

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7117

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS CASERÍOS ALTO SAN JOSÉ Y SHIRUMBACHE

Región Amazonas
Provincia Utcubamba
Distrito Cajaruro



EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS CASERÍOS ALTO SAN JOSÉ Y SHIRUMBACHE, DISTRITO DE CAJARURO, PROVINCIA DE UTCUBAMBA, REGIÓN AMAZONAS



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

Equipo de investigación:

Cristhian Chiroque y Luis León

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2020). Evaluación de peligros geológicos en los caseríos Alto San José y Shirumbache. Distrito de Cajaruro, provincia de Utcubamba, región Amazonas. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7117, 50p.

INDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	2
1.3. Aspectos generales	4
1.3.1. UBICACIÓN.....	4
1.3.2. ACCESIBILIDAD	5
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	5
2.1. Unidades litoestratigráficas	6
2.1.1. FORMACIÓN CHULEC (Ki-ch)	6
2.1.2. FORMACIÓN CAJAMARCA (Ki-c)	6
2.1.3. FORMACIÓN CELENDÍN (Ks-ce)	7
2.1.4. FORMACIÓN FUNDO EL TRIUNFO/RENTEMA (KsP-ft/re)	7
2.1.5. DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-al)	7
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	8
3.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)	8
3.2. Pendientes del terreno	9
3.3. Unidades geomorfológicas	10
3.3.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL	10
3.3.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL... 11	
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	13
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	13
4.2. Deslizamientos en el caserío Alto San José	14
4.2.1. Deslizamientos recientes o activos (DRSJ)	14
4.2.2. Deslizamientos antiguos (DANSJ).....	17
4.2.3. Deslizamientos fotointerpretados (DFSJ).....	18
4.3. Deslizamientos en el caserío Shirumbache	19
4.3.1. Deslizamientos recientes o activos (DRS).....	19

4.3.2.	Deslizamientos antiguos (DANS)	22
4.3.3.	Deslizamientos fotointerpretados (DFS)	23
4.4.	Erosión de laderas (cárcavas)	24
4.4.1.	CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO	24
4.5.	Reptación de suelos	25
4.5.1.	CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO	25
4.5.2.	FACTORES CONDICIONANTES	27
4.5.3.	FACTORES DESENCADENANTES	28
4.5.4.	DAÑOS POR PELIGROS GEOLÓGICOS	30
5.	CONCLUSIONES	32
6.	RECOMENDACIONES	33
6.1.	Generales	33
6.2.	Específicas	33
7.	BIBLIOGRAFÍA	35
ANEXO 1: MAPAS Y PERFILES		36
ANEXO 2: GLOSARIO		44
ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN		45

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizada en los caseríos Alto San José y Shirumbache, que pertenecen a la jurisdicción de la municipalidad distrital de Cajaruro, provincia de Utcubamba, región Amazonas. 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 actualización, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

En los caseríos Alto San José y Shirumbache, afloran lutitas, limolitas, calizas y margas, correspondientes a las formaciones Celendín, Chúlec y Cajamarca, mientras que, hacia el este se emplazan litologías correspondientes a areniscas, lutitas y margas del grupo Goyllarisquizga. Los deslizamientos son condicionados por el tipo de roca, debido a que están completamente meteorizadas, con afloramientos descompuestos y convertidos en suelos residuales deleznable que pueden ser triturados con las manos. Los suelos de cobertura o depósitos cuaternarios son de naturaleza arcillosa, estos materiales se expanden al entrar en contacto con el agua deformando la superficie.

Las geoformas, según su tipo de origen, corresponden a relieves tectónico-degradacional y erosional (colinas y lomadas en rocas sedimentarias) y geoformas de carácter depositacional y agradacional principalmente originada por la ocurrencia de movimientos en masa antiguos, que configuran geoformas de piedemonte (abanico de piedemonte). Presentan pendientes del terreno que van de moderada a muy escarpada ($>5^\circ - 45^\circ$), sobre las cuales ocurren procesos de deslizamientos y de erosión de laderas como cárcavas ($5^\circ - 15^\circ$). Se considera que, la pendiente es uno de los factores condicionantes de la inestabilidad de las laderas.

Los movimientos en masa identificados corresponden a deslizamientos y reptación de suelos, cuya actividad se registra desde el año 2009, con procesos de reactivación en el mes de febrero de 2017 con El Fenómeno El Niño. También se identificaron intensos procesos de erosión de laderas tipo cárcavas. Estos procesos de movimientos en masa afectan viviendas, terrenos de cultivos y vías de acceso.

Se concluye que el área de estudio es considerada de **Muy Alto** peligro a la ocurrencia de deslizamientos y cárcavas, que pueden ser desencadenados en la temporada de lluvias (octubre a marzo) y eventos anómalos como El Fenómeno El Niño.

Finalmente, se brinda recomendaciones como la construcción de banquetas; que deben de implementarse en la parte alta y media de la ladera de las zonas afectadas y propensas a peligros geológicos, con la finalidad de reducir y prevenir los posibles daños causados a viviendas e infraestructura y la pérdida de vidas humanas.

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 y consideraciones geotécnicas a nivel nacional (ACT. 7)”, 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 distrital de Cajaruro, según Oficio N° 177-2020-MDC/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de los eventos de tipo “deslizamientos, reptación de suelos y erosión de laderas (cárcavas)”, ocurridos el día sábado, 25 de febrero de 2017 que afectó viviendas y terrenos de cultivo en los sectores Alto San José y Shirumbache.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los Ings. Cristhian Chiroque Herrera y Luis León Ordáz para realizar la evaluación geológica, geomorfológica y geodinámica de los peligros geológicos que afecten el área urbana e infraestructura vital.

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

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, Gobierno Regional de Amazonas, Oficina de INDECI y COER-Amazonas, donde se proporcionan resultados de la inspección 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 desarrollan en los caseríos Alto San José y Shirumbache, los cuales comprometen la seguridad física de viviendas, obras de infraestructura y vías de comunicación, así como la integridad y vida de la población y medios de vida.
- b) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET relacionados a temas de geología y geodinámica externa de los cuales destacan los siguientes:

- A) Informe técnico preliminar “Zonas críticas de la Región Amazonas” (Medina y Dueñas, 2007), en cuyo inventario de puntos críticos identificaron varios deslizamientos, así como, áreas susceptibles a la ocurrencia de derrumbes, que afectan la carretera Fernando Belaunde Terry. Cabe destacar, que, durante los trabajos de campo, estos fueron corroborados, además de identificar algunos procesos más de deslizamientos antiguos.
- B) Riesgo Geológico en la Región Amazonas (Medina et al., 2009). El estudio destaca que la zona de estudio presenta alta susceptibilidad a la ocurrencia de procesos de remoción en masa. Se adjunta una tabla de zonas afectadas por deslizamientos describiendo substratos de mala calidad afectados por procesos antiguos; que, aunados a la pendiente del terreno, intensas precipitaciones y uso inadecuado de agua y escorrentía, condicionan la geodinámica intensa en el sector (figura 01).
- C) Boletín Geología de los Cuadrángulos de Aramango y Bagua Grande, 11g, 12g – [Boletín A 142] (Chacaltana et al., 2011) escala 1:50 000 describe que los materiales y sedimentos de la zona estudio están conformados por una secuencia de lutitas, limolitas, arcillitas, limoarcillitas, calizas y margas de las formaciones Celendín, Chúlec y Cajamarca, con presencia de areniscas, lutitas y margas del Grupo Goyllarisquizga. Estas secuencias, se encuentran muy meteorizadas y diaclasadas con zonas de alta susceptibilidad a erosión y deslizamientos.

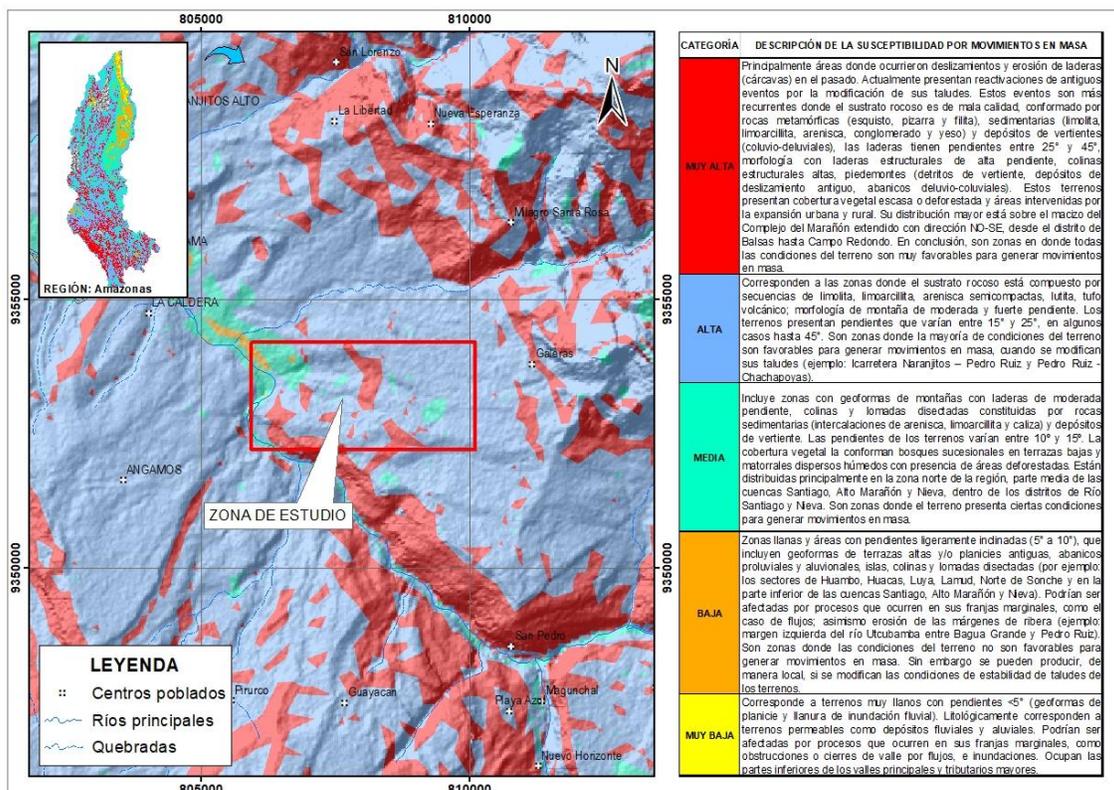


Figura 01. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la región Amazonas y el área de evaluación (Medina et al., 2009).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. UBICACIÓN

Las áreas de evaluación se enmarcan en los caseríos Alto San José y Shirumbache, pertenecientes al distrito de Cajaruro, provincia de Utcubamba, región Amazonas (Cuadro 01 y figura 02), en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 17S) siguientes:

Cuadro 01. Coordenadas del área de estudio

N°	UTM - WGS84 - Zona 17L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	805998	9354193	-5.83°	-78.23°
2	810132	9354193	-5.83°	-78.19°
3	810132	9352187	-5.85°	-78.19°
4	805998	9352187	-5.85°	-78.23°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	808242	9353203	-5.84°	-78.21°

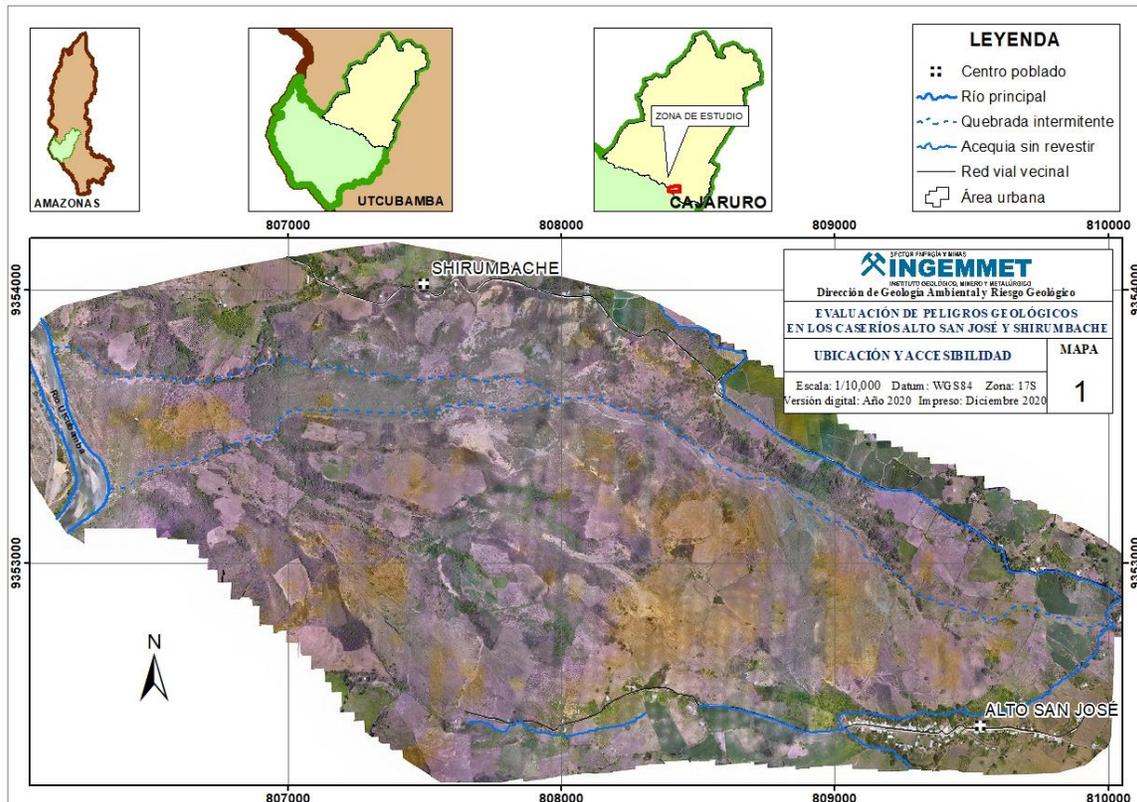


Figura 02. Mapa de ubicación.

1.3.2. ACCESIBILIDAD

El acceso a la zona se realizó desde la ciudad de Cajamarca mediante la siguiente ruta:

Cuadro 02. Rutas y accesos a la zona evaluada

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Cajamarca – Cutervo	Asfaltada	208	5 horas 30 minutos
Cutervo – Bagua Grande	Asfaltada	142	3 horas 10 minutos
Bagua Grande – Alto San José y Shirumbache	Asfaltada	28	40 minutos

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Las áreas evaluadas, comprenden los cuadrángulos geológicos de Aramango y Bagua Grande Hojas 11-g y 12-g a escala 1:50 000 (Chacaltana et al., 2011).

La litología aflorante en los caseríos Alto San José y Shirumbache está conformada principalmente por lutitas y limolitas con intercalaciones de calizas correspondientes a la Formación Celendín, hacia el noreste afloran calizas intercaladas con lutitas y secuencias de areniscas, lutitas y margas de la formación Chúlec, y hacia el este aparecen areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga. Al sur aparecen calizas indiferenciadas con intercalaciones de lutitas y limolitas de las formaciones Cajamarca y Quilquiñan con calizas margosas. La cobertura más reciente está conformada por sedimentos arcillosos, producto de la meteorización de las rocas aflorantes ubicadas en la parte alta de la cuenca (figura 03).

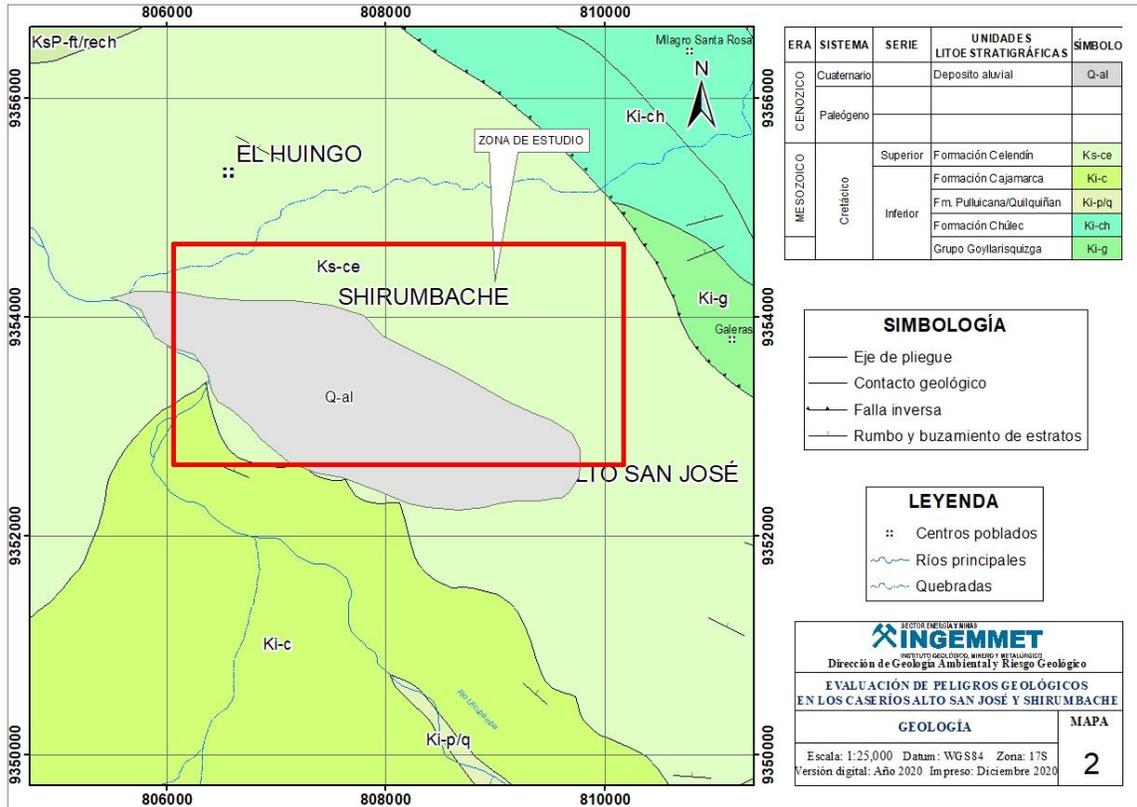


Figura 03. Geología del cuadrángulo de Bagua Grande y los caseríos Alto San José y Shirumbache (Chacaltana et al., 2011).

2.1. Unidades litoestratigráficas

A continuación, se describen las características litológicas locales de los afloramientos en la zona de estudio:

2.1.1. FORMACIÓN CHULEC (Ki-ch)

Esta unidad está conformada por calizas grises intercaladas con lutitas que afloran al noreste de los caseríos Alto San José y Shirumbache. Estas secuencias afloran a 2.5 km al noreste de la zona de estudio se encuentran ligeramente meteorizadas con alteraciones de color y erosión media, el grado de compactación y dureza puede ser probada por medio de martillo, los depósitos cuaternarios originados de estas rocas forman materiales arcillosos medianamente compactos.

