

Informe Técnico N° A6845

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS SECTORES CRISPÍN - VILLA OYÓN Y BARRIO INDUSTRIAL VILLA RICA

Región Pasco
Provincia Oxapampa
Distrito Villa Rica
Paraje Crispín-Villa Oyón y Barrio Industrial



SEGUNDO NÚÑEZ
LUIS ALBINEZ

NOVIEMBRE
2018

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Ubicación y accesibilidad	3
1.3 Características de la zona.....	3
2. MORFOLOGÍA Y DINÁMICA FLUVIAL	4
2.1. Río Entas	4
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	6
4.1. Montañas en roca sedimentaria	6
4.2. Terrazas, llanuras aluviales y abanicos de pie de monte.....	6
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS	7
5.1. Formación Chonta	7
5.2. Formación Vivian	8
5.3. Grupo Huayabamba	8
5.4. Depósitos aluviales.....	9
5.5. Depósitos proluviales	9
5.6. Depósitos fluviales.....	10
5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS	10
5.1. Inundaciones y erosión fluvial.....	10
5.1.1. Erosión fluvial en los Sectores de confluencia de los ríos Canal de Piedra-Oyón y margen derecha río Entas (Barrio industrial - Villa Rica)	11
6.2. Flujos y crecida de detritos.....	14
6.2.1 Sector margen derecha río Entas (Barrio Industrial - Villa Rica)	15
6.2.2 Margen derecha del río Entas, planta de tratamiento de Agua (Barrio Industrial - Villa Rica)	16
6.3. Deslizamientos	18
6.3.1. Villa Oyón – San Crispín	18
6.4. Análisis del flujo que afectó San Crispín, Barrio Industrial - Villa Rica	20
CONCLUSIONES	22
RECOMENDACIONES	23
REFERENCIAS	25

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS SECTORES SAN CRISPÍN - VILLA OYÓN Y BARRIO INDUSTRIAL VILLA RICA

(REGIÓN PASCO, PROVINCIA OXAPAMPA Y DISTRITO VILLA RICA)

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), el apoyo y/o asistencia técnica a los Gobiernos Nacional, Regionales y Locales; su alcance consiste en contribuir con entidades gubernamentales en el reconocimiento, caracterización y diagnóstico de peligros geológicos en territorios vulnerables, con la finalidad de proporcionar una evaluación técnica que incluya resultados y recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención de fenómenos activos en el marco de la gestión de riesgo de desastre.

La Municipalidad Distrital de Villa Rica, mediante Oficio N°009-2018-PDTE-PDDC-M, solicitó a nuestra institución, la evaluación técnica de peligros geológicos del sector San Crispín-Villa Oyón, a consecuencia de los movimientos en masa que ocurren en el lugar. A pedido de los funcionarios de Defensa Civil, también se evaluó el barrio industrial de Villa Rica, afectada por crecidas y flujos.

El INGEMMET, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico designó a los Ing. Segundo Nuñez y Luis Albinez, para realizar la inspección técnica. Previa coordinación con personal del Instituto Nacional de Defensa Civil de la municipalidad de distrital de Villa Rica y autoridades locales, quienes nos manifestaron la problemática de la zona y algunos planes de contingencia.

Para esta evaluación, se realizaron los siguientes trabajos: Recopilación de información y preparación de mapas para trabajos de campo, toma de datos fotográficos y GPS, cartografiado y redacción de informe.

El presente informe se pone en consideración de la municipalidad distrital de Villa Rica, Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, autoridades de locales y otras autoridades y funcionarios competentes, para la ejecución de medidas de mitigación y reducción de riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1 Antecedentes

De la Cruz, y Gómez, 2017, mencionan que el sector San Crispín - Villa Oyón es afectado por deslizamientos activos de gran magnitud con reactivaciones recientes.

El barrio industrial de Villa Rica fue afectado por flujos históricos y dinámica fluvial de los ríos Canal de Piedra, Yesú y Oyón. El año 1985, se generó una inundación por la Av. Puerto Bermúdez, barrio Industrial. La quebrada Canal de Piedra se desbordó, siendo factor condicionante la morfología y pendiente del terreno. El factor detonante corresponde a las precipitaciones pluviales excepcionales ocurridas ese año. Este evento afectó 100 m de carretera y dejó un número no determinado de desaparecidos (Fidel *et al.* 2006).

El 1 de febrero del año 1987, luego de un día de continuas e intensas precipitaciones, a la 1 a.m., un gran flujo afectó el barrio industrial. Durante el evento, sedimentos y detritos

de flujo cubrieron 25 cuadras, llegando hasta el actual estadio. Afectó infraestructura y hubo personas fallecidas y desaparecidas.

1.2 Ubicación y accesibilidad

Los sectores Villa Oyón y Villa Crispín se encuentran al norte de la ciudad de Villa Rica, ubicada al sur de la región Pasco, provincia Oxapampa, distrito Villa Rica, (figura 1), a 1480 m.s.n.m., en el ámbito de las coordenadas WGS84 – 18S: 471087.34 O; 8813830.93 N.

Se accede a la zona, desde Lima, siguiendo ruta Lima - La Oroya - Jauja - La Merced - Villa Rica - Villa Oyón - San Crispín.

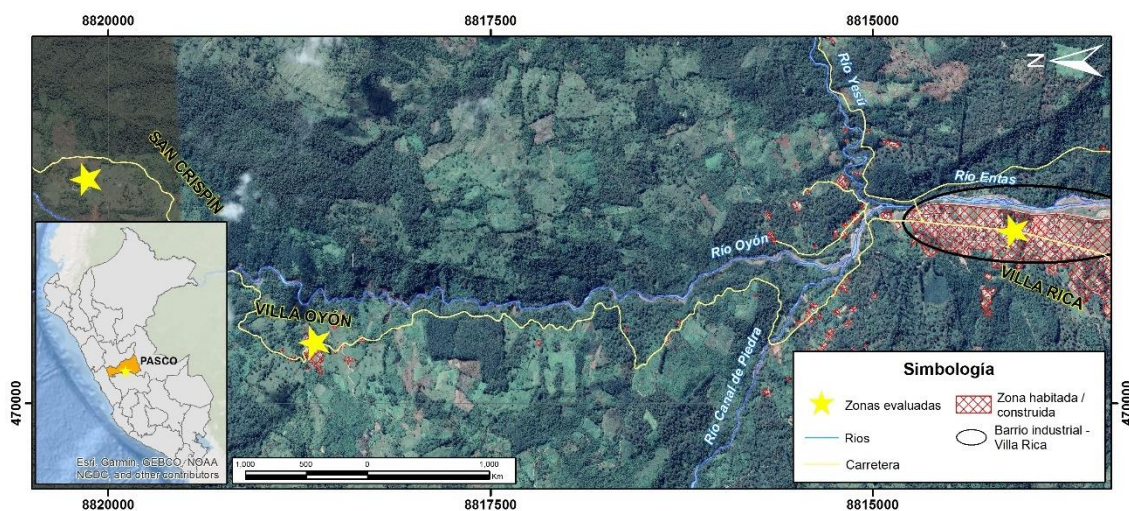


Figura 1. Mapa de ubicación.

1.3 Características de la zona

La localidad de Villa Rica se encuentra emplazada sobre un relieve complejo, donde predominan abanicos proluviales de suave pendiente, sobre los cuales se encuentra asentada la mayor parte de la zona urbana. El sector norte del barrio industrial coincide con la confluencia de los ríos Canal de Piedra y Oyón, en este lugar donde se forma el río Entas. La dinámica fluvial controla los procesos morfogenéticos de la zona. La localidad de Villa Oyón y sector San Crispín se encuentran en ambas márgenes de la quebrada Oyón (figura 1).

