

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7451

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN LA QUEBRADA SAGRAMAYO ENTRE LAS A.P.V. EL BOSQUE Y ALTO SAN MARTÍN

Departamento Cusco
Provincia Cusco
Distrito Cusco



NOVIEMBRE
2023

04.12.23

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN LA QUEBRADA SAQRAMAYO ENTRE LAS A.P.V. EL BOSQUE Y ALTO SAN MARTÍN

Distrito Cusco, provincia Cusco, departamento Cusco

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

Equipo de investigación:

David Prudencio Mendoza

Gael Araujo Huamán

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). *Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en la quebrada Saqramayo entre las A.P.V. El Bosque y Alto San Martín. Distrito Cusco, provincia Cusco departamento Cusco*. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7451, 27 p.

INDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	2
1.3. Aspectos generales	3
1.3.1. Ubicación.....	3
1.3.2. Accesibilidad.....	4
1.3.3. Clima.....	4
2. DEFINICIONES	5
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	6
3.1. Unidades litoestratigráficas	6
3.1.2. Formación Quilque (Pp-qu)	7
3.1.3. Formación Chilca (Pp-ch).....	7
3.1.4. Formación Kayra (Peo-ky).....	8
3.1.5. Depósitos recientes	8
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	9
4.1. Pendientes del terreno	9
4.2. Unidades geomorfológicas	10
4.2.1. Unidad de montañas	10
4.2.2. Unidad de piedemonte.....	11
5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS	11
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	11
5.1.1. Peligros geológicos por movimientos en masa en el sector A	12
5.1.2. Peligros geológicos por movimientos en masa en el sector B	14
5.2. Factores condicionantes	18
5.3. Factores detonantes o desencadenantes	18
RECOMENDACIONES	20
ANEXO 1: MAPAS	22
ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES	27

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por derrumbes y deslizamientos, en la quebrada Saqramayo entre las A.P.V. El Bosque y Alto San Martín, en la jurisdicción distrital, provincial y departamental de Cusco. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

En la zona de estudio se presenta areniscas, microconglomerados y lutitas intercalas con yesos que se presentan muy fracturados y moderadamente meteorizados de las Formaciones Puquin, Quilque, Chilca y Kayra, la cual se encuentra cubierto por depósitos coluviales poco consolidados, conformados por bloques (10 %) y gravas (30 %) en matriz areno limosa (60%).

Las unidades geomorfológicas están representadas por montaña estructural en roca sedimentaria y vertiente coluvial; las laderas de las montañas presentan pendientes muy fuerte a escarpadas (mayor a 25°).

Se tiene un derrumbe antiguo, que esta en proceso de reactivación en forma de deslizamientos, para una mejor explicación se tiene dos sectores, A) presenta una escarpa principal con longitud de 30 m, con salto no apreciable y la distancia de la escarpa al pie del deslizamiento es de 90 m. B) se aprecia un escarpe con longitud de 65 m y salto de 3 m y una distancia de la escarpa al pie de 123 m, en la parte posterior se aprecian grietas tensionales, que evidencia un avance retrogresivo.

Los eventos mencionados afectaron la plataforma de la carretera Cusco – Botadero Haquira en 10 m y pone en riesgo a 9 viviendas de las A.P.V. Alto Cusco y Alto San Martín, además, hay posibilidad que se genere un flujo de detritos por el material dispuesto en el cauce de la quebrada, el cual afectaría las viviendas ubicadas en la parte baja de la A.P.V. EL bosque y el P.J. Independencia.

Por lo expuesto anteriormente, se concluye que el área evaluada de la quebrada Saqramayo, es considerado de **peligro alto** a la reactivación de derrumbes y deslizamientos. Los sectores que presentan deslizamientos activos, se consideran de peligro **muy alto**. Los eventos mencionados pueden ser desencadenados por lluvias intensas y/o prolongadas y por eventos sísmicos.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes, las cuales deben ser tomadas en cuenta por las autoridades competentes; tales como realizar zanjas de coronación y drenaje en forma de espina de pescado impermeabilizados, restringir la construcción de viviendas y realizar el respectivo EVAR; en los deslizamientos se debe forestar los cuerpos y alrededores, realizar estudios de suelos con el fin de instalar muros de contención o realizar otras medidas de estabilidad del talud y retirar las viviendas ubicadas dentro de ellos, entre otros.

1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Provincial del Cusco, según Oficios N° 146-2022-SGOT/GDUR-MPC, es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el P.J. Independencia entre las A.P.V. El Bosque y Alto San Martín por encontrarse en peligro ante “deslizamientos”, También se puede generar flujos que afectaría viviendas de la A.P.V. El Bosque.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó al Ing. David Prudencio Mendoza y Mag. Gael Araujo Huamán, realizar la evaluación de peligros geológicos.

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 y fotografías aéreas y terrestres), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Provincial del Cusco 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 de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presenta en el P.J. Independencia entre las A.P.V. El Bosque y Alto San Martín.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación necesarias a fin de evitar daños que puedan afectar a causa de los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios y publicaciones del Ingemmet realizados a nivel local y regional en el distrito de Cusco, se tienen:

- A) Según el Boletín N° 80, serie C, Geodinámica e ingeniería geológica: “Peligros geológicos por movimientos en masa e inundación fluvial en la ciudad de Cusco” (Medina et al., 2021); el sector evaluado se encuentra en zona crítica (cuadro 1) con eventos de derrumbes reciente, deslizamientos antiguos y posibles flujos de detritos. además, se realizó un estudio de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala de 1:25 000, donde el área evaluada se encuentra de alta a muy

alta susceptibilidad a movimientos en más, siendo este sector muy propensas a ser afectada por procesos de movimientos en masa.

Código en mapa	Paraje o sector / Coordenadas UTM	Peligro geológico	Comentario geodinámico	Elementos expuestos y/o daños	Recomendaciones generales
22	Quebrada Saqramayo 176094/8502742	Flujo de detritos (huaicos) - derrumbes	Geológicamente, la quebrada se desarrolla sobre rocas sedimentarias, areniscas fracturadas y arcillitas con yeso pertenecientes a la Formación Puquín, arcillitas deleznales de color verde, amarillentas, microconglomerados y arenisca perteneciente a la formación Quilque, arcillitas deleznales con yesos y areniscas pertenecientes a la formación Chilca (Castillo & Ojeda, 2019). Los peligros presentes corresponden a derrumbes recientes y deslizamientos antiguos; en la quebrada, también se podría generar flujos de detritos o huaicos. Para estabilizar parte de las laderas de la quebrada existen trabajos de forestación y obras con gaviones (fotografía 10.43)	Los derrumbes podrían afectar a las viviendas asentadas en las laderas de la quebrada. Los flujos de detritos (huaicos) podrían afectar las viviendas asentadas en el cauce y en la desembocadura de la quebrada (fotografía 10.44). En la plataforma de la carretera construida sobre depósitos antropógenos, se observa agrietamientos (fotografía 10.45).	Estabilidad las laderas. Prohibir la construcción de viviendas en laderas inestables. Forestar las laderas con plantas nativas de poco peso. Apertura canal para pase de flujos de detritos (huaicos). Implementar sistemas de alerta ante flujos. Monitoreo permanente con equipos de alta precisión (GPS Diferencial) de los taludes de la carretera que cruza la quebrada Saqramayo.

Cuadro 1: Puntos críticos número 22 correspondiente al sector evaluado (Medina et al., 2021).

