

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7559

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS EN EL BARRIO SANTA ROSA, CASERÍO PUEBLO NUEVO Y CP. CARRASQUILLO

Departamento: Piura
Provincia: Morropón
Distrito: Buenos Aires



NOVIEMBRE
2024

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS EN EL BARRIO SANTA ROSA, CASERÍO PUEBLO NUEVO Y CP CARRASQUILLO

*Distrito Buenos Aires
Provincia Morropón
Departamento Piura*



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

Equipo de investigación:

Cristhian Chiroque Herrera

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024). *Evaluación de peligros geológicos y geohidrológicos en el Barrio Santa Rosa, caserío Pueblo Nuevo y CP. Carrasquillo*. Distrito Buenos Aires, provincia Morropón y departamento Piura. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7559, 46p.

ÍNDICE

RESUMEN	5
DEFINICIONES	6
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. Objetivos del estudio	7
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	8
1.3. Aspectos generales	10
1.3.1. Ubicación	10
1.3.2. Accesibilidad	10
1.3.3. Población	11
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	13
2.1. Unidades litoestratigráficas	13
2.1.1. Grupo Salas (Oi-s)	13
2.1.2. Formación Río Seco (D-rs)	13
2.1.3. Grupo Goyllarisquizga (Ki-g2)	14
2.1.4. Depósitos fluviales (Q-fl)	14
2.1.5. Depósitos aluviales (Q-al)	15
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	15
3.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)	16
3.2. Pendientes del terreno	16
3.3. Unidades geomorfológicas	16
3.3.1. Geoformas se carácter tectónico degradacional y erosional	16
3.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	18
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	20
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	20
4.1.1 Flujo de detritos en el caserío Pueblo Nuevo	21
Características visuales de los eventos.....	21
4.2. Peligros geohidrológicos	23
4.2.1. Erosión fluvial e inundación en el Barrio Santa Rosa	23
Características visuales de los eventos.....	23
4.2.2. Erosión fluvial e inundación en el centro poblado Carrasquillo	26
4.3. Factores desencadenantes	28
4.3.1. Lluvias intensas	28
4.4. Daños por peligros geológicos	29

4.4.1. Viviendas	29
4.4.2. Vías de acceso.....	30
5. CONCLUSIONES	32
6. RECOMENDACIONES	33
7. BIBLIOGRAFÍA	35
ANEXO 1: MAPAS	37
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	43

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el Barrio Santa Rosa, caserío Pueblo Nuevo y C.P. Carrasquillo, jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Buenos Aires, provincia Morropón, departamento Piura. 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 en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Geológicamente, las áreas urbanas de los sectores evaluados se asientan sobre depósitos aluviales medianamente consolidados, conformados por gravas y gravillas envueltos en matriz limo arenosa porosa susceptible a erosión. Además de depósitos fluviales modelados por cursos de ríos y quebradas conformados por extensas áreas de arenas y gravas con presencia de conglomerados.

Se tienen afloramientos de cuarcitas del Grupo Goyllarisquizga en las inmediaciones del centro poblado Carrasquillo que limitan al sur con filitas, pizarras y cuarcitas de la Formación Río Seco; ambas secuencias se meteorizaron y fueron transportados por escorrentía formando depósitos aluviales y coberturas detríticas más recientes. Los afloramientos se encuentran intensamente fracturados y altamente meteorizados, además de tener alta susceptibilidad a erosión fluvial.

El área urbana del centro poblado Carrasquillo se asienta sobre una terraza aluvial con alto de 2 m, ubicada en la margen izquierda del río Piura, la zona evaluada tiene pendientes llanas a suavemente inclinadas (1°-5°). El caserío Pueblo Nuevo se asienta sobre un abanico de piedemonte con pendientes moderadas (5°-15°), modelado por antiguos flujos y escorrentía superficial. Mientras que, el barrio Santa Rosa se ubica entre una vertiente aluvio torrencial y una planicie con pendientes llanas que son inundadas en temporada de lluvias intensas o extraordinarias.

Las geoformas de mayor altitud, están representadas principalmente por montañas, colinas y lomadas en rocas metamórficas y sedimentarias con pendientes moderadas a muy fuertes (5°-45°), ubicadas al oeste de las áreas evaluadas, conforman la principal fuente de depósitos y coberturas detríticas recientes que modelan las geoformas sobre las cuales se asientan las áreas urbanas evaluadas.

Entre enero y marzo del 2023, se registraron lluvias intensas, superando promedios diarios de 22 mm con máximas de hasta 123 mm; los acumulados mensuales llegaron hasta 702.5 mm durante el mes de marzo. El incremento del caudal del río Piura y las quebradas circundantes al área evaluada provocaron el desborde e inundación en el centro poblado Carrasquillo, mientras que, en el caserío Pueblo Nuevo ocurrieron flujos de detritos e inundaciones en el Barrio Buenos Aires.

Se concluye que, por las condiciones geológicas, geodinámicas y geomorfológicas, el centro poblado Carrasquillo presenta **Peligro Alto** por inundaciones y erosión fluvial, el caserío Pueblo Nuevo tiene **Peligro Alto a Muy Alto** representado por la ocurrencia de flujos de detritos. El Barrio Santa Rosa un **Peligro Alto** por inundaciones. Los peligros geológicos y geo-hidrológicos evaluados son desencadenados por eventos meteorológicos anómalos como El Niño y/o Niño Costero y recientemente durante el Ciclón Yacu en el año 2023.

Finalmente, se describen recomendaciones generales con el objetivo de mitigar el impacto de los peligros evaluados, estas medidas deben implementarse con el apoyo de autoridades locales y regionales. Se recomienda la implementación de gaviones, muros y drenaje pluvial en las áreas urbanas afectadas por inundaciones, además de realizar estudios de evaluación de riesgos (EVAR) ante los peligros evaluados.

1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Servicio de Asistencia Técnica en la Evaluación de Peligros Geológicos a Nivel Nacional” (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Buenos Aires, según Oficio N° 0118-2023-MDB-A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa de tipo “flujo de detritos”; además de, peligros geohidrológicos como inundaciones pluviales y fluviales, ocurridos el día sábado, 03 de marzo de 2023 que afectó viviendas, cultivos y vías de comunicación en las áreas urbanas del Barrio Santa Rosa, Pueblo Nuevo y Carrasquillo, los trabajos de campo se realizaron los días 12 y 13 de abril.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó al ingeniero Cristhian Chiroque Herrera para realizar la evaluación geológica, geomorfológica y geodinámica de los peligros geológicos que afectan el área urbana e infraestructura vital.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Buenos Aires, Gobierno Regional de Piura e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se desarrollan en el barrio Santa Rosa, caserío Pueblo Nuevo y centro poblado Carrasquillo, procesos geodinámicos que pueden comprometer la seguridad física de la población, viviendas, obras de infraestructura y vías de comunicación.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa.
- c) Emitir las recomendaciones generales para la reducción o mitigación de los daños que puedan causar los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

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

- A) Informe A6787: “Peligros geológicos y geo-hidrológicos detonados por el Niño Costero 2017 en la región Piura (Vílchez et al., 2017). Las lluvias fuertes se presentaron en el mes de marzo en Piura; como las presentadas entre el 26 y 27 de marzo, la cual inició 5:30 pm) y finalizó 8:30 am. Tras 15 horas de lluvia, el río Piura se desbordó, siendo fuertemente afectadas ciudades como Piura y Catacaos. El caudal del río Piura, causante de los desbordes el día 27 de marzo, alcanzó un caudal de 3 016 m³/s siendo el máximo caudal soportado por el río Piura en este evento El Niño Costero de 3 468 m³/seg. (Presa Los Ejidos), cifra muy lejana a los 4 424 m³/s medidos el 12 de marzo de 1998 durante el evento El Niño. Sin embargo, estas localidades no fueron las únicas afectadas, también se produjeron daños en el distrito Tambogrande, en la localidad Froilan Alama en el distrito Las Lomas; en Morroponcito, Santa Rosa y Carrasquillo en el distrito Buenos Aires, entre otros.” (Vílchez. M., et al. 2017). Este estudio actualizó el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa del departamento, mediante la superposición de capas o mapas de factores condicionantes como la litología y las pendientes, mediante un geoprocésamiento en GIS, se generó un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:100 000 (figura 1). Los sectores evaluados tienen una susceptibilidad alta por inundaciones y media alta por movimientos en masa tipo flujos de detritos y lodos que se activan en quebradas.
- A) Boletín N° 39, serie A, Carta Geológica Nacional: Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca 9-c, 9-d, 10-c, 10-d, 10-e, 11-c, 11-d, 11-e, 12-d, 12-e (Reyes & Caldas, 1987). Se describe la geología a escala 1: 100,000. La zona de estudio se ubica al norte del cuadrángulo de Morropón (Hoja 11d), donde afloran cuarcitas gris oscuras intercaladas con filitas, además de pizarras negras en contacto con afloramientos de calizas oscuras nodulares y areniscas del Grupo Salas.
- B) Mapa geológico del cuadrángulo de Morropón 11d4 (Jaimes et al., 2016). Este mapa a escala 1: 50 000, describe las principales unidades litoestratigráficas conformadas por cuarcitas grises en estratos masivos, algunos estratos presentan esquistosidad y se ubican al oeste y suroeste de las áreas evaluadas. Las áreas urbanas en gran parte, se asientan sobre depósitos aluviales conformados por gravas, arenas, limos y conglomerados de composición polimíctica.