2.1.2. FORMACIÓN CAJAMARCA (Ki-c)

Esta conformada por secuencia indiferenciada de calizas beige, calizas gris parduscos, además de lutitas grises, limolitas gris verdosas y calizas margosas; estas secuencias afloran al sur del área de evaluación. La formación Cajamarca aflora a menos de 1 km al sur de Alto San José y Shirumbache, las rocas se encuentran moderadamente meteorizadas y diaclasadas, estos procesos originan depósitos detríticos y arcillosos.

2.1.3. FORMACIÓN CELENDÍN (Ks-ce)

Esta unidad aflora en toda la zona de estudio, está conformada por lutitas y limolitas grises a verdes, a veces se encuentran abigarradas, con intercalaciones de calizas delgadas grises. Los sedimentos provenientes de esta unidad forman suelos arcillosos, porosos, poco compactos y susceptibles a procesos de erosión.

2.1.4. FORMACIÓN FUNDO EL TRIUNFO/RENTEMA (KsP-ft/re)

Esta unidad aflora a 2.7 km al norte de la zona, constituida por areniscas intercalada con lutitas, margas y limolitas rojas, además de microconglomerados, estas secuencias forman materiales detríticos y arcillosos. Los afloramientos se encuentran ligeramente meteorizados en capas medianamente compactas.

2.1.5. DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-al)

Los materiales inconsolidados están conformados por gravas, arenas y limos. Los clastos son de diferente tamaño, subredondeados, con una matriz limo-arcillosa, intercalados con niveles arenosos.

Se identificó y cartografió un estrato aluvial de constitución arcillosa con gravas y clastos subredondeados de composición areniscosa, esta cobertura está distribuida de este a oeste en capas medianamente compactas a sueltas, deleznales. Estos materiales se han emplazado como un abanico de piedemonte al oeste de las áreas urbanas de Alto San José y Shirumbache (fotografía 01).



Fotografía 01. Materiales aluviales distribuidos en la zona de evaluación. La ubicación del punto de interés es: 9353809N, 808226E, en la vía del Huingo hacia Shirumbache.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

En el análisis geomorfológico, la brigada de campo, realizó el levantamiento fotogramétrico con drones, a partir del cual obtuvo el modelo digital de terreno con una resolución (GSD) de 5 cm por pixel. Esta información se complementó con el análisis de imágenes satelitales.

3.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

El área urbana de los caseríos Alto San José y Shirumbache se asientan en relieves con elevaciones entre 1000 m s.n.m y 545 m s.n.m, las viviendas han migrando desde el abanico de piedemonte hacia las colinas y lomadas ubicadas al este, modeladas por escorrentía, quebradas, riachuelos y acequias. Las máximas elevaciones al este de la zona, alcanzan los 1000 m de altitud y se elevan hasta los 1720 m en la naciente de la cuenca. Hacia el oeste se encuentran relieves con elevaciones que descienden hasta 545 m s.n.m formando piedemontes y abanicos aluviales que descienden hasta el río Utcubamba (figura 04).

3.2. Pendientes del terreno

El área evaluada abarcó un total de 498 has, de las cuales 58.2 ha (11.7%) tienen pendientes llanas a suavemente inclinadas (<5°) expuestas a procesos de erosión, los relieves con pendientes moderadas alcanzan 206 ha (41.4%); mientras que, 189.5 ha (38.1%) tienen pendientes fuertes a muy fuertes que se distribuyen en colinas y lomadas. Las pendientes muy escarpadas tienen 43.8 ha (8.8%) , sobre las cuales se forman los escarpes de los deslizamientos (figura 05).

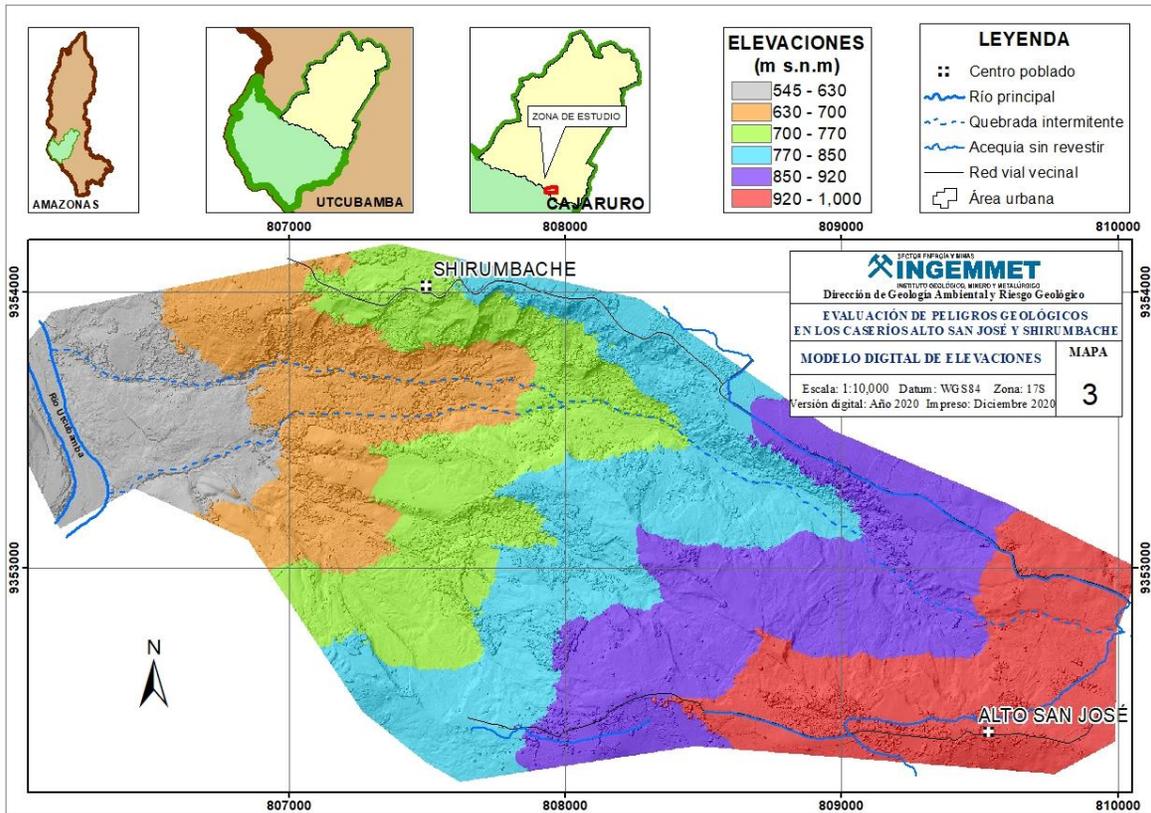


Figura 04. Mapa de elevaciones los caseríos Alto San José y Shirumbache (Elaboración propia).

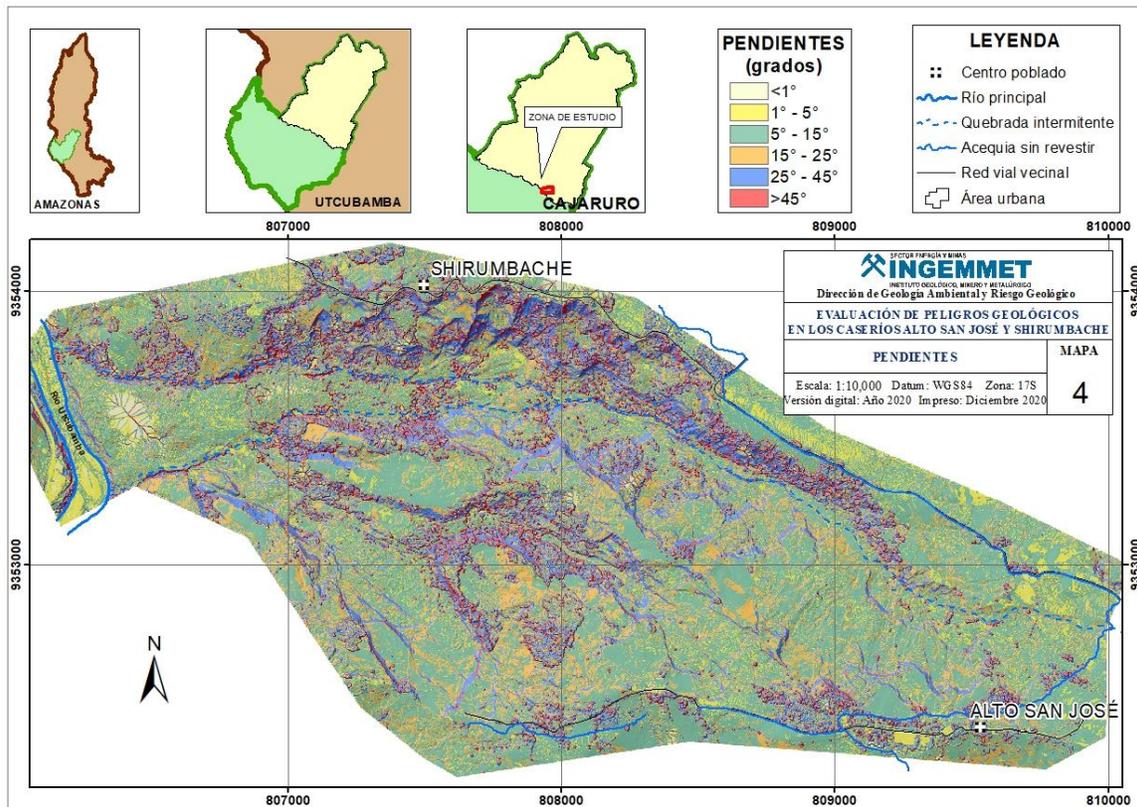


Figura 05. Mapa de pendientes de los caseríos Alto San José y Shirumbache (Elaboración propia).

Del mapa de pendientes se concluye que, el 79.4% del área evaluada presenta relieves con pendientes moderadas a muy fuertes (395.5 ha), esta morfometría condiciona el aspecto escarpado de la zona y la ocurrencia de movimientos en masa.

3.3. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio, 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).

3.3.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

Están representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan otras geoformas preexistentes:

3.3.1.1. Unidad de colinas y lomadas

Las colinas y lomadas son de menor altura que las montañas, generalmente no superan los 300 metros desde la base hasta la cima; se puede subdividir según su naturaleza litológica, morfología estructural y grado de erosión o disección; la inclinación de sus laderas en promedio es superiores a los 16% (FAO, 1968; citado por Villota. 2005, p. 43).

Subunidad de colinas y lomadas estructurales en rocas sedimentarias (RCE-rs):

Se conforman sobre rocas sedimentarias, modeladas por procesos tectónicos que dieron origen a relieves redondeados y alargados, sobre las cuales se desarrollan principalmente actividades agrícolas. Estas geoformas tienen una cobertura aluvial expuesta a procesos de erosión y formación de cárcavas (figura 06).

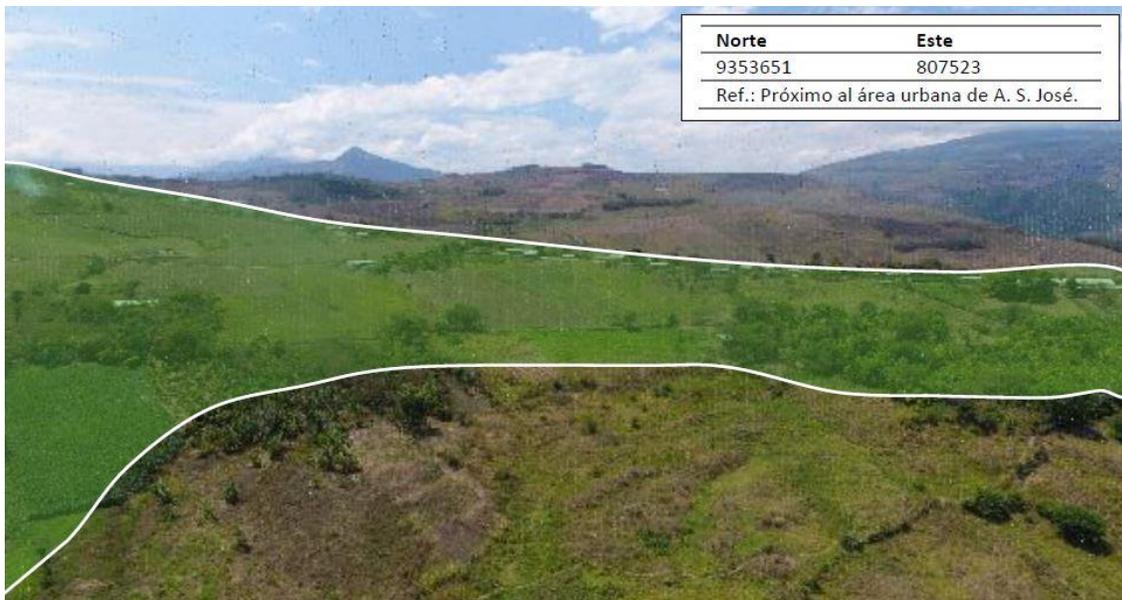


Figura 06. Lomadas en rocas sedimentarias con intensos procesos de erosión.

3.3.2. 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 tiene:

3.3.2.1. Unidad de piedemonte

Superficie inclinada al pie de los sistemas montañosos, conformada por las depositaciones de caídas de rocas o por el acarreo de material aluvial arrastrado por corrientes de agua estacional y, de carácter excepcional.

Subunidad de abanico de piedemonte (Ab): Está subunidad se originó por la depositación de antiguos deslizamientos, distribuyéndose de noreste a suroeste, y es modelada por escorrentía superficial y quebradas. Sobre ésta, se asienta el área urbana de los caseríos los caseríos Alto San José y Shirumbache, que en la actualidad han sido afectados por procesos de erosión (figura 07).

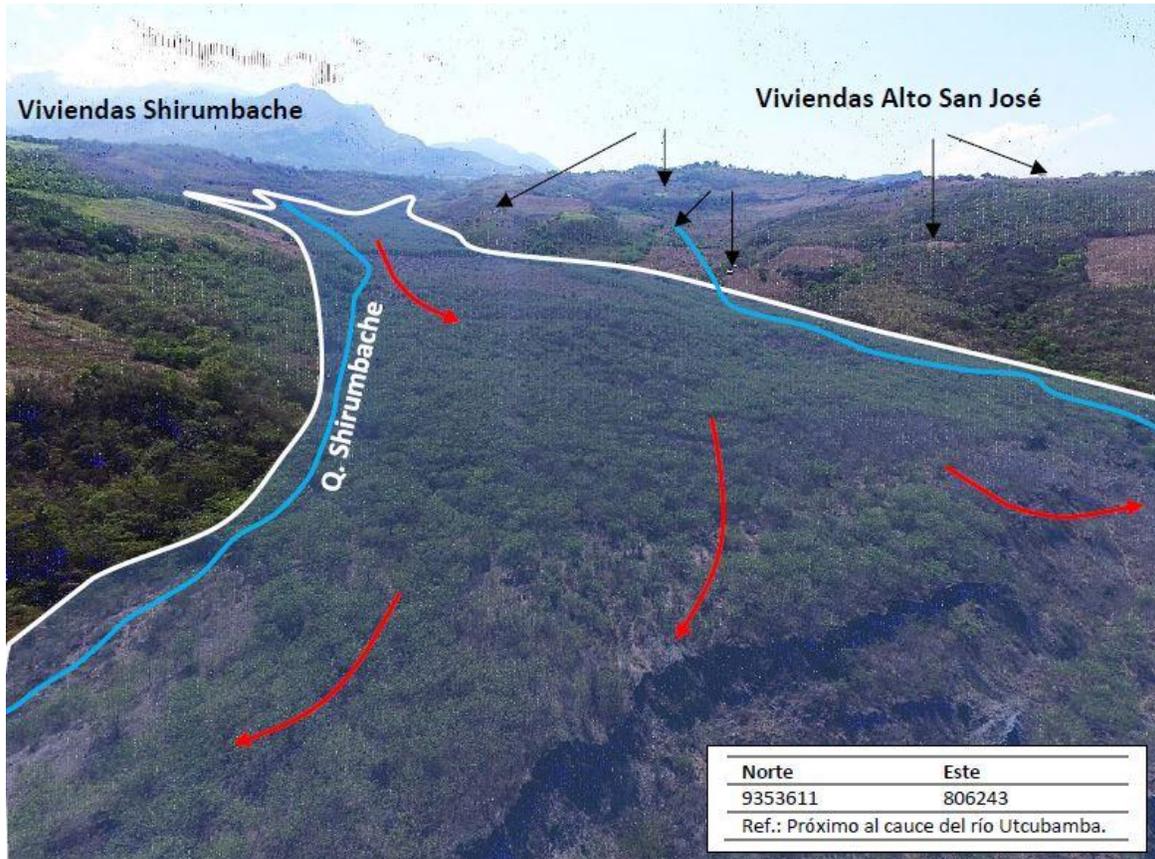


Figura 07. Vista aérea del abanico de piedemonte en la zona de evaluación, las flechas rojas indican las direcciones de emplazamiento del abanico.

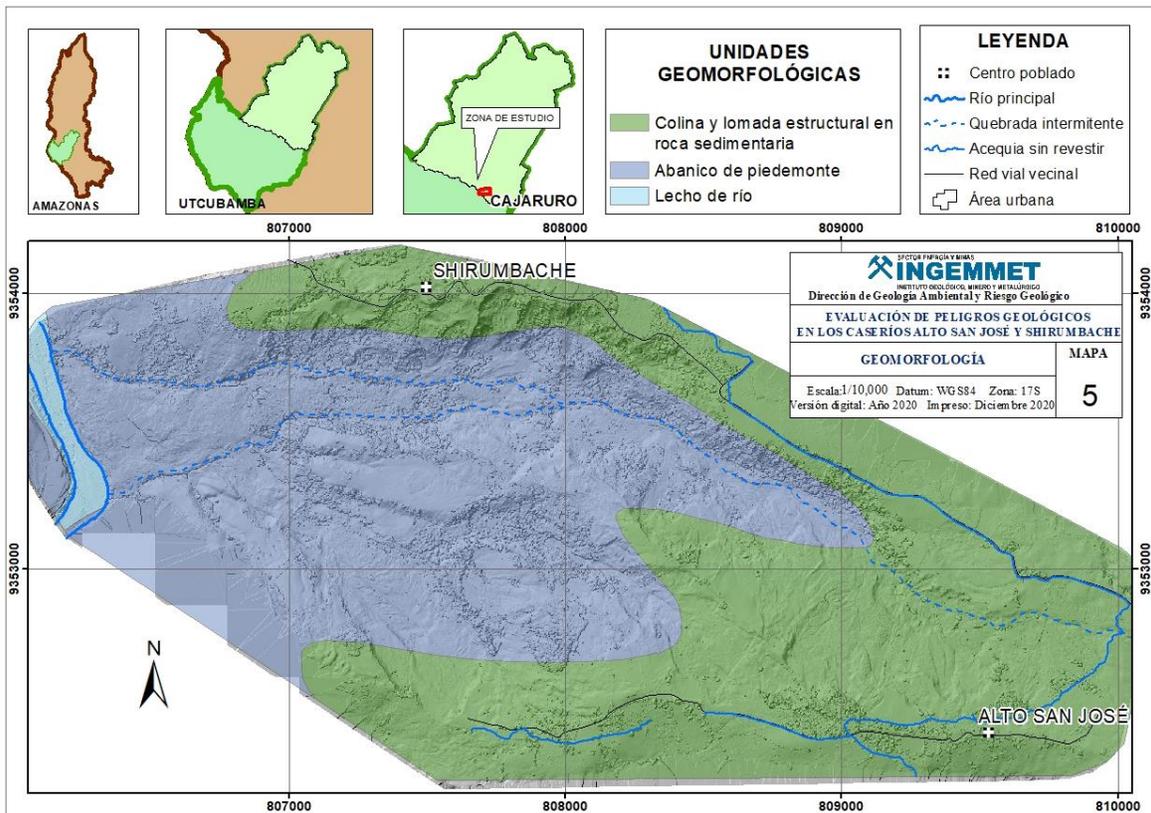


Figura 08. Mapa geomorfológico de los caseríos Alto San José y Shirumbache (Elaboración propia).