- B) Según el informe técnico N° A7172 “Evaluación de peligros geológicos en las Quebradas Saqramayo, Qorimachaquayniyoc y Racramayo” (Ingemmet., 2021) describe dos deslizamientos en la zona de estudios, los cuales son los que vienen afectando hasta la actualidad a la A.P.V. Alto San Martín y una posible generación de flujos de detritos por el material acumulado en la base de la quebrada.
- C) En la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Cusco (28-s)”, escala 1: 50 000 (Carlotto et al., 2011); describe la información relacionada a los cambios más resaltantes sobre estratigrafía (Formaciones Puquín, Quilque, Chilca y Kayra) y la geología estructural del área de dicho cuadrángulo.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

La quebrada Saqramayo forma parte de la sub cuenca del río Huatanay que atraviesa la ciudad del Cusco, se ubica al sur este de la ciudad, siendo la parte baja de la quebrada la Calle Virgen Natividad que se encuentra en la mano derecha al finalizar la Av. Ejército. Políticamente se encuentra dentro del distrito, provincia y departamento de Cusco. (figura 1), cuyas coordenadas centrales UTM (WGS84 – Zona 19S) son (cuadro 2):

Cuadro 2. Coordenadas del área de estudio

N°	UTM - WGS84 - Zona 19S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	175436	8502605	-13.526923°	-71.998217°
2	175966	8502605	-13.526982°	-71.993326°
3	175966	8502062	-13.531885°	-71.993387°

4	175436	8502062	-13.531826°	-71.998279°
<i>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA</i>				
C	175765	8502384	-13.528955°	-71.995206°

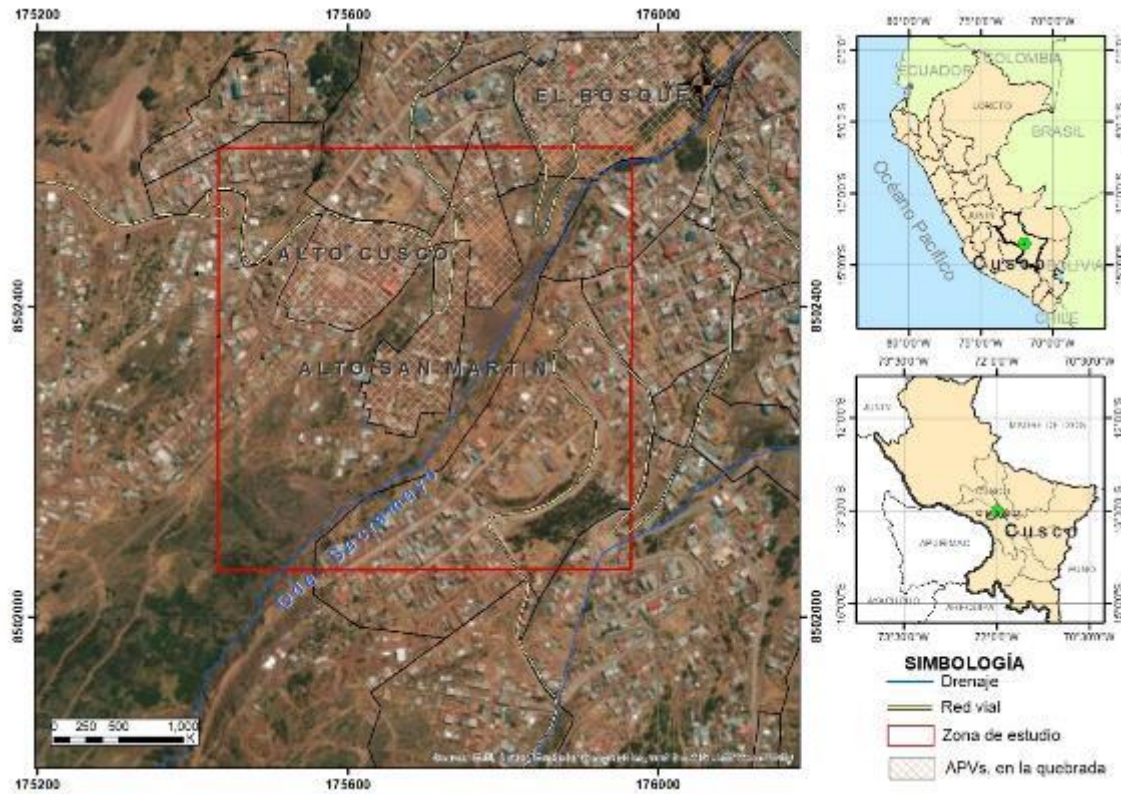


Figura 1. Ubicación de las A.P.V. El Bosque, Alto Cusco y Alto San Martín en la quebrada Saqramayo.

1.3.2. Accesibilidad

Se accede a la zona de estudio por vía terrestre, desplazándose desde Ingemmet – OD Cusco hasta el sector evaluado, mediante la siguiente ruta (cuadro 3):

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
OD Cusco – Municipalidad Distrital de Santiago	Asfaltada	5	11 minutos
Municipalidad Distrital de Santiago – Quebrada Saqramayo	Asfaltada	1.5	4 minutos

1.3.3. Clima

De acuerdo al mapa climático del SENAMHI (2020), y detallando la información local, la quebrada Saqramayo tiene un clima lluvioso, frío y con otoño e invierno secos.

Presenta una frecuencia de precipitación entre los meses de diciembre a marzo, cuyas lluvias acumuladas anuales son de 500 mm a 1200 mm, además, en los meses de junio a setiembre presenta temperaturas máximas que oscilan entre 9°C a 19°C y mínimas entre -3°C y 3°C, en invierno se pueden generar precipitaciones sólidas y también son frecuentes las heladas debido al ingreso de vientos secos en altura desde el oeste.

Esta clasificación climática es sustentada con información meteorológica recolectada de aproximadamente 20 años a partir de la cual se formulan “Índices Climáticos” de acuerdo a la clasificación climática por el método de Thornthwaite.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico-Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

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

Corona: Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladero abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

Derrumbe Movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera. El material se desplaza por el aire, golpeando, rebotando o rodando. Se le conoce también como desprendimiento de rocas, suelos y/o derrumbes.

Deslizamientos: Movimiento ladera debajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla. Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

Escarpa: 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.

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 deslizamiento o una caída. Los flujos pueden ser canalizados (huaicos) y no canalizados (avalanchas).

Formación geológica: Es una unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

Fractura: Corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

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

Movimientos en masa: Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. En el territorio peruano, los tipos más frecuentes corresponden a caídas, deslizamientos, flujos, reptación de suelos, entre otros.

Peligro o amenaza geológica: Es un proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Susceptibilidad: Está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base la Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Cusco (28-s)", escala 1: 50 000 (Carlotto et al., 2011); donde se tienen principalmente unidades litoestratigráficas de naturaleza sedimentaria del pleistoceno, cubiertas por depósitos cuaternarios. La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas y observaciones de campo.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran, son de origen sedimentario, correspondientes a las Formaciones Kayra, Chilca, Quilque del Paleógeno y Puquin del Cretáceo, cubiertos por depósitos coluviales recientes que han sido acumulados hasta la actualidad (Anexo 1: Mapa 1).

3.1.1. Formación Puquin (Ks-pu)

Esta unidad aflora ampliamente en la margen izquierda de la quebrada Saqramayo, en las cimas de las montañas. Compuesta por secuencia de lutitas rojas y moradas, intercaladas con láminas de yeso y capas de areniscas muy fracturadas, y moderadamente meteorizadas, en el sector evaluado se aprecian gravas sueltas de hasta 0.5 cm en promedio (figura 2).



