

Evaluación del riesgo por aluvión en la U.H. Ranrahirca (Cordillera Blanca, Ancash)

Versión 1.0


Ing. Juan Carlos Torres Lázaro
Evaluador de Riesgo
R.J. N°124-2018-CENEPRED/J

2024



INAIGEM
INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



EVALUACIÓN DEL RIESGO POR ALUVIÓN EN LA U.H RANRAHIRCA (CORDILLERA BLANCA)

Autores:

Juan Torres Lázaro

Adriana Caballero Bedriñana

Harrinson Jara Infantes

Enver Melgarejo Romero

Hilbert Villafane Gómez

Manuel Cosi Fajardo

Colaboradores

Carlos Martínez Zelaya

Ivana Escate Gastañaga

Luis Milla Montoro

Mireliz Navarro Ibarra

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° 2025-02264.



CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....	12
CAPÍTULO I GENERALIDADES.....	14
1.1. INTRODUCCIÓN	14
1.2. OBJETIVOS.....	14
1.2.1. Objetivo general	14
1.2.2. Objetivos específicos.....	15
1.3. JUSTIFICACIÓN	15
1.4. ANTECEDENTES	15
1.5. MARCO NORMATIVO	16
CAPÍTULO II CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	18
2.1. UBICACIÓN.....	18
2.1.1. Geográfica.....	18
2.1.2. Política.....	18
2.1.3. Hidrográfica	19
2.2. VÍAS DE ACCESO.....	21
2.3. DESCRIPCIÓN SOCIAL	21
2.3.1. Población.....	21
2.3.2. Vivienda.....	21
2.3.3. Estructuras	22
2.4. CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS	23
2.5. DESCRIPCIÓN FÍSICA.....	23
2.5.1. Descripción del Ámbito Glaciar	23
2.5.2. Unidades Geotécnicas.....	24
2.5.3. Unidades Geológicas.....	28
2.5.4. Unidades Geomorfológicas.....	34
2.5.5. Pendientes.....	40
CAPÍTULO III ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD.....	42
3.1. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE LA PELIGROSIDAD	42
3.1.1. Metodología de Ponderación	42
3.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS	43
3.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS PELIGROS	44
3.3.1. Altura del flujo.....	44



3.3.2.	Modelamiento de la Cadena de Procesos	45
3.3.3.	Ponderación de los parámetros de evaluación del peligro por aluvión	45
3.3.4.	Identificación de los elementos expuestos	48
3.4.	SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRITORIO	51
3.5.	FACTOR DESENCADENANTE Y PONDERACIÓN	51
3.5.1.	Volumen del Avalancha	51
3.5.2.	Ponderación del volumen del Avalancha	52
3.6.	FACTORES CONDICIONANTES Y PONDERACIÓN.....	53
3.6.1.	Unidades Geomorfológicas como Factor Condicionante.....	54
3.6.2.	Unidades de Pendientes como Factor Condicionante.....	55
3.6.3.	Unidades Geológicas como Factor Condicionante.....	56
3.6.4.	Unidades Geotécnicas como Factor Condicionante.....	57
3.7.	ESTRATIFICACIÓN DE LA PELIGROSIDAD	59
3.8.	MAPA DE NIVELES DE PELIGROSIDAD.....	59
CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD		61
4.1.	METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD	61
4.2.	VULNERABILIDAD DE VIVIENDAS.....	63
4.2.1.	Dimensión social.....	64
4.2.2.	Dimensión física	68
4.2.3.	Dimensión económica	72
4.2.4.	Dimensión ambiental	75
4.3.	VULNERABILIDAD DE ESTRUCTURAS	79
4.3.1.	Dimensión física	79
4.4.	NIVEL DE VULNERABILIDAD	81
4.4.1.	Nivel de vulnerabilidad de viviendas	81
4.4.2.	Nivel de vulnerabilidad de estructuras	84
4.5.	ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD	84
4.5.1.	Estratificación de vulnerabilidad de viviendas	84
4.5.2.	Estratificación de vulnerabilidad de estructuras	87
4.6.	MAPA DE VULNERABILIDAD	87
4.6.1.	Mapa de vulnerabilidad de viviendas	87
4.6.2.	Mapa de vulnerabilidad de estructuras	87
CAPÍTULO V CÁLCULO DEL RIESGO		90
5.1.	RIESGO	90
5.2.	METODOLOGÍA PARA CALCULAR EL RIESGO.....	90
5.3.	DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO	91



5.3.1.	Nivel del riesgo de viviendas	92
5.3.2.	Nivel del riesgo en estructuras.....	95
5.4.	ESTRATIFICACIÓN DEL RIESGO	96
5.4.1.	Estratificación del riesgo de viviendas	96
5.4.2.	Estratificación del riesgo en estructuras.....	98
5.5.	MAPA DE RIESGO	99
5.5.1.	Mapa de riesgo de viviendas	99
5.5.2.	Mapa de riesgo de estructuras.....	99
5.6.	CÁLCULO DE LOS DAÑOS PROBABLES.....	102
5.6.1.	Estimación de daños probables	102
5.7.	CONTROL DEL RIESGO, ACEPTABILIDAD Y TOLERANCIA.....	104
5.7.1.	Valoración de consecuencias	104
5.7.2.	Valoración de frecuencia	104
5.7.3.	Nivel de consecuencia y daños.....	105
5.7.4.	Aceptabilidad y/o tolerancia	105
5.7.5.	Prioridad de Intervención	106
5.7.6.	Medidas de Control.....	106
CAPITULO VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	107
6.1.	CONCLUSIONES	107
6.2.	RECOMENDACIONES	108
6.2.1.	Medidas estructurales.....	108
6.2.2.	Medidas no estructurales.....	109
BIBLIOGRAFÍA.....		110
ANEXOS.....		111
ANEXO A: MAPAS.....		112
ANEXO B: MATRICES SAATY		113



TABLAS

Tabla 1. Viviendas emplazadas en los distritos de Ranrahirca y Yungay	22
Tabla 2. Material Predominante en Viviendas Distritos de Ranrahirca y Yungay	23
Tabla 3. Viviendas de distritos Ranrahirca y Yungay	26
<i>Tabla 4. Unidades Geomorfológicas</i>	35
Tabla 5. Ponderación de parámetros y descriptores desarrollados por Saaty.	44
Tabla 6. Antecedentes de eventos aluvionales en la Cordillera Blanca.	45
Tabla 7. Comparación de pares del parámetro de evaluación.	47
Tabla 8. Matriz de normalización de la altura de flujo	47
Tabla 9. Índice de consistencia de la altura de flujo	47
Tabla 10. Población censada, por área urbana y rural y sexo, según distrito	49
Tabla 11. Viviendas particulares y colectivas, por área urbana y rural, según distrito	49
<i>Tabla 12. Población censada, por área urbana y rural y sexo, según distrito</i>	49
<i>Tabla 13. Viviendas particulares y colectivas, por área urbana y rural, según distrito</i>	49
Tabla 14. Población expuesta	50
Tabla 15. Viviendas expuestas	50
Tabla 16. Estructuras expuestas	50
Tabla 17. Factores de susceptibilidad	52
<i>Tabla 18. Intervalos y niveles del volumen de desprendimiento de avalanchas de roca y hielo</i>	53
Tabla 19. Comparación de pares del factor desencadenante	53
Tabla 20. Matriz de normalización del “Desencadenante - Volumen de Desembalse”	54
Tabla 21. Índice de consistencia del desencadenante	54
Tabla 22. Comparación de pares de factores condicionantes.	54
Tabla 23. Matriz de normalización del factor condicionante	55
Tabla 24. Índice de consistencia del factor condicionante	55
Tabla 25. Comparación de pares de las unidades geomorfológicas	55



Tabla 26. Matriz de normalización de la geomorfología	56
Tabla 27. Índice de consistencia de la geomorfología	56
Tabla 28. Comparación de pares de la pendiente.	56
Tabla 29. Matriz de normalización de la pendiente	57
Tabla 30. Índice de consistencia de la pendiente	57
Tabla 31. Comparación de pares de unidades geológicas.	57
Tabla 32. Matriz de normalización de la geología	58
Tabla 33. Índice de consistencia de la geología	58
Tabla 34. Comparación de Pares de las unidades geotécnicas	58
Tabla 35. Matriz de normalización de la geotecnia	59
Tabla 36. Índice de consistencia de la geotecnia	59
Tabla 37. Estratificación de la peligrosidad ante un posible aluvión	60
Tabla 38. Factores de vulnerabilidad y descriptores considerados en cada dimensión – viviendas	63
Tabla 39. Factores de vulnerabilidad y descriptores considerados en cada dimensión – estructuras	64
Tabla 40. Comparación de Pares de la Vulnerabilidad en Viviendas	64
Tabla 41. Matriz de Normalización de la Vulnerabilidad de Viviendas	64
Tabla 42. Índice de Consistencia de la Vulnerabilidad de Viviendas	64
Tabla 43. Comparación de Pares Análisis de la Vulnerabilidad Dimensión Social	65
Tabla 44. Matriz de Normalización de la Exposición (Impacto del Peligro)	65
Tabla 45. Comparación de Pares Exposición (Impacto al Peligro)	66
Tabla 46. Matriz de Normalización de la Exposición (Impacto del Peligro)	66
<i>Tabla 47. Índice de Consistencia de la Fragilidad Social</i>	66
Tabla 48. Comparación de Pares Fragilidad Social	67
Tabla 49. Matriz de Normalización de la Fragilidad Social	67
Tabla 50. Índice de Consistencia de la Fragilidad Social	68
Tabla 51. Comparación de Pares Resiliencia Social	68



<i>Tabla 52. Matriz de Normalización de la Resiliencia Social</i>	69
<i>Tabla 53. Índice de consistencia de la Resiliencia Social</i>	69
<i>Tabla 54. Comparación de Pares Exposición (Impacto al Peligro)</i>	70
Tabla 55. Matriz de Normalización de la Exposición (Impacto del Peligro)	70
Tabla 56. Índice de consistencia de la Exposición	70
Tabla 57. Comparación de Pares Fragilidad Física	71
Tabla 58. Matriz de Normalización de la Fragilidad Física	71
Tabla 59. Índice de consistencia de la fragilidad física	72
Tabla 60. Comparación de Pares Resiliencia física	72
Tabla 61. Matriz de normalización de la resiliencia física	72
Tabla 62. Índice de consistencia de la resiliencia física	73
Tabla 63. Comparación de Pares Exposición (Impacto al Peligro)	73
Tabla 64. Matriz de Normalización de la Exposición (Impacto del Peligro)	74
Tabla 65. Índice de consistencia de la Exposición	74
Tabla 66. Comparación de Pares Fragilidad Económica	74
Tabla 67. Matriz de normalización de la Fragilidad Económica	75
Tabla 68. Índice de consistencia de la fragilidad económica	75
Tabla 69. Comparación de Pares Resiliencia Económica	75
Tabla 70. Matriz de Normalización de la Resiliencia Económica	76
Tabla 71. Índice de consistencia de la resiliencia económica	76
<i>Tabla 72. Comparación de Pares Exposición (Impacto al Peligro)</i>	77
<i>Tabla 73. Matriz de Normalización de la Exposición (Impacto del Peligro)</i>	77
<i>Tabla 74. Índice de consistencia de la Exposición</i>	77
<i>Tabla 75. Comparación de Pares Fragilidad Ambiental</i>	78
<i>Tabla 76. Matriz de normalización de la Fragilidad Ambiental</i>	78
<i>Tabla 77. Índice de consistencia de la fragilidad ambiental</i>	78
<i>Tabla 78. Comparación de Pares Resiliencia Ambiental</i>	79



<i>Tabla 79. Matriz de normalización de la Resiliencia Ambiental</i>	79
<i>Tabla 80. Índice de consistencia de la Resiliencia Ambiental</i>	79
<i>Tabla 81. Consideraciones en la Evaluación de la Dimensión Física de las Estructuras</i>	80
<i>Tabla 82. Comparación de Pares Exposición (Impacto al Peligro)</i>	81
<i>Tabla 83. Matriz de Normalización de la Exposición (Impacto del Peligro)</i>	81
<i>Tabla 84. Índice de consistencia de la Exposición</i>	82
Tabla 85. Índice de consistencia de la fragilidad física	82
Tabla 86. Nivel de vulnerabilidad de viviendas	83
Tabla 87. Nivel de vulnerabilidad de estructuras	85
<i>Tabla 88. Nivel de vulnerabilidad de viviendas</i>	86
Tabla 89. Nivel de vulnerabilidad estratificado de estructuras	88
Tabla 90. Nivel de riesgo de viviendas en la UH Ranrahirca.	93
Tabla 91. Nivel del riesgo en estructuras en la UH Ranrahirca.	96
Tabla 92. Estratificado de los niveles de riesgo en viviendas en la UH Ranrahirca.	97
Tabla 93. Estratificado de los niveles de riesgo en estructuras en la UH Ranrahirca.	99
<i>Tabla 94. Estimación de Daños en Viviendas – por Tipo de Material de Pared</i>	103
<i>Tabla 95. Estimación de Daños en Viviendas – por Tipo de Material de Techo</i>	104
Tabla 96. Estimación de los costos de los efectos probables	104
Tabla 97. Valoración y nivel de la frecuencia de consecuencia	105
Tabla 98. Valoración y nivel de la frecuencia de ocurrencia	105
Tabla 99. Nivel de consecuencias y daños	106
Tabla 100. Aceptabilidad y tolerancia	106
Tabla 101. Prioridad y nivel de intervención	107



FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio	21
Figura 2. Algunas Infraestructuras Importantes en la UH Ranrahirca	23
Figura 3. Vista satelital del Pico norte del Nevado Huascarán	25
Figura 4. Mapa de unidades geotécnicas del área de estudio	28
<i>Figura 5. Depósitos fluviales emplazados en el cauce del Río Santa.</i>	29
<i>Figura 6. Depósitos aluviales emplazados en los márgenes del cauce del Río Santa.</i>	30
<i>Figura 7. Depósitos cuaternarios glaciáricos que conforman las morrenas laterales emplazadas en la parte media de la U.H. Ranrahirca.</i>	31
<i>Figura 8. Formación Yungay conformada por tobos blancas vítreas en la parte media de la U.H. Ranrahirca.</i>	32
<i>Figura 9. Afloramiento del Grupo Goyllarisquizga, constituido por una secuencia de areniscas cuarzosas.</i>	32
<i>Figura 10. Afloramiento ígneo intrusivo del Batolito de la Cordillera Blanca, abarcando el relieve montañoso en la parte alta de la U.H. Ranrahirca.</i>	33
Figura 11. Mapa de unidades geológicas del área de estudio	34
<i>Figura 12. Cauce del Río Santa</i>	36
<i>Figura 13. Morrena en la margen izquierda del Glaciar Peck 2, cerca del pico Norte del Nevado Huascarán.</i>	36
<i>Figura 14. Cono aluvional, emplazado en la parte baja de la U.H. Ranrahirca.</i>	37
<i>Figura 15. Relieve montañoso en roca sedimentaria, en la margen derecha del río Santa.</i>	38
<i>Figura 16. Relieve montañoso en roca ígnea intrusiva, con partes de cobertura glaciar.</i>	38
Figura 17. Mapa de unidades geomorfológicas del área de estudio.	40
Figura 18. Mapa de unidades pendientes del área de estudio.	42
Figura 19. Metodología para determinar los niveles de peligrosidad.	43
Figura 20. Cadena de procesos en el ambiente glaciar del Pico Norte del Nevado Huascarán.	46



Figura 21. Mapa de altura de flujo en el área de estudio	48
Figura 22. Mapa de elementos expuestos	51
Figura 23. Mapa de niveles de peligrosidad	61
<i>Figura 24. Metodología del análisis de la vulnerabilidad</i>	62
Figura 25. Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad de viviendas en la U.H Ranrahirca	83
<i>Figura 26. Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad de viviendas – Yungay</i>	83
<i>Figura 27. Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad de viviendas – Ranrahirca</i>	84
<i>Figura 28. Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad de viviendas - Matacoto</i>	84
Figura 29. Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad de estructuras en la U.H Ranrahirca	85
Figura 30. Mapa de vulnerabilidad de viviendas.	89
Figura 31. Mapa de vulnerabilidad de estructuras.	90
Figura 32. Metodología para el cálculo del riesgo.	92
<i>Figura 33. Flujograma para estimación de los niveles de riesgo</i>	93
<i>Figura 34. Distribución porcentual del nivel de riesgo de viviendas en la UH Ranrahirca.</i>	94
<i>Figura 35. Distribución porcentual del nivel de riesgo de viviendas - Yungay</i>	94
<i>Figura 36. Distribución porcentual del nivel de riesgo de viviendas - Ranrahirca.</i>	95
<i>Figura 37. Distribución porcentual del nivel de riesgo de viviendas - Matacoto</i>	95
<i>Figura 38. Distribución porcentual del nivel de riesgo de estructuras en la U.H Ranrahirca</i>	96
Figura 39. Mapa de riesgo de viviendas.	101
Figura 40. Mapa de riesgo de estructuras.	102
<i>Figura 41. Muros anclados, barreras dinámicas y barreras de disipación de la energía aluviónica</i>	109



RESUMEN EJECUTIVO

El Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña – INAIGEM, acorde a Ley, encargado de definir la política pública en glaciares y ecosistemas de montaña, en su Artículo 4, establece entre sus funciones y atribuciones la siguiente: “(…). f. *Estudiar y monitorear el comportamiento y evolución de los glaciares y ecosistemas de montaña y el efecto del cambio climático y otros factores de presión en los mismos y formular las medidas de prevención necesarias*”. A través de la Sub Dirección de Riesgos Asociados a Glaciares (SDRAG) de la Dirección de Investigación en Glaciares (DIG), ha desarrollado la “*Evaluación del riesgo por aluvión en la parte baja de la Unidad Hidrográfica Ranrahirca, provincia de Yungay, departamento de Ancash*”, tomando como documento orientador, 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, adaptándolo para el peligro de origen glaciar estudiado, enmarcado dentro de la gestión prospectiva y correctiva.

Para la evaluación de la susceptibilidad del área de influencia se analizaron los factores condicionantes y desencadenantes, considerando la geotecnia, geología, geomorfología y pendiente, como los factores que condicionan la magnitud del efecto ante un posible aluvión y el volumen de avalancha como factor desencadenante.

Para la determinación del volumen de la avalancha de roca-hielo y sedimentos añadidos en el trayecto del flujo en la Unidad Hidrográfica Ranrahirca (en adelante U.H. Ranrahirca), se consideró un escenario crítico de 119 millones de m³ de desprendimiento de hielo y roca (avalancha), que originaría un flujo de detritos (aluvión), cuya fuerza es disipada a lo largo de su trayecto.

Una vez definida el área de estudio, se realizaron los análisis de peligrosidad y vulnerabilidad, determinando niveles para cada uno de ellos, distribuidos de manera espacial, información base para la determinación y estratificación del riesgo por aluvión.

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, unidades geológicas, unidades geomorfológicas y de pendientes del terreno; los cuales fueron procesados por el método de ponderación Saaty, teniéndose como resultado la estratificación del peligro por aluvión.

Respecto del análisis de la vulnerabilidad de los elementos expuestos en el área de estudio, se han considerado las viviendas y estructuras principalmente. Para realizar el análisis de la vulnerabilidad de las viviendas se utilizaron las dimensiones social, física, económica y ambiental, tomando en cuenta los factores de fragilidad y resiliencia; en el caso de las estructuras, se utilizó la dimensión física, con los factores de exposición y fragilidad, como corresponde.



Habiéndose realizado la evaluación de riesgo por aluvión en la U. H Ranrahirca se identificó que los daños y/o pérdidas potenciales debido a la ocurrencia de dicho evento, representarán un costo económico estimado en S/ 350,378,089.47 soles, lo cual incluye costos de afectación de viviendas y estructuras. Para el cálculo se ha considerado la afectación de 4,889 viviendas con un costo de S/ 194,053,908.07 y 111 estructuras con un costo de S/ 156,324,181.40

Cabe precisar que, se ha priorizado el estudio de la parte baja de la subcuenca debido a que, es donde se localizan la mayor cantidad de elementos expuestos, conformados por 7,208 habitantes, 4,889 viviendas y 111 estructuras de importancia local, identificándose desde un riesgo bajo hasta un riesgo muy alto.

