

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7085**

# **EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA EN LOS TERRENOS DE REUBICACIÓN, PARA LOS SECTORES AFECTADOS POR EL ALUVIÓN DEL 23/02/2020 EN EL RÍO SALKANTAY**

Región Cusco  
Provincia La Convención  
Distrito Santa Teresa



## INDICE

RESUMEN .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. OBJETIVOS.....	2
1.2. ANTECEDENTES.....	2
2. ASPECTOS GENERALES.....	3
2.1. Ubicación y accesibilidad .....	3
2.2. Clima y vegetación .....	3
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS .....	5
3.1. Aspectos geológicos .....	5
3.1.1. Complejo Iscaybamba (NP-ci-mesq).....	6
3.1.2. Formación Ollantaytambo (CAOi-o) .....	6
3.1.3. Depósitos cuaternarios .....	6
3.1.4. Rocas ígneas.....	7
3.2. Estructuras geológicas.....	7
3.3. Aspectos geomorfológicos .....	8
3.3.1. Análisis de pendiente .....	8
3.3.2. Geoformas de carácter tectónico - degradacional y erosional .....	10
3.3.3. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	10
4. SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA .....	12
5. ZONAS PROPUESTAS DE REUBICACIÓN .....	13
CONCLUSIONES .....	32
RECOMENDACIONES.....	33
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....	34

## RESUMEN

El presente informe contiene la evaluación geológica de los terrenos propuestos para la reubicación, de los sectores afectados por el aluvión del 23/02/2020, en el río Salkantay (distrito Santa Teresa, provincia La Convención, región Cusco).

Litológicamente, en la subcuenca del río Salkantay afloran rocas metamórficas del Paleozoico inferior, conformado por metavolcánicas, anfibolitas y gneis, correspondientes al Complejo Iscaybamba; además, pizarras y esquistos verdes, intercalados con bancos de cuarcitas del Grupo Ollantaytambo. Estructuralmente, en la zona se tiene el sistema de fallas Collpapampa y Maranpata – Amparay (Carlotto et al., 1999).

Desde el punto de vista geomorfológico, sus vertientes más altas de la subcuenca del río Salkantay han sido modeladas por la acción erosiva de los glaciares, formando paisajes muy característicos, como circos y valles glaciares en forma de “U”, cuyas vertientes están cubiertas por depósitos de till. El valle del río Salkantay está circunscrito por montañas de rocas intrusivas y metamórficas, cuyo relieve agreste y de pendiente empinada condicionan la ocurrencia de procesos por movimientos en masa.

El aluvión del 23 de febrero del 2020, con origen en la laguna Salkantaycocha, recorrió alrededor de 38 km desde el desembalse hasta la desembocadura en el río Vilcanota (1485 m s.n.m.), en cuyo trayecto ensanchó y erosionó el lecho del río Salkantay. Además, afectó infraestructura vial (puentes y carreteras) y viviendas ubicadas contiguas al cauce del río Salkantay.

En ese contexto, los terrenos propuestos como zonas de reubicación; Tambo Unuyoc (T-1 y T-2), Wiñaypocco (T-1), Parcela Isla del Gallo (T-1), Churubamba (T-1), Sahuayaco (T-2, T-4 y T-5), Cochapampa (T-2 y T-3), Suriray (T-1 y T-2), Tendalpampa (T-1 y T-2), Sahuintuyoc (T-1 y T-2), y Limompata (T-1); por sus características geológicas, geomorfológicas y de geodinámica externa, **son considerados como zonas aptas.**

Para reubicar a los sectores afectados por el aluvión del 23/02/2020, en los terrenos propuestos se recomienda realizar estudio de suelos para determinar el tipo de cimentaciones de las futuras viviendas e infraestructura en los sectores de Potrero, Tambo Unuyoc (T-1 y T-2), Wiñaypocco (T-1), Parcela Isla del Gallo (T-1), Churubamba (T-1), Sahuayaco (T-2, T-4 y T-5), Cochapampa (T-2 y T-3), Suriray (T-1 y T-2), Tendalpampa (T-1 y T-2), Sahuintuyoc (T-1 y T-2), y Limompata (T-1). Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) para huaicos, con los respectivos sensores y sistemas de comunicación – alarma, que avise con antelación a la población asentada a lo largo del valle del río Salkantay sobre la ocurrencia de nuevos eventos. Así mismo implementar un sistema de defensa ribereña a lo largo de la subcuenca del río Salkantay.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente técnico-científico, incorpora dentro de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) y la ACT.7, evaluación de peligros geológicos a nivel nacional, cuyo alcance contribuye con entidades gubernamentales en los diferentes niveles de gobierno (nacional, regional y local), a partir del reconocimiento, caracterización y diagnóstico de peligros geológicos en territorios susceptibles a movimientos en masa, inundaciones u otros peligros geológicos asociados a eventos hidroclimáticos, sísmicos o de reactivación de fallas geológicas y/o asociados a actividad volcánica.

El INGEMMET, por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico comisionó a la geóloga Guisela Choquenaira Garate, para realizar la evaluación técnica en los terrenos de reubicación para los sectores afectados por el aluvión del 23/02/2020 en el río Salkantay. Los trabajos de campo se realizaron del 10 al 13 de julio del presente año, para lo cual se contó con el apoyo del Arq. Alberto Miranda, Geol. Melanie Huamán y pobladores.

Mediante esta asistencia técnica el INGEMMET proporciona un informe técnico que incluye resultados de la evaluación geológica - geodinámica realizada, así como recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención en el marco del Sistema de Gestión de Riesgo de Desastres; para cuya evaluación se realizaron trabajos de recopilación de información y preparación de mapas para trabajos de campo, toma de datos fotográficos, GPS, cartografía, procesamiento de información y finalmente la redacción del informe.

### 1.1. OBJETIVOS

- a. Evaluar las condiciones geológicas y geodinámicas en los terrenos de reubicación propuestos para los sectores Chaullay, Tambo Unuyoc, Unuyoc, Wiñaypocco, Sahuayaco, Cochapampa, Suriray, Tendalpampa, Sahuintuyoc y Limompata.
- b. Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos.

### 1.2. ANTECEDENTES

Entre los principales estudios realizados a nivel regional en la zona se pueden mencionar:

- Evaluación del impacto ocasionado por el aluvión del 23/02/2020 en el río Salkantay (Choquenaira, 2020), muestra la cartografía del recorrido del aluvión y la afectación a los sectores Huayracmachay, Wiñaypocco, Sahuayaco, Cochapampa, Paltaychayoc y Saucepampa.
- El Mapa de vulnerabilidad y riesgo del distrito de Santa Teresa dentro del proyecto de glaciares (Portocarrero, 2014), muestra la simulación ante un posible aluvión, donde las comunidades de Totorá, Manchayhuayco, Sahuayaco y Suriray están amenazadas por potenciales aluviones. Todas estas comunidades se encuentran ubicadas en zona de peligro medio a alto.
- Evolución glacial a finales del Holoceno, en los nevados Salkantay y Huamantay y su impacto frente al cambio climático (Concha, 2015). Hace referencia al retroceso glacial de los nevados Salkantay y Huamantay por el cambio climático.
- Zonas Críticas por peligros geológicos en la región Cusco (Vílchez, M. & Sosa, N. 2014), determinaron 75 zonas críticas, dentro del cual resaltan áreas, que luego del análisis de los peligros identificados y la vulnerabilidad a la que están expuestos

(infraestructuras, centros poblados y vías de acceso), se les considera como zonas con peligro potencial de generar desastres.

- El “Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa” (GEOCATMIN-INGEMMET, 2010), muestra que el distrito de Santa Teresa se encuentra en zona de susceptibilidad alta a movimientos en masa; además de acuerdo al inventario de peligros geológicos, se identificó la presencia de deslizamientos, derrumbes erosión fluvial, y flujos de detritos (huaico).

## 2. ASPECTOS GENERALES

### 2.1. Ubicación y accesibilidad

Los terrenos de reubicación propuestos para los sectores Chaullay, Tambo Unuyoc, Unuyoc, Wiñaypocco, Churubamba, Sahuayaco, Cochapampa, Suriray, Tendalpampa, Sahuintuyoc y Limompata, se ubican en el valle de la subcuenca del río Salkantay (figura 1), distrito de Santa Teresa, provincia de La Convención, región Cusco; cuyas coordenadas centrales UTM WGS84 son 765504 E, 8524146 S a 2500 m s.n.m.

