

**DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA
AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**

INFORME TÉCNICO N° A 6847

**EVALUACIÓN DE PELIGRO POR INUNDACIÓN FLUVIAL
DEL BARRIO VILCANOTA**

(Distrito San Pablo, Provincia Canchis, Región Cusco)

Por:

**Lucio Medina Allcca
Mauricio Núñez Peredo
Dulio Gómez Velásquez**

Noviembre, 2018

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA	1
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	2
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	5
5. PELIGRO GEOHIDROLÓGICO IDENTIFICADO	10
6. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS	15
CONCLUSIONES	17
RECOMENDACIONES	17
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	18

“EVALUACIÓN DE PELIGRO POR INUNDACIÓN FLUVIAL DEL BARRIO VILCANOTA”

Distrito San Pablo, provincia Canchis, Departamento Cusco

1. INTRODUCCIÓN

El Alcalde de la Municipalidad Distrital de San Pablo, mediante Oficio N° **0095-2018-MDSP/A**, solicita al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET una Inspección Técnica en el Barrio Vilcanota del distrito San Pablo, provincia Canchis, región Cusco; así como, los estudios técnicos necesarios para su diagnóstico, en vista que el mencionado barrio fue afectado por la inundación ocurrida en 1997; además, según el Informe de Inspección Técnica en Gestión de Riesgo y Desastres (INFORME N° 15 – 2018 – GR – CUSCO – OGRS/JPC) la zona se encuentra en Peligro Alto ante el evento de inundación.

Atendiendo al oficio mencionado en el párrafo anterior, por encargo del presidente ejecutivo del INGEMMET, el director de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, designó al Ing. Lucio Medina Allca para realizar la evaluación técnica respectiva.

El trabajo de reconocimiento de campo se realizó con la presencia del alcalde de la Municipalidad Distrital de San Pablo y autoridades del Barrio Vilcanota.

El presente informe de inspección, contiene datos de observaciones realizadas en campo y la información disponible de trabajos anteriores realizados en el área. Incluye texto, ilustraciones y fotografías del área, así como conclusiones y recomendaciones.

2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA

El Barrio Vilcanota pertenece al distrito San Pablo, provincia Canchis, región Cusco. Se ubica en la margen derecha del río Vilcanota, a una altitud promedio de 3500 m.s.n.m.; coordenadas geográficas 71°19'8.91"O y 14°12'16.64"S.

El área está dentro de las coordenadas UTM: 8428800 – 8428200 Norte y 249400 – 250000 Este. Datum WGS 84. Zona 19S (figura 1).

El acceso desde Lima, se realiza por vía aérea o terrestre hasta la ciudad de Cusco, luego se continúa por vía terrestre por la carretera Cusco – Puno hasta llegar a la zona urbana de San Pablo.

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, señala en relación a las viviendas en este distrito, que el 94.73% están construidas con adobe, el 2,63% de ladrillo o bloque de cemento, el 2,30% de piedra con barro, el 0,20% de tapia; finalmente, el 0,14% de piedra o sillar con cal o cemento. Específicamente, la mayoría de viviendas del Barrio Vilcanota están construidas en base a material de adobe. Fotografía 1.

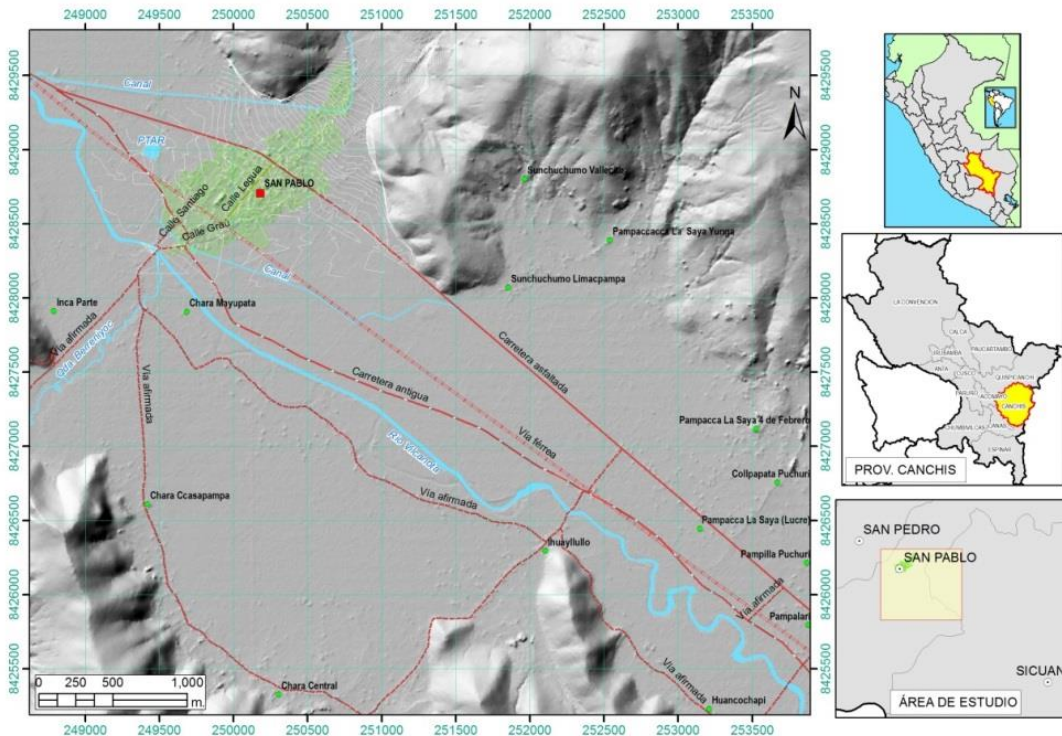


Figura 1. Mapa de ubicación



Fotografía 1. Viviendas del Barrio Vilcanota y del distrito de San Pablo ubicado en la margen derecha del río Vilcanota.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio, se desarrolló teniendo como base la Carta Geológica del Perú: Mapa Geológico del Cuadrángulo de Sicuani, hoja 29-t, cuadrante IV, escala 1:50 000, actualizado por La Torre & Coba, 2016. También, se trabajó en base a la interpretación de fotografías aéreas, imágenes de satélite (disponibles en ArcGIS Online) y las observaciones de campo realizadas durante la inspección.

3.1 ESTRATIGRAFÍA

Las unidades geológicas que afloran en el entorno del área de estudio, corresponden a rocas sedimentarias que van desde el Silúrico al Paleógeno, con una cobertura de depósitos cuaternarios, diferenciándose las siguientes formaciones:

Formación Ananea (SD-a). Consiste de pizarras y esquistos pizarrosos de color gris y negro, intercalados con escasos bancos de cuarcitas de 5 a 20 cm (Laubacher, 1978). En el área de estudio se distinguen lutitas pizarrosas de color gris a negro sin estratificación visible, areniscas esquistosas, laminares y foliadas, con limolitas y arenisca cuarzosa de grano fino.

Grupo Ambo (Cm-a). Aflora irregularmente a lo largo del valle de Vilcanota, formando colinas con un relieve semejante al de las rocas del Paleozoico Inferior. Esta unidad ha sido descrita por Audebaud (1970) como una secuencia de conglomerados polimícticos (con clastos redondeados de cuarcitas, gneis y granitos, cementados por una matriz cuarcítica gruesa y muy compactada) y areniscas intercaladas con esquistos.

Grupo Tarma-Copacabana (CpPEC-t,c). Por las características litológicas poco diferenciables de los grupos Copacabana y Tarma se les agrupa bajo la misma representación cartográfica, su individualización no siempre es posible hacerla en forma precisa. Dumbar & Newell (1953) describen al Grupo Tarma-Copacabana como calizas micríticas, intercaladas con calizas bioclásticas y espáticas, frecuentemente silicificadas y dolomitizadas; con presencia de fósiles. Presenta también niveles de areniscas feldespáticas verdes, intercaladas con caliza micríticas, limoarcillitas verdes y rojas.

Grupo Mitu. Aflora y corona las cumbres de los cerros en la ladera derecha del valle del Vilcanota. Esta serie continental del Permiano superior consiste de un manto volcánico-detritico de espesores variables. Se diferencian: **Grupo Mitu Inferior (Mi)**, con areniscas cuarzosa de color pardo rojizas de grano medio a grueso con limolitas rojas, con fragmentos volcánicos heterogéneos; **Grupo Mitu Medio (Ms)**, constituido por rocas volcánicas de color rojo violáceo de composición andesítica, lavas pardo rojizas, porfírica en estratos gruesos, acompañadas de brechas, aglomerados, coladas volcánicas de basaltos y tufos redepositados, aunque también suele presentar riolitas e ignimbritas (Gregory, 1916).

