

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A6894**

# **EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEODINÁMICA EN LAS QUEBRADAS CHAUPIMAYO Y PAUCAR**

**Región Madre de Dios  
Provincia Tambopata  
Distrito Inambari  
Paraje Mazuco**



**JULIO  
2019**

## INDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1. ASPECTOS GENERALES.....</b>	<b>2</b>
<b>2. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>6</b>
<b>4. PELIGROS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>8</b>
<b>4.1. QUEBRADA CHAUPIMAYO .....</b>	<b>8</b>
<b>4.2. QUEBRADA PAUCAR.....</b>	<b>16</b>
<b>5. FACTORES DETONANTES Y CONDICIONANTES.....</b>	<b>24</b>
<b>6. OBRAS DE MITIGACIÓN .....</b>	<b>25</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>29</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>29</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>29</b>

## **EVALUACIÓN GEOLÓGICA-GEODINÁMICA EN LAS QUEBRADAS CHAUPIMAYO Y PAUCAR**

**(Distrito de Inambari, provincia de Tambopata, región Madre de Dios).**

### **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) a través de la ACT.7: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional.

Su 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 hidrológicos, sísmicos o de reactivación de fallas geológicas, o asociados a actividad volcánica. Mediante esta asistencia técnica el INGEMMET proporciona una evaluación técnica que incluye resultados de la evaluación geológica-geodinámica realizada, así como, recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención de fenómenos activos o la generación de desastres futuros en el marco del Sistema de Gestión de Riesgo de Desastres.

Mediante Oficio N°150-2019-MDI T/A, de fecha 05 de abril del presente, representantes de la Municipalidad distrital de Inambari, de la región Madre de Dios, solicitaron una evaluación geológica en las quebradas Chaupimayo y Paucar para ser determinados como Puntos Críticos. La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET, comisionó a los profesionales Guisela Choquenaira Garate y Katerin Ramirez Talavera, para realizar la respectiva evaluación geológica.

Dicha evaluación técnica, se basa en la recopilación y análisis de la información de trabajos realizados anteriormente por INGEMMET, la interpretación de imágenes satelitales, elaboración de mapas para trabajos en campo, adquisición insitu de datos de campo (fotografía y puntos GPS), cartografiado y redacción del informe.

Este informe, como instrumento técnico para la toma de decisiones, se pone a disposición de la municipalidad distrital de Inambari, autoridades y funcionarios competentes para la ejecución de medidas de mitigación y reducción de riesgo de desastre.

#### **1.1 ANTECEDENTES Y TRABAJOS PREVIOS**

Entre los principales estudios realizados en la zona de estudio se pueden mencionar:

- El estudio de Riesgo geológico en la región Madre de Dios (Ingemmet, 2015, Inédito) elaboró un informe sobre Zonas críticas por peligros geológicos en la región Madre de Dios (2015). En dicho informe se determinan 13 zonas críticas en la región, de las cuales dos corresponden al distrito de Inambari. El 26% de los eventos identificados son originados por Huaycos, deslizamientos y derrumbes.

#### **1.2 Objetivos**

- Evaluar, identificar y caracterizar los peligros geológicos en las quebradas Chaupimayo y Paucar; así como las causas de su ocurrencia.

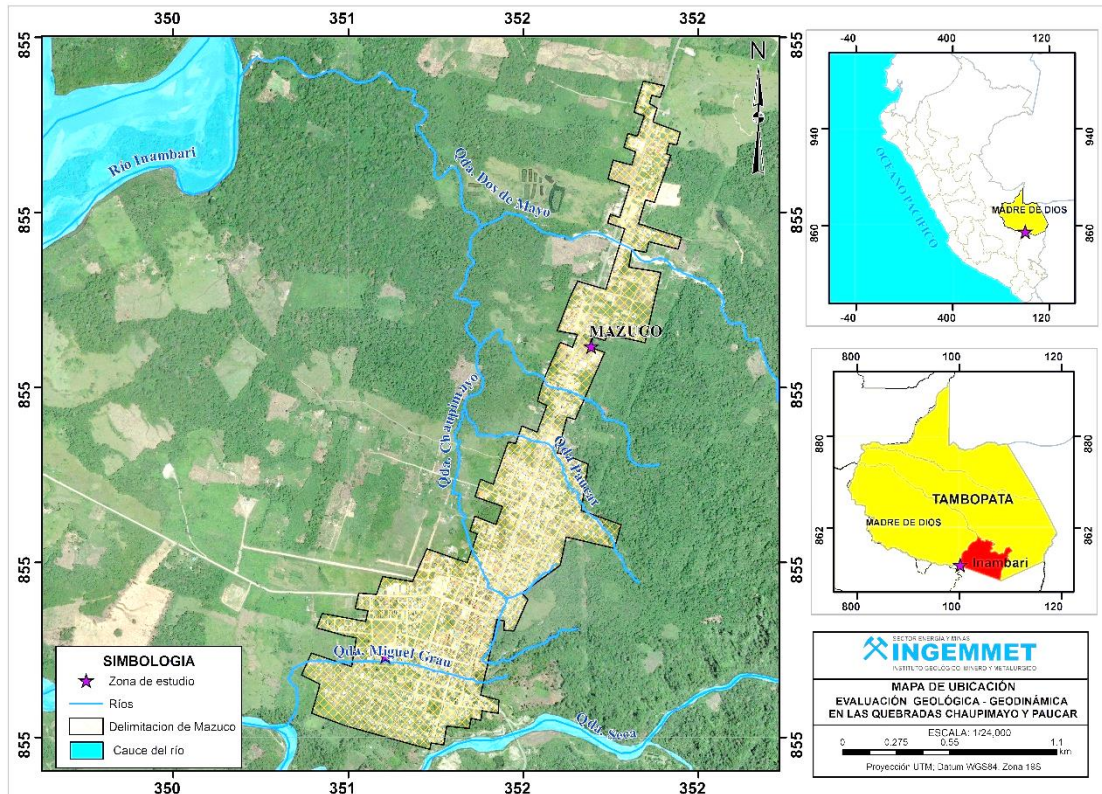


- Proponer obras de mitigación para contribuir en la Gestión de Riesgo de Desastres.

## 2. ASPECTOS GENERALES

### 2.1 Ubicación y accesibilidad

Las quebradas Chaupimayo y Paucar, geográficamente se ubican en el distrito de Inambari, provincia de Tambopata, departamento Madre de Dios (Figura 1); disectan la localidad de Mazuco; entre las siguientes coordenadas UTM (WGS 84) X: 480551 E; Y: 8607922 N, a una altitud de 350 m s. n. m.



**Figura 1** Mapa de ubicación de las quebradas Chaupimayo y Paucar.

La zona de trabajo es accesible mediante la vía Interoceánica Sur (Cusco - Mazuco; Puerto Maldonado - Mazuco) y por la vía aérea Lima - Puerto Maldonado (duración de 95 minutos), el recorrido por la vía terrestre se indica en el siguiente cuadro:

Tramo	Km	Tipo de vía	Duración (h)
Cusco-Mazuco	311	Asfaltada	5:43
Puerto Maldonado-Mazuco	168	Asfaltada	2:32

### 2.2 Clima y vegetación

Tomando como referencia la clasificación de Holdridge (1979), el distrito de Mazuco al ubicarse en la selva alta presenta un clima de tipo tropical. La precipitación total anual media es de 4335 mm; las máximas precipitaciones ocurren entre los meses de diciembre a marzo, período en que las lluvias son frecuentes e intensas y pueden durar varias horas. Las

temperaturas son altas durante todo el año, superando los 25°C. Por las noches, el tiempo es generalmente fresco, y las temperaturas mínimas promedio oscilan entre 17° y 20° C.