**Cuadro 1.** Accesibilidad principal a la zona de estudio

Ruta principal	Tipo de Vía	km	Tiempo
Cusco – Santa María	Vía asfaltada	181	3h40 min
Santa María – Santa Teresa	Vía asfaltada	23	50 min
Santa Teresa – Chaullay, Tambo Unuyoc, Unuyoc, Churubamba, Sahuayaco, Cochapampa, Suriray, Sahuintuyoc, Tendalpampa y Limompata	Carretera carrozable (trocha)	15.8	30 min

### 2.2. Clima y vegetación

Según la clasificación climática de Koppen y Geiger, el distrito de Santa Teresa se caracteriza por presentar un clima templado de montaña con invierno (Cwb), con precipitación media anual de 664 mm, las máximas precipitaciones se presentan entre los meses de noviembre a marzo alcanzando un umbral de 1146 mm. La temperatura media anual es de 17. 6°C. Por las variaciones de altitud, relieve y clima en la zona predomina una densa vegetación arbustiva.

La zona alta de Santa Teresa (nevado Salkantay) presenta un clima frío de alta montaña, con precipitación total anual variable de 800 mm, y una temperatura media anual inferior a 1,5°C. Las únicas formas de vida observadas son algunas algas, así como minúsculos líquenes y crustáceos que crecen sobre rocas de color oscuro, en los límites inferiores de la cubierta nival y muy cerca de la tundra (Carlotto et. al, 2007).

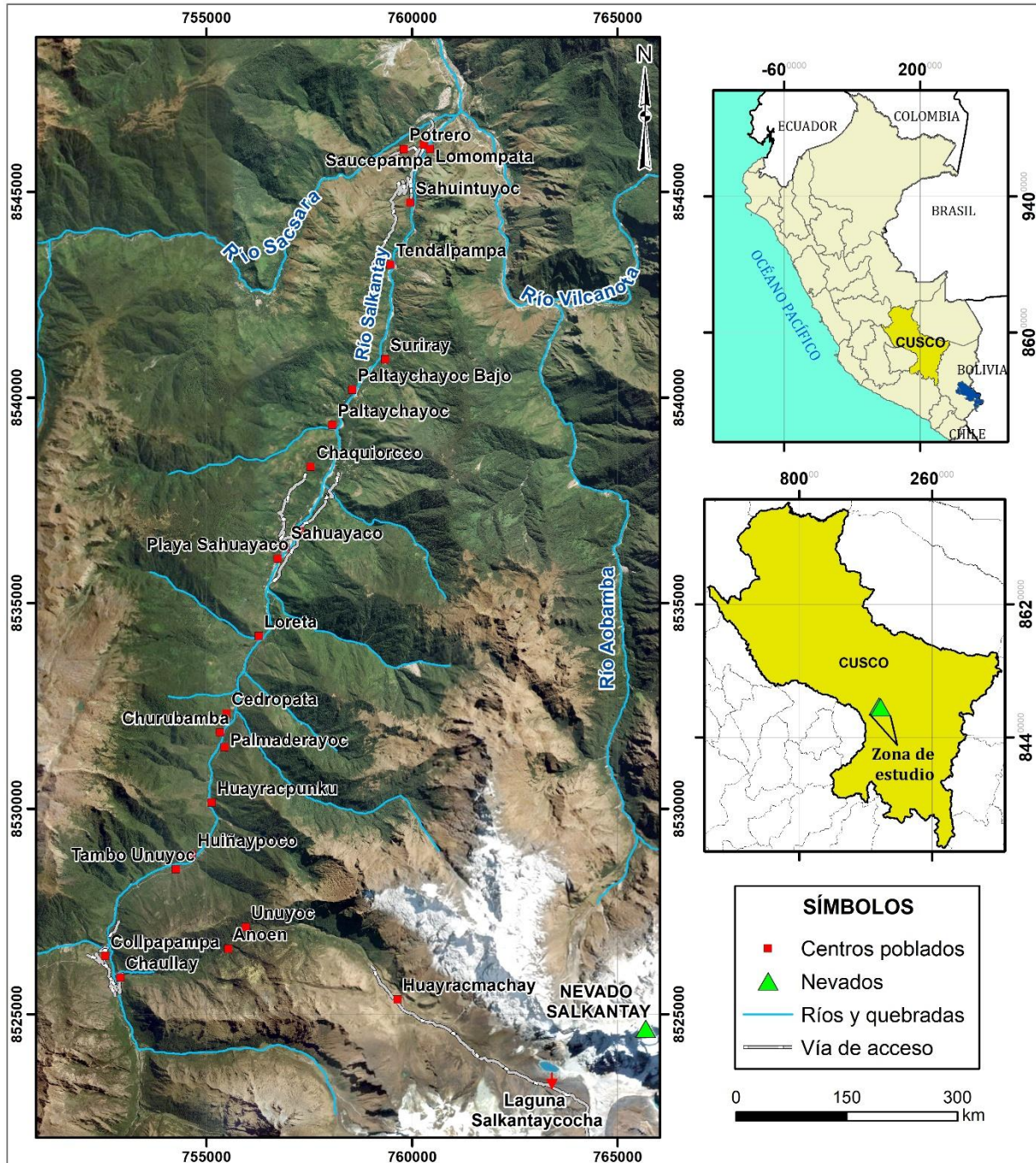


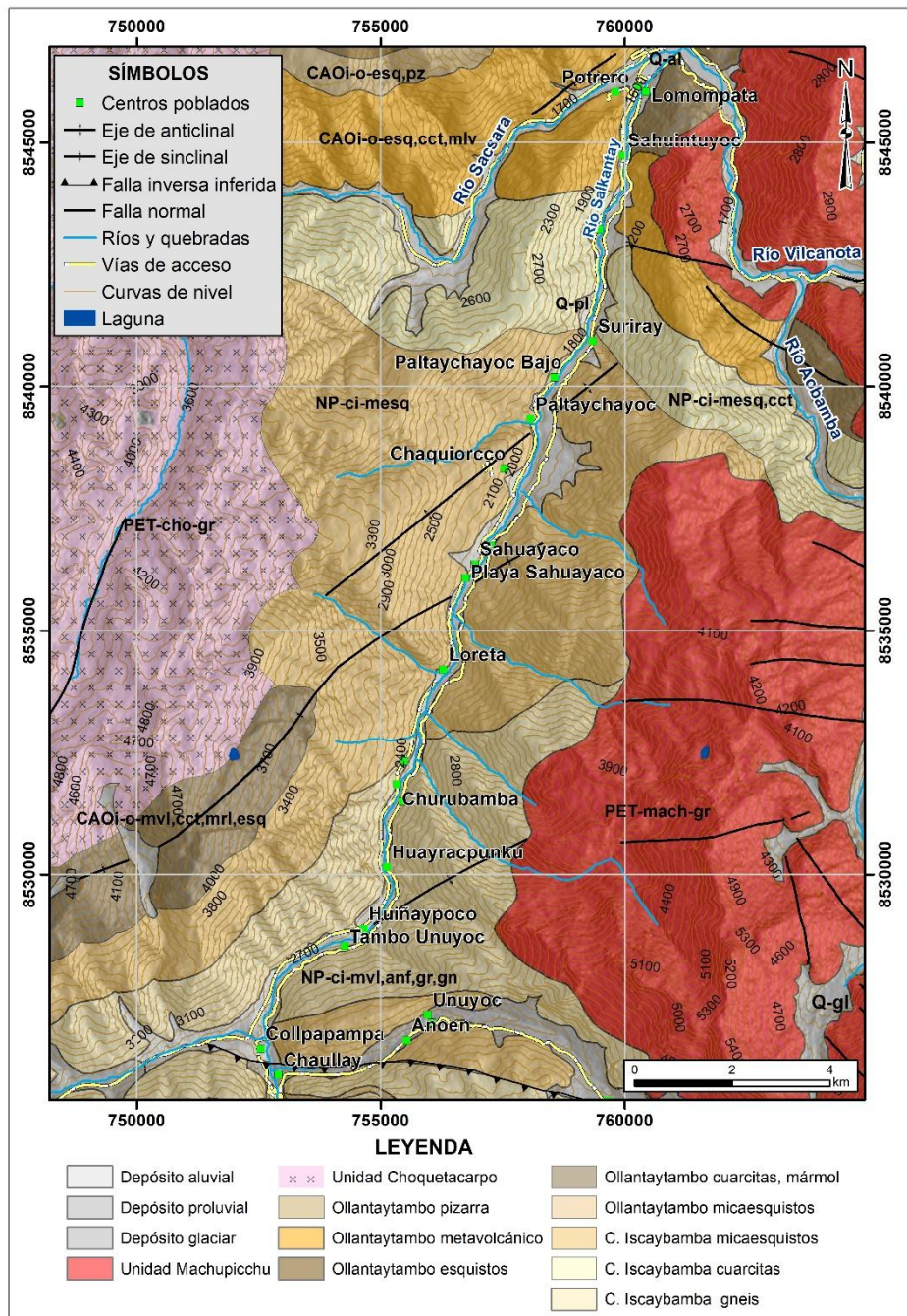
Figura 1. Mapa de ubicación de las zonas de reubicación, distrito de Santa Teresa, provincia de La Convención, región Cusco.

