



Evaluación del Riesgo por Aluvión en las Localidades de Queropalca, Baños y Jesús, Provincia de Lauricocha, Departamento de Huánuco (Cordillera Huayhuash)

Versión 1.0

2024



INAIGEM
INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

***EVALUACIÓN DEL RIESGO POR ALUVIÓN EN LAS LOCALIDADES DE
QUEROPALCA, BAÑOS Y JESÚS, PROVINCIA DE LAURICOCHA, DEPARTAMENTO
DE HUÁNUCO (CORDILLERA HUAYHUASH)***

Autores:

***Juan Torres Lázaro
Adriana Caballero Bedriñana
Harrinson Jara Infantes
Enver Melgarejo Romero
Hilbert Villafane Gómez
Manuel Cosi Fajardo***

Colaboradores

***Julia Araujo Reyes
Leila Mamani Yampi
Luis Milla Montoro
Mireliz Navarro Ibarra
Ivana Escate Gastañaga
Angel Salas Colca
Sara Cachay Villacorta
Hierald Palomino Gutiérrez***

Editado por:

***@ Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña
(INAIGEM)***

***Sede Central: Av. Centenario Nro. 2656 - Sector Palmira, Independencia, Huaraz -
Ancash - Perú***

1a. edición

Diciembre 2024

DEPÓSITO LEGAL N° 2025-07434

ADRIANA CABALLERO BEDRIÑANA
Evaluador de Riesgo
R.J N° 090-2022-CENEPRED-J

HILBERT VILLAFANE GOMEZ
Evaluador de Riesgo
R.J.N° 00143-2022-CENEPRED/J



Contenido

CAPÍTULO I GENERALIDADES	12
1.1. INTRODUCCIÓN	12
1.2. OBJETIVOS.....	12
1.3. JUSTIFICACIÓN	13
1.4. ANTECEDENTES	13
1.5. MARCO NORMATIVO	15
CAPÍTULO II CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	16
2.1. UBICACIÓN	16
2.1.1. Geográfica	16
2.1.2. Límites Políticos.....	16
2.1.3. Unidad Hidrográfica	16
2.2. VÍAS DE ACCESO.....	18
2.3. CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS.....	18
2.4. DESCRIPCIÓN SOCIAL.....	19
2.4.1. Población.....	19
2.4.2. Vivienda.....	19
2.4.3. Medios de vida	20
2.5. DESCRIPCIÓN FÍSICA.....	20
2.5.1. Ámbito glaciar	20
2.5.2. Hidrología	22
2.5.3. Unidades geotécnicas	26
2.5.4. Unidades geológicas	34
2.5.5. Unidades geomorfológicas	44
2.5.6. Pendientes del terreno.....	52
CAPÍTULO III ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD	54
3.1. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE LA PELIGROSIDAD	54
3.1.1. Metodología de Ponderación	54
3.2. IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO	56
3.3. CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO.....	56
3.3.1. Prospección Geofísica.....	56
3.3.2. Altura del Flujo.....	61



3.3.3.	Modelamiento de la Cadena de Procesos	62
3.3.4.	Ponderación de los Parámetros de Evaluación del Peligro por Aluvión	62
3.4.	SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRITORIO	64
3.5.	FACTOR DESENCADENANTE Y PONDERACIÓN	64
3.5.1.	Volumen del Desembalse	64
3.5.2.	Ponderación del Volumen del Desembalse.....	65
3.6.	FACTORES CONDICIONANTES Y PONDERACIÓN.....	65
3.7.	DEFINICIÓN DE ESCENARIO.....	66
3.8.	ESTRATIFICACIÓN DE LA PELIGROSIDAD	66
3.9.	MAPA DE NIVELES DE PELIGROSIDAD.....	67
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD		69
4.1.	METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD	69
4.2.	VULNERABILIDAD DE VIVIENDAS.....	71
4.2.1.	Dimensión Social	72
4.2.2.	Dimensión Física	73
4.2.3.	Dimensión Económica	73
4.2.4.	Dimensión Ambiental.....	74
4.3.	VULNERABILIDAD DE ESTRUCTURAS	75
4.3.1.	Dimensión Física	75
4.4.	NIVELES DE VULNERABILIDAD.....	76
4.4.1.	Nivel de Vulnerabilidad de Viviendas	76
4.4.2.	Nivel de Vulnerabilidad de Estructuras	77
4.5.	ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD	77
4.5.1.	Estratificación de Vulnerabilidad de Viviendas	77
4.5.2.	Estratificación de Vulnerabilidad de Estructuras	83
4.6.	MAPA DE VULNERABILIDAD	84
4.6.1.	Mapa de Vulnerabilidad por Aluvión en Viviendas	84
4.6.2.	Mapa de Vulnerabilidad por Aluvión en Estructuras.....	84
CAPÍTULO V CÁLCULO DEL RIESGO		87
5.1.	METODOLOGÍA PARA CALCULAR EL RIESGO.....	87
5.2.	DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO	88
5.2.1.	Nivel del riesgo de viviendas	88
5.2.2.	Nivel del riesgo en estructuras.....	91



5.3. ESTRATIFICACIÓN DEL RIESGO	93
5.3.1. Estratificación del riesgo de viviendas	93
5.3.2. Estratificación del riesgo en estructuras.....	95
5.4. MAPA DE RIESGO	96
5.4.1. Mapa de riesgo de viviendas	96
5.4.2. Mapa de riesgo de estructuras.....	97
CAPÍTULO VI.....	100
EVALUACIÓN DE EFECTOS	100
6.1. METODOLOGÍA PARA EVALUAR LOS EFECTOS	100
6.2. CÁLCULO DE LOS DAÑOS PROBABLES.....	101
6.2.1. Estimación de daños probables	101
6.3. CONTROL DEL RIESGO, ACEPTABILIDAD Y TOLERANCIA.....	106
6.3.1. Valoración de consecuencias	106
6.3.2. Valoración de frecuencia	106
6.3.3. Nivel de consecuencia y daños.....	107
6.3.4. Aceptabilidad y/o tolerancia	107
6.3.5. Prioridad de Intervención.....	108
6.3.6. Medidas de Control.....	108
CAPITULO VII.....	109
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	109
7.1. CONCLUSIONES	109
7.2. RECOMENDACIONES	111
7.2.1. Medidas estructurales.....	111
7.2.2. Medidas No estructurales	113



Índice de Tablas

Tabla 1: Resumen de GLOF pasados en la U.H. Nupe.	11
Tabla 2: Vías de acceso.	16
Tabla 3: Características de la población del distrito de Jesús según sexo.	17
Tabla 4: Características de la población del distrito de Queropalca según sexo.	17
Tabla 5: Cálculo de la valoración RMR.	24
Tabla 6: Valoración Geomecánica RMR de Bieniawski.	24
Tabla 7: Clasificación de unidades geotécnicas.	25
Tabla 8: Clasificación de unidades geomorfológicas.	41
Tabla 9: Tabla para ponderación de parámetros y descriptores desarrollada por Saaty.	52
Tabla 10: Interpretación de la línea sísmica LS-03.	55
Tabla 11: Interpretación de la línea sísmica LS-02.	57
Tabla 12: Factores de susceptibilidad.	61
Tabla 13: Intervalos y niveles de volumen del desembalse de las lagunas glaciares.	62
Tabla 14: Estratificación del nivel peligrosidad ante un posible aluvión.	64
Tabla 15: Factores y descriptores de vulnerabilidad por cada dimensión – Viviendas.	68
Tabla 16: Factores de vulnerabilidad y descriptores considerados en cada dimensión – Estructuras.	68
Tabla 17: Comparación de Pares de las Dimensiones de Análisis de la	69
Tabla 18: Matriz de Normalización de las Dimensiones de Análisis de la	69
Tabla 19: Índice de Consistencia de las Dimensiones de Análisis de la	69
Tabla 20: Comparación de Pares de Factores considerados en el Análisis	70
Tabla 21: Matriz de Normalización de Factores considerados en el Análisis	70
Tabla 22: Índice de Consistencia de Factores considerados en el Análisis	70
Tabla 23: Comparación de Pares de Factores considerados en el Análisis	71
Tabla 24: Matriz de Normalización de Factores considerados en el Análisis	71
Tabla 25: Índice de Consistencia de Factores considerados en el Análisis	71
Tabla 26: Comparación de Pares de Factores considerados en el Análisis	71
Tabla 27: Matriz de Normalización de Factores considerados en el Análisis	72
Tabla 28: Índice de Consistencia de Factores considerados en el Análisis	72
Tabla 29: Comparación de Pares de Factores considerados en el Análisis	72
Tabla 30: Matriz de Normalización de Factores considerados en el Análisis	73
Tabla 31: Índice de Consistencia de Factores considerados en el Análisis	73



Tabla 32: <i>Consideraciones en la Evaluación de la Dimensión Física de las Estructuras.</i>	73
Tabla 33: <i>Nivel de vulnerabilidad de viviendas.</i>	74
Tabla 34: <i>Nivel de vulnerabilidad de Estructuras.</i>	75
Tabla 35: <i>Estratificación del Nivel de Vulnerabilidad de Viviendas.</i>	76
Tabla 36: <i>Nivel de Vulnerabilidad de Viviendas Total.</i>	77
Tabla 37: <i>Nivel de Vulnerabilidad de Viviendas por Distrito – Queropalca.</i>	78
Tabla 38: <i>Nivel de Vulnerabilidad de Viviendas por Distrito – Baños.</i>	78
Tabla 39: <i>Nivel de Vulnerabilidad de Viviendas por Distrito – Jesús.</i>	79
Tabla 40: <i>Estratificación de la vulnerabilidad de las estructuras.</i>	79
Tabla 41: <i>Nivel de Vulnerabilidad de Estructuras Total.</i>	80
Tabla 42: <i>Nivel de riesgo de viviendas en la UH Nupe.</i>	86
Tabla 43: <i>Nivel del riesgo en estructuras en la UH Nupe.</i>	88
Tabla 44: <i>Nivel de Riesgo en Estructuras U.H Nupe.</i>	88
Tabla 45: <i>Estratificado de los niveles de riesgo en viviendas en la U.H. Nupe.</i>	89
Tabla 46: <i>Estratificado de los niveles de riesgo en estructuras en la U.H. Nupe.</i>	92
Tabla 47: <i>Estimación de Daños en Viviendas – por Tipo de Material de Pared.</i>	97
Tabla 48: <i>Estimación de Daños en Viviendas – por Tipo de Material de Techo.</i>	98
Tabla 49: <i>Estimación de Daños en Viviendas – Resumen.</i>	98
Tabla 50: <i>Estimación de Daños en Estructuras.</i>	99
Tabla 51: <i>Estimación de Daños en Estructuras.</i>	102
Tabla 52: <i>Estimación de los Costos de los Daños Probables.</i>	102
Tabla 53: <i>Valoración y nivel de la frecuencia de consecuencia.</i>	103
Tabla 54: <i>Valoración y nivel de la frecuencia de ocurrencia.</i>	103
Tabla 55: <i>Nivel de consecuencias y daños.</i>	104
Tabla 56: <i>Aceptabilidad y tolerancia</i>	105
Tabla 57: <i>Prioridad y nivel de intervención.</i>	105



Índice de Figuras

Figura 1: Ejemplos característicos de desbordes de lagunas de origen glaciar en la U.H. Nupe.	12
Figura 2: Mapa de ubicación del Área de Estudio.	15
Figura 3: Nevado Sarapo con presencia de bloques inestables de hielo, los cuales se encuentran en la margen izquierda de la laguna Quesillococha.	19
Figura 4: Nevado Siula con presencia de glaciares colgados, en el entorno de la laguna Gangrajanca.	20
Figura 5: Laguna Quesillococha.	21
Figura 6: Laguna Siula.	22
Figura 7: Laguna Gangrajanca.	23
Figura 8: Laguna Carhuacocha.	23
Figura 9: Unidad Geotécnica 1 (UG-I), areniscas cuarzosas.	26
Figura 10: Unidad Geotécnica 2 (UG-II), rocas calcáreas.	28
Figura 11: Unidad Geotécnica 3 (UG-III), suelos consistentes de origen glaciar.	28
Figura 12: Unidad Geotécnica 4 (UG-IV), suelos gravosos emplazados en forma de abanico.	29
Figura 13: Unidad Geotécnica 5 (UG-V), suelos granulares sueltos y erosionables.	29
Figura 14: Mapa de unidades geotécnicas del área de estudio.	30
Figura 15: Grupo Goyllarisquizga, en la margen izquierda de la Laguna Carhuacocha.	32
Figura 16: A. Afloramiento de areniscas de la Formación Chimú, en el margen derecho de la laguna Carhuacocha. B. Muestra de mano de arenisca obtenida del afloramiento.	32
Figura 17: A. Afloramiento de calizas de la Formación Pariahuanca. B. Muestra de mano de caliza obtenida del afloramiento.	33
Figura 18: Afloramiento de calizas de la Formación Jumasha en la margen derecha del valle glaciar.	34
Figura 19: Formación Celendín constituido por calizas, las cuales afloran en ambos márgenes del valle fluvial.	35
Figura 20: Depósito cuaternario glaciárico, que conforman la morrena del margen derecho de la laguna Gangrajanca.	36
Figura 21: Depósito aluvial, en la margen izquierda del valle fluvial cerca al Centro Poblado Baños.	37
Figura 22: Depósitos lacustrinos compuestos por material fino ubicado en el fondo del valle glaciar en la saliente de la Laguna Gangrajanca.	37
Figura 23: Depósitos aluvionales, en la zona de desembocadura de la Laguna Gangrajanca y Chaclan.	38
Figura 24: Depósitos coluviales, en el entorno del Centro Poblado Queropalca.	38



Figura 25: Depósitos fluviales.	39
Figura 26: Mapa de unidades geológicas del área de estudio.	40
Figura 27: Relieve montañoso de rocas sedimentarias en la parte alta de la U.H. Nupe (valle glaciar).	42
Figura 28: Relieve colinoso en roca sedimentaria en la parte baja de la U.H. Nupe (valle fluvial).	42
Figura 29: Morrenas ubicadas en el entorno de las lagunas Quesillococha, Siula y Gangrajanca.	43
Figura 30: Llanura de origen lacustre, conformando el fondo de valle glaciar en la parte posterior de la Laguna Carhuacocha.	44
Figura 31: Cono aluvional, ubicado en la saliente de la laguna Gangrajanca.	45
Figura 32: Talud de detritos, ubicado en el entorno del centro poblado Queropalca.	46
Figura 33: Terraza fluvial, ubicado en ambas márgenes del río Nupe.	47
Figura 34: Cauce actual del río Nupe, en la parte media de la U.H. Nupe.	47
Figura 35: Mapa de Unidades Geomorfológicas del Área de Estudio.	48
Figura 36: Mapa de pendientes del área de estudio.	50
Figura 37: Metodología para determinar los niveles de peligrosidad por aluvión.	51
Figura 38: Perfil sísmico LS-03 para la laguna Gangrajanca.	54
Figura 39: Perfil sísmico LS-04 para la laguna Gangrajanca.	55
Figura 40: Perfil sísmico LS-01 para la laguna Carhuacocha.	56
Figura 41: Perfil sísmico LS-02 para la laguna Carhuacocha.	56
Figura 42: Realización de toma de datos mediante sondajes eléctricos verticales en la zona frontal de la Laguna Gangrajanca.	58
Figura 43: Mapa de altura de flujo en el área de estudio.	60
Figura 44: Mapa de niveles de peligrosidad por aluvión en la U.H. Nupe.	65
Figura 45: Metodología del análisis de la vulnerabilidad.	67
Figura 46: Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad de viviendas.	77
Figura 47: Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad distrito de Queropalca.	78
Figura 48: Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad distrito de Baños.	79
Figura 49: Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad distrito de Jesús.	79
Figura 50: Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad de estructuras.	81
Figura 51: Mapa de Vulnerabilidad de Viviendas.	81
Figura 52: Mapa de Vulnerabilidad Estructuras.	83
Figura 53: Metodología para el cálculo del riesgo.	84
Figura 54: estimación de los niveles de riesgo.	85



Figura 55: <i>Distribución porcentual de los niveles de riesgo en viviendas.</i>	86
Figura 56: <i>Distribución porcentual de los niveles de riesgo en viviendas – Queropalca.</i>	86
Figura 57: <i>Distribución porcentual de los niveles de riesgo en viviendas – Baños.</i>	87
Figura 58: <i>Distribución porcentual de los niveles de riesgo en viviendas – Jesús.</i>	87
Figura 59: <i>Distribución porcentual de los niveles de riesgo en estructuras.</i>	88
Figura 60: <i>Mapa de Riesgo Viviendas.</i>	94
Figura 61: <i>Mapa de Riesgo Estructuras.</i>	95
Figura 62: <i>Metodología para el cálculo de Efectos e Impactos.</i>	96



RESUMEN EJECUTIVO

El Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña – INAIAGEM, institución encargada de definir la política pública en glaciares y ecosistemas de montaña, a través de la Dirección de Investigación en Glaciares, Sub Dirección de Riesgos Asociados a Glaciares, ha desarrollado la “Evaluación del riesgo por aluvión en las Localidades de Queropalca, Baños y Jesús, provincia de Lauricocha, departamento de Huánuco (Cordillera Huayhuash)”, tomando como referencia el “Manual para la Evaluación del Riesgo Originado por Fenómenos Naturales, Segunda Edición”, del Centro Nacional de Estimación y Prevención del Riesgo de Desastres – CENEPRED, instrumento técnico orientador en la aplicación de procedimientos metodológicos de evaluación de riesgos originados por fenómenos de origen natural en un ámbito geográfico determinado, el cual fue adaptado a condiciones específicas propias de los peligros de origen glaciar y enmarcado dentro de la gestión prospectiva y correctiva.

Para la evaluación de la susceptibilidad del área de influencia de un posible aluvión, se analizaron factores desencadenantes y factores condicionantes; como factor desencadenante se consideró el volumen de agua a ser desembalsado de la laguna Gangrajanca; por otro lado, los factores considerados que condicionan la magnitud del efecto ante un posible aluvión, incluyen: la geotecnia, la geología, la geomorfología y las pendientes del terreno.

La determinación del volumen de desembalse de la laguna Gangrajanca, partió de la identificación de bloques potencialmente inestables de masa glaciar (bpi) del nevado Siula Este, empleando el modelo RAMMS AVALANCHE, siendo dos los bloques de hielo potencialmente inestables bpi-05 ($3.48 \times 10^6 \text{ m}^3$) y bpi-06 ($3.27 \times 10^6 \text{ m}^3$), modelizados en escenarios que impactarían hacia la laguna Gangrajanca e iniciarían el proceso en cadena avalancha, ondas de impulso, desembalse y aluvión.

Para el análisis del escenario, se consideró un volumen de impacto de $3 \times 10^6 \text{ m}^3$ de hielo y detritos contra la laguna Gangrajanca, que generaría un oleaje máximo de 65 metros de altura respecto al nivel del espejo de agua de la laguna, impactando y rompiendo el dique natural de la zona frontal de la laguna en una profundidad del estrato de materiales frágiles con potencial de erosión, definida a partir de los resultados de los ensayos de prospección geofísica, lo cual generaría un volumen de desembalse de $14 \times 10^6 \text{ m}^3$ de agua. Como resultado un flujo detritos aguas abajo que impactaría con la laguna Carhuacocha, fluyendo aguas abajo hacia los poblados Queropalca, Baños y Jesús, provincia de Lauricocha.

Definida el área de estudio, a partir del modelamiento de flujos mediante el modelo hidrológico-hidráulico bidimensional FLO-2D, se consideraron los análisis de peligro y vulnerabilidad, determinando niveles de manera espacial para cada uno de ellos. Para el análisis de peligro, se consideró como parámetro de evaluación la altura del flujo que impactaría con los elementos expuestos situados en el área de estudio. Se realizó la ponderación de los descriptores de susceptibilidad del territorio, teniendo en cuenta factores condicionantes como unidades geotécnicas, geológicas, geomorfológicas y de pendientes del terreno, los cuales fueron procesados por el método de ponderación de Saaty, teniéndose como resultado la estratificación de los niveles peligro. Respecto del análisis de la vulnerabilidad, esta fue



determinada a partir de la identificación de elementos expuestos tales como población, viviendas y estructuras, cuya evaluación fue realizada en sus dimensiones social, física, económica y ambiental para el caso de viviendas, y dimensión física para el caso de estructuras. información que sirvió de base para la determinación y estratificación del riesgo.

En la parte media y baja de la U.H. Nupe, se tienen identificados elementos expuestos, conformados por 3548 personas, 1,786 viviendas y 76 estructuras de importancia local; de las cuales, realizada la evaluación del riesgo por aluvión, se identificó que, el 84.10% (1502) viviendas poseen riesgo muy alto, 14.11% (252) viviendas poseen riesgo alto, 1.29% (23) viviendas poseen riesgo medio y 0.50% (9) viviendas poseen riesgo bajo; en relación a las estructuras, el 61.84% (47) estructuras poseen riesgo muy alto y 38.16% (29) estructuras poseen riesgo alto.

Respecto de los daños y/o pérdidas potenciales debido a la ocurrencia de un posible aluvión en la U.H. Nupe dicho evento representarán un costo económico estimado en S/ 199,138,482.67, lo cual incluye costos de afectación de S/ 65,367,605.80, correspondiente a 1786 viviendas y S/ 133,770,876.87, correspondiente a 76 estructuras.

Como resultado de la evaluación del riesgo por aluvión de la U.H. Nupe, se recomienda la adopción de medidas estructurales y no estructurales, precisando medidas estructurales relevantes como: la implementación de un Sistema de Alerta Temprana (SAT) considerando los componentes que establece el INDECI, el monitoreo en tiempo real de las lagunas Gangrajanca y Carhuacocha, así como la implementación de un sistema de comunicación de alta tecnología y la construcción de un sistema de estructuras de encauzamiento y protección en ambos márgenes del río en puntos críticos (zonas pobladas) donde la velocidad del flujo alcanza sus picos de máxima velocidad, por ende mayor fuerza de impacto, ello a fin de disipar la energía de la masa aluviónica, resguardando la vida y minimizando la afectación viviendas y estructuras de importancia local.



CAPÍTULO I GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña, a través de la Dirección de Investigación en Glaciares, Subdirección de Riesgos Asociados a Glaciares, tiene como función principal realizar investigaciones aplicadas en la gestión de riesgos de desastres relacionados con glaciares. El objetivo es identificar y analizar los riesgos derivados de los peligros existentes en las subcuencas de origen glaciar, evaluar la vulnerabilidad de las poblaciones y sus medios de vida ante amenazas potenciales, como aluviones, y, con base en estos análisis, recomendar medidas de prevención y reducción de riesgos a los gobiernos regionales y locales en las cuencas, subcuencas y microcuencas priorizadas a nivel nacional.

En el contexto descrito, se ha llevado a cabo el estudio titulado "Evaluación del Riesgo por Aluvión en las Localidades de Queropalca, Baños y Jesús, provincia de Lauricocha, departamento de Huánuco (Cordillera Huayhuash)". El análisis desarrollado incorpora la evaluación de la peligrosidad y de la vulnerabilidad, determinando sus respectivos niveles, lo cual sirve como base para establecer los niveles de riesgo en los elementos expuestos. Asimismo, se realizó la valoración económica que representaría la afectación de las viviendas y estructuras expuestas.

Este documento técnico permite comprender el impacto potencial de un aluvión en la parte baja de la subcuenca, sobre los elementos expuestos como: la población, viviendas y estructuras (puentes, canales de conducción, colegios, vías, centros de salud, entre otros) y evaluando su nivel de vulnerabilidad. De este modo, se define el nivel de riesgo en caso de ocurrencia de un aluvión. Finalmente, se recomendará la implementación de medidas estructurales y no estructurales que permitan a la población y sus medios de vida, a través de sus autoridades regionales y locales, gestionar adecuadamente el riesgo en el que se encuentran.

Es importante destacar que este estudio se ha realizado conforme a la normativa nacional establecida por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), siguiendo el "Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales", segunda edición, enmarcado en la gestión prospectiva y correctiva dentro del proceso de estimación del riesgo. Además, incluyendo criterios técnicos y simulación numérica para la evaluación del peligro.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Determinar los niveles de riesgo originados por un aluvión de origen glaciar en la Unidad Hidrográfica Nupe, ubicada en los distritos de Queropalca, Jesús y Baños, provincia de Lauricocha, departamento de Huánuco, considerando como área de estudio la huella de aluvión resultante de la modelización del fenómeno físico que se genera desde la laguna Gangrajanca.

1.2.2. Objetivo General

- Determinar los niveles de peligrosidad y elaborar el correspondiente mapa de peligros en el área de influencia de un posible aluvión.
- Analizar las vulnerabilidades de la población, viviendas y estructuras expuestas al peligro y presentar en un mapa de vulnerabilidad.
- Calcular los niveles de riesgo, desarrollar un mapa de riesgos y recomendar la implementación de medidas apropiadas para la prevención y/o reducción de dichos riesgos.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En el Perú, se han registrado 140 desbordes violentos de lagunas glaciares (GLOF, por sus siglas en inglés), ocasionando pérdidas humanas, materiales y económicas (A. Emmer et al., 2022). En este contexto, la "Evaluación del Riesgo en la U.H. Nupe, distritos de Queropalca, Jesús y Baños, provincia de Lauricocha, departamento de Huánuco" se fundamenta en la necesidad de salvaguardar vidas humanas y promover el desarrollo sostenible de las poblaciones andinas. Este informe, elaborado conforme al "Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales" del CENEPRED, proporciona información esencial para identificar los niveles de riesgo de los elementos expuestos y estimar los daños potenciales. Dicha información permitirá determinar acciones de prevención y reducción de riesgos, contribuyendo al bienestar de las comunidades en el área de influencia. Asimismo, servirá como herramienta de gestión para la toma de decisiones por parte de las autoridades locales y regionales, en concordancia con la Ley N.º 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD).

1.4. ANTECEDENTES

En el estudio de Bat'ka et al. (2020) se identificaron dos (02) antecedentes de desbordes de lagunas glaciares en la U.H. Nupe, que ocurrieron en las lagunas Gangrajanca y Chaclán, al lado este del Nevado Yerupajá. Dichos eventos se evidencian por los conos aluviales, así como en la ruptura del dique de morrena en la parte frontal de la laguna Gangrajanca.

Tabla 1: Resumen de GLOF pasados en la U.H. Nupe.

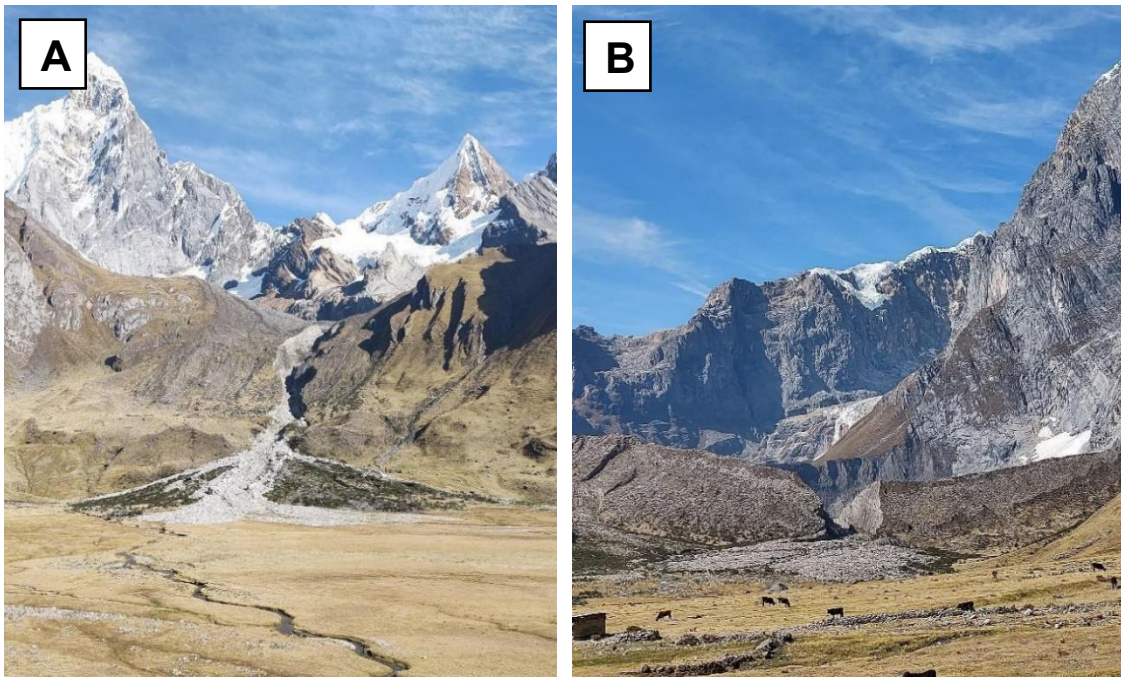
Laguna	Tipo de dique	Mecanismo	Magnitud	Fecha	Daño e información adicional
Gangrajanca	Morrena	Ruptura parcial del dique	Media	21/10/1988	Ocasionó daños en centro poblado Queropalca
Chaclán	Morrena	Rebose (?)	Baja a alta	enero - marzo 2016	No se reportaron daños

Fuente: Modificado de Bat'ka et al. (2020).

El desastre del 21 de octubre de 1988 afectó al pueblo de Queropalca, impactando terrenos, destruyendo 18 viviendas, dejando 30 viviendas inhabitables, al igual que instituciones educativas de nivel básico, el puesto de salud, los sistemas de agua potable y de alcantarillado, quedaron inutilizables (Fernández, 2001), este fenómeno fue ocasionado posiblemente por la caída de un bloque de hielo proveniente del nevado Yerupaja (Zavala y Vílchez, 2006), el volumen del desembalse fue estimado en 8'000,000 m³ con una velocidad aproximada de 15 km/h y un caudal de 750 m³/s y las aguas turbias generados por este desastre llegaron hasta los centros poblados de Santa Rosa y Baños (Fernández, 2001).

Posteriormente, aproximadamente el 07 de marzo del año 2009, un flujo de detritos originado en la ladera del cerro Yanacocha impactó en la morrena lateral derecha de la laguna Gangrajanca, aunque la morrena protegió a la laguna, las aguas provenientes de la laguna Siula quedaron atrapados, este represamiento a su vez ocasionó un deslizamiento, de un volumen de 534,000 m³, en el talud interno de la morrena lateral derecha de la laguna Gangrajanca (Engel et al. 2011), posiblemente por la infiltración del agua atrapada a causa del flujo de detritos, no se reportaron daños asociados a este suceso y las características geomorfológicas de estos movimientos en masa se observan hasta la actualidad.

Figura 1: Ejemplos característicos de desbordes de lagunas de origen glaciar en la U.H. Nupe.



Fuente: INAIGEM (2023).

A. Flujo de detritos ocurrido en 2016 proveniente de la laguna Chaclan; **B.** Ruptura del dique morrénico y abanico aluvional asociado a la laguna Gangrajanca.



1.5. MARCO NORMATIVO

El marco normativo contempla lo establecido en la Constitución Política del Perú, la misma que hace referencia a diversas normas a ser tomadas en cuenta.

- Constitución Política del Perú.
- Ley N° 27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales y sus modificaciones.
- Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades y sus modificaciones.
- Ley N° 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres-SINAGERD y sus modificaciones.
- Ley N°29869, Ley de Reasentamiento Poblacional para Zonas de Muy alto Riesgo No Mitigable.
- Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y sus modificaciones.
- Decreto Supremo N° 115-2022-PCM: Aprueba el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (PLANAGERD) 2022-2030.
- Decreto Supremo N° 095-2024-EF, aprueba las disposiciones reglamentarias para la gestión de los recursos del “Fondo para intervenciones ante la ocurrencia de desastres naturales”
- Decreto Supremo N° 038-2021 – PCM, Política Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres al 2050.
- Decreto de Urgencia N° 024 2010, Dictan medidas económicas y financieras para la creación del Programa Presupuestal Estratégico de Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencia por Desastres en el Marco del Presupuesto por Resultados.
- Resolución Ministerial N.º 276-2012-PCM: Establece lineamientos para la constitución y funcionamiento de los Grupos de Trabajo de GRD en todos los niveles de gobierno.
- Resolución Ministerial N° 334-2012, que aprueba los Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación del Riesgo de Desastres.
- Resolución Ministerial N.º 185-2015-PCM: Define lineamientos para la implementación de los procesos de gestión reactiva ante desastres.
- Resolución Jefatural N°112-2014- CENEPRED/J, que aprueba el “Manual para la Evaluación de Riesgos originados por fenómenos Naturales” 2da Versión.
- Programa Presupuestal 068 - Reducción de Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Programa Nuestras Ciudades Atención de Emergencias por Desastres.



CAPÍTULO II

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1. UBICACIÓN

2.1.1. Geográfica

El área de estudio se localiza en las siguientes coordenadas, dentro del Datum WGS 84, Zona 18S Sur, entre los puntos 1 y 2:

Punto 1: Parte baja de la U.H. Nupe – Intersección del río Queropalca con la quebrada Pintashga.

<u>Coordenadas UTM, Zona 18S</u>	<u>Coordenadas Geográficas</u>
Este: 299,443.00 m;	Longitud: 76°49'51.25" O
Norte: 8'870,159.00 m;	Latitud: 10°12'56.89" S

Punto 2: Parte alta de la U.H. Nupe – Nevado Siula Este.