En las quebradas Chaupimayo y Paucar la vegetación comprende árboles y pastizales como: castañuelas, platanales, Topa, Mucuna, entre otros.

Si bien la existencia de árboles es primordial en la estabilidad de ladera, en la zona de estudio en su mayoría se encuentra árboles de raíz superficiales (característico de la zona), ante la ocurrencia de flujo y deslizamientos son arrancados con facilidad desde su raíz.

### 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Morfológicamente la localidad de Mazuco está ubicada sobre una terraza indiferenciada. Desde el punto de vista morfo-estructural se ubica sobre la Llanura Amazónica, que constituye un gran bloque depresionado, la cual ha sido condicionada por la dinámica de los eventos tectónicos que se desarrollaban en la Cordillera Subandina.

#### 3.1 Pendiente de los terrenos

Un aspecto importante en la clasificación de las unidades geomorfológicas, además del relieve, es la pendiente de los terrenos.

En la zona de estudio, las laderas de las quebradas Chaupimayo y Paucar tienen pendientes comprendidas entre 25° a 35°, a las cuales se les considera como pendiente muy fuerte. Esto facilita el escurrimiento superficial de los materiales sueltos dispuestos en las laderas.

#### 3.2 Unidades Geomorfológicas

La diferenciación de unidades geomorfológicas considera como criterio la homogeneidad de la litología y aspectos del relieve en relación a la erosión y sedimentación ocurridos a lo largo de su historia geológica (relacionados al clima húmedo y cálido, vegetación densa, fundamentalmente (Figura 2).

Se identificaron geoformas en función a la altura relativa y pendiente: 1) Relieves de colinas y lomadas, 2) Planicies y 3) Geoformas particulares (Cuadro 1).

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS		
Unidad	Sub unidad	
Relieve de colinas y lomadas	Colina y lomada disectada en roca sedimentaria	RCLD-rs
Planicies	Terraza indiferenciada	Ti
Geoformas Particulares	Isla fluvial	I-fl
	Barra de arena en cauce de río	B-a
	Cauce del río	Río
	Actividad Minera	Am

A continuación, se describe las unidades geomorfológicas, detallando su ubicación y distribución geográfica (cuadro 1).

### **Unidad relieve 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, son el resultado de fallas tectónicas o procesos erosivos intensos ocurridos durante el Cuaternario, las lomadas a diferencia de las colinas, se caracterizan por ser una superficie que está alcanzando la etapa final del ciclo erosivo; constituye una fase intermedia entre las geoformas de planicie y colina.

Colina y lomada disectada en roca sedimentaria (RCLD-rs): Subunidad geomorfológica cubierta por abundante vegetación donde se tienen asociaciones de colinas y lomadas modeladas en rocas sedimentarias que han sufrido una intensa denudación, encontrándose con un alto grado de disección producidos por quebradas, se ubica en la zona suroeste de la zona de estudio.

### **Unidad de planicies**

Una llanura o planicie es un espacio geográfico con poca o ninguna variación en la altitud de la superficie o terreno respecto al nivel del mar.

Terraza indiferenciada (Ti): Subunidad geomorfológica, conocida también como terrazas poligénicas, se forma por la fusión de numerosas terrazas de diferentes edades, pero pertenecientes a un mismo ciclo erosivo, la localidad de Mazuco se encuentra asentada sobre gran parte de esta terraza indiferenciada o poligénica.

Son expuestas a inundaciones periódicas, principalmente en las márgenes del río Inambari, Dos de Mayo y las quebradas Chiforongo, Seca, Miguel Grau y Chaupimayo, en épocas de precipitaciones pluviales. Litológicamente esta constituido principalmente por sedimentos de depósitos fluviales acarreados por los ríos y quebradas.

### **Unidad de geoformas particulares**

#### Isla fluvial (I-fl)

Son elevaciones preexistentes del terreno que fueron rodeados por las aguas de los ríos, al experimentar una variación en sus cauces debido a sus divagaciones; tienen formas elípticas y alargadas y sus ejes mayores coinciden con la dirección de la corriente.

En el área de estudio se encuentran rodeados por el curso del río Inambari.

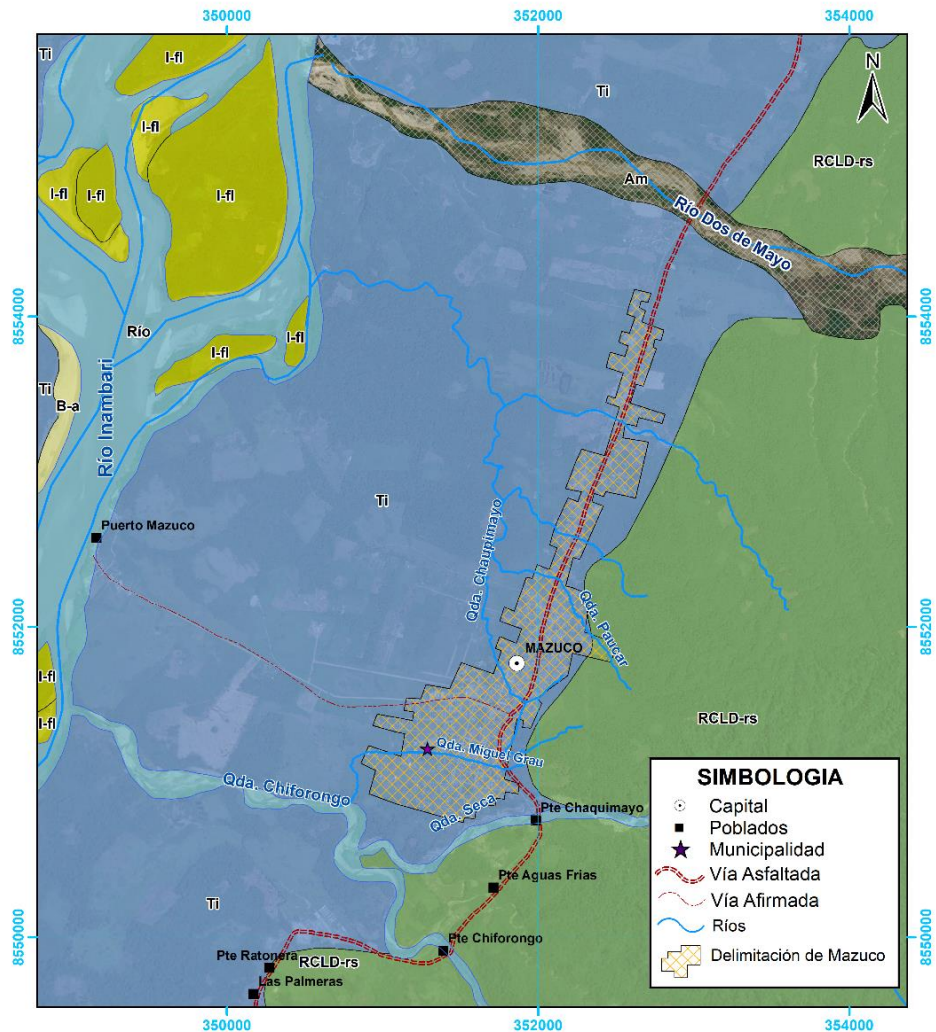
#### Barra de arena en cauce de río (B-a)

Es un tipo de depósito fluvial que se forma en las márgenes o dentro del cauce del río a consecuencia de la acumulación de sedimentos retenidos por obstáculos y/o disminución de la velocidad de las corrientes del agua. Son principalmente de forma semicircular y son visibles cuando los ríos están en la época de estiaje, en la zona de estudio se ubica al margen izquierdo del río Inambari.