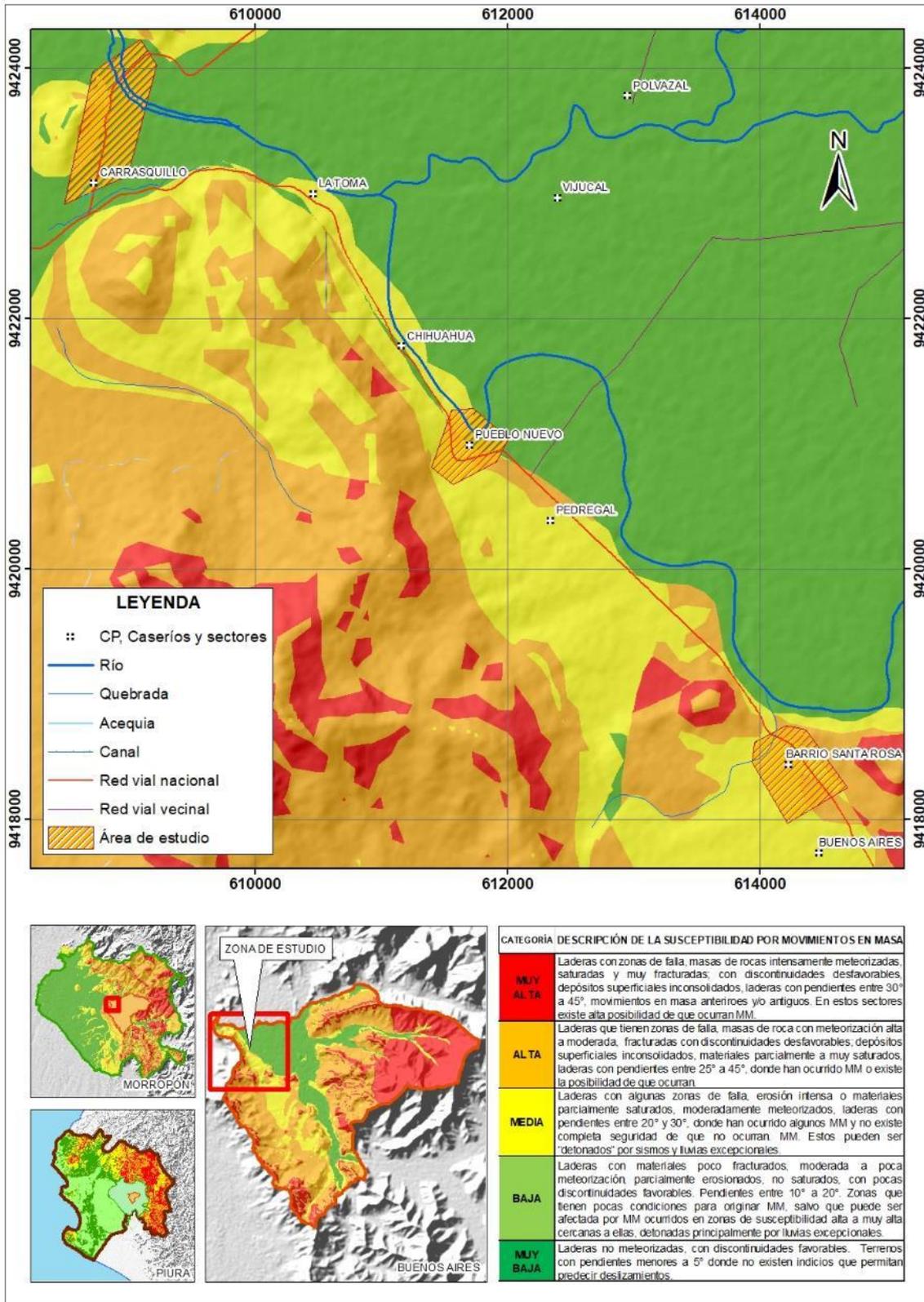


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:100 000 de la zona de evaluación (Vílchez et al., 2017).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Los sectores evaluados como el Barrio Santa Rosa, caserío Pueblo Nuevo y centro poblado Carrasquillo se ubican a 0.6, 3.9 y 7.5 km al noroeste del distrito Buenos Aires, provincia Morropón, departamento Piura (figura 2), en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 17S) siguientes:

Cuadro 01. Coordenadas del área de evaluación

N°	UTM - WGS84 - Zona 17L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	608545	9422866	5° 13' 14.158" S	80° 1' 13.943" W
2	609228	9424128	5° 12' 33.027" S	80° 0' 51.834" W
3	614538	9418792	5° 15' 26.510" S	79° 57' 59.057" W
4	613971	9418267	5° 15' 43.633" S	79° 58' 17.455" W
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
<i>Barrio Santa Rosa</i>	614264	9418509	5° 15' 35.725" S	79° 58' 7.954" W
<i>Pueblo Nuevo</i>	611722	9420988	5° 14' 15.160" S	79° 59' 30.641" W
<i>Carrasquillo</i>	608881	9423480	5° 12' 54.148" S	80° 1' 3.069" W

1.3.2. Accesibilidad

El acceso a la zona se realizó vía terrestre desde la ciudad de Piura mediante la siguiente ruta:

Cuadro 02. Rutas y accesos a la zona evaluada

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Piura – Caserío Km 50	Asfaltada	54.5	1 h 10 min
Caserío Km 50 – Buenos Aires	Asfaltada	34	45 min
Buenos Aires – Barrio Santa Rosa	Asfaltada	0.6	15 min
Barrio Santa Rosa – Pueblo Nuevo	Asfaltada	4.5	10 min
Pueblo Nuevo – Carrasquillo	Asfaltada	4.9	10 min

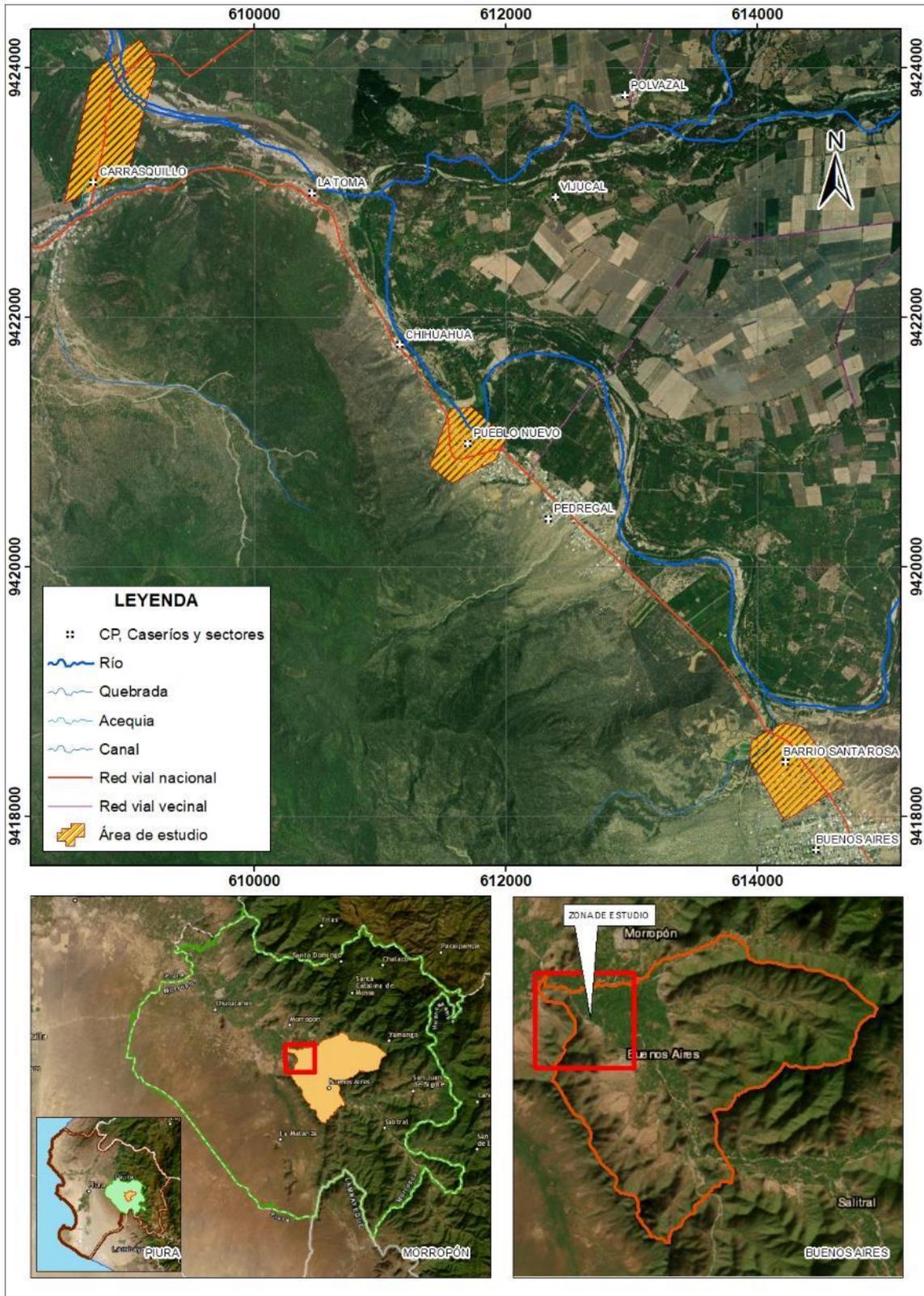


Figura 2. Ubicación de las áreas de estudio.

1.3.3. Población

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígena, el centro poblado Buenos Aires tiene una población total de 3418 personas, con aproximadamente 1288 viviendas (INEI, 2017):

DEPARTAMENTO DE PIURA									
CÓDIGO	CENTROS POBLADOS	REGIÓN NATURAL (según piso altitudinal)	ALTITUD (m s.n.m.)	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
				Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas 1/	Desocupadas
2004	PROVINCIA MORROPÓN			162 027	81 178	80 849	55 184	49 177	6 007
200402	DISTRITO BUENOS AIRES			9 410	4 770	4 640	3 467	2 993	474
0001	BUENOS AIRES	Chala	154	3 418	1 710	1 708	1 288	1 085	203

1/ Comprende viviendas con personas presentes, viviendas con personas ausentes y viviendas de uso ocasional.

2/ Centro poblado con población solamente en viviendas colectivas.

Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2017.

Cuadro 02. Población y viviendas del centro poblado Buenos Aires (INEI, 2017).

2. DEFINICIONES

En el presente glosario se describen los términos establecidos en la “Guía para la evaluación de amenazas” elaborada como parte del Proyecto Multinacional Andino – Movimientos en masa en la Región Andina GEMA, del PMA:

AGRIETAMIENTO: Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

BUZAMIENTO (dip) Angulo que forma la recta de máxima pendiente de un plano con respecto a la horizontal y puede variar entre 0° y 90°.

CÁRCAVA Tipo de erosión concentrada en surcos que se forma por el escurrimiento de las aguas sobre la superficie de las laderas.

EROSIÓN (erosión) Parte del proceso denudativo de la superficie terrestre que consiste del arranque y transporte de material de suelo o roca por un agente natural como el agua, el viento y el hielo, o por el hombre. De acuerdo con el agente, la erosión se puede clasificar en eólica, fluvial, glaciar, marina y pluvial. Por su aporte, de acuerdo a las formas dejadas en el terreno afectado se clasifica como erosión en surcos, erosión en cárcavas y erosión laminar.