<u>Coordenadas UTM, Zona 18S</u>	<u>Coordenadas Geográficas</u>
Este: 291,248.00 m;	Longitud: 76°54'21.75" O
Norte: 8'863,583.00 m	Latitud: 10°16'29.34" S

2.1.2. Límites Políticos

El área de estudio se localiza políticamente:

UBIGEO

Centros Poblados	:	Queropalca, Santa Rosa, Baños	
Distrito	:	Queropalca, Jesús, Baños	101004, 101001, 101002
Provincia	:	Lauricocha	1010
Departamento	:	Huánuco	10

2.1.3. Unidad Hidrográfica

El área de estudio se localiza hidrográficamente:

<u>Clasificación Strahler</u>	<u>Nombre</u>
Subcuenca	: Nupe
Cuenca	: Alto Marañón
Vertiente	: Atlántico



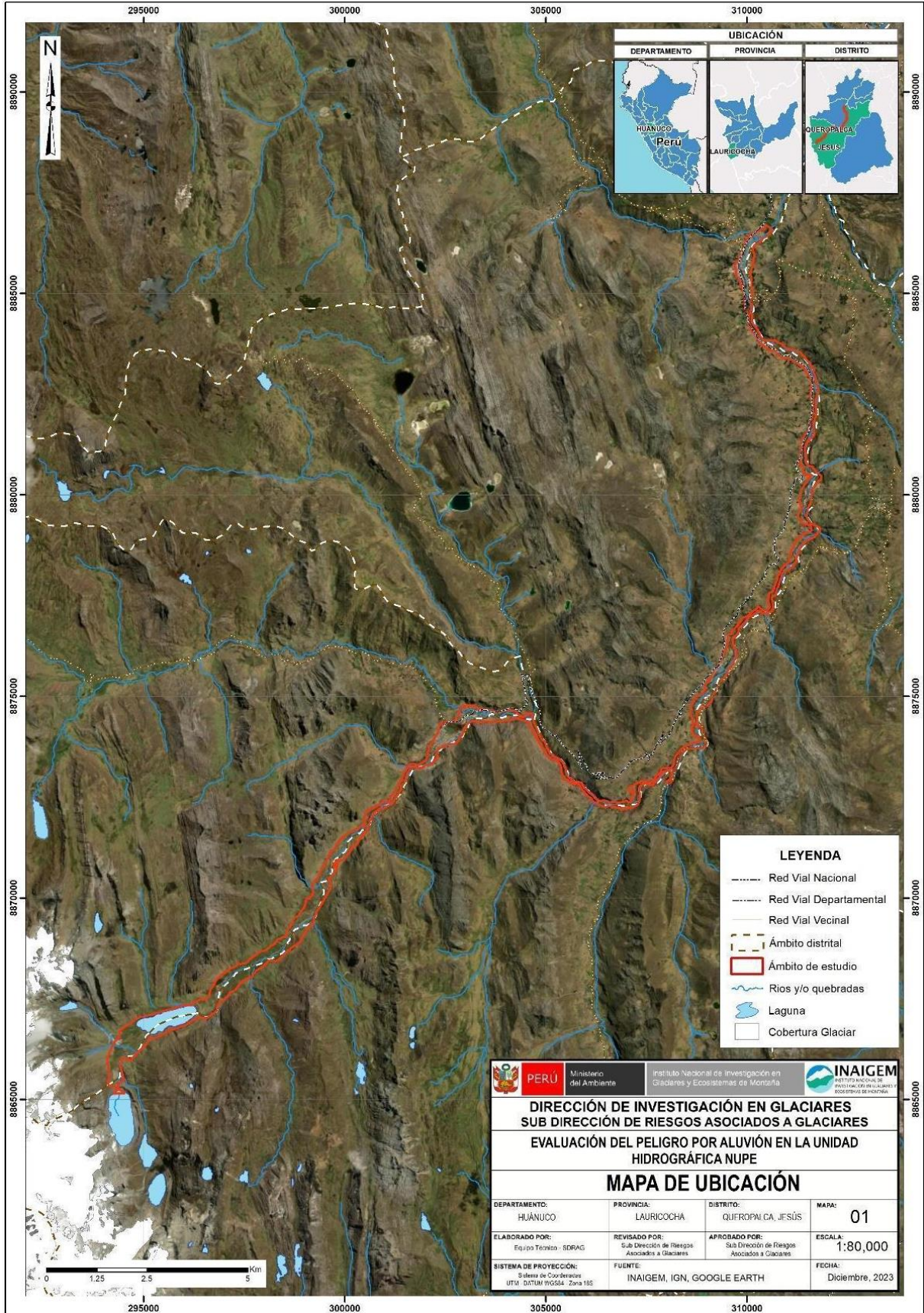
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Figura 2: Mapa de ubicación del Área de Estudio



2.2. VÍAS DE ACCESO

El acceso se puede realizar de la siguiente manera, por vía terrestre desde la sede central del INAIGEM ubicada en la ciudad de Huaraz.

Tabla 2: Vías de acceso.

Tramo	Vía	Distancia (km)	Medio de transporte
Huaraz - Huallanca	Carretera asfaltada	119	Camioneta
Huallanca – La Unión	Carretera Afirmada	21	Camioneta
La Unión – Queropalca	Trocha carrozable	66	Camioneta
Queropalca - Punta Carretera	Trocha carrozable	9.8	Camioneta
Punta Carretera – Lag. Gangrajanca	Camino de herradura	4	A pie

2.3. CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS

Los distritos de Queropalca, Jesús y Baños tienen como base económica las actividades agrícolas, ganaderas y turísticas, caracterizadas por ser tradicionales, con baja producción y productividad.

Ganadería: Es la principal actividad económica, predominante en el empleo e ingreso de la población. Se practica de forma extensiva, sin manejo técnico adecuado, combinando pastos naturales y agrícolas. Los principales animales criados son vacunos, porcinos y animales menores.

Agricultura: Es la segunda actividad más relevante, orientada al autoconsumo y con bajos niveles tecnológicos. Depende de las lluvias y tiene baja rentabilidad. El principal producto es la papa.

Turismo: Es una actividad con gran potencial de desarrollo a futuro, basada en recursos naturales y culturales. Su infraestructura y servicios turísticos están en etapa incipiente, pero con posibilidades de crecimiento en tres áreas: infraestructura (carreteras), servicios turísticos (hoteles y restaurantes), y recursos naturales.

El desarrollo de estas actividades enfrenta desafíos como bajos niveles tecnológicos, falta de financiamiento y débil gestión administrativa. Sin embargo, el turismo representa una oportunidad clave para el crecimiento económico del distrito.

2.4. DESCRIPCIÓN SOCIAL

2.4.1. Población

Los distritos de Queropalca, Jesús y Baños cuentan con una población de 1,009 y 4,193 personas respectivamente. Teniendo para el distrito de Jesús, en el área urbana y rural 2,337 y 1,856 personas respectivamente; mientras que en el distrito de Queropalca toda la población se asienta en el ámbito rural. En la zona de estudio según lo estimado por las evaluaciones que se realizaron para este informe, a través de la SDRAG, se cuenta con 714 personas.

Distrito de Jesús: El Instituto Nacional de Estadística e Informática del año 2017, señala que cuenta con una población total de 4193 habitantes de los cuales el 46.32% son hombres y el 53.68% son mujeres.

Tabla 3: Distribución de la población del distrito de Jesús según sexo.

GÉNERO	CANTIDAD	PORCENTAJE
HOMBRES	1942	46.32 %
MUJERES	2251	53.68 %

Fuente: INEI.

Distrito de Queropalca: el Instituto Nacional de Estadística e Informática del año 2017, señala que cuenta con una población total 1009 habitantes de los cuales el 50.84 % son hombres y el 49.15% son mujeres.

Tabla 4: Distribución de la población del distrito de Queropalca según sexo.

GÉNERO	CANTIDAD	PORCENTAJE
HOMBRES	513	50.84
MUJERES	496	49.16

Fuente: INEI.

2.4.2. Vivienda

Según el censo del 2017, los distritos de Queropalca y Jesús cuentan con 941 y 3,942 viviendas respectivamente, teniendo en cuenta el área urbana y el ámbito rural. Según lo estimado por las evaluaciones que se realizaron para este informe la cantidad de viviendas expuestas al potencial aluvión son de 1,634 viviendas entre urbanas y rurales.

Los tipos de viviendas particulares del distrito de Queropalca cuentan con los siguientes datos; 224 casas independientes, 0 departamentos en edificio, 0 viviendas en quinta, 0 casa en vecindad, 45 chozas, 0 viviendas improvisadas, 0 locales destinados para habitación humana, por ende, contando con un total de 294 viviendas particulares según el INEI.

Los tipos de viviendas particulares en el distrito de Jesús cuentan con los siguientes datos; 1350 casa independientes, 0 departamentos en edificio, 2 viviendas en quinta, 11 casas en vecindad, 12 chozas, 1 vivienda improvisada, 0 locales no destinadas para habitación humana, por ende, contando con un total de 1376 viviendas particulares según el INEI.



2.4.3. Medios de vida

La mayor parte del hábitat de la zona de estudio se compone de la puna húmeda de los Andes centrales. También incluye zonas de Yungas Peruanas. Esta región no tiene bosque intacto. La zona tiene predominantemente clima de tundra polar. La mayor parte de la región está compuesta por pastizales y matorrales. También incluye zonas de bosques latifoliados húmedos tropicales y subtropicales. La ubicación es predominantemente área terrestre.

El total de tierras evaluadas es de 8,429.38 hectáreas, distribuidas según su aptitud de la siguiente manera: el 45% corresponde a tierras aptas para pastos, siendo este el uso predominante, seguido por un 18% destinadas a la producción forestal y un 17% para cultivos permanentes. Por otro lado, el 14% de las tierras son aptas para cultivo temporal, mientras que el 6% está reservado para fines de protección, siendo este el uso menos representativo.

Los poblados ubicados dentro del área de estudio no utilizan el recurso hídrico proveniente de la laguna Gangrajanca y Carhuacocha con fines de consumo humano, tampoco de uso agrícola; los poblados de Queropalca, Jesús y Baños utilizan fuentes de agua de afloramientos provenientes de la parte alta del flanco / izquierdo (aguas abajo) de la parte alta - media de la U.H. Nupe. dicha situación condiciona a que un evento aluviónico proveniente de la parte alta de la U.H. Nupe, no pondría en riesgo de manera directa, las fuentes de agua de consumo humano y agrícola de las poblaciones del área de estudio.

2.5. DESCRIPCIÓN FÍSICA

2.5.1. Ámbito glaciar

El ámbito glaciar de la U.H. Nupe, pertenece a la Zona Reservada Cordillera Huayhuash (ZRCH), es un área natural protegida por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP).

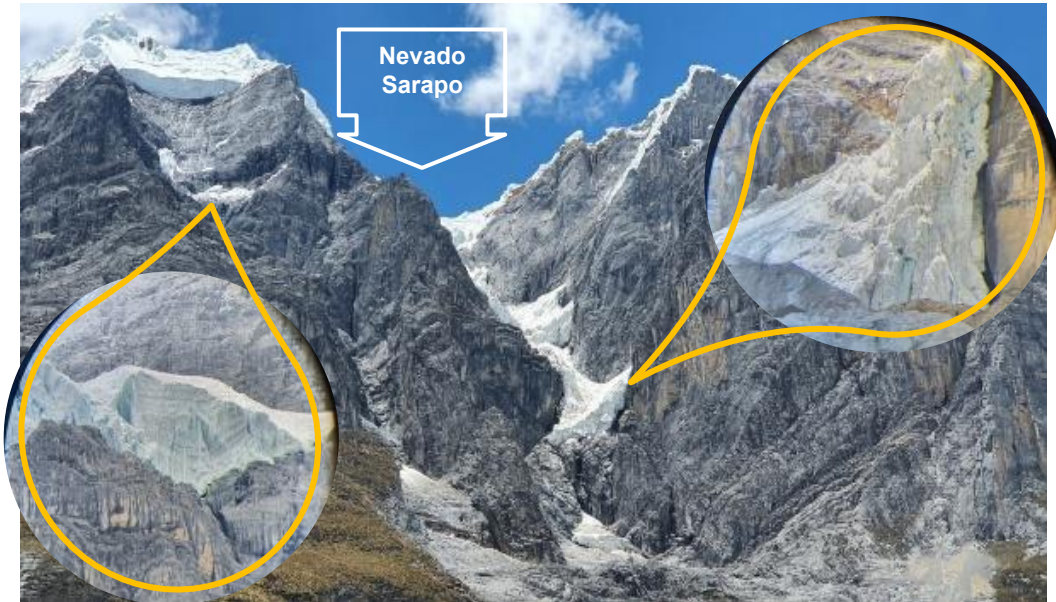
De acuerdo con el Inventario Nacional de Glaciares (INAIGEM, 2018), en la cabecera de la U.H. Nupe se encuentran los picos del nevado Jirishanca (6,125 m), nevado Yerupajá (6,634 m), nevado Siula (6,344 m) y el nevado Sarapo (6,127 m); dichas cumbres aún conservan glaciares en la actualidad, a pesar del retroceso glaciar. En el análisis del retroceso glaciar realizado por INAIGEM (2023), se determinó que en 58 años (entre 1962 y 2020), su cobertura glaciar disminuyó en 37.26 km² y considerando los resultados de los inventarios anteriores se obtuvo una tasa de retroceso de 0.64 km²/año, en la cabecera del río Carhuacocha existe una cobertura glaciar de 12.38 km² (INAIGEM, 2023), y el espesor del glaciar llega a alcanzar los 106 m (Farinotti et al. 2019).

La mayoría de los glaciares en la U.H. Nupe son de tipo montañoso y en menor proporción ocupan los valles, en forma de lenguas glaciares, están cubiertos por una capa de escombros, producto de las caídas de rocas en las paredes circundantes y de la erosión glaciar. Mientras que las lagunas circundantes a los glaciares son represadas por un dique morrénico (INAIGEM, 2018).

La mayoría de los glaciares en la U.H. Nupe son de tipo montañoso y en menor medida forman lenguas glaciares, que ocupan pequeños valles colgados, están cubiertos

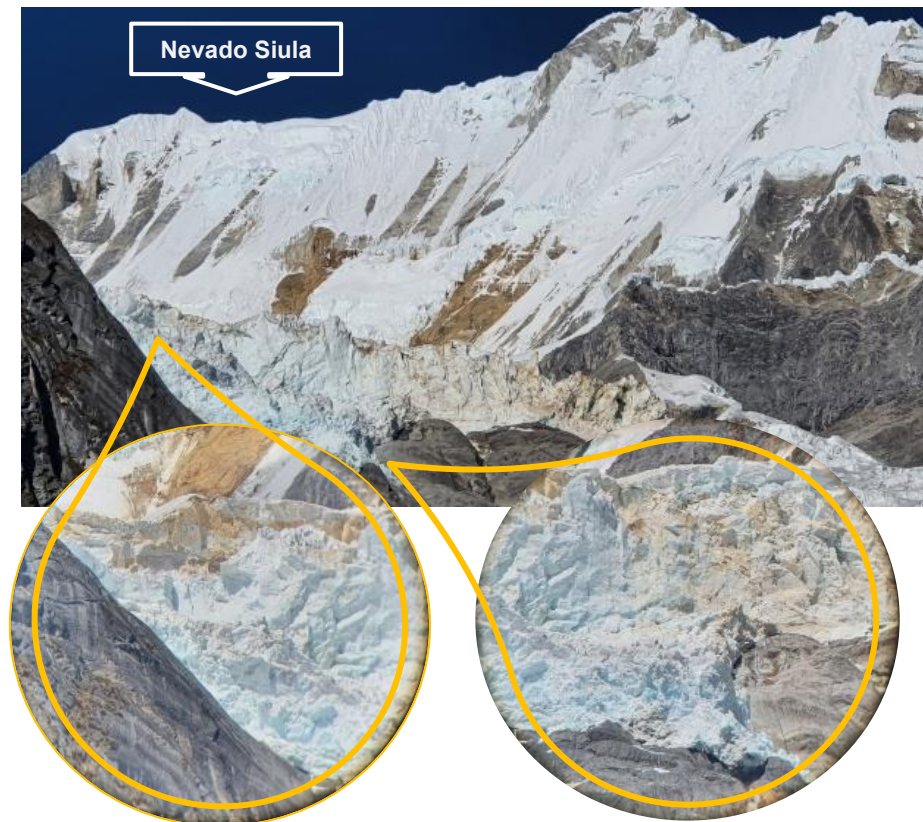
parcialmente por una capa de escombros. Así mismo la mayoría de las lagunas circundantes a los glaciares son represadas por un dique morrénico. En el ámbito de estudio se observan bloques inestables de hielo, que, con frecuencia, se desprenden generando avalanchas de pequeña magnitud.

Figura 3: Nevado Sarapo con presencia de bloques inestables de hielo, los cuales se encuentran en la margen izquierda de la laguna Quesillococha.



Fuente: INAIGEM (2023).

Figura 4: Nevado Siula con presencia de glaciares colgados, en el entorno de la laguna Gangrajanca.



Fuente: INAIGEM (2023).

2.5.2. Hidrología

La U.H. Nupe cuenta con recursos hídricos distribuidos en ríos, quebradas y lagunas de origen glaciar, las cuales son de gran relevancia para las poblaciones asentadas aguas abajo y para las actividades agropecuarias que en ella se desarrollan.

Dentro de la U.H. se encuentra un total de quince (15) lagunas, de las cuales cuatro (04) lagunas de origen glaciar fueron objetos de estudio, estas lagunas son: Quesillococha, ubicado al pie del nevado Sarapo; Gangrajanca y Siula situadas bajo el nevado Siula, y finalmente la laguna Carhuacocha, ubicada en la parte media-baja de la unidad hidrográfica. La formación de tales lagunas está asociada al proceso de avance y el posterior deshielo de las masas glaciares.

Asimismo, en la red hídrica de la U.H. Nupe se encuentra el río principal, Carhuacocha, que nace de la laguna homónima, este río es alimentado por la quebrada Pintashga en su margen izquierdo y por la quebrada Carnicero en su margen derecho, a su vez, este río desemboca en el río Nupe. Por otra parte, el río Nupe nace de la unión de los ríos Machaycancha y Carhuacocha, además de las quebradas Huaripacra y Piruro teniendo una trayectoria hacia el río Marañón, que finalmente desemboca en el océano Atlántico.

2.5.2.1. Laguna Quesillococha

La laguna Quesillococha se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 295,339.61 m E, 8'862,756 m N, a una altitud de 4,367.57 m s.n.m., al pie del nevado Sarapo. El volumen y área de la laguna se determinó mediante trabajos de batimetría en 7,282,991.66 m³ y 248,863.50 m² respectivamente, con una profundidad máxima registrada en 53.61 m. (Figura 5).

Está represada por depósitos glaciáricos en forma de morrena con una gran altura (70 m), los ángulos en sus taludes internos superan en algunas partes los 50°; donde producto de los procesos de erosión a la cual se encuentran expuestos, se observan en sus márgenes laterales interiores caída de detritos y material suelto. Así mismo, se encuentra limitada en la zona posterior por rocas sedimentarias de naturaleza calcárea y detrítica, con presencia de caídas de rocas producto del fracturamiento de dicha unidad rocosa, las cuales no llegan a estar en contacto directo con la laguna.

La margen izquierda de la laguna se encuentra expuesta a frecuentes flujos de hielo y roca provenientes de la cara este del Nevado Sarapo, en la cual se observan a su vez también varios glaciares colgados, haciendo que esta zona sea altamente peligrosa e inestable. Un ejemplo es el caso de un cono de detritos que está presente en la morrena lateral izquierda, producto de varios flujos originados por el deshielo de la masa glaciar proveniente del Nevado Sarapo, el cual tiene su desembocadura en la misma laguna.

Figura 5: Laguna Quesillococha.



Fuente: INAIGEM (2023).

2.5.2.2. Laguna Siula

La laguna Siula se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 295,087.55 m E, 8'863,667.51 m N, a una altitud de 4,309.46 m s.n.m., al pie del nevado Siula. El volumen y área de la laguna se determinó mediante trabajos de batimetría en 3,021,259.68 m³ y

221,441.15 m² respectivamente, con una profundidad máxima registrada de 20.17 m. (Figura 6).

Está delimitada en su entorno por la morrena que represa a la laguna Gangrajanca y las laderas del cerro Yanacocha, a diferencia de las otras lagunas del entorno, no está represada directamente por morrenas, su alimentación proviene por un lado de la escorrentía que nace de la laguna Quesillococha que se sitúa sobre un depósito aluvional en su lado este; y también, de un cono aluvional reciente, ubicado en su extremo oeste, el cual es generado por la escorrentía glaciar proveniente del Nevado Siula Este. Desde marzo del año 2009, el cauce de salida de esta laguna se encuentra represado por un flujo de detritos proveniente del cerro Yanacocha (ver Sección 1.4).

La principal fuente de abastecimiento de esta laguna proviene del derretimiento de los glaciares del nevado Sarapo, así como también del aporte tributario de la laguna Quesillococha.

Figura 6: Laguna Siula.



Fuente: INAIGEM (2023).

2.5.2.3. Laguna Gangrajanca

La laguna Gangrajanca se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 294,452.15 m. E, 8'864,544.73 m N, a una altitud de 4,257.32 m.s.n.m., al pie del nevado Siula. El volumen y área de la laguna se determinó mediante trabajos de batimetría en 39,640,315.06 m³ y 684,920.52 m² respectivamente, alcanzando una profundidad de 128.64 m. El análisis de las imágenes aéreas disponibles revela que la laguna Gangrajanca ha experimentado un crecimiento acelerado en su superficie hasta aproximadamente el año 2010, a partir del cual su extensión se ha mantenido constante (Figura 7).

Está limitada por depósitos glaciáricos en forma de morrena de gran altura (siendo la lateral izquierda y derecha de ≈64.00 y ≈110.00 m), con ángulos en sus taludes internos que

superan los 45°. En la ladera de la morrena lateral derecha, se encuentra una zona de deslizamiento, en la cual se observa una pequeña corriente de agua proveniente del entrapamiento de agua proveniente de la laguna Siula.

Por otro lado, el margen izquierdo de la laguna al igual que la parte anterior de la laguna se encuentra delimitada por rocas sedimentarias calcáreas, con taludes empinados, se distinguen varios glaciares colgados, de los cuales se originan frecuentes avalanchas de hielo y roca provenientes de la cara este del Glaciar Siula Este. Como es el caso de un flujo de detritos activo que está presente en la margen izquierda de la laguna, a causa de la escorrentía originada por el deshielo de la masa glaciar proveniente del Nevado Siula, el cual desciende por las laderas formando avalanchas continuas que producen olas.

Figura 7: Laguna Gangrajanca.



Fuente: INAIGEM (2023).

2.5.2.4. Laguna Carhuacocha

La laguna Carhuacocha se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 295,585.20 m. E, 8'866,976.25 m. N, a una altitud de 4,173.83 m s.n.m. El volumen y área de la laguna se determinó mediante trabajos de batimetría en 5,876,877.05 m³ y 617,955.71 m² respectivamente, con una profundidad máxima registrada en 17.70 m. Está represada por depósitos glaciáricos en forma de morrena de gran altura (≈90.00 m), con ángulos en sus taludes interiores que superan los 40°, además, como resultado de geodinámica externa en tiempos prehistóricos, se observan en los márgenes laterales interiores flujos de detritos y material suelto formando surcos y cárcavas (Figura 8).

Figura 8: Laguna Carhuacocha.



Fuente: INAIGEM (2023).

2.5.3. Unidades geotécnicas

La zonificación geotécnica se basa en la clasificación de unidades geotécnicamente homogéneas, estas pueden abarcar diferentes edades geológicas (González, 2002). Siendo que la escala es local, el detalle y el grado de homogeneidad es realizado a detalle, teniendo como información base la data recopilada en campo, las muestras extraídas y los ensayos geotécnicos realizados en laboratorio.

La delimitación de las unidades geotécnicas se realizó en la huella del aluvión generado a partir del desembalse de la laguna Gangrajanca, teniendo en primera instancia una distinción entre rocas y suelos, los cuales a su vez se categorizan en subunidades de acuerdo a sus propiedades físicas y mecánicas, como resistencia, deformabilidad, permeabilidad, etc.

2.5.3.1. Basamento Rocoso

La zonificación geotécnica de las rocas se realizó de acuerdo a sus características físicas, mecánicas, litológicas y de competencia. En base al Sistema de Valoración del Macizo Rocoso, más conocido como Clasificación Geomecánica RMR de Bieniawski, 89. El parámetro que define la clasificación es el denominado **índice RMR** (Rock Mass Rating), que indica la **calidad del macizo rocoso** en cada dominio estructural a partir de la suma de una serie de parámetros. Estas propiedades son el valor del RQD, la resistencia de la roca intacta, el grado de meteorización, el grado de fracturamiento, y la condición de las discontinuidades.

**Tabla 5: Cálculo de la valoración RMR.**

Factor	Signo	Descripción del parámetro	Clasificación	Valuación
1.	(+)	Resistencia a la compresión simple de la roca inalterada	Básica	0 a 15
2.	(+)	RQD (existe un sistema basando en este mismo parámetro)		3 a 20
3.	(+)	Espaciamiento de las discontinuidades (diaclasas)		5 a 20
4.	(+)	Estado de las discontinuidades		0 a 30
5.	(+)	Presencia de agua subterránea		0 a 15
6.	(-)	Orientación de las discontinuidades respecto al eje de desarrollo	Ajuste	0 a -12
Clasificación Geomecánica RMR			Suma =	Valuación Total
Valuación (RMR) = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) - [(6) Correcciones]				

Tabla 6: Valoración Geomecánica RMR de Bieniawski.

Valoración RMR	100 – 81	80 – 61	60 – 41	40 – 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Media o regular	Mala	Muy mala

2.5.3.2. Suelos

La zonificación geotécnica de los suelos se realizó en base a exploraciones geotécnicas tales como excavaciones superficiales con barreno (para la extracción de muestras de suelos), ensayos campo y de laboratorio, considerándose a su vez características como edad geológica, compacidad y geomorfología, según las observaciones realizadas en campo. Mientras que para identificar las propiedades de los suelos en condiciones dinámicas se contó con información de ensayos geofísicos (líneas sísmicas de refracción, MASW y MAN).

En las calicatas realizadas se extrajeron muestras de suelos representativas y se realizaron ensayos de densidad de campo con un cono de 6 pulgadas, cuyos datos nos permiten determinar la densidad natural del material bajo condiciones naturales.

Las muestras extraídas de suelos se analizaron en el Laboratorio geotécnico de suelos del INAIGEM, cuyos resultados fueron usados para la clasificación de suelos y la obtención de sus propiedades mecánicas. Los ensayos se realizaron según las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM), siendo las siguientes:

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D422
- Contenido de Humedad ASTM D2216
- Límites de consistencia ASTM D4318
- Clasificación de suelos SUCS ASTM D2487

Unidades Geotécnicas

Según las características y parámetros mencionados en los puntos anteriores, se han clasificado a las rocas y suelos en cinco (05) unidades geotécnicas correspondientes a la huella del aluvión generado desde la laguna Gangrajanca hasta la parte baja de la U.H. Nupe.

Tabla 7: Clasificación de unidades geotécnicas.

TIPO	UNIDAD GEOTÉCNICA	LITOLOGÍA	Clasificación RMR 89 (rocas) / SUCS (suelos)	DESCRIPCIÓN
ROCA	UG-I	Rocas sedimentarias de grano medio	Calidad II BUENA	Rocas muy resistentes de calidad buena
	UG-II	Rocas calcáreas	Calidad III REGULAR	Rocas resistentes de calidad regular.
SUELO	UG-III	Depósitos de origen glaciar	GC / SM-SC	Suelos gravosos a arenosos en una matriz fina.
	UG-IV	Depósitos de origen fluvial antiguo	GM	Suelos gravosos con menor cantidad de finos.
	UG-V	Depósitos de origen fluvial reciente, aluvional y lagunar.	GW / GP / CH, LH	Suelos gravosos sueltos, o suelos de material fino con alta plasticidad.

Unidad Geotécnica 1 (UG-I)

Corresponde a rocas sedimentarias detríticas de *Calidad II – BUENA* según el sistema de Clasificación Geomecánica RMR de Bieniawski 89, conformado litológicamente por areniscas cuarzosas de la Formación Chimú. Presenta planos de estratificación con una persistencia mayor a 20 m, cuya orientación varía a lo largo de la U.H. Nupe, debido a los pliegues formados por la actividad tectónica, llegando a presentar en algunos sectores buzamiento casi vertical (Figura 9).

Esta unidad geotécnica presenta rocas ligeramente afectadas por la meteorización y son muy resistentes con una resistencia a la compresión de 102 – 125 Mpa. Los planos de discontinuidades son rugosos, con un espaciamiento menor a 1 m, aberturas menores a 1 mm relleno por óxidos y sin presencia de agua.

Figura 9: Unidad Geotécnica 1 (UG-I), areniscas cuarzosas.



Fuente: INAIGEM (2023).

Unidad Geotécnica 2 (UG-II)

Corresponde a rocas calcáreas de *Calidad III – REGULAR* según el sistema de Clasificación Geomecánica RMR de Bieniawski 89, está conformada litológicamente por calizas de las formaciones Santa, Pariahuanca, Jumasha y Celendín. Presenta planos de estratificación con buzamiento casi vertical en algunos sectores, debido a la presencia de pliegues regionales, los cuales tienen una persistencia mayor a 20 m.

Esta unidad geotécnica presenta rocas moderadamente ligeramente afectadas por la meteorización, son resistentes con una resistencia a la compresión de 47.7 Mpa. A su vez, los planos de discontinuidades son rugosos a ligeramente rugosos, con un espaciamiento menor a 0.5 m, aberturas menores o iguales a 1 mm rellenos por óxidos, y sin presencia de agua.

Unidad Geotécnica 3 (UG-III)

Corresponden a suelos de grano grueso formados a partir de la actividad glaciar acontecida a lo largo de la U.H. Estos depósitos consisten mayormente de grava arcillosa con arena (GC) a una arena limosa (SM) según el sistema de clasificación SUCS, presentando una disminución del porcentaje de material fino a medida que se desciende en la U.H. Están compuestos por 40% - 47% gravas, de diferente litología y forma subangulosa, 28% - 45% de arena y 15% - 25% de finos. Su plasticidad es baja a media, ligeramente húmedo, y presentan en su composición, además de lo mencionado, bloques y bolonería.

Estos suelos son medianamente densos a densos con una densidad de 1.90 - 2.20 g/cm³ y presentan consistencia firme, lo cual suelen comportarse de forma estable y resistente,



evidenciado en la estabilidad de las pendientes correspondientes a las morrenas antiguas, las cuales presentan en su superficie vegetación. Los problemas geotécnicos presentes en este tipo de suelo, generalmente se dan por erosión de la escorrentía superficial el cual genera la pérdida y lavado del mismo, dando origen a cárcavas y surcos.

Unidad Geotécnica 4 (UG-IV)

Corresponden a suelos de grano grueso conformados por grava limosa con arena (GM) según el sistema de clasificación SUCS, presentando en su composición 45% de gravas, de diferente litología y forma subangulosa, 35% de arena y 20% de finos. No tiene plasticidad, es ligeramente húmedo, y presenta en su composición, además de lo mencionado, bloques y bolonería.

Son suelos medianamente densos y susceptibles a la erosión por escorrentía superficial, pero en general se comportan de forma estable, debido al tiempo de depositación que han tenido sus materiales. Se emplazan en forma de abanicos, siendo erosionados de forma constante por el cauce actual del río

Unidad Geotécnica V (UG-V)

Esta unidad geotécnica comprende a 02 tipos de suelos:

- (1) *Suelos sueltos de grano grueso*, formados a partir de la actividad fluvial y aluvional. Están conformados por gravas bien graduadas (GW) a mal graduadas (GP) con arena, presentando un aumento en el porcentaje de material fino a medida que se aleja del cauce actual del río. Están compuestos por gravas con un porcentaje mayor a 50%, los cuales son de diferente litología y con forma subredondeada (origen fluvial) a subangulosa (origen aluvional), 30% - 45% de arena y menor de 5% de finos. Son suelos no plásticos y secos, presentan alta permeabilidad y una densidad de 2.03 g/cm^3 , lo que los hace medianamente densos a sueltos, y por consecuencia fácilmente removibles (Figura 13).
- (2) *Suelos de material fino con origen lacustre*, conformados por arcillas y limos de baja a alta plasticidad, con un alto contenido de materia orgánica. Son suelos medianamente plásticos, húmedos y de baja permeabilidad. Estas características le otorgan propiedades como una alta compresibilidad y los hace expansible, haciendo que estos tipos de suelos sean problemáticos debido a su capacidad de absorción de agua, lo que provoca su expansión (Figura 11).

Figura 10: Unidad Geotécnica 2 (UG-II), rocas calcáreas.



Fuente: INAIGEM (2023).

Figura 11: Unidad Geotécnica 3 (UG-III), suelos consistentes de origen glaciar.



Fuente: INAIGEM (2023).

Figura 12: Unidad Geotécnica 4 (UG-IV), suelos gravosos emplazados en forma de abanico.



Fuente: INAIGEM (2023).

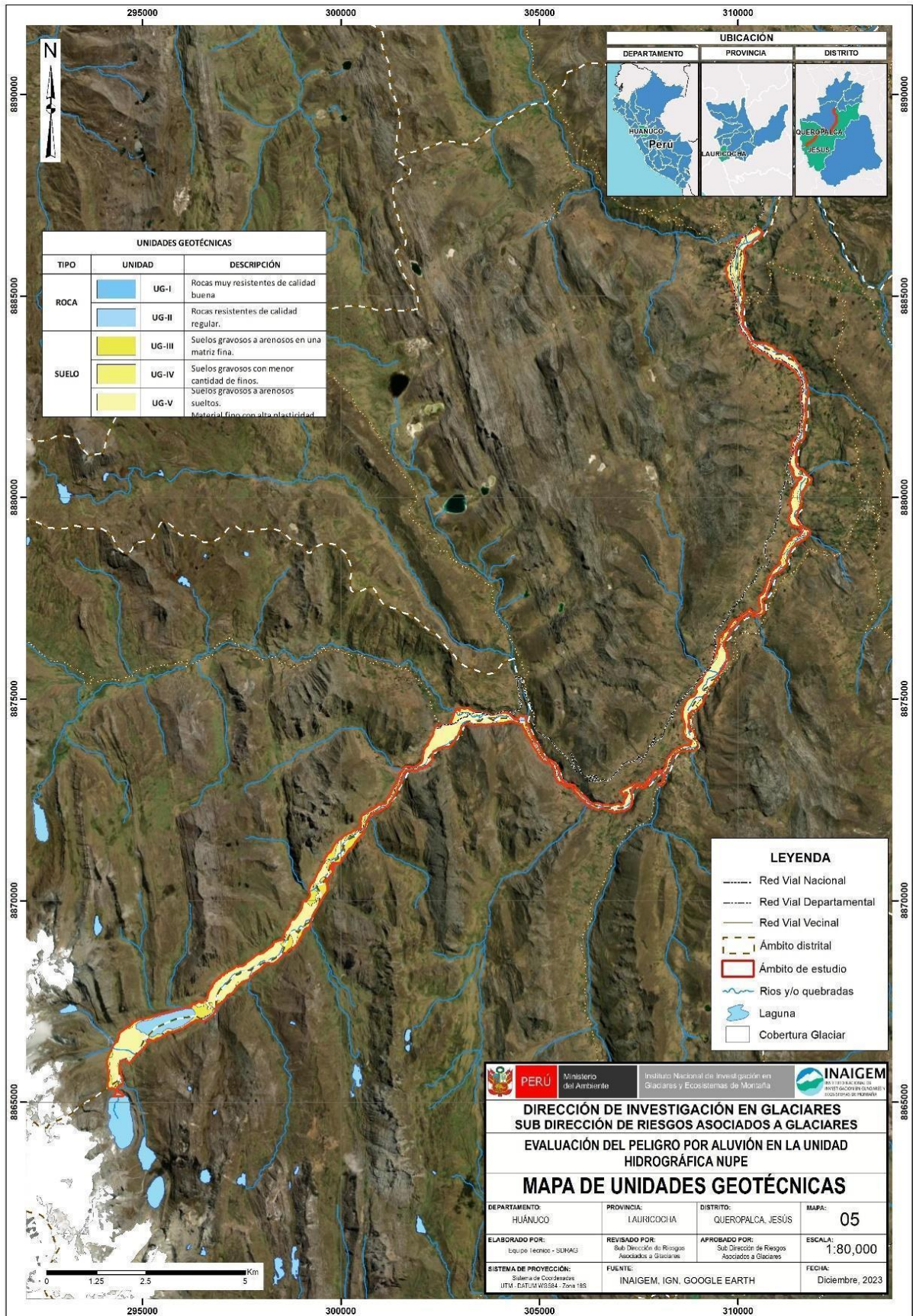
Figura 13: Unidad Geotécnica 5 (UG-V), suelos granulares sueltos y erosionables.



Fuente: INAIGEM (2023).



Figura 14: Mapa de unidades geotécnicas del área de estudio.





2.5.4. Unidades geológicas

La U.H. Nupe se encuentra dentro del cuadrángulo de Yanahuanca (21-j) y la nomenclatura estratigráfica empleada en este estudio está basada en la carta geológica nacional (Cobbing et al. 1996). Las unidades en el área de estudio abarcan edades desde el Mesozoico hasta el reciente conformado litológicamente por rocas sedimentarias detríticas y químicas. Siendo las unidades que presentan rocas sedimentarias detríticas la Formación Chimú; y las unidades constituidas por secuencias calcáreas son las formaciones Santa, Pariahuanca, Jumasha y Celendín; las cuales afloran en la parte media de la U.H.

