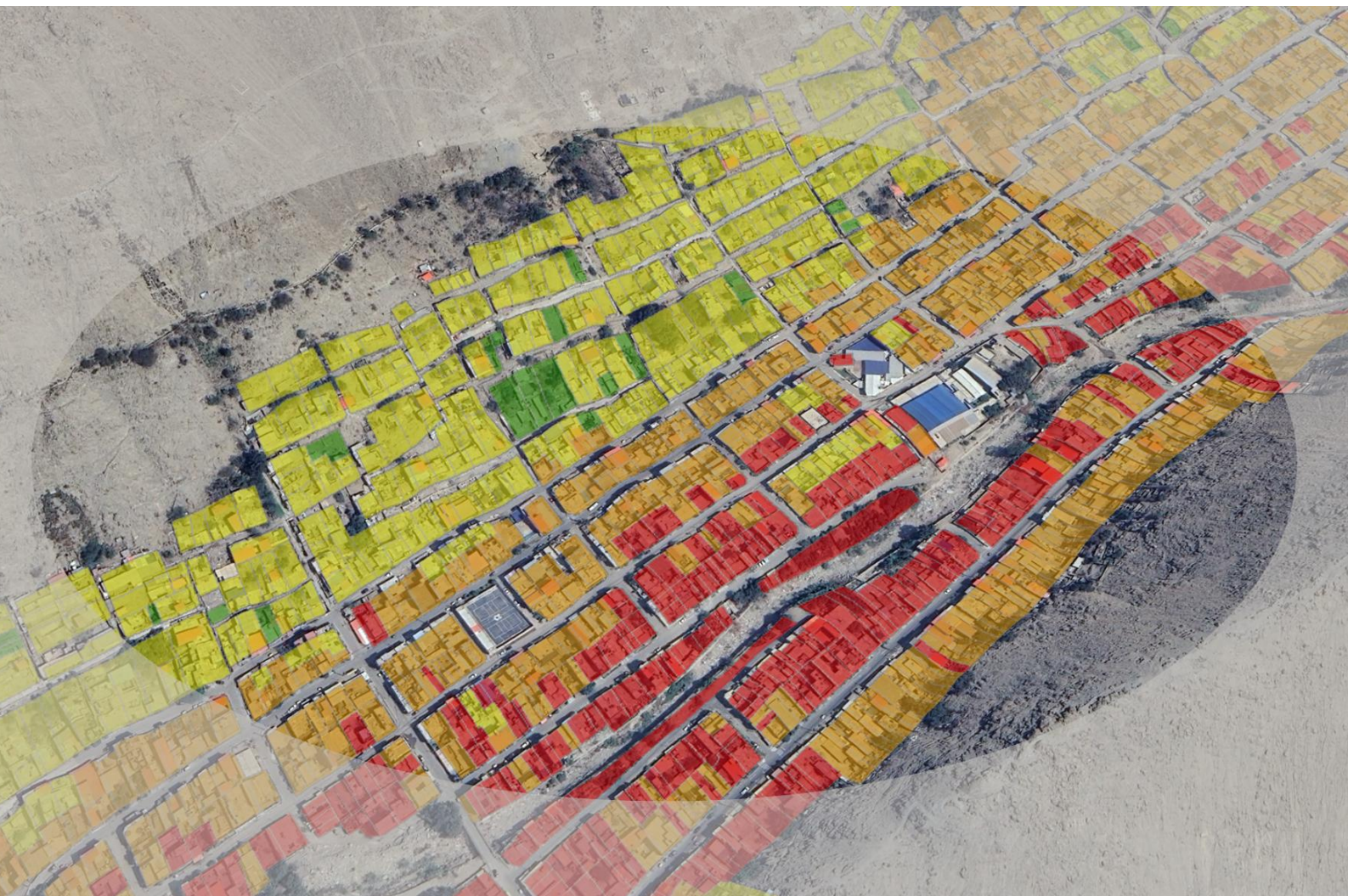


# **ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE RIESGOS POR FLUJOS DE DETRITOS EN LA SUBCUENCA DE PEDREGAL DISTRITO DE LURIGANCHO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA**

**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ  
SENAMHI**



**Lima, setiembre 2025**

## **ESTUDIO DE RIESGOS POR FLUJOS DE DETRITOS EN LA SUBCUENCA DE PEDREGAL DISTRITO DE LURIGANCHO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA**

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI  
Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - CENEPRED

**Juan Carlos Castro Vargas**  
**Ministro del Ambiente**

Raquel Hilianova Soto Torres  
**Presidenta Ejecutiva (e) del SENAMHI**

Rolando Gustavo Capucho Cárdenas  
**Jefe del CENEPRED**

Julio Ernesto Urbiola del Carpio  
**Director de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica del SENAMHI**

Walter Martín Becerra Noblecilla  
**Director de la Dirección de Gestión de Procesos del CENEPRED**

Alfredo Adrián Zambrano Gonzáles  
**Subdirector de Gestión de la Información del CENEPRED**

Grinia Jesús Avalos Roldán  
**Coordinadora del proyecto ENANDES**

Amelia Díaz Pabló  
**Punto focal del Proyecto ENANDES**

### **Equipo Técnico del CENEPRED**

**Coordinación y supervisión**  
Chrisna Karina Obregón Acevedo

**Evaluador de Riesgo**  
Luis Miguel Hernández Asto  
Resolución 130-2019-CENEPRED/J

**Encuestadores:**  
José Pierre Montoya Delgado  
Lucía Carbajal Domínguez  
Viviana Huatuco Nanzer  
Guadalupe Gabriela Villacorta Toledo  
Merly Antonia Huarillocla Ramírez

**Equipo Técnico del SENAMHI**  
Waldo Lavado Casimiro  
Andrés Goyburo Peña  
Amelia Díaz Pabló

**Editado por:**  
© Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) Jr. Cahuide 785, Jesús María, Lima-Perú. Teléfono: (01) 614-1414 [www.gob.pe/senamhi](http://www.gob.pe/senamhi)

Todos los derechos reservados.  
Prohibida la reproducción de este libro por cualquier medio, total o parcialmente, sin permiso expreso.

El Proyecto de “Mejora de la capacidad adaptativa de las comunidades andinas a través de los servicios climáticos” (ENANDES), es una iniciativa que busca fortalecer la capacidad de la sociedad y las comunidades de Chile, Colombia y Perú para adaptarse a la variabilidad y el cambio climático. Esta intervención del 2021 al 2025, está financiada por el Fondo de Adaptación e implementada por la Organización Mundial de Meteorología, en asociación con el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Perú – SENAMHI, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia – IDEAM, la Dirección Meteorológica de Chile – DMC y el Centro Internacional de Investigación del Fenómeno de El Niño – CIIFEN.

Referencia sugerida:  
SENAMHI - CENEPRED (2025). Estudio de evaluación de riesgos por flujos de detritos en la subcuenca de Pedregal. Distrito de Lurigancho, provincia y departamento de Lima. Obregón Ch. K., L. M. Hernández, W. Lavado, A. Goyburo y A. Díaz. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. En el marco del Proyecto: Mejora de la capacidad de adaptación de las comunidades andinas a través de los Servicios Climáticos (ENANDES).

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	5
I. ASPECTOS GENERALES.....	6
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
1.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS .....	6
1.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	6
1.4. VÍAS DE ACCESO .....	6
1.5. CARACTERÍSTICAS SOCIALES.....	6
1.6. DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA QUEBRADA .....	7
1.7. ANTECEDENTES DE PELIGROS .....	13
II. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD .....	14
2.1. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL PELIGRO .....	14
2.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS .....	15
2.3. CARACTERIZACIÓN Y PONDERACIÓN DE LOS PELIGROS .....	16
2.3.1. Factores condicionantes.....	16
2.3.2. Factor desencadenante.....	23
2.3.3. Parámetro de evaluación.....	24
2.4. PONDERACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA SUSCEPTIBILIDAD .....	28
2.5. DEFINICIÓN DEL ESCENARIO .....	28
2.6. IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS .....	28
2.7. NIVELES DE PELIGRO.....	29
2.8. ZONIFICACIÓN DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD .....	30
III. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD.....	32
3.1. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD .....	32
3.2. ANÁLISIS DE VULNERABILIDADES.....	34
3.2.1. Análisis de la dimensión social. ....	34
3.2.2. Análisis de la dimensión económica.....	35
3.3. NIVELES DE VULNERABILIDAD .....	37
3.4. ZONIFICACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD .....	38
IV. CÁLCULO DE RIESGOS .....	41
4.1. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGOS.....	41
4.2. CÁLCULO DE POSIBLES PÉRDIDAS.....	45
V. CONTROL DE RIESGOS .....	45
5.1. DE LA EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS .....	45
5.1.1. Matriz de consecuencias .....	45
5.1.2. Matriz de frecuencias .....	46
5.1.3. Matriz de consecuencia y daño.....	46

5.1.4. Matriz de medidas cualitativas de consecuencia y daño. ....	46
5.1.5. Matriz de medidas de aceptabilidad y tolerancia. ....	47
5.1.6. Matriz de prioridad de la intervención. ....	47
VI. MEDIDAS DE REDUCCIÓN Y PREVENCIÓN DEL RIESGO POR FLUJOS DE DETRITOS. ....	48
6.1. MEDIDAS ESTRUCTURALES. ....	48
6.1.1. A corto plazo. ....	48
6.1.2. A mediano y largo plazo. ....	48
6.2. MEDIDAS NO ESTRUCTURALES. ....	48
VII. CONCLUSIONES. ....	49
VIII. RECOMENDACIONES. ....	50
IX. BIBLIOGRAFÍA. ....	51
X. ANEXOS. ....	52
10.1. PONDERACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL PELIGRO (Anexo 01) ....	52
10.1.1. Factores condicionantes. ....	52
10.1.2. Factor desencadenante. ....	56
10.1.3. Parámetro de evaluación. ....	57
10.2. PONDERACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD. ....	58

## INTRODUCCIÓN

El Proyecto ENANDES busca fortalecer la capacidad de la sociedad y las comunidades de Chile, Colombia y Perú para adaptarse a la variabilidad del clima y el cambio climático, mediante la elaboración, difusión y evaluación del uso de información útil proveniente de fuentes confiables y autorizadas, que sirva como base científica en la adopción de decisiones y la formulación de políticas sobre la preparación frente a los peligros climáticos y la reducción de sus impactos.

Esta intervención de cuatro años (2021 - 2025) es financiada por el Fondo de Adaptación e implementada por la Organización Mundial de Meteorología (OMM) en asociación con el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Perú – SENAMHI para el caso de Perú, contando con el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) como uno de sus socios nacionales.

En el Perú, la mayor cantidad de precipitaciones se registra durante los meses de verano (enero a marzo), cuya intensidad depende del comportamiento del océano y de la atmósfera. En diversas ocasiones, estas precipitaciones superan los valores normales, generando situaciones de emergencia en diferentes localidades del país, durante los eventos El Niño Costero de 2017 (INGEMMET, 2017), el ciclón Yaku en 2023 (SENAMHI, 2024), así como en la presencia de lluvias anómalas registradas en Lima en 1970 (IGP, 2023).

En ese contexto, se elaboró el Estudio de riesgo por flujos de detritos en la subcuenca de Pedregal, ubicada en el distrito de Lurigancho, provincia y departamento de Lima, con la colaboración de la Municipalidad Distrital de Lurigancho, a través de su Subgerencia de Defensa Civil, Prevención, Reducción y Reconstrucción. Los desastres ocasionados por este tipo de peligro han tenido un impacto negativo en la población asentada, así como en la infraestructura de transporte, agua y saneamiento, educación, entre otros.

Este estudio constituye un primer paso hacia la elaboración del Informe de Evaluación del riesgo por flujo de detritos en la subcuenca del Pedregal, a cargo de la Municipalidad Distrital de Lurigancho, el cual le permitirá definir acciones de reducción del riesgo de desastres a corto y mediano plazo, en coordinación con las entidades competentes en la gestión del riesgo de desastres.

## I. ASPECTOS GENERALES

### 1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los niveles de riesgos por los flujos de detritos (huaycos) en el área de influencia de la subcuenca de Pedregal en el distrito de Lurigancho, provincia de Lima, departamento de Lima.

### 1.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Analizar y caracterizar el peligro por flujos de detritos (huaycos) del área de influencia de la subcuenca de Pedregal.
- Analizar y determinar la vulnerabilidad del área de influencia de la subcuenca de Pedregal ante la presencia de peligros por los flujos de detritos (huaycos).
- Calcular el riesgo y proponer medidas de prevención y reducción del riesgo para el área de influencia de la subcuenca de Pedregal, ante el peligro por flujos de detritos (huaycos).

### 1.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La zona de estudio se encuentra en la parte baja de la cuenca del río Rímac e incluye un afluente conocido como la quebrada Pedregal, ubicada en el distrito de Lurigancho a una altitud de 900 m.s.n.m. En su punto más alto, la quebrada alcanza aproximadamente los 2326.70 m.s.n.m. y una elevación promedio de 1532.10 m.s.n.m. La zona limita al norte con el distrito de San Antonio (provincia de Huarochirí), al este con el distrito de Santa Eulalia y Ricardo Palma (provincia de Huarochirí), al sur con el distrito de Antioquia (provincia de Huarochirí) y al oeste con el distrito de Lurigancho (provincia de Lima).

### 1.4. VÍAS DE ACCESO

El principal acceso al distrito de Lurigancho es la Carretera Central. La zona se accede por la margen derecha del río Rímac, directamente desde la ciudad de Lurigancho (Chosica).

### 1.5. CARACTERÍSTICAS SOCIALES

De acuerdo con el INEI (2017), la subcuenca de Pedregal comprende un total de 11339 personas. El Cuadro 1 muestra la distribución poblacional de acuerdo a grupos de edades.

**Cuadro N° 1. Población por grupo de edades de la subcuenca Pedregal**

Distrito	Sector	Manzanas censales	Población					
			Total	0 a 14 años	15 a 29 años	30 a 44 años	45 a 64 años	> a 65 años
Lurigancho	Pedregal	152	11339	2734	2733	2448	1909	1515

Fuente: INEI 2017.

Asimismo, un total de 3070 viviendas, de los cuales 2397 corresponden a edificaciones con material predominante de muros el ladrillo o cemento como material, equivalente al 78% del total.

**Cuadro N° 2. Viviendas según material predominante de muros de la subcuenca Pedregal**

Distrito	Sector	Manzanas censales	Viendas					
			Total	Ladrillo o bloque de cemento	Piedra/Sillar con cal/cemento	Adobe	Madera	Precario
Lurigancho	Pedregal	152	3070	2397	58	59	0	207

Nota: Material precario incluye: piedra con barro, tapia, quincha, triplay, calamina, estera otros.

Fuente: INEI 2017.

El abastecimiento de agua en el sector Pedregal, en su mayoría, es mediante red pública dentro de las viviendas con un total. Según el Censo Nacional 2017, la cantidad de viviendas con este tipo de abastecimiento de agua asciende a 2284 viviendas, lo que equivale al 84% del total (Cuadro N° 3).

**Cuadro N° 3. Viviendas según su abastecimiento de agua de la subcuenca Pedregal**

Distrito	Sector	Manzanas censales	Viviendas según su abastecimiento de agua					
			Total	Red pública dentro de la vivienda	Red pública fuera de la vivienda	Pilón/pileta uso público	Pozo (agua subterránea)	Otros
Lurigancho	Pedregal	152	2721	2284	325	19	13	80

Fuente: INEI 2017.

Por otro lado, el 83% (2250) del total de viviendas tienen servicio de red pública de desagüe dentro de esta, tal como se muestra en el Cuadro N° 4.

**Cuadro N° 4. Viviendas según su servicio de desagüe de la subcuenca Pedregal**

Distrito	Sector	Manzanas censales	Viviendas según su servicio de desagüe					
			Total	Red pública de desagüe dentro de la vivienda	Red pública fuera de la vivienda	Pozo/tanque séptico, bio digestor	Letrina (con tratamiento)	Otros
Lurigancho	Pedregal	152	2721	2250	363	12	17	79

Fuente: INEI 2017.

Existe un total de viviendas 2620 viviendas que cuentan con alumbrado público, lo cual equivale al 96% del total (Cuadro N° 5).

**Cuadro N° 5. Viviendas según su servicio de alumbrado público de la subcuenca Pedregal**

Distrito	Sector	Manzanas censales	Viviendas según su servicio de alumbrado público		
			Total	Si dispone de alumbrado	No dispone de alumbrado
Lurigancho	Pedregal	152	2721	2620	101

Fuente: INEI 2017.

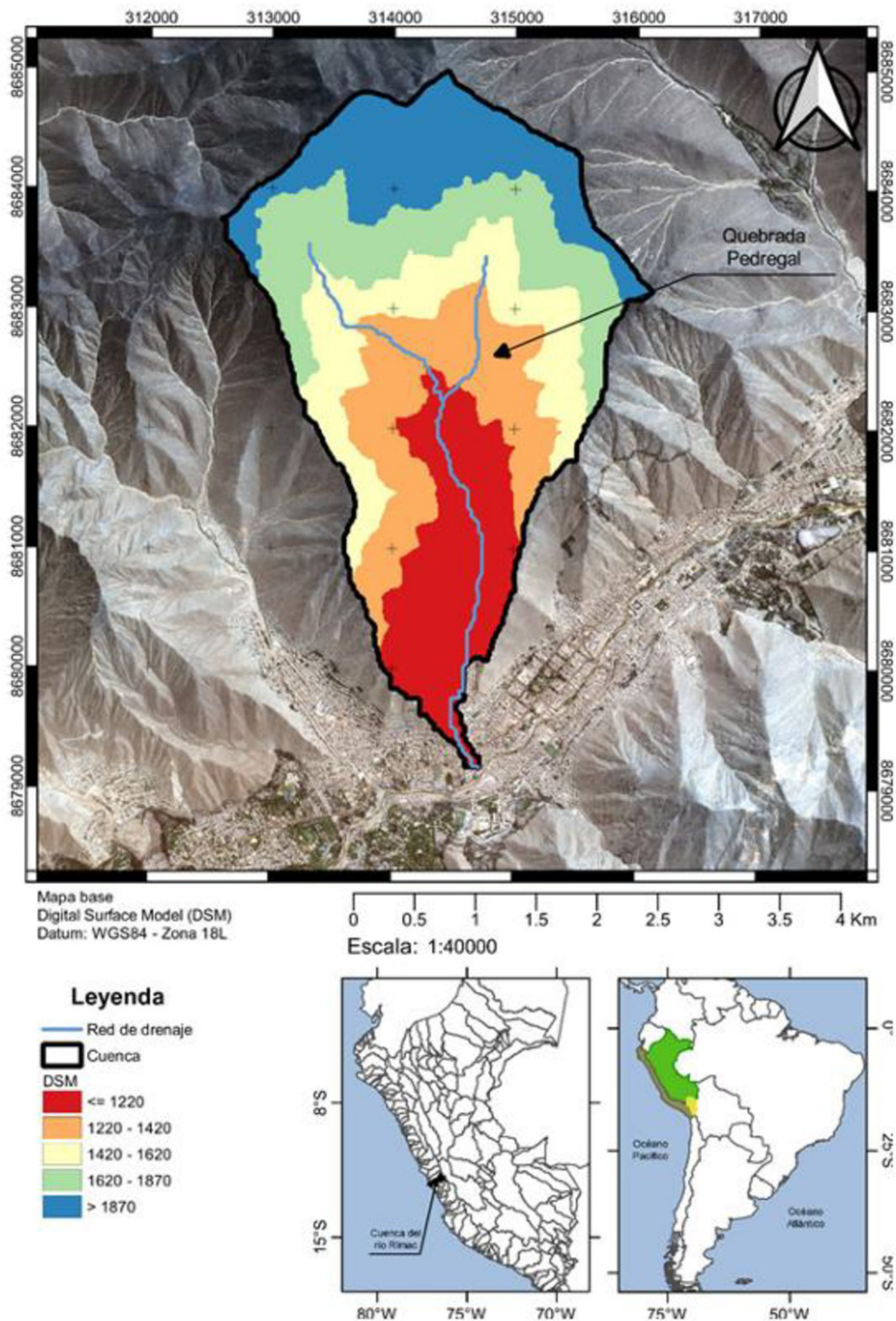
## 1.6. DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA QUEBRADA

Conforme a lo descrito en el entregable N° 5<sup>1</sup> del SENAMHI, titulado caracterización de inundaciones por flujos hiperconcentrados en la quebrada pedregal, 2024 (En adelante SENAMHI, 2024), en la subcuenca se presentan las siguientes características:

La quebrada Pedregal, ubicada en la vertiente del Pacífico en la región costera del Perú, es un cauce seco que naturalmente drena hacia el río Rímac. Con un área de 10.3 km<sup>2</sup>, la quebrada se extiende desde los 822.39 m.s.n.m. hasta los 2326.7 m.s.n.m., presentando un considerable gradiente altitudinal. El perfil longitudinal de la quebrada muestra un desnivel de 1,504.31 metros, con una longitud total de 5.6 km y una pendiente media de 14.74%.