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

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

Los condicionantes o factores intrínsecos, son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre. La

meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica) actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

La caracterización de los eventos geodinámicos ocurridos en el caserío Alto San José y Shirumbache, se realizaron con trabajos de campo, donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico basado en la observación y descripción morfométrica in situ, la toma de datos GPS, fotografías a nivel del terreno, fotografías aéreas, ortofotos y modelos digitales de terreno.

A continuación, se describen los peligros geológicos identificados y caracterizados en las siguientes zonas:

4.2. Deslizamientos en el caserío Alto San José

Desde el año 2012 y durante el mes de marzo del 2017 en El Fenómeno El Niño, las lluvias extraordinarias originaron deslizamientos y procesos de erosión; así mismo las precipitaciones y el agua de escorrentía sobresaturan los suelos perdiendo estabilidad.

Recientemente, durante el mes de marzo del 2019, se registraron lluvias intensas que detonaron deslizamientos, estos eventos afectaron viviendas y terrenos de cultivos (figuras 09 y 10).

En el caserío Alto San José se identificó 07 deslizamientos recientes o activos, 2 deslizamientos antiguos y 02 deslizamientos fotointerpretados con las siguientes características:

4.2.1. Deslizamientos recientes o activos (DRSJ)

Estos deslizamientos incrementan su actividad geodinámica durante la temporada de lluvias, tienen procesos retrogresivos y grietas longitudinales o paralelas a los escarpes principales.

Se han identificado 07 deslizamientos recientes (DRSJ), de los cuales los deslizamientos DRSJ 01 y DRSJ 02 están localizados a 90 m y 54 m del área urbana respectivamente. El centro de salud de Alto San José se encuentra a 254 m del escarpe del deslizamiento DRSJ-01 y la I.E. 16795 Alto San José a 140 m del deslizamiento DRSJ-02. Los materiales y sedimentos observados en la mayoría de los deslizamientos en el sector Alto San José tienen granulometría gruesa, están conformados por gravas y clastos angulosos a subredondeados con matriz limo arcillosa, se encuentran poco compactos, medianamente húmedos y en algunos casos saturados. Las características morfométricas de estos procesos se muestran en el cuadro 03.

Cuadro 03. Parámetros morfométricos de los deslizamientos en Alto San José, obtenidos en base a trabajos de campo, análisis de modelos digitales de terreno y ortofotos de alta resolución.

EVIDENCIAS VISUALES DE LOS EVENTOS		DRSJ-01	DRSJ-02	DRSJ-03	DRSJ-04	DRSJ-05	DRSJ-06	DRSJ-07
Forma de escarpa		Elongada	Irregular	Irregular	Elongada	Semicircular	Elongada	Irregular
Escarpa única	Longitud de corona (m)	447	845	2154	346	577	945	484
	Altura de escarpa (m)	10	15	36	15	27	25	15
	Desnivel entre escarpa y pie (m)	76	160	192	134	224	160	112
Tipo de superficie		Rotacional						
Saltos	Principal (m)	30	46	70	25	60	32	20
	Secundario (m)	52	34	40	60	35	25	32
Velocidad de movimiento		Rápido						
Tipo de actividad		Retrogresivo						
Agrietamientos longitudinales	Longitud (m)	40	78	20	25	60	15	45
	Profundidad (m)	1	0.5	1	0.4	1	1	1
	Separación (m)	0.70	1	1	0.20	0.5	1	1
Agrietamientos transversales	Longitud (m)	20	30	-	-	-	-	-
	Profundidad (m)	2	1	-	-	-	-	-
	Separación (m)	1	2	-	-	-	-	-
Desviación de cauce y/o embalse								
Depósito de flujo	Distancia recorrida (m)	-	-	-	-	-	-	-
	Longitud de embalse (m)	-	-	-	-	-	-	-
	Altura de embalse (m)	-	-	-	-	-	-	-
Cuerpo del deslizamiento	Largo (m)	482	928	1486	611	1369	836	826
	Ancho (m)	223	517	294	230	365	303	495
Área afectada (ha)		7.2	35	30	10	31	22	23.5

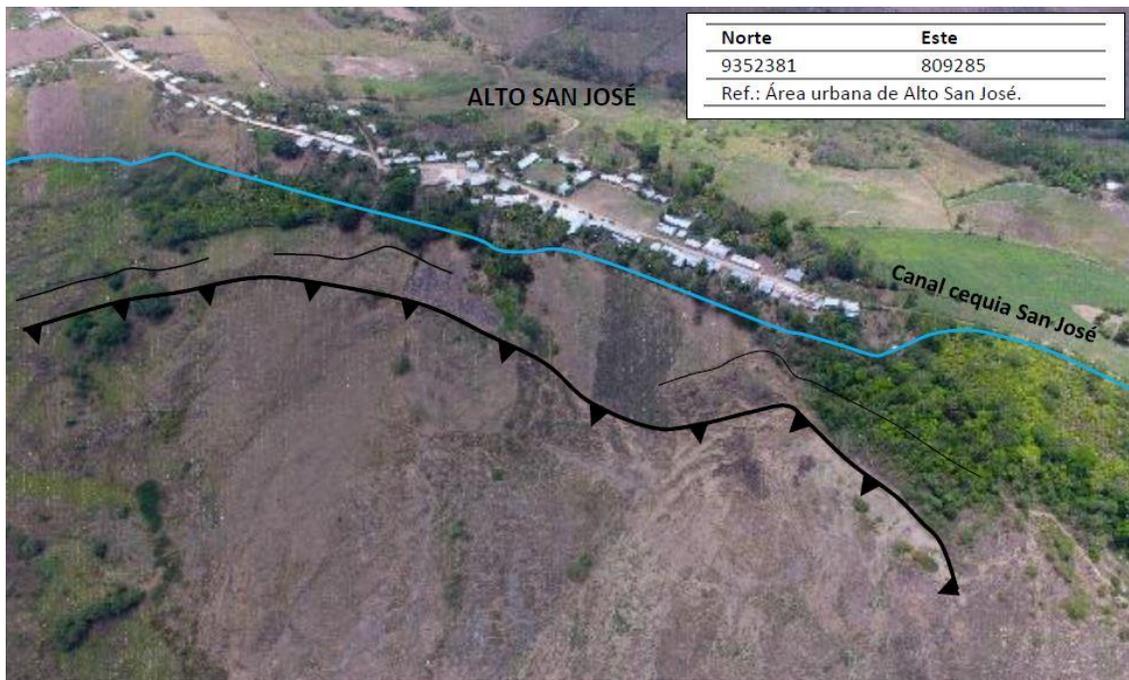


Figura 09. Vista aérea del deslizamiento reciente DRSJ-01 ubicado a escasos metros del área urbana de Alto San José.

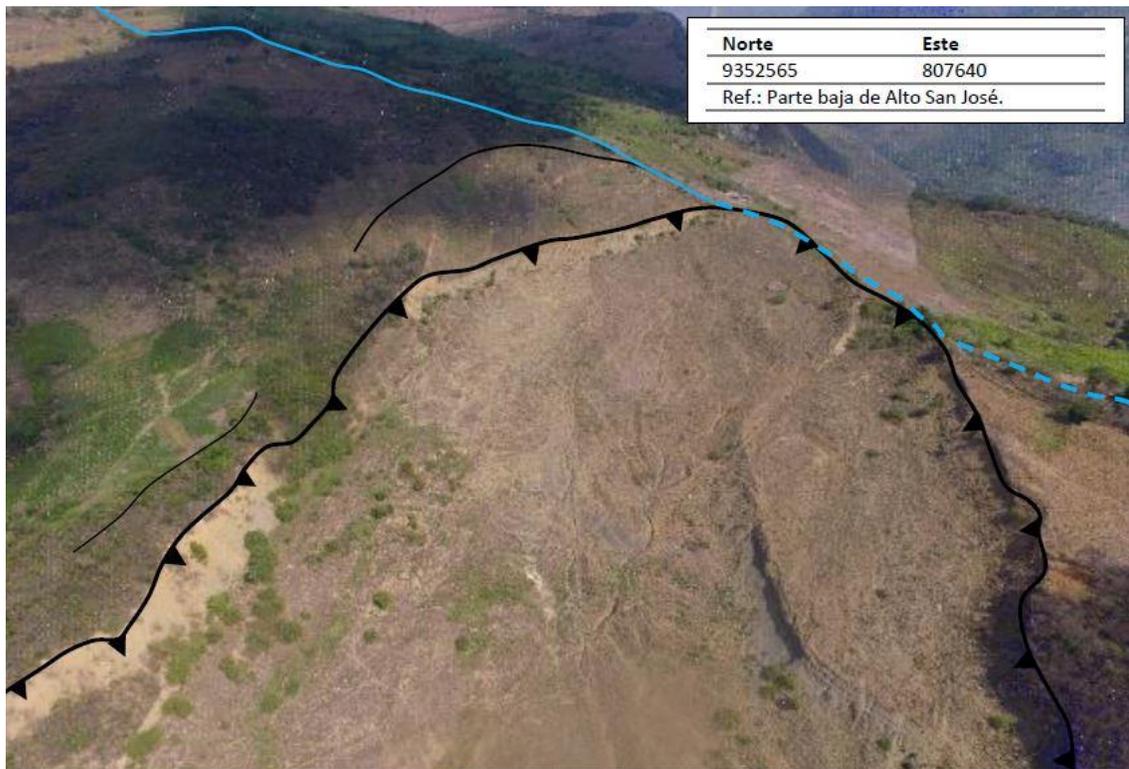


Figura 10. Vista aérea del deslizamiento reciente DRSJ-05, desarrollado al oeste en la parte baja de Alto San José.

Los deslizamientos ocurridos en el sector Alto San José, afectan terrenos de cultivos, cuyos desplazamientos tienen direcciones preferenciales de sureste a noroeste y de este a oeste; además, la geomorfología muestra relieves susceptibles a nuevos deslizamientos y procesos de erosión como cárcavas que se desencadenan por lluvias extraordinarias (figura 11).



Figura 11. Vista del escarpe principal del deslizamiento DRSJ-05.

4.2.2. Deslizamientos antiguos (DANSJ)

El área urbana del caserío Alto San José, tiene evidencias de deslizamientos antiguos y presenta escarpes semicirculares y elongados, estos se ubican próximos a la vía de acceso Shirumbache Alto-San José y presentan las siguientes características (figura 12).

- La escarpa del deslizamiento tiene la zona de arranque muy próxima a las viviendas y vía de acceso, se desliza de la cota 959 m s.n.m., hasta los 898 m s.n.m.
- La longitud total del escarpe llega a 332 m de longitud, el desnivel entre el escarpe y el pie llega a 15 m.
- El área afectada: 11 ha.
- El salto de falla principal mide 20 m.
- Largo y ancho del deslizamiento de la zona afectada: 620 m y 250 m.
- Volumen desplazado: 56 000 m³.



Figura 12. Vista aérea de suroeste a noreste del deslizamiento antiguo DANSJ-01.

Los deslizamientos antiguos están conformados por clastos y gravas angulosas en matriz limo arcillosa, medianamente compactos y húmedos, tienen abundante vegetación no perturbada lo que evidencia la falta de geodinámica, no se descarta que puedan reactivarse ante lluvias extraordinarias o sismos de regular intensidad.

4.2.3. Deslizamientos fotointerpretados (DFSJ)

Los deslizamientos causan grandes transformaciones geomorfológicas, presentan desniveles que marcan las zonas de arranque y depositación, delimitando el cuerpo del material desplazado. La magnitud de los deslizamientos determinada por la cantidad de masa movilizada y área afectada, puede ser detectada y delimitada por medio de sensores remotos.

En la zona de estudio se identificaron 02 deslizamientos fotointerpretados (DFSJ-01 y 02) en base a ortofotos y modelos digitales de alta resolución, ambos movimientos en masa afectaron terrenos de cultivos (figura 13).

Los deslizamientos fotointerpretados están conformados por materiales gruesos (clastos y gravas angulosas) en una matriz limo arcillosa y arenosa medianamente compacta y con baja humedad. Algunos bloques se han desprendido del escarpe y han rodado ladera abajo dispensándose por la ladera debido a la pendiente moderada de la zona.

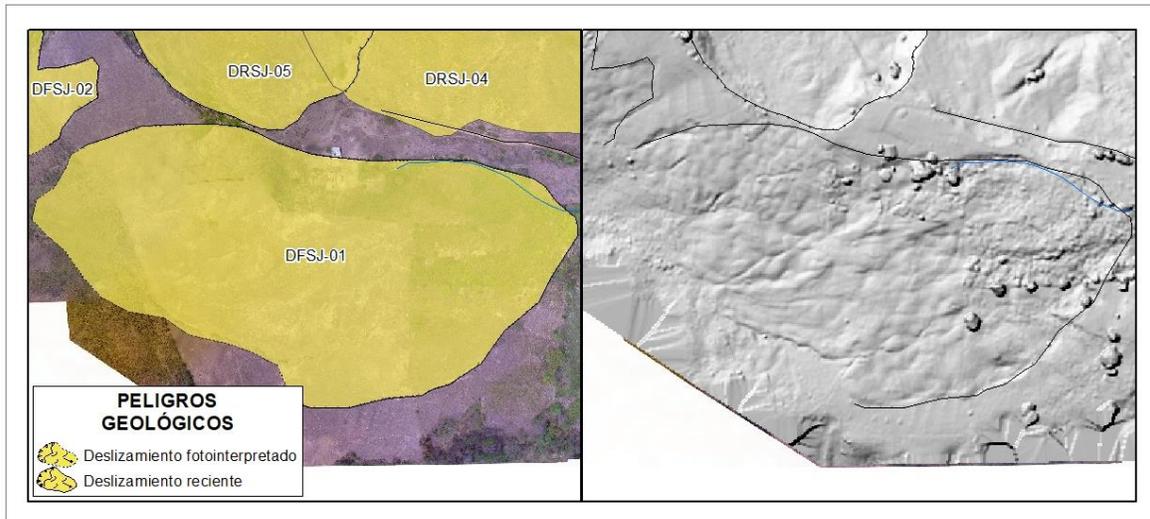


Figura 13. Deslizamiento fotointerpretado 01 con ortofoto y modelo digital de terreno.

4.3. Deslizamientos en el caserío Shirumbache

En el caserío Shirumbache se identificaron 06 deslizamientos recientes o activos (DRS), 06 deslizamientos antiguos y 08 deslizamientos fotointerpretados con las siguientes características (Cuadro 04 y figuras 14, 15 y 16):

4.3.1. Deslizamientos recientes o activos (DRS)

Los deslizamientos DRS- 01 y DRS-02 se ubican a 37 m y 12 m del área urbana, la vía de comunicación entre Shirumbache y Alto San José es afectada por deslizamientos con procesos retrogresivos. A continuación, se adjunta una tabla resumen con las características morfométricas de los deslizamientos:



Figura 14. Deslizamientos recientes DRS-01 y DRS-02 en el caserío Shirumbache.

Los deslizamientos recientes están conformados por clastos y gravas subangulosas a subredondeadas en una matriz limo arcillosa húmeda y en algunos sectores saturadas debido a acequias y canales. Estas capas se encuentran medianamente compactas a deleznales donde también hay procesos de erosión que afectan las vías de comunicación.

El deslizamiento DRS-02 se activó en el año 2011, inició en un deslizamiento para luego desplazarse como un flujo con direcciones este-oeste y noreste-suroeste alcanzando el río Utcubamba, fue descrito como un flujo de Tierra.

Los flujos de tierra son movimientos intermitentes, rápidos o lentos, de suelos arcillosos plásticos. Estos desarrollan velocidades moderadas; sin embargo, pueden alcanzar hasta metros por minuto. El volumen de los flujos de tierra puede llegar hasta cientos de millones de metros cúbicos (PMA: GCA, 2007). La masa, en el caso de estudio, está compuesta por la mezcla de suelo y roca muy meteorizada. En la zona de arranque del flujo, se observa reptación de suelo con escarpas múltiples y retrogresivos; y al final del flujo se forma un ligero cono (Medina, 2011).

Cuadro 04. Parámetros morfométricos de los deslizamientos identificados en base a trabajos de campo, análisis de modelos digitales de terreno y ortofotos de alta resolución.