Dichos afloramientos rocosos se encuentran cubiertos a su vez por materiales cuaternarios semiconsolidados a inconsolidados, siendo la Formación La Unión la más antigua seguido por los depósitos glaciáricos y fluviales los que más predominan en la U.H., distribuyéndose principalmente en la parte alta y media-baja respectivamente. En orden de extensión siguen los depósitos aluviales, lacustrinos y coluviales.

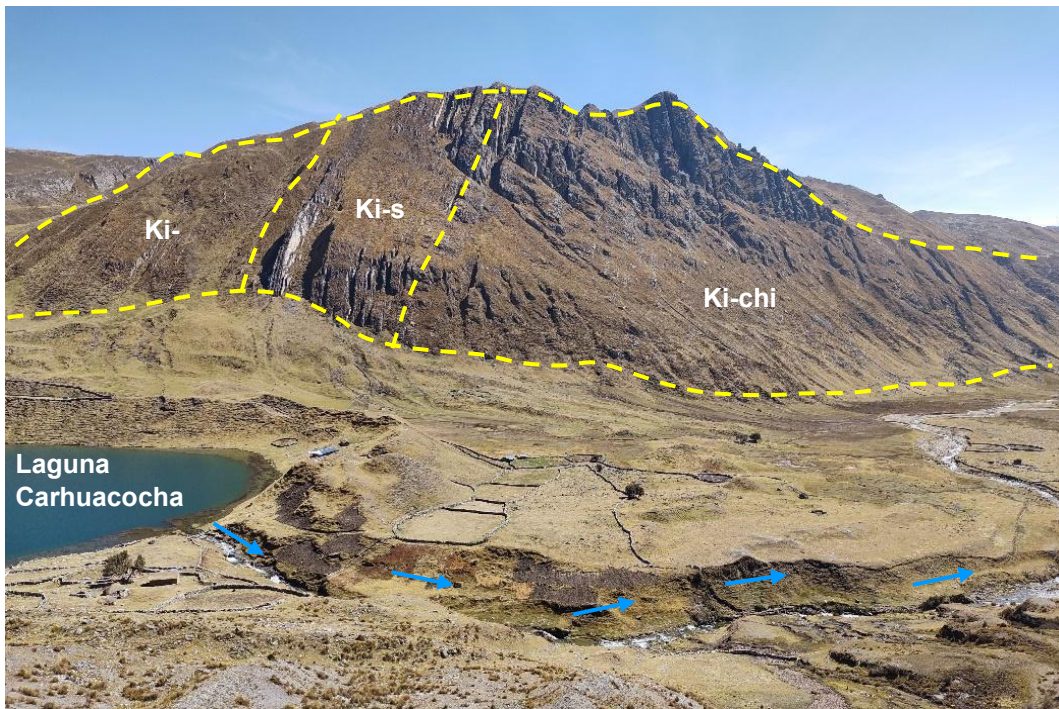
2.5.4.1. Unidades del Substrato

Estas unidades han sido divididas de tal forma que agrupan a las diferentes litologías según su composición principal, así como por su estado de alteración y fracturamiento. En el área de estudio se diferencian las siguientes unidades.

Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)

Corresponde a una secuencia sedimentaria detrítica y química, en el área de estudio únicamente afloran las formaciones Chimú y Santa, las cuales están constituidas litológicamente por areniscas y calizas respectivamente. Se encuentran distribuidos en el área de estudio como grandes franjas longitudinales al eje de la Cordillera, aflorando en ambos márgenes de la laguna Carhuacocha, en el entorno del Centro Poblado Queropalca y en la parte baja de la U.H. (Figura 15).

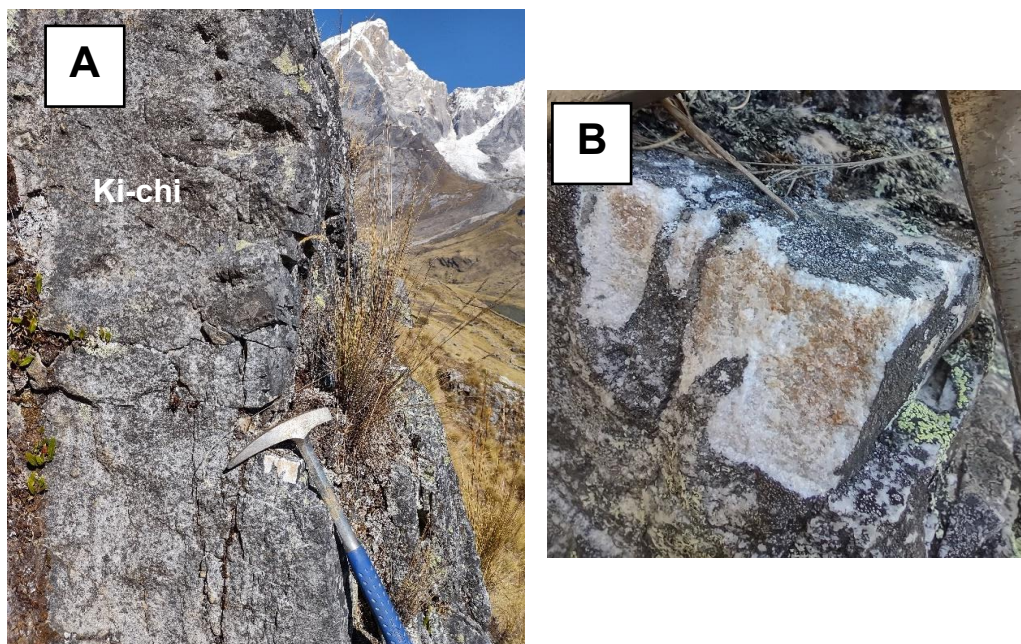
Figura 15: Grupo Goyllarisquizga, en la margen izquierda de la Laguna Carhuacocha.



Fuente: INAIGEM (2023).

Dichas unidades se caracterizan por presentar inclinaciones variables que varían significativamente en cada afloramiento, llegando a ser casi verticales en algunas zonas, esto debido a que forman parte de la faja plegada y corrida del Marañón.

Figura 16: A. Afloramiento de areniscas de la Formación Chimú, en el margen derecho de la laguna Carhuacocha. B. Muestra de mano de arenisca obtenida del afloramiento.



Fuente: INAIGEM (2023).

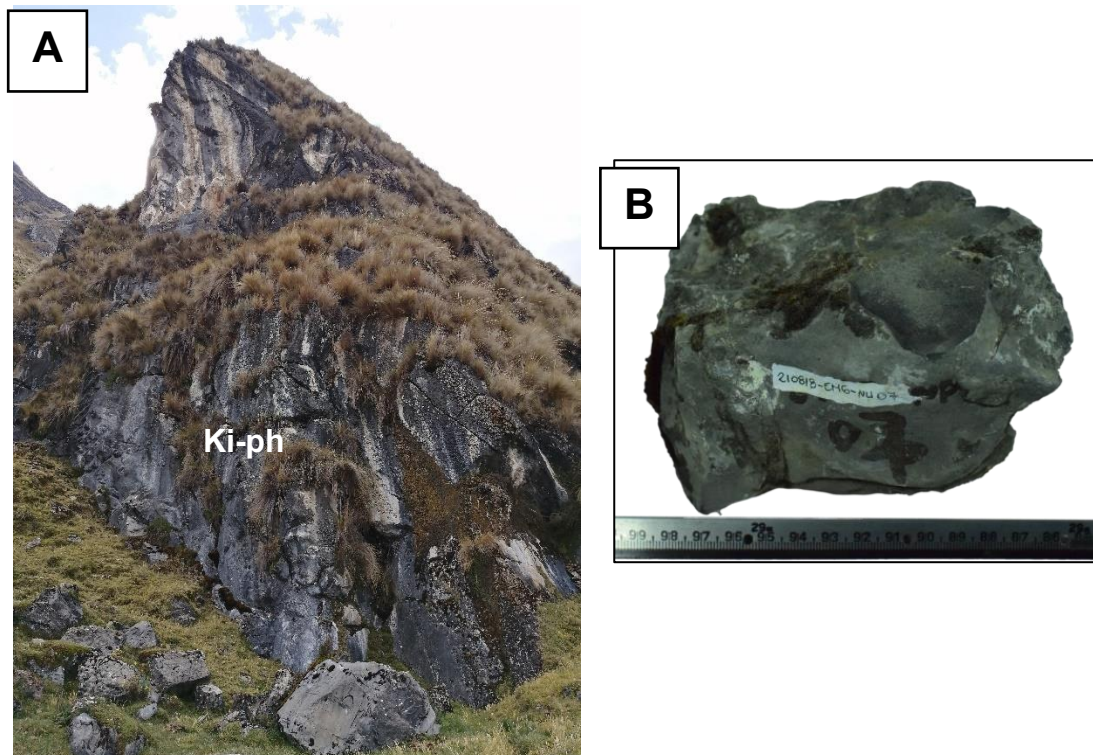
Formación Pariahuanca (Ki-ph)

Consiste de una secuencia conformada por calizas macizas de color gris oscuro, aflorando como franjas longitudinales al eje de la cordillera, está en contacto con las lagunas Carhuacocha y Gangrajanca.

Formación Jumasha (Ks-j)

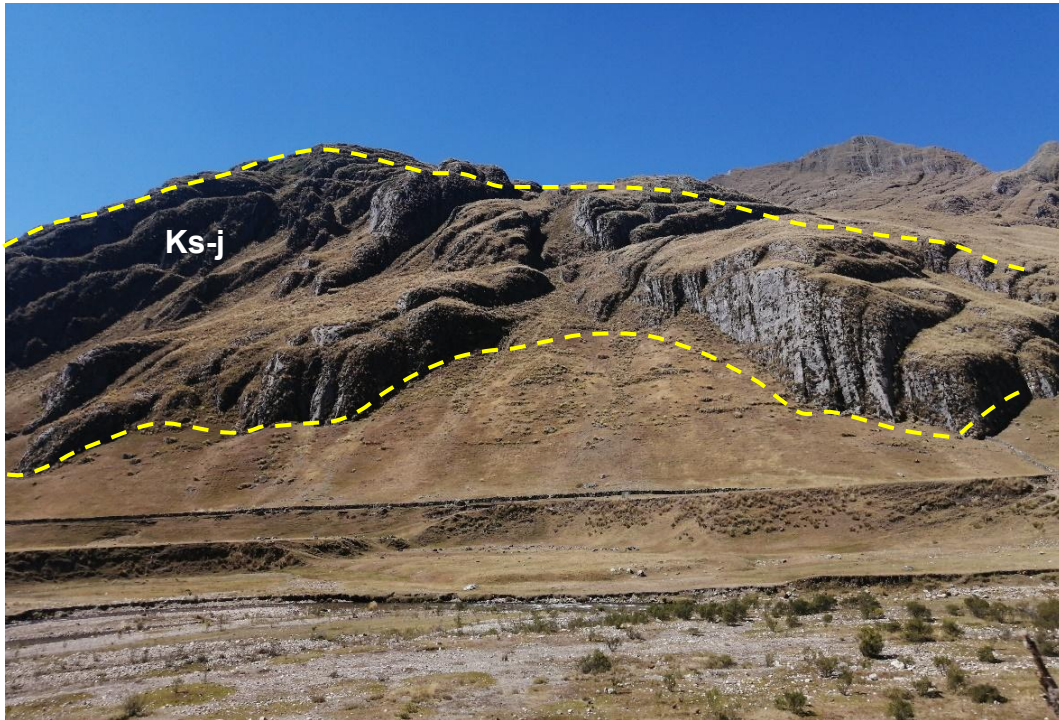
Litológicamente está constituido por calizas macizas de color gris oscuro en estratos cuyos espesores alcanzan entre 1 a 2 m, los planos de estratificación tienen buzamientos de hasta 83° SE, presentan vetillas de calcita de color blanco. Es una de las unidades más importantes y características de la U.H. Nupe, ya que se ubica en los núcleos de pliegues, y porque conforman las principales elevaciones de la Cordillera Huayhuash, así como en el entorno de la laguna Carhuacocha y en la parte media de la U.H. (Figura 18).

Figura 17: *A. Afloramiento de calizas de la Formación Pariahuanca. B. Muestra de mano de caliza obtenida del afloramiento.*



Fuente: INAIGEM (2023).

Figura 18: Afloramiento de calizas de la Formación Jumasha en la margen derecha del valle glaciar.

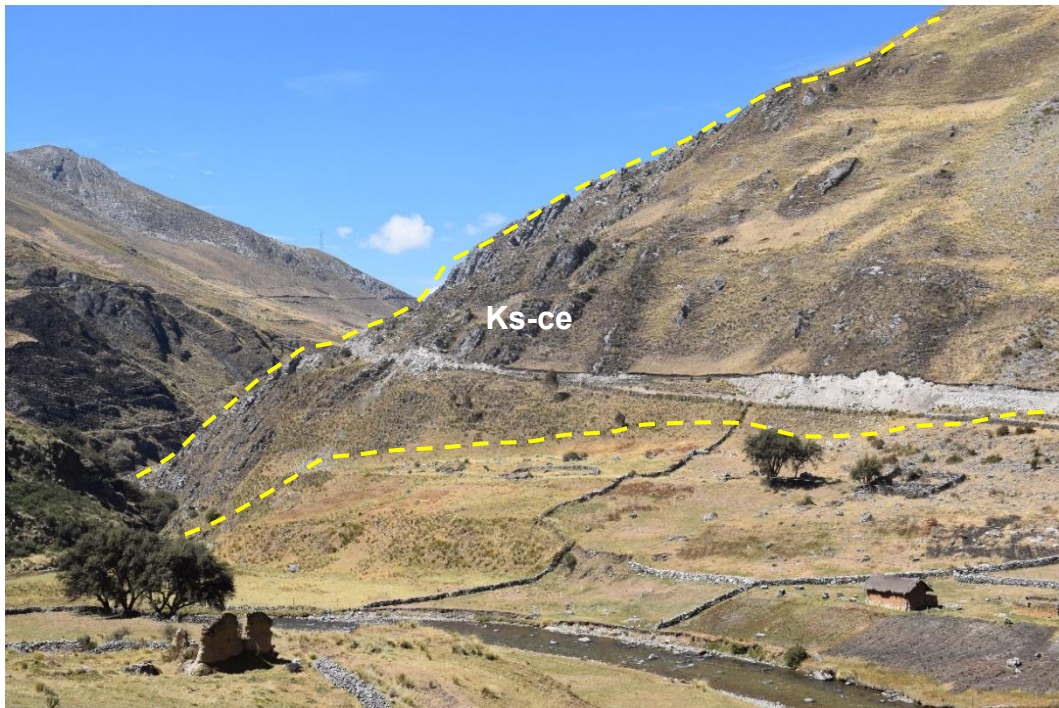


Fuente: INAIGEM (2023).

Formación Celendín (Ks-ce)

Secuencia sedimentaria constituida por calizas margosas pobremente estratificadas de color amarillo grisáceo. Se encuentra como núcleos de anticlinales, en la parte media de la U.H. (cerca del centro poblado Queropalca), forman laderas con pendientes moderadas y abruptas, y geomorfológicamente valles fluviales en forma de “V”, modelado por la geodinámica fluvial que actúa sobre la U.H. (Figura 19).

Figura 19: Formación Celendín constituido por calizas, las cuales afloran en ambos márgenes del valle fluvial.



Fuente: INAIGEM (2023).

2.5.4.2. Depósitos Inconsolidados

Estos depósitos comprenden sedimentos poco o nada coherentes, de extensión y espesor variable, pueden estar conformados por litología heterogénea y heterométrica, así como homogénea, fueron depositados desde el Pleistoceno hasta la actualidad, y son agrupados según su génesis.

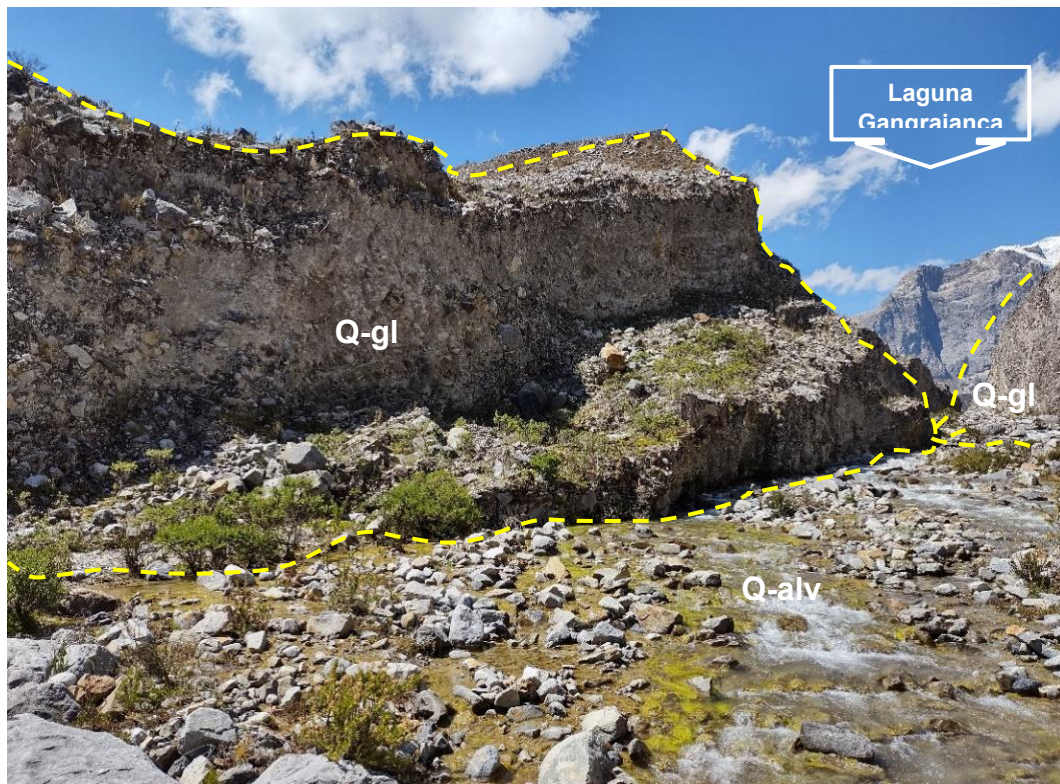
Formación La Unión (Qp-lu)

Corresponde a una secuencia de conglomerados polimícticos inmersos en una matriz arenosa semiconsolidada, y en algunos sectores están intercalados con areniscas semiconsolidadas de grano grueso.

Depósitos Glaciáricos (Q-gl)

Los depósitos glaciáricos corresponden a la acumulación de materiales producto de la acción geodinámica de los glaciares, se caracterizan por presentar material heterogéneo carentes de estratificación y por estar poco consolidados. Estos depósitos se presentan en forma de morrenas que cumplen la función de dique natural, o como fondos de valle. Están compuestos por material granular grueso soportados por una matriz arenosa a limo arcillosa. La laguna Carhuacocha en particular posee un dique morrénico con una edad de 9.3 mil años (Hall et al. 2009). (Figura 20).

Figura 20: Depósito cuaternario glaciárico, que conforman la morrena del margen derecho de la laguna Gangrajanca.



Fuente: INAIGEM (2023).

Depósitos Aluviales (Q-al)

Constituyen depósitos generados por acción y depositación de la geodinámica fluvial en zonas de cauce o quebradas. Los cuales erosionan el relieve montañoso o colinoso y transportan los materiales y sedimentos a las llanuras o partes bajas. Estos depósitos corresponden a una mezcla heterogénea de bolones y gravas de litología variada dispuestas en una matriz fina (Figura 21).

Depósitos Lacustrinos (Q-la)

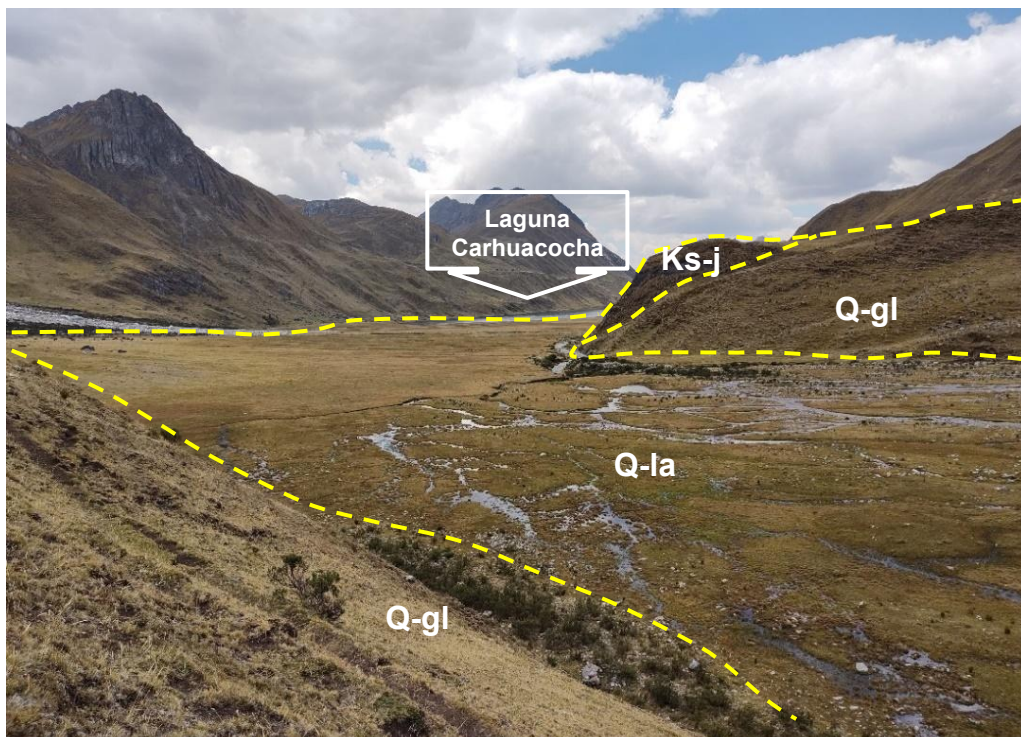
Corresponden a depósitos acumulados en un ambiente lagunar, los cuales presentan una estratificación de material fino como limos y arcillas, observándose en las capas superiores material fino orgánico (color gris oscuro). Estos se ubican en las planicies, lo que corresponde al fondo de valle glaciar ubicado entre las lagunas Gangrajanca y Carhuacocha (Figura 22).

Figura 21: Depósito aluvial, en la margen izquierda del valle fluvial cerca al Centro Poblado Baños.



Fuente: INAIGEM (2023).

Figura 22: Depósitos lacustrinos compuestos por material fino ubicado en el fondo del valle glaciar en la saliente de la Laguna Gangrajanca.

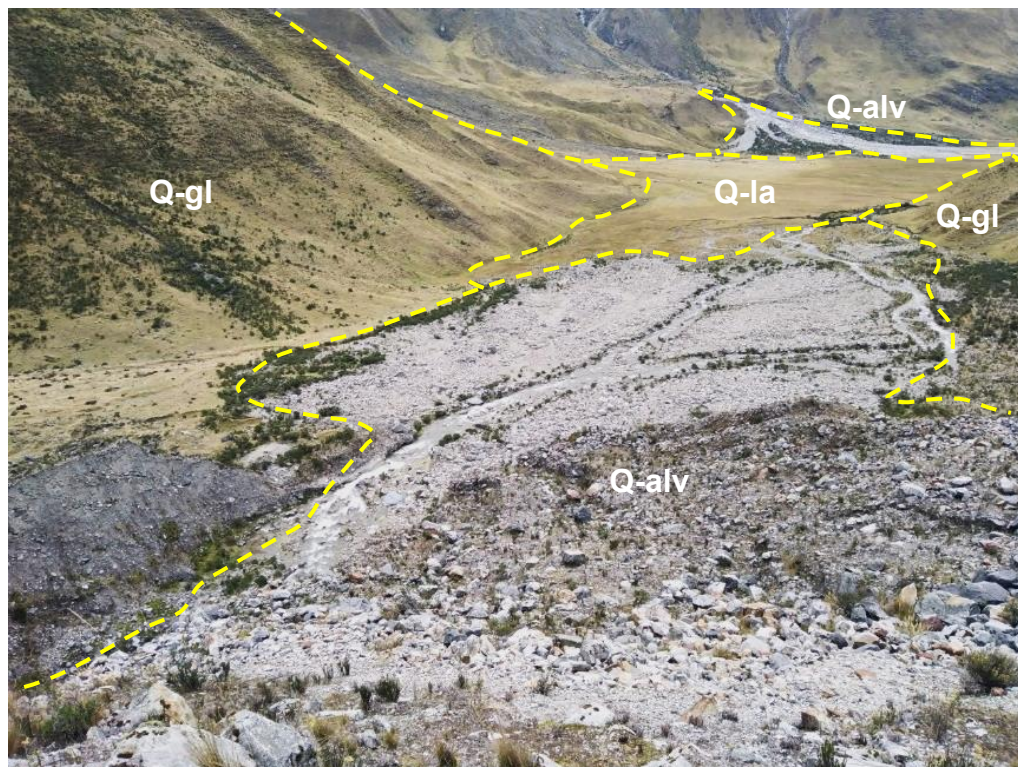


Fuente: INAIGEM (2023).

Depósitos Aluvionales (Q-alv)

Constituyen depósitos semiconsolidados generados por la acción y depositación de aluviones, están conformados por una mezcla heterogénea de bolonería y gravas de litología variada, envueltos en una matriz arenosa con material fino en menor proporción. Estos depósitos se ubican en las salientes de las lagunas Quesillococha, Gangrajanca y Chaclán, formados por la ocurrencia de eventos aluvionales pasados (Figura 23).

Figura 23: Depósitos aluvionales, desembocadura de la Laguna Gangrajanca y Chaclán.



Fuente: INAIGEM (2023).

Depósitos Coluviales (Q-co)

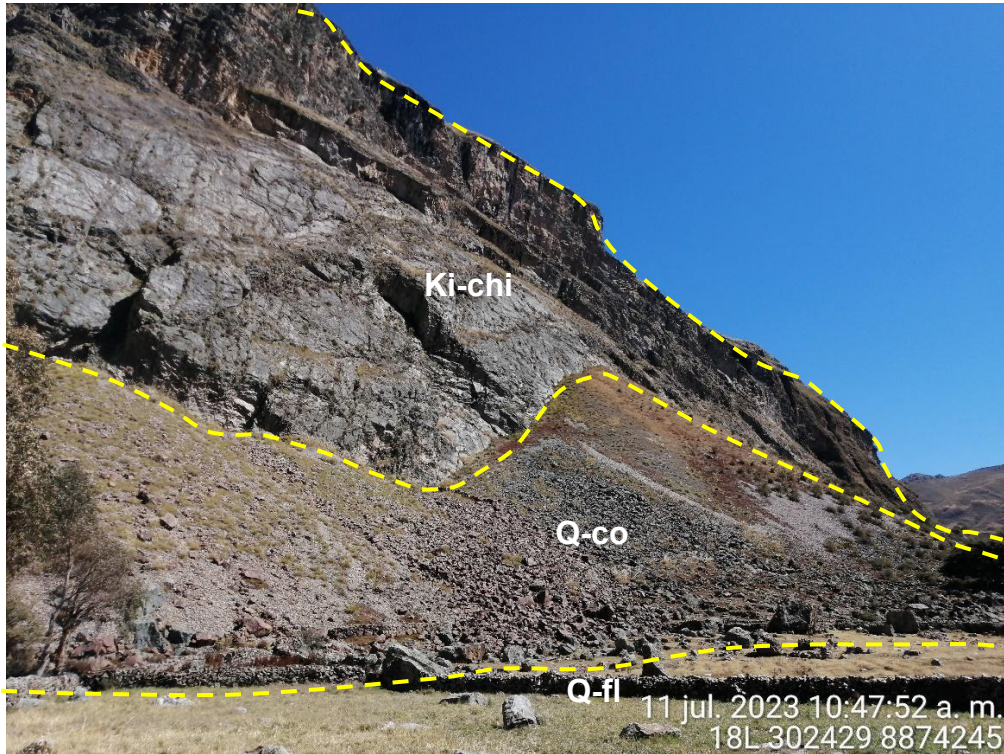
Depósitos de origen gravitacional, productos del desprendimiento y caída por gravedad del material clástico a partir de la meteorización, erosión y alteración del macizo rocoso y laderas de suelos. Son depósitos no consolidados conformados por cantos y gravas subangulosas a angulosas de litología homogénea, mezclado con material fino en menor proporción. Se emplazan en las laderas del relieve montañoso en forma de conos (Figura 24).

Depósitos Fluviales (Q-fl)

Corresponden a los materiales generados directamente por la geodinámica fluvial y que conforman el cauce actual del río y sus terrazas. Son depósitos inconsolidados fácilmente

removibles y su permeabilidad es muy alta. Están conformados por bolonería y gravas redondeadas a subredondeadas de litología variada en una matriz arenosa, y con escasa cantidad de finos debido a la dinámica constante y activa del río (Figura 25).

Figura 24: Depósitos coluviales, en el entorno del Centro Poblado Queropalca.



Fuente: INAIGEM (2023).

Figura 25: Depósitos fluviales.



Fuente: INAIGEM (2023).



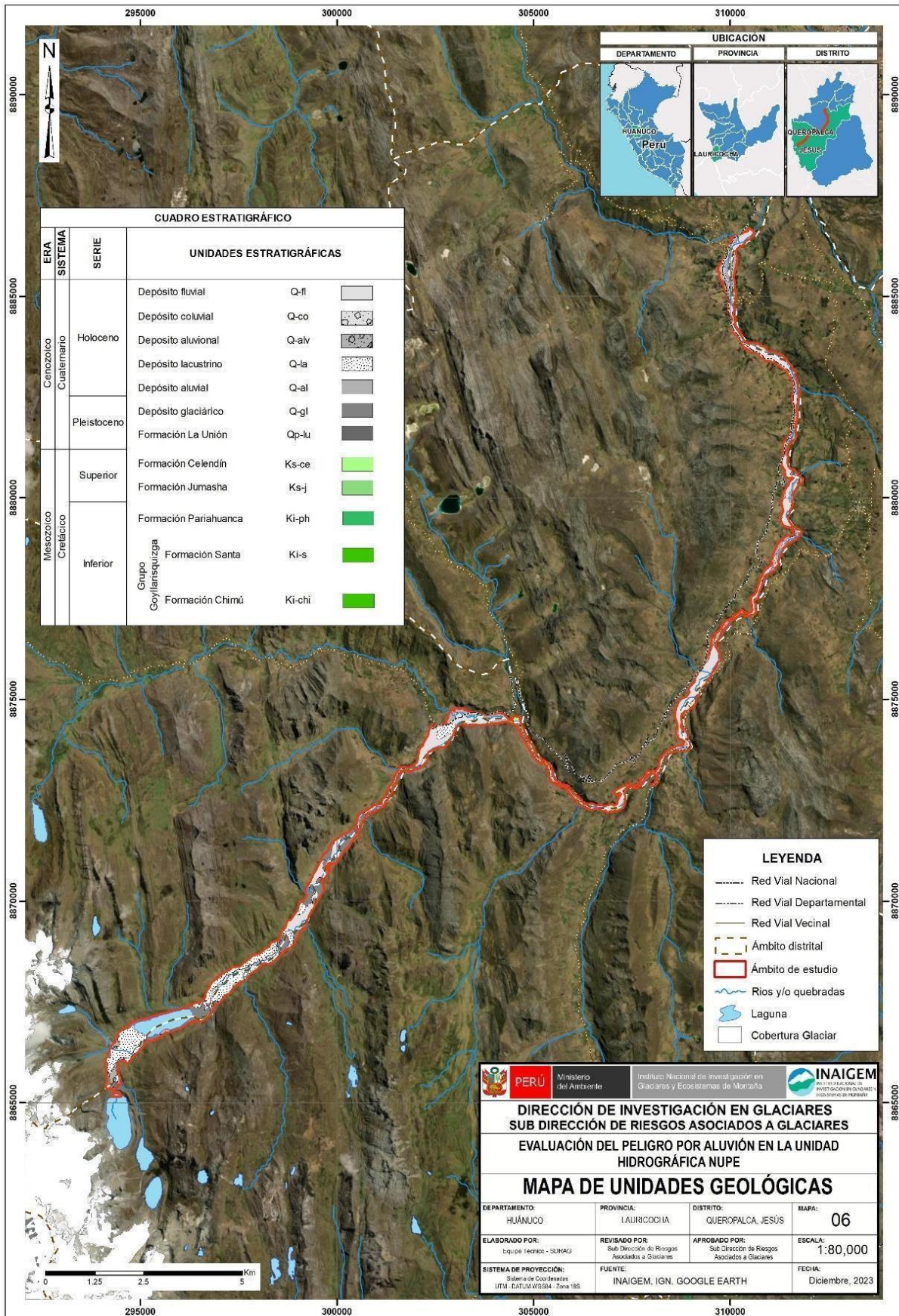
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Figura 26: Mapa de unidades geológicas del área de estudio.



2.5.5. Unidades geomorfológicas

La U.H. Nupe corresponde morfológicamente a valles modelados inicialmente por glaciares (forma en “U”) en la parte alta, a la cual se le sobrepone el modelado fluvial (forma en “V”) en la parte media-baja, en su extensión se encuentran geoformas degradacionales y agradacionales de origen glaciar, gravitacional y fluvial, las cuales han sido agrupadas en base a su origen, características y distribución geográfica. La clasificación de las unidades geomorfológicas está basada en la nomenclatura empleada por INGEMMET, siguiendo la definición de geoformas propuesta por Villota (2005).

Tabla 8: Clasificación de unidades geomorfológicas.

GEOFORMAS	ORIGEN	UNIDAD	SIMBOLOGÍA
Geoformas de carácter degradacional	Tectónico-erosivo	Relieve Montañoso en roca sedimentaria	RM-rs
		Relieve colinoso en roca sedimentaria	RC-rs
Geoforma de carácter agradacional y depositacional	Glaciar	Morrenas	Mo
	Lacustre	Llanura o planicie de origen lacustre	PI-lac
		Cono aluvional	C-alv
	Gravitacional	Talud de detritos	T-d
	Fluvial	Abanico aluvial	Ab-al
		Terraza fluvial	T-fl
		Cauce	Ca

2.5.5.1. Geoformas de Carácter Degradacional

Resultan del efecto progresivo de los procesos de meteorización y erosión sobre los relieves iniciales originados por movimientos tectónicos a través del tiempo geológico y bajo diversas condiciones climáticas (Villota, 2005), dentro del área de estudio se tiene las unidades de montañas y colinas.

Relieve Montañoso en Roca Sedimentaria (RM-rs)

Corresponde a las cadenas montañosas con alturas mayores a los 300 m donde los procesos denudativos glaciares y agentes atmosféricos afectan a las rocas sedimentarias que las conforman. Superficialmente, esta unidad aflora en ambos márgenes del valle glaciar, emplazándose en la parte media-alta de la U.H. con altitudes sobre los 3 500 m.s.n.m. Están constituidas litológicamente por areniscas, lutitas y calizas pertenecientes a las formaciones Chimú, Santa, Celendín, Jumasha y Pariahuanca, sus laderas forman relieves fuertemente empinados y en sus cumbres o picos formas piramidales o aristas (Figura 27).

Figura 27: *Relieve montañoso de rocas sedimentarias en la parte alta de la U.H. Nupe (valle glaciar).*



Fuente: INAIGEM (2023).

Relieve Colinoso en Roca Sedimentaria (RC-rs)

Corresponde a elevaciones naturales del terreno menores a los 300 m donde los procesos denudativos fluviales afectan a las rocas sedimentarias. Superficialmente, esta unidad aflora en ambos márgenes del valle fluvial, emplazándose en la parte baja de la U.H. con altitudes inferiores a los 3 500 m.s.n.m. Están constituidas litológicamente por areniscas y conglomerados pertenecientes a la Formación La Unión, las cuales forman relieves moderadamente empinados con cumbres redondeadas y en algunos casos alargadas (Figura 28).