FLUJO DE DETRITOS (debris flow) sin.: huayco (Pe), avenida torrencial (Co, Ve), flujo torrencial (Co, Ve). Flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce empinado. Este tipo de evento se distingue también porque el agua del cauce se incorpora al cuerpo del flujo de detritos, incrementando su contenido de agua. Además, el confinamiento lateral ayuda a mantener la profundidad del flujo, facilitando un cierto tipo de ordenamiento de las partículas sólidas y el desarrollo de oleaje.

GRAVA (gravel) Grano de un suelo cuyo tamaño o diámetro medio está entre 2,0 mm (o 4,76 mm) a 150 mm (Lambe, 1981).

METEORIZACIÓN (weathering). Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

SUELO (soil) En el contexto de este glosario, las definiciones que se dan corresponden a aquellas desde el punto de vista de la ingeniería y por ello en

ocasiones se suele denominar como suelo geotécnico o suelo para ingeniería, para diferenciarlo de la definición de suelo desde el punto de vista agrológico o de la edafología.

SUSCEPTIBILIDAD: La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Para este análisis se desarrolló en base a la información del cuadrángulo geológico de Morropón hoja 11d3 y d4, a escala 1:50 000 (Jaimes, et al., 2016). Además, se realizó la interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas y observaciones de campo (Anexo Mapa 1).

En las inmediaciones de las áreas evaluadas afloran calizas, areniscas, con intercalaciones de filitas con intercalaciones de pizarras. Estos afloramientos metamórficos e intrusivos se distribuyen al oeste y suroeste hacia la margen izquierda del río Piura. Mientras que, las áreas urbanas se asientan sobre depósitos aluviales limitados por depósitos fluviales producto de la dinámica y evolución del río Piura.

3.1. Unidades litoestratigráficas

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

3.1.1. Grupo Salas (Oi-s)

Son afloramientos conformados principalmente por filitas, pizarras y esquistos que se encuentran muy fracturadas y medianamente meteorizadas. Se ubican al oeste de las áreas de evaluación, no tienen una injerencia directa en la dinámica entre los afloramientos y geformas actuales (figura 3).

3.1.2. Formación Río Seco (D-rs)

Son cuerpos de rocas metamórficas conformada por cuarcitas gris intercaladas con filitas grises, además de pizarras negras. Estos afloramientos se ubican al oeste del caserío Pueblo Nuevo, Barrio Santa Rosa y centro poblado Carrasquillo, encontrándose muy fracturadas e intensamente meteorizadas (figura 3).

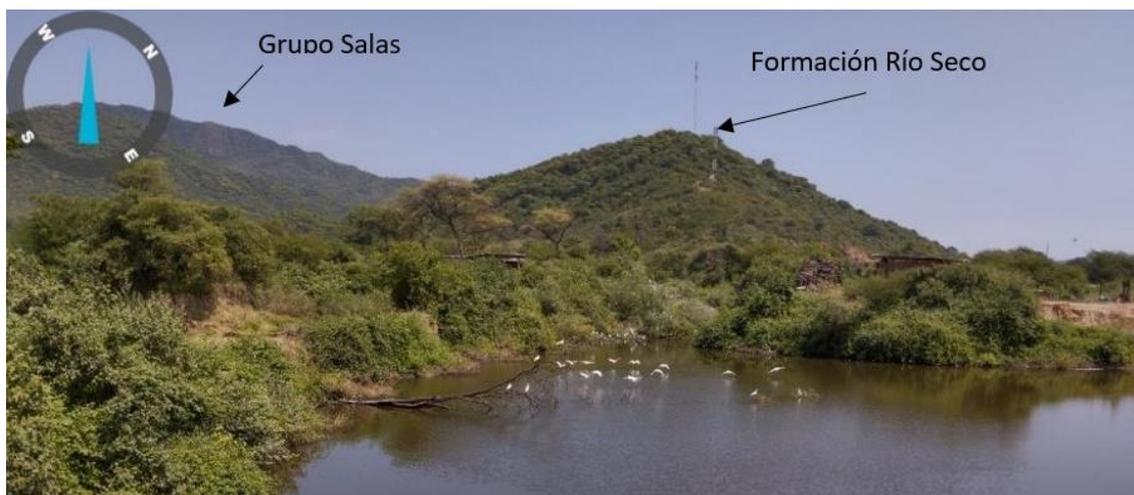


Figura 3. Afloramientos de cuarcitas de la Formación Río Seco.

3.1.3. Grupo Goyllarisquizga (Ki-g2)

Son afloramientos conformados principalmente por cuarcitas de grano fino con conglomerados lenticulares. En la zona de estudio, parte de estos afloramientos presentan cortes de talud para la construcción de vías, mostrando rocas muy fracturadas, donde se desprenden bloques de roca de formas angulosas (figura 4).



Figura 4. Afloramientos de cuarcitas muy fracturadas, se observan en la margen izquierda del río Piura (Sector Carrasquillo).

3.1.4. Depósitos fluviales (Q-fl)

Están conformados por gravas y arenas con bajo contenido de limos y arcillas, los fragmentos rodados de composición polimíctica, se encuentran conformando y terrazas de hasta 2 m de alto con respecto al cauce de las quebradas adyacentes, estos depósitos están medianamente compactos y son susceptibles a erosión (figura 5).



Figura 5. Depósitos fluviales en el río Piura en las inmediaciones del centro poblado Carrasquillo.

3.1.5. Depósitos aluviales (Q-al)

Los depósitos aluviales son fragmentos rocosos heterométricos (arenas, cantos y bolos) transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias en el fondo de valles y depositados en forma de terrazas (Tinta, 2018).

En la zona de evaluación se han cartografiado en las salientes de quebradas que forman abanicos y piedemontes donde se asientan gran parte de las áreas urbanas evaluadas (figura 6).



Figura 6. Depósitos aluviales en abanicos donde se ubica el caserío Pueblo Nuevo.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para el análisis de la geomorfología, la brigada de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) realizó el levantamiento fotogramétrico con drones, de donde se obtuvo el modelo digital de terreno con una resolución (GSD) de 5 cm por

pixel. Esta información se complementó con el análisis de imágenes satelitales y el análisis de la morfometría del relieve en los trabajos de campo.

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona de estudio se distribuye sobre un relieve con elevaciones entre 110 y 580 m s.n.m; mientras que, el área urbana del centro poblado Carrasquillo se asienta sobre superficies con elevaciones entre 120 y 350 m s.n.m. Las máximas elevaciones se ubican al norte y oeste con superficies que sobrepasan los 420 m de altitud. El caserío Pueblo Nuevo y El Barrio Santa Rosa se ubican sobre relieves que alcanzan los 135 y 120 m de altitud con montañas que alcanzan los 550 m s.n.m; desde donde descienden quebradas que se activan por flujo de detritos.

4.2. Pendientes del terreno

En la etapa de campo se delimitó el área de intervención, la cual abarcó 120 ha entre los tres sectores evaluados. Del análisis del mapa de pendientes se determinó que el 51% equivalente a 60 ha presenta relieves con pendientes llanas a suavemente inclinadas (<5°) constituidas por la llanuras de inundación, terrazas y el cauce del río Piura, el 30% aproximadamente 35 ha presenta pendientes moderadas (5°-15°) distribuidas en abanicos de piedemonte; mientras que, el 20% (25 ha) son superficies con pendientes fuertes a muy escarpadas (15° - 90°) en montañas ubicadas en los alrededores de los sectores evaluados.

4.3. Unidades geomorfológicas

En general, desde el punto de vista morfoestructural regional, el área estudiada se ubica en la Cordillera Occidental del Perú, la cual se encuentra disectada por varios cursos de ríos y quebradas, entre los principales se tienen a los ríos Chira, Piura y Huancabamba (Vílchez et al., 2013). La zona de evaluación abarca el curso del río Corrales, colinas en rocas intrusivas, montañas en rocas metamórficas y la terraza aluvial.

4.3.1. Geoformas se carácter tectónico degradacional y erosional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales. Estos procesos conducen a la modificación parcial del relieve, a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

4.3.1.1. Unidad de montaña

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 m de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semiredondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y que presenta un declive promedio superior al 30% (FAO, 1968, citado por Villota. 2005, p. 43).

Subunidad de montaña en roca sedimentaria (RM-rs): Estas geoformas se modelaron en rocas sedimentarias conformadas por areniscas y cuarcitas, ubicadas al oeste y suroeste del área urbana del distrito de Buenos Aires, las montañas representan las partes altas del área de estudio de donde descienden las quebradas que llegan hasta la parte baja del centro poblado.

Subunidad de montaña en roca metamórfica (RM-rm): Comprende geoformas modeladas en rocas metamórficas (conformadas por cuarcitas grises en estratos masivos), ubicadas al oeste del caserío Pueblo Nuevo. Estas geoformas modelan las planicies y piedemontes donde se forman cursos de quebradas y desde donde descienden flujos (figura 7).



Figura 7. Montaña en roca metamórfica al oeste del caserío Pueblo Nuevo.

4.3.1.2. **Unidad de colinas y lomadas**

Están representadas por colinas y lomadas de relieve complejo y en diferentes grados de disección, de menor altura que una montaña (menos de 300 metros desde el nivel de base local) y con inclinación de laderas promedio superior a 16% (FAO, 1968).

Subunidad de colina y lomada en roca sedimentaria (RCL-rs): Está conformada por rocas sedimentarias principalmente compuestas por coberturas detríticas. Se ubican al norte del centro poblado Carrasquillo sobre la margen derecha de río Piura, y al estar expuestas a procesos de erosión desde ellas se originan flujos de lodos o detritos que descienden a piedemontes.

Subunidad de colina y lomada en roca metamórfica (RCL-rm): Está conformada por elevaciones que no superan los 100 m de altitud, presentando formas onduladas y suaves. Se ubican al este y oeste del distrito de Buenos Aires, al oeste del caserío Pueblo Nuevo y al sur del centro poblado Carrasquillo, las colinas y lomadas están expuestas a procesos de erosión y se encuentran parcialmente cubiertas de materiales detríticos (figura 8).

Subunidad de monte isla (RCL-rs): Son colinas aisladas y escasas, por lo general presentan crestas convexas y/o pendientes altas dependiendo del modelado suave o abrupto, respectivamente. Se exponen como remanentes erosivos del sustrato rocoso en litologías sedimentarias limitados o rodeados de planicies

aluviales. Su distribución es muy reducida, como los monte islas identificados en la margen izquierda del río Piura al oeste del centro poblado Carrasquillo.