Como resultado de la evaluación del riesgo por aluvión de la U. H. Ranrahirca, se recomienda la ejecución de medidas estructurales y no estructurales, precisando con respecto a las medidas estructurales más relevantes como: la Implementación de un Sistema de Alerta Temprana (SAT), implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real del glaciar Peck 2 y entorno, implementación de un sistema de comunicación de alta tecnología; y la construcción de un sistema de estructuras de encausamiento y protección en ambas márgenes del río en las zonas críticas, teniendo en cuenta las zonas pobladas, a fin de disipar la energía de la masa aluviónica, y mitigar la afectación a los habitantes, viviendas y estructuras de importancia.



CAPÍTULO I GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña – INAIGEM es la institución encargada de definir la política pública en glaciares y ecosistemas de montaña; en el contexto descrito, la Subdirección de Riesgos Asociados a Glaciares (SDRAG) de la Dirección de Investigación en Glaciares (DIG), tienen por función realizar investigación aplicada en estudios de gestión del riesgo de desastres asociados a glaciares, con la finalidad de identificar y analizar los riesgos que se generan a partir del entendimiento de los peligros existentes en las subcuencas de origen glaciar, y conocer a las poblaciones y sus medios de vida que se encuentran vulnerables ante la amenaza o peligro potencial por aluvión, y con el resultado del análisis del riesgo, recomendar medidas de prevención y reducción del riesgo a los gobiernos regionales y locales que se localizan en los ámbitos de las cuencas, subcuencas y microcuencas priorizadas de origen glaciar a nivel nacional.

En ese contexto, se ha realizado el estudio de “Evaluación del Riesgo por Aluvión en la U.H Ranrahirca, provincia de Yungay, departamento de Ancash”, incorporando los análisis de Peligrosidad y Vulnerabilidad, con la determinación de los niveles respectivos, información base para la determinación de los niveles de riesgo; así también para el cálculo de los efectos probables determinando la valorización económica de las viviendas y estructuras que se encuentran expuestas.

Este documento técnico servirá para conocer el posible impacto del peligro de origen natural Aluvión en la parte baja de la subcuenca, permitirá identificar los elementos expuestos como población, viviendas y estructuras como puentes, canales de conducción, entre otros, y su nivel de vulnerabilidad; para así definir el nivel del riesgo que tendrían si ocurriera un aluvión. Posteriormente se recomendará la implementación de medidas estructurales y no estructurales, que permitan que la población y sus medios de vida a través de sus autoridades regionales y locales, puedan gestionar adecuadamente el riesgo en el que se localizan.

Es de resaltar, que el presente estudio ha sido realizado en base a la normativa nacional que establece el Centro Nacional de Estimación y Prevención del Riesgo de Desastres – CENEPRED, a través del Manual para la Evaluación del Riesgo Originado por Fenómenos Naturales, segunda edición, que se enmarca dentro de la gestión prospectiva y correctiva y dentro del proceso de estimación del riesgo.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Identificar y determinar los niveles de riesgos originados por un aluvión de origen glaciar en la U.H. Ranrahirca, ubicado en los distritos de Yungay y Ranrahirca, provincia de Yungay, departamento de Ancash, teniendo como área de estudio la huella de aluvión



resultado de la modelización de una avalancha de hielo y roca desde el pico norte del nevado Huascarán.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar y determinar los niveles de peligro y elaborar el mapa de peligro del área de influencia de un eventual aluvión.
- Analizar y determinar los niveles de vulnerabilidad, y elaborar el mapa de vulnerabilidad.
- Establecer los niveles del riesgo, elaborar el mapa de riesgos y recomendar la evaluación de la implementación de las medidas de prevención y/o reducción de riesgos correspondientes.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En nuestro país, una serie de eventos naturales han ocasionado pérdidas de vidas humanas y materiales, evidenciándose en el ámbito de las cordilleras glaciares múltiples eventos aluviónicos, que en algunos casos han sido por el desprendimiento de masas glaciares y de rocas (Aluvión de 1970 en Yungay) y en otros casos por desborde violento de lagunas (Aluvión 1941 en Palcacocha – Huaraz); es así que, es de gran importancia la realización de investigaciones relacionadas a ello.

La “Evaluación del Riesgo por Aluvión en las ciudades de Yungay y Ranrahirca, distritos de Yungay y Ranrahirca, provincia de Yungay, departamento de Ancash”, tiene por finalidad conocer el nivel del riesgo de los elementos expuestos y estimar los daños potenciales, dicha información nos permitirá determinar las acciones de prevención y/o reducción de riesgos que contribuyan al desarrollo sostenible de las poblaciones emplazadas en el ámbito de influencia y sus medios de vida; asimismo servirá de instrumento de gestión para la toma de decisión por las autoridades locales y regionales.

1.4. ANTECEDENTES

El aluvión de 1962, que afectó el poblado de Ranrahirca, se podría considerar como el primer gran aluvión de la era moderna en la Cordillera Blanca, debido a que es el primer evento de este tipo (grandes volúmenes y grandes velocidades) documentado científicamente en la zona. Este evento no tuvo un detonante externo (sismo, explosión, etc.) por lo que se considera que el desprendimiento de los bloques de hielos fue natural. El 10 de enero de 1962, a las 6:02 p.m., un desprendimiento de hielo y roca (roca granítica) de la sección SO del pico norte del nevado Huascarán (6 655 m.s.n.m.) originó un gran aluvión, alimentado incluso por las nieves y hielos del glaciar 511 que se encontraba 2 km más debajo de la zona de rotura. Al derretirse la nieve y mezclarse con las rocas y morrenas formó una gran masa aluviónica que continuó su rápido descenso por el cauce del río Ranrahirca llegando finalmente hasta su confluencia con el río Santa. Continuando aguas abajo (con dirección norte) llegó hasta el poblado de Caraz donde no causó daño alguno. A su paso, rumbo al río Santa, enterró completamente la pequeña ciudad de Ranrahirca y varios pueblos menores anexos a ésta.



El sismo ocurrido el 31 de mayo de 1970 (magnitud 7.9 Mw) frente a las costas de Chimbote en la región Ancash, fue uno de los sismos más destructivos del hemisferio occidental; es considerado como el de más alto rango entre los desastres mundiales. Dentro de un área de 65,000 Km², se calculó una pérdida de más de 40,000 vidas, 30,000 heridos (Ericksen & Plafker, 1978) y 186,000 edificaciones, en estado inhabitable, lo que significa el 80 % de todas las estructuras del área. El principal fenómeno asociado a este sismo fue el gran aluvión originado en el pico norte del nevado Huascarán con características similares al de 1962, pero de volumen considerablemente mayor. Como en el evento de 1962, la avalancha de 1970 fue originada por un desprendimiento de roca y hielo de la cara oeste del pico norte del nevado Huascarán.

En base a información secundaria de la subcuenca Ranrahirca, Cordillera Blanca-Ancash, realizadas comparaciones de fotografías del pico con modelos de elevación digital del terreno, determinan que la altura probable de la caída estuvo entre los 5,600 a 6,400 m.s.n.m.; asimismo estima un ancho del bloque desprendido de 350 m. Ghigliino (1970) estima un volumen de caída inicial de 14,000,000.0 m³, que se compone de 5,000,000.0 m³ de roca y 9,000,000.0 m³ de hielo, mientras que, Lliboutry (1975) estima una caída inicial de 7,000,000.0 a 8,000,000.0 m³ de roca y 1,000,000.0 m³ de hielo, con un volumen total de 8,000,000.0 a 9,000,000.0 m³, por otro lado, Plafker and Ericksen (1978) estiman un volumen total de 50,000,000.0 m³. Mediante simulaciones digitales del movimiento, se calculó un volumen máximo de 5,500,000.0 m³ (Evans et al, 2009).

1.5. MARCO NORMATIVO

- Decreto Supremo N° 038-2021 – PCM, Política Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres al 2050.
- Ley N° 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres-SINAGERD.
- Decreto Supremo N°48-2011-PCM, Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.
- Ley N°29869, Ley de Reasentamiento Poblacional para Zonas de Muy alto Riesgo No Mitigable.
- Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades
- Ley N° 27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales
- Resolución Ministerial N° 334-2012, que aprueba los Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación del Riesgo de Desastres
- Resolución Jefatural N°112-2014- CENEPRED/J, que aprueba el “Manual para la Evaluación de Riesgos originados por fenómenos Naturales” 2da Versión.



- Decreto Supremo N° 132-2017-EF, que aprueba conformación y funciones de la Comisión Multisectorial del “Fondo para intervenciones ante la ocurrencia de desastres naturales”, y dictan normas reglamentarias.
- Programa Presupuestal 068 - Reducción de Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Programa Nuestras Ciudades Atención de Emergencias por Desastres.
- Ley de Reasentamiento Poblacional para Zonas de Muy Alto Riesgo No Mitigable – Ley N° 29869).
- Lineamientos de la política para el Ordenamiento Territorial, aprobados por Resolución Ministerial N° 026-2010-MINAM.
- Guía metodológica para la elaboración de los instrumentos técnicos sustentatorios para el Ordenamiento Territorial, aprobada mediante Resolución Ministerial N° 135-2013-MINAM



CAPÍTULO II

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1. UBICACIÓN

2.1.1. Geográfica

El área de estudio comprende parte de los distritos de Ranrahirca y Yungay, provincia de Yungay, región Ancash, en la margen derecha del río Santa, a 2,470 m.s.n.m.

El Distrito de Ranrahirca limita:

Por el Norte: con el Distrito de Yungay

Por el Sur: con el Distrito de Mancos

Por el Este: con las faldas del imponente Nevado Huascarán.

Por el Oeste: con la Cordillera Negra.

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

Punto 1 (parte baja): Ubicación inferior del área de estudio

Coordenadas UTM

Este: 199,841.3 m
Norte: 8'984,330.8 m

Coordenadas Geográficas

Longitud: 77.740509° O
Latitud: 9.170586° S

Punto 2 (parte alta): Ubicación superior del área de estudio

Coordenadas UTM

Este: 210,928.9 m
Norte: 8'992,462.0 m

Coordenadas Geográficas

Longitud: 77.639313° O
Latitud: 9.102760° S

2.1.2. Política

El área de estudio se localiza políticamente:

UBIGEO

● Distritos	:	Ranrahirca	022006
		Yungay	022001
● Provincia	:	Yungay	0220
● Departamento	:	Ancash	02



2.1.3. Hidrográfica

El área de estudio se localiza hidrográficamente:

<u>Clasificación Strahler</u>		<u>Nombre</u>	<u>Clasificación Pfafstetter</u>
● Subcuenca	:	Ranrahirca	137692
● Cuenca	:	Santa	1376
● Vertiente	:	Pacífico	1



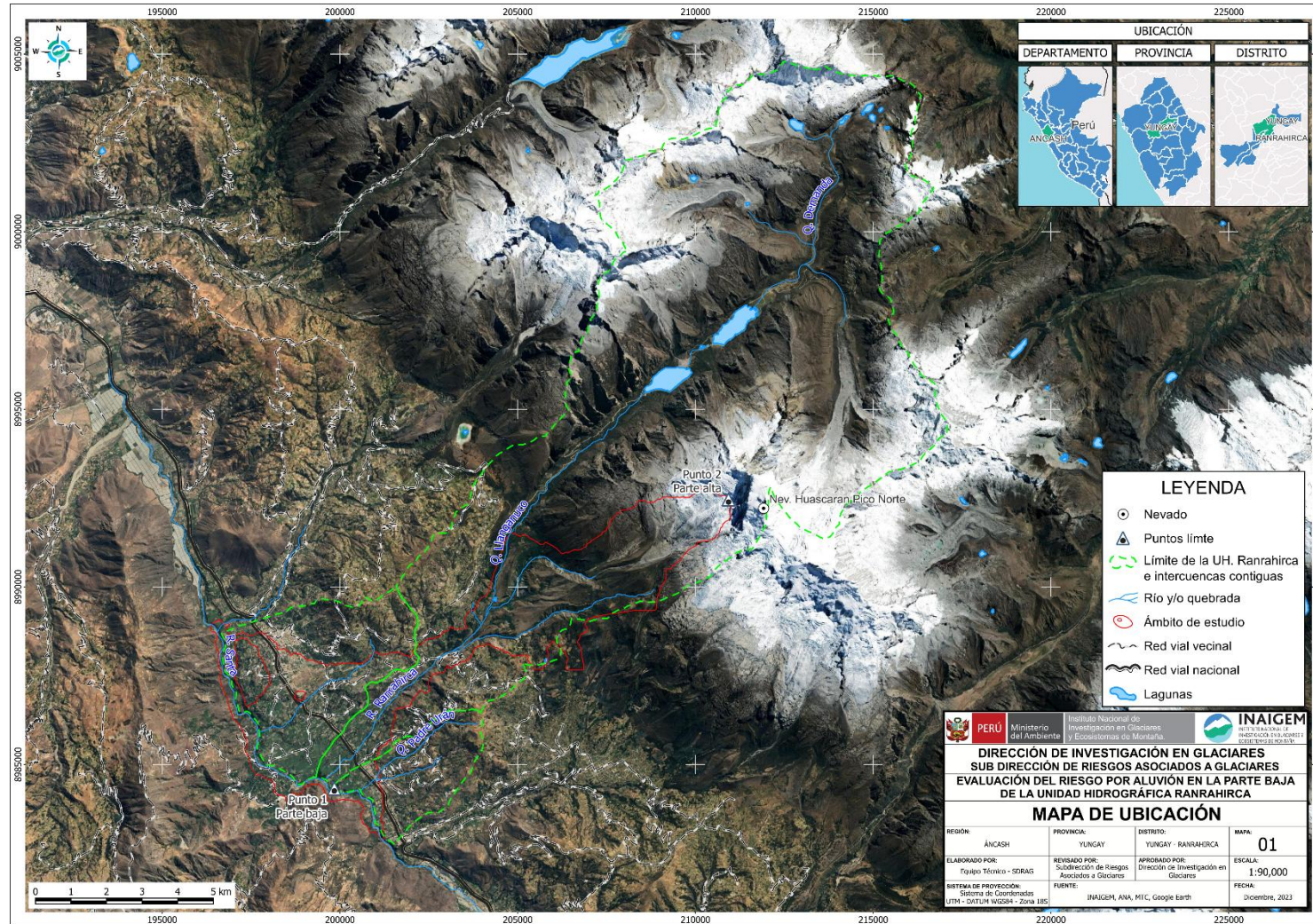
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio





2.2. VÍAS DE ACCESO

El acceso se puede realizar de dos maneras, por vía terrestre o combinando vía aérea y terrestre:

La ruta terrestre:

- Lima – Huaraz – Ranrahirca. La ruta combinada (aérea + terrestre)
- Vía aérea Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (Lima) – Aeropuerto comandante FAP Germán Arias Graziani (Anta) y terrestre Anta – Ranrahirca.

2.3. DESCRIPCIÓN SOCIAL

2.3.1. Población

La población en los distritos de Ranrahirca y Yungay, censada en las áreas urbana y rural 2017, son de 2,657 y 20,070 personas respectivamente.

Según el Censo del año 2017, en el distrito de Yungay predomina el grupo etario de 10 a 14 años lo cual representa el 9.20% de la población total de la provincia. Sin embargo, en el distrito de Ranrahirca predomina el grupo etario de 65 años a más, lo cual representa el 12.70% del total de la población y, en segundo lugar, se ubica el grupo etario de 5 a 9 años, lo cual representa el 9.72% de la población total del distrito.

2.3.2. Vivienda

Según el Censo del año 2017 el número de viviendas en el distrito de Yungay es de 8,046 viviendas, de las cuales 6,985 están ocupadas y 1,061 desocupadas.

En el distrito de Ranrahirca el número de viviendas es de 1,179, de las cuales 977 están ocupadas y 202 desocupadas.

Tabla 1. Viviendas emplazadas en los distritos de Ranrahirca y Yungay

DISTRITO	VIVIENDAS		
	Total	Ocupadas	Desocupadas
Yungay	8,046	6,985	1,061
Ranrahirca	1,179	977	202

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

Tabla 2. Material Predominante en Viviendas Distritos de Ranrahirca y Yungay

DISTRITO	TOTAL, DE VIVIENDAS PARTICULARES	TIPO DE MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES					
		Material noble		Material de adobe o tapia		Material precario	
		Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%
Yungay	5,495	913	16.6	4,450	81.0	68	1.2
Ranrahirca	761	80	10.5	675	88.7	5	0.7

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

2.3.3. Estructuras

Los distritos de Yungay y Ranrahirca cuentan con infraestructuras importantes, la misma que provee de servicios de transporte, servicios educativos, servicios, de salud, servicios recreativos, servicios básicos de agua y desagüe, infraestructura de riego y almacenamiento de agua, mercados, grifos, infraestructura deportiva, entre otros.

A continuación, se muestran algunos tipos de infraestructuras emplazadas en la zona de estudio, las cuales podrían ser afectadas por un posible aluvión.

Figura 2. Algunas Infraestructuras Importantes en la U.H. Ranrahirca




2.4. CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS

Las actividades económicas en la provincia de Yungay y el distrito de Ranrahirca, según el INEI son: la agricultura que concentra el 86% de la PEA, representando la principal actividad y de generación de empleo; la superficie agrícola alcanza 32,999 has, mientras que la superficie no agrícola representa 103,532 ha (pastos, forestales y otros); la segunda actividad más importante es la ganadería, donde la mayor población pecuaria es la de ganado ovino con 46,196 (5.2% de la región), ganado caprino con 29,725 (8.6% de la región) y el ganado vacuno con 13,155 (6.2% de la región); la tercera actividad más importante es el turismo, debido a que, el 80% de los turistas nacionales que visitan Ancash tienen como destino a Yungay. Por otra parte, el 80% de los turistas nacionales y extranjeros que visitan Ancash tienen como destino a Yungay, de los cuales el 73% corresponde a turistas nacionales y solo el 7% a turistas extranjeros; de ello solo el 30.36% pernoctan en la provincia por carecer de condiciones mínimas para atender a los visitantes.

El comercio, no constituye una actividad significativa en la provincia, la ciudad de Yungay actúa como centro de acopio de la producción de Yanama, Matacoto, Ranrahirca, Mancos y Yungay distrito. Cascapara y Shupluy comercializan con la provincia de Carhuaz y Quillo lo hace con la provincia de Casma mayormente.

2.5. DESCRIPCIÓN FÍSICA

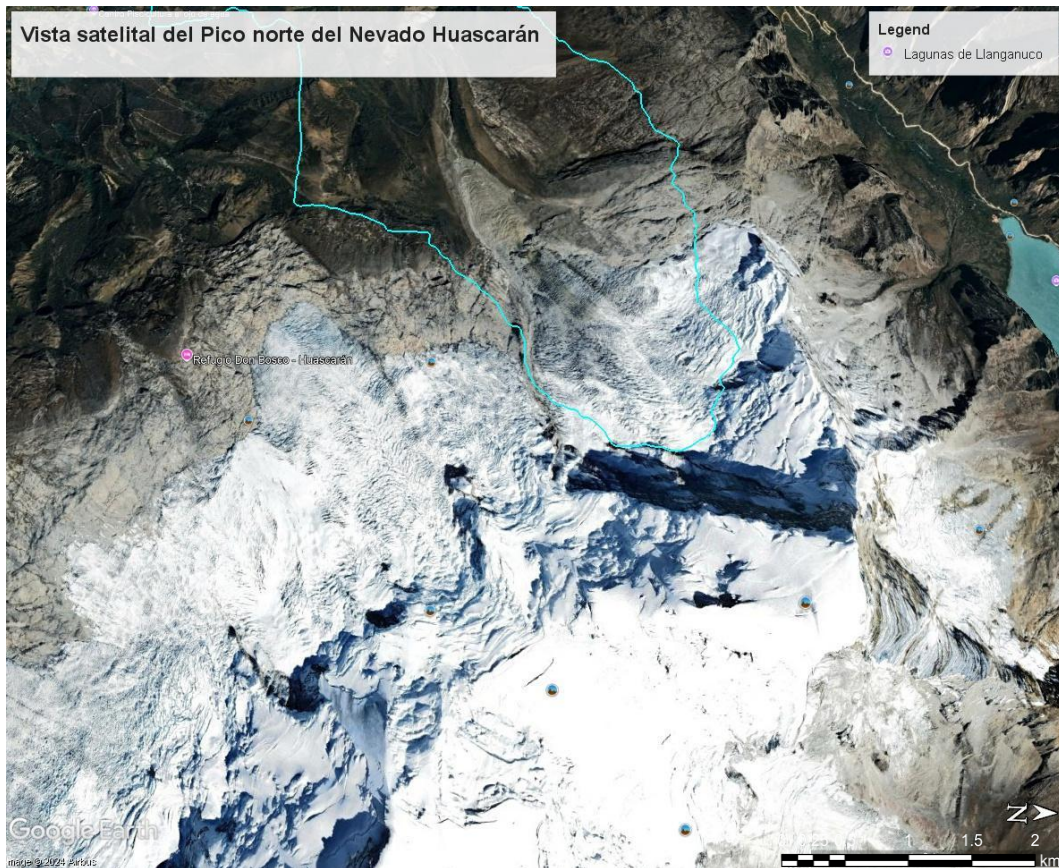
2.5.1. Descripción del Ámbito Glaciar

De acuerdo al Inventario Nacional de Glaciares (INAIGEM, 2018), el área de estudio se localiza en la zona norte de la cordillera Blanca, teniendo como ámbito glaciar, factores desencadenantes de un potencial aluvión que se podría originar mediante una avalancha de hielo y roca desde el Pico Norte del Nevado Huascarán hacia zonas bajas con presencia de numerosa población, los cuales forman parte de la génesis del aluvión. En función a la U.H. Ranrahirca, se muestran las características de las zonas de origen de los factores que pueden desencadenar un aluvión en el ámbito de estudio: comprendido por los glaciares Cancahua (6,184 m.s.n.m.), Huaytapallana (6,375 m.s.n.m.), Cook (6,375 m.s.n.m.), Jatunraju (6,375 m.s.n.m.), Pisco (5,681 m.s.n.m.), Kinzi / Chopicalqui (6,669 m.s.n.m.), Pirámide 1 (5,720 m.s.n.m.), Raymondi 1 (6,757 m.s.n.m.), Yanapaccha (5,366 m.s.n.m.), Schneider (6,757 m.s.n.m.) y Peck 2 (6,608 m.s.n.m.).