Figura 2. Se aprecia la litología de la Formación Puquin compuestas de secuencias de lutitas láminas de yeso y areniscas.

3.1.2. Formación Quilque (Pp-qu)

Esta unidad aflora en ambas laderas de la quebrada Saqramayo. Conformada por secuencia pelítica de lutitas rojo-moradas, con estratificación laminar, intercalada con delgados, estratos de areniscas y microconglomerados fluviales; el sustrato rocoso se presenta moderadamente meteorizada y muy fracturada con gravas de 3 cm de diámetro (figura 3).



Figura 3. Se aprecia la litología de la Formación Quilque compuestas por lutitas muy fracturadas y moderadamente meteorizadas.

3.1.3. Formación Chilca (Pp-ch)

Esta unidad aflora en la ladera de la margen derecha de la quebrada Saqramayo. Compuesta por lutitas, margas rojo ladrillo con intercalaciones delgadas de yesos de medios lacustres y areniscas fluviales, en el sector de estudio se aprecia en la

margen derecha de a quebrada y se presenta moderadamente meteorizada y de medianamente fracturada a muy fracturada (figura 4).



Figura 4. Se aprecia la litología de la Formación Chilca compuesta por intercalaciones de yeso y areniscas fluviales.

3.1.4. Formación Kayra (Peo-ky)

Esta unidad se aprecia en la margen derecha fuera de la quebrada Saqramayo y se extiende hacia el sureste. Está compuesta por areniscas feldespáticas intercaladas con lutitas rojas y conglomerados fluviales. El sustrato rocoso se presenta ligeramente meteorizada y medianamente fracturada, formando laderas estables (Carlotto et al., 2011).

3.1.5. Depósitos recientes

Depósitos coluviales: Son depósitos ubicados en las laderas de la quebrada Saqramayo, conformado por bloques sub angulosos a angulosos de hasta 15 cm de diámetro (10 %) y gravas (30 %) en matriz areno limosa (60%). Estos depósitos fueron originados por materiales deslizados, por lo que presentan poca compactación y son susceptibles a la erosión y nuevos procesos de deslizamientos (figura 5).



Figura 5. Se aprecia los depósitos coluviales en un corte de 2 m de altura.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente es un parámetro importante en la evaluación de peligros por movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa por la diferencia de alturas que presenta la zona de estudio.

Se presenta el mapa de pendientes (Anexo 1 - Mapa 2) y un mapa de elevaciones (Anexo 1 - Mapa 3), el cual se realizó mediante un levantamiento fotogramétrico por dron, obteniéndose el modelo digital del terreno con una resolución de 19 cm por pixel y una ortofoto de 4 cm por pixel, información que fue corroborada con un análisis de imágenes satelitales y cartografía in situ.

En la zona evaluada presenta dos cuerpos de deslizamientos activados, sus coronas hasta el pie de los deslizamientos presentan terrenos con pendientes muy fuertes (25° - 45°) a escarpados (45° - 90°), siendo un factor condicionante a los deslizamientos, además, el deslizamiento mayor presenta alturas del terreno sobre el nivel del mar que comprenden desde los 3 450 hasta los 3 600 m. los cuales son 150 m de diferencia de alturas.

En el área circundante junto al canal de la quebrada, se presentan laderas con pendientes muy fuertes a escarpadas (25° - 90°) (figura 6).



Figura 6. Se aprecia el canal de la quebrada a la altura del deslizamiento en el sector B, se aprecia la pendiente en la margen izquierda de la quebrada.

4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio, se realizó la complementación y actualización del mapa geomorfológico regional a escala 1:100 000 (Ingemmet, 2012). Además, 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, diferenciándose montañas de piedemonte (Anexo 1 - Mapa 4).

4.2.1. Unidad de montañas

Son geoformas de carácter degradacional y erosional. Se consideran dentro de esta unidad a elevaciones del terreno con alturas mayores a 300 m con respecto al nivel de base local, diferenciándose la siguiente subunidad según el tipo de roca que la conforma y los procesos que han originado su forma actual.

Subunidad de montaña en roca sedimentaria (RM-rs): Relieve modelado en afloramientos rocosos de las Formaciones Kayra y San Sebastián, conformados por conglomerados, areniscas, y arenas, ubicadas en la base del valle de la ciudad del Cusco.

Sus laderas presentan pendientes del terreno muy fuertes a escarpadas, lo que condicionan la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes y erosión de laderas.

Subunidad de montaña estructural en roca sedimentaria (RME-rs): Representada por elevaciones de terreno generados por la actividad tectónica y su morfología actual depende de procesos exógenos degradacionales. Son relieves determinados por rocas sedimentarias compuestas por lutitas, areniscas, microconglomerados y yesos de las Formaciones Quilque y Puquin, las que se aprecian en la zona de estudio.

Presenta pendientes de muy fuertes a escarpadas, asociadas a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo deslizamientos.

4.2.2. Unidad de piedemonte

Son geoformas de carácter depositacional y agradacional. Se consideran como formas de terrenos que constituyen la transición entre los relieves montañosos accidentados y las zonas planas, predominan los terrenos generados por fuerzas de desplazamiento como depósitos coluviales antiguos y recientes y depósitos de tipo glacial – fluvial.

Subunidad vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd): Son depósitos poco consolidados, localizados al pie de las laderas de la quebrada Saqramayo, es el resultado de la acumulación de materiales caídos desde las partes altas, por acción de la gravedad y removidos por agua de escorrentía superficial, conformados por bloques de lutitas areniscas y microconglomerados de las Formaciones Puquín, y Quilque, los cuales cubren las laderas de las quebradas.

En las partes alta de las laderas las pendientes son escarpadas por la presencia de rocas fracturadas, las cuales generan materiales que se disponen en las laderas de la quebrada y llega hasta el canal principal, disminuyendo la pendiente en la base.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa tipo derrumbes, deslizamientos y erosiones. Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos (PMA: GCA, 2007).

Los movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son geometría del terreno, pendiente del terreno, tipo de roca, tipo de suelos, drenaje superficial–subterráneo y tipo de cobertura vegetal. Como “detonantes” las precipitaciones pluviales intensas y prolongadas, así como sismos que desestabilizan el talud a causa del movimiento.

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Se aprecia un derrumbe antiguo que se ubica en la margen izquierda de la quebrada Saqramayo, presenta una escarpa principal con longitud de arranque de 470 m y una distancia de la corona al pie del derrumbe de 200 m en promedio con dirección N124°.

Este derrumbe principal se encuentra en proceso de reactivación en forma de dos deslizamientos importantes en la zona evaluada, el cual por describirlos mejor los llamaremos “Sector A” al deslizamiento que se encuentra entre las A.P.V. Alto Cusco y Alto San Martín y “Sector B” al deslizamiento que se encuentra en la zona más alta de la quebrada, en el borde de la ciudad y fuera de la A.P.V. alto San Martín (figura 7).



Figura 7. Se aprecia la escarpa de derrumbe antiguo con activación de deslizamiento en la parte baja.

5.1.1. Peligros geológicos por movimientos en masa en el sector A

Dentro del cuerpo del derrumbe se generó una activación en forma de deslizamiento y procesos de erosión en laderas, las que pueden afectar a 3 viviendas ubicadas dentro del deslizamiento (figura 8).



Figura 8. Se aprecia la escarpa de derrumbe antiguo con activación de deslizamiento en la parte baja.