Figura 8. En primer plano colinas y lomadas al norte del centro poblado Carrasquillo

4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores aquí se tiene:

4.3.2.1. **Unidad de piedemonte**

Acumulación de material muy heterogéneo, constituido por bloques (15%), cantos (20%), arenas (35%), limos y arcillas (30%) inconsolidados ubicado al pie de las cadenas montañosas; estos depósitos pueden ocupar grandes extensiones. Se tienen las siguientes subunidades:

Abanico de Piedemonte (Ab): Son conos o abanicos de baja pendiente hacia el valle (2° - 15°) están formados por acumulaciones de material acarreado por flujos excepcionales en la desembocadura de quebradas y ríos tributarios; muchos de estos depósitos están asociados a cursos individuales de quebradas secas, que se activan excepcionalmente con la presencia del fenómeno de El Niño que es cuando acarrear y depositan material (figura 9).

Subunidad de vertiente o piedemonte aluvio torrencial (V-cd): Esta geoforma es el resultado de la acumulación de materiales movilizados a manera de flujos de detritos (huaicos), modifican localmente la dirección de los cursos de ríos y quebrada. La quebrada Pueblo Nuevo se identificaron flujos activados en temporadas de lluvias (figura 9)



Figura 9. Vista hacia la vertiente o piedemonte aluvio torrencial que erosiona el abanico de piedemonte donde se ubica el caserío Pueblo Nuevo.

4.3.2.2. Unidad de planicie

Son geformas asociadas a depósitos coluviales y aluviales, limitados por depósitos de piedemonte o ladera de montaña, caracterizados por presentar pendientes bajas a llanas.

Subunidad de terraza aluvial (T-al): Son terrenos con pendientes llanas a suavemente inclinadas ($<5^\circ$), se localizan a un nivel superior por encima del cauce del río Corrales, algunas de estas geformas limitan con llanuras de inundación. Representan niveles antiguos inconsolidados de materiales aluviales, con procesos erosivos como consecuencia de la profundización del valle (Modificado de Zavala et al., 2019) (figura 10).



Figura 10. Vista panorámica de la terraza aluvial ubicada en la margen derecha del río Piura.

Subunidad de cauce de río (R): Está unidad corresponde al cauce y lecho de la quebrada o río principal de la zona de estudio y que es la principal recolectora del drenaje fluvial. El río Piura cruza la zona de sureste a noroeste, los materiales que

transporta están conformados por cantos, gravas y arenas gruesas recorriendo un total de 2.5 km dentro del área de evaluación (figura 11).



Figura 11. Isla fluvial en el río Piura debido a la migración del cauce principal.

4.3.2.3. Unidad de planicie inundable

Son geoformas asociadas a depósitos coluviales y aluviales, limitados por depósitos de piedemonte o ladera de montaña, caracterizados por presentar pendientes bajas a llanas.

Subunidad de planicie inundable (PI-i): Está unidad se distribuye en zonas adyacentes al cauce de las quebradas y ríos principales de las zonas de estudio. El río Piura es el principal recolector de la zona de estudio y se desplaza de sur a norte y de sureste a noroeste, los materiales que transporta están conformados por cantos, gravas y arenas gruesas modelando llanuras de inundación y terrazas fluviales.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los principales peligros geológicos identificados en el Barrio Santa Rosa, Caserío Pueblo Nuevo y el poblado Carrasquillo, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos, diferenciados por su actividad (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007). Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, condicionado por afloramientos de rocas incompetentes, sedimentos poco consolidados y susceptibles a la generación de movimientos en masa (Anexo 1: Mapa 3).

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre. La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica)

actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

Estos procesos de remoción de laderas están condicionados por factores intrínsecos, como son geometría del relieve, pendiente del terreno, tipo de roca, tipo de suelo, drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal. Por otro lado, los principales “desencadenantes” son las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que se originan en la zona, así como la sismicidad.

El barrio Santa Rosa, el caserío Pueblo Nuevo y el centro Poblado Carrasquillo son afectados por inundaciones de tipo fluvial y pluvial, flujo de detritos y erosión fluvial respectivamente. A continuación, se describen los peligros geológicos y geohidrológicos en los sectores evaluados:

4.1.1 Flujo de detritos en el caserío Pueblo Nuevo

El área urbana del caserío Pueblo Nuevo, se asienta sobre una piedemonte o abanico aluvial con quebradas que se activan en temporada de lluvias, transportando materiales detríticos, se cartografiaron depósitos de flujos antiguos mezclados con depósitos aluviales.

Ante la ocurrencia de lluvias extraordinarias, estas quebradas presentan reactivaciones debido al volumen de materiales detríticos depositados en el cauce de estas, al sobresaturarse erosionan, transportan y depositan flujos hasta el río Piura.

Características visuales de los eventos

Se identificaron tres quebradas ubicadas en el caserío Pueblo Nuevo, que descienden de oeste a este desde la parte alta del cerro Carrasquillo hasta el río Piura (figura 12).

Los flujos de detritos tienen las siguientes características:

- Forma de los flujos: Cono o abanico.
- Área: 14 ha
- Altura: 0.20 – 1.50 m.
- Volumen: 23010 m³.
- Componentes del depósito: Cantos (10%), gravas (25%), granulos (15%), arenas (25%), limos y arcillas (30%).
- Flujo canalizado.
- Distancia recorrida: 1.14 km.
- Obstrucción de vía: 15 m.



Figura 12. Viviendas ubicadas en ambas márgenes de la quebrada del mismo nombre.

La activación de quebradas originó erosión en puentes, badenes, trochas carrozables y calles.

En varios puntos el tirante de agua y detritos llegó de 25 cm y 1.50 m.

Las calles fueron cubiertas por capas detríticas de arenas debido a las fases del flujo de lodo. Además, el paso del flujo erosionó los lados laterales de la quebrada, esto se repitió cada vez que se generó un flujo (figuras 13 y 14).



Figura 13. Puente de concreto erosionado en el estribo izquierdo, lo que originó hundimiento en la carpeta asfáltica.



Figura 14. Por las lluvias recientes, las laderas se encuentran cubiertas por una densa vegetación.

5.2. Peligros geohidrológicos

En el distrito de Buenos Aires se evaluó el sector identificado como Barrio Santa Rosa y el centro poblado Carrasquillo por peligros geohidrológicos representados por inundaciones y procesos de erosión fluvial activadas ante lluvias extraordinarias.

5.2.1. Erosión fluvial e inundación en el Barrio Santa Rosa

La erosión fluvial incluye la erosión del lecho, es decir, el descenso del lecho de un río o quebrada, así como la erosión del banco, que se refiere al retroceso de los bancos de los ríos que ocurre cuando un río o quebrada se ensancha o socava lateralmente. La erosión es un componente natural de los procesos fluviales, aunque puede acelerarse por las actividades humanas. Por lo tanto, comprender los procesos fluviales es fundamental para identificar y mitigar la erosión fluvial donde representa un peligro (Rhoads, 2020).

Características visuales de los eventos

Los cauces de ríos y quebradas son geoformas cuyo origen y evolución abarca una gran variedad de procesos fluviales, entre los que se destacan la erosión, transporte y depositación de sedimentos que dan forma y modelan llanuras y terrazas aluviales y/o fluviales.

- Localización de la zona de erosión: margen izquierda del río Piura (figuras 15 y 16).
- Longitud erosionada (m): 420.
- Ancho erosionado (m): 30– 60 y 100.
- Margen afectada: izquierda.
- Uso del terreno: Vía afirmada de acceso de anexos y terrenos de cultivos.

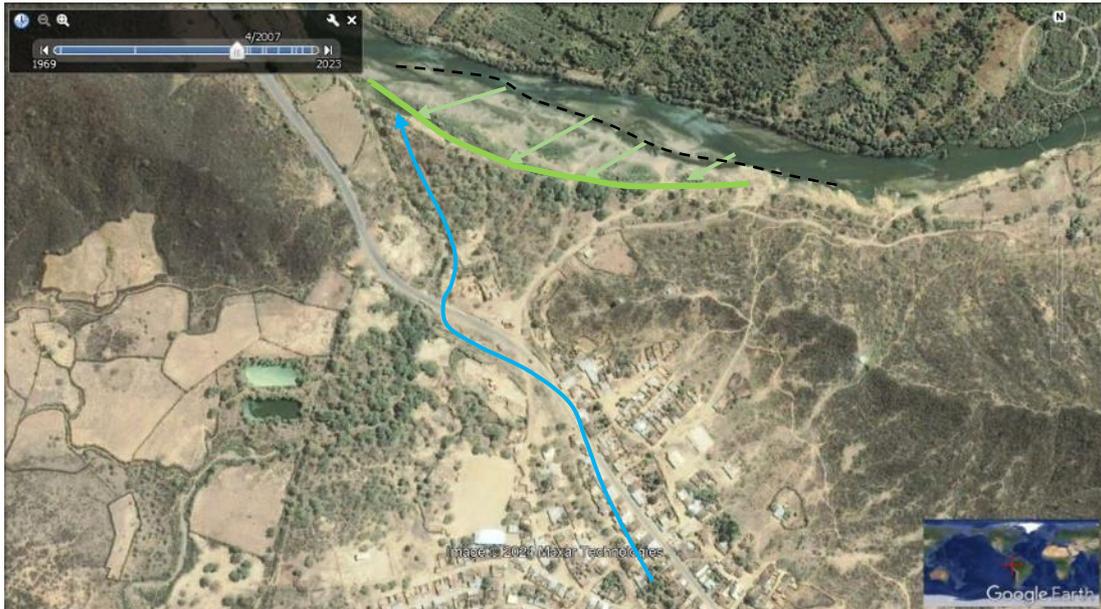


Figura 15. Imagen satelital Landsat del río Piura del año 2007. (línea verde: longitud erosionada; Línea celeste: Dirección del flujo).