Formación Auzangate (KsP-a). Consiste de una intercalación de limo arcillitas, limolitas y areniscas arcósicas en estratos tabulares rojo brunáceas; también niveles de calizas grises, limoarcillas gris verdosas y lentes de yesos.

Formación Muñani (P-m). Son esencialmente areniscas arcósicas de color rojo ladrillo brillante, pero muy cuarcíferas de grano fino intercaladas con conglomerados polimícticos con clastos de calizas, cuarcitas, areniscas rojas, en una matriz areniscosa, además presenta limoarcillitas, limonitas y vulcarenitas de color marrón oscuro. Fotografía 2.



Fotografía 2. Formación Muñani (P-m) compuestos esencialmente de areniscas arcósicas con intercalaciones de conglomerados polimícticos.

DEPÓSITOS CUATERNARIOS:

Depósitos proluviales (Q-pl). Conformados por pequeños fragmentos de rocas polimícticas y heterométricas en matriz limo arenoso-arcilloso, depositados en las desembocaduras de las quebradas Lamira, Pongor, Cuara y Berronyoc en forma de conos de deyección.

Depósitos deluviales (Q-dl). Capas de suelo fino, generalmente limos, arcillas y arenas con inclusiones de fragmentos rocosos de la Formación Muñani ubicado en el cerro Jancoña de talud moderada; formados principalmente por la escorrentía pluvial de corto recorrido.

Depósitos aluviales (Q-al). A nivel del fondo del cauce están compuestos por una mezcla de fragmentos rocosos (bolos, gravas, arenas, etc.) heterométricos, heterogéneos, redondeados a subredondeados en matriz de arenas, limos y arcillas; poco consolidados. Sin embargo, a nivel de superficie están compuestos por limos, arcillas y suelo orgánico. Fotografía 3. Sobre los depósitos aluviales, se encuentra asentada la población del Barrio Vilcanota y parte de la población urbana del distrito de San Pablo.



Fotografía 3. Depósitos aluviales en la margen izquierda del río Vilcanota.

Depósitos fluviales (Q-fl). Compuestos por fragmentos rocosos heterométricos redondeados a subredondeados (cantos, arenas, bolos, etc.) que son transportados por la corriente del río Vilcanota y transportados a grandes distancias, removibles por el curso actual del río; forman terrazas bajas y la llanura de inundación o el lecho de los ríos (Fotografía 4).



Fotografía 4. Depósito fluvial (Q-fl) compuesto por fragmentos rocosos redondeados a subredondeados en matriz areno-limosa transportados por la corriente del río Vilcanota.

Depósito Lacustrino (Q-la). Pequeña laguna que ocupaba la parte baja de la cuenca del Vilcanota, al sur oeste del centro poblado de San Pablo, embalsado por depósitos de sales, posteriormente colmatada por sedimentos finos. Fotografía 5.



Fotografía 5. Depósito Lacustrino (Q-la) presente al Sur oeste del poblado de San Pablo.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

En general, desde el punto de vista morfoestructural regional, el área de estudio se ubica en el límite entre el Altiplano y la Cordillera Oriental del Perú.

En la zona, se exhiben valles con vertientes escarpadas o pendientes muy fuertes, modeladas en rocas sedimentarias; los cauces de los ríos descienden con pendiente moderada hacia la vertiente hidrográfica de la Amazonia.

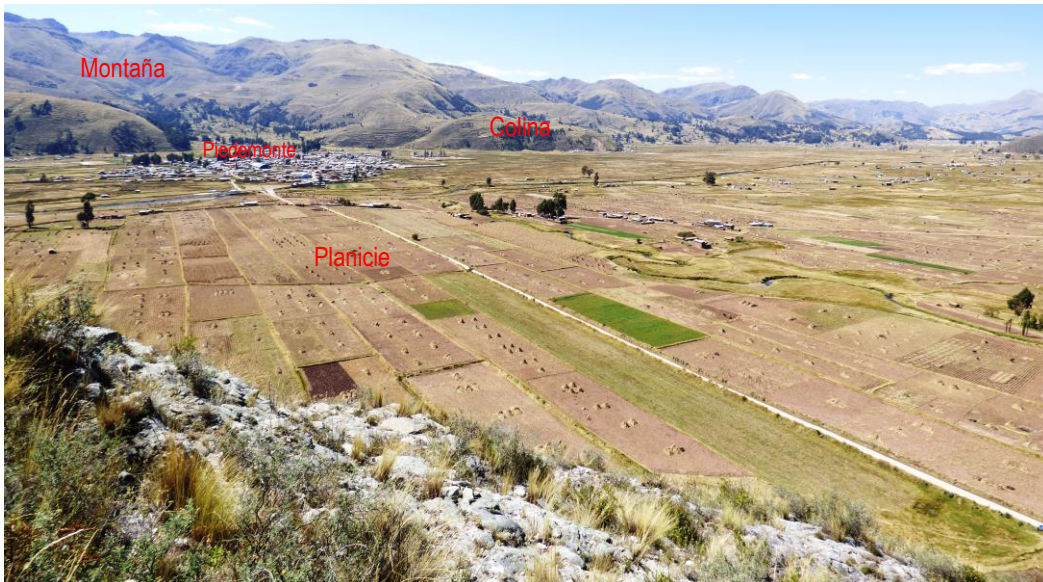
4.1 PENDIENTE DE LOS TERRENOS

Uno de los aspectos importantes para la descripción de las unidades geomorfológicas, aparte del relieve, es la pendiente de los terrenos (laderas). El mapa de pendientes para el área de estudio (Mapa 2), se elaboró en base al modelo de elevación digital (MDE) extraída con "Imágenes satelitales Pleiades proporcionadas por el CNOIS y procesadas por el INGEMMET".

Se tomó en consideración seis rangos o grados de pendiente: terrenos llanos a algo inclinado (<2°, muy baja), inclinados con pendiente suave (2°-5°, baja), pendiente moderada (5°-15°, media), pendiente fuerte (15°-25°), pendiente muy fuerte o escarpada (25°-45°) y pendiente muy escarpada (>45°, abrupta); estos detalles se observan en el mapa 2.

4.2 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas de la zona de estudio (mapa 3), se consideran criterios de control como: homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión y sedimentación. Las geformas particulares se agrupan en tres tipos generales del relieve en función a su altura relativa: 1) montañas, 2) colinas, 3) piedemontes y 4) planicies. Ver Fotografía 6 y cuadro 1.



Fotografía 6. Unidades geomorfológicas de montaña, colina, (fondo de valle por donde cruza el río Vilcanota) y planicie de la zona de San Pablo.

Cuadro 1. Unidades geomorfológicas identificadas.

Unidades geomorfológicas de carácter tectónico degradacional y erosional		
Unidad	Sub unidad	
Montaña	Montaña en roca sedimentaria	RM-rs
Colina	Colina en roca sedimentaria	RC-rs
Unidades geomorfológicas de carácter deposicional o agradacional		
Unidad	Sub unidad	
Piedemonte	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial	V-cd
	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial	P-at
Planicies inundables	Llanura o planicie aluvial inundable	V-al
	Terraza aluvial inundable	Pl-al
	Terraza lacustre	Tb-al
	Terraza fluvial	T-fl

A continuación, se describen las principales unidades geomorfológicas diferenciadas, detallando su ubicación y distribución geográfica (ver mapa 3) y también se muestran algunas fotografías e imágenes de satélite ilustrativas de las geoformas características:

GEOFORMAS DE 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 o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

Los paisajes resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas (Fotografía 7). Dentro de este grupo se tienen las siguientes unidades:

Unidad de montañas. Geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local, conformada por alineamientos alargados, constituidos por rocas sedimentarias (mapa 3); se ubica en ambos lados del Río Vilcanota.

Unidad de colinas. Relieve de colinas modeladas en rocas sedimentarias con diferentes grados de disección; son de menor altura que una montaña (menos de 300 metros desde el nivel de base local). Está unidad se ubica próxima a la unidad de montañas.



Fotografía 7. Relieve de montañas (RM-rs) y colinas (RC-rs) modeladas en roca sedimentaria.

GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSICIONAL O AGRADACIONAL. Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos a los que se puede denominar constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía y los vientos; los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

Vertiente o piedemonte coluvio – deluvial (V-cd). Acumulación de material fino y detrítico, caído o lavados por escorrentía superficial, que se acumulan sucesivamente al pie de laderas.

Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at). Unidad asociada a los depósitos dejados por los flujos de detritos y de lodo de tipo excepcional. Tiene pendiente suave, menor a 5°. Compuesto por fragmentos rocosos heterométricos (bloques, bolos y detritos) en matriz limo-arenoarcilloso, depositado en forma de abanico. Sobre esta subunidad, se asienta parte de la población urbana de San Pablo.

Llanura o planicie aluvial inundable (Pl-al). Corresponde superficies planas, ligeramente onduladas e inundable por el curso principal del río Vilcanota; se estima desniveles con respecto al nivel de estiaje del río, de un metro de altura; esta constituidas por materiales provenientes de la denudación de las superficies de montañosas y colinas. El nivel freático, en algunos sectores, se encuentra a menos de un metro del nivel del suelo; y en otros, al nivel de la superficie, tal como se observa en la Fotografía 8.



Fotografía 8. Llanura o planicie aluvial inundable (Pl-al) donde el nivel freático se encuentra a nivel del suelo; sector al este de Ihuaylullo, margen izquierda del río Vilcanota.

Terraza aluvial (T-al). Son porciones de terreno que se encuentran dispuestas a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río (río Vilcanota); 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 ubica parte del Poblado de San Pablo.

Terraza fluvial (T-fl). Se ubican dentro del curso de los ríos, sobre todo tienen su mayor extensión en los ríos estacionarios. Litológicamente está compuesto por fragmentos rocosos heterogéneos (bolos, cantos gravas, arenas, etc.), que son transportados por la corriente del río Vilcanota a grandes distancias y se depositan formando terrazas bajas o conformando la llanura de inundación o el lecho de los ríos.

En conclusión, geomorfológicamente la población de San Pablo se encuentra asentado en las subunidades de terraza aluvial, llanura o planicie aluvial y piedemonte aluvio-torrencial; sin embargo, el Barrio Vilcabamba se ubica en terraza aluvial y llanura aluvial inundable.

4.3 MORFOLOGÍA DEL RÍO VILCANOTA

La morfología original del río Vilcanota en el área inspeccionada (fotografía 9), es de tipo meándrico; sin embargo, ha sido modificada tal como se puede observar en el mapa 3.

Actualmente, este río presenta procesos de meandrificación, es decir, erosión y depositación (Figura 2) en forma simultánea en sus orillas entre los sectores Huancochapi e Ihuaylullo; en el resto de tramo es ligeramente rectilíneo por haber sido modificado para evitar inundaciones fluviales.

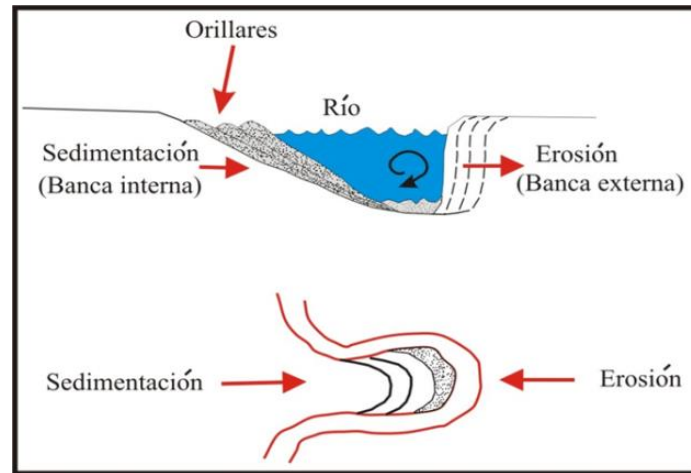


Figura 2 Desarrollo de orillares en una llanura meándrica.
 Fuente. Citado por Núñez & Medina (2008)

El doble proceso de erosión-sedimentación suele ser poco activo cuando el caudal y la carga de aluviones son escasos; en cambio, alcanza su máxima eficiencia cuando el nivel de las aguas se aproxima a su tope, sin salirse de su cauce. Es entonces cuando la meandrificación, crecimiento, corte y abandono de los meandros, junto con la formación de complejos de orillares adquiere su mejor expresión (Figura 3) y afecta a las viviendas asentadas en su margen externa.

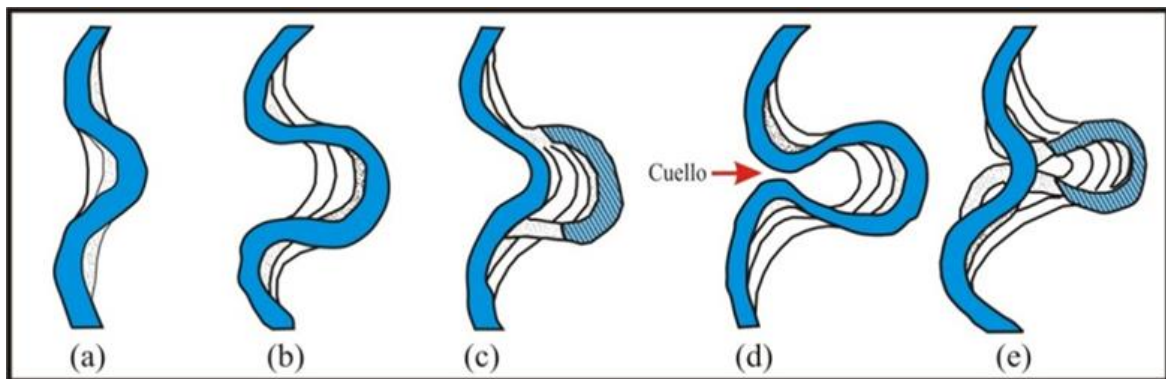


Figura 3 Proceso de estrangulamiento de meandros (Fuente: Núñez & Medina, 2008).

El paleocauce o cauce antiguo dejado por la modificación del río Vilcanota es evidente en sus ambas márgenes. La carretera antigua, entre Sicuani y Cusco que cruza por la zona, en algunos sectores limitaba la terraza aluvial (caja meándrica) y la planicie aluvial; tal como se observa en el mapa 3. En la zona, también se observa canales de captación de aguas pluviales (fotografía 10), que se encuentran colmatados de sedimento fino y pastos naturales.



Fotografía 9. Cauce actual del río Vilcanota ubicado al sureste del barrio del mismo nombre.



Fotografía 10. Canal de captación de aguas pluviales que cruza el Barrio Vilcanota

5. PELIGRO GEOHIDROLÓGICO IDENTIFICADO

El peligro identificado, en base a la interpretación de imágenes de satélite disponibles en Google Earth Pro, imágenes satelitales Pleiades, fotografías aéreas de 1955 e inspección de campo, corresponde a inundación fluvial por desborde del río Vilcanota y erosión fluvial.

5.1 Inundación fluvial

Tomando como referencia el compendio estadístico publicado por INDECI (1998), durante el fenómeno El Niño 1997-98; a consecuencia de la caída de lluvias intensas se desbordó el río Vilcanota e inundó el distrito San Pablo. Hubo 190 personas damnificadas, 70 afectadas; 34 viviendas destruidas y 14 afectadas; un centro educativo destruido y 20 hectáreas de cultivo perdidos; además, según versiones de los pobladores, en el área considerada como susceptibilidad media, la altura de inundación alcanzó aprox. 1 metro (fotografía 11).

En las fotografías (fotografías 12, 13 y 14) del año 2016, proporcionadas por la Municipalidad distrital de San Pablo, se observa el desborde leve del río Vilcanota.



Fotografía 11. Altura de inundación durante El Niño 1997-98 en las calles del Barrio Vilcanota, según versión de los pobladores.



Fotografía 12. Nivel de agua del río Vilcanota en periodo lluvioso del 2016. Aguas arriba del Barrio Vilcanota. Foto: Municipalidad de San Pablo.



Fotografía 13. Leve desborde del río Vilcanota en periodo lluvioso del 2016. Aguas abajo del Barrio Vilcanota. Foto: *Municipalidad de San Pablo.*



Fotografía 14. En las Fotografías de los años 2016 y 2018, se observa el área de susceptibilidad alta a inundación fluvial en la intersección del río Vilcanota y el cauce de la quebrada Berreniyoc. Vista desde el puente Belén, aguas arriba.