Este deslizamiento presenta una longitud aproximada de la escarpa principal de 30 m, y la distancia de la escarpa al pie del deslizamiento de 90 m, el salto no se aprecia por los trabajos realizados para la reconstrucción de la vía Cusco – Botadero Municipal de Haquira, además que en la zona vierten desmontes de las construcciones del sector (figura 9).



Figura 9. Vista tomada en coordenadas UTM: 175716 E, 8502396 S. Se aprecia el deslizamiento con constante actividad, más aún en épocas de lluvias.

En la parte baja del deslizamiento se aprecia tres viviendas que se encuentra dentro del recorrido de los materiales trasladados, poniendo en riesgo la vida de las personas que lo habitan en caso se genere una reactivación (figura 10).



Figura 10. Vista tomada en coordenadas UTM: 175716 E, 8502396 S. Se aprecia el deslizamiento y dentro del cuerpo de este, tres viviendas que pueden ser afectada por la actividad que presenta este evento.

Además, dentro de este evento se aprecian nuevos procesos de deslizamientos, siendo condicionados por el corte de talud para la construcción de gaviones en la parte baja del deslizamiento; el más grande tiene una escarpa de forma cóncava con salto de 1.5 m, ancho promedio de 25 m, la longitud del escarpe al pie del deslizamiento de 50 m, con dirección de N 125° y una pendiente de 40°, presenta grietas en la parte posterior lo que indica su avance retrogresivo (figura 10).

Los gaviones instalados al pie del deslizamiento deben ser complementadas con otras acciones estructurales para la disminución del peligro.



Figura 10. Deslizamiento activo con construcción de gaviones en su margen izquierda, se aprecia grietas retrogresivas y el escarpe principal con 1.5 m de caída.

5.1.2. Peligros geológicos por movimientos en masa en el sector B

En este sector se generó activaciones en forma de deslizamiento y derrumbe, los cuales pueden afectar a este sector si ocurriera alguna nueva activación de estos eventos y si no realizaran las acciones necesarias determinadas en el documento.

Primero, la activación principal de este sector es un deslizamiento con presencia de grietas tras el escarpe, indicando un crecimiento retrogresivo y puede afectar a 6 viviendas al desencadenar el deslizamiento trasladando sus materiales hasta la base de la quebrada Saqramayo (figura 11).



Figura 11. Se aprecia el principal deslizamiento reactivado y las 6 viviendas que están en el área de influencia del evento.

Este deslizamiento presenta una escarpa con longitud aproximada de 65 m, salto de 3 m, y longitud de la escarpa al pie del deslizamiento de 123 m (figura 12) con reactivaciones en el cuerpo.



Figura 12. Se aprecia el deslizamiento reactivado con sus medidas.

Dentro del deslizamiento se aprecia un proceso de reactivación, se da sobre los suelo removidos; presenta un salto principal de 2.5 m, con ancho promedio de 54 m y una altura entre el escarpe al pie del deslizamiento de 107 m (figura 13).



Figura 13. Vista tomada en coordenadas UTM: 175595 E, 8502177 S. Se aprecia la reactivación del deslizamiento con presencia de grietas y constante actividad.

Además, en la margen izquierda del deslizamiento principal, en coordenadas UTM: 175655 E, 8502231 N, se aprecia un relleno de la ladera reciente en la ladera de la quebrada.

Las viviendas ubicadas en este sector presentan muros inclinados agrietados y con aperturas en el suelo de hasta 11 cm (figura 14 y 15).



Figura 14. Vista tomada en coordenadas UTM: 175680 E, 8502241 S. Se aprecia grietas en el suelo y muros de viviendas que se encuentran inclinados y cayendo.

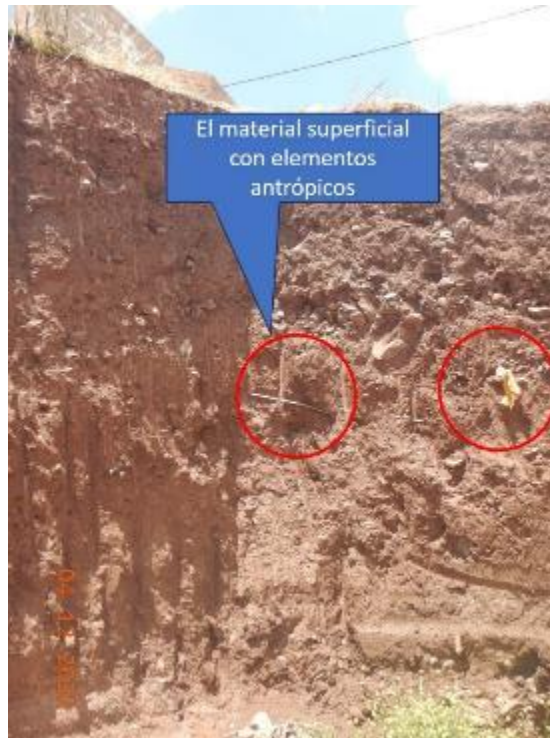


Figura 15. Vista tomada en coordenadas UTM: 175644 E, 8502238 S; donde se aprecia el depósito con contenido antrópico, siendo material superficial de relleno en ladera.

Segundo, en el derrumbe se aprecian areniscas finas con un azimut N 216° y un buzamiento de 74° SE, la cual está a favor de la pendiente y se encuentra muy fracturadas, presenta una longitud de arranque de 50 m y una distancia de la corona al pie del derrumbe de 80 m, con dirección N105° (figura 16).



Figura 16. Se aprecia una reactivación de derrumbe ubicado en la margen derecha de la escarpa del derrumbe antiguo.

5.2. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso compuesto por areniscas, microconglomerados y lutitas intercaladas con yesos moderadamente meteorizada y de medianamente fracturada a muy fracturada, coberturados por depósitos coluviales poco compactos.
- Los depósitos coluviales se presentan porosos y están compuestos por bloques (10 %) y gravas (30 %) en matriz areno limosa (60%), que permite la infiltración de agua al subsuelo. Por lo que son de fácil erosión y remoción.

Factor geomorfológico

- El sector donde se producen los deslizamientos se encuentra en la subunidad de montaña estructural en roca sedimentaria y la vertiente coluvial, cuyas laderas presentan pendientes muy fuertes (25° - 45°) a escarpadas (45° - 90°).

Factor antrópico

- Se aprecian cortes de talud y vertimientos de desmontes sobre la ladera, además de vertimientos de aguas servidas en las laderas de la quebrada generando erosión laminar y en cárcava, los cuales generarán eventos de movimientos en masa futuros si no son controlados a tiempo.

5.3. Factores detonantes o desencadenantes

- La presencia de lluvias intensas y prolongadas, que por acción de infiltración sobre suelos poco consolidados y rocas muy fracturadas generan sobrepesos que no soportan los taludes en el sector.
- La actividad sísmica por fallas geológicas activas cercanas a la ciudad del Cusco como: Tambomachay, Qoricocha, Zurite, Chincheros, Pachatusan (Benavente *et al*, 2013); y los antecedentes de sismos como el del 5 de abril de 1986 que tuvo una magnitud de momento de 5.3 y una intensidad de VIII, que fue la de mayor magnitud sentida hasta el momento (Tavera 2016).