### 3. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

#### 3.1. Aspectos geológicos

En la subcuenca del río Salkantay (figura 2), de este a oeste, afloran rocas metamórficas del Paleozoico inferior, conformado por metavolcánicas, anfibolitas y gneis, correspondientes al Complejo Iscaybamba; pizarras y esquistos verdes, intercalados con bancos de cuarcitas del Grupo Ollantaytambo. El nevado Salkantay yace sobre rocas intrusivas del Pérmico-Triásico correspondientes al Batolito de Machupicchu.

La descripción de las unidades litoestratigráficas se ha extraído del boletín de la carta nacional del cuadrángulo Quillabamba – Machupicchu (Carlotto et al., 1999).



**Figura 2.** Mapa geológico de las zonas de reubicación, distrito de Santa Teresa, provincia de La Convención, región Cusco. Modificado de Carlotto, et al., 1999.

### **3.1.1. Complejo Iscaybamba (NP-ci-mesq)**

Está conformado por cuarcitas blanquecinas (fotografía 1) intercaladas con pequeños niveles de micaesquistos, mármoles de textura granoblástica, gneis de textura granular y finalmente micaesquistos intercalados con pequeños niveles de hornfels y anfibolitas según los estudios de Carlotto (1999) y Carlotto (2007).

### **3.1.2. Formación Ollantaytambo (CAOi-o)**

Esta unidad aflora al suroeste del nevado Salkantay. Está compuesta en su parte inferior por brechas de andesitas. En el nivel superior se observan pizarras y esquistos verdes, intercalados con bancos de cuarcitas. En la quebrada Silque, al noroeste del nevado Salkantay, Egeler y De Booy, (1961), indican la presencia de una asociación de fósiles de graptolitos que sugieren una edad Arenigiana, por consiguiente, la edad de la Formación Ollantaytambo es Ordovícica inferior. A lo largo del valle del río Salkantay, el sustrato rocoso se encuentra fuertemente fracturado y con intensa meteorización.

### **3.1.3. Depósitos cuaternarios**

Estos depósitos se han desarrollado ampliamente en las laderas y en el fondo de los valles Aobamba, Río Blanco, Sisaypama y Huamantay que descienden de los nevados Salkantay, Tucaruay y Huamantay. Se trata de depósitos aluviales, coluviales, proluviales fluviales (figura 3) y morrénicos, este último formado durante los periodos glaciares del Pleistoceno y Holoceno (Licciardi, 2009), los que están constituidos principalmente por bloques graníticos envueltos en matriz gravo arcillosa (Concha, 2015).

#### **3.1.3.1. Depósito fluvioglacial (Q-flgl)**

En el fondo del valle del río Salkantay se observó depósitos fluvioglaciares, constituidos por gravas envueltas en matriz areno – arcillosa, que son resultado del acarreo y depositación de material de origen glaciar por corrientes fluviales.

#### **3.1.3.2. Depósito aluvial (Q-al)**

Se encuentran distribuidos en ambas márgenes del río Salkantay, conformado por bloques y gravas de rocas intrusivas en su mayoría, envueltos por una matriz areno - arcillosa. Representan antiguos niveles del curso del río referido.

#### **3.1.3.3. Depósito coluvial (Q-co)**

Se localizan en las laderas de montañas modeladas en rocas intrusivas y metamórficas que delimitan el río Salkantay, producto de caída de detritos y bloques de roca, los cuales se depositan al pie de las vertientes, están constituidos por bloques angulosos envueltos en una matriz limosa.

#### **3.1.3.4. Depósito proluvial (Q-pr)**

Se encuentran dispuestos en el fondo de los valles, conos deyeectivos y en la confluencia de quebradas tributarios al curso del río Salkantay. Están conformados por fragmentos rocosos heterométricos de rocas intrusivas y metamórficas (guijarros, gravas, bloques, etc.), inmersos en matriz arcillo-limoso.

Parte del sector Sahuayaco se ubica sobre este depósito.



### 3.1.4. Rocas ígneas

#### 3.1.4.1. Unidad de Machupicchu

El distrito de Santa Teresa está caracterizado por la presencia de cuerpos o macizos de rocas intrusivas, que forman el Batolito de Machupicchu. Esta unidad corta rocas metamórficas de la Formación San José (Ordovícico), y del Complejo Iscaybamba (Cámbrico - Ordovícico). El granito ha sido datado en  $246 \pm 10$  Ma. (Egeler y De Booy, 1961), es decir, del Triásico inferior. En general, los granitos son de color blanco o gris, con textura granular, holocristalina y porfirítica, están compuestos por cuarzos, microclinas, ortoclasas, plagioclasas, biotitas, así como zircón, epídotas y cloritas (Carlotto et al., 1999).

### 3.2. Estructuras geológicas

Estructuralmente, en la subcuenca del río Salkantay se aprecian fallas, fracturas y diaclasas, que conjuntamente con los procesos glaciares, han condicionado la forma del relieve (Concha, 2015). Específicamente, por la laguna Salkantaycocha atraviesa una falla inversa regional, correspondiente al sistema Collpapampa y Maranpata – Amparay (Carlotto et al., 1999).



**Fotografía 1.** Vista del sustrato rocoso fracturado y con intensa meteorización, al NE del sector Collpapampa.



**Figura 3.** Vista de depósitos cuaternarios en el sector Wiñaypocco: aluvial (Q-al), proluvial (Q-pr), coluvial (Q-co) y fluvial (Q-fl).

### 3.3. Aspectos geomorfológicos

Desde el punto de vista geomorfológico, sus vertientes más altas de la subcuenca del río Salkantay han sido modelados por la acción erosiva de los glaciares, formando paisajes muy característicos, como circos y valles glaciares en forma de “U”, cuyas vertientes están cubiertas por depósitos de till.

El valle del río Salkantay está circunscrito por montañas de rocas intrusivas y metamórficas, cuyo relieve agreste y de pendiente empinada condicionan la ocurrencia de procesos por movimientos en masa.

#### 3.3.1. Análisis de pendiente

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 movimientos en masa.

En la figura 4, se presenta el mapa de pendientes, elaborado en base a información del modelo de elevación digital de 12 m de resolución (USGS), donde se presentan con mayor predominio laderas con inclinación de pendientes comprendidas entre 20° a 70°, consideradas de moderada a fuerte pendiente, lo que facilita el escurrimiento superficial del agua de precipitación pluvial y el arrastre del material suelto disponible en las laderas.

Por otro lado, se evidencian pendientes menores a 8° a lo largo del valle y terrazas del río Salkantay.