Cauce del río (Río) En el área de estudio, tenemos a los ríos Inambari y Dos de Mayo que presentan principalmente una orientación entre noroeste – sureste y suroeste - noreste con drenajes de tipo subdendrítico a paralelo.

Actividad Minera (Am)

Esta subunidad corresponde a la actividad minera desarrollada al margen izquierdo de río Inambari y en ambas márgenes del río Dos de Mayo.



UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS		
Unidad	Sub Unidad	
Relieve de colinas y lomadas	Colina y lomada disectada en roca sedimentaria	RCLD-rs
Planicies	Terraza indiferenciada	Ti
Geformas Particulares	Isla fluvial	I-fi
	Barra de arena en cauce de río	B-a
	Cauce de río	Río
	Actividad Minera	Am

SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

**GEOMORFOLOGÍA**  
EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEODINÁMICA  
EN LAS QUEBRADAS CHAUPIMAYO Y PAUCAR

ESCALA: 1/30,000

0 0,3 0,6 1,2 1,8 Km

Proyección UTM; Datum WGS84, Zona 19S

**Figura 2.** Mapa de Unidades geomorfológicas de la zona de estudio. Tomado del Mapa Geomorfológico Integrado (INGEMMET, 2016).



#### 4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico se realizó en base a la carta geológica del cuadrángulo de Masuco (26v; Palacios et al., 1996) y el mapa geológico del cuadrángulo de Masuco (27v4; 2015). El área de estudio está constituido por afloramientos de rocas sedimentarias del Cenozoico, Formación Ipururo y depósitos fluviales del Cuaternario (Figura 3).

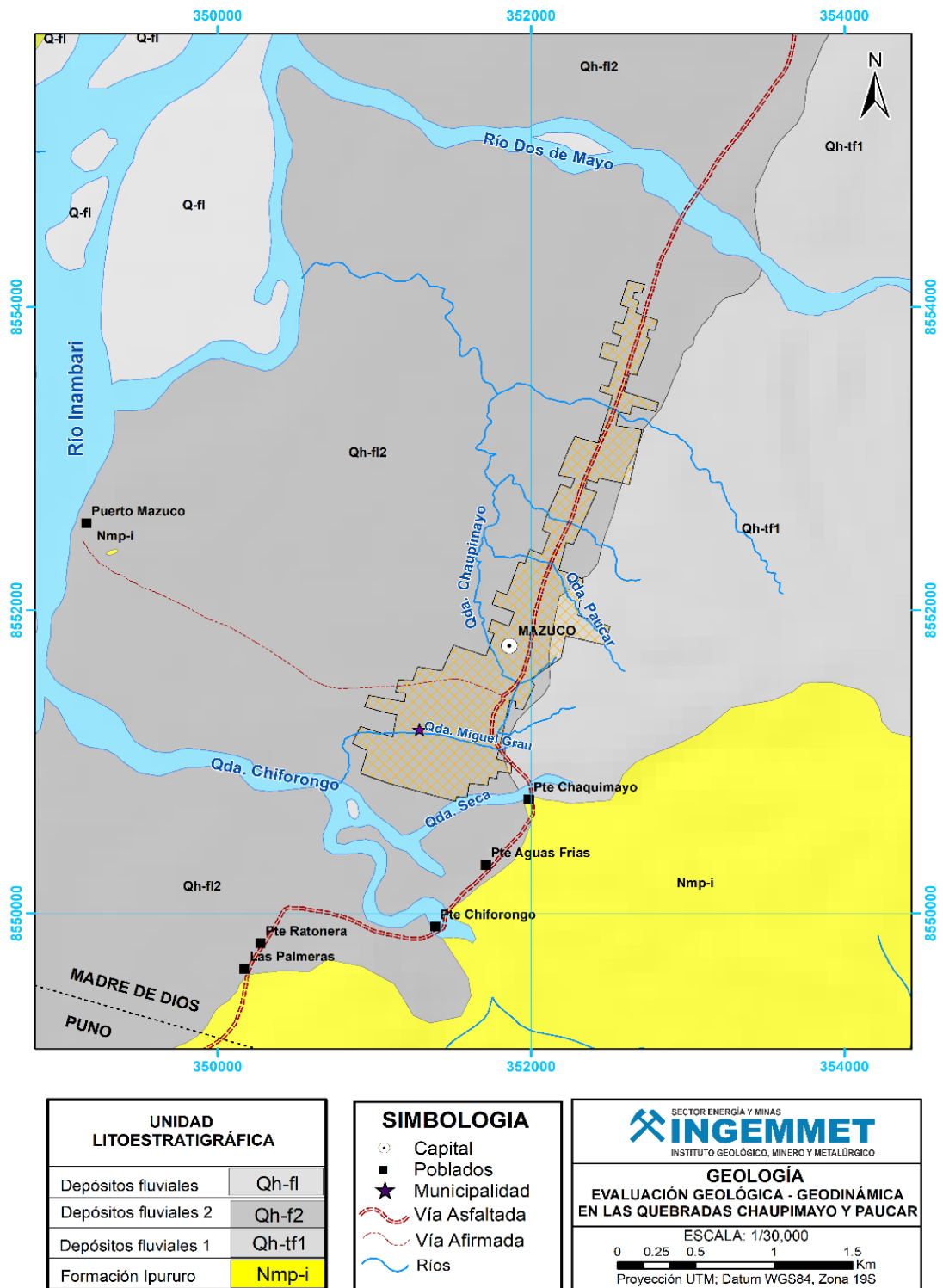
**Formación Ipururo (Nmp-i):** Palacios et al. (1996) denomina a esta unidad como Grupo Ipururo. Aflora al sureste del área de investigación, emplazado en colinas y lomada disectada en roca sedimentaria, conformada por areniscas sublíticas gris amarillentas, de grano grueso, areniscas conglomerádicas en estratos gruesos y masivos, conglomerados polimícticos con clastos de rocas sedimentarias, metamórficas e intrusivas, que se encuentran intercaladas con limolitas rojas y abigarradas.

**Depósito fluvial 1 (Qh-tf1):** Está compuesta principalmente por arcillas, limos y conglomerados polimícticos con clastos imbricados, que presenta clastos de rocas sedimentarias, metamórficas e intrusivas, unidos en matriz limo arenoso, asimismo presenta restos de vegetales.

**Depósito fluvial 2 (Qh-f2):** Son depósitos fluviales del cuaternario, constituidas de arcillas y limos marrón rojizos con arenas y restos de vegetales. Sse ubican en las terrazas indiferenciadas o poligénicas, la localidad de Mazuco se encuentra emplazada en esta unidad.

**Depósito fluvial (Qh-fl):** Constituido por arenas de grano fino en depósitos tipo barras, islas fluviales, limos y arenas rellenando cauces antiguos litoestratigráfica, aflora al noroeste de la zona de trabajo en el río Inambari.





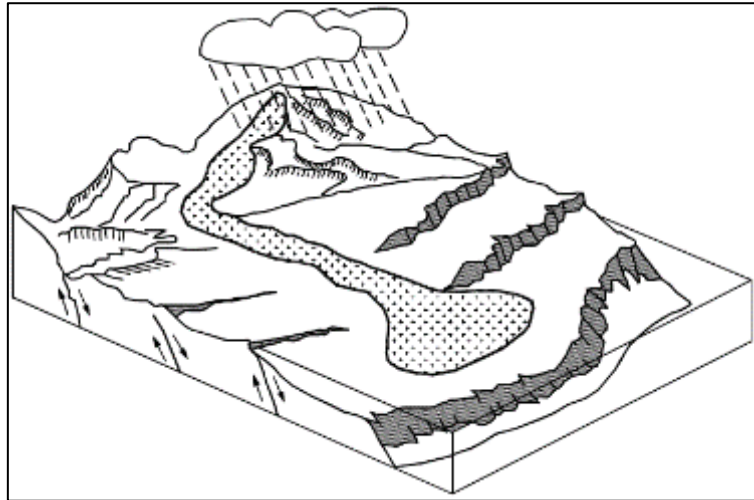
**Figura 3.** Mapa geológico de la zona de estudio. Tomado del mapa geológico del cuadrángulo de Mazuco -27v4 (Ingemmet, 2015).