<sup>1</sup> <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/3823>

**Figura N° 1. Ubicación de la quebrada Pedregal que drena hacia el río Rímac en el distrito de Lurigancho.**



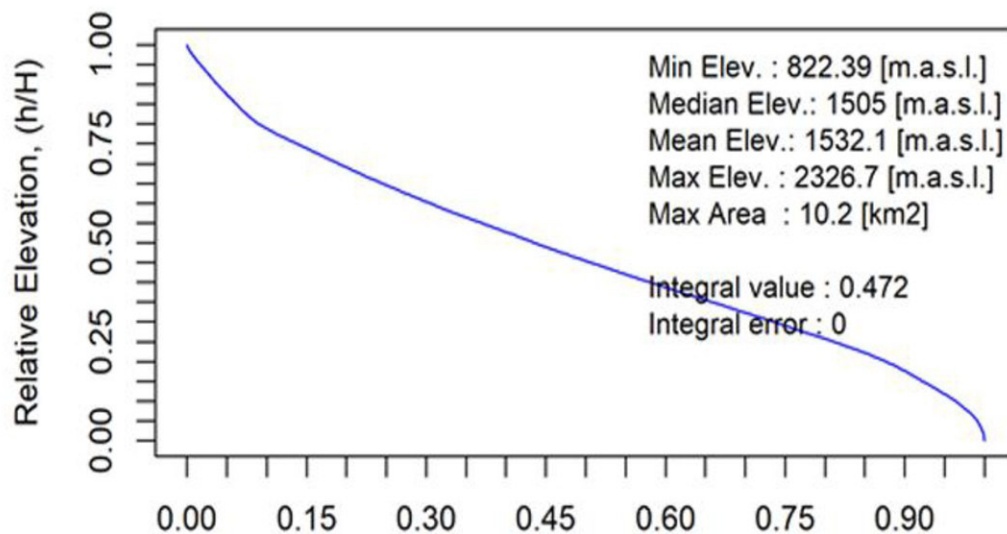
Elaboración: SENAMHI. 2020<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Asencios, H.; Millán C, Rojas E.; Breña J.C. (2020). Caracterización del peligro por movimientos en masa debido a lluvias extremas en las quebrada Pedregal -Informe Final. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú –SENAMHI. Dirección de hidrología -DHI. Mayo 2020.

Analizando los parámetros de relieve, se observa que el cauce principal tiene una longitud de 5.7 km, con una pendiente media elevada de 14.8%. Además, las laderas adyacentes tienen una pendiente media de 50.4%, lo que indica un entorno de montaña o pie de monte.

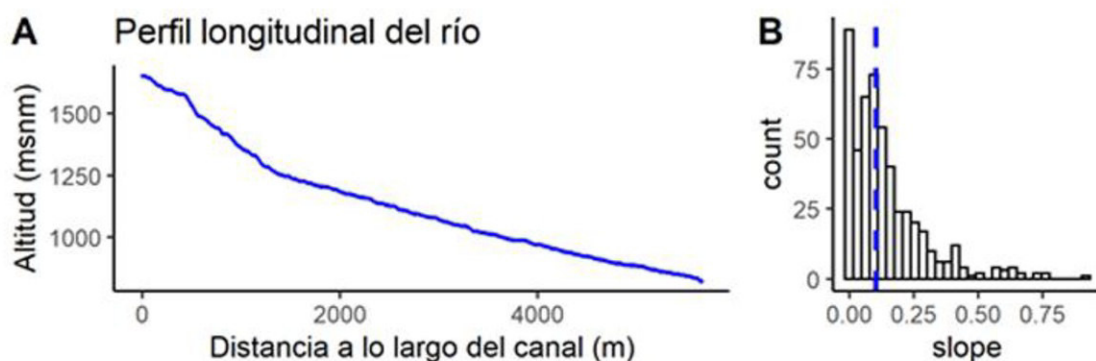
Estas características sugieren que la quebrada Pedregal posee una alta capacidad de transporte de sedimentos durante eventos de lluvias intensas o avenidas, y que su respuesta hidrológica es rápida. Esto significa que, en periodos de precipitaciones significativas, es probable que el flujo de agua y material movilizado se produzca de forma súbita y violenta, lo que aumenta el riesgo de erosión y la potencial generación de flujos de detritos.

Figura N° 2. Curva hipsométrica de la quebrada Pedregal, Luriganchó.



Elaboración: SENAMHI. 2020.

Figura N° 3. Perfil longitudinal del tramo principal de la quebrada (A); y Histograma de frecuencia de la pendiente longitudinal (B).

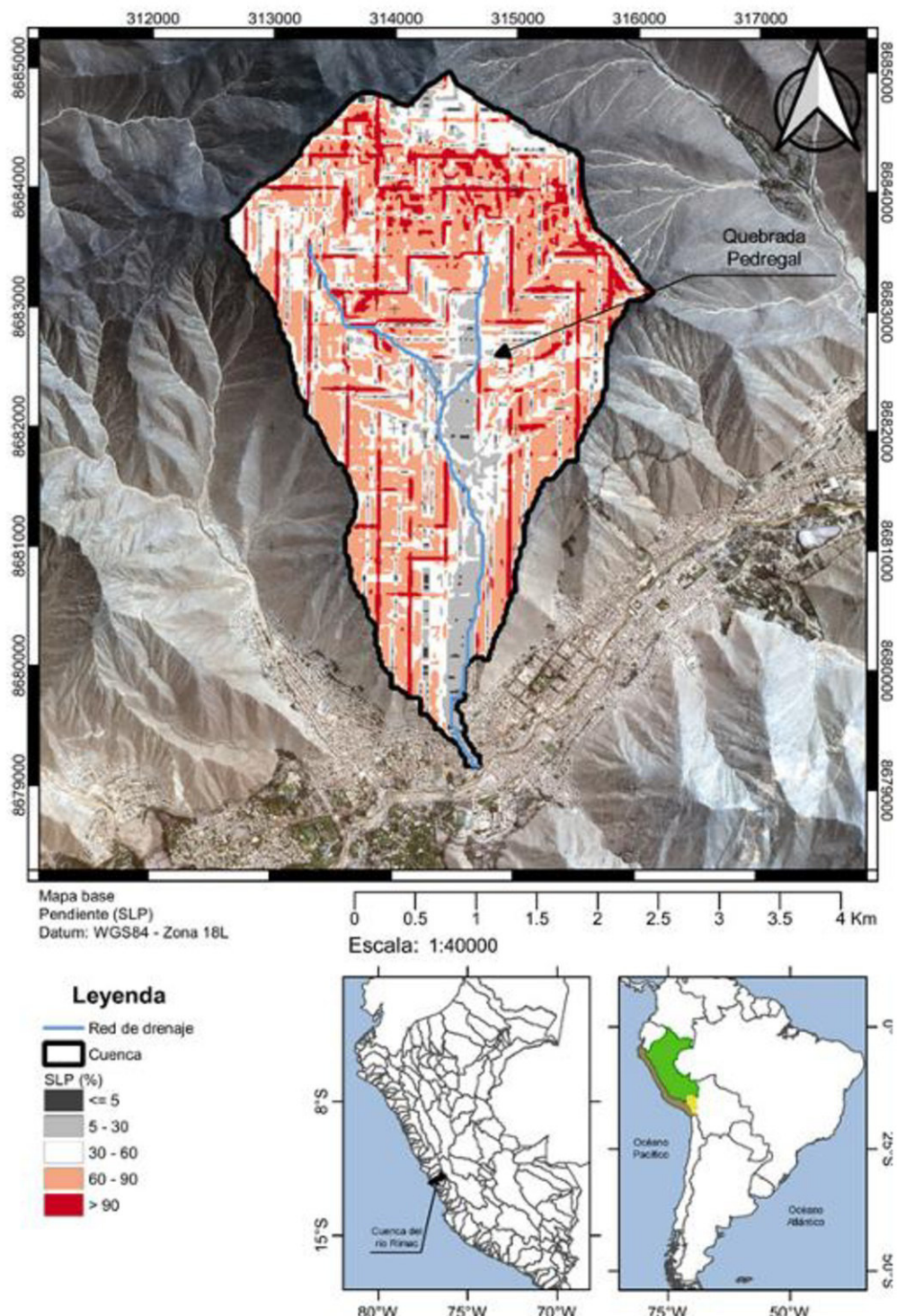


Elaboración: SENAMHI. 2020.

La quebrada en estudio muestra una marcada variabilidad espacial en sus pendientes, tanto en las laderas como en la red de drenaje. En las áreas cercanas al cono aluvial, donde está asentada la población, predominan las pendientes moderadas, menores al 10%. Estas pendientes más suaves favorecen la deposición de sedimentos que se generan y transportan desde las zonas media y alta de la quebrada, donde las pendientes son más pronunciadas.

La acumulación de sedimentos en esta zona baja es típica de áreas aluviales, donde los materiales arrastrados por eventos de precipitación intensa se depositan al disminuir la velocidad de flujo del agua. Esto genera un entorno geomorfológico que puede afectar la estabilidad del suelo y aumentar el riesgo de inundaciones y sedimentación excesiva en las áreas habitadas. Por lo tanto, el manejo adecuado del riesgo en estas zonas requiere una comprensión detallada de los patrones de transporte y deposición de sedimentos, así como medidas de mitigación para proteger a la población asentada en el cono aluvial.

Figura N° 4. Distribución espacial de la pendiente (%) de la quebrada Pedregal, Lurigancho.



Elaboración: SENAMHI. 2020.

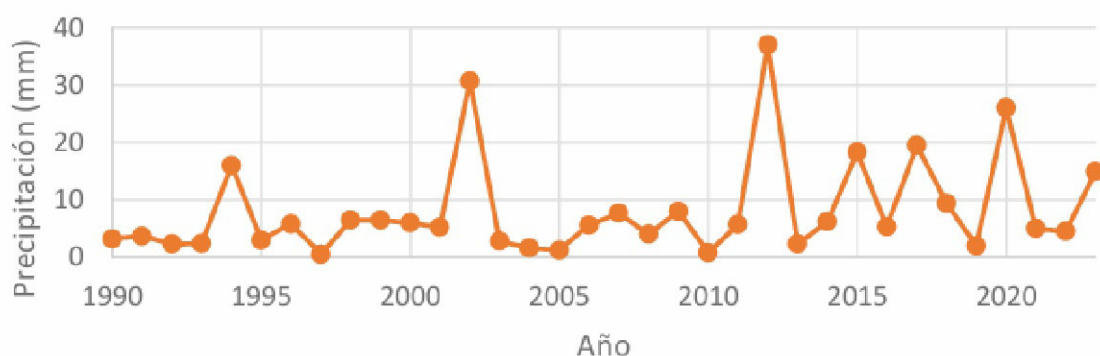
De las estaciones pluviométricas con las que se cuenta con información de precipitación máxima en 24 horas, se estableció que la más representativa es la estación Chosica, por presentar una longitud de 34 años de datos para poder realizar el análisis de frecuencias respectivo.

**Cuadro N° 6. Precipitación máxima en 24 horas registrada en la estación Chosica.**

AÑO	Pp máx 24H	AÑO	Pp máx 24H
1990	3.2	2007	7.7
1991	3.7	2008	4
1992	2.3	2009	8
1993	2.4	2010	0.8
1994	16	2011	5.7
1995	3	2012	37
1996	5.8	2013	2.3
1997	0.5	2014	6.2
1998	6.5	2015	18.3
1999	6.5	2016	5.3
2000	6	2017	19.5
2001	5.2	2018	9.4
2002	30.7	2019	2
2003	2.8	2020	26
2004	1.6	2021	5
2005	1.2	2022	4.5
2006	5.6	2023	14.9

Elaboración: SENAMHI. 2024.

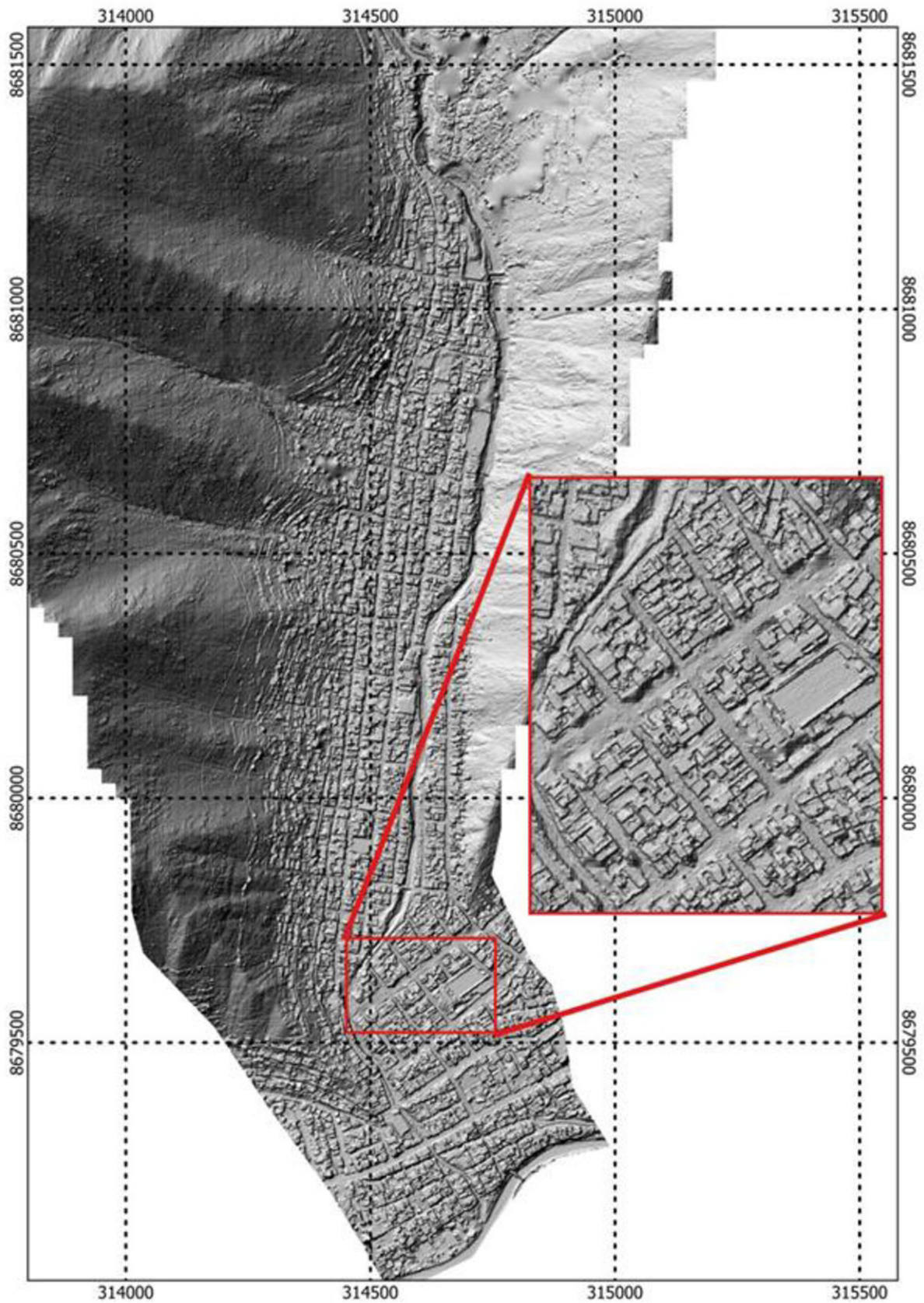
Figura N° 5. Serie de tiempo de la precipitación máxima en 24 horas de la estación Chosica.



Elaboración: SENAMHI. 2024.

La información de elevaciones empleada para el modelo hidráulico fue obtenida principalmente de un Modelo Digital de Superficie (MDS) de alta resolución espacial (~1 m), generado mediante fotogrametría con drones. Esto permite una representación lo más cercana posible al impacto que generarían los caudales propuestos para cada periodo de retorno.

Figura N° 6. Modelo digital del terreno del área urbana de la quebrada Pedregal.



Elaboración: SENAMHI. 2024.

## 1.7. ANTECEDENTES DE PELIGROS

Conforme al estudio realizado por el Instituto Geofísico del Perú (IGP) (Castro, Tavera, & Bejarano, 2023), se documentaron los siguientes antecedentes de eventos recientes:

En 1976, el 30 de enero, una fuerte lluvia ocasiona la caída de dos huaycos en Chosica. Uno en la zona de Tarazona y otro en Pedregal, afectando varias viviendas e interrumpiendo la Carretera Central.

Durante el Fenómeno El Niño de 1983 El 5 de marzo, en Matucana, Santa Eulalia y Chosica, sucede una serie de huaycos en las localidades de Cupiche, río Seco, San Bartolomé, Cocachacra, Ricardo Palma, Santa Eulalia, El Pedregal y Quirio. Las prolongadas precipitaciones tornaban la situación bastante difícil para el transporte en la Carretera Central y la vía férrea.

En 1987, el 9 de marzo a las 4: 15 en la zona de Pedregal en Chosica, se precipitó un huayco que sepultó a 80 viviendas dejando varios muertos, heridos y personas desaparecidas. Los asentamientos más afectados fueron San Antonio de Pedregal Alto y Bajo y Nicolás de Piérola.

En 2009, el 15 de febrero, tres huaycos consecutivos irrumpen la tranquilidad de los chosicanos. El primero se produjo en la quebrada de Pedregal, el segundo en la quebrada Quirio y el tercero en la quebrada Mariscal Castilla. En los asentamientos humanos de María Auxiliadora y 1° de Octubre más de cien viviendas fueron afectadas y otras se perdieron por completo. La quebrada Pedregal se cobró la vida de una adolescente que corría a su casa para evitar que esta se inunde. Fue arrastrada hacia el río Rímac y su cuerpo fue encontrado 10 km. aguas abajo en el distrito de Chaclacayo.

En 2015, el martes 10 de febrero, una fuerte lluvia generó deslizamientos de lodo y rocas afectando a más de diez viviendas en las zonas de Nicolás de Piérola y Mariscal Castilla en Chosica. Las quebradas activadas fueron Quirio, Yanacoto, Rosario, Santo Domingo y Pedregal. En total 22 familias fueron damnificadas y más de 100 perdieron parcialmente sus viviendas. El 24 de marzo, se registran nuevos eventos adversos en las quebradas de Chosica, dejando al menos 5 muertos, tres heridos y más de tres personas desaparecidas según el Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci). Las zonas más afectadas por los deslizamientos fueron la quebrada Libertad, Moyopampa, Carosio, Corrales y Pedregal, dejando más de 95 familias afectadas y 45 viviendas inhabitables.

La masa de lodo y rocas dejó sepultado a varios camiones y unidades de transporte público, llegando a bloquear la vía por varios días. En la quebrada El Pedregal, varias viviendas y calles fueron afectadas por la caída de rocas. Estas rompieron la tubería matriz de agua que viene desde Santa Eulalia para el abastecimiento de la población de San Antonio.

Durante el fenómeno de El Niño Costero de 2017, el 16 de enero, otro huayco se produce en la zona de la quebrada Olla de Barro en Santa Eulalia, afectando la avenida San Martín. En Chosica la quebrada Carosio, Corrales y Pedregal, interrumpieron el transporte en la Carretera Central.

En la cuenca del río Rímac, este tipo de fenómenos es muy frecuente y recurrente, esta información resalta la vulnerabilidad de las infraestructuras críticas y comunidades locales frente a eventos de precipitaciones intensas y la activación de quebradas.

Más recientemente, en marzo de 2023, la quebrada Pedregal volvió a activarse debido a las fuertes lluvias provocadas por el ciclón Yaku, afectando el tránsito vehicular y causando daños en la infraestructura local.

## II. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD

### 2.1. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL PELIGRO

El análisis del peligro por flujos de detritos en el distrito de Lurigancho se basa en los resultados presentados en el entregable N° 5 del SENAMHI, 2024, titulado caracterización de inundaciones por flujos hiperconcentrados en la quebrada pedregal (En adelante SENAMHI, 2024). Este informe detalla las condiciones físicas que facilitan la producción de sedimentos debido a flujos hiperconcentrados provocados por precipitaciones máximas en 24 horas, y proporciona una caracterización espacial del parámetro de profundidad y velocidad del tránsito de dichos flujos en la zona urbana de la quebrada Pedregal.

El documento describe una evaluación preliminar, donde las distribuciones de probabilidad se evaluaron para la serie de precipitaciones máximas de la estación Chosica, esta estación cuenta con una serie de registros de 33 años (1990 – 2023), luego calcularon la serie de precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno (2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500). Cabe resaltar que se realizó un ajuste a las precipitaciones máximas por el factor 1,13, utilizado para corregir los sesgos de subestimación de mediciones tomadas en intervalos fijos cada 24 horas, de acuerdo con lo recomendado por la World Meteorological Organization (WMO, 1994). Las precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes periodos de retornos se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 7. Magnitud de la precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno**

	2	5	10	25	50	100	200	500
Mediana	5.86	13.16	20.12	31.71	42.64	55.41	70.66	94.72
2.50 %	4.24	9.05	13.24	19.64	25.08	30.84	37.31	46.49
97.50 %	8.22	19.03	31.17	52.08	74.02	101.99	136.09	195.48

Elaboración: SENAMHI. 2024.

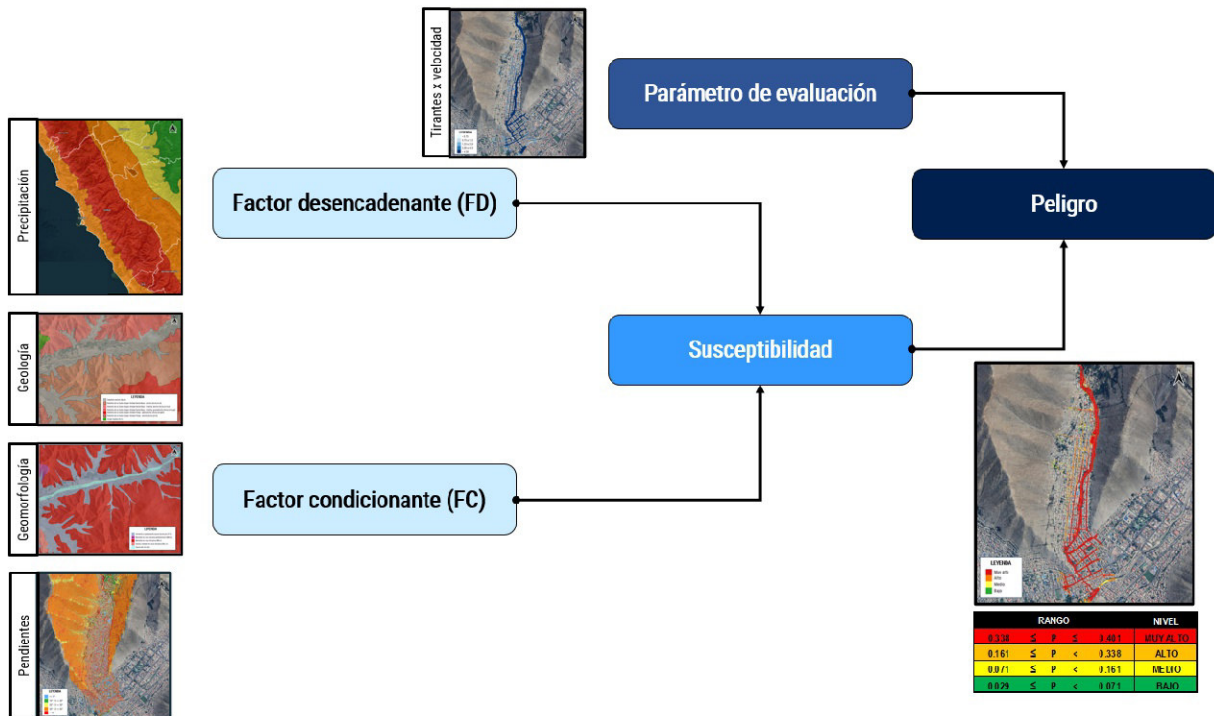
Para la tormenta de diseño se utilizó el Método del Bloque Alterno, donde la Precipitación máxima (Pmax) obtenida por la distribución LogNormal para los tiempos de retorno fue distribuida en bloques temporales específicos, asignando mayores intensidades al centro de la tormenta y disminuyendo hacia los extremos, garantizando que la suma de las precipitaciones asignadas coincida con Pmax. Finalmente, se verificó la coherencia de los hietogramas mediante sumatorias precisas y se generaron visualizaciones gráficas para validar la distribución temporal de la precipitación, exportando los resultados para su uso en el diseño hidráulico y la documentación técnica correspondiente. Para el presente estudio se utilizó la distribución de tormenta SCS-II que corresponde a lluvias orográficas de 6 horas de duración.