5.2 Erosión fluvial

Los procesos de erosión fluvial, ocurren en ambas márgenes del río Vilcanota, entre los sectores Huanchachi e Ihuaylullo. Como parte de los procesos de erosión fluvial, ocurren pequeños derrumbes discontinuos y con formas de arranques irregulares (fotografía 15).



Fotografía 15. Erosión fluvial

5.3 Susceptibilidad a inundación fluvial

Para tener una visión general del peligro, se ha realizado la zonificación de susceptibilidad a inundación fluvial en base al análisis geomorfológico a escala 1/25,000 entre los sectores Huanchachi y Junuccho (mapa 4); se consideró cuatro rangos o grados: alto, moderado, bajo, muy bajo o nula susceptibilidad.

Ambas márgenes del río Vilcanota y la quebrada Berriniyoc corresponden a zonas de susceptibilidad alta y moderada. Zonas de susceptibilidad baja corresponden al pie de las montañas y la muy baja o nula corresponde a las montañas y colinas. Ver mapa 4. Específicamente, para el Barrio Vilcanota el análisis de la susceptibilidad a inundación fluvial se realizó a escala 1/5,000 (mapa 5); en base a curvas de nivel de 0.5 metros de equidistancia se elaboró un perfil transversal en el cauce que se ubica muy cerca al barrio (figura 4).

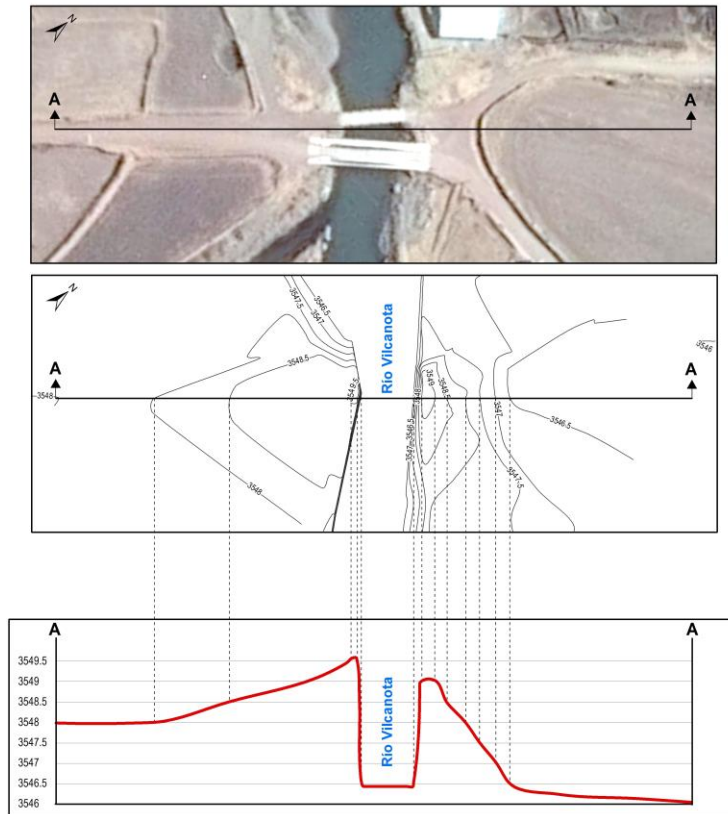


Figura 4. Perfil transversal al río Vilcanota cerca al Barrio del mismo nombre. Vista aguas abajo.

Tomando como base el mapa 5, la población del Barrio Vilcanota, por las características morfológica del terreno, se encuentra en una zona de alta y moderada susceptibilidad a inundación fluvial; además, a partir de la figura 4, podemos deducir que el río Vilcanota se encuentra a 0.5 metros por encima de la superficie de alta susceptibilidad, es decir, que parte de la población del Barrio Vilcanota se encuentra por debajo del nivel del fondo de cauce. La evidencia de este suceso también lo podemos observar en la Fotografía 16, donde el nivel freático se encuentra 0.2 m de la superficie.



Fotografía 16. Nivel freático a 0.2 metros de la superficie ubicado en el Barrio Vilcanota en área de susceptibilidad alta a inundación fluvial

6. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS

6.1 Reubicar la población asentada en el área de alta susceptibilidad a inundación fluvial.

Con el fin de evitar pérdidas humanas por desplome de viviendas, se debe reubicar la población del Barrio Vilcanota asentada en área de alta susceptibilidad a inundación fluvial (ver mapa 5).

6.2 Construir viviendas por encima de un metro del nivel de inundación esperado en áreas de susceptibilidad media a inundación fluvial.

La población asentada en área considerada de susceptibilidad media (ver mapa 5), debe construir sus viviendas por encima de un metro del nivel de inundación máxima esperada (figura 5).

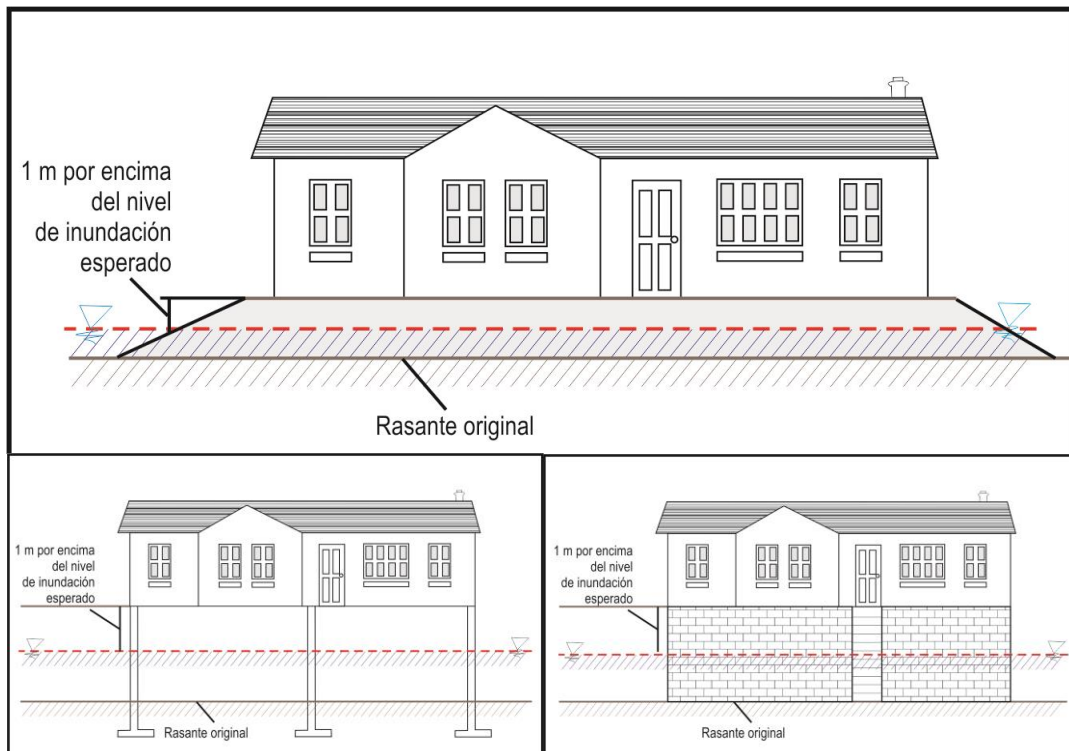


Figura 5. Viviendas que se protegen de las inundaciones por elevación (Dozier y Yancey, 1993; tomado de Gutiérrez, 2008).

6.3 Construir defensa ribereña en base a gaviones

Para evitar el desborde del río Vilcanota, construir defensas ribereñas (figura 6) en ambas márgenes del cauce; sin embargo, para su diseño se debe analizar los parámetros hidráulicos del río y realizar simulación de inundación para diferentes escenarios.