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

### 5.1. QUEBRADA CHAUPIMAYO

#### – Flujo de detritos

Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada (Figura 4). Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes (figura). Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado (Costa, 1984 en Hungr, 2005).



**Figura 4.** Imagen representativa de un flujo de detritos. Adaptado de Suarez (1992).

La localidad de Mazuco está disectado por cuatro quebradas principales, zonas susceptibles a la ocurrencia de flujos de detritos y deslizamientos. Según versión de los pobladores, cada 4 años (tiempo de retorno) se origina flujos de detritos con la misma magnitud e intensidad, causando grandes daños a la población.

El 24 de noviembre del 2018, en la quebrada Chaupimayo se originó un flujo de detritos a consecuencia de las intensas precipitaciones pluviales, el flujo arrastro bloques de 50 cm de diámetro (Fotografía 1) y árboles de 10 m de longitud (arrancados desde su raíz, Fotografía 2). Asimismo, el evento generó la ruptura de una captación de agua (Fotografía 3), dejando a la población 15 días sin el abastecimiento de agua.

El cauce natural de la quebrada ha sido desviado hacia la margen derecha, para un mejor aprovechamiento de captación de agua (por gravedad), esto originó mayor erosión en la base de la ladera y mayor ensanchamiento de la quebrada. Actualmente el cauce tiene 15 m de ancho en la zona media de la quebrada (Figura 4), hace diez años la quebrada Chaupimayo en la misma zona, tenía un ancho de 7m.

Es importante mencionar, que las viviendas (zonas vulnerables) asentadas sobre el cauce antiguo de la quebrada, están en peligro inminente, dado que el curso del agua podría volver a tomar su cauce natural, causando pérdidas de vidas humanas y materiales.



**Fotografía 1.** Vista de la quebrada Chaupimayo (Zona media).



**Fotografía 2.** Vista de árboles caídos en el cauce de la quebrada Chaupimayo.



**Fotografía 3.** El flujo de detritos rompió la estructura del canal de captación.





**Fotografía 4.** Zona media de la quebrada, tiene 15 m de ancho.

El evento ocurrido el 24 de diciembre del año 2018, en la quebrada Chaupimayo, está condicionado por:

- a) Laderas de pendiente fuerte ( $25^{\circ}$  a  $35^{\circ}$ ), consideradas como laderas inestables, susceptible a la ocurrencia de deslizamientos o derrumbes.
- b) Material de fácil remoción (depósito fluvial) ante intensas precipitaciones pluviales

Es importante resaltar que en la zona media de la quebrada está conformada por bloques de 40 a 60 cm de ancho (Fotografía 5), mientras que en la zona alta se tienen bloques con diámetros mucho más pequeños (Fotografía 6), ello indica que el flujo se inició en la zona media de la quebrada Chaupimayo.



**Fotografía 5.** Vista de bloques de roca ígnea, transportados por el flujo, de 35 cm de diámetro.





**Fotografía 6.** Vista del material fluvial que conforma la ladera de la quebrada Chaupimayo (zona alta).

En la zona baja de la quebrada, margen izquierda, se construyeron muros de concreto y bolsacretos, con el fin de atenuar el proceso erosivo que generan los flujos de detritos (Fotografía 7). Asimismo, aguas abajo, a la margen derecha se tenía una captación de agua, el cual colapso producto de la avenida del flujo de detritos (Fotografía 8).

La magnitud del flujo de detritos genero la rajadura del reservorio de agua (Fotografía 9), asimismo rompió parte de estructura de la captación de agua (Fotografía 10). En esta zona el flujo de detritos alcanzó una altura de 0.70 m.



**Fotografía 7.** Vista de muro con bolsacretos que protege la margen izquierda de la quebrada.





**Fotografía 8.** Vista de la margen derecha de la quebrada Chaupimayo (zona baja) viene siendo socavada por la dinámica fluvial de la quebrada.



**Fotografía 9.** A) Vista de un reservorio con rajaduras en las paredes, ante un nuevo evento podría colapsar. B) Vista de una captación de agua en pésimas condiciones.



**Fotografía 10.** Vista de una captación de agua, el cual colapsó producto de la ocurrencia de flujo de detritos.



Hacia la margen derecha de la quebrada Chaupimayo se originó un deslizamiento rotacional, presentando un solo nivel de escarpe de 6 m de longitud y 1.5 m de salto; la distancia desde el escarpe hasta el pie del deslizamiento es de 30 m aproximadamente (Fotografía 11).

El cuerpo del deslizamiento está conformado por bloques de 20 cm de diámetro en promedio, de forma subredondeadas a redondeadas, envueltos en matriz areno limosa. Es importante resaltar que el material en esta zona presenta bloques de diámetro mucho más pequeños que en la zona baja.

Asimismo, en el cuerpo del deslizamiento se observan árboles caídos (de diferentes tamaños y grosores), gran parte de ellos arrancados desde su raíz (Fotografía 12).

Los volúmenes de deslizamiento dependen de la altura y la longitud de los movimientos. A mayor altura, menor es el volumen de los deslizamientos pero mayor es su velocidad.



**Fotografía 11.** Vista de un deslizamiento rotacional a la margen derecha de la quebrada Chaupimayo.



**Fotografía 12.** Vista de árboles caídos en el cuerpo del deslizamiento.

### Velocidad alcanzada por el flujo de detritos en la quebrada Chaupimayo

Para determinar indirectamente la velocidad de un flujo de detritos se utilizó la fórmula propuesta por Chow (1959), utilizando esquemas de planta y perfil en un recodo del cauce con evidencias de campo de las huellas dejadas por el flujo en las márgenes (Figura 5): Modelo tomado de Zavala et al., 2010.

$$V = (g \times r_c \times \cos\theta \times \tan\alpha)^{0,5}$$

Donde:

**V**= velocidad (m/s)

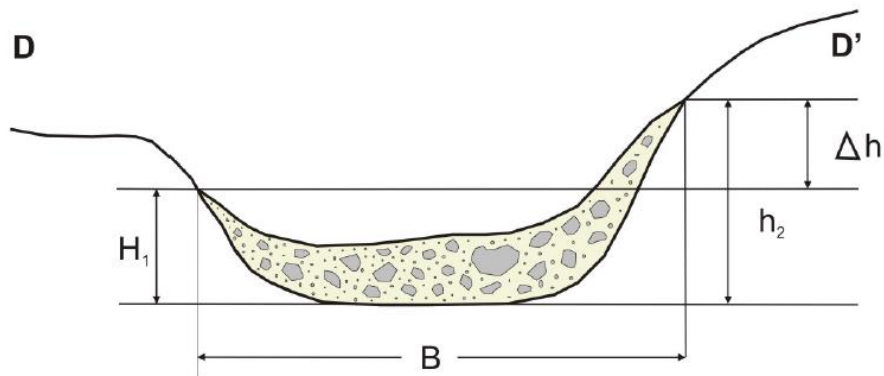
**g**= gravedad (9.8 m/s<sup>2</sup>)

