

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7023

EROSIÓN FLUVIAL E INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DE LA LOCALIDAD DE SHUCUSHYACU

Región Loreto

Provincia Alto Amazonas

Distrito Teniente César López Rojas



FEBRERO
2020

INDICE

RESUMEN	1
1.0 INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	2
1.2 ANTECEDENTES.....	3
1.3 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	3
1.4 ACCESIBILIDAD.....	5
1.5 CLIMA.....	6
1.6 HIDROGRAFÍA.....	6
2.0 METODOLOGÍA.....	6
2.1 GABINETE I.....	6
2.2 INVESTIGACIONES DE CAMPO.....	7
2.3 GABINETE II.....	7
3.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	7
3.1 UNIDADES LITO-ESTRATIGRÁFICAS	7
4.0 ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS.....	10
4.1 UNIDAD DE COLINAS	10
4.2 UNIDAD DE PLANICIES	10
5.0 PELIGROS GEOHIDROLÓGICOS.....	12
5.1 EROSIÓN FLUVIAL.....	12
5.2 INUNDACIÓN FLUVIAL	18
6.0 MEDIDAS CORRECTIVAS.....	18
6.1 DEFENSA RIBEREÑA	18
6.2 SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL	19
6.3 REUBICACIÓN	19
CONCLUSIONES.....	22
RECOMENDACIONES	23
BIBLIOGRAFÍA.....	24

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de los eventos geodinámicos que afectan el área urbana de la localidad de Shucushyacu, capital del distrito de Teniente César López Rojas, provincia de Alto Amazonas, región Loreto. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología.

El objetivo del informe es evaluar los procesos geodinámicos en el área urbana de la localidad de Shucushyacu, donde se han observado peligros geohidrológicos como erosión fluvial e inundación, generados por la dinámica fluvial del río Huallaga.

Como parte de la metodología de evaluación se ha realizado un análisis multitemporal de la ubicación de la ribera derecha del río Huallaga en una longitud de 1.20 kilómetros, tramo que comprende el área urbana de Shucushyacu, mediante imágenes satelitales históricas disponibles en geoservidor Google Earth 2020. Dichas imágenes corresponden a las fechas de: 08-2010, 05-2011, 07-2013 y 09-2019.

El resultado de la evaluación refiere una tasa de erosión promedio mensual de 3.52 m y anual de 42.29 m, es decir que cada mes y año respectivamente, la ribera derecha retrocede ese promedio de distancia. Asimismo, la tasa de área erosionada promedio mensual y anual asciende a 0.45 has y 5.37 has respectivamente.

Por tanto, el proceso de erosión fluvial en el área urbana de la localidad de Shucushyacu, de no controlarse, avanzará progresivamente comprometiendo la seguridad física del 95% del área urbana total, ya que este es el porcentaje que se encuentra ubicado en la terraza aluvial susceptible a este evento geohidrológico, calificable como de **ALTO PELIGRO**.

1.0 INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), dentro de sus distintas funciones brinda asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología, que permite identificar, caracterizar, evaluar y diagnosticar aquellas zonas urbanas o rurales, que podrían verse afectadas por fenómenos geológicos que pudiera desencadenar en desastres. Estos estudios, concebidos principalmente como herramientas de apoyo a la planificación territorial y la gestión del riesgo (planes de emergencia), son publicados en boletines y reportes técnicos. Esta labor es desarrollada, principalmente, por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico a través de la ACT.7: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional.

El alcalde de la Municipalidad Distrital de Teniente César López Rojas, remite al Instituto Geofísico del Perú (IGP) mediante Oficio N° 0091-2019-MDTCLR-A de fecha 17 de mayo del 2019 la solicitud de evaluación de procesos de remoción de masa, inundaciones y erosión fluvial identificados en la localidad de Shucushyacu, capital del distrito de Teniente César López Rojas, provincia de Alto Amazonas, región Loreto. El IGP remite al INGEMMET mediante Oficio N° 062-2019-IGP de fecha 27 de mayo del 2019, la solicitud de la Municipalidad Distrital de Teniente César López Rojas.

Para la evaluación de los peligros geológicos en la localidad de Shucushyacu, el INGEMMET, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, dispuso una brigada especializada para que evalúe las zonas afectadas. La brigada estuvo conformada por el especialista Abraham Gamonal para realizar la inspección técnica. Los trabajos de campo se realizaron el día 7 de diciembre del 2019.

La evaluación técnica, se basó en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por el INGEMMET y otras instituciones competentes, la interpretación de imágenes satelitales de la zona de estudio, preparación de mapas temáticos preliminares para trabajos de campo, toma de datos en campo (fotografías y puntos de control con GPS), cartografiado geológico y geodinámico en campo, y finalmente la redacción del informe técnico.

Este informe, se pone en consideración del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), autoridades y funcionarios competentes, para la ejecución de medidas de mitigación y reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- Evaluar los procesos geodinámicos en el área urbana de la localidad de Shucushyacu, donde se han observado peligros geohidrológicos de erosión fluvial e inundación, generados por la dinámica fluvial del río Huallaga.
- Implementar medidas correctivas en forma puntual e integral, esto servirá para que las autoridades competentes actúen adecuadamente, en la prevención y reducción del riesgo de desastres en la zona evaluada.

1.2 ANTECEDENTES

- **Oficio N° 0091-2019–MDTCLR-A:** Documento en el cual se solicita al Instituto Geofísico del Perú (IGP), la evaluación de procesos de remoción de masa, inundaciones y erosión fluvial identificados en la localidad de Shucushyacu, capital del distrito de Teniente César López Rojas, provincia de Alto Amazonas, región Loreto.
- **Oficio N° 062–2019-IGP:** Documento en el cual el IGP traslada la solicitud indicada en el Oficio N° 0091-2019–MDTCLR-A y solicita al INGEMMET realice la evaluación de procesos de remoción de masa, inundaciones y erosión fluvial identificados en la localidad de Shucushyacu, capital del distrito de Teniente César López Rojas, provincia de Alto Amazonas, región Loreto.
- **Boletín Serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica N° 68 “Peligro Geológico en la Región Loreto”:** En dicho documento de inventario de peligros geológicos en la región Loreto, se indica la ocurrencia de inundaciones en el distrito de Teniente César López Rojas, en los años 01/04/1996, 10/02/1998 y 02/01/2004. Precisan que el año 1996, un total de 800 personas damnificadas, 114 viviendas afectadas, 130 hectáreas de terreno de cultivo perdidas y 02 centro educativos afectados. Para el año 1998 los daños se incrementaron 5 veces más que el año 1996, reportándose 4584 personas damnificadas, 764 viviendas destruidas, 910 hectáreas de cultivos perdidas, 06 colegios primeros y 02 escuelas de educación inicial. Finalmente se precisa que para el año 2004 las personas afectadas ascendieron a 1123 y 245 viviendas afectadas

1.3 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se desarrolla en el área urbana de la localidad de Shucushyacu (figura 1 y cuadro 1), que es capital del distrito de Teniente César López Rojas, provincia de Alto Amazonas, región Loreto. Dicha localidad se asienta en la margen derecha del río Huallaga.

El acceso desde la ciudad de Tarapoto, se realiza siguiendo la vía asfaltada Tarapoto – Yurimaguas, con una duración de 3.00 horas. A partir de la ciudad de Yurimaguas, se puede acceder únicamente por vía fluvial, mediante lanchas o deslizadores, navegando hacia aguas arriba del río Huallaga, en el tramo Yurimaguas – Shucushyacu, con una duración de 2.00 horas aproximadamente. Arribando a la localidad de Shucushyacu nos encontramos dentro del área de evaluación, pues esta abarca la totalidad del área urbana de dicha localidad, ver figuras 2 y 3.