2.5.1.1. Nevado Huascarán

En la zona norte, las condiciones de esta área de estudio hacen muy inestable a los bloques glaciares, como lo es el Glaciar Peck 2, debido a la dinámica activa que presenta, lo que hace que el nivel de peligro de esta zona sea alto. De existir un colapso de parte del Pico Norte del Nevado Huascarán (Peck 2), ello afectaría de manera directa a infraestructuras y población asentada aguas abajo, puesto que masas de hielo y roca provenientes de la cara oeste del pico norte del Nevado Huascarán arrasarían con todo lo que encuentran a su paso.

Figura 3. Vista satelital del Pico norte del Nevado Huascarán



Fuente: Google Earth Pro (2023)

2.5.2. Unidades Geotécnicas

En la tabla 3, se describen las unidades geotécnicas correspondientes a la huella de aluvión desde el Glaciar Peck 2, ubicado en el Pico Norte del Huascarán, hasta la ciudad de Ranrahirca y Yungay. Estas unidades han sido descritas de acuerdo a sus características geológicas, morfológicas y geomecánicas.

2.5.2.1. Suelos

Estos suelos se han clasificado de acuerdo a sus características como edad geológica, composición, compacidad y consistencia; según las observaciones en campo en el área de estudio se identificaron Suelo de resistencia alta (S-II), Suelos de resistencia media (S-III), Suelos de resistencia baja (S-IV) y Suelos de resistencia muy baja (S-V).

Tabla 3. Viviendas de distritos Ranrahirca y Yungay

TIPO	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
SUELO	S-II	Suelo de resistencia alta
	S-III	Suelo de resistencia media
	S-IV	Suelo de resistencia baja
	S-V	Suelo de resistencia muy baja
ROCA	R-II	Roca de alta resistencia
	R-III	Roca de resistencia media
	R-IV	Roca de resistencia baja

Suelos de resistencia muy baja (S-V)

Constituidos por depósitos de baja consistencia, fácilmente removibles y de fácil arrastre. Corresponde a materiales inconsolidados originados por la meteorización que actúa sobre los afloramientos rocosos y por la dinámica fluvial, se caracterizan por presentar fragmentos de rocas angulosas a subangulosas, y cantos de forma redondeada a subredondeada formado en el cauce del río respectivamente, en ambos casos la cantidad de finos es escasa.

Suelos de resistencia baja (S-IV)

Es una unidad geotécnica clasificado como S-IV, constituido por material suelto, removibles y con una permeabilidad media-baja, encontrados en los márgenes del cauce del río Santa; caracterizados por presentar materiales granulares (bolonería, gravas y arena) compuestos por clastos heterométricos de naturaleza intrusiva y volcánica de forma redondeada a subredondeada, envueltos en una matriz fina. Es una unidad geotécnica con alta erosionabilidad y fácil arrastre, por tanto, de competencia baja y poco cohesivo.

Suelos de resistencia media (S-III)

Es una unidad geotécnica clasificada como S-III, constituida por material suelto, removibles y con una permeabilidad media, abarcando en una gran extensión en la parte baja de la U.H. Ranrahirca en forma de cono, sobre la cual se asientan las ciudades de Ranrahirca y Yungay; caracterizados por presentar bloques, bolonería y gravas de forma angulosa a subangulosa, compuestos por clastos heterométricos de naturaleza intrusiva, envueltos en una matriz fina. Las partículas de este suelo granular suelen comportarse de forma estable y resistente. Son suelos susceptibles a la erosión por escorrentía superficial. En general, es una unidad geotécnica de competencia media.



Suelos de resistencia alta (S-II)

Es una unidad geotécnica clasificada como S-II, corresponden a suelos de grano grueso caracterizados geológicamente como depósitos glaciáricos, compuestos por clastos en una matriz de arena a arcillo-limosa. Las partículas de este suelo granular suelen comportarse de forma estable y resistente, lo que se evidencia 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.

2.5.2.2. Basamento Rocoso

Se describió geotécnicamente las rocas, de acuerdo a las características físicas, mecánicas, litológicas y de competencia, pudiendo identificarse en el área de estudio rocas de resistencia alta (R-II), rocas de resistencia media (R-III) y Rocas de resistencia baja (R-IV).

Roca de resistencia baja (R-IV)

Es una unidad geotécnica clasificada como R-IV, conformada por un basamento rocoso de origen volcánico, constituido por tobas blancas vítreas, presentan una meteorización fuerte a moderada, con una resistencia media a baja. Esta unidad está presente en la parte media de la U.H. Ranrahirca en contacto con los depósitos glaciáricos.

Rocas de resistencia media (R-III)

Es una unidad geotécnica clasificada como R-III, conformada por un basamento rocoso de origen sedimentario detrítico y químico, constituido de areniscas cuarzosas y calizas gris oscuras, con una resistencia media a baja, presentan a su vez planos de estratificación, plano por el cual tienden a fracturarse, y un metamorfismo moderado.

Rocas de resistencia alta (R-II)

Es una unidad geotécnica clasificada como R-II, corresponde al basamento rocoso competente de naturaleza ígnea, constituido litológicamente por rocas intrusivas de naturaleza tonalita pertenecientes al Batolito de la Cordillera Blanca, se presentan en forma compacta, y tienen una resistencia y densidad media a alta, lo cual hace que este tipo de unidad sea una roca muy competente y de resistencia alta. Esta unidad está presente en la parte alta de la U.H. Ranrahirca, estando cubierta en parte por cobertura glaciaria.



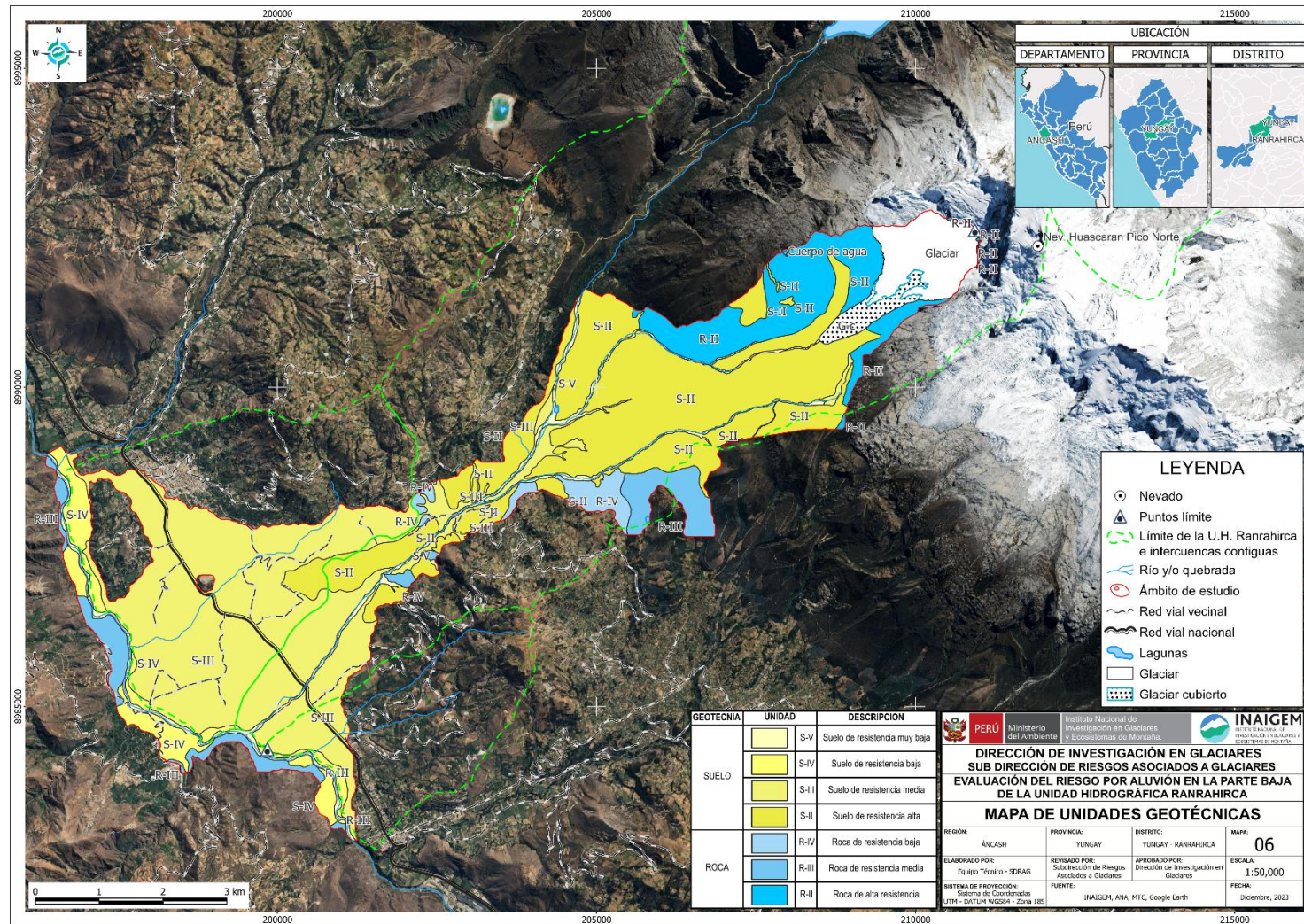
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Figura 4. Mapa de unidades geotécnicas del área de estudio



2.5.3. Unidades Geológicas

El área de estudio se localiza en la U.H. Ranrahirca, presenta afloramientos de origen ígneo perteneciente al Batolito de la Cordillera Blanca que afloran en la parte alta del área de estudio; asimismo se tiene rocas de origen sedimentario del Cretáceo Inferior que afloran en la parte media y baja, los cuales están constituidos por areniscas y calizas. A su vez en la parte media de la U.H. afloran rocas volcánicas de la Formación Yungay, constituidas principalmente de flujos volcánicos que pertenecen al Terciario, de edad Mioceno.

Dichas unidades rocosas, se encuentran a su vez cubiertos principalmente por materiales cuaternarios inconsolidados, de los cuales los depósitos aluvionales son los que se distribuyen en una mayor extensión, sobre todo en la parte baja. Los principales grupos de suelo y roca se han clasificado en dos grandes unidades: El depósito inconsolidado y el substrato rocoso.

2.5.3.1. Depósitos inconsolidados

Esta unidad agrupa a los depósitos poco o nada coherentes y consolidados con edad reciente, de extensión y grosor variable, conformados por material de litología heterogénea y heterométrica, depositados desde el Pleistoceno y Cuaternario reciente, y agrupados en función de su génesis (INGEMMET, 2019). A continuación, se describen las siguientes subunidades geológicas presentes en el área de estudio:

Depósitos fluviales (Q-fl)

Es la unidad geológica más reciente, originado directamente por la geodinámica fluvial, constituyen los materiales ubicados en el cauce actual del río Santa y quebradas afluentes de la U.H. Ranrahirca.

Figura 5. Depósitos fluviales emplazados en el cauce del Río Santa.



Estos depósitos están conformados por cantos y gravas redondeadas a subredondeadas envueltos en una matriz arenosa o limosa en menor cantidad; son depósitos inconsolidados hasta sueltos, fácilmente removibles y su permeabilidad es muy alta.

Depósitos coluviales (Q-co)

Corresponden a depósitos de origen gravitacional, productos del desprendimiento y caída por gravedad del material clástico a partir de la meteorización y alteración del macizo rocoso. Son depósitos no consolidados conformados por cantos y gravas subangulosas, mezclado con material fino en menor proporción, cuya naturaleza de clastos depende directamente del afloramiento rocoso cercano. Estos depósitos se ubican en las laderas de la zona colinosa.

Depósitos Aluviales (Q-al)

Corresponden a depósitos fluviales antiguos generados por la acción y depositación de la dinámica fluvial antigua del río Santa; actualmente se encuentran erosionados por el cauce actual. Estos depósitos están conformados por una mezcla heterogénea de bolones, gravas y arenas subredondeadas, presentan baja pendiente, y conforman las terrazas ubicadas en los márgenes del río Santa.

Figura 6. Depósitos aluviales emplazados en los márgenes del cauce del Río Santa.



Depósitos aluvionales (Q-alv)

Constituyen depósitos semiconsolidados generados por acción y depositación de aluviones ocurridos en diferentes épocas, y se asocian principalmente al cono deyectivo o aluviónico dejado sobre la ciudad de Ranrahirca y Yungay.

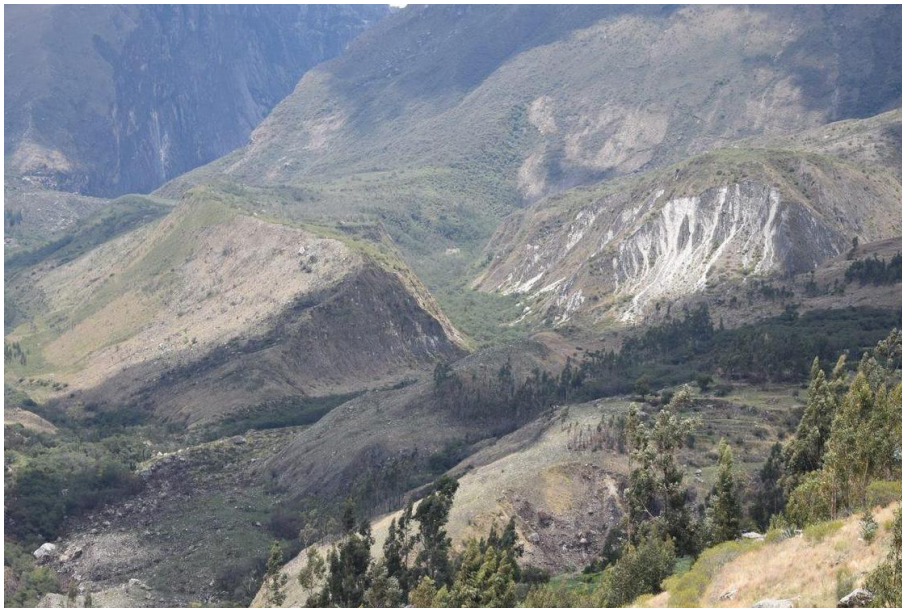
Estos depósitos están conformados por una mezcla heterogénea de bolonería, gravas y arenas, con material fino en menor proporción.

Depósitos glaciáricos (Q-gl)

Es una unidad geológica que forma parte de los depósitos cuaternarios. Corresponden a los depósitos acumulados directamente por la acción geodinámica de los glaciares, caracterizados por presentar un material heterogéneo sin estratificación, ni clasificación, envueltos en una matriz arenosa y limo arcilloso.

Son los depósitos no consolidados más antiguos que existen en la quebrada, se presentan en forma de morrenas, y están distribuidos desde la parte alta de la U.H. Ranrahirca hasta la parte media, donde termina el relieve colinoso.

Figura 7. Depósitos cuaternarios glaciáricos que conforman las morrenas laterales emplazadas en la parte media de la U.H. Ranrahirca.



2.5.3.2. 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 tres grandes grupos.

Formación Yungay (Nmp-yu)

Corresponde a una secuencia piroclástica, compuesto litológicamente por tobas blancas vítreas cristalina con cristales de cuarzo, biotita con matriz de feldespatos. Se encuentra distribuida en la parte media de la U.H. Ranrahirca está en contacto principalmente con depósitos cuaternarios.

Figura 8. Formación Yungay conformada por tobas blancas vítreas en la parte media de la U.H. Ranrahirca.



Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)

Corresponde a una secuencia sedimentaria detrítica y química conformada por las Formaciones Chimú, Santa y Carhuaz, las cuales están divididas en base a las características litológicas que presentan. De las cuales, las Formaciones Chimú y Santa son las que se emplazan en el área de estudio, ubicándose en la margen izquierda del Río Santa y en la parte media de la U.H: Ranrahirca.

Figura 9. Afloramiento del Grupo Goyllarisquizga, constituido por una secuencia de areniscas cuarzosas.



La Formación Chimú está constituida litológicamente por areniscas cuarzosas blanquecinas a grises de grano fino a medio, mientras la Formación Santa está conformada por calizas gris oscuras; conformando un relieve colinoso que se extiende en la zona de estudio.

Batolito de la Cordillera Blanca (Nm-bcb)

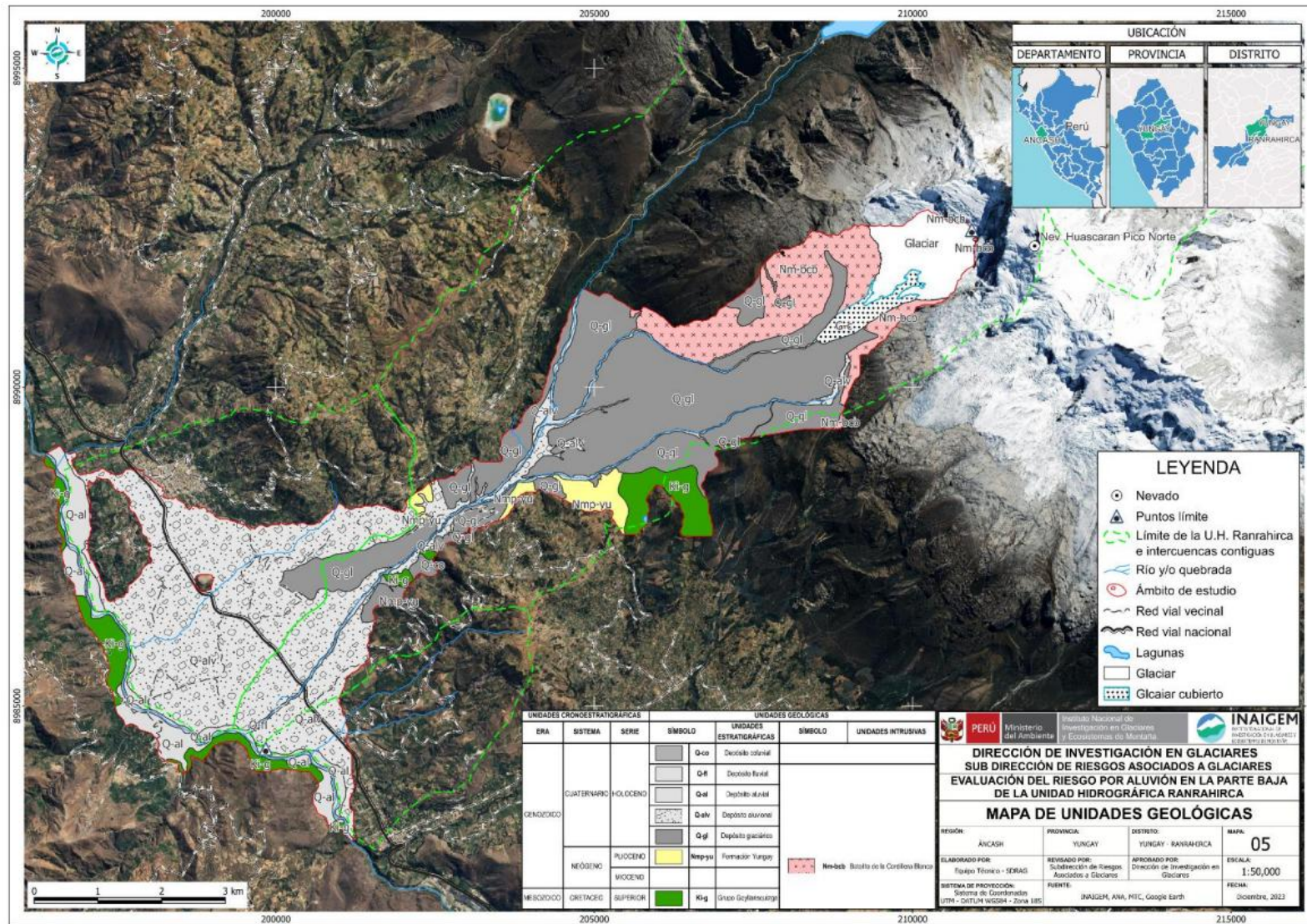
Es una unidad geológica conformada por rocas ígneas intrusivas, que se extiende en la parte alta de la U.H. Ranrahirca, en contacto directo con la cobertura glacial y el glaciar cubierto Peck 2. Los afloramientos de esta unidad presentan en mayor parte tonalitas y granodioritas de grano grueso.