CONCLUSIONES

- a) En la quebrada Saqramayo en la margen izquierda, se identificó un derrumbe antiguo que presenta nuevas reactivaciones como deslizamientos con procesos de erosiones de laderas y derrumbes. Todos estos eventos movilizan material suelto al cauce de la quebrada; y que con lluvias periódicas puede formar flujos de detritos.
- b) Los dos deslizamientos mencionados, se encuentran activos con grietas tras la corona, por lo que tiene un avance retrogresivo. Estos eventos pueden afectar viviendas, vías e infraestructura.
- c) Si el flujo de detritos se desencadenaría en la quebrada podría afectar a la vía Panamericana Cusco – Abancay y viviendas que se encuentran en la parte baja de la quebrada A.P.V. El Bosque y el P.J. Independencia.
- d) Por lo mencionado anteriormente, la quebrada Saqramayo presenta **peligro alto** ante la ocurrencia de derrumbes, erosiones de laderas y flujos de detritos; incrementando su nivel a **peligro muy alto** a la ocurrencia de reactivaciones de deslizamientos en las zonas removidas y de relleno.
- e) Los factores condicionantes de los movimientos en masa son:
 - Presencia de substrato rocoso conformado por lutitas y areniscas muy fracturadas con presencia de yesos.
 - El yeso al contar en contacto con el agua se tiende a hidratar, lo que genera inestabilidad en la ladera.
 - Presencia de depósitos coluviales poco consolidados, compuestos por bloques (10 %) y gravas (30 %) en matriz areno limosa (60%).
 - Laderas de depósitos recientes con pendientes muy fuertes (25° - 45°) a escarpadas (>45°); muy susceptibles hacer movilizados con facilidad cuesta abajo.
 - Sobre la ladera de la quebrada se tiene Deficiente e inadecuado mantenimiento de drenajes y laderas sobre las cuales se genera erosión superficial y en cárcava en la quebrada.
 - La saturación del terreno sumado a la pendiente, genera un aumento de la sobrecarga en el talud el cual se vuelve más inestable, la que va a tender a desestabilizarse.
- f) El factor desencadenante de los deslizamientos, se atribuyen a lluvias intensas y prolongadas, las que infiltran sobre el terreno y sobrecargan al talud.

RECOMENDACIONES

- a) Restringir la construcción de viviendas en toda la zona evaluada y sectores aledaños al derrumbe antiguo.
- b) Realizar zanjas de coronación impermeabilizadas en el derrumbe antiguo, además, drenar el agua superficial del cuerpo del derrumbe y de los deslizamientos con zanjas de tipo espina de pescado igualmente impermeabilizado.
- c) Realizar estudios de estabilidad de taludes en los deslizamientos, para determinar las medidas correctivas. Complementar con estudios hidrogeológicos en el sector para determinar el nivel freático y evacuar el agua que infiltra en tiempo de lluvias.
- d) Para controlar el impacto de probable flujo de detritos a generarse en la zona, se debe dar mantenimiento a la infraestructura y la alcantarilla que se ubica en la intersección con la vía Antonio Lorena (Panamericana Cusco – Abancay). De igual modo se recomienda hacer estudios de máximos caudales para conocer el volumen que puede circular por estas alcantarillas, de ser menor el diámetro se debe redimensionar la alcantarilla.
- e) Implementar zonas seguras y un Sistema de Alerta Temprana (SAT), con el fin de contar con información real ante la ocurrencia nuevos deslizamientos, facilitando la evacuación de personas que se encuentren dentro del ámbito del sector.
- f) Las viviendas que se encuentran dentro de la zona de relleno y dentro del cuerpo de los deslizamientos reactivados deben pasar a un proceso de reubicación; en ambos casos, de presentarse grietas fuera de los cuerpos de los deslizamientos, las nuevas viviendas afectadas deberán también pasar al proceso de reubicación.
- g) Realizar el EVAR correspondiente al área del derrumbe.