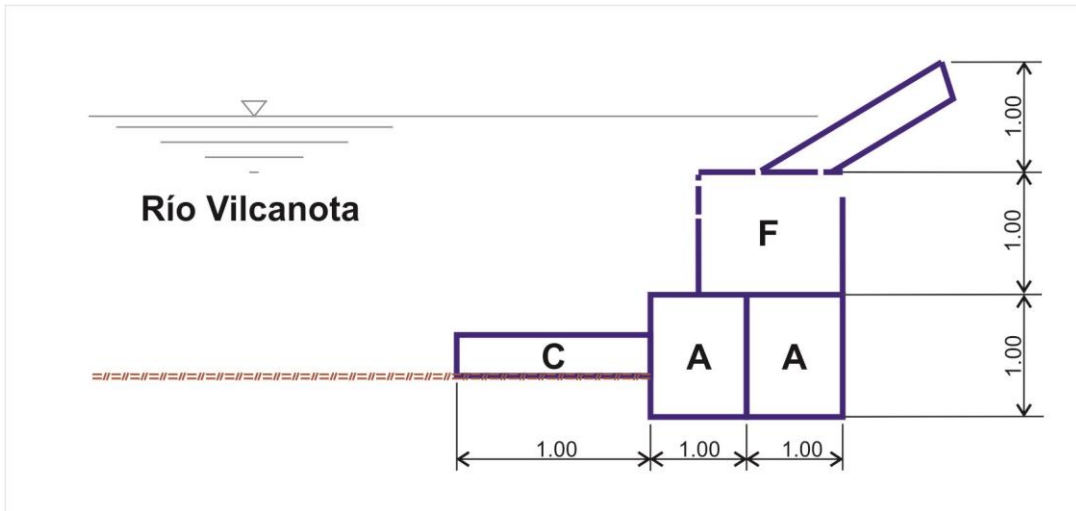


Figura 6. Sección transversal en base a gaviones diseñados para defensa ribereña en el río Huatanay.

Fuente: Centro Guaman Poma de Ayala

CONCLUSIONES

1. Geológicamente, el Barrio Vilcanota está asentada sobre depósitos aluviales compuesto por dos secuencias litológicas: la primera, ubicada a nivel del fondo de cauce del río, consta de una mezcla de fragmentos rocosos heterométricos, heterogéneos, redondeados a subredondeados en una matriz de arenas, limos y arcillas; poco consolidados; la segunda, se ubica a nivel de superficie compuesto por limos, arcillas y suelo orgánico.
2. Geomorfológicamente, el Barrio Vilcanota se ubica en una terraza y planicie aluvial inundable por desborde del río Vilcanota; la superficie es ligeramente ondulada y con pendiente menor a dos grados con dirección noreste o paralela a la dirección del cauce de río. Sin embargo, el entorno está compuesto por montañas modeladas en rocas sedimentarias de laderas con pendiente muy fuerte y escarpada.
3. La morfología original del cauce en el río Vilcanota, fue de tipo meándrica; sin embargo, ésta fue modificada. En la actualidad, presenta procesos de meandrificación; entre los sectores Huancochapi e Ihuaylullo su cauce es ligeramente rectilíneo al haber sido modificado para evitar inundaciones fluviales.
4. Los peligros identificados, en base a la interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas e inspección de campo, corresponde a una inundación fluvial por desborde del río Vilcanota y erosión fluvial. Los procesos de erosión fluvial, no afectan al Barrio Vilcanota.
5. De acuerdo al compendio de peligros elaborado por INDECI y la versión de los pobladores, durante el fenómeno El Niño 1997-98 el Barrio Vilcanota se inundó y el nivel de agua alcanzó en promedio un metro de altura.
6. La población del Barrio Vilcanota, de acuerdo al análisis de susceptibilidad, se encuentra asentada en una zona de **alta y media** susceptibilidad a inundación fluvial; por lo tanto, se considera una zona en **ALTO PELIGRO** ante peligro de origen natural por lluvias y aumento del caudal del río Vilcanota, comprometiendo la seguridad física de las viviendas.

RECOMENDACIONES

1. Reubicar la población asentada en el área de **alta susceptibilidad a inundación** fluvial.
2. La población que se encuentra en área de **media susceptibilidad** debe construir sus viviendas por encima de un metro del nivel de inundación máxima esperada.
3. Construir defensa ribereña en base a gaviones, pero para su diseño analizar los parámetros hidráulicos del río y realizar simulación de inundación para diferentes escenarios.
4. Validar el mapa de susceptibilidad a inundación del presente informe con modelamiento hidráulico para diferentes periodos de retorno.
5. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrológicas que presenta la superficie donde se encuentra asentada el Barrio Vilcanota, las viviendas deben ser construidas con asistencia técnica.

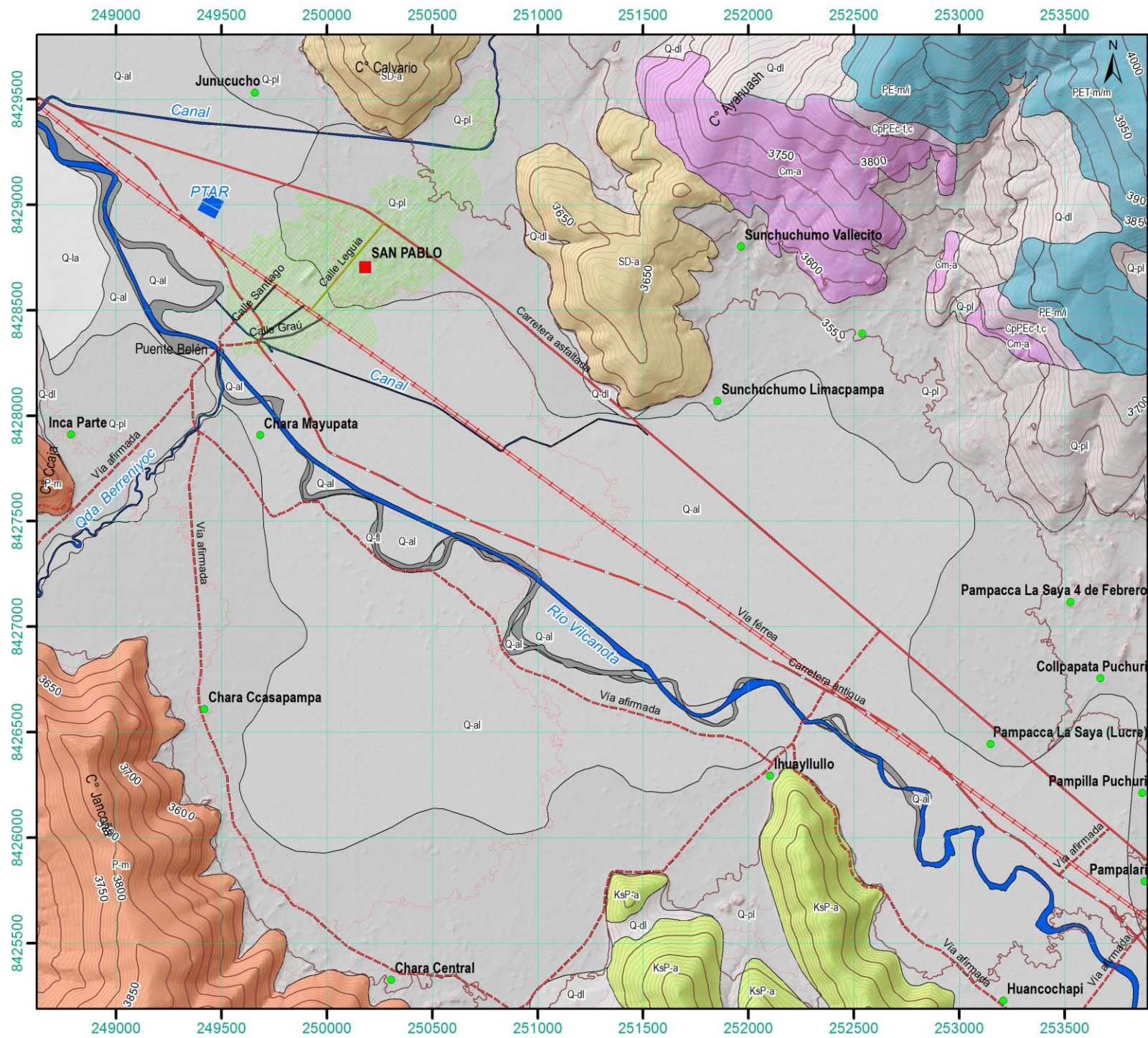
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

VILLOTA, H. (2005) Geomorfología Aplicada A Levantamientos Edafológicos Y Zonificación De Tierras. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Bogotá, Colombia.

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL (1998) – Estadística de Emergencias Producidas en el Perú durante 1997. Dirección Nacional de Operaciones. Compendio Estadístico.

GUTIÉRREZ, M. (2008) - Geomorfología. Madrid: Pearson Educación, 920 p.

