Poblado de Yanocolpa Nuevo ya que se encuentran muy vulnerables a presentar daños materiales y humanos por una nueva reactivación del deslizamiento flujo Yanocolpa.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) como ente técnico-científico incorpora dentro de las funciones de su Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, (DGAR) la asistencia técnica al Gobierno Nacional, Regional y local en la identificación y caracterización de peligros geológicos; con el objetivo de contribuir en la prevención y reducción de riesgos de desastres en el País.

La Municipalidad distrital de Parobamba mediante oficio Múltiple N° 065-2019-MDP/GDUR/G solicita al Director de Geología ambiental y Riesgo Geológico del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Ing. Cesar Chacaltana Budiel, una evaluación de peligros geológicos en el centro poblado de Parobamba, capital del distrito Parobamba, provincia Pomabamba, departamento de Ancash.

En atención a la solicitud, se designó los ingenieros Doreen Carruyo y Manuel Vilchez para que realicen la inspección técnica de la zona en mención. El trabajo de campo se realizó el día 18 de mayo del 2019 y se contó con la presencia del Gerente Municipal del distrito Parobamba Ing. Ocaña Apolinar, el Secretario Técnico de Defensa Civil de la municipalidad distrital Ing. Noé Domínguez, de la Municipalidad distrital, así también de pobladores del lugar.

Durante la evaluación de campo se evidenció la presencia de deslizamientos antiguos reactivados como el movimiento complejo de Yanacolpa (deslizamiento-flujo), deslizamientos activos recientes que comprometen la seguridad física del poblado de Parobamba. Se considera como los principales condicionantes de la ocurrencia de estos eventos a la litología de la zona y la presencia de agua subterránea, este último contribuye en la saturación de los suelos, incrementa su peso y desestabilizan el terreno; se considera como factor detonante de los eventos las intensas precipitaciones pluviales generadas durante el periodo lluvioso de febrero y marzo del año 2019.

El presente informe se ha realizado en base a las observaciones de campo, imágenes satelitales y testimonios de los pobladores, e incluye información sobre las características geológicas y geomorfológicas, descripción de los peligros geológicos ocurridos, así como también se presentan conclusiones y recomendaciones que se ponen a disposición de la municipalidad distrital de Parobamba, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), autoridades locales y otras 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

El Poblado de Parobamba viene siendo afectado desde hace aproximadamente 50 años por eventos geodinámicos tales como reptación de suelos, agrietamientos, asentamientos, deslizamientos y flujos. Estos procesos han movilizados grandes volúmenes de materiales modificando la morfología de la zona.

Entre los principales eventos de movimientos en masa ocurridos en las inmediaciones de la localidad de Parobamba se tiene al deslizamiento Yanacolpa (ubicado al frente del poblado), este evento se produjo como consecuencia del sismo de magnitud 7.9 ocurrido a 80 km frente al mar de Chimbote el 31 de mayo de 1970; con posteriores reactivaciones en los años 1987, 1990, 2000 y 2013 (Chiroque, 2016).

De acuerdo a declaraciones de pobladores de la zona, entre enero y febrero del año 1990 se produjo la reactivación del movimientos complejo (deslizamiento-flujo) de Yanacolpa a causa de las intensas precipitaciones pluviales, donde alrededor de 75 familias perdieron sus viviendas ubicadas en lo que actualmente se conoce como Yanacolpa viejo; debido a que el terreno se desplazó a manera de un flujo lento, se tuvo el tiempo necesario para que los pobladores desocupen sus viviendas y se reubiquen en zonas seguras, reportándose solo pérdidas materiales.

Por otro lado, con respecto a la ocurrencia de movimientos en masa en el poblado de Parobamba, se conoce que el año 1991 ya se evidenciaban problemas de agrietamientos en las viviendas, veredas, pistas y losa deportiva cercana a la plaza principal de la localidad.

A finales de marzo del año 2000, una nueva reactivación se produjo en el movimiento complejo de Yanacolpa, generándose un flujo viscoso de lodo que descendió también de forma lenta y gradual sepultando una vivienda y 5 hectáreas de cultivos de papa, maíz y trigo, así como también se generaron agrietamientos en 15 viviendas situadas en Yanacolpa viejo.

Posteriormente, en el año 2013 el agua acumulada entre el periodo lluvioso diciembre del 2012 hasta abril del 2013 alcanzaron los 485 mm en cinco meses con promedios mensuales que bordearon los 100 mm, el doble de los valores normales registrados en un año (270 mm). Dichas precipitaciones sobresaturaron los sedimentos provocando un nuevo flujo que inicio entre febrero y marzo e intensificándose en el mes de abril. A comienzos de junio las precipitaciones disminuyeron provocando la ausencia de agua en los sedimentos. El peso de los materiales transportados sobre sedimentos arcillosos provocó el desencadenamiento del flujo Yanacolpa, el cual afectó la seguridad física del sector Yanacolpa nuevo. El evento desplazó materiales hasta 1.4 km de distancia alcanzando la quebrada Chogo.

El 08 de febrero del año 2019 mediante Decreto Supremo N° 020-2019-PCM se declaró en emergencia al distrito de Parobamba, provincia de Pomabamba, departamento de Ancash por el plazo de sesenta (60) días calendario, para la ejecución de acciones inmediatas y necesarias, destinadas a la reducción del muy alto riesgo existente, así como de respuesta y rehabilitación correspondientes.

3. TRABAJOS PREVIOS

INGEMMET ha realizado trabajos relacionados a geología y peligros geológicos que abarcan la zona de estudio, los cuales son descritos a continuación:

- En el "**Mapa geológico de Pomabamba, Hoja 18-i**", escala 1:100,000, (Wilson *et al.*; 1967), se muestra que la zona de estudio se ubica sobre afloramientos de la Formación Chicama.
- En el Boletín N° 60, Serie A: "**Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz, y Huarí**", INGEMMET, (Wilson *et al.*, 1995) mencionan que la Formación Chicama consiste en grosores considerables de lutitas y areniscas finas. Las lutitas de la formación Chicama que se intercalan en las areniscas son piritosas y con nódulos ferruginosos.

- En el Informe técnico **“Zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos en la Región Ancash”** INGEMMET, (Zavala *et al*; 2007) se identificó como zona crítica el deslizamiento-flujo de detritos en la margen derecha de la quebrada Chogo, frente a Parobamba el cual afectó terrenos de cultivo en gran extensión y viviendas ribereñas al borde de la quebrada.

- En el Informe técnico **“Peligros geológicos en el distrito de Parobamba”** INGEMMET, (Zavala, 2008) se recomienda realizar forestación de laderas con árboles nativos en la cabecera de cuenca donde se generó el deslizamiento-flujo y control de evacuación de aguas pluviales; por otra parte, en la localidad de Parobamba se sugirió estabilizar el talud inferior sujeto a erosión de la quebrada Chogo y reubicar a pobladores cuyas viviendas han sido afectadas por los asentamientos y reactivación de deslizamientos.

- En el Boletín N°38 de la Serie C: **“Riesgos geológicos en la región Ancash”**, INGEMMET (Zavala, *et. al* 2009), se presenta en el **“Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa”**, escala 1:250,000, que el distrito de Parobamba, provincia de Pomabamba, departamento de Ancash se encuentra ubicado en zona de muy alta susceptibilidad. También se identificó como zona crítica el sector LLajirca/Lullaraca situado en la ladera Sur a 700 m aproximadamente del poblado de Parobamba, en la cual se describe reptación, flujo de tierras, terreno removido y abundantes filtraciones que afectaron 4 casas y un tramo de la carretera entre Parobamba y Quinuabamba, para ello se recomendó iniciar tratamiento de control de aguas de infiltración (drenajes).

Así mismo se cuenta con documentos técnicos de relevancia realizados en la localidad de Parobamba los cuales se citan y describen a continuación:

- **Estudio geológico sobre la seguridad física de Parobamba** (Zapata Marco, 2000) elaborado por la Oficina Regional de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Parobamba, en el cual se describen las condiciones de inestabilidad que ya presentaba la localidad de Parobamba en el año 2000 y brinda algunas recomendaciones para mitigar los peligros en la zona.

- **Caracterización geodinámica y modelamiento del deslizamiento-flujo Yanacolpa en el distrito de Parobamba, provincia de Pomabamba, región Ancash.** (Chiroque, C., 2016) en el cual se realizaron ensayos geotécnicos de laboratorio determinando que los suelos del cerro Yanacolpa están conformados por arcillas con plasticidad alta y con capacidad de carga admisible menor a 1 kg/cm², y de acuerdo a los resultados de los ensayos de granulometría, el 30 y 60% de los suelos están conformados por clastos, gravas y gravillas; los DPL y posteos realizados complementan la información, encontrándose arcillas entre 5 a 7 metros de profundidad.

- **Estudio geológico sobre los peligros y vulnerabilidad de la ciudad de Parobamba- capital del distrito de Parobamba- Provincia de Pomabamba- Ancash-Perú.** (Vegas, j., 2019) en el cual se propone la implementación de medidas de mitigación/prevención para zonas potencialmente inestables y obras de drenaje superficial y subterráneo, para garantizar la seguridad física del Poblado de Parobamba.

4. OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo son:

- Identificar y caracterizar el tipo de peligros geológicos por movimientos en masa que están afectando al área de estudio.
- Sugerir medidas preventivas y de mitigación en las áreas con mayor susceptibilidad a movimientos en masa.

5. ASPECTOS GENERALES

5.1 Ubicación y accesibilidad

El poblado de Parobamba se ubica al Noreste de la región Ancash, a 3193 m s.n.m., políticamente pertenecen a la capital de distrito de Parobamba, provincia de Pomabamba, departamento de Ancash.

Las coordenadas de ubicación para la zona evaluada son las siguientes: UTM WGS84, Zona 18L, N: 9037914 y E: 232616 (figura 1).

Para acceder al poblado de Parobamba, desde la ciudad de Lima se realiza por medio de la ruta más utilizada, la carretera Panamericana Norte hasta el desvío Pativilca (a la altura del km 207), de donde se toma la carretera a Huaraz, pasando por las localidades de Conococha y Catac (200 km), en un recorrido hasta llegar a la ciudad de Huaraz. El trayecto continúan desde Huaraz por la carretera asfaltada 3N hasta llegar a la ciudad de Carhuaz, donde se toma la carretera asfaltada AN-107-Chacas-San Luis, luego antes de llegar al distrito de San Luis se toma la carretera afirmada AN-105 pasando por los distritos de Piscobamba y Pomabamba hasta llegar a la altura del sector Palo seco; desde allí se toma un desvío por una carretera vecinal que conduce a la localidad de Parobamba.

Tabla 1: Itinerario de acceso al Poblado de Parobamba.