Figura 10. Afloramiento ígneo intrusivo del Batolito de la Cordillera Blanca, abarcando el relieve montañoso en la parte alta de la U.H. Ranrahirca.





Figura 11. Mapa de unidades geológicas del área de estudio



2.5.4. Unidades Geomorfológicas

Las unidades geomorfológicas han sido agrupadas según su origen, características, ubicación y distribución geográfica; identificándose un total de 08 unidades geomorfológicas las cuales son descritas y detalladas a continuación:

Tabla 4. Unidades Geomorfológicas

GEOFORMAS	SUBUNIDAD	SIMBOLOGÍA
Geoformas de carácter degradacional	Relieve montañoso en roca intrusiva	RM-ri
	Relieve colinoso en roca volcánica	RC-rv
	Relieve colinoso en roca sedimentaria	RC-rs
Geoforma de carácter agradacional y depositacional	Morrenas	Ga-mo
	Cono aluvional	Ga-ca
	Terraza aluvial	Ga-ta
	Cono de detritos	Ga-cd
	Cauce	Ga-cc

2.5.4.1. Geoformas de carácter agradacional

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

Cono de detritos (Ga-cd)

Corresponden a las acumulaciones de material suelto que se presentan en las laderas de los afloramientos rocosos, con una terminación en forma de cono en la parte baja. Estas acumulaciones son producto de la gravedad y se asocian a los procesos de erosión de laderas.

Cauce (Ga-cc)

Es una geoforma agradacional construido por la geodinámica fluvial, el cual está relacionado directamente con la dinámica del río Ranrahirca y el río Santa. Las aguas superficiales del río Ranrahirca que cruzan longitudinalmente el área de estudio drenan desde la laguna Llanganuco y parte del pico norte del Nevado Huascarán; mientras que el río Santa pasa de forma transversal en la parte baja de la U.H. Ranrahirca. Su topografía está asociada a la pendiente del río, generando en algunas zonas, áreas de inundación.

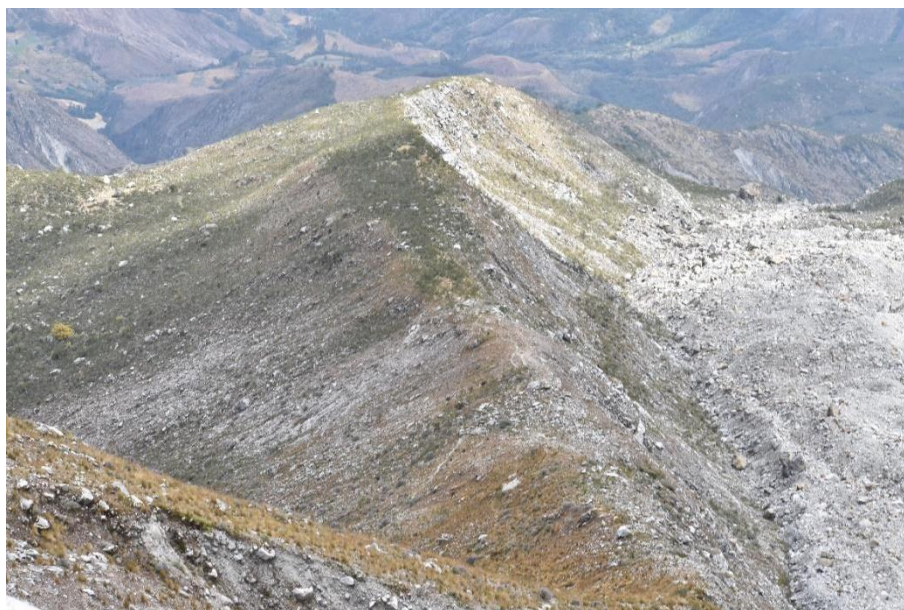
Figura 12. *Cauce del Rio Santa*



Morrenas (Ga-mo)

Las morrenas son geoformas agradacionales compuestas por depósitos glaciáricos, que se forman en el avance o retroceso glaciar, y dan evidencia paleo-climática de su extensión pasada. Su forma corresponde a elevaciones alargadas, ubicadas en las laderas de las montañas y en los fondos de valle.

Figura 13. *Morrena en la margen izquierda del Glaciar Peck 2, cerca del pico Norte del Nevado Huascarán.*



Terraza aluvial (Ga-ta)

Es una geoforma agradacional construida por la geodinámica antigua del río Santa, como resultado de las inundaciones pasadas o sus antiguos cauces. Presentan baja pendiente y se ubican en los márgenes laterales del cauce actual del río Santa, los cuales se ubican en la parte baja de la U.H. Ranrahirca.

Cono aluvional (Ga-ca)

Corresponde a una geoforma agradacional que se originó como resultado de los flujos de detritos o aluviones ocurridos en el pasado, principalmente los acontecidos en 1962 y 1970 en la zona de Yungay - Ranrahirca. Se presentan en forma de abanico o cono con un relieve de baja pendiente, emplazándose en todo el valle, desde donde termina el relieve colinoso hasta llegar al río Santa.

Figura 14. Cono aluvional, emplazado en la parte baja de la U.H. Ranrahirca.



2.5.4.2. Geoformas de carácter degradacional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005). Dentro de este grupo se tiene las siguientes unidades geomorfológicas:

Relieve colinoso en roca sedimentaria (Rc – rs)

Es una geoforma degradacional que forma parte del relieve erosivo que existe en el área de estudio. Las laderas sedimentarias están constituidas principalmente por areniscas y calizas que forman relieves erosionados, resistentes a la erosión fluvial, no se evidencia la formación de surcos. Esta unidad está ubicada en la margen izquierda del río Santa, así como en la parte media de la U.H. Ranrahirca.

Figura 15. Relieve montañoso en roca sedimentaria, en la margen derecha del río Santa.



Relieve montañoso en roca intrusiva (Rm – ri)

Es una geoforma degradacional que forma parte del relieve montañoso que existe en el área de estudio. Las laderas de montaña están constituidas principalmente por rocas ígneas intrusivas tales como granodiorita o tonalita, las cuales son poco susceptibles a la erosión hídrica y a los movimientos gravitacionales, entre otros. Esta unidad se emplaza en la parte alta de la U.H. Ranrahirca, en contacto directo con la cobertura glaciar.

Figura 16. Relieve montañoso en roca ígnea intrusiva, con partes de cobertura glaciar.



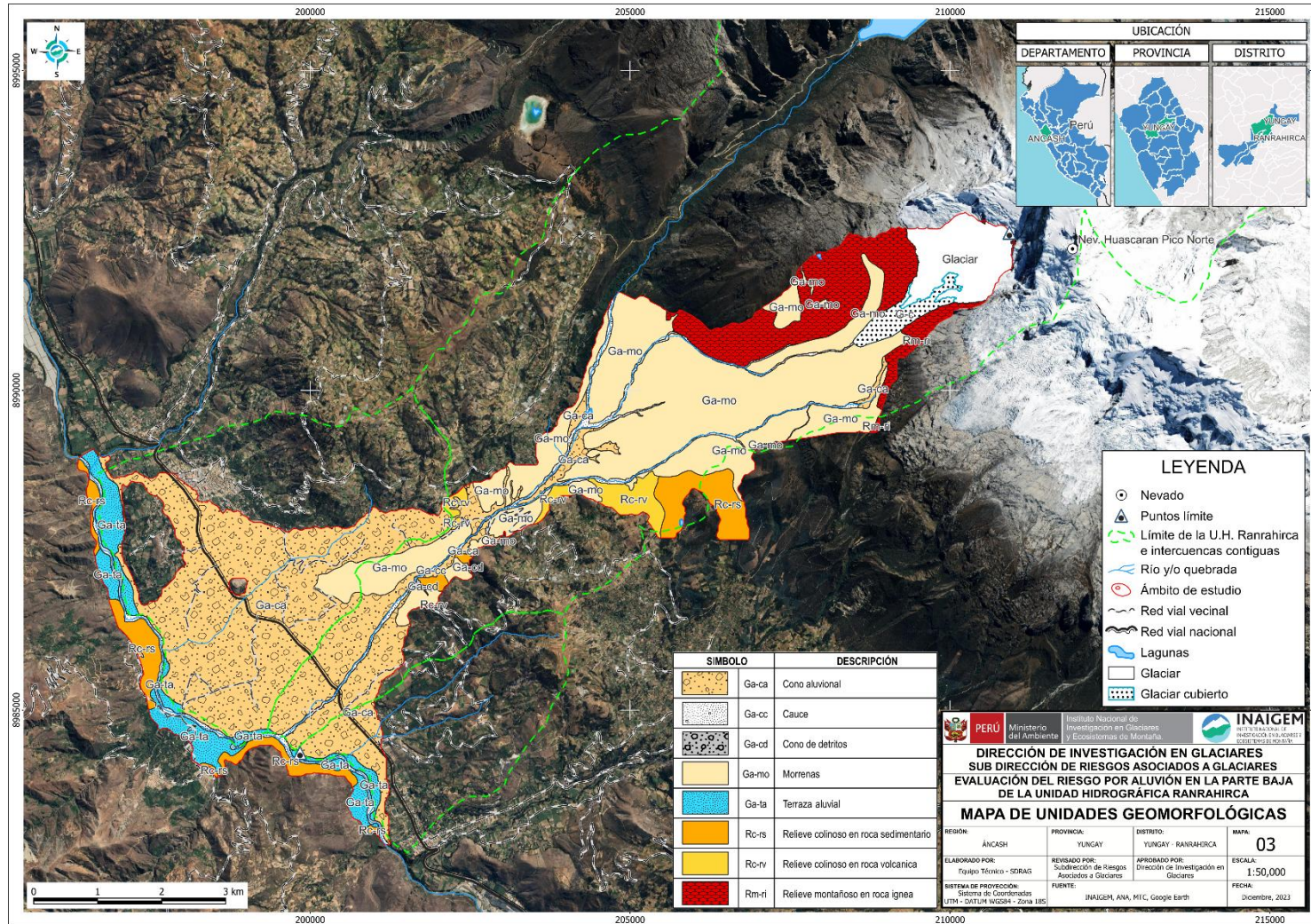


Relieve colinoso en roca volcánica (Rc – rv)

Es una geoforma degradacional que forma parte del relieve colinoso. Las laderas de colinas están constituidas principalmente por rocas volcánicas piroclásticas como tobas blancas, las cuales son susceptibles a la erosión pluvial y a los movimientos gravitacionales de material detrítico como flujos, caídas de roca, entre otros. Están ubicados en la parte media de la U.H. Ranrahirca.



Figura 17. Mapa de unidades geomorfológicas del área de estudio.





2.5.5. Pendientes

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; referente al ámbito de estudio las pendientes se han clasificado en cinco rangos principales.

Adaptado del reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor (Decreto supremo N°017-2009-AG) pendiente larga (e).

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%

Son 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

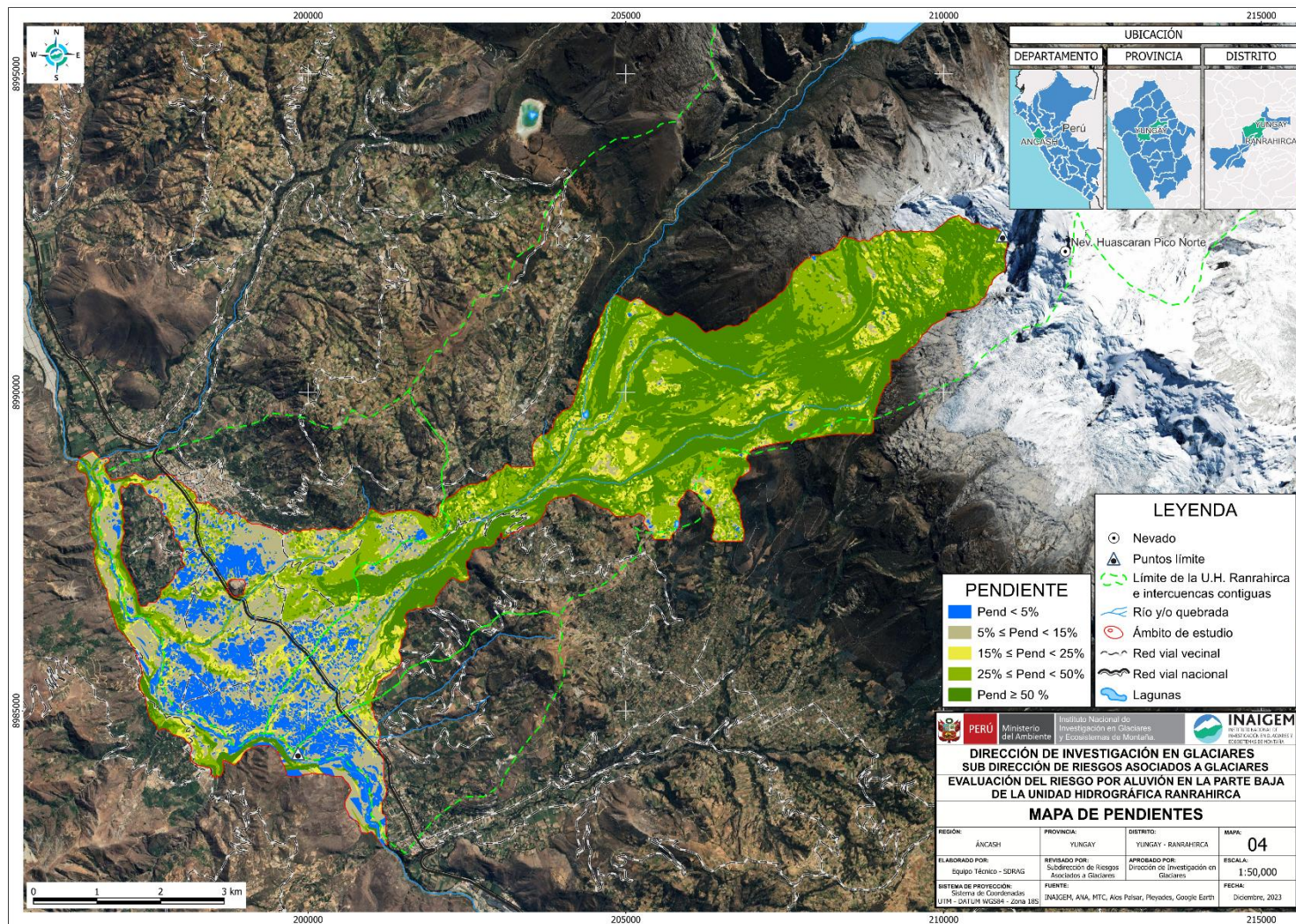
Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



“Decenio de la Igualdad de Oportunidad para Mujeres y Hombres”
“Año del Unidad, La Paz y el Desarrollo”

Figura 18. Mapa de unidades pendientes del área de estudio.

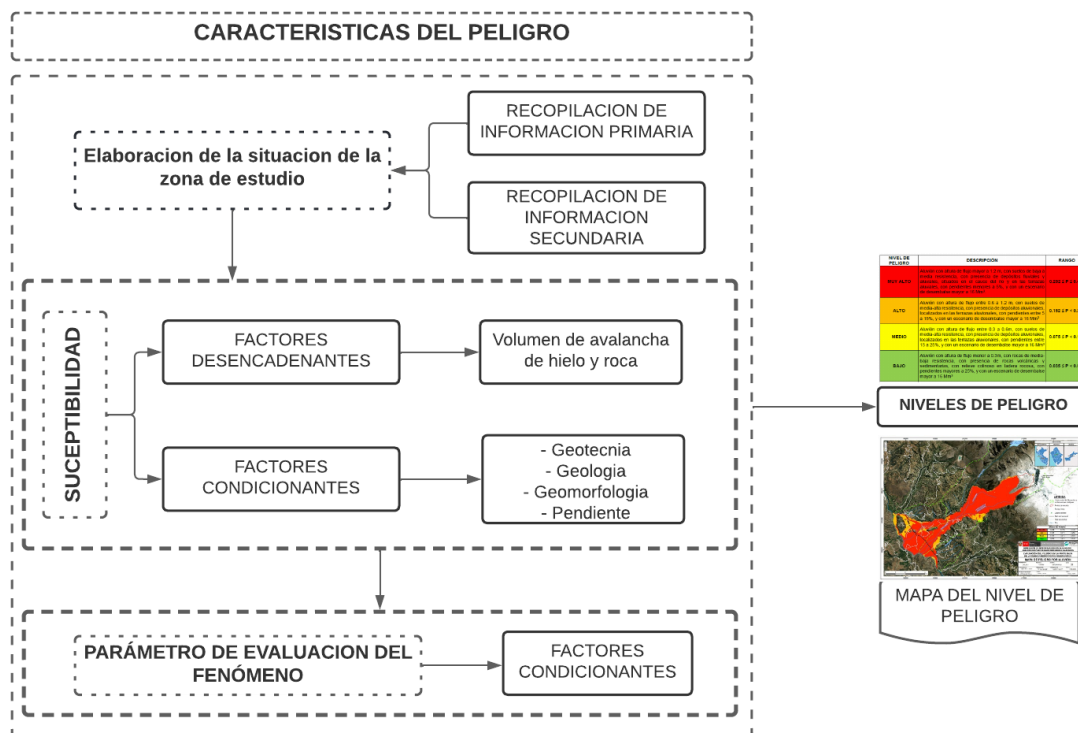


CAPÍTULO III ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD

3.1. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE LA PELIGROSIDAD

Para establecer la metodología para la determinación de los niveles de peligrosidad, se tomó como referencia la establecida en el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales, 2da. Versión, CENEPRED, ello adaptado a los peligros asociados a glaciares. ver figura 19.

Figura 19. Metodología para determinar los niveles de peligrosidad.



Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2014.

3.1.1. Metodología de Ponderación

Según el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2014) para la ponderación de los criterios, sub criterios y descriptores, utiliza el “Proceso de Análisis Jerárquico”, método multicriterio que permite incorporar criterios cuantitativos y cualitativos en aspectos sociales, económicos, físicos y ambientales, ello relacionado a población, viviendas e infraestructura de servicios, según corresponda, aspectos considerados en la Evaluación del Riesgo de Desastres.

Este método fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty (1980), técnica que permite la resolución de problemas multicriterio, multientorno y multiactores, incorporando en el modelo los aspectos tangibles e intangibles, así como el subjetivismo y la incertidumbre inherente en el proceso de toma de decisiones. En ese 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). La matriz que se forma es una matriz cuadrada es decir el mismo número de filas y columnas.

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 en la Tabla 5.

Tabla 5. Ponderación de parámetros y descriptores desarrollados por Saaty.

ESCALA NUMÉRICA	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 segundo.
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: Saaty (1980) citado por (CENEPRED, 2014).