Cuadro 1: Coordenadas de ubicación de la zona evaluada

Lugar	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM - Zona 18 S Datum WGS 1984	
	Latitud	Longitud	Norte	Este
Shucushyacu	6°1'30.80"S	75°52'26.81"O	9333929.00	403263.00

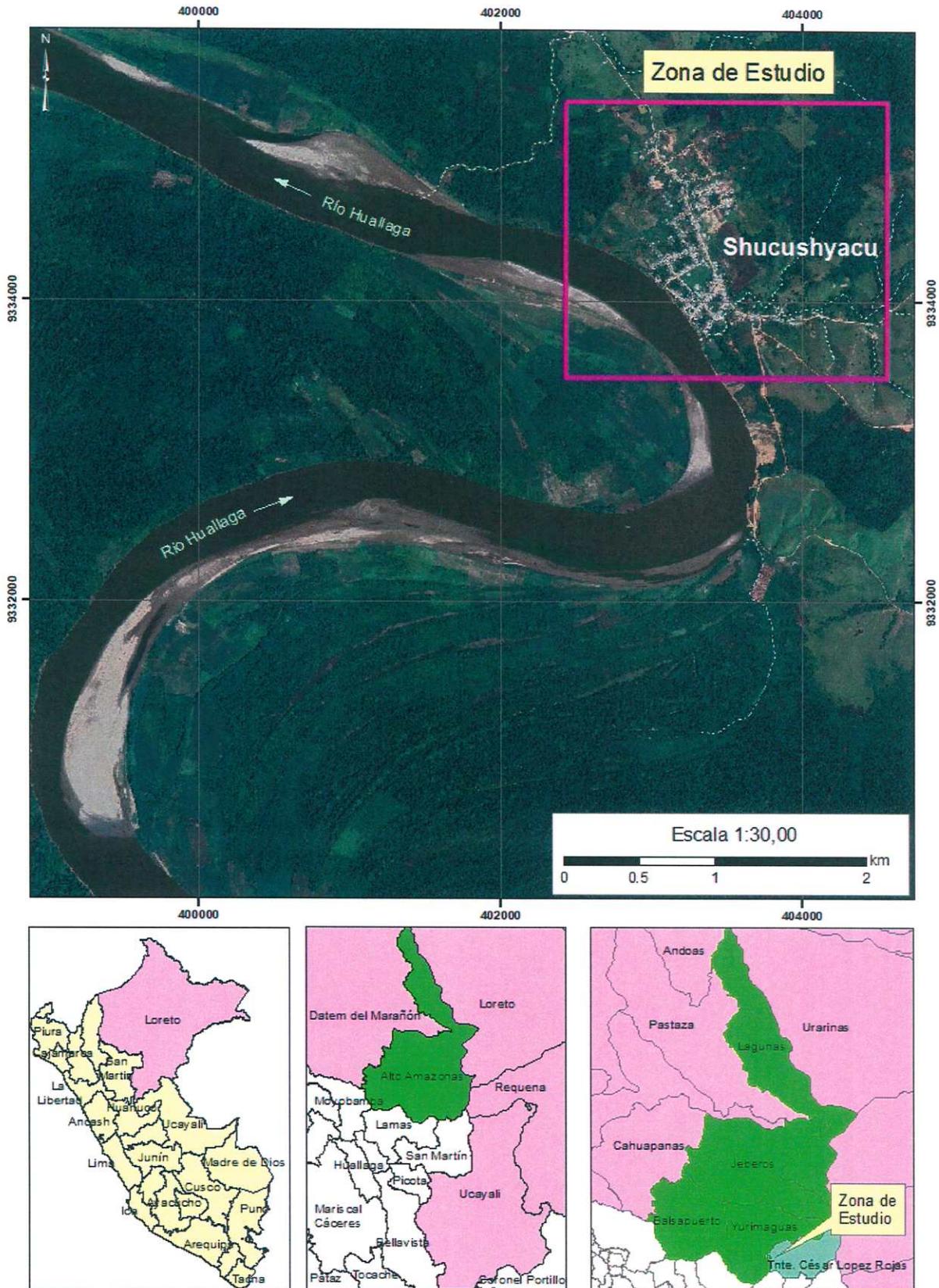


Figura 1: Ubicación de zona de estudio.

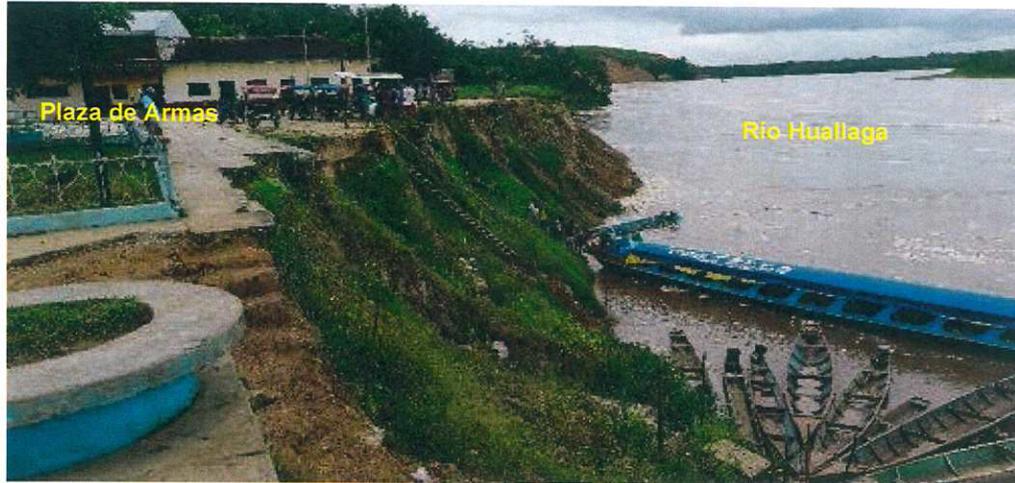


Figura 2: Localidad de Shucushyacu, vista hacia aguas arriba del río Huallaga.



Figura 3: Localidad de Shucushyacu, vista hacia aguas abajo del río Huallaga.

1.4 ACCESIBILIDAD

El acceso a la zona de evaluación se realiza siguiendo el itinerario indicado en el cuadro 2. El tramo de vía fluvial, se realiza siguiendo río arriba del río Huallaga, embarcando en la ciudad de Yurimaguas.

Cuadro 2: Ruta de acceso a la zona de evaluación.

Tramo	Tipo de Acceso	Tipo de Vía	Longitud (km)	Duración (horas)
Tarapoto - Yurimaguas	Terrestre	Asfaltada	132.00	3.00
Yurimaguas - Shucushyacu	Fluvial	Río Huallaga	40.00	2.00

1.5 CLIMA

El clima en la zona de estudio, según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2019), es cálido húmedo tropical, con temperaturas altas, con una media anual superior a 25°C. Las precipitaciones pluviales alcanzan los 2827 mm/año, siendo el julio el mes de menor precipitación con 162 mm

1.6 HIDROGRAFÍA

En río Huallaga es la principal unidad hidrográfica de la zona de estudio. Muestra un flujo divagante con dirección preponderante de sureste-noroeste. Presenta un ancho promedio actual de 300 m, Figura 4.