Figura 28: Relieve colinoso en roca sedimentaria en la parte baja de la U.H. Nupe (valle fluvial).



Fuente: INAIGEM (2023).

2.5.5.2. Geoformas de Carácter Agradacional

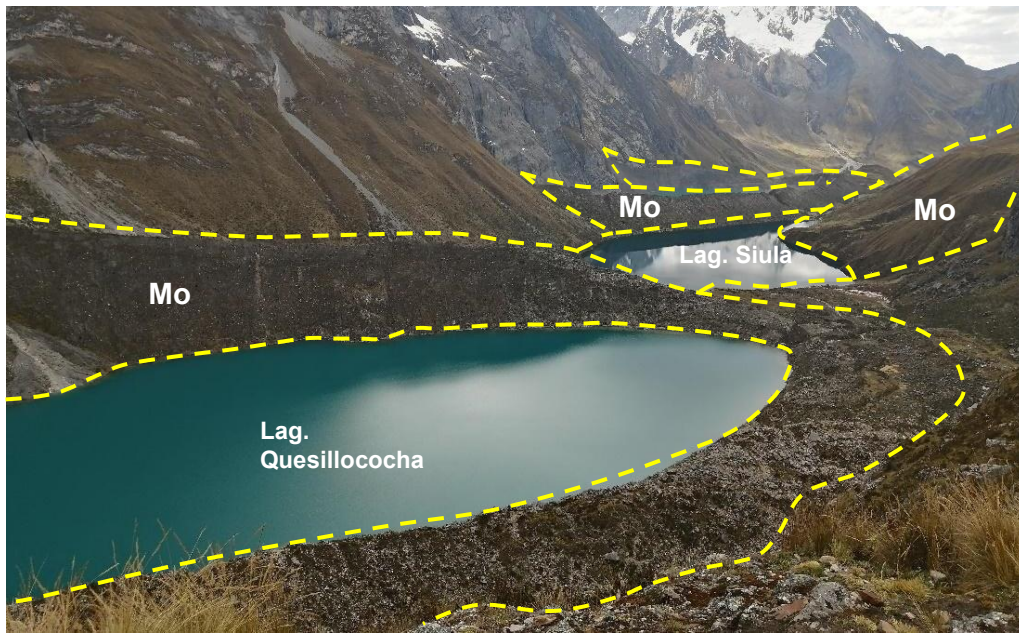
Corresponden a las formas de terreno que resultan de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan a la superficie del terreno.

Morrena (Mo)

Corresponde a elevaciones que han sido afectadas por los procesos denudativos fluviales, se encuentran en la parte alta y media de la zona de estudio, formados en el avance, y son evidencia de la extensión de los glaciares. Dichas morrenas están compuestas por depósitos glaciáricos, las cuales presentan formas alargadas, laderas con pendientes abruptas a moderadas, y cumbres generalmente agudas a redondeadas; estas características varían en función de su posición en la subcuenca y su antigüedad, siendo el tiempo de exposición a los factores erosivos el motivo de dichos cambios, a lo largo de valle del río Carhuacocha se encuentran diferentes generaciones de morrenas de distintas edades (Hall et al. 2009) (Figura 29).

En las superficies de las morrenas recientes ubicadas en las partes altas presentan escasa vegetación y pendientes empinadas, mientras que las morrenas más antiguas, ubicadas en la parte media, presentan una mayor cobertura de vegetación y pendientes moderadas.

Figura 29: Morrenas ubicadas en el entorno de las lagunas Quesillococha, Siula y Gangrajanca.

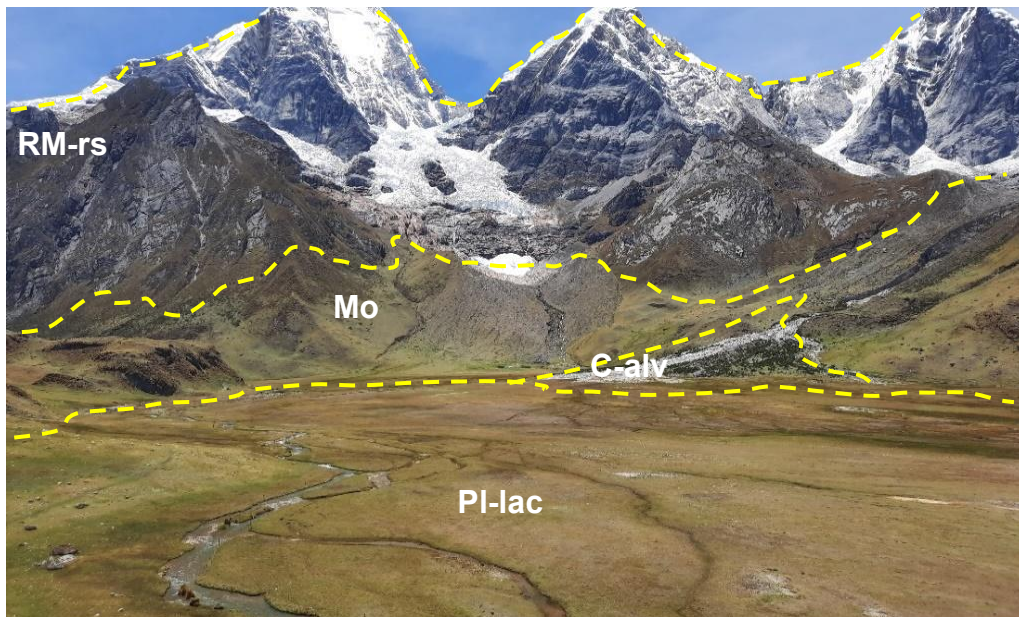


Fuente: INAIGEM (2023).

Llanura o planicie de Origen Lacustre (PI-lac)

Estas geoformas agradacionales, son planicies originadas por el desagüe de lagunas de origen glacial, las cuales a su vez se originaron por el derretimiento de hielo durante el retroceso de los glaciares. Son ecosistemas caracterizados por presentar una acumulación de materia orgánica y material fino resultante de procesos sedimentarios, con muy baja pendiente. Se encuentran dispuestas a lo largo del valle glacial y forman bofedales, los cuales representan una reserva hídrica importante (Figura 30).

Figura 30: Llanura de origen lacustre, fondo de valle glacial posterior a la Laguna Carhuacocha.

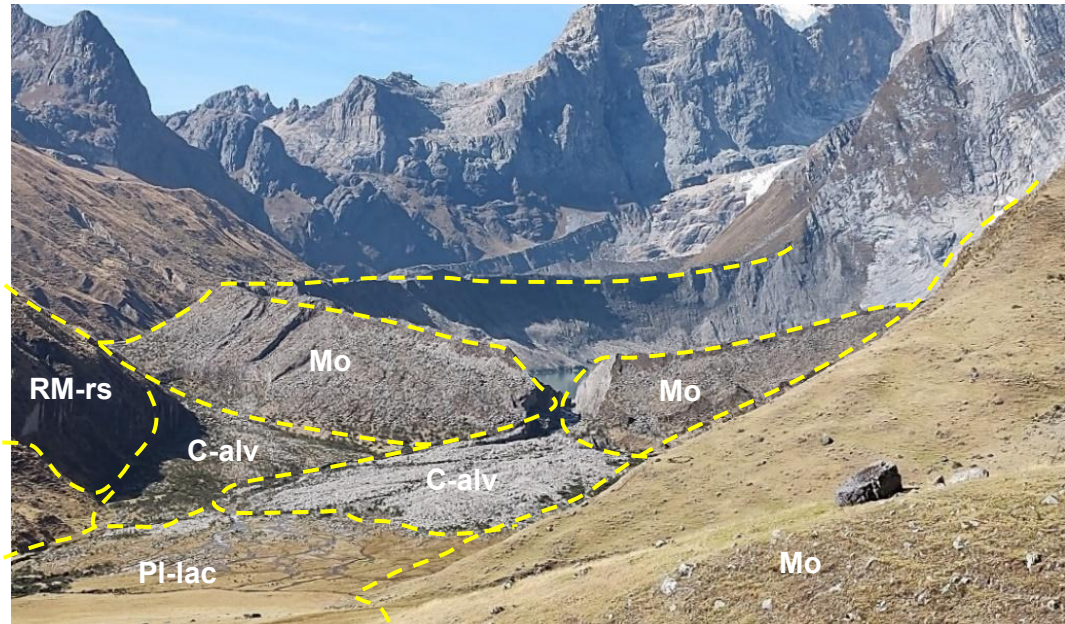


Fuente: INAIGEM (2023).

Cono Aluvional (C-alv)

Son geoformas agradacionales que se originaron por la ocurrencia de eventos aluviónicos pasados, se encuentran en las desembocaduras de las lagunas Gangrajanca y Chaclán. Se presentan en forma de abanico o cono con un relieve de baja pendiente, y están constituidos por gravas y bloques envueltos en una matriz granular con poca presencia de sedimentos finos (Figura 31).

Figura 31: Cono aluvional, ubicado en la saliente de la laguna Gangrajanca.



Fuente: INAIGEM (2023).

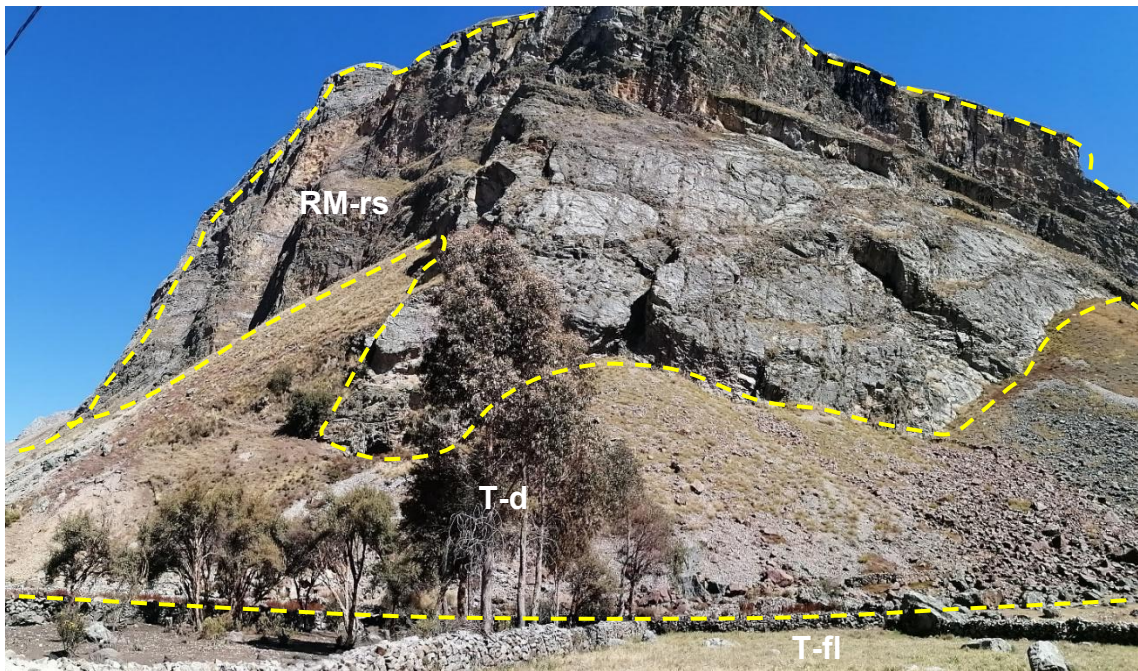
Abanico Aluvial (Ab-al)

Geoforma agradacional en forma de abanico con una moderada inclinación, formado por una corriente de agua que arrastra material suelto desde una zona estrecha entre laderas de montañas o colinas a una zona abierta, donde la corriente de agua pierde energía y deposita los materiales. Se ubican generalmente en las laderas del relieve montañoso y el fondo del valle.

Talud de detritos (T-d)

Corresponden a las acumulaciones de material suelto que se presentan en las laderas de los afloramientos rocosos y de los taludes de suelos, con una terminación en forma de cono en la parte baja en algunos casos. Estas acumulaciones son producto de los agentes erosivos sobre las laderas de rocas, las cuales al meteorizarse se fragmentan y caen por gravedad. Los materiales que componen estos taludes de detritos son granulares gruesos, compuestos por bolonería y gravas subangulosas a angulosas de litología homogénea (Figura 32).

Figura 32: Talud de detritos, ubicado en el entorno del centro poblado Queropalca.



Fuente: INAIGEM (2023).

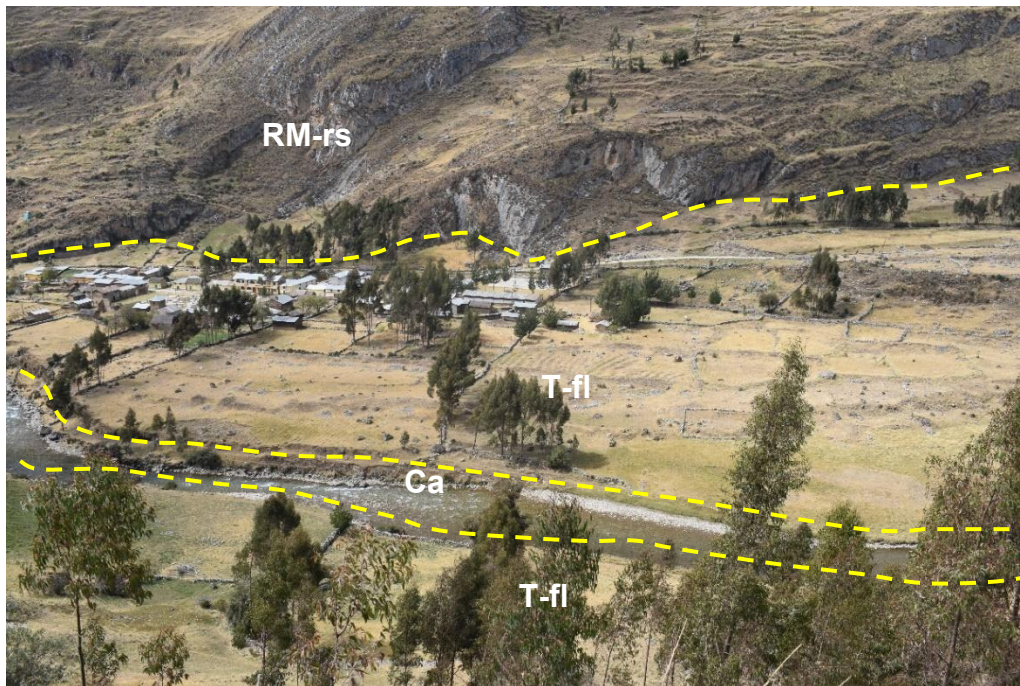
Terraza fluvial (T-fl)

Terrazas originadas por la geodinámica fluvial antigua, está emplazada en ambos márgenes del río, con formas principalmente planas o con una leve inclinación en dirección al río. Se presenta erosionada por el cauce actual y están compuestos por materiales sueltos y erosionables, que consisten en clastos redondeados y de diferente litología, arenas y escasa cantidad de finos (Figura 33).

Cauce (Ca)

Es una geoforma agradacional construida por la geodinámica fluvial actual, el cual está relacionado directamente con la dinámica del río Carhuacocha y Nupe. Su topografía está asociada a la pendiente del río generando en algunas zonas, áreas de inundación (Figura 34).

Figura 33: *Terraza fluvial, ubicado en ambas márgenes del río Nupe.*



Fuente: *INAIGEM (2023).*

Figura 34: *Cauce actual del río Nupe, en la parte media de la U.H. Nupe.*



Fuente: *INAIGEM (2023).*



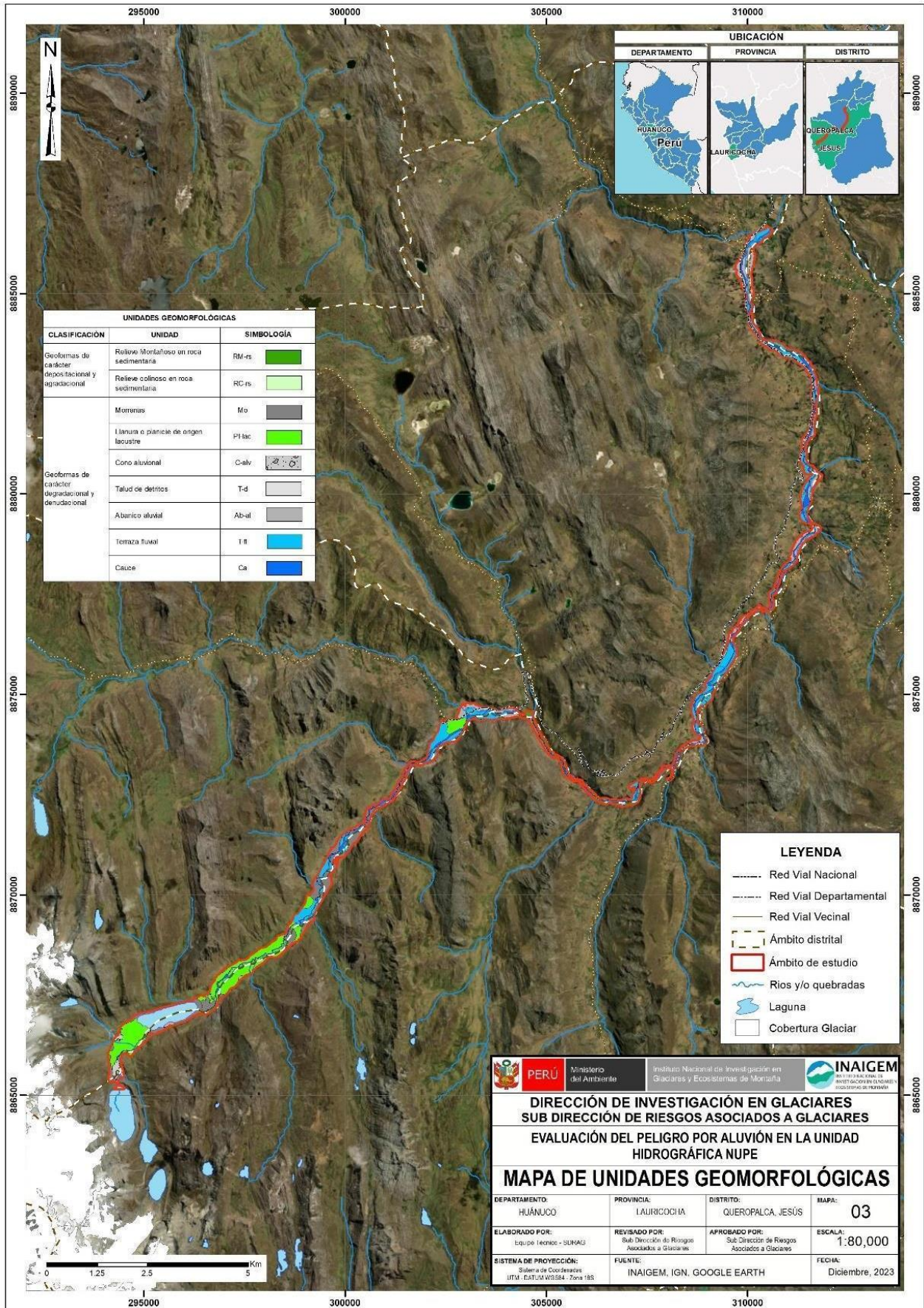
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Figura 35: Mapa de Unidades Geomorfológicas del Área de Estudio.





2.5.6. Pendientes del terreno

Las pendientes que muestra el área de estudio son heterogéneas debido a que las condiciones ambientales y geológicas han modelado el terreno de formas distintas; en el ámbito de estudio las pendientes se han clasificado en cinco rangos principales, adaptados del reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor (Decreto supremo N° 017-2009-AG).

Pendiente Menor a 5%

Son aquellos lugares y/o espacios que están a nivel y próximos a presentarse una ligera inclinación, que en algunos casos se suele llamar terrenos planos.

Pendiente Entre 5 a 15%

Espacios identificados dentro de este rango de pendientes, son aquellos lugares ligeramente inclinados a moderadamente empinados observándose actividades múltiples que se desarrollan en la cuenca y la actividad antrópica tiene mayor visibilidad.

Pendiente Entre 15 a 25%

Son aquellos espacios moderadamente empinados observándose construcciones de viviendas y mayor concentración de terrenos agrícolas.

Pendiente Entre 25 a 50%

Son zonas empinadas, que ofrece accesibilidad en el terreno que en algunos casos podemos observar terrenos agrícolas e infraestructuras como caminos de herradura.

Pendiente mayor a 50%

Las zonas que presentan esta clasificación son aquellos espacios muy escarpados y extremadamente empinados, en la mayoría de los casos poco accesibles.



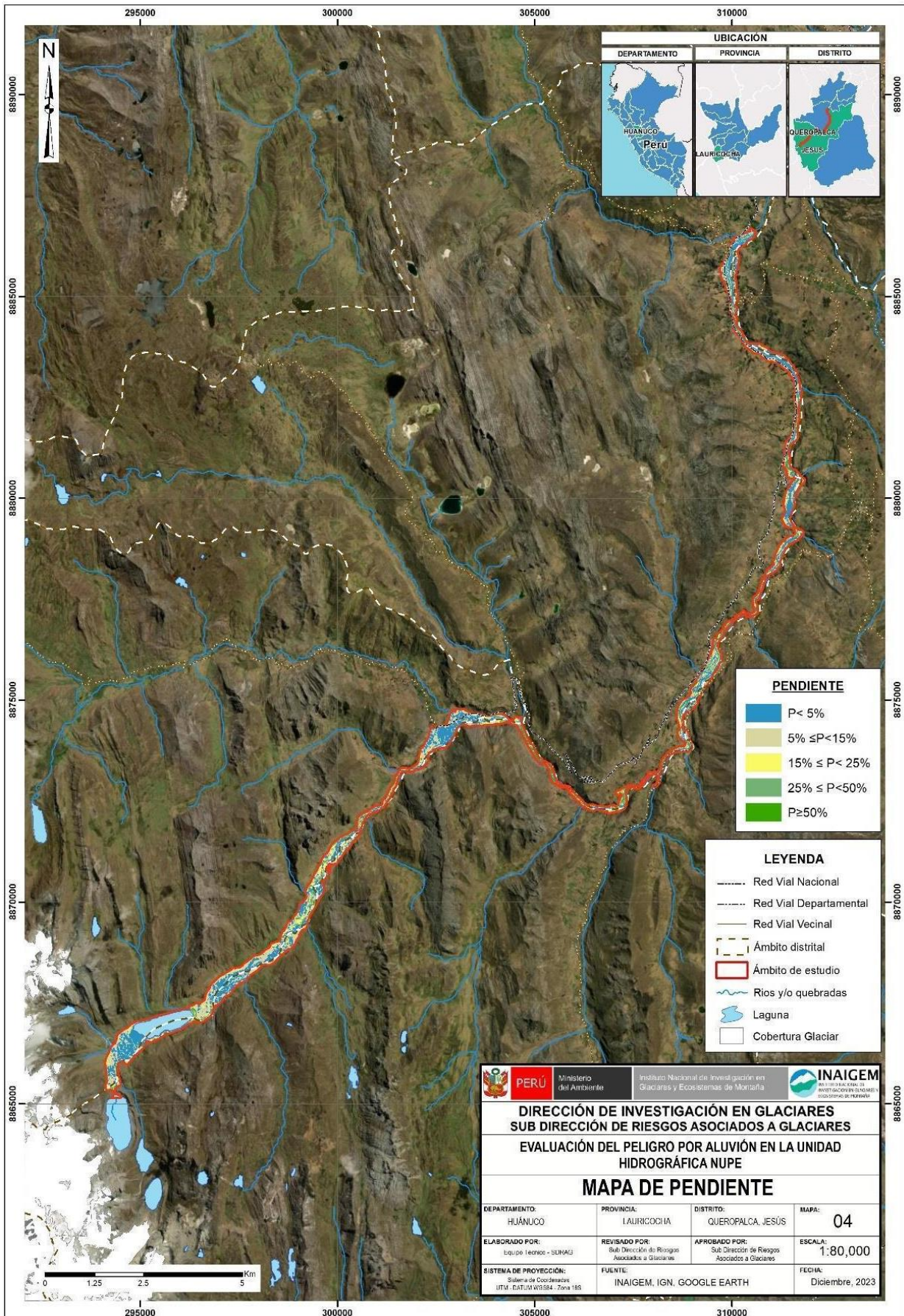
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Figura 36: Mapa de pendientes del área de estudio.



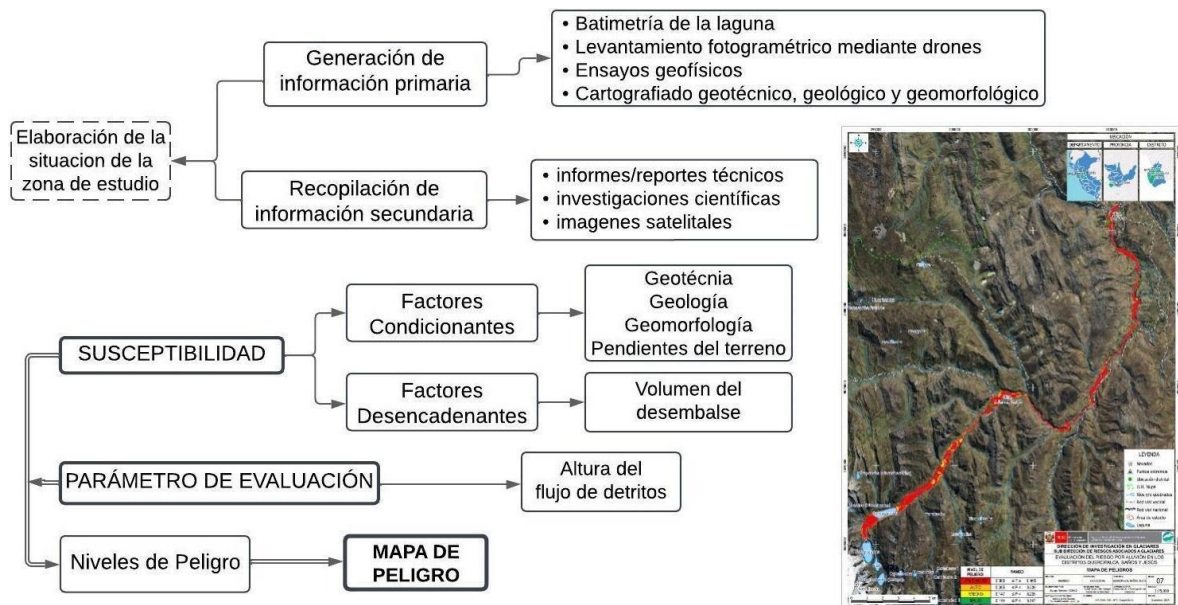
CAPÍTULO III

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD

3.1. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE LA PELIGROSIDAD

Para determinar los niveles de peligrosidad se empleó la metodología basada en el proceso de análisis jerárquico (AHP), además, se tuvo en cuenta los alcances establecidos en 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, 2014) desarrollándose los pasos mostrados en la Figura 37.

Figura 37: Metodología para determinar los niveles de peligrosidad por aluvión.



Fuente: Adaptado de CENEPRED (2014).

El análisis consideró como factor desencadenante el probable volumen de desembalse parcial de la laguna Gangrajanca, ocasionado por el impacto de avalanchas de roca y hielo. Por otra parte, los factores condicionantes incluyen características intrínsecas del terreno, como la geotecnia, geología, geomorfología y pendiente, representadas en mapas temáticos detallados.

Adicionalmente, el parámetro de evaluación se centró en la altura o tirante del flujo de detritos generado por el desembalse de la laguna Gangrajanca, el su consecuente comportamiento hidráulico de la laguna Carhuacocha. Esta altura fue calculada mediante simulaciones numéricas basadas en un escenario hipotético de aluvión, utilizando datos de batimetría, topografía, estudios de suelos y análisis geofísicos.

3.1.1. Metodología de Ponderación

Según el CENEPRED (2014), la ponderación de los criterios, subcriterios y descriptores se utilizó el proceso de análisis jerárquico el cual es un método multicriterio que permite incorporar criterios cuantitativos (infraestructura expuesta, pérdidas humanas, económicas, etc.) y cualitativos (programas de capacitación, creación y/o aplicación de

la normatividad, etc.) que son considerados en la gestión del riesgo de desastres. La matriz que se genera es cuadrada es decir tiene el mismo número de filas y columnas.

Este método fue desarrollado por un matemático, consiste en una técnica que permite la resolución de problemas multicriterio, incorporando en el modelo los aspectos tangibles e intangibles, así como el subjetivismo y la incertidumbre inherente en el proceso de toma de decisiones (Saaty, 1980). En este sentido, el Proceso Analítico Jerárquico es una teoría general sobre juicios y valoraciones que, basada en escalas de razón, permite combinar lo científico y racional con lo intangible para ayudar a sintetizar la naturaleza humana con lo concreto de nuestras experiencias capturadas a través de la ciencia (Moreno, 2002).

Para la estimación del valor de la importancia relativa de cada uno de los indicadores se recurre a una metodología de comparación de pares, la escala es la que se muestra a continuación:

Tabla 9: Ponderación de parámetros y descriptores desarrollada por Saaty.

ESC. NUM.	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferible que el segundo
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferible que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferible que el segundo.
1/5	Menos importante o preferible que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferible que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferible que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferible que el segundo.

1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferible que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferible que el
2, 4, 6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores	

Fuente: Metodología Saaty propuesto en 1980 (CENEPRED, 2014).

3.2. IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO

En el presente estudio de evaluación de riesgos realizado en la Unidad Hidrográfica Nupe, se ha identificado al aluvión por desborde de laguna glaciar como el principal peligro asociado a procesos de geodinámica externa, con impacto directo sobre los elementos expuestos localizados en las proximidades del cauce del río Nupe.

Los aluviones son flujos de detritos de alta velocidad que descienden por los valles, desencadenados comúnmente por el desborde violento de lagunas glaciares o por avalanchas de hielo y roca (INAIGEM, 2020). En el contexto de las cordilleras glaciares del Perú, los eventos aluvionales han estado asociados principalmente a la liberación catastrófica del agua contenida en lagunas. Un rasgo característico de estas lagunas es su tipo de represamiento, el cual puede estar conformado por diques naturales como diques de hielo, depósitos glaciáricos o roca madre.

3.3. CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO

3.3.1. Prospección Geofísica

Los trabajos de prospección geofísica se realizaron en la zona frontal de las lagunas Gangrajanca y Carhuacocha, e incluyeron cuatro (04) líneas de sísmica de refracción y cinco (05) ensayos de sondeo eléctrico vertical (SEV). Estos estudios permitieron generar perfiles sísmicos y eléctricos del subsuelo, con el objetivo de estimar la profundidad del contacto suelo-roca. Los resultados permiten caracterizar la presencia y distribución de materiales inconsolidados, que son los más susceptibles a ser erosionados o arrastrados por flujos de alta energía en caso de un evento GLOF generado por el desborde violento de una laguna de origen glaciar, causando finalmente la ruptura parcial o total del dique morrénico.

Para la realización de los ensayos y cumplir con los objetivos plasmados anteriormente se realizaron las siguientes actividades:

- Reconocimiento en campo de la distribución de las líneas y estaciones para el levantamiento topográfico.
- Adquisición de datos sísmicos (refracción sísmica y SEV).

3.3.1.1. Ensayos de Refracción Sísmica, MASW y MAN

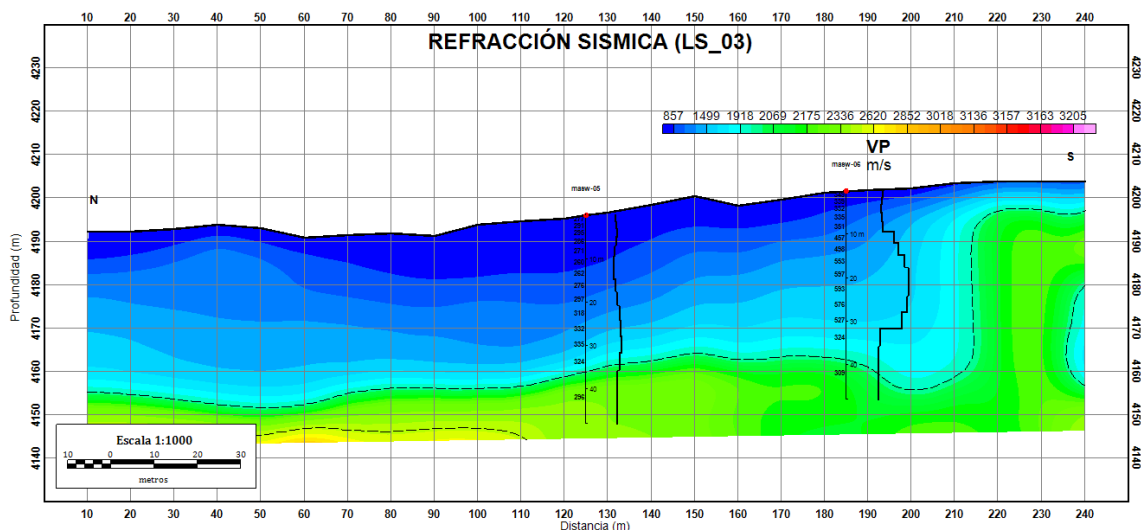
Comprende los siguientes ensayos:

- 04 líneas Sísmicas, ubicadas en la parte frontal de las lagunas Carhuacocha y Gangrajanca, con una longitud de 240 m cada una. Los shot point fueron ubicados a -5 m del inicio de la línea, a 55 m, 115 m, 175 m y 235 m dentro del tendido de la línea sísmica. Como fuente de energía se utilizó un trípode con pesas de 80 libras para generación de las ondas.
- Ensayos MASW, donde se utilizaron geófonos de 4.5 Hz espaciados cada 5 m y un trípode con pesas de 80 lb como fuente de energía. Los shot points estuvieron ubicados a -12 y -24 m, 132 y 144 m en ambos extremos de la línea sísmica. Se trabajaron 04 puntos MASW en la laguna Carhuacocha y 04 puntos en la laguna Gangrajanca.
- Ensayos MAN, se ubicaron en los mismos puntos de los ensayos MASW. Para este ensayo no fue necesario utilizar una fuente de energía, ya que solo se registraron vibraciones ambientales.

Resultados en la laguna Gangrajanca

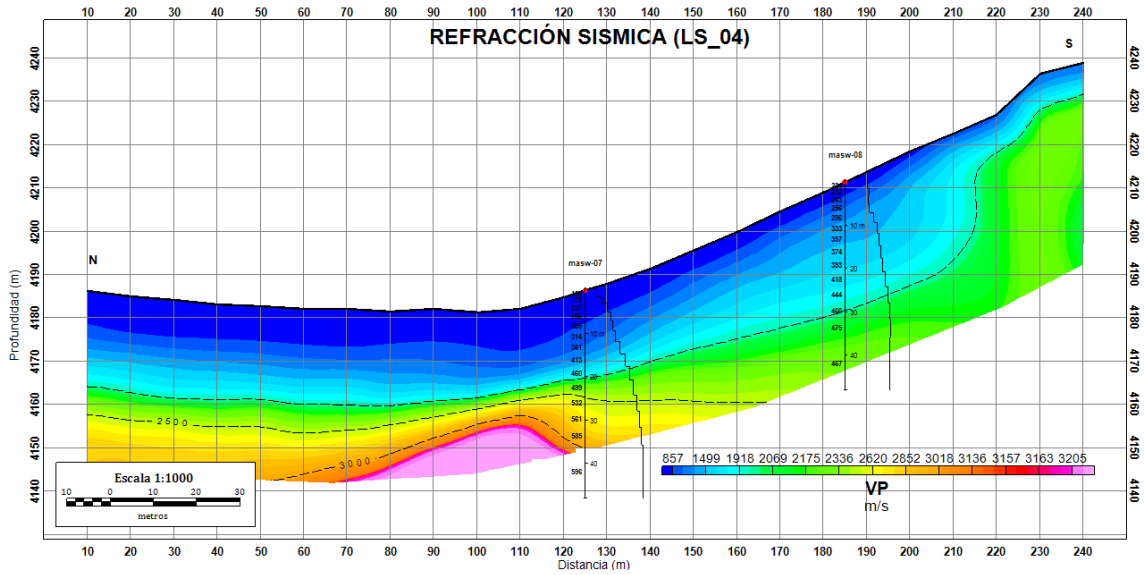
Los resultados para las 02 secciones de refracción sísmica, 04 MASW y 04 MAN se muestran en las figuras 38 y 39. Así mismo en ambos perfiles de refracción sísmica, se incluyen los perfiles unidimensionales de MASW y MAN unificados. Con velocidades de onda S (V_s) del orden de los 100 a 600 m/s, valores que según la Norma Técnica Peruana E.030, corresponden a un suelo intermedio tipo S2.