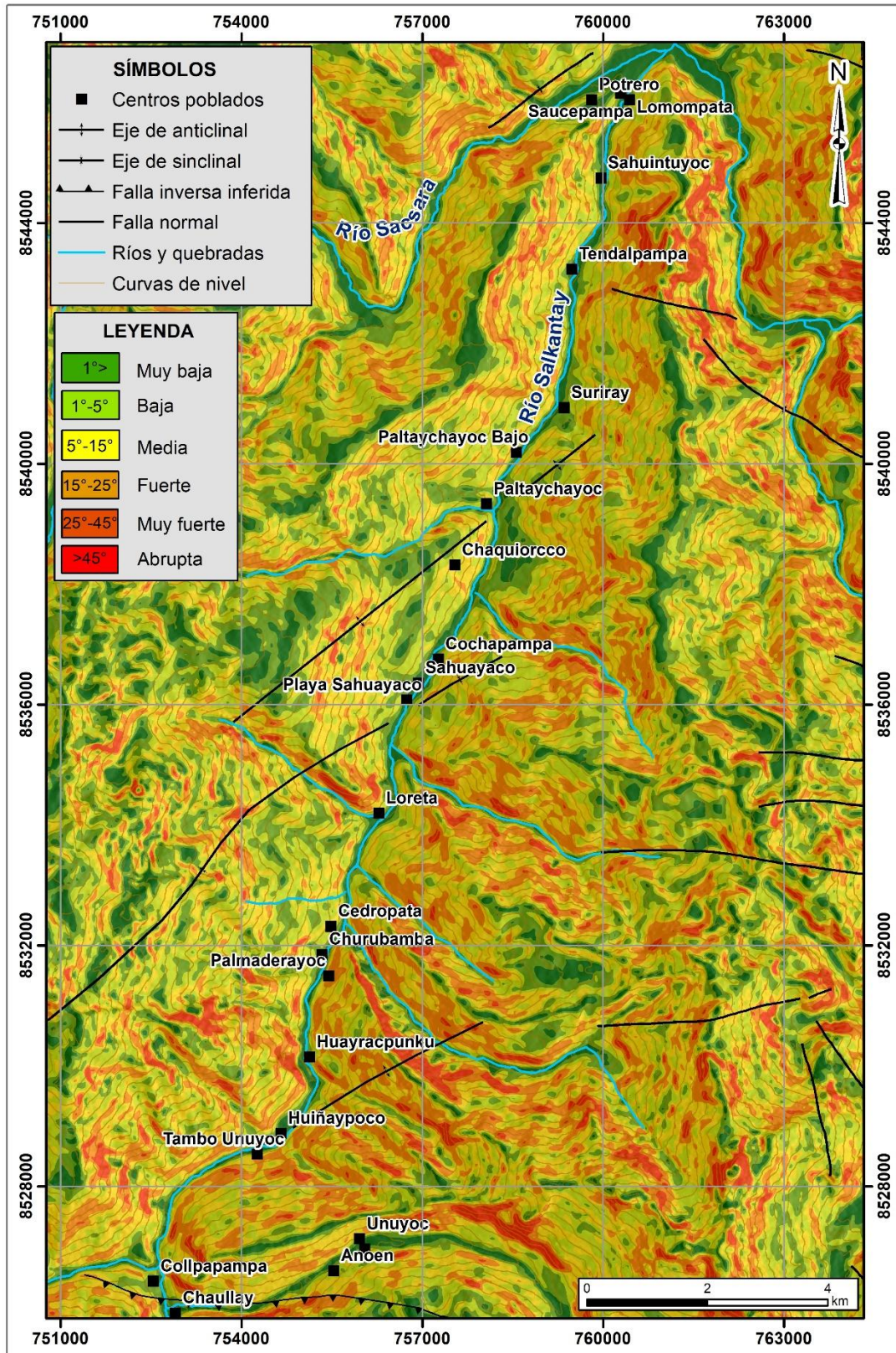


Figura 4. Mapa de pendientes de la zona de estudio.

### **3.3.2. Geoformas de carácter tectónico - degradacional y erosional**

#### **3.3.2.1. Unidad de montaña**

##### **a. Subunidad de montañas en rocas intrusivas (RM-ri)**

Conforman laderas y crestas de topografía muy abrupta, con pendientes de hasta 70° (vertiente sur del nevado Salkantay) y elevaciones que alcanzan los 6271 m s.n.m. Estos relieves tienen formas irregulares y la evolución de sus formas está controlada por fallas de dirección E-O, diaclasas y el modelado glaciar. Desde el punto de vista litológico son rocas graníticas, correspondientes al Batolito de Machupicchu (fotografía 2).

El grado de peligrosidad en esta subunidad está caracterizado por las continuas caídas y desprendimientos de roca y detritos, así como avalanchas de hielo y nieve de los nevados Salkantay y Huamantay (Concha, 2015).

##### **b. Subunidad de montañas en rocas metamórficas (RM-rm)**

Conforman también laderas y crestas muy empinadas y abruptas, con pendientes que varían entre 25° y 70°, con elevaciones que alcanzan los 5890 ms.n. m. (nevado Turcarhuay). Tienen formas muy parecidas a los relieves montañosos en rocas intrusivas, aunque no se encuentran tan fracturadas, pero si están fuertemente plegadas y alteradas. Su forma también está controlada por fallas, pliegues y el modelado glaciar.

El grado de peligrosidad en esta subunidad está caracterizado por caídas, desprendimientos de roca y detritos.

### **3.3.3. Geoformas de carácter depositacional y agradacional**

#### **3.3.3.1. Unidad de piedemonte**

##### **c. Subunidad de vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at):**

Son el resultado de la acumulación de material movilizado a manera de flujos de detritos (huaicos), modifican localmente la dirección de los cursos de ríos y se ubican en las desembocaduras de quebradas hacia los ríos principales (figura 5).

##### **d. Subunidad de piedemonte coluvio – deluvial (V-cd)**

Corresponde a las acumulaciones o depósitos de ladera, originados por procesos de movimientos en masa del tipo deslizamientos, derrumbes, avalanchas de rocas o movimientos complejos. Corresponde a laderas con pendientes que varían entre 20° y 70° (vertiente sur del nevado Salkantay). Su composición litológica es homogénea, constituida por fragmentos rocosos envueltos en matriz arenosa, son depósitos de corto recorrido (fotografía 3).

Su peligrosidad está caracterizada por la formación de deslizamientos, derrumbes y avalanchas producidas por el desgaste y la erosión de las rocas que en muchos casos se encuentran fracturadas y alteradas (Concha, 2015).

### 3.3.3.2. Unidad de valle

#### e. Subunidad de terraza aluvial (T-al)

Son planicies con pendientes que varía entre 5° y 10°, constituidas por una sucesión de abanicos aluviales que se superponen uno sobre otro y que descienden por las laderas de las montañas. Están constituidos por material inconsolidado, de gravas, limos y arenas. Estos depósitos se originan en tiempos de intensas precipitaciones pluviales y variación climática, como el fenómeno ENSO (Concha, 2015).



**Fotografía 2.** Vista de montañas modeladas en rocas intrusivas, al noreste del poblado de Santa Teresa.



**Figura 5.** Vista de las subunidades geomorfológicas en el sector Sahuayaco: Subunidad de vertiente aluvio – torrencial (P-at), subunidad de vertiente coluvial – deluvial (V-cd) y subunidad de terraza aluvial (T-al).



**Fotografía 3.** Vista de depósito coluvial, al noroeste del sector Chaullay.

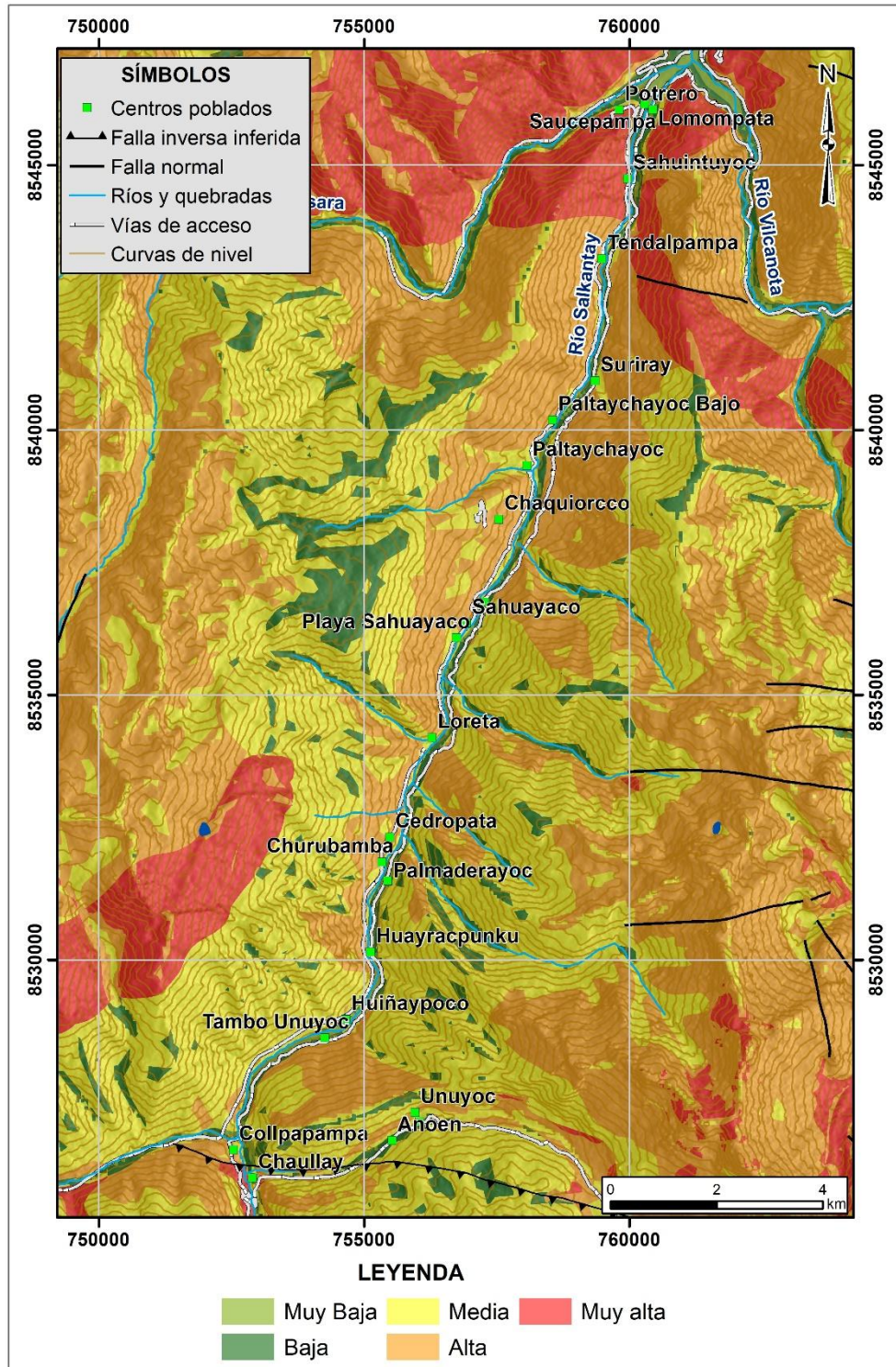
#### **4. SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA**

La susceptibilidad a los movimientos en masa está definida como la propensión que tiene determinada zona a ser afectada por un proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno).