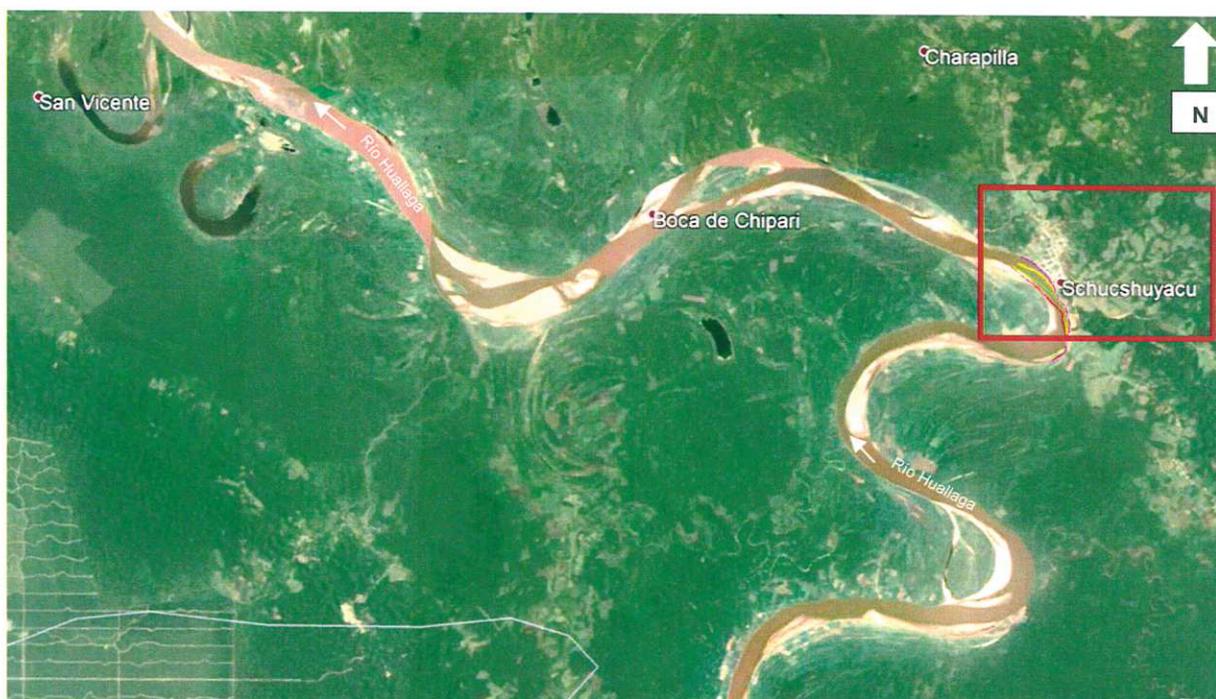


Figura 4: Vista de la trayectoria del río Huallaga en la zona de estudio, localidad de Shucushyacu.

2.0 METODOLOGÍA

El presente estudio, ha sido desarrollado en tres etapas principales, las que se indican a continuación:

2.1 GABINETE I

Consintió en la revisión de la información existente relacionado a las características geológicas regionales de la zona de estudio, disponibles en el Geoservidor del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET), correspondiente al Cuadrángulo Geológico de Papaplaya, hoja 13-I, a escala 1:100,000. Se realizó la revisión de la información existente como: aspectos geológicos locales, geomorfológicos y geodinámicos, entre otros.

Se revisó imágenes satelitales disponibles del Google Earth de los años 2010, 2011, 2013 y 2019. A partir de la disponibilidad de esta información, se procedió a digitalizar la ubicación de la ribera derecha del río Huallaga, en el tramo del área urbana de la localidad de

Shucushyacu, a fin de estimar la longitud y área ribereña erosionada y construir la tendencia de erosión por año.

2.2 INVESTIGACIONES DE CAMPO

Las actividades que se desarrollaron en esta etapa consistieron en el reconocimiento en campo de la zona urbana de la localidad de Shucushyacu, específicamente el sector ribereño afectado por deslizamientos y derrumbes parciales producto de la socavación constante de la ribera derecha del río Huallaga.

2.3 GABINETE II

A partir de información recopilada en las etapas antes descritas, se procedió a elaborar las coberturas temáticas en formato SIG: Ubicación, geología regional, geología local y geodinámica. Asimismo, se procesó la información obtenida y redactó el presente informe técnico.

3.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS

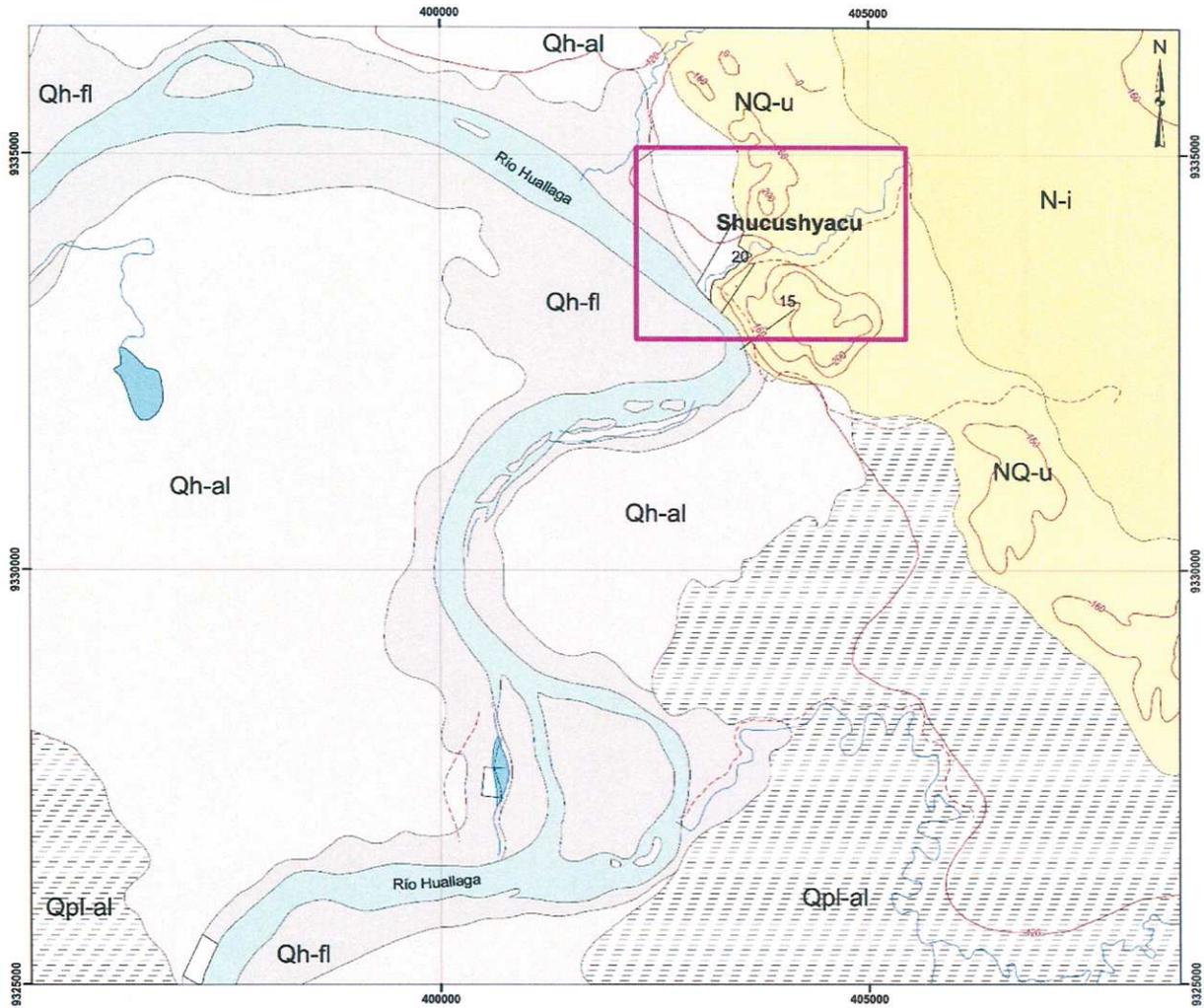
En la zona de evaluación se reconocen hasta 03 unidades lito-estratigráficas, las cuales corresponden a las Formaciones Ipururo y Ucayali, y a depósitos cuaternarios aluviales, ver figura 5.

3.1 UNIDADES LITO-ESTRATIGRÁFICAS

La Formación Ipururo (N-i) aflora a 2.0 km al noreste de la localidad de Shucushyacu y está conformada por una intercalación de conglomerados y areniscas de grano medio a grueso. La secuencia de conglomerados está compuesta por gravas medianas inmersas en una matriz arenosa y areno limosa; mientras que las areniscas están conformadas por granos de arenas ferruginosas color amarillo a rojizo.

La Formación Ucayali (NQ-u), presenta afloramientos visibles en las colinas aledañas a la zona urbana de Shucushyacu (figura 5). Esta unidad está conformada por la intercalación de arenas limosas, con niveles arcillosos con restos orgánicos (figura 6) y conglomerados polimícticos semiconsolidados.