Figura 38: Perfil sísmico LS-03 para la laguna Gangrajanca.



Fuente: INAIGEM (2023).

Figura 39: Perfil sísmico LS-04 para la laguna Gangrajanca.



Fuente: INAIGEM (2023).

Los resultados de ambos perfiles sísmicos para la laguna Gangrajanca, muestran valores de velocidad para la onda P (V_p) del orden < 800 hasta > 3000 m/s, diferenciándose 3 estratos, de acuerdo a su velocidad. Alcanzando una profundidad de investigación aproximada de 50 m. Observándose que, hacia la base del perfil, las velocidades se incrementan sobrepasando velocidades de 3000 m/s. La tabla 10 muestra la interpretación de ambos perfiles sísmicos.

Tabla 10: Interpretación de la línea sísmica LS-03.

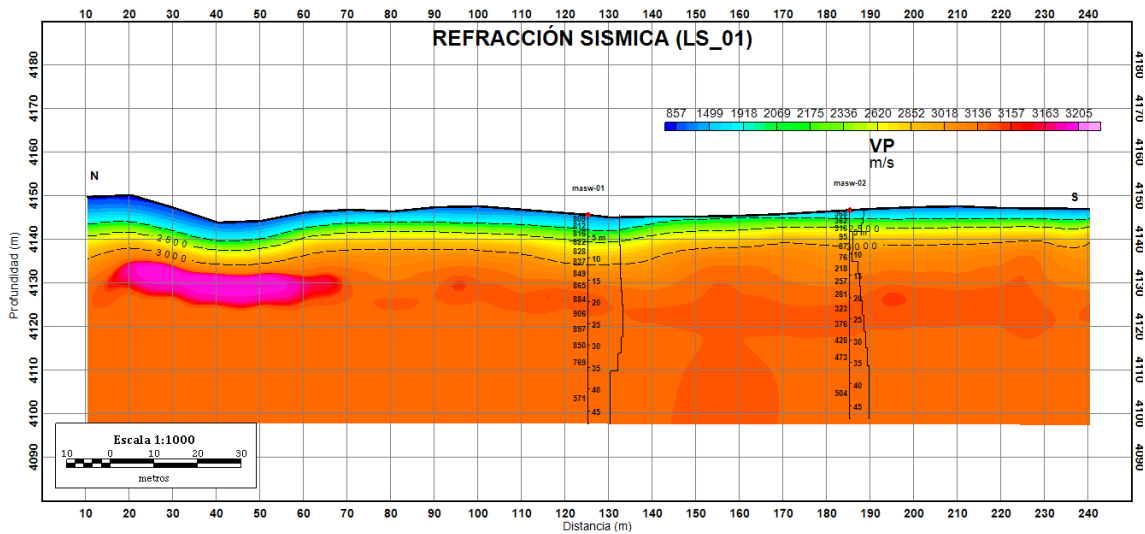
Estrato	Velocidad V_p (m/s)	Espesor (m)	Descripción
1	$< 800 - 1900$	8 a 30	Capa superficial conformada de material glaciárico, tipo gravoso bien graduada en matriz arenolimosa de baja compacidad hasta los 30 m presencia de roca fracturada o aluvión semicompacto, con presencia de humedad.
2	$1900 - 2600$	5 a 40	Capa conformada por material glaciárico con presencia de gravas en matriz arenosa compacta con humedad.
3	>3000	>10	Capa conformada de material compacto, roca meteorizada fracturada y material glaciárico muy compacto.

Resultados en la laguna Carhuacocha

Los resultados para las 02 secciones de refracción sísmica, 04 MASW y 04 MAN se muestran en las figuras 40 y 41. Así mismo en ambos perfiles de refracción sísmica, se incluyen los perfiles unidimensionales de MASW y MAN unificados. Con velocidades de

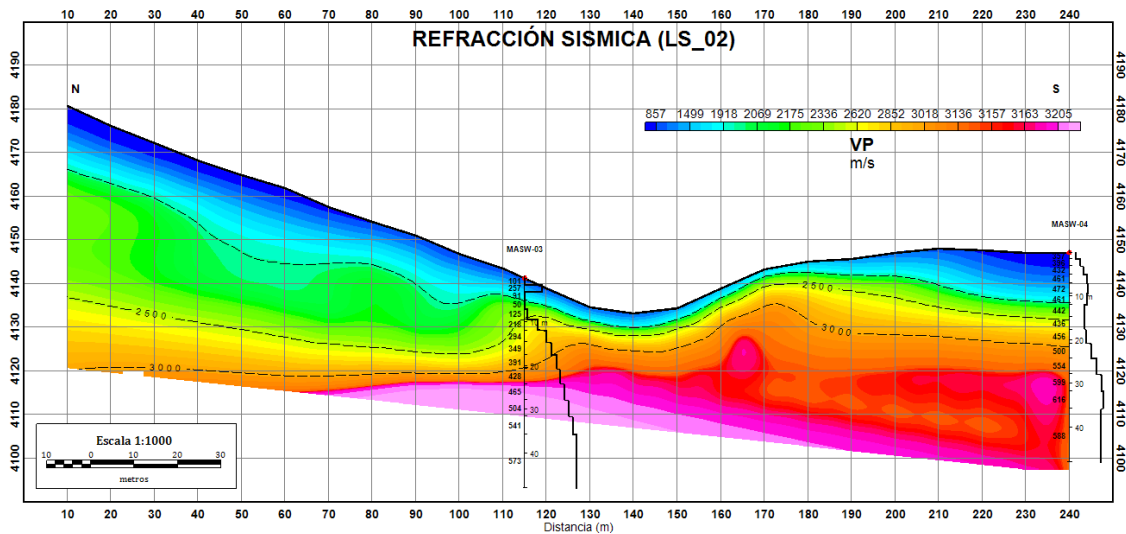
onda S (Vs) del orden de los 100 a 600 m/s, valores que según la Norma Técnica Peruana E.030, corresponden a un suelo intermedio tipo S2.

Figura 40: Perfil sísmico LS-01 para la laguna Carhuacocha.



Fuente: INAIGEM (2023).

Figura 41: Perfil sísmico LS-02 para la laguna Carhuacocha.



Fuente: INAIGEM (2023).

Los perfiles sísmicos muestran valores de velocidad para la onda P (Vp) del orden < 800 hasta > 3000 m/s, diferenciándose 3 estratos, de acuerdo a su velocidad. Alcanzando una profundidad de investigación de 50 m. aproximadamente. Observándose que, hacia la base del perfil, las velocidades se incrementan sobrepasando velocidades de 3000 m/s. La tabla 11 muestra la interpretación de ambos perfiles sísmicos.

Tabla 11: Interpretación de la línea sísmica LS-02.

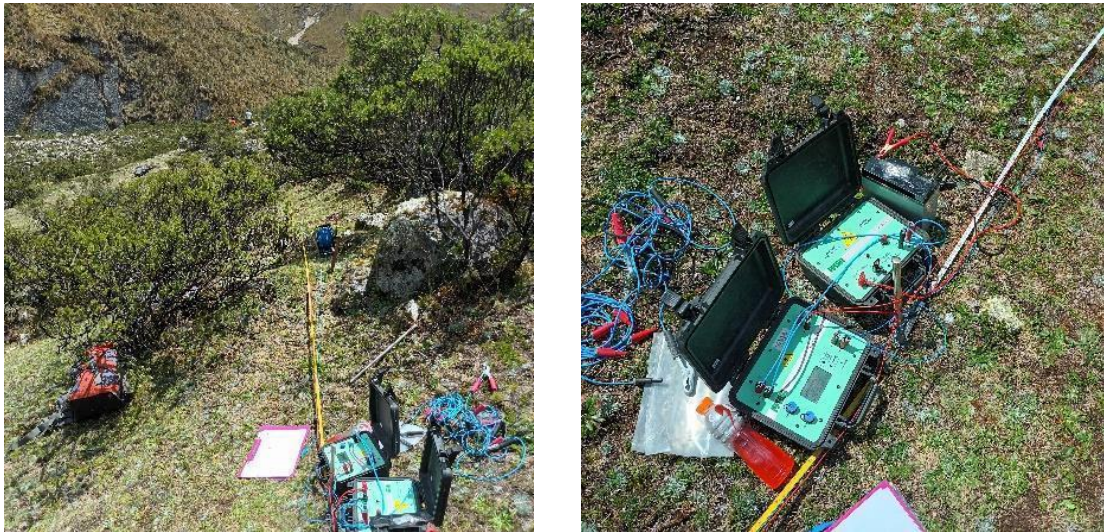
Estrato	Velocidad V_p (m/s)	Espesor (m)	Descripción
1	< 800 – 1900	2 a 15	Capa superficial conformada por depósitos de origen glaciar, tipo gravoso bien graduada en matriz areno limosa presencia de roca fracturada o aluvión semicompacto, con presencia de humedad.
2	1900 - 2500	3 a 28	Capa conformada por material glaciárico con presencia de gravas en matriz arenosa compacta con presencia de humedad.
3	> 3000	> 25	Capa conformada de material compacto, roca meteorizada fracturada y material glacial muy compacto.

3.3.1.2. Ensayos de Sondaje Eléctrico Vertical

Se realizaron 05 SEV en la zona frontal de la laguna Gangrajanca, con la finalidad de conocer las características resistivas del subsuelo, determinar nivel freático o de saturación del subsuelo y la determinación del basamento rocoso. Obteniendo como resultado una profundidad de investigación aproximada de 50 m, logrando diferenciar 4 capas.

- La primera y segunda capa, presentan altos valores de resistividad del orden de los 161 Ω m hasta los 11656 Ω m y alcanzan profundidades de 2 m hasta los 50 m de espesor aproximadamente. Corresponden a material morrénico de origen glaciar, compuesto por fragmentos de roca, gravas, y material fino en menor proporción, diferenciados principalmente por su contenido de humedad.
- La tercera capa localizada a una profundidad de 20 m, presenta una potencia mayor a los 25 m. con valores de resistividad mayores a los 10400 Ω m, por lo que estaría asociada al tipo de roca caliza. y representaría el contacto entre el basamento rocoso, contacto que solo se visualiza en el SEV 01.

Figura 42: Realización de toma de datos mediante sondajes eléctricos verticales en la zona frontal de la Laguna Gangrajanca.



Fuente: INAIGEM (2023).

3.3.2. Altura del Flujo

La altura del flujo es el parámetro de evaluación, el cual se define como el nivel máximo del aluvión registrado en un punto, determinado a partir de la simulación numérica y calculado para cada espacio diferencial del valle, lo cual fue realizado a partir del modelamiento de avalanchas de hielo/roca desde glaciares inestables y el afloramiento rocoso perteneciente a la Formación Jumasha emplazado en la margen izquierda de la laguna Gangrajanca, con dirección hacia dicha laguna en un escenario crítico, generando posteriormente ondas de impulso y el rompimiento del dique natural con un flujo de detritos valle abajo.

La simulación de la avalancha de roca/hielo fue realizada mediante el modelo FLOW-3D HYDRO 2024, considerando la identificación de bloques potencialmente inestables de masa glaciar (BPI) empleando el modelo RAMMS AVALANCHE, con probabilidad de desprendimiento hacia la laguna Gangrajanca. Se determinó que, en el nevado Siula Este se localizan dos bloques de hielo potencialmente inestables bpi-05 ($3,482,474.10 \text{ m}^3$) y bpi-06 ($3,272,498.22 \text{ m}^3$) modelizados para escenarios que impactarían hacia la laguna Gangrajanca como avalanchas a grandes velocidades, que van desde los 86.89 m/s hasta 91.47 m/s.

Cabe precisar que, la laguna Gangrajanca ya presenta la ruptura de su dique, sin embargo, para el presente análisis se consideró una profundidad por debajo del actual dique, el cual fue determinado mediante los ensayos geofísicos que se interpretan como materiales frágiles con potencial de erosión.

La altura del flujo del aluvión fue determinada en base al modelamiento numérico mediante el modelo hidrológico-hidráulico bidimensional FLO-2D, mostrando el mapeo de las alturas de flujo en todo el área de estudio (Laguna Gangrajanca - Baños) dentro de la llanura de inundación, originado por un GLOF, desde la laguna Gangrajanca, U.H. Nupe;

en dicho modelamiento se consideró una avalancha en un escenario de una masa de hielo y detritos con un volumen de $3 \times 10^6 \text{ m}^3$ y su impacto a la laguna Gangrajanca.

3.3.3. Modelamiento de la Cadena de Procesos

La información física empleada en el modelamiento del proceso de inundación fue: (1) el modelo digital de elevación (DEM) del valle del río Carhuacocha, obtenido a través un vuelo con dron con una resolución espacial de 1 m; (2) la información batimétrica de la laguna, generada utilizando una ecosonda Sy Qwest Bathy 500 DF para registrar las profundidades, realizada el año 2021, (3) el coeficiente de rugosidad de Manning, donde se asignaron valores según los tipos de cobertura terrestre identificados en campo y finalmente (4) información geofísica que caracteriza la profundidad del basamento rocoso en la zona frontal de la laguna Gangrajanca.

El evento de inundación por desborde violento de lagunas de origen glaciar (GLOF) siguen una cadena de procesos, el cual es detallado a continuación para el caso de la laguna Gangrajanca: (1) desprendimiento de avalanchas de roca-hielo desde la parte alta del nevado Siula Este, (2) ondas de impulso, causado por el impacto de fragmentos de roca o avalanchas de roca-hielo hacia la laguna Gangrajanca, (3) rotura del dique natural (morrena frontal), (4) flujo de detritos, y (5) impacto del flujo de detritos en la laguna Carhuacocha (situado aguas abajo).

El desprendimiento de los bloques potencialmente inestables identificados, generarían una ola de altura máxima de 65 metros respecto al nivel del espejo de agua de la laguna, lo cual impacta contra la zona frontal de la laguna, generando el desembalse de la laguna Gangrajanca. Este evento, tendría consecuencias catastróficas en las poblaciones asentadas aguas abajo.

3.3.4. Ponderación de los Parámetros de Evaluación del Peligro por Aluvión

Son las variables o indicadores que permiten definir las características del peligro. En esta sección se consideró a la altura del flujo de detritos como parámetro de evaluación del peligro. En el Anexo B, se muestran las tablas utilizadas; con las variables de ponderación del indicador que permiten definir las características del peligro.



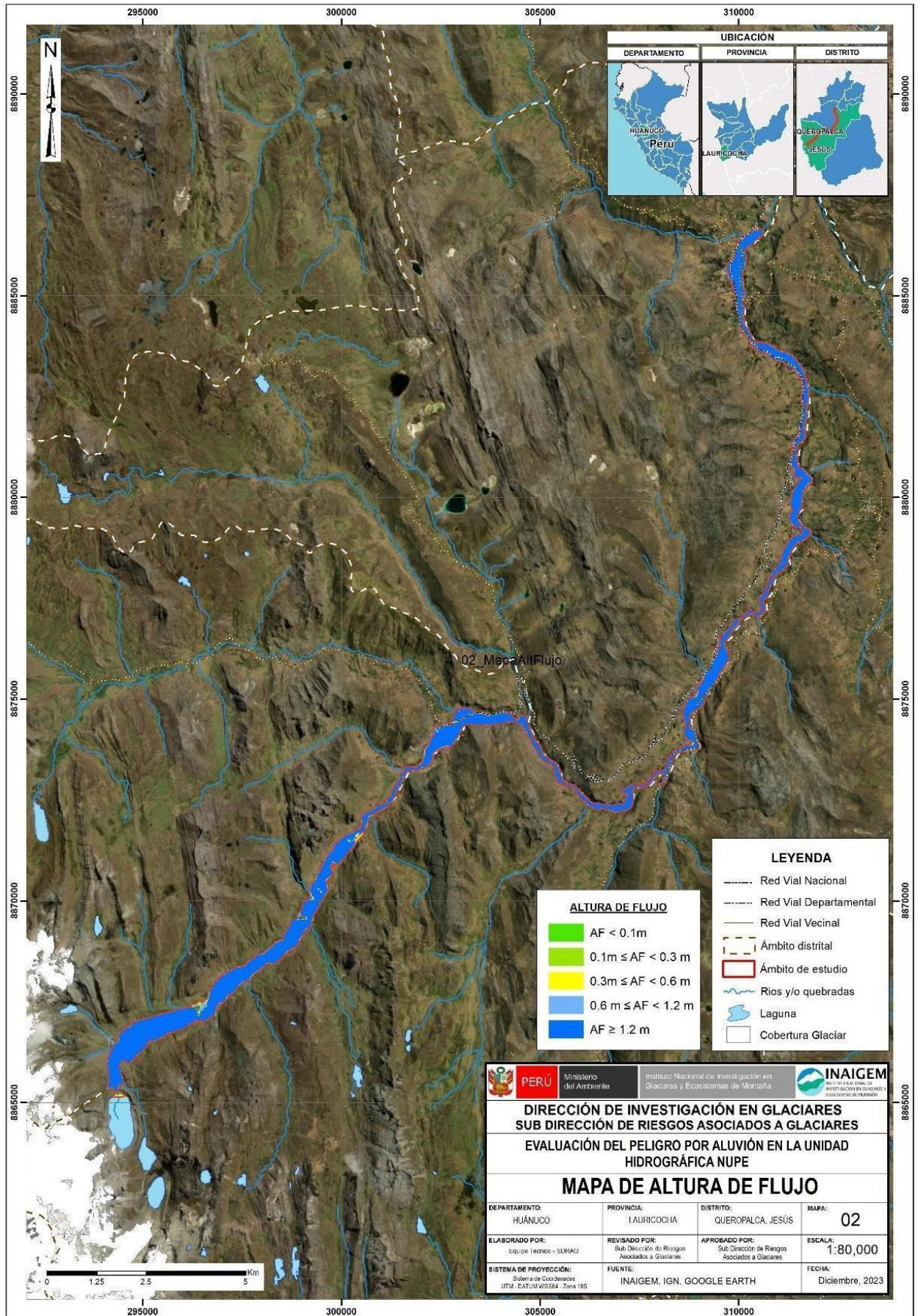
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Figura 43: Mapa de altura de flujo en el área de estudio.



3.4. SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRITORIO

La susceptibilidad es la predisposición de que sobre determinado ámbito geográfico ocurra un evento, para la evaluación de la susceptibilidad del área de influencia se analizaron los factores desencadenantes y condicionantes, los cuales se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12: Factores de susceptibilidad.

FACTOR DESENCADENANTE	FACTORES CONDICIONANTES
Avalancha de hielo y roca	Geotecnia
	Geología
	Geomorfología
	Pendientes

3.5. FACTOR DESENCADENANTE Y PONDERACIÓN

Se ha considerado un único factor desencadenante, el desembalse desde la laguna Gangrajanca hasta la parte baja de la U.H. Nupe.

3.5.1. Volumen del Desembalse

Los desprendimientos de avalanchas provenientes desde la margen izquierda de la laguna Gangrajanca en un escenario extremo, con un volumen estimado de impacto en 3×10^6 m³ contra la misma, generarían oleajes que rebasen el dique natural, liberando un volumen de desembalse de 14 millones de m³ en la laguna Gangrajanca. El flujo resultante en su recorrido impacta sobre la laguna Carhuacocha finalizando con el flujo de detritos.

Tabla 13: Intervalos y niveles de volumen del desembalse de las lagunas glaciares.

EM	VOLUMEN DE DESEMBALSE (V_o) en Millones de metros cúbicos ($M m^3$)	NIVEL	DESCRIPCIÓN
1	$< 2.5 M m^3$	TIPO I	Desembalse violento desde una laguna glaciar con un volumen de muy bajo impacto a ecosistemas, medios de vida, infraestructuras y poblaciones, principalmente
2	$2.5 M m^3 \leq V_o < 5 M m^3$	TIPO II	Desembalse violento desde una laguna glaciar con un volumen de bajo impacto a ecosistemas, medios de vida, infraestructuras y poblaciones, principalmente
3	$5 M m^3 \leq V_o < 7.5 M m^3$	TIPO III	Desembalse violento desde una laguna glaciar con un volumen de impacto medio a poblaciones, medios de vida, infraestructura y ecosistemas, principalmente
4	$7.5 M m^3 \leq V_o < 10 M m^3$	TIPO IV	Desembalse violento desde una laguna glaciar con un volumen de impacto alto a poblaciones, medios de vida, infraestructura y ecosistemas, principalmente
5	$\geq 10 M m^3$	TIPO V	Desembalse violento desde una laguna glaciar con un volumen de impacto muy alto a poblaciones, medios de vida, infraestructura y ecosistemas, principalmente

Fuente: INAIGEM, 2020. *Evaluación del riesgo por aluvión en la ciudad de Huaraz, distritos de Huaraz e Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash.*

3.5.2. Ponderación del Volumen del Desembalse

Son las variables o indicadores que permiten definir las características del peligro. En esta sección se consideró al volumen de desembalse como factor desencadenante del peligro.

En el Anexo B, se muestran las tablas utilizadas; con las variables de ponderación del indicador que permiten definir las características del peligro.

3.6. FACTORES CONDICIONANTES Y PONDERACIÓN

Los factores condicionantes son aquellos que van a ser importantes para que el fenómeno ocurra o no, en este estudio los factores considerados como

condicionantes son: geomorfología, pendientes del terreno, geotecnia y geología, los cuales son descritos en detalle en la sección 2.5.

En el Anexo B, se muestran las matrices empleadas; con las variables de ponderación de los factores condicionantes que permiten definir las características del peligro.

3.7. DEFINICIÓN DE ESCENARIO

Ante la ocurrencia de una avalancha hielo y roca, con un volumen de $3 \times 10^3 \text{ m}^3$, sobre la laguna Gangrajanca, ocasionaría un desembalse de $14 \times 10^3 \text{ m}^3$, produciendo un aluvión y generando daños y pérdidas probables en los elementos expuestos susceptibles en las dimensiones: social, económica, ambiental y física en las viviendas y estructuras ubicadas en el valle de río Carhuacocha y Nupe, distrito de Queropalca, Jesús y Baños, provincia de Lauricocha, departamento de Huánuco.

3.8. ESTRATIFICACIÓN DE LA PELIGROSIDAD

Para fines de la Evaluación de Peligros, las zonas del peligro se han estratificado en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto; cuyas características y su valor correspondiente se detallan a continuación.

Tabla 14: Estratificación del nivel peligrosidad ante un posible aluvión.

NIVEL DE PELIGRO	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTO	Aluvión con altura de flujo mayor o igual a 1.2 m, con presencia de suelos gravosos sueltos y suelos de material fino con alta plasticidad, constituidos por depósitos fluviales, coluviales y aluviales que conforman geoformas de carácter agradacional de origen fluvial y lacustre conformado por cauce, terraza fluvial, llanura de origen lacustre y cono aluvional. Presenta pendientes menores a 15 %, con un desembalse violento con un volumen mayor o igual a $10 \times 10^6 \text{ m}^3$.	$0.332 \leq P \leq 0.456$
ALTO	Aluvión con altura de flujo mayor o igual a 0.6 m y menor a 1.2 m, con presencia de suelos gravosos con menor cantidad de finos, constituidos por depósitos lacustrinos que conforman geoformas de carácter agradacional de origen gravitacional conformado por talud de detritos. Presenta pendientes entre 15 % y 25 %, con un desembalse violento con un volumen mayor o igual a $10 \times 10^6 \text{ m}^3$.	$0.229 \leq P < 0.332$



MEDIO	Aluvión con altura de flujo mayor o igual a 0.3 m y menor a 0.6 m, con presencia de suelos gravosos a arenosos en una matriz fina de buena consistencia, constituidos por depósitos glaciáricos que conforman geoformas de carácter agradacional de origen glaciar conformado por morrenas. Presenta pendientes entre 25 % y 50 %, con un desembalse violento con un volumen mayor o igual a $10 \times 10^6 \text{ m}^3$.	$0.175 \leq P < 0.229$
BAJO	Aluvión con altura de flujo menor a 0.3 m, con presencia de rocas de calidad II - BUENA y rocas de calidad III - REGULAR, constituidos por rocas sedimentarias calcáreas que conforman geoformas de carácter degradacional conformado por relieve colinoso y montañoso en roca sedimentaria. Presenta pendientes mayores a 50 %, con un desembalse violento con un volumen mayor o igual a $10 \times 10^6 \text{ m}^3$.	$0.152 \leq P < 0.175$

3.9. MAPA DE NIVELES DE PELIGROSIDAD

Considerando los niveles de peligro establecidos se construyó el mapa de peligros por aluvión en la U.H. Nupe, el cual se muestra en la Figura 44. El formato completo del mapa y por zonas se encuentra en el Anexo A.



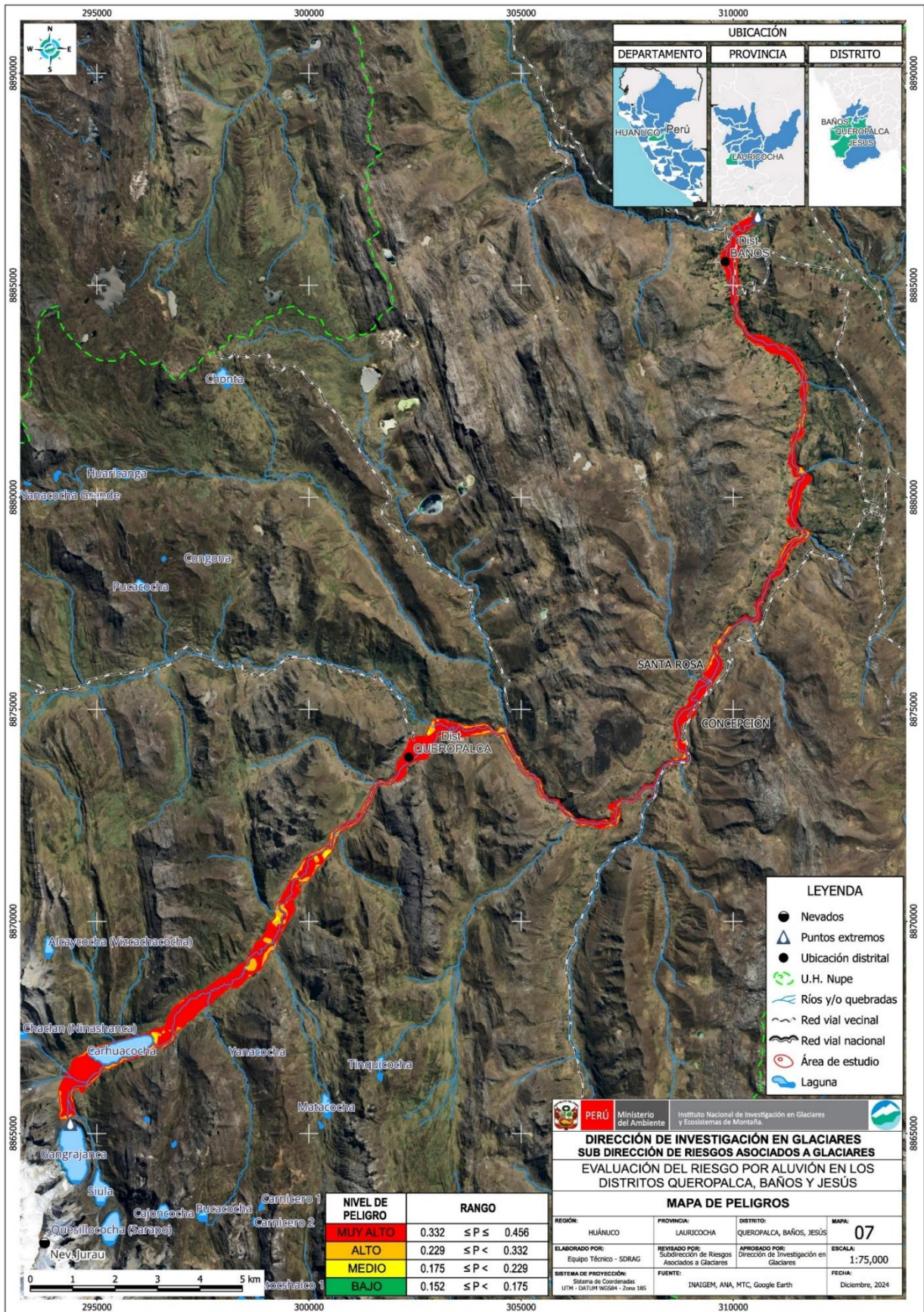
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Figura 44: Mapa de niveles de peligrosidad por aluvión en la U.H. Nupe.

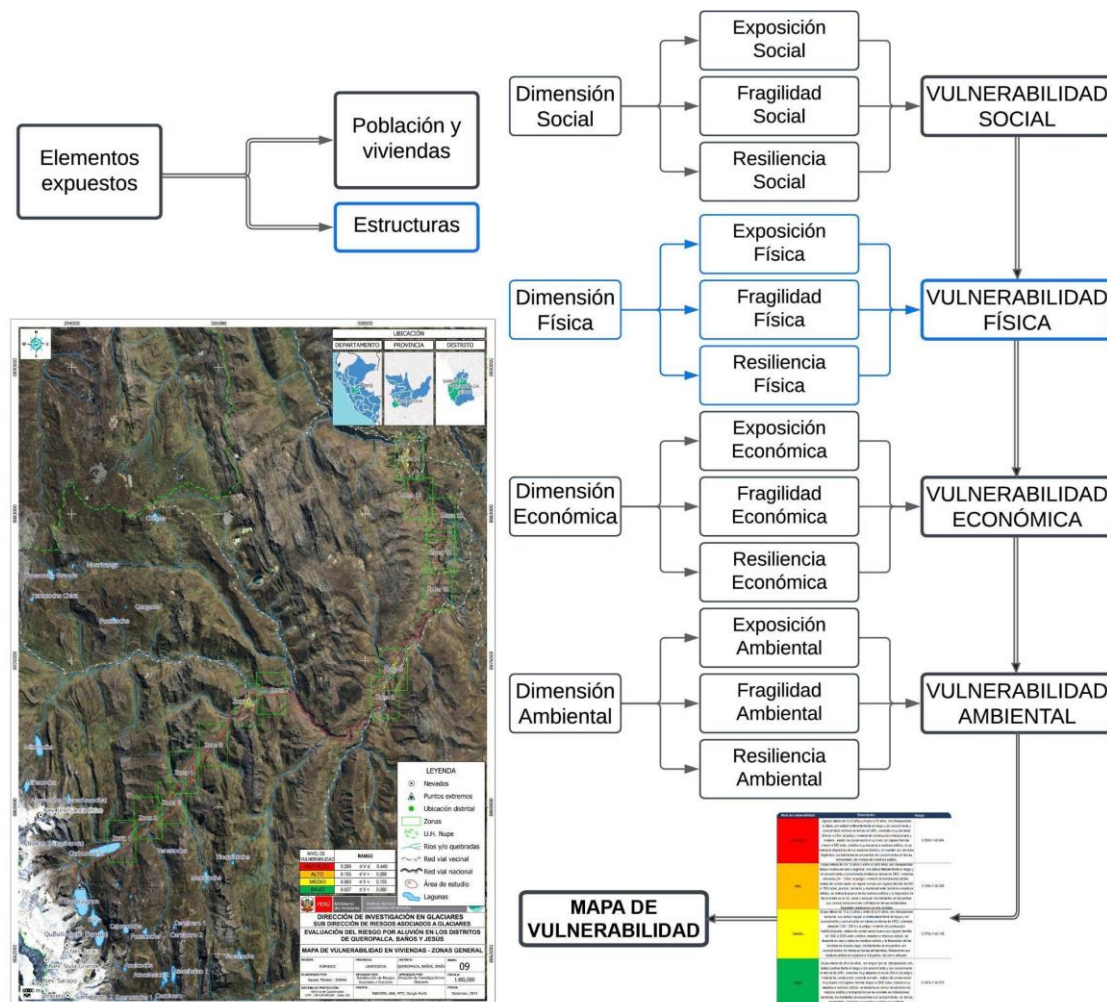


CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

4.1. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

Para el análisis de la vulnerabilidad en la U.H. Nupe, se ha considerado el análisis de viviendas y de estructuras por separado, debido a las funciones diferenciadas que cumplen cada uno de estos grupos de elementos. Para el caso de las viviendas se han considerado las dimensiones social, física, económica y ambiental, y los factores de exposición, fragilidad y resiliencia para cada una (ver Anexo B). En el caso de las estructuras, se ha considerado la dimensión física; y dentro de ella se incluyen los factores de exposición y fragilidad, según se detalla en la Figura 45.

Figura 45: Metodología del análisis de la vulnerabilidad.



Fuente: Adaptado del CENEPRED (2014)

Tabla 15: Factores y descriptores de vulnerabilidad por cada dimensión – Viviendas.

DIMENSIÓN	FACTORES	PARÁMETROS
SOCIAL	EXPOSICIÓN	E1. Impacto del Peligro
	FRAGILIDAD	S1. Grupo Etario
		S2. Discapacidad
	RESILIENCIA	S5. Nivel Educativo
		S6. Actitud Frente al Riesgo por Aluvión
FÍSICA	EXPOSICIÓN	E1. Impacto del Peligro
	FRAGILIDAD	F1. Material predominante en pared / techo
		F2. Estado de conservación de la edificación
		F3. Número de pisos
	RESILIENCIA	F4. Tipo de vivienda
		F5. Tenencia de vivienda
ECONÓMICA	EXPOSICIÓN	E1. Impacto del Peligro
	FRAGILIDAD	E1. Ocupación principal
	RESILIENCIA	E4. Ingreso familiar
AMBIENTAL	EXPOSICIÓN	E1. Impacto del Peligro
	FRAGILIDAD	A1. Protección y Conservación de los Ecosistemas
	RESILIENCIA	A2. Capacitación en temas de contaminación ambiental

Tabla 16: Factores de vulnerabilidad y descriptores considerados en cada dimensión – Estructuras.

DIMENSIONES	FACTORES	PARÁMETROS
FÍSICA	EXPOSICIÓN	E1. Impacto del peligro
	FRAGILIDAD	F1. Material predominante en pared / techo
		F2. Estado de conservación

4.2. VULNERABILIDAD DE VIVIENDAS

En el Anexo B, se muestran las tablas utilizadas; con las variables de ponderación de los descriptores correspondiente a la dimensión social, física, económica y ambiental, que permiten definir las características de la vulnerabilidad de las viviendas.

Tabla 17: Comparación de Pares de las Dimensiones de Análisis de la Vulnerabilidad en Viviendas.

