

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7190

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LOS SECTORES ALTO CAPELO, LA CRUZ, SAN CARLOS, MARÍA PÍA, ABANICO Y POTOQUE

Departamento Junín
Provincia Chanchamayo
Distrito Chanchamayo



NOVIEMBRE
2021

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LOS SECTORES: ALTO CAPELO, LA CRUZ, SAN CARLOS, MARÍA PÍA, ABANICO Y POTOQUE

(Distrito de Chanchamayo, provincia Chanchamayo y departamento Junín)

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

Equipo de investigación:

Angel Gonzalo Luna Guillen

Dulio Gómez Velásquez

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). *Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en los sectores: Alto Capelo, La Cruz, San Carlos, María Pía, Abanico y Potoque*, distrito de Chanchamayo, provincia Chanchamayo y departamento de Junín. Lima: Ingemmet, Informe Técnico Axxxx, 56 p.

ÍNDICE

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
1.3. Aspectos generales	7
1.3.1. Ubicación	7
1.3.2. Accesibilidad	10
1.3.3. Clima	10
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	11
2.1. Unidades litoestratigráficas	11
2.1.1. Formación La Merced (NQ-lm)	11
2.1.2. Granodioritas Tarma	12
2.1.3. Depósitos coluvio-deluviales (Qh-cd)	12
2.1.4. Depósito proluvial (Qh-pl)	14
2.1.5. Depósitos fluviales (Qh-fl)	14
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	15
3.1. Pendientes del terreno	15
3.2. Unidades geomorfológicas	17
3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	17
3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	18
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	20
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Cerro La Cruz	20
4.2. Sector Cerro Alto Capelo	22
4.3. Sector San Carlos	28
4.2. Sectores María Pía, Potoque y Abanico	30
4.3. Factores condicionantes	32
4.4. Factores desencadenantes	33
4.5. Daños registrados en los sectores evaluados	33
5. CONCLUSIONES	37
6. RECOMENDACIONES	38
7. BIBLIOGRAFÍA	39
ANEXO 1: MAPAS	41
ANEXO 2: GLOSARIO	49
ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	50

RESUMEN

El presente informe técnico, es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en los sectores: Alto capelo, La Cruz, San Carlos, María Pía, Abanico y Potoque, al oeste de la ciudad de La Merced (margen izquierda del río Chanchamayo), perteneciente a la jurisdicción del distrito y provincia de Chanchamayo, departamento de Junín. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología, en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades litoestratigráficas que afloran, corresponden a rocas de origen sedimentario de la Formación La Merced, conformado por una secuencia de conglomerados polimicticos redondeados, con litoclastos de calizas, areniscas y andesitas, que se encuentran muy fracturadas y altamente meteorizadas. Estas unidades se hallan cubiertas por depósitos cuaternarios coluvio-deluviales compuestos por gravas, cantos y bloques con diámetros que varían de 0.5 a 1 m, inmersos en matriz limo-arcillosa poco consolidada a suelta, altamente erosionable.

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico-degradacional como son montañas modeladas en rocas sedimentarias, con laderas de pendientes muy escarpadas (>45°), disectadas por las quebradas María Pía, Potoque y Abanico, en cuyos cauces y márgenes se distinguen depósitos proluviales antiguos y recientes, compuestos por bloques subangulosos a subredondeados de diámetros que varían de 0.3 a 2 m, envueltos en una matriz areno-arcillosa. Se encuentran mal clasificados y poco consolidados.

El 21 de febrero del 2021, ante la activación las quebradas María Pía, Potoque, Abanico y San Carlos, se produjo flujo de detritos (huaicos); que en su trayecto acarrearón bloques con diámetros de 0.5 a 3 m, arena y palizada; así como la generación de tres zonas de arranque en la ladera sureste del Cerro Alto Capelo. A ello se suma la ruptura de una tubería de agua en la parte alta. Los eventos antes mencionados provocaron el colapso de una vivienda en el (Sector Capelo), inundación de aproximadamente 20 viviendas en la Av. Circunvalación (ciudad de La Merced) y daños materiales a vehículos estacionados. Los flujos se canalizaron por las calles perpendiculares a la Av. Circunvalación, hasta disiparse por los ríos Garou (Quebrada del Carmen), y Chanchamayo.

Se atribuye como factor desencadenante que originó la activación de flujo de detritos en las zonas evaluadas, a las lluvias intensas y prolongadas, registradas durante el mes de febrero con picos de 20.94 mm el 21 de febrero.

Dentro de los factores de sitio observados, tenemos al substrato rocoso muy fracturado, que permite mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno; presencia de suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales) de fácil erosión y remoción ante precipitaciones pluviales intensas y/o prolongadas; además de laderas con pendiente muy escarpada (>45°), lo que permite que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.

Se concluye que las áreas evaluadas, se consideran como **Zonas críticas** y de **Peligro Muy Alto** a la ocurrencia de flujo de detritos (huaicos), susceptibles a ser reactivadas en temporada de lluvias intensas, excepcionales y/o prolongadas.

Por lo anteriormente expuesto, se recomienda reubicar a la población asentada en los sectores Alto Capelo y La Cruz (ya que presentan viviendas precarias construidas sobre pilotes de madera); así como realizar estudios de evaluación de riesgos (EVAR), que determinen lugares adecuados de reasentamiento.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo el Oficio N° 0140-2021-A/MPCH de la Municipalidad provincial de Chanchamayo; en el marco de nuestras competencias se realizó la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en los sectores: San Carlos, Cerro la Cruz, Cerro Alto Capelo y quebradas María Pía, Potoque y Abanico, ubicadas en el oeste de la ciudad La Merced, distrito y provincia de Chanchamayo, departamento de Junín.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designó a los geólogos Angel Gonzalo Luna y Dulio Gómez Velásquez, a realizar la evaluación de peligros geológicos, la cual se llevó a cabo del 23 al 24 de julio de 2021.

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

Este informe, se pone en consideración de la Municipalidad provincial de Chanchamayo y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos que se presentan en los sectores: Abanico, Potoque, María Pía, Alto Capelo, La Cruz y San Carlos, ubicados al oeste de la ciudad de La Merced
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional que incluyen a los sectores evaluados se tienen:

- A) Reporte preliminar N°618-2/2/2021/COEN-INDECI/ y el reporte complementario N°1019 – 23/2/2021 / COEN – INDECI. (2021), describe el flujo de detritos e inundación acontecido el 21 de febrero del 2021 que afectaron urbanizaciones y asentamientos humanos en los sectores de Capelo, San Carlos y las quebradas del sector Pampa del Carmen.

- B) Boletín N°72, Serie C: Geodinámica e ingeniería Geológica, “Peligro Geológico en la Región Junín”; elaborado por Luque et al. (2020); donde incluye el inventario de los peligros geológicos por movimientos en masa, las zonas críticas y la susceptibilidad a los movimientos en masa en la región Junín. Sobre el cual se observa que los sectores evaluados presentan un grado de susceptibilidad “**muy alta**” a movimientos en masa, con predominancia a la ocurrencia de deslizamientos y flujos de detritos (figura 1).
- C) Informe técnico A6822 “Peligros geológicos en las localidades de San Genaro, San Bernardo y Loma Linda”; elaborado por Núñez & Lara et al. (2019); donde se realizó la inspección técnica de las localidades de San Genaro y San Bernardo, aledaños a los sectores Abanico, Potoque y María Pía. Este informe describe las unidades litoestratigráficas de la Formación La Merced de manera local y la ocurrencia de un flujo de detritos en la quebrada Abanico.
- D) Informe técnico A6980 “Peligros geológicos en el sector San Genaro”; Ingemmet (2018); describe los peligros geológicos en la quebrada Abanico y menciona la ocurrencia recurrente de flujos de detritos, de igual manera menciona que la Formación La Merced es altamente susceptible a procesos de erosión.
- E) Boletín N°78, Serie A: Carta Geológica Nacional, “Geología de los Cuadrángulos de Chuchurras, Ulcumayo, Oxapampa y La Merced” elaborado por León et al. (1996); en este boletín se describen las unidades litoestratigráficas del cuadrángulo de La Merced; de ese trabajo se toma como referencia los aspectos descriptivos de geológica y geomorfológica de los sectores de evaluación, donde se indica la predominancia de La Formación La Merced y de depósitos cuaternarios.

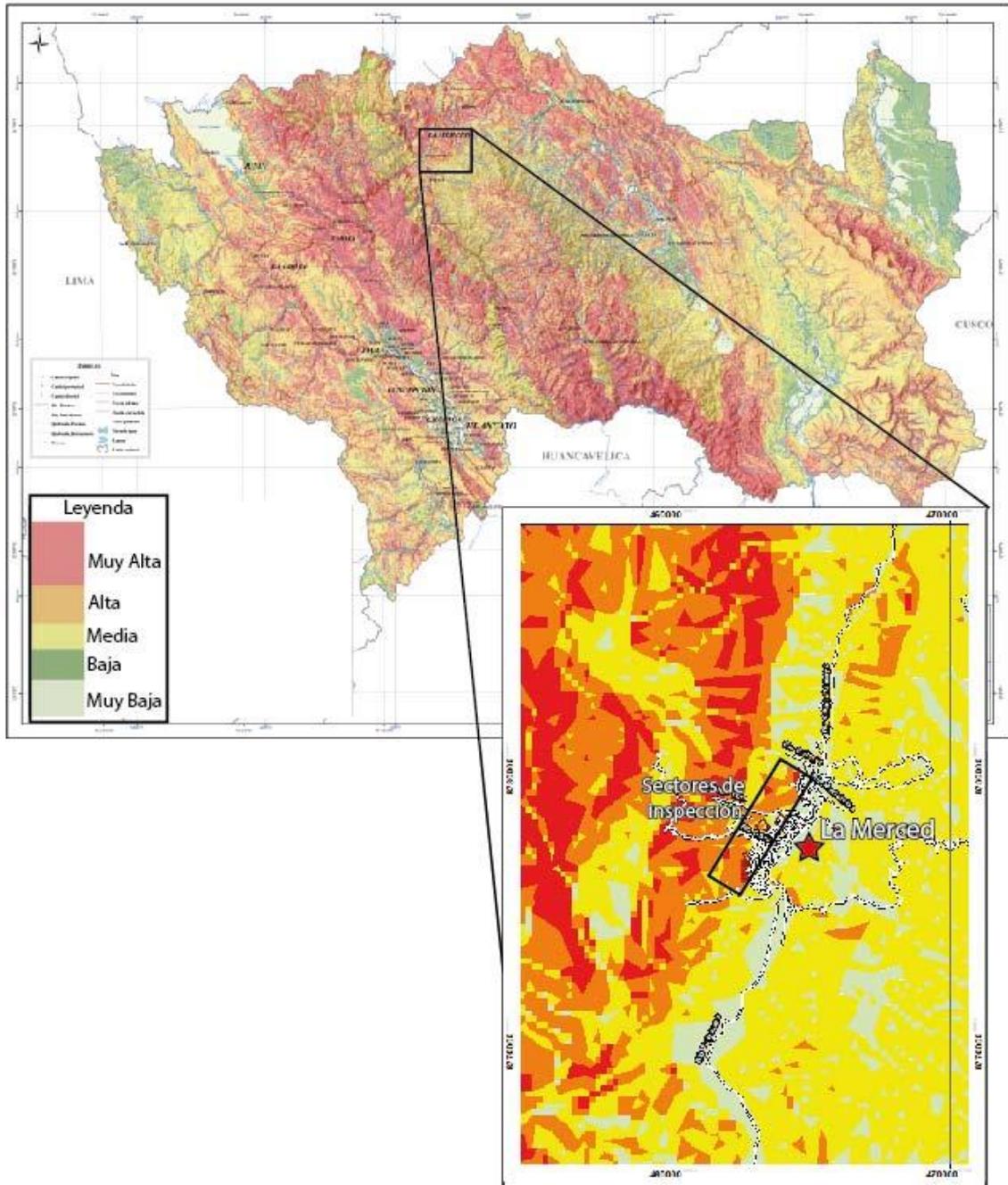


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa de la región Junín (escala base 1:500 000).
 Fuente: Luque et al., 2020.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Los seis sectores evaluados, se localizan al oeste de la ciudad de La Merced (margen izquierda del río Chanchamayo), políticamente pertenecen al distrito y provincia de Chanchamayo, departamento de Junín (figura 2).

Cuyas coordenadas de referencia y localización se muestran en los cuadros 1 al 6 en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18s).

Cuadro 1. Sector Abanico

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Oeste	Norte	Latitud	Longitud
1	462872	8776092	11° 4'17.45"S	75°20'23.80"O
2	462843	8776271	11° 4'11.62"S	75°20'24.75"O
3	462481	8776187	11° 4'14.34"S	75°20'36.68"O
4	462516	8776014	11° 4'19.98"S	75°20'35.54"O
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	462638	8776115	11° 4'16.69"S	75°20'31.51"O

Cuadro 2. Sector Potoque

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Oeste	Norte	Latitud	Longitud
1	462794	8776539	11° 4'2.88"S	75°20'26.33"O
2	462545	8776638	11° 3'59.64"S	75°20'34.54"O
3	462504	8776518	11° 4'3.56"S	75°20'35.90"O
4	462752	8776422	11° 4'6.68"S	75°20'27.73"O
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	462643	8776535	11° 4'3.00"S	75°20'31.51"O

Cuadro 3. Sector María Pía

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Oeste	Norte	Latitud	Longitud
1	462773	8776706	11° 3'57.46"S	75°20'27.04"O
2	462629	8776957	11° 3'49.28"S	75°20'31.77"O
3	462502	8776886	11° 3'51.59"S	75°20'35.96"O
4	462643	8776634	11° 3'59.80"S	75°20'31.33"O
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	462624	8776811	11° 3'54.03"S	75°20'31.95"O

Cuadro 4. Sector Alto Capelo

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Oeste	Norte	Latitud	Longitud
1	463187	8777637	11° 3'27.13"S	75°20'13.33"O
2	463484	8777875	11° 3'19.41"S	75°20'3.56"O
3	463240	8778183	11° 3'9.37"S	75°20'11.56"O
4	462942	8777946	11° 3'17.07"S	75°20'21.41"O
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	463199	8777903	11° 3'18.50"S	75°20'12.95"O

Cuadro 5. Sector La Cruz

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Oeste	Norte	Latitud	Longitud
1	463836	8777910	11° 3'18.30"S	75°19'51.96"O
2	464068	8778188	11° 3'9.25"S	75°19'44.30"O
3	463852	8778368	11° 3'3.39"S	75°19'51.41"O
4	463620	8778087	11° 3'17.07"S	75°20'21.41"O
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	463834	8778131	11° 3'12.53"S	75°19'59.07"O

Cuadro 6. Sector San Carlos

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Oeste	Norte	Latitud	Longitud
1	464722	8778879	11° 2'46.78"S	75°19'22.72"O
2	464714	8778959	11° 2'44.15"S	75°19'22.97"O
3	464478	8778927	11° 2'45.19"S	75°19'30.74"O
4	464487	8778851	11° 2'47.68"S	75°19'30.44"O
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				