3.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

Para el presente estudio se ha identificado como peligro originado por fenómenos de geodinámica externa, el aluvión, el cual a continuación lo describiremos:

Aluvión: Proceso geodinámico externo constituido por sedimentos clásticos heterogéneos, en cuanto a tamaño, forma y composición, depositados en las partes bajas de superficies preexistentes, principalmente en cuencas de origen glaciar. Otro concepto define como materiales sueltos ubicados en las márgenes de los valles o glaciares son arrancados por las aguas o hielos y depositados en los cambios de pendiente o conos de deyección (Dávila, 2011). La composición granulométrica y mineralógica, así como las características estructural-texturales varían ampliamente en función del régimen de los ríos, de la resistencia de las rocas a la erosión, de la cuenca hidrográfica y de las condiciones geomorfológicas generales (Lugo, 2011),

Cabe precisar que en nuestro país se han suscitado una serie de fenómenos de geodinámica externa, afectando a poblaciones y sus medios de vida. A continuación, se presentan antecedentes de aluviones en la Cordillera Blanca.

Tabla 6. Antecedentes de eventos aluvionales en la Cordillera Blanca.

AÑO	ALUVIÓN
20/01/1938	Aluvión en la quebrada Ulta, provincia de Carhuaz, por la ruptura de dique de la laguna Arteza.
13/12/1941	Aluvión de la laguna Palcacocha- Huaraz, ocasionando la pérdida aproximada de 4 a 5 mil vidas humanas.
16/06/1951	Aluvión en la laguna Artesoncocha – Laguna Parón.
28/10/1951	Aluvión en la laguna Artesoncocha – Laguna Parón.
10/01/1962	Avalancha del Nevado Huascarán Norte, destruyendo Ranrahirca y ocasionando la pérdida de 4000 vidas humanas.
31/05/1970	Aluvión en Yungay y Ranrahirca, lo cual ocasionó la pérdida de 18,000 vidas humanas.
20/05/1997	Se produjo la ruptura del dique de la laguna Artizón, provocando su desembalse, cuyo efecto fue amortiguado por la laguna Jatuncocha.
19/03/2003	Se suscita un derrumbe sobre la laguna Palcacocha, produciendo su desborde y arrastre de material a través del río, consecuentemente, el desabastecimiento temporal de agua potable en la ciudad de Huaraz (6 días).
11/04/2010	Avalancha sobre la laguna 513, ocasionando daños a diversas infraestructuras emplazadas aguas abajo.
08/02/2012	Se produjo la ruptura del dique de la laguna Artizón bajo, quebrada Santa Cruz, produciendo un aluvión, que llegó hasta la laguna Jatuncocha.
15/02/2015	Avalancha de hielo y roca del nevado Chequiaraju, la cual impacta sobre la laguna Huallcacocha.

Fuente: Revista “Lo que el agua se llevó”, (Wegner, 2014)

3.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS PELIGROS

3.3.1. Altura del flujo

La altura del flujo es el nivel máximo o profundidad máxima del aluvión registrado a partir de la simulación y calculado para cada espacio diferencial de la llanura de inundación y el abanico aluvional pre-existente; se ha obtenido a partir del modelamiento de

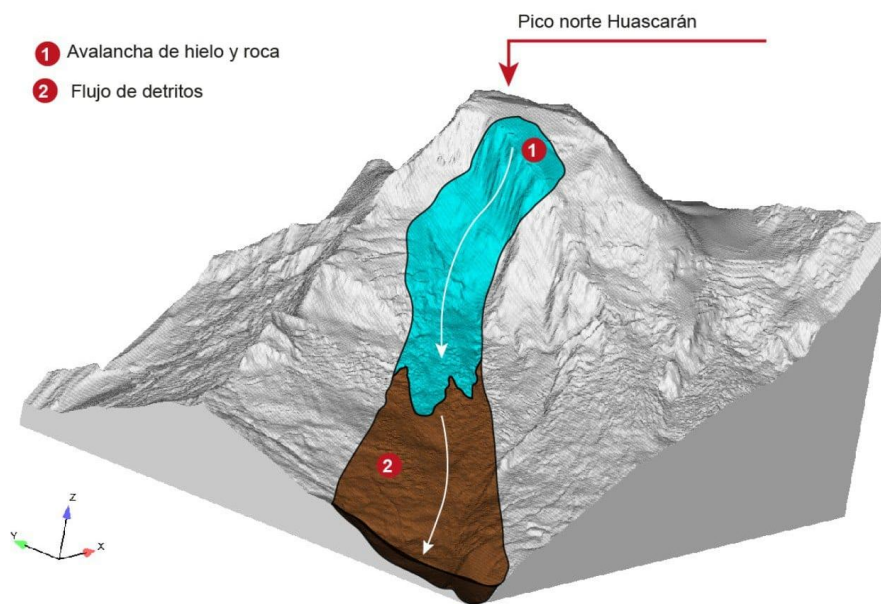
avalancha de hielo y roca desde el Pico Norte del Nevado Huascarán, en un escenario crítico (pesimista), generándose posterior a ello el flujo de detritos valle abajo.

Los datos de entrada considerados para el modelamiento de la inundación fueron: la topografía de la llanura de inundación a través de un modelo digital de elevación (DEM) con una resolución espacial de 4 m y el coeficiente de rugosidad de Manning uniforme para el área de estudio.

3.3.2. Modelamiento de la Cadena de Procesos

Los fenómenos originados en los glaciares tienen su cadena de procesos, correspondientes a: (1) avalanchas de roca y hielo, originado por el desprendimiento de masas de hielo y roca a consecuencia de la inestabilidad del macizo rocoso, pudiendo tener como desencadenante un sismo y (2) flujo de detritos formado por la combinación de los fragmentos de roca y agua (derretimiento de masas de hielo), tal como se muestra en la figura 20. Para la simulación de dicho flujo se empleó el modelo Flo-2d.

Figura 20. Cadena de procesos en el ambiente glaciar del Pico Norte del Nevado Huascarán.



3.3.3. 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.

A continuación, se muestran las tablas utilizadas con las variables de ponderación del indicador que permiten definir las características del peligro.

Tabla 7. Comparación de pares del parámetro de evaluación.

ALTURA DE FLUJO	Mayor a 1.2 m	De 0.6 a 1.2 m	De 0.3 a 0.6 m	De 0.1 a 0.3 m	Menor a 0.1 m
Mayor a 1.2 m	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
De 0.6 a 1.2 m	0.33	1.00	3.00	4.00	6.00
De 0.3 a 0.6 m	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
De 0.1 a 0.3 m	0.14	0.25	0.33	1.00	3.00
Menor a 0.1 m	0.11	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.75	9.53	15.33	24.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.07	0.04

Tabla 8. Matriz de normalización de la altura de flujo

ALTURA DE FLUJO	Mayor a 1.2 m	De 0.6 a 1.2 m	De 0.3 a 0.6 m	De 0.1 a 0.3 m	Menor a 0.1 m	Vector Priorización
Mayor a 1.2 m	0.560	0.632	0.524	0.457	0.375	0.509
De 0.6 a 1.2 m	0.187	0.211	0.315	0.261	0.250	0.245
De 0.3 a 0.6 m	0.112	0.070	0.105	0.196	0.208	0.138
De 0.1 a 0.3 m	0.080	0.053	0.035	0.065	0.125	0.072
Menor a 0.1 m	0.062	0.035	0.021	0.022	0.042	0.036

Tabla 9. Índice de consistencia de la altura de flujo

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.060
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)	RC	0.054



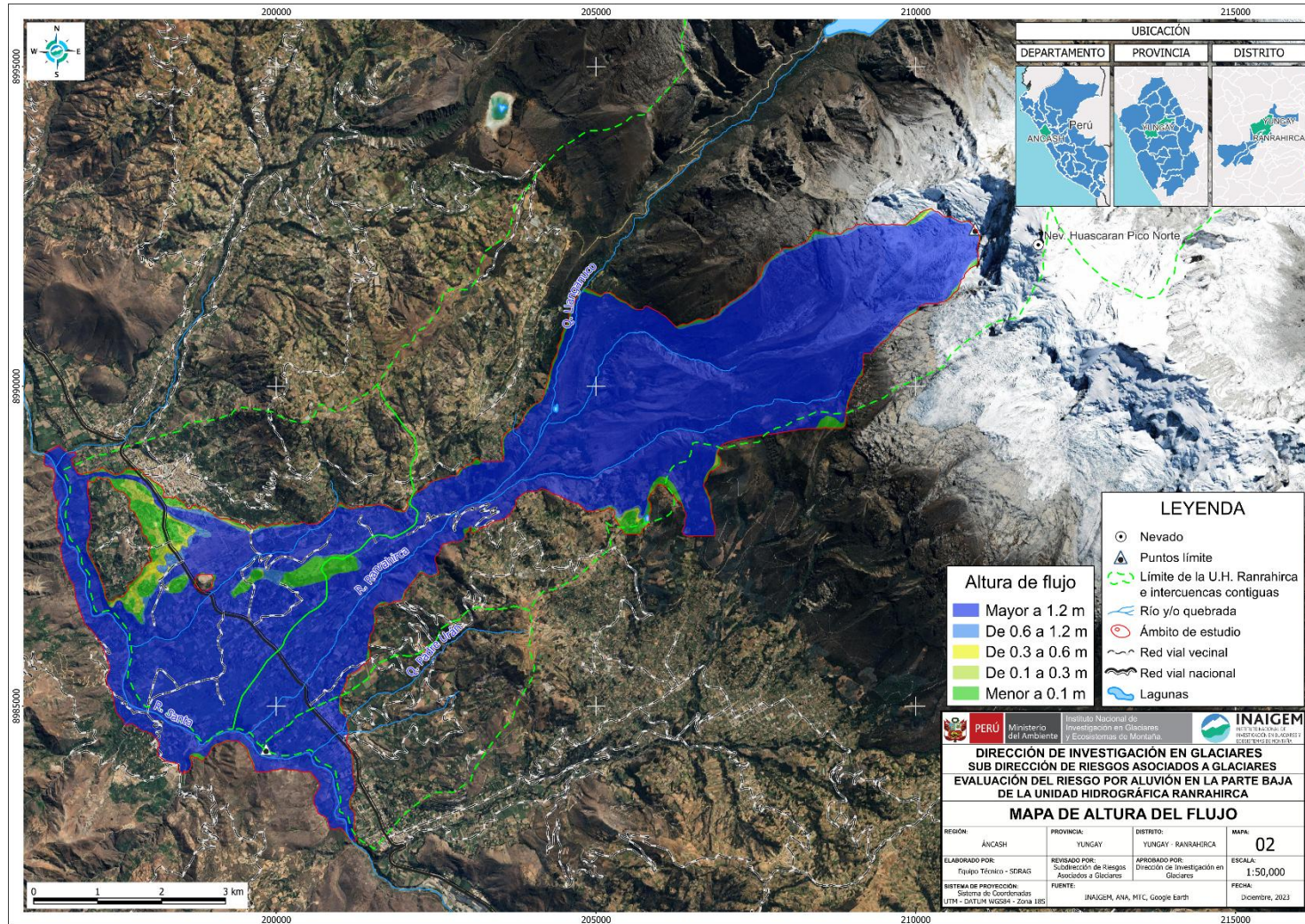
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Figura 21. Mapa de altura de flujo en el área de estudio



3.3.4. Identificación de los elementos expuestos

Los elementos expuestos en el área de influencia del aluvión de la Unidad Hidrográfica Ranrahirca, están constituidas por viviendas, población e infraestructuras importantes (puentes, canales de irrigación, plazas y otros).

Según el XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, tenemos los siguientes datos de los distritos de Ranrahirca y Yungay:

Distrito de Yungay:

Tabla 10. Población censada, por área urbana y rural y sexo, según distrito

Total	Hombres	Mujeres	Urbana	Hombres	Mujeres	Rural	Hombres	Mujeres
20070	9850	10220	9804	4820	4984	10266	5030	5236

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

Tabla 11. Viviendas particulares y colectivas, por área urbana y rural, según distrito

Total	Viv. Particulares	Viv. Colectivas	Urbana	Viv. Particulares	Viv. Colectivas	Rural	Viv. Particulares	Viv. Colectivas
19965	19611	354	9804	9450	249	10266	10161	105

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

Distrito de Ranrahirca

Tabla 12. Población censada, por área urbana y rural y sexo, según distrito

Total	Hombres	Mujeres	Urbana	Hombres	Mujeres	Rural	Hombres	Mujeres
2657	1307	1350	-	-	-	2657	1307	1350

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

Tabla 13. Viviendas particulares y colectivas, por área urbana y rural, según distrito

Total	Viv. Particulares	Viv. Colectivas	Urbana	Viv. Particulares	Viv. Colectivas	Rural	Viv. Particulares	Viv. Colectivas
2652	2632	22	-	-	-	10266	2632	22

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



Considerando esta información y la huella de inundación de un posible aluvión, la población, viviendas y estructuras expuestas, son detalladas en las tablas siguientes (Ver tablas 14, 15 y 16, y figura 22).

Tabla 14. Población expuesta

Elemento expuesto	Cantidad	Unidad de medida
Población	7208	Habitantes

Tabla 15. Viviendas expuestas

Elemento expuesto	Cantidad	Unidad de medida
Viviendas	4889	unidades

Tabla 16. Estructuras expuestas

Elemento expuesto	Cantidad	Unidad de medida
Estructuras	111	unidades



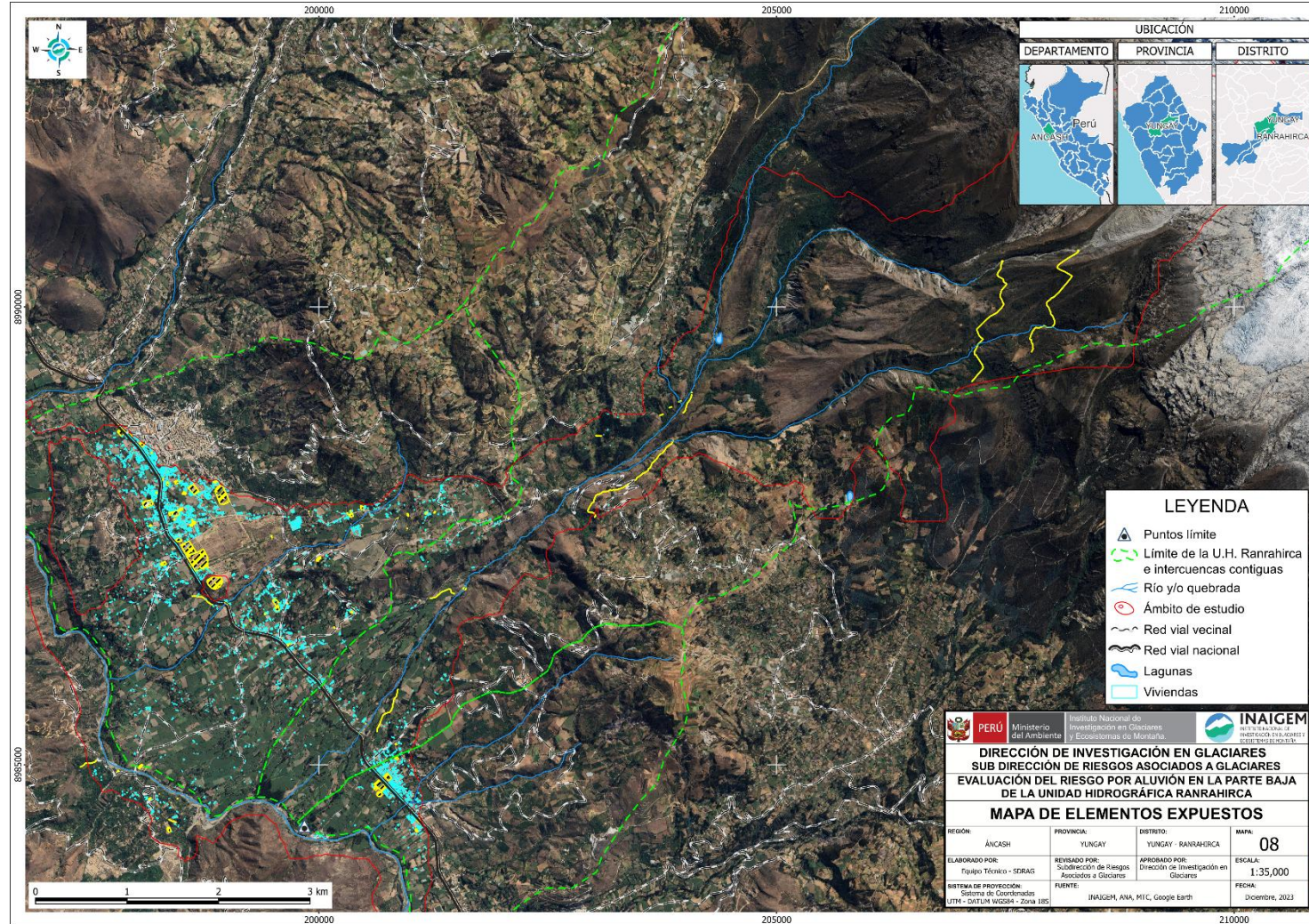
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Figura 22. Mapa de elementos expuestos



3.4. SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRITORIO

Para la evaluación de la susceptibilidad del área de influencia se analizaron los factores desencadenantes y condicionantes, los cuales se muestran en la siguiente tabla, mencionándose los factores involucrados que condicionan la magnitud del efecto ante un posible aluvión.

Tabla 17. 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, la avalancha de hielo y roca proveniente del pico norte del Nevado Huascarán hasta la parte baja de la Unidad Hidrográfica Ranrahirca.

3.5.1. Volumen del Avalancha

El volumen del material susceptible al desprendimiento en la zona del pico norte del Huascarán fue estimado mediante un análisis de los planos de falla en el macizo rocoso; asimismo, las secciones geológicas generadas con una topografía (DEM 4 m) permitieron identificar la zona susceptible, y ello considerado en el escenario del peligro ante su desprendimiento.

Tabla 18. Intervalos y niveles del volumen de desprendimiento de avalanchas de roca y hielo

ÍTEM	INTERVALO		NIVEL	DESCRIPCIÓN
	Millones de metros cúbicos (Mm ³), Volumen de avalancha de roca y hielo (Vo)			
1	< 25 Mm ³		TIPO I	Desprendimiento de roca y hielo con un volumen de bajo impacto a ecosistemas, medios de vida, infraestructuras y poblaciones, principalmente
2	25 Mm ³ ≤ Vo < 50 Mm ³		TIPO II	Desprendimiento de roca y hielo con un volumen de impacto medio a ecosistemas, medios de vida, infraestructuras y poblaciones, principalmente
3	50 Mm ³ ≤ Vo < 75 Mm ³		TIPO III	Desprendimiento de roca y hielo con un volumen de impacto alto a poblaciones, medios de vida, infraestructura y ecosistemas, principalmente
4	75 Mm ³ ≤ Vo < 100 Mm ³		TIPO IV	Desprendimiento de roca y hielo con un volumen de impacto muy alto a poblaciones, medios de vida, infraestructura y ecosistemas, principalmente
5	≥ 100 Mm ³		TIPO V	Desprendimiento de roca y hielo con un volumen de impacto extremo a poblaciones, medios de vida, infraestructura y ecosistemas, principalmente

3.5.2. Ponderación del volumen del Avalancha

Tabla 19. Comparación de pares del factor desencadenante

VOLUMEN DE AVALANCHA	≥ 100 Mm ³	75 Mm ³ ≤ Vo < 100 Mm ³	50 Mm ³ ≤ Vo < 75 Mm ³	25 Mm ³ ≤ Vo < 50 M m ³	< 25 Mm ³
≥ 100 Mm ³	1.00	2.0	4.0	6.0	8.0
75 Mm ³ ≤ Vo < 100 Mm ³	0.50	1.00	2.0	4.0	7.0
50 Mm ³ ≤ Vo < 75 Mm ³	0.25	0.50	1.00	3.0	5.0
25 Mm ³ ≤ Vo < 50 M m ³	0.17	0.25	0.33	1.00	3.0
< 25 Mm ³	0.13	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.042	3.893	7.533	14.333	24.000
1/SUMA	0.490	0.257	0.133	0.070	0.042

Nota M m³: Millones de metros cúbicos

Tabla 20. Matriz de normalización del “Desencadenante - Volumen de Desembalse”

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN	
-------------------------	--

VOLUMEN DE LA AVALANCHA	≥ 100 Mm ³	$75 \text{ Mm}^3 \leq V_o < 100$ Mm ³	$50 \text{ Mm}^3 \leq V_o < 75$ Mm ³	$25 \text{ Mm}^3 \leq V_o < 50$ Mm ³	< 25 Mm ³	Vector Priorización
≥ 100 Mm ³	0.490	0.514	0.531	0.419	0.333	0.4573
$75 \text{ Mm}^3 \leq V_o < 100$ Mm ³	0.245	0.257	0.265	0.279	0.292	0.2676
$50 \text{ Mm}^3 \leq V_o < 75$ Mm ³	0.122	0.128	0.133	0.209	0.208	0.1603
$25 \text{ Mm}^3 \leq V_o < 50$ Mm ³	0.082	0.064	0.044	0.070	0.125	0.0770
< 25 Mm ³	0.061	0.037	0.027	0.023	0.042	0.0379

Tabla 21. Índice de consistencia del desencadenante

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0340
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)	RC	0.0305

3.6. FACTORES CONDICIONANTES Y PONDERACIÓN

Los factores condicionantes son aquellos que se consideran relevantes y determinan que el fenómeno ocurra. Para este estudio los factores considerados como condicionantes son: geotecnia, geología, geomorfología y la pendiente.