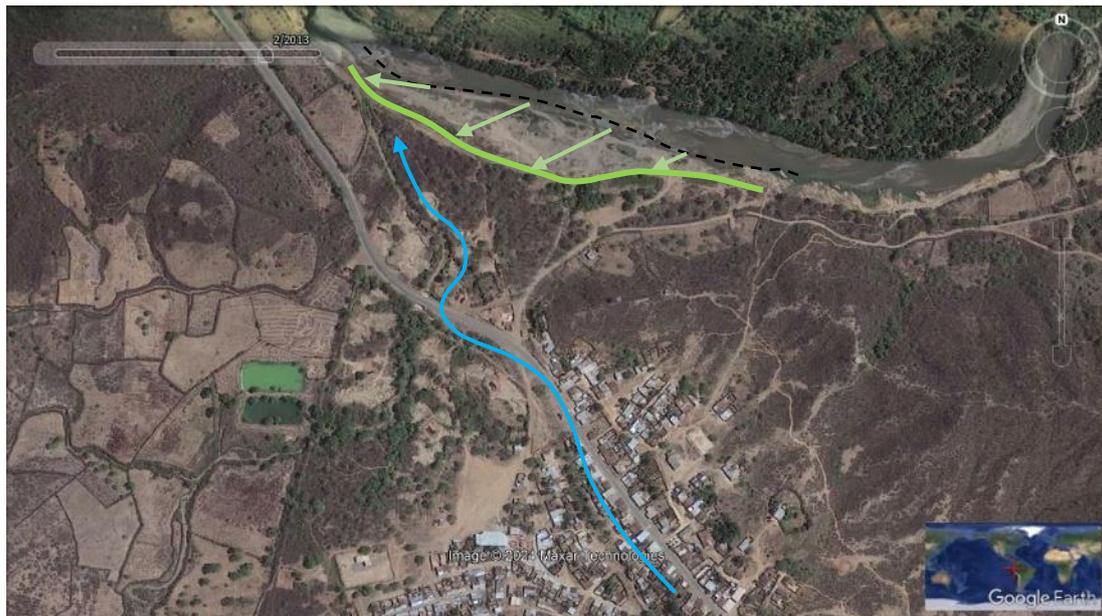


Figura 16. Margen izquierda del río Piura, observada en una Imagen satelital Landsat 2013. (línea verde: longitud erosionada; Línea celeste: Dirección del flujo).

El tramo más crítico alcanza los 320 m de largo, abarca terrenos de cultivos y vía afirmada donde se perdió entre 10 m a 50 m de ancho de la terraza aluvial, conformada por materiales medianamente consolidados y muy erosionables (figura 17).



Figura 17. Imagen satelital Landsat del año 2019. (línea verde: longitud erosionada; Línea celeste: Dirección del flujo).

En las imágenes, se destaca el ingreso del río Piura hacia la margen izquierda, en el año 2017 y 2021, donde afectó el Barrio Santa Rosa, erosionando vías afirmadas y terrenos de cultivos (figuras 18 y 19).



Figura 18. Inundación registrada en el mes de marzo del año 2023.



Figura 19. Estado actual de la quebrada Santa Rosa en abril del 2024.

La inundación ocurrió del 9 de marzo del 2023, debido al incremento del caudal del río Piura, en la desembocadura de la quebrada Santa Rosa, donde el agua del río ingresó sobre el cauce de la quebrada inundando la pista asfaltada que comunica los distritos de Morropón y Buenos Aires (figura 20 a, b, c y d).



Figura 20. Registro fotográfico post inundación el 9 de marzo del 2023.

5.2.2. Erosión fluvial e inundación en el centro poblado Carrasquillo

El área urbana del centro poblado Carrasquillo se ubica sobre llanuras de inundación y terrazas inundables ubicadas en la margen izquierda del río Piura. Los tirantes de agua alcanzaron un poco más de 1 m de altura en el centro poblado Carrasquillo, el agua ingresó por la margen izquierda hacia los canales de derivación y luego a viviendas (figuras 21, 22 y 23).



Figura 21. Viviendas con muros autoconstruidos y canales colmatados.



Figura 22. Comedor Señor de Los Milagros, se colocaron sacos de arena para evitar el avance de la inundación.



Figura 23. Viviendas afectadas por la inundación del mes de marzo del 2023.

5.3. Factores desencadenantes

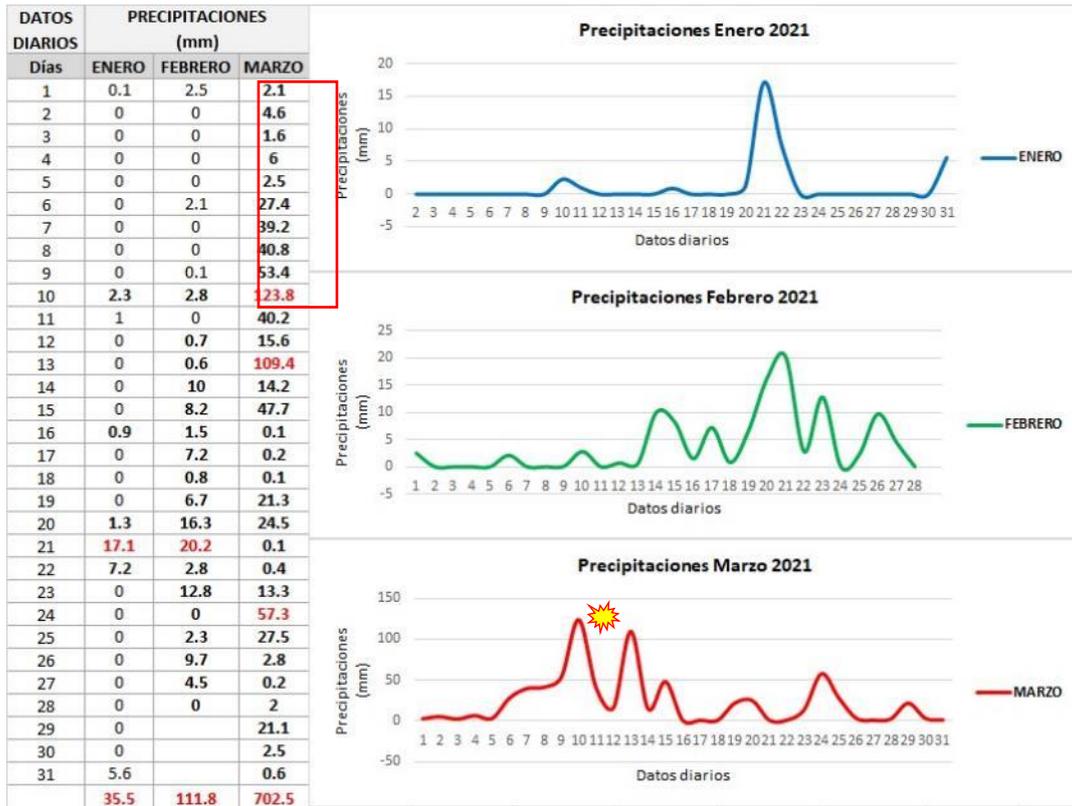
5.3.1. Lluvias intensas

Se recopiló la información de las estaciones meteorológicas próximas al área de estudio del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Para el análisis de crecidas de ríos, se deben analizar las precipitaciones ocurridas en las cuencas donde nacen los ríos o quebradas a ser evaluadas. Se analizó la estación meteorológica ubicada en el distrito de El Faique.

Cuadro 03. Ubicación de la estación hidrológica San Miguel de El Faique.

Estación: CHALACO					
Departamento:	PIURA	Provincia:	MORROPÓN	Distrito:	SAN MIGUEL DEL FAIQUE
Latitud:	5°17'22.19" S	Longitud:	79°41'56.71" W	Altitud:	1270 m s.n.m.
Tipo:	EHA - Hidrología		Código:	47E074C0	

Entre los meses de enero a marzo del 2023 se registraron lluvias intensas, superaron los 22 mm en promedio diarios con máximas de hasta 123 mm; los acumulados mensuales llegaron a 35.5 mm (enero), 111.8 mm (febrero) y 702.5 mm (marzo). Los flujos de detritos, erosión fluvial e inundaciones en el Barrio Santa Rosa, caserío Pueblo Nuevo y CP. Carrasquillo fueron reportados entre febrero y marzo, los principales daños fueron el 06 y el 09 de marzo del 2023, los datos indican que, el entre el 6 y el 15 de marzo se registraron los puntos más altos de precipitación (Cuadro 04).



Cuadro 04. Precipitaciones registradas entre enero y marzo del 2023.

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

5.4. Daños por peligros geológicos

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

5.4.1. Viviendas

La inundación fluvial y pluvial alcanzó tirantes mayores a 1.5 m de alto, afectando viviendas del Barrio Santa Rosa y el centro poblado Carrasquillo. Según reporte de INDECI, en Buenos Aires fueron afectadas un total de 45 viviendas la mayoría declaradas en su momento como inhabitables (figuras 24 y 25).



Figura 24. Vivienda afectada por inundación en el barrio Santa Rosa.



Figura 25. Viviendas inundadas en el centro poblado Carrasquillo.

5.4.2. Vías de acceso

En el barrio Santa Rosa se registró un total de 200 m de vía asfaltada interrumpida debido a la inundación provocada entre la quebrada y el río Piura; mientras que, en el caserío Pueblo Nuevo se interrumpieron un total de 75 m de vía asfaltada por flujos de detritos y lodos. En centro poblado Carrasquillo se inundaron un total de 260 m de largo de la vía asfaltada Cruce Morropón-Puente Carrasquillo (figuras 26 y 27).



Figura 26. Vista aérea del río Piura hacia la zona de desborde e inundación en dirección al barrio Santa Rosa.



Figura 27. Vía asfaltada afectada por inundación en el barrio Santa Rosa.

6. CONCLUSIONES

- a) En la zona de estudio, afloran cuarcitas intercaladas con filitas además de pizarras muy fracturadas de La Formación Río Seco ubicadas al oeste de las zonas evaluadas. Este tipo de afloramientos son las rocas fuente de materiales detríticos transportados hasta cursos de agua como quebradas y valles.
- b) Geomorfológicamente, el barrio Santa Rosa se ubica entre una vertiente aluvio torrencial y una planicie inundable, donde se ubican 35 viviendas que son periódicamente afectadas por inundaciones en temporada de lluvias intensas o extraordinarias.
El caserío Pueblo Nuevo se ubica en un abanico de piedemonte modelado por antiguos flujos de detrito y lodo; mientras que, el centro poblado Carrasquillo se encuentra en una terraza aluvial inundable por la margen izquierda del río Piura.
- c) El curso del río Piura, en el centro poblado Carrasquillo ha migrado de norte a sur y de noreste a sureste hasta 380 m, forma planicies y terrazas inundables con 1 a 1.5 m de diferencia con respecto al cauce del río.
- d) El barrio Santa Rosa, en temporada de lluvias excepcionales, es afectado por inundaciones que alcanzan hasta 1.2 m de altura interrumpiendo el pase vehicular y afectando más de 35 viviendas ubicadas en ambas márgenes de la quebrada Santa Rosa.
- e) En el caserío Pueblo Nuevo se identificaron tres flujos de detritos que descienden por quebradas, que en su cuenca alta presenta terrenos con pendientes muy fuertes (25° a 45°), esto incrementa la velocidad y el poder destructivo de los flujos, que descienden al área urbana y afectando más de 20 viviendas.
- f) El centro poblado Carrasquillo ha sido afectado por inundaciones durante los años 1998, 2000, 2012, 2017 y recientemente durante el 2023, el incremento del caudal del río Piura, provocó el desborde del río por la margen izquierda, inundando el área urbana, vías de acceso y terrenos de cultivos.
- g) En general, el factor desencadenante de las inundaciones, flujos de detritos y erosión fluvial fueron las precipitaciones intensas y prolongadas ocurridas entre los meses de enero, febrero y marzo del 2023 con picos máximos mensuales de 35.5, 111.8 y 702.5 mm.
- h) Los mayores daños ocurrieron entre el 6 y 10 de marzo del 2023, según los registros de SENAMHI, entre el 05 y 10 de marzo se tenía un acumulado de 294.7 mm, con 3 picos máximos de 57.3, 109.3 y 123.8 en un solo mes.
- i) Los parámetros de precipitación establecidos en los eventos evaluados deben ser considerados como umbrales de peligro inminente en futuros escenarios climáticos.
- j) Tomando en cuenta las condiciones geodinámicas y geomorfológicas, que se mencionan, se considera que el área urbana del barrio Santa Rosa y el centro poblado Carrasquillo presentan **Peligro Alto** por inundaciones; mientras que, el caserío Pueblo Nuevo tiene **Peligro Alto** ante flujos de detritos.