C	464606	8778911	11° 2'45.72"S	75°19'26.54"O
---	--------	---------	---------------	---------------

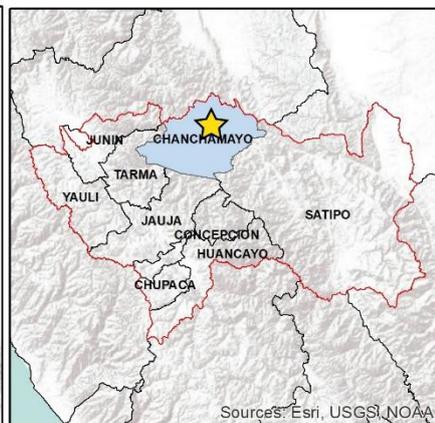
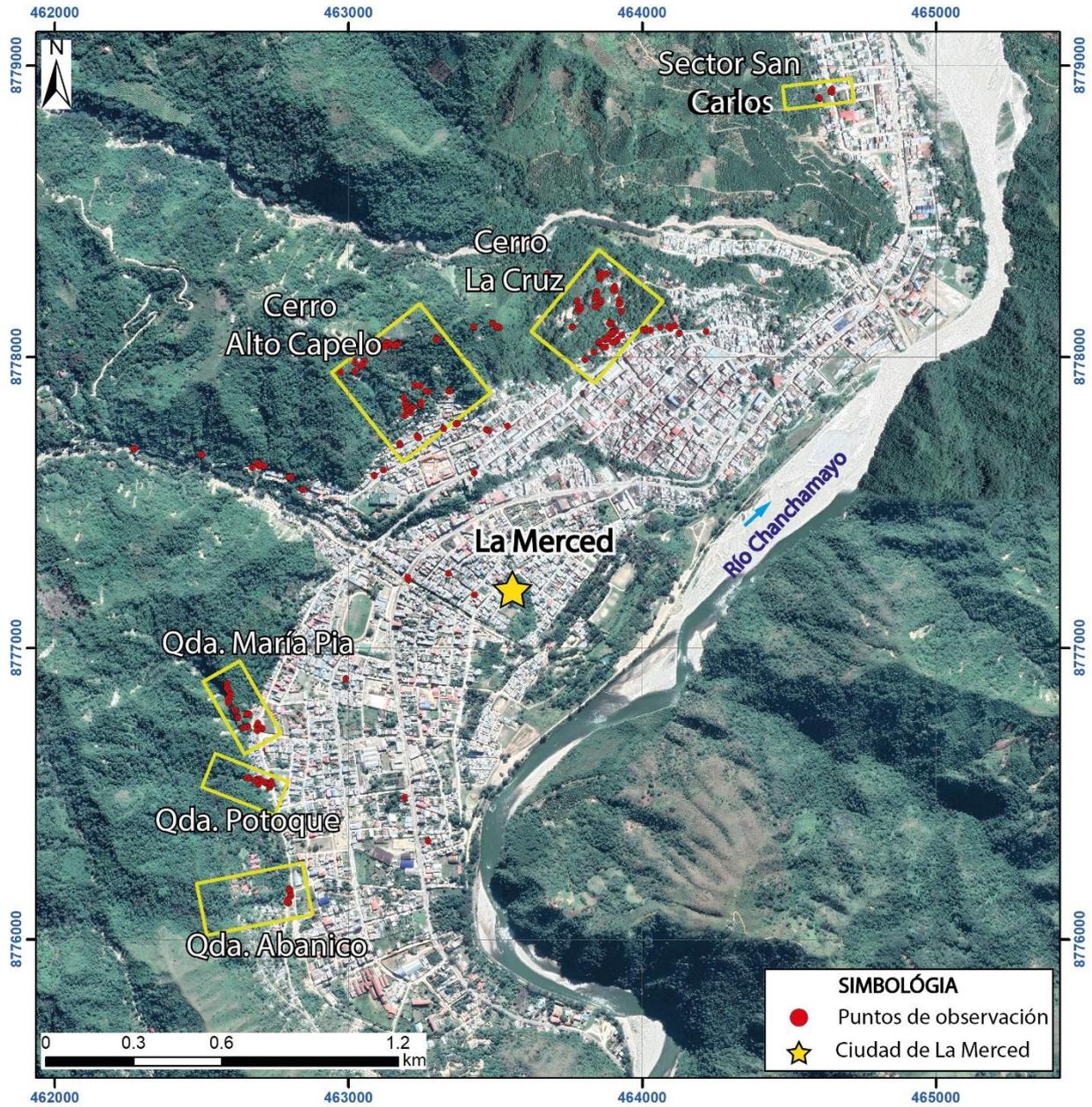


Figura 2. Ubicación de los sectores de estudio.

1.3.2. Accesibilidad

El acceso a los sectores evaluados se realiza desde la ciudad de La Merced, cuya ruta de acceso a esta ciudad se presenta en el cuadro 7, desde este punto se puede acceder mediante vías asfaltadas, trochas carrozables y de manera peatonal a los diferentes puntos de interés.

Cuadro 7. Rutas y accesos a las zonas de inspección

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Lima-La Oroya	Carretera asfaltada	183	5 h
La Oroya – San Ramón	Carretera asfaltada	120	2 h
San Ramón- La Merced	Carretera asfaltada	10	20 minutos
La Merced- Sectores evaluados	Vías y trochas carrozables	Entre 3 a 5 km	15 min promedio

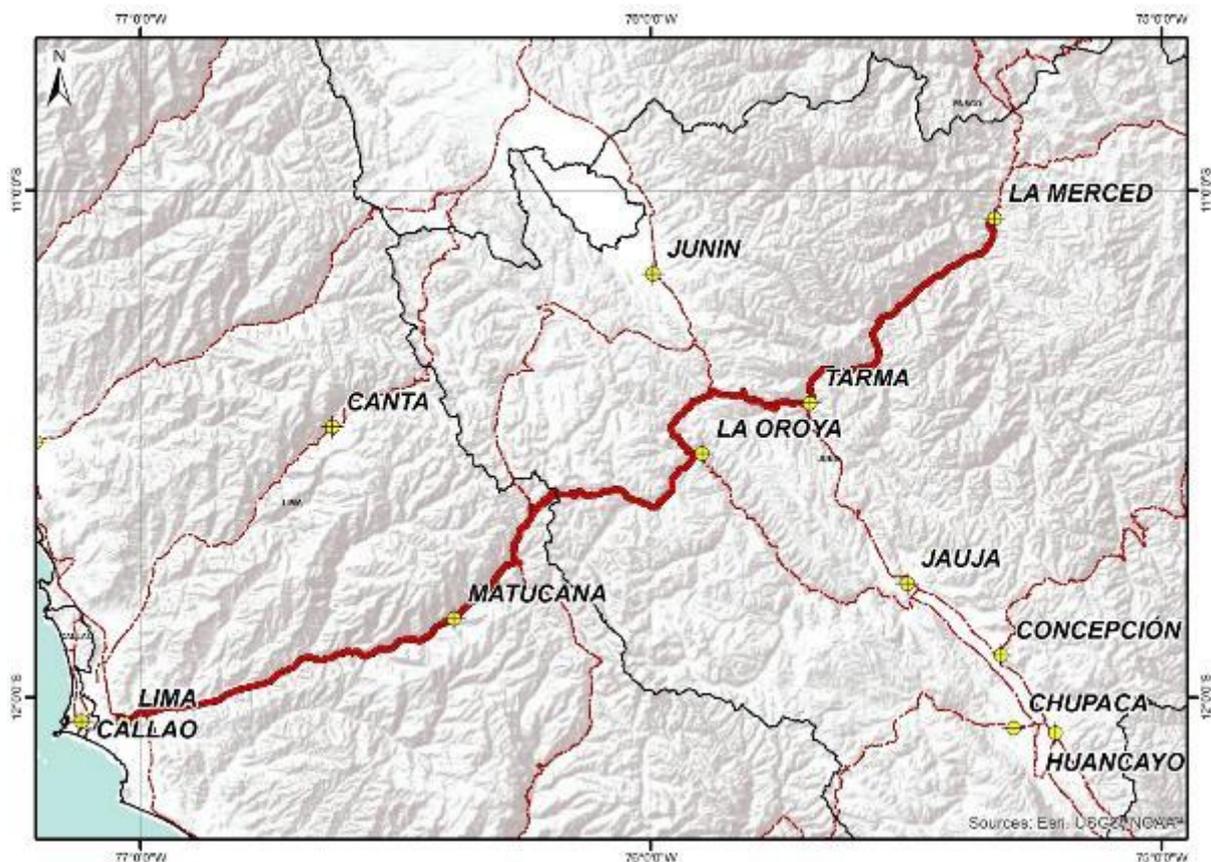


Figura 3. Accesibilidad a la ciudad de la Merced

1.3.3. Clima

En general, el clima en la región Junín es muy peculiar de la selva alta, que comprende las provincias de Satipo y Chanchamayo, cuyas temperaturas máximas durante todo el año superan los 30 °C, a excepción de los periodos o días con lluvias continuas. Las temperaturas mínimas en esta región oscilan alrededor de los 18 °C. (Luque et al.,2020).

De acuerdo a la fuente de datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere (que analiza los datos de 2 millones de estaciones meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos rasters y de satélite), la precipitación máxima registrada en el último periodo 2020-2021, fue de 23.7 mm en el mes de enero del 2021, Así mismo, las lluvias son de carácter estacional, es decir, se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, produciéndose generalmente de diciembre a marzo.

Las temperaturas anuales registradas entre el 2020 y 2021, oscilaron entre máximos de 27.9°C en verano y mínimos de 13.3 °C en invierno (figura 4).

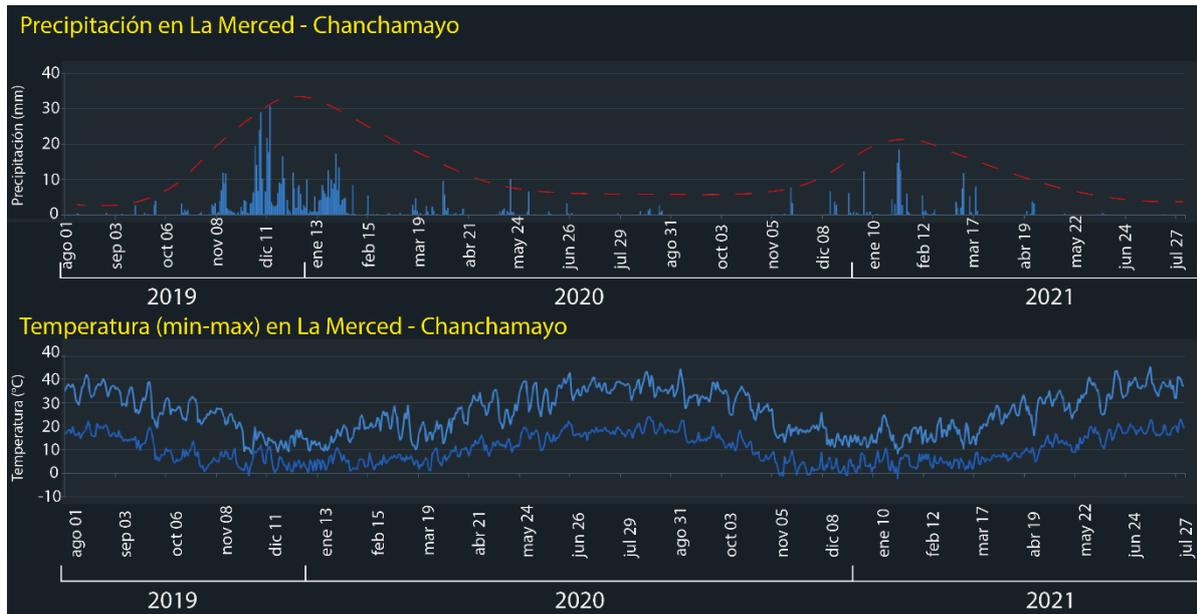


Figura 4. Precipitaciones y temperaturas diarias en mm, distribuidas a lo largo del último periodo 2019-2021 en los sectores de estudio. Fuente: <https://eos.com/crop-monitoring/weather-history/field/7250174>.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico, se desarrolló en base al mapa del cuadrángulo de La Merced, hoja 23m, elaborado por Monge et al., (1996) a escala 1/100 000.

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran al oeste de la ciudad de La Merced corresponden a conglomerados de la Formación La Merced, dispuestos en los sectores de María Pía, Potoque, Abanico y San Carlos, sobre la cual se disponen depósitos coluvio-deluviales y sobre todo proluviales. Mientras que en los sectores Alto Capelo y La Cruz se observa predominantemente cobertura coluvio-deluvial, sobre el mismo substrato rocoso (Ver Mapa 1). En la margen izquierda del río Chanchamayo se observan Tonalitas del intrusivo Tarma.

2.1.1. Formación La Merced (NQ-Im)

La Formación La Merced es una secuencia conglomerádica del tipo piedemonte, conformada por conglomerados polimícticos, cuyos litoclastos corresponden a calizas, granitos, areniscas, andesitas y metamorfitas, cuya fraccionometría varía entre 0.05 m± 1.0 m, presentando bordura subredondeada y se encuentran envueltos en una matriz limoarenosa con cemento arcilloso o calcáreo. Entre la secuencia conglomerádica se reconocen estratos de areniscas de grano grueso y lodolitas de color gris (Monge et al., 1996).

Esta Formación se observa en todos los sectores de estudio (figura 5), cuya la roca se encuentra altamente meteorizada, generando suelos coluvio-deluviales que cubren las laderas de los cerros Alto Capelo y La Cruz; el resto de material detrítico es erosionado y

arrastrado por las corrientes temporales de las quebradas María Pía, Potoque y Abanico que conforma depósitos proluviales.

2.1.2. Granodioritas Tarma

Este intrusivo está conformado por granodioritas, color claro de grano grueso de cuarzo, plagioclasas y feldespatos en menor proporción, la biotita y homblenda están distribuidas uniformemente (Monge et al., 1996).

Localmente este intrusivo se observa en la margen derecha del río Chanchamayo.



Figura 5. Conglomerados de la Formación La Merced, aflorantes al oeste de la ciudad “La Merced”.

2.1.3. Depósitos coluvio-deluviales (Qh-cd)

Son depósitos formados por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial (material con poco transporte), estos se encuentran entreverados y no es posible diferenciarlos uno de otro (Vílchez et al., 2019).

Localmente estos depósitos cubren los conglomerados de la Formación La Merced en las laderas de los cerros Alto Capelo y La Cruz; constituido por cantos y bloques de conglomerados subredondeados a redondeados, envueltos en una matriz limo-arenosa, saturada y suelta altamente susceptible a procesos de erosión.



Figura 6. Depósitos coluvio-deluviales en las laderas de la quebrada María Pía.



Figura 7. Depósitos coluvio-deluviales adosados a la ladera este del cerro Alto Capelo.

2.1.4. Depósito proluvial (Qh-pl)

Son depósitos inconsolidados que han sido acumulados por la combinación de procesos aluvionales y fluviales. Litológicamente compuestos por gravas, arenas y limos, donde los clastos son subredondeados a redondeados.

Localmente estos depósitos se observan en las quebradas Abanico, Potoque, María Pía, quebrada del Carmen y San Carlos; conformadas por clastos redondeados mayoritariamente de andesitas y granitos. Son evidencias de flujos de detritos Depósito aluvial (Qh-al).

Está conformado por gravas y conglomerados polimicticos mal clasificados, en una matriz arcillo-arenosa, se emplaza en las márgenes del río Chanchamayo conformando terrazas, además se encuentran poco consolidados a sueltos y son altamente susceptibles a procesos de erosión.

2.1.5. Depósitos fluviales (Qh-fl)

Está conformado por conglomerados redondeados de granodioritas, areniscas y calizas en una matriz de arena, estos depósitos se observan en las márgenes del río Chanchamayo.



Figura 8. Presenta la unidad de granodioritas Tarma en la margen derecha del río Chanchamayo, así como los depósitos fluviales en el río.



Figura 9. Depósitos proluviales en la quebrada María Pía, evidencias de flujos de detritos.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

La pendiente, es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de los mismos.

En la ladera sureste del cerro La Cruz: predominan pendientes muy fuertes o escarpadas (25° - 45°), con una cima redondeada de pendiente suave (5°). Ver figura 10.



Figura 10. Se observa la pendiente promedio de la ladera sureste del sector Cerro La Cruz,

En el sector Cerro Alto Capelo predominan laderas de pendientes muy escarpadas ($>45^\circ$), ver figura 11.