En la figura 6, se presenta el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la subcuenca del río Salkantay, representada por cinco niveles, **muy alta, alta, media, baja y muy baja.**

Los sectores de Chaullay, Tambo Unuyoc, Wiñaypocco, Churubamba, Cedropata, Sahuayaco, Suriray, Tendalpampa y Sahuintuyoc, se encuentran en zonas de susceptibilidad alta a movimientos en masa. Mientras que, los sectores de Unuyoc, Cochapampa y Suriray se encuentran en zonas de susceptibilidad media.

Finalmente, los sectores de Limompata y Potrero se ubican en zonas de susceptibilidad media - baja a movimientos en masa.



**Figura 6.** Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa de la subcuenca del río Salkantay (Vílchez, 2020).

## 5. ZONAS PROPUESTAS DE REUBICACIÓN

Las zonas de reubicación propuestas para los sectores Chaullay, Tambo Unuyoc, Unuyoc, Wiñaypocco, Churubamba, Sahuayaco, Cochapampa, Suriray, Sahuintuyoc y Limompata se describen en los cuadros 2, 3 y 4.

**Cuadro 2.** Zonas de reubicación propuestas para los sectores Chaullay, Tambo Unuyoc, Unuyoc, Parcela Isla del Gallo, Wiñaypocco y Churubamba.

SECTOR	ZONAS DE REUBICACIÓN				GEOLOGÍA		GEOMORFOLOGÍA		PELIGROS GEOLÓGICOS	DISPOSICIÓN DEL TERRENO
	TERRENO	ESTE	NORTE	ZONA	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	COMPOSICIÓN	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	PENDIENTE		
CHAULLAY Figura 7 y fotografía 4	T-1 Fotografía 5	760072	8546026	18 s	Depósito de deslizamiento	Bloques heterométricos de rocas intrusivas y metamórficas, inmersos en matriz areno arcillosa.	Vertiente de deslizamiento, terraza aluvial	5°	Deslizamiento rotacional en el talud de la meseta, con 39 m de longitud de escarpe y una distancia de 31 m entre el escarpe y el pie del deslizamiento. Afectó un tramo de 37 m (fotografía 6). Así mismo, en el talud se evidenció procesos de erosión de ladera en surcos	Apto
TAMBO UNUYOC	T-1	754199	8528489	18 s	Depósito coluvio - deluvial	Fragmentos de roca metamórfica, en matriz areno - limosa.	Vertiente coluvio - deluvial	28°	Se ubica a 100 m del cauce del río Salkantay, acontecido el aluvión del 23/02/2020	Apto
	T-2 Fotografía 7	754520	8528508	18 s	Complejo Iscaybamba	Anfibolita, gneis	Ladera de montaña metamórfica	30°	Aguas abajo del terreno se observó un deslizamiento, con 190 m de escarpe y 317 m entre el escarpe y el pie del deslizamiento. Afectó el camino carrozable en un tramo de 220 m	Apto



<b>WIÑAYPOCCO</b>	<b>T-1</b> Figura 8	754573	8528914	18 s	Depósito coluvio - deluvial	Fragmentos de roca metamórfica, en matriz areno - limosa	Vertiente coluvio - deluvial	25°	Se ubica a 70 m del cauce del río Salkantay, acontecido el aluvión del 23/02/2020	<b>Apto</b>
<b>PARCELA ISLA DEL GALLO</b>	<b>T-1</b>	755279	8529444	18 s	Complejo Iscaybamba	Anfibolita, gneis	Ladera de montaña metamórfica	30°	En los pies de la ladera se observó un derrumbe de 30 m de longitud entre la zona de arranque y el pie del derrumbe	<b>Apto</b>
<b>UNUYOC</b>	<b>T-1</b>	755221	8530206	18 s	Depósitos coluvial - proluvial	Bloques de rocas metamórficas, en matriz limosa	Vertiente coluvial - deluvial	15°	Parte del terreno se encuentra en el cauce de una quebrada	<b>No apto</b>
<b>CHURUBAMBA</b> Figura9	<b>T-1</b>	754999	8530796	18 s	Depósito aluvial	Bloques de rocas intrusivas y metamórficas, en matriz areno arcillosa	Terraza aluvial	10°	Se ubica a 60 m del cauce del río Salkantay, acontecido el aluvión del 23/02/2020, con presencia de erosión fluvial en la base de la terraza	<b>Apto</b>

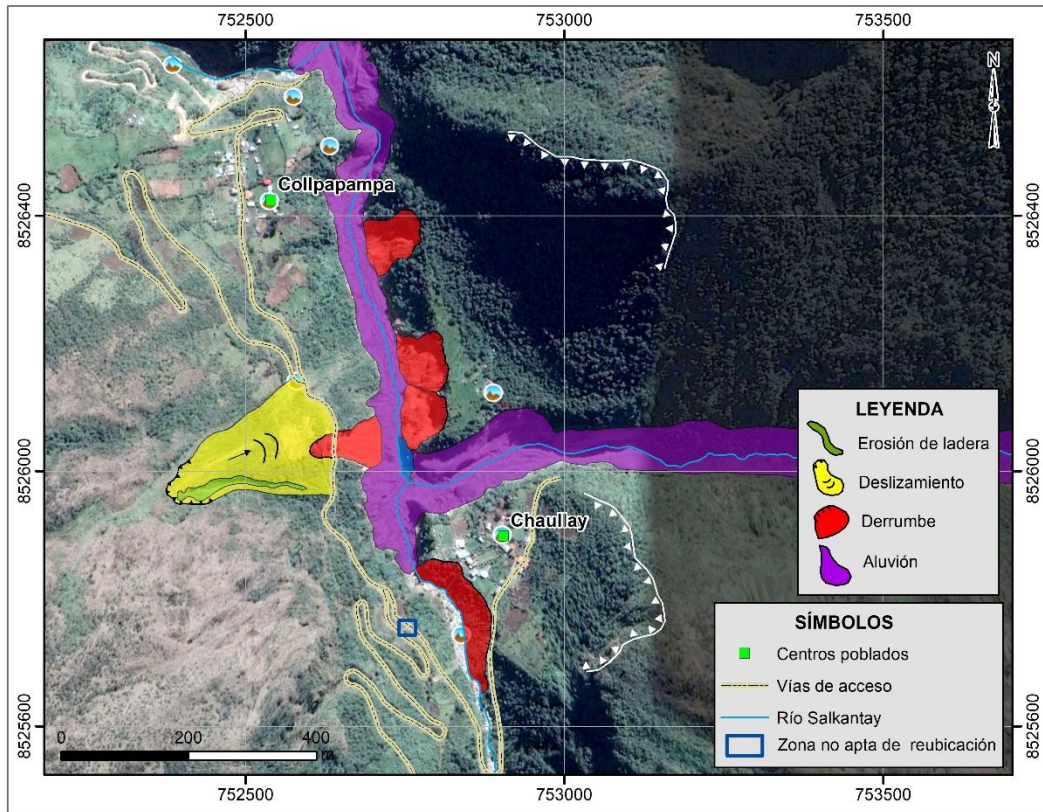


Figura 7. Cartografía de procesos por movimientos en masa del sector Chaullay.



Fotografía 4. Represamiento en el río Salkantay, generado por el aluvión del 23/02/2020, sector Chaullay.