PARÁMETRO	DIMENSIÓN SOCIAL	DIMENSIÓN FÍSICA	DIMENSIÓN ECONÓMICA	DIMENSIÓN AMBIENTAL
DIMENSIÓN SOCIAL	1.00	2.00	5.00	7.00
DIMENSIÓN FÍSICA	0.50	1.00	4.00	5.00
DIMENSIÓN ECONÓMICA	0.20	0.25	1.00	2.00
DIMENSIÓN AMBIENTAL	0.14	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.84	3.45	10.50	15.00
1/SUMA	0.54	0.29	0.10	0.07

Tabla 18: Matriz de Normalización de las Dimensiones de Análisis de la Vulnerabilidad en Viviendas.

PARÁMETRO	DIMENSIÓN SOCIAL	DIMENSIÓN FÍSICA	DIMENSIÓN ECONÓMICA	DIMENSIÓN AMBIENTAL	Vector Priorización
DIMENSIÓN SOCIAL	0.543	0.580	0.476	0.467	0.516
DIMENSIÓN FÍSICA	0.271	0.290	0.381	0.333	0.319
DIMENSIÓN ECONÓMICA	0.109	0.072	0.095	0.133	0.102
DIMENSIÓN AMBIENTAL	0.078	0.058	0.048	0.067	0.062
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 19: Índice de Consistencia de las Dimensiones de Análisis de la Vulnerabilidad en Viviendas.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.015
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.017

4.2.1. Dimensión Social

El análisis de la dimensión social permite caracterizar y entender a la población que se desarrolla en el territorio objeto de estudio; asimismo, inferir su reacción ante la ocurrencia de un evento que pueda afectar sus modos de vida.

De acuerdo a las consideraciones del equipo evaluador, se tomó en cuenta los factores de exposición, fragilidad y resiliencia; respecto de lo cual la exposición es analizada teniendo en cuenta el impacto del peligro, la fragilidad social considera el grupo etario y la existencia de discapacidad en las personas; asimismo la resiliencia está valorada por el nivel educativo y la actitud frente al peligro; es así que se realizó el análisis de ponderación a partir de la matriz Saaty

Tabla 20: Comparación de Pares de Factores considerados en el Análisis de la Dimensión Social.

PARÁMETRO	EXPOSICIÓN	FRAGILIDAD	RESILIENCIA
EXPOSICIÓN	1.00	3	5
FRAGILIDAD	0.33	1.00	3
RESILIENCIA	0.20	0.33	1.00
Suma	1.53	4	9
1/Suma	0.65	0.23	0.11

Tabla 21: Matriz de Normalización de Factores considerados en el Análisis de la Dimensión Social.

PARÁMETRO	EXPOSICIÓN	FRAGILIDAD	RESILIENCIA	Vector Priorización
EXPOSICIÓN	0.65	0.69	0.56	0.63
FRAGILIDAD	0.22	0.23	0.33	0.26
RESILIENCIA	0.13	0.08	0.11	0.11

Tabla 22: Índice de Consistencia de Factores considerados en el Análisis de la Dimensión Social.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.019
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.04 (*)	RC	0.037

4.2.2. Dimensión Física

La dimensión física nos permite entender cómo están construidas las viviendas, conocer características como: material predominante, estado de conservación; tipo de vivienda y tenencia de la misma.

De acuerdo a las consideraciones del equipo evaluador, se tomó en cuenta los factores de exposición, fragilidad y resiliencia; respecto de lo cual la exposición es analizada teniendo en cuenta el impacto del peligro, la fragilidad física, considera el material predominante, el estado de conservación y el número de pisos de la vivienda; así también la resiliencia es analizada acorde al tipo y tenencia de la vivienda. Es así que se realizó el análisis de ponderación a partir de la matriz Saaty

Tabla 23: Comparación de Pares de Factores considerados en el Análisis de la Dimensión Física.

PARÁMETRO	EXPOSICIÓN	FRAGILIDAD	RESILIENCIA
EXPOSICIÓN	1.00	3	5
FRAGILIDAD	0.33	1.00	3
RESILIENCIA	0.20	0.33	1.00
Suma	1.53	4	9
1/Suma	0.65	0.23	0.11

Tabla 24: Matriz de Normalización de Factores considerados en el Análisis de la Dimensión Física.

PARÁMETRO	EXPOSICIÓN	FRAGILIDAD	RESILIENCIA	Vector Priorización
EXPOSICIÓN	0.65	0.69	0.56	0.63
FRAGILIDAD	0.22	0.23	0.33	0.26
RESILIENCIA	0.13	0.08	0.11	0.11

Tabla 25: Índice de Consistencia de Factores considerados en el Análisis de la Dimensión Física.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.019
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.04 (*)	RC	0.037

4.2.3. Dimensión Económica

La dimensión económica nos permite conocer y analizar cuál es la ocupación principal de los habitantes dentro de la huella de inundación de la U.H. Nupe, así como sus ingresos promedios; lo cual nos permitirá conocer su capacidad adquisitiva, factor importante para recuperarse de un desastre.

De acuerdo a las consideraciones del equipo evaluador, se tomó en cuenta los factores de exposición, fragilidad y resiliencia; respecto de lo cual la exposición es

analizada teniendo en cuenta el impacto del peligro, la fragilidad económica, considera la ocupación principal de la familia; así también la resiliencia es analizada acorde al ingreso familiar. Es así que se realizó el análisis de ponderación a partir de la matriz Saaty

Tabla 26: Comparación de Pares de Factores considerados en el Análisis de la Dimensión Económica.

PARÁMETRO	EXPOSICIÓN	FRAGILIDAD	RESILIENCIA
EXPOSICIÓN	1.00	2	3
FRAGILIDAD	0.50	1.00	2
RESILIENCIA	0.33	0.50	1.00
Suma	1.83	4	6
1/Suma	0.55	0.29	0.17

Tabla 27: Matriz de Normalización de Factores considerados en el Análisis de la Dimensión Económica.

PARÁMETRO	EXPOSICIÓN	FRAGILIDAD	RESILIENCIA	Vector Priorización
EXPOSICIÓN	0.55	0.57	0.50	0.54
FRAGILIDAD	0.27	0.29	0.33	0.30
RESILIENCIA	0.18	0.14	0.17	0.16

Tabla 28: Índice de Consistencia de Factores considerados en el Análisis de la Dimensión Económica.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.005
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.04 (*)	RC	0.009

4.2.4. Dimensión Ambiental

La dimensión ambiental nos permitirá saber si se tienen en cuenta aspectos como la protección y conservación de los ecosistemas; así como la existencia de capacitación en temas de contaminación y cambio climático.

De acuerdo a las consideraciones del equipo evaluador, se tomó en cuenta los factores de exposición, fragilidad y resiliencia; respecto de lo cual la exposición es analizada teniendo en cuenta el impacto del peligro, la fragilidad ambiental, considera la protección y conservación de los ecosistemas; así también la resiliencia es analizada acorde a la capacitación en temas de contaminación ambiental (cambio Climático). Es así que se realizó el análisis de ponderación a partir de la matriz Saaty.

Tabla 29: Comparación de Pares de Factores considerados en el Análisis de la Dimensión Ambiental.

PARÁMETRO	EXPOSICIÓN	FRAGILIDAD	RESILIENCIA
EXPOSICIÓN	1.00	2	3
FRAGILIDAD	0.50	1.00	2
RESILIENCIA	0.33	0.50	1.00
Suma	1.83	4	6
1/Suma	0.55	0.29	0.17

Tabla 30: Matriz de Normalización de Factores considerados en el Análisis de la Dimensión Ambiental.

PARÁMETRO	EXPOSICIÓN	FRAGILIDAD	RESILIENCIA	Vector Priorización
EXPOSICIÓN	0.55	0.57	0.50	0.54
FRAGILIDAD	0.27	0.29	0.33	0.30
RESILIENCIA	0.18	0.14	0.17	0.16

Tabla 31: Índice de Consistencia de Factores considerados en el Análisis de la Dimensión Ambiental.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.005
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.04 (*)	RC	0.009

4.3. VULNERABILIDAD DE ESTRUCTURAS

4.3.1. Dimensión Física

El análisis de la dimensión física de estructuras comprende la infraestructura de servicios de relevancia, tales como: puentes, canales de irrigación, bocatomas, colegios, reservorios, plantas de tratamiento de agua potable, plazas, grifos, centros de salud, entre otros, es de gran importancia, visto que estas son estructuras que sirven para la provisión de servicios básicos y complementarios a las poblaciones, tales como conducir agua para regadíos, permitir la comunicación terrestre entre ambos márgenes de la subcuenca, servicios de educación, salud, educación, entre otros. La dimensión física de la infraestructura de servicios (estructuras) nos permite entender cómo están construidas, conocer características como: material predominante, antigüedad y estado de conservación.

En la dimensión física se han considerado factores de evaluación como la exposición y la fragilidad; para la exposición se consideró como parámetro el nivel de peligro al que está expuesto, para la fragilidad se consideraron los parámetros de material predominante y estado de conservación de la estructura. Al tratarse de 2 factores y dos parámetros, los pesos asignados fueron según los criterios del equipo evaluador y de acuerdo a las condiciones específicas del sitio. Ver Tabla 32.

Tabla 32: Consideraciones en la Evaluación de la Dimensión Física de las Estructuras.

DIMENSIÓN	FISICA		
FACTOR	EXPOSICIÓN	FRAGILIDAD	
PESO	0.6	0.4	
PARÁMETRO	E1. IMPACTO DEL PELIGRO	F2. MATERIAL PREDOMINANTE	F3. ESTADO DE CONSERVACIÓN
PESO	1	0.65	0.35

Ponderación de la exposición física

Para este estudio, se consideró en la evaluación de la vulnerabilidad, la exposición dada por el nivel de peligro al que están expuestas las estructuras.

4.4. NIVELES DE VULNERABILIDAD

Al emplear la metodología propuestas por CENEPRED en 2014 se tiene la categorización de los niveles de vulnerabilidad: muy alta, alta, media y baja, cuyos rangos y porcentajes correspondientes se detallan en adelante.

4.4.1. Nivel de Vulnerabilidad de Viviendas

En la siguiente tabla, se muestran los niveles de vulnerabilidad de viviendas y sus respectivos rangos obtenidos a través del proceso de análisis jerárquico.

Cabe precisar que, el análisis de la vulnerabilidad del área de estudio, utilizando las dimensiones, social, física, económica y ambiental, para las 1786 viviendas del área de estudio, da como resultado que, el 97.54 % (1742) viviendas poseen vulnerabilidad alta, 1.74 % (31) viviendas poseen vulnerabilidad media y 0.73 % (13) viviendas poseen vulnerabilidad baja; de lo cual se identificó que 721 viviendas corresponden al distrito de Baños, 332 viviendas al distrito de Queropalca; y en el distrito de Jesús se tienen 733 viviendas.

Tabla 33: Nivel de vulnerabilidad de viviendas.

NIVEL VULNERABILIDAD - VIVIENDAS	Rango		
MUY ALTA	0.268	$\leq V \leq$	0.476
ALTA	0.150	$\leq V <$	0.268
MEDIA	0.072	$\leq V <$	0.150
BAJA	0.035	$\leq V <$	0.072

4.4.2. Nivel de Vulnerabilidad de Estructuras

En la Tabla 34, se muestran los niveles de vulnerabilidad de las estructuras y sus respectivos rangos obtenidos a través del proceso de análisis jerárquico.

Cabe precisar que, el análisis de la vulnerabilidad del área de estudio en estructuras, utilizando la dimensión física, para las 76 estructuras identificadas del área de estudio, 70 estructuras poseen vulnerabilidad muy alta (92.11 %) y 6 estructuras poseen vulnerabilidad alta (7.89 %); el factor que determina dichos valores es la ubicación dentro de la zona de mayor impacto del peligro y por las características de dichas estructuras.

Tabla 34: Nivel de vulnerabilidad de Estructuras.

NIVEL VULNERABILIDAD - ESTRUCTURAS	Rango		
	MUY ALTA	0.275	$\leq V \leq$
ALTA	0.143	$\leq V <$	0.275
MEDIA	0.069	$\leq V <$	0.143
BAJA	0.034	$\leq V <$	0.069

4.5. ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD

Las zonas de vulnerabilidad pueden estratificarse en cuatro niveles: bajo, media, alta y muy alta, cuyas características y su valor correspondiente se detallan a continuación para viviendas y estructuras.

4.5.1. Estratificación de Vulnerabilidad de Viviendas

En la Tabla 35 se muestra la estratificación de vulnerabilidad de viviendas ante un posible aluvión por el desembalse de la laguna Gangrajanca.

Tabla 35: Estratificación del Nivel de Vulnerabilidad de Viviendas.

Nivel de Vulnerabilidad	Descripción	Rango
Muy Alto	Grupo etario de 0 a 12 años y mayor a 65 años, con discapacidad múltiple y discapacidad motriz, nivel educativo ninguno/inicial y primaria, con desinterés total y escaso frente al peligro por aluvión, material predominante de pared / techo de estera/calamina/triplay y de madera/calamina, estado de conservación muy malo a mala, con primer piso a desnivel y 1 piso, tipo de vivienda no destinada para habitación humana y vivienda provisional, tenencia de vivienda alquilada y tenencia por posesión, ocupación agricultor y ganadero, con ingreso familiar de 1050 a 1200 soles, los habitantes se encuentran sin conocimientos en temas ambientales, no se han establecido medidas de protección ni conservación de los ecosistemas en la comunidad o se han tomado algunas medidas, no recibe capacitaciones o es escasa en temas ambientales (cambio climático).	$0.268 \leq V \leq 0.476$
Alto	Grupo etario de 12 a 15 años y mayor a 60 años, con discapacidad motriz y/o visual auditivo, nivel educativo primaria y secundaria, con actitud de escaso interés y desconocimiento de cómo actuar frente al peligro por aluvión, material predominante de pared de madera/calamina y techo de plástico / calamina con estructura de madera y pared de tapial/mampostería de piedra con techo de teja/plancha de fibrocito/policarbonato con estructura, estado de conservación mala a regular, con 1 piso a 2 pisos, tipo de vivienda en quinta o vecindad y departamento en edificio, tenencia de vivienda por posesión y propiedad de territorio comunal, ocupación ganadero y comerciante, ingreso familiar de 1050 a 1500 soles, se han tomado algunas medidas de protección y conservación, pero su implementación y efectividad son limitadas y existen medidas de protección y conservación en áreas específicas, pero su alcance es reducido. Escasa a regular capacitación en temas de contaminación ambiental.	$0.150 \leq V \leq 0.268$
Medio	Grupo etario de 15 a 30 años y mayores a 50 años, con discapacidad visual auditivo y/o mental, nivel educativo secundaria y técnico superior no universitario, con actitud de desconocimiento de cómo actuar y trata de ayudar a su entorno familiar frente al peligro por aluvión, material predominante de pared de adobe/tapial/mampostería de piedra y techo de teja / plancha de fibrocemento con estructura y pared de ladrillo con columna de concreto con techo de teja/plancha de fibrocemento/policarbonato con estructura, estado de conservación regular a buena, con 2 pisos a 3 pisos, tipo de vivienda departamento en edificio y casa independiente, tenencia de vivienda de territorio comunal y propiedad individual (sin título), ocupación comerciante y servicios diversos, ingreso familiar de 1200 a 2000 soles, existen medidas de protección y conservación en áreas específicas, pero su alcance es reducido y se han implementado medidas de protección y conservación en múltiples sectores y áreas relevantes, aunque aún se necesitan mejoras para abordar todos los desafíos, recibe regular capacitación a continua (mayoritaria) en temas de contaminación ambiental (cambio climático).	$0.072 \leq V \leq 0.150$
Bajo	Grupo etario de 30 a 50 años, con discapacidad mental o sin ningún tipo de discapacidad, nivel educativo técnico superior no universitario y superior universitario a más, con actitud de ayudar a su entorno familiar y positiva frente al peligro por aluvión, material predominante de pared de ladrillo con columnas/concreto armado con techo de losa aligerada de concreto, estado de conservación muy bueno, con 4 pisos a más, tipo de vivienda casa independiente y no destinado para habitación, tenencia de vivienda propiedad individual (sin título y con título), ocupación servicios diversos y servicios profesionales, ingreso familiar mayor a 2000 soles. Se	$0.035 \leq V \leq 0.072$

	han implementado medidas de protección y conservación en múltiples sectores y áreas relevantes, aunque aún se necesitan mejoras para abordar todos los desafíos y la comunidad ha establecido medidas integrales y efectivas de protección y conservación de los ecosistemas, involucrando a todos los actores relevantes y garantizando su cumplimiento, los habitantes se encuentran con conocimientos en temas ambientales, recibe continua capacitación en temas de contaminación ambiental (cambio climático).	
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Tabla 36: Nivel de Vulnerabilidad de Viviendas Total.

NIVEL DE VULNERABILIDAD VIVIENDAS	N° VIVIENDAS
MUY ALTO	0
ALTO	1742
MEDIO	31
BAJO	13
TOTAL	1786

Figura 46: Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad de viviendas.

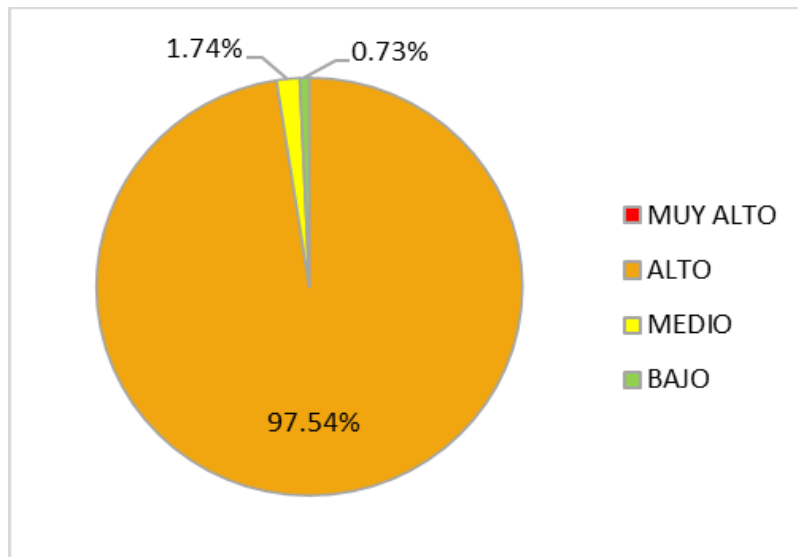


Tabla 37: Nivel de Vulnerabilidad de Viviendas por Distrito – Queropalca.

NIVEL DE VULNERABILIDAD VIVIENDAS	N° VIVIENDAS
MUY ALTO	0
ALTO	325
MEDIO	0
BAJO	7
TOTAL	332

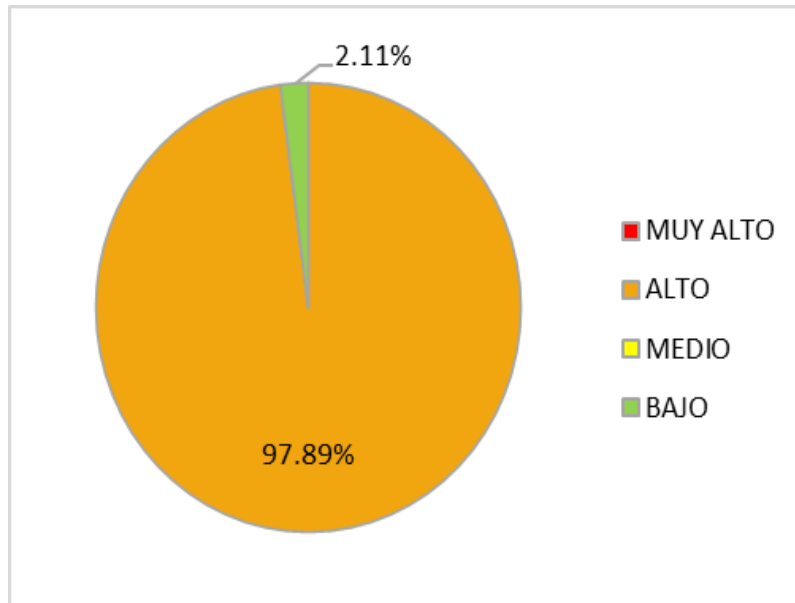
Figura 47: Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad del distrito de Queropalca.

Tabla 38: Nivel de Vulnerabilidad de Viviendas por Distrito – Baños.

NIVEL DE VULNERABILIDAD VIVIENDAS	N° VIVIENDAS
MUY ALTO	0
ALTO	701
MEDIO	17
BAJO	3
TOTAL	721

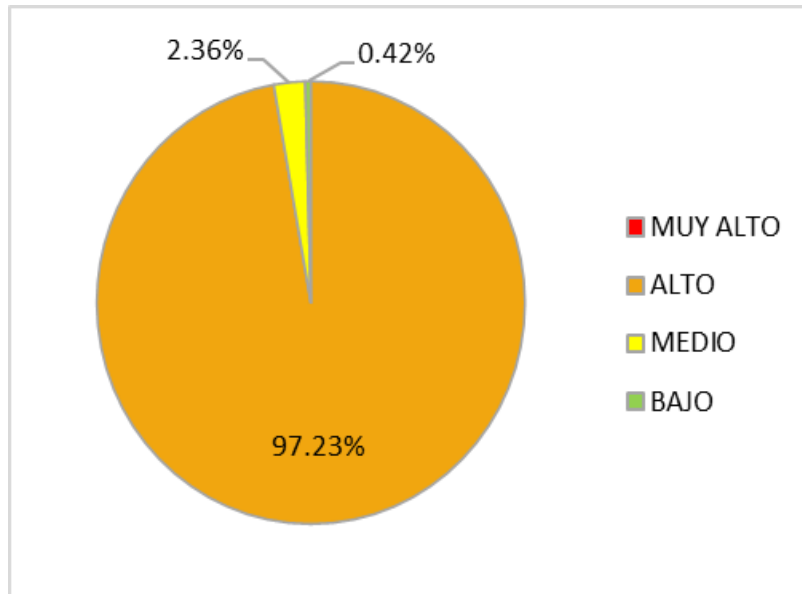
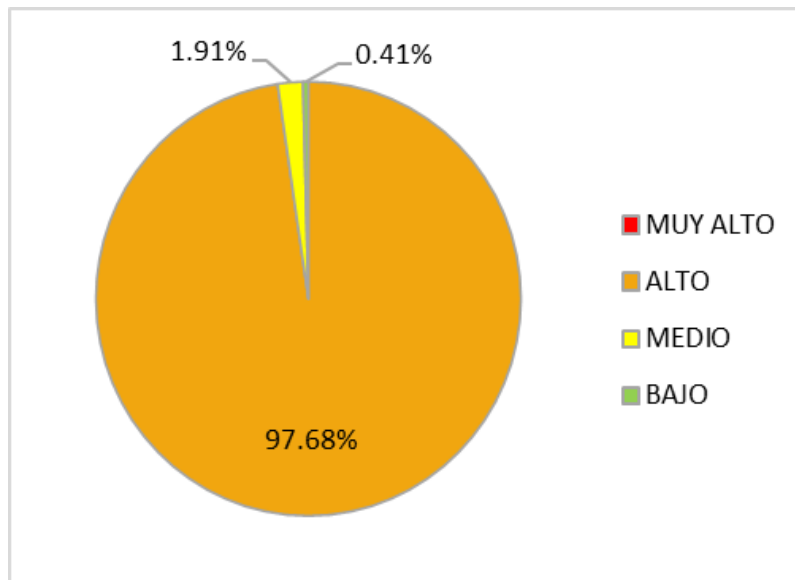
Figura 48: Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad del distrito de Baños.

Tabla 39: Nivel de Vulnerabilidad de Viviendas por Distrito – Jesús.

NIVEL DE VULNERABILIDAD VIVIENDAS	N° VIVIENDAS
MUY ALTO	0
ALTO	716
MEDIO	14
BAJO	3
TOTAL	733

Figura 49: Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad del distrito de Jesús.

4.5.2. Estratificación de Vulnerabilidad de Estructuras

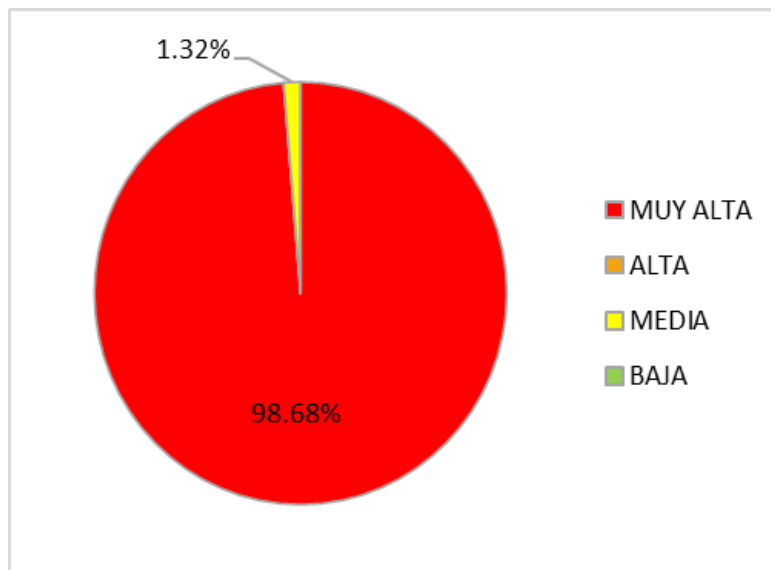
Tabla 40: Estratificación de la vulnerabilidad de las estructuras.

Nivel de Vulnerabilidad (Estructuras)	Descripción	Rango
MUY ALTA	Con nivel de impacto del peligro muy alto ($0.332 \leq P \leq 0.456$) y alto ($0.229 \leq P \leq 0.332$), material predominante de madera/tierra y mampostería de piedra/adobe/perfiles metálicos en reja o torre, estado de conservación muy mala y mala.	$0.275 \leq V \leq 0.479$
ALTA	Con nivel de impacto del peligro alto ($0.229 \leq P \leq 0.332$) y medio ($0.175 \leq P \leq 0.229$), material predominante de mampostería de piedra/adobe/perfiles metálicos en reja o torre y concreto simple/ladrillo, estado de conservación mala y regular	$0.143 \leq V < 0.275$
MEDIA	Con nivel de impacto del peligro medio ($0.175 \leq P \leq 0.229$) y bajo ($0.152 \leq P \leq 0.175$), material predominante de concreto simple/ladrillo y concreto armado, estado de conservación regular y buena	$0.069 \leq V < 0.143$
BAJA	Con nivel de impacto del peligro bajo ($0.152 \leq P \leq 0.175$) a muy bajo, material predominante de concreto armado y acero, estado de conservación buena y muy buena	$0.034 \leq V < 0.069$

Tabla 41: Nivel de Vulnerabilidad de Estructuras Total.

NIVEL DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAS	N° ESTRUCTURAS
MUY ALTA	75
ALTA	0
MEDIA	1
BAJA	0
TOTAL	76

Figura 50: Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad de estructuras.



4.6. MAPA DE VULNERABILIDAD

Los mapas de vulnerabilidad por aluvión, generados a partir del modelamiento del desembalse de la laguna Gangrajanca hacia la parte baja de la U.H. Nupe; muestran a lo largo del valle glaciar y dentro de la llanura de inundación los niveles de vulnerabilidad de viviendas y de estructuras. El formato completo del mapa se observa en el Anexo A.

4.6.1. Mapa de Vulnerabilidad por Aluvión en Viviendas

En este mapa se visualizan los niveles de vulnerabilidad de 1786 viviendas en los distritos de Queropalca, Baños y Jesús; se determinó para estas viviendas los cuatro niveles de vulnerabilidad muy alta, alta, medio y bajo. Ver Figura 51 y Anexo A

4.6.2. Mapa de Vulnerabilidad por Aluvión en Estructuras

En este mapa se visualizan los niveles de vulnerabilidad de 76 estructuras en los distritos de Queropalca, Baños y Jesús; se determinó para estas estructuras los cuatro niveles de vulnerabilidad muy alta y medio. Ver Figura 52 y Anexo A



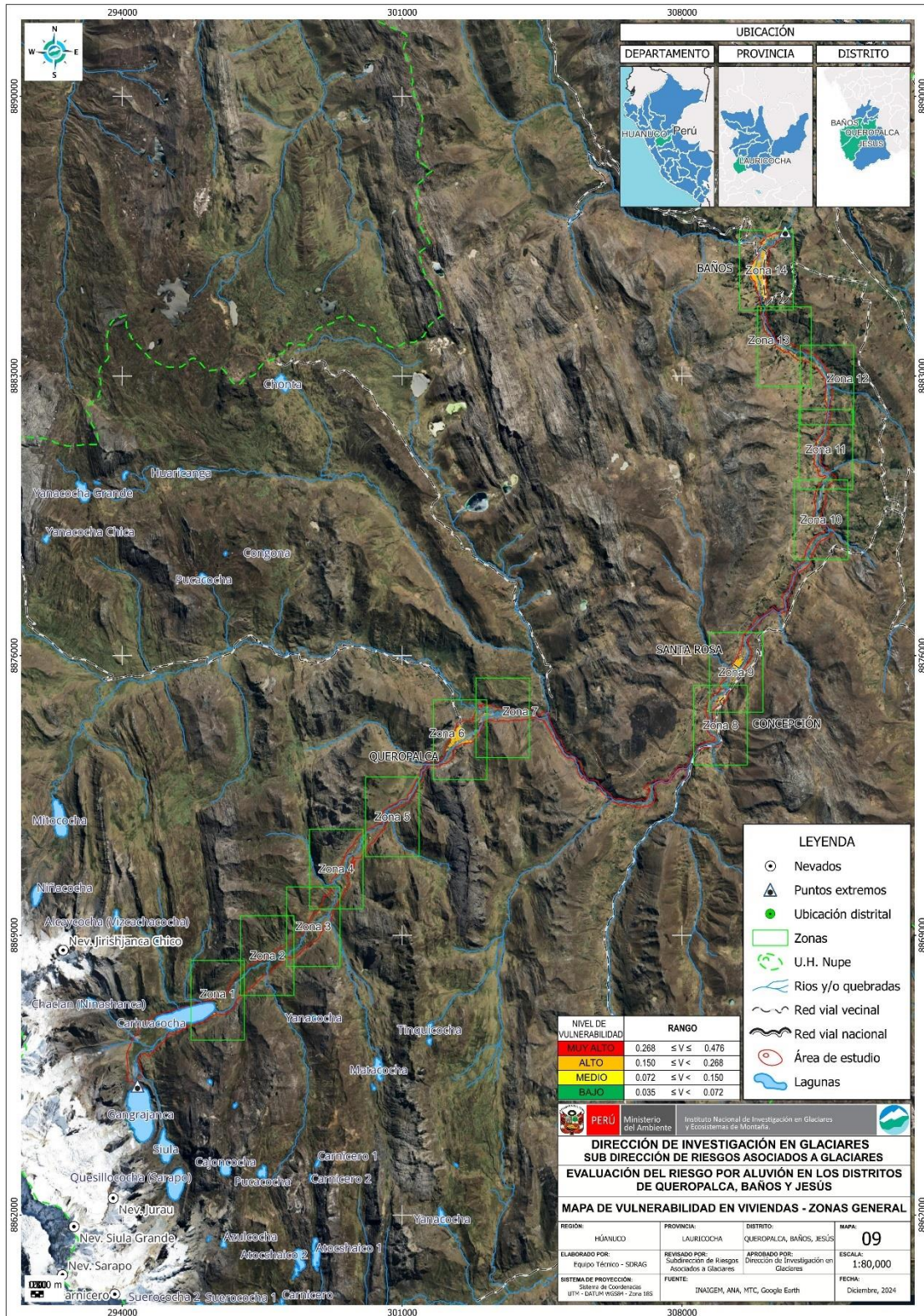
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Figura 51: Mapa de Vulnerabilidad de Viviendas.





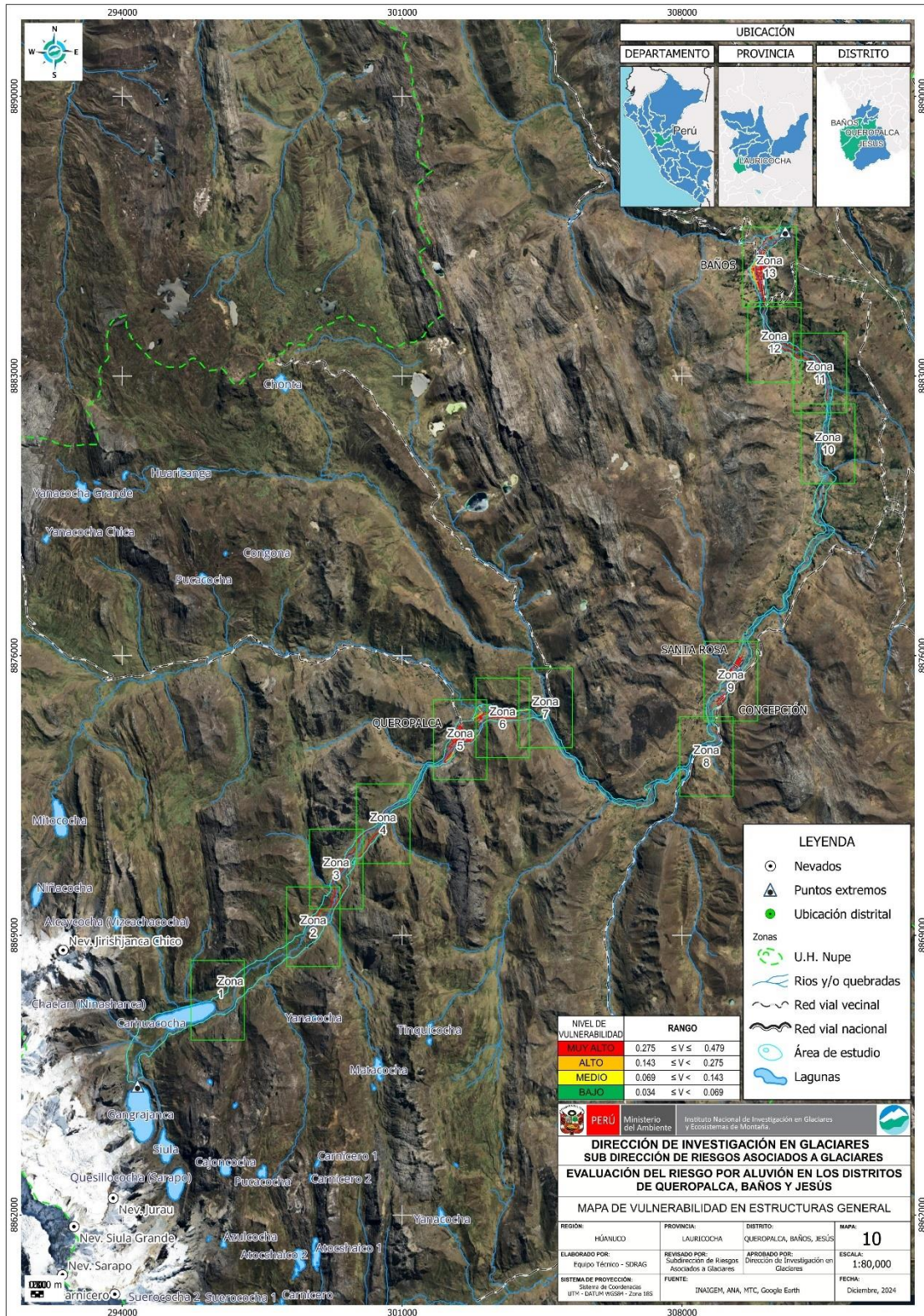
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Figura 52: Mapa de Vulnerabilidad Estructuras.