Figura 11. Se observa la pendiente promedio de la ladera sureste del sector Cerro Alto Capelo,

En los sectores San Carlos, María Pía, Potoque y Abanico, donde se ubican las quebradas del mismo nombre; se observan a lo largo de sus cauces pendientes muy fuertes del orden de 30° , y en sus desembocaduras en la ciudad de La Merced, cambian a terrenos con pendientes fuertes (20°).

Las laderas de las quebradas presentan pendientes muy escarpadas (85°), que favorece los procesos de erosión y el incremento de material detrítico a los cauces, que suele ser socavado por aguas de escorrentía superficial, generando flujo de detritos (huaicos).



Figura 12. Se observa las pendientes promedio en la quebrada María Pía.

3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (mapa 3), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual; en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019).

3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Están representadas por las formas de terreno resultados del efecto progresivo de procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

3.2.1.1. Unidad de montañas

Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local; según el tipo de roca que las conforma y los procesos que han originado su forma actual, se diferencia la siguiente subunidad:

Subunidad de montañas en rocas sedimentaria (RM-rs): Relieve modelado en afloramientos sedimentarios de la Formación La Merced, conformado por intercalaciones de conglomerados y capas delgadas de areniscas y lutitas.

Las montañas cubren gran parte de la zona de estudio, en la margen izquierda del río Chanchamayo, se hallan disectados por los cauces de las quebradas: Del Carmen, Toro, María Pía, Abanico, Potoque y San Carlos. Las laderas de estas montañas tienen pendientes escarpadas a muy escarpadas de 35° a 80° y poseen cimas subredondeadas (figura 13).

Geodinamicamente se encuentran asociados a movimientos en masa de tipo derrumbes y deslizamientos, y son fácilmente erosionables aportando material detrítico para flujos de detritos ante precipitaciones constantes y excepcionales (ver figura 14).

Subunidad de montañas en rocas intrusiva (RM-ri): Relieve modelado en afloramientos intrusivos conformados por Granodiorita de la Unidad Tarma.

Se ubican en la margen derecha del río Chanchamayo y poseen cimas subredondeadas (figura 14).



Figura 13. Montañas en roca sedimentaria (RM-rs) disectada por la quebrada Abanico.

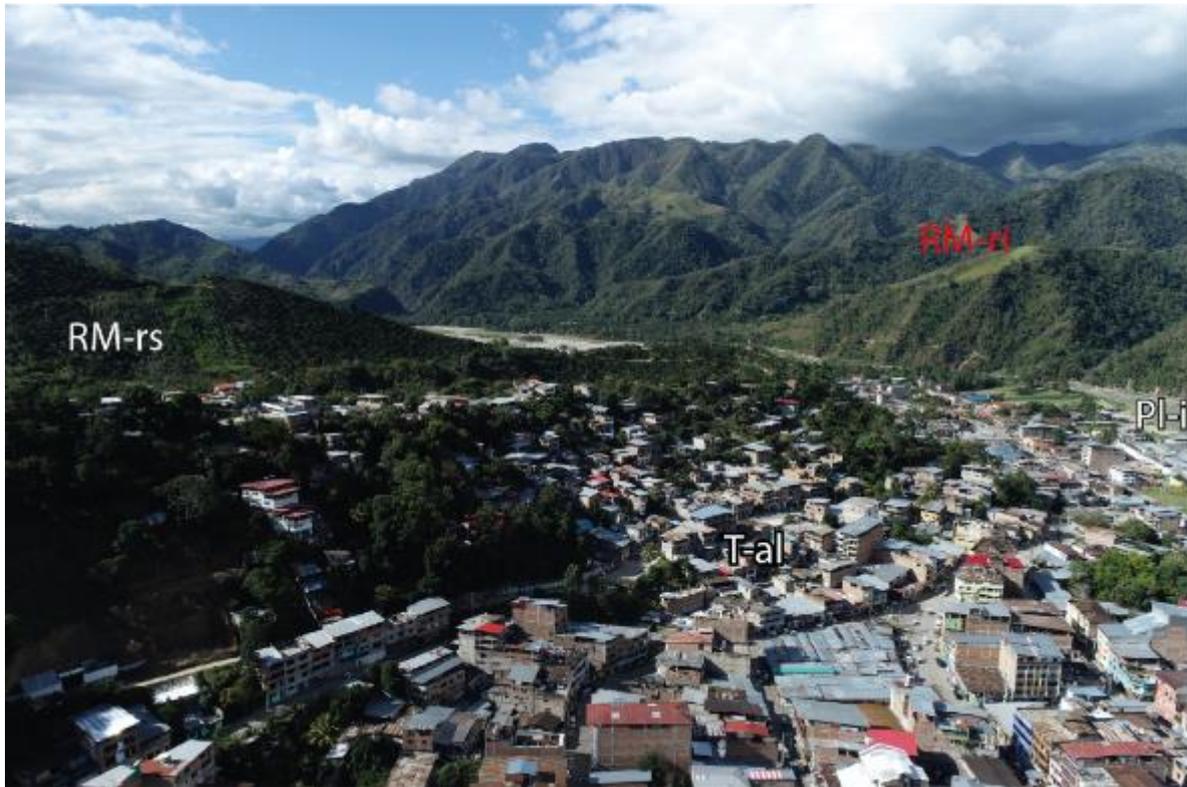


Figura 14. Montañas en roca sedimentaria (RM-rs) y en roca intrusiva (RM-ri).

3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores, aquí se tienen:

3.2.2.1. Unidad de pie de monte

Subunidad de vertiente con depósito coluvio - deluvial (V-cd): Son vertientes formadas por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial, que por su complicada interestratificación hacen muy difícil dividir uno del otro (Vílchez et al., 2019).

Se encuentra adosado a las laderas de montañas modeladas en roca sedimentaria en la margen izquierda del río Chanchamayo; presenta pendientes que varían de 15° a 45° y están conformados por depósitos detríticos inconsolidados de fácil erosión (figura 15).

3.2.2.2. Subunidad de Planicie

Subunidad de Terraza aluvial (T-al): Corresponde a los niveles más antiguos de terrazas aluviales localizadas a cierta distancia y por encima del curso actual de los ríos. Geodinámicamente, esta subunidad se encuentra asociada a procesos de erosión fluvial, cuando el río recupera cursos fluviales antiguos (Vílchez et al., 2019).

Esta subunidad, se observa en ambos márgenes del río Chanchamayo, tiene una altura de 5 m, aproximadamente, su pendiente es suave (1°-5°). Está conformado por depósitos de gravas redondeadas a subredondeadas envueltas en una matriz limo-arenosa y sobre ella se sitúa la ciudad de La Merced (figura 16).

3.2.2.3. Subunidad de Planicie inundable

Subunidad de llanura o planicie inundable (PI-i): Son superficies bajas, con pendientes suaves adyacentes a los fondos de valles principales y el mismo curso fluvial, sujetas a inundaciones recurrentes, ya sean estacionales o excepcionales en máximas avenidas, provocando que, en los terrenos aledaños a los cauces de los ríos, se formen cauces abandonados, esta subunidad se observa en las margen del río Chanchamayo, donde se distinguen terrenos planos compuestos de materiales no consolidados (gravas y arenas), altamente erosionables.



Figura 15. Vertiente coluvio-deluvial, que cubre a la Formación La Merced, en los sectores Cerro Alto Capelo y La Cruz.



Figura 16. Se observan la terraza aluvial y planicie inundable en la margen izquierda del río Chanchamayo.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en los sectores evaluados, corresponden a movimientos en masa de tipo flujo de detritos y derrumbes.

La caracterización de los peligros geológicos en los seis sectores de inspección, que se detallaran a continuación se realizan en base a la información obtenida de trabajos en campo; donde se clasificaron los tipos de movimientos en masa, basados en la observación, descripción litológica y morfométrica in situ de los mismos. Posteriormente esta información se corrigió en gabinete con datos de campo como puntos GPS, medidas con distanciómetro, fotografías a nivel de terreno y fotografías aéreas con dron.

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Cerro La Cruz

El sector Cerro La Cruz, se caracteriza por presentar laderas de pendientes muy escarpadas ($>45^\circ$), donde depósitos coluvio-deluviales conformados por bloques redondeados a subredondeados de diámetros entre 0.5 a 20 cm envueltos en matriz limo-arcillosa, cubren conglomerados de la Formación La Merced.

Sobre el depósito cuaternario se observa abundante vegetación (árboles y arbustos nativos de la zona) que favorecen la estabilidad de la ladera, sin embargo, el crecimiento poblacional, induce la deforestación, excavación y corte de ladera, generando derrumbes a lo largo de la vía de acceso al Mirador Cerro La Cruz (figura 18 y 19).

Se han identificado múltiples derrumbes a lo largo de la vía de acceso al Mirador Cerro La Cruz, con alturas de hasta 5 metros y distancia de avance de alrededor de 2 m, (ver mapa 4 – anexo 1). En muchos casos, estos derrumbes han generado la obstrucción de canales de drenaje de escorrentía superficial (figura 17), lo que a su vez ha obstruido el cauce de las aguas pluviales que fluyen directamente por la ladera infiltrándose y generando deslizamientos pequeños en épocas de lluvia (noviembre a marzo), lo cual se aprecia en los desplazamientos paulatinos de hasta 10 cm en el asfalto a favor de la pendiente (figura 20).



Figura 17. Se observan derrumbes en la ladera del Cerro La Cruz, que obstruyen drenes de escorrentía superficial



Figura 18. Excavación de la ladera del Cerro La Cruz, lo que favorece su inestabilidad



Figura 19. Procesos de deforestación en la ladera del Cerro La Cruz, para la edificación de viviendas precarias.



Figura 20. Agrietamientos y desplazamientos horizontales a favor de la pendiente en la ladera del Cerro La Cruz.

4.2 Sector Cerro Alto Capelo

El sector Cerro Alto Capelo, conforma una montaña modelada en roca sedimentaria de conglomerados de La Formación La Merced, cubiertos por depósitos coluvio-deluviales,

La pendiente de la ladera sureste es muy escarpada ($>45^\circ$), y en ella se ubican viviendas precarias, cuya construcción motivó la deforestación y sobreexcavación de la ladera, favoreciendo la infiltración de aguas de lluvias que erosionan el depósito cuaternario generando una mezcla de líquido y sólido (flujo No Newtoniano) que desciende por la pendiente en épocas de avenida, de esta manera se ha vuelto común la generación de flujo de detritos (huaicos) en este sector, producto de precipitaciones pluviales, intensas y/o prolongadas entre los meses de diciembre y marzo.

Este proceso ocurrió el 21 de febrero de 2021, a 17:30 horas, ante las constantes precipitaciones pluviales, generando así 03 flujos de detritos (huaicos) que afectaron a las viviendas en Alto Capelo, y parte de la ciudad de La Merced, denominado sector Capelo, a continuación, se describen las características y el modelo de flujo de detritos (huaicos).

Datos de los sensores remotos del servicio aWhere <https://eos.com/crop-monitoring/weather-history/field/7250174>, registran precipitaciones pluviales con picos de 20.94 mm del 20 al 21 de febrero (figura 21 , figura 22), cuya distribución de las lluvias saturaron el terreno, erosionando material detrítico y generaron caudales de escorrentía (avenidas)

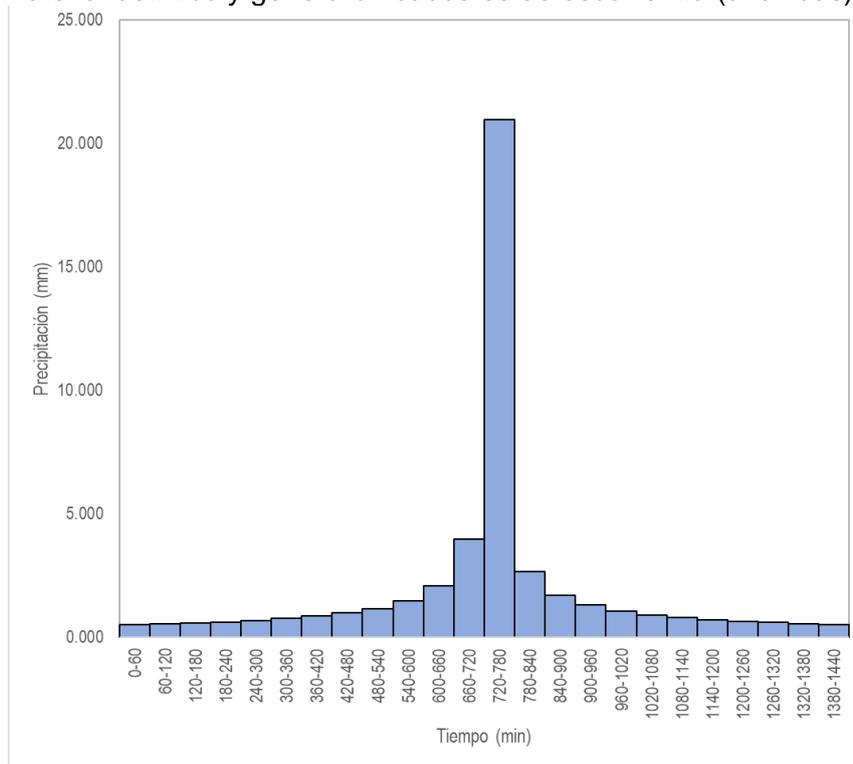


Figura 21. Histograma de precipitaciones obtenido a partir de datos de sensores remotos del servicio aWhere, para el 21 de febrero del 2021.

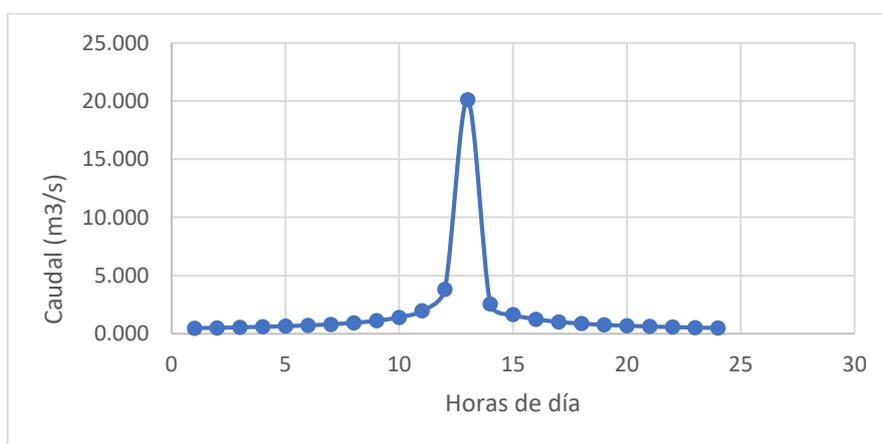


Figura 22. Hidrograma de caudales, para la ocurrencia de flujo de detritos en el sector Alto Capelo.

A continuación, se presenta las características de flujos de detritos ocurridos el 21 de febrero del 2021, según dos simulaciones numéricas

Flujo de detritos 1:

- La zona de arranque de este flujo, se encuentra en las coordenadas UTM WGS 84, 18 s: X:463016; Y:8777939; Z:906 m s.n.m. en la ladera sureste del Cerro Alto Capelo (figura 21).
- La zona de arranque presenta 35 m de ancho.
- Según el modelo numérico de simulación, el flujo se mantuvo entre 0.5 a 1.5 m.
- La velocidad de flujo llegó a máximos de 13 m/s, al descender por la ladera del cerro Capelo, debido a la pendiente pronunciada ($>45^\circ$), para disminuir gradualmente a máximos de 2 m/s en las calles de la ciudad de La Merced (figura 25).
- El flujo de detritos ocasionó daños materiales en vehículos estacionados, y viviendas precarias ubicadas en la parte alta de la ladera.
- El flujo descendió del Cerro Alto Capelo y se canalizo por las calles “Las Palmeras y Las Acacias”, llegando hasta la Av. Circunvalación, desde donde descendió como un flujo laminar, hacia el río Garou (extensión de la quebrada Del Carmen).