**Fotografía 5.** Vista del sector El Potrero, circundado por montañas metamórficas.



**Fotografía 6.** Vista de un deslizamiento en la ladera sur de la mesa El Potrero, debido a los cortes de talud.



**Fotografía 7.** Zona de reubicación propuesta para el sector Tambo Unuyoc.



**Figura 8.** Zona de reubicación propuesta para el sector Wiñaypocco, se ubica a 70 m del cauce del río Salkantay.

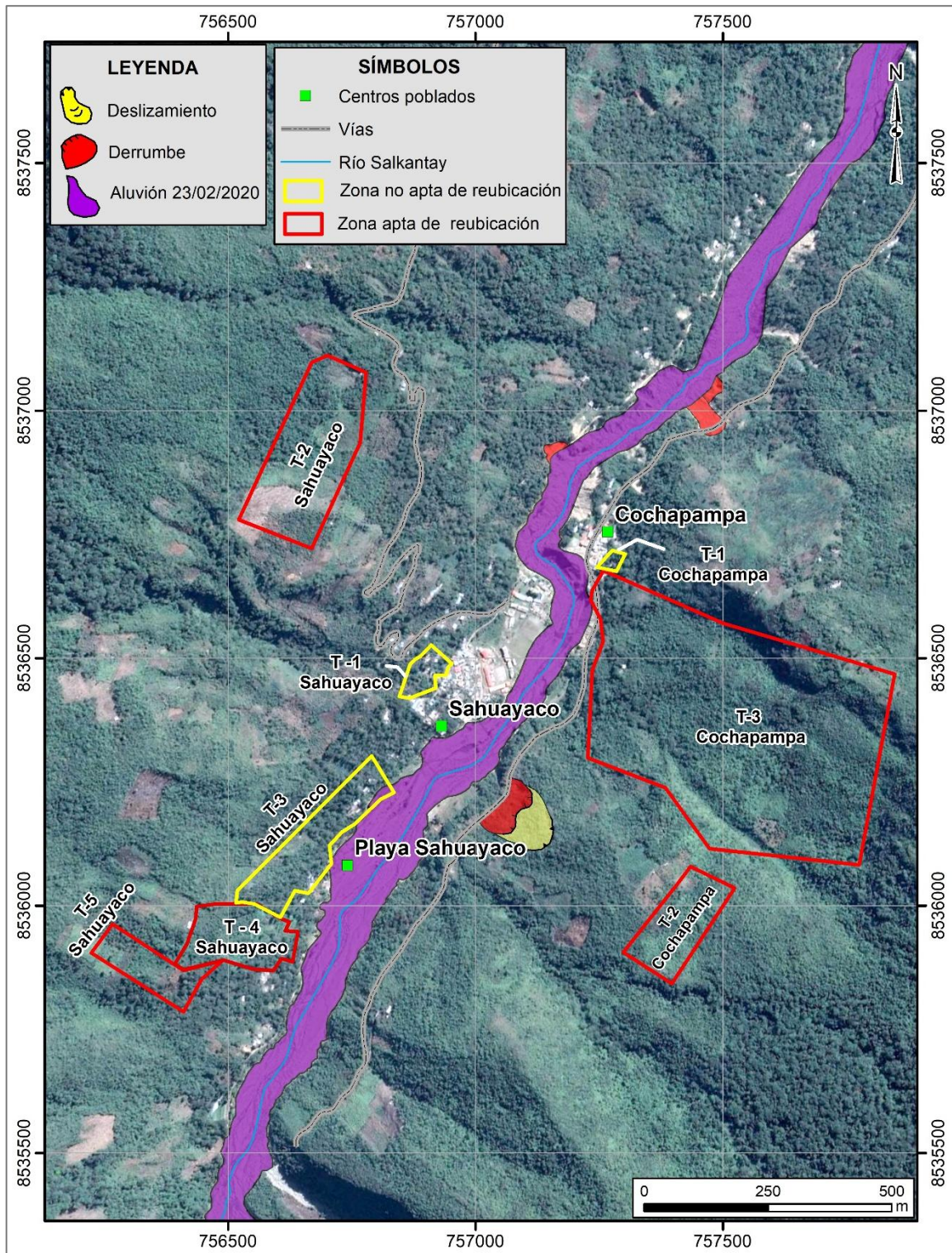


**Figura 9.** Vista del sector Churubamba, se ubica a 30 m aproximadamente del escarpe de deslizamiento.

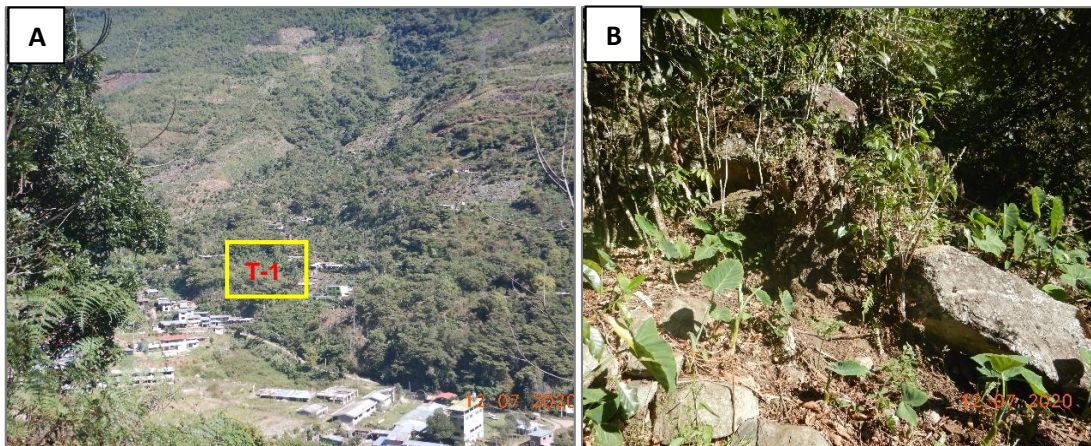
**Cuadro 3.** Zonas propuestas de reubicación para los sectores Sahuayaco y Cochapampa.

SECTOR	ZONAS DE REUBICACIÓN				GEOLOGÍA		GEOMORFOLOGIA		PELIGROS GEOLÓGICOS	DISPOSICIÓN DEL TERRENO
	TERRENO	ESTE	NORTE	ZONA	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	COMPOSICIÓN	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	PENDIENTE		
<b>SAHUAYACO</b>	T-1 Figura 10	756891	8536477	18 s	Depósito proluvial	Boques heterométricos de composición granítica, con diámetros comprendidos entre 0.60 a 1.30 m, inmersos en matriz areno arcillosa.	Piedemonte aluvio - torrencial	25°	Flujo de detrito antiguos, deslizamientos y caída de rocas (figura 11)	<b>No apto</b>
	T-2	756645	8536785	18 s	Complejo Iscaybamba	Micaesquistos	Ladera de montaña metamórfica (fotografía 8)	20°	Actualmente, no se evidencian peligros geológicos	<b>Apto</b>
	T-3	756678	8536138	18 s	Depósito coluvio - deluvial	Bloques de rocas metamórficas e intrusivas de formas angulosas, inmersos en matriz areno limosa.	Vertiente coluvio - deluvial	35°	Se ubica a 10 m del cauce del río Salkantay, acontecido el aluvión del 23/02/2020	<b>No apto</b>
	T-4	756483	8535953	18 s	Complejo Iscaybamba, Depósito coluvio - deluvial	Micaesquistos	Ladera de montaña metamórfica, vertiente coluvio - deluvial	30°	Se ubica a 30 m del cauce del río Salkantay, ocurrido el aluvión del 23/02/2020	<b>Apto</b> (Ver recomendaciones)
	T-5 Figura 12	756319	8535895	18 s	Complejo Iscaybamba	Micaesquistos	Ladera de montaña metamórfica	33°	Actualmente, no se evidencian peligros geológicos	<b>Apto</b>

<b>COCHAPAMPA</b>	<b>T-1</b> Fotografía 9	757268	8536700	18 s	Depósito coluvio - deluvial	Fragmentos de roca metamórfica, inmersos en matriz areno - limosa	Vertiente coluvio - deluvial	28°	Se ubica a 80 m del cauce del río Salkantay, acontecido el aluvión del 23/02/2020	<b>No apto</b>
	<b>T-2</b> Figura 13	757541	8536401	18 s	Complejo Iscaybamba	Micaesquistos	Ladera de montaña metamórfica	35°	En los pies de la ladera se observan derrumbes y deslizamientos	<b>Apto</b> (Ver recomendaciones)
	<b>T-3</b>	757324	8536006	18 s	Complejo Iscaybamba	Micaesquistos	Ladera de montaña metamórfica	25°	El terreno se encuentra disectado por dos quebradas, donde se observaron cicatrices de deslizamientos antiguos	<b>Apto</b> (Ver recomendaciones)



**Figura 10.** Cartografía de peligros geológicos y zonas de reubicaci3n propuestas para los sectores Sahuayaco y Cochapampa.



**Figura 11.** A) Terreno (T-1) de reubicación propuesto para el sector Sahuayaco. B) Se observó caída de rocas de eventos antiguos, con diámetros comprendidos entre 0.5 a 2 m.



**Fotografía 8.** Terreno (T-2) propuesto como zona de reubicación para el sector Sahuayaco.



**Figura 12.** Terrenos (T-5) de reubicación propuesto para el sector Sahuayaco.





**Fotografía 9.** Terreno (T-1) de reubicación propuesto para el sector Cochapampa.



**Figura 13.** Vista panorámica del terreno (T-2) propuesto por los pobladores, para la reubicación del sector Cochapampa.