7. RECOMENDACIONES

Barrio Santa Rosa

- A) Restringir la construcción de nuevas viviendas en ambas márgenes de la quebrada Santa Rosa y la zona delimitada como inundable entre el kilómetro 19 y 20 de la vía hacia Buenos Aires.
- B) Implementar infraestructura de drenaje pluvial como drenes, canal de derivación, canal de retención entre la quebrada Santa Rosa, la vía asfaltada hacia Buenos Aires y el río Piura.
- C) Plantear la construcción del canal de la quebrada Santa Rosa con muros de concreto de más de 1 m de alto aproximadamente, para evitar desbordes.
- D) Como medida inmediata, debe realizarse la limpieza, descolmatación y protección de ambas márgenes de la quebrada Santa Rosa.
- E) Tomar en cuenta los peligros geohidrológicos identificados y las geoformas susceptibles a inundaciones, con el objetivo de planificar la expansión urbana.
- F) Sensibilizar a la población a través de talleres o charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos, para evitar asentamientos de viviendas o infraestructura en zonas de alto peligro.

Caserío Pueblo Nuevo

- A) Restringir la construcción de nuevas viviendas en ambas márgenes de las tres quebradas identificadas.
- B) Implementar infraestructura de retención y conducción en las quebradas por donde descienden flujos de detritos.
- C) Plantear la construcción de muros de concreto de más de 1 m de alto aproximadamente, para proteger las viviendas ubicada en ambas márgenes.
- D) Recuperar las franjas marginales de las tres quebradas identificadas con la finalidad de establecer zonas de expansión o amortiguamiento ante la ocurrencia de flujos de detritos.
- E) Tomar en cuenta los peligros geológicos identificados y las geoformas susceptibles a flujo de detritos. Data que servirá para la planificación urbanística.
- F) Sensibilizar a la población a través de talleres o charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos, para evitar asentamientos de viviendas o infraestructura en zonas de alto peligro.

Centro poblado Carrasquillo

- A) Implementar infraestructura de protección en la margen izquierda del río Piura en las zonas delimitadas como alta susceptibilidad a inundación.
- B) Plantear la construcción de muros de concreto de 1 m de alto en los canales y acequias que se emplean como estructuras de irrigación.

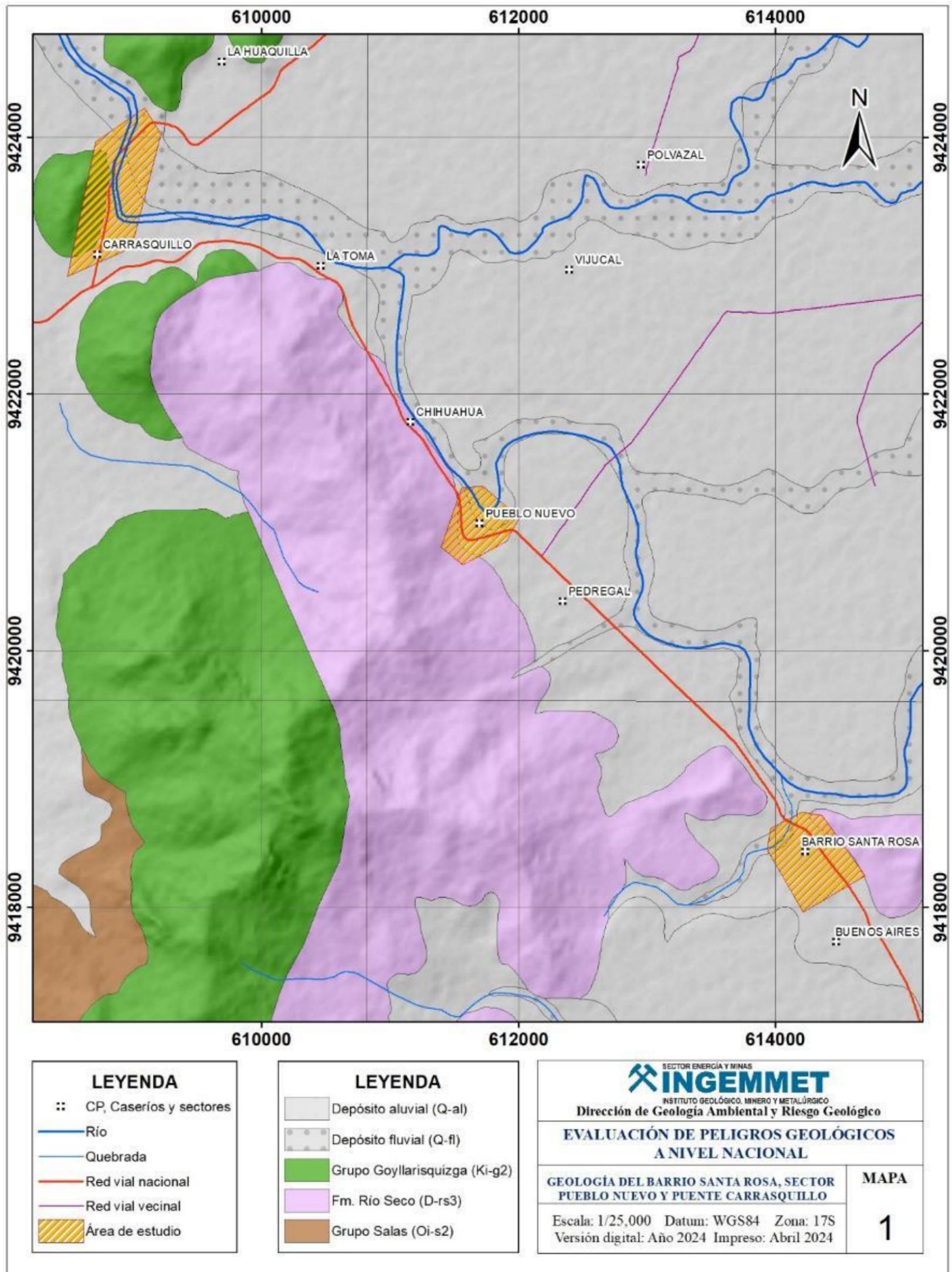
- C) Tomar en cuenta los peligros geohidrológicos identificados y las geoformas susceptibles a inundaciones.
- D) Sensibilizar a la población a través de talleres o charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos, para evitar asentamientos de viviendas o infraestructura en zonas de alto peligro.