Figura 23. Zona de arranque del flujo de Detritos 1, en el Cerro Alto Capelo coordenadas UTM WGS 84, 18 s: X:463016; Y:8777939; Z:906 m s.n.m.

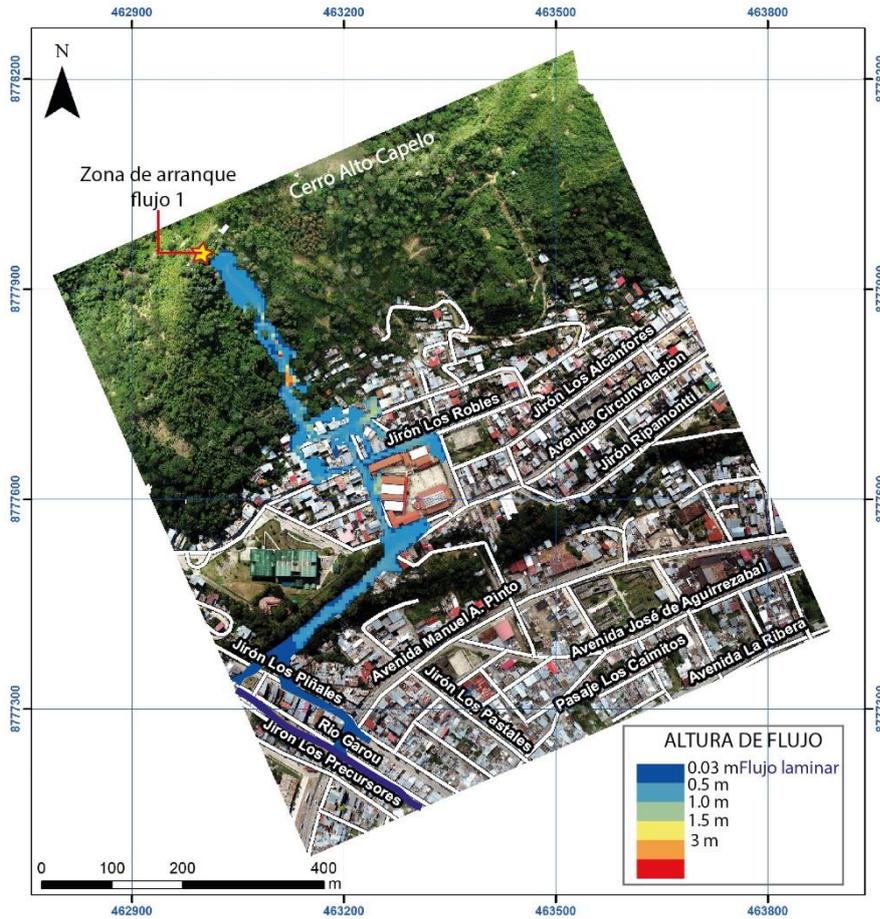


Figura 24. Tirantes máximos para el flujo número 1 en el sector Alto Capelo.

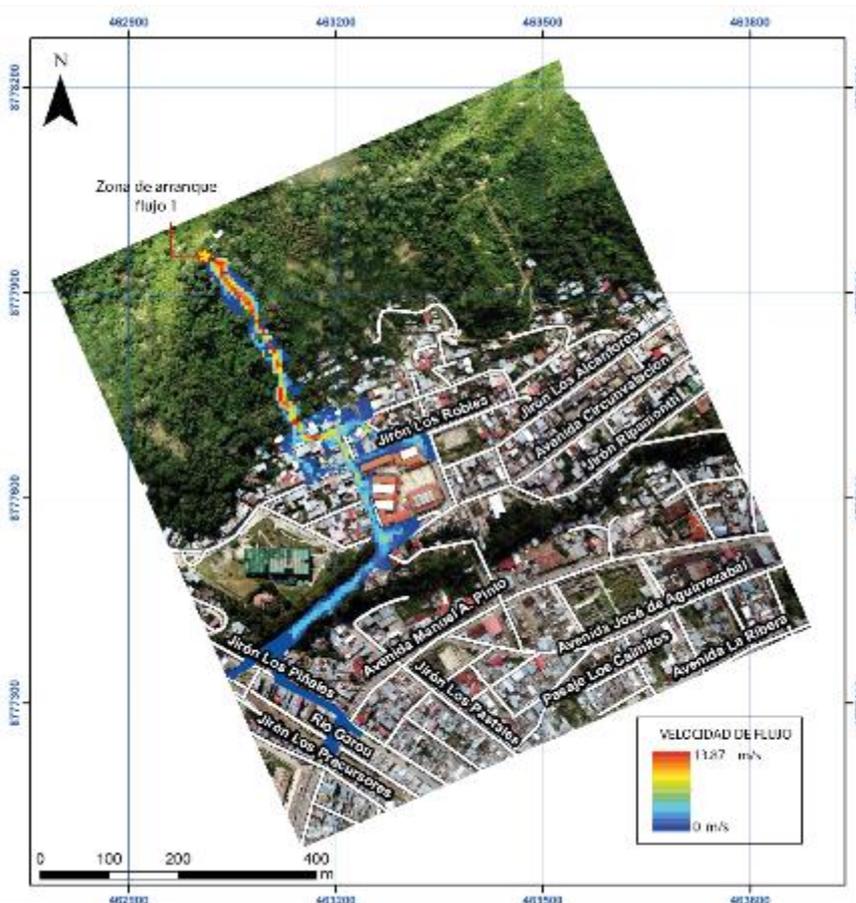


Figura 25. Velocidades máximas para el flujo número 1 en el sector Alto Capelo.

Flujo de detritos 2:

- Para ese flujo de detritos se consideran dos zonas de arranque, ubicados en las coordenadas: UTM WGS 84, 18 s: X:463161; Y:8777920; Z:830 m s.n.m y UTM WGS 84, 18 s: X:463174; Y:8778020; Z:879.
- Las zonas de arranque presentan anchos de 20 y 24 m respectivamente (figura 26)
- Según el modelo numérico de simulación, el flujo se mantuvo entre 0.5 a 2 m, llegando excepcionalmente a máximos de 5 metros en zonas de represamiento, como canchas deportivas y pequeños parques (figura 27), en la ciudad de La merced.
- La velocidad de flujo llegó a máximos de 15 m/s, al descender por la ladera del cerro Capelo, posteriormente paso a máximos de 1 m/s en las calles de la ciudad de La Merced (figura 28).
- El flujo de detritos ocasionó daños materiales a vehículos estacionados, y viviendas precarias del sector Capelo, este se desplazó desde el Cerro Alto Capelo y se canalizó por las calles “Los Robles”, “Circunvalación”, “Ripamontti” y “Manuel A. Pinto”, para finalmente disiparse de manera laminar por el río Garou (extensión de la quebrada del Carmen).
- El flujo de detritos dejó canales de erosión en el cerro Alto Capelo de aproximadamente 1.7 m (figura 29).
- Además de las precipitaciones pluviales, se considera como desencadenante la ruptura de tuberías de agua ubicados en la parte alta del Cerro Capelo, actualmente reparadas y cambiadas (figura 30)



Figura 26. Zonas de arranque del flujo de detritos número 2, en el sector Alto Capelo.

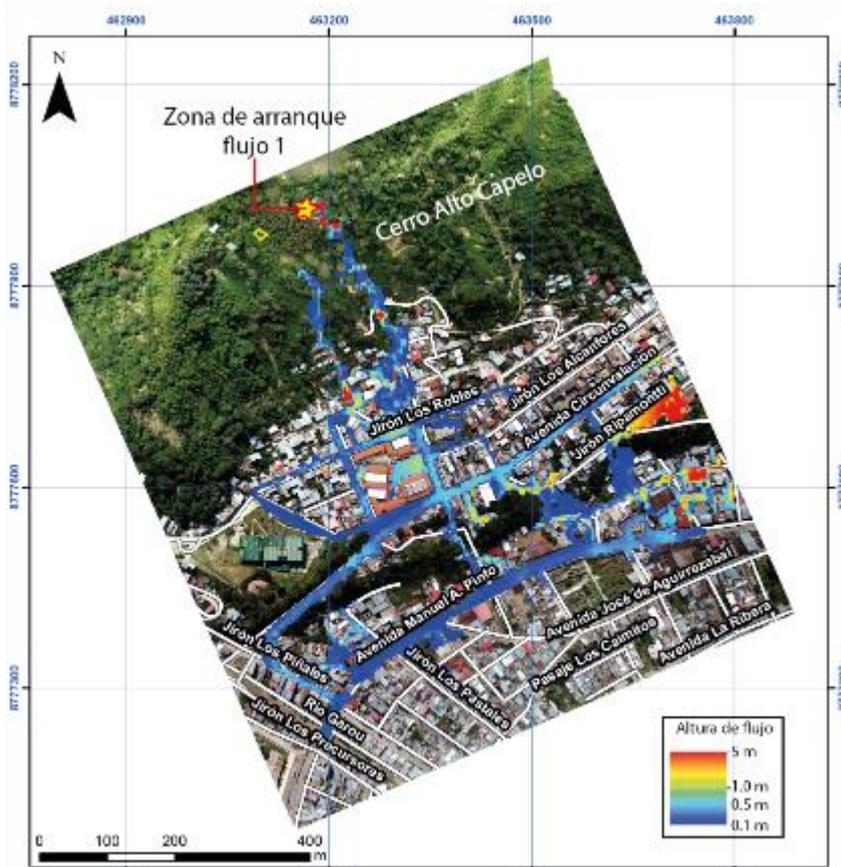


Figura 27. Tirantes máximos para el flujo número 2 en el sector Alto Capelo.

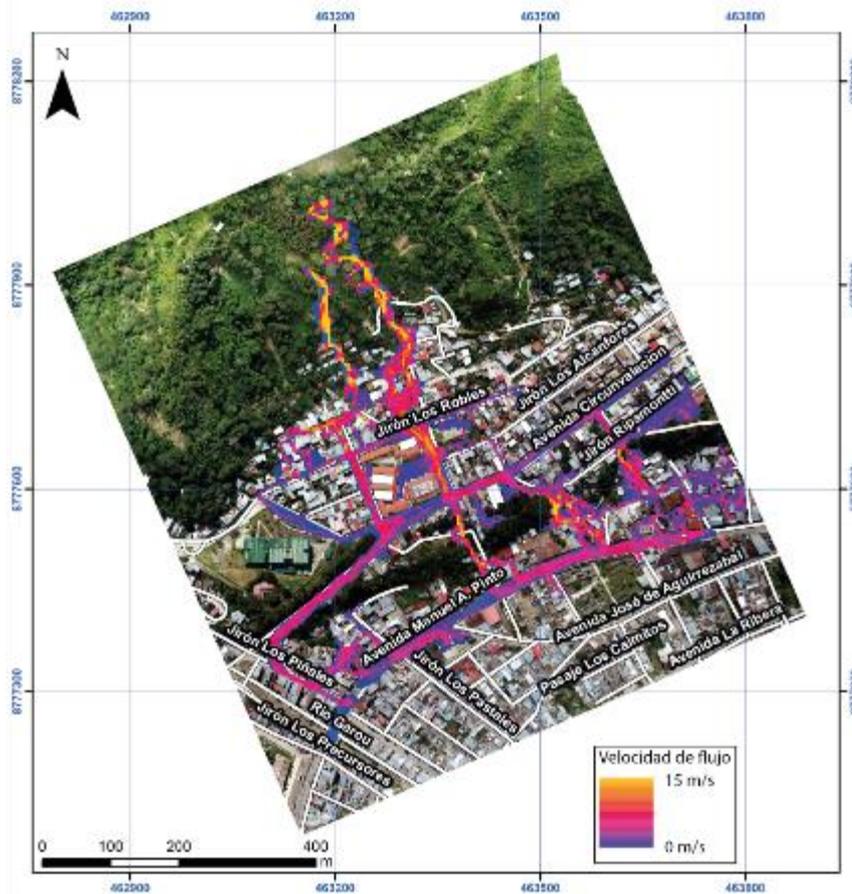


Figura 28. Velocidades máximas para el flujo número 2 en el sector Alto Capelo.



Figura 29. Canales generados por el flujo número 2 en el Cerro Alto capelo.



Figura 30. Tuberías que aportaron a la escorrentía superficial, por ruptura.

4.3. Sector San Carlos

El sector San Carlos, forma parte de una montaña modelada en roca sedimentaria (Formación La Merced), cubierta por depósitos coluvio-deluviales, donde predomina la plantación de especies frutales (figura 31).

A las 17:30 horas del 21 de febrero del 2021, se produjo un flujo de detritos (huaico), que descendió desde los 815 m s.n.m. y se canalizó por una pequeña quebrada, que desemboca en la calle “24 de septiembre” (ciudad La Merced), la inexistencia de canales de agua, hicieron que el flujo se disperse por las calles Av. José de San Martín, María Parado de Bellido y Fray Jerónimo Jiménez, hasta llegar a desembocar en el río Chanchamayo a 500 m longitudinales de la zona de arranque) (figura 32).



Figura 31. Zona de arranque del flujo de detritos en el sector San Carlos.



Figura 32. Flujo de detritos en el sector San Carlos.

4.2. Sectores María Pía, Potoque y Abanico

Las quebradas María Pía, Potoque y Abanico, pertenecen al sector denominado Pampa del Carmen ubicado en la margen izquierda del río Chanchamayo y derecha del río El Toro.

Son consideradas quebradas secas que se activan recurrentemente en los meses de alta y prolongada precipitación (diciembre-marzo), generando flujo de detritos (huaicos) que discurre por las calles de la Merced.

Igual que en los casos anteriores, este flujo se dio el 21 de febrero del 2021, con las siguientes características:

Quebrada María Pía:

- La Quebrada María Pía tiene una longitud aproximada de 600 m hasta su desembocadura en la ciudad de la Merced.
- Las laderas de la quebrada están conformadas por depósitos coluvio-deluviales de cantos y bloques de conglomerados redondeados, envueltos en una matriz arenosa-limosa, estos depósitos son fácilmente erosionables y debido a la pronunciada pendiente caen en el cauce de la quebrada, generando diques artificiales que son erosionados por la escorrentía superficial en épocas de lluvia, generando así flujos de detritos.
- El evento del 21 de febrero del 2021, generó daños superficiales en las viviendas ubicadas en la Av. Circunvalación. El flujo se canalizo por la calle perpendicular a las Av. Italia, Ashaninka y los Pioneros, discurriendo finalmente por el Malecón del río Chanchamayo.
- En la desembocadura de la quebrada se puede apreciar un canal de aproximadamente 2 m de ancho y 18 m de largo, que retuvo parte del material grueso (bloques de hasta 1 m de diámetro). Sin embargo, por la magnitud del evento se registró la mezcla de sólido y líquido que sobrepasó este canal, provocando inundaciones en las calles y viviendas aledañas (figura 33).



Figura 33. Zona de inundación en la desembocadura de la Quebrada María Pía, por flujo de detritos

Quebrada Potoque

- La Quebrada Potoque tiene una longitud aproximada de 350 m hasta su desembocadura en la ciudad de la Merced.
- Las laderas de la quebrada están conformadas por depósitos cuaternarios coluvio-deluviales, que caen pro gravedad y aportan de materia detrítico al cauce, además de ello, se evidencio la presencia de basura y desechos.
- El evento del 21 de febrero del 2021, generó daños superficiales en las viviendas ubicadas en la av. Circunvalación, hasta disiparse al río Chanchamayo (figura 34).