**Cuadro 4:** Zonas de reubicación propuestas para los sectores Suriray, Tendalpampa, Sahuintuyoc y Limompata.

SECTOR	ZONAS DE REUBICACIÓN				GEOLOGÍA		GEOMORFOLOGIA		PELIGROS GEOLOGICOS	DISPOSICIÓN DEL TERRENO
	TERRENO	ESTE	NORTE	ZONA	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	COMPOSICIÓN	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	PENDIENTE		
SURIRAY	T-1 Figura 14	759492	8541599	18 s	Depósito de un deslizamiento antiguo	Bloques heterométricos, de composición metamórfica	Vertiente de deslizamiento	15° a 20°	Deslizamientos antiguos. Se ubica a 45 m del cauce del Salkantay, acontecido el aluvión del 23/02/2020	<b>Apto</b>
	T-2 Figura 15	759611	8541763	18 s	Depósito proluvial	Bloques de composición granítica, de 0.60 a 1.30 m, inmersos en matriz arenosa arcillosa.	Piedemonte aluvio - torrencial	33°	Flujos antiguos. Se ubica a 35 m del cauce del Salkantay, acontecido el aluvión del 23/02/2020	<b>Apto</b>
TENDALPAMPA	T-1 Figura 15	759323	8541865	18 s	Gripo Ollantaytambo	Esquistos, cuarcitas y meta volcánico	Ladera de montaña metamórfica	30°	Se ubica a 50 m del cauce del río Salkantay, acontecido el aluvión del 23/02/2020	<b>Apto</b> (Ver recomendaciones)
	T-2	759386	8542103	18 s	Depósito coluvio - deluvial	Bloques heterométricos, de composición metamórfica	Vertiente coluvio - deluvial	20°	Se ubica a 35 m del cauce del río Salkantay, acontecido el aluvión del 23/02/2020	<b>Apto</b>
	T-3 Fotografía 10	759397	8542386	18 s	Depósito coluvio - deluvial	Bloques heterométricos, de composición metamórfica	Vertiente coluvio - deluvial	25°	Se ubica a 10 m del cauce del río Salkantay, acontecido el aluvión del 23/02/2020	<b>No apto</b>
SAHUINTUYOC	T-1 Figura 16 y fotografía 11	759904	8544831	18 s	Grupo Ollantaytambo	Esquistos, cuarcitas y meta volcánico	Ladera de montaña metamórfica	20° a 35°	Al noroeste del terreno se identificó una cárcava, con 80 m de ancho y 20 m de profundidad, donde, en temporada lluviosa acarrea material suelto y genera flujo de detritos. Además, en la parte superior de	<b>Apto</b>

									la ladera, se han realizado cortes de talud para el trazo un camino carrozable. En los cortes de talud se observó derrumbes, cuyo material se depositó dentro de la cárcava. El material suelto de fácil remoción en la zona de carcavamiento, podría desencadenar un huaico en temporada de lluvias intensas.	
	<b>T-2</b> Fotografía 12	759902	8545295	18 s	Depósito coluvio - deluvial	Bloques heterométricos, de composición metamórfica, de 0.5 a 1 m, inmersos en matriz areno - limosa.	Vertiente coluvio - deluvial	25°	Caída de rocas de hasta 1 m de diámetro. Se ubica a 75 m del cauce del río Salkantay, acontecido el aluvión del 23/02/2020	<b>Apto</b> (Ver recomendaciones)
	<b>T-3</b>	760057	8546108	18 s	Depósito de deslizamiento	Bloques de rocas intrusivas y metamórficas, en matriz areno arcillosa.	Vertiente de deslizamiento, terraza aluvial	5°	Actualmente, no se observan movimientos en masa	<b>Apto</b>
<b>LIMONPATA</b>	<b>T-1</b> Figura 17	760424	8545964	18 s	Grupo Ollantaytambo, depósito coluvio - deluvial	Metavolcánico, cuarcita, mármol, esquistos. rocas metamórficas, cubierto por depósitos coluviales de composición metamórfico, envueltos en matriz areno - limoso	Ladera de montaña metamórfica	15° a 25°	Al sureste de la zona, a 80 m aproximadamente se identificaron procesos de erosión de ladera en cárcavas, con 10 m de ancho en su parte central. Además, se observó bloques caídos con diámetros de hasta 2 m, según manifiestan los pobladores, este proceso ocurrió en los	<b>Apto</b>

									años 90 (fotografía 13).	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------------------	--



**Figura 14.** Terreno (T-1) de reubicación propuesto para el sector Suriray, se ubica a 45 m del cauce del río Salkantay.



**Fotografía 10.** Terreno (T-3) de reubicación propuesto para el sector Tendalpampa, se ubica a 35 m del cauce del río Salkantay.