8. BIBLIOGRAFÍA

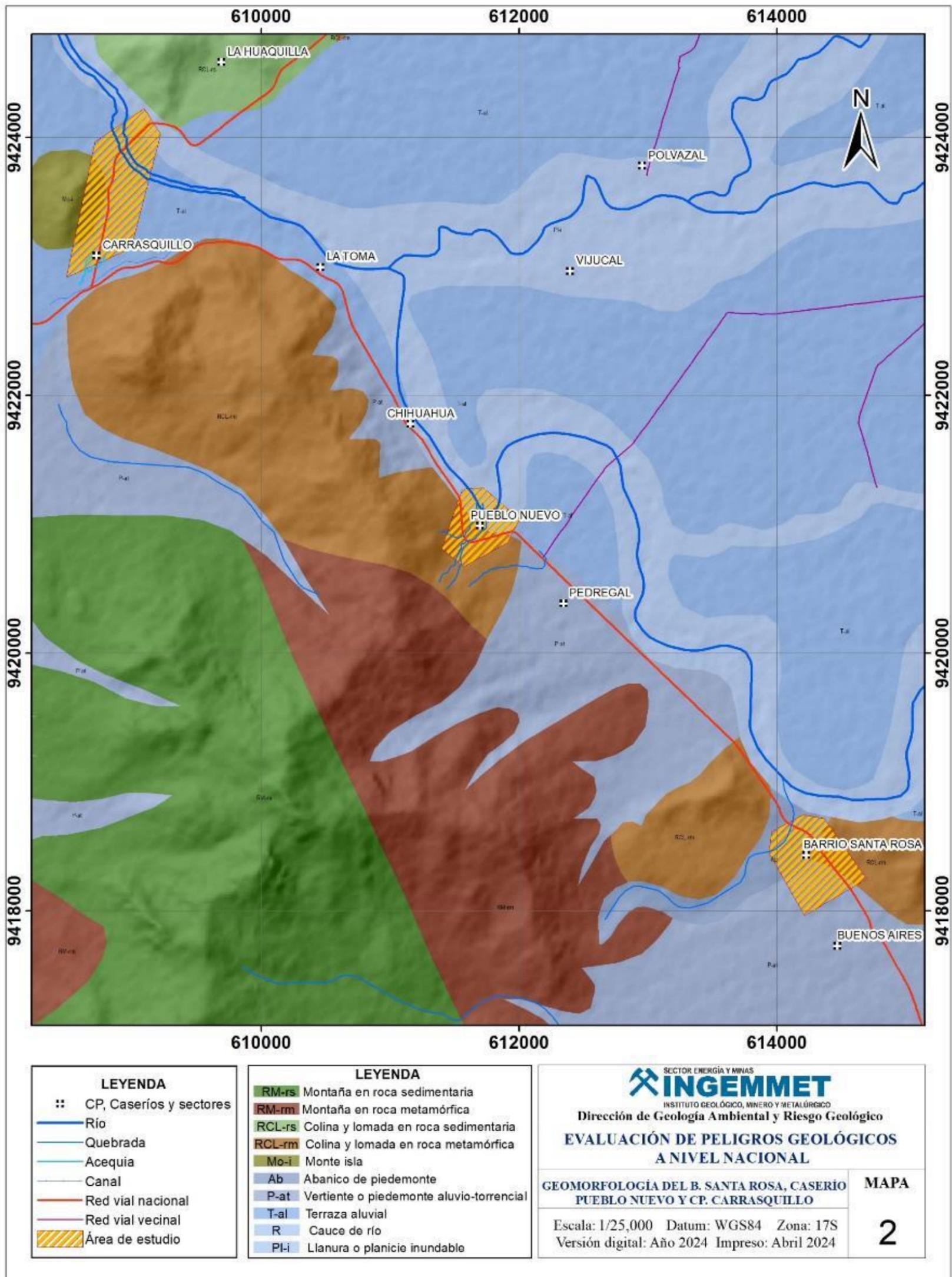
- Cruden, D.M., Varnes, D.J. (1996). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36–75.
- SCSA (Soil Conservation Society of America). 1982. Resource conservation glossary. Ankeny, IA, USA.
- Díaz, J. S. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. INSTITUTO DE INVESTIGACION.
- JICA (2007). Estudio sobre medidas preventivas para desastres en carreteras en la red fundamental de la República de Bolivia informe final: manual de gestión y prevención de desastres en carreteras. Procedimiento V: Obras de Prevención de Desastres, pág. 23.
- Knighton, D. (1998). Fluvial Forms and Processes. A new perspective. London, Edward Arnold.
- 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.
- Reyes, L. & Caldas, J. (1987). Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca 13-d, 13-e, 13-f, 14-d, 14-e, 14-f, 14-g, 15-d, 15-e. INGEMMET, Boletín A N° 39].
- Rocha, A. (1998). Introducción a la hidráulica fluvial. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil.
- Rhoads, B.L. (2020). River Dynamics: Geomorphology to support management: Cambridge, UK, Cambridge University Press, 515 p.
- Valderrama, L. Montenegro, E. y Galindo, J. (1964). Reconocimiento Forestal del Departamento de Cundinamarca. Departamento Agrológico. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. 86 p.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176.
- Vílchez, M. Ochoa, M. & Pari, W. (2019), Boletín N°69, Serie C: Geodinámica e ingeniería geológica, Peligro Geológico en la región Huancavelica. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. 219p.
- Vílchez, Sosa, Jaimes, Mamani, Cerpa, Martínez (2017). Peligros geológicos y geo-hidrológicos detonados por el Niño Costero 2017 en la región Piura.
- Vílchez, M., Luque, G. & Rosado, M. (2013) - Riesgo geológico en la región Piura. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 52, 250 p., 9 mapas.

- Villota, H. (2005). Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos Y Zonificación de Tierras. Bogotá, Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 183 p.

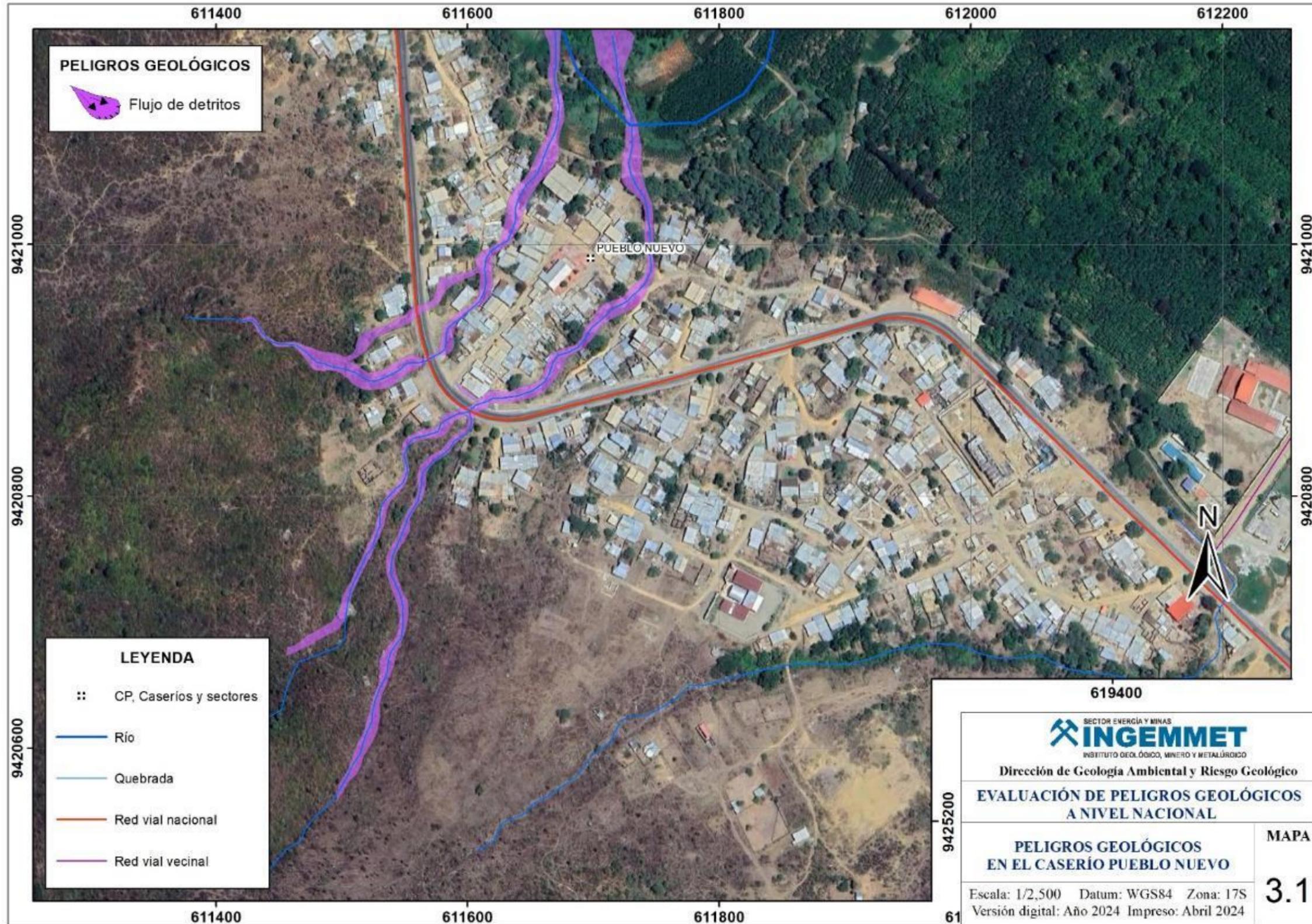
ANEXO 1: MAPAS



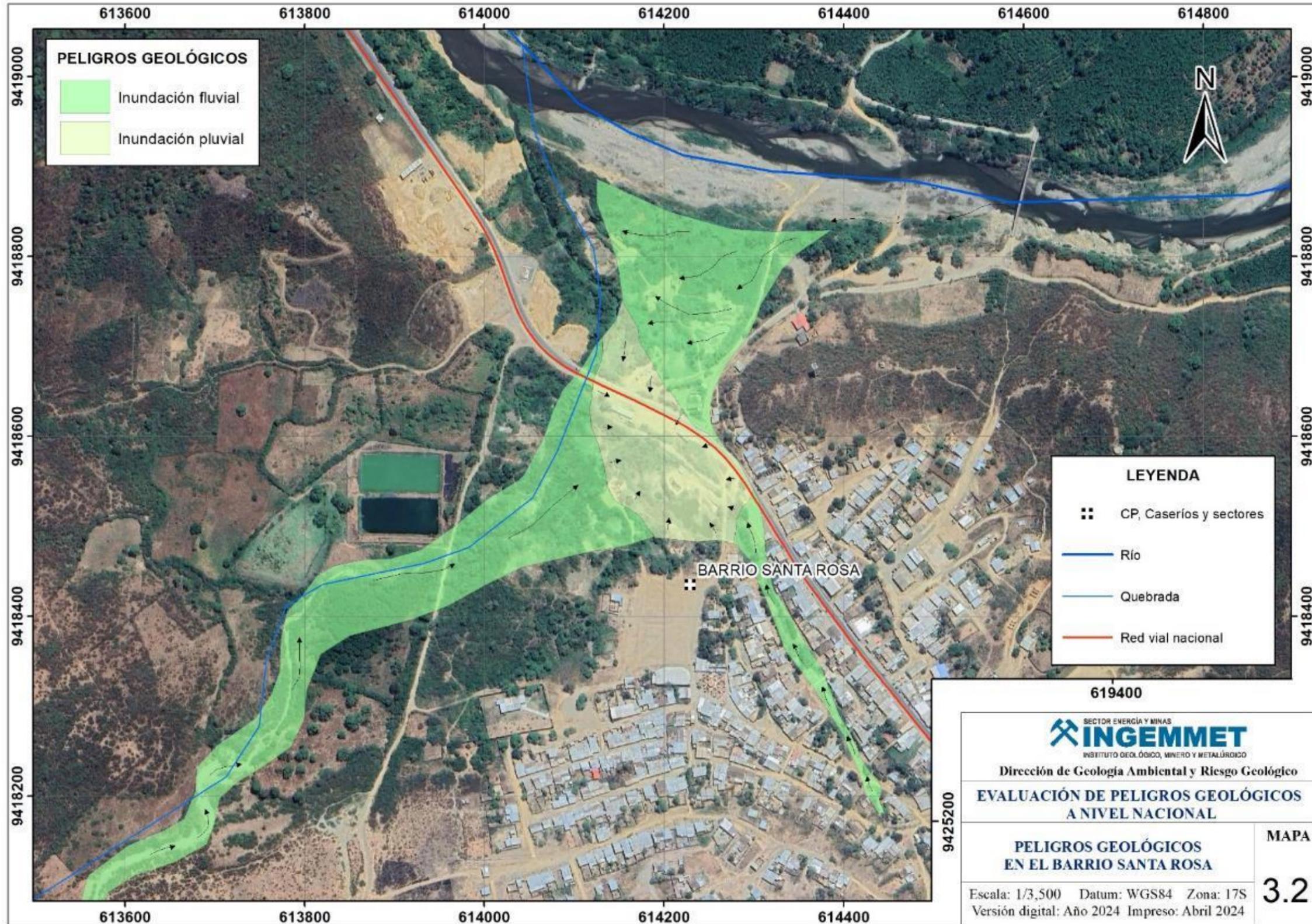
Mapa 1. Unidades litológicas evaluadas en el barrio Buenos Aires, caserío Pueblo Nuevo y centro poblado Carrasquillo.