**r<sub>c</sub>**= radio de curvatura de la línea central del canal o quebrada (m)

**cosθ**= Coseno del ángulo longitudinal del valle

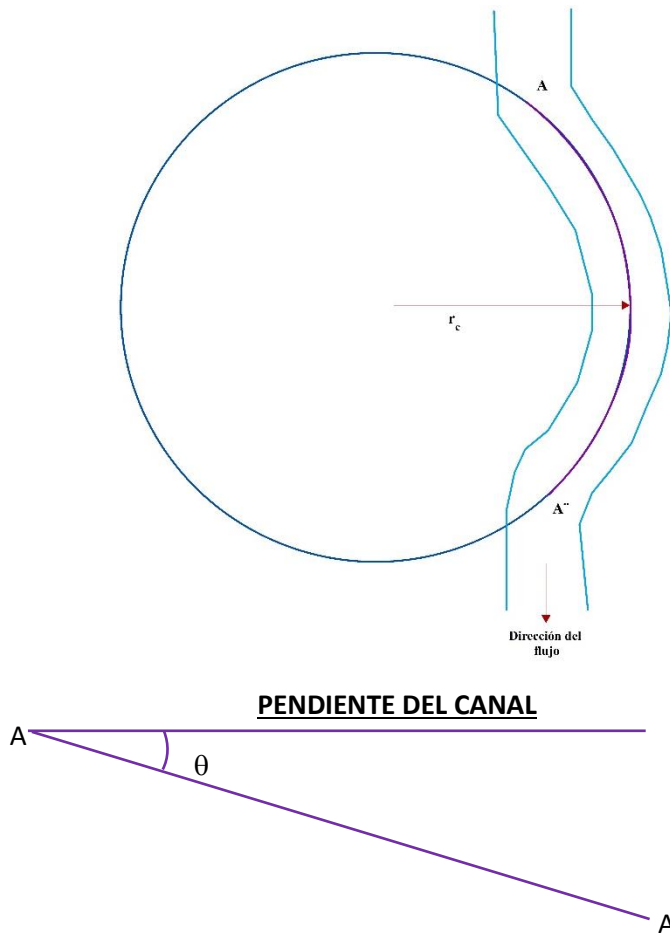
**tanα**= Δh/B

**VISTA DE PERFIL**  
 (Zavala et al., 2010)



**VISTA EN PLANTA**





**Figura 5.** Esquemas de planta y perfil utilizados en el cálculo de la velocidad del flujo de detritos.

Según manifestaciones de los pobladores el flujo de detritos en la quebrada Chaupimayo detonó a una velocidad rápida. Para constatar se tomaron medidas en campo, así mismo se tomaron valores estándar conocidos y valiéndonos de la imagen satelital disponible (Figura 6), se calculó la velocidad, obteniendo un valor de 3 m/s; según la escala de velocidades de Cruden y Varnes (1996) es considerada como **Velocidad Rápida**.

**Datos:**

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$r_c = 11,8 \text{ m}$

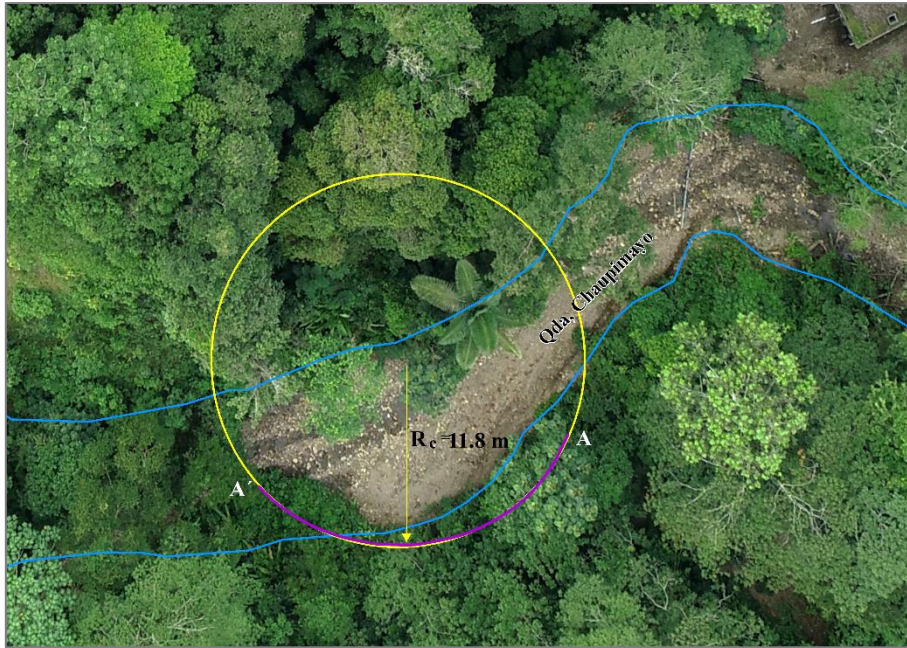
$\theta = 10^\circ$

$\cos\theta = 0,984$

$\tan\alpha = \Delta h/B = 1.3 \text{ m} / 16,40 \text{ m} = 0,079$

**Aplicando la fórmula:**

$V \text{ (m/s)} = (9,81 \text{ m/s}^2 \times 11,80 \text{ m} \times 0,984 \times 0,079)^{0,5}$   
 $V = 3.00 \text{ m/s}$  (Equivalente a 10.8 Km/hora)



**Figura 6.** Imagen satelital que permite el cálculo de los parámetros requeridos en la fórmula de Chow, a partir de datos de campo.

## 5.2. QUEBRADA PAUCAR

### – Flujo de detritos

El flujo de detritos en la quebrada Paucar afectó 5 viviendas, las cuales fueron reubicadas temporalmente; asimismo el flujo arrastró bloques, árboles y rompió la tubería de agua que abastecía a cierta parte de la población (Fotografía 13 y 14). Cabe indicar, que actualmente existen viviendas ubicadas muy próximas al cauce de la quebrada (margen izquierda), zona de vulnerabilidad muy alta a la ocurrencia de flujo de detritos (Fotografía 15).

En la zona media de la quebrada Paucar, la ruptura de una captación de agua (Fotografía 16), desvió el cauce del río hacia la margen izquierda, generando erosión y socavamiento en la base la ladera.

En la zona baja, a la margen izquierda de la quebrada la dinámica del flujo de detritos generó erosión, originando el ensanchamiento de la quebrada en esa zona (Fotografía 17). Así mismo el avance retrogresivo, genero caída de árboles (Fotografía 18). Es importante mencionar que a 5 m del cauce de la quebrada se encuentran viviendas.

El flujo de detritos se amplió en la zona baja de la quebrada, a la altura de la av. Inambari, afectando viviendas y calles (Fotografía 19).





**Fotografía 13.** Vista de la quebrada Paucar, así mismo se observa la tubería de agua que colapsó.



**Fotografía 14.** Vista de laderas que conforman la quebrada Paucar.



**Fotografía 15.** Vista de las viviendas asentadas a la margen izquierda de la quebrada Paucar.





**Fotografía 16.** Vista de la captación de agua potable, el cual colapso producto de la avenida del flujo de detritos



**Fotografía 17.** Vista de viviendas ubicadas a 5 m del cauce de la quebrada Paucar.





**Fotografía 18.** Vista de árboles caídos sobre el cauce de la quebrada.



**Fotografía 19.** Vista de la desembocadura del flujo de detritos, a la altura de la av. Inambari.

Hacia la margen izquierda de la quebrada Paucar se originaron deslizamientos de tipo rotacional y derrumbes, los cuales fueron material de aporta para el flujo de detritos.

– **Deslizamiento rotacional: D1**

Deslizamiento rotacional con dos niveles de escarpe. Con desnivel de salto de 5 m, longitud del escarpe principal 12 m, longitud del escarpe al pie del deslizamiento de 30 m aproximadamente.