Para el modelado hidrológico, se utilizó FLO-2D que se basa en la resolución de ecuaciones de flujo en dos dimensiones, utilizando un enfoque numérico que toma en cuenta tanto la pendiente del terreno como la resistencia al flujo debido a la rugosidad del suelo. Para comenzar una simulación, se requiere un modelo digital del terreno (DTM), que proporciona una representación detallada de la topografía de la zona de estudio. A partir de esta información, el modelo es capaz de calcular la dirección, velocidad y profundidad del agua en cada celda del área modelada. El software también puede incorporar características adicionales, como estructuras hidráulicas (canales, presas, alcantarillas) y barreras naturales, lo que permite simular escenarios más realistas. Para representar la repuesta hidrológica de la cuenca se utiliza la metodología de la Curva Numero. La cual consiste en asignar un valor a la superficie del suelo según la cobertura y el tipo de suelo.

El producto final de este análisis se usa como un parámetro de evaluación para realizar comparaciones por pares mediante el método de análisis jerárquico de Saaty. Esto permite

establecer escalas de prioridad y calcular los pesos asociados, los cuales se comparan con los datos de vulnerabilidad para determinar el riesgo, según lo establecido en el Manual para la Evaluación de Riesgos por Fenómenos Naturales V.2.

**Figura N° 7. Metodología para determinación de los niveles de peligrosidad.**

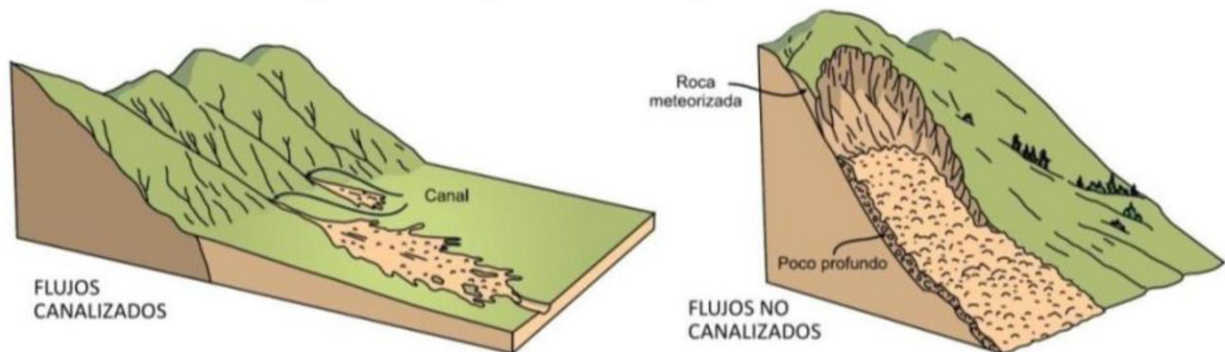


Fuente: Adaptado de CENEPRED 2014. Manual para la Evaluación de Riesgos por Fenómenos Naturales V.2

## 2.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

Los flujos de detritos, conocidos en el Perú como "huaycos," son fenómenos comunes debido a la configuración geográfica del país, caracterizada por la presencia de altas montañas, laderas empinadas, y estribaciones occidentales áridas compuestas por rocas y suelos fácilmente erosionables cuando se exponen a lluvias intensas (Zavala et al., 2012). Según el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), las áreas afectadas por estos eventos suelen estar delimitadas por microcuencas, subcuencas, quebradas o riachuelos. Los daños más significativos suelen ocurrir en los conos o abanicos de deyección, que son los puntos terminales donde los cauces de estos flujos desembocan y depositan grandes volúmenes de material hacia otros cuerpos de agua.

**Figura N° 8. Flujos canalizados y no canalizados.**



Fuente: Cruden y Varnes, 1996.

Los huaycos, o flujos de detritos, tienen tres partes principales en su distribución: la cuenca de recepción, el canal de flujo, y el cono de deyección. El comportamiento del flujo y el daño que puede causar en cada una de estas zonas depende de factores como la pendiente del terreno y las características del suelo o las unidades litológicas.

De acuerdo con la definición de Varnes (1978), un flujo es un tipo de movimiento en masa que se asemeja al comportamiento de un fluido. Estos movimientos pueden ser rápidos o lentos, saturados de agua o relativamente secos. En algunos casos, los flujos de detritos pueden originarse como resultado de otros tipos de movimientos en masa, como deslizamientos o caídas de rocas.

Dado que estos fenómenos son complejos, es importante aclarar las diferencias entre un flujo de detritos y una avalancha de detritos. Un flujo de detritos es un movimiento en masa que sigue un cauce o canal, mientras que una avalancha de detritos se desliza por laderas de alta pendiente y puede, eventualmente, canalizarse y desencadenar un flujo. Así, una avalancha en una ladera empinada puede actuar como un factor detonante que dé origen a un flujo de detritos canalizado.

## 2.3. CARACTERIZACIÓN Y PONDERACIÓN DE LOS PELIGROS

### 2.3.1. Factores condicionantes

**PENDIENTE.** Se clasificó la pendiente del ámbito de estudio en los siguientes rangos:

- **Pendientes > 45°.** Son pendientes muy pronunciadas (mayores de 45°), los flujos de detritos tienen la capacidad de movilizarse rápidamente debido a la gravedad. Estas pendientes favorecen la aceleración de materiales sólidos como rocas, tierra y sedimentos, facilitando su descenso con gran velocidad. Aunque estas pendientes aumentan la velocidad del flujo, el material puede ser expulsado de las laderas y depositarse rápidamente en áreas con menor pendiente, afectando a la población asentada en la parte baja de la Quebrada.

Se asigna un peso más alto, la energía es alta, el material no se acumula en estas pendientes tan empinadas; más bien, se desplaza rápidamente hacia zonas con pendientes menores.

- **Pendientes de 30° a 45°.** En este rango de pendiente, los flujos de detritos todavía se movilizan con alta velocidad, pero comienzan a tener una mayor interacción con el terreno, lo que puede contribuir a un flujo más sostenido y dirigido. Estas pendientes son críticas porque aún permiten una gran aceleración, y el material en movimiento sigue teniendo suficiente energía para causar daño significativo al llegar a la parte baja de la quebrada.

Se asigna un peso alto a este rango, ya que el material todavía conserva mucha energía cinética y puede recorrer grandes distancias, impactando en las zonas con pendientes menores.

- **Pendientes de 20° a 30°.** En pendientes moderadas, el flujo de detritos comienza a disminuir su velocidad, pero aún se mantiene lo suficientemente rápido como para seguir desplazándose y acumularse. Las pendientes de este rango son importantes porque permiten que el flujo de detritos mantenga una trayectoria sostenida hacia abajo, afectando directamente las zonas pobladas al pie de la quebrada.

Se asigna un peso moderado en este rango, ya que las velocidades son manejables para que el material no se detenga, pero aún es capaz de causar daño al acumularse en las zonas con pendientes menores.

- **Pendiente de 10° a 20°.** Las pendientes más suaves en este rango reducen aún más la velocidad del flujo de detritos, pero favorecen la acumulación de materiales. Aquí es donde los flujos de detritos pueden extenderse y comenzar a cubrir una mayor área. La energía del flujo es lo suficientemente baja para que los materiales comiencen a depositarse, creando un mayor peligro de impacto en las áreas planas.

Se asigna un peso bajo a estas pendientes porque, aunque la velocidad del flujo se reduce, el material comienza a acumularse y a cubrir más terreno.

- **Pendiente  $\leq 10^\circ$ .** En las pendientes más bajas, el flujo de detritos pierde la mayor parte de su energía, lo que causa que los materiales se depositen ampliamente. Estas zonas son las áreas de mayor acumulación, y la población asentada en estas pendientes tiene mayor probabilidad de sufrir el impacto directo de los flujos de detritos, ya que el material se esparce y puede cubrir grandes áreas.

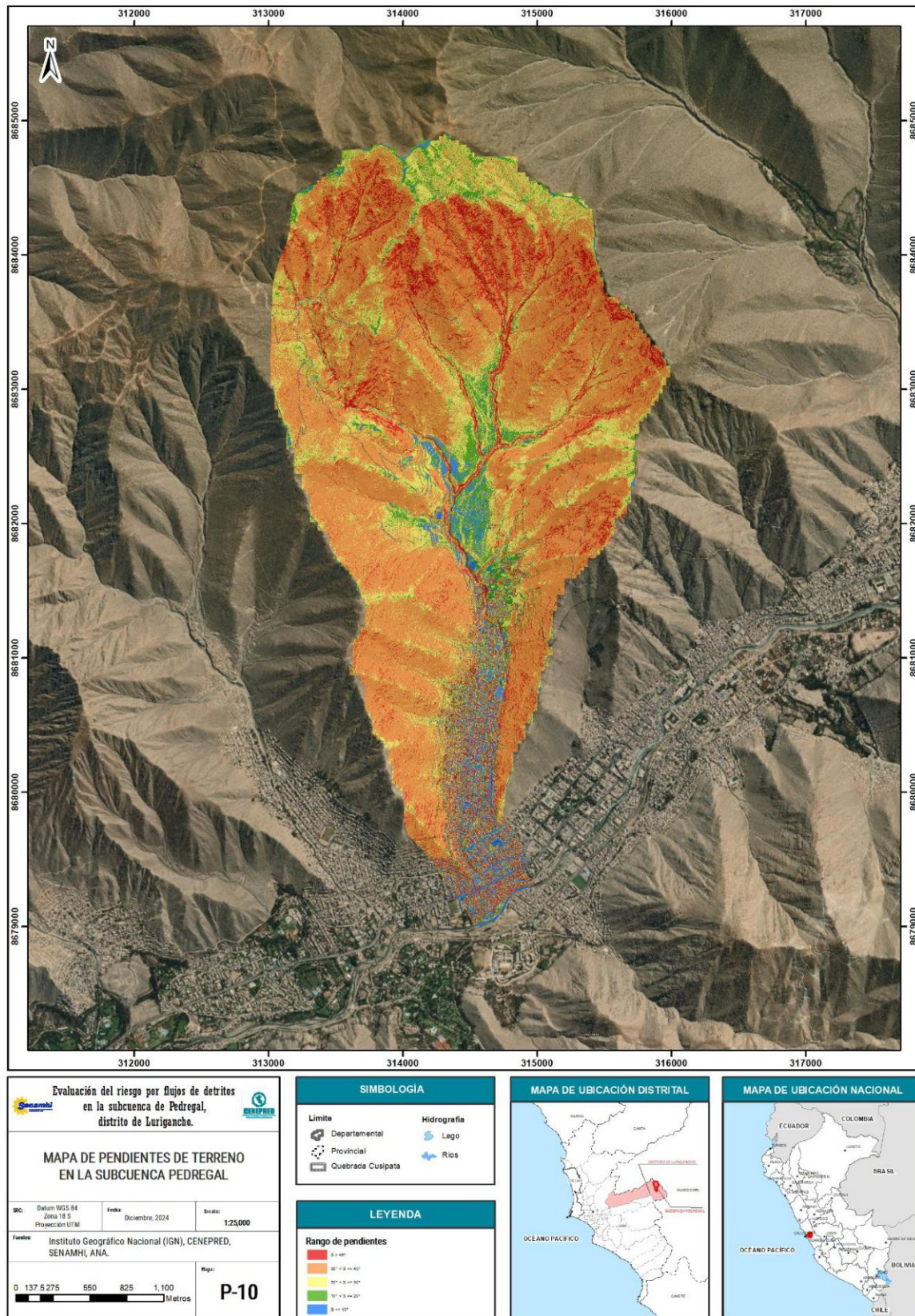
Se asigna un peso relativamente menor porque aquí es donde el flujo finalmente se deposita, afectando las zonas urbanas ubicadas en el pie de la quebrada.

**Cuadro N° 8. Peso ponderado del parámetro pendiente de terreno.**

Vector priorización	Descriptor
0.448	$> 45^\circ$
0.301	$30^\circ < S \leq 45^\circ$
0.155	$20^\circ < S \leq 30^\circ$
0.063	$10^\circ < S \leq 20^\circ$
0.033	$\leq 10^\circ$

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo 01 - Matriz de determinación del Peligro.xlsx).

Figura N° 9. Mapa de pendientes de terreno de la Subcuenca Pedregal.



Fuente: Vuelo del dron Wingtraone, SENAMHI.

**UNIDADES GEOLÓGICAS.** Las unidades geológicas que se encuentran en el ámbito de estudio son las siguientes:

- **Depósito aluvial (Qp-al).** Son depósitos cuaternarios no consolidados, compuestos por gravas, arenas, limos y bloques de diversa procedencia. Suelen encontrarse en quebradas activas, conos aluviales y zonas de acumulación de material removido. Alta erodabilidad y disponibilidad inmediata de sedimentos para ser movilizados durante eventos de lluvia intensa. Suelos sueltos que no ofrecen resistencia a la infiltración ni a la cohesión, favoreciendo el inicio y desarrollo de flujos de detritos.
- **Super unidad Santa Rosa - Tonalita, granodiorita (Ks-bc/sr-tn,gd).** Son rocas ígneas intrusivas que, si bien son compactas, suelen presentar fracturamiento intenso y alteración hidrotermal, lo cual genera detritos y bloques sueltos en pendientes empinadas. Al alterarse, forman regolito inestable que puede ser desencadenante de procesos de remoción en masa. Además, las pendientes donde afloran estas rocas son pronunciadas, lo que aumenta la escorrentía superficial.
- **Superunidad Santa Rosa - Tonalita, diorita (Ks-bc/sr-tn,di).** La diorita tiende a ser más resistente a la meteorización, lo que disminuye en cierta medida la producción de sedimentos sueltos. Sin embargo, su comportamiento en condiciones estructuralmente alteradas también puede contribuir a la generación de detritos, aunque con menor intensidad.
- **Super Unidad Santa Rosa - diorita (Ks-bc/sr-di).** Composición más homogénea y mayor resistencia a la alteración química. Produce menor cantidad de sedimentos sueltos en comparación con las tonalitas o granodioritas. Tiene menor fracturamiento, lo que reduce la disponibilidad de material para flujos.
- **Superunidad Patap - Gabrodiorita (Ks-bc/pt-gbdi).** Las gabrodioritas son rocas ígneas más compactas, resistentes y menos alterables. Baja erodabilidad y fracturamiento limitado en comparación con las demás unidades ígneas. Menor producción de detritos y, por lo tanto, menor contribución directa a los flujos de detritos.

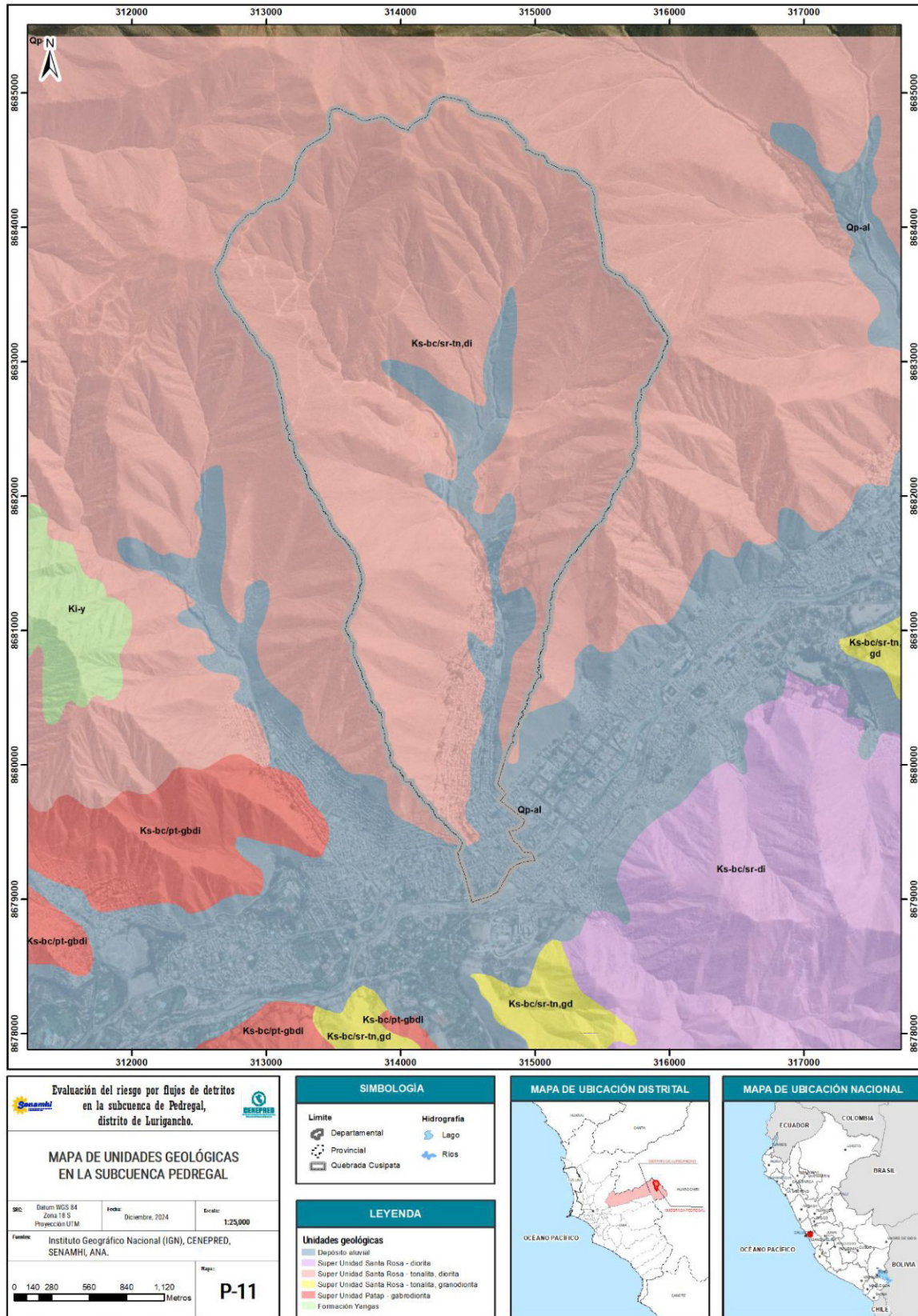
**Cuadro N° 9. Peso ponderado del parámetro unidades geológicas.**

Vector priorización	Descriptor
0.445	Depósito aluvial (Qp-al).
0.297	Super unidad Santa Rosa - Tonalita, granodiorita (Ks-bc/sr-tn,gd).
0.147	Superunidad Santa Rosa - Tonalita, diorita (Ks-bc/sr-tn,di).
0.073	Super Unidad Santa Rosa - diorita (Ks-bc/sr-di)
0.037	Superunidad Patap - Gabrodiorita (Ks-bc/pt-gbdi).

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo 01 - Matriz de determinación del Peligro.xlsx).

En el depósito fluvial (Qp-al) es donde el material transportado por los flujos de detritos se deposita. Los materiales sueltos en esta unidad pueden inundar y destruir estructuras, además de obstaculizar la infraestructura urbana.

Figura N° 10. Mapa de unidades geológicas.



Fuente: INGEMMET, cuadrángulo 24j.

**UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.** Las unidades geomorfológicas que se encuentran en el ámbito de estudio son las siguientes:

- **Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at).** Se trata de zonas de transición entre áreas montañosas y los fondos de valle, donde se acumulan depósitos mal consolidados y poco compactos producto de procesos aluviales y torrenciales. Son áreas de alta pendiente y sedimentación reciente, propensas a la acumulación y movilización de detritos. Alta susceptibilidad a procesos de remoción en masa y generación de flujos debido a su composición heterogénea y baja cohesión. Esta unidad es generalmente donde se inician o se canalizan los flujos de detritos, afectando también zonas pobladas ubicadas en abanicos aluviales.
- **Montaña en roca volcano-sedimentaria (RM-rvs).** Este tipo de roca es altamente fracturada, meteorizable y menos competente que las rocas intrusivas. Las pendientes fuertes y la inestabilidad estructural en estas montañas favorecen la generación de deslizamientos y caída de bloques, los cuales pueden incorporarse a flujos de detritos. Constituyen zonas de aporte de material sólido, sobre todo en eventos de precipitación intensa.
- **Montaña en roca intrusiva (RM-ri).** Aunque las rocas intrusivas (como tonalitas, dioritas) son generalmente más compactas, cuando están fracturadas o alteradas, pueden generar fragmentos de gran tamaño que se incorporan a los flujos. La pendiente pronunciada y el relieve escarpado en estas zonas las hace vulnerables a la escorrentía superficial intensa. Su aporte de material suele ser más rocoso que fino, contribuyendo al volumen y energía del flujo.
- **Terraza indiferenciada (Ti).** Son superficies elevadas formadas por antiguos depósitos aluviales, en general más estables y consolidadas. Aunque pueden ser erosionadas marginalmente, no suelen participar activamente en la generación de flujos de detritos. Su influencia es más pasiva, pudiendo ser zonas de paso o acumulación secundaria.
- **Cauce del río (Río) -.** El cauce del río actúa principalmente como vía de transporte o acumulación para los flujos de detritos, pero no los genera. Su función en el contexto del peligro es canalizar el flujo y amplificar sus efectos si se encuentra obstruido o modificado. Es importante para la propagación del peligro, pero su influencia directa en la generación del flujo es baja.