Finalmente, tapizando las zonas bajas aledañas al cauce del río Huallaga se observan depósitos cuaternarios aluviales (Qh-al), que están conformadas por la intercalación de estratos gruesos de arenas de grano medio a fino, con niveles y/o lentes de arcillas de mediana a baja plasticidad (fotografía 1).



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITO-ESTRATIGRÁFICAS		
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos Fluviales	Qh-fl	
			Depósitos Aluviales Recientes	Qh-al-r	
		PLEISTOCENO	Depósitos Aluviales Pleistocénicos	QpI-al	
	NEÓGENO	PLIOCENO	Formación Ucayali	NQ-u	
			Formación Ipururo	N-i	
	PALEÓGENO	MIOCENO	Formación Chambira	PN-ch	
		OLIGOCENO	Formación Pozo	Po-p	
		PALEOCENO		Formación Yahuarango	P-y
			SUPERIOR	Formación Cachiyacu-Huchpayacu-Casa Blanca	Ks-ca-h-cb
		CRETÁCEO		Formación Vivian	Ks-v
	Formación Chonta		Ks-ch		
INFERIOR	Gpo. Oriente		Formación Agua Caliente	Ki-ac	
			Formación Esperanza	Ki-e	
		Formación Cushabatay	Ki-c		
JURÁSICO	SUPERIOR	Formación Sarayaquillo	Js-s		

Escala 1:50,00



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

MAPA GEOLÓGICO DEL SECTOR DE SHUCUSHYACU

Departamento de Loreto -
 Prov. Alto Amazonas - Dist. Teniente César López Rojas

Fuente: Sánchez, A. & Otros (1997)

Figura 5: Unidades geológicas en la localidad de Shucushyacu.

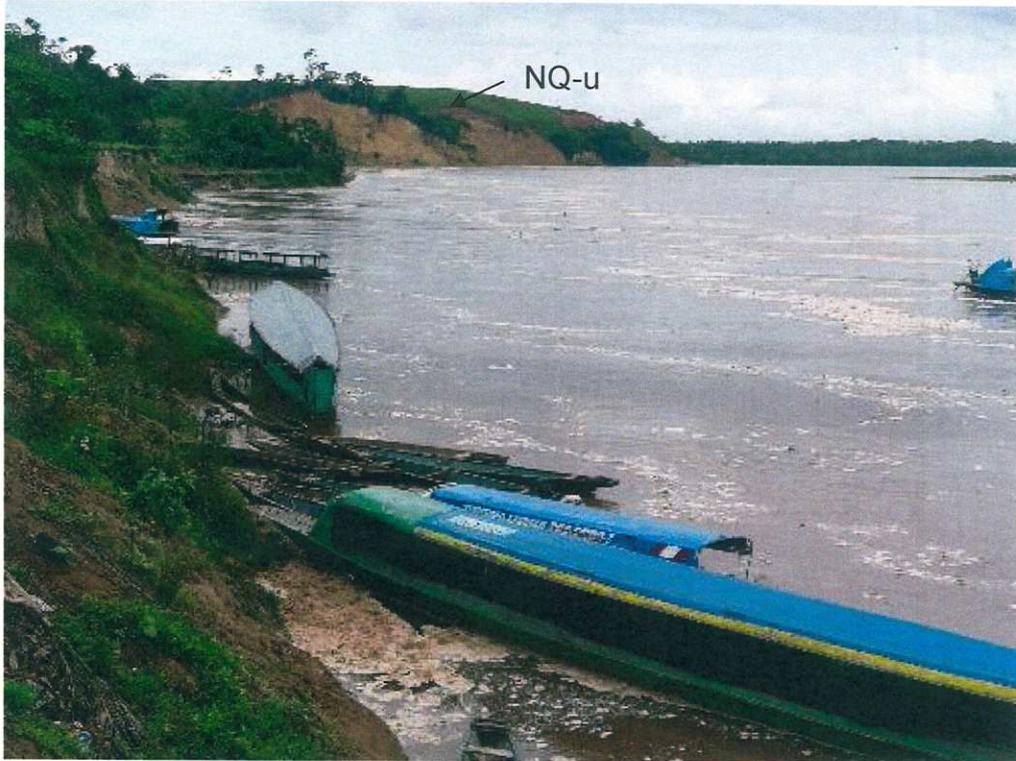


Figura 6: Afloramientos de la Formación Ucayali, forman colinas de baja elevación.



Fotografía 1: Depósitos aluviales conformados por la intercalación de arenas, arenas limosas y niveles arcillosos.

4.0 ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS

Regionalmente la zona de estudio se ubica en lo que se denomina la llanura amazónica, caracterizada por presentar un relieve llano a semi-llano, conformado por depósitos cuaternarios de origen aluvial, depositados por la dinámica fluvial del río Huallaga.

Localmente en la zona se ha identificado las siguientes unidades geomorfológicas:

4.1 UNIDAD DE COLINAS

Sub-unidad de Colinas en Roca Sedimentaria (RC-rs), ver figura 7 y fotografía 2.

Las colinas son elevaciones con alturas menores a 300 m con respecto al nivel de base local. Presentan cimas onduladas y redondeadas, deforestadas y modeladas por los procesos erosivos, que están asociados a las lluvias sobre materiales inconsolidados de las Formaciones Ipururo y Ucayali, ambos de mediana a baja resistencia.

Los procesos de erosión de laderas, han dado paso a la formación de quebradas de fondos abiertos, esto se debe a la baja resistencia de los materiales.

4.2 UNIDAD DE PLANICIES

Sub-unidad de Terraza aluvial (T-al), ver figura 7 y fotografía 3 y 4.

Corresponde a superficies de morfología plana de origen aluvial, con pendientes de 0° a 5° de inclinación, expuesta a inundaciones periódicas en épocas de precipitaciones pluviales. Sobre esta unidad morfológica se asienta el 95% del área urbana de la localidad de Shucushyacu.



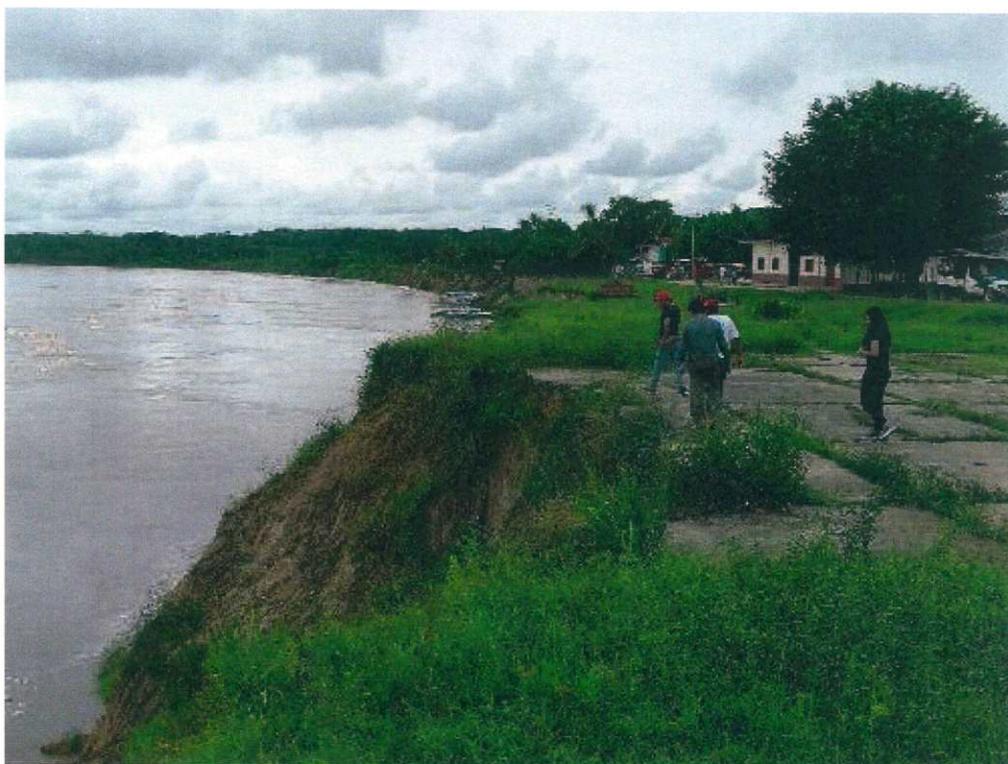
Figura 7: Morfología local, caracterizada por presentar colinas de baja elevación con cimas redondeadas, que sobresalen sobre terrazas aluviales.