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11

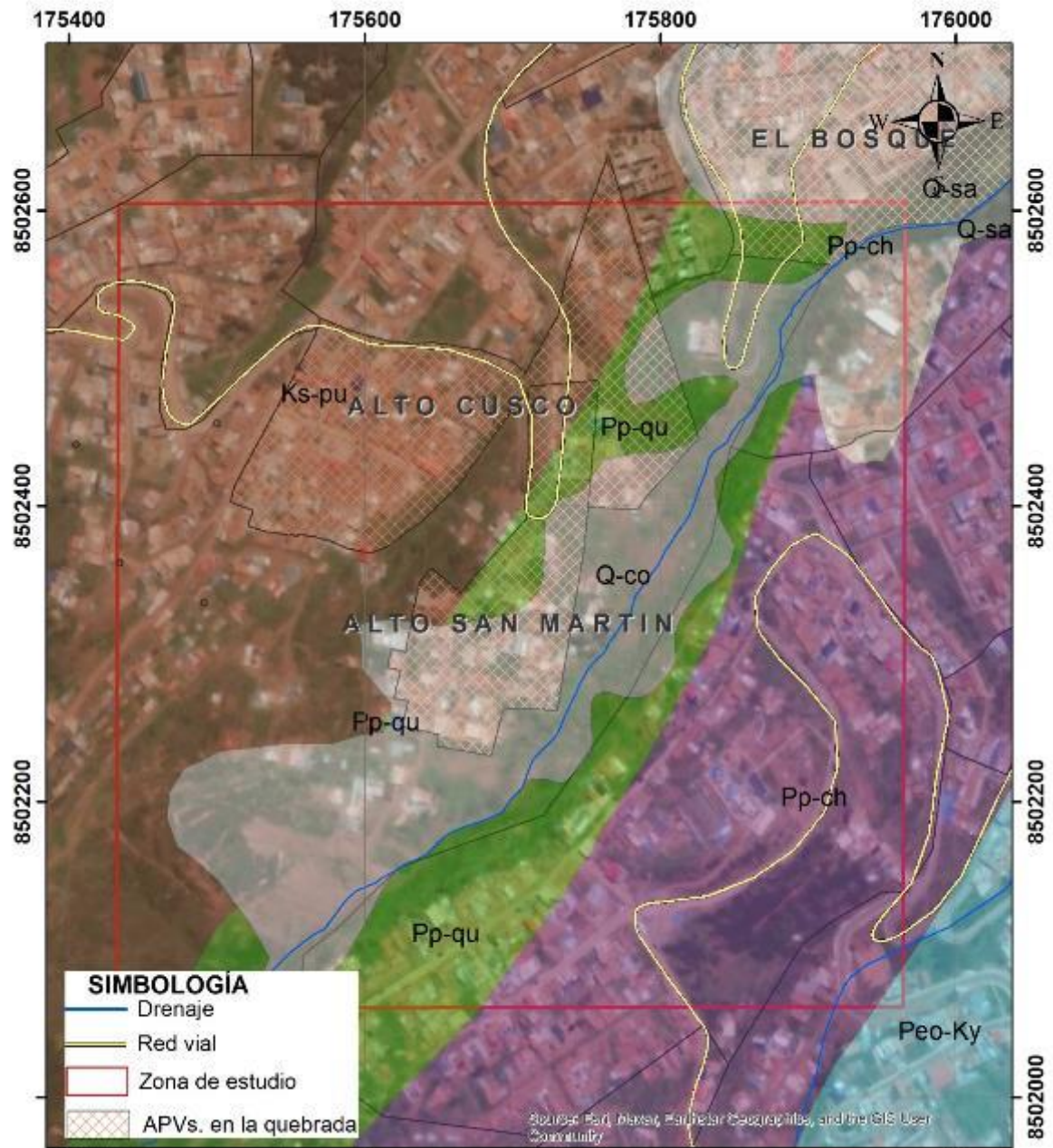


ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

BIBLIOGRAFÍA

- Benavente, C.; Delgado, F.; Taípe, E.; Audin, L. & Pari, W. (2013). Neotectónica y peligro sísmico en la región del Cusco, INGEMMET. Boletín, Serie C: Geología Ambiental y Riesgo Geológico, 55, 245 p.
- 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.
- Cárdenas, J.; Concha, R.; García, B.; Astete, I.; Arriola, D., et al. (2013) – Mapa de peligros geológicos del valle del Cusco. En: Foro Internacional Peligros Geológicos, Arequipa, 14-16 octubre 2013, Libro de resúmenes. Arequipa: INGEMMET, pp. 40-45. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1131>
- Carlotto, V., Cárdenas, J. y Carlier, G. (2011) - Geología del Cuadrángulo de Cusco 28-s - 1:50 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 138, 258p., 6 mapas <https://hdl.handle.net/20.500.12544/99>
- Galdós, J.; Carrasco, S. (2002) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Tambobamba (28-r). Escala 1:50 000. INGEMMET, 28 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2126>
- Medina, L.; Nuñez, M.; Vilchez, M.; Peña, F.; Gómez, H. & Sosa, N. (2021) – Peligro geológico por movimientos en masa e inundación fluvial en la ciudad de Cusco. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámico e Ingeniería Geológica, Boletín 80 ,208 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3136>
- 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.
- SENAMHI, 2020. Climas del Perú Mapa de Clasificación Climática Nacional. Resumen Ejecutivo. 7 p.
- Vilchez, M.; Sosa, N.; Pari, W. & Peña, F. (2020) - Peligro geológico en la región Cusco. INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 74, 155 p. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2564#files>
- 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



Estratema		Sistema	Serie	UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS Y ROCAS VOLCÁNICAS	
CENOZOICA	CUATERNARIO	NEO-GENO	Deposito coluvial	Q-co	Cenizas, arenas y limos, argilosos o sub-argilosos
			Deposito aluvial		
	PLEISTOCENO	PLEISTOCENO	Fm. San Jerónimo	Peo-ky	Areniscas telúricas, areniscas con niveles de lutitas de medias lutitas, al tacto conglomerada fútiles y en la base bancos arenosos.
			Fm. Chilca	Pp-ch	Lutitas y margas rojo ladrillo con intercalaciones delgadas de zonas de margas lacustres y areniscas finas hacia la parte superior. Presencia de conchas.
MESOZOICA	CRETÁCICO	CRAZOYAN	Fm. Oulque	Pp-qu	Lutitas arenosas rojo morado, arenosas y interconglomeradas fútiles con chales calcáreas de medias lutitas. Presencia de conchas.
			Fm. Puquín	Ks-pu	Lutitas rojas y moradas, fútiles con conchas, zonas de lutitas continentales, además lutitas negras masivas muy poco profundas y arenosas fútiles con faser bedding.

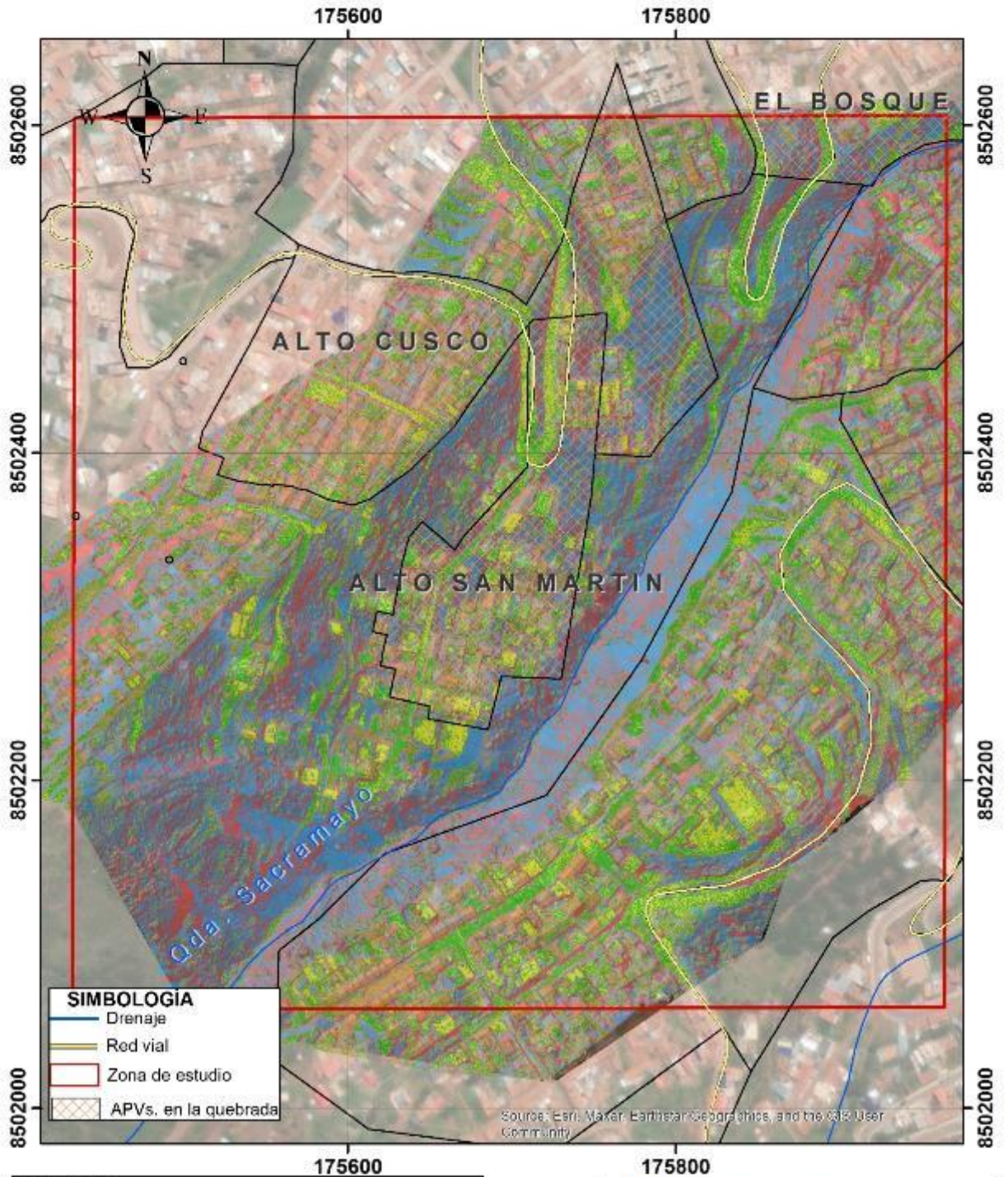
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