Tramo	Longitud	Horas Recorridas	Tipo de Vía
Lima - Huaraz	408 Km	8 Horas	Asfaltada
Huaraz –Provincia de Carhuaz	33.6 Km	1 hora	Carretera asfaltada 3N
Provincia de Carhuaz- San Luis	96.5 km	2 horas y 34 min	Carretera asfaltada AN-107
San Luis- Sector de Palo Seco	104.6 km	3 horas y 52 min	Carretera afirmada 105
Sector Palo Seco-Parobamba.	25 km	40 min	Carretera vecinal rural
TOTAL	667.7 km	16 horas con 6 min	

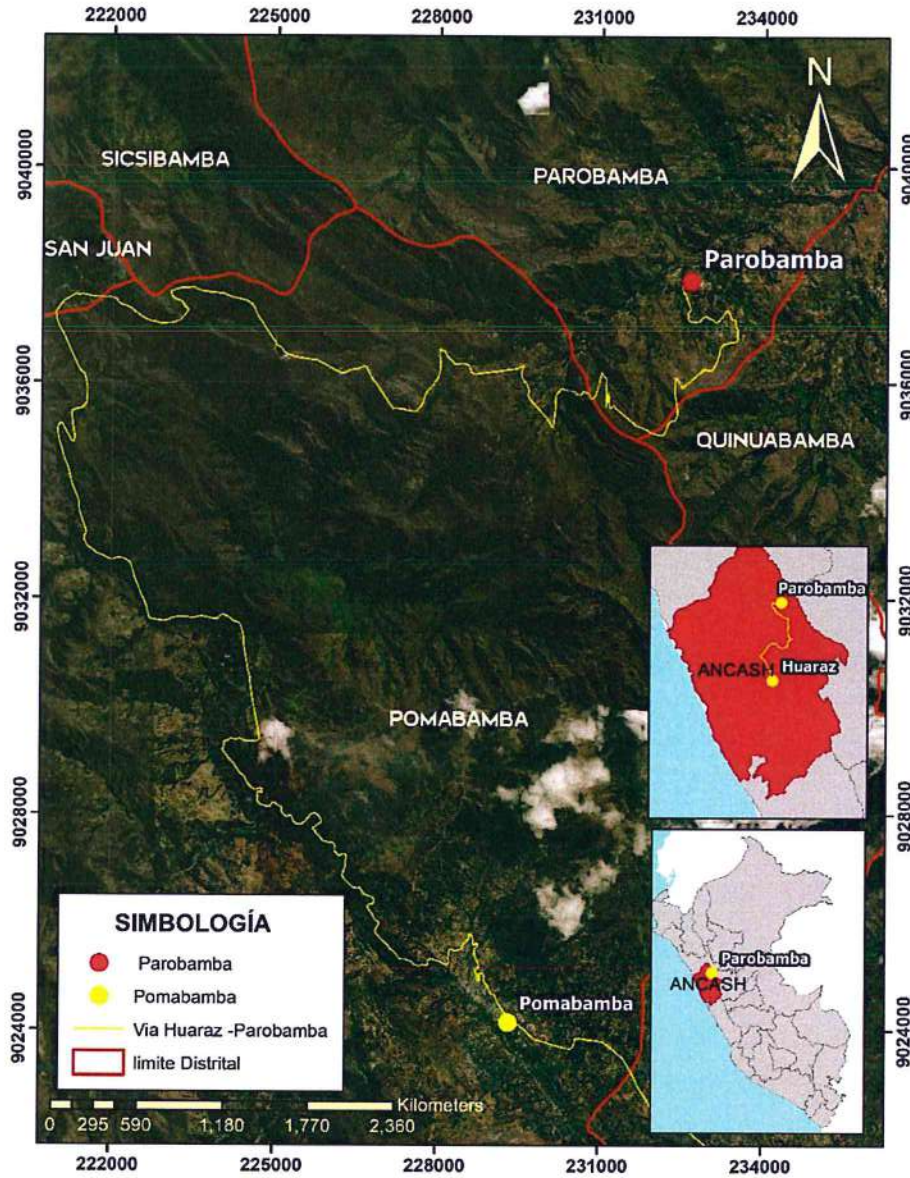


Figura 1: Mapa de ubicación y acceso al Poblado de Parobamba

5.2 Condiciones hidrometeorológicas

Para determinar las condiciones hidrometeorológicas en la zona de estudio, se ha tomado datos referenciales de la estación meteorológica “**POMABAMBA**”, registrados en la página web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), la cual se encuentra aproximadamente a 12 km al SO de Parobamba.

El régimen pluviométrico en la sierra del Perú es estacional, y regularmente se registran lluvias de noviembre a abril, con escasas precipitaciones el resto del año; tal como se muestra en la tabla N° 1. Las lluvias generadas durante los meses de mayor precipitación (enero a marzo) suelen ser de gran intensidad, favoreciendo significativamente la activación de quebradas, deslizamientos y ocurrencia de flujos de detritos (huaicos).

El poblado de Parobamba recibe anualmente las precipitaciones pluviales que se generan entre los meses de enero a marzo; sin embargo, existen años hidrológicos en los que se ha presentado un incremento de lluvias por encima de los parámetros normales generando reactivaciones y ocurrencia de nuevos eventos geodinámicos en el sector, como es el caso de la reactivación del deslizamiento Yanocolpa en el año 2013.

Durante el periodo de lluvias 2018- 2019, se registró la mayor cantidad de agrietamientos en las viviendas, calles y veredas de la localidad de Parobamba, así como también un aumento de subsidencias o asentamientos del suelo, por lo que realizando un análisis comparativo de la precipitación pluviales caídas entre los periodos de lluvias de los años 2017, 2018 y 2019, se tiene que el acumulado de precipitación durante el mes de febrero del 2019, (mes de inicio de la reactivación de los eventos) es de 230.7 mm siendo mayor que los valores registrados en años anteriores que corresponden a 183.8 mm para el año 2017 y 134.4 mm para el año 2018, ahora si se analiza las lluvias acumuladas para el periodo de enero a marzo (periodo de máximas precipitaciones pluviales); se alcanzó un acumulado de lluvias en el año 2017 de 549.2 mm, 512 mm en el año 2018 y 723.6 mm en el año 2019 (tabla 1). De igual forma si se realiza la sumatoria de las lluvias acumuladas totales considerando un periodo de octubre a abril, se tiene que para el periodo 2017-2018 se alcanzaron lluvias acumuladas de 977 mm y para el periodo 2018-2019 se registró un acumulado de lluvias de 1237. 3 mm. Todos los datos obtenidos permiten observar que durante el periodo lluvioso 2019 se generaron lluvias excepcionales.

Tabla 2. Datos hidrometeorológicos tomados de la estación meteorológica de "POMABAMBA".

Año 2017												
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	152.6	183.8	212.8	135.1	86.8	40.4	5	12.2	35.6	68.5	76	218.3
Año 2018												
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	163	134.4	215.5	101.3	55.4	17.2	9.2	19.1	46.6	156.4	154.2	115.3
Año 2019												
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	209.5	230.7	283.4	87.8	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP

Fuente: SENAMHI-Dirección de Redes de Observación y datos.

5.3 Sismicidad

De acuerdo a los antecedentes, en el poblado Pomabamba se tiene que el deslizamiento de Yanocolpa fue activado por el sismo generado el 31 de mayo de 1970 con epicentro en la costa de Chimbote, las características intrínsecas de la ladera como lo es la topografía, tipo de roca y suelo, propiedades físicas de las rocas por donde viajan las ondas sísmicas, nivel freático aunado a la magnitud del sismo de 7.9 Mw lograron desestabilizar la ladera situada a la margen izquierda de la quebrada Chogo.

El mapa sísmico (figura 2) presenta la distribución espacial de los eventos con magnitudes igual o mayores a 4.0 en la escala "magnitud momento" (Mw) ocurridos durante el periodo 1960-2017 en la región Ancash. La información utilizada para elaborar este mapa corresponde a los catálogos del Instituto Geofísico del Perú y de Engdahl & Villaseñor (2002). Los sismos fueron clasificados en función de la profundidad

de sus focos en superficiales, intermedios y profundos. Es importante tener presente que la ocurrencia de los terremotos no se puede predecir, pero se debe considerar que los terremotos ocurridos en el pasado, en un determinado lugar y tamaño deben repetirse en el futuro con igual o mayor intensidad. Con esta aseveración es de suma importancia considerar un arduo trabajo en la educación de la población. Por otro lado, se debe comprender que los terremotos no producen la muerte de las personas si no la estructuras (viviendas, obras de ingeniería) que colapsan debido a su mal diseño, el uso de material inadecuado o por estar en suelos geológicamente inestables.

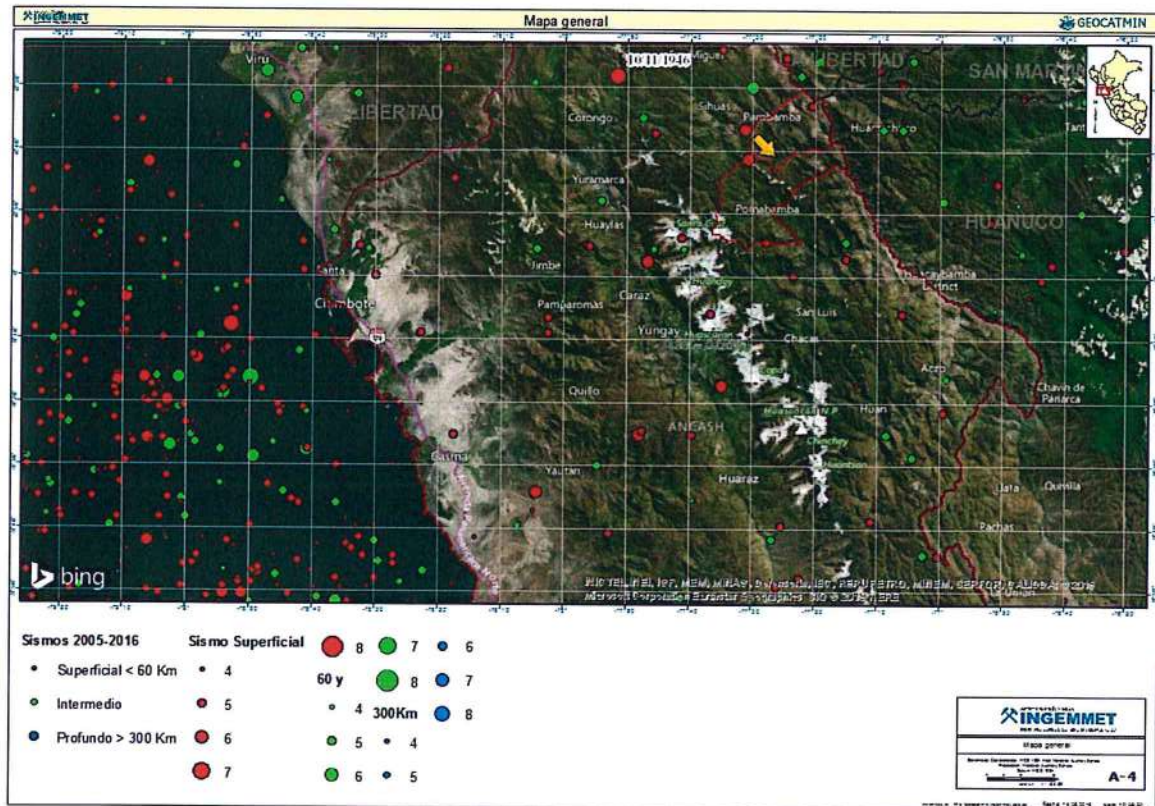


Figura 2. Mapa sismico del Perú del 2011-2017 donde se visualiza con flecha amarilla la zona de estudio mostrando la ocurrencia de sismos superficiales cercanos de 5 y 6 MW. (Fuente: Instituto Geofísico del Perú y Engdahl & Villaseñor, 2002).