EVIDENCIAS VISUALES DE LOS EVENTOS		DRS-01	DRS-02	DRS-03	DRS-04	DRS-05	DRS-06
Forma de escarpa		Elongada	Irregular	Semicircular	Irregular	Elongada	Elongada
Escarpa única	Longitud de corona (m)	530	590	252	239	267	170
	Altura de escarpa (m)	30	51	35	11	25	24
	Desnivel entre escarpa y pie (m)	111	254	108	100	93	58
Tipo de superficie		Rotacional	Rotacional	Rotacional	Rotacional	Rotacional	Rotacional
Saltos	Principal (m)	30	51	50	20	32	30
	Secundario (m)	-	70	-	-	-	-
Velocidad de movimiento		Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Tipo de actividad		Retrogresivo	Retrogresivo	Retrogresivo	Retrogresivo	Retrogresivo	Retrogresivo
Agrietamientos longitudinales	Longitud (m)	70	50	35	40	20	10
	Profundidad (m)	1	1	0.50	1	0.20	1
	Separación (m)	0.20	0.50	0.30	0.50	0.25	1
Agrietamientos transversales	Longitud (m)	-	100	-	-	-	-
	Profundidad (m)	-	1	-	-	-	-
	Separación (m)	-	1	-	-	-	-
Desviación de cauce y/o embalse							
Depósito de flujo	Distancia recorrida (m)	-	-	-	-	-	-
	Longitud de embalse (m)	-	-	-	-	-	-
	Altura de embalse (m)	-	-	-	-	-	-
Cuerpo del deslizamiento	Largo (m)	474	1972	362	438	372	203
	Ancho (m)	252	220	161	191	139	140
Área afectada (ha)		9.3	57	3.7	6.5	5.2	2.2

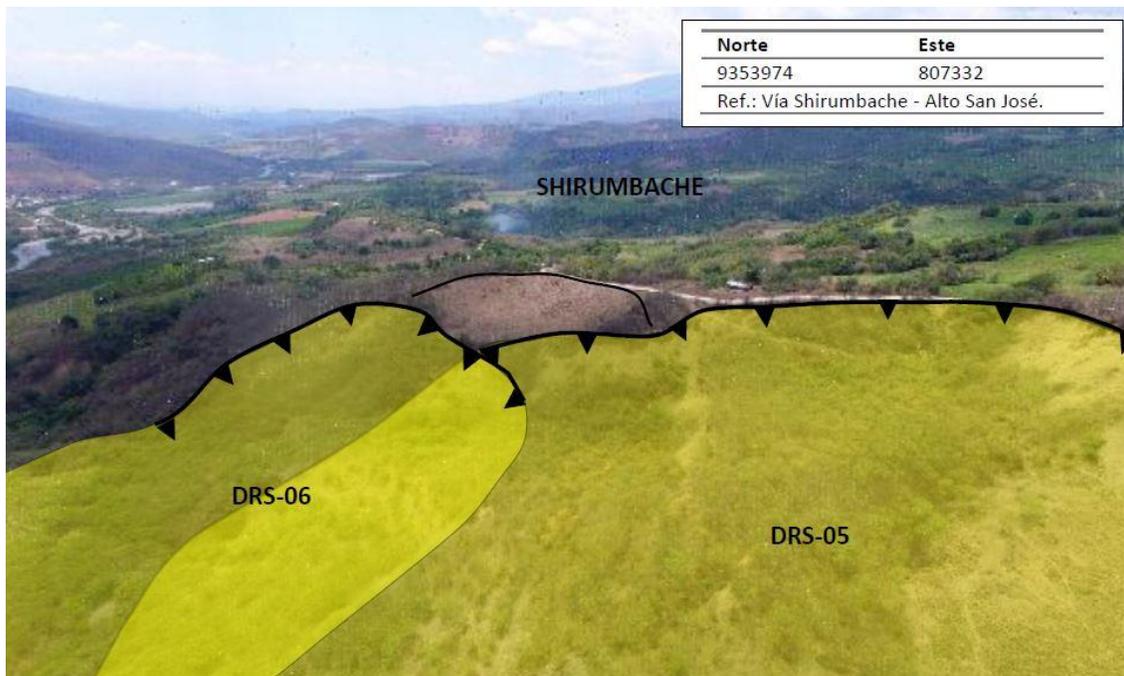


Figura 15. Vista aérea del deslizamiento reciente DRS-05 y DRS-06.



Figura 16. Vista aérea del deslizamiento reciente DRS-05 que afecta la vía Shirumbache – Alto San José.

Hacia el sur, estos deslizamientos afectan terrenos de cultivos; vías de acceso y viviendas hacia el norte. Los desplazamientos tienen direcciones de norte a sur y de noreste a suroeste, la geomorfología muestra relieves susceptibles a nuevos deslizamientos con procesos retrogresivos y formación de cárcavas que se desencadenan por lluvias extraordinarias (figura 17).



Figura 17. Vista del escarpe principal del deslizamiento DRS-05.

4.3.2. Deslizamientos antiguos (DANS)

La zona de estudio tiene evidencias de deslizamientos antiguos y presenta escarpes semicirculares e irregulares, estos se ubican próximos a la vía de acceso y afecta terrenos de cultivos, presentan las siguientes características (figura 18).

- La escarpa del deslizamiento y zona de arranque se desplaza desde la cota 908 m s.n.m. hasta los 885 m s.n.m.
- La longitud total del escarpe llega 324 m de longitud, el desnivel entre el escarpe y el pie llega a 25 m.
- El área afectada: 2.7 ha.
- El salto de falla principal mide 1 m.
- Largo y ancho del deslizamiento de la zona afectada: 150 m y 164 m.

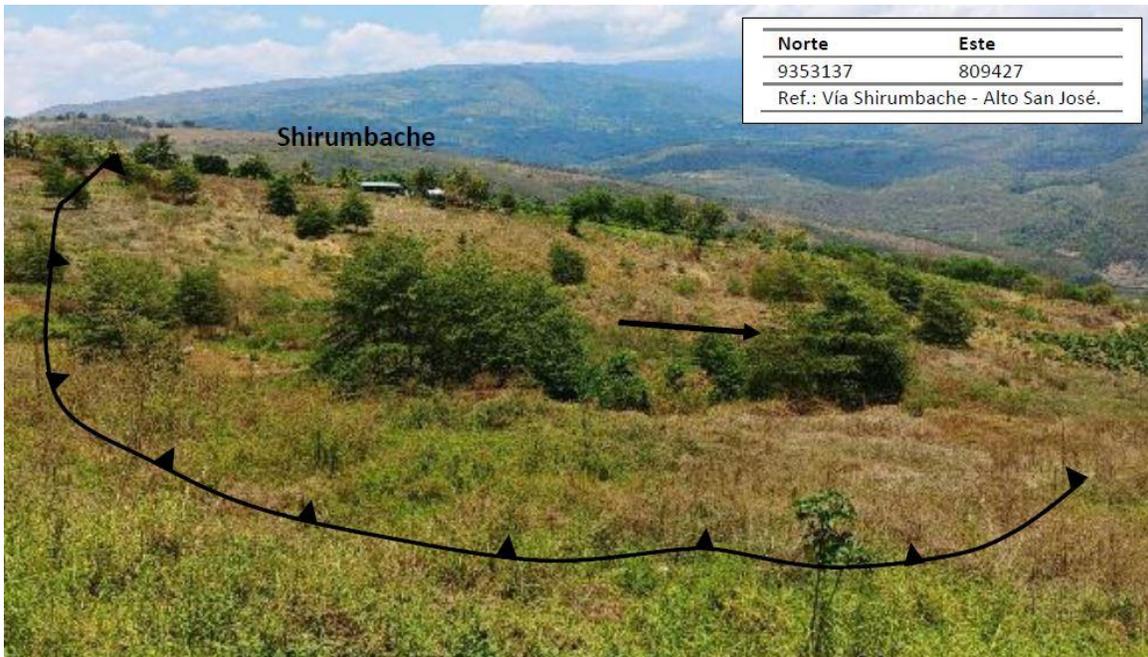


Figura 18. Vista aérea de norte a sur del deslizamiento antiguo DANS-01.

Los deslizamientos antiguos del sector Shirumbache presentan poca vegetación y se encuentran disturbados, están conformados por clastos y gravas angulosas con una matriz limo arcillosa con escasa humedad y medianamente compactos.

4.3.3. Deslizamientos fotointerpretados (DFS)

En la zona de estudio se identificaron 08 deslizamientos fotointerpretados en base a ortofotos y modelos digitales de alta resolución (figuras 19 y 20).

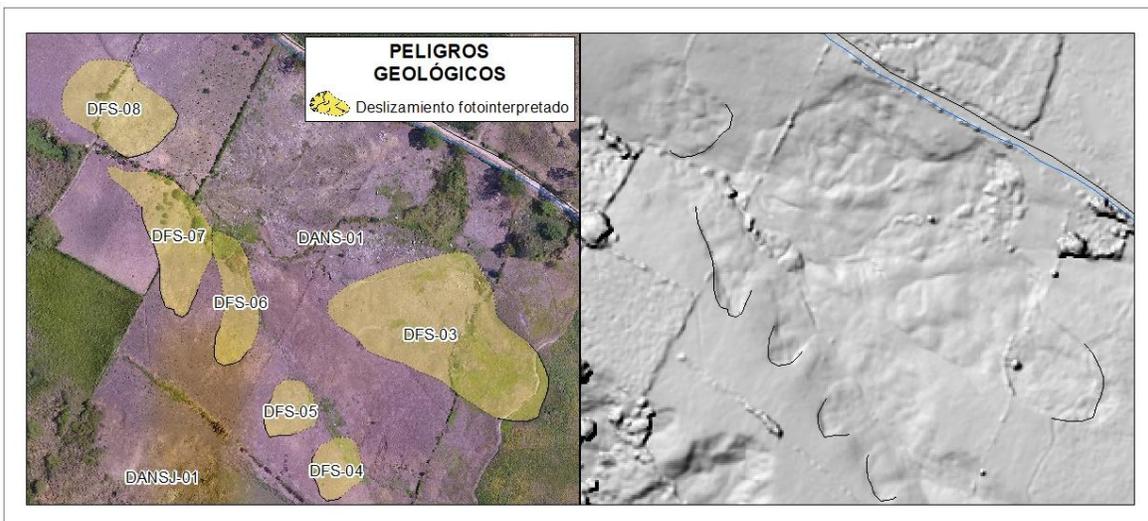


Figura 19. Deslizamientos fotointerpretados (DFS) 03, 04, 05, 06, 07 y 08 con ortofoto y modelo digital de terreno.



Figura 20. Vista del deslizamiento fotointerpretado 01.

Los deslizamientos fotointerpretados del sector Shirumbache se desarrollan en materiales conformados por clastos y gravas medianamente compactos y húmedos, en algunos sectores próximos a la quebrada se muestran deleznable y susceptibles a erosión.

4.4. Erosión de laderas (cárcavas)

Una cárcava es un canal natural o incisión causado por un flujo de agua concentrado, a través del cual fluye la escorrentía durante o inmediatamente después de un evento intenso de lluvia (SCSA, 1982). Además de litologías erosionables, también afectan coberturas aluviales o detríticas que son afectadas por aguas de escorrentía no canalizada, en la zona de estudio se han identificado formación de cárcavas que afectan vías de acceso y viviendas (figura 21).

4.4.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

Las cárcavas en el caserío Shirumbache tiene las siguientes características:

- Estado de evolución inicial, con largo de 3 m, ancho de 10 cm y profundidad de 5 cm.
- Las cárcavas afectan terrenos de cultivos y vías de acceso.
- La causa principal de erosión en la zona, es la falta de drenaje pluvial y suelos poco compactos susceptibles a erosión.



Figuras 21. Cárcavas de 3 m de ancho y 100 m de largo en el cuerpo del deslizamiento.

4.5. Reptación de suelos

La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo (figura 22).

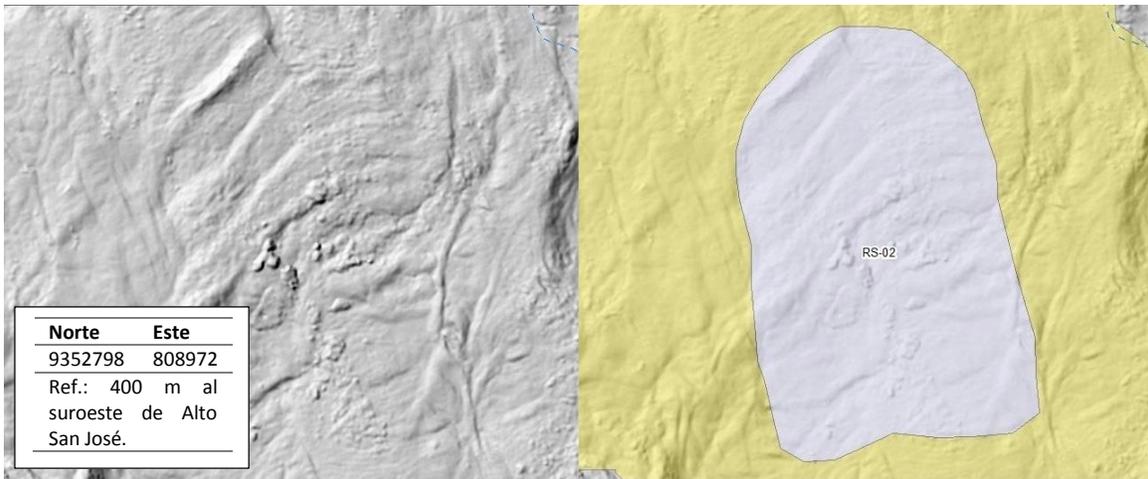
Las litologías observadas altamente meteorizadas y muy deleznablees forman coberturas arcillosas que al saturarse se expanden y producen agrietamientos y deformación en las superficies por donde el agua se infiltra, las arcillas en estas condiciones pierden cohesión y baja la fricción fallando las laderas.

Entre los centros poblados Alto San José y Shirumbache se identificaron 4 áreas de reptación de suelos.

4.5.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

La reptación de suelos en la zona de estudio tiene las siguientes características:

- Saltos y agrietamientos de orden centimétrico.
- Las superficies observadas en los cortes se encuentran saturadas con remoción de suelos que no superan 1 m de desplazamiento.
- Se observan desgarres en la cobertura vegetal, un proceso muy típico de la reptación.



Figuras 22. Zona de reptación de suelos observada y delimitada con una ortofoto de alta resolución.

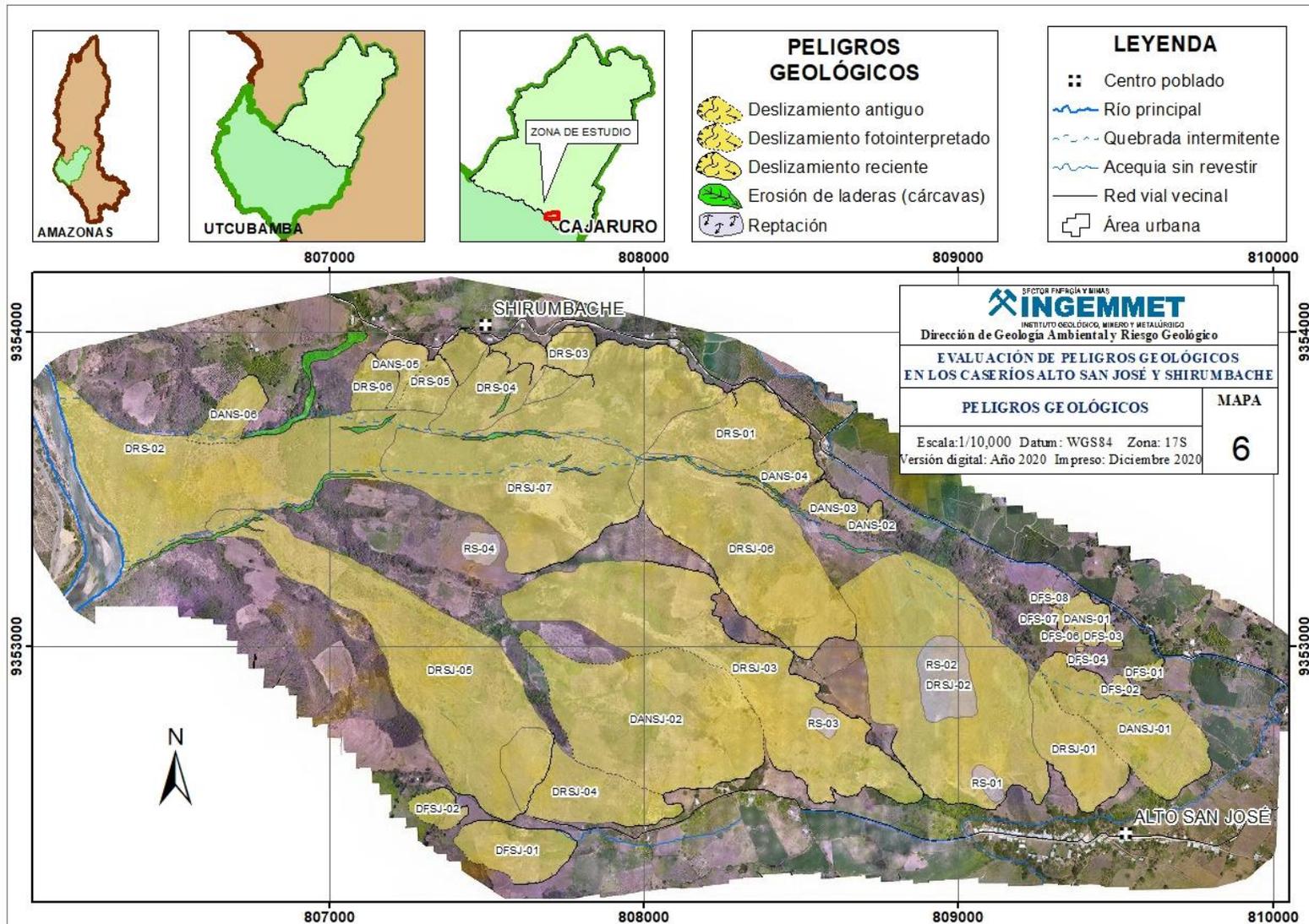


Figura 23. Mapas de peligros geológicos en los caseríos Alto San José y Shirumbache.

4.5.2. FACTORES CONDICIONANTES

4.5.2.1. Litología

En la zona de estudio afloran lutitas y limolitas abigarradas con intercalaciones de calizas delgadas pardo amarillentas a rojizas, estas litologías forman sedimentos poco compactos y muy erosionables. Los afloramientos tienen un grado muy alto de descomposición, son deleznable y pueden ser desmoronados a fragmentos con facilidad y en algunos casos ya se encuentran convertidos en suelos. Los suelos de cobertura o depósitos cuaternarios son de naturaleza arcillosa, estos materiales se expanden al entrar en contacto con el agua deformando la superficie, bajando el ángulo de fricción y haciendo fallar las laderas generando deslizamientos (fotografía 02).



Fotografía 02. Limolitas abigarradas muy alteradas y meteorizadas. Punto de observación: 9353882N, 808021E, salida hacia el centro poblado Shirumbache.

4.5.2.2. Geomorfología

Los deslizamientos se desarrollan en colinas y lomadas con pendientes moderadas a muy fuertes ($15^\circ - 45^\circ$), este factor junto con el tipo de litología condiciona los procesos de remoción y formación de cárcavas (fotografía 03).



Fotografía 03. Vista de las zonas afectadas por deslizamientos y cárcavas. Punto de interés: 9352590N, 808316E.

4.5.3. FACTORES DESENCADENANTES

Los registros de ocurrencias de deslizamientos en los caseríos Alto San José y Shirumbache, desde el año 2009, durante El Niño 2017 y la temporada de lluvias del 2019, nos muestran gran incidencia y recurrencia ante condiciones climáticas de lluvias intensas. Para lo cual de acuerdo a la recopilación de información de las estaciones meteorológicas más cercanas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) se tiene que para el año 2009, en la Estación Meteorológica “Machungal” ubicada a 6.4 km de la zona de estudio, entre los meses de enero a abril, registros de picos máximos de hasta 70 mm; coincidiendo la ocurrencia de estos procesos de deslizamientos los días 24 y 26 de marzo como se muestra en el Cuadro 05 y gráfico 01.

Estación: MAGUNCHAL					
Departamento :	AMAZONAS	Provincia :	UTCUBAMBA	Distrito :	JAMALCA
Latitud :	5°53'27.8" S	Longitud :	78°11'19.9" W	Altitud:	632 msnm.
Tipo :	Convencional - Meteorológica		Codigo :	105046	

Cuadro 05. Ubicación de la estación meteorológica Machungal.