Fotografía 2: Colinas redondeadas aledañas al área urbana de la localidad de Shucushyacu.



Fotografía 3: Vista de la unidad terraza aluvial.



Fotografía 4: Área urbana de la localidad de Shucushyacu, asentada sobre la unidad terraza aluvial.

5.0 PELIGROS GEOHIDROLÓGICOS

En base al reconocimiento de campo se han identificado 02 peligros geohidrológicos, los cuales corresponden a erosión fluvial e inundación por desborde del río Huallaga.

Estos peligros geohidrológicos, tienen como condicionantes factores intrínsecos, como son la baja resistencia de los materiales que conforman la ribera y la baja pendiente del terreno. Se tiene como desencadenantes de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona.

5.1 EROSIÓN FLUVIAL

Corresponde al principal evento geodinámico y es generada por el flujo constante de agua del río Huallaga, que socava recurrentemente la base de la ribera donde se asienta el área urbana de la localidad de Shucushyacu, inestabilizando la parte alta de la ribera, produciendo, por efectos de la gravedad, derrumbes y deslizamientos de suelos. (fotografías 5 a 13).

Se ha realizado un análisis multitemporal de la ubicación de la ribera derecha del río Huallaga en una longitud de 2.00 kilómetros, tramo que comprende el área urbana de Shucushyacu, mediante imágenes satelitales históricas disponibles en Google Earth 2019. Dichas imágenes corresponden a las fechas de: 08-2010, 05-2011, 07-2013 y 09-2019, ver figura 8.

Para cada fecha se ha digitalizado la ubicación de la ribera y se ha medido la distancia erosionada en el área urbana de Shucushyacu, la cual está representada por la línea perpendicular a la dirección de flujo del río Huallaga. Asimismo, se ha estimado el área erosionada, en hectáreas, a fin de conocer el rango de erosión mensual y anual, que permita pronosticar la longitud y área de ribera a 5 ó 10 años, en caso no se tomen las medidas de control y/o mitigación a proponer en el presente informe.

Se ha estimado una tasa de erosión promedio mensual de 3.52 m y anual de 42.29 m, es decir que cada mes y año respectivamente, la ribera derecha retrocede ese promedio de distancia. Asimismo, la tasa de área erosionada promedio mensual y anual asciende a 0.45 has y 5.37 has respectivamente, ver figura 9.

El proceso de erosión fluvial en el área urbana de la localidad de Shucushyacu, de no controlarse, avanzará progresivamente comprometiendo la seguridad física del 95% del área urbana total, ya que este es el porcentaje que se encuentra ubicado en la terraza aluvial susceptible a este evento geohidrológico, calificable como de **ALTO PELIGRO**.

Por otro lado, el proceso de erosión ha afectado tubería de desagüe de aguas superficiales, lo que esta generando surcos y cárcavas en el talud, ver figura 10.

Cuadro 3: Rangos de erosión promedios mensuales y anuales

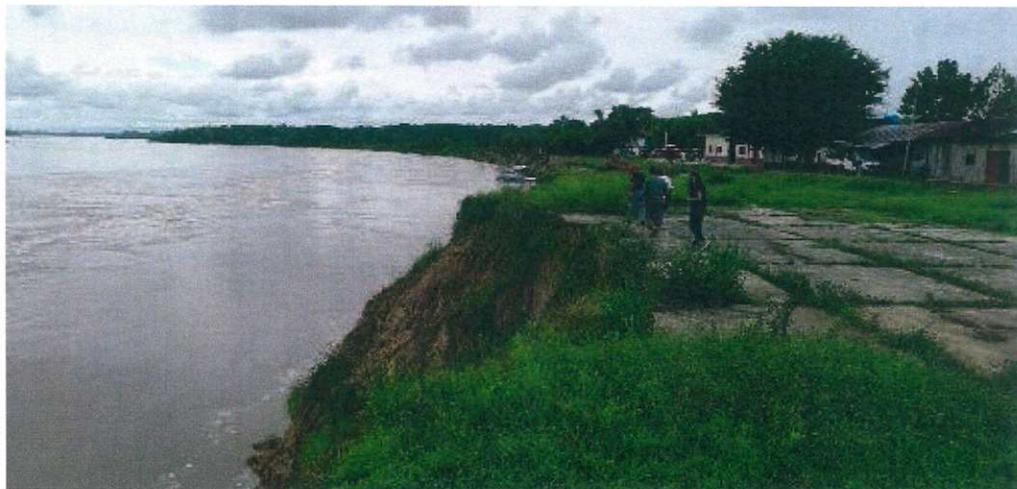
Periodo de Tiempo Analizado	Meses	Longitud Erosionada (m)	Area Erosionada (Has)	Tasa de Erosión Promedio Mensual (m)	Tasa de Erosión Promedio Mensual (Has)	Tasa de Erosión Promedio Anual (m)	Tasa de Erosión Promedio Anual (Has)
08-2010 a 05-2011	9	110.00	13.00	3.52	0.45	42.29	5.37
05-2011 a 07-2013	23	150.00	14.00				
07-2013 a 09-2019	73	110.00	20.00				
Total	105.00	370.00	47.00				



Fotografía 5: Vista del hacia aguas arriba, del extremo sur de la zona urbana de Shucushyacu. Se observa erosión fluvial en suelos arenosos y areno limosos.



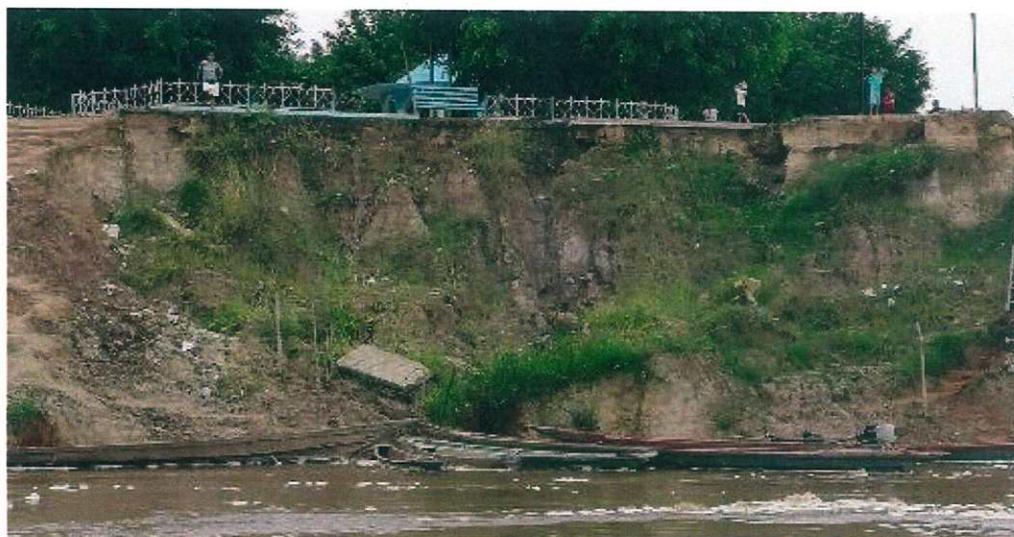
Fotografía 6: Vereda de concreto colapsada producto de la erosión fluvial.