Figura 34. Zona de inundación en la desembocadura de la Quebrada Potoque, por flujo de detritos

Quebrada Abanico

- La Quebrada Abanico tiene una longitud aproximada de 450 m hasta su desembocadura en la ciudad de la Merced.
- Las laderas de la quebrada están conformadas por depósitos cuaternarios coluvio-deluviales, que aportan material detrítico al cauce.
- Las lluvias del 21 de febrero del 2021, desencadenó un flujo de detritos que llegó hasta la Av, circunvalación de la ciudad de La Merced (figura 35), canalizado por la Av. Ricardo palma, finalmente se disipó hacia el río Chanchamayo.



Figura 35. Zona de inundación en la desembocadura de la Quebrada Abanico, por flujo de detritos

4.3. Factores condicionantes

Factor litológico

- Substrato rocoso de conglomerados de la Formación La Merced, altamente susceptibles a procesos de erosión y generación de suelos coluvio-deluvial, que cubren las laderas de las montañas.
- Presencia de suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales), adosados a las laderas de los Cerros de Alto Capelo, La Cruz y San Genaro, constituidos por materiales inconsolidados de gravas, cantos y bloques de formas redondeadas con diámetros que varían de 0.5 a 1 m, inmersos en una matriz limo-arcillosa poco saturada, son de fácil erosión y remoción ante precipitaciones pluviales intensas y/o prolongadas.

Factor geomorfológico

- Pendientes de laderas de montaña muy escarpadas ($>45^\circ$), favorece el movimiento ladera abajo de la mezcla de material sólido y líquido (huaico), y la ganancia de velocidad, lo que a su vez favorece el poder erosivo del flujo y la capacidad de adicionar material durante su recorrido.

Factor climático

- Presencia de aguas de escorrentía sobre las laderas en los sectores Alto Capelo y Cerro La Cruz, provenientes de lluvias, incrementan la presión intersticial de poros, favoreciendo la inestabilidad de la ladera.

Factor antrópico

- Uso de métodos inapropiados para el riego de cultivos (por gravedad) en los sectores Cerro La Cruz y Alto Capelo, producen la excedencia de agua, provocando la saturación de los suelos y favorecen su inestabilidad.
- Cortes de talud y excavaciones en laderas para la construcción de viviendas en los sectores Cerro La Cruz y Alto Capelo (figura 35).
- Acumulación y disposición ilegal de residuos sólidos en las quebradas María Pía, Abanico y Potoque, restringen el cauce e incrementan la cantidad de material sólido, susceptible a ser erosionado en épocas de lluvia.

4.4. Factores desencadenantes

- Según datos de estaciones hidrométricas, nos evidencian lluvias prolongadas del mes de febrero 2021, donde los picos máximos el 21 de febrero del 2021 llegaron a 20.94 mm.



Figura 36. Muestra la excavación de la ladera para la construcción de viviendas, y como posteriormente, los depósitos coluvio-deluviales vuelven a cubrir las edificaciones, debido a la inestabilidad de la ladera en el sector Cerro La Cruz.

4.5. Daños registrados en los sectores evaluados

Sector Alto Capelo:

- Quince viviendas precarias afectadas (construidas sobre pilotes de madera), siete ubicadas en la parte alta del Cerro Alto Capelo (figura 36) y ocho en la parte baja de Capelo (Ciudad de La merced); donde se observan daños superficiales en fachadas y la destrucción de completa de una vivienda de un piso, que se encontraba en el curso del flujo (figura 38 y 39)
- Calles y vías de la Merced, especialmente la Av. Circunvalación, se llenaron de escombros de palizada y material detrítico, según el informe del INDECI la Compañía de Intervención Rápida para Desastres – CIRD, se encargó de la limpieza de estos.



Figura 37. Viviendas precarias afectadas por el flujo de detritos en el sector Alto Capelo.



Figura 38. Muestra el recorrido del flujo de detritos en el sector Alto Capelo, y en líneas rojas entrecortadas muestra la ubicación de la vivienda destruida.

Fuente: Área de defensa civil de la municipalidad provincial de Chanchamayo (22-02-2021).



Figura 39. Muestra la desembocadura del flujo de detritos en la ciudad de La Merced (zona denominada Capelo) y la ubicación de la vivienda colapsada

Sector San Carlos

Las calles y viviendas con mayor afectación en sus fachadas fueron las ubicadas en “24 de septiembre”, “Av. José de San Martín”, “María Parado de Bellido” y “Fray Jerónimo Jiménez”, de igual manera la limpieza de los escombros detríticos lo realizó INDECI en coordinación con los propietarios de viviendas.

Sectores Quebrada. María Pía, Abanico y Potoque

Los mayores daños se registraron en las fachadas de las viviendas ubicadas en Av. Circunvalación, la limpieza de los escombros detríticos lo realizó INDECI en coordinación con los propietarios de viviendas (figura 40)

Sector Cerro La cruz

Obstrucción de canales de escorrentía y pilotes de madera de viviendas construidas precariamente en las laderas del cerro (figura 41).



Figura 40. Escombros detríticos en la desembocadura de la quebrada María Pía.
Fuente: Área de defensa civil de la municipalidad provincial de Chanchamayo (22-02-2021).



Figura 41. Viviendas precarias y de material noble construidas en la ladera del cerro La Cruz.

5. CONCLUSIONES

1. Las viviendas en los sectores Alto Capelo y Cerro La cruz se encuentran asentadas sobre depósitos coluvio-deluviales medianamente consolidados a sueltos y saturados, originados por la acumulación de material acarreado por huaicos antiguos y derrumbes, el material está conformado por bloques subredondeados a redondeados con diámetros que varían de 0.3 a 1 m, envueltos en una matriz limo-arcillosa, fácilmente erosionable.
2. Geomorfológicamente, los sectores de evaluación se sitúan sobre montañas modeladas en rocas sedimentarias de la Formación La Merced, compuesta por conglomerados polimicticos, fracturados y altamente meteorizados, estas montañas se encuentran disectadas por los cauces de las quebradas San Carlos, María Pía, Potoque y Abanico, en cuyos cauces se observan depósitos proluviales, de bloques y cantos redondeados. La ladera de las montañas posee pendientes muy escarpadas (>45°.)
3. El 21 de febrero del 2021, se registró la activación de las quebradas San Carlos, María Pía y Potoque, que generó la ocurrencia de flujo de detritos (huaicos), los cuales descendieron, por los cauces principales hasta llegar a las calles de La Merced, De igual manera se registraron 03 zonas de arranque de flujo en el Cerro Alto Capelo, que afectaron la zona de Capelo, provocando daños a las fachadas de viviendas y el colapso de 01 vivienda.
4. En el sector de Cerro La Cruz, se evidencia inestabilidad de ladera, coadyuvados por factores antrópicas como son el corte y sobre excavación de la ladera para la edificación de viviendas, así como, la deforestación de especies nativas, estas acciones contribuyen paulatinamente a la inestabilidad de la ladera sureste del cerro, poniendo en peligro a las viviendas precarias allí asentadas.
5. La ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa en los sectores de evaluación, están condicionados por los siguientes factores:
 - Substrato rocoso compuesto por conglomerados polimicticos de la Formación La Merced, altamente meteorizado y muy fracturado lo cual permiten mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas.
 - Los suelos inconsolidados conformados por depósitos coluvio deluviales adosados a las laderas, son fácilmente erosionables y removibles ante precipitaciones pluviales intensas y/o prolongadas.
 - Las laderas que circunscriben las quebradas: María Pía, Potoque y Abanico presentan pendientes muy escarpadas (>45°), ello permite que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.
 - Acción de las aguas de escorrentía sobre las laderas de los Cerros Alto Capelo y La Cruz.
6. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, los sectores de inspección Sector San Carlos, Cerro La Cruz, Cerro Alto Capelo, quebradas María Pía, Potoque y Abanico, son considerados como **Zonas críticas** y de **Peligro Muy Alto** a la ocurrencia de flujo de detritos (huaicos) desencadenados en temporada de lluvias intensas y/o prolongadas.


Ing. HUGO DULIO GÓMEZ VELÁSQUEZ
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET

6. RECOMENDACIONES

1. Reubicar las viviendas asentadas en la ladera sureste de los cerros Alto Capelo y La Cruz. En las zonas probables de reubicación, se deben realizar estudios de evaluación de riesgos (EVAR). e implementar planes de crecimiento urbano, estas deben estar alejadas de laderas y cauces de quebradas.
2. Se debe controlar y restringir la expansión urbana, en las laderas de los Cerros Alto Capelo y La Cruz, de igual manera se deben prohibir la edificación de viviendas en zonas de quebrada y aledañas a sus márgenes.
3. Las autoridades locales y provinciales, gestionar e implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) para monitorear los huaicos que se puedan generar en las quebradas San Carlos, María Pía, Potoque y Abanico. En la implementación se debe tener en cuenta la instalación de sensores, sistemas de comunicación, alarmas, entre otros, con el objetivo de tener avisos oportunos ante la ocurrencia de huaicos, para que la población pueda tomar las precauciones y salvaguardar sus vidas.
4. Realizar monitoreo visual y constante en las laderas de los Cerros Alto Capelo y La Cruz, especialmente en épocas de alta precipitación (diciembre-marzo) ante la posible ocurrencia de flujo de detritos, que pueden ser originados por precipitaciones pluviales intensas, excepcionales y/o prolongadas.
5. En el sector Cerro La Cruz construir muros de contención y/o sostenimiento, a base de concreto, acero o gaviones (según especificaciones técnicas de estudios previos, realizados por especialistas), con la finalidad de aumentar la resistencia al corte del talud, donde se presentan derrumbes.
6. Descolmatar continuamente y encausar las quebradas San Carlos, María Pía, Potoque y Abanico, respetando el cauce natural.
7. Construir zanjas de coronación revestidas e impermeabilizadas en la parte alta de las laderas del cerro Alto Capelo y La Cruz, así como una red de drenajes que deriven el exceso de aguas a cauces naturales.
8. Reforestar las laderas de los cerros Alto Capelo y La Cruz con vegetación autóctona, que favorezca la estabilidad de los taludes.
9. Realizar charlas de sensibilización y concientización sobre peligro y riesgo a las que se encuentran expuestas las viviendas ubicadas en la desembocadura de las quebradas, San Carlos, María Pía, Potoque y Abanico, así, como las viviendas ubicadas en las laderas de los cerros La Cruz, y Alto Capelo.



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



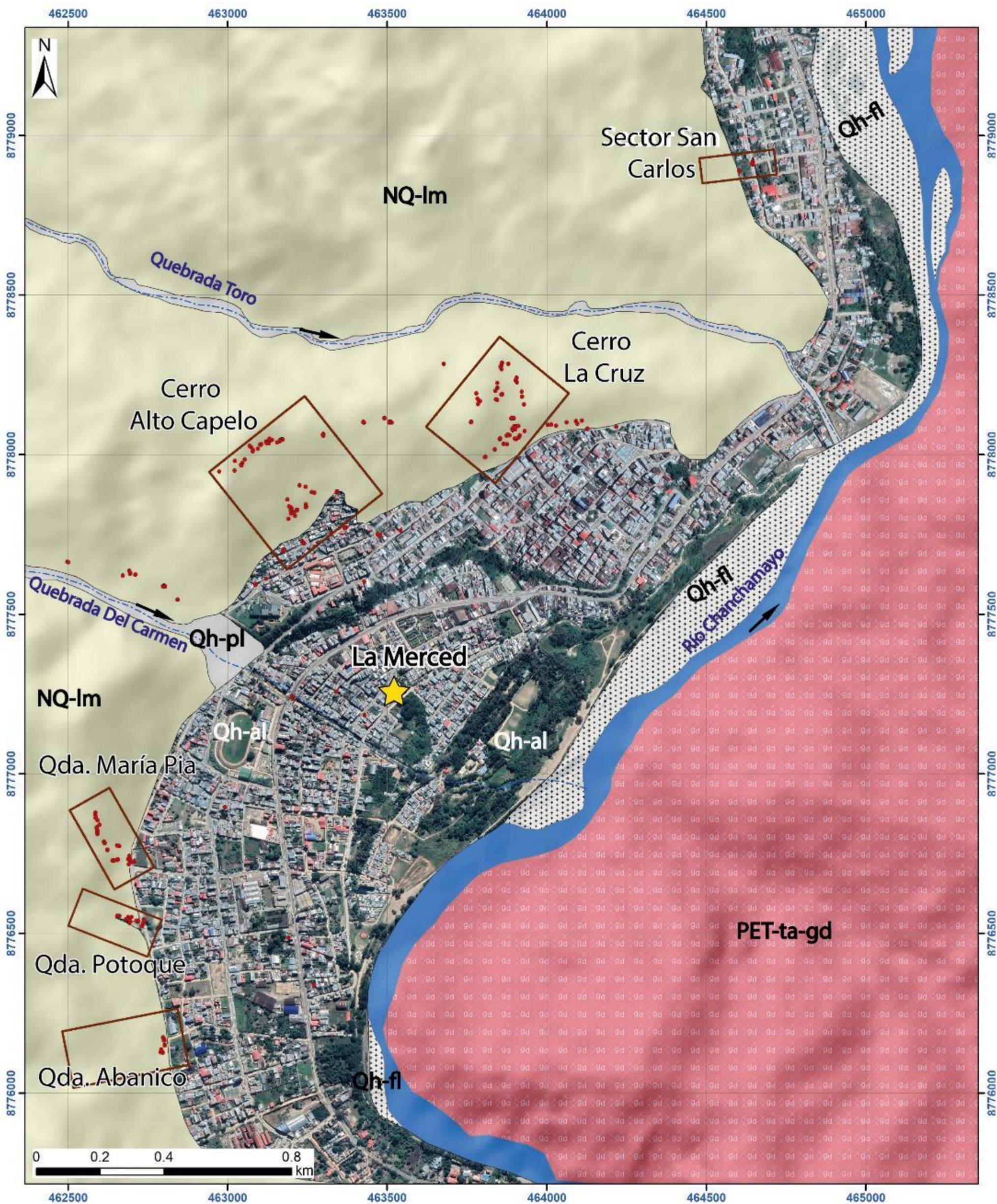
Ing. HUGO DULIO GÓMEZ VELÁSQUEZ
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET

7. BIBLIOGRAFÍA

- Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportation researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- INDECI (2021), Reporte preliminar N°618-2/2/2021/COEN-INDECI <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2021/02/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N%C2%BA-994-22FEB2021-HUAICO-EN-EL-DISTRITO-DE-LA-MERCED-JUNIN1.pdf>
- INDECI (2021), Reporte complementario N°1019 – 23/2/2021 / COEN <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2021/02/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N%C2%BA-994-22FEB2021-HUAICO-EN-EL-DISTRITO-DE-LA-MERCED-JUNIN1.pdf>
- Ingemmet (2018) - Peligros geológicos en el sector San Genaro. INGEMMET, Informe técnico A6980
- Köppen, W. (2010). (Clasificación de climas según temperatura, precipitación y ciclo estacional.). Petermanns Geogr. Mitt., 64, 193-203, 243-248
- Luque, G.; Rosado, M.; Parí, W.; Peña, F. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la región Junín. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 72,222 p., 9 mapas.
- Núñez. & Lara, J. (2019) - Peligros geológicos en las localidades de San Genaro, San Bernardo y Loma Linda. INGEMMET, Informe técnico A6822
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>.
- Leon & Monge. (1996) – Carta Geológica Nacional, “Geología de los Cuadrángulos de Chuchurras, Ulcumayo, Oxapampa y La Merced, Boletín N°78, Serie A 169 p.
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2149>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2020) “Servicio de Consulta de data meteorológica en línea” SENAMHI. -
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>
- Suárez, J. (1996) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigación sobre Erosión y Deslizamientos, 282 p
- Varnes, J. (1978) - Slope movements types and processes. In: SCHUSTER, L. & KRIZEK, J. Ed, Landslides analysis and control. Washington D.C. National Academy Press Transportation Research Board Special Report 176, p.