La vegetación nativa de Villa Rica, está constituida por bosques, matorrales y arbustos densos, característica de un clima templado, moderado, lluvioso (Monge *et al.* 1996). Las altitudes de las zonas evaluadas varían entre los 1 450 y 2 050 m. s.n.m. La temperatura media anual es de 19.3 °C y la precipitación anual acumulada es de 1 978 mm. Las mayores precipitaciones ocurren en enero con un promedio de 272 mm (figura 2).

Villa Rica es conocida por su producción cafetera. Las principales actividades locales están relacionadas con el cultivo de café y árboles frutales, ganadería, comercio y turismo.

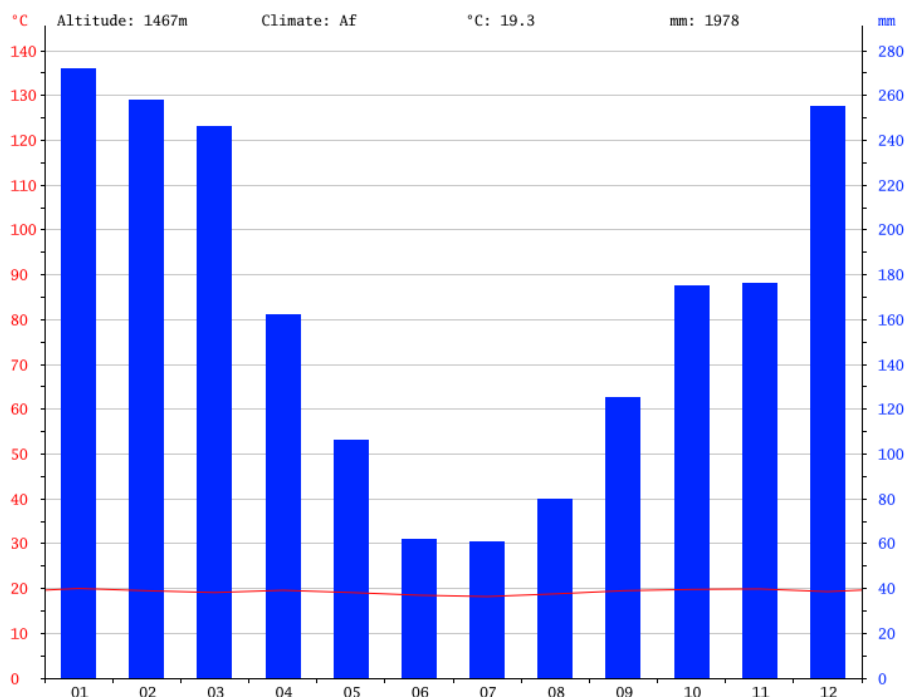


Figura 2. Climograma de Villa Rica. Fuente: Climate-Data.org

2. MORFOLOGÍA Y DINÁMICA FLUVIAL

Para entender los procesos ocurridos en el valle del río Entas, es necesario conocer las características morfológicas, drenaje y su comportamiento fluvial.

2.1. Río Entas

Según Smith (1980), un río anastomosado, debe estar condicionado por la gradiente muy baja que presenta, origina una serie de canales que se interconectan muestran una alta sinuosidad; siendo estos angostos y relativamente profundos. En estos sistemas los canales son separados por planicies de inundación que consisten en islas con vegetación, muros naturales y áreas donde pueden desarrollarse depósitos de desborde. Los canales, en estos sistemas, son rellenados con arena y grava, formando depósitos lenticulares, limitados por depósitos areno – arcillosos de muro natural.

Estas corrientes fluviales anastomosadas, tienen gran capacidad de transporte y sedimentación, pero menor energía que las corrientes rectilíneas, por lo que, al encontrarse con obstáculos, tienden a modificar su trayectoria adecuándose al relieve y a los sedimentos en el fondo del cauce. Su deposición en el fondo está compuesta por sedimentos de granulometría heterogénea durante la época de aguas bajas, causa principal de la división del cauce en los canales anastomosados, es decir, divididos dentro del propio cauce. A medida que se van estabilizando las islas de sedimentos, pueden llegar a desarrollarse en ellas una vegetación pionera primera y más estable después, aprovechando la dotación de agua que proporciona el propio río (Smith 1980).

El río Entas, en el sector de Villa Rica, por lo observado en las imágenes satelitales, tiene un drenaje de tipo anastomosado, que por la actividad antrópica ha sufrido modificaciones, se ha reducido el ancho de su cauce (figura 3 y foto1).



Figura 3. Comparación de imágenes satelitales del 2012 (A) y 2018 (B).
(A) Aparentemente el río se comporta como río rectilíneo de un solo canal, algo sinuoso.
(B) El cauce del río se muestra tipo anastomosado, con varios canales.



Foto 1. Se muestra, planta de tratamiento de aguas servidas (A), defensa ribereña (B) y cauce del río Entas (C), este último antropizado.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

La zona está constituida geomorfológicamente por montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria; terrazas y llanuras aluviales (Vilchez *et al.* 2013).

4.1. Montañas en roca sedimentaria

Esta unidad geomorfológica está caracterizada por afloramientos de rocas de origen sedimentario, afectados por procesos tectónicos (fallamiento, plegamiento) y erosivos (movimientos en masa, erosión de laderas, entre otros), conformados por rocas de tipo conglomerados, areniscas, lutitas, limolitas, lodolitas, calizas y cuarcitas, de edad Cretáceo (modificado de Vilchez, *et al.* 2013). Villa Oyón y San Crispín se encuentran emplazados sobre esta unidad, también se observa a los alrededores Villa Rica (figura 4).

4.2. Terrazas, llanuras aluviales y abanicos de pie de monte

Las **terrazas aluviales** son porciones de terreno que se encuentran dispuestas a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río, a mayor altura, representan niveles antiguos de sedimentación fluvial, los cuales han sido disectados por las corrientes como consecuencia de la profundización del valle. Sobre estos terrenos se desarrollan actividades agrícolas (Vilchez *et al.* 2013).

La **llanura aluvial** la constituyen terrenos adyacentes a los fondos de valles principales y el mismo curso fluvial, sujetas a inundaciones recurrentes, ya sean estacionales o excepcionales. Morfológicamente se distinguen como terrenos planos compuesto de material no consolidado, removible (Vilchez *et al.* 2013).



Figura 4. Relieve montañoso modelado rocas sedimentarias, terrazas y llanura aluvial en la localidad de Villa Rica.

Los **conos o abanicos de pie de monte**, son geoformas de baja pendiente hacia el valle, están formados por acumulaciones de material acarreado por flujos en la

desembocadura de quebradas y ríos tributarios; muchos de estos depósitos están asociados a cursos individuales de quebradas secas, que se activan excepcionalmente (Vilchez *et al.* 2013).

La mayor parte Villa Rica se encuentra emplazada sobre estas unidades (figura 3).

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Las unidades geológicas que afloran en la zona la conforman secuencias sedimentarias de las formaciones Chonta y Vivian, Grupo Huayabamba, depósitos aluviales (Monge *et al.* 1996, De la Cruz & Gómez, 2017), proluviales y fluviales (figura 5).