El cuerpo del deslizamiento está constituido por bloques, de forma subredondeados a redondeados envueltos en matriz areno arcillosa.

Es importante mencionar que al frente del deslizamiento de tiene un reservorio de agua potable, el cual presenta agrietamientos en sus paredes producto de la palizada que generó el flujo de detritos (Fotografía 20). En esta zona el flujo alcanzó 0.40 m con de altura.





**Fotografía 20.** Vista de un reservorio de agua en los pies de un deslizamiento activo.

– **Deslizamiento rotacional: D2**

Deslizamiento rotacional con tres niveles de escarpe, el salto principal presenta 5 m; longitud de escarpe 10 m, la longitud del escarpe al pie del deslizamiento es de 25 m. El cuerpo del deslizamiento está constituido por bloques, de forma subredondeados a redondeados envueltos en matriz areno limosa (Fotografía 21). La ocurrencia del deslizamiento generó la ruptura de una captación de agua potable.





**Fotografía 21.** Vista de un deslizamientos con tres niveles de escarpe, ubicado hacia la margen derecha de la quebrada Paucar.

– **Deslizamiento rotacional: D3**

Deslizamiento rotacional reactivado, con un solo nivel de escarpe, el salto presenta 3m, con longitud de escarpe 8 m, la longitud del escarpe al pie del deslizamiento es de 13 m. El cuerpo del deslizamiento está constituido por bloques, de forma subredondeados a redondeados envueltos en matriz areno limosa (Fotografía 22).



**Fotografía 22.** vista del deslizamiento, ubicado a la margen derecha de la quebrada Paucar.

**Derrumbe:**

Adyacente al deslizamiento tres (D3) se generó un derrumbes de 9 m de longitud en su zona de arranque. Hacia el flanco derecho del derrumbe se está generando un agrietamiento de 50 cm de ancho. La pared del derrumbe está constituido por bloques de 20 cm de diámetro inmersos en matriz arenoarcillosa (Fotografía 23).



Así mismo el derrumbe generó la ruptura de la tubería de agua potable, que abastecía a la población de Mazuco (Fotografía 24).

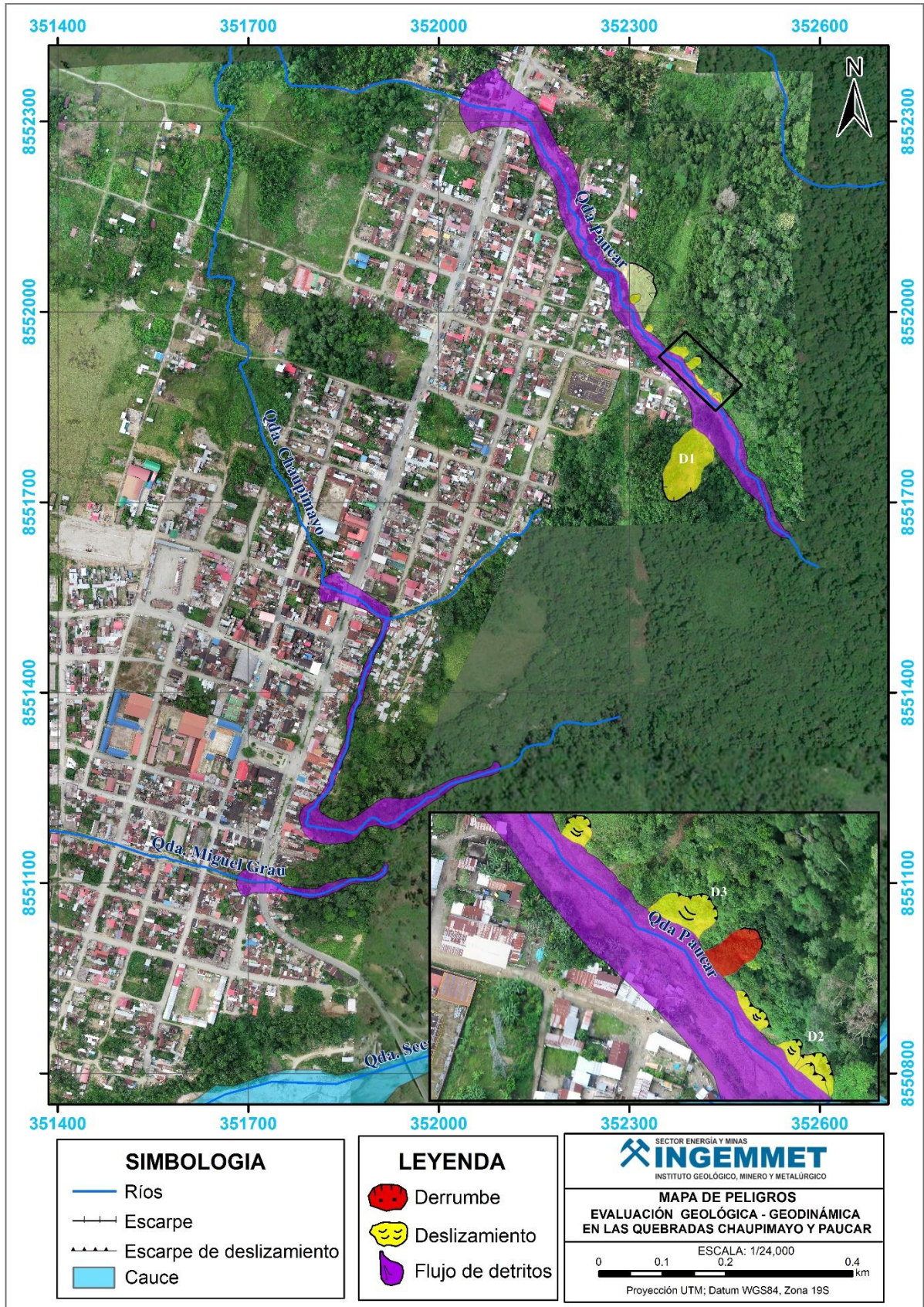


**Fotografía 23.** Vista del agrietamiento en el flanco derecho del derrumbe.



**Fotografía 24.** Vista de la tubería de agua que abastecía agua a la población.





**Figura 7.** Mapa de peligros de las quebradas Chaupimayo y Paucar. Imagen satelital proporcionada por la Municipalidad distrital de Inambari.



## 6. FACTORES DETONANTES Y CONDICIONANTES

Entre los factores condicionantes tenemos:

### **Factor litológico**

Por influencia litológica. Al existir material de fácil remoción ante intensas precipitaciones pluviales. La unidad geológica conforma clastos redondeados a sub redondeados inmersos en matriz areno arcillosa, correspondiente a los depósitos fluviales.

### **Factor geomorfológico**

La morfología del terreno tiene gran influencia en la ocurrencia de flujos de detritos. La fuerte pendiente ( $>30^\circ$ ) que constituyen las laderas de la quebrada Chaupimayo Paucar favorecen la ocurrencia de deslizamientos y flujos de detritos, originando el ensanchamiento de la quebrada (desprendimiento y remoción del suelo).

Entre los factores detonantes tenemos.

### **Factor climático-precipitaciones**

La localidad de Mazuco, por su clima tropical, soporta lluvias intensas en épocas de verano (enero a marzo) razón por la cual, el distrito se ve afectado por flujo de detritos, deslizamientos y derrumbes.

### **Factor antrópico (Urbanismo inadecuado).**

Asentamiento de viviendas en el cauce antiguo de la quebrada Chaupimayo y Paucar. Los pobladores de Mazuco están desviando el curso natural de la quebrada hacia las márgenes de la quebrada, ello está causando erosión en la zona baja de las laderas, pérdida de estabilidad del talud.

Vertimiento de agua y desagüe al cauce de la quebrada Chaupimayo (Fotografía 25).