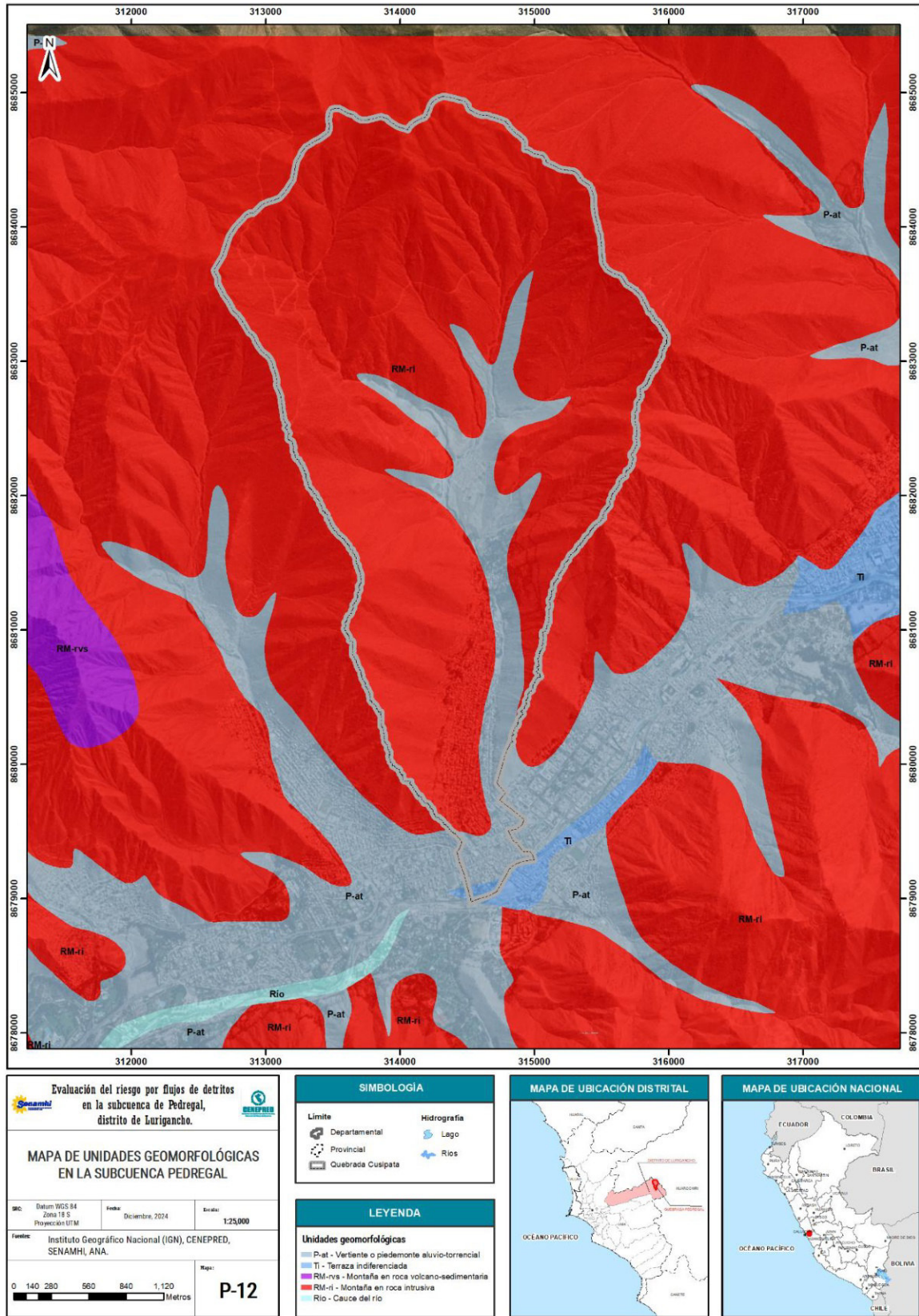
**Cuadro N° 10. Peso ponderado del parámetro unidades geomorfológicas.**

Vector priorización	Descriptor
0.445	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at).
0.297	Montaña en roca volcano-sedimentaria (RM-rvs).
0.149	Montaña en roca intrusiva (RM-ri).
0.077	Terraza indiferenciada (Ti).
0.032	Cauce del río (Río)

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo 01 - Matriz de determinación del Peligro.xlsx).

Se asigna un peso menor al cauce del río porque, aunque transporta material, no contribuye activamente a la generación de flujos. Las montañas en roca volcano-sedimentaria reciben un peso mayor porque son más erosionables y propensas a generar material suelto. El piedemonte aluvio-torrencial tiene el peso más alto porque es la zona de acumulación y material inestable.

Figura N° 11. Mapa de unidades geomorfológicas.



Fuente: INGEMMET, mapa geomorfológico del Perú.

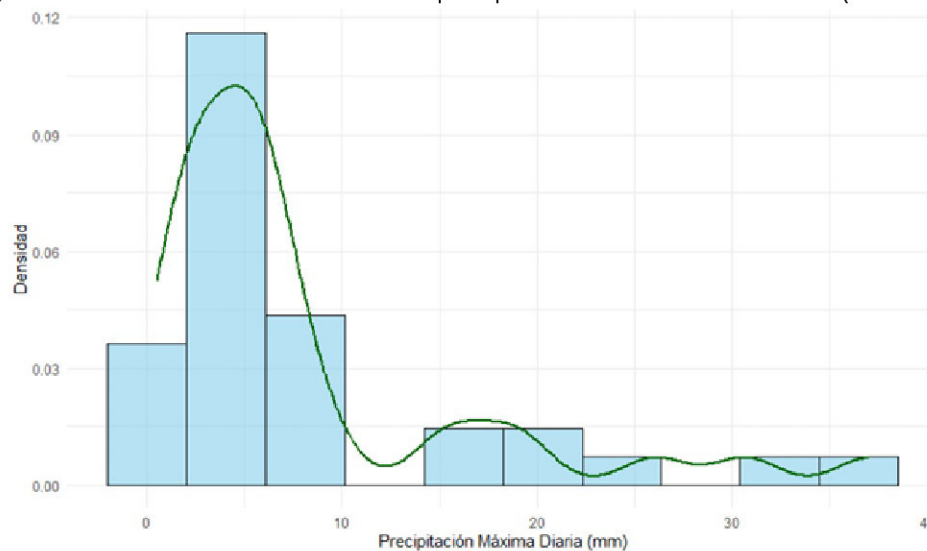
### 2.3.2. Factor desencadenante

Las precipitaciones son un factor determinante para la generación de flujos de detritos y otros tipos de movimientos en masa. Se pueden generar en una cuenca / subcuenca en función al área de captación, las alturas, pendientes y cobertura vegetal (Faustino, 2006); la respuesta del evento de escorrentía se producirá de forma inmediata o tardará un tiempo hasta alcanzar el cauce de la cuenca / subcuenca a través del desplazamiento de un flujo por sus afluentes.

En la cuenca del Río Rímac es altamente recurrente la generación de flujos de detritos en temporada de lluvias, en ambas márgenes. La presencia de este fenómeno se da cada año y se incrementa cuando el fenómeno El niño se presenta en las costas peruanas (Zavala et al., 2012).

En el entregable N° 5 del SENAMHI, 2024, titulado caracterización de inundaciones por flujos hiperconcentrados en la quebrada pedregal (En adelante SENAMHI, 2024), se evaluaron posibles escenarios de afectación de precipitación máxima en 24 horas, la serie de precipitación máxima en 24 horas presenta una distribución de probabilidad empírica asimétrica positiva. El rango de variabilidad está comprendido entre 10.0 y 40.0 mm. Los valores más frecuentes se encuentran en la clase 0,0-10,0 mm.

Figura N° 12. Frecuencia relativa de la precipitación máxima diaria anual (1990-2023).



Elaboración: SENAMHI. 2024.

Para el establecimiento de los descriptores se ha tomado como referencia los umbrales de precipitación calculados por el SENAMHI para la estación Chosica, ubicándose los valores más frecuentes en el rango “Muy Lluvioso”:

**Cuadro N° 11. Umbrales de precipitación.**

Umbral de precipitación	Característica de la lluvia extrema
$RR > 18,3$ mm	Extremadamente lluvioso
$6.0$ mm $< RR \leq 18.3$ mm	Muy lluvioso
$5.0$ mm $< RR \leq 6.0$ mm	Lluvioso
$2.5$ mm $< RR \leq 5.0$ mm	Lluvias moderadas
$R < 2.5$ mm	Lluvias Bajas

Fuente: SENAMHI, 2017.

**Cuadro N° 12. Peso ponderado del parámetro precipitación**

Vector priorización	Descriptor
0.448	Extremadamente lluvioso
0.301	Muy lluvioso
0.155	Lluvioso
0.063	Lluvias moderadas
0.033	Lluvias Bajas

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo 01 - Matriz de determinación del Peligro.xlsx).

### 2.3.3. Parámetro de evaluación

El flujo de detritos en quebradas secas, puede describirse y evaluarse con base en los tirantes (T) y la velocidad (V) del flujo, que son un parámetro esencial para analizar la peligrosidad. El producto de los tirantes y la velocidad reflejan el potencial de daño que pueden causar a la población, la infraestructura y el entorno. Esta influenciado por factores como la intensidad de la precipitación que actúa como el desencadenante que moviliza sedimentos en estas quebradas, mientras que las características geológicas, geomorfológicas y las pendientes del terreno son factores condicionantes que determinan la magnitud y el comportamiento del flujo.

La clasificación de este producto ha sido posible a través del procedimiento descrito en el documento HR Wallingford et al. 2006<sup>3</sup>. En la guía se estima el peligro por inundaciones fluviales como una función de la velocidad y la profundidad de flujo:

$$\text{Flood Hazard (HF)} = d (v + 0.5) + FE$$

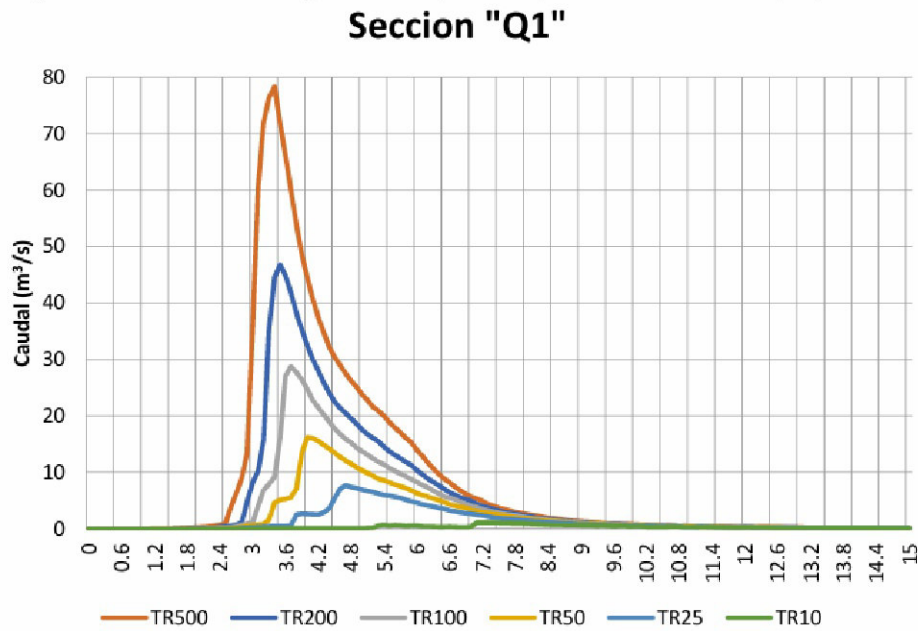
Donde  $d$  corresponde a la profundidad,  $v$  a la velocidad de flujo, y  $FE$  es un factor de escombros (Sí  $T \leq 0.25$ ,  $FE = 0.5$ . Sí  $T > 0.25$ ,  $FE = 1$ ).

En el Entregable N.º 5 del SENAMHI (2024), titulado "*Caracterización de inundaciones por flujos hiperconcentrados en la quebrada Pedregal*" (en adelante, SENAMHI, 2024), se presentan los caudales generados para distintos periodos de retorno, destacando el de 500 años como el de mayor magnitud. Para este escenario, se estimó una duración total del evento de 15 horas, con el fin de garantizar que el volumen total de agua acumulada fluya completamente y sea registrado en las secciones transversales de análisis.

Los caudales pico se producen entre la tercera y cuarta hora tras el inicio del evento de precipitación. Por otro lado, los periodos de retorno de 2 y 5 años no generan escorrentía significativa, por lo que no se consideran eventos de activación de la quebrada.

<sup>3</sup> Defra and Agency (2006) The Flood Risks to People Methodology, Flood Risks to People Phase 2, FD2321 Technical Report 1, HR Wallingford et al. did the report for Defra/EA Flood and Coastal Defence R&D Programme, March 2006.

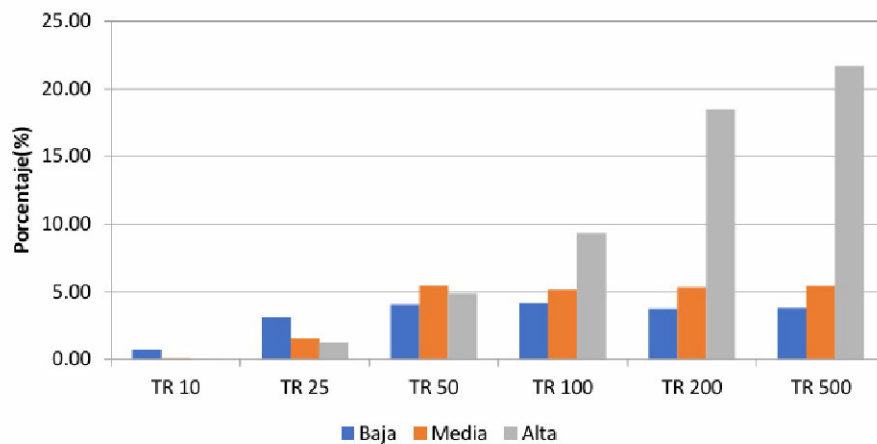
Figura N° 13. Caudales generados para los periodos de retorno propuestos.



Elaboración: SENAMHI. 2024.

En el informe del SENAMHI (2024), se estimó que el área urbana ubicada en la quebrada y su desembocadura abarca aproximadamente 840,057 m<sup>2</sup>. Esta superficie fue utilizada como base para calcular el porcentaje de afectación según el nivel de inundación y el periodo de retorno. El tirante de agua fue clasificado en tres categorías de velocidad: baja, media y alta. Como era de esperarse, el escenario correspondiente al periodo de retorno de 500 años presenta la mayor afectación, registrándose un 21.69 % del área urbana con nivel de tirante alto, concentrándose principalmente en la zona de la desembocadura de la quebrada.

Figura N° 14. Porcentaje de área urbana afectada por nivel y periodo de retorno.



Elaboración: SENAMHI. 2024.

En coordinación con CENEPRED, quien participó activamente en todas las etapas del proyecto, brindando dirección técnica al estudio, se determinó utilizar un tiempo de retorno (TR) de 500 años. Este escenario contempla el tránsito de un flujo de detritos asociado a la precipitación máxima en 24 horas y fue seleccionado por representar el área con mayor probabilidad de impacto.

- **Flood Hazard (HF)  $\leq$  0.75.** Flujos superficiales de poca profundidad. En este rango, el flujo de detritos no tiene un impacto destructivo significativo sobre la infraestructura o la población. Aunque puede causar molestias, la probabilidad de daño estructural o peligro para la vida humana es mínimo. Puede contribuir a la erosión de suelos o inundación superficial leve.
- **0.75 < HF  $\leq$  1.25.** Flujos de detritos que comienzan a tener un efecto más notorio. Aunque la profundidad sigue siendo relativamente baja, el flujo puede arrastrar materiales pequeños como escombros o sedimentos. Puede presentar una probabilidad moderada para las personas, especialmente si el flujo es rápido. La infraestructura liviana o estructuras en mal estado podrían sufrir daños.
- **1.25 < HF  $\leq$  2.00.** Flujos de detritos con suficiente profundidad para mover rocas medianas y ejercer presión sobre estructuras. La energía de este tipo de flujo aumenta, haciendo que el arrastre y el daño sean más significativos. Representa un riesgo notable para la población, especialmente si alguien queda atrapado en el flujo. Las construcciones más débiles o sin bases profundas podrían verse afectadas, y la vegetación podría sufrir daños importantes.
- **2.00 < HF  $\leq$  4.50.** Flujos de detritos con alta capacidad de arrastre, pudiendo desplazar rocas grandes y afectar gravemente la infraestructura. A este nivel, el flujo de detritos se convierte en un serio peligro. Las construcciones mal diseñadas podrían colapsar, y el riesgo para la vida humana es muy alto, especialmente en zonas habitadas o vías de comunicación.
- **Flood Hazard (HF) > 4.50.** Flujos de detritos extremadamente peligrosos, con la capacidad de destruir edificaciones sólidas, arrancar árboles y modificar el entorno natural. Estos flujos representan la máxima amenaza, con un alto potencial destructivo que pone en grave peligro a la población y el entorno.

En resumen, los HF  $\leq$  0.75 , por la poca profundidad y energía del flujo hacen que su capacidad destructiva sea mínima, limitándose a erosión superficial y daños menores; en los HF entre 1.25 y 2.00, el flujo adquiere más energía y capacidad de arrastre, aumentando el peligro y daño a la infraestructura y la población; mientras que los HF > 4.50, el flujo es altamente destructivo, la energía y el volumen son suficientes para arrasar con infraestructuras y poner en peligro la vida humana, justificando el máximo peso asignado a estos rangos.

**Cuadro N° 13. Peso ponderado del parámetro tirante por velocidad.**

Vector priorización	Descriptor
0.396	> 4.50
0.343	2.00 a 4.50
0.162	1.25 a 2.00
0.071	0.75 a 1.25
0.028	< 0.75

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo 01 - Matriz de determinación del Peligro.xlsx).

Figura N° 15. Tirante por velocidad, para el TR 500.



Fuente: SENAMHI, 2024.

## 2.4. PONDERACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA SUSCEPTIBILIDAD

Para la construcción del mapa de factores condicionantes, se asignó un peso de 50% a la pendiente, 25% a la geología y 25% a la geomorfología. Esta ponderación se estableció en función de la escala y la influencia relativa de cada factor en el peligro de flujo de detritos. En el caso del mapa de susceptibilidad, se estableció 70% a los factores condicionantes y el 30% al factor desencadenante, reflejando la importancia de las condiciones inherentes del terreno y su escala.

**Cuadro N° 14. Ponderación de los parámetros de susceptibilidad.**

FACTORES CONDICIONANTES (FC)						FACTOR DESENCADENANTE (FD)		SUSCEPTIBILIDAD (S)		
Geología		Pendiente		Geomorfología		VALOR	PESO	Precipitación		VALOR
Pdes	Ppar	Pdes	Ppar	Pdes	Ppar			Pdes	Ppar	
0.445	0.250	0.448	0.500	0.445	0.250	0.45	0.70	0.448	0.30	0.447
0.297	0.250	0.301	0.500	0.297	0.250	0.30	0.70	0.301	0.30	0.300
0.147	0.250	0.155	0.500	0.149	0.250	0.15	0.70	0.155	0.30	0.153
0.073	0.250	0.063	0.500	0.077	0.250	0.07	0.70	0.063	0.30	0.067
0.037	0.250	0.033	0.500	0.032	0.250	0.03	0.70	0.033	0.30	0.034

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo 01 - Matriz de determinación del Peligro.xlsx).

## 2.5 DEFINICIÓN DEL ESCENARIO

El escenario en la quebrada Pedregal considera la ocurrencia de inundación por flujos de detritos para un caudal con un tiempo de retorno (TR) de 500 años, por ser este el de mayor magnitud. Dicho escenario contempla el tránsito de un flujo de detritos asociado a la precipitación máxima en 24 horas, al representar el área con mayor probabilidad de impacto.

## 2.6. IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS

Los elementos expuestos al flujo de detritos en la subcuenca Pedregal corresponden a un total de 2872 lotes, estos son:

**Cuadro N° 15 Elementos expuestos en la subcuenca Pedregal.**

ELEMENTOS EXPUESTOS	CANTIDAD
Viviendas	2765
Institución educativa	11
Establecimiento de salud	1
Actividades económicas	5
Locales municipales	2
Loza deportiva	4
Parques	11
Cementerio	1
Reservorio de agua	1
Pasajes	1
Otros	70
<b>TOTAL</b>	<b>2872</b>

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 16. Mapa de uso predominante del lote en la Subcuenca Pedregal.



Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo 7.6 Mapas).

## 2.7. NIVELES DE PELIGRO

Para la construcción del mapa de peligro, se asignó un peso de 30% a la susceptibilidad y 70% al parámetro de evaluación. Esta ponderación refleja la escala y la influencia de cada componente en el peligro de flujo de detritos. La alta importancia del parámetro de evaluación se justifica porque proviene de un modelamiento hidrológico realizado por el SENAMHI, lo que proporciona una representación precisa y específica de las condiciones de peligrosidad.

Cuadro N° 16 Cálculo del nivel de peligro

SUSCEPTIBILIDAD (S)		PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (PE)		PELIGRO
VALOR	PESO	Tirantes		VALOR
		Pdes	Ppar	
0.447	0.30	0.396	0.70	0.412
0.300	0.30	0.343	0.70	0.330
0.153	0.30	0.162	0.70	0.159
0.067	0.30	0.071	0.70	0.070
0.034	0.30	0.028	0.70	0.030

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo 01 - Matriz de determinación del Peligro.xlsx).