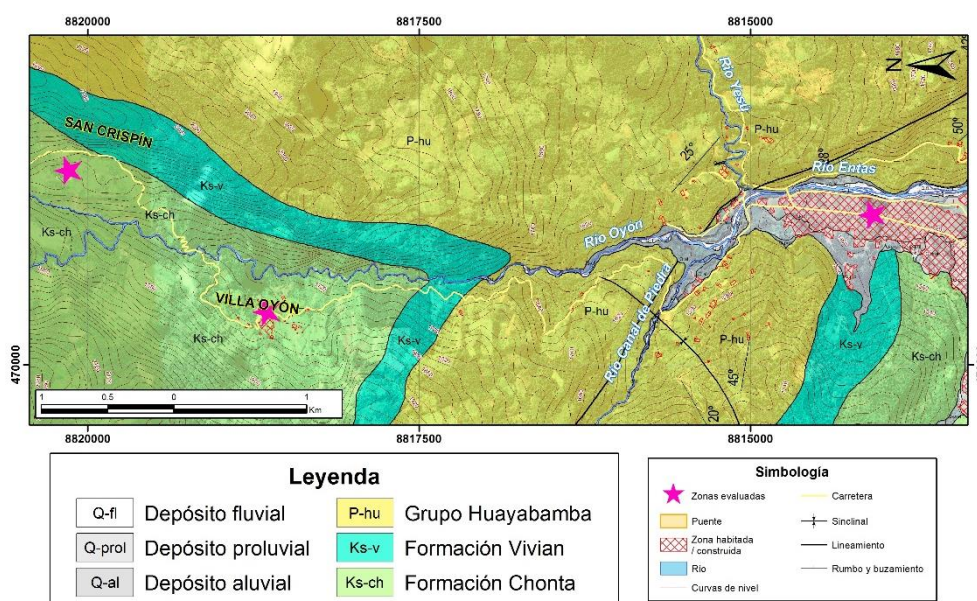


Figura 5. Mapa geológico de la zona de estudio. Modificado de Raymundo y De la Cruz. (2003).

5.1. Formación Chonta

Aflora al oeste de la localidad de Villa Rica y en las partes altas de las quebradas Canal de Piedra y Oyón. En los diversos cortes observados consiste predominantemente de dos secuencias, en la inferior predominan calizas micríticas en estratificación mediana a delgada, mientras que hacia su tope consiste en secuencias pelíticas calcáreas de en estratos delgados hasta laminados (foto 2) (De La Cruz y Gómez 2017). Se observó la ocurrencia de deslizamientos de grandes dimensiones en esta unidad.



Foto 2. Afloramiento de la formación Chonta en la quebrada Oyón (De la Cruz, y Gómez)

5.2. Formación Vivian

Los afloramientos observados se localizan al oeste de la localidad de Villa Rica y hacia la parte media superior de las quebradas Canal de Piedra y Oyón. Comprenden afloramientos de areniscas cuarzosas de grano fino (foto 3) bien seleccionadas, se presenta hacia su base en estratos delgados con ligera matriz arcillosa y algo calcárea, y hacia su parte superior en estratos medianos. Su contacto inferior es con la Formación Chonta (foto 4) (De la Cruz y Gómez, 2017).



Foto 3. Afloramiento de la Formación Vivian (De la Cruz y Gómez, 2017).



Foto 4. Contacto de las formaciones Chonta y Vivian (De la Cruz y Gómez, 2017).

5.3. Grupo Huayabamba

Corresponde secuencias de capas rojas, conformado por una litología dominada por lodolitas en estratos medianos a gruesos, con intercalaciones de limolitas y areniscas. Se distribuye ampliamente en la zona del estudio, estando cortado por las quebradas

Canal de Piedra y Oyón (foto 5). No se pudo observar sus relaciones estratigráficas de tope y base (De la Cruz y Gómez, 2017).



Foto 5. Afloramientos de la Formación Huayabamba en farallón, en la parte baja de la quebrada Oyón (De la Cruz y Gómez, 2017).

5.4. Depósitos aluviales

Se encuentran distribuidos en los fondos de valle y las quebradas tributarias a los ríos Oyón (foto 6), Canal de Piedra y Entas. Lo conforman gravas y conglomerados polimícticos mal clasificados, unidos por una matriz arcillosa o arenosa (Monge *et al.* 1996). La mayor parte de la localidad de Villa Rica se encuentra emplazada sobre este tipo de depósitos.



Foto 6. Depósitos aluviales en el cauce del río Oyón.

5.5. Depósitos proluviales

Corresponden a depósitos de flujos de detritos (huaycos) recientes (Zabala, B. & Velarde, T. 2008) movilizados por corrientes temporales de agua o lluvias. Se generan a partir del transporte de materiales que ocupan el cauce de quebradas, generalmente

secas. Se acumulan a manera de conos de deyección en desembocaduras. Se pueden encontrar estos depósitos en todo el extremo norte de Villa Rica (figura 4).

5.6. Depósitos fluviales

Este tipo de depósitos se acumulan acarreados por la corriente hídrica, sedimentándose como conglomerados de bordura redondeada y arena, conformando terrazas e islotes (Monge *et al.*1996). Se observan en sectores del río, con morfología anastomosada, como en la naciente y desembocadura del Entas (foto 6).

Cabe mencionar que la forma de la cuenca y depositación de sedimentos de la parte baja de Villa Rica podría estar relacionado a controles estructurales de dirección andina relacionados a los lineamientos paralelos al río Entas (figura 5).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS

Los depósitos aluviales ubicados en la confluencia de los ríos Canal de Piedra y Oyón demuestran la permanente actividad geodinámica de sus quebradas. Asimismo, la zona donde se emplaza la ciudad de Villa Rica muestra morfología de continuos eventos geodinámicos.

Las quebradas Canal de Piedra, Oyón y la ciudad de Villa Rica presentan susceptibilidad de media a alta, a la ocurrencia de movimientos en masa. La zona baja de Villa Rica, margen derecha del río Entas, presenta susceptibilidad alta ante inundaciones fluviales (INGEMMET 2010).

La ciudad de Villa Rica ha sido afectada por crecidas y flujos de grandes proporciones, los años 1987 y 2016. El evento del 1987 cubrió de detritos y escombros 25 cuadras del Barrio Industrial. El año 2016 las crecidas afectaron la construcción de la planta de tratamiento de agua en construcción.

De la Cruz y Gomez, 2017, describen grandes deslizamientos traslacionales antiguos en las inmediaciones de Villa Oyón y otro deslizamiento rotacional de gran magnitud en el sector San Crispín.

Los trabajos de campo permitieron identificar zonas de flujos, erosión fluvial e inundaciones en el barrio industrial (figura 6) y deslizamientos en Villa Oyón – San Crispín (figura 6).

5.1. Inundaciones y erosión fluvial

Las **inundaciones fluviales** son procesos naturales que se producen periódicamente, ocupando y modelando llanuras en los valles de los ríos. Generalmente ocurren cuando se presentan lluvias excesivas durante un período de tiempo prolongado haciendo que un río exceda su capacidad (Maddox 2014). El agua excedente rebosa en las orillas y corre hacia tierras adyacentes bajas (Sen, 2018).

La **erosión fluvial** la remoción de materiales del cauce y lados de los ríos por acción hídrica. La erosión comienza cuando la energía del flujo de agua excede la resistencia del material. (Robert, 2003). La **erosión lateral** de un río erosiona su orilla; es decir, el río se amplía. Esto a menudo da lugar a problemas como la pérdida terrenos (Thorne *et al.*, 1997).

La llanura aluvial, que involucra la confluencia de los ríos Oyón, Canal de Piedra y naciente del río Entas (figura 7), es anualmente afectada por crecidas ocurridas en época de lluvias.

Se han construido unas defensas ribereñas que son insuficientes en algunos sectores, como lo demuestran los eventos de los años 1987 y 2016.

5.1.1. Erosión fluvial en los Sectores de confluencia de los ríos Canal de Piedra-Oyón y margen derecha río Entas (Barrio industrial - Villa Rica)

En la zona de confluencia de los ríos Canal de Piedra y Oyón, se observan muros de contención tipo enrocado, afectados por erosión fluvial. Los muros tienen aproximadamente 3 m de ancho y se utilizan para la contención de sedimentos que varían de 0.5 a 2.5 m de diámetro (foto 7). Las defensas han sido periódicamente reconstruidas dado que se ven erosionadas durante las crecidas y flujos que ocurren anualmente (figura 8).



Foto 7. Río La Sal con defensas ribereñas tipo enrocado deterioradas por erosión fluvial.