CAPÍTULO V

CÁLCULO DEL RIESGO

El riesgo es el resultado de relacionar el peligro y la vulnerabilidad de los elementos de análisis (expuestos), con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, físicas, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos.

Está fundamentada en los conceptos establecidos en la Ley N° 29664 que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y su reglamento, a partir de ello, se expresa que el riesgo es una función del peligro y la vulnerabilidad.

$$R_{ie} | t = f(P_i, V_e) | t$$

Dónde: R : Riesgo.

P_i : Peligro con la intensidad mayor o igual a “ i ” durante un período de exposición “ t ”

V_e : Vulnerabilidad de un elemento expuesto “ e ”

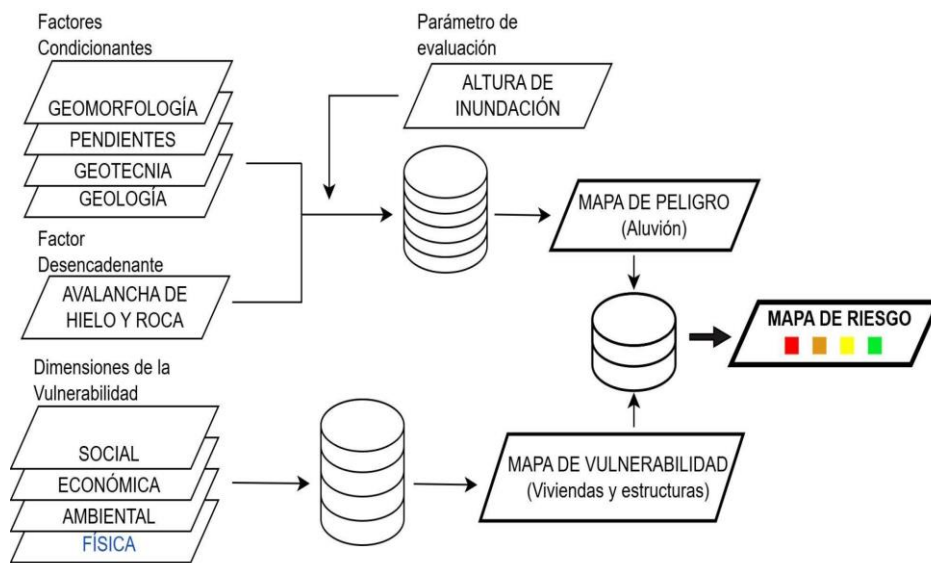
El Riesgo se expresa como la probabilidad de que ocurra una pérdida en un elemento “ e ”, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno con una intensidad mayor o igual a “ i ”.

$$\text{Riesgo} = P * V$$

5.1. METODOLOGÍA PARA CALCULAR EL RIESGO

La metodología del cálculo del riesgo por aluvión aplicado en el presente estudio, se presenta en el siguiente esquema, (Figura 53).

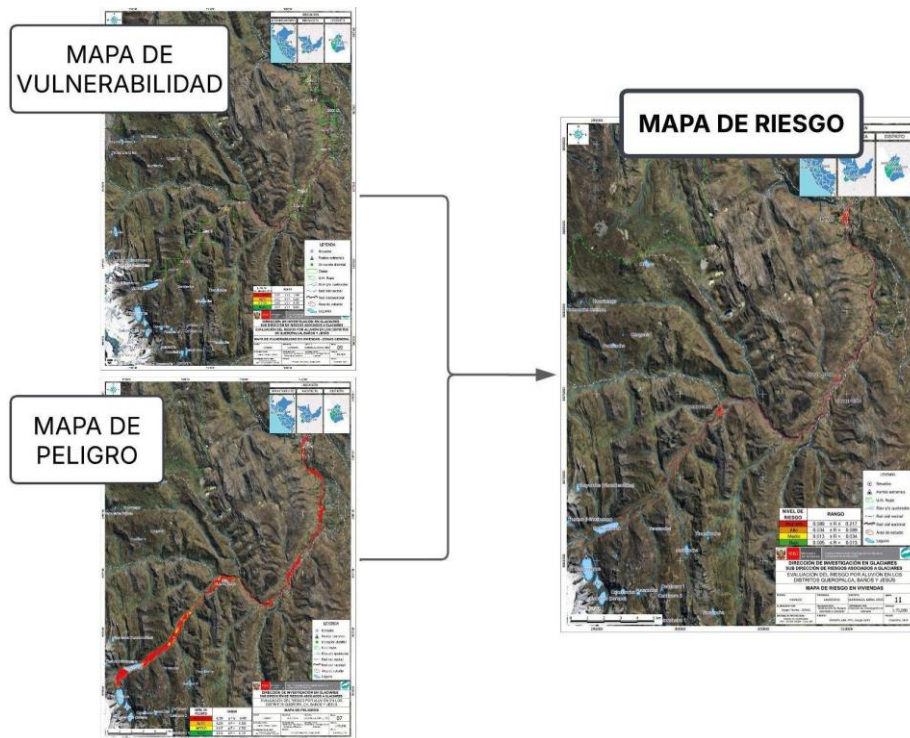
Figura 53: Metodología para el cálculo del riesgo.



Fuente: INAIGEM (2024).

5.2. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO

Figura 54: Estimación de los niveles de riesgo



Fuente: INAIGEM (2024).

5.2.1. Nivel del riesgo de viviendas

En la Tabla 42, se muestran los niveles de riesgo para viviendas y sus respectivos rangos obtenidos del proceso de análisis jerárquico.

Cabe precisar que, el análisis del riesgo del área de estudio, para las 1786 viviendas identificadas, da como resultado que, el 84.10% (1502) viviendas poseen riesgo muy alto, 14.11% (252) viviendas poseen riesgo alto, 1.29% (23) viviendas poseen riesgo medio y 0.50% (9) viviendas poseen riesgo bajo.

Tabla 42: Nivel de riesgo de viviendas en la U.H. Nupe.

NIVEL DE RIESGO - VIVIENDAS	RANGO		
MUY ALTO	0.089	$\leq R \leq$	0.217
ALTO	0.034	$\leq R <$	0.089
MEDIO	0.013	$\leq R <$	0.034
BAJO	0.005	$\leq R <$	0.013

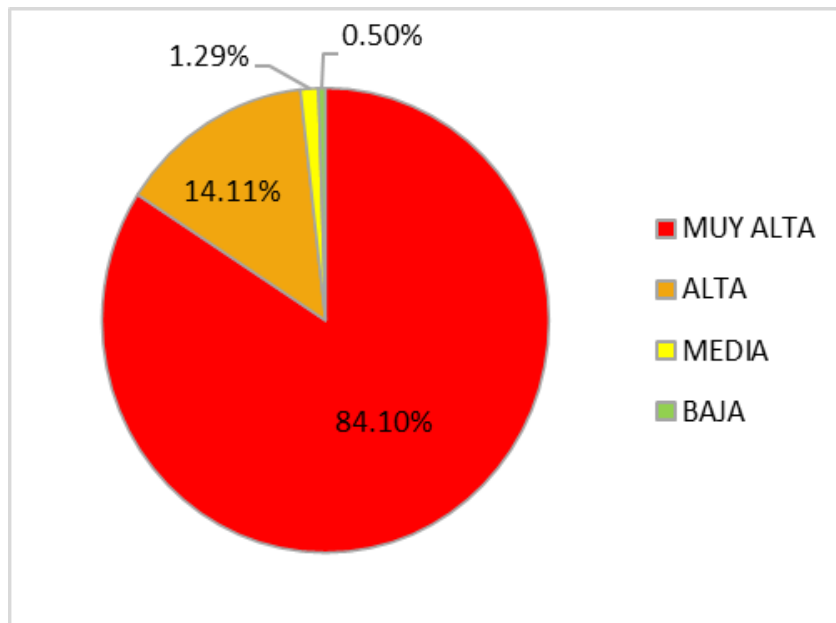
Figura 55: Distribución porcentual de los niveles de riesgo en viviendas.

Figura 56: Distribución porcentual de los niveles de riesgo en viviendas – Queropalca.

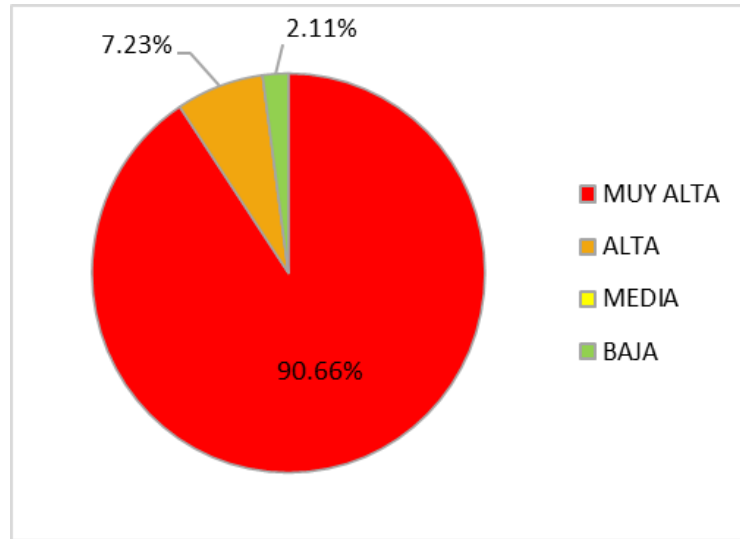


Figura 57: Distribución porcentual de los niveles de riesgo en viviendas – Baños.

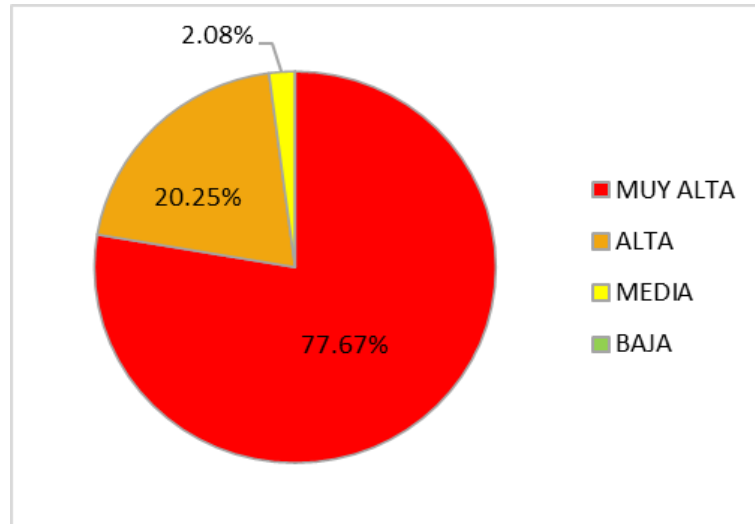
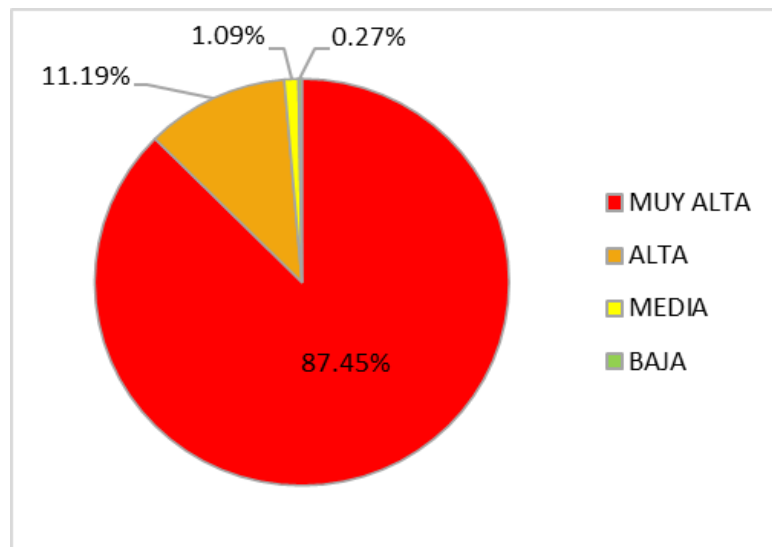


Figura 58: Distribución porcentual de los niveles de riesgo en viviendas – Jesús.



5.2.2. Nivel del riesgo en estructuras

En la Tabla 43, se muestran los niveles de riesgo para las estructuras y sus respectivos rangos obtenidos del proceso de análisis jerárquico.

Cabe precisar que, el análisis del riesgo del área de estudio, para las 76 estructuras identificadas, da como resultado que, el 61.84% (47) estructuras poseen riesgo muy alto y 38.16% (29) estructuras poseen riesgo alto.

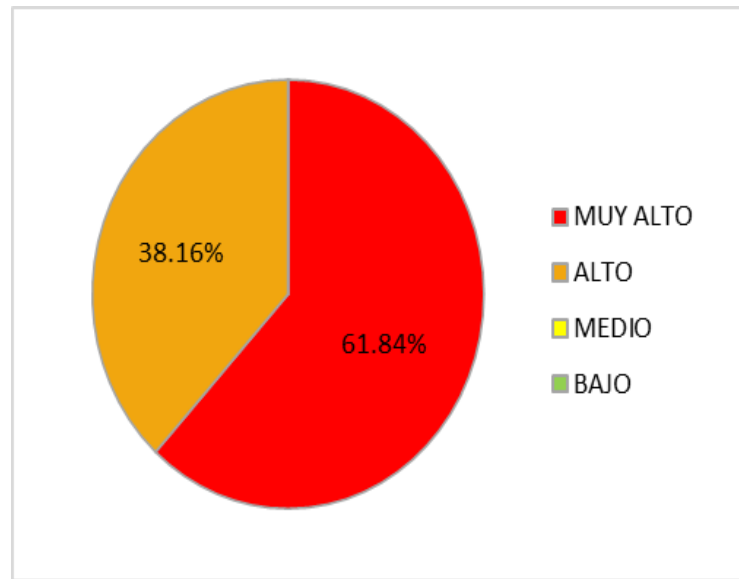
Tabla 43: Nivel del riesgo en estructuras en la U.H. Nupe.

NIVELES DE RIESGO - ESTRUCTURAS	RANGO		
MUY ALTO	0.091	$\leq R \leq$	0.219
ALTO	0.033	$\leq R <$	0.091
MEDIO	0.012	$\leq R <$	0.033
BAJO	0.005	$\leq R <$	0.012

Tabla 44: Nivel de Riesgo en Estructuras U.H. Nupe.

NIVEL DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAS	N° ESTRUCTURAS
MUY ALTO	47
ALTO	29
MEDIO	0
BAJO	0

Figura 59: Distribución porcentual de los niveles de riesgo en estructuras.



5.3. ESTRATIFICACIÓN DEL RIESGO

5.3.1. Estratificación del riesgo de viviendas

Tabla 45: Estratificado de los niveles de riesgo en viviendas en la U.H. Nupe.

Nivel de Riesgo (Viviendas)	Descripción	Rango
Muy Alto	<p>Aluvión con altura de flujo mayor o igual a 1.2 m, con presencia de suelos gravosos sueltos y suelos de material fino con alta plasticidad, constituidos por depósitos fluviales, coluviales y aluviales que conforman las geoformas: cauce de río, terraza fluvial, llanura de origen lacustre y cono aluvional. Presenta pendientes menores a 15 %, con un desembalse violento con un volumen mayor o igual a $10 \times 10^6 \text{ m}^3$.</p> <p>Grupo etario de 0 a 12 años y mayor a 65 años, con discapacidad múltiple y discapacidad motriz, nivel educativo ninguno/inicial y primaria, con actitud de desinterés total y escaso interés frente al peligro por aluvión, material predominante de pared / techo de estera/calamina/triplay y de madera/calamina, estado de conservación muy malo a mala, con primer piso a desnivel y 1 piso, tipo de vivienda no destinada para habitación humana y vivienda provisional, tenencia de vivienda alquilada y tenencia por posesión, ocupación agricultor y ganadero, con ingreso familiar de 1050 a 1200 soles, los habitantes no poseen conocimientos en temas ambientales, no se han establecido medidas de protección ni conservación de los ecosistemas en la comunidad o se han tomado algunas medidas, no recibe capacitaciones o es escasa en temas ambientales de contaminación ambiental (cambio climático).</p>	$0.089 \leq R \leq 0.217$
Alto	<p>Aluvión con altura de flujo mayor o igual a 0.6 m y menor a 1.2 m, con presencia de suelos gravosos con menor cantidad de finos, constituidos por depósitos lacustrinos que conforman la geoforma talud de detritos. Presenta pendientes entre 15 % y 25 %, con un desembalse violento con un volumen mayor o igual a $10 \times 10^6 \text{ m}^3$.</p> <p>Grupo etario de 12 a 15 años y mayor a 60 años, con discapacidad motriz y/o visual auditivo, nivel educativo primaria y secundaria, con actitud de escaso interés y desconocimiento de cómo actuar frente al peligro por aluvión, material predominante de pared de madera/calamina y techo de plástico /calamina con estructura de madera y pared de tapial/mampostería de piedra con techo de teja/plancha de fibrocito/policarbonato con estructura, estado de conservación mala a regular, de 1 a 2 pisos, vivienda en quinta o vecindad o departamento en edificio, tenencia de vivienda por posesión y propiedad de territorio comunal, ocupación ganadero y comerciante, ingreso familiar de 1050 a 1500 soles, se han tomado algunas medidas de protección y conservación, pero su implementación y efectividad son limitadas y existen medidas de protección y conservación en ciertos sectores o áreas específicas, pero su alcance es reducido. De escasa a regular capacitación en temas de contaminación ambiental.</p>	$0.034 \leq R < 0.089$
Medio	<p>Aluvión con altura de flujo mayor o igual a 0.3 m y menor a 0.6 m, con presencia de suelos gravosos a arenosos en una matriz fina de buena consistencia, constituidos por depósitos glaciáricos que conforman morrenas. Presenta pendientes entre 25 % y 50 %, con un desembalse violento con un volumen mayor o igual a $10 \times 10^6 \text{ m}^3$.</p> <p>Grupo etario de 15 a 30 años y mayores a 50 años, con discapacidad visual auditivo y/o mental, nivel educativo secundaria y técnico superior no universitario, con actitud de desconocimiento</p>	$0.013 \leq R < 0.034$



Nivel de Riesgo (Viviendas)	Descripción	Rango
	de cómo actuar y trata de ayudar a su entorno familiar frente al peligro por aluvión, material predominante de pared de adobe/tapial/mampostería de piedra y techo de teja / plancha de fibrocemento con estructura y pared de ladrillo con columna de concreto con techo de teja/plancha de fibrocemento/policarbonato con estructura , estado de conservación regular a buena, con 2 pisos a 3 pisos, tipo de vivienda departamento en edificio y casa independiente, tenencia de vivienda de territorio comunal y propiedad individual (sin título), ocupación comerciante y servicios diversos, ingreso familiar de 1200 a 2000 soles, existen medidas de protección y conservación en ciertos sectores o áreas específicas, pero su alcance es reducido y se han implementado medidas de protección y conservación en múltiples sectores y áreas relevantes, aunque aún se necesitan mejoras para abordar todos los desafíos .recibe regular capacitación a continua (mayoritaria) en temas de contaminación ambiental (cambio climático).	
Bajo	Aluvión con altura de flujo menor a 0.3 m, con presencia de rocas de calidad II - BUENA y rocas de calidad III - REGULAR, constituidos por rocas calcáreas que conforman geoformas colinas y montañas en roca sedimentaria. Presenta pendientes mayores a 50 %, con un desembalse violento con un volumen mayor o igual a $10 \times 10^6 \text{ m}^3$. Grupo etario de 30 a 50 años, con discapacidad mental o sin ningún tipo de discapacidad, nivel educativo técnico superior no universitario y superior universitario a más, con actitud de ayudar a su entorno familiar y positiva frente al peligro por aluvión, material predominante de pared de ladrillo con columnas/concreto armado con techo de losa aligerada de concreto , estado de conservación muy bueno, con 4 pisos a más, tipo de vivienda casa independiente y no destinado para habitación, tenencia de vivienda propiedad individual (sin título y con título), ocupación servicios diversos y servicios profesionales, ingreso familiar mayor a 2000 soles, se han implementado medidas de protección y conservación en múltiples sectores y áreas relevantes, aunque aún se necesitan mejoras para abordar todos los desafíos y la comunidad ha establecido medidas integrales y efectivas de protección y conservación de los ecosistemas, involucrando a todos los actores relevantes y garantizando su cumplimiento, los habitantes se encuentran con conocimientos en temas ambientales, recibe continua capacitación (mayoritaria) y activa (total) en temas de contaminación ambiental (cambio climático).	$0.005 \leq R < 0.013$

5.3.2. Estratificación del riesgo en estructuras

Tabla 46: Estratificado de los niveles de riesgo en estructuras en la U.H. Nupe.

Nivel de Riesgo (Estructuras)	Descripción	Rango
Muy Alto	Aluvión con altura de flujo mayor o igual a 1.2 m, con presencia de suelos gravosos sueltos y suelos de material fino con alta plasticidad, constituidos por depósitos fluviales, coluviales y aluviales que conforman geoformas de carácter agradacional de origen fluvial y lacustre conformado por cauce, terraza fluvial, llanura de origen lacustre y cono aluvional. Presenta pendientes menores a 15 %, con un desembalse violento con un volumen mayor o igual a $10 \times 10^6 \text{ m}^3$. Aluvión con altura de flujo mayor o igual a 1.2 m, con presencia de suelos gravosos sueltos y suelos de material fino con alta plasticidad, constituidos por depósitos fluviales, coluviales y aluviales que conforman geoformas de carácter agradacional de origen fluvial y lacustre conformado por cauce, terraza fluvial, llanura de origen lacustre y cono aluvional. Presenta pendientes menores a 15 %, con un desembalse violento con un volumen mayor o igual a $10 \times 10^6 \text{ m}^3$. Con nivel de impacto del peligro muy alto ($0.2880 \leq P \leq 0.4665$) y alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$), material predominante de madera/terra y mampostería de piedra/adobe/perfiles metálicos en reja o torre, estado de conservación muy mala y mala.	$0.091 \leq R \leq 0.218$
Alto	Aluvión con altura de flujo mayor o igual a 0.6 m y menor a 1.2 m, con presencia de suelos gravosos con menor cantidad de finos, constituidos por depósitos lacustrinos que conforman geoformas de carácter agradacional de origen gravitacional conformado por talud de detritos. Presenta pendientes entre 15 % y 25 %, con un desembalse violento con un volumen mayor o igual a $10 \times 10^6 \text{ m}^3$. Aluvión con altura de flujo mayor o igual a 0.6 m y menor a 1.2 m, con presencia de suelos gravosos con menor cantidad de finos, constituidos por depósitos lacustrinos que conforman geoformas de carácter agradacional de origen glaciar conformado por morrenas. Presenta pendientes entre 15 % y 25 %, con un desembalse violento con un volumen mayor o igual a $10 \times 10^6 \text{ m}^3$. Con nivel de impacto del peligro alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$) y medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$), material predominante de mampostería de piedra/adobe/perfiles metálicos en reja o torre y concreto simple/ladrillo, estado de conservación mala y regular	$0.033 \leq R < 0.091$
Medio	Aluvión con altura de flujo mayor o igual a 0.3 m y menor a 0.6 m, con presencia de suelos gravosos a arenosos en una matriz fina de buena consistencia, constituidos por depósitos glaciáricos que conforman geoformas de carácter agradacional de origen glaciar conformado por morrenas. Presenta pendientes entre 25 % y 50 %, con	$0.012 \leq R < 0.033$

Nivel de Riesgo (Estructuras)	Descripción	Rango
	un desembalse violento con un volumen mayor o igual a $10 \times 10^6 \text{ m}^3$. Aluvión con altura de flujo mayor o igual a 0.3 m y menor a 0.6 m, con presencia de suelos gravosos a arenosos en una matriz fina de buena consistencia, constituidos por depósitos glaciáricos que conforman geoformas de carácter agradacional de origen gravitacional conformado por abanico aluvial talud de detritos. Presenta pendientes entre 25 % y 50 %, con un desembalse violento con un volumen mayor o igual a $10 \times 10^6 \text{ m}^3$. Con nivel de impacto del peligro medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$) y bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$), material predominante de concreto simple/ladrillo y concreto armado, estado de conservación regular y buena.	
Bajo	Aluvión con altura de flujo menor a 0.3 m, con presencia de rocas de calidad II - BUENA y rocas de calidad III - REGULAR, constituidos por rocas sedimentarias calcáreas que conforman geoformas de carácter degradacional conformado por relieve colinoso y montañoso en roca sedimentaria. Presenta pendientes mayores a 50 %, con un desembalse violento con un volumen mayor o igual a $10 \times 10^6 \text{ m}^3$. Aluvión con altura de flujo menor a 0.3 m, con presencia de rocas de calidad II - BUENA y rocas de calidad III - REGULAR, constituidos por rocas sedimentarias calcáreas que conforman geoformas de carácter degradacional conformado por relieve colinoso y montañoso en roca sedimentaria. Presenta pendientes mayores a 50 %, con un desembalse violento con un volumen mayor o igual a $10 \times 10^6 \text{ m}^3$. Con nivel de impacto del peligro bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$) y muy bajo ($P < 0.0762$), material predominante de concreto armado y acero, estado de conservación buena y muy buena.	$0.005 \leq R < 0.012$

5.4. MAPA DE RIESGO

El mapa de riesgo por aluvión modelado a partir de la avalancha de roca/hielo del nevado Siula Este, en un escenario crítico de una masa de hielos y detritos de un volumen de $3 \times 10^6 \text{ m}^3$, hacia la laguna Gangrajanca, con posterior desemboque hacia la laguna Carhuacocha y parte baja de la U.H. Nupe. a escala 1/25,000, se genera del análisis de los mapas de peligro y vulnerabilidad, distribuyéndose en mapa de riesgo de viviendas y mapa de riesgo de estructuras. El formato completo del mapa se observa en el Anexo A.

5.4.1. Mapa de riesgo de viviendas

En este mapa se visualiza las zonas con niveles de riesgo de 1,786 viviendas en las localidades de Queropalca, Baños y Jesús, U.H. Nupe (Figura 60), se determinó para



estas viviendas los cuatro niveles de riesgo muy alto, alto, medio y bajo dentro de la llanura de inundación. El formato completo del mapa se observa en la Figura 60 y el Anexo A.

5.4.2. Mapa de riesgo de estructuras

En este mapa se visualizan los niveles de riesgo de 76 estructuras de importancia local en la parte baja de la U.H. Nupe (Figura 60), para las cuales se determinaron dentro de la llanura de inundación los cuatro niveles de riesgo: muy alto, alto, medio y bajo. El formato completo del mapa se observa en la Figura 61 y el Anexo A.



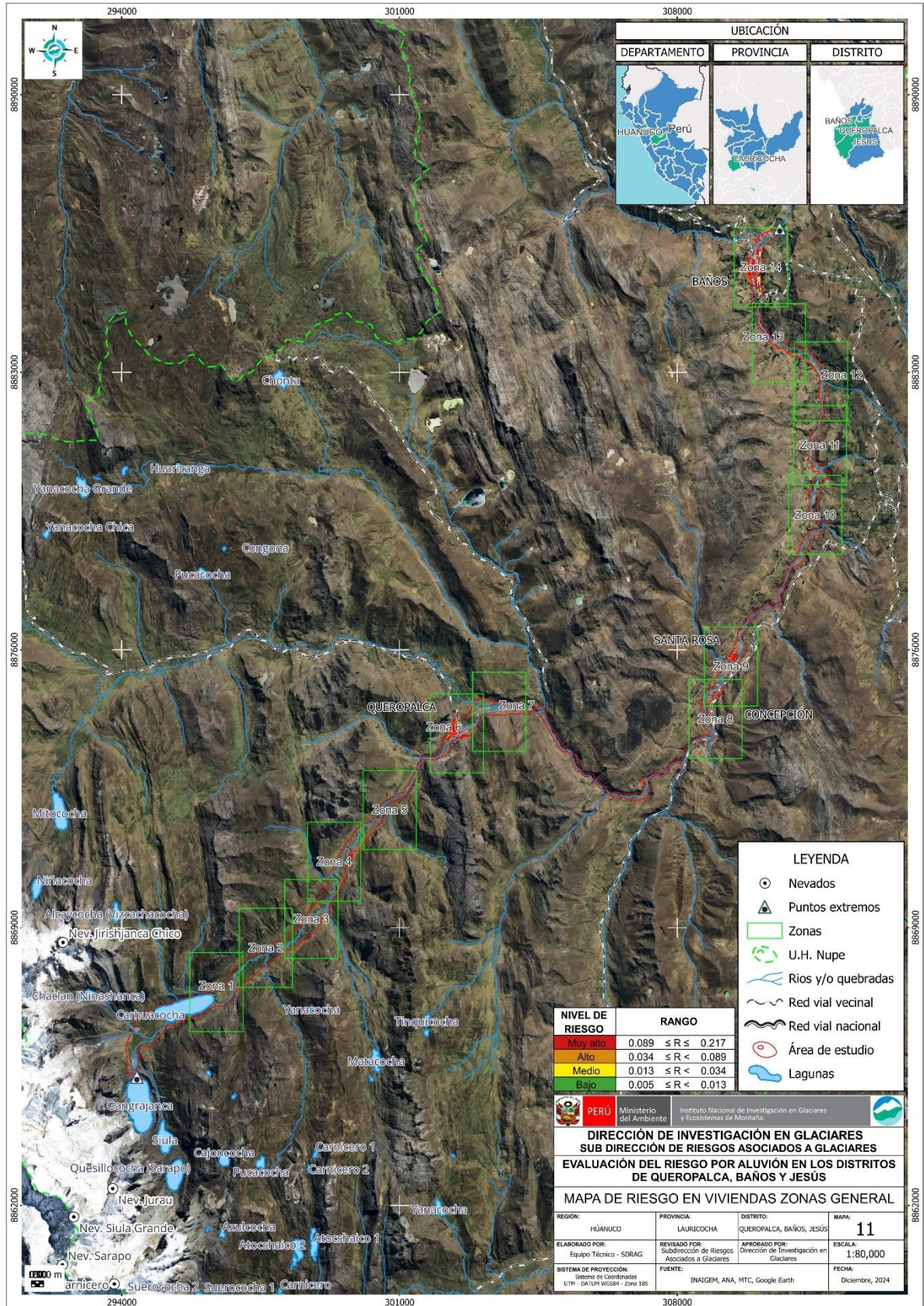
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Figura 60: Mapa de Riesgo Viviendas.





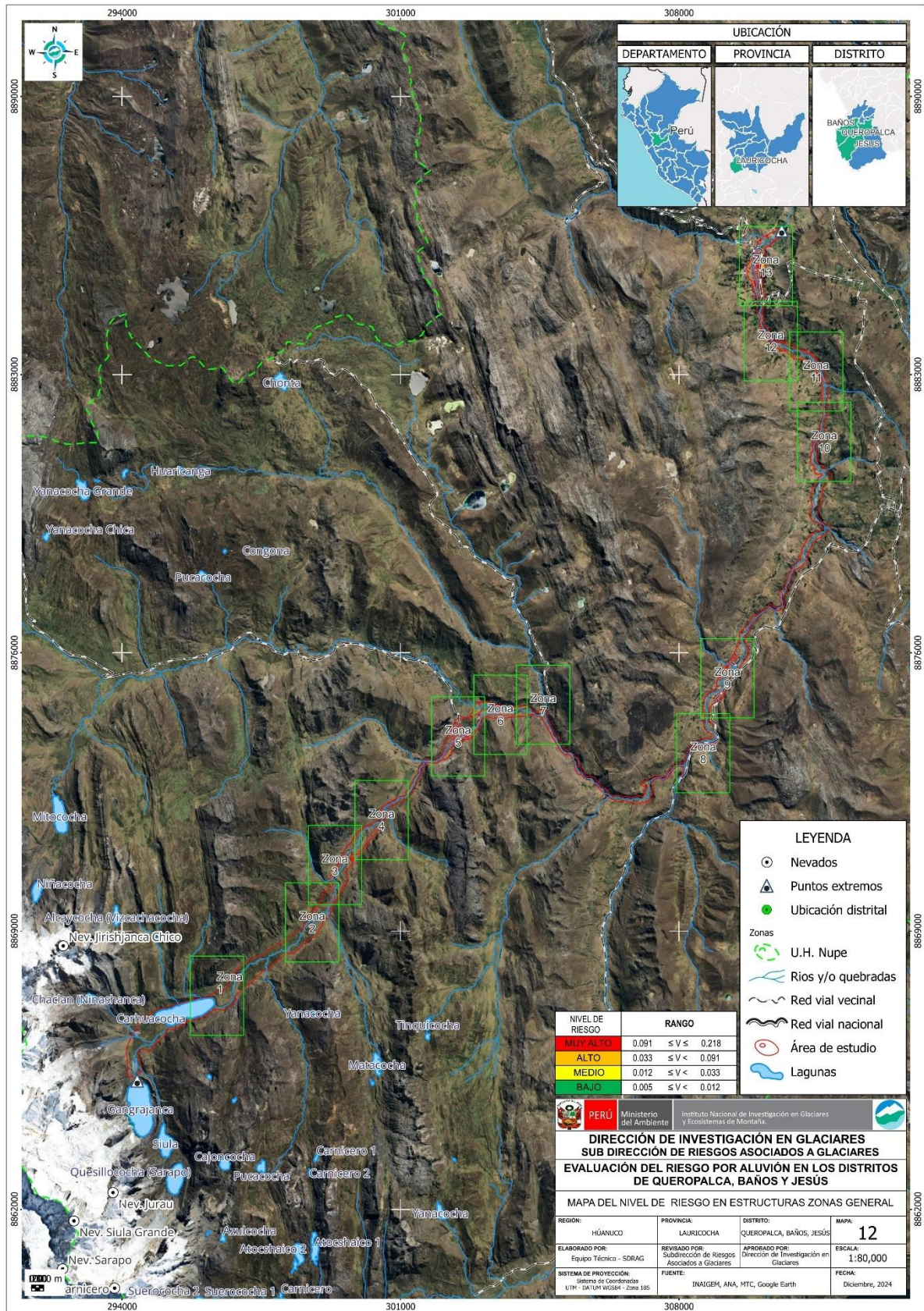
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Figura 61: Mapa de Riesgo Estructuras.



CAPÍTULO VI

EVALUACIÓN DE EFECTOS

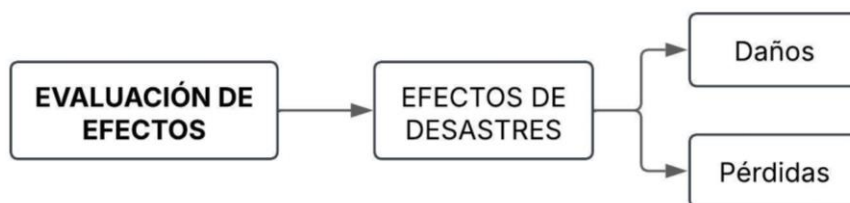
Estimar en términos monetarios los efectos e impactos del desastre originado por el aluvión proveniente del desembalse de la laguna Gangrajanca hacia la llanura de inundación en la U.H. Nupe, es una prioridad.

Se toma en consideración que los desastres, traen como consecuencia efectos e impactos en la sociedad y su economía: la destrucción (total o parcial) de activos físicos y los cambios en los medios de vida de la zona afectada. Para dicho análisis, se ha adoptado la siguiente metodología de trabajo.