**Cuadro N° 17 Rangos y niveles de peligrosidad.**

RANGO		NIVEL	
0.330	< P ≤	0.412	MUY ALTO
0.159	< P ≤	0.330	ALTO
0.070	< P ≤	0.159	MEDIO
0.030	≤ P ≤	0.070	BAJO

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo 01 - Matriz de determinación del Peligro.xlsx).

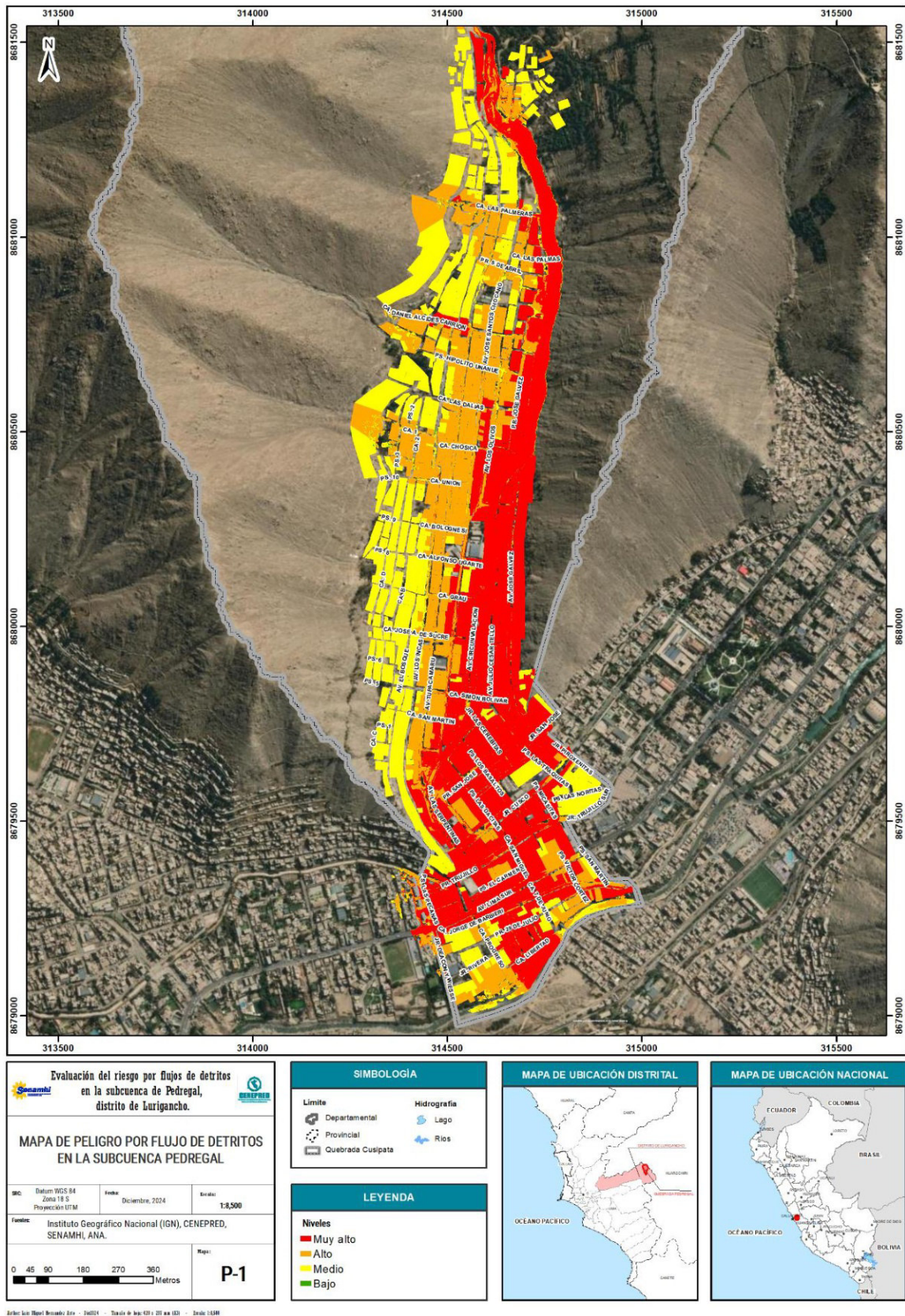
## 2.8. ZONIFICACIÓN DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD

**Cuadro N° 18. Zonificación del nivel de peligrosidad**

NIVEL	DESCRIPCION	RANGO
<b>MUY ALTA</b>	Zona de inundación con aguas profundas y de corriente rápida, peligrosidad muy alta con potencial afectación para todas las personas e incluye los servicios de emergencia. Tirantes (T): T > 1.50 m. Pendientes (S): S ≤ 10°. Depósito aluvial. Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial. Extremadamente lluvioso, umbrales de precipitación calculados para la estación Chosica de RR>18,3 mm	<b>0.33 &lt; P ≤ 0.412</b>
<b>ALTA</b>	Zona de inundación con aguas profundas y de corriente rápida, peligrosidad alta con potencial afectación para la mayoría personas que incluye a la población en general. Tirantes (T): 0.60 m < T ≤ 1.50 m. Pendientes (S): 10° < S ≤ 20°. Superunidad Santa Rosa - Tonalita, diorita. Montaña en roca intrusiva. Extremadamente lluvioso, umbrales de precipitación calculados para la estación Chosica de RR>18,3 mm	<b>0.159 &lt; P ≤ 0.33</b>
<b>MEDIA</b>	Zona de inundación con aguas profundas o de corriente rápida, peligrosidad media con potencial afectación para algunas personas que incluye a niños, ancianos y enfermos. Tirantes (T): 0.3 m < T ≤ 0.60 m. Pendientes (S): 20° < S ≤ 30°. Superunidad Santa Rosa - Tonalita, diorita. Montaña en roca intrusiva. Extremadamente lluvioso, umbrales de precipitación calculados para la estación Chosica de RR>18,3 mm.	<b>0.07 &lt; P ≤ 0.159</b>
<b>BAJA</b>	Zona de inundación con aguas poco profundas, peligrosidad baja. Tirantes (T): T ≤ 0.3 m. Pendientes (S): S > 30°. Superunidad Santa Rosa - Tonalita, diorita. Montaña en roca intrusiva. Extremadamente lluvioso, umbrales de precipitación calculados para la estación Chosica de RR>18,3 mm	<b>0.03 ≤ P ≤ 0.07</b>

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo 01 - Matriz de determinación del Peligro.xlsx).

Figura N° 17. Mapa de peligrosidad por flujo de detritos en la Subcuenca Pedregal.



Fuente: Elaboraci3n propia (Ver Anexo 7.6 Mapas).

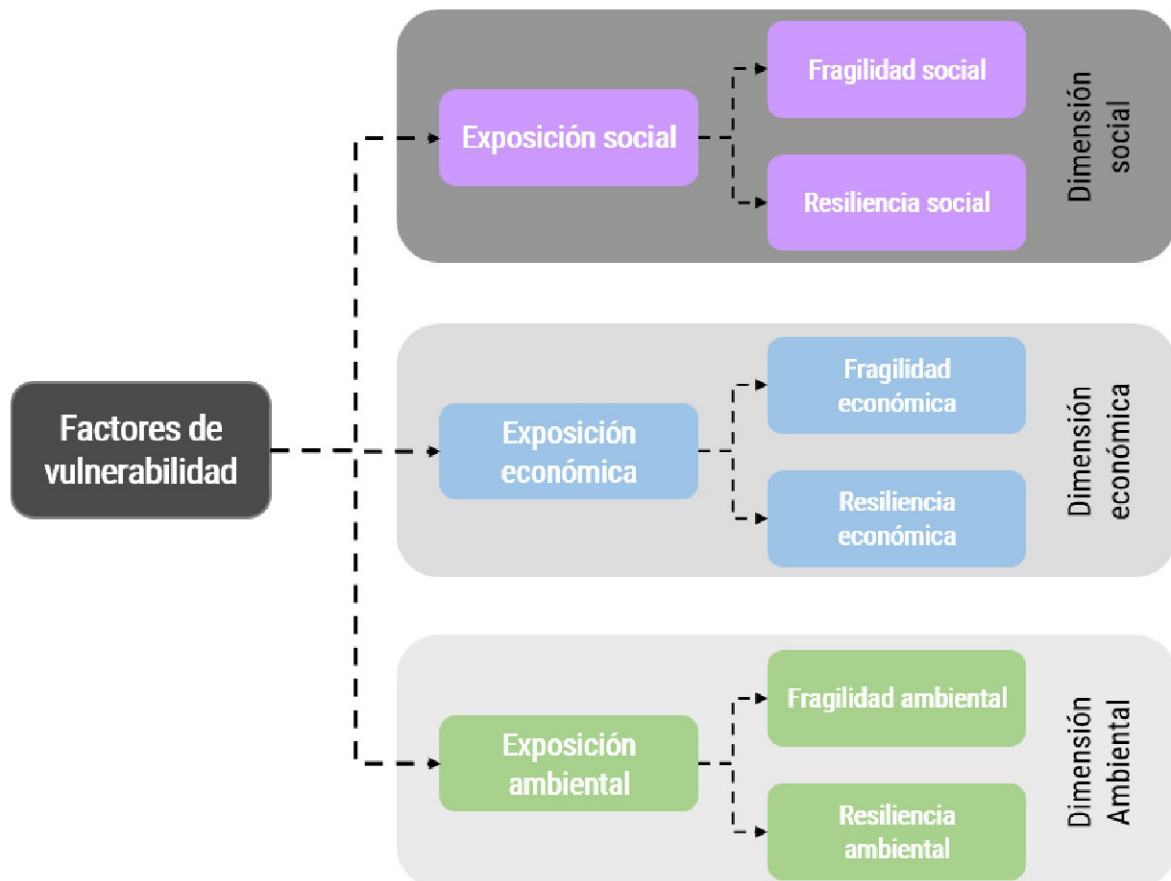
### III. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

#### 3.1. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

En el marco de la Ley N° 29664 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y su Reglamento (D.S. N°048-2011-PCM), la vulnerabilidad se define como la susceptibilidad de las personas, las infraestructuras económicas, y las actividades socioeconómicas a sufrir daños o pérdidas debido a la exposición a un peligro o amenaza. Esta vulnerabilidad está influenciada por la ubicación geográfica, las características constructivas, y las condiciones sociales y económicas de la población.

El análisis de vulnerabilidad es el proceso sistemático mediante el cual se evalúan y caracterizan las condiciones existentes que determinan los factores de vulnerabilidad, la exposición, fragilidad, y capacidad de recuperación (resiliencia) de las personas y sus medios de vida.

Figura N° 18. Factores de vulnerabilidad, según dimensión.



Fuente: Adaptado de CENEPRED 2014. Manual para la Evaluación de Riesgos por Fenómenos Naturales V.2

El riesgo de desastres nos muestra en muchas ocasiones que no es posible actuar sobre el peligro o es muy difícil hacerlo; bajo este enfoque se puede deducir que para reducir el riesgo habría que disminuir la vulnerabilidad de los elementos expuestos, población y sus medios de vida, esto tiene relación con la gestión prospectiva y correctiva, dos de los tres componentes de la Gestión del Riesgo de Desastres.

## A. Factores de la vulnerabilidad

La exposición, está referida a las decisiones y prácticas que ubican a las personas y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro. Se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de desarrollo económico no sostenibles.

En líneas generales, a mayor exposición, mayor vulnerabilidad.

La fragilidad, está referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa de las personas y sus medios de vida frente a un peligro. En general, está centrada en las condiciones económicas de una comunidad o sociedad y es de origen interno, por ejemplo: formas de construcción, no seguimiento de normativa vigente sobre construcción y/o materiales, entre otros.

En líneas generales, a mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad.

La resiliencia, está referida al nivel de asimilación o capacidad de recuperación de las personas, la comunidad y sus medios de vida frente a la ocurrencia de un peligro. Está asociada a condiciones sociales y de organización de la población.

En líneas generales, a mayor resiliencia, menor vulnerabilidad.

## B. Indicadores de evaluación

Considerando que los efectos negativos del flujo de detritos en la población y sus medios de vida se presentan de formas distintas, surge la necesidad de que se evalúe indicadores propios del ámbito, vinculados a la evaluación de la vulnerabilidad por flujo de detritos.

Durante la recopilación de información, se presentaron diversas dificultades, como la ausencia de personas en sus hogares debido a sus actividades laborales y la limitada colaboración de la población para proporcionar datos específicos. Por esta razón, y en coordinación con la supervisión conjunta de CENEPRED y SENAMHI, conforme a lo establecido en los numerales 6 y 15 de los Términos de Referencia (TdR) de la Orden de Servicio N.º 001426, se procedió a seleccionar las variables sociales y económicas más relevantes para garantizar un análisis integral.

Asimismo, se identificó la ausencia de variables diferenciadoras que influyen en la vulnerabilidad ambiental. Esto limitó la posibilidad de generar descriptores específicos asociados a esta dimensión.

Esta decisión permitió enfocar los esfuerzos en obtener información más fiable para el análisis, considerando el contexto actual y las limitaciones observadas en encuestas previas en el área de estudio.

Para el presente análisis se construyeron indicadores de evaluación en la dimensión social y dimensión económica los cuales serán ponderados mediante el método de análisis jerárquico (AHP), según se establece el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da versión, elaborado por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).

## 3.2. ANÁLISIS DE VULNERABILIDADES

### 3.2.1. Análisis de la dimensión social.

Se refiere a cómo las personas están expuestas al peligro por flujo de detritos y su vulnerabilidad en términos de cantidad personas expuestas, presencia de personas mayores a 65 años, personas entre 0 a 14 años y la disposición de abastecimiento de agua las 24 horas.

#### 3.2.1.1. Exposición social.

Se refiere a la ubicación y concentración de personas en áreas propensas al peligro por flujo de detritos. Esto incluye la cantidad de personas que ocupan la vivienda.

**Cuadro N° 19. Parámetros de exposición social.**

Cantidad de personas en la vivienda
0.489
0.267
0.142
0.068
0.035
más de 8 personas
5 a 8 personas
3 a 4 personas
1 a 2 personas
Ninguna

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo 02 - Matriz de análisis de la Vulnerabilidad.xlsx).

#### 3.2.1.2. Fragilidad social.

La fragilidad social se relaciona con las características y/o condiciones de las personas para resistir o afrontar un peligro. Esto incluye la presencia de personas mayores a 65, la presencia de personas entre 0 y 14 años y el abastecimiento de agua las 24 horas.

**Cuadro N° 20. Parámetros de fragilidad social.**

Porcentaje de personas mayores a 65 años	Porcentaje de personas de 0 a 14 años	Porcentaje de viviendas con abastecimiento de agua las 24 horas
0.393	0.393	0.491
0.393	0.393	0.243
0.120	0.120	0.167
0.062	0.062	0.065
0.033	0.033	0.034
De 75% < a <= 100%	De 75% < a <= 100%	De 0% < a <= 20%
De 50% < a <= 75%	De 50% < a <= 75%	De 20% < a <= 40%
De 25% < a <= 50%	De 25% < a <= 50%	De 40% < a <= 60%
De 0% < a <= 25%	De 0% < a <= 25%	De 60% < a <= 80%
0%	0%	De 80% < a <= 100%

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo 02 - Matriz de análisis de la Vulnerabilidad.xlsx).

### 3.2.1.3. Resiliencia social.

La resiliencia social se relaciona con el conocimiento de la población en materia de gestión del riesgo de desastres. Esta información no pudo ser recogida debido a la poca disposición de la población en la atención de las encuestas.

**Cuadro N° 21. Parámetros de resiliencia social.**

Conocimiento en GRD	
	0.459
	0.290
	0.133
	0.059
	0.059
	Completo
	Muy poco
	Poco
	Ninguno
	No respondió

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo 02 - Matriz de análisis de la Vulnerabilidad.xlsx).

### 3.2.1.4 Ponderación de los factores de la dimensión social.

**Cuadro N° 22. Ponderación de los factores de la dimensión social.**

Dimensión social				
Exposición Social	Fragilidad Social			Resiliencia Social
<b>0.474</b>	<b>0.474</b>			<b>0.053</b>
Cantidad de personas en la vivienda	Porcentaje de personas mayores a 65 años	Porcentaje de personas de 0 a 14 años	Porcentaje de viviendas con abastecimiento de agua las 24 horas	Conocimiento en GRD
<b>1.000</b>	<b>0.471</b>	<b>0.471</b>	<b>0.059</b>	<b>1.000</b>

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo 02 - Matriz de análisis de la Vulnerabilidad.xlsx).

## 3.2.2. Análisis de la dimensión económica

Esta dimensión evalúa la capacidad y características económicas de la infraestructura. En términos de la distancia de la vivienda al flujo, la cota o altura de aniego, material predominante de la pared y techo, accesos expuestos al flujo, número de pisos y tipo de protección.

### 3.2.2.1. Exposición económica.

Esta dimensión se centra en la exposición de la infraestructura al peligro por flujo de detritos. Esto incluye la distancia de la vivienda respecto al flujo y la cota o altura de aniego.

**Cuadro N° 23. Parámetros de exposición de la dimensión económica.**

Distancia de la vivienda respecto al cauce del flujo de detritos	Cota o Altura de aniego
0.536	0.381
0.212	0.381
0.145	0.145
0.071	0.060
0.036	0.032
< 2 m	> 2 m
de 2 a 5 m	1 a 2 m
de 5 a 10	0.2 a 1 m
de 10 a 15	0 a 0.2 m
> 15 m	< 0 m

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo 02 - Matriz de análisis de la Vulnerabilidad.xlsx).

### 3.2.2.2 Fragilidad económica.

La fragilidad económica se relaciona con la capacidad de la infraestructura de resistir los impactos del peligro por flujo de detritos. Esto implica la el material predominante de la pared y techo, accesos expuestos al peligro y números de pisos.

**Cuadro N° 24. Parámetros de Fragilidad de la dimensión económica.**

Material predominante de la pared	Material predominante del techo	Accesos expuestos al flujo de detritos	Número de pisos en la vivienda
0.503	0.503	0.489	0.483
0.260	0.260	0.267	0.339
0.134	0.134	0.142	0.093
0.068	0.068	0.068	0.042
0.035	0.035	0.035	0.042
Sin muros	Sin techo	2 portones / Terreno vacío	Sótano
Triplay, calamina, estera, madera rústica	Madera rústica, Triplay, carrizo o estera	1 puerta y Portón	Ninguno
Drywall / Madera / Adobe	Planchas de calamina, fibrocemento o similares	1 portón	1
Mampostería: Enrocado con cemento	Drywall / Madera	1 puerta	2
Concreto / Ladrillo	Aligerado, Concreto armado	Ningún acceso	más de 2

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo 02 - Matriz de análisis de la Vulnerabilidad.xlsx).

### 3.2.2.3. Resiliencia económica.

La resiliencia económica implica la capacidad de las personas y su comunidad para recuperarse o prepararse después o antes de un desastre. Esto incluye el tipo de protección en la vivienda y el material de este.

**Cuadro N° 25. Parámetros de resiliencia de la dimensión económica.**

Tipo de protección en la vivienda	Material predominante en el muro o protección
0.463	0.503
0.317	0.260
0.130	0.134
0.045	0.068
0.045	0.035
Ninguna protección	Tierra / Ninguno
Sacos terreros	Adobe
Muro menor a 0.5 m de altura	Mampostería: Enrocado con cemento
Muro entre 0.5 a 1.5 m de altura	Ladrillo con cemento
Muro mayor a 1.5 m de altura	Concreto

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo 02 - Matriz de análisis de la Vulnerabilidad.xlsx).

### 3.2.2.4 Ponderación de los factores de la dimensión económica

**Cuadro N° 26. Ponderación de los factores de la dimensión económica.**

Exposición Económica		Fragilidad Económica				Resiliencia Económica	
<b>0.623</b>		<b>0.239</b>				<b>0.137</b>	
Distancia de la vivienda respecto al cauce del flujo de detritos	Cota o Altura de aniego	Material predominante de la pared	Material predominante del techo	Accesos expuestos al flujo de detritos	Número de pisos en la vivienda	Tipo de protección en la vivienda	Material predominante en el muro o protección
<b>0.300</b>	<b>0.700</b>	<b>0.410</b>	<b>0.410</b>	<b>0.043</b>	<b>0.137</b>	<b>0.500</b>	<b>0.500</b>

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo 02 - Matriz de análisis de la Vulnerabilidad.xlsx).

## 3.3. NIVELES DE VULNERABILIDAD

**Cuadro N° 27. Ponderación de las dimensiones de vulnerabilidad.**

<b>0.200</b>	<b>0.800</b>	Valor vulnerabilidad total
Valor vulnerabilidad social	Valor vulnerabilidad económica	
0.444	0.453	0.451
0.323	0.311	0.313
0.132	0.140	0.138
0.065	0.063	0.063
0.035	0.035	0.035

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo 03 - Base de datos de Vulnerabilidad.xlsx).

**Cuadro N° 28. Rangos y niveles de vulnerabilidad en viviendas.**

Rangos			Niveles de vulnerabilidad
0.313	$< V \leq$	0.451	Muy alta
0.138	$< V \leq$	0.313	Alta
0.063	$< V \leq$	0.138	Media
0.035	$\leq V \leq$	0.063	Baja

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo 03 - Base de datos de Vulnerabilidad.xlsx).