Figura 8. Río La Sal con defensas ribereñas tipo enrocado deterioradas por erosión fluvial.

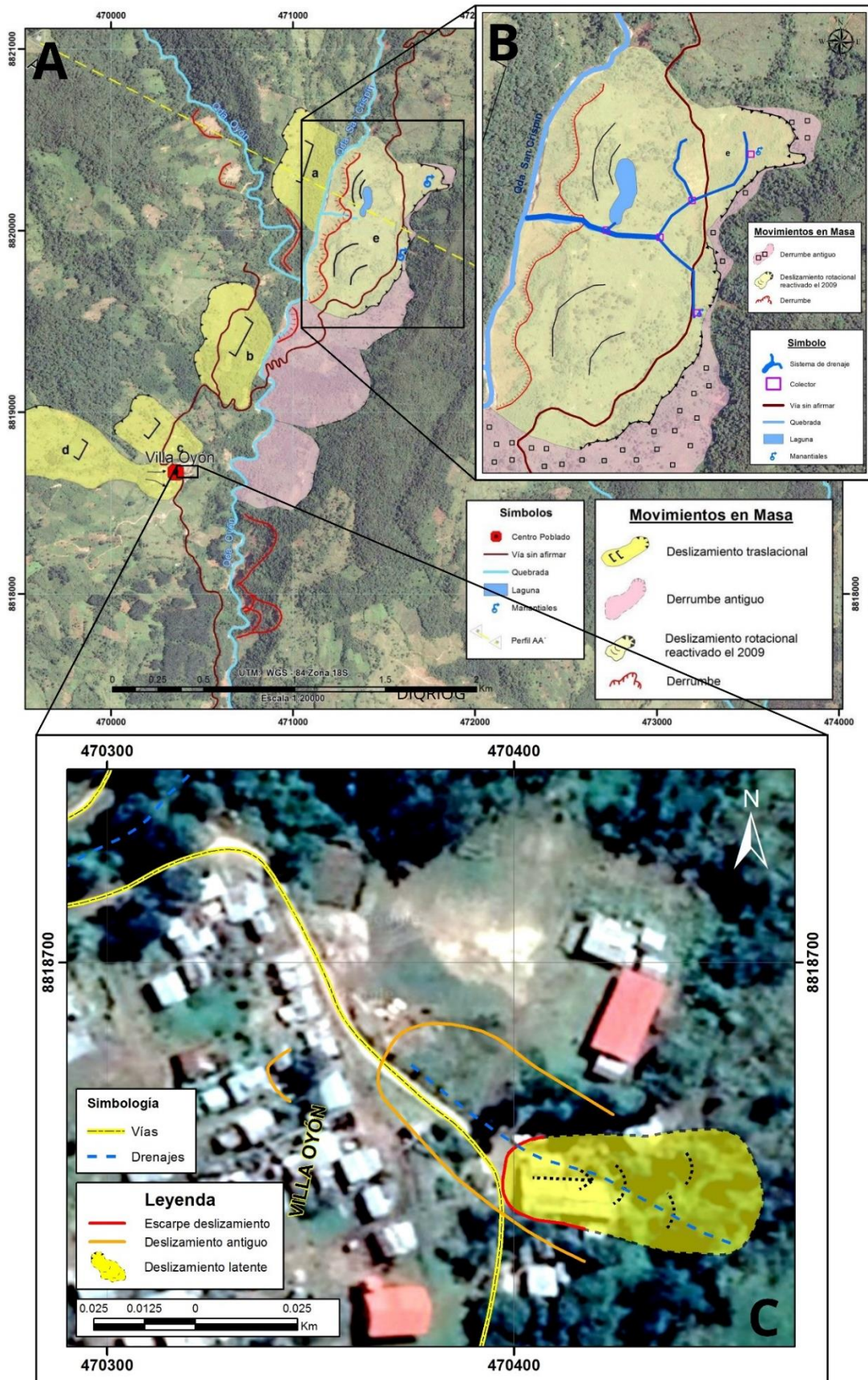
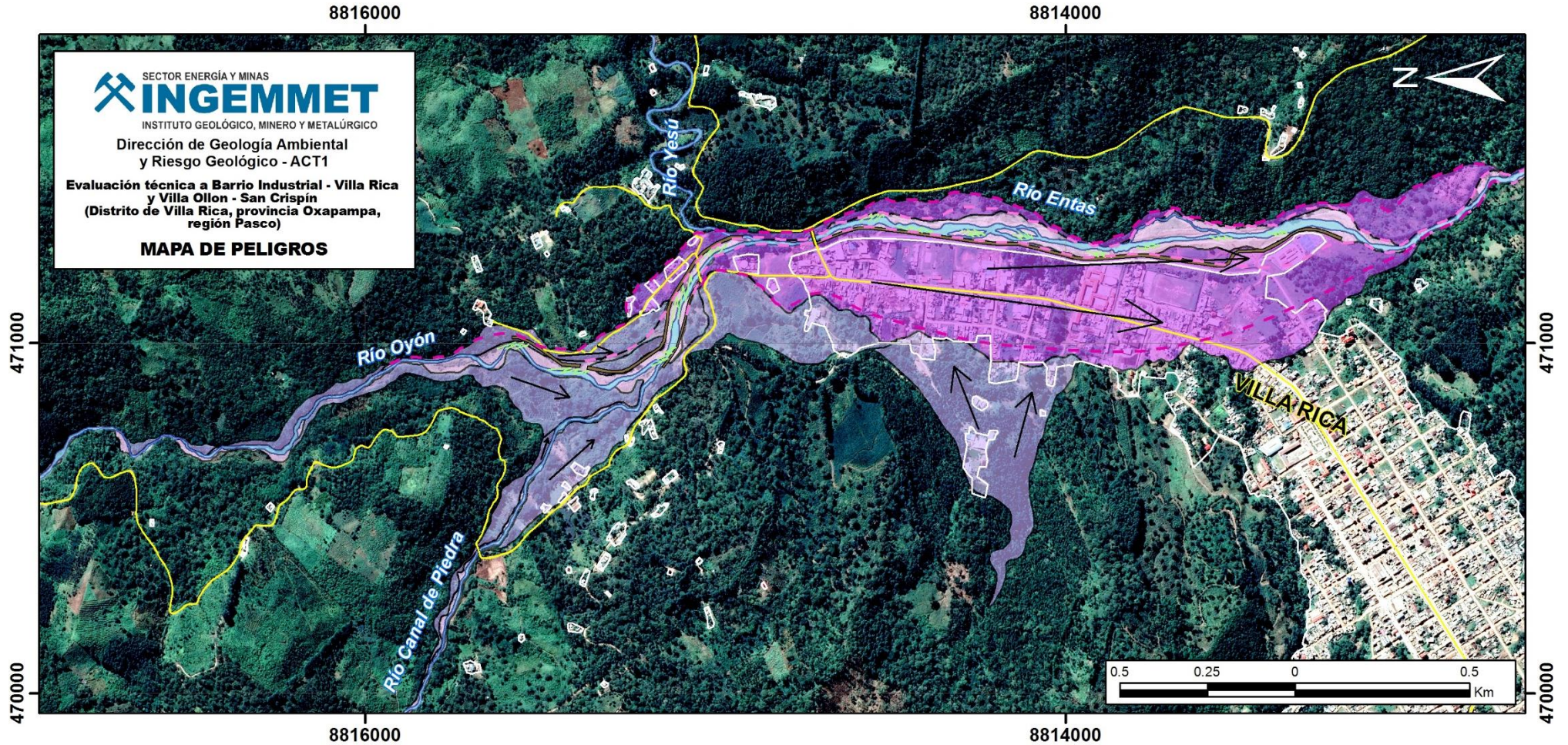






Figura 6. A) Mapa de peligros de Villa Oyon (De la Cruz y Gómez, 2017). B) Mapa de peligros de detalle del Sector San Crispín (De la Cruz y Gómez, 2017). C) Deslizamiento en el centro poblado Villa Oyon.