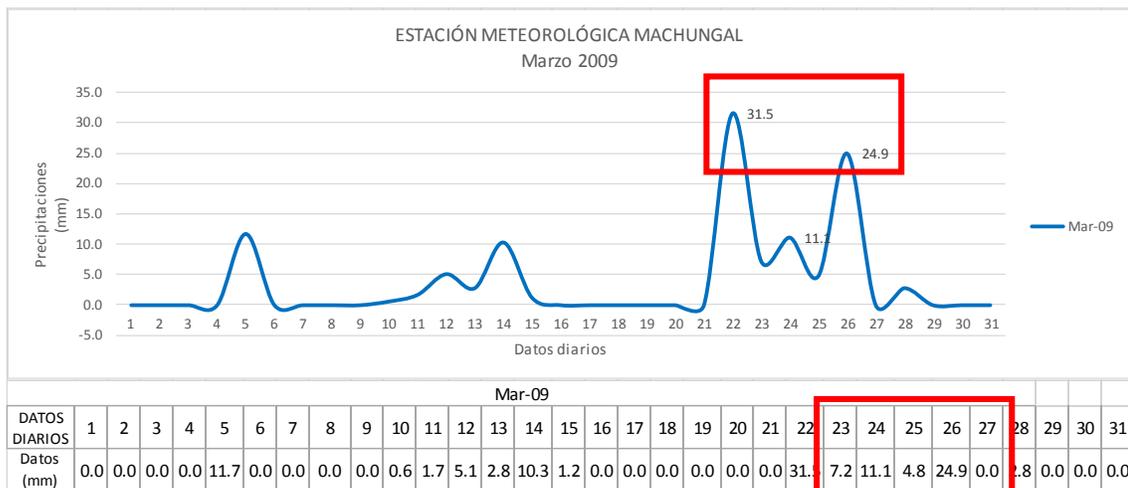


Gráfico 01. Precipitaciones registradas por la estación Machungal durante el mes de marzo.

En el mes de marzo del 2009, se registraron lluvias que alcanzaron hasta 31 mm diarios, del 22 al 26 de marzo llegó a un acumulado de 79 mm en 5 días.

De igual modo, para los años 2017 y 2019, con los datos de la Estación Meteorológica “Naranjillo” ubicada a 6.5 km de los caseríos Alto San José y Shirumbache; durante El Fenómeno El Niño, se pueden observar que entre los meses de enero a marzo se registraron acumulados mensuales que alcanzaron los 100 mm; teniendo como fecha de ocurrencia más intensa el mes de febrero (Cuadro 06 y gráfico 02).

Estación: NARANJITO

Departamento : AMAZONAS **Provincia :** UTCUBAMBA **Distrito :** JAMALCA
Latitud : 5°49'10.85" S **Longitud :** 78°16'33.54" W **Altitud:** 500 msnm.
Tipo : Automatica - Hidrológica **Codigo :** 220907

Cuadro 06. Ubicación de la estación hidrológica Naranjillo.

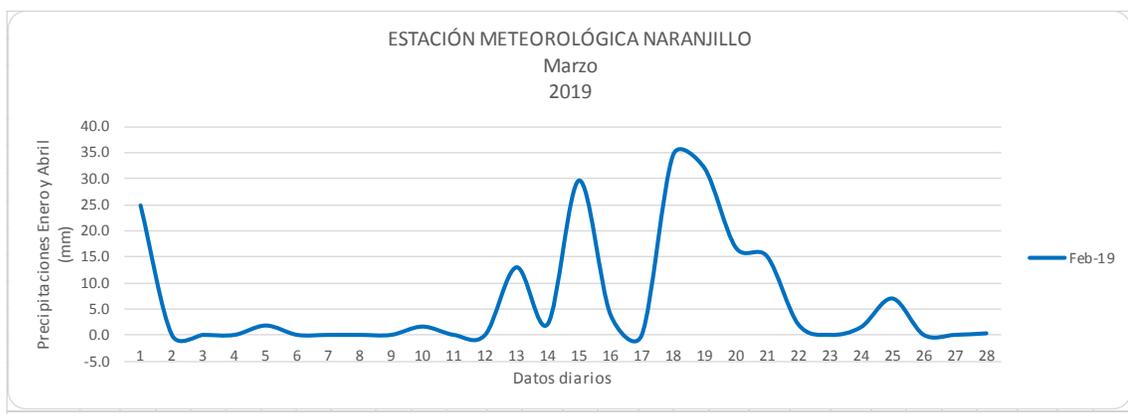


		Feb-17																														
DATOS DIARIOS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
Datos (mm)		7.8	2.1	0.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	20.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	1.3	0.1	5.9	24.1	11.8	5.8	10.6

Gráfico 02. Precipitaciones registradas por la estación Naranjillo en el mes de febrero.

En el mes de febrero el acumulado de precipitaciones llegó a 107 mm, sólo la última semana del mes llovió el 50% del total mensual con 67.3 mm, siendo el pico más alto el 25 de febrero con 24.1 mm.

En marzo del 2019, se registró un acumulado mensual de 186 mm, los deslizamientos en la zona de evaluación se incrementaron a mediados de mes (gráfico 03).



		Feb-19																											
DATOS DIARIOS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Datos (mm)		24.9	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	13.0	2.1	29.7	3.9	0.0	34.6	32.1	16.8	15.1	2.0	0.0	1.5	7.0	0.0	0.0	0.3

Gráfico 03. Precipitaciones registradas durante el mes de marzo del 2019.

4.5.4. DAÑOS POR PELIGROS GEOLÓGICOS

En la zona de evaluación se han producido los siguientes daños:

4.5.4.1. Viviendas

Los deslizamientos afectan 07 viviendas pertenecientes al caserío Shirumbache, estas se encuentran ubicadas en el tramo de la carretera Shirumbache-Alto San José. Las viviendas ubicadas en el cuerpo de los deslizamientos quedaron inhabitables. Debido a los movimientos, las paredes de las casas tienen grietas que inician en el piso y se prolongan hacia el techo, presentan aberturas de hasta 7 cm (fotografías 04 y 05)



Fotografía 04. Vivienda ubicada a escasos metros del escarpe de un deslizamiento, coordenadas: 9353970N y 807503E.



Fotografía 05. Local próximo a los deslizamientos en el sector Shirumbache ubicado en las coordenadas: 9353985N y 808023E.

4.5.4.2. Vía de acceso Shirumbache – Alto San José

Los caseríos Alto San José y Shirumbache se comunican mediante una trocha carrozable, los escarpes de los deslizamientos han alcanzado la vía afectando un total de 2 km de la vía (fotografía 06). Se han definido 05 tramos donde los escarpes y la erosión ocasionan la pérdida de hasta el 40% del ancho de la trocha carrozable.



Fotografía 06. Tramo de 260 m de trocha carrozable afectada. El punto de interés está ubicado en las siguientes coordenadas: 9354012N, 807421E.

Los tramos afectados por deslizamientos y erosión se ubican en las siguientes coordenadas (Cuadro 07):

Tramo	Inicio		Fin		Longitud (m)	Referencia
	Norte	Este	Norte	Este		
01	9353987	807206	9353951	807315	210	DANS 05
02	9353948	807346	9353996	807474	260	DRS-05
03	9353979	807527	9354025	807593	180	DRS-04
04	9353996	807693	9354020	807845	290	DRS-03
05	9354007	807866	935367	808553	990	DRS-01 y 02

Cuadro 07. Zonas afectadas por deslizamientos y erosión.

5. CONCLUSIONES

- a) Las unidades litoestratigráficas que afloran en los caseríos Alto San José y Shirumbache están conformadas principalmente por lutitas, limolitas, limoarcillitas y calizas correspondientes a las formaciones Celendín y Cajamarca. Los afloramientos se encuentran muy fracturados y completamente meteorizadas, las litologías se encuentran descompuestas y en transición a convertirse en suelos, tienen un grado alto a muy alto de descomposición, son deleznable y pueden ser desmoronados a fragmentos con las manos. Esta condición crea sustratos rocosos con condiciones geomecánicas muy inestables y coberturas susceptibles a deslizamientos.
- b) Las áreas urbanas de los caseríos Alto San José y Shirumbache se ubican sobre colinas y lomadas estructurales en roca sedimentaria, con pendientes suavemente inclinadas a moderadas, que se distribuyen de este a oeste hacia el río Utcubamba, sobre estos relieves se desarrollan actividades agrícolas. Antiguos movimientos en masa formaron el abanico de piedemonte modelado por flujos de escorrentía superficial, quebradas y riachuelos.
- c) La zona de evaluación es afectada por deslizamientos antiguos y recientes con procesos geodinámicos registrados desde el año 2009, reactivados en febrero 2017 (durante El Fenómeno El Niño Costero) y en la temporada de lluvias del 2019. Los deslizamientos afectan 380 hectáreas de las cuales 200 hectáreas son de cultivo; además, existen 5 tramos de la carretera Shirumbache – Alto San José que pueden verse interrumpidos por la reactivación de los deslizamientos antiguos DANS-01 y 05, y los deslizamientos recientes con procesos retrogresivos DRS-01, 02, 04 y 05.
- d) Las condiciones geomorfológicas y geodinámicas de los terrenos de los caseríos Alto San José y Shirumbache determinan que, la zona de estudio tiene un “Peligro Muy Alto” por la ocurrencia de nuevos deslizamientos y reactivación de antiguos procesos de remoción en masa. Los procesos de erosión de laderas afectan vías de acceso a los caseríos al norte y este del distrito de Cajaruro, estos pueden reactivarse durante temporada de lluvias.

6. RECOMENDACIONES

6.1. Generales

- A) Se deben tomar en cuenta los peligros geológicos identificados en el presente informe técnico, así como la determinación de geoformas susceptibles a remoción en masa, con el fin de ordenar, zonificar la expansión urbana de los caseríos Alto San José y Shirumbache, y consecuentemente disminuir el crecimiento indiscriminado y no planificado de la población.
- B) No construir infraestructura o viviendas en las zonas definidas y delimitadas con alta ocurrencia de eventos geodinámicos los cuales pueden incrementarse en magnitud, reactivarse o generar nuevas áreas de deslizamientos.
- C) Planificar y realizar el manejo de la escorrentía superficial a través de canales y tuberías con el objetivo de conducir adecuadamente el agua proveniente de la parte alta de los sectores Alto San José y Shirumbache, impermeabilizar el mayor porcentaje de superficie incluyendo canales y acequias para evitar infiltraciones al subsuelo.
- D) Sensibilizar a la población a través de talleres o charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos para evitar asentamientos de viviendas o infraestructura en zonas de riesgo. Incentivar la migración a nuevos tipos de cultivos y técnicas de irrigación.

6.2. Específicas

CASERÍO SHIRUMBACHE

- A) Realizar el monitoreo de los deslizamientos antiguos (DANS-01, 02, 04 y 05), los deslizamientos fotointerpretados (DFS-01 y 02) y los deslizamientos recientes (DRS 01, 02, 03, 04 y 05) ubicados en el centro poblado Shirumbache.
- B) Construir las medidas de mitigación estructural tales como: banquetas para disminuir las pendientes escarpadas a través de la modificación controlada de los taludes o laderas inestables. Los trabajos deben realizarse en los deslizamientos más críticos determinados por extensión, proximidad hacia el área urbana y pendiente del escarpe principal. Los trabajos de estabilidad de ladera deben ejecutarse en los deslizamientos antiguos (DANS-01, 02, 04 y 05), los deslizamientos fotointerpretados (DFS-01 y 02) y los deslizamientos recientes (DRS 01, 02, 03, 04 y 05).
- C) Replantear el trazo de la carretera que comunica a Shirumbache con Alto San José en los tramos afectados por los deslizamientos: DANS 05, DRS-05, DRS-04, DRS-03, DRS-01 y 02. La reactivación de estos eventos geodinámicos pueden dejar incomunicado a los pobladores siendo la principal vía de acceso.

CASERÍO ALTO SAN JOSÉ

- A) Monitorear los deslizamientos del centro poblado Alto San José: Deslizamientos antiguos (DANSJ-01 y 02), deslizamiento fotointerpretado (DFSJ-01) y los deslizamientos recientes (DRSJ-01, 02, 03, 04 y 05); además de las cárcavas por futuras reactivaciones que puedan producir daños a viviendas y vías de acceso.
- B) Realizar el banqueteo de los escarpes para modificar de forma controlada la pendiente en taludes o laderas inestables. Estos trabajos se deben ejecutar en los deslizamientos antiguos (DANSJ-01 y 02), deslizamiento fotointerpretado (DFSJ-01) y los deslizamientos recientes (DRSJ-01, 02, 03, 04 y 05).
- C) Impermeabilizar canales y acequias a través de geomembranas para evitar la infiltración del agua y no sobresaturar los suelos inestables.


LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg. CIP. N° 215610


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

7. BIBLIOGRAFÍA

Chacaltana, C; Valdivia, W; Peña, D. & Rodríguez, R. (2011). Geología de los cuadrángulos de Aramango (11-g) y Bagua (12-g). INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 142, 125 p., 8 mapas.

SCSA (Soil Conservation Society of America). 1982. Resource conservation glossary. Ankeny, IA, USA.

Manual para Terraplenes de Carretera en Japón (2004). Instituto de Investigación de Trabajos Públicos Japón.

Medina, A. (2011). Inspección técnica de peligros geológicos del Km 254 de la Carretera Fernando Belaunde Terry – Sector El Salao. Provincia Utcubamba, región Amazonas.

Medina, A. & Dueñas, B. (2007). Informe de zonas críticas de la Región Amazonas.

Medina, L.; Vílchez, M.; Dueñas, SH. (2009). Riesgo geológico en la Región Amazonas. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 39, 205 p.

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.

Valderrama, L. Montenegro, E. y Galindo, J. (1964). Reconocimiento Forestal del Departamento de Cundinamarca. Departamento Agrológico. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. 86 p.

Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Vílchez, M. & Ochoa, M. (2019). Estudio de zonas críticas por peligros geológicos en la región Huancavelica, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico – INGEMMET.

WP/WLI (1990). A suggested method for reporting a landslide: Bulletin of the International Association of engineering Geology, no. 41, p. 5-12.

ANEXO 1: MAPAS Y PERFILES

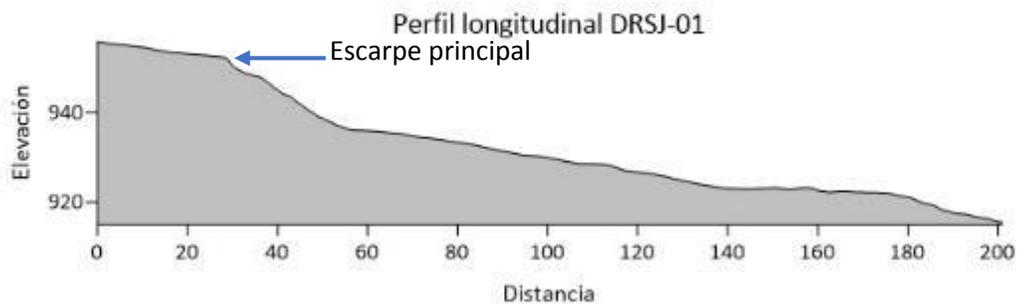
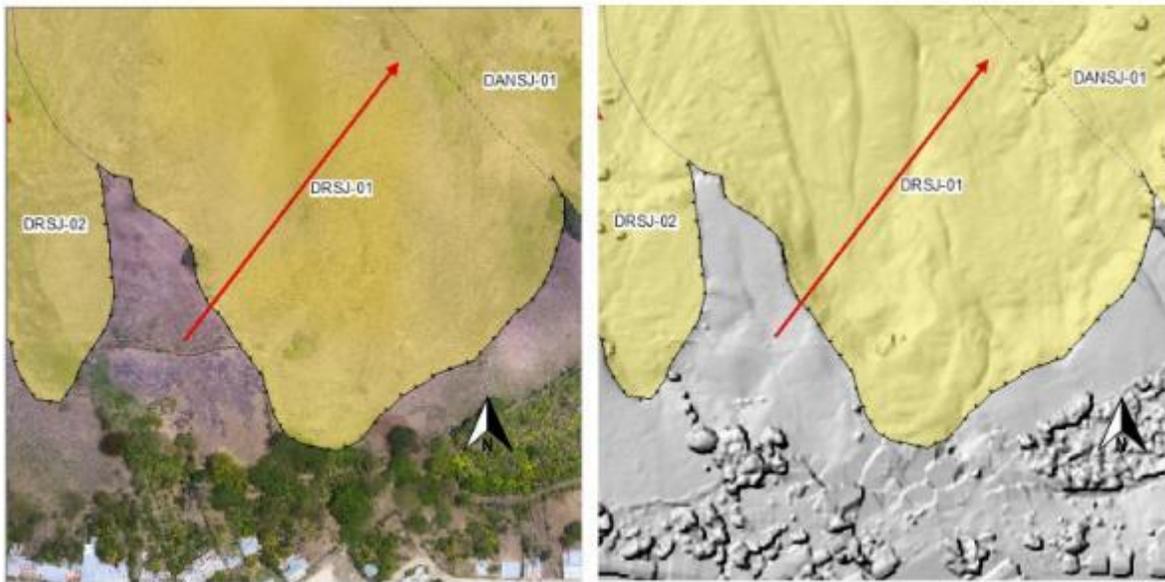
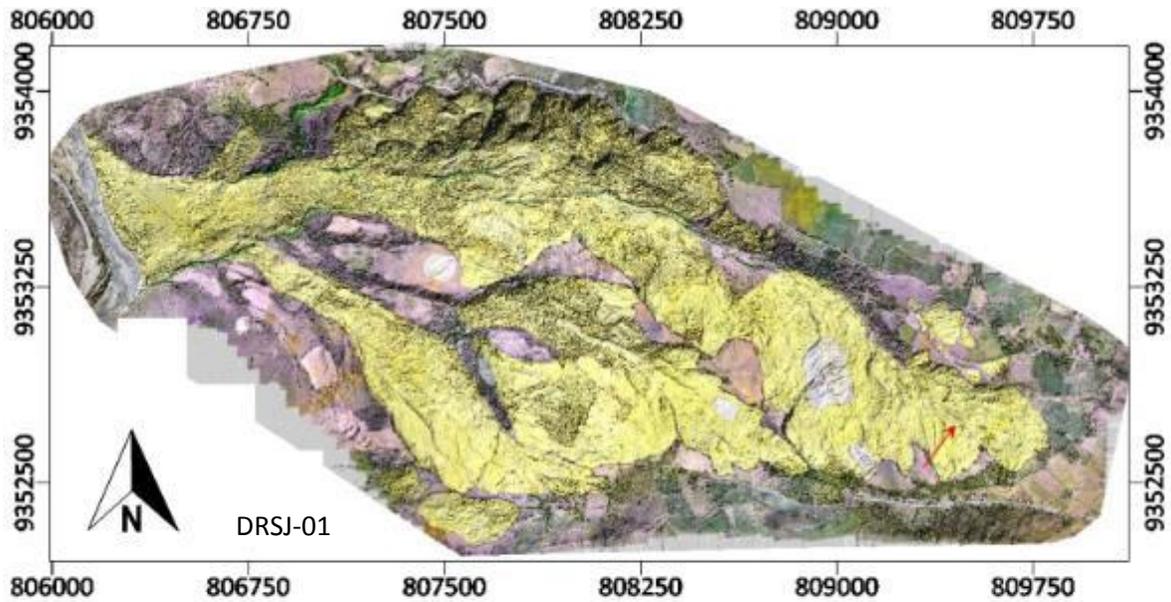


Figura 24. Perfil longitudinal del deslizamiento reciente 01 en el caserío Alto San José.