- Vílchez, M. & Ochoa, M. (2014) – Zonas críticas por peligros geológicos en la región Huancavelica. Informe técnico Geología Ambiental. Instituto Geológico Minero Y Metalúrgico, 55 p <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2016>.
- Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

ANEXO 1: MAPAS



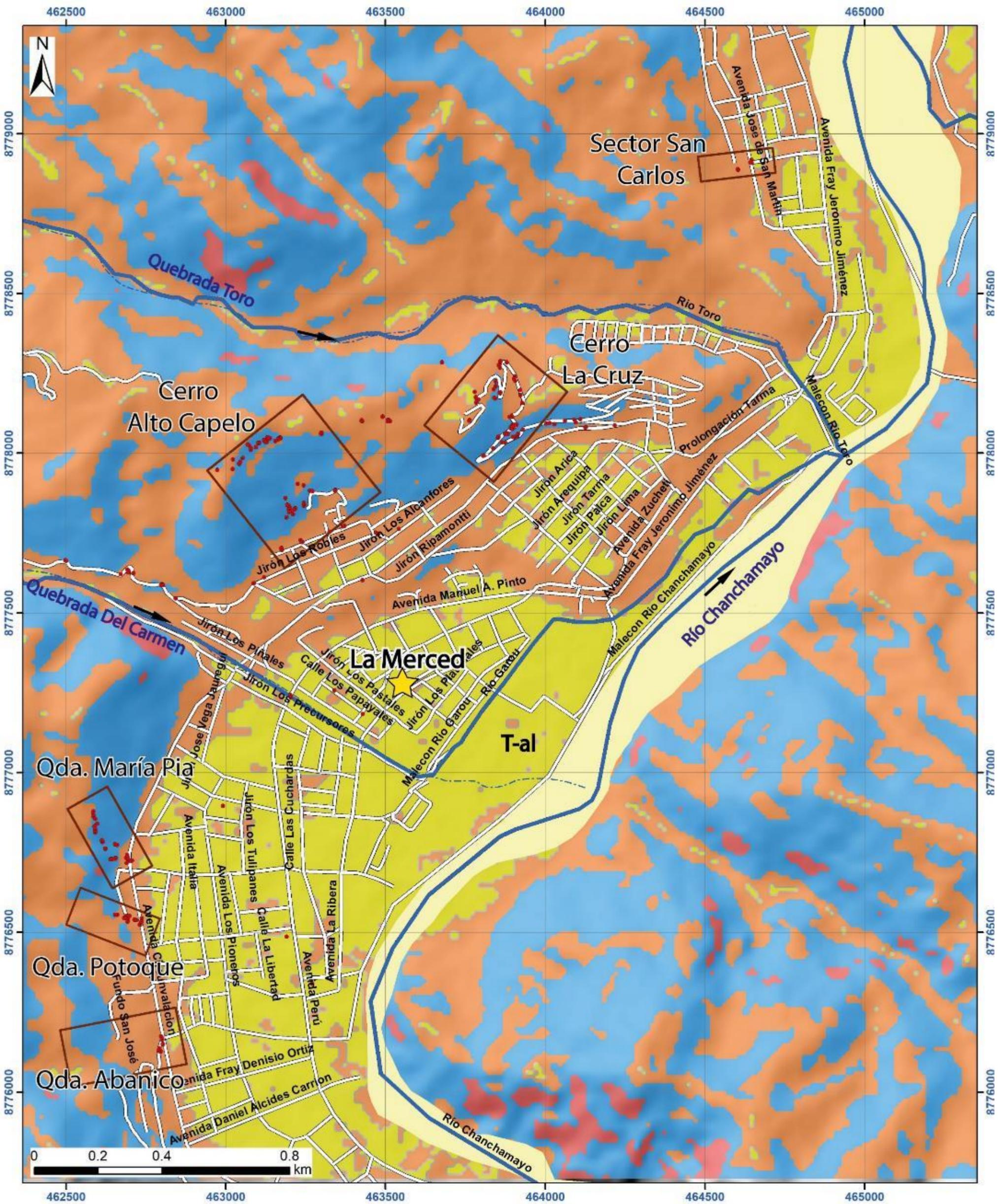
Eratema	Sistema	Unidades litoestratigráficas	Descripción
CENOZOICO	CUATERNARIO	Qh-al	Depósito aluvial Conglomerados polimicticos en margenes del rio
		Qh-pl	Depósitos proluvial Conglomerados no consolidados de quebradas
		Qh-fl	Depósito fluvial Conglomerados no consolidados
	NEOGENO	NQ-Im	Fm. La Merced Conglomerados polimicticos en matriz limoarenosa
MESOZOICO	TRIASICO	PET-ta-gd	Unidad Tarma Granodiorita
PALEOZOICO	PERMICO		

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO JUNÍN
 PROVINCIA CHANCHAMAYO
 DISTRITO CHANCHAMAYO

MAPA GEOLÓGICO LA MERCED

Escala: 1/10 500 A3 Elaborado por: G.Luna
 Proyección UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2021 Impreso: 2021

MAPA 01



LEYENDA	
Rango	Superficie Topográfica
0° - 1°	Terreno llano
1° - 5°	Terreno inclinado con pendiente suave
15° - 25°	Pendiente fuerte
25° - 45°	Pendiente muy fuerte o escarpada
>45°	terreno muy escarpado

SIMBOLÓGIA	
●	Puntos de observación
★	Ciudad de La Merced
	Sectores de inspección
~	Quebradas
~	Rios
~	Calles principales

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

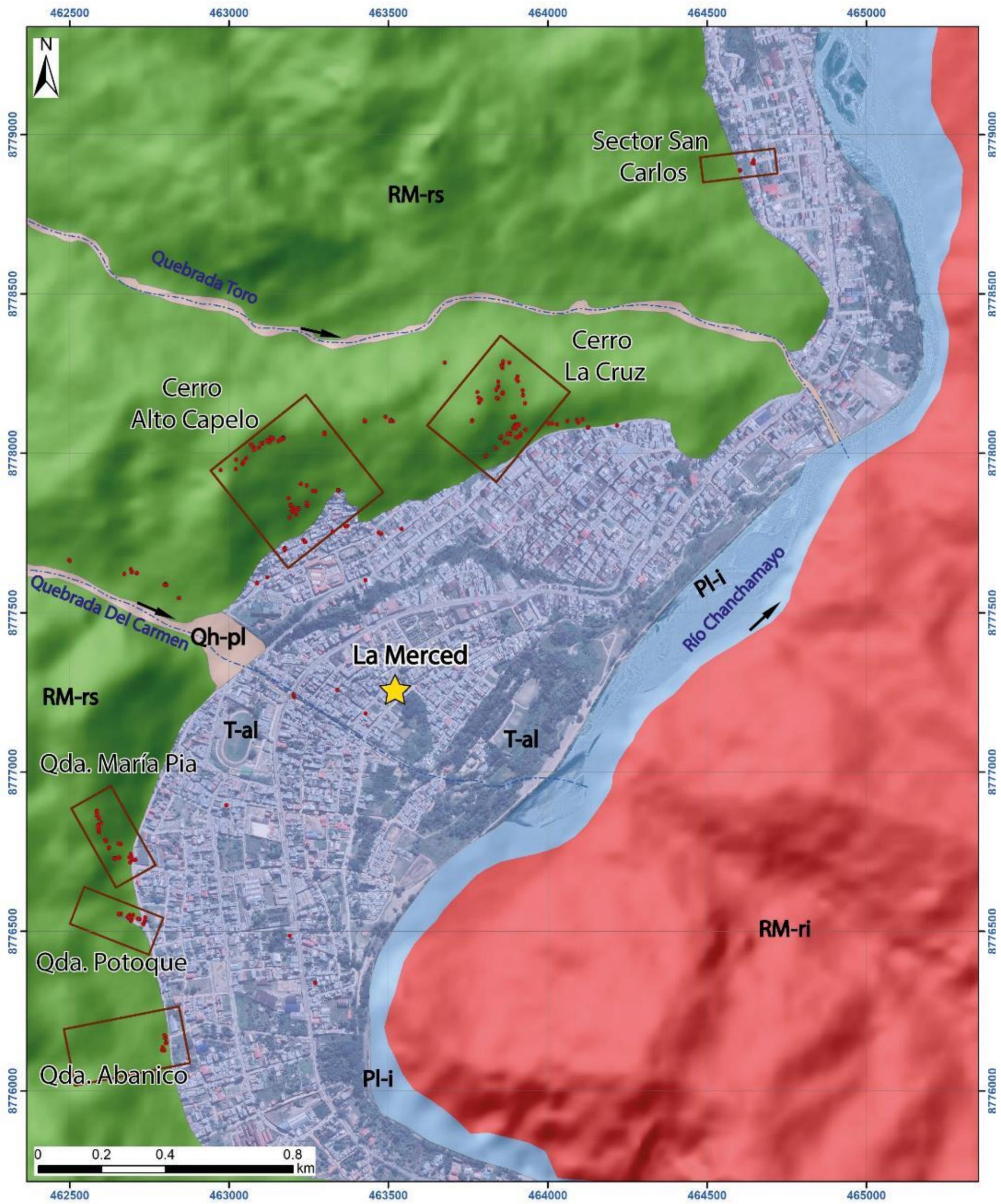
DEPARTAMENTO JUNÍN
PROVINCIA CHANCHAMAYO
DISTRITO CHANCHAMAYO

MAPA DE PENDIENTES

Escala: 1/10 500 A3 Elaborado por: G.Luna

Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84 **MAPA 02**

Versión digital 2021 Impreso: 2021



LEYENDA

UNIDAD	SUB UNIDAD	ETIQUETA	TRAMA
MONTAÑAS	Montaña en roca intrusiva	RM-ri	
	Montaña en roca sedimentaria	RM-rs	
PLANICIES	Terraza aluvial	T-al	
PLANICIES INUNDALES	Llanura o planicie inundable	PI-i	

SIMBOLOGÍA	
	Puntos de observación
	Ciudad de La Merced
	Sectores de inspección
	Quebradas
	Rios

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO JUNÍN
 PROVINCIA CHANCHAMAYO
 DISTRITO CHANCHAMAYO

MAPA GEOLÓGICO LA MERCED

Escala: 1/10 500 A3	Elaborado por: G.Luna	MAPA 03
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2021	Impreso: 2021	

463693

463817

463941

464065

8778230

8778230

8778051

8778051

877872

877872

877693

877693

877514

877514



- 1 Derrumbes de ladera que obstruyen canales de drenaje.
- 2 Inclinación de arboles producto de derrumbes.
- 3 Inclinación de arboles producto de derrumbes.
- 4 Derrumbes producto de la deforestación de laderas.
- 5 Agrietamientos en la vía de acceso con desplazamiento de 10 cm aprox.



SIMBOLÓGIA

- Puntos de observación
- ★ Ciudad de La Merced
- ▬ Calles principales
- ⊕ Mayores eventos geodinámicos

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO JUNÍN
 PROVINCIA CHANCHAMAYO
 DISTRITO CHANCHAMAYO

MAPA DE PUNTOS DE OBSERVACIÓN SECTOR CERRO LA CRUZ

Escala: 1/3000 A4 Elaborado por: G.Luna
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2021 Impreso: 2021