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 Dirección de Geología Ambiental
 y Riesgo Geológico - ACT1
 Evaluación técnica a Barrio Industrial - Villa Rica
 y Villa Ollon - San Crispin
 (Distrito de Villa Rica, provincia Oxapampa,
 región Pasco)
MAPA DE PELIGROS

Leyenda

 Erosión fluvial	 Flujo reciente	Límite inferido flujo 1987
 Cauce	 Flujo antiguo	Límite inferido flujo 2016

Simbología

Drenaje	 Viviendas / Infraestructura	 Puente
Vías	 Muro / gabiones	 Río

Figura 7. Mapa de peligros de Villa Rica - Barrio Industrial.

El análisis multitemporal de imágenes satelitales de los años 2012, 2014 y 2018 (figura 9) muestra que las defensas rivereñas actuales se construyeron sobre el lecho fluvial de un curso antiguo del río Oyón, en su zona de cono de deyección, de morfología de corrientes trenzadas tipo anastomosadas.

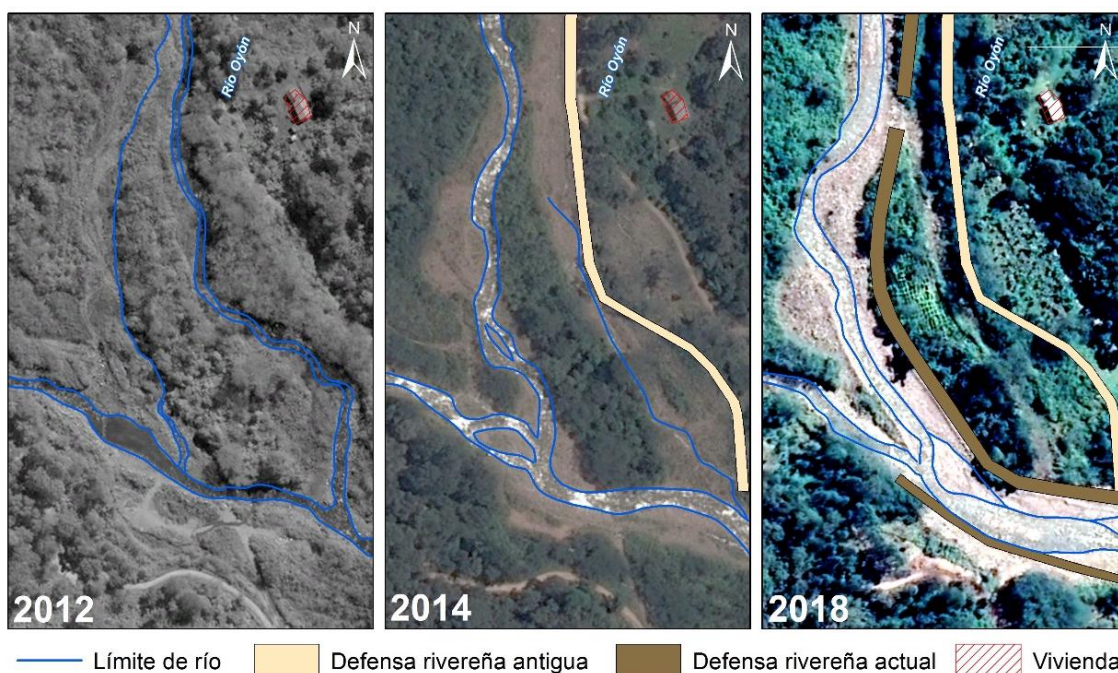


Figura 9. Análisis multitemporal de imágenes de los años 2012, 2014 y 2018 mostrando la dinámica en el el cauce del río Oyón.

Otro sector que es periódicamente afectado por erosión fluvial e inundaciones es la margen derecha del río Entas, al este de Villa Rica. Actualmente esta zona cuenta con muros de contención y espigones.

6.2. Flujos y crecida de detritos

Los **flujos de detritos** (figura 10) son movimientos en masa que transcurren principalmente confinados a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. 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. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos (PMA 2007).

Las **crecidas de detritos** son flujos muy rápidos de una crecida de agua que transporta una gran carga de detritos a lo largo de un canal (Hungry *et al.*, 2001).

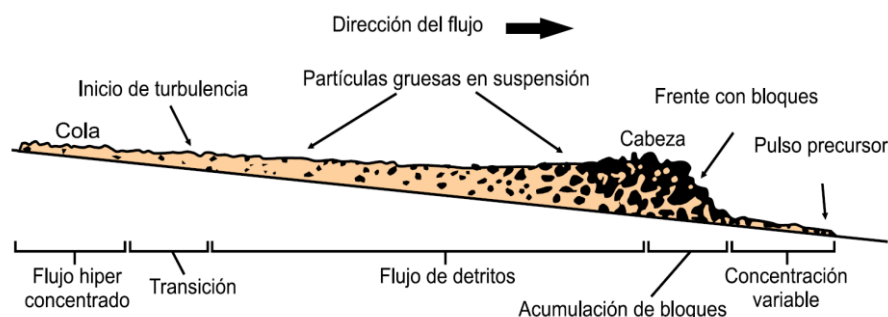


Figura 10. Corte esquemático típico de un flujo de detritos. Frente con bloques de un pulso del flujo de detritos (diagrama de Pierson, 1986, en PMA 2007).

6.2.1 Sector margen derecha río Entas (Barrio Industrial - Villa Rica)

A principios de 1987, en el Barrio Industrial de Villa Rica se presentó un flujo de detritos, se desplazó a lo largo de la avenida Bermúdez, afectó 25 cuadras, (figura 11), destruyó casi la totalidad de la zona urbana de ese entonces. Los sedimentos y escombros movilizados (foto 8) alcanzaron espesores de 2.5 m y llegaron hasta el estadio. Actualmente toda la zona se encuentra habitada.



Foto 8. Sedimentos y escombros movilizados por el flujo de 1987 en el barrio industrial de Villa Rica. Foto INDECI - Villa Rica.



Figura 11. Zona urbana del barrio industrial destruida por el flujo de detritos de 1987. Foto INDECI - Villa Rica.

Cabe mencionar que la ladera oeste del Barrio Industrial también muestra evidencias de movimientos en masa antiguos (figura 7).

Una de las causas principales, fue el embalse de la quebrada Oyona raíz de un deslizamiento, al romperse la presa, se generó un flujo de detritos de gran dimensión, trayendo consigo rocas del tamaño hasta de 1.5 m, restos de troncos de árboles (arrancados desde sus raíces).

6.2.2 Margen derecha del río Entas, planta de tratamiento de Agua (Barrio Industrial - Villa Rica)

El año 2016, la margen derecha del río Entas fue afectada por crecida, desborde e inundación, que sobrepasó los muros de contención aún en construcción. Este evento inundó las obras de la actual planta de tratamiento de agua servida (figura 12).