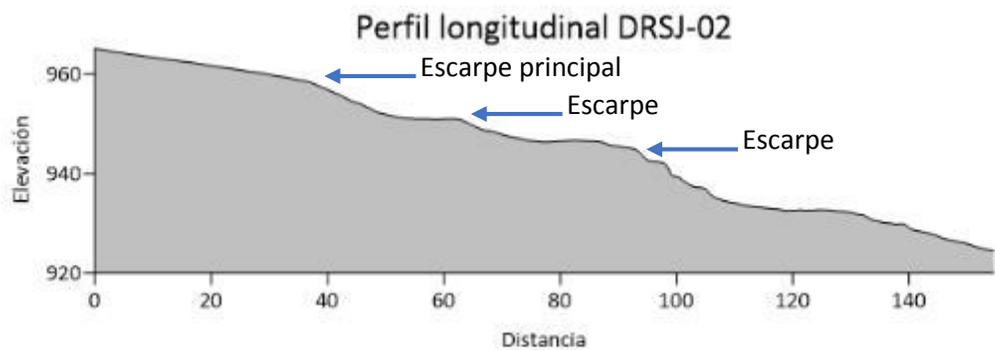
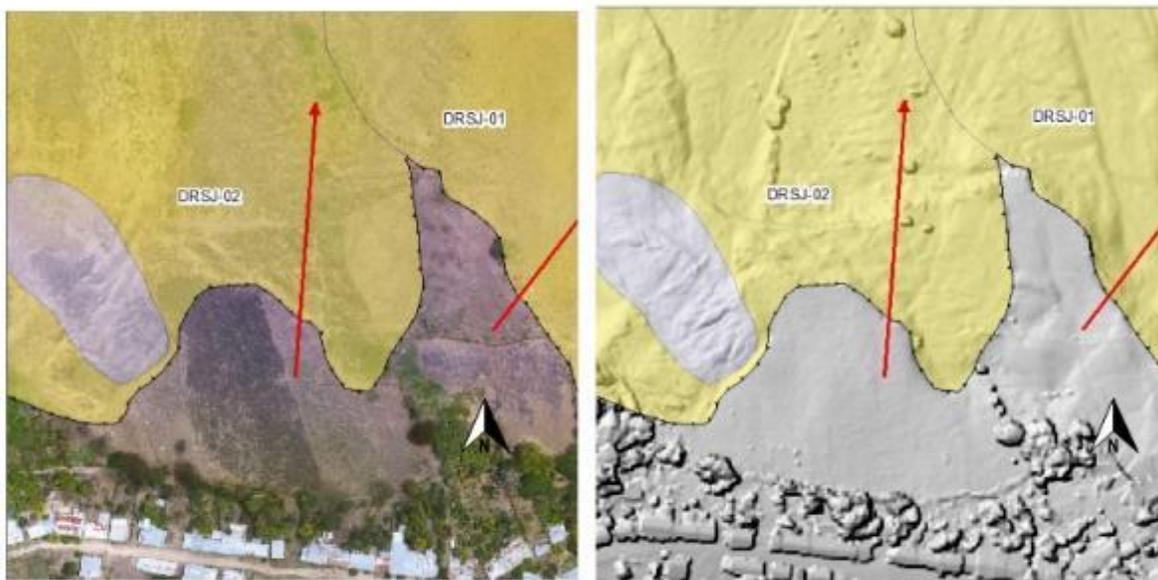
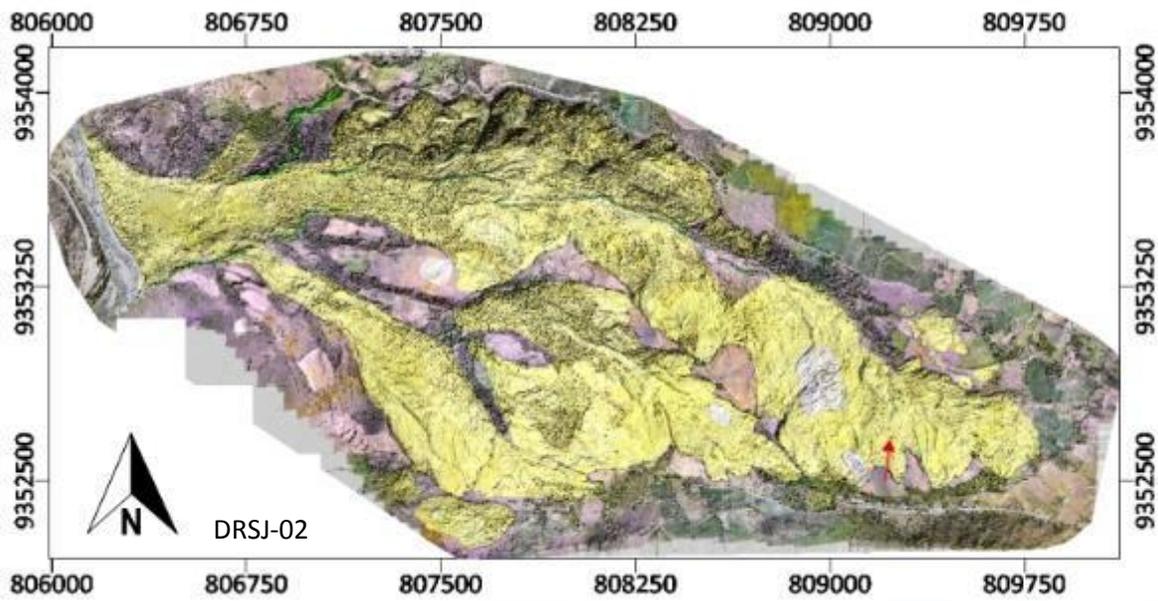


Figura 25. Perfil longitudinal del deslizamiento reciente 02 en el caserío Alto San José.

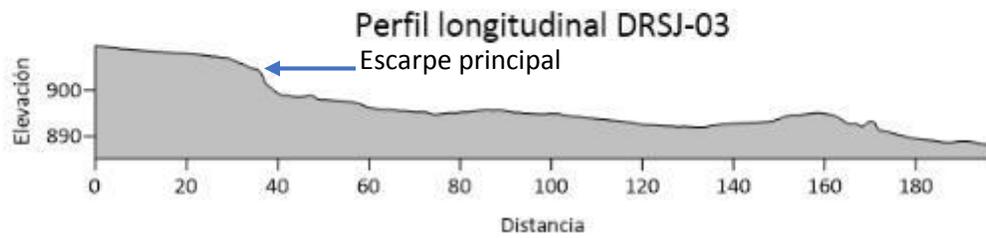
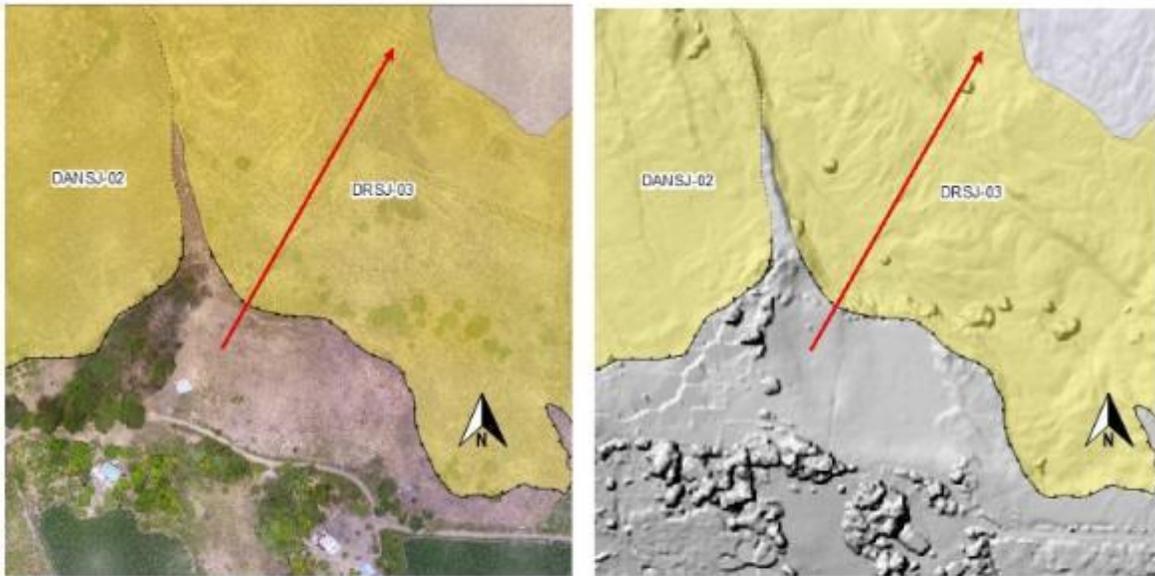
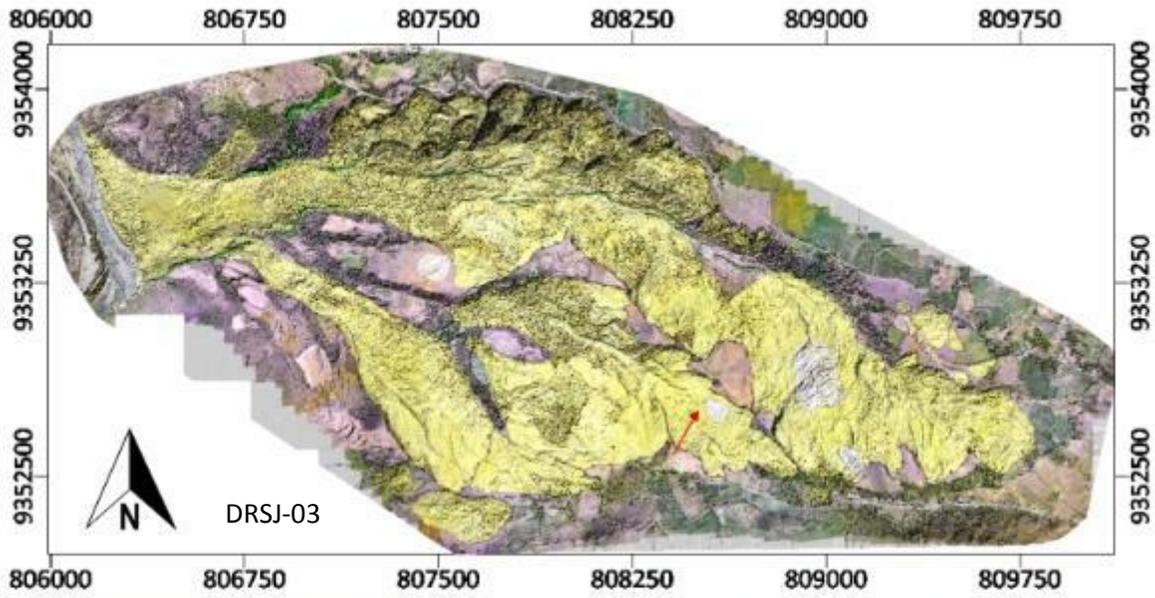


Figura 26. Perfil longitudinal del deslizamiento reciente 03 en el caserío Alto San José.

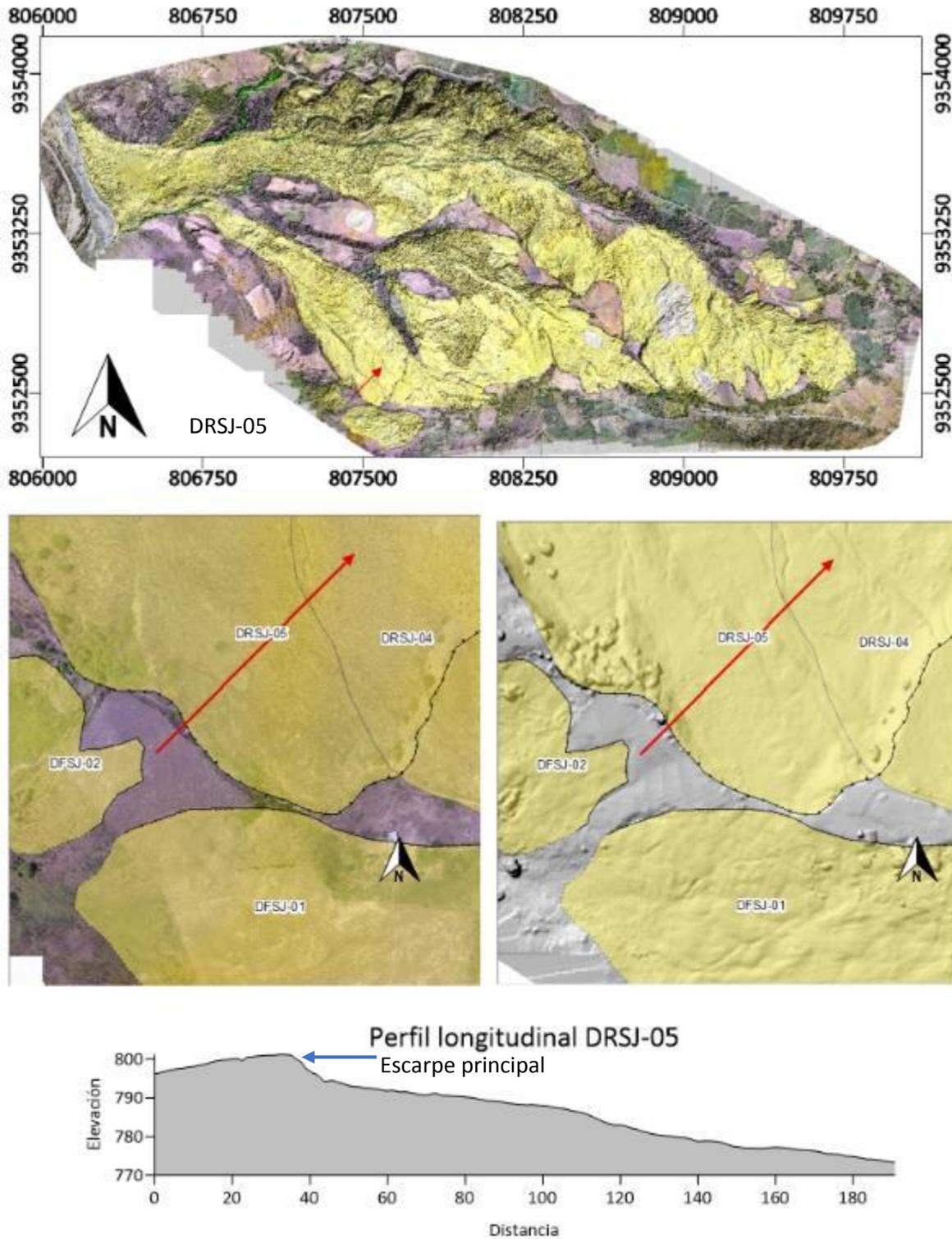


Figura 27. Perfil longitudinal del deslizamiento reciente 05 en el caserío Alto San José.

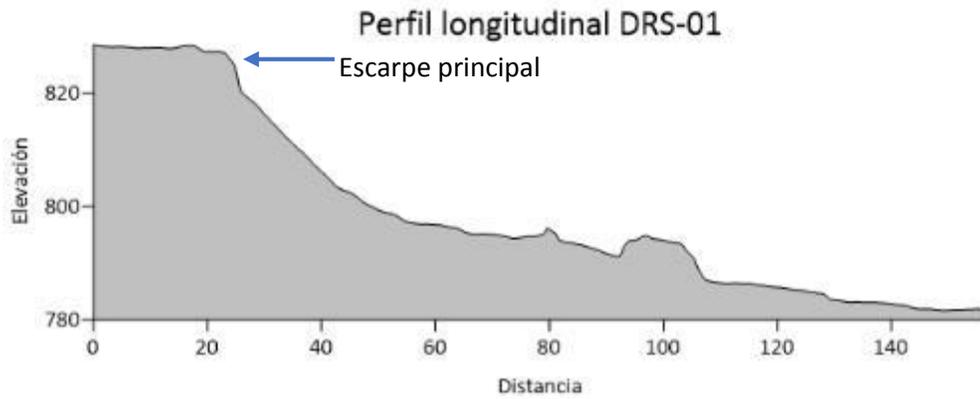
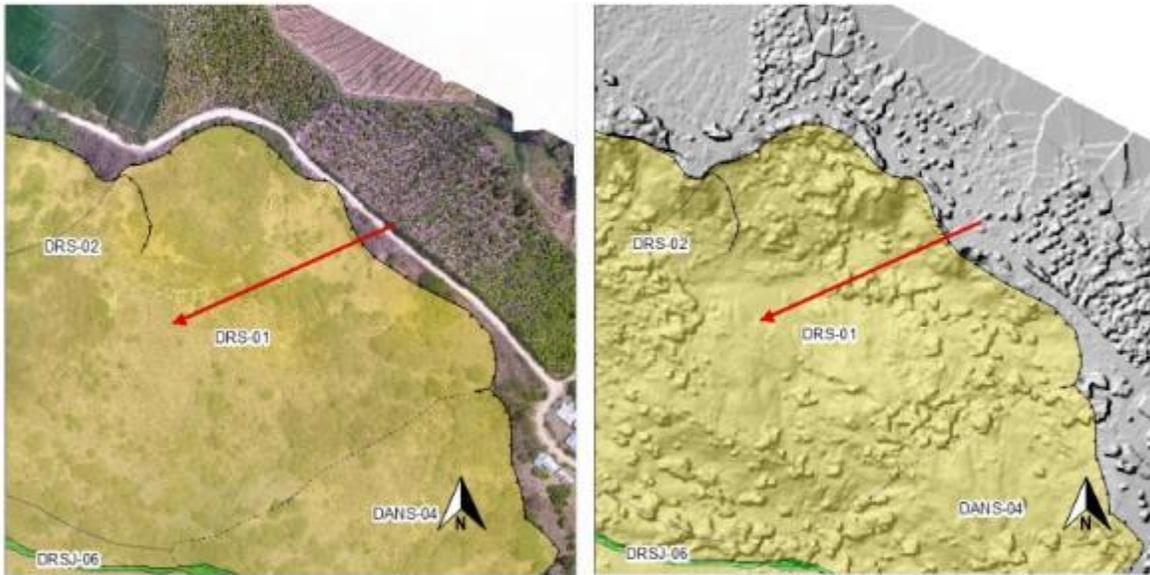
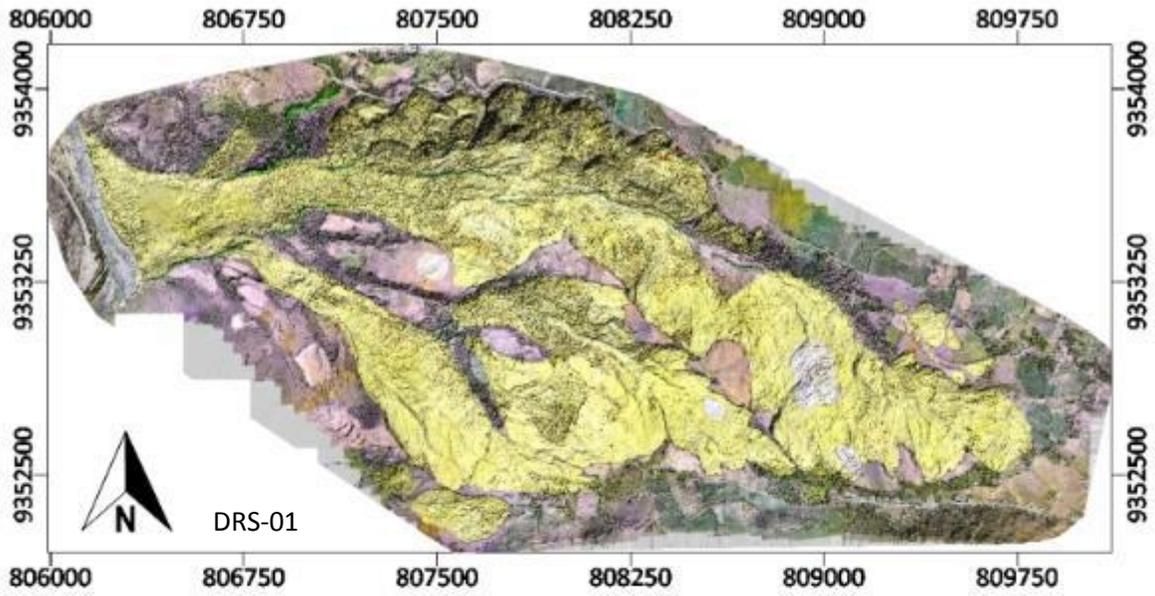


Figura 28. Perfil longitudinal del deslizamiento reciente 01 en el caserío Shirumbache.