**Fotografía 25.** Vista del vertimiento de agua y desagüe a la quebrada Paucar.



## 7. OBRAS DE MITIGACIÓN

### 7.1. MEDIDAS DE PREVENCIÓN/MITIGACIÓN

#### i. Corrección por drenaje

Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlos lejos del talud evitando la infiltración y la erosión.

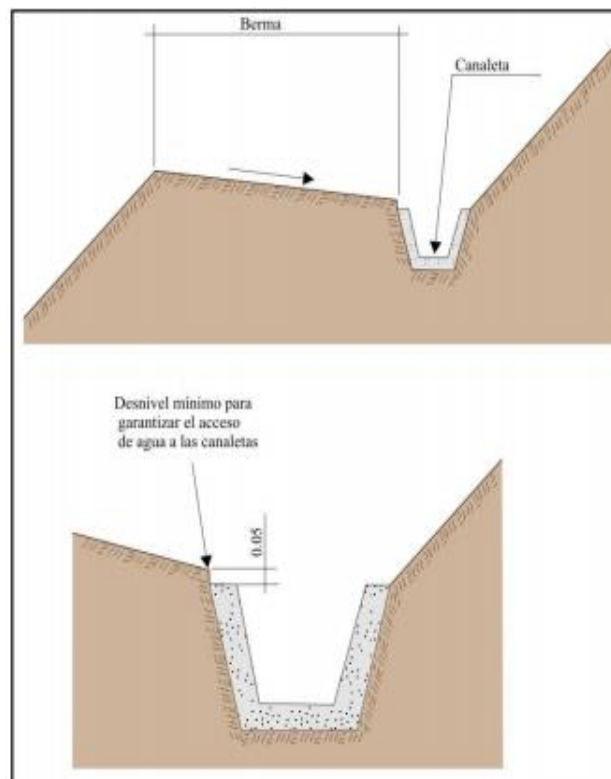
El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio seguro lejos del deslizamiento.

Este tipo de corrección se efectúa con el objeto de reducir las presiones intersticiales que actúan sobre la superficie del deslizamiento, lo que aumenta su resistencia y disminuye el peso total y por lo tanto las fuerzas desestabilizadoras.

Las medidas de drenaje son de dos tipos

**Drenaje superficial.** Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlos lejos del talud, evitándose su infiltración (Figura 8).

Las aguas de escorrentía se evacuan por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podrían existir o no. El cálculo de la sección debe llegar con los métodos hidrológicos.



**Figura 8.** Detalle de una canaleta de drenaje superficial.

**Drenaje profundo:** la finalidad es deprimir el nivel freático con las consiguientes disminuciones de las presiones intersticiales. Para su uso es necesario conocer previamente las características hidrogeológicas del terreno.

## ii. Corrección por elementos resistentes.

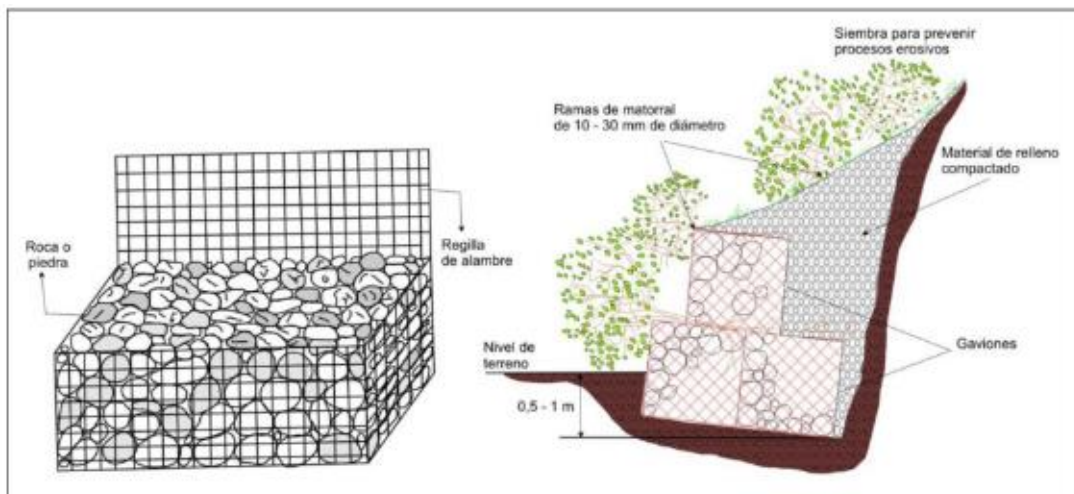
### Muro de Gaviones

Los gaviones son elementos con forma de prisma rectangular que consisten en un relleno granular constituido por fragmentos de rocano y bloques (caliza, andesita, granitos, etc.), retenido por una malla de alambre metálico galvanizado (Figura 9).

Los muros de gaviones trabajan fundamentalmente por gravedad. Generalmente se colocan en altura bajas, aunque algunas veces se colocan en alturas medianas y funcionan satisfactoriamente. La relación entre la altura del muro y el ancho de la base del mismo es muy variable.

Las ventajas que presenta son:

- Instalación rápida y sencilla.
- Son estructuras flexibles que admiten asentamientos diferenciales del terreno.
- No tienen problemas de drenaje ya que son muy permeables.
- Los empujones sobre el muro y su estabilidad al vuelco y deslizamientos se calculan de igual forma que en caso de un muro de gravedad.



**Figura 9.** Muro de Gavión.

## iii. Construcción de Obras Transversales.

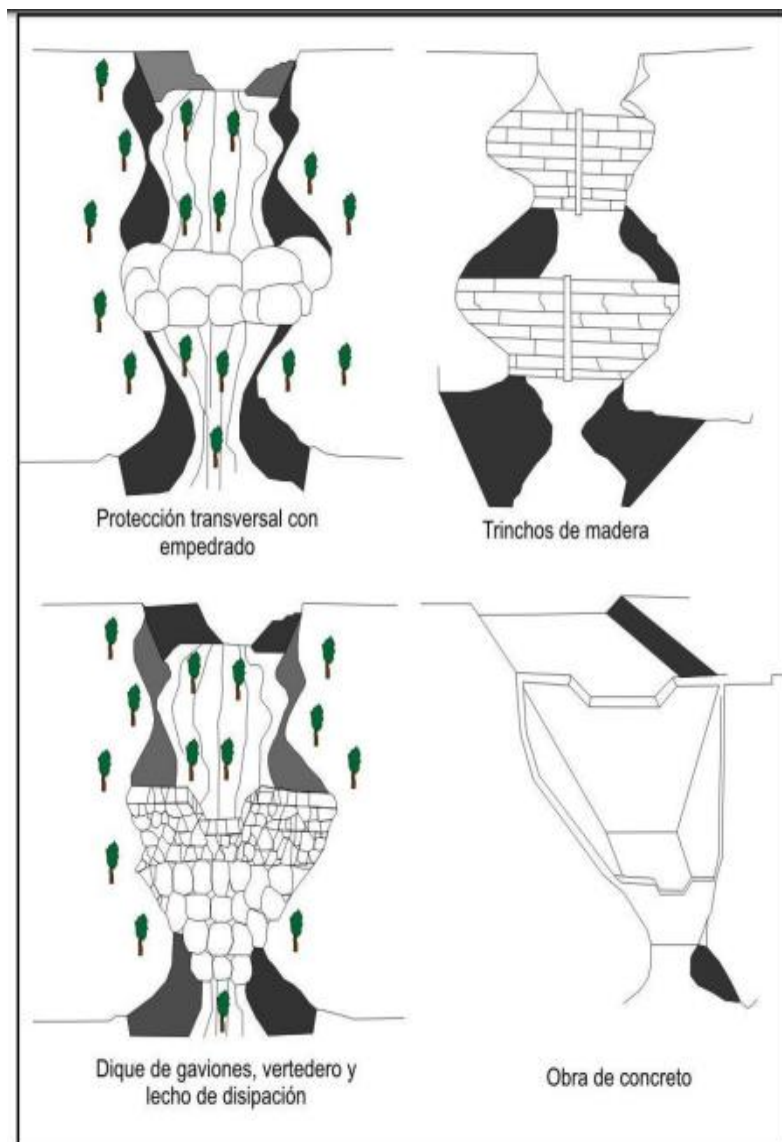
Si bien se han descrito algunos trabajos correctivos de carácter transversal en su disposición sobre el terreno -en sentido perpendicular al eje principal de la cárcava o línea de flujo- se ha querido agrupar bajo esta denominación, aquellas técnicas que además de controlar el movimiento del agua en superficie, buscan, de forma clara, la generación de un proceso de sedimentación. De acuerdo con esto, su finalidad principal es retener los sedimentos producto del desgaste del suelo, que provienen de la parte superior o ladera arriba, y suavizar la pendiente en el fondo de la cárcava; gracias a esto se produce una colmatación que, o bien es aprovechada por la vegetación para la colonización, o es ésta inducida mediante diferentes técnicas de repoblamiento vegetal.