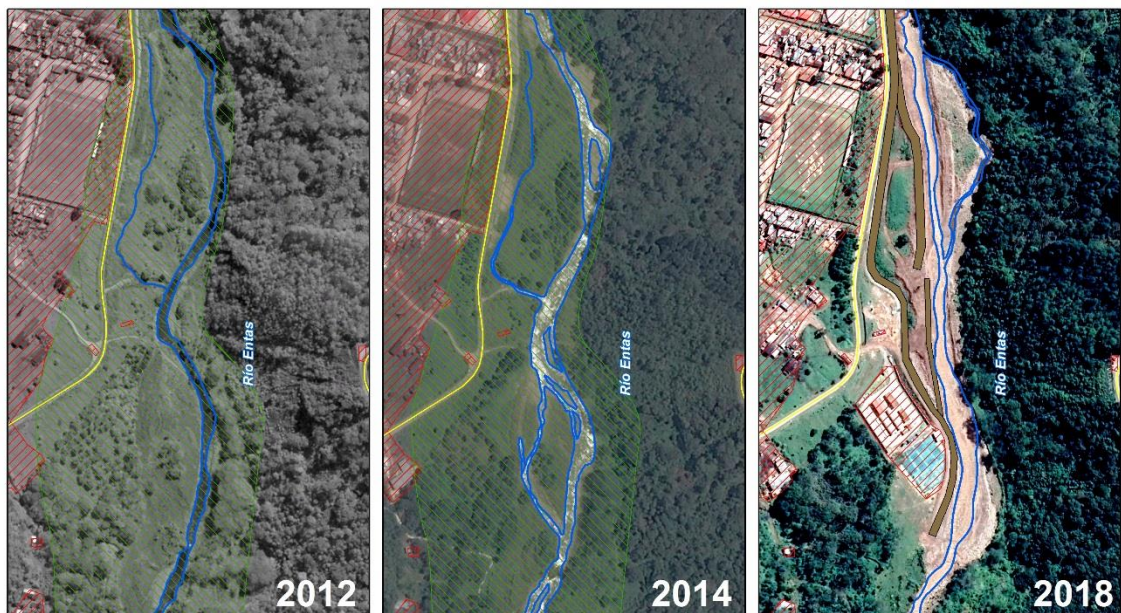


Figura 12. Crecida, desborde e inundación del año 2016, afectando la construcción de la actual planta de tratamiento de agua. Fotos INDECI - Villa Rica.

Los registros fotográficos permiten observar que las obras en la planta de tratamiento de agua servidas, fueron inundadas a consecuencia de la ausencia de un tramo del muro. En la actualidad ya se encuentra concluido (figura 13). Sin embargo, el análisis multitemporal de imágenes satelitales de los años 2012, 2014 y 2018 (figura 14) muestra que la actual planta en funcionamiento se construyó sobre el cauce de río de tipo anastomosado, de un curso antiguo del río Entas.



Figura 13. Muro de contención concluido en el sector de la planta de tratamiento de agua, barrio Industrial - Villa Rica.



— Vía — Límite de río ■ Defensa ribereña ▨ Infraestructura ▨ Cauce antiguo

Figura 14. Variaciones del curso del río Entas, al oeste de Villa Rica. Imágenes de Google Earth años 2012, 2014 y 2018.

Los factores condicionantes y detonantes de estos eventos son:

Condicionantes:

- Procesos geodinámicos ligados a la morfogénesis de las llanuras de inundación y conos aluviales de los ríos Canal de Piedra, Oyón y Entas.
- Río Entas de cauce anastomosado.
- Geomorfología de la cuenca de Villa Rica.
- Pendiente del terreno
- Dinámica fluvial de los ríos Entas, La Sal y Paucartambo.

Detonantes:

- Intensas precipitaciones pluviales (excepcionales).

6.3. Deslizamientos

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 (PMA 2007). En la zona se observan deslizamientos de tipo **rotacional** (PMA 2007) y **traslacional** (Cruden y Varnes, 1996) (Figura 15).

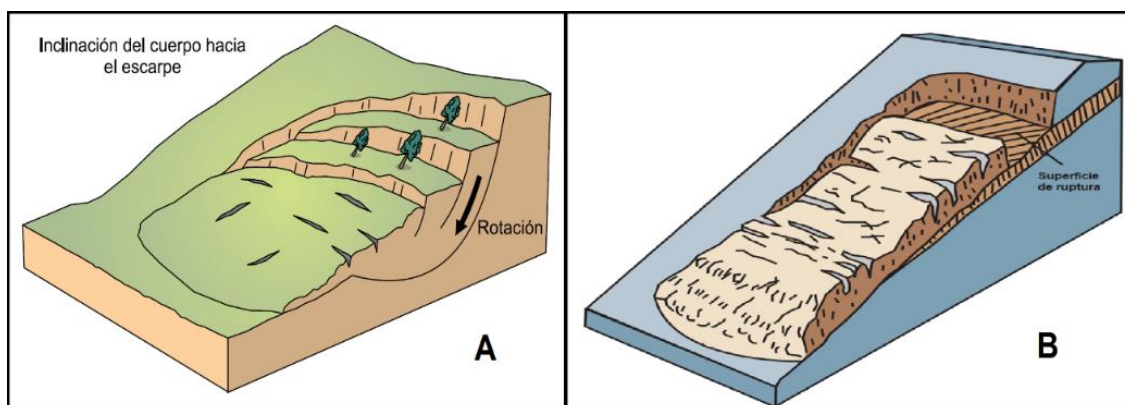


Figura 15. A. Esquema de deslizamiento rotacional (PMA 2007) B. Esquema de deslizamiento traslacional (USGS 2004).

6.3.1. Villa Oyón – San Crispín

En las inmediaciones de las localidades Villa Oyón y San Crispín se observan deslizamientos antiguos de tipo traslacional y rotacional, ocurridos a ambos márgenes de la quebrada Oyón. Estos eventos son descritos detalladamente en el informe de De La Cruz y Gómez del 2016.

Los trabajos de campo permitieron identificar un deslizamiento activo en la localidad de Villa Oyón, el cual está afectando viviendas, local comunal y centro educativo (figuras 16 y 17).

El deslizamiento está desplazándose hacia el este, tiene 30 m de corona y se ubica en una zona de escorrentía natural. En la zona se observan evidencias de un deslizamiento anterior, que estaría en proceso de reactivación (figura 18). El salto del deslizamiento antiguo no se puede observar por estar cubierto por vegetación.

De acuerdo al mapa de De La Cruz y Gómez (2016), este evento (a) se encuentra en la margen derecha del río Oyón. La reactivación se inició en el pie del deslizamiento traslacional antiguo (figura 6).



Figura 16. Infraestructura afectada por deslizamiento en Villa Oyón.



Figura 17. Agrietamientos afectando infraestructura ubicada en el cuerpo del deslizamiento latente.

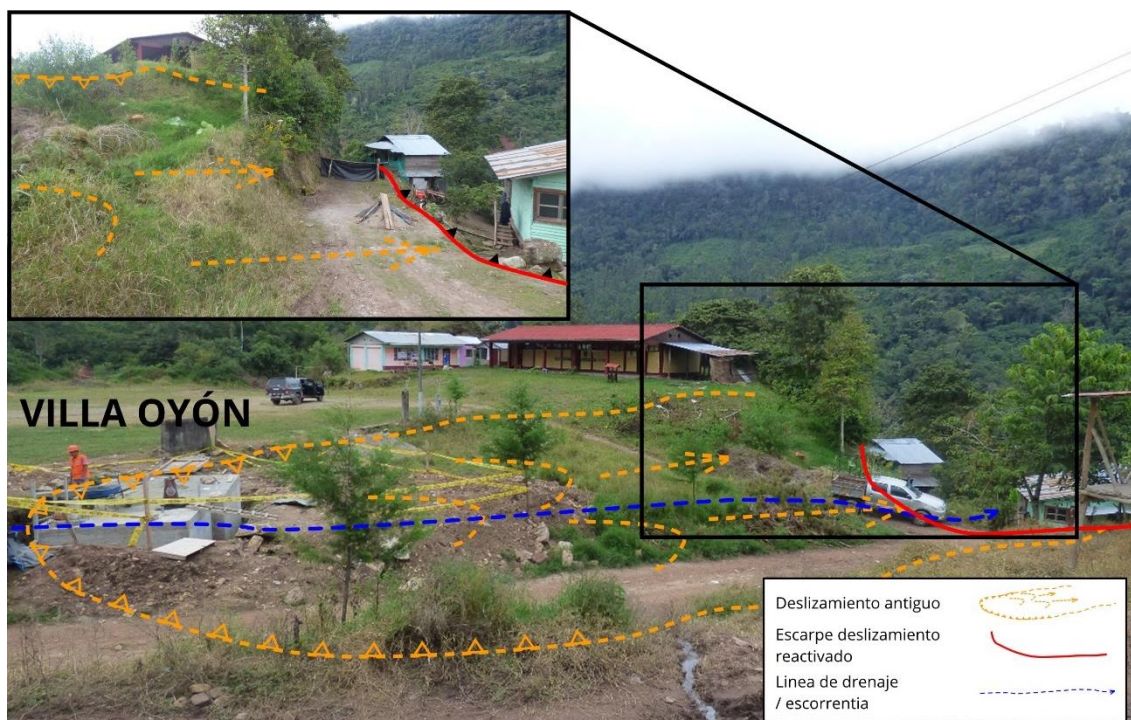


Figura 18. Variaciones del curso del río Etas, al oeste de Villa Rica. Imágenes de Google Earth años 2012, 2014 y 2018.