6. CARACTERISITICAS GEOMORFOLÓGICAS Y GEOLÓGICAS

6.1 Características geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en la zona de estudio, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y la caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión o denudación y sedimentación o acumulación. Las geformas particulares individualizadas se agrupan en cuatro tipos generales del relieve en función a su altura relativa, donde se diferencian: 1) montañas y 2) piedemontes, 3) planicies.

Geomorfológicamente la zona de estudio corresponde a un valle fluvial, con vertientes modeladas de montañas en rocas sedimentarias disectadas por quebradas afluentes a la quebrada Chogo que fluye en dirección W-E y que forma parte de la red hidrológica del río Marañón, este a su vez drena sus aguas hacia el océano atlántico.

A continuación, se detallan y describen las unidades geomorfológicas identificadas en la zona de estudio:

6.1.1 Unidades Geomorfológicas

6.1.1.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional:

Unidades de Montaña: tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local, así se tienen las siguientes subunidades de montaña diferenciadas según el tipo de roca que la conforman.

Montañas estructurales en rocas sedimentarias (RME-rs): corresponde a elevaciones del terreno que forman parte de las cordilleras levantadas por la actividad tectónica y su morfología actual depende de procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia- escorrentía, aguas de subsuelo, con fuerte incidencia de la gravedad.

El relieve montañoso de la zona de estudio está conformado por el Cerro Runtojirca y Cocha situados a la margen izquierda de la quebrada Chogo; y el cerro Banderjirca y Rucuchijirca al Sur del poblado de Parobamba, los cuales se caracterizan por presentar una geodinámica activa. El deslizamiento de Yanocolpa nace y se desarrolla en las laderas del Cerro Runtojirca, y en su desplazamiento se conecta con la quebrada Gotush.

6.1.1.2 Geoformas de carácter deposicional o agradicional:

Estas representan por la forma del terreno resultados de la acumulación del material proveniente de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores.

Unidad de Piedemonte: Ambiente de agradación que constituye una transición entre los relieves montañosos, accidentados y las áreas bajas circundantes; en este ambiente predominan los depósitos continentales coluviales y las acumulaciones forzadas, las cuales están relacionadas con el repentino cambio de los perfiles longitudinales. Las unidades de piedemonte identificadas son las siguientes:

Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd): son acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes. En la zona de estudio esta geoforma corresponde al deslizamiento-flujo Yanocolpa el cual es un tipo de movimiento complejo que presenta una zona de arranque cóncavo-convexa y materiales inconsolidados a ligeramente consolidados relacionados a desprendimientos de zonas superiores. Las continuas reactivaciones del movimiento complejo de Yanocolpa han modificado de manera significativa la morfología de la ladera y el curso de la quebrada Chogo. Figura 17 y 18. En las laderas del cerro Rucuchijirca al sur de Parobamba también se evidencia esta subunidad. Figura 19.

En la zona Sur y Sureste del poblado de Parobamba, específicamente en los sectores Asiacochoa, Rajrajirca y ladera Rucuchijirca, se presenta una superficie ondulada, resultante de la ocurrencia de movimientos en masa antiguos y recientes (fotografía 1),

Vertiente o piedemonte deluvial (V-d): unidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial (acarreados y acumulados por efecto de la gravedad) y deluvial (acumulación de material pie de montañas) figura 5 y 11.

Localmente, el poblado de Parobamba se encuentra asentado sobre un piedemonte deluvial de baja pendientes situada a la margen derecha de la quebrada Chogo.

Unidad de Planicies inundables: Esta unidad agrupa a relieves generados por las acumulaciones aluviales cuaternarias formadas gradualmente cuando se depositan sedimentos por inundación periódica de corrientes o ríos. Se caracterizan por su relieve plano a plano-ondulado, con pendientes que varían de 0 a 8%.

Terraza fluvial (t-fl): son parte de la llanura de inundación que están por encima del nivel máximo de las aguas de un río como parte de la incisión del mismo (Leopold et. al; 1964). La terraza fluvial es una superficie plana formada por un relleno y un escarpe. Figura 5

Llanura o planicie inundable (PL-i): Originado por sedimentación del material depositado por antiguos flujos de agua que no siguen un curso definido, sino se esplayan formando una planicie que puede ser inundada con un aumento del cauce. Figura 5.

Cauce de río: dentro de esta unidad se reúnen los cuerpos de agua de origen natural los cuales están constituidos para la zona de estudio por los afluentes de la quebrada Chogo. Figura 5.

6.1.2 Pendiente: Para la zona de estudio se realizó un mapa a escala 1:10 000, donde se muestran las pendientes en grados (Tabla 3). La localidad de Parobamba, está emplazada en superficies con pendientes moderadas de 5° a 15°, sin embargo, al este y sureste del poblado hay un cambio abrupto de pendiente generado por el asentamiento del terreno (figura 3). Las laderas de montañas presentan pendientes que tienen un rango entre 22° a 62°. Ver figura 4.

Tabla 3: Rangos de pendientes del terreno.

PENDIENTE EN GRADOS (°)	CLASIFICACIÓN
< 1	Llano
1 - 5	Inclinado suave
5 - 15	Moderada
15 - 25	Fuerte
25 - 45	Muy fuerte
> 45	Muy escarpado



Figura 3: Vista aérea del poblado de Parobamba donde se visualiza la variación de pendientes mediante línea amarilla. La zona de menos pendiente corresponde a la plaza principal.



Fotografía 1: Laderas del sector Asiacochoa que muestra cambios de pendiente y una superficie ondulada producto de los constantes movimientos en masa que se generan la zona.

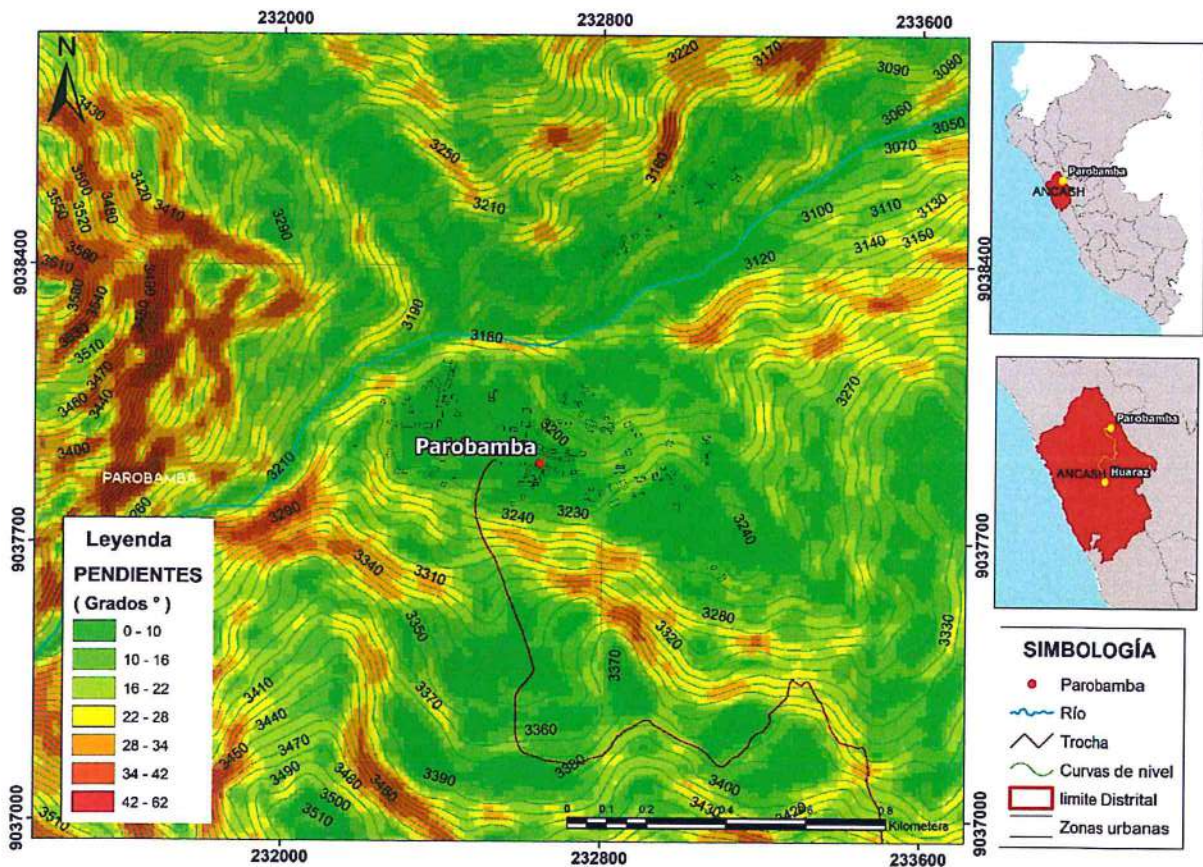


Figura 4: Mapa de pendientes de Parobamba y sus alrededores evidenciándose que las viviendas de Parobamba se encuentran asentadas sobre pendientes que abarcan de 5° a 15° aproximadamente rodeado de montañas con pendientes que tienen un rango entre 22° a 62°.

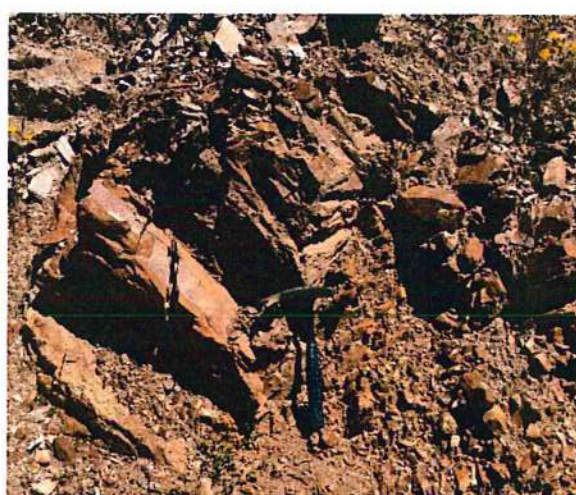
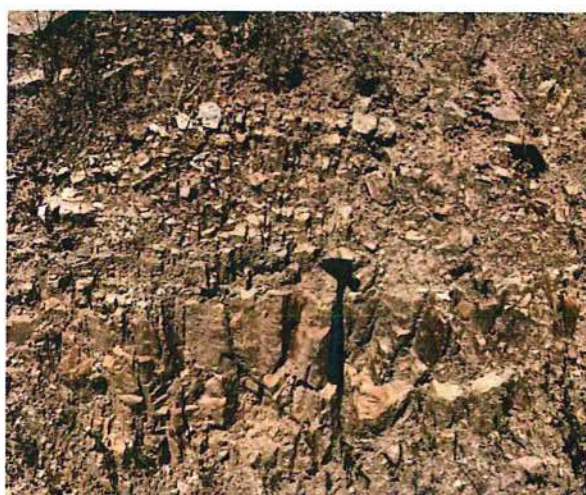
6.2 Características geológicas

En la zona de estudio, afloran ampliamente secuencias de rocas sedimentarias. En los sectores Asiacochoa, Racrajirca y Rucuchijirca se presentan secuencias de arcillitas carbonosas muy fracturadas y en algunas zonas de aspecto pizarroso; arcillitas de color gris claro intercaladas con niveles de areniscas cuarzosas también fracturadas y meteorizadas correspondientes a la Formación Chicama del Jurásico tardío (Fotografías 2, 3, 4 y 5). Las condiciones geológicas descritas permiten clasificar a la roca como no competente, considerada de mala calidad geotécnica, lo cual favorece la ocurrencia de deslizamientos en la zona.