Mapa Geológico

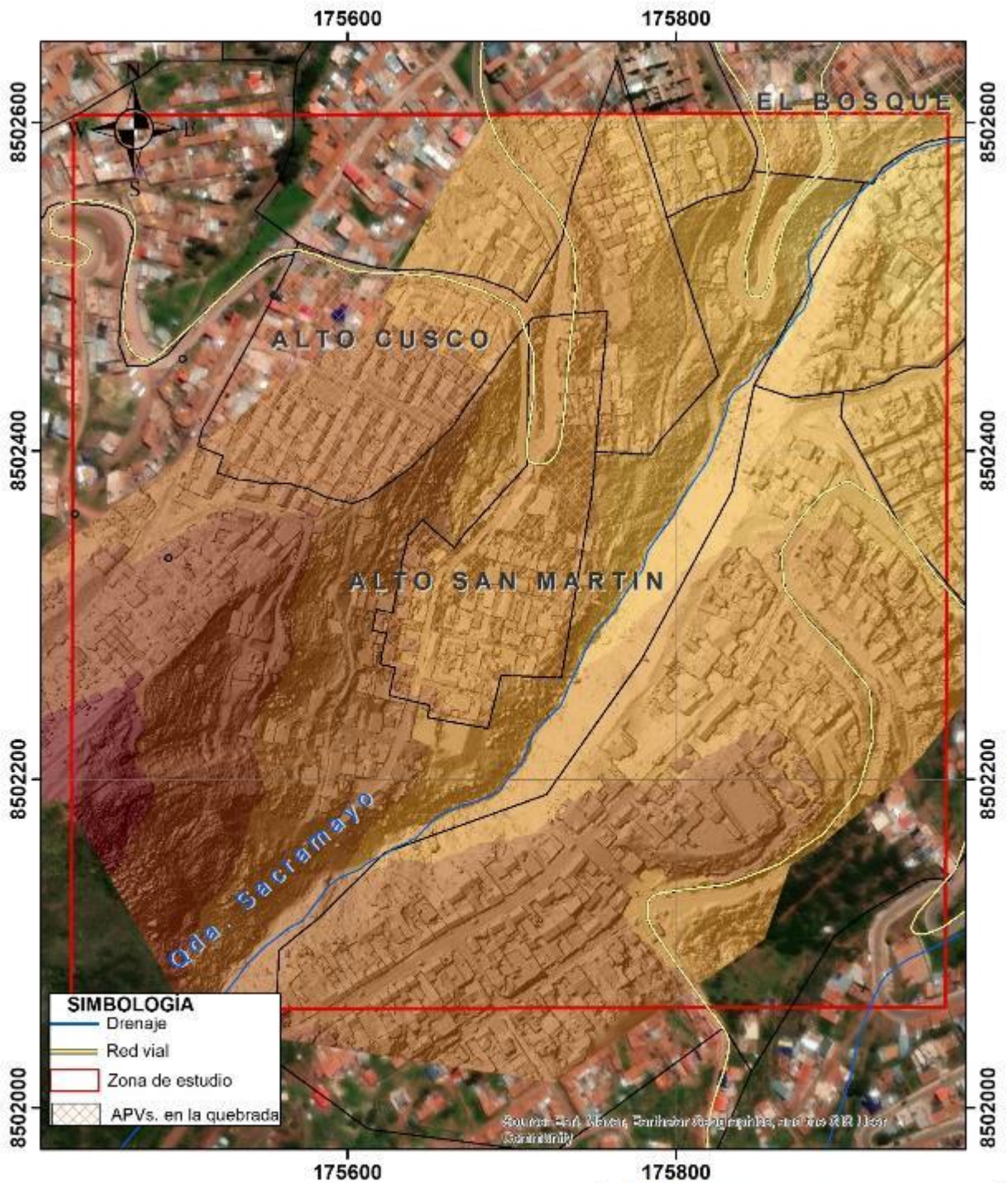
Escala 1:3 500 Datum UTM WGS 84 Zona 18S
 Versión digital año 2023 Impreso: Septiembre 2023

Figura:
1



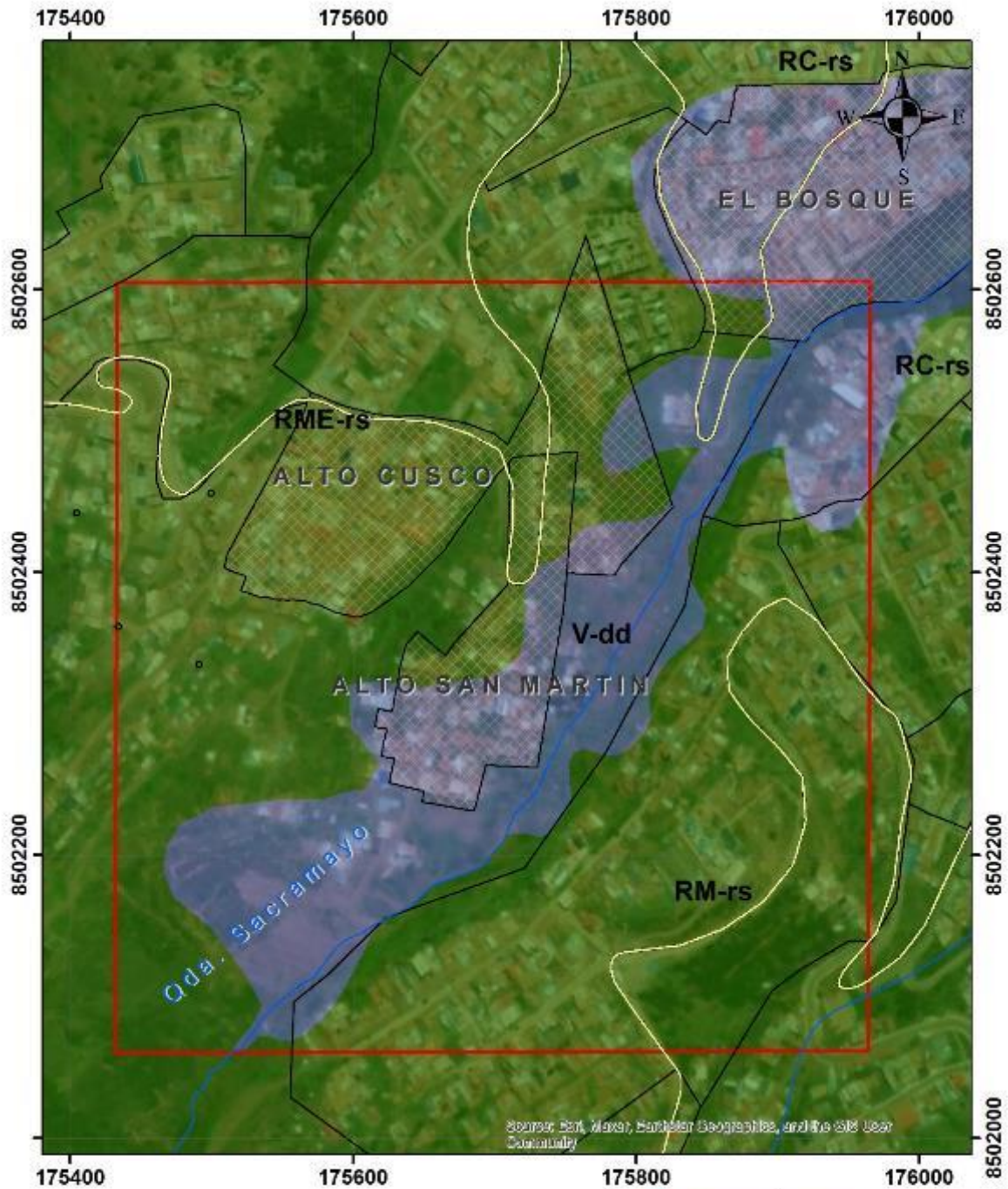
Leyenda	
	(< 1°) Terreno llano
	(1° - 5°) Terreno inclinado con pendiente suave
	(5° - 15°) Pendiente moderada
	(15° - 25°) Pendiente fuerte
	(25° - 45°) Pendiente muy fuerte o escarpada
	(45° - 90°) Terreno muy escarpado