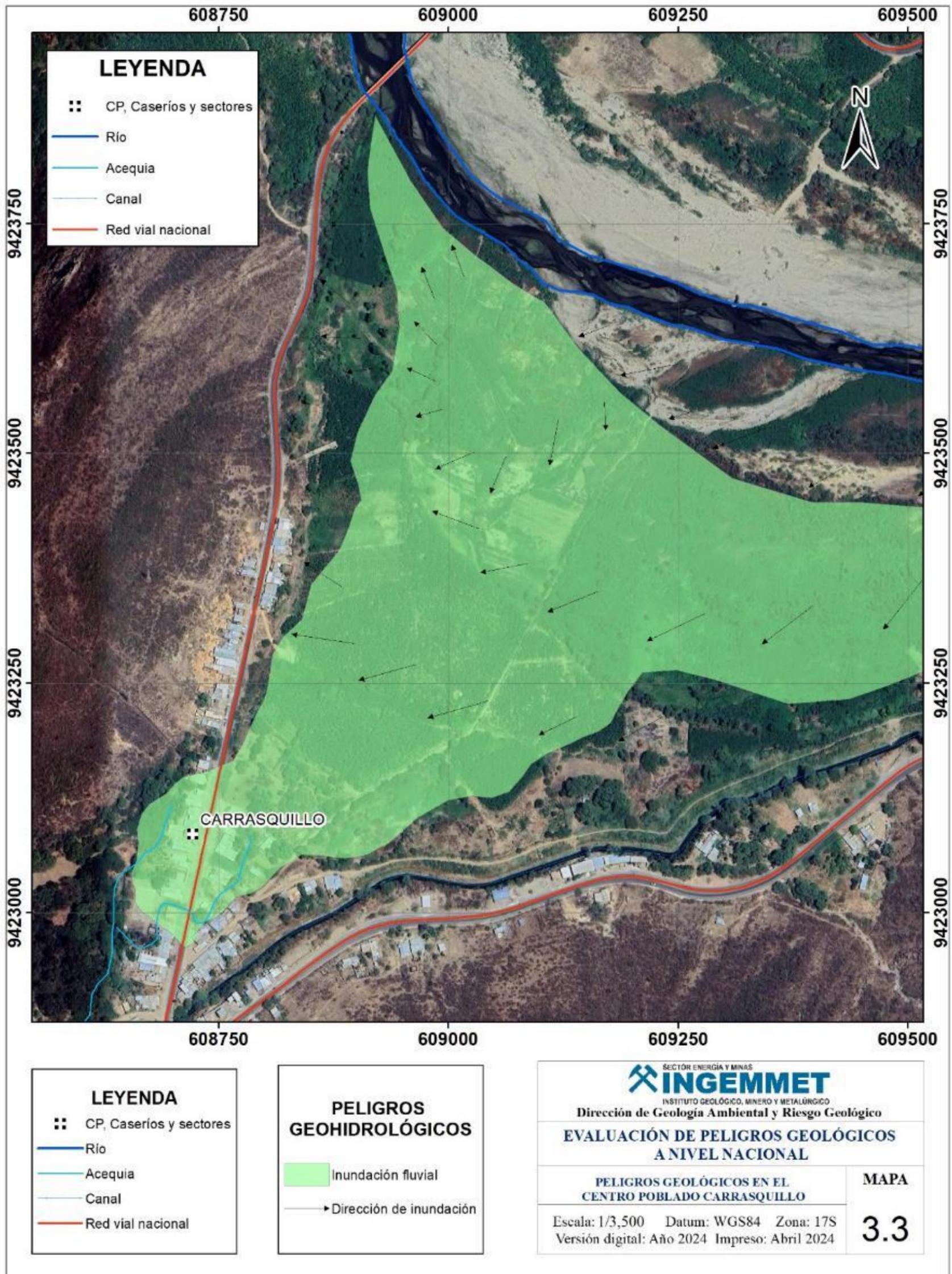
Mapa 1. Unidades litológicas evaluadas en el barrio Buenos Aires, caserío Pueblo Nuevo y centro poblado Carrasquillo.



Mapa 3. Peligros geológicos identificados en el caserío Pueblo Nuevo.



Mapa 3. Peligros geohidrológicos identificados en el barrio Santa Rosa.



Mapa 3. Peligros por inundaciones identificados en el centro poblado Carrasquillo.

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Alternativas de prevención y mitigación

Sistemas de defensa ribereña

Las medidas que se proponen están orientadas a minimizar (mitigar) los procesos de erosión en la margen izquierda del río Corrales, producto de la socavación de la base del talud de la terraza. Para la protección a nivel de cauce, se recomienda la construcción de gaviones o enrocado, por su fácil construcción, las cuales resultan más económicas que las que emplean soluciones rígidas o semirrígida (relación vida útil vs Costo total favorable). Para el control físico del avance de la erosión se propone un conjunto de medidas, principalmente de orden artesanal, entre las obras de defensa ribereña que cabe destacar son: los gaviones, enrocados y muros, como se muestra en las figuras 28 y 29.

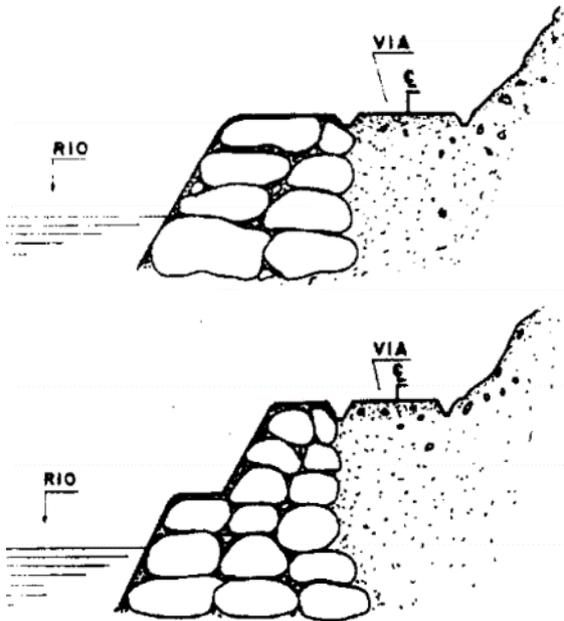


Figura 28. Uso de enrocados para protección de riberas.



Figura 29. Defensas ribereñas gaviones de rocas. Cliente: Asociación Pataz (ONG Minera Poderosa)

Muros de contención

El propósito de una estructura de contención es el resistir las fuerzas ejercidas por la tierra contenida, y transmitir esas fuerzas en forma segura a la fundación o a un sitio por fuera de la masa analizada de movimiento. En el caso de un deslizamiento de tierra el muro ejerce una fuerza para contener la masa inestable y transmite esa fuerza hacia una cimentación o zona de anclaje por fuera de la masa susceptible de moverse. Las deformaciones excesivas o movimientos de la estructura de contención o del suelo a su alrededor deben evitarse para garantizar su estabilidad (Díaz, 1998).

Tipos de Estructura

Existen varios tipos generales de estructura, y cada una de ellas tiene un sistema diferente de transmitir las cargas.

Muros masivos rígidos

Son estructuras rígidas, generalmente de concreto, las cuales no permiten deformaciones importantes sin romperse. Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención (figura 30).

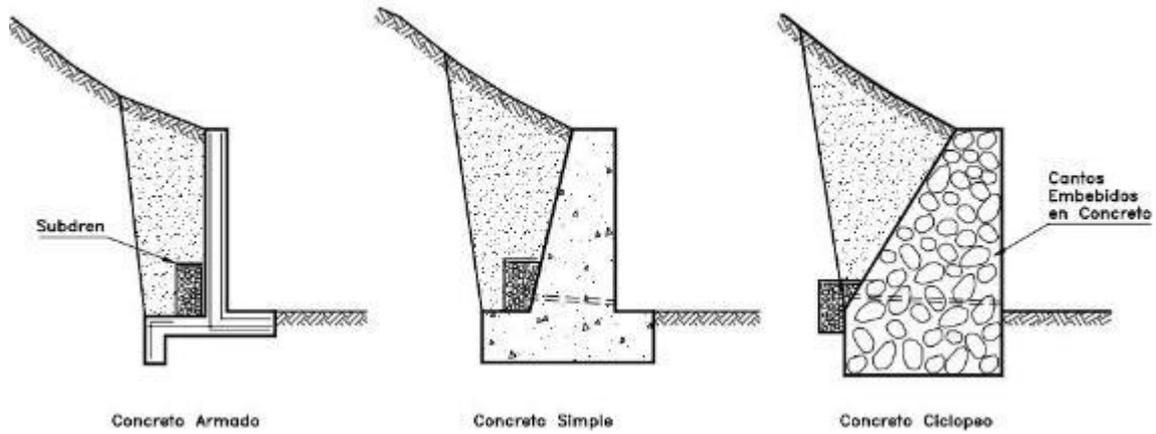


Figura 30. Esquema de muros rígidos (Díaz, 1998).

Ventajas y desventajas de los diversos tipos de muro rígido.

Muro	Ventajas	Desventajas
Reforzado	Los muros de concreto armado pueden emplearse en alturas grandes (superiores a diez metros), previo su diseño estructural y estabilidad. Se utilizan métodos convencionales de construcción, en los cuales la mayoría de los maestros de construcción tienen experiencia.	Requieren de buen piso de cimentación. Son antieconómicos en alturas muy grandes y requieren de formaletas especiales. Su poco peso los hace inefectivos en muchos casos de estabilización de deslizamientos de masas grandes de suelo.
Concreto simple	Relativamente simples de construir y mantener, pueden construirse en curvas y en diferentes formas para propósitos arquitectónicos y pueden colocarse enchapes para su apariencia exterior.	Se requiere una muy buena fundación y no permite deformaciones importantes, se necesitan cantidades grandes de concreto y un tiempo de curado, antes de que puedan trabajar efectivamente. Generalmente son antieconómicos para alturas de más de tres metros.
Concreto ciclópeo	Similares a los de concreto simple. Utilizan bloques o cantos de roca como material embebido, disminuyendo los volúmenes de concreto.	El concreto ciclópeo (cantos de roca y concreto) no puede soportar esfuerzos de flexión grandes.