Tabla 22. Comparación de pares de los factores condicionantes.

F. CONDICIONANTE	Geomorfología	Pendiente	Geología	Geotecnia
Geomorfología	1.00	3.00	5.00	9.00
Pendiente	0.33	1.00	3.00	7.00
Geología	0.20	0.33	1.00	3.00
Geotecnia	0.11	0.14	0.33	1.00
SUMA	1.644	4.476	9.333	20.000
1/SUMA	0.608	0.223	0.107	0.050

Tabla 23. Matriz de normalización del factor condicionante

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN					Vector Priorización
CONDICIONANTES	Geomorfología	Pendiente	Geología	Geotecnia	
Geomorfología	0.608	0.670	0.536	0.450	0.5660
Pendiente	0.203	0.223	0.321	0.350	0.2744
Geología	0.122	0.074	0.107	0.150	0.1133
Geotecnia	0.068	0.032	0.036	0.050	0.0463

Tabla 24. Índice de consistencia del factor condicionante

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0293
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.08 (*)	RC	0.0357

3.6.1. Unidades Geomorfológicas como Factor Condicionante

A continuación, se presenta el análisis de las unidades geomorfológicas como factor condicionante; cabe precisar que el orden considerado en la metodología de comparación por pares, obedece a la importancia para que las unidades condicionen al peligro.

Tabla 25. Comparación de pares de las unidades geomorfológicas

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	Ga-ca	Ga-cd / Ga-mo	Ga-ta / Ga-cc	Rc-rv / Rc-rs	Rm-ri
Ga-ca	1.00	2	3	4	9
Ga-cd / Ga-mo	0.50	1.00	3	4	5
Ga-ta / Ga-cc	0.33	0.33	1.00	2	6
Rc-rv / Rc-rs	0.25	0.25	0.50	1.00	3
Rm-ri	0.11	0.20	0.17	0.33	1.00
SUMA	2.194	3.783	7.667	11.333	24.000
1/SUMA	0.456	0.264	0.130	0.088	0.042

Tabla 26. Matriz de normalización de la geomorfología

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						Vector Priorización
UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	Ga-ca	Ga-cd / Ga-mo	Ga-ta / Ga-cc	Rc-rv / Rc-rs	Rm-ri	
Ga-ca	0.456	0.529	0.391	0.353	0.375	0.4207
Ga-cd / Ga-mo	0.228	0.264	0.391	0.353	0.208	0.2889
Ga-ta / Ga-cc	0.152	0.088	0.130	0.176	0.250	0.1594
Rc-rv / Rc-rs	0.114	0.066	0.065	0.088	0.125	0.0917
Rm-ri	0.051	0.053	0.022	0.029	0.042	0.0393

Tabla 27. Índice de consistencia de la geomorfología

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0436
------------------------	----	--------

RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)	RC	0.0391
---------------------------------------	----	--------

3.6.2. Unidades de Pendientes como Factor Condicionante

A continuación, se presenta el análisis de las unidades de pendientes como factor condicionante; cabe precisar que el orden considerado en la metodología de comparación por pares, obedece a la importancia para que las unidades condicionen al peligro.

Tabla 28. Comparación de pares de la pendiente.

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
UNIDADES DE PENDIENTE	P < 5%	5% ≤ P < 15%	15% ≤ P < 25%	25% ≤ P < 50%	P ≥ 50 %
P < 5%	1.00	3	5	6	7
5% ≤ P < 15%	0.33	1.00	2	3	5
15% ≤ P < 25%	0.20	0.50	1.00	2	3
25% ≤ P < 50%	0.17	0.33	0.50	1.00	2
P ≥ 50 %	0.14	0.20	0.33	0.50	1.00
SUMA	1.843	5.033	8.833	12.500	18.000
1/SUMA	0.543	0.199	0.113	0.080	0.056

Tabla 29. Matriz de normalización de la pendiente

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						Vector Priorización
UNIDADES DE PENDIENTE	P < 5%	5% ≤ P < 15%	15% ≤ P < 25%	25% ≤ P < 50%	P ≥ 50 %	
P < 5%	0.543	0.596	0.566	0.480	0.389	0.5147
5% ≤ P < 15%	0.181	0.199	0.226	0.240	0.278	0.2247
15% ≤ P < 25%	0.109	0.099	0.113	0.160	0.167	0.1295
25% ≤ P < 50%	0.090	0.066	0.057	0.080	0.111	0.0809
P ≥ 50 %	0.078	0.040	0.038	0.040	0.056	0.0501

Tabla 30. Índice de consistencia de la pendiente

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0217
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)	RC	0.0195

3.6.3. Unidades Geológicas como Factor Condicionante

A continuación, se presenta el análisis de las unidades geológicas como factor condicionante; el orden considerado en la metodología de comparación por pares, obedece a la relevancia de que estas unidades condicionan al peligro.

Tabla 31. Comparación de pares de las unidades geológicas.

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
UNIDADES GEOLÓGICAS	Q-co / Q-fl / Q-al	Q-alv	Q-gl	Nmp-yu	Ki-g / Nm-bcb
Q-co / Q-fl / Q-al	1.00	2	3	4	6
Q-alv	0.50	1.00	2	3	5
Q-gl	0.33	0.50	1.00	2	4
Nmp-yu	0.25	0.33	0.50	1.00	2
Ki-g / Nm-bcb	0.17	0.20	0.25	0.50	1.00
SUMA	2.250	4.033	6.750	10.500	18.000
1/SUMA	0.444	0.248	0.148	0.095	0.056

Tabla 32. Matriz de normalización de la geología

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						Vector Priorización
UNIDADES GEOLÓGICAS	Q-co / Q-fl / Q-al	Q-alv	Q-gl	Nmp-yu	Ki-g / Nm-bcb	
Q-co / Q-fl / Q-al	0.444	0.496	0.444	0.381	0.333	0.4198
Q-alv	0.222	0.248	0.296	0.286	0.278	0.2660
Q-gl	0.148	0.124	0.148	0.190	0.222	0.1666
Nmp-yu	0.111	0.083	0.074	0.095	0.111	0.0948
Ki-g / Nm-bcb	0.074	0.050	0.037	0.048	0.056	0.0528

Tabla 33. Índice de consistencia de la geología

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0159
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)	RC	0.0142

3.6.4. Unidades Geotécnicas como Factor Condicionante

A continuación, se presenta el análisis de las unidades geotécnicas como factor condicionante; el orden considerado en la metodología de comparación por pares, obedece al orden en que estas condicionan al peligro.

Tabla 34. Comparación de Pares de las unidades geotécnicas

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
UNIDADES GEOTÉCNICAS	S-V / S-IV	S-III	S-III	R-IV	R-II / R-III
S-V / S-IV	1.00	2	3	5	7
S-III	0.50	1.00	2	4	6
S-III	0.33	0.50	1.00	3	6
R-IV	0.20	0.25	0.33	1.00	2
R-II / R-III	0.14	0.17	0.17	0.50	1.00
SUMA	2.176	3.917	6.500	13.500	22.000
1/SUMA	0.460	0.255	0.154	0.074	0.045

Tabla 35. Matriz de normalización de la geotecnia

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						Vector Priorización
UNIDADES GEOTÉCNICAS	S-V / S-IV	S-III	S-III	R-IV	R-II / R-III	
S-V / S-IV	0.460	0.511	0.462	0.370	0.318	0.4240
S-III	0.230	0.255	0.308	0.296	0.273	0.2724
S-III	0.153	0.128	0.154	0.222	0.273	0.1859
R-IV	0.092	0.064	0.051	0.074	0.091	0.0744
R-II / R-III	0.066	0.043	0.026	0.037	0.045	0.0433

Tabla 36. Índice de consistencia de la geotecnia

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0273
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)	RC	0.0245

3.7. ESTRATIFICACIÓN DE LA PELIGROSIDAD

Las zonas de peligro pueden estratificarse en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto, cuyas características y su valor correspondiente se detallan a continuación.

Tabla 37. Estratificación de la peligrosidad ante un posible aluvión

NIVEL DE PELIGRO	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTO	Aluvión con altura de flujo de 0.60 a 1.20 y mayor a 1.2m, con geoforma de cono aluvial y/o cono de detritos y morrenas, con pendientes menores a 5% y/o entre 5% y 15%, con presencia de depósito coluvial / depósito fluvial / depósito aluvial y/o depósito aluvial, suelos de resistencia muy baja, baja y/o media y con avalanchas de hielo y roca mayores a 100 Mm ³ originadas desde el pico norte del nevado Huascarán.	$0.2880 \leq P \leq 0.4665$
ALTO	Aluvión con altura de flujo entre 0.3 a 0.6m y 0.6 a 1.2 m, con geoforma cono de detritos y morrenas y/o terraza aluvial y cauce, con pendientes entre 5% y 25%, con presencia de depósitos aluvial y/o depósito glaciárico, con suelos de resistencia media a resistencia alta; con avalanchas de hielo y roca mayores a 100 Mm ³ originadas desde el pico norte del nevado Huascarán.	$0.1749 \leq P < 0.2880$
MEDIO	Aluvión con altura de flujo entre 0.1 a 0.1 y 0.3 a 0.6m, relieve colinoso en roca volcánica / roca sedimentaria y/ relieves montañosos en roca intrusiva, con pendientes entre 15% y 50%, presencia de suelo de resistencia alta y roca de resistencia baja, con avalanchas de hielo y roca mayores a 100Mm ³ originadas desde el pico norte del nevado Huascarán.	$0.1102 \leq P < 0.1749$
BAJO	Aluvión con altura de flujo menor a 0.3m, con geoforma con relieve colinoso en roca volcánica / roca sedimentaria y/o relieve montañoso en roca intrusiva y con pendientes mayores a 25%, con unidades geológicas de la Formación Yungay, Batolito de la Cordillera Blanca y Grupo Goyllarisquizga, con roca de baja, media y alta resistencia, con avalanchas de hielo y roca mayores a 100 Mm ³ originadas desde el nevado Huascarán pico norte.	$0.0762 \leq P < 0.1102$

3.8. MAPA DE NIVELES DE PELIGROSIDAD

Considerando los niveles de peligro determinados se construyó el mapa de peligros por aluvión en la parte baja de la U.H. Ranrahirca a escala 1/25 000, el cual se muestra en la Figura 23.



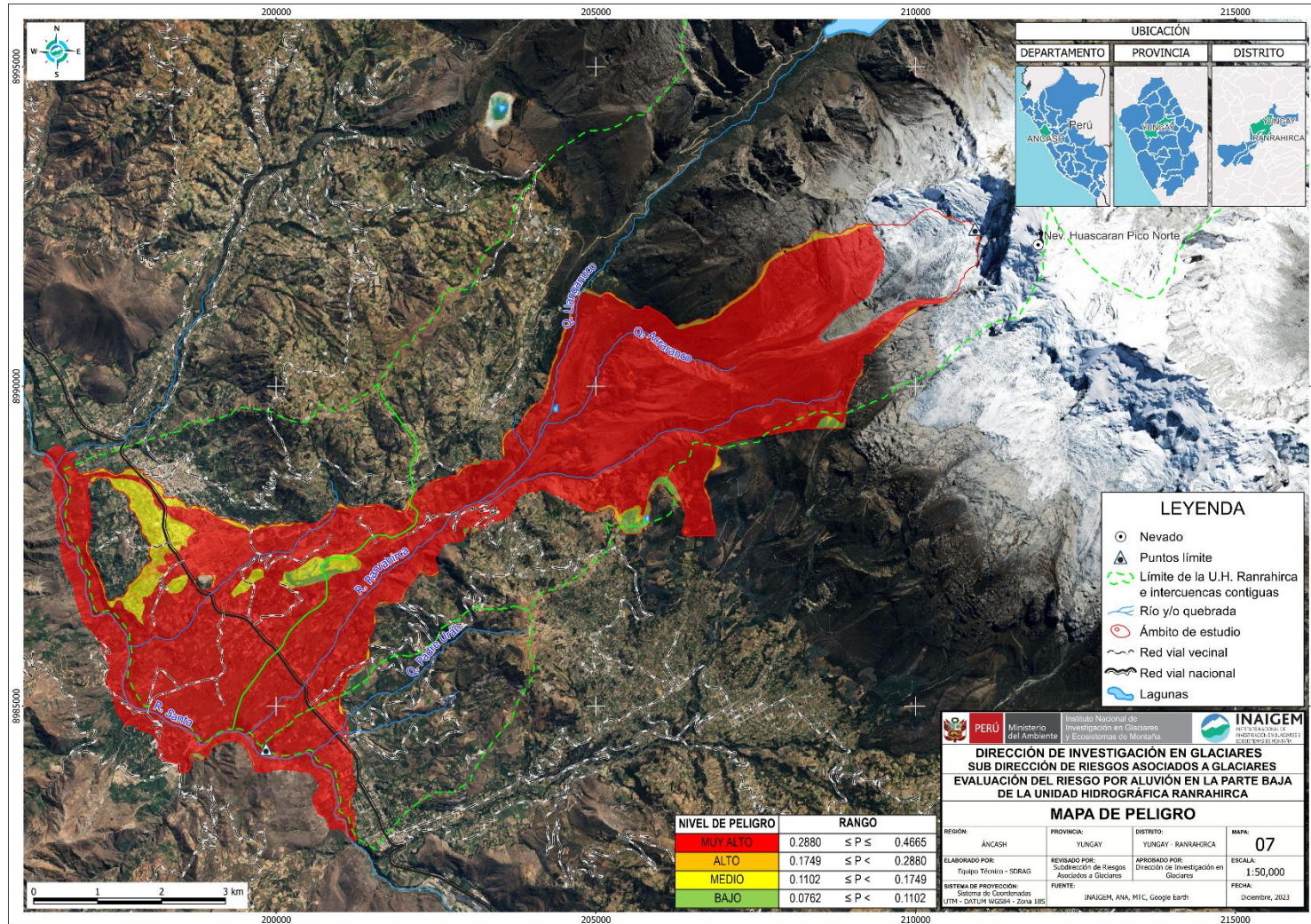
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Figura 23. Mapa de niveles de peligrosidad

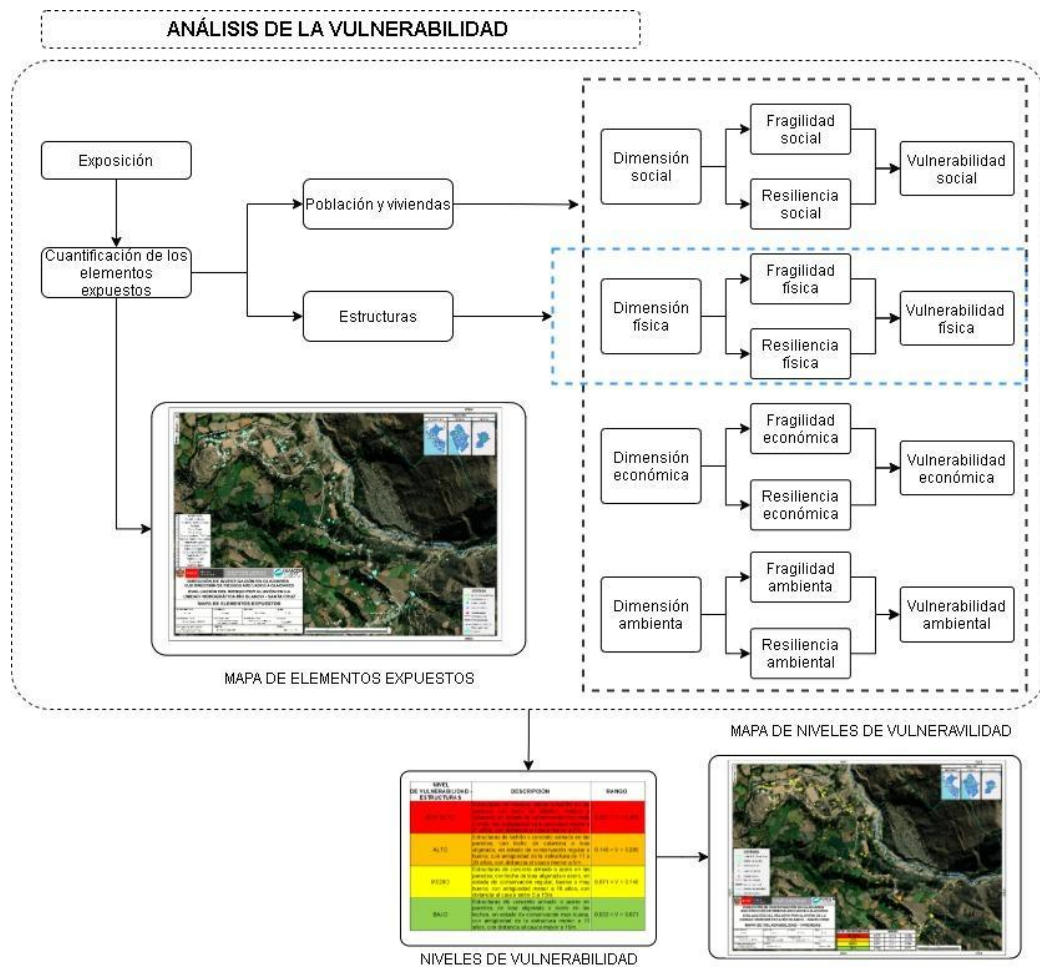


CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

4.1. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

Para realizar el análisis de la vulnerabilidad en la parte baja de la U.H. Ranrahirca, se ha determinado un análisis diferenciado para viviendas y para infraestructura de servicios (estructuras), debido a la naturaleza y función que cumplen; considerando las dimensiones social, física, económica y ambiental para las viviendas y la dimensión física para la infraestructura de servicios; para el análisis de las viviendas se consideran los factores de la exposición, fragilidad y resiliencia; en el caso de la infraestructura de servicios (estructuras), se considera los factores de exposición y fragilidad, según se detalla a continuación:

Figura 24. Metodología del análisis de la vulnerabilidad



Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2014.