De los trabajos de campo y análisis de datos se infiere que los factores condicionantes y detonantes de estos eventos son:

Condicionantes:

- Suelos incompetentes, que permiten su saturación de agua, con ello aumento de peso.
- Pendiente del terreno.
- Morfología.
- Afloramientos rocosos con su disposición de la estratificación a favor de la pendiente.
- Macizo rocoso fracturado y alterado.
- Infiltración de agua y saturación de terreno.

Detonantes:

- Intensas precipitaciones pluviales (excepcionales).

6.4. Análisis del flujo que afectó San Crispín, Barrio Industrial - Villa Rica

El gran volumen de material deslizado por alguno de estos deslizamientos pudo haber generado represamientos en la quebrada Oyón y posteriores desembalses violentos, generando flujos rápidos corriente abajo.

Estimación del recorrido del flujo generado a partir de material deslizado en el sector del San Crispín (figura 19), sugiere que el evento de 1987, el cual arrasó con el barrio Industrial de Villa Rica, pudo haberse generado por el desembalse violento de material proveniente de dicha zona. Este escenario coincide con el cartografiado geomorfológico de peligros (figura 6).

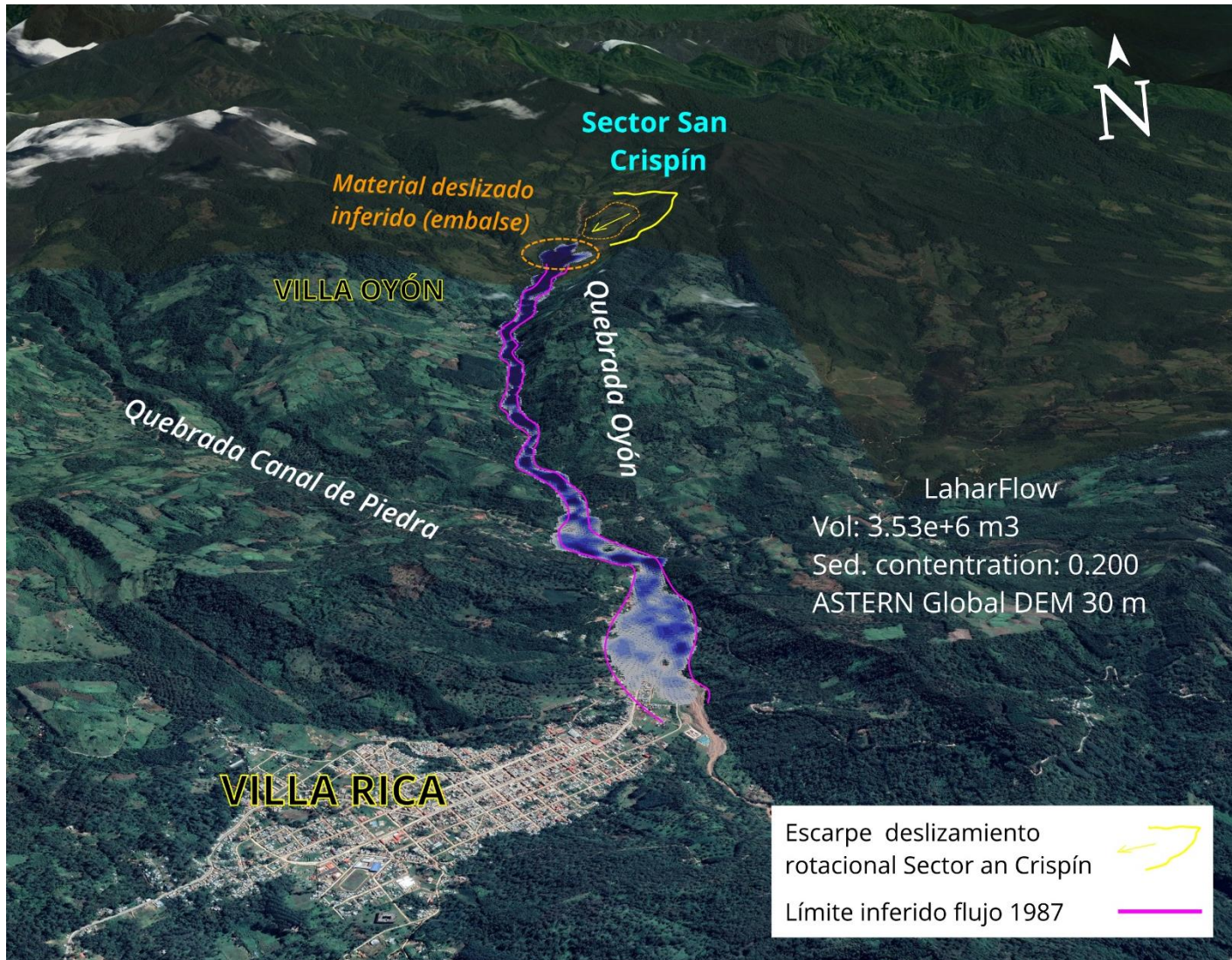


Figura 19. Estimación del recorrido del flujo generado a partir de material deslizado estimado.

CONCLUSIONES

1. En la parte alta de la quebrada Oyón, el suelo se encuentra saturado por las condiciones climáticas, además se observaron puquiales. Esto se incrementa en época de lluvias (entre diciembre y marzo).
2. Las quebradas Canal de Piedra, Oyón y La localidad Villa Oyón presentan susceptibilidad de media a alta, ante la ocurrencia de movimientos en masa.
3. La zona norte de Villa Rica, Barrio Industrial, se encuentra asentada sobre una llanura aluvial propensa a flujos e inundaciones fluviales.
4. Los ríos Canal de Piedra, Oyón y Entas, en tiempos de lluvias extraordinarias, su cauce crece (se ensancha), generando procesos de erosiones e inundaciones fluviales. Esto afecta a las viviendas que se encuentran asentadas en el borde del cauce.
5. En el sector de confluencia de los ríos Canal de Piedra y Oyón, donde nace el río Entas, se presenta erosión fluvial que afecta continuamente las defensas ribereñas. En dicha zona se pueden encontrar fragmentos de roca de diferente dimensión, de hasta de 2.5 m.
6. Del análisis de imágenes satelitales de los años 2012, 2014 y 2018 en el río Oyón, (antes de llegar a la confluencia con el río Canal de Piedra), se observó que las defensas rivereñas se encuentran en el lecho fluvial antiguo del río. Por ello que la erosión del río se intensifica en tiempos de lluvias excepcionales.
7. El año 1987 se generó un flujo de detritos, que afectó el barrio industrial de Villa Rica; el depósito discurrió por la Av. Bermúdez por un trecho de 25 cuadras y llegó hasta el estadio. El evento destruyó casi la totalidad de la zona urbana del Barrio Industrial, asentada en ese entonces. Actualmente la zona se encuentra habitada.
8. Los grandes deslizamientos en el sector San Crispín han ocasionado represamientos temporales y desembalses violentos en el pasado geológico. El escenario del flujo de 1987, se inició en la zona de San Crispín, por un evento aparentemente similar.
9. Del análisis multitemporal de imágenes satelitales de los años 2012, 2014 y 2018, se deduce lo siguiente:
 - a) El sector de la planta de tratamiento de aguas servidas, se encuentra sobre un brazo antiguo del río Entas.
 - b) El río tiene un comportamiento anastomosado, con varios canales, que ha sido modificado por acción antrópica; por sectores se aprecia como un solo canal con cierta sinuosidad.
10. El año 2016, se presentó una crecida extraordinaria, que afectó la margen derecha del río Entas, originando el desborde del río, que sobrepasó los muros de contención aún en construcción. Este evento inundó obras de la planta de tratamiento de agua servida.
11. Se identificó un deslizamiento en la localidad de Villa Oyón, de 30 m de corona, que compromete la estabilidad de viviendas, parte del centro educativo y local comunal. Por las evidencias morfológicas indican que se trata de un deslizamiento traslacional antiguo, en proceso de reactivación.