Fotografía 2. (Izquierda) Afloramiento de arcillitas carbonosas muy fracturadas de la Formación Chicama observadas en laderas al SE del poblado de Parobamba.

Fotografía 3: (Derecha) Afloramiento de arcillitas carbonosas ligeramente metamorizadas de aspecto pizarroso correspondiente a la Formación Chicama evidenciadas en el sector de Asiacochoa.



Fotografías 4 y 5. Afloramiento de areniscas cuarzosas muy fracturadas y con fuerte meteorización correspondientes a la Formación Chicama observadas en laderas al SE del poblado de Parobamba.

Cubriendo al substrato rocoso sedimentario, se encuentran depósitos cuaternarios, los cuales se emplazan como depósitos aluviales en las partes bajas del valle, estos están compuestos por material limoarcilloso, arcilloso de alta plasticidad y arcillosos con alto contenido orgánico, así como depósitos de ladera (residuo-coluviales, coluvio-

deluviales y proluvio-deluviales), que están conformados por limos, arenas, gravas y arcillas, producto de la meteorización del sustrato rocoso y remoción por efectos de la gravedad asociados a movimientos en masa antiguos y recientes (fotografías 6 y 7; figuras 5 y 6).

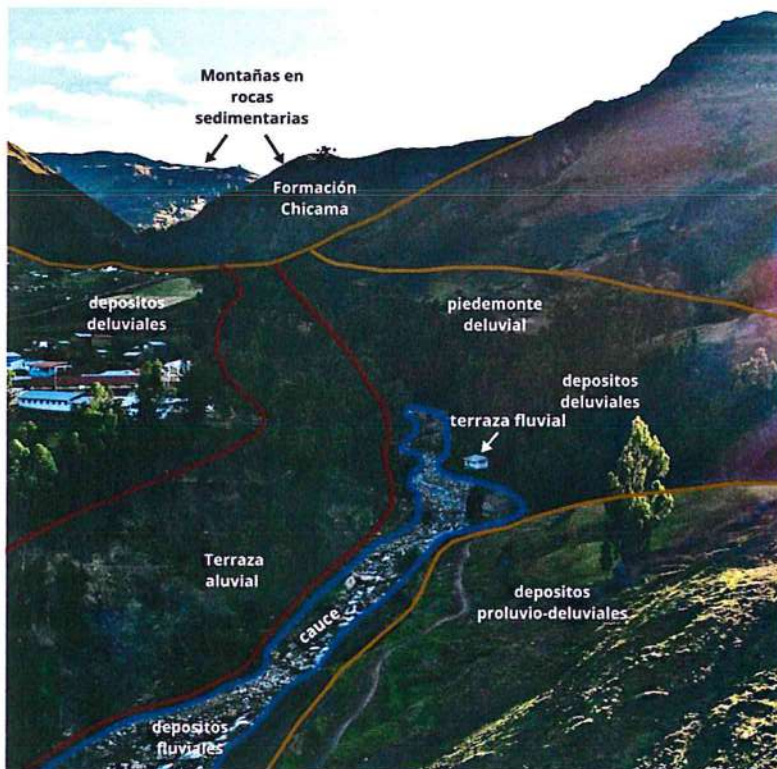


Figura 5. Vista aérea que muestra las unidades geológicas y geomorfológicas del sector Parobamba.



Fotografía 6: (Izquierda) Suelos arcillosos de alta plasticidad en las laderas del sector de Asiacochoa.



Fotografía 7: (Derecha) Presencia de suelos arcillosos de alta plasticidad con alto contenido orgánico en las terrazas situadas a los márgenes de la quebrada Chogo.

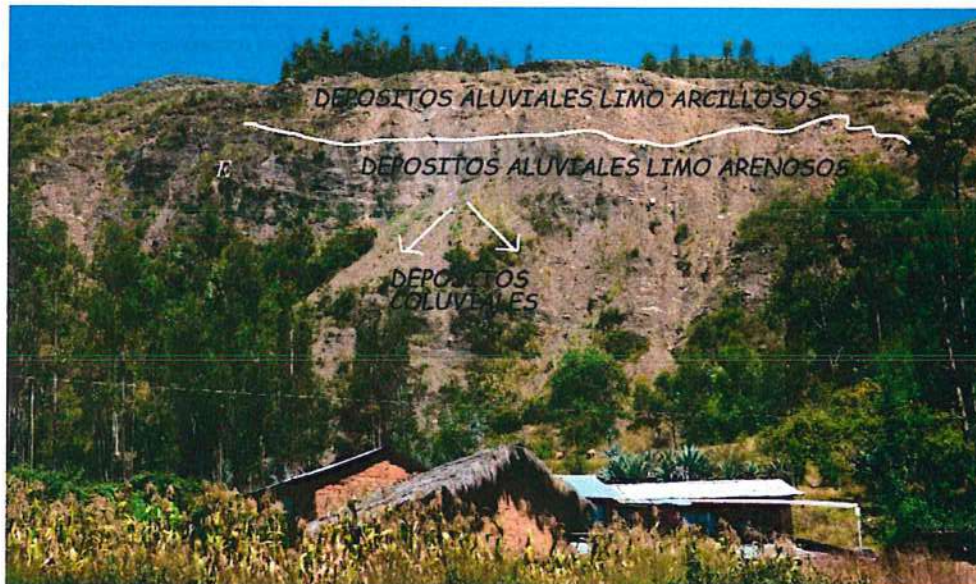


Figura 6. Presencia de ladera erosionada y pendiente pronunciada conformada por depósitos aluviales y coluviales situada al SE de Parobamba.

7 PELIGROS GEOLOGICOS

En esta sección, se detalla un marco conceptual en el cual se explican algunos conceptos básicos relacionados a los peligros identificados en la zona de estudio y seguidamente se describen las características de los eventos geodinámicos identificados, y los daños generados en la localidad de Parobamba y alrededores.

7.1 Marco Conceptual

7.1.1 Movimiento en Masa (MM)

Son todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, detritos o tierras, o combinación de ellas por efectos de la gravedad (Cruden, 1991). Los peligros geológicos reconocidos en la zona inspeccionada, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos, flujos (flujos de detritos o huaicos) y movimientos complejos (PMA: GCA, 2007).

- **Deslizamientos**

Es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona, en donde ocurre una gran deformación cortante. Se caracterizan por desarrollar una o varias superficies de ruptura (Cruden & Varnes, 1996; Hutchinson, 2001; Ayala-Carcedo y Olcinas, 2002). En el sistema de Varnes (1978). Se clasifican a los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. En la zona de estudio se evidencian deslizamientos de tipo rotacional.

- **Deslizamiento rotacional**

Se define como un deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava (figura 7). La cabeza del movimiento puede moverse hacia abajo dejando un escarpe casi vertical, mientras que la superficie superior se inclina hacia atrás en dirección al escarpe. (Cruden y Varnes, 1996).

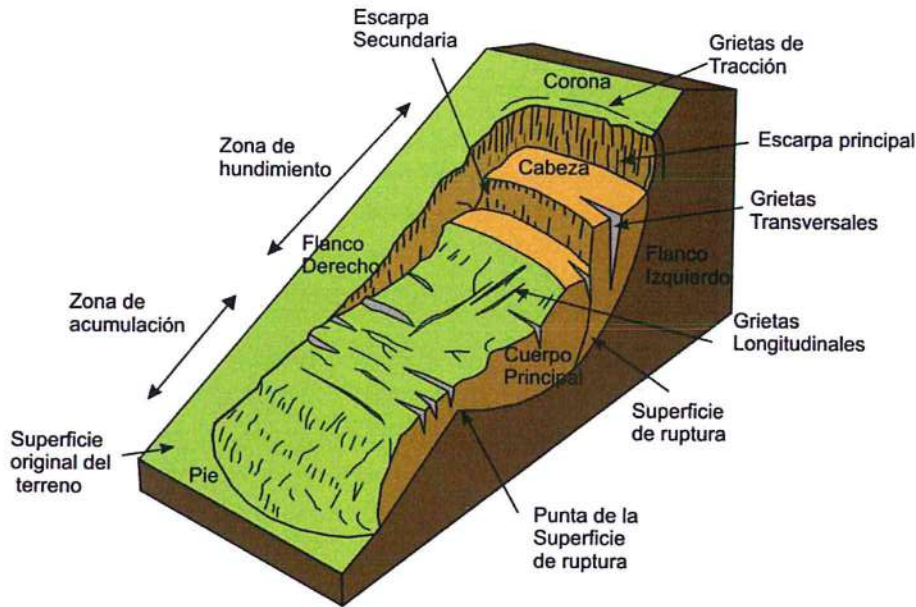


Figura 7. Deslizamiento típico rotacional (Modificado de: Cruden & Varnes, 1996).

• **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). Según la proporción de las fracciones sólidas y líquidas que conforman el flujo, así como por el mecanismo de movimiento y la velocidad del movimiento se pueden diferenciar hasta siete tipos diferentes de eventos (flujo seco, flujo de detritos, inundación de detritos, flujo de lodo, flujo de tierra, avalancha de rocas y avalancha de detritos) [Varnes (1978), Hungr et al. (2001) y Hungr (2005)].

Algunos de los flujos son canalizados, en donde el material desplazado se mueve preferencialmente a lo largo de un cauce o canal; entre estos eventos se tiene a los flujos de detritos (huaicos), flujo de lodo, inundación de detritos, etc. (figura 8).

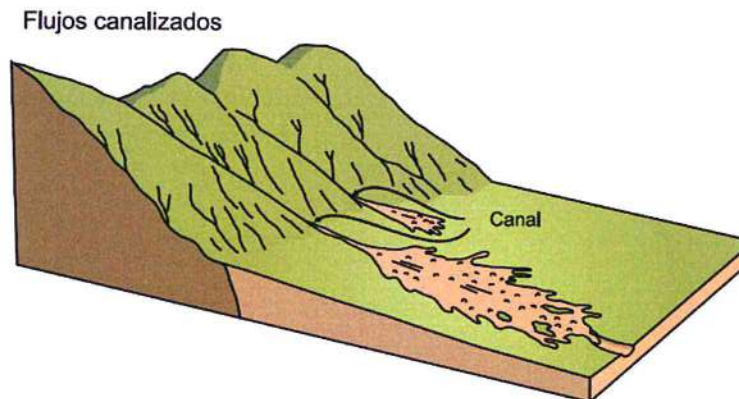


Figura 8. Esquema de flujos canalizados, según Cruden y Varnes (1996).