### 3.4. ZONIFICACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD

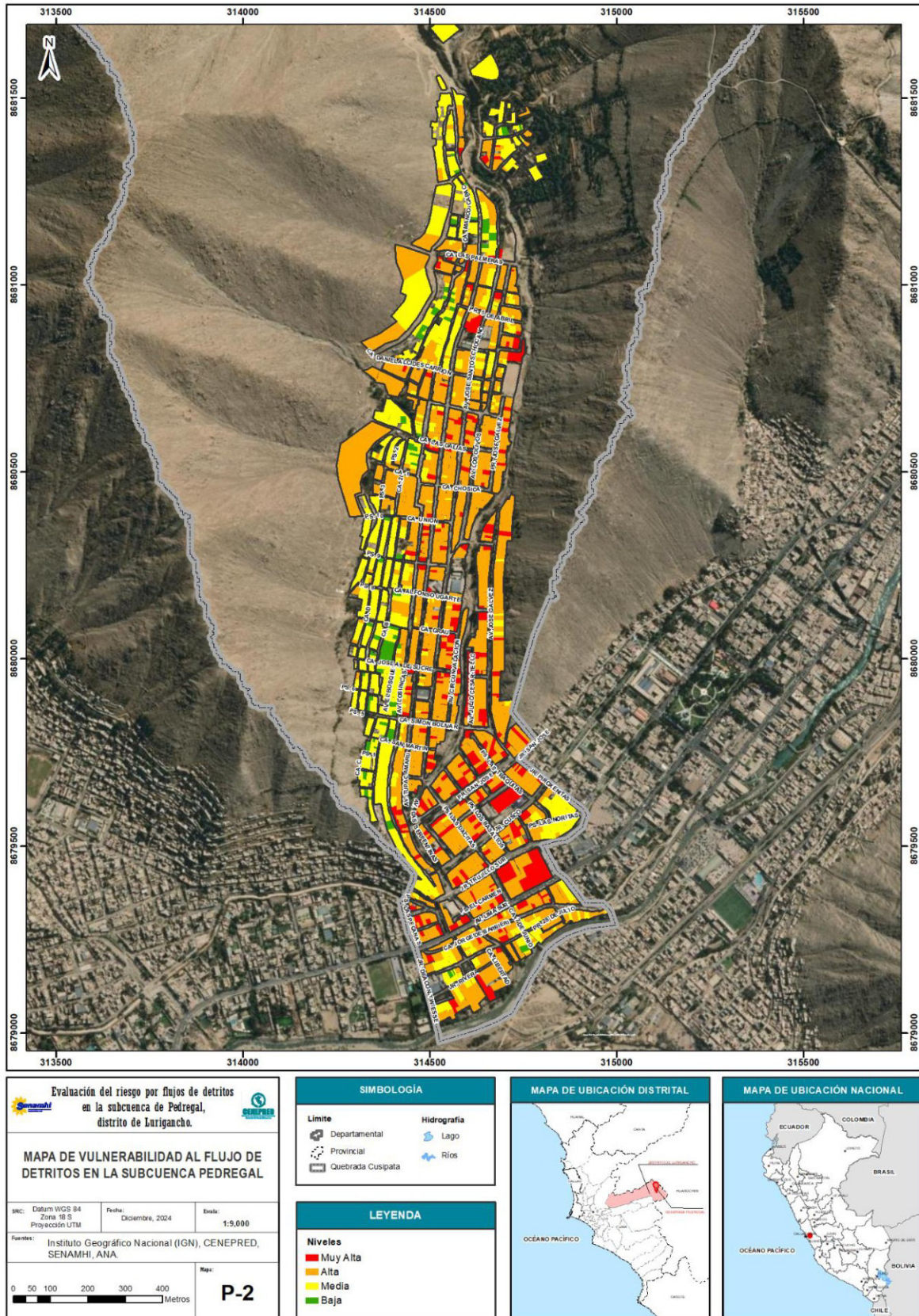
**Cuadro N° 29. Zonificación del nivel de vulnerabilidad.**

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
<b>MUY ALTO</b>	Viviendas que albergan más de 8 personas de las cuales entre el 75% a 100% son personas que presentan condiciones de vulnerabilidad como adultos mayores de 65 años a más y/o niños de 0 a 14 años de edad, por otro lado, el suministro de agua es limitado no llegando a cubrir la totalidad de viviendas con agua durante las 24 horas, teniendo una cobertura que menor o igual al 20% del total de las viviendas. Estas viviendas están situadas a distancias menores de 2 metros del cauce de un flujo, con una cota o altura de aniego superior a los 2 metros, lo que las expone significativamente al peligro de inundación. Las viviendas no presentan muros y de si presentar estas son de materiales precarios tales como el triplay, calamina, estera, y/o madera rústica; no presentan techos y los que si presentan son de material precario como la madera rústica, triplay, carrizo o estera. Poseen todos sus accesos expuestos al flujo, carecen de niveles de pisos definidos (solo sótano o no presentan pisos) lo que agrava su vulnerabilidad estructural. No poseen ninguna protección frente a inundaciones.	$0.314 < V \leq 0.451$
<b>ALTO</b>	Viviendas que albergan entre 5 a 8 personas de las cuales entre el 50% a 75% son personas que presentan condiciones de vulnerabilidad como adultos mayores de 65 años a más y/o niños de 0 a 14 años de edad, por otro lado, el suministro de agua es limitado no llegando a cubrir la totalidad de viviendas con agua durante las 24 horas, teniendo una cobertura de entre el 20% al 40% del total de las viviendas. Estas viviendas están situadas a distancias de entre 2 a 5 metros del cauce de un flujo, con una cota o altura de aniego de entre 1 a 2 metros, lo que las expone significativamente al peligro de inundación. Las viviendas presentan muros constituidos de materiales precarios tales como el triplay, calamina, estera, y/o madera rústica; tienen techos de material precario como la madera rústica, triplay, carrizo o estera. Poseen 1 puerta y portón expuestos a los flujos, carecen de niveles de pisos definidos lo que agrava su vulnerabilidad estructural. La protección frente a inundaciones es limitada, basada en sacos terreros, lo que reduce parcialmente el impacto.	$0.138 < V \leq 0.314$

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
<b>MEDIO</b>	Viviendas que albergan entre 5 a 8 personas de las cuales entre el 25% a 50% son personas que presentan condiciones de vulnerabilidad como adultos mayores de 65 años a más y/o niños de 0 a 14 años de edad, por otro lado, el suministro de agua es limitado no llegando a cubrir la totalidad de viviendas con agua durante las 24 horas, teniendo una cobertura de entre el 40% al 60% del total de las viviendas. Estas viviendas están situadas a distancias de entre 5 a 10 metros del cauce de un flujo, con una cota o altura de aniego de entre 0.2 a 1 metro. Las viviendas presentan muros constituidos de drywall y/o madera y/o adobe; tienen techos de materiales como planchas de calamina, fibrocemento o similares. Posee 1 portón expuesto a los flujos, la vivienda es de 1 piso. La vivienda cuenta con protección para flujos constituido por un muro con una altura inferior a los 50 centímetros de mampostería (enrocado con cemento).	<b><math>0.063 &lt; V \leq 0.138</math></b>
<b>BAJO</b>	Viviendas que albergan entre 1 a 2 personas de las cuales menos del 25% son personas que presentan condiciones de vulnerabilidad como adultos mayores de 65 años a más y/o niños de 0 a 14 años de edad, por otro lado, el suministro de agua es moderadamente adecuado teniendo una cobertura superior al 60% del total de las viviendas con agua durante 24 horas. Estas viviendas están situadas a distancias superiores a los 10 metros del cauce de un flujo, con una cota o altura de aniego inferiores a los 20 centímetros. Las viviendas presentan muros constituidos de mampostería (enrocado con cemento); tienen techos de materiales como drywall y/o madera. Posee 1 puerta expuesta a los flujos, la vivienda es de 1 a 2 pisos. La vivienda cuenta con protección para flujos constituido por un muro con una altura de entre 0.5 a 1.5 metros de altura hecho con ladrillo con cemento o concreto.	<b><math>0.035 \leq V \leq 0.063</math></b>

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo 02 - Matriz de análisis de la Vulnerabilidad.xlsx).

Figura N° 19. Zonificación del nivel de vulnerabilidad.

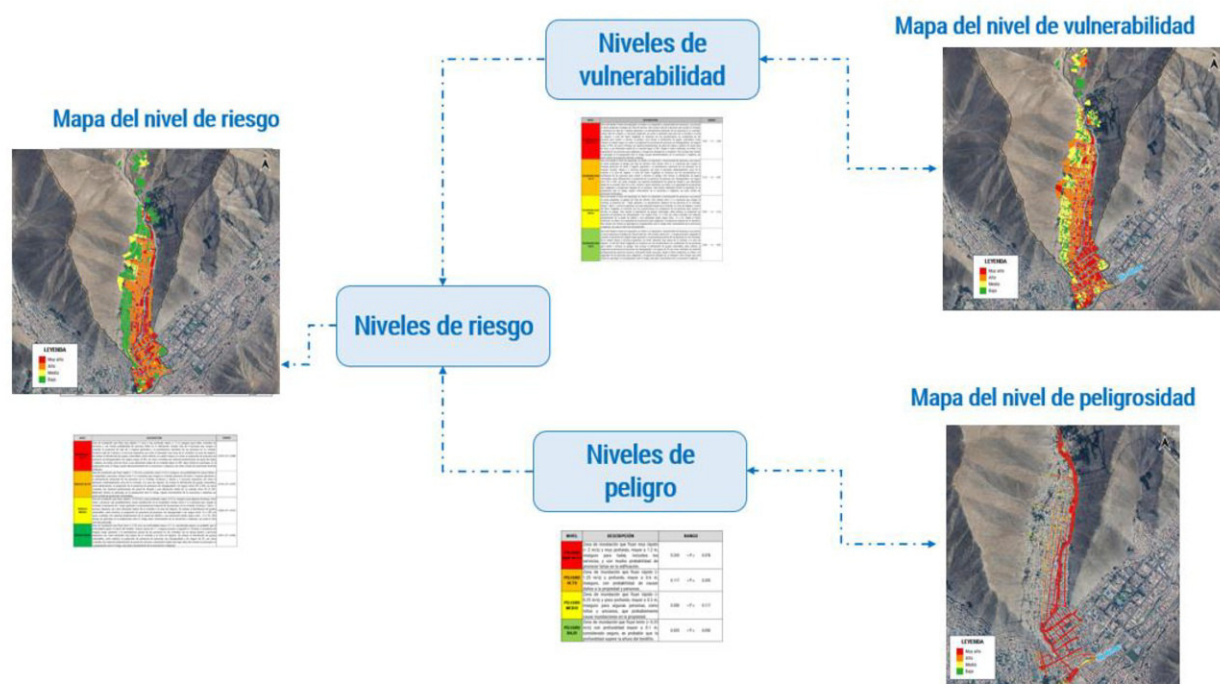


Fuente: Elaboración propia

## IV. CÁLCULO DE RIESGOS

La metodología usada en el presente estudio se basa en la estructura metodológica que propone el CENEPRED a través del Manual para la Evaluación de Riesgos por Fenómenos Naturales V.2(Metodología) e internacional para la evaluación del riesgo de desastres, es decir, analizando de manera independiente y secuencial el peligro, la vulnerabilidad y el riesgo en la zona de estudio.

Figura N° 20. Metodología para determinación de los niveles de riesgo.



Fuente: Adaptado de CENEPRED 2014. Manual para la Evaluación de Riesgos por Fenómenos Naturales V.2Metodología

El marco metodológico general de la evaluación del riesgo de desastres en el Perú viene siendo promovido por el CENEPRED en base a la publicación de lineamientos técnicos y manuales metodológicos, como el “Manual de Evaluación de Riesgos originado por fenómenos naturales” (2da versión), obteniendo el riesgo mediante la ecuación:

$$R=f(P, V)$$

Donde:

R= valor de riesgo;

P= valor de peligro;

V= valor de vulnerabilidad;

f= función de ().

### 4.1. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGOS

El mapa de riesgo se obtuvo a partir de la intersección del mapa de peligrosidad y la vulnerabilidad obtenida con información in situ, asimismo, para la construcción de los niveles de riesgo se aplicó la metodología del CENEPRED.

**Cuadro N° 30. Cálculo del nivel de riesgo en viviendas.**

<b>PELIGROSIDAD</b>	Muy alto	0.412	0.026	0.057	0.129	0.186
	Alto	0.330	0.021	0.046	0.103	0.149
	Medio	0.159	0.010	0.022	0.050	0.072
	Bajo	0.070	0.004	0.010	0.022	0.031
			0.063	0.138	0.313	0.451
			Bajo	Medio	Alto	Muy alto
<b>VULNERABILIDAD</b>						

Fuente: Elaboración propia (Anexo 04 - Matriz de cálculo de Riesgo.xlsx).

Se ha establecido los siguientes rangos para cada uno de los niveles de riesgo:

**Cuadro N° 31. Rangos del nivel de riesgo en viviendas.**

<b>NIVEL</b>	<b>RANGO</b>				
<b>MUY ALTO</b>	0.103	<	R	≤	0.186
<b>ALTO</b>	0.022	<	R	≤	0.103
<b>MEDIO</b>	0.004	<	R	≤	0.022
<b>BAJO</b>	0.001	≤	R	≤	0.004

Fuente: Elaboración propia (Anexo 04 - Matriz de cálculo de Riesgo.xlsx).

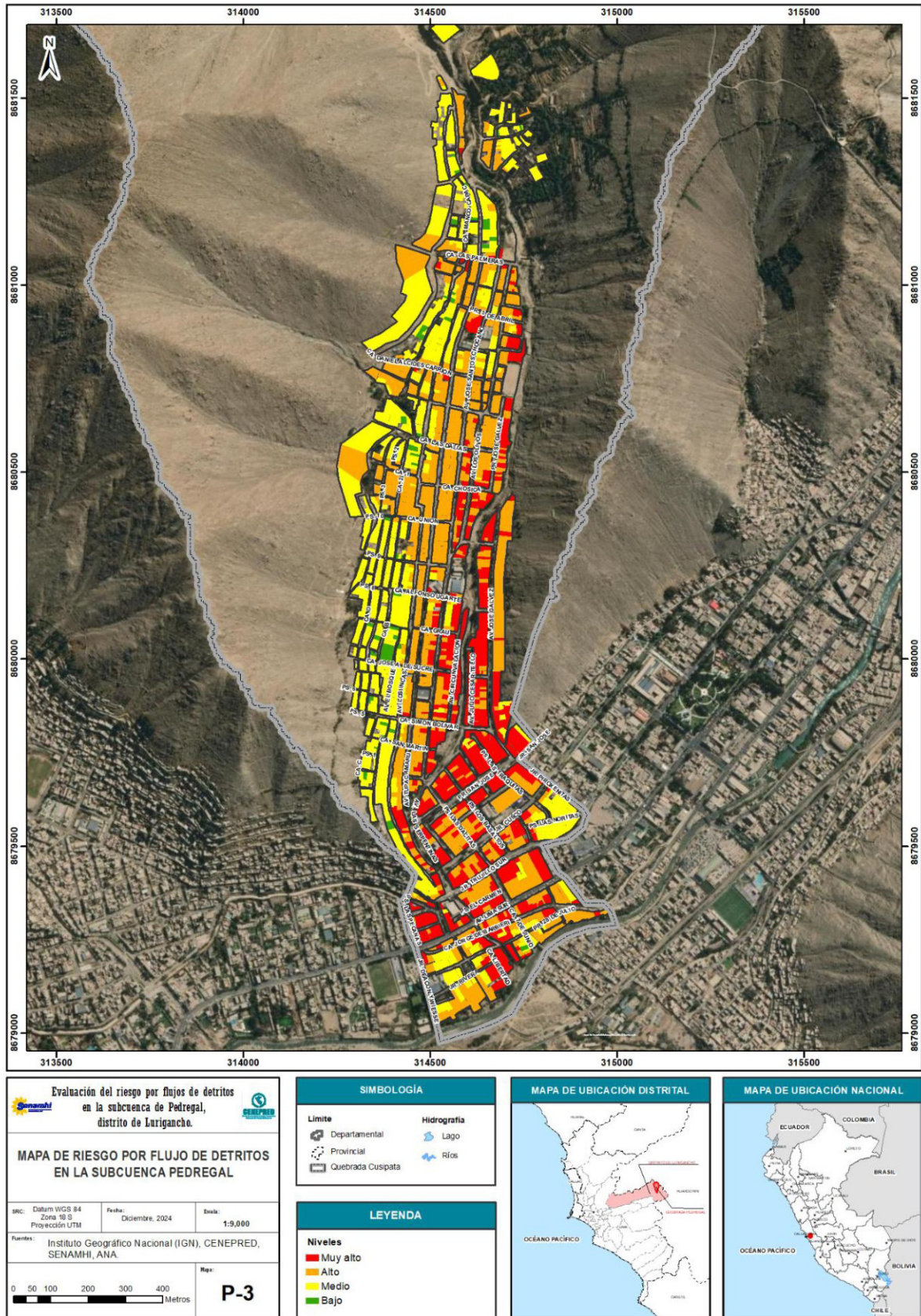
**Cuadro N° 32. Zonificación del nivel de riesgo**

<b>NIVEL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RANGO</b>
<b>MUY ALTO</b>	Zona de inundación con aguas profundas y de corriente rápida, peligrosidad muy alta con potencial afectación para todas las personas e incluye los servicios de emergencia con tirantes $T > 1.50$ m. Pendientes $\leq 10^\circ$ . Viviendas que albergan más de 8 personas de las cuales entre el 75% a 100% son personas que presentan condiciones de vulnerabilidad como adultos mayores de 65 años a más y/o niños de 0 a 14 años de edad, por otro lado, el suministro de agua es limitado no llegando a cubrir la totalidad de viviendas con agua durante las 24 horas, teniendo una cobertura que menor o igual al 20% del total de las viviendas. Estas viviendas están situadas a distancias menores de 2 metros del cauce de un flujo, con una cota o altura de aniego superior a los 2 metros, lo que las expone significativamente al peligro de inundación. Las viviendas no presentan muros y de si presentar estas son de materiales precarios tales como el triplay, calamina, estera, y/o madera rústica; no presentan techos y los que si presentan son de material precario como la madera rústica, triplay, carrizo o estera. Poseen todos sus accesos expuestos al flujo, carecen de niveles de pisos definidos (solo sótano o no presentan pisos) lo que agrava su vulnerabilidad estructural. No poseen ninguna protección frente a inundaciones.	$0.103 < R \leq 0.186$

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
<b>ALTO</b>	Zona de inundación con aguas profundas y de corriente rápida, peligrosidad alta con potencial afectación para la mayoría personas que incluye a la población en general, con tirantes $0.60 \text{ m} < T \leq 1.50 \text{ m}$ . Pendientes $10^\circ$ a $20^\circ$ . Viviendas que albergan entre 5 a 8 personas de las cuales entre el 50% a 75% son personas que presentan condiciones de vulnerabilidad como adultos mayores de 65 años a más y/o niños de 0 a 14 años de edad, por otro lado, el suministro de agua es limitado no llegando a cubrir la totalidad de viviendas con agua durante las 24 horas, teniendo una cobertura de entre el 20% al 40% del total de las viviendas. Estas viviendas están situadas a distancias de entre 2 a 5 metros del cauce de un flujo, con una cota o altura de aniego de entre 1 a 2 metros, lo que las expone significativamente al peligro de inundación. Las viviendas presentan muros constituidos de materiales precarios tales como el triplay, calamina, estera, y/o madera rústica; tienen techos de material precario como la madera rústica, triplay, carrizo o estera. Poseen 1 puerta y portón expuestos a los flujos, carecen de niveles de pisos definidos lo que agrava su vulnerabilidad estructural. La protección frente a inundaciones es limitada, basada en sacos terreros, lo que reduce parcialmente el impacto.	<b><math>0.022 &lt; R \leq 0.103</math></b>
<b>MEDIO</b>	Zona de inundación con aguas profundas o de corriente rápida, peligrosidad media con potencial afectación para algunas personas que incluye a niños, ancianos y enfermos, con tirantes $0.3 \text{ m} < T \leq 0.60 \text{ m}$ . Pendientes $20^\circ$ a $30^\circ$ . Viviendas que albergan entre 5 a 8 personas de las cuales entre el 25% a 50% son personas que presentan condiciones de vulnerabilidad como adultos mayores de 65 años a más y/o niños de 0 a 14 años de edad, por otro lado el suministro de agua es limitado no llegando a cubrir la totalidad de viviendas con agua durante las 24 horas, teniendo una cobertura de entre el 40% al 60% del total de las viviendas. Estas viviendas están situadas a distancias de entre 5 a 10 metros del cauce de un flujo, con una cota o altura de aniego de entre 0.2 a 1 metro. Las viviendas presentan muros constituidos de drywall y/o madera y/o adobe; tienen techos de materiales como planchas de calamina, fibrocemento o similares. Posee 1 portón expuesto a los flujos, la vivienda es de 1 piso. La vivienda cuenta con protección para flujos constituido por un muro con una altura inferior a los 50 centímetros de mampostería (enrocado con cemento).	<b><math>0.004 &lt; R \leq 0.022</math></b>
<b>BAJO</b>	Zona de inundación con aguas poco profundas, peligrosidad baja, con tirantes $T \leq 0.3 \text{ m}$ , pendientes de terreno $> 30^\circ$ . Pendientes $> 30^\circ$ . Viviendas que albergan entre 1 a 2 personas de las cuales menos del 25% son personas que presentan condiciones de vulnerabilidad como adultos mayores de 65 años a más y/o niños de 0 a 14 años de edad, por otro lado, el suministro de agua es moderadamente adecuado teniendo una cobertura superior al 60% del total de las viviendas con agua durante 24 horas. Estas viviendas están situadas a distancias superiores a los 10 metros del cauce de un flujo, con una cota o altura de aniego inferiores a los 20 centímetros. Las viviendas presentan muros constituidos de mampostería (enrocado con cemento); tienen techos de materiales como drywall y/o madera. Posee 1 puerta expuesta a los flujos, la vivienda es de 1 a 2 pisos. La vivienda cuenta con protección para flujos constituido por un muro con una altura de entre 0.5 a 1.5 metros de altura hecho con ladrillo con cemento o concreto.	<b><math>0.001 \leq R \leq 0.004</math></b>

Fuente: Elaboración propia (Anexo 04 - Matriz de cálculo de Riesgo.xlsx).

Figura N° 21. Zonificación del nivel de riesgo.



Fuente: Elaboración propia.