Tabla 38. Factores de vulnerabilidad y descriptores considerados en cada dimensión – viviendas

DIMENSIÓN	FACTORES	PARÁMETROS
SOCIAL	EXPOSICIÓN	E1. Impacto del Peligro
	FRAGILIDAD	S1. Grupo Etario
		S2. Discapacidad
		S3. ¿Ha participado en reuniones comunales, donde se ha evaluado los riesgos y amenazas por aluvión?
		S4 ¿Tiene su comunidad una reserva de alimentos y agua colectiva ante la emergencia frente a un aluvión?
	RESILIENCIA	S5. Nivel Educativo
		S6. Actitud Frente al Riesgo por Aluvión
		S7. ¿Tiene conocimiento sobre la ocurrencia pasada de desastres en la localidad?
S8. ¿Conoce si la comunidad ha establecido alianzas específicas con organizaciones para enfrentar los impactos por un aluvión?		
FÍSICA	EXPOSICIÓN	E1. Impacto del peligro
	FRAGILIDAD	F1. Material predominante en pared
		F2. Material predominante en techo
		F3. Estado de conservación de la edificación
		F4. Número de pisos
	RESILIENCIA	F5. Antigüedad de la construcción
		F6. Cumplimiento de la normativa
		F7. Tipo de vivienda
F8. Tenencia de vivienda		
ECONÓMICA	EXPOSICIÓN	E1. Impacto del peligro
	FRAGILIDAD	E1. Ocupación principal
		E2. ¿Cuenta con ahorros financieros?
		E3. ¿Tiene un crédito o alguna deuda pendiente?
	RESILIENCIA	E4. Ingreso familiar
		E5. N° Productos diferentes que siembra a lo largo del año
E6. N° Animales mayores (Ganado Vacuno, Ovino, Porcino)		
AMBIENTAL	EXPOSICIÓN	E1. Impacto del peligro
	FRAGILIDAD	A1. Manejo de aguas residuales
		A2. Manejo de residuos sólidos
		A3. En los últimos 10 años, ¿Su producción agropecuaria...?
	RESILIENCIA	A4. Capacitación en temas de contaminación ambiental
		A5. Tenencia de parcelas de uso agropecuario
A6. Superficie Total de parcelas de uso agropecuario		

Tabla 39. Factores de vulnerabilidad y descriptores considerados en cada dimensión – estructuras

DIMENSIÓN	FACTORES	PARÁMETROS
FÍSICA	EXPOSICIÓN	E1. Impacto del peligro
	FRAGILIDAD	F2. Material predominante F3. Estado de conservación

4.2. VULNERABILIDAD DE VIVIENDAS

Tabla 40. Comparación de Pares de la Vulnerabilidad en Viviendas

PARÁMETRO	Social	Física	Económica	Ambiental
Social	1.00	2.00	3.00	5.00
Física	0.50	1.00	3.00	5.00
Económica	0.33	0.33	1.00	2.00
Ambiental	0.25	0.20	0.50	1.00
SUMA	2.08	3.53	7.50	13.00
1/SUMA	0.48	0.28	0.13	0.08

Tabla 41. Matriz de Normalización de la Vulnerabilidad de Viviendas

PARÁMETRO	Social	Física	Económica	Ambiental	Vector priorización
Social	0.480	0.566	0.400	0.385	0.458
Física	0.240	0.283	0.400	0.385	0.327
Económica	0.160	0.094	0.133	0.154	0.135
Ambiental	0.120	0.057	0.067	0.077	0.080

Tabla 42. Índice de Consistencia de la Vulnerabilidad de Viviendas

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.047
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.08 (*)	RC	0.053

4.2.1. Dimensión social

Analizar la dimensión social es importante porque permite entender y caracterizar a la población que se desarrolla en el territorio objeto de estudio, y entender cómo sería su reacción ante un desastre que pueda afectar sus modos de vida. Para el análisis de la dimensión social se consideraron la Exposición, la Fragilidad y la Resiliencia.

Tabla 43. Comparación de Pares Análisis de la Vulnerabilidad 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 44. Matriz de Normalización de la Exposición (Impacto del Peligro)

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

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

a. Ponderación de Exposición

Para este estudio, se consideró en la evaluación de la vulnerabilidad, la exposición dada por el nivel de peligro al que está expuesto, ello considerando que es un evento aluviónico denominado también como un evento No GLOF.

Tabla 45. Comparación de Pares Exposición (Impacto al Peligro)

IMPACTO AL PELIGRO	Muy Alto (0.2880 ≤ P ≤ 0.4665)	Alto (0.1749 ≤ P ≤ 0.2880)	Medio (0.1102 ≤ P ≤ 0.1749)	Bajo (0.0762 ≤ P ≤ 0.1102)	Muy Bajo (P < 0.0762)
Muy Alto (0.2880 ≤ P ≤ 0.4665)	1	3	5	7	9
Alto (0.1749 ≤ P ≤ 0.2880)	0.33	1	3	5	7
Medio (0.1102 ≤ P ≤ 0.1749)	0.20	0.33	1	3	7
Bajo (0.0762 ≤ P ≤ 0.1102)	0.14	0.20	0.33	1	3
Muy Bajo (P < 0.0762)	0.11	0.14	0.14	0.33	1
SUMA	1.79	4.68	9.48	16.33	27.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.11	0.06	0.04

Tabla 46. Matriz de Normalización de la Exposición (Impacto del Peligro)

IMPACTO AL PELIGRO	Muy Alto (0.2880 ≤ P ≤ 0.4665)	Alto (0.1749 ≤ P ≤ 0.2880)	Medio (0.1102 ≤ P ≤ 0.1749)	Bajo (0.0762 ≤ P ≤ 0.1102)	Muy Bajo (P < 0.0762)	Vector priorización
Muy Alto (0.2880 ≤ P ≤ 0.4665)	0.560	0.642	0.528	0.429	0.333	0.498
Alto (0.1749 ≤ P ≤ 0.2880)	0.187	0.214	0.317	0.306	0.259	0.256
Medio (0.1102 ≤ P ≤ 0.1749)	0.112	0.071	0.106	0.184	0.259	0.146
Bajo (0.0762 ≤ P ≤ 0.1102)	0.080	0.043	0.035	0.061	0.111	0.066
Muy Bajo (P < 0.0762)	0.062	0.031	0.015	0.020	0.037	0.033

Tabla 47. Índice de Consistencia de la Fragilidad Social

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.073	
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)	RC	0.066	Se acepta

b. Ponderación de Fragilidad Social

La fragilidad social está definida por parámetros como el grupo etario, que prioriza las edades más frágiles en el caso de estos eventos; la discapacidad, que prioriza a las personas con discapacidades múltiples; las capacidades de los pobladores en cuanto a su participación en talleres relacionados a GRD, entre otros.

Tabla 48. Comparación de Pares Fragilidad Social

PARÁMETRO	S1. Grupo Etario	S2. Discapacidad	S3. ¿Ha participado en reuniones comunales, donde se ha evaluado riesgos y amenazas por aluvión?	S4 ¿Tiene su comunidad una reserva de alimentos y agua colectiva ante la emergencia frente a un aluvión?
S1. Grupo etario	1.00	2.00	5.00	7.00
S2. Discapacidad	0.50	1.00	3.00	5.00
S3. ¿Ha participado en reuniones comunales, donde se ha evaluado riesgos y amenazas por aluvión?	0.20	0.33	1.00	2.00
S4 ¿Tiene su comunidad una reserva de alimentos y agua colectiva ante la emergencia frente a un aluvión?	0.14	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.84	3.53	9.50	15.00
1/SUMA	0.54	0.28	0.11	0.07

Tabla 49. Matriz de Normalización de la Fragilidad Social

PARÁMETRO	S1. Grupo Etario	S2. Discapacidad	S3. ¿Ha participado en reuniones comunales, donde se ha evaluado riesgos y amenazas por aluvión?	S4 ¿Tiene su comunidad una reserva de alimentos y agua colectiva ante la emergencia frente a un aluvión?	Vector priorización
S1. Grupo Etario	0.543	0.566	0.526	0.467	0.525
S2. Discapacidad	0.271	0.283	0.316	0.333	0.301
S3. ¿Ha participado en reuniones comunales, donde se ha evaluado riesgos y amenazas por aluvión?	0.109	0.094	0.105	0.133	0.110
S4 ¿Tiene su comunidad una reserva de alimentos y agua colectiva ante la emergencia frente a un aluvión?	0.078	0.057	0.053	0.067	0.063

Tabla 50. Índice de Consistencia de la Fragilidad Social

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.007
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.08 (*)	RC	0.008

Cabe precisar que, las tablas de ponderación de los descriptores de la fragilidad social son presentadas en el Anexo B – Análisis de la Vulnerabilidad Social

c. Ponderación de Resiliencia Social

La resiliencia social está definida por parámetros como el nivel educativo, la actitud frente al riesgo, conocimiento sobre la ocurrencia de desastres y el conocimiento sobre alianzas de su comunidad en temas de GRD; en ese orden de prioridad, dichos aspectos permiten conocer el nivel de resiliencia de los pobladores.

Tabla 51. Comparación de Pares Resiliencia Social

PARÁMETRO	S5. Nivel Educativo	S6. Actitud Frente al Riesgo Por Aluvión	S7. ¿Tiene conocimiento sobre la ocurrencia pasada de desastres en la localidad?	S8. ¿Conoce si la comunidad ha establecido alianzas específicas con organizaciones para enfrentar los impactos por un aluvión?
S5. Nivel Educativo	1.00	2.00	5.00	7.00
S6. Actitud Frente Al Riesgo Por Aluvión	0.50	1.00	3.00	5.00
S7. ¿Tiene conocimiento sobre la ocurrencia pasada de desastres en la localidad?	0.20	0.33	1.00	3.00
S8. ¿Conoce si la comunidad ha establecido alianzas específicas con organizaciones para enfrentar los impactos por un aluvión?	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.84	3.53	9.33	16.00
1/SUMA	0.54	0.28	0.11	0.06

Tabla 52. Matriz de Normalización de la Resiliencia Social

PARÁMETRO	S5. Nivel educativo	S6. Actitud frente al riesgo por aluvión	S7. ¿Tiene conocimiento sobre la ocurrencia pasada de desastres en la localidad?	S8. ¿Conoce si la comunidad ha establecido alianzas específicas con organizaciones para enfrentar los impactos por un aluvión?	Vector priorización
S5. Nivel educativo	0.543	0.566	0.536	0.438	0.520
S6. Actitud frente al riesgo por aluvión	0.271	0.283	0.321	0.313	0.297
S7. ¿Tiene conocimiento sobre la ocurrencia pasada de desastres en la localidad?	0.109	0.094	0.107	0.188	0.124
S8. ¿Conoce si la comunidad ha establecido alianzas específicas con organizaciones para enfrentar los impactos por un aluvión?	0.078	0.057	0.036	0.063	0.058

Tabla 53. Índice de consistencia de la Resiliencia Social

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.023
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.08 (*)	RC	0.026

Cabe precisar que las tablas de ponderación de los descriptores de la resiliencia social son presentadas en el Anexo B – Vulnerabilidad Social

4.2.2. Dimensión física

La dimensión física nos permite entender cómo están construidas las viviendas, conocer sus características, material predominante, antigüedad y estado de conservación; asimismo conocer si poseen condiciones de habitabilidad

a. 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 está expuesto, ello considerando que es un evento No GLOF.

Tabla 54. Comparación de Pares Exposición (Impacto al Peligro)

IMPACTO AL PELIGRO	Muy Alto ($0.2880 \leq P \leq 0.4665$)	Alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$)	Medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$)	Bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$)	Muy Bajo (P < 0.0762)
Muy Alto ($0.2880 \leq P \leq 0.4665$)	1	3	5	7	9
Alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$)	0.33	1	3	5	7
Medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$)	0.20	0.33	1	3	7
Bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$)	0.14	0.20	0.33	1	3
Muy Bajo (P < 0.0762)	0.11	0.14	0.14	0.33	1
SUMA	1.79	4.68	9.48	16.33	27.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.11	0.06	0.04

Tabla 55. Matriz de Normalización de la Exposición (Impacto del Peligro)

IMPACTO AL PELIGRO	Muy Alto ($0.2880 \leq P \leq 0.4665$)	Alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$)	Medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$)	Bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$)	Muy Bajo (P < 0.0762)	Vector priorización
Muy Alto ($0.2880 \leq P \leq 0.4665$)	0.560	0.642	0.528	0.429	0.333	0.498
Alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$)	0.187	0.214	0.317	0.306	0.259	0.256
Medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$)	0.112	0.071	0.106	0.184	0.259	0.146
Bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$)	0.080	0.043	0.035	0.061	0.111	0.066
Muy Bajo (P < 0.0762)	0.062	0.031	0.015	0.020	0.037	0.033

Tabla 56. Índice de consistencia de la Exposición

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.073	
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)	RC	0.066	Se acepta

b. Ponderación de la fragilidad física

Para el presente estudio, se consideró la fragilidad física, partiendo de parámetros como el material de pared y techo, el estado de conservación de la edificación y el número de pisos del mismo.

Tabla 57. Comparación de Pares Fragilidad Física

PARÁMETRO	F1. Material predominante pared	F2. Material predominante techo	F3. Estado de conservación de la edificación	F4. Número de pisos
F1. Material predominante pared	1.00	2.00	3.00	4.00
F2. Material predominante techo	0.50	1.00	2.00	3.00
F3. Estado de conservación de la edificación	0.33	0.50	1.00	2.00
F4. Número de pisos	0.25	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.08	3.83	6.50	10.00
1/SUMA	0.48	0.26	0.15	0.10

Tabla 58. Matriz de Normalización de la Fragilidad Física

PARÁMETRO	F1. Material predominante pared	F2. Material predominante techo	F3. Estado de conservación de la edificación	F4. Número de pisos	Vector priorización
F1. Material predominante pared	0.480	0.522	0.462	0.400	0.466
F2. Material predominante techo	0.240	0.261	0.308	0.300	0.277
F3. Estado de conservación de la edificación	0.160	0.130	0.154	0.200	0.161
F4. Número de pisos	0.120	0.087	0.077	0.100	0.096

Tabla 59. Índice de consistencia de la fragilidad física

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.010	
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.08 (*)	RC	0.012	Se acepta

Cabe precisar que las tablas de ponderación de los descriptores de la fragilidad física son presentadas en el Anexo B – Análisis de la Vulnerabilidad Física

c. Ponderación de la resiliencia física

Los parámetros que definen la resiliencia física de las poblaciones y sus viviendas, está dado por la antigüedad de sus edificaciones, el cumplimiento de la normativa en sus edificaciones, el tipo de vivienda y el tipo de tenencia que les corresponde.

Tabla 60. Comparación de Pares Resiliencia física

PARÁMETRO	F5. Antigüedad de la Construcción	F6. Cumplimiento de la Normativa	F7. Tipo de Vivienda	F8. Tenencia de Vivienda
F5. Antigüedad de la Construcción	1.00	2.00	3.00	4.00
F6. Cumplimiento de la Normativa	0.50	1.00	2.00	3.00
F7. Tipo de Vivienda	0.33	0.50	1.00	2.00
F8. Tenencia de Vivienda	0.25	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.08	3.83	6.50	10.00
1/SUMA	0.48	0.26	0.15	0.10

Tabla 61. Matriz de normalización de la resiliencia física

PARÁMETRO	F5. Antigüedad de la Construcción	F6. Cumplimiento de la Normativa	F7. Tipo de Vivienda	F8. Tenencia de Vivienda	Vector priorización
F5. Antigüedad de la Construcción	0.480	0.522	0.462	0.400	0.466
F6. Cumplimiento de la Normativa	0.240	0.261	0.308	0.300	0.277
F7. Tipo de Vivienda	0.160	0.130	0.154	0.200	0.161
F8. Tenencia de Vivienda	0.120	0.087	0.077	0.100	0.096

Tabla 62. Índice de consistencia de la resiliencia física

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.010
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.08 (*)	RC	0.012

Cabe precisar que las tablas de ponderación de los descriptores de la resiliencia física son presentadas en el Anexo B – Análisis de la Vulnerabilidad Física

4.2.3. Dimensión económica

La dimensión económica es importante desarrollarla porque nos permite conocer y analizar cuál es la ocupación principal de los habitantes de la U.H. Ranrahirca, parte baja, así como conocer sus ingresos promedios, que nos permitirá entender cuál es su capacidad adquisitiva para recuperarse de un desastre.

a. Ponderación de la Exposición

Para este estudio, se consideró en la evaluación de la vulnerabilidad, la exposición dada por el nivel de peligro al que está expuesto, ello considerando que es un evento No GLOF.

Tabla 63. Comparación de Pares Exposición (Impacto al Peligro)

IMPACTO AL PELIGRO	Muy Alto ($0.2880 \leq P \leq 0.4665$)	Alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$)	Medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$)	Bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$)	Muy Bajo ($P < 0.0762$)
Muy Alto ($0.2880 \leq P \leq 0.4665$)	1	3	5	7	9
Alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$)	0.33	1	3	5	7
Medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$)	0.20	0.33	1	3	7
Bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$)	0.14	0.20	0.33	1	3
Muy Bajo ($P < 0.0762$)	0.11	0.14	0.14	0.33	1
SUMA	1.79	4.68	9.48	16.33	27.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.11	0.06	0.04

Tabla 64. Matriz de Normalización de la Exposición (Impacto del Peligro)

IMPACTO AL PELIGRO	Muy Alto ($0.2880 \leq P \leq 0.4665$)	Alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$)	Medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$)	Bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$)	Muy Bajo ($P < 0.0762$)	Vector priorización
Muy Alto ($0.2880 \leq P \leq 0.4665$)	0.560	0.642	0.528	0.429	0.333	0.498
Alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$)	0.187	0.214	0.317	0.306	0.259	0.256
Medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$)	0.112	0.071	0.106	0.184	0.259	0.146
Bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$)	0.080	0.043	0.035	0.061	0.111	0.066
Muy Bajo ($P < 0.0762$)	0.062	0.031	0.015	0.020	0.037	0.033

Tabla 65. Índice de consistencia de la Exposición

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.073	
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.01 (*)	RC	0.066	Se acepta

b. Ponderación de la fragilidad económica

La fragilidad económica está determinada por la ocupación principal de la familia, la existencia de ahorros y créditos y deudas.

Tabla 66. Comparación de Pares Fragilidad Económica

PARÁMETRO	E1. Ocupación principal	E2. ¿Cuenta con ahorros financieros?	E3. ¿Tiene un crédito o alguna deuda pendiente?
E1. Ocupación principal	1.00	3	5
E2. ¿Cuenta con ahorros financieros?	0.33	1.00	2
E3. ¿Tiene un crédito o alguna deuda pendiente?	0.20	0.5	1.00
SUMA	1.53	4.50	8.00
1/SUMA	0.652	0.222	0.125

Tabla 67. Matriz de normalización de la Fragilidad Económica

PARÁMETRO	E1. Ocupación principal	E2. ¿Cuenta con ahorros financieros?	E3. ¿Tiene un crédito o alguna deuda pendiente?	Vector Priorización
E1. Ocupación principal	0.652	0.667	0.625	0.648
E2. ¿Cuenta con ahorros financieros?	0.217	0.222	0.250	0.230
E3. ¿Tiene un crédito o alguna deuda pendiente?	0.130	0.111	0.125	0.122

Tabla 68. Índice de consistencia de la fragilidad económica

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.009
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.04 (*)	RC	0.017

Cabe precisar que las tablas de ponderación de los descriptores de la fragilidad económica son presentadas en el Anexo B – Análisis de la Vulnerabilidad Económica

c. Ponderación de la resiliencia económica

La resiliencia económica viene dada por el ingreso familiar, los productos que siembra a lo largo del año y los animales mayores con los cuales cuenta.

Tabla 69. Comparación de Pares Resiliencia Económica

PARÁMETRO	E4. Ingreso Familiar	E5. N° Productos Diferentes que Siembra a lo Largo del Año	E6. N° Animales Mayores (Ganado Vacuno, Ovino, Porcino)
E4. Ingreso Familiar	1.00	3	5
E5. N° Productos Diferentes Que Siembra a lo Largo del Año	0.33	1.00	2
E6. N° Animales Mayores (Ganado Vacuno, Ovino, Porcino)	0.20	0.5	1.00
SUMA	1.58	4.5	7
1/SUMA	0.63	0.22	0.14

Tabla 70. Matriz de Normalización de la Resiliencia Económica

PARÁMETRO	E4. Ingreso Familiar	E5. N° Productos Diferentes que Siembra a lo Largo del Año	E6. N° Animales Mayores (Ganado Vacuno, Ovino, Porcino)	Vector Priorización
E4. Ingreso Familiar	0.632	0.667	0.571	0.623
E5. N° Productos Diferentes que Siembra a lo Largo del Año	0.211	0.222	0.286	0.239
E6. N° Animales Mayores (Ganado Vacuno, Ovino, Porcino)	0.158	0.111	0.143	0.137

Tabla 71. Índice de consistencia de la resiliencia económica

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.009
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.04 (*)	RC	0.017

Cabe precisar que las tablas de ponderación de los descriptores de la RESILIENCIA económica son presentadas en el Anexo B – Vulnerabilidad Económica

4.2.4. Dimensión ambiental

Es importante conocer esta dimensión porque nos permitirá saber cómo se manejan los residuos sólidos y aguas residuales en los centros poblados, así como si poseen conocimientos en contaminación ambiental

a. Ponderación de la Exposición

Para este estudio, se consideró en la evaluación de la vulnerabilidad, la exposición dada por el nivel de peligro al que está expuesto, ello considerando que es un evento No GLOF.