- **Reptación de suelos**

La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla (figura 9). La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

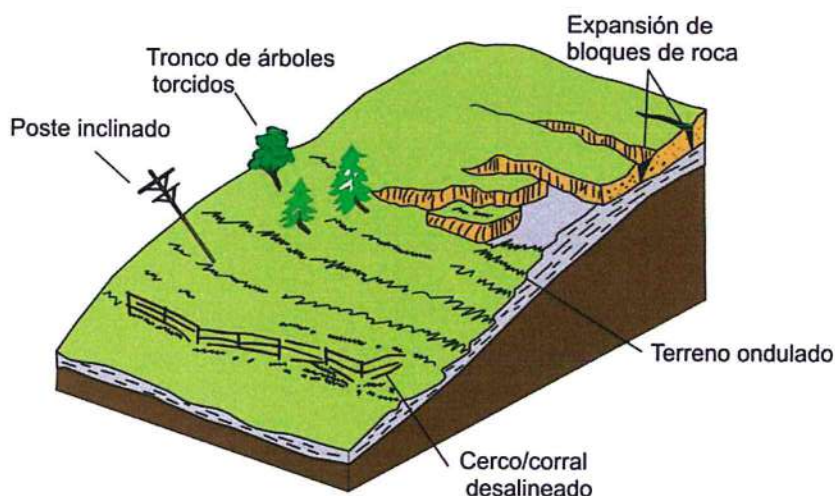


Figura 9. Esquema de reptación de suelo. Según Cruden y Varnes (1996).

7.1.2 Otros peligros geológicos

- **Cárcavas**

Son pequeños valles de paredes verticales, cabeceras verticalizadas y perfiles longitudinales de pendiente elevada, que transmiten flujos de agua efímeros y están sujetos a una intensa erosión hídrica (Lucía *et al.*, 2008), además de la ocurrencia de movimientos en masa como flujos, derrumbes y deslizamientos.

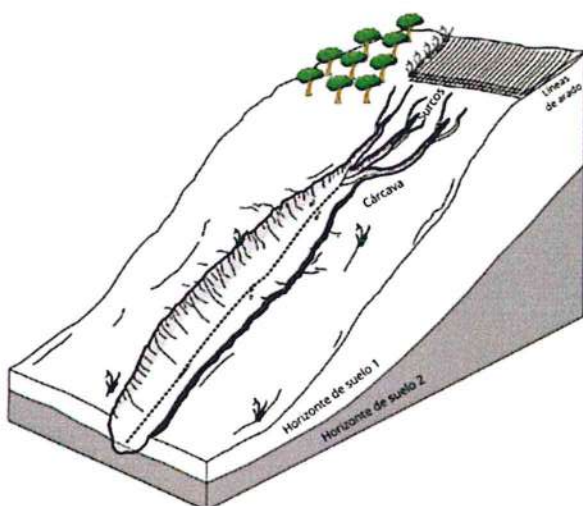


Figura 10. Esquema de la formación de una cárcava originada por profundización en surcos. Tomado y modificado de (Shruthi *et al.*, 2011).

- **Subsidencia**

Este fenómeno es un proceso característico por el desplazamiento vertical hacia abajo de los suelos. Es causada por fenómenos como la remoción de fluidos, consolidación natural o disolución de sedimentos subterráneos.

La subsidencia se puede clasificar en función de los mecanismos que la desencadenan (Scott, 1979) como descenso del nivel freático por estiaje prolongado, la disolución natural del terreno y lavado de materiales por efecto del agua o los procesos de consolidación de suelos blandos o con contenido orgánico son algunas de las causas de los procesos de subsidencia (González Vallejo *et al* 2007).

7.2 Características de los peligros geológicos identificados

La margen izquierda y derecha del valle de la quebrada Chogo viene siendo afectada durante años por reptación de suelos, activación de deslizamientos, reactivación de deslizamientos antiguos y flujos de gran magnitud, a consecuencia de movimientos sísmicos, infiltraciones de agua generadas por canales de irrigación sin revestimiento y lluvias intensas. Para un mejor entendimiento y descripción de los eventos geodinámicos identificados se ha dividido la zona afectada en dos sectores, los cuales se detallan a continuación:

7.2.1 SECTOR 1: Abarca al sector este, noreste de Parobamba Alto y sector Asiacochoa en el cual se identificaron deslizamientos antiguos y en proceso que está generando asentamientos y daños graves a las viviendas del sector.

- **Sector este:** En la figura 11 se observa el escarpe principal de un deslizamiento antiguo en el sector noroeste cubierto por árboles de gran tamaño que no permiten visualizar a detalle el trazo completo de la corona ni el salto, por lo que a grandes rasgos el deslizamiento posee una longitud de escarpe de 45 m. Se observa que la superficie de la masa deslizada presenta escarpes secundarios antiguos que pueden reactivarse y afectar las viviendas que se encuentran asentadas sobre el cuerpo del deslizamiento. Por otro lado, se identificó que las mayores deformaciones y agrietamientos de las viviendas inician al este de Parobamba, desde la plaza principal y a los alrededores del local de la Municipalidad distrital y se prolongan por todo el Jirón Tupac Amaru. La vista aérea de este sector muestra que hay un marcado asentamiento o subsidencia y desplazamiento en esta zona, que está afectando las viviendas de este sector (figura 11).

Las fotografías 8 y 9 se muestran los daños que se han generado en el sector este, y SE de Parobamba, específicamente en el Jr. Tupac Amaru y zona cercana al sector Asiacochoa.

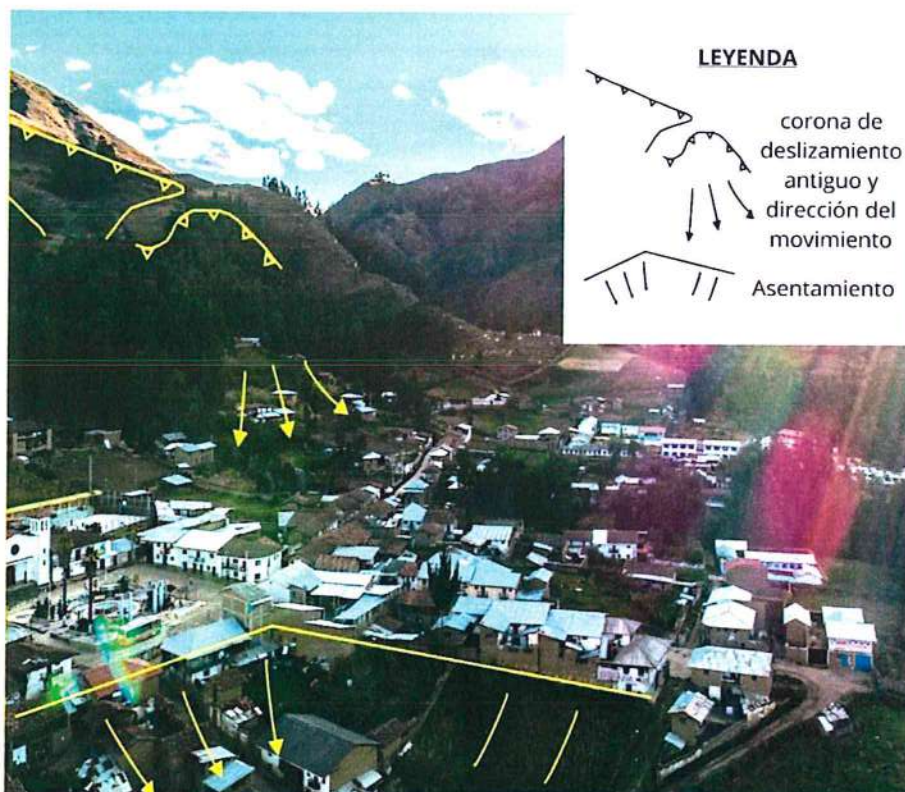
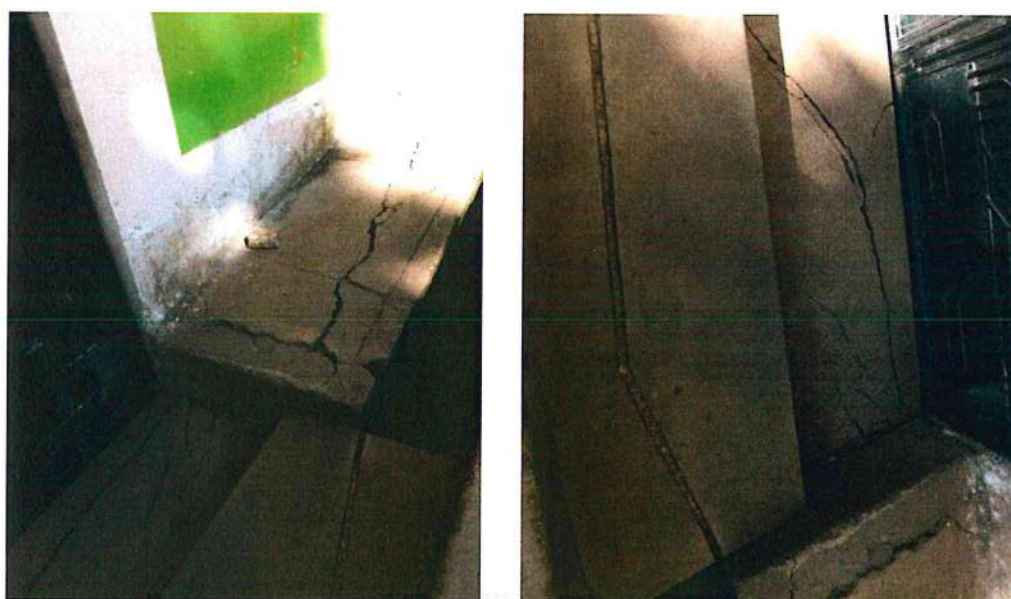


Figura 11. Eventos geodinámicos identificados en el sector Parobamba viejo.

En el Poblado de Parobamba se construyeron viviendas en su mayoría de material de adobe, que actualmente presentan grandes agrietamientos en sus estructuras. De acuerdo a las manifestaciones de los pobladores durante este último periodo de lluvias, los daños estructurales se incrementaron y han sido muy severos, por lo que ha aumentado la preocupación de sus habitantes y muchos se han visto en la necesidad de desalojar y abandonar sus viviendas (figura 12, fotografías de la 8 a la 23).



Fotografías 8 y 9: Grietas tensionales abiertas en paredes y pisos de entre 1 a 2 cm de abertura en el local de la Municipalidad Distrital de Parobamba.



Fotografía 10. Pared externa de dos viviendas habitadas y situadas en el Jirón Tupac Amaru, las cuales muestran agrietamiento vertical de entre 3 a 5 cm de ancho. Se observa una apertura más ancha en la parte superior de la estructura; este caso suele presentarse cuando el suelo aumenta su volumen debido a la humedad, disminuyendo su resistencia y ocasionando que supere las cargas que los muros portantes transmiten al mismo empujando la estructura hacia arriba.



Figura 12: Se observa en terreno colindante al campo deportivo del sector Parobamba Alto, se puede observar un pequeño escarpe de falla de aproximadamente 5 m de longitud y 2 m de salto, laderas erosionadas con superficie irregular y ondulada, árboles y cerco inclinado indicativo de un proceso de reptación de suelos, además de asentamiento de viviendas y agrietamientos en losa deportiva.



Fotografía 11: (Izquierda) Pared interna de la vivienda la cual presenta agrietamiento vertical con aberturas de 1 a 5 cm. **Fotografía 12: (Derecha)** piso de vivienda fracturado y levantado con aberturas de 6 a 7 cm de ancho.