## 4.2. CÁLCULO DE POSIBLES PÉRDIDAS.

En este ítem se realizaron las estimaciones de los daños potenciales que podría causar el flujo de detritos en la Quebrada de Pedregal. Estos daños afectarían principalmente la infraestructura urbana próxima al recorrido del flujo, como se detalla en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 33. Elementos expuestos según nivel de riesgo.**

Elementos expuestos	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Total
Lotes (Edificaciones)	47	830	1,206	682	2,765
Área promedio de lote (m <sup>2</sup> )	10,336.1	222,727.1	242,632.9	134,733.1	610,429.2
Factor de daño	0.1	0.3	0.6	1.0	
Costo referencial de la edificación por metro cuadrado en nuevos soles (S/.)	1200				-
<b>Total (S/)</b>	<b>58,295,565.3</b>	<b>66,550,867,139.0</b>	<b>210,683,021,924.9</b>	<b>110,265,529,834.5</b>	<b>387,557,714,463.7</b>

Fuente: Elaboración propia.

## V. CONTROL DE RIESGOS

La implementación de medidas preventivas y correctivas en la subcuenca de Pedregal reduce significativamente la probabilidad de pérdidas ante los riesgos existentes. Sin embargo, es importante reconocer que el riesgo nunca puede ser completamente eliminado. En particular, el riesgo asociado al flujo de detritos, exacerbado en parte por la ocupación de viviendas e infraestructura vial, no será nunca nulo. Por lo tanto, siempre existe un umbral a partir del cual el riesgo se considera controlable, y más allá del cual se justifica la aplicación de medidas preventivas adicionales.

### 5.1. DE LA EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS

#### 5.1.1. Matriz de consecuencias

A partir del mapa de riesgos obtenemos que el área de mayor extensión, debido al impacto de un peligro por flujo de detritos, se ubica en el nivel Alto, por lo cual le corresponde en la matriz de consecuencias el Nivel 3 – Alta.

**Cuadro N° 34. Niveles de consecuencias**

VALOR	NIVELES	DESCRIPCIÓN
4	muy alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas
3	alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo
2	media	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son gestionadas con los recursos disponibles
1	bajo	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad

Fuente: CENEPRED.

### 5.1.2. Matriz de frecuencias

En base a la información de peligros, se estima que puede ocurrir en periodos de tiempo largo, según las circunstancias, **Nivel 2 – Media**.

**Cuadro N° 35. Niveles de frecuencia de ocurrencia**

NIVEL	PROBABILIDAD	DESCRIPCIÓN
4	muy alta	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias
3	alta	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según circunstancias
2	media	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias
1	bajo	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales

Fuente: CENEPRED.

### 5.1.3. Matriz de consecuencia y daño.

La siguiente matriz de doble entrada se obtiene de interceptar los niveles de consecuencias (eje de ordenadas) vs. los niveles de frecuencia (eje de las abscisas), para determinar el nivel de consecuencia y daño, ante la ocurrencia del peligro por flujo de detritos. **NIVEL 3 – ALTA**.

**Cuadro N° 36. Matriz de consecuencias y daños**

CONSECUENCIAS	NIVEL	ZONA DE CONSECUENCIAS Y DAÑOS			
Muy alta	4	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Alta	3	Medio	Alta	Alta	Muy Alta
Media	2	Medio	Medio	Alta	Alta
Bajo	1	Bajo	Medio	Medio	Alta
	Nivel	1	2	3	4
	Frecuencia	Bajo	Medio	Alta	Muy Alta

Fuente: CENEPRED.

### 5.1.4. Matriz de medidas cualitativas de consecuencia y daño.

El análisis de la consecuencia y frecuencia del peligro por flujos de detritos sugiere que el nivel de consecuencia y daño en los lotes de riesgo muy alto y alto, es de **Nivel 3 – Alta**.

**Cuadro N° 37. Niveles cualitativos de Consecuencias y Daños**

NIVEL	DESCRIPTOR	DESCRIPCION
4	Muy alta	Muerte de personas, enorme pérdida y bienes y financieros
3	Alta	Lesiones grandes en las personas, pérdida de la capacidad de producción, pérdida de bienes y financieras importantes
2	Media	Requiere tratamiento médico en las personas, pérdidas de bienes y financieras altas
1	Bajo	tratamiento de primeros auxilios a las personas, pérdidas de bienes y financieras altas

Fuente: CENEPRED.

### 5.1.5. Matriz de medidas de aceptabilidad y tolerancia.

De la evaluación cualitativa, en base a la caracterización del peligro y el análisis de la susceptibilidad, se sugiere que la aceptabilidad y/o Tolerancia del Riesgo por flujo de detritos es de **Nivel 3 – Inaceptable**.

**Cuadro N° 38. Aceptabilidad y/o Tolerancia del Riesgo**

VALOR	DESCRIPTOR	DESCRIPCIÓN
4	Inadmisible	Se debe aplicar inmediatamente medidas de control físico y de se posible transferir inmediatamente recursos económicos para reducir los riesgos.
3	Inaceptable	Se deben desarrollar actividades <b>INMEDIATAS</b> y <b>PRIORITARIAS</b> para el manejo de riesgos.
2	Tolerable	Se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgos.
1		El riesgo no presenta un peligro significativo

Fuente: CENEPRED.

De la matriz de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo se precisa que el **Riesgo es Inaceptable** en las viviendas de riesgo muy alto y alto de la subcuenca de Pedregal.

**Cuadro N° 39. Matriz de Aceptabilidad y/o Tolerancia del Riesgo**

Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inadmisible	Riesgo Inadmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inadmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable
Riesgo aceptable	Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable

Fuente: CENEPRED.

### 5.1.6. Matriz de prioridad de la intervención.

Se sugiere que el nivel de priorización es **II (Inaceptable)** del cual constituye el soporte para la priorización de actividades, acciones y proyectos de inversión vinculadas a la Prevención y/o Reducción del Riesgo de Desastres.

**Cuadro N° 40. Nivel de Priorización**

VALOR	DESCRIPTOR	NIVEL DE PRIORIZACIÓN
4	Inadmisible	I
3	Inaceptable	II
2	Tolerable	III
1	Aceptable	IV

Fuente: CENEPRED.



## VII. CONCLUSIONES

- En marzo de 2023, la quebrada Pedregal volvió a activarse debido a las fuertes lluvias provocadas por el ciclón Yaku, afectando el tránsito vehicular y causando daños en la infraestructura local.
- La caracterización del área de impacto y escenario del peligro por flujos de detritos en la quebrada Pedregal, fueron evaluados tomando en cuenta el resultado del modelo de inundaciones por flujos hiperconcentrados en la quebrada Pedregal (SENAMHI, 2024), mediante el FLOW 2-D, para un periodo de retorno de 500 años. Esta simulación no pudo ser validada por el SENAMHI debido a la falta de mediciones de las variables de flujo de agua y sedimentos en la quebrada Pedregal; sin embargo, al ser una información de fuente oficial se realizó una verificación in situ del recorrido del flujo mostrado en la simulación para validar las áreas de influencia de dicho peligro.
- En SENAMHI, 2024, la serie de precipitación máxima en 24 horas en el periodo 1990-2023, presenta una distribución de probabilidad empírica asimétrica positiva, donde el rango de variabilidad está comprendido entre 10.0 y 40.0 mm y los valores más frecuentes se encuentran en la clase 0,0-10,0 mm.
- Se identificó en el área de estudio 2765 viviendas, 11 instituciones educativas, 1 establecimiento de salud, 2 local municipal, 4 loza deportiva, 11 parques y 1 reservorio de agua.
- En el análisis de vulnerabilidad se utilizaron indicadores de evaluación de dimensión social y económica que fueron elaborados con base a la información recogida del área de estudio mediante encuestas a la población con el uso del SIGRID Collect, aplicativo desarrollado por el Cenepred. La ponderación de los indicadores se realizó mediante el método de análisis jerárquico (AHP), según se establece el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da versión.
- La zonificación del riesgo permitió realizar el análisis de posibles pérdidas y afectación, la cual estima aproximadamente 2765 viviendas expuestas, de las cuales 682 viviendas se encuentran en un nivel de riesgo muy alto, 1206 viviendas en riesgo alto, 830 viviendas en riesgo medio y 47 viviendas en riesgo bajo.
- Del control de riesgo analizado se ha obtenido el nivel de consecuencia y daño: ALTO, por tanto, la aceptabilidad y/o tolerancia es INACEPTABLE, implicando esto que en el área de estudio se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos.
- El presente informe cuya naturaleza es un estudio de riesgos, constituye un primer acercamiento para la elaboración del Informe de Evaluación del Riesgo por Flujo de Detritos en la subcuenca del Pedregal por parte de la Municipalidad Distrital de Chosica.

## VIII. RECOMENDACIONES

- **A la población:** No habitar el cauce y las zonas intangibles de la quebrada Pedregal o usarlas para actividades que desestabilicen los taludes y pendientes de la subcuenca. Tener en cuenta que los desastres no son naturales, es responsabilidad de la misma población que estos ocurran.
- **A la entidades y autoridades con injerencia en el área de estudio:** Socializar entre las entidades locales y población del área de estudio la presente evaluación, a fin de coordinar la planificación y ejecución de medidas propuestas con el objetivo de reducir los riesgos en el área evaluada.
- **A los gobiernos locales:** se recomienda no permitir el uso del suelo para residencia permanente en los sectores con riesgo alto y muy alto, así como en la implementación de servicios e infraestructura pública.
- Se recomienda una actualización y calibración del modelamiento hidrológico e hidráulico a nivel de subcuenca por parte del SENAMHI, así como la recopilación de variables adicionales a nivel de vivienda, con el fin de mejorar el estudio.
- Tomar en consideración las medidas de preparación y corrección mencionadas en el presente informe.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 2° Versión Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - CENEPRED. Lima: CENEPRED - Dirección de Gestión de Procesos, 2014.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú –SENAMHI, (2024). Entregable N° 5 del SENAMHI, 2024, titulado caracterización de inundaciones por flujos hiperconcentrados en la quebrada pedregal.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú –SENAMHI, (2020). Caracterización del peligro por movimientos en masa debido a lluvias extremas en las quebrada Pedregal -Informe Final.
- Castro, R., Tavera, H., & Bejarano, L. (2023). Informe Técnico: Análisis y evaluación histórica de precipitaciones en Chaclacayo, Chosica y áreas aledañas. Instituto Geofísico del Perú. Lima.
- Boletín N° 43 Geología del Cuadrángulo de Lima, Lurín, Chancay y Chosica Hoja: 24-J. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMET) 1992.
- Defra and Agency (2006) The Flood Risks to People Methodology, Flood Risks to People Phase 2, FD2321 Technical Report 1, HR Wallingford et al. did the report for Defra/EA Flood and Coastal Defence R&D Programme, March 2006.
- Goyburo, A., Pineda, E., Lavado, W.S & Felipe, O.G. (2025). Generación de escenarios para inundaciones por flujos hiperconcentrados en la quebrada pedregal, distrito de Lurigancho Chosica. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/3823>

## X. ANEXOS

### 10.1. PONDERACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL PELIGRO (Anexo 01)

A continuación, se detalla el cálculo de los vectores de ponderación de los parámetros de peligro.

#### 10.1.1. Factores condicionantes

Para la construcción del mapa de susceptibilidad se consideraron como principales factores condicionantes a la pendiente, geología y geomorfología. A continuación, se detalla el cálculo de los vectores de priorización para los factores condicionantes:

**Cuadro N° 41. Factores condicionantes.**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
A1	Pendientes de terreno
A2	Geomorfología
A3	Geología

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N° 42. Matriz de comparación de pares - Factores condicionantes.**

PARÁMETRO	A1	A2	A3	SUMA	1/SUMA
A1	1.00	0.50	0.50	2.000	0.500
A2	2.00	1.00	1.00	4.000	0.250
A3	2.00	1.00	1.00	4.000	0.250

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N° 1. Matriz de normalización - Factores condicionantes.**

PARÁMETRO	A1	A2	A3	SUMA
A1	0.500	0.250	0.250	1.000
A2	0.500	0.250	0.250	1.000
A3	0.500	0.250	0.250	1.000
Vector Priorización	0.500	0.250	0.250	1.000

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N° 43. Análisis de consistencia - Factores condicionantes.**

Resultados de la operación de matrices			
	0.500	0.250	0.250
	0.500	0.250	0.250
	0.500	0.250	0.250
Vector Suma Ponderada	1.500	0.750	0.750

#### HALLANDO EL $\lambda_{max}$

Resultados de $\lambda_{max}$				SUMA	PROMEDIO
Lambda máxima ( $\lambda_{max}$ )	3.000	3.000	3.000	9.000	3.000

Índice de consistencia	IC	0.000
Relación de consistencia < 0.04 (*)	RC	0.000

Fuente: Elaboración propia.

## A. Pendientes de terreno

**Cuadro N° 44. Descriptores de las pendientes de terreno.**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
A1	> 45°
A2	30° < S <= 45°
A3	20° < S <= 30°
A4	10° < S <= 20°
A5	<= 10°

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N° 45. Matriz de comparación de pares – pendientes de terreno.**

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	SUMA	1/SUMA
A1	1.00	0.50	0.25	0.14	0.11	2.004	0.499
A2	2.00	1.00	0.33	0.17	0.13	3.625	0.276
A3	4.00	3.00	1.00	0.25	0.17	8.417	0.119
A4	7.00	6.00	4.00	1.00	0.33	18.333	0.055
A5	9.00	8.00	6.00	3.00	1.00	27.000	0.037

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N° 46. Matriz de normalización - pendientes de terreno.**

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	SUMA
A1	0.499	0.250	0.125	0.071	0.055	1.000
A2	0.552	0.276	0.092	0.046	0.034	1.000
A3	0.475	0.356	0.119	0.030	0.020	1.000
A4	0.382	0.327	0.218	0.055	0.018	1.000
A5	0.333	0.296	0.222	0.111	0.037	1.000
Vector Priorización	0.448	0.301	0.155	0.063	0.033	1.000

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N° 47. Análisis de consistencia - pendientes de terreno.**

Resultados de la operación de matrices					
	0.448	0.224	0.112	0.064	0.050
	0.602	0.301	0.100	0.050	0.038
	0.621	0.466	0.155	0.039	0.026
	0.438	0.375	0.250	0.063	0.021
	0.297	0.264	0.198	0.099	0.033
Vector Suma Ponderada	2.406	1.630	0.816	0.315	0.167

### HALLANDO EL $\lambda_{max}$

	Resultados de $\lambda_{max}$					SUMA	PROMEDIO
Lambda máxima ( $\lambda_{max}$ )	5.367	5.413	5.256	5.030	5.066	26.133	5.227

Índice de consistencia	IC	0.057
Relación de consistencia < 0.1 (*)	RC	0.051

Fuente: Elaboración propia.

## B. Unidades geomorfológicas

**Cuadro N° 48. Descriptores de las unidades geomorfológicas**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
A1	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at).
A2	Montaña en roca volcano-sedimentaria (RM-rvs).
A3	Montaña en roca intrusiva (RM-ri).
A4	Terraza indiferenciada (Ti).
A5	Cauce del río (Río)

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N° 49. Matriz de comparación de pares - unidades geomorfológicas**

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	SUMA	1/SUMA
A1	1.00	0.50	0.25	0.17	0.11	2.028	0.493
A2	2.00	1.00	0.33	0.20	0.13	3.658	0.273
A3	4.00	3.00	1.00	0.33	0.17	8.500	0.118
A4	6.00	5.00	3.00	1.00	0.25	15.250	0.066
A5	9.00	8.00	6.00	4.00	1.00	28.000	0.036

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N° 50. Matriz de normalización - unidades geomorfológicas**

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	SUMA
A1	0.493	0.247	0.123	0.082	0.055	1.000
A2	0.547	0.273	0.091	0.055	0.034	1.000
A3	0.471	0.353	0.118	0.039	0.020	1.000
A4	0.393	0.328	0.197	0.066	0.016	1.000
A5	0.321	0.286	0.214	0.143	0.036	1.000
Vector Priorización	0.445	0.297	0.149	0.077	0.032	1.000

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N° 51. Análisis de consistencia - unidades geomorfológicas**

Resultados de la operación de matrices					
	0.445	0.223	0.111	0.074	0.049
	0.595	0.297	0.099	0.059	0.037
	0.594	0.446	0.149	0.050	0.025
	0.461	0.385	0.231	0.077	0.019
	0.289	0.257	0.193	0.129	0.032
Vector Suma Ponderada	2.385	1.607	0.782	0.389	0.163

### HALLANDO EL $\lambda_{max}$

	Resultados de $\lambda_{max}$					SUMA	PROMEDIO
Lambda máxima ( $\lambda_{max}$ )	5.358	5.406	5.265	5.053	5.064	26.148	5.230

Índice de consistencia	IC	0.057
Relación de consistencia < 0.1 (*)	RC	0.051

Fuente: Elaboración propia.

### C. Unidades geológicas

**Cuadro N° 52. Descriptores de las unidades geomorfológicas**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
A1	Depósito aluvial (Qp-al).
A2	Super unidad Santa Rosa - Tonalita, granodiorita (Ks-bc/sr-tn,gd).
A3	Superunidad Santa Rosa - Tonalita, diorita (Ks-bc/sr-tn,di).
A4	Super Unidad Santa Rosa - diorita (Ks-bc/sr-di)
A5	Superunidad Patap - Gabrodiorita (Ks-bc/pt-gbdi).

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N° 53. Matriz de comparación de pares - unidades geológicas**

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	SUMA	1/SUMA
A1	1.00	0.50	0.25	0.17	0.13	2.042	0.490
A2	2.00	1.00	0.33	0.20	0.14	3.676	0.272
A3	4.00	3.00	1.00	0.33	0.20	8.533	0.117
A4	6.00	5.00	3.00	1.00	0.33	15.333	0.065
A5	8.00	7.00	5.00	3.00	1.00	24.000	0.042

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N° 54. Matriz de normalización - unidades geológicas**

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	SUMA
A1	0.490	0.245	0.122	0.082	0.061	1.000
A2	0.544	0.272	0.091	0.054	0.039	1.000
A3	0.469	0.352	0.117	0.039	0.023	1.000
A4	0.391	0.326	0.196	0.065	0.022	1.000
A5	0.333	0.292	0.208	0.125	0.042	1.000
Vector Priorización	0.445	0.297	0.147	0.073	0.037	1.000

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N° 55. Análisis de consistencia - unidades geológicas**

Resultados de la operación de matrices					
	0.445	0.223	0.111	0.074	0.056
	0.594	0.297	0.099	0.059	0.042
	0.587	0.441	0.147	0.049	0.029
	0.438	0.365	0.219	0.073	0.024
	0.299	0.262	0.187	0.112	0.037
Vector Suma Ponderada	2.365	1.588	0.763	0.368	0.189

HALLANDO EL  $\lambda_{max}$

	Resultados de $\lambda_{max}$					SUMA	PROMEDIO
Lambda máxima ( $\lambda_{max}$ )	5.309	5.341	5.198	5.035	5.062	25.945	5.189

Índice de consistencia	IC	0.047
Relación de consistencia < 0.1 (*)	RC	0.042

Fuente: Elaboración propia.

### 10.1.2. Factor desencadenante

Para la construcción del mapa de susceptibilidad se considerará a la precipitación como el principal factor desencadenantes. A continuación, se detalla el cálculo del vector de priorización para el factor desencadenante:

**Cuadro N° 56. Descriptores del factor desencadenante.**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
A1	Extremadamente lluvioso
A2	Muy lluvioso
A3	Lluvioso
A4	Lluvias moderadas
A5	Lluvias Bajas

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N° 57. Matriz de comparación de pares - factor desencadenante.**

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	SUMA	1/SUMA
A1	1.00	0.50	0.25	0.14	0.11	2.004	0.499
A2	2.00	1.00	0.33	0.17	0.13	3.625	0.276
A3	4.00	3.00	1.00	0.25	0.17	8.417	0.119
A4	7.00	6.00	4.00	1.00	0.33	18.333	0.055
A5	9.00	8.00	6.00	3.00	1.00	27.000	0.037

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N° 58. Matriz de normalización - factor desencadenante.**

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	SUMA
A1	0.499	0.250	0.125	0.071	0.055	1.000
A2	0.552	0.276	0.092	0.046	0.034	1.000
A3	0.475	0.356	0.119	0.030	0.020	1.000
A4	0.382	0.327	0.218	0.055	0.018	1.000
A5	0.333	0.296	0.222	0.111	0.037	1.000
<b>Vector Priorización</b>	0.448	0.301	0.155	0.063	0.033	1.000

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N° 59. Análisis de consistencia - factor desencadenante.**

Resultados de la operación de matrices					
	0.448	0.224	0.112	0.064	0.050
	0.602	0.301	0.100	0.050	0.038
	0.621	0.466	0.155	0.039	0.026
	0.438	0.375	0.250	0.063	0.021
	0.297	0.264	0.198	0.099	0.033
<b>Vector Suma Ponderada</b>	2.406	1.630	0.816	0.315	0.167

HALLANDO EL  $\bar{\lambda}_{max}$

	Resultados de $\lambda_{max}$					SUMA	PROMEDIO
<b>Lambda máxima (<math>\lambda_{max}</math>)</b>	5.367	5.413	5.256	5.030	5.066	26.133	5.227

<b>Índice de consistencia</b>	<b>IC</b>	0.057
<b>Relación de consistencia &lt; 0.1 (*)</b>	<b>RC</b>	0.051

Fuente: Elaboración propia.