Algunos autores (Fournier, 1975; SCS, 1973) las consideran obras complementarias en el sentido de que apoyan las actividades de remodelado de la pendiente y de establecimiento de coberturas vegetales, contribuyendo en la disipación de la energía hídrica.

Por otra parte, las estructuras de tipo permanente tienen una duración mucho mayor; son construidas en concreto, cemento y otros tipos de materiales, y por contrapartida, son más costosas. Como ejemplo se tienen los diques de suelo cemento (Figura 10).

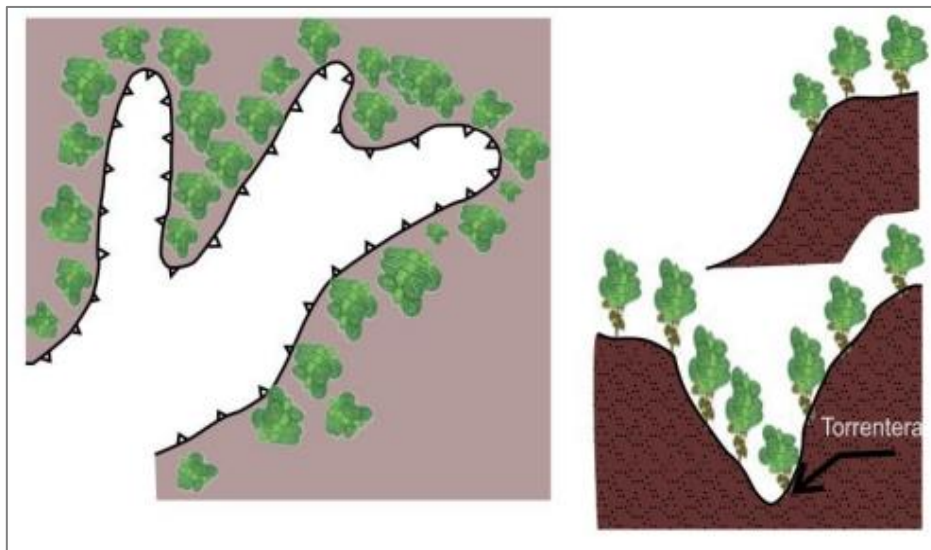
- **Diques en suelo cemento.** En lugar de ser rellenos los sacos con material de la quebrada, se hace con cemento y limo proveniente de ellas en proporción 1:10; el porcentaje de agua en la mezcla debe ser del 10 al 20% por peso y el suelo debe estar libre de terrones, siendo los tamaños de partículas recomendables menores de 9,5 mm o 3/8 pulg. Se deben preparar cantidades en forma tal que puedan ser colocadas en un lapso de tiempo apropiado, para lo cual se citan volúmenes inferiores a 1 m<sup>3</sup> de material preparado; la altura de la estructura y las especificaciones restantes son las anotadas para la recién descrita.



**Figura 10.** Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas.

**iv. Incorporación de Material Vegetal.**

Las estructuras transversales, además del objetivo de controlar el escurrimiento, tienen la función de propiciar las condiciones necesarias para la colonización y crecimiento de vegetación sobre las superficies de colmatación que favorecen; sin embargo, algunas de estas estructuras en su diseño, incorporan expresamente la implementación de coberturas vegetales (caso de estacas vivas que complementan obras de carácter transversal). Asimismo, para la corrección de cárcavas, son formulados programas específicos de repoblamiento vegetal, que van desde la siembra y conformación de barreras vivas con plantas de porte herbáceo y arbustivo, hasta la reforestación de partes altas de las cuencas de drenaje y áreas cuya estabilización requiere de sistemas radiculares profundos (Figura 11).



**Figura 11.** Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.



## CONCLUSIONES

1. Por las condiciones geológicas y geomorfológicas que presentan las quebradas Chaupimayo y Paucar, como: roca de fácil erosión-remoción, fuerte pendiente del terreno, muy susceptibles a flujos de detritos, deslizamientos y derrumbes; se les considera como **Zonas críticas por peligros geológicos**.
2. Por las consideraciones expuestas en los párrafos anteriores, por el asentamiento de viviendas en las márgenes de las quebradas Chaupimayo y Paucar, esta zona es considerada como **Zona de Alto Peligro**.
3. El flujo de detrito y los deslizamientos en las quebradas Chaupimayo y Paucar están condicionadas por:
  - a) Presencia de material de fácil remoción (deposito fluvial), conformado bloques redondeados a subredondeados inmersos en arena arcillosa, ello permite la filtración y retención de agua en su cuerpo, el cual lo hace inestable.
  - b) Laderas con pendiente entre 25° a 35°, permite que el material suelto disponible se erosione y remueva fácilmente.
  - c) Acción de las aguas de escorrentía pluvial sobre el terreno.
  - d) Actividad antrópica, como desvío del cauce natural de la quebrada.
  - e) El factor detonante fue las intensas precipitaciones registradas en 24 de noviembre del 2018.

## RECOMENDACIONES

1. Es necesaria y vital la implementación de un “Sistema de Alerta Temprana” (SAT) ante flujo de detritos. Así mismo se recomienda implementar muros de gaviones o muros de concreto en ambas quebradas.
2. Realizar limpieza periódica del cauce de las quebradas Chaupimayo y Paucar.
3. Reforestar las laderas con árboles de raíz profunda y más resistente a la erosión.
4. Sensibilizar a la población a fin de evitar asentamientos dentro del cauce de las quebradas a o en áreas susceptibles a peligros geológicos.

## BIBLIOGRAFIA

- Chow, V.T. (1959). Open channel hydraulics. McGraw Hill, New York, 680 p.
- Hungr, O., y Evans, S.,G., 2005, Entrainment of debris in rock avalanches: an analysis of a long run-out mechanism: Geological Society of America Bulletin, v. 116, p. 1240–1252.
- INGEMMET (2015). Zonas críticas por peligros geológicos en la región Madre de Dios. Informe Técnico, Primer reporte.
- Palacios, O., Molina, O., Galloso, A. & Reyna, C. (1996). Geología de los cuadrángulos de Puerto Luz, Colorado, Laberinto, Puerto Maldonado, Quincemil, Masuco, Astillero y Tambopata. Lima. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Serie A: Carta Geológica Nacional, Boletín N° 81, 189 p.
- Suarez, J. (1992). Manual de Ingeniería para el Control de Erosión. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.