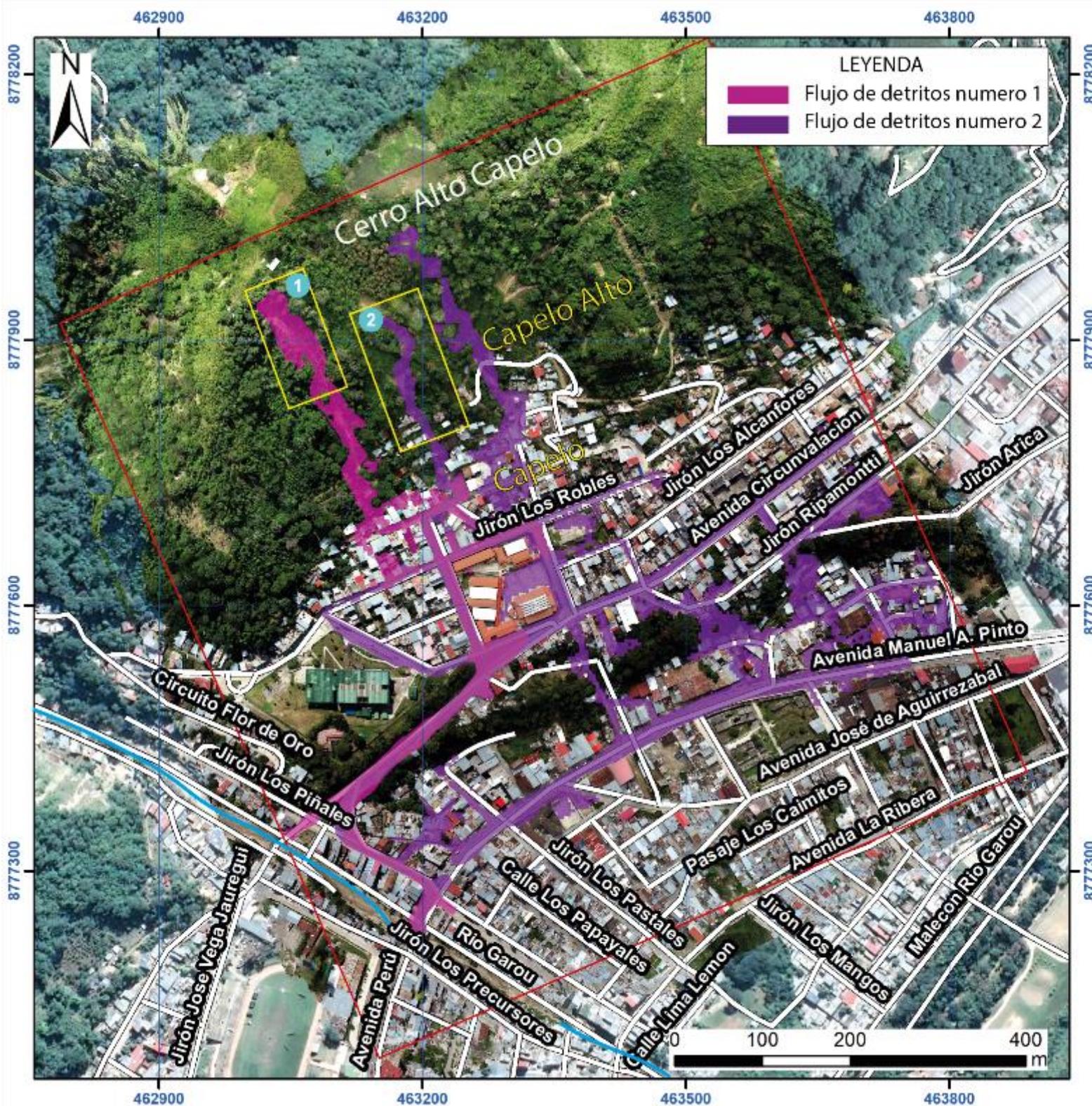
MAPA 04

463693

463817

463941

464065



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

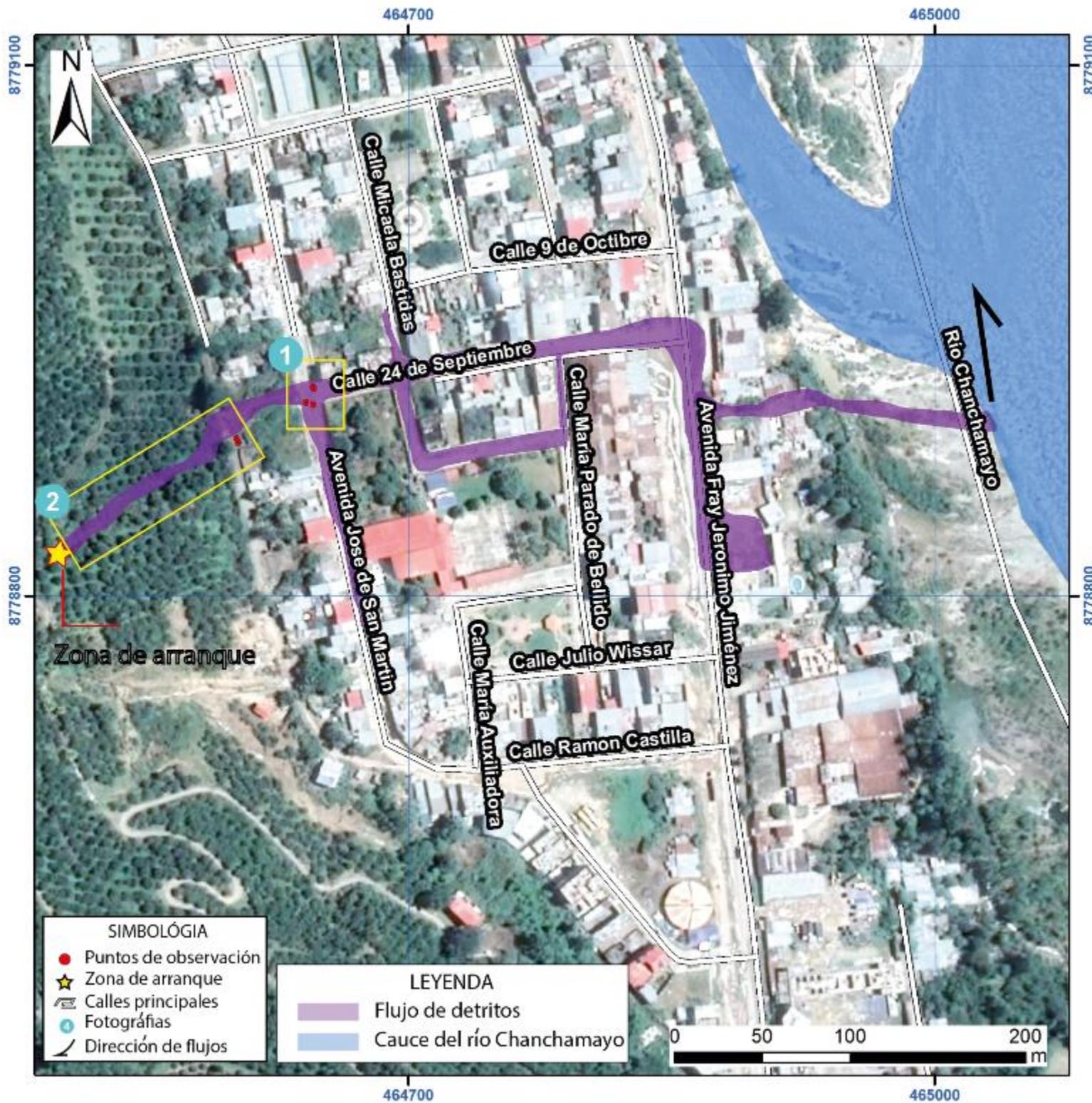
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
DEPARTAMENTO JUNÍN
PROVINCIA CHANCHAMAYO
DISTRITO CHANCHAMAYO

MAPA DE PELIGROS EN EL SECTOR ALTO CAPELO

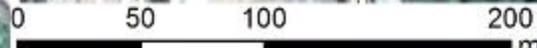
Escala: 1/600 A4	Elaborado por: G.Luna	MAPA 05
Proyección: UTM Zona 18 Sur Versión digital 2021	Datum: WGS 84 Impreso: 2021	



Zona de arranque

- SIMBOLÍA**
- Puntos de observación
 - ★ Zona de arranque
 - ▬ Calles principales
 - ⊙ Fotografías
 - ↔ Dirección de flujos

- LEYENDA**
- Flujo de detritos
 - Cauce del río Chanchamayo

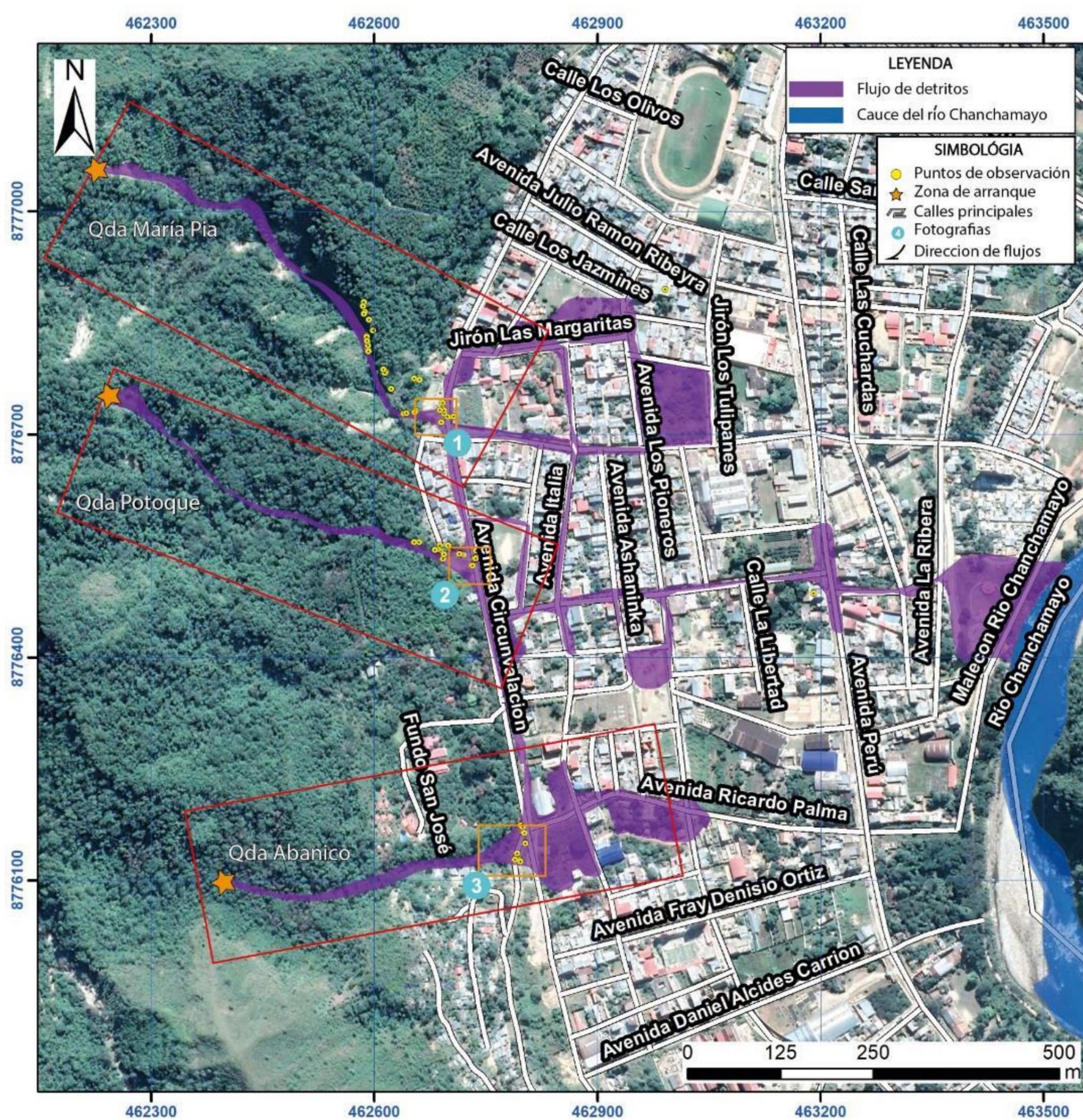


DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO JUNÍN
 PROVINCIA CHANCHAMAYO
 DISTRITO CHANCHAMAYO

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR SAN CARLOS

Escala: 1/2000 A4 Elaborado por: G.Luna
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2021 Impreso: 2021

MAPA
06



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO JUNÍN
 PROVINCIA CHANCHAMAYO
 DISTRITO CHANCHAMAYO

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS SECTORES
 MARÍA PÍA, POTOQUE Y ABANICO

Escala: 1/7000 A4	Elaborado por: G. Luna	MAPA 07
Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84	Impreso: 2021	

Versión digital 2021

8. ANEXO 2: GLOSARIO

En el presente Glosario se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007)

FLUJO DE DETRITOS (HUAICOS): Flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados no plásticos, canalizada. Se movilizan fragmentos y escombros por efecto combinado de la gravedad y el agua (fuertes precipitaciones) que ocasionan la pérdida de cohesión interna del suelo conduciéndolo de estado plástico a líquido y haciendo que se desplace y deposite en forma de abanico o mantos en la parte baja de las laderas o encauzados en quebradas. Puede alcanzar elevadas velocidades y por tanto mayor fuerza de arrastre.

DERRUMBE: Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros (figura 8). Se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.

ESCARPE: Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

AGRIETAMIENTO Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

METEORIZACIÓN: Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

A. Corrección por drenaje

Unas de las técnicas más efectivas para la estabilización de laderas y taludes es el control de las aguas superficiales y subterráneas (cuadro 8). Su objetivo es controlar el agua y sus efectos, disminuyendo las fuerzas que producen el movimiento y/o aumentando las fuerzas resistentes. El drenaje y el subdrenaje generalmente son poco costosos y muy efectivos como medidas de prevención de los movimientos

Los sistemas más comunes para el control del agua son: •

- Zanjas de coronación o canales colectores drenaje superficial).
- Subdrenes de zanja o subdrenes interceptores. •
- Subdrenes horizontales o de penetración

Tipos de obra de drenaje superficial

- a) **Canales para redireccionar el agua de escorrentía:** Se debe impedir que el agua de escorrentía se dirija hacia la zona inestable.
- b) **Zanjas de corona.** Las zanjas en la corona o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias y evitar su paso por el talud. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior del talud para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes; o en una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos activos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe.
- c) **Diques en la corona del talud.** Son diques en relleno, colocados arriba de la corona, con el objeto de desviar hacia los lados las aguas de escorrentía.
- d) **Drenes Franceses.** Son zanjas rellenas de material granular grueso que tienen por objetivo captar y conducir las aguas de escorrentía.
- e) **Trinchos o Cortacorrientes.** Consisten en diques a través del talud para desviar lateralmente, las aguas de escorrentía.
- f) **Torrenteras.** Son estructuras que recogen las aguas de los canales, diques o cortacorrientes y las conducen hacia abajo del talud. Generalmente, incluyen elementos para disipar la energía del flujo del agua.
- g) **Sellado de grietas con arcilla o mortero.** El objeto es impedir la infiltración de agua hacia el deslizamiento.
- h) **Canales colectores en Espina de Pescado.** Para disminuir la infiltración de agua en las áreas grandes arriba del talud, se construyen canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a los canales en gradería o torrenteras. Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la nuevamente la infiltración del agua.

Cuadro N° 8: Ventajas y desventajas del uso de diferentes métodos de corrección por drenaje.

Fuente: Suárez, 1996.

Método	Ventajas	Desventajas
Canales superficiales para el control de escorrentía	Se recomienda construirlos como obra complementaria en la mayoría de los casos. Generalmente, las zanjas se construyen arriba de la corona del talud	Se deben construir estructuras para la entrega de las aguas y la disipación de energía.

Subdrenes de zanja	Muy efectivos para estabilizar deslizamientos poco profundos, en suelos saturados sub superficialmente.	Poco efectivos para estabilizar los deslizamientos profundos o los deslizamientos con nivel freático profundo
Subdrenes horizontales de penetración	Muy efectivos para interceptar y controlar las aguas subterráneas relativamente profundas.	Se requieren equipos especiales de perforación y su costo puede ser alto.
Galerías o túneles de subdrenaje	Efectivos para estabilizar los deslizamientos profundos en las formaciones con permeabilidad significativa y aguas subterráneas	Muy costosos y complejos de construir
Pozos profundos de subdrenaje	Útiles en los deslizamientos profundos con aguas subterráneas. Efectivos para las excavaciones no permanentes.	Su uso es limitado debido a la necesidad de operación y mantenimiento permanente

No se recomienda en problemas de taludes, la utilización de conducciones en tubería por la alta susceptibilidad a agrietarse o a taponarse, con lo cual se generan problemas de infiltración masiva concentrada.

Subdrenaje: Las técnicas de drenaje subterráneo o subdrenaje son uno de los métodos más efectivos para la estabilización de los deslizamientos. El drenaje subterráneo tiene por objeto disminuir las presiones de poros o impedir que éstas aumenten (figuras 42 y 43). A menor presión de poros la resistencia del suelo es mayor. El diseño de los sistemas de subdrenaje es complejo debido a que la mayoría de los taludes no son homogéneos desde el punto de vista del drenaje subterráneo y es muy difícil aplicar principios sencillos en el diseño de obras de subdrenaje. El movimiento de las aguas en los taludes por lo general es irregular y complejo.

Elementos para tener en cuenta en el análisis de los sistemas de subdrenaje:

- Falta de continuidad de los mantos o sectores permeables.
- Cantidad de agua recolectada.
- Poco efecto del subdrenaje en el factor de seguridad.
- Poco efecto del subdrenaje cuando el nivel freático se encuentra muy cercano a la superficie de falla.
- Asentamientos en las áreas circunvecinas como efecto del subdrenaje.

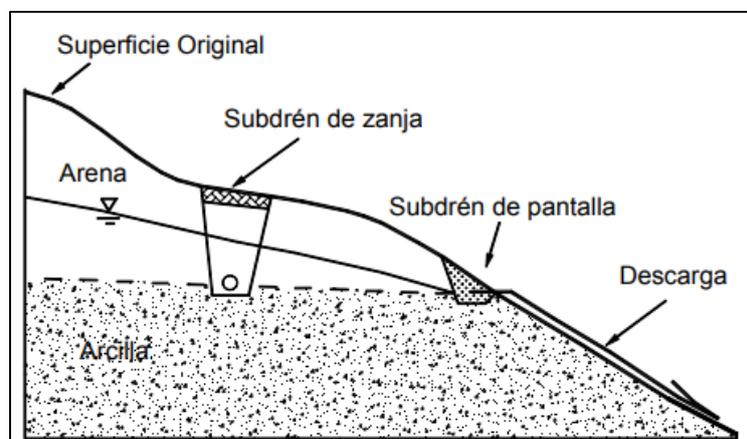


Figura 42. Sistemas de subdrenaje (Suárez, 1998).

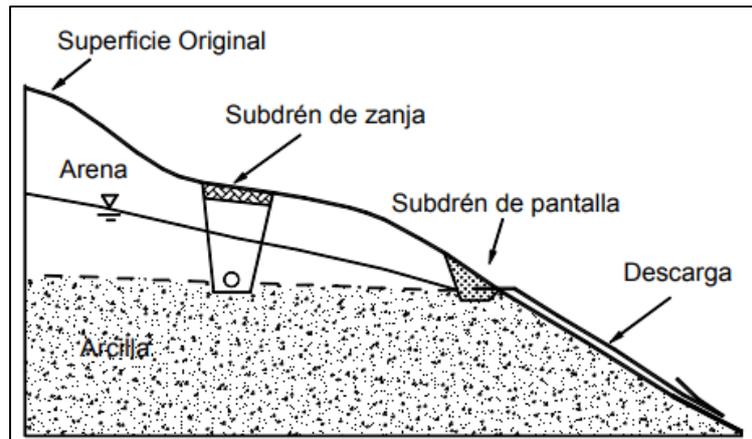


Figura 43. Esquema de un subdrenaje interceptor y un dren en el afloramiento (Suárez, 1998).