ANEXO I: MAPAS



Símbolo

- Capital de distrito
- Centro poblado rural
- Curva maestra
- Curva intermedia
- Carretera asfaltada
- Vía férrea
- Carretera antigua
- Vía afirmada
- Área urbana
- Cauces principales

Leyenda

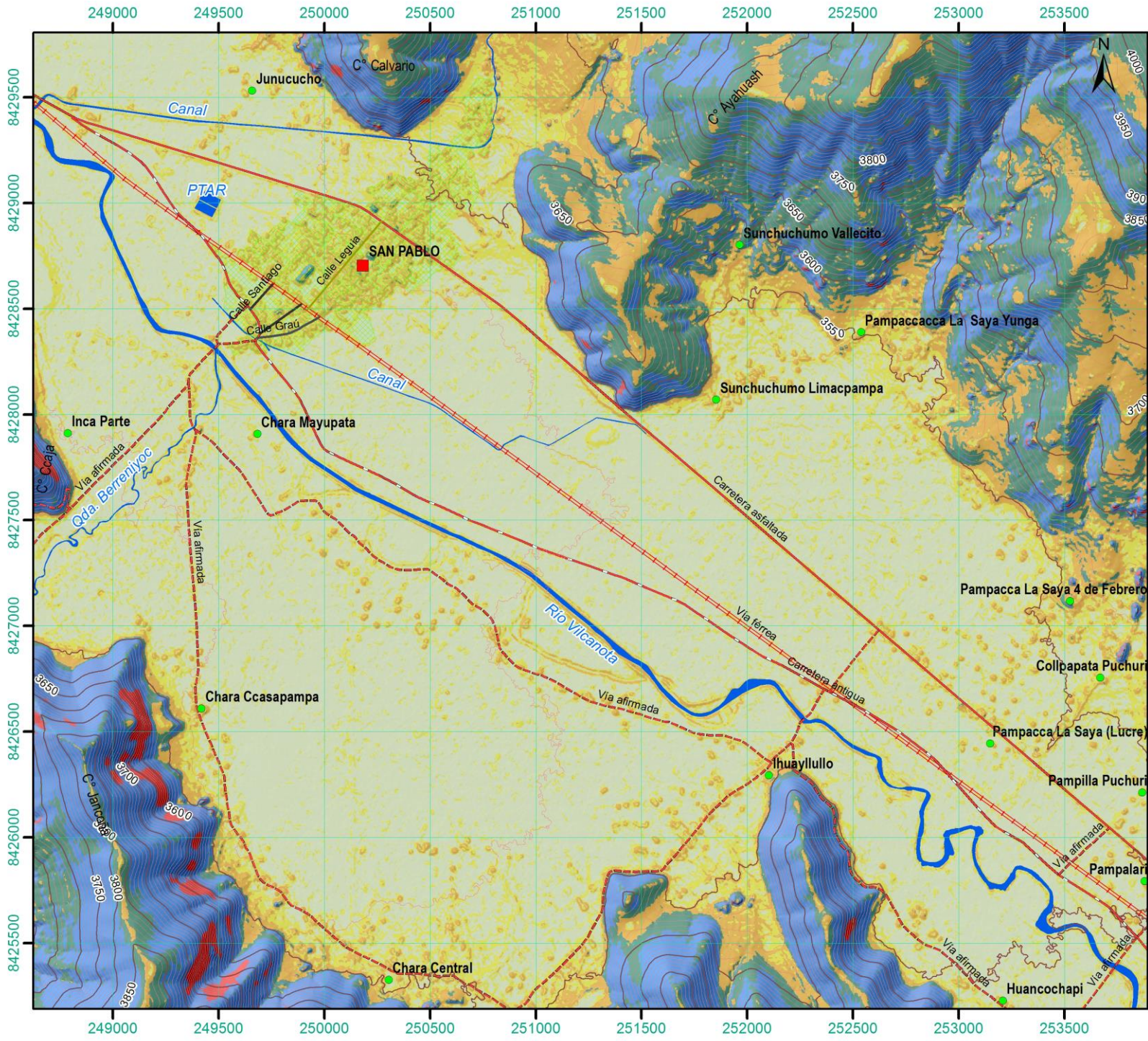
Eratema	Sistema	Serie	Unidad estratigráfica		
CENOZOICO	Cuaternario	Holoceno	Q-fl	Depósito fluvial	
			Q-al	Depósito aluvial	
			Q-dl	Depósito deluvial	
			Q-la	Depósito lacustrino	
			Q-pl	Depósito proluvial	
CENOZOICO	Paleógeno	Eoceno	P-m	Formación Muñani	
		Paleoceno	KsP-a	Formación Auzangate	
MESOZOICO	Permiano	Medio	Grupo Mitu	PET-m/m	Medio
		Inferior	PE-m/i	Inferior	
	Carbonífero	Superior	CpPEC-t,c	Grupo Tarma - Copacabana	
		Inferior	Cm-a	Grupo Ambo	
Silúrico		SD-a	Formación Ananea		

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

MAPA 1. GEOLOGÍA
SAN PABLO

PROYECCIÓN UTM
DATUM WGS 84
ZONA 19 SUR

Escala: 1/25 000



Símbolo

- Capital de distrito
- Centro poblado rural
- Curva maestra
- Curva intermedia
- Carretera asfaltada
- Vía férrea
- Carretera antigua
- Vía afirmada
- Area urbana
- Cauces principales

LEYENDA

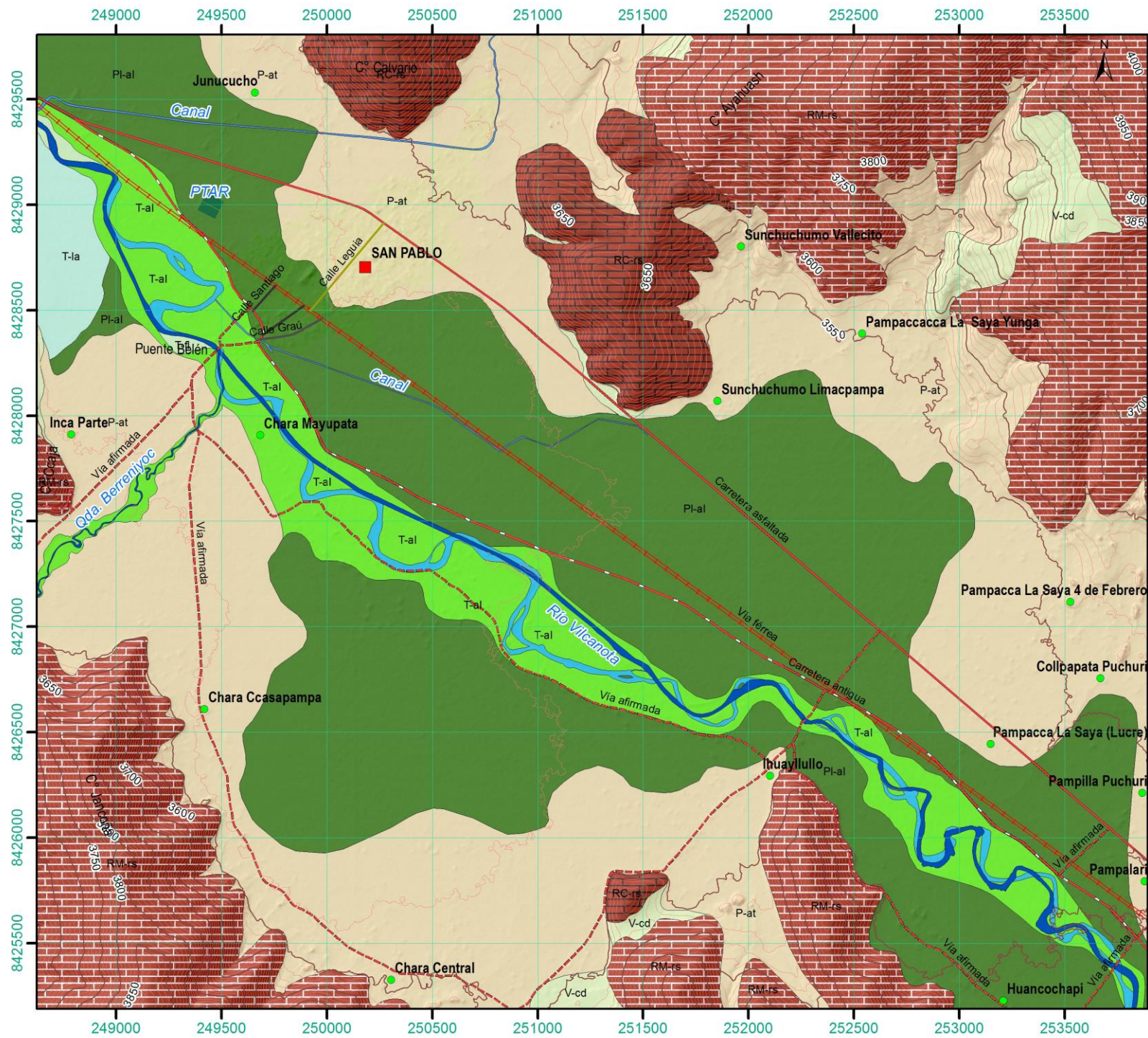
Rango de pendiente	Color	Superficie topográfica
0° - 2°		Terreno llano a algo inclinado
2° - 5°		Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°		Pendiente moderada
15° - 25°		Pendiente fuerte
25° - 45°		Pendiente muy fuerte o escarpada
> 45°		Pendiente muy escarpada