Fotografías 13, 14 y 15: Piso de vivienda fracturado y levantado con aperturas 6 a 7 cm de ancho.: Agrietamiento de 1 a 3 cm de apertura en pared externa e interna de una vivienda desalojada recientemente en el Jirón Tupac.



Fotografías 16 y 17: Pared interna de la misma vivienda que evidencia grietas diagonales en forma de V invertida generadas por asentamiento del terreno los cuales suelen presentarse en suelos arcillosos deteriorados por la circulación de agua.



Fotografías 18 y 19: Pistas del Jirón Tupac Amaru fracturadas y agrietadas, producto del cambio constante de humedad en el terreno.



Fotografía 20: Vivienda cercana al sector Asiacochoa la cual evidencia agrietamiento en forma de escalera en su estructura externa, causado por el asentamiento del terreno.

Fotografía 21: Paredes inclinadas, agrietadas y destruidas en su interior. El propietario manifiesta que desde hace aproximadamente tres años comenzó a deteriorarse con la presencia de fisuras e inclinación de muros, presentando este último periodo de lluvias daños mayores. Es preciso mencionar que la vivienda ha sido construida sobre lo que hace aproximadamente 80 años formaba parte de una zona pantanosa donde el nivel freático afloraba de manera permanente.

El Poblado de Parobamba carece de un sistema de drenaje pluvial adecuado y en todos los sectores observan canales abiertos de tierra sin revestimiento, acarreamo una serie de problemas principalmente desestabilización del suelo por infiltración de agua.



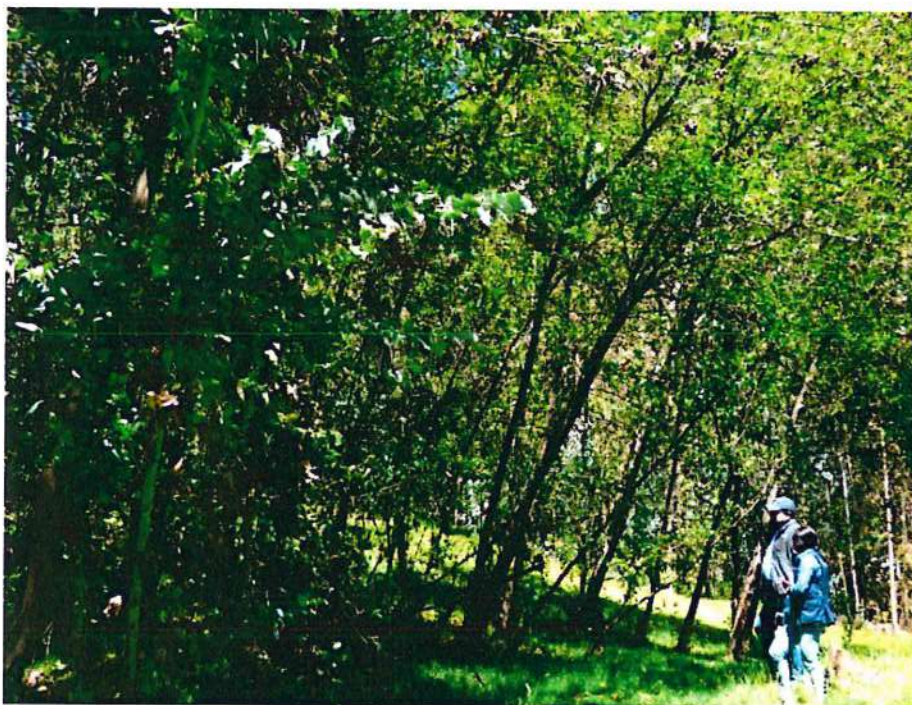
Fotografía 22 y 23: Canales de agua sin revestir a los bordes de las viviendas del poblado.

• **Sector Asiacochoa:** Corresponde a una zona donde la napa freática aflora con frecuencia; de acuerdo a la versión de pobladores se han realizado pequeñas perforaciones que han permitido determinar que el agua subterránea se encuentra a 60 cm de la superficie del suelo. El área está conformada por suelos arcillosos con alta plasticidad donde se han construido varios canales para encauzar las aguas de escorrentía pluvial; también se observó un manantial por donde aflora agua constantemente hacia una canal de agua; este manantial fue destinado para crear el primer tanque que suministraba agua potable a los pobladores del lugar en el año 1970, actualmente está en desuso.

Detrás de la zona del manantial se visualiza un pequeño escarpe de deslizamiento de 3 m ancho, con un salto de 70 cm aproximadamente, dentro del cuerpo del deslizamiento se observan arboles de alisos inclinados, que es indicativo de la existencia un deslizamiento en proceso (figura 13 y fotografía 24).



Figura 13: Escarpe de deslizamiento, manantial y canal de agua sin revestir en el sector Asiacochoa.



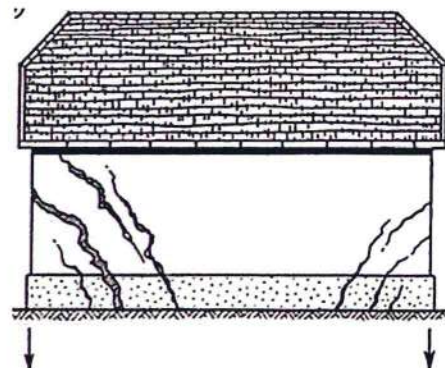
Fotografía 24: Alisos inclinados en el sector Asiacochoa indicativo de un deslizamiento en proceso en la zona.

- **Noreste de Parobamba Alto:** Este sector se sitúa a pocos metros de la quebrada Chogo, donde se evidencian procesos geodinámicos como deslizamientos activos, reptación de suelos y agrietamientos, los cuales se muestran en los mapas de peligros realizados para esta zona (figuras 14 y 15).

En la figura 15 y fotografías 25 y 26 se muestran un proceso de reptación de suelos en el cual se visualiza una superficie irregular y discontinua conformada por material arcilloso muy blando. Dentro del área afectada es evidente un marcado asentamiento del terreno donde hay parcelas de cultivos de maíz, canales de agua sin revestimiento y arboles inclinados. En determinadas zonas se observan pequeños saltos verticales que varían entre 0.20 y 0.30 cm y tienen longitudes entre 10 a 20 cm, carcavamientos y agrietamientos en el suelo. Las viviendas asentadas en este sector se han agrietado, causando que algunas estén muy dañadas y fueron abandonadas, otras se encuentran destruidas.



Fotografía 25: Proceso de reptación de suelos al Noreste de Parobamba Alto.



Fotografía 26 (izquierda) y figura 14 (derecha): Muestran agrietamiento longitudinal característico de contracción de suelos arcillosos al Noreste de Parobamba.

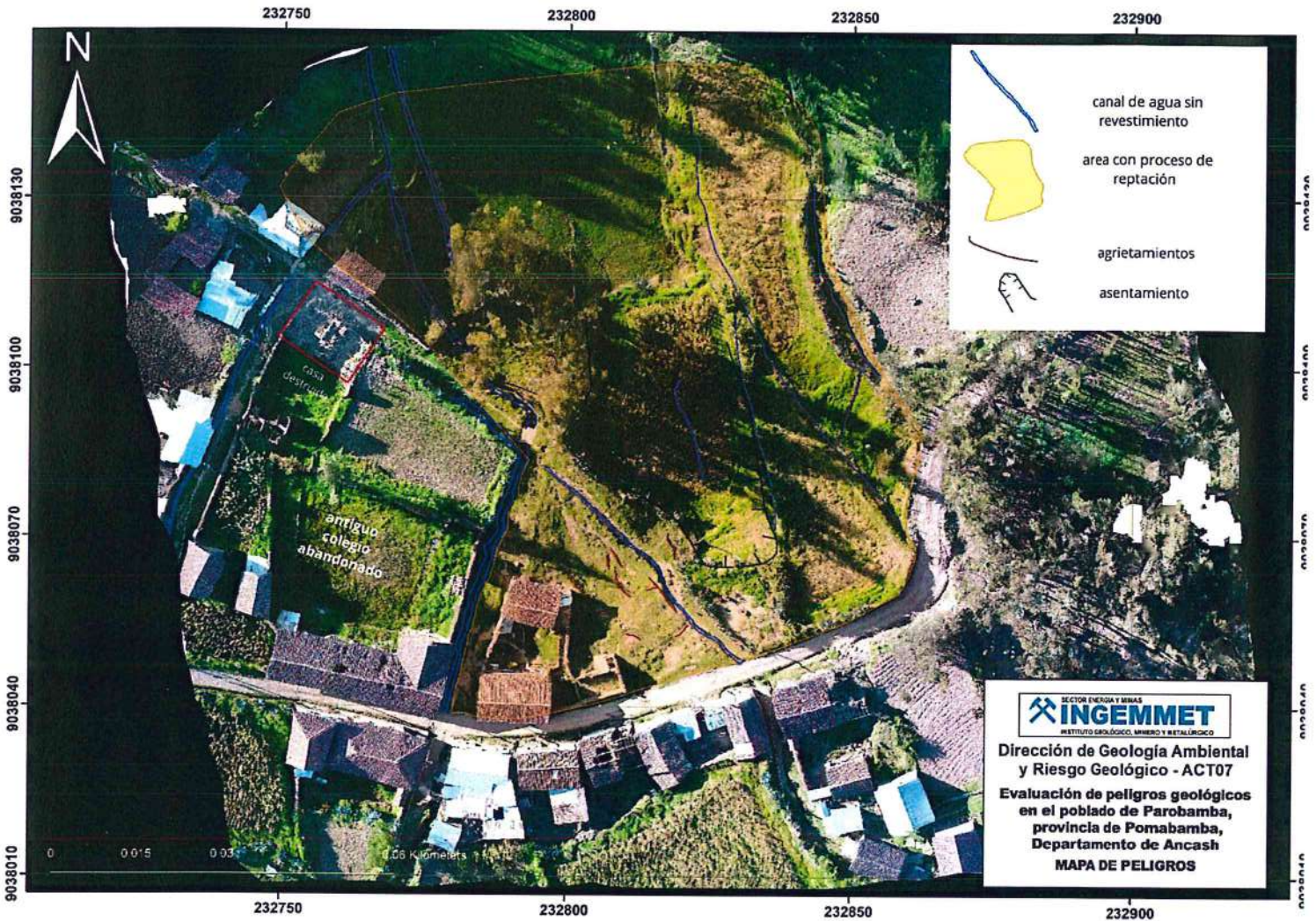


Figura 15: Proceso erosivo correspondiente a reptación de suelos y subsidencia o hundimiento que se está desarrollando al Noreste de Parobamba Alto.

En la figura 16 y 17 se evidencia a la margen derecha de la quebrada Chogo un deslizamiento activo tipo rotacional, el cual presenta una longitud de corona de 50 m, un salto principal de 5 m, una longitud de la corona al pie de deslizamiento de 25 m, y un área de 17,000 m². A lo largo del cuerpo del deslizamiento se observa una secuencia de pequeño escarpes secundarios de 10 m aproximadamente, y grietas paralelas y longitudinales a la corona, Esta zona se considera crítica puesto que se encuentra frente a la desembocadura de la quebrada Yanocolpa. De continuar las precipitaciones pluviales, seguirá su avance hacia el cauce de la quebrada y podría generar su cierre o represamiento.