### 10.1.3. Parámetro de evaluación

Para la construcción del mapa de susceptibilidad se considerará a los tirantes (T) por la velocidad como el principal parámetro de evaluación. A continuación, se detalla el cálculo del vector de priorización para el parámetro de evaluación:

**Cuadro N° 60. Descriptores del parámetro de evaluación.**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
A1	> 4.50
A2	2.00 a 4.50
A3	1.25 a 2.00
A4	0.75 a 1.25
A5	< 0.75

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N° 61. Matriz de comparación de pares - parámetro de evaluación.**

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	SUMA	1/SUMA
A1	1.00	1.00	0.20	0.14	0.11	2.454	0.408
A2	1.00	1.00	0.33	0.17	0.11	2.611	0.383
A3	5.00	3.00	1.00	0.25	0.11	9.361	0.107
A4	7.00	6.00	4.00	1.00	0.20	18.200	0.055
A5	9.00	9.00	9.00	5.00	1.00	33.000	0.030

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N° 62. Matriz de normalización - parámetro de evaluación.**

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	SUMA
A1	0.408	0.408	0.082	0.058	0.045	1.000
A2	0.383	0.383	0.128	0.064	0.043	1.000
A3	0.534	0.320	0.107	0.027	0.012	1.000
A4	0.385	0.330	0.220	0.055	0.011	1.000
A5	0.273	0.273	0.273	0.152	0.030	1.000
<b>Vector Priorización</b>	0.396	0.343	0.162	0.071	0.028	1.000

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N° 2. Análisis de consistencia - parámetro de evaluación.**

Resultados de la operación de matrices					
	0.396	0.396	0.079	0.057	0.044
	0.343	0.343	0.114	0.057	0.038
	0.808	0.485	0.162	0.040	0.018
	0.497	0.426	0.284	0.071	0.014
	0.254	0.254	0.254	0.141	0.028
<b>Vector Suma Ponderada</b>	2.299	1.904	0.893	0.366	0.142

#### HALLANDO EL $\lambda_{max}$

	Resultados de $\lambda_{max}$					SUMA	PROMEDIO
<b>Lambda máxima (<math>\lambda_{max}</math>)</b>	5.799	5.557	5.524	5.155	5.053	27.087	5.417

<b>Índice de consistencia</b>	<b>IC</b>	0.104
<b>Relación de consistencia &lt; 0.1 (*)</b>	<b>RC</b>	0.094

Fuente: Elaboración propia.

## 10.2. PONDERACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD.

A continuación, se presenta el cálculo de los vectores de ponderación para los factores asociados a cada dimensión de la vulnerabilidad en el documento Anexo 02 – Matriz de análisis de la Vulnerabilidad.xlsx.

### 10.2.1. Dimensión social.

#### 10.2.1.1. Exposición social.

Cuadro N° 63. Descriptores de las unidades

Cantidad de personas en la vivienda	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
A1	más de 8 personas
A2	5 a 8 personas
A3	3 a 4 personas
A4	1 a 2 personas
A5	Ninguna

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 64. Matriz de comparación de pares

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1.00	3.00	4.00	7.00	9.00
A2	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
A3	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00
A4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
A5	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.84	4.68	8.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.54	0.21	0.12	0.06	0.04

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 65. Matriz de normalización

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	Vector Priorización
A1	0.544	0.642	0.469	0.429	0.360	0.489
A2	0.181	0.214	0.352	0.306	0.280	0.267
A3	0.136	0.071	0.117	0.184	0.200	0.142
A4	0.078	0.043	0.039	0.061	0.120	0.068
A5	0.060	0.031	0.023	0.020	0.040	0.035
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 66. Análisis de consistencia

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.489	0.800	0.567	0.477	0.315	0.054
0.163	0.267	0.425	0.341	0.245	0.038
0.122	0.089	0.142	0.204	0.175	0.028
0.070	0.053	0.047	0.068	0.105	0.023
0.054	0.038	0.028	0.023	0.035	0.035

#### HALLANDO EL $\lambda_{max}$

	Resultados de $\lambda_{max}$					SUMA	PROMEDIO
Lambda máxima ( $\lambda_{max}$ )	5.417	5.402	5.168	5.038	5.101	26.126	5.225

Índice de consistencia	IC	0.056
Relación de consistencia < 0.1 (*)	RC	0.050

### 3.2.1.2. Fragilidad social.

Cuadro N° 67. Descriptores de las unidades

Presencia de personas mayores a 65 años	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
A1	De 75% < a <= 100%
A2	De 50% < a <= 75%
A3	De 25% < a <= 50%
A4	De 0% < a <= 25%
A5	0%

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 68. Matriz de comparación de pares

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1.00	1.00	5.00	7.00	9.00
A2	1.00	1.00	5.00	7.00	9.00
A3	0.20	0.20	1.00	3.00	5.00
A4	0.14	0.14	0.33	1.00	3.00
A5	0.11	0.11	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.45	2.45	11.53	18.33	27.00
1/SUMA	0.41	0.41	0.09	0.05	0.04

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 69. Matriz de normalización

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	Vector Priorización
A1	0.408	0.408	0.434	0.382	0.333	0.393
A2	0.408	0.408	0.434	0.382	0.333	0.393
A3	0.082	0.082	0.087	0.164	0.185	0.120
A4	0.058	0.058	0.029	0.055	0.111	0.062
A5	0.045	0.045	0.017	0.018	0.037	0.033
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 70. Análisis de consistencia

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.393	0.393	0.599	0.435	0.294	2.113
0.393	0.393	0.599	0.435	0.294	2.113
0.079	0.079	0.120	0.187	0.163	0.627
0.056	0.056	0.040	0.062	0.098	0.312
0.044	0.044	0.024	0.021	0.033	0.165

#### HALLANDO EL $\lambda_{max}$

	Resultados de $\lambda_{max}$					SUMA	PROMEDIO
Lambda máxima ( $\lambda_{max}$ )	5.380	5.380	5.234	5.019	5.045	26.058	5.212

Índice de consistencia	IC	0.053
Relación de consistencia < 0.1 (*)	RC	0.047

Cuadro N° 71. Descriptores de las unidades

Presencia de personas de 0 a 14 años	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
A1	De 75% < a <= 100%
A2	De 50% < a <= 75%
A3	De 25% < a <= 50%
A4	De 0% < a <= 25%
A5	0%

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 72. Matriz de comparación de pares

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1.00	1.00	5.00	7.00	9.00
A2	1.00	1.00	5.00	7.00	9.00
A3	0.20	0.20	1.00	3.00	5.00
A4	0.14	0.14	0.33	1.00	3.00
A5	0.11	0.11	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.45	2.45	11.53	18.33	27.00
1/SUMA	0.41	0.41	0.09	0.05	0.04

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 73. Matriz de normalización

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	Vector Priorización
A1	0.408	0.408	0.434	0.382	0.333	0.393
A2	0.408	0.408	0.434	0.382	0.333	0.393
A3	0.082	0.082	0.087	0.164	0.185	0.120
A4	0.058	0.058	0.029	0.055	0.111	0.062
A5	0.045	0.045	0.017	0.018	0.037	0.033
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 74. Análisis de consistencia

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.393	0.393	0.599	0.435	0.294	2.113
0.393	0.393	0.599	0.435	0.294	2.113
0.079	0.079	0.120	0.187	0.163	0.627
0.056	0.056	0.040	0.062	0.098	0.312
0.044	0.044	0.024	0.021	0.033	0.165

HALLANDO EL  $\lambda_{\max}$

Resultados de $\lambda_{\max}$					SUMA	PROMEDIO	
Lambda máxima ( $\lambda_{\max}$ )	5.380	5.380	5.234	5.019	5.045	26.058	5.212

Índice de consistencia	IC	0.053
Relación de consistencia < 0.1 (*)	RC	0.047

Cuadro N° 75. Descriptores de las unidades

Porcentaje de viviendas con abastecimiento de agua las 24 horas	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
A1	De 0% < a <= 20%
A2	De 20% < a <= 40%
A3	De 40% < a <= 60%
A4	De 60% < a <= 80%
A5	De 80% < a <= 100%

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 76. Matriz de comparación de pares

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5
A1	0.544	0.619	0.539	0.404	0.346
A2	0.181	0.206	0.270	0.288	0.269
A3	0.136	0.103	0.135	0.231	0.231
A4	0.078	0.041	0.034	0.058	0.115
A5	0.060	0.029	0.022	0.019	0.038
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1/SUMA	0.544	0.619	0.539	0.404	0.346

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 77. Matriz de normalización

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	Vector Priorización
A1	0.491	0.729	0.669	0.456	0.306	2.651
A2	0.164	0.243	0.334	0.326	0.238	1.305
A3	0.123	0.122	0.167	0.261	0.204	0.876
A4	0.070	0.049	0.042	0.065	0.102	0.328
A5	0.055	0.035	0.028	0.022	0.034	0.173
SUMA	0.491	0.729	0.669	0.456	0.306	2.651

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 78. Análisis de consistencia

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.393	0.393	0.599	0.435	0.294	2.113
0.393	0.393	0.599	0.435	0.294	2.113
0.079	0.079	0.120	0.187	0.163	0.627
0.056	0.056	0.040	0.062	0.098	0.312
0.044	0.044	0.024	0.021	0.033	0.165

HALLANDO EL  $\lambda_{max}$

Resultados de $\lambda_{max}$					SUMA	PROMEDIO	
Lambda máxima ( $\lambda_{max}$ )	5.403	5.369	5.242	5.029	5.079	26.122	5.224

Índice de consistencia	IC	0.056
Relación de consistencia < 0.1 (*)	RC	0.050

### 3.2.1.3. Resiliencia social.

Cuadro N° 79. Descriptores de las unidades

Conocimiento en GRD	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
A1	Completo
A2	Muy poco
A3	Poco
A4	Ninguno
A5	No respondió

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 80. Matriz de comparación de pares

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1.00	2.00	5.00	6.00	6.00
A2	0.50	1.00	3.00	5.00	5.00
A3	0.20	0.33	1.00	3.00	3.00
A4	0.17	0.20	0.33	1.00	1.00
A5	0.17	0.20	0.33	1.00	1.00
SUMA	2.03	3.73	9.67	16.00	16.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.10	0.06	0.06

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 81. Matriz de normalización

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	Vector Priorización
A1	0.492	0.536	0.517	0.375	0.375	0.459
A2	0.246	0.268	0.310	0.313	0.313	0.290
A3	0.098	0.089	0.103	0.188	0.188	0.133
A4	0.082	0.054	0.034	0.063	0.063	0.059
A5	0.082	0.054	0.034	0.063	0.063	0.059
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 82. Análisis de consistencia

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.489	0.533	0.708	0.409	0.210	2.349
0.244	0.267	0.425	0.341	0.175	1.452
0.098	0.089	0.142	0.204	0.105	0.638
0.081	0.053	0.047	0.068	0.035	0.285
0.081	0.053	0.047	0.068	0.035	0.285

#### HALLANDO EL $\lambda_{max}$

	Resultados de $\lambda_{max}$					SUMA	PROMEDIO
Lambda máxima ( $\lambda_{max}$ )	5.118	5.008	4.786	4.832	4.832	24.577	4.915

Índice de consistencia	IC	0.021
Relación de consistencia < 0.1 (*)	RC	0.019

### 3.2.2.1. Exposición económica.

Cuadro N° 83. Descriptores de las unidades

Distancia de la vivienda respecto al cauce del flujo de detritos	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
A1	< 2 m
A2	de 2 a 5 m
A3	de 5 a 10
A4	de 10 a 15
A5	> 15 m

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 84. Matriz de comparación de pares

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1.00	4.00	5.00	7.00	9.00
A2	0.25	1.00	2.00	4.00	6.00
A3	0.20	0.50	1.00	3.00	5.00
A4	0.14	0.25	0.33	1.00	3.00
A5	0.11	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.70	5.92	8.53	15.33	24.00
1/SUMA	0.59	0.17	0.12	0.07	0.04

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 85. Matriz de normalización

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	Vector Priorización
A1	0.587	0.676	0.586	0.457	0.375	0.536
A2	0.147	0.169	0.234	0.261	0.250	0.212
A3	0.117	0.085	0.117	0.196	0.208	0.145
A4	0.084	0.042	0.039	0.065	0.125	0.071
A5	0.065	0.028	0.023	0.022	0.042	0.036
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 86. Análisis de consistencia

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.536	0.849	0.723	0.498	0.324	2.930
0.134	0.212	0.289	0.284	0.216	1.136
0.107	0.106	0.145	0.213	0.180	0.751
0.077	0.053	0.048	0.071	0.108	0.357
0.060	0.035	0.029	0.024	0.036	0.184

#### HALLANDO EL $\lambda_{max}$

Resultados de $\lambda_{max}$					SUMA	PROMEDIO	
Lambda máxima ( $\lambda_{max}$ )	5.465	5.354	5.196	5.023	5.093	26.132	5.226

Índice de consistencia	IC	0.057
Relación de consistencia < 0.1 (*)	RC	0.051

Cuadro N° 87. Descriptores de las unidades

Cota o altura de aniego	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
A1	> 2 m
A2	1 a 2 m
A3	0.2 a 1 m
A4	0 a 0.2 m
A5	< 0 m

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 88. Matriz de comparación de pares

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1.00	1.00	4.00	7.00	9.00
A2	1.00	1.00	4.00	7.00	9.00
A3	0.25	0.25	1.00	4.00	6.00
A4	0.14	0.14	0.25	1.00	3.00
A5	0.11	0.11	0.17	0.33	1.00
SUMA	2.50	2.50	9.42	19.33	28.00
1/SUMA	0.40	0.40	0.11	0.05	0.04

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 89. Matriz de normalización

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	Vector Priorización
A1	0.399	0.399	0.425	0.362	0.321	0.381
A2	0.399	0.399	0.425	0.362	0.321	0.381
A3	0.100	0.100	0.106	0.207	0.214	0.145
A4	0.057	0.057	0.027	0.052	0.107	0.060
A5	0.044	0.044	0.018	0.017	0.036	0.032
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 90. Análisis de consistencia

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.381	0.381	0.582	0.419	0.287	2.051
0.381	0.381	0.582	0.419	0.287	2.051
0.095	0.095	0.145	0.240	0.191	0.767
0.054	0.054	0.036	0.060	0.096	0.301
0.042	0.042	0.024	0.020	0.032	0.161

HALLANDO EL  $\lambda_{max}$

Resultados de $\lambda_{max}$					SUMA	PROMEDIO	
Lambda máxima ( $\lambda_{max}$ )	5.377	5.377	5.275	5.023	5.045	26.096	5.219

Índice de consistencia	IC	0.055
Relación de consistencia < 0.1 (*)	RC	0.049

### 3.2.2.2 Fragilidad económica.

Cuadro N° 91. Descriptores de las unidades

Material predominante de la pared	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
A1	Sin muros
A2	Triplay, calamina, estera, madera rústica
A3	Drywall / Madera / Adobe
A4	Mampostería: Enrocado con cemento
A5	Concreto / Ladrillo

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 92. Matriz de comparación de pares

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
A2	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
A3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
A4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
A5	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 93. Matriz de normalización

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	Vector Priorización
A1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
A2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
A3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
A4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
A5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 94. Análisis de consistencia

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.503	0.781	0.672	0.474	0.313	2.743
0.168	0.260	0.403	0.339	0.244	1.414
0.101	0.087	0.134	0.203	0.174	0.699
0.072	0.052	0.045	0.068	0.104	0.341
0.056	0.037	0.027	0.023	0.035	0.177

#### HALLANDO EL $\lambda_{max}$

Resultados de $\lambda_{max}$					SUMA	PROMEDIO	
Lambda máxima ( $\lambda_{max}$ )	5.455	5.432	5.204	5.030	5.093	26.213	5.243

Índice de consistencia	IC	0.061
Relación de consistencia < 0.1 (*)	RC	0.054

Cuadro N° 95. Descriptores de las unidades

Accesos expuestos al flujo de detritos	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
A1	2 Portones / Terreno vacío
A2	1 Puerta y Portón
A3	1 Portón
A4	1 puerta
A5	Ningún acceso

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 96. Matriz de comparación de pares

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1.00	3.00	4.00	7.00	9.00
A2	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
A3	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00
A4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
A5	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.84	4.68	8.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.54	0.21	0.12	0.06	0.04

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 97. Matriz de normalización

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	Vector Priorización
A1	0.544	0.642	0.469	0.429	0.360	0.489
A2	0.181	0.214	0.352	0.306	0.280	0.267
A3	0.136	0.071	0.117	0.184	0.200	0.142
A4	0.078	0.043	0.039	0.061	0.120	0.068
A5	0.060	0.031	0.023	0.020	0.040	0.035
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 98. Análisis de consistencia

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.489	0.800	0.567	0.477	0.315	2.647
0.163	0.267	0.425	0.341	0.245	1.440
0.122	0.089	0.142	0.204	0.175	0.732
0.070	0.053	0.047	0.068	0.105	0.343
0.054	0.038	0.028	0.023	0.035	0.178

HALLANDO EL  $\lambda_{max}$

	Resultados de $\lambda_{max}$					SUMA	PROMEDIO
Lambda máxima ( $\lambda_{max}$ )	5.417	5.402	5.168	5.038	5.101	26.126	5.225

Índice de consistencia	IC	0.056
Relación de consistencia < 0.1 (*)	RC	0.050

Cuadro N° 99. Descriptores de las unidades

Material predominante del techo	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
A1	Sin techo
A2	Madera rústica, Triplay, carrizo o estera
A3	Planchas de calamina, fibrocemento o similares
A4	Drywall / Madera
A5	Aligerado, Concreto armado

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 100. Matriz de comparación de pares

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
A2	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
A3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
A4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
A5	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 101. Matriz de normalización

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	Vector Priorización
A1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
A2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
A3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
A4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
A5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 102. Análisis de consistencia

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.503	0.781	0.672	0.474	0.313	2.743
0.168	0.260	0.403	0.339	0.244	1.414
0.101	0.087	0.134	0.203	0.174	0.699
0.072	0.052	0.045	0.068	0.104	0.341
0.056	0.037	0.027	0.023	0.035	0.177

HALLANDO EL  $\lambda_{\max}$

	Resultados de $\lambda_{\max}$					SUMA	PROMEDIO
Lambda máxima ( $\lambda_{\max}$ )	5.455	5.432	5.204	5.030	5.093	26.213	5.243

Índice de consistencia	IC	0.061
Relación de consistencia < 0.1 (*)	RC	0.054

Cuadro N° 103. Descriptores de las unidades

Número de pisos en la vivienda	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
A1	Sótano
A2	Ninguno
A3	1.00
A4	2.00
A5	más de 2

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 104. Matriz de comparación de pares

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1.00	2.00	7.00	9.00	9.00
A2	0.50	1.00	6.00	8.00	8.00
A3	0.14	0.17	1.00	3.00	3.00
A4	0.11	0.13	0.33	1.00	1.00
A5	0.11	0.13	0.33	1.00	1.00
SUMA	1.87	3.42	14.67	22.00	22.00
1/SUMA	0.54	0.29	0.07	0.05	0.05

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 105. Matriz de normalización

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	Vector Priorización
A1	0.536	0.585	0.477	0.409	0.409	0.483
A2	0.268	0.293	0.409	0.364	0.364	0.339
A3	0.077	0.049	0.068	0.136	0.136	0.093
A4	0.060	0.037	0.023	0.045	0.045	0.042
A5	0.060	0.037	0.023	0.045	0.045	0.042
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 106. Análisis de consistencia

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.483	0.679	0.653	0.378	0.378	2.570
0.242	0.339	0.560	0.336	0.336	1.812
0.069	0.057	0.093	0.126	0.126	0.471
0.054	0.042	0.031	0.042	0.042	0.211
0.054	0.042	0.031	0.042	0.042	0.211

HALLANDO EL  $\lambda_{max}$

	Resultados de $\lambda_{max}$					SUMA	PROMEDIO
Lambda máxima ( $\lambda_{max}$ )	5.317	5.338	5.047	5.032	5.032	25.767	5.153

Índice de consistencia	IC	0.038
Relación de consistencia < 0.1 (*)	RC	0.034

### 3.2.2.3. Resiliencia económica.

Cuadro N° 107. Descriptores de las unidades

Tipo de protección en la vivienda	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
A1	Ninguna protección
A2	Sacos terreros
A3	Muro menor a 0.5 m de altura
A4	Muro entre 0.5 a 1.5 m de altura
A5	Muro mayor a 1.5 m de altura

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 108. Matriz de comparación de pares

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1.00	2.00	5.00	8.00	8.00
A2	0.50	1.00	4.00	7.00	7.00
A3	0.20	0.25	1.00	4.00	4.00
A4	0.13	0.14	0.25	1.00	1.00
A5	0.13	0.14	0.25	1.00	1.00
SUMA	1.95	3.54	10.50	21.00	21.00
1/SUMA	0.51	0.28	0.10	0.05	0.05

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 109. Matriz de normalización

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	Vector Priorización
A1	0.513	0.566	0.476	0.381	0.381	0.463
A2	0.256	0.283	0.381	0.333	0.333	0.317
A3	0.103	0.071	0.095	0.190	0.190	0.130
A4	0.064	0.040	0.024	0.048	0.048	0.045
A5	0.064	0.040	0.024	0.048	0.048	0.045
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 110. Análisis de consistencia

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.463	0.635	0.649	0.358	0.358	2.463
0.232	0.317	0.520	0.313	0.313	1.695
0.093	0.079	0.130	0.179	0.179	0.660
0.058	0.045	0.032	0.045	0.045	0.225
0.058	0.045	0.032	0.045	0.045	0.225

#### HALLANDO EL $\lambda_{\max}$

	Resultados de $\lambda_{\max}$					SUMA	PROMEDIO
Lambda máxima ( $\lambda_{\max}$ )	5.316	5.339	5.078	5.036	5.036	25.804	5.161

Índice de consistencia	IC	0.040
Relación de consistencia < 0.1 (*)	RC	0.036

Cuadro N° 111. Descriptores de las unidades

Material predominante en el muro o protección	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
A1	Tierra
A2	Adobe
A3	Mampostería: Enrocado con cemento
A4	Ladrillo con cemento
A5	Concreto

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 112. Matriz de comparación de pares

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
A2	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
A3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
A4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
A5	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 113. Matriz de normalización

PARAMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	Vector Priorización
A1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
A2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
A3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
A4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
A5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 114. Análisis de consistencia

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.503	0.781	0.672	0.474	0.313	2.743
0.168	0.260	0.403	0.339	0.244	1.414
0.101	0.087	0.134	0.203	0.174	0.699
0.072	0.052	0.045	0.068	0.104	0.341
0.056	0.037	0.027	0.023	0.035	0.177

HALLANDO EL  $\lambda_{max}$

	Resultados de $\lambda_{max}$					SUMA	PROMEDIO
Lambda máxima ( $\lambda_{max}$ )	5.455	5.432	5.204	5.030	5.093	26.213	5.243

Índice de consistencia	IC	0.061
Relación de consistencia < 0.1 (*)	RC	0.054