SECTOR ENERGIA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

MAPA 2. PENDIENTE DE LOS TERRENOS SAN PABLO

PROYECCIÓN UTM
DATUM WGS 84
ZONA 19 SUR

Escala: 1/25 000



Símbolo

- Capital de distrito
- Centro poblado rural
- Curva maestra
- Curva intermedia
- Carretera asfaltada
- Vía férrea
- Carretera antigua
- Vía afirmada
- Area urbana

- Cauce de río antiguo (paleocauce)
- Cauce de río actual
- Canal de aguas pluviales

Legenda

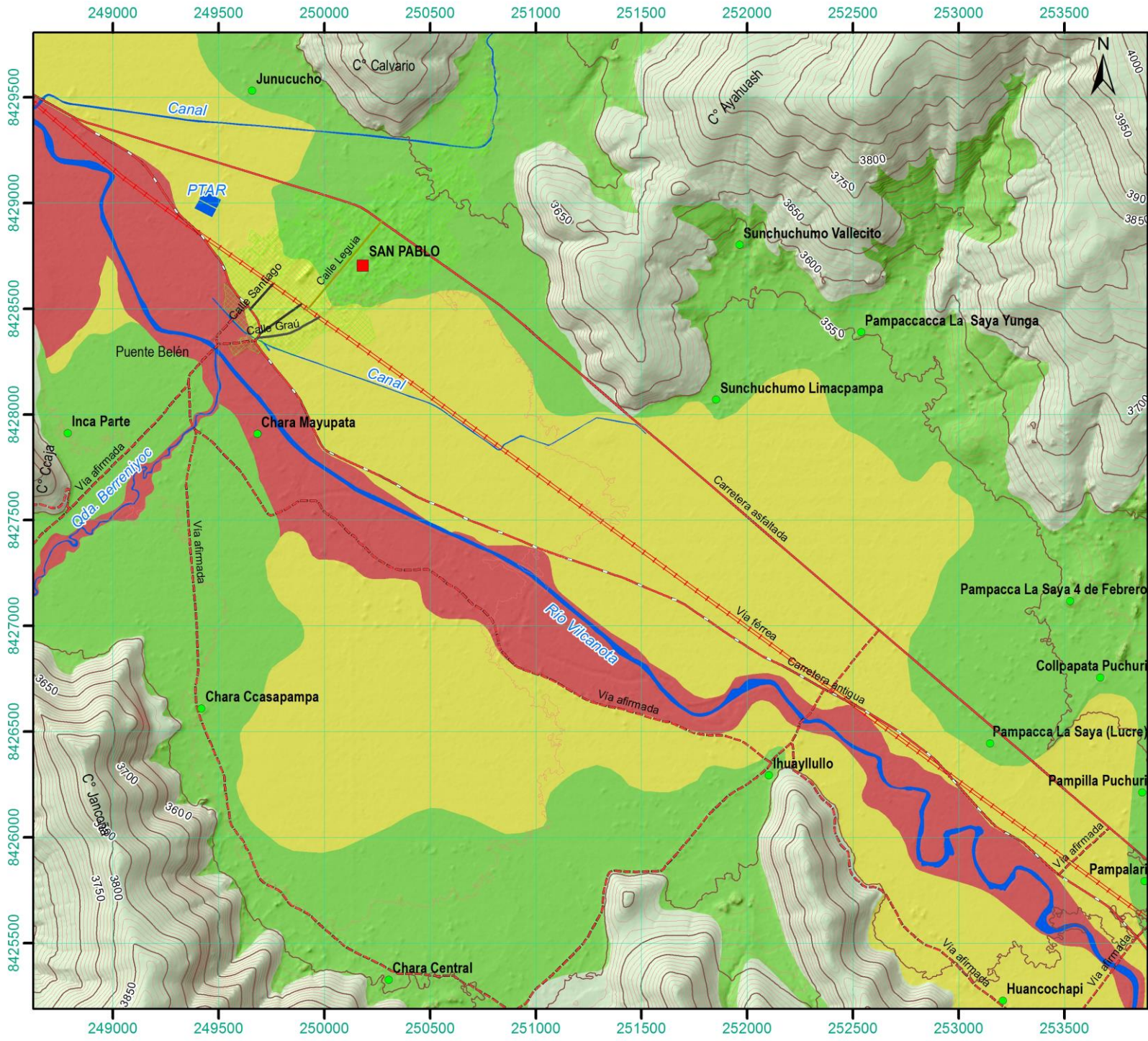
Geoforma	Unidad	Sub unidad	
De carácter tectónico degradacional y erosional	Montaña	Montaña en roca sedimentaria	RM-rs
	Colinas	Colina en roca sedimentaria	RC-rs
De carácter deposicional o agradacional	Piedemonte	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial	V-cd
		Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial	P-at
	Planicies inundables	Llanura o planicie aluvial inundable	Pl-al
		Terraza aluvial inundable	T-al
		Terraza lacustre	T-la
		Terraza fluvial	T-fl



MAPA 3. GEOMORFOLOGÍA SAN PABLO

PROYECCIÓN UTM DATUM WGS 84 ZONA 19 SUR

Escala: 1/25 000



Símbolo

- Capital de distrito
- Centro poblado rural
- Curva maestra
- Curva intermedia
- Carretera asfaltada
- Vía férrea
- Carretera antigua
- Vía afirmada
- Area urbana
- Cauces principales

LEYENDA

SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIÓN Y EROSIÓN FLUVIAL

GRADO	COLOR	CARACTERÍSTICAS DE LOS TERRENOS
Alto (*)		Corresponde a paleocauces, terrazas aluviales, fluviales y lacustre, que se inundan de manera periódica o ocasional.
Moderado (**)		Pueden ocurrir inundaciones con precipitaciones pluviales excepcionales, por acumulación de agua en zonas mal drenadas o con poca capacidad de infiltración.
Bajo		Terrenos bajos adyacentes a terrazas, vertientes de suave inclinación. Terrenos levemente inclinados, mal drenados, que podrían ser inundados con lluvias excepcionales.
Muy bajo o nulo		Corresponde a laderas de montañas y colinas modeladas en roca sedimentaria, vertiente o piedemonte coluvio-deluvial.