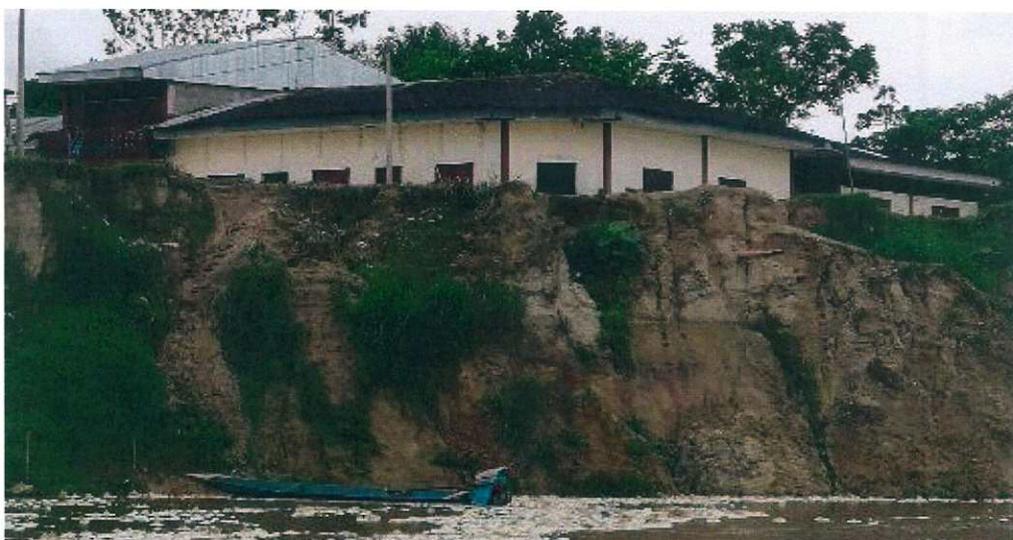
Fotografía 7: Vista hacia aguas abajo. Plataforma de concreto afectada por erosión fluvial.



Fotografía 8: Ribera erosionada.



Fotografía 9: Vista frontal de la ribera erosionada, en el sector de la plaza de armas de la localidad de Shucushyacu.



Fotografía 10: Vista frontal de la ribera erosionada, en el sector de la plaza de armas de localidad de Shucushyacu.



Fotografía 11: Vista hacia aguas abajo. Tuberías destruidas.



Fotografía 12: Parte de la infraestructura de la plaza de armas ha colapsado.



Fotografía 13: Vista hacia aguas arriba. El proceso erosivo afecta severamente la seguridad física de viviendas.



Figura 8: Evolución del proceso de erosión fluvial generado por el río Huallaga en la ribera derecha donde se ubica el área urbana de la localidad de Shucushyacu.

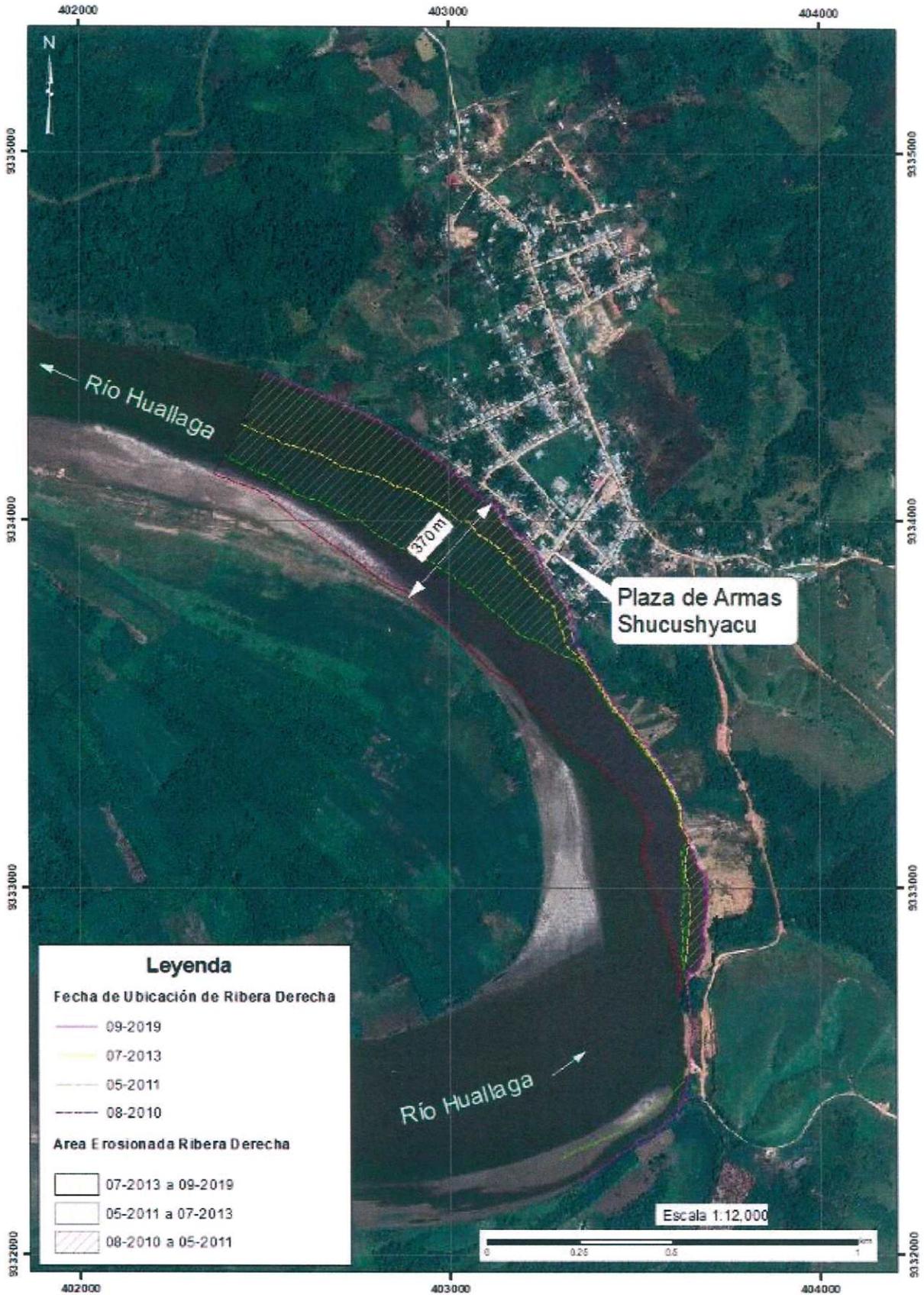


Figura 9: Ancho promedio erosionado en el sector urbano de Shucushyacu y área erosionada en el periodo 08/2010 al 09/2019.



Figura 10: Detalle de tubería destruida. La descarga de aguas superficiales directamente hacia el talud genera surcos y cárcavas de erosión en el terreno arenoso.

5.2 INUNDACIÓN FLUVIAL

Los eventos de inundación están asociados únicamente al aumento de caudal del río Huallaga, debido a las precipitaciones pluviales intensas que caen en la zona. Como factor condicionante corresponde a la pendiente relativamente plana de la terraza aluvial sobre la que se localiza Shucushyacu.

Según versión de los pobladores, anteriormente se han suscitado eventos de inundación en la zona urbana de Shucushyacu. Dicha información se corrobora con registros históricos de eventos ocurridos en 01/04/1996, 10/02/1998 y el más reciente acontecido en 02/01/2014.

6.0 MEDIDAS CORRECTIVAS

Una vez evaluado el peligro por erosión fluvial e inundación fluvial, considerando que existen varias formas de controlar el problema, se plantean aquellas medidas correctivas en función de las características de los materiales involucrados y la fenomenología de los eventos. En este sentido, se propone la construcción de una defensa ribereña (ver figura 11) complementado con un sistema de drenaje pluvial.

6.1 DEFENSA RIBEREÑA

Se propone construir una defensa ribereña que controle el proceso erosivo de la ribera derecha, en el tramo urbano de la localidad de Shucushyacu. Esta deberá estar conformada por espigones deflectores, cuya función es reducir la velocidad de la corriente del río y evitar la generación de procesos erosivos fluviales. Otra de las funciones de los espigones es generar la sedimentación entre ellos, recuperando así área ribereña.