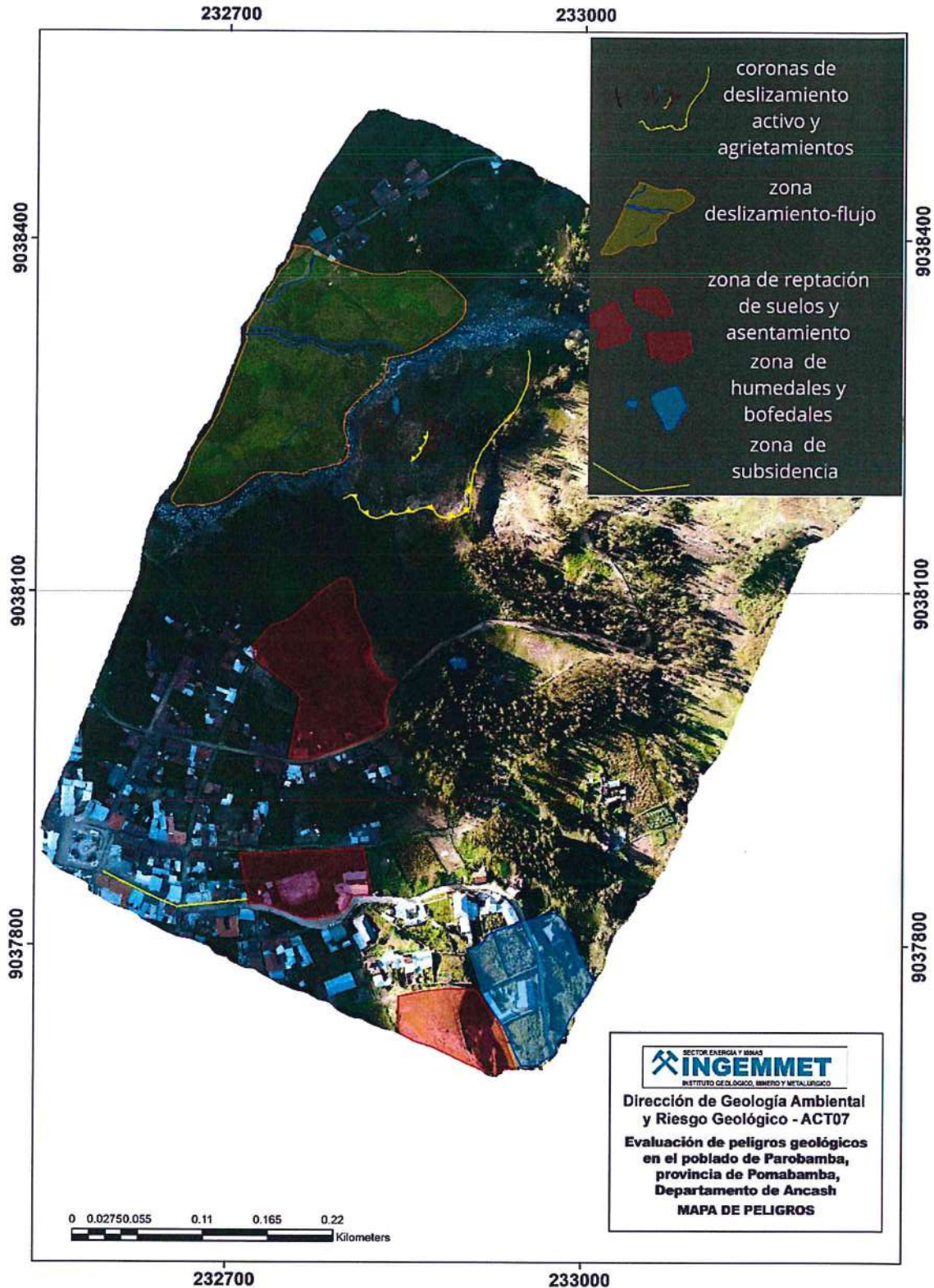


Figura 16: Mapa de peligros del sector Sureste, Este y Noreste de Parobamba Alto.



Figura 17: A la izquierda se observa escarpe principal y pequeños escarpes secundarios de un deslizamiento activo, y a la derecha se visualiza un proceso de volcamiento.

- **Deslizamiento-flujo- Yanocolpa**

A la margen izquierda de la quebrada Chogo se sitúa el deslizamiento-flujo Yanocolpa el cual inicio su primera fase de deslizamiento en el año 1970. Posee una escarpa principal de 300 m en dirección NE y un salto de falla de 1-5 m, detrás de la corona se observa procesos de erosión y desprendimiento de material.

El suelo de los cerros donde se originó este evento está constituidos mayormente por arcilla de alta plasticidad.

El flujo Yanocolpa se caracteriza por ser viscoso y se divide en tres partes: la “Cola” donde se acumula parte del agua y los materiales provenientes del deslizamiento, el cuerpo o la zona de transición con un marcado cambio de pendiente de 45° a 30° por donde fluye el flujo y el frente donde se acumula los materiales del deslizamiento (figuras 18 y 19). Actualmente parte del flujo se está desplazando hacia el sector de Yanocolpa Nuevo, el cual se encuentra asentada sobre suelos blandos arcillosos muy susceptibles a desestabilizarse y deslizarse.



Figura 18 (izquierda): Curso final del flujo tipo Slurry” (pasta aguada) ocurrido en marzo del año 2000, el cual afecto al sector de Parobamba Viejo (Zapata Marco, 2000). **Figura 19 (derecha):** condición actual del deslizamiento-flujo Yanocolpa en la cual se observa un flujo lento, que es cortado en su flanco izquierdo por la quebrada Yanocolpa.

7.2.2 SECTOR 2: Corresponde a las laderas Sur y Sureste de Parobamba Alto.

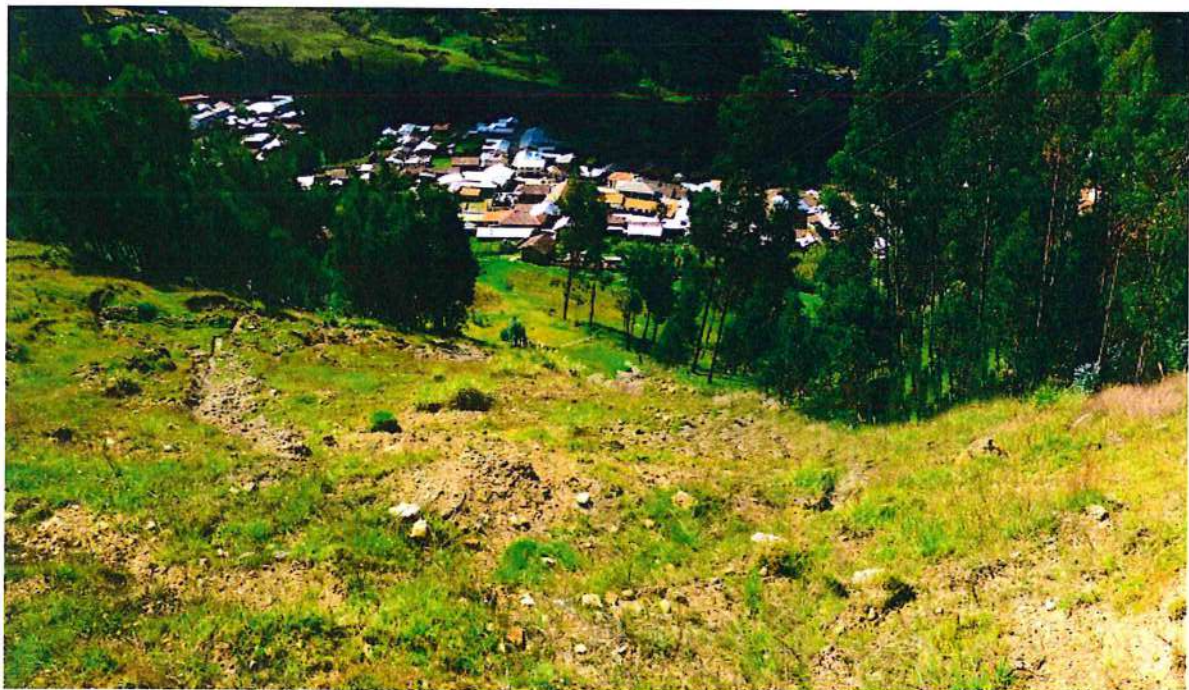
- **Sector Rucuchijirca:** Se sitúa en la ladera sur de Parobamba Alto aproximadamente a los 3400 m s.n.m., en esta zona se visualiza un escarpe de deslizamiento antiguo con una longitud de 54 m y un salto de falla de 17 m aproximadamente, presenta un escarpe secundario de longitud de 32 m con activación reciente, tiene una longitud desde la corona del deslizamiento antiguo hasta el pie de 173 m, y un área de 2685 m² (figura 20), el terreno presenta grietas de aproximadamente 8 cm (fotografía 29). La distancia vertical desde el pie del deslizamiento a la vivienda más cercana es de 60 m.

Contiguo a este deslizamiento se evidencia un proceso de erosión, agrietamientos, terreno irregular, árboles inclinados e inicio del desarrollo de pequeños escarpes de falla. (fotografía 27), así como también se visualiza un deslizamiento activo (figura 21).

Debajo de la superficie antes descrita se ha observado que existe una secuencia de escarpes de un deslizamiento mucho más reciente cuyo longitud de la corona principal es de aproximadamente 60 mts y el salto varía entre 5 a 10 m. Figura 22. En esta zona hay un canal de drenaje de concreto rectangular cuya sección es de 50 cm², la cual presenta deficiencia en su funcionamiento debido a la falta de mantenimiento, la distancia que separa el deslizamiento del canal es de aproximadamente 15 m y de las viviendas más próximas del pueblo es del orden de 20 m. (figura 23)



Figura 20: Deslizamiento antiguo en ladera Rucuchujirca.



Fotografía 27: Proceso de erosión de suelos y agrietamientos en ladera Rucuchujirca.



Figura 21:Deslizamiento activo en el sector Rucuchijirca



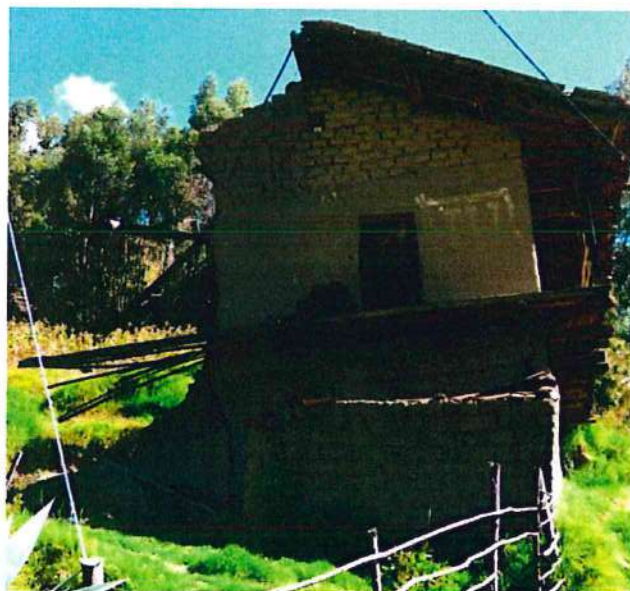
Fotografía 28: Agrietamiento en la ladera del Sector Rucuchijirca.