12. Las laderas de las quebradas Oyón y Canal de Piedra presentan mucha actividad geodinámica, tienen grandes deslizamientos que han represado sus valles.
13. De acuerdo a versiones de personal de INDECI Villa Rica y pobladores locales, el deslizamiento rotacional de San Crispín, descrito ampliamente en el informe de De La Cruz y Gómez 2016, presenta derrumbes en su zona frontal. Dichos derrumbes indicarían que aun continua activo. Reactivaciones mayores podrían generar represamientos y consecuentemente desembalses violentos generando flujos de detritos o huaicos aguas abajo.
14. Por las condiciones actuales, el deslizamiento reactivado en el sector de Villa Oyón, se considera como **Zona Crítica de Peligro muy alto** por movimientos en masa y de **peligro inminente** ante lluvias excepcionales.

RECOMENDACIONES

- I. **Para la zona de confluencia de los ríos Oyón y Canal de Piedra (naciente del Río Entas), margen derecha del río Entas (Barrio Industrial)**
 - a. Descolmatar o limpiar periódicamente los cauces de los ríos Canal de Piedra, Oyón y Entas.
 - b. Los muros de contención construidos en la confluencia de los ríos Canal de Piedra y Oyón, naciente del río Entas, deben ser ubicados en las márgenes de los cursos naturales (figura 9) teniendo en cuenta la dinámica fluvial, dado que las defensas construidas recientemente están estrangulando el cauce, desviándolo hacia el oeste.
 - c. Debido a la cantidad y dimensiones del material proveniente de las quebradas Canal de Piedra y Oyón, movilizado durante eventos hidrometeorológicos extraordinarios, es necesario construir muros de contención con espigones u otras soluciones geotécnicas adecuadas, en las márgenes de la llanura de inundación de la confluencia de los ríos Canal de Piedra y Oyón, con la finalidad de prevenir daños ante futuros eventos con las mismas características como el ocurrido en 1987.
 - d. Se sugiere la construcción de muros de contención diseñados para inundaciones, respetando los cauces naturales de los ríos.
 - e. Los usos de suelo en las zonas aledañas a los muros deben cambiarse por bosques, seguidos de zonas recreativas, parques u otros, que no expongan vidas humanas ni permitan asentamiento de viviendas ni infraestructura de uso comunal.
 - f. Implementar sistemas de alerta y monitoreo ante inundaciones y flujos en las quebradas Canal de Piedra, Oyón, margen derecha del río Entas y en otras zonas con problemas geodinámicos recientes y antiguos, que permitan alertar a la población ante la ocurrencia de nuevos eventos. El monitoreo puede ser de vigilancia visual, topográfica y de ser posible instrumental en tiempo real para la época de lluvias.

II. Para Villa Oyón y San Crispín

- a. Las viviendas, local comunal y centro educativo de Villa Oyón, afectados por la reactivación del deslizamiento deben ser reubicados; esta labor debe ser implementada por la Municipalidad distrital de Villa Rica.
- b. Delimitar y restringir el acceso a la zona del deslizamiento y su ladera sur.
- c. Construir un canal de coronación en la parte superior al deslizamiento, para impedir la infiltración de aguas de escorrentía superficial y pluviales hacia el cuerpo del deslizamiento.
- d. Implementar de un sistema de drenaje mediante canales impermeabilizados en el drenaje natural o zona de escorrentía, para evitar la infiltración de aguas. Puede implementarse un sistema tipo “espina de pescado”. Este sistema conduce las aguas colectadas fuera del material inestable, también puede utilizarse para evacuar el agua que se acumula.
- e. Considerar el diseño y soluciones geotécnicas para los trabajos de estabilización del deslizamiento. Estos deben ser ejecutados por profesionales con conocimiento y experiencia en el tema.
- f. Implementar un sistema de monitoreo de la zona inestable (fuera y encima del cuerpo del deslizamiento) y laderas colindantes, que permita conocer la deformación e inestabilidad en el sector. Puede ser visual, topográfico y de ser posible instrumental.
- g. Para prevenir futuros eventos geodinámicos es recomendable arborizar la zona afectada e inmediaciones, no permitir el riego por inundación o filtraciones de agua.
- h. Deben ejecutarse las recomendaciones del informe elaborado por De La Cruz y Gómez, para el deslizamiento rotacional de San Crispín.

REFERENCIAS

- Fidel, L.; Zavala, B.; Núñez, S.; Valenzuela, G. 2006, Estudio de Riesgos Geológicos del Perú. Franja 4. INGEMMET, Serie C. Geodinámica e Ingeniería Geológica, N° 29, 386p., 19 mapas escala 1:900,000.
- Raymundo, T. y De la Cruz, O. (2003) - Mapa geológico del cuadrángulo de Oxapampa (Actualizado), Hoja 22-m, 1: 100 000. INGEMMET, Dirección de Geología Regional, Carta geológica Nacional.
- De la Cruz, O. y Gómez, D. (2017) - “Evaluación de Peligros Geológicos en el Sector Villa Oyón”, Informe Técnico, Dirección de Geología Ambiental y Riesgos Geológicos, 21p.
- Vilchez, M., Luque, G. & Rosado, M. (2013) – Estudio de riesgo geológico en la región Piura. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 52, 250 p., 9 mapas.
- Monge, R., León, W. & Chacón, N. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Chuchurras, Ulcumayo, Oxapampa y La Merced. Hojas 21-m, 22-I, 22-m, 23-m, 1 : 100 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 78, 151p.
- Robert, A., 2003, River processes - An introduction to fluvial dynamics: London, Arnold, 214 p. http://www.geo.fu-berlin.de/en/v/iwm-network/learning_content/environmental_background/fluvial_processes/fluvial_erosion/index.html
- Thorne, C.R.; Hey, R.D. and Newson, M.D. (1997): Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management. Chichester. http://www.geo.fu-berlin.de/en/v/iwm-network/learning_content/environmental_background/fluvial_processes/fluvial_erosion/index.html
- Maddox, I. 2014 - Three Common Types of Flood Explained, Blog web, <http://www.intermap.com/risks-of-hazard-blog/three-common-types-of-flood-explained>
- 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.
- Sen, D. 2018 - What Is a River Flood?, Blog web, <https://sciencing.com/about-6310709-river-flood-.html>
- Pierson, T.C., 1986, Flow behaviour of channelized debris flows, Mount St. Helen's, Washington, en Abrahams, A.D., ed., Hillslope processes: Boston, Allen and Unwin p. 269–296.
- Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996, Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C,

National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36–75.

- USGS 2004 - Landslide Types and Processes, U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey, <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/pdf/fs2004-3072.pdf>
- Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M., y Hutchinson, J.N., 2001, Review of the classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering Geoscience, v. 7, p. 22–238.