A fin de evitar la inundación fluvial de la zona urbana de Shucushyacu, se deberá contemplar construir un dique de relleno granular a lo largo de la ribera.

Cabe indicar que las obras estructurales recomendadas estarán sujetas a los resultados de un estudio detallado de Topografía, Geotecnia, Hidrología e Hidráulica Fluvial.

El levantamiento topográfico abarcará toda el área urbana de la localidad de Shucushyacu y la batimetría de todo el cauce actual del río Huallaga, hasta por lo menos 500 m aguas arriba y abajo de los extremos del área urbana. Las lecturas estarán referenciadas a por lo menos 02 puntos geodésicos de orden C.

Las investigaciones geotécnicas para la cimentación de las estructuras deberán contemplar sondeos con ensayos de penetración estándar (SPT) hasta una profundidad de como mínimo 10.0 m, ya que el terreno a lo largo de la ribera está conformado por suelos arenosos, arcillosos y limosos. Estos ensayos se complementarán con calicatas de hasta 3.00 m y trincheras a lo largo de la ribera.

Las muestras recuperadas deberán ser sometidas a ensayos de laboratorio de mecánica de suelos como: análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg, contenido de humedad natural, peso volumétrico y corte directo. A partir del análisis granulométrico se determinará el diámetro medio del terreno (D50), insumo con el cual se estimará la profundidad de socavación. La cimentación de las estructuras deberá estar por debajo de la profundidad de socavación.

Los estudios de Hidrología e Hidráulica Fluvial, permitirán estimar el nivel máximo de inundación para periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años, a partir de lo cual se dimensionará la magnitud de las estructuras, dentro de ellos la altura.

6.2 SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

Esta medida es complementaria a la defensa ribereña recomendada, puesto que se ha observado que la descarga del drenaje urbano existente se realiza directamente hacia la ribera expuesta a erosión fluvial. La descarga del sistema de drenaje deberá realizarse aguas abajo de la zona urbana, por lo que en el caso se construya la defensa ribereña recomendada, se contemplará una cuneta colectora paralela al dique de relleno granular, la cual reunirá todas las aguas pluviales urbanas y las conducirá hacia aguas abajo del área urbana.

6.3 REUBICACIÓN

Como una medida alternativa, en caso de que el costo de la defensa ribereña sea elevado y su construcción inviable, se propone reubicar la zona de alto peligro, considerada así el área ubicada entre la ribera actual del río Huallaga y 200 m tierra adentro. Esto comprende la plaza de armas, la sede municipal, jardín N° 40 Shucushyacu, parroquia San Antonio de Padua y aproximadamente más de 100 viviendas.

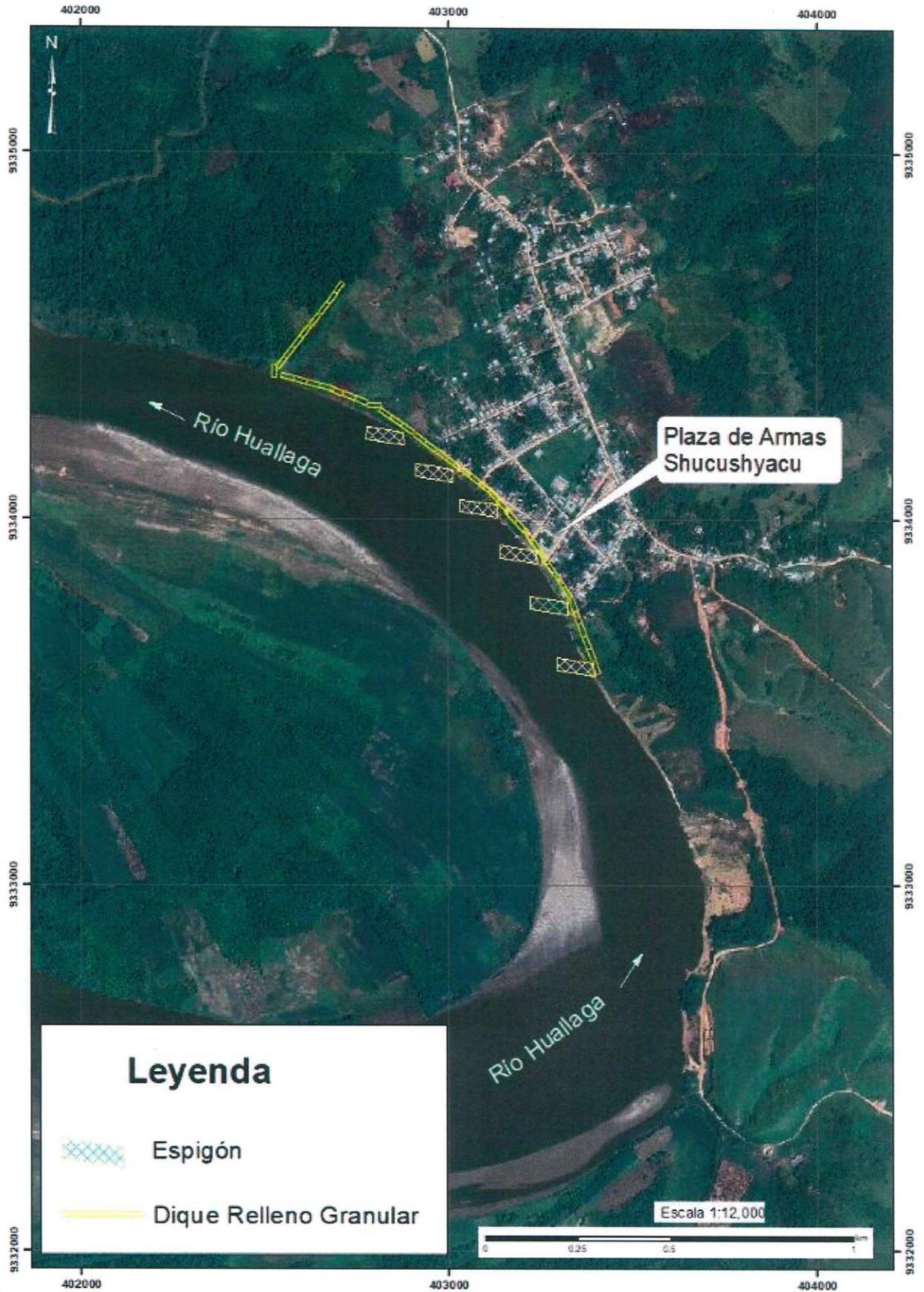


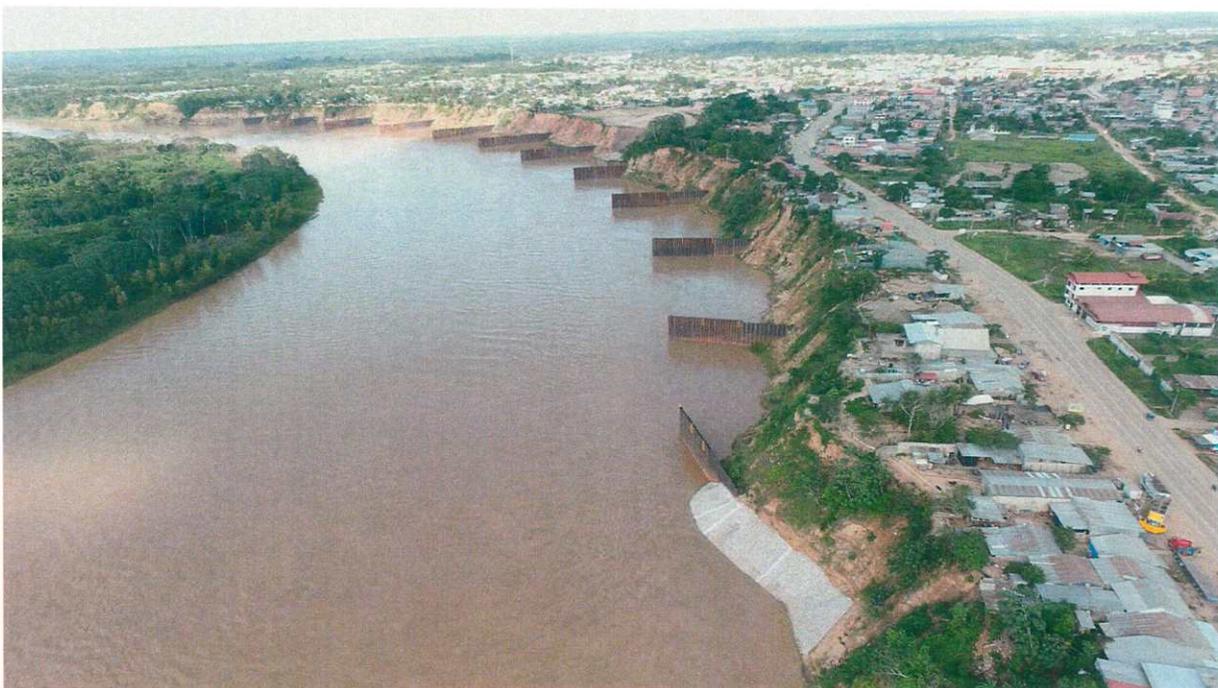
Figura 11: Esquema de medidas de mitigación propuestas.