Figura 22: Secuencia de escarpes de deslizamiento activo en ladera Rucuchijirca cercano a canal de drenaje.



Figura 23: Canal de drenaje cercano a deslizamiento reciente.



Fotografía 29: Vivienda afectada por agrietamientos situada en la calle Jr. Marañon.

8. FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES

8.1 Condicionantes

- Alternancia de rocas de diferente competencia (arcillitas y areniscas) de la Formación Chicama, que le da al macizo rocoso una calidad geotécnica mala.
- Laderas constituidas por sustrato rocoso medianamente a muy fracturado que ayudan a reducir la resistencia de cizalla y cohesión del suelo situado encima de las rocas; favoreciendo la ocurrencia de deslizamientos.
- El fracturamiento de las rocas y agrietamiento del suelo facilita la penetración de agua generando meteorización y aumento en la presión de poros lo que produce una disminución a la resistencia al corte induciendo la activación de deslizamientos.
- Evidencia de puquiales, bofedales y quebradas en las laderas del poblado que generan infiltración de agua y saturación del terreno. Al no contar con un sistema de drenaje adecuado (canales de tierra sin revestimiento) y un sistema de riego tecnificado, se contribuye a que las aguas se infiltren y saturen el sub suelo.
- Presencia de suelos arcillosos con alta plasticidad saturados de agua lo cual incrementa la densidad o el peso de los materiales del suelo disminuyendo el factor de seguridad de la ladera.
- El suelo arcilloso de la zona también permite que ocurran ciclos de levantamientos y subsidencia de agua según el régimen de lluvias.
- La pendiente del terreno es media la cual permite una mayor infiltración de agua, saturación y fallamiento del terreno a diferencia de aquellos taludes con pendientes altas o verticales en donde la velocidad de escurrimiento es mayor y el volumen de almacenamiento de agua menor.
- La morfología que configura una topografía ondulada, en cuyas porciones cóncavas se acumula agua de precipitación pluvial a manera de bofedales y lagunas de reducidas dimensiones (fotografía 31), estas aguas al permanecer acumuladas infiltran al suelo y los saturan.
- La existencia de depósitos de movimientos en masa antiguos que al alterar las condiciones de estabilidad pueden reactivarse.



Fotografía 30: Bofedales formados en suelos arcillosos saturados de agua en la ladera sureste de Parobamba.

8.2 Desencadenante

Se considera como detonante las precipitaciones pluviales intensas de carácter excepcional que ocurren en la zona.

CONCLUSIONES

- 1) Las arcillitas carbonosas y areniscas de la Formación Chicama que afloran en la zona de estudio se caracterizan por presentar poca resistencia a la erosión, encontrándose muy fracturadas y alteradas (roca de mala calidad), lo que representa una de las condicionantes principales para la ocurrencia de deslizamientos.
- 2) Las laderas y terrazas que conforman la zona de estudio están constituidas por sedimentos arcillosos de alta plasticidad lo cual induce a la ocurrencia de ciclos de levantamientos, subsidencia y desplazamiento del suelo generando daños en las estructuras de las viviendas y pistas pavimentadas del lugar.
- 3) Los agrietamientos y deslizamientos generados en Parobamba no necesariamente se pueden intensificar y reactivar en temporadas de lluvias, en época de estiaje el agua intersticial de los suelos se infiltra y se evapora produciendo que las partículas de arcilla por acción de calor se contraigan dando como resultado la pérdida de cohesividad y consiguiente desequilibrio del terreno lo que produce un continuo fracturamiento y agrietamiento del suelo.
- 4) Se presentan varias zonas con reactivaciones de deslizamientos. En el sector Rucuchijirca se identificaron secuencias deslizamientos recientes con escarpes secundarios resientes, los cuales ante un nuevo escenario de lluvias intensas pueden continuar deslizándose ladera abajo, en caso de que no se realicen las obras de estabilización y el tratamiento de laderas adecuado pudiendo afectar las viviendas que se encuentran a pocos metros. Existen otros movimientos en masa antiguos que pueden reactivarse.
- 5) El movimiento complejo de Yanocolpa (deslizamiento rotacional y flujos de detritos), se caracteriza por presentar un flujo plástico y denso, lento, capaz de transportar bloques de gran tamaño y a gran distancia lo que representa un riesgo para los pobladores de Yanocolpa Nuevo.
- 6) Los canales de tierra sin revestimiento para drenaje pluvial, la falta de un sistema adecuado de riego y la presencia de puquiales y bofedales, contribuyeron a la saturación del suelo y por consiguiente de su deformación.
- 7) El factor desencadenante para la reactivación de los movimientos en masa y subsidencia en Parobamba se le atribuye al incremento de las lluvias por encima de los parámetros normales.
- 8) Debido a las condiciones geológicas y actual inestabilidad de las laderas y terrazas que conforman el Poblado de Parobamba, se le considera zona no apta para expansión urbana.
- 9) El Poblado de Parobamba presenta daños en las estructuras de sus viviendas, debido al continuo hundimiento, levantamiento y desplazamiento del terreno generado por infiltración de agua, a consecuencia del inadecuado sistema de obras de drenaje superficial y subterráneo, necesarios para prevenir o controlar los niveles freáticos y la escorrentía pluvial.
- 10) Dadas las condiciones actuales, se puede determinar que el Poblado de Parobamba poseen un **alto peligro por la ocurrencia de movimientos en masa**, y se considera **zona crítica por peligros geológicos** ante intensas precipitaciones pluviales y sismos.

RECOMENDACIONES

- 1) Realizar trabajos de forestación en las superficies erosionadas de las laderas de los sectores Racrajirca, Rucuchijirca y Noreste de Parobamba con cobertura vegetal nativa (plantación de árboles, arbustos o vegetales), de preferencia, que cubran el suelo en forma permanente a fin de frenar la velocidad de escurrimiento del agua y la reactivación de deslizamientos.
- 2) Realizar un estudio hidrogeológico que permitan delimitar la geometría, distribución, profundidad y dirección de los flujos subterráneos a fin de diseñar un sistema de drenaje adecuado, entre los métodos geofísicos que se deben aplicar se tiene a los sondajes eléctricos verticales (SEV) y la tomografía eléctrica.
- 3) Implementar un sistema de drenaje pluvial que considere la construcción de zanjas de coronación impermeabilizadas, ubicadas por encima de los escarpes de los deslizamientos identificados, con el fin de evitar el paso del agua procedente de las quebradas, puquiales, regadíos y lluvias intensas hacia el cuerpo de estos eventos.
- 4) Implementar canales colectores impermeabilizados tipo "espina de pescado" para evacuar o conducir las aguas fuera del cuerpo de los deslizamientos.
- 5) Construir canales rápidos o en gradería que recolecten que conduzcan las aguas recolectadas a sitios seguros.
- 6) Realizar trabajos de impermeabilización o revestimiento de los canales de drenaje pluvial y de riego en la zona urbanizada y laderas del sector a fin de detener la infiltración de agua y la continua saturación en el terreno.
- 7) Se debe realizar trabajos de sensibilización con las autoridades competentes y los pobladores del sector sobre la importancia de mantener un control, vigilancia, mantenimiento y limpieza permanente de las obras de drenaje que se implementen.
- 8) Realizar trabajos de sensibilización con los pobladores de la zona en temas de peligros geológicos y gestión del riesgo de desastres, para que estén preparados y sepan cómo actuar ante la ocurrencia de nuevos eventos que pueden afectar su seguridad física.
- 9) Se recomienda mejorar la técnica de riego para cultivos ya que actualmente el sistema que se utiliza en la zona es por gravedad, por lo que deben de implementar un método de riego por goteo o presurizado a fin de evitar la saturación de agua en el terreno; así mismo, se debe tener presente no utilizar como parcelas agrícolas los terrenos que ya se encuentran desestabilizados o con procesos de reptación de suelos.
- 10) Restringir la construcción de viviendas y obras como trochas y caminos en las zonas donde ya existen deslizamientos y en aquellas áreas susceptibles a deslizarse.
- 11) En las zonas donde se presenten agrietamientos se debe realizar su relleno y sellado con arcilla o similares, para evitar la infiltración de agua. Es importante tener en cuenta que las grietas pueden abrirse nuevamente y se requiere mantenimiento por periodos importantes de tiempo. Esta actividad debe realizarse con la dirección de un especialista.
- 12) Realizar trabajos de defensas ribereñas en la quebrada Chogo para el cual se deben considerar realizar estudios hidrológicos que determinen el caudal máximo, para periodos de retorno de 20, 50 y 100 años, así mismo no permitir la construcción

de casas en las riberas de los ríos. Las obras a considerar son la colocación de muros de gaviones que controlen la erosión fluvial de la base de la ladera y pie de deslizamientos presentes en la zona, buscando reducir la inestabilidad de la zona.

- 13) Reubicar las viviendas del Poblado de Yanocolpa Nuevo ya que se encuentran muy vulnerables a presentar daños materiales y humanos por una nueva reactivación del deslizamiento flujo Yanocolpa.
- 14) Implementar sistemas de monitoreo en los deslizamientos identificados en la localidad de Parobamba, que permita determinar la existencia de movimiento en la masa deslizante, este puede estar constituido por estacas de madera o varillas de fierro, las cuales deben estar colocadas tanto dentro del deslizamiento, como en una zona estable, realizándose medidas de la distancia entre estacas, cada cierto tiempo, aumentado la frecuencia de medidas durante periodos de lluvia. De detectarse movimientos rápidos, se informará a la población para que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas. Este monitoreo también se puede realizar por medio de la instrumentación la zona deslizada, para poder medir la deformación y desplazamientos en el terreno. La utilidad de la instrumentación es determinar la tasa de movimiento en el deslizamiento, con fines preventivos. Esta instrumentación se puede realizar por medio de la colocación de extensómetros, que constituyen una forma sencilla y económica de monitorear movimientos superficiales al mismo tiempo que incorpora sistemas de alarma. La viabilidad de su uso debe ser evaluado por un especialista en geotecnia.


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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996, Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36–75.
- Chiroque, C (2016) Caracterización geodinámica y modelamiento del deslizamiento-flujo Yanocolpa, en el distrito de Parobamba, provincia de Pomabamba, región Ancash.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). Movimientos en masa en la región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p.
- Wilson J; Reyes L; Garayar J (1995) - Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz, y Huari”, INGEMMET, Boletín N° 60 Serie A.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2019) - Estación meteorológica de Pomabamba. Disponible en: www.senamhi.gob.pe/. / (SENAMHI)
- Zavala, B. (2007) Zonas críticas por peligros geológicos y Geohidrológicos en la Región Ancash” INGEMMET.
- Zavala, B. (2008) “Peligros geológicos en el distrito de Parobamba” – Provincia de Parobamba, región Ancash. Informe Técnico A6512. Lima: INGEMMET.
- Zavala, B; Valderrama, P.; Pari, W.; Luque, G. & Barrantes (2009) - Riesgos geológicos en la región Ancash. INGEMMET, Boletín, Serie C 38: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44, 280 p.
- Zapata, R (2000) Seguridad física de Parobamba.