B. Corrección por elementos resistentes

MUROS RÍGIDOS Son estructuras de contención generalmente de concreto que no permiten deformaciones importantes sin romperse (cuadro 4). Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención. La utilización de muros rígidos es una de las formas más sencillas de manejar cortes y terraplenes. Los muros rígidos actúan como una masa relativamente concentrada que sirve de elemento contenedor de la masa inestable.

Cuadro N° 9: Ventajas y desventajas del uso de muros de contención. Fuente: Suárez, 1996.

Muro	Ventajas	Desventajas
Reforzado	Los muros de concreto reforzado pueden emplearse en alturas grandes (superiores a ocho metros), previo su diseño estructural y estabilidad. Se utilizan métodos convencionales de construcción, en los cuales la mayoría de los maestros de construcción tienen experiencia.	Requieren de buen piso de cimentación. Son poco económicos en alturas muy grandes y requieren de formaletas especiales. Su poco peso los hace poco efectivos en muchos casos de estabilización de deslizamientos de masas grandes de suelo
Concreto simple	Relativamente simples de construir y mantener, pueden construirse en curvas y en diferentes formas para propósitos arquitectónicos y pueden colocarse enchapes para mejorar su apariencia exterior	Se requiere una muy buena fundación y no permiten deformaciones importantes, se necesitan cantidades grandes de concreto y un tiempo de curado antes de que puedan trabajar efectivamente. Generalmente, son poco económicos para alturas mayores de tres metros.
Concreto ciclópeo	Similares a los de concreto simple. Utilizan bloques o cantos de roca como material embebido, disminuyendo los volúmenes de concreto. Generalmente, son más económicos que los de concreto simple o reforzado.	Se requiere muy buena fundación. El concreto ciclópeo (cantos de roca y concreto) no puede soportar esfuerzos de flexión grandes. Se requiere la disponibilidad de bloques de roca.

Concreto ciclópeo con columnas de refuerzo	Combinan las ventajas de economía del concreto ciclópeo con la capacidad de flexión del concreto reforzado	Es muy poca la investigación sobre su comportamiento y no existe una metodología aceptada de diseño
Mampostería o bloques de roca pegados con concreto	Son muy económicos cuando hay disponibilidad de bloques de roca. Son visualmente atractivos	Se requiere muy buena fundación. Resistencia muy baja a la flexión. Son muy vulnerables a los movimientos.

Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (figura 44), tiene por finalidad aumentar la resistencia al corte mediante sistemas más frecuentes como: anclajes formados por cables o barras de acero que se anclan en zonas estables del macizo; trabajan a tracción y proporcionan una fuerza contraria al movimiento y un incremento de las tensiones normales sobre la superficie de rotura.

Una contención solo puede sostener una longitud determinada de deslizamiento ya que en caso contrario el deslizamiento sobrepasa al muro. Cuando quieran sujetarse deslizamientos más largos, debe recurrirse a un sistema de muros o a otros de los procedimientos expuestos. Por todo ello, en taludes con signos evidentes de inestabilidad puede ser más apropiado realizar el muro con objeto de retener un relleno estabilizador.

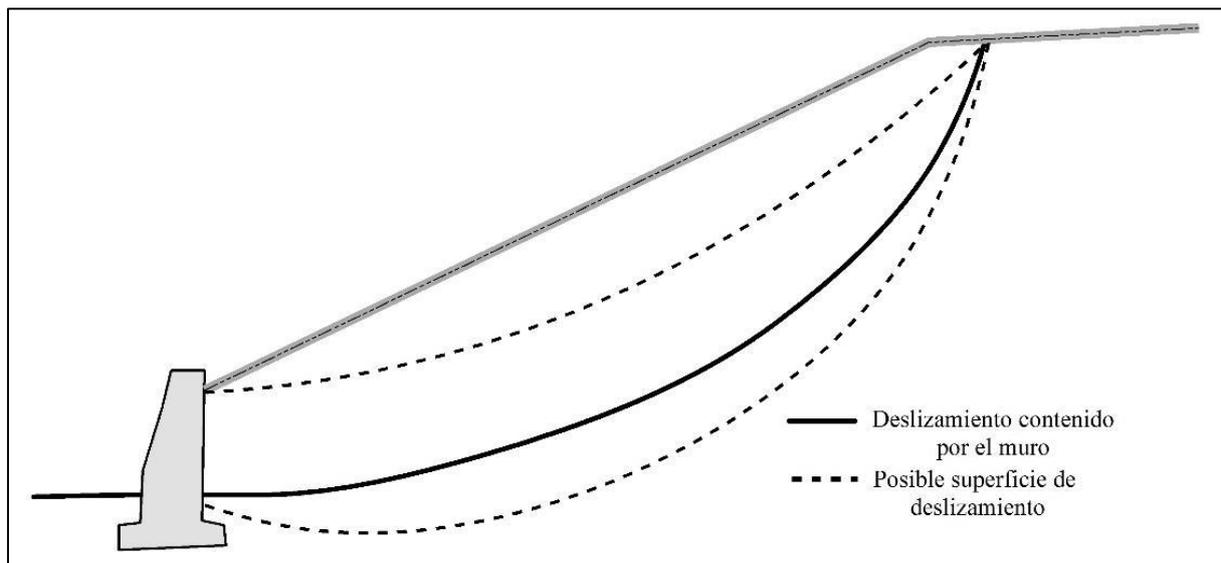


Figura 44. Contención de un deslizamiento mediante un muro.

Los muros se pueden clasificar en tres grupos (figura 45): a) muros de revestimiento que consiste esencialmente en proteger el terreno de la erosión y meteorización además de proporcionar un peso estabilizador, b) los muros de contención generalmente van excavados y se construyen para contener un terreno que sería probablemente inestable sin la acción del muro y c) Muros de sostenimiento, los cuales se construyen separados del terreno natural y se rellenan posteriormente)

Cuando se proyecta un muro deberán determinarse las cargas a las que va a estar sometido y su distribución, lo que permitirá planificar una estructura capaz de resistirlas.

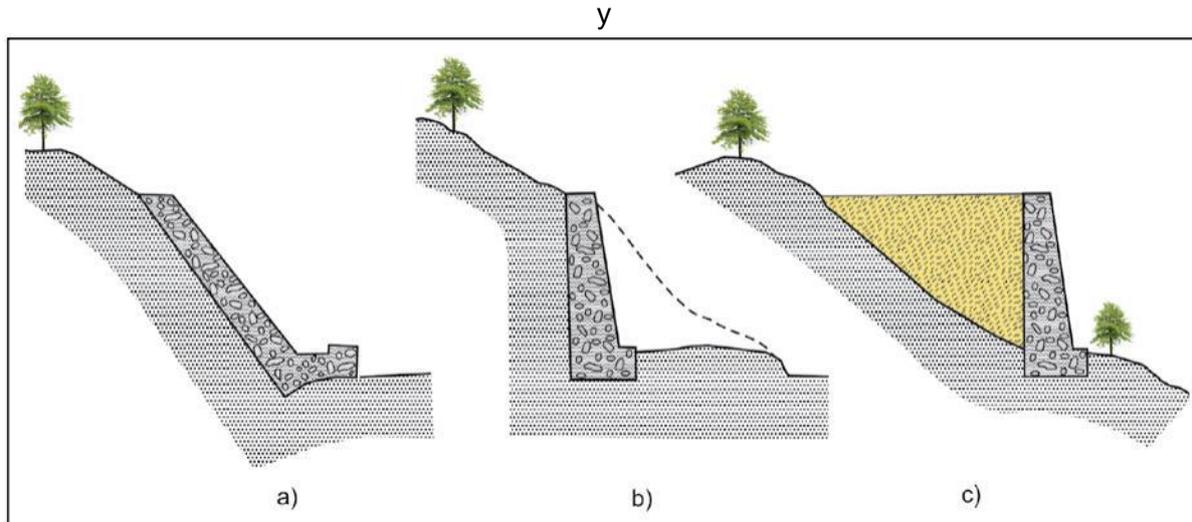


Figura 45. Tipo de muros: a) muro de revestimiento, b) muro de contención, c) muro de sostenimiento (Jiménez, 1976).

C. Corrección por modificación de la geometría del talud

Abatimiento de la pendiente. La disminución de la pendiente de los taludes es uno de los métodos más utilizados para mejorar su estabilidad y en ocasiones es la primera opción a considerar. Al igual que con otros métodos, éste no es de uso universal y su efectividad puede variar de un sitio a otro. La disminución de la pendiente puede ser efectivo en deslizamientos rotacionales, pero generalmente tiene muy poco efecto o puede tener un efecto negativo en deslizamientos de traslación.

Al disminuir la pendiente del talud, se disminuyen las fuerzas actuantes y adicionalmente el círculo crítico de falla se hace más largo y más profundo aumentándose en esta forma el factor de seguridad. El abatimiento se puede lograr por corte o por relleno (figura 46). Al disminuir la pendiente del talud debe analizarse si al bajar la pendiente no se está facilitando la activación o reactivación de fallas profundas. En todos los casos es conveniente la realización de análisis de estabilidad para determinar los efectos reales de la disminución de la pendiente

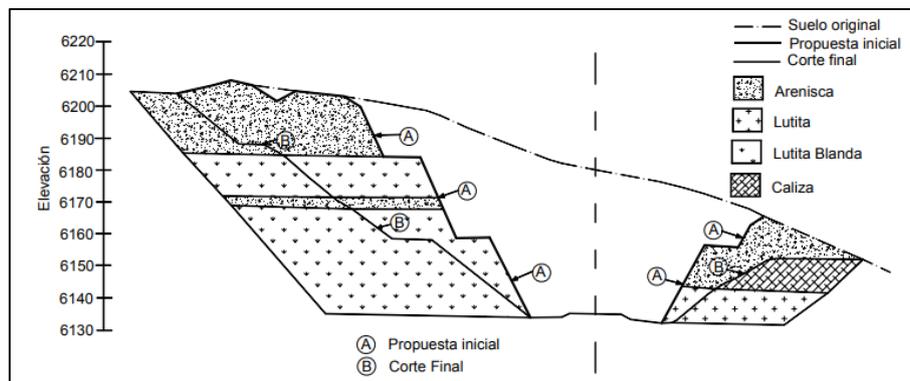


Figura 46. Talud con ángulo uniforme y talud con excavado de forma escalonada con bermas y bancos (González, 2002)

D. Medidas de mitigación para huaicos

Estas medidas de mitigación deben emplearse en quebradas de régimen temporal donde se producen huaicos periódicos a excepcionales que pueden alcanzar grandes extensiones y transportar amplios volúmenes de sedimentos gruesos y finos. Con el propósito de propiciar la fijación de los sedimentos en tránsito y de minimizar el transporte fluvial, es preciso aplicar, en los casos que sean posibles, las medidas que se proponen a continuación

- Encauzamiento del canal principal de los lechos fluviales secos, con remoción selectiva de los materiales gruesos, que pueden ser utilizados en los enrocados y/o espigones para controlar las corrientes (figura 47). Considerar siempre que estos lechos fluviales secos se pueden activar durante periodos de lluvia excepcional, caso del fenómeno El Niño. Es decir, el encauzamiento debe considerar un diseño que pueda resistir máximas avenidas sin que se produzcan desbordes.
- Propiciar la formación y desarrollo de bosques ribereños con especies nativas para estabilizar los lechos (figura 48).
- La construcción de obras e infraestructuras que crucen estos cauces secos deben construirse con diseños que tengan en cuenta las máxima crecidas registradas, que permitan el libre paso de huaicos, evitándose obstrucciones y represamientos, con posteriores desembalses más violentos.
- Realizar la construcción de presas de sedimentación escalonada para controlar las fuerzas de arrastre de las corrientes de cursos de quebradas que acarrear grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia excepcional, cuya finalidad es reducir el transporte de sedimentos gruesos.
- Evitar en lo posible la utilización del lecho fluvial como terreno de cultivo que permita el libre discurrir de los flujos hídricos.
- Las quebradas, torrenteras o chorreras que generan huaicos periódicos en la región pueden ser controladas en las carreteras mediante badenes de concreto o mampostería de piedra, alcantarillas, pontones o puentes, entre otros, en función de las características geodinámicas y topográficas de la quebrada. Es preciso mencionar que estas obras de infraestructuras, que atraviesen estos cauces, deben construirse con diseños que tengan en cuenta las máximas crecidas registradas, que permitan el libre discurrir de crecidas violentas que provienen de la cuenca media y alta evitándose obstrucciones y represamientos violentos.

Además, estas obras deben ser acompañadas de obras de canalización y limpieza del cauce de la quebrada aguas arriba; así como obras de defensa contra erosión (enrocados, gaviones o muros de concreto) ya mencionados.

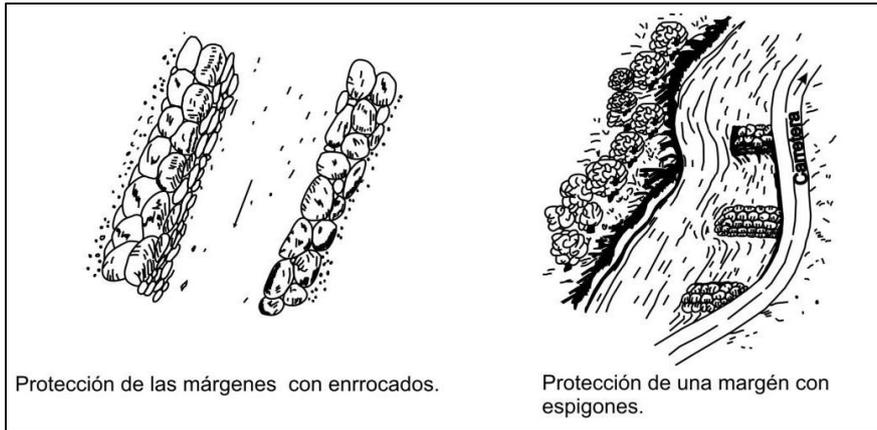


Figura 47. Protección de márgenes con enrocados, espigones y siembra de bosques ribereños.

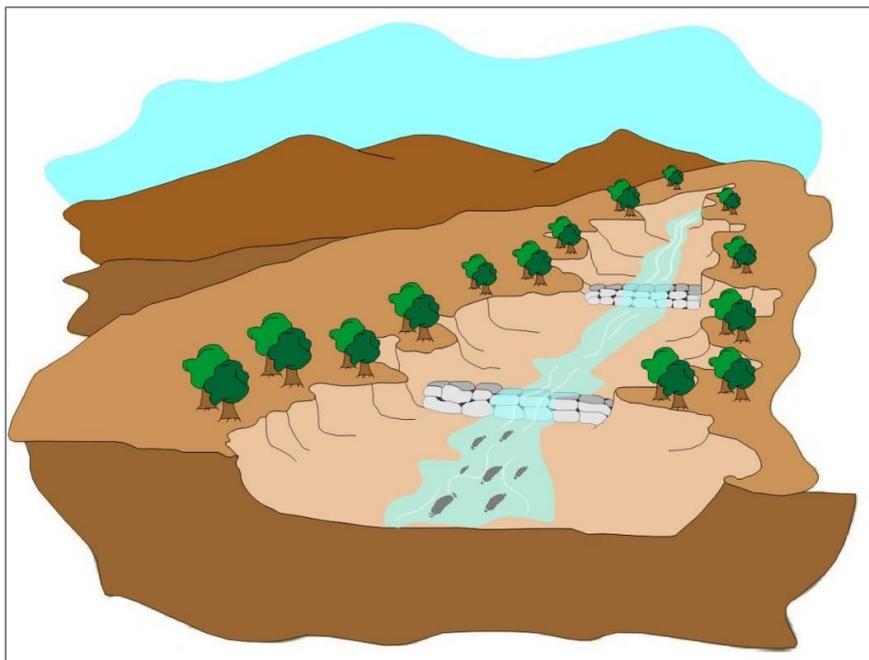


Figura 48. Presas transversales a cursos de quebradas.