6.1. METODOLOGÍA PARA EVALUAR LOS EFECTOS

Para el análisis de los efectos, se ha adoptado una metodología de trabajo adaptada de la *GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS SOCIOECONÓMICOS Y AMBIENTALES E IMPACTOS DE LOS DESASTRES* de CENEPRED (2015), y se presenta en el siguiente esquema:

Figura 62: Metodología para el cálculo de Efectos e Impactos.



a. Daños

Son aquellos que sufren los activos inmovilizados, destruidos o dañados, y los ocasionados a las existencias, es la destrucción total o parcial de infraestructura física, edificios, instalaciones, obras de riego, embalses, infraestructura básica, de saneamiento, salud, educación, recreativa, etc. asimismo perjuicios en las tierras de cultivo.

b. Pérdidas

Se refieren básicamente a los bienes y servicios que se dejan de producir o de prestar durante un lapso que se inicia después de acaecido el desastre y que puede prolongarse durante el proceso de rehabilitación y reconstrucción. Este es un concepto referido a la alteración de flujos a consecuencia del desastre, en el presente documento es abordado a nivel descriptivo, y se trata de analizar lo que se dejó de producir.

6.2. CÁLCULO DE LOS DAÑOS PROBABLES

6.2.1. Estimación de daños probables

La estimación de los daños probables comprende el cálculo de la afectación a las viviendas en riesgo medio, alto y muy alto, y en el caso de las estructuras es sobre aquellas que están en riesgo muy alto, alto y medio. La cuantificación de daños y/o pérdidas debido al impacto de un peligro se manifiesta en el costo económico aproximado que implica la afectación de los elementos expuestos. Es decir, el deterioro o pérdida de las viviendas y estructuras, así como su equipamiento, por causa de un peligro. Estos costos varían de acuerdo al tipo de infraestructura y al grado de afectación, para lo cual, en el caso de viviendas, hemos tomado como fuente los valores unitarios oficiales de edificaciones para las localidades de Lima Metropolitana y la provincia constitucional del Callao, la costa, sierra y selva, valores por partidas en nuevos soles por metro cuadrado de área techada / sierra 2024 / Resolución Ministerial N° 469-2023-VIVIENDA, vigente para el ejercicio fiscal 2024; y para las estructuras el equipo de INAIEM ha realizado el cálculo directo de acuerdo a las características físicas identificadas en visitas de campo.

Los daños probables calculados en viviendas ascienden a S/ 65,367,605.80, y en las estructuras a S/ 133,770,876.87 soles, haciendo un total de S/ 199,138,482.67.

Tabla 47: Estimación de Daños en Viviendas – por Tipo de Material de Pared.

MATERIAL PREDOMINANTE EN PARED				
Estera / Calamina / Triplay	Madera / Planchas metálicas	Adobe / Tapial	Ladrillo con columnas de concreto	Muros de concreto armado
VALORES POR PARTIDAS EN NUEVOS SOLES POR METRO CUADRADO DE ÁREA TECHADA / SIERRA 2023 / RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 027-2023-VIVIENDA				
F	D	E	C	B
S/79.37	S/134.71	S/216.02	S/297.91	S/690.18
45	38	1415	212	76

MATERIAL PREDOMINANTE EN PARED					Costo de Pared (S/.)
Estera / Calamina / Triplay	Madera / Planchas metálicas	Adobe / Tapial	Ladrillo con columnas de concreto	Muros de concreto armado	
VALORES POR PARTIDAS EN NUEVOS SOLES POR METRO CUADRADO DE ÁREA TECHADA / SIERRA 2023 / RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 027-2023-VIVIENDA					
F	D	E	C	B	
S/79.37	S/134.71	S/216.02	S/297.91	S/690.18	
S/ 247,205.17	S/ 430,064.85	S/ 33,140,854.97	S/ 7,196,953.26	S/ 10,685,272.20	S/ 51,646,059.44

Tabla 48: Estimación de Daños en Viviendas – por Tipo de Material de Techo.

MATERIAL PREDOMINANTE EN TECHO				
Cobertura sin estructura (Plástico / Calamina / Otro)	Madera rollizo + Calamina	Estructura de madera + cobertura (teja, policarbonato, etc.)	Estructura metálica + cobertura (teja, policarbonato, etc.)	Losa aligerada de concreto
VALORES POR PARTIDAS EN NUEVOS SOLES POR M2 DE ÁREA TECHADA- RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 027-2023-VIVIENDA				
F	E	E	D	C
20	42.87	53.66	116.88	172.65
45	38	1415	212	76

MATERIAL PREDOMINANTE EN TECHO					Costo de techo (S/.)
Cobertura sin estructura (Plástico / Calamina / Otro)	Madera rollizo + Calamina	Estructura de madera + cobertura (teja, policarbonato, etc.)	Estructura metálica + cobertura (teja, policarbonato, etc.)	Losa aligerada de concreto	
VALORES POR PARTIDAS EN NUEVOS SOLES POR M2 DE ÁREA TECHADA- RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 027-2023-VIVIENDA					
F	E	E	D	C	
20	42.87	53.66	116.88	172.65	S/ 13,721,546.36
S/ 64,043.72	S/ 136,863.48	S/ 8,039,329.34	S/ 2,823,604.10	S/ 2,672,943.65	

Tabla 49: Estimación de Daños en Viviendas – Resumen.

Costo de Pared (S/)	Costo de Techo (S/)	Costo Total (S/)
S/ 51,646,059.44	S/ 13,721,546.36	S/ 65,367,605.80

Tabla 50: Estimación de Daños en Estructuras.

ObjectID	CÓDIGO	NOMBRE	MONTO ESTIMADO S/.
1	E-PC	PUENTE COLGANTE CARHUACOCHA	S/ 12,000.00
2	E-SH1	SSHH PÚBLICOS CARHUACOCHA	S/ 3,694.60
3	E-SH2	SSHH PÚBLICOS CARHUACOCHA	S/ 2,574.77
4	E-PS	POZO SÉPTICO CARHUACOCHA	S/ 21,600.00



ObjectID	CÓDIGO	NOMBRE	MONTO ESTIMADO S/.	
5	V-CH	CAMINO HERRADURA CARHUA_QUERO	S/	1,400,000.00
6	V-TC	TROCHA CARROZABLE	S/	14,154,057.00
7	BD-1 - C_Q	BADÉN 1 - CARH-QUEROP	S/	6,000.00
8	ALC_1 - C_Q	ALCANTARILLA 1 - CARRETERA CARH - QUEROP	S/	15,000.00
9	BD-2-C_Q	BADÉN 2 - CARH-QUEROP	S/	8,000.00
10	ALC_2 - C_Q	ALCANTARILLA 2 - CARRETERA CARH - QUEROP	S/	15,000.00
11	R-1_Q	RESERVORIO 1 - QUEROPALCA	S/	20,000.00
12	D-1_Q	DESARENADOR 1 - QUEROPALCA	S/	5,278.00
13	R- 1- PS_Q	RESERVORIO 1 PISCIGRANJA QUEROPALCA	S/	45,000.00
14	R- 2- PS_Q	RESERVORIO 2 PISCIGRANJA QUEROPALCA	S/	112,500.00
15	M-Q1	MURO_DEFENSA RIVEREÑA	S/	1,321,620.00
16	M-Q2	MURO_DEFENSA RIVEREÑA	S/	591,348.00
17	P-1_Q_Q	PUENTE QUEROPALCA - QUISUARCANCHA	S/	320,000.00
18	I-1 - QUI	IGLESIA QUISUARCANCHA	S/	288,000.00
19	LC-1 - QUI	LOCAL COMUNAL QUISUARCANCHA	S/	334,800.00
20	IE 01_QUI	INSTITUCION EDUCATIVA QUISUARCANCHA	S/	1,078,800.00
21	COM-1-QUI	COMEDOR QUISUARCANCHA	S/	194,400.00
22	E-2_C_Q	COLISEO QUEROPALCA	S/	1,302,000.00
23	E-3_CC_Q	CENTRO CÍVICO QUEROPALCA	S/	1,224,000.00
24	E-3_I_Q	IGLESIA QUEROPALCA	S/	489,600.00
25	E-3_C_S	CENTRO DE SALUD QUEROPALCA	S/	195,840.00
26	E-3_P_A	PLAZA DE ARMAS QUEROPALCA	S/	1,036,800.00
27	E-3_MUNI	MUNICIPALIDAD DE QUEROPLACA	S/	240,000.00
28	COM-1-QUE	COMEDOR QUEROPALCA	S/	43,200.00
29	V-VA	VÍA AFIRMADA	S/	33,956,338.50



ObjectID	CÓDIGO	NOMBRE	MONTO ESTIMADO S/.	
30	I_E_SEC_QU E	I_E_SECUNDARIA QUEROPALCA	S/	3,288,600.00
31	I_E_INIC_QU E	I_E_INICIAL_QUEROPALCA	S/	777,600.00
32	AL-QUE	ALBERGUE QUEROPALCA	S/	4,560,000.00
33	I_E_PRI_QU E	INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIMARIA QUEROPALCA	S/	3,456,000.00
34	DEP_QUE	MINICOMPLEJO DEPORTIVO QUEROPALCA	S/	3,174,000.00
35	E-6 _PLZ_QUE	PLAZUELA QUEROPALCA	S/	486,000.00
36	E-37_SA	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS QUEROPALCA	S/	2,073,600.00
37	E_PZ_TO	PLAZA DE TOROS QUEROPALCA	S/	4,410,000.00
38	E-11-PTE	PUENTE QUEROPALCA	S/	110,000.00
39	PTE-BA	PUENTE BAÑOS	S/	780,000.00
40	M-BA	MURO DE CONTENCIÓN BAÑOS	S/	4,800,000.00
41	G1-BA	GRIFO BAÑOS	S/	2,400,000.00
42	I_E_BA	INSTITUCIÓN EDUCATIVA 32256 Baños	S/	12,000,000.00
43	M-GA	MURO TIPO GAVIÓN	S/	1,192,266.00
44	PZ_QUIN	PLAZUELA QUINCHAS	S/	1,440,000.00
45	I_01_BA	IGLESIA EVANGELICA BAÑOS	S/	48,000.00
46	PLZ_BA	PLAZA DE ARMAS DE BAÑOS	S/	2,160,000.00
47	MUN-BA	MUNICIPALIDAD DE BAÑOS	S/	450,000.00
48	IG-BA	IGLESIA DE BAÑOS	S/	1,800,000.00
49	PNP-BAÑOS	COMISARIA PNP BAÑOS	S/	320,000.00
50	SA-1-BA	PUESTO DE SALUD BAÑOS	S/	270,000.00
51	PTE-MER	PUENTE LA MERCED	S/	390,000.00
52	G2-BA	GRIFO VILLA AUGUSTO- BAÑOS	S/	1,080,000.00
53	PTO-BAÑOS	PLAZA DE TOROS BAÑOS	S/	3,600,000.00
54	ES-SR	ESTADIO SANTA ROSA	S/	1,500,000.00
55	PLZ-CONC	PLAZA DE ARMAS C.P CONCEPCIÓN	S/	650,000.00
56	MU-CON	MUNICIPALIDAD DE CONCEPCIÓN	S/	432,000.00



ObjectID	CÓDIGO	NOMBRE	MONTO ESTIMADO S/.	
57	L_CO_CO	LOCAL COMUNAL COMUNIDAD CAMPESINA PALCA	S/	72,000.00
58	PTE-SR	PUENTE SANTA ROSA	S/	280,000.00
59	PZ-AR-SR	PLAZA DE ARMAS DE SANTA ROSA	S/	950,000.00
60	I_01-SR	IGLESIA SANTA ROSA	S/	960,000.00
61	I_E_SR	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SANTA ROSA	S/	300,000.00
62	MU_SR	MUNICIPALIDAD SANTA ROSA	S/	288,000.00
63	O_SR	OROYA SANTA ROSA	S/	45,000.00
64	I_E_VIC	ESCUELA VIRGEN DE LA INMACULADA CONCEPCIÓN	S/	120,000.00
65	C_D_SR	CAMPO DEPORTIVO SANTA ROSA	S/	216,000.00
66	ALC7-BA	ALCANTARILLA SALIDA DE BAÑOS	S/	10,000.00
67	BD-07- BA	BADEN SALIDA DE BAÑOS	S/	8,750.00
68	-ALC8-BA	ALCANTARILLA SALIDA DE BAÑOS	S/	10,000.00
69	PTE_BA- RON	PUENTE SALIDA BAÑOS- RONDOS	S/	410,000.00
70	V-VP	VIA PAVIMENTADA	S/	5,383,428.00
71	BD8-QUE	BADEN QUEROPALCA	S/	6,250.00
72	I_E_ME	I.E. PEDRO PABLO KUCZYNSKI N 32354 LA MERCED	S/	4,800,000.00
73	EST_BA	ESTADIO DE BAÑOS	S/	1,600,000.00
74	I_E_2_CO	INSTITUCION EDUCATIVA CONCEPCIÓN	S/	829,920.00
75	P PEAT - BA	PUENTE PEATONAL BAÑOS	S/	250,000.00
76	MB_01	Mercado de Baños	S/	1,146,012.00
TOTAL, DAÑO ESTRUCTURAS			S/	133,770,876.87

Tabla 51: Estimación de Daños en Estructuras.

N° Estructuras	Costo de Daño Estructuras (S/)
76	133,770,876.87

Tabla 52: Estimación de los Costos de los Daños Probables.

ELEMENTOS EXPUESTOS	DAÑOS PROBABLES (S/)
1786 viviendas ubicadas en el cauce del aluvión	S/ 65,367,605.80
76 infraestructuras importantes, ubicada en el cauce del aluvión, compuesta por infraestructura de agua, saneamiento, riego, educativa, de salud, recreativa, vial, de deporte, etc.	S/ 133,770,876.87
Total	S/ 199,138,482.67

6.3. CONTROL DEL RIESGO, ACEPTABILIDAD Y TOLERANCIA

6.3.1. Valoración de consecuencias

De acuerdo a la metodología, la valoración de consecuencias puede encontrarse dentro de los niveles 1 a 4, siendo 1 nivel bajo y 4 muy alto. En la parte baja de la U.H. Nupe, la valoración de consecuencias, es de Valor 3 - Alta, entonces las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo.

Tabla 53: Valoración y nivel de la frecuencia de consecuencia.

VALOR	NIVEL	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 pueden ser gestionadas con los recursos disponibles.
1	Baja	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad.

Fuente: CENEPRED.

6.3.2. Valoración de frecuencia

Los aluviones que se dan en el área de estudio pueden ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos, por lo tanto, la frecuencia de ocurrencia de este fenómeno es de Valor 3 – Alta.

Tabla 54: Valoración y nivel de la frecuencia de ocurrencia.

VALOR	NIVEL	DESCRIPCIÓN
4	Muy Alta	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias
3	Alta	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos, según las circunstancias
2	Media	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos, según las circunstancias
1	Baja	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales

Fuente: CENEPRED.

6.3.3. Nivel de consecuencia y daños

De acuerdo a lo analizado, ante una consecuencia Alta y frecuencia de ocurrencia Alta, estaríamos ante un nivel de consecuencia y daños Alta.

Tabla 55: Nivel de consecuencias y daños.

CONSECUENCIA	NIVEL	ZONA DE CONSECUENCIA Y DAÑO			
Muy Alta	4	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Alta	3	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Media	2	Media	Media	Alta	Alta
Baja	1	Baja	Media	Media	Alta
	NIVEL	1	2	3	4
	FRECUENCIA	Baja	Media	Alta	Muy Alta

Fuente: CENEPRED.

6.3.4. Aceptabilidad y/o tolerancia

De acuerdo a las condiciones analizadas en la U.H. Nupe, el nivel de aceptabilidad o tolerancia del riesgo ante la ocurrencia de un aluvión es Inaceptable, por lo que se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo del riesgo.

Tabla 56: Aceptabilidad y tolerancia

VALOR	DESCRIPTOR	DESCRIPCIÓN
4	Inadmisible	Se debe aplicar inmediatamente las medidas de control físico y de ser posible transferir inmediatamente los riesgos
3	Inaceptable	Se debe desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos
2	Tolerable	Se debe desarrollar actividades para el manejo de riesgos
1	Aceptable	El riesgo no representa un peligro significativo.

Fuente: CENEPRED.

6.3.5. Prioridad de Intervención

La prioridad de intervención en este caso sería del nivel II, Inaceptable.

Tabla 57: Prioridad y nivel de intervención.

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

Fuente: CENEPRED.

6.3.6. Medidas de Control

Para reducir los niveles de riesgo ante la ocurrencia de un aluvión en la U.H. Nupe, distritos de Queropalca, Baños y Jesús, provincia de Lauricocha, departamento de Huánuco, se sugiere se tomen medidas estructurales y no estructurales, consignadas en las recomendaciones del presente estudio.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

1. El escenario de peligro más crítico considerado para el modelo del aluvión consistió en una avalancha de hielo y rocas provenientes del entorno glaciar de la laguna Gangrajanca, con un volumen de desprendimiento de $3 \times 10^6 \text{ m}^3$ contra la laguna, generando oleajes y la rotura del dique natural, liberando un volumen de desembalse de $14 \times 10^6 \text{ m}^3$ de la laguna Gangrajanca, teniendo como resultado un flujo de detritos que impactaría posteriormente con la laguna Carhuacocha y fluiría aguas abajo hacia las zonas pobladas.
2. El modelamiento numérico del potencial desborde de la laguna Gangrajanca se llevó a cabo para el escenario más crítico identificado, utilizando el modelo FLOW-3D Hydro para simular la avalancha de roca-hielo y las ondas de impulso, y el modelo hidrológico-hidráulico bidimensional FLO-2D, para la simulación del flujo de detritos. Los resultados indicaron una altura de flujo con valor de la mediana de 9.8 m en la llanura de inundación, originada por un GLOF. La información física empleada en el modelado incluyó un modelo digital de elevación (DEM), información geofísica del entorno de la laguna y la batimetría de las lagunas. Los volúmenes de agua de las lagunas Gangrajanca y Carhuacocha son de $39,640,315.06 \text{ m}^3$ y $5,876,877.05 \text{ m}^3$ respectivamente, con profundidades máximas de 128.64 m y 17.70 m. Además, se utilizó el coeficiente de rugosidad de Manning, asignando valores según los tipos de cobertura terrestre identificados durante el trabajo de campo.
3. El análisis de peligro considera la relación del parámetro de evaluación (siendo este la altura del flujo obtenido con el modelamiento numérico) y los elementos susceptibles del territorio, donde incluye al factor desencadenante del fenómeno y a los factores condicionantes que limitan o ayudan al impacto del posible aluvión. Siendo el factor desencadenante el factor detonante para la ocurrencia del aluvión, se ha considerado al volumen de desembalse de la laguna Gangrajanca, el cual es de $14 \times 10^6 \text{ m}^3$, siendo categorizado como TIPO V, el cual tiene un impacto muy alto a los elementos expuestos. A su vez, los factores condicionantes considerados en el análisis de peligro son la geomorfología, pendiente, geotecnia y geología.
4. El área que abarca el modelo de aluvión corresponde a un valle glaciar constituido litológicamente por depósitos cuaternarios inconsolidados y afloramientos rocosos en los márgenes que conforman el relieve montañoso de la U.H. Nupe. Puesto, que los depósitos presentan materiales sueltos poco a medianamente consolidados, estos serán arrastrados formando parte del flujo de detritos, correspondiente al aluvión generado en el desembalse de las lagunas Gangrajanca y Carhuacocha.

5. En la huella del aluvión generado a partir del desembalse de la laguna Gangrajanca, se han determinado 04 niveles de peligros:
- **Nivel de peligro muy alto:** Aluvión con altura de flujo mayor o igual a 1.2 m, con presencia de suelos gravosos sueltos y suelos de material fino con alta plasticidad, constituidos por depósitos fluviales, coluviales y aluviales que conforman geoformas de carácter agradacional de origen fluvial y lacustre conformado por cauce, terraza fluvial, llanura de origen lacustre y cono aluvional. Presenta pendientes menores a 15 %, con un desembalse violento con un volumen mayor o igual a $10 \times 10^6 \text{ m}^3$.
 - **Nivel de peligro alto:** Aluvión con altura de flujo mayor o igual a 0.6 m y menor a 1.2 m, con presencia de suelos gravosos con menor cantidad de finos, constituidos por depósitos lacustrinos que conforman geoformas de carácter agradacional de origen gravitacional conformado por talud de detritos. Presenta pendientes entre 15 % y 25 %, con un desembalse violento con un volumen mayor o igual a $10 \times 10^6 \text{ m}^3$.
 - **Nivel de peligro medio:** Aluvión con altura de flujo mayor o igual a 0.3 m y menor a 0.6 m, con presencia de suelos gravosos a arenosos en una matriz fina de buena consistencia, constituidos por depósitos glaciáricos que conforman geoformas de carácter agradacional de origen glaciar conformado por morrenas. Presenta pendientes entre 25 % y 50 %, con un desembalse violento con un volumen mayor o igual a $10 \times 10^6 \text{ m}^3$.
 - **Nivel de peligro bajo:** Aluvión con altura de flujo menor a 0.3 m, con presencia de rocas de calidad II - BUENA y rocas de calidad III - REGULAR, constituidos por rocas sedimentarias calcáreas que conforman geoformas de carácter degradacional conformado por relieve colinoso y montañoso en roca sedimentaria. Presenta pendientes mayores a 50 %, con un desembalse violento con un volumen mayor o igual a $10 \times 10^6 \text{ m}^3$.
6. En la parte baja de la Unidad Hidrográfica Nupe, existen elementos expuestos importantes que serían afectados por el posible desembalse de la laguna Gangrajanca, es el caso de 3,548 personas, 1 786 viviendas y 76 estructuras de importancia local, entre las cuales destacan colegios, establecimientos de salud, infraestructura de agua y saneamiento, instituciones públicas, infraestructura recreativa, infraestructura vial, entre otros.
7. El análisis de vulnerabilidad realizado a los elementos expuestos, permitió determinar que en viviendas el 97.54% (1742) posee vulnerabilidad alta, el 1.74% (31) vulnerabilidad media y el 0.73% (13) vulnerabilidad baja; de lo cual 721 viviendas corresponden al distrito de Baños, 332 al distrito de Queropalca; y 733 al distrito de Jesús. Respecto de las estructuras, se tienen identificadas 76 estructuras de importancia local expuestas al aluvión, de las cuales el 92.11% (70) poseen vulnerabilidad muy alta y el 7.89% (6) poseen vulnerabilidad alta.



8. Los niveles del riesgo por aluvión determinados tanto para viviendas como para estructuras, corresponden a que, el 84.10% (1502) viviendas poseen riesgo muy alto, 14.11% (252) viviendas poseen riesgo alto, 1.29% (23) viviendas poseen riesgo medio y 0.50% (9) viviendas poseen riesgo bajo; en relación a las estructuras, el 61.84% (47) estructuras poseen riesgo muy alto y 38.16% (29) estructuras poseen riesgo alto.
9. Habiéndose realizado la evaluación de riesgo por aluvión en la U.H. Nupe, departamento de Huánuco, se identificó que los daños y/o pérdidas potenciales debido a la ocurrencia de dicho evento se darían en las localidades de Queropalca, Baños y Jesús, provincia de Lauricocha, ocasionando daños en 1786 viviendas que corresponderían a S/ 65,367,605.80, y en 76 estructuras correspondiente a S/ 133,770,876.87, haciendo un total de S/ 199,138,482.67 en daños.
10. El nivel de consecuencia y daños determinado para los poblados de Queropalca, Baños y Jesús es Alto; el nivel de aceptabilidad y/o tolerancia indica que se deben desarrollar actividades inmediatas y prioritarias para el manejo de riesgos, con una prioridad de intervención nivel II (Inaceptable). Ello a causa de que para viviendas y estructuras predominan los niveles de vulnerabilidad y riesgo determinados son de muy altos, consecuentemente una alta prioridad de atención.
11. Conforme a los lineamientos de política para el Ordenamiento Territorial, aprobados por Resolución Ministerial N° 026-2010-MINAM, los estudios especializados como “La evaluación del riesgo por aluvión en las localidades de Queropalca, Baños y Jesús, provincia de Lauricocha, departamento de Huánuco”, constituyen un instrumento técnico sustentatorio para el Ordenamiento Territorial, precisado además en la Guía metodológica para la elaboración de los instrumentos técnicos sustentatorios para el Ordenamiento Territorial, aprobada mediante Resolución Ministerial N° 135-2013-MINAM. Dicho documento permitirá a los tomadores de decisión realizar acciones de prevención, mitigación y adaptación ante eventos de desastres.

7.2. RECOMENDACIONES

Para reducir los niveles del riesgo ante la ocurrencia de un posible aluvión en la parte baja de la subcuenca del río Nupe, en los distritos de Queropalca, Baños y Jesús, provincia de Lauricocha, departamento de Huánuco, se sugiere, se tomen principalmente las siguientes medidas estructurales y no estructurales.

7.2.1. Medidas estructurales

1. Implementar el “Sistema de Monitoreo en Tiempo Real de la Laguna Gangrajanca, Unidad Hidrográfica Nupe, Cordillera Huayhuash, Departamento de Huánuco”, a fin de obtener información precisa, continua y oportuna sobre las

condiciones de la laguna y su entorno, que permita advertir eventos de peligro y las autoridades puedan adoptar acciones en salvaguarda de la población, infraestructura y medios de vida. El sistema de monitoreo de la laguna, debe incluir la instalación de un sensor de nivel del espejo de agua, un medidor de caudal en la zona de salida, una cámara nocturna, un radar de apertura sintética para el monitoreo de movimientos en masa del glaciar Siula Este, de macizos rocosos y de depósitos de suelo cuyo colapso pudiera poner en riesgo la estabilidad de la laguna; asimismo se deberá considerar la instalación de un acelerógrafo, una estación hidrometeorológica, entre otros.

2. Se recomienda el Gobierno Regional de Huánuco elabore el perfil y expediente del proyecto “Instalación del Sistema de Alerta Temprana por Aluvión, en las Localidades de Queropalca, Baños y Jesús, Provincia de Lauricocha, Departamento de Huánuco”, a corto plazo (2 años), para su posterior ejecución (3 años).
3. Al tomar conocimiento de los resultados de la “Evaluación del Riesgo por Aluvión en las Localidades de Queropalca, Baños y Jesús, Provincia de Lauricocha, departamento de Huánuco (Cordillera Huayhuash)”, los Gobiernos Locales de Queropalca, Baños y Jesús, deberán considerar gestionar la implementación de mecanismos que permitan el reasentamiento progresivo de las poblaciones que se encuentre en riesgo muy alto, ello en el marco de la LEY N° 29869 - LEY DE REASENTAMIENTO POBLACIONAL PARA ZONAS DE MUY ALTO RIESGO NO MITIGABLE, y su REGLAMENTO, para lo cual, se realiza la “Declaración por acuerdo de concejo la zona de muy alto riesgo no mitigable”, a fin de, proteger la vida y el bienestar público; garantizar los derechos e intereses de la población; proteger la inversión en equipamiento y servicios dirigida a los centros poblados y población dispersa; proteger el patrimonio privado de la población; contribuir a la sostenibilidad de la inversión pública en infraestructura social y económica y contribuir a prevenir y disminuir los riesgos de desastre. Corresponde la aplicación del principio de subsidiariedad, en la identificación de la zona de acogida y la estimación del costo del reasentamiento con apoyo del gobierno regional y las municipalidades distritales involucradas, en concordancia con las normas vigentes sobre acondicionamiento territorial y desarrollo urbano.
4. En el marco del Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD, Artículo 11°, los Gobiernos Locales y Gobierno Regional, deberán priorizar dentro de su estrategia financiera para la Gestión de Riesgos de Desastres, los aspectos de peligro inminente, que permitan proteger a la población de desastres con alta probabilidad de ocurrencia, proteger las inversiones y evitar los gastos por impactos recurrentes previsible.
5. Realizar estudios detallados en la zona posterior al dique natural de la laguna Gangrajanca, a fin de proyectar estructuras que permitan la disipación de la energía de la masa aluviónica una vez esta se genere. Los estudios estarían comprendidos por exploración geofísica, geología a escala 1/2500, geotecnia a



escala 1/2500, geomorfología a escala 1/2500, hidrogeología 1/2500, entre otros.

6. Gestionar la ejecución del proyecto; “Creación del sistema de protección de la laguna Gangrajanca y mitigación del impacto del peligro de aluvión en las localidades de Queropalca, Baños y Jesús, provincia de Lauricocha, departamento de Huánuco”, que considere la instalación una estructura de protección en la salida de la laguna Gangrajanca, un canal de salida de aproximadamente 15 m de ancho y longitud 50 m, infraestructura de protección y disipación de la energía del flujo aluvionico en puntos críticos a lo largo de la zona de recorrido del mismo, considerando los puntos de mayor fuerza de impacto, determinadas a partir del modelamiento numérico del flujo (Ver Anexo A, mapas 13); ello a fin de minimizar la afectación de la infraestructura básica y complementaria, asimismo a los habitantes del área de estudio. Se podrán utilizar muros de contención tipo gravedad, en voladizo y muros anclados.
7. Evaluar la implementación de proyectos de infraestructura natural a lo largo de la Unidad Hidrográfica Nupe, zona de terrenos poco estables que pudieran ser afectados por un aluvión. Evaluar la aplicación de reforestación, estabilización de suelos, entre otros; a fin de mejorar las condiciones del terreno. Considerar las zonas donde la fuerza de impacto de la masa aluviónica sea la más baja (Ver Anexo A, mapa 13).
8. En base a la definición de rutas de evacuación y zonas seguras, gestionar el acondicionamiento y señalización de las mismas, considerando la instalación de señales de dirección de la evacuación, carteles que esquematicen la ubicación de las zonas seguras y acondicionamiento físico de las zonas que serán destinadas como zonas seguras, garantizando su estabilidad y adecuada recepción de la población que se ubique en dichas áreas.

7.2.2. Medidas No estructurales

1. Las autoridades locales, deberán de resolver mediante Resolución de Alcaldía, la APROBACIÓN COMO INSTRUMENTO DE GESTIÓN DEL TERRITORIO del documento “Evaluación del Riesgo por Aluvión en las Localidades de Queropalca, Baños y Jesús, Provincia de Lauricocha, departamento de Huánuco (Cordillera Huayhuash)”, como un instrumento de gestión del riesgo y gestión del territorio en la provincia de Lauricocha, el cual deberá ser de aplicación inmediata.
2. Realizar el estudio que permitan definir claramente los sitios a donde estarían evacuando la población en sus diferentes localidades, según detalle siguiente:
 - ✓ Definición de Rutas de Evacuación y Zonas Seguras, ante posible aluvión en la localidad de Queropalca, provincia de Lauricocha, departamento de Huánuco.



- ✓ Definición de Rutas de Evacuación y Zonas Seguras, ante posible aluvión en la localidad de Baños, provincia de Lauricocha, departamento de Huánuco.
 - ✓ Definición de Rutas de Evacuación y Zonas Seguras, ante posible aluvión en la localidad de Jesús, provincia de Lauricocha, departamento de Huánuco.
3. Realizar estudios de estabilidad de taludes del afloramiento rocoso, deslizamiento de taludes internos y externos de las morrenas emplazadas en el entorno de la laguna Gangrajanca, siendo que se puede considerar como otro escenario de peligro y que pueda generar caída de rocas afectando de forma directa dicha laguna de origen glaciar.
 4. Profundizar estudios relacionados a la evolución de las lagunas (aguas arriba) Quesillococha y Siula, a fin de generar mayor conocimiento del peligro en la U.H. Nupe.
 5. Puesta en marcha de mecanismos de vigilancia de la seguridad de la laguna Gangrajanca por parte de los actores locales y regionales, considerando al “Comité de Vigilancia de la Laguna Gangrajanca”.
 6. Actualización del plan de prevención y reducción de riesgo de desastres de la provincia de Lauricocha y distritos de Queropalca, Baños y Jesús, considerando el presente estudio.
 7. Desarrollar acciones de fortalecimiento de capacidades en GRD de la población, mediante charlas informativas periódicas en temas relacionados a gestión del riesgo de desastres, con énfasis ante el peligro por aluvión, a todo nivel.



BIBLIOGRAFÍA

1. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - CENEPRED (2014). Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales - 02 versión. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/257/descargar>
2. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - CENEPRED (2015). Guía Metodológica para la Evaluación de los Efectos Socioeconómicos y Ambientales e Impactos de los Desastres. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/31/descargar>
3. Cobbing, E.J.; Sánchez, A.; Martínez, W. & Zárate, H. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca. Hojas: 20-h, 20-i, 20-j, 21-i, 21-j. *INGEMMET*, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 76, 297 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/199>
4. Batka, J., Vilímek, V., Štefanová, E., Cook, S. J., & Emmer, A. (2020). Glacial lake outburst floods (GLOFs) in the Cordillera Huayhuash, Peru: Historic events and current susceptibility. *Water*, 12(10), 2664. <https://doi.org/10.3390/w12102664>
5. Engel, Z., Česák, J., & Escobar, V. R. (2011). Rainfall-related debris flows in Carhuacocha Valley, Cordillera Huayhuash, Peru. *Landslides*, 8(3), 269–278. <https://doi.org/10.1007/s10346-011-0259-7>
6. Farinotti, D., Huss, M., Fürst, J.J., Landmann, J., Machguth, H., Maussion, F. & Pandit, A. (2019). A consensus estimate for the ice thickness distribution of all glaciers on Earth. *Nat. Geosci.* 12, 168–173. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0300-3>
7. Fernández, E. (2001). Aluvion de Gangrajanca. *XIII Congreso Nacional de Ingeniería Civil*, Puno: Colegio de Ingenieros del Perú, pp. 01-02
8. González, L. (2002). *Ingeniería Geológica*. Prentice Hall
9. Hall, S. R., Farber, D. L., Ramage, J. M., Rodbell, D. T., Finkel, R. C., Smith, J. A., Mark, B. G., & Kassel, C. (2009). Geochronology of Quaternary glaciations from the tropical Cordillera Huayhuash, Peru. *Quaternary Science Reviews*, 28(25–26), 2991–3009. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.08.004>
10. Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña - INAIGEM (2018). Inventario Nacional de Glaciares. - Las cordilleras glaciares del Perú. Huaraz – Perú. <https://repositorio.inaigem.gob.pe/bitstreams/d1bc4c25-3718-4b4b-ab04-72497b5d8bc5/download>
11. Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña - INAIGEM (2023). Memoria Descriptiva del Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas de Origen Glaciar, Huaraz – Perú. <https://repositorio.inaigem.gob.pe/bitstreams/5b445865-bda9-4e8a-84ad-01299bb19fd0/download>
12. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2008. Compendio Estadístico del XI Censo Nacional de Población, VI de Vivienda, II de Comunidades Indígenas.
13. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2017. XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.
14. Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), 2020. Evaluación del riesgo por aluvión en la ciudad de Caraz, distritos de Caraz, provincia de Huaylas, departamento de Ancash.
15. Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), 2020. Evaluación del riesgo por aluvión en la parte baja de la Unidad Hidrográfica del río Pariac-Rajucolta, distritos de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash.
16. Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), 2020. Evaluación del riesgo por aluvión en la ciudad de Huaraz,



distritos de Huaraz e Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash.

17. Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), 2020. Evaluación del riesgo por aluvión en la parte baja de la subcuenca del río Blanco-Santa Cruz, distritos de Santa Cruz, provincia de Huaylas, departamento de Ancash.
18. Villota, H. (2005). *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
19. Zavala, B. y Vilchez, M. (2006). Estudios de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco, *INGEMMET*, Serie C. Geodinámica e Ingeniería, N° 34, 174 p. https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/278/2/C034-Boletin-Estudio_riesgos_geologicos_region_Huanuco.pdf



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



ANEXO A

Mapas

https://drive.google.com/drive/folders/1x_wK5ZJ43p02gj0km401iKYOCwL7VIN8



ANEXO B

Tablas Saaty

<https://drive.google.com/file/d/1eM8oZhwmcGFACLQvSWQyyuuJCSxEZp3p/view?usp=sharing>