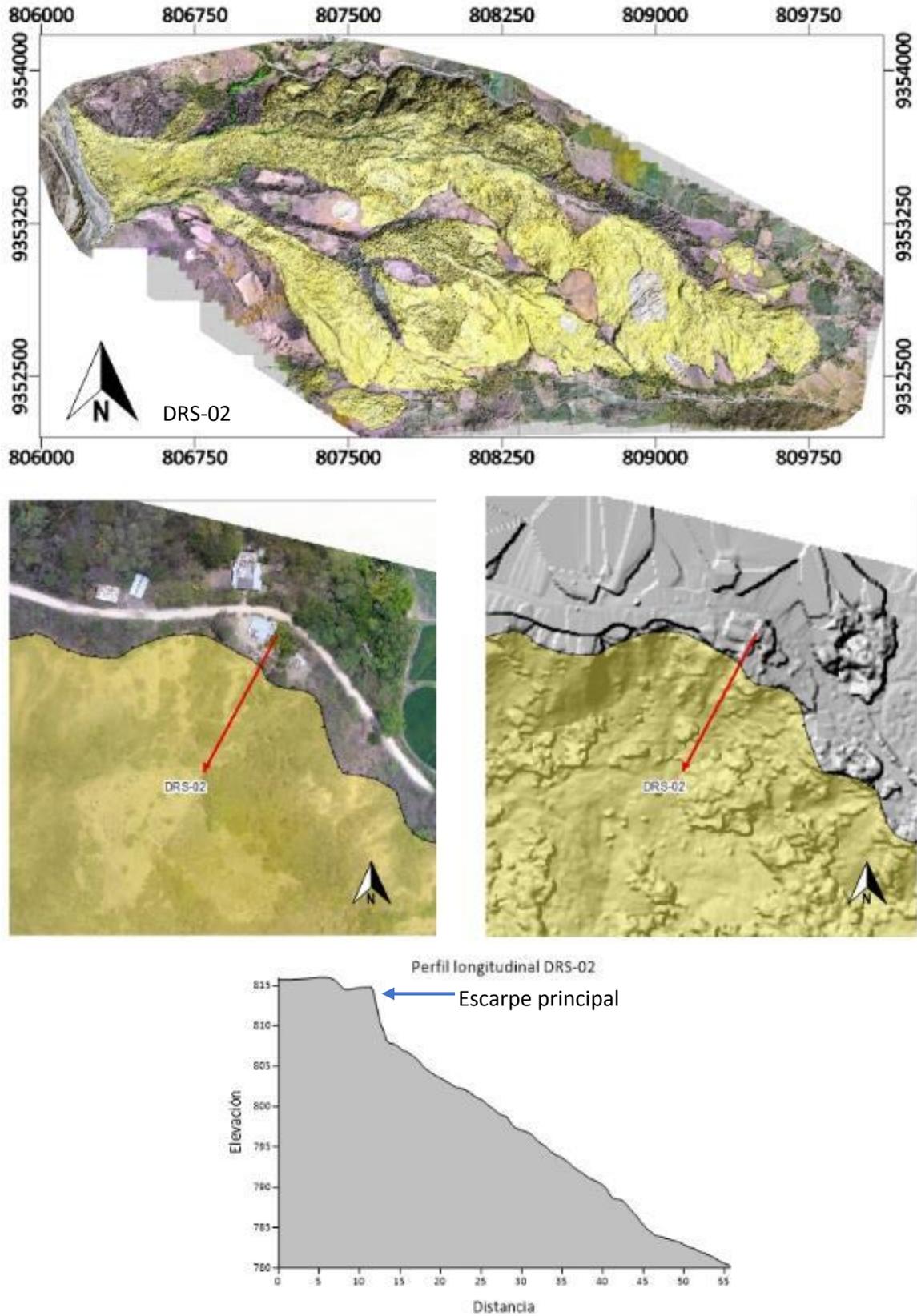


Figura 29. Perfil longitudinal del deslizamiento reciente 02 en el caserío Shirumbache.

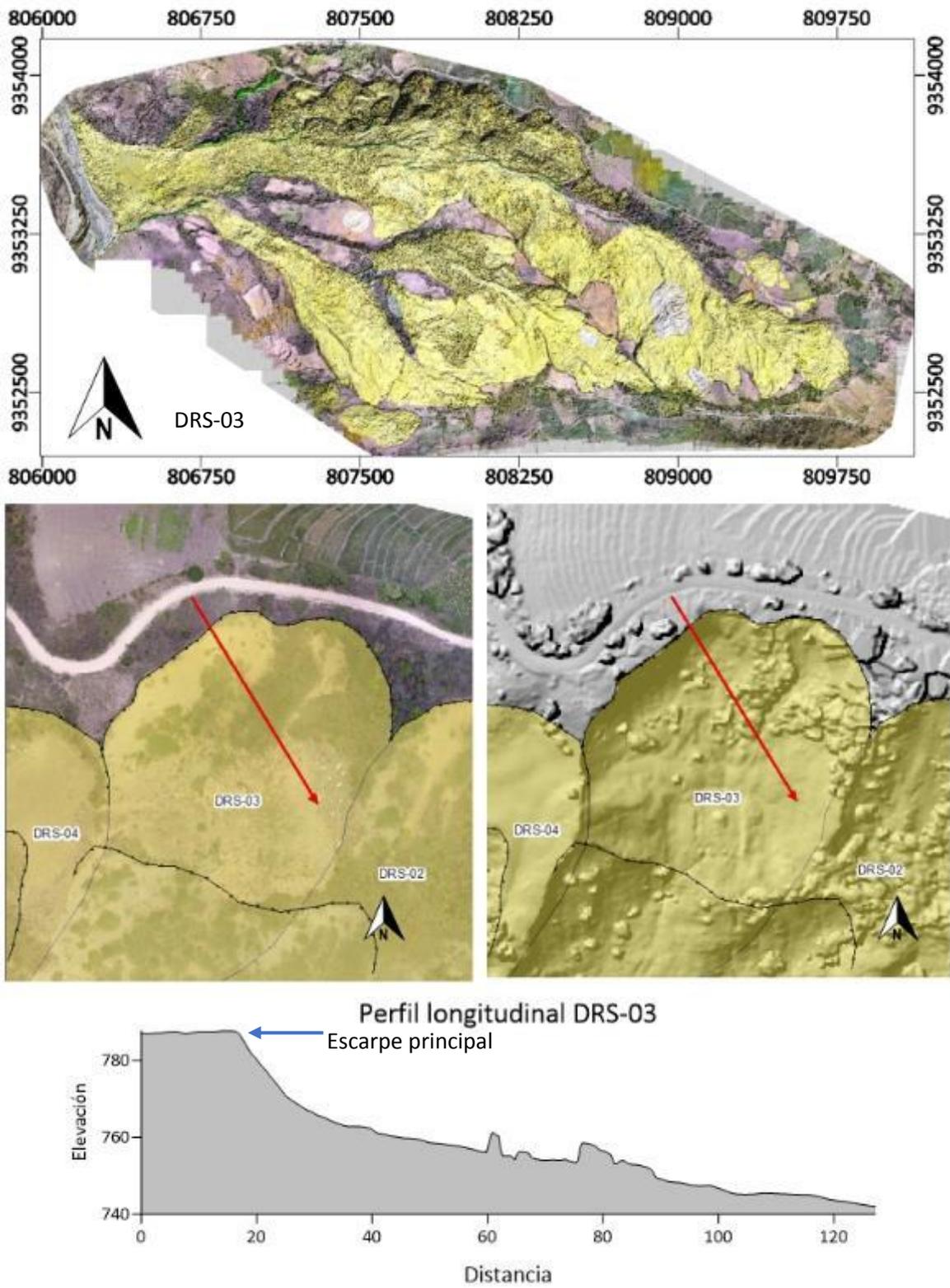


Figura 30. Perfil longitudinal del deslizamiento reciente 03 en el caserío Shirumbache.

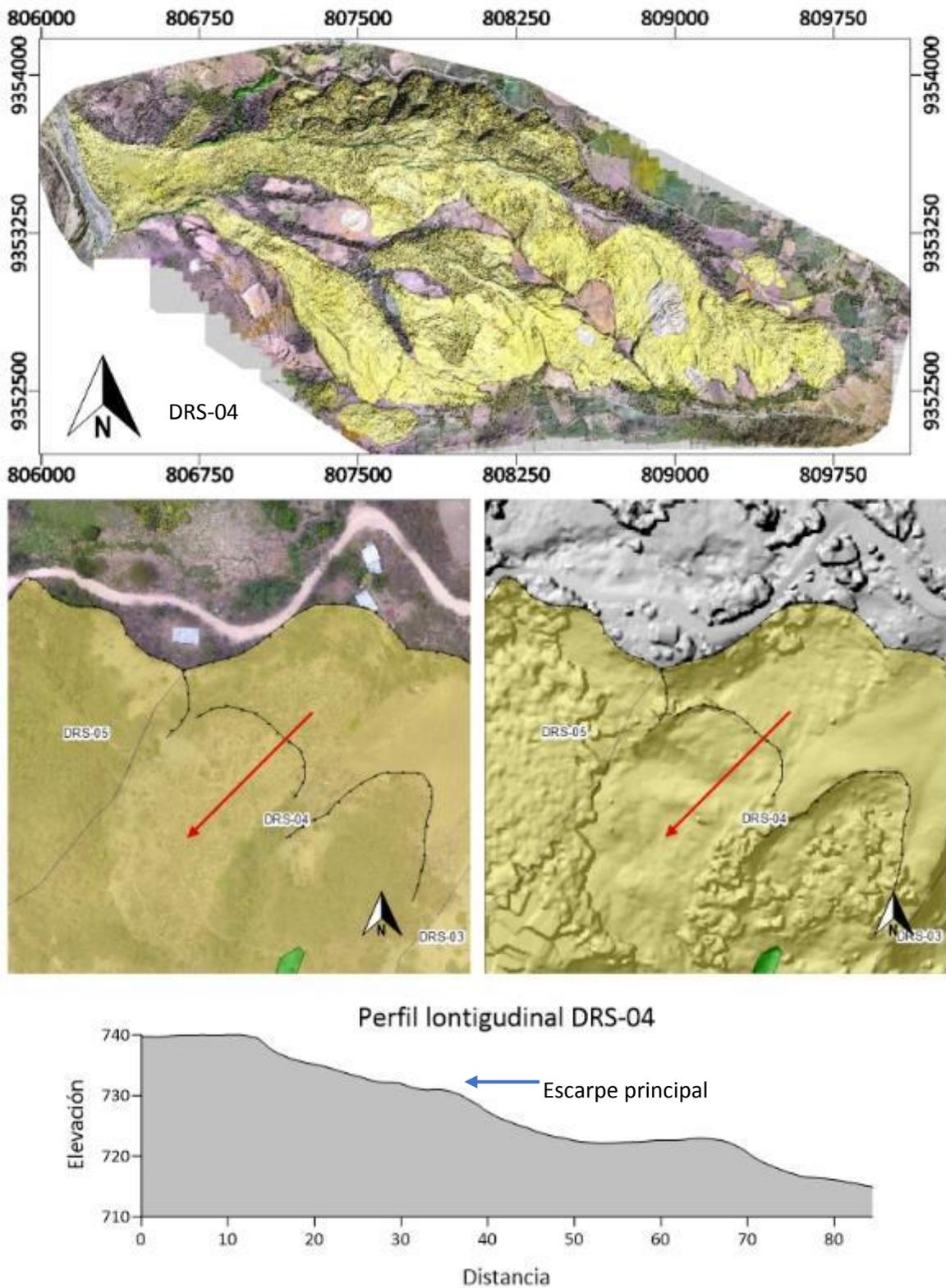


Figura 31. Perfil longitudinal del deslizamiento reciente 04 en el caserío Shirumbache.

ANEXO 2: GLOSARIO

Deslizamiento

Según la Guía para Evaluación de Amenazas de Movimientos en Masa en la Región Andina (PMA, 2007), los deslizamientos son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante (figura 31).

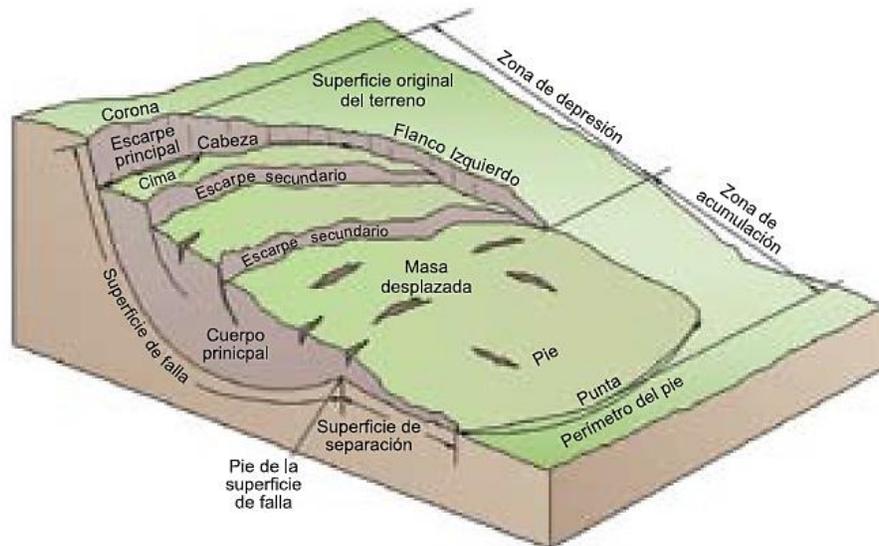


Figura 32. Diagrama de bloque de un deslizamiento (WP/WLI, 1990).

Erosión de laderas (cárcavas)

Las incisiones que constituyen las cárcavas, se ven potenciadas por avenidas violentas y discontinuas, lluvias intensas o continuas sobre terrenos desnudos o por la concentración de flujos superficiales fomentados por obras de drenaje de caminos o carreteras.

En general, los cursos de agua fluctúan hacia un punto de equilibrio, de forma que, si el caudal se incrementa, el canal se ensanchará, profundizará o incrementará su pendiente hasta conseguirlo, y sólo podrá recuperar su estado original si las alteraciones son leves; pero si la cárcava comienza, será necesario un esfuerzo de mayor magnitud para conseguir volver a esa situación inicial. En la denominada erosión por cárcavas, el escurrimiento superficial es grande y con elevada energía erosiva, de forma que se concentra dando lugar a surcos o cárcavas que pueden alcanzar decenas de metros, tanto en dimensión longitudinal como altitudinal.

La FAO (1967) describe el crecimiento de las cárcavas como el resultado de la combinación de diferentes procesos, los cuales pueden actuar de manera aislada. Estos procesos comprenden:

- Erosión en el fondo o en los lados de la cárcava por la corriente de agua y materiales abrasivos (fragmentos de roca o partículas de suelo).
- Erosión por el agua de escorrentía que se precipita en la cabecera de la cárcava y que ocasiona la regresión progresiva de ésta.

- Derrumbes en ambos lados de la cárcava por erosión de las aguas de escorrentía.

Las cárcavas inicialmente tienen una sección transversal en forma de “V” pero al presentarse un material más resistente a la erosión o interceptar el nivel freático, se extienden lateralmente, tomando una forma en “U” (figura 32).

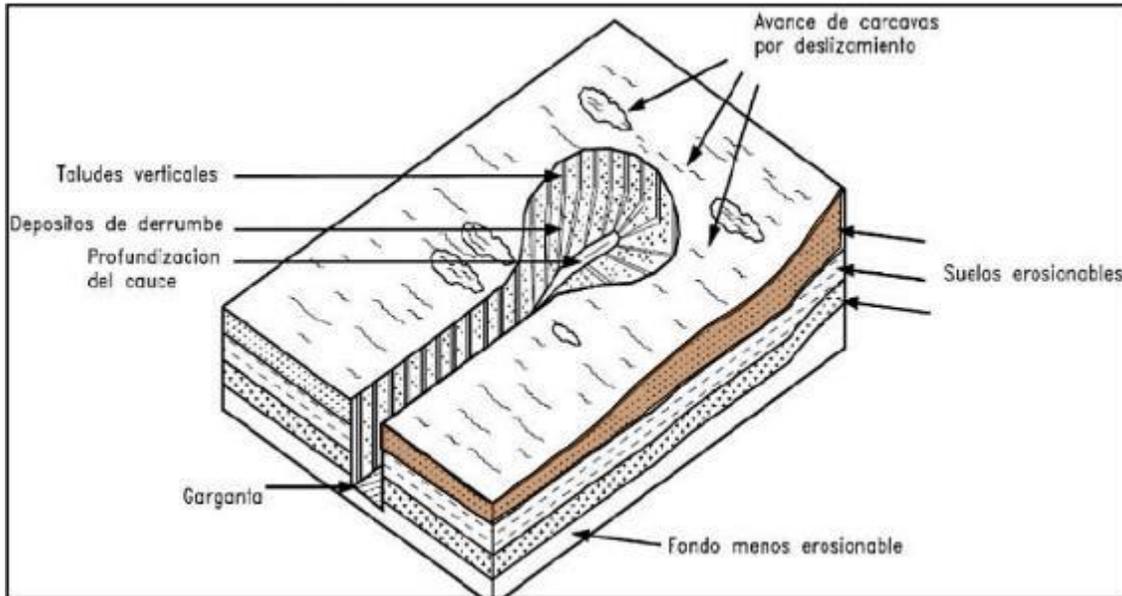


Figura 33. Esquema general de una cárcava. Tomado de Suárez (1998).

ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Banquetas

En la parte inferior de un talud, la descarga y velocidad del agua superficial aumentan, causando el incremento de las fuerzas de socavación. En este caso, la velocidad de la corriente puede reducirse al proporcionar una banqueta casi horizontal a la mitad del talud, o la concentración de agua superficial en la parte inferior del talud puede prevenirse al construir una zanja en la banqueta para drenar el agua hacia afuera del talud. La banqueta también puede usarse como acera para inspección o como andamio para reparación.

Por lo tanto, las banquetas deben diseñarse tomando en cuenta la dificultad de inspeccionar y reparar, la pendiente del talud, la altura de corte, los suelos del talud, los costos y otras condiciones (figura 33).

En los taludes de corte, normalmente se diseñan banquetas de 1 a 2 m de ancho cada 5 a 10 m de altura, dependiendo del suelo, litología y escala de talud.

Una banqueta más ancha se recomienda cuando el talud es largo y grande o donde se instalarán vallas de protección de caída de rocas.

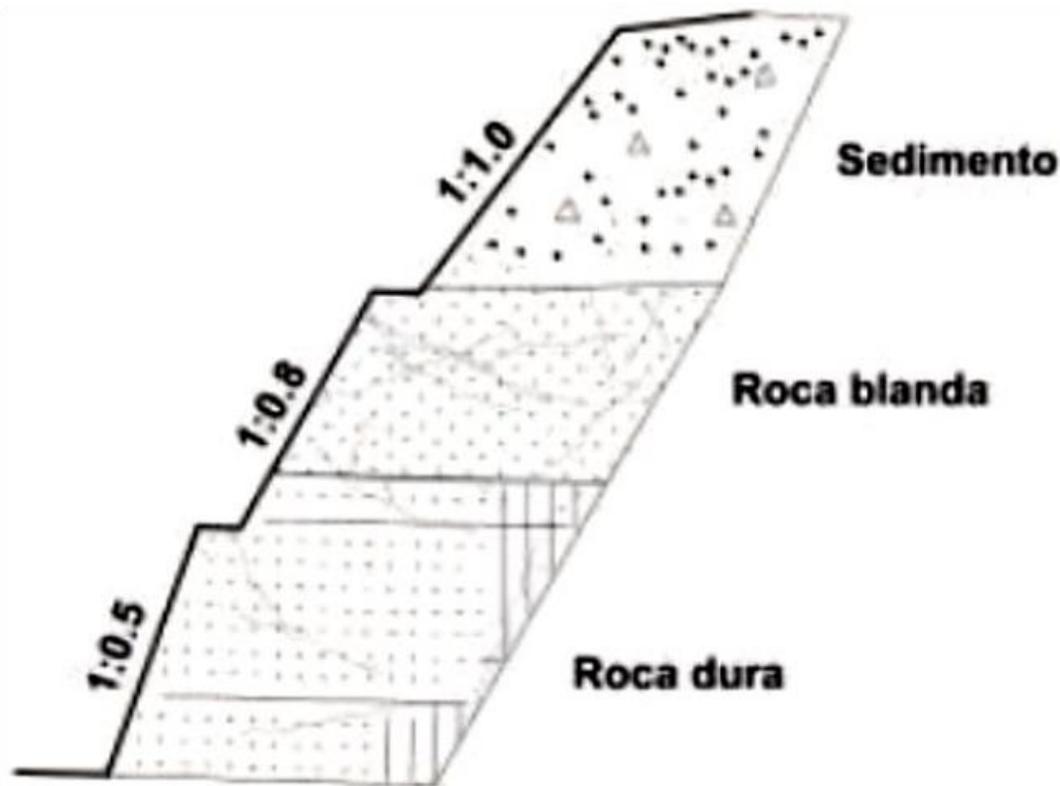


Figura 34. Condiciones de terreno y forma de taludes (JICA, 2004).

Medidas estructurales para control de cárcavas

Las cárcavas son el resultado de la erosión superficial, precedida por la erosión en forma de salpicadura, laminar y en surcos; al aumentar el volumen de escorrentía o su velocidad. En muchos casos estas formas de erosión alcanzan estados de gran avance y desarrollo, de difícil control posterior.

Considerando las condiciones geomorfológicas-geológicas y los peligros geológicos evaluados se debe llevar un manejo adecuado de conservación de suelos cuyos 3 principios fundamentales son:

- Reducir la velocidad de la escorrentía que define la energía con la cual se transportan y emplazan los materiales.
- Favorecer la infiltración del agua.
- Crear cobertura vegetal.

Las medidas de prevención y mitigación, son las siguientes:

- Mejorar el sistema de drenaje de aguas pluviales de la zona urbana de La Florida, evacuando sus aguas hacia otras quebradas.
- Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ella (figura 34), y de esta manera asegurar su estabilidad, así como la disipación de la energía de las corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas.
- Promover el desarrollo de programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc. (figuras 35, 36 y 37).

- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos. Lo recomendable es evitar todo tipo de cultivo en las laderas.
- En las partes altas se debe favorecer el cultivo de plantas que requieran poca agua y proporcionen una buena cobertura del terreno para evitar el impacto directo de la lluvia sobre el terreno.
- El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida del terreno; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- Realizar un monitoreo diario del movimiento de los deslizamientos y ocurrencia de derrumbes, con el fin de estar prevenidos.

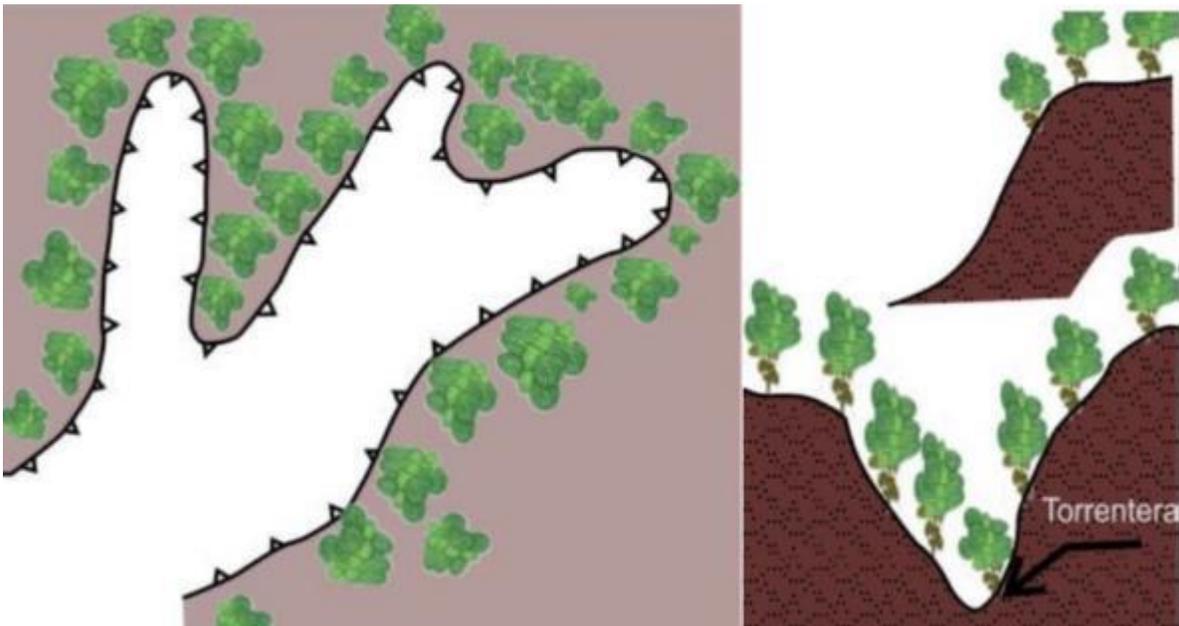


Figura 35. Vista en planta y perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

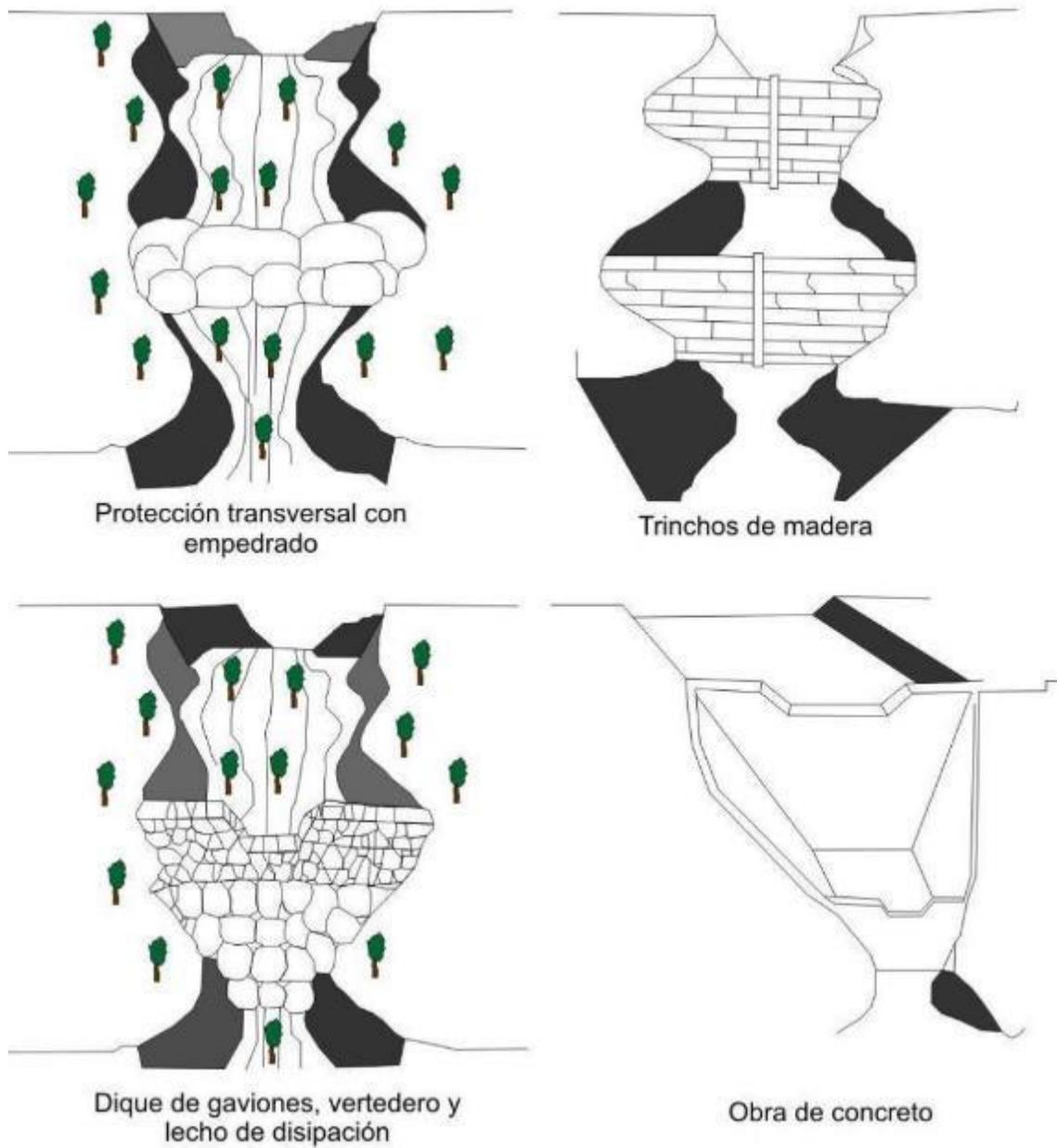


Figura 36. Obras hidráulicas transversales para el control de erosión en cárcavas.

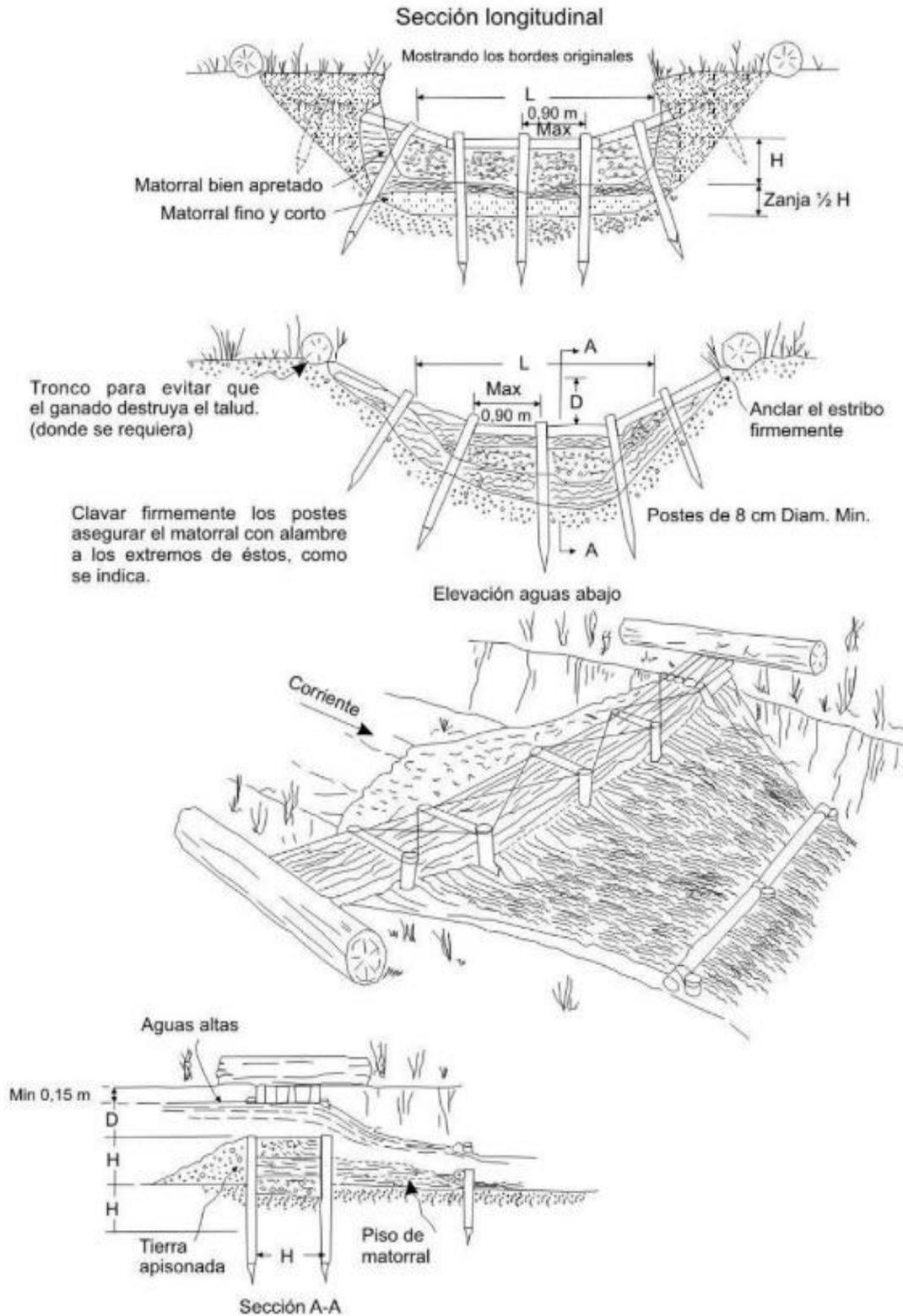


Figura 37. Presa de matorral tipo doble hilera de postes.

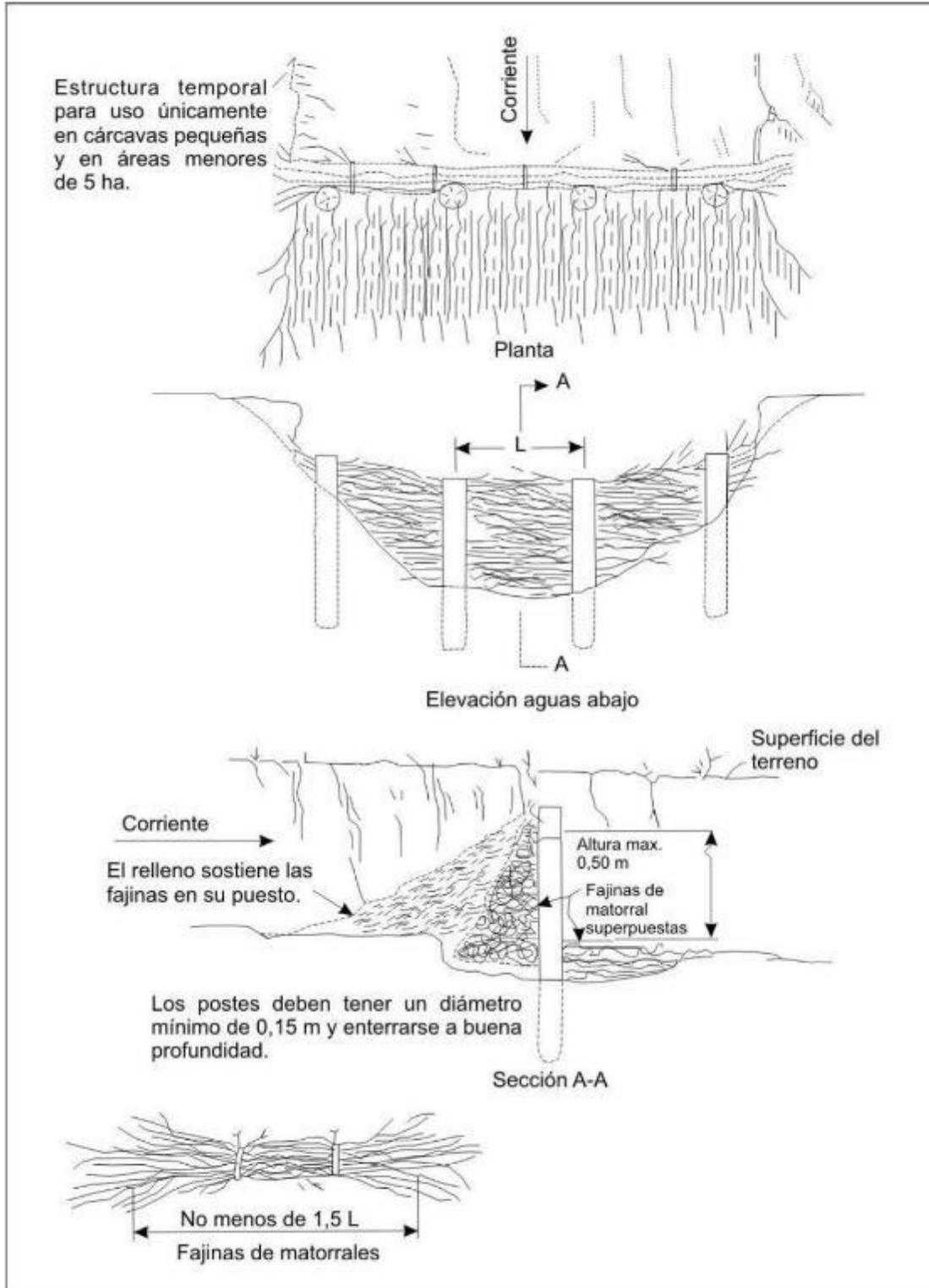


Figura 38. Presas de matorral tipo una hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964).