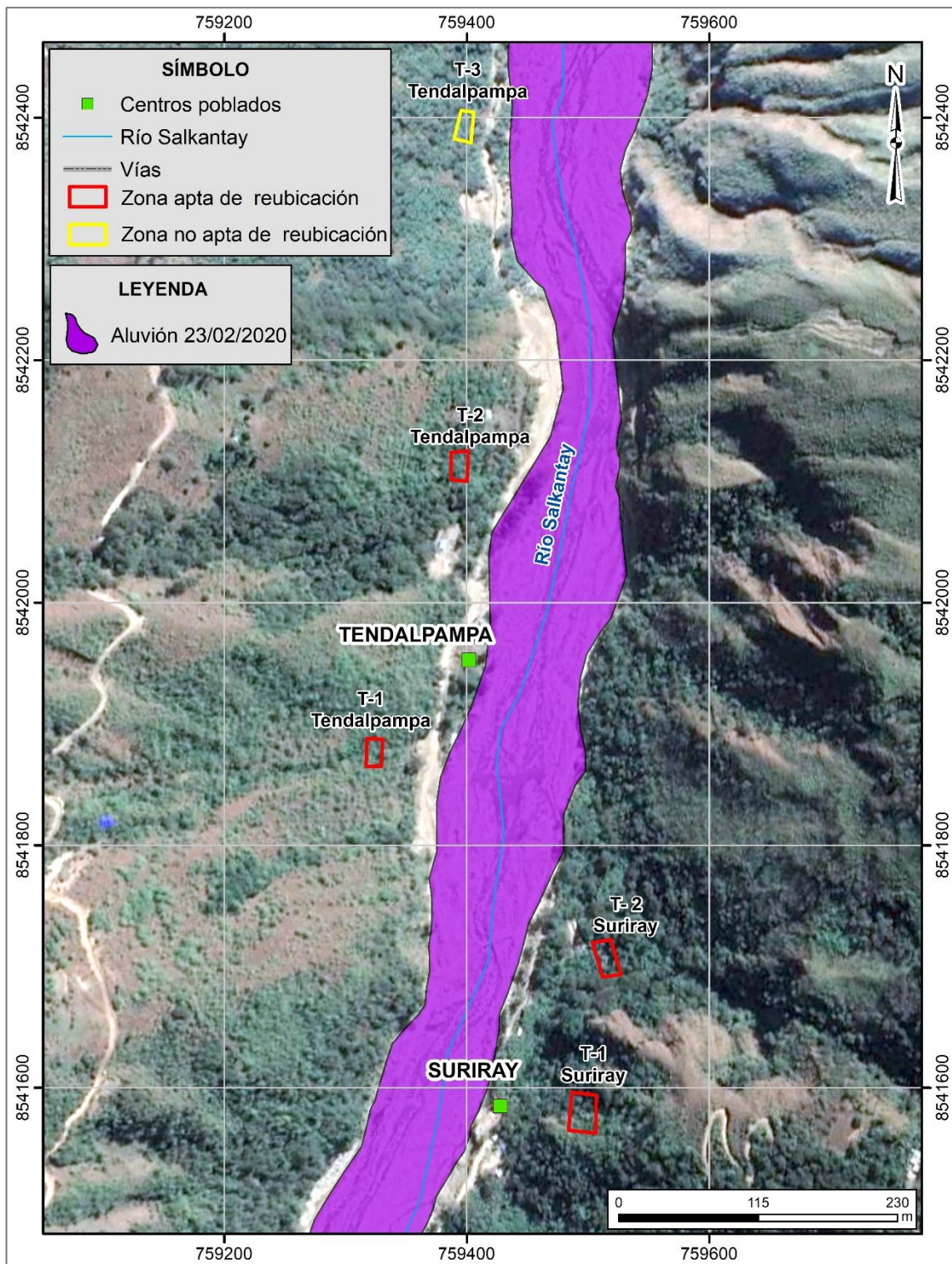


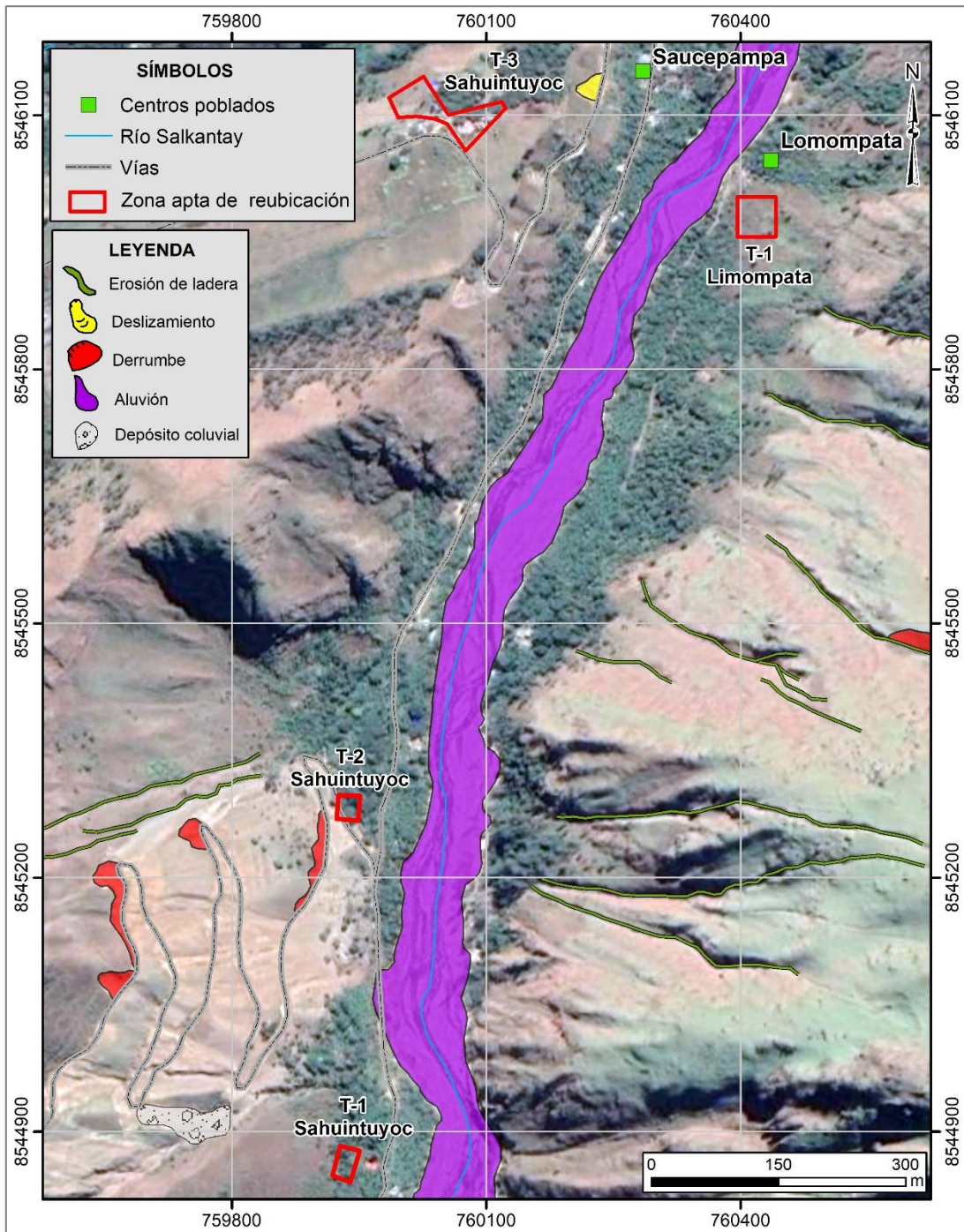
Figura 15. Zonas de reubicación propuestas para los sectores Suriray y Taldalpampa.



**Fotografía 11.** Terreno (T-1) de reubicación propuesto para el sector Sahuintuyoc, se ubica a 100 m del cauce del río Salkantay.



**Fotografía 12.** Terreno (T-2) de reubicación propuesto para el sector Sahuintuyoc, se ubica a 75 m del cauce de río Salkantay.



**Figura 16.** Cartografía de peligros geológicos y zonas de reubicación propuestas para los sectores Sahuintuyoc y Limompata





**Figura 17.** Vista panorámica del terreno de reubicación propuesto para el sector Limompata, se ubica a 100 m del cauce del río Salkantay.



**Fotografía 13.** En la zona de reubicación para el sector Limompata, se observó bloques caídos de eventos antiguos.

## CONCLUSIONES

1. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámica de los terrenos propuestos para la reubicación de los sectores Chaullay, Tambo Unuyoc (T-1 y T-2), Wiñaypocco (T-1), Parcela Isla del Gallo (T-1), Churubamba (T-1), Sahuayaco (T-2, T-4 y T-5), Cochapampa (T-2 y T-3), Suriray (T-1 y T-2), Tendalpampa (T-1 y T-2), Sahuintuyoc (T-1 y T-2), y Limompata (T-1), afectados por el aluvion del 23/02/2020, **son considerados aptos.**
2. El terreno (T-1) de reubicación para el sector Unuyo, es considerado No apto, por ubicarse en el cauce de una quebrada.
3. El terreno (T-1 y T-3), propuesto para la reubicación del sector Sahuayaco, se encuentra en la margen izquierda del río Salkantay, sobre un depósito de deslizamiento antiguo, es considerado **No apto**, debido a la geodinámica activa en la zona.
4. El terreno (T-1) propuesto para el sector Cochapampa es considerado **No apto**, por encontrarse sobre depósito proluvial.
5. El terreno (T-3) propuesto para el sector Tendalpampa es considerado **No apto**, por ubicarse a 10 m del cauce del río Salkantay.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio de suelos, para determinar el tipo de cimentaciones de las futuras viviendas e infraestructura en los sectores El Potrero, Tambo Unuyoc (T-1 y T-2), Wiñaypocco (T-1), Parcela Isla del Gallo (T-1), Churubamba (T-1), Sahuayaco (T-2, T-4 y T-5), Cochapampa (T-2 y T-3), Suriray (T-1 y T-2), Tendalpampa (T-1 y T-2), Sahuintuyoc (T-1 y T-2), y Limompata (T-1).
2. La expansión urbana en el terreno (T-4) del sector Sahuayaco, debe considerarse respetando la faja marginal del río Salkantay.
3. Para el terreno (T-2) del sector Cochapampa, se debe emplear muros de sostenimiento, con el fin de estabilizar el talud.
4. La expansión urbana en el terreno (T-3) del sector Cochapampa, se debe considerar por encima del camino carrozable.
5. Para el terreno (T-2) del sector Sahuintuyoc, se debe estabilizar los taludes en el nuevo trazo de camino carrozable.
6. La expansión urbana en el sector El Potrero (Chaullay y Sahuintuyoc T-3), debe realizarse dejando una distancia considerable como franja.
7. Para estabilizar las laderas de pendiente muy fuerte, que se encuentran en los bordes de la meseta, se debe implementar muros de contención contra caída de rocas, derrumbes y deslizamientos.
8. Para el reforzamiento de los taludes inestables se debe implementar geomallas, para ello se necesita el asesoramiento de un especialista en el tema.
9. En el sector El Potrero reforestar las laderas desprovistas de vegetación, con el fin de estabilizar las laderas.
10. Implementar un sistema de defensa ribereña a lo largo de la subcuenca del río Salkantay.
11. Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) para huaicos, con los respectivos sensores y sistemas de comunicación – alarma, que avise con antelación a la población que vive a lo largo del valle del río Salkantay de la ocurrencia de nuevos eventos de tipo flujos (huaicos o aluviones).



Segundo A. Núñez Juárez  
Jefe de Proyecto-Act-07



.....  
Ing. CARLOS L. BENAVENTE ESCOBAR  
Director (e)  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Carlotto, V.; Cárdenas, J.; Romero, D.; Valdivia, W. & Tintaya, D. (1999). Geología de los cuadrángulos de Quillabamba y Machupicchu. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 127, 319 p.
- Choquenaira, G (2020). Evaluación del impacto ocasionado por el aluvión del 23/02/2020 en el río Salkantay. Informe técnico N° A7063. INGEMMET.
- Concha, R (2015). Evolución glaciaria a finales del Holoceno, en los nevados Salkantay y Huamantay y su impacto frente al cambio climático. Tesis de pre grado. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Portocarrero, C (2014). El Mapa de vulnerabilidades y riesgo del distrito de Santa Teresa. Proyecto de glaciares.
- Licciardi, J. (2009). Holocene Glacier Fluctuations in the Peruvian Andes Indicate Northern Climate Linkages.
- Vílchez, M.; Sosa, N.; Pari, W. & Peña, F. (2020) - Peligros geológicos en la región Cusco. INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 74, 155 p.