La construcción de las estructuras descritas requiere el uso de:

- Rocas con diámetro mayor a 1.20 m, de elevada resistencia y peso específico, para la conformación de las uñas y espigones.
- Bolonería, con diámetro mayor a 8", para la conformación de muros gaviones y/o colchones reno que recubren los espigones.
- Material granular para la conformación del dique de tierra compactada.

Se debe acotar que en la zona de estudio únicamente se han observado canteras de material granular ubicadas en las colinas donde afloran las Formaciones Ipururo y Ucayali; sin embargo, rocas y bolonería con las características descritas no son posibles encontrar, debido a las condiciones geológicas que presenta el llano amazónico, donde solo es posible observar unidades litológicas recientes, conformadas predominantemente por gravas, arenas, limos y arcillas.

Ante estas condiciones, el diseño de los espigones deberá considerar otro tipo de materiales que cumplan la función de contención de los procesos erosivos fluviales. Es así que se indica como ejemplo la defensa ribereña de La Pastora (fotografía 14), ubicada en el río Madre de Dios en la ciudad de Puerto Maldonado. Esta estructura está conformada por espigones metálicos, cimentados sobre micropilotes hincados en el terreno.



Fotografía 14: Defensa ribereña La Pastora, ubicada en el río Madre de Dios en la ciudad de Puerto Maldonado. Fuente IIRSA SUR, 2016.

CONCLUSIONES

- a) La morfología local del área evaluada corresponde a una terraza aluvial limitada por colinas sedimentarias, con cimas onduladas y redondeadas, modeladas por los procesos erosivos asociados a las precipitaciones pluviales sobre materiales las Formaciones Ipururo y Ucayali, las cuales están conformadas por una intercalación de conglomerados, areniscas de grano medio a grueso y por arenas limosas, con niveles arcillosos con restos orgánicos y conglomerados polimícticos semiconsolidados respectivamente. Se observan, además, depósitos cuaternarios aluviales, conformadas de estratos gruesos de arenas de grano medio a fino, con niveles y/o lentes de arcillas.
- b) Se han identificado 02 peligros geohidrológicos, los cuales corresponden a erosión fluvial e inundación por desborde del río Huallaga. La erosión fluvial, corresponde al principal evento geodinámico y es generada por el flujo constante de agua del río Huallaga, que socava recurrentemente la base de la ribera donde se asienta el área urbana de la localidad de Shucushyacu, inestabilizando la parte alta de la ribera, produciendo, por efectos de la gravedad, derrumbes y deslizamientos de suelos.
- c) Se ha realizado un análisis multitemporal de la ubicación de la ribera derecha del río Huallaga en una longitud de 1.20 kilómetros, tramo que comprende el área urbana de Shucushyacu, mediante imágenes satelitales históricas disponibles en Google Earth 2019. Dichas imágenes corresponden a las fechas de: 08-2010, 05-2011, 07-2013 y 09-2019. Como resultado, se ha estimado una tasa de erosión promedio mensual de 3.52 m y anual de 42.29 m, es decir que cada mes y año respectivamente, la ribera derecha retrocede ese promedio de distancia. Asimismo, la tasa de área erosionada promedio mensual y anual asciende a 0.45 has y 5.37 has respectivamente.
- d) El proceso de erosión fluvial en el área urbana de la localidad de Shucushyacu, de no controlarse, avanzará progresivamente comprometiendo la seguridad física del 95% del área urbana total, ya que este es el porcentaje que se encuentra ubicado en la terraza aluvial susceptible a este evento geohidrológico, calificable como de **ALTO PELIGRO**.
- e) Los eventos de inundación de deben al aumento del caudal del río Huallaga, debido a las precipitaciones pluviales intensas que caen en la zona. Se tiene registros históricos de eventos ocurridos en 01/04/1996, 10/02/1998 y el más reciente acontecido en 02/01/2014. De los eventos ocurridos el de mayor magnitud fue el del año 1998, puesto que los daños se incrementaron 5 veces más que el año 1996, reportándose 4584 personas damnificadas, 764 viviendas destruidas, 910 hectáreas de cultivos perdidas, 06 colegios primeros y 02 escuelas de educación inicial. Por consiguiente, es calificable como de **ALTO PELIGRO**.

RECOMENDACIONES

- a) Se propone construir una defensa ribereña que controle el proceso erosivo de la ribera derecha, en el tramo urbano de la localidad de Shucushyacu. Esta deberá estar conformada por espigones deflectores, cuya función es reducir la velocidad de la corriente del río y evitar la generación de procesos erosivos fluviales. Otra de las funciones de los espigones es generar la sedimentación entre ellos, recuperando así área ribereña.
- b) A fin de evitar la inundación fluvial de la zona urbana de Shucushyacu, se deberá contemplar construir un dique de relleno granular a lo largo de la ribera. Esta deberá contemplarse únicamente si es que se construyen espigones que controlen la erosión fluvial.
- c) Implementar un sistema de drenaje pluvial urbano, cuya descarga deberá realizarse aguas abajo de la zona urbana, por lo que en el caso se construya la defensa ribereña recomendada, se contemplará una cuneta colectora paralela al dique de relleno granular, la cual reunirá todas las aguas pluviales urbanas y las conducirá hacia aguas abajo del área urbana.
- d) Como una medida alternativa, en caso de que el costo de la defensa ribereña sea elevado y su construcción inviable, se propone reubicar la zona de alto peligro, considerada así el área ubicada entre la ribera actual del río Huallaga y 200 m tierra adentro. Esto comprende la plaza de armas, la sede municipal, jardín N° 40 Shucushyacu, parroquia San Antonio de Padua y aproximadamente más de 100 viviendas.

.....
Ing. CÉSAR A. CHACALTANA BUDIEL
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

BIBLIOGRAFÍA

- Cruden, D.M., & Varnes, D.J. (1996). Landslide Types and Processes. En: "Landslides. Investigation and Mitigation", Eds Turner, A.K. and Schuster, R.L. Special Report 247, Transport Research Board, National Research Council, Washington D.C. pp. 36-75.
- Medina, L. & Otros (2019) Peligro Geológico en la Región Loreto. Boletín Serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica N°68 000 – Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú (INGENMET).
- PMA: GCA. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). Movimientos en masa en la región Andina: Una Guía para la evaluación de Amenazas. Publicación geológica multinacional N° 4, 404 p., Canadá.
- Sánchez, A. & Otros (1997): "Geología del Cuadrángulo de Papaplaya, hoja 13-I, a escala 1:100 000 – Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú (INGENMET).
- <https://www.iirsasur.com.pe/defensa-riberena-la-pastora-100-al-servicio-de-madre-de-dios/>