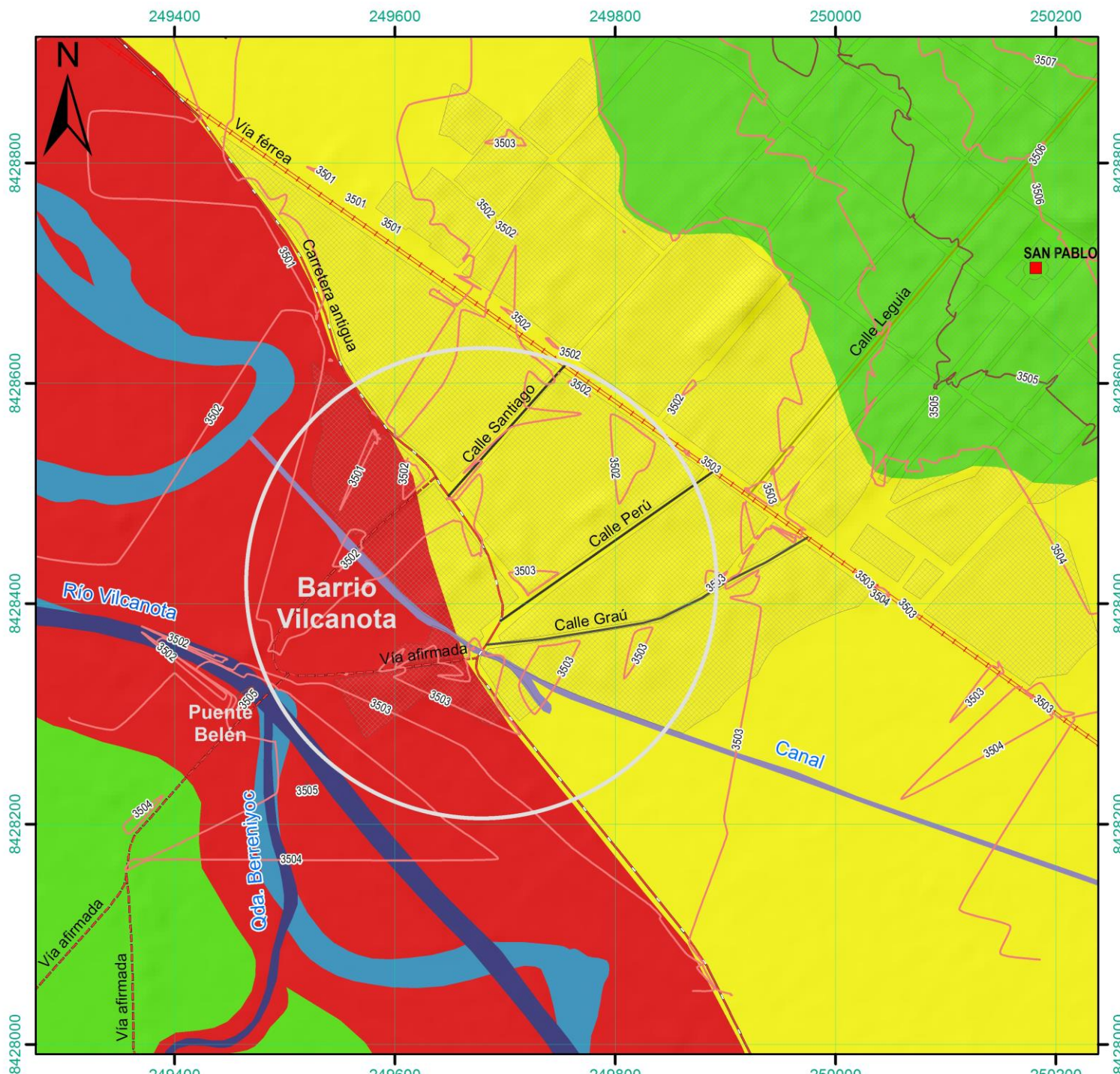
(*) Además, en estas áreas pueden ocurrir procesos de erosión fluvial o de riberas.
 (**) En el mapa aparecen algunos valores de susceptibilidad moderada en las partes altas, esto se debe al grado de precisión del mapa topográfico; a la equidistancia entre las curvas de nivel y la escala de mapa base utilizado. Estas áreas, también pueden ser susceptibles a inundación fluvial.

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

MAPA 4. ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIÓN FLUVIAL

PROYECCIÓN UTM
 DATUM WGS 84
 ZONA 19 SUR

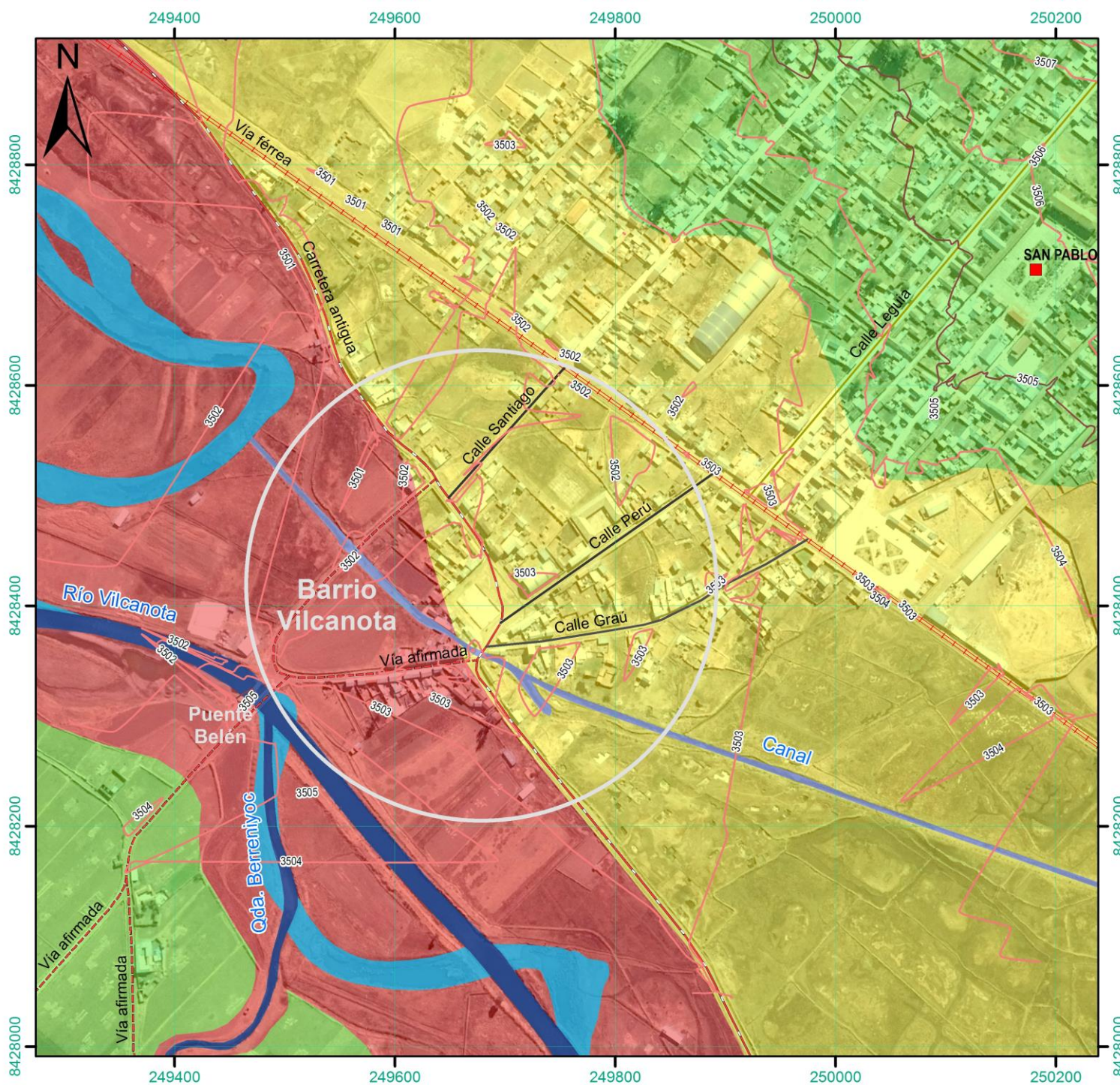
Escala: 1/25 000



Símbolo

- Capital de distrito
- Centro poblado rural
- Curva maestra
- Curva intermedia
- Carretera asfaltada
- Vía férrea
- Carretera antigua
- Vía afirmada
- Area urbana

- Cauce de río antiguo (paleocauce)
- Cauce de río actual
- Canal de aguas pluviales



LEYENDA

SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIÓN Y EROSIÓN FLUVIAL		
GRADO	COLOR	CARACTERÍSTICAS DE LOS TERRENOS
Alto (*)		Corresponde a paleocauces, terrazas aluviales, fluviales y lacustre, que se inundan de manera periódica o ocasional.
Moderado (**)		Pueden ocurrir inundaciones con precipitaciones pluviales excepcionales, por acumulación de agua en zonas mal drenadas o con poca capacidad de infiltración.
Bajo		Terrenos bajos adyacentes a terrazas, vertientes de suave inclinación. Terrenos levemente inclinados, mal drenados, que podrían ser inundados con lluvias excepcionales.
Muy bajo o nulo		Corresponde a laderas de montañas y colinas modeladas en roca sedimentaria; vertiente o piedemonte coluvio-deluvial.

(*) Además, en estas áreas pueden ocurrir procesos de erosión fluvial o de riberas.
 (**) En el mapa aparecen algunos valores de susceptibilidad moderada en las partes altas, esto se debe al grado de precisión del mapa topográfico; a la equidistancia entre las curvas de nivel y la escala de mapa base utilizado. Estas áreas, también pueden ser susceptibles a inundación pluvial.



MAPA 5. ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIÓN FLUVIAL BARRIO VILCANOTA

PROYECCIÓN UTM
DATUM WGS 84
ZONA 19 SUR

Escala: 1/5 000