<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO</p>	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS A NIVEL NACIONAL	
Mapa de Pendientes	Figura: 2
Escala 1:3 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2023 Impreso: Septiembre 2023	



LEYENDA (m s.n.m.)	
3,293.812989 - 3,300	3,450.000001 - 3,500
3,300.000001 - 3,350	3,500.000001 - 3,550
3,350.000001 - 3,400	3,550.000001 - 3,600
3,400.000001 - 3,450	

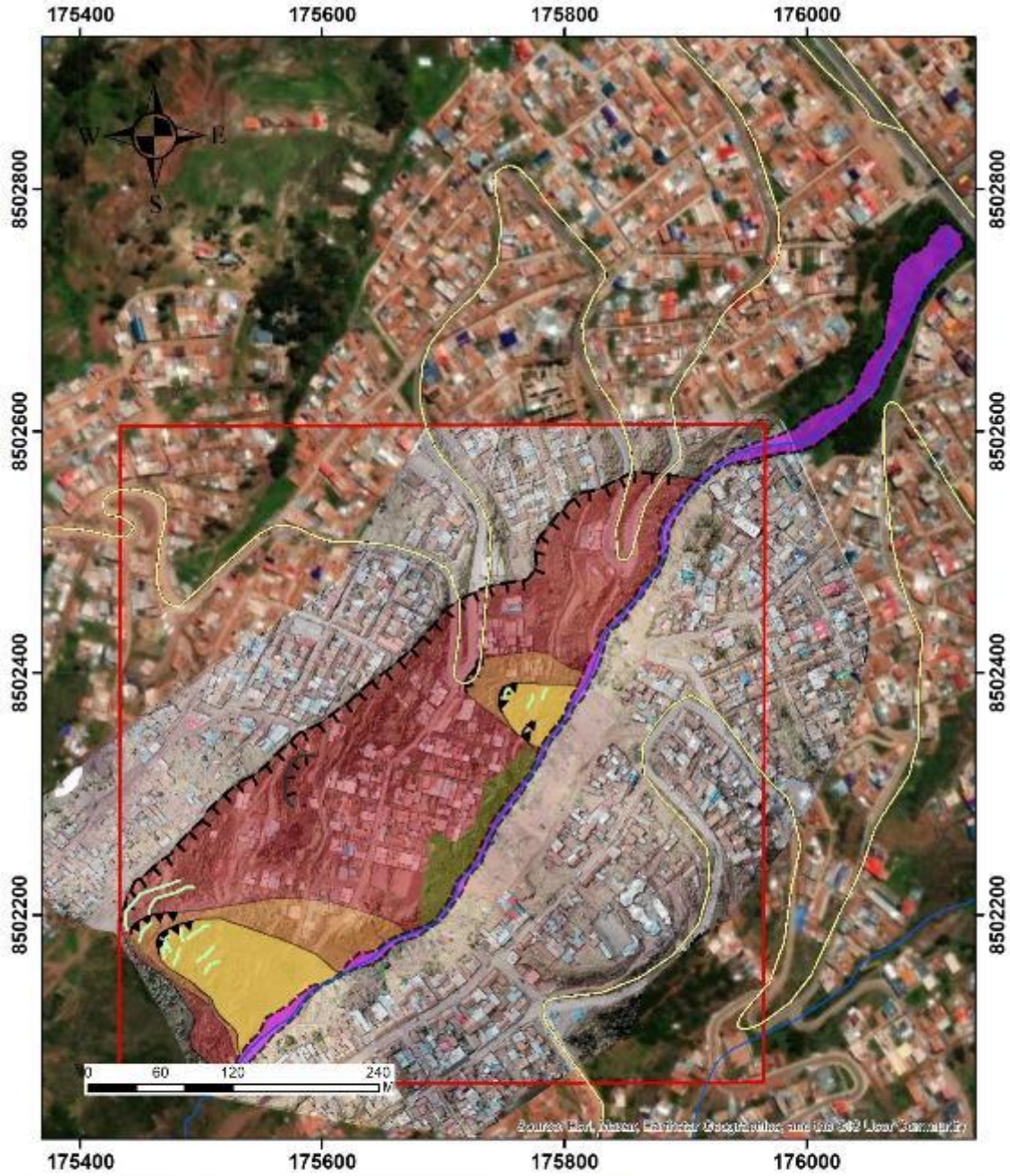
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Mapa de Elevaciones	Figura: 3
Escala 1:3 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2023 Impreso: Septiembre 2023	



Leyenda	
	RM-rs Montaña en roca sedimentaria
	RC-rs Colina en roca sedimentaria
	RME-rs Montaña estructural en roca sedimentaria
	V-dd Vertiente con depósito de deslizamiento

SIMBOLOGIA	
	Drenaje
	Red vial
	Zona de estudio
	APVs. en la quebrada

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Mapa geomorfológico	Figura: 4
Escala 1:3 000 Datum UTM WCS 84 Zona 19S Versión digital año 2023 Impreso: Septiembre 2023	



LEYENDA	
	Deslizamiento activo
	Erosión en cárcava
	Erosión laminar
	Derrumbe latente
	Flujo de detritos

SIMBOLOGIA	
	Drenaje
	Red vial
	Grieta
	Deslizamiento activo
	Derrumbe antiguo
	Zona de estudio

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Mapa de Peligros	Figura: 5
Escala 1:4 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2023 Impreso: Septiembre 2023	

ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES								
		TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre		
			<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino		
			<input checked="" type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico		
			<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico		
			<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial		
			<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral		
			<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar		
GRANULOMETRÍA			FORMA	REDONDES	PLASTICIDAD			
	%							
<input type="checkbox"/>	Bolos		<input type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado	<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad
<input type="checkbox"/>	10 Cantos		<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input type="checkbox"/>	Subredondeado	<input type="checkbox"/>	Med. Plástico
<input type="checkbox"/>	20 Gravas		<input checked="" type="checkbox"/>	Laminar	<input checked="" type="checkbox"/>	Anguloso	<input checked="" type="checkbox"/>	Baja Plasticidad
<input type="checkbox"/>	10 Gránulos		<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Subanguloso	<input type="checkbox"/>	No plástico
<input type="checkbox"/>	30 Arenas							
<input type="checkbox"/>	30 Limos							
<input type="checkbox"/>	Arcillas							
		ESTRUCTURA	TEXTURA	CONTENIDO DE	%	LITOLOGÍA		
<input checked="" type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia Orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos	
<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	Volcánicos	
<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input checked="" type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Matamórficos	
						<input type="checkbox"/>	100 Sedimentarios	
		COMPACIDAD						
		SUELOS FINOS	SUELOS GRUESOS					
		Limos y Arcillas	Arenas	Gravas				
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta			
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	Med. Consolidada			
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada			
				<input type="checkbox"/>	Muy Consolidada			
		CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.						
		SUELOS GRUESOS	SUELOS FINOS					
<input type="checkbox"/>	GW	<input type="checkbox"/>	GC	<input type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	CH	
<input type="checkbox"/>	GP	<input type="checkbox"/>	SW	<input type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	OH	
<input checked="" type="checkbox"/>	GM	<input type="checkbox"/>	SP	<input type="checkbox"/>	OL	<input type="checkbox"/>	PT	
<input type="checkbox"/>	SM	<input type="checkbox"/>	SC	<input type="checkbox"/>	MH			