Tabla 72. Comparación de Pares Exposición (Impacto al Peligro)

IMPACTO AL PELIGRO	Muy Alto ($0.2880 \leq P \leq 0.4665$)	Alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$)	Medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$)	Bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$)	Muy Bajo ($P < 0.0762$)
Muy Alto ($0.2880 \leq P \leq 0.4665$)	1	3	5	7	9
Alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$)	0.33	1	3	5	7
Medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$)	0.20	0.33	1	3	7
Bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$)	0.14	0.20	0.33	1	3
Muy Bajo ($P < 0.0762$)	0.11	0.14	0.14	0.33	1
SUMA	1.79	4.68	9.48	16.33	27.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.11	0.06	0.04

Tabla 73. Matriz de Normalización de la Exposición (Impacto del Peligro)

IMPACTO AL PELIGRO	Muy Alto ($0.2880 \leq P \leq 0.4665$)	Alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$)	Medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$)	Bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$)	Muy Bajo ($P < 0.0762$)	Vector priorización
Muy Alto ($0.2880 \leq P \leq 0.4665$)	0.560	0.642	0.528	0.429	0.333	0.498
Alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$)	0.187	0.214	0.317	0.306	0.259	0.256
Medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$)	0.112	0.071	0.106	0.184	0.259	0.146
Bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$)	0.080	0.043	0.035	0.061	0.111	0.066
Muy Bajo ($P < 0.0762$)	0.062	0.031	0.015	0.020	0.037	0.033

Tabla 74. Índice de consistencia de la Exposición

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.073	
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)	RC	0.066	Se acepta

b. Ponderación de la fragilidad ambiental

La fragilidad ambiental ha sido definida considerando el tipo de sistema de manejo de aguas residuales y residuos sólidos; asimismo la permanencia de su producción agropecuaria.

Tabla 75. Comparación de Pares Fragilidad Ambiental

PARÁMETRO	A1. Manejo de Aguas Residuales	A2. Manejo de Residuos Sólidos	A3. En los últimos 10 Años, ¿Su producción Agropecuaria...?
A1. Manejo de Aguas Residuales	1.00	2	3
A2. Manejo de Residuos Sólidos	0.50	1.00	2
A3. En los últimos 10 años, ¿su producción agropecuaria...?	0.33	0.5	1.00
SUMA	1.83	3.50	6.00
1/SUMA	0.545	0.286	0.167

Tabla 76. Matriz de normalización de la Fragilidad Ambiental

PARÁMETRO	A1. Manejo de Aguas Residuales	A2. Manejo de Residuos Sólidos	A3. En los últimos 10 años, ¿su producción agropecuaria...?	Vector Priorización
A1. Manejo de Aguas Residuales	0.545	0.571	0.500	0.539
A2. Manejo de Residuos Sólidos	0.273	0.286	0.333	0.297
A3. En los últimos 10 años, ¿su producción agropecuaria...?	0.182	0.143	0.167	0.164

Tabla 77. Índice de consistencia de la fragilidad ambiental

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.009
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.04 (*)	RC	0.017

Cabe precisar que las tablas de ponderación de los descriptores de la fragilidad ambiental son presentadas en el Anexo B – Vulnerabilidad Ambiental

c. Ponderación de la resiliencia ambiental

La resiliencia ambiental está definida considerando las capacidades en temas de contaminación ambiental, la tenencia de parcelas de uso agropecuario y su superficie total.

Tabla 78. Comparación de Pares Resiliencia Ambiental

PARÁMETRO	A4. Capacitación en Temas de Contaminación Ambiental	A5. Tenencia de Parcelas de Uso Agropecuario	A6. Superficie Total de Parcelas de Uso Agropecuario
A4. Capacitación en Temas de Contaminación Ambiental	1.00	2	3
A5. Tenencia de Parcelas de Uso Agropecuario	0.50	1.00	2
A6. Superficie Total de Parcelas de Uso Agropecuario	0.33	0.5	1.00
SUMA	1.58	4.5	7
1/SUMA	0.63	0.22	0.14

Tabla 79. Matriz de normalización de la Resiliencia Ambiental

PARÁMETRO	A4. Capacitación en Temas de Contaminación Ambiental	A5. Tenencia de Parcelas de Uso Agropecuario	A6. Superficie Total de Parcelas de Uso Agropecuario	Vector Priorización
A4. Capacitación en Temas de Contaminación Ambiental	0.632	0.667	0.571	0.623
A5. Tenencia de Parcelas de Uso Agropecuario	0.211	0.222	0.286	0.239
A6. Superficie Total de Parcelas de Uso Agropecuario	0.158	0.111	0.143	0.137

Tabla 80. Índice de consistencia de la Resiliencia Ambiental

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.009
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.04 (*)	RC	0.017

4.3. VULNERABILIDAD DE ESTRUCTURAS

4.3.1. Dimensión física

Analizar la dimensión física de las estructuras correspondiente a 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 ambas márgenes de la subcuenca, servicios de educación, salud, educación, entre otros.

En la dimensión física se han considerado factores de evaluación como la exposición y la fragilidad; para la exposición se consideró como parámetro de evaluación la exposición dada por el nivel de peligro al que está expuesto, ello considerando que es un evento aluviónico o llamado también como No GLOF; 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 81.

Tabla 81. Consideraciones en la Evaluación de la Dimensión Física de las Estructuras

DIMENSIÓN	Física		
Factor	Exposición	Fragilidad	
Peso	0.6	0.4	
Parámetro	F1. Impacto al 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 está expuesto, ello considerando que es un evento No GLOF.

Tabla 82. Comparación de Pares Exposición (Impacto al Peligro)

IMPACTO AL PELIGRO	Muy Alto ($0.2880 \leq P \leq 0.4665$)	Alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$)	Medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$)	Bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$)	Muy Bajo ($P < 0.0762$)
Muy Alto ($0.2880 \leq P \leq 0.4665$)	1	3	5	7	9
Alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$)	0.33	1	3	5	7
Medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$)	0.20	0.33	1	3	7
Bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$)	0.14	0.20	0.33	1	3
Muy Bajo ($P < 0.0762$)	0.11	0.14	0.14	0.33	1
SUMA	1.79	4.68	9.48	16.33	27.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.11	0.06	0.04

Tabla 83. Matriz de Normalización de la Exposición (Impacto del Peligro)

IMPACTO AL PELIGRO	Muy Alto ($0.2880 \leq P \leq 0.4665$)	Alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$)	Medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$)	Bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$)	Muy Bajo ($P < 0.0762$)	Vector priorización
Muy Alto ($0.2880 \leq P \leq 0.4665$)	0.560	0.642	0.528	0.429	0.333	0.498
Alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$)	0.187	0.214	0.317	0.306	0.259	0.256
Medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$)	0.112	0.071	0.106	0.184	0.259	0.146
Bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$)	0.080	0.043	0.035	0.061	0.111	0.066
Muy Bajo ($P < 0.0762$)	0.062	0.031	0.015	0.020	0.037	0.033

Tabla 84. Índice de consistencia de la Exposición

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.073	
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1(*)	RC	0.066	Se acepta

b. Ponderación de la fragilidad física

De acuerdo a las consideraciones del equipo evaluador, se tomó en cuenta que el material predominante de la estructura representa una mayor importancia para determinar la fragilidad de las estructuras, es así que se le asignó un peso de 0.65, frente a un 0.35 para el estado de conservación.

Tabla 85. Índice de consistencia de la fragilidad física

F2. MATERIAL PREDOMINANTE	F3. ESTADO DE CONSERVACIÓN
0.650	0.350

4.4. NIVEL DE VULNERABILIDAD

Se tiene la siguiente categorización de niveles de vulnerabilidad: muy alta, alta, media y baja, cuyos rangos correspondientes son detallados en el acápite siguiente, tanto para viviendas, como para estructuras. El análisis de la vulnerabilidad del área de estudio, ha utilizado las dimensiones, social, física, económica y ambiental para las viviendas, y dimensión física para las estructuras importantes en la parte baja de la U.H. Ranrahirca, teniendo en cuenta los factores de exposición, fragilidad y resiliencia. En base a ello se tiene como resultado en el área de estudio, el 63.47% de viviendas con vulnerabilidad muy alta, el 15.67% con vulnerabilidad alta, y el 19.21% con vulnerabilidad media (Figuras 25 y 27). El 82.88% de estructuras con vulnerabilidad muy alta, el 11.71% con vulnerabilidad alta y el 5.41% con vulnerabilidad media. (Figuras 26 y 28).

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; asimismo, la distribución de niveles de vulnerabilidad de viviendas en la U.H Ranrahirca y por distritos dentro de la zona expuesta.

Tabla 86. Nivel de vulnerabilidad de viviendas

NIVEL VULNERABILIDAD - VIVIENDAS	Rango		
MUY ALTA	0.260	$\leq V \leq$	0.479
ALTA	0.148	$\leq V <$	0.260
MEDIA	0.074	$\leq V <$	0.148
BAJA	0.038	$\leq V <$	0.074

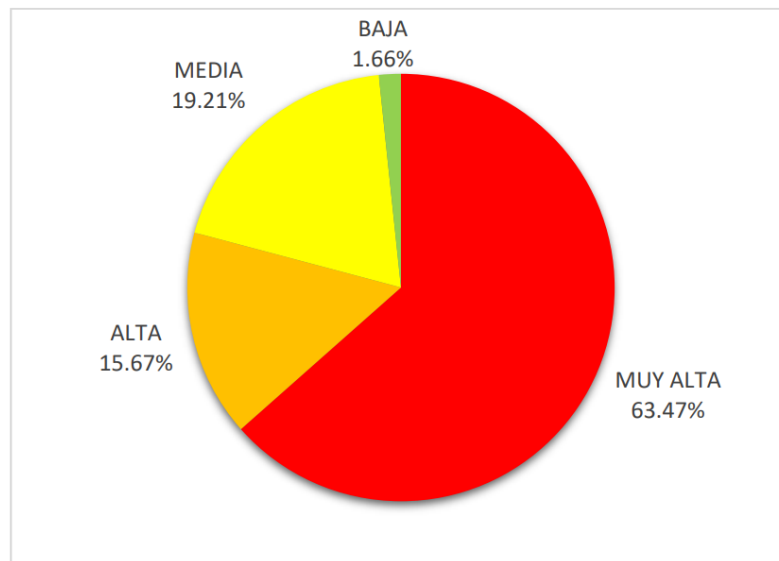
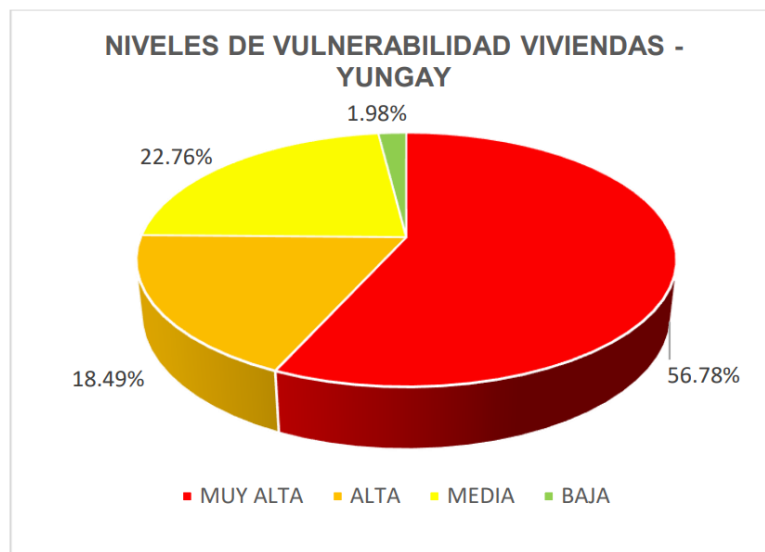
Figura 25. Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad de viviendas en la U.H Ranrahirca**Figura 26.** Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad de viviendas – Yungay

Figura 27. Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad de viviendas – Ranrahirca

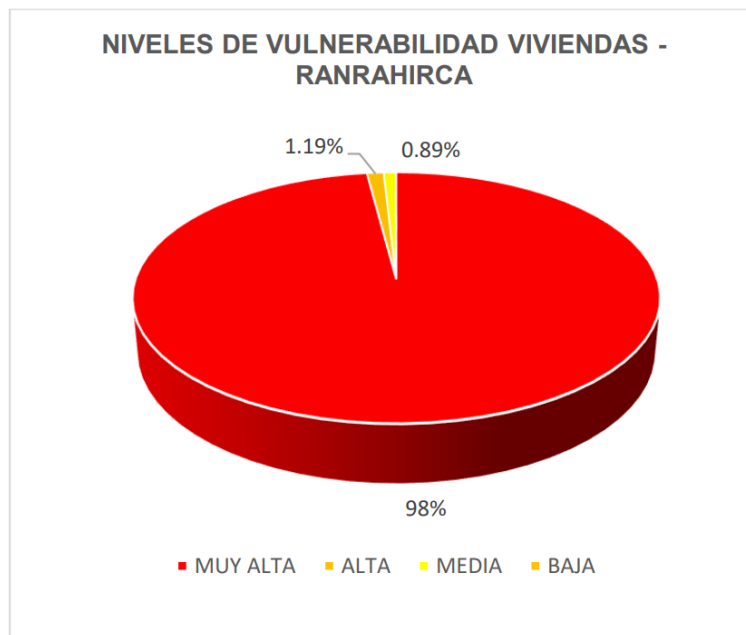
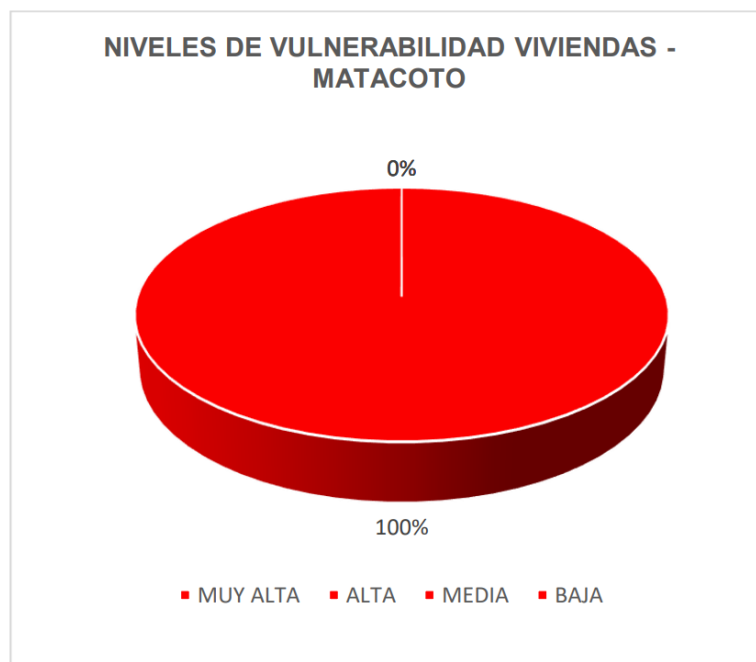


Figura 28. Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad de viviendas - Matacoto



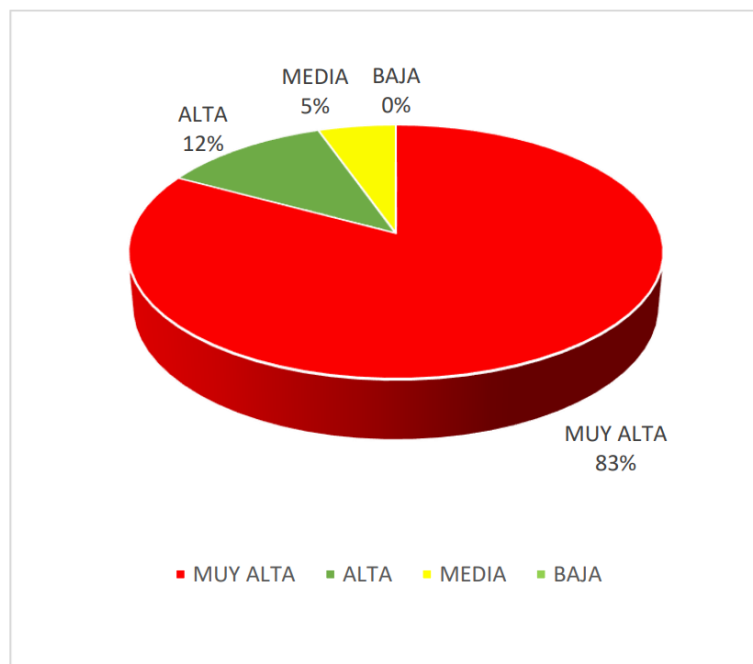
4.4.2. Nivel de vulnerabilidad de estructuras

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

Tabla 87. Nivel de vulnerabilidad de estructuras

NIVEL VULNERABILIDAD - ESTRUCTURAS	Rango		
MUY ALTA	0.275	$\leq V \leq$	0.479
ALTA	0.143	$\leq V <$	0.275
MEDIA	0.069	$\leq V <$	0.143
BAJA	0.034	$\leq V <$	0.069

Figura 29. Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad de estructuras en la U.H Ranrahirca



4.5. ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD

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

4.5.1. Estratificación de vulnerabilidad de viviendas

En la siguiente tabla se muestra la estratificación de vulnerabilidad de viviendas ante un posible aluvión por una avalancha del Pico Norte del Nevado Huascarán.

Tabla 88. Nivel de vulnerabilidad de viviendas

NIVEL DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTO	<p>Grupo etario de 0 a 5 y mayor a 70 años, 6 a 12 y entre 55 a 69 años, discapacidad motriz y mental, existe escasez frecuente de alimentos y agua y no hay reserva colectiva en su comunidad ante la emergencia frente a un aluvión, nivel educativo inicial y primaria, ; con material predominante de pared de estera, calamina, triplay, madera, planchas metálicas, techo de cobertura sin estructura (Plástico / Calamina / Otro) o madera rollizo con calamina, en estado de conservación muy mala o mala, de 1 a 2 pisos, antigüedad de la construcción mayor a 31 años, edificación construida por autoconstrucción rudimentaria y sin criterios técnicos, vivienda no destinada para habitación humana o vivienda provisional, tenencia de la vivienda alquilada o por posesión; ocupación principal agricultura o ganadería, no cuenta con ahorros financieros o casi nada, ingreso familiar menor a 1200 , no siembra o siembra de 1 a 5 productos diferentes a lo largo del año, no tiene o posee de 1 a 5 animales mayores; sin manejo de aguas residuales o disposición en rio, canal, acequia, disposición de residuos sólidos a quebrada o quema de residuos sólidos, en los últimos 10 años la producción agropecuaria ha bajado significativamente o ha bajado un poco, no recibe o recibe escasa capacitación en temas de contaminación ambiental, superficie total de parcelas de uso agropecuario menor a 1 ha; con exposición por nivel de impacto del peligro Muy Alto ($0.2880 \leq P \leq 0.4665$) y Alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$)</p>	$0.260 \leq V \leq 0.479$
ALTO	<p>Grupo etario de 6 a 12 y entre 55 a 69 años, 13 a 18 y entre 40 a 54 años, discapacidad mental y visual, no hay reserva colectiva y algunos hogares tienen un mínimo de reserva ante la emergencia frente a un aluvión, nivel educativo primaria y secundaria, ; con material predominante de pared de madera, planchas metálicas, adobe o tapial, con material predominante de techo de madera rollizo con calamina o estructura de madera con cobertura (teja, policarbonato, etc.), estado de conservación mala a regular, de 2 a 3 pisos, antigüedad de la construcción entre 21 a 40 años, edificación construida por autoconstrucción sin criterios técnicos o con asesoría de maestro albañil, vivienda provisional o vivienda en casa de vecindad, tenencia de la vivienda por posesión o por propiedad de territorio comunal; ocupación principal ganadería o turismo, siembra de 1 a 10 productos diferentes a lo largo del año, posee de 1 a 10 animales mayores; disposición en río, canal, acequia o pozo ciego, quema de residuos sólidos o disposición en la calle, superficie total de parcelas de uso agropecuario menor a 5 ha; con exposición por nivel de impacto del peligro Alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$) y Medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$)</p>	$0.148 \leq V < 0.260$



<p>MEDIO</p>	<p>Grupo etario de 13 a 18 y entre 40 a 54 años, 19 a 25 años, discapacidad visual y auditiva, algunos hogares tienen un mínimo de reserva o la mayoría de los hogares tienen una reserva ante la emergencia frente a un aluvión, nivel educativo secundaria y técnico, material predominante de pared de adobe, tapial o ladrillo con columnas de concreto, con material predominante de techo de estructura de madera con cobertura (teja, policarbonato, etc.) o estructura metálica con cobertura (teja, policarbonato, etc.), estado de conservación regular a buena, de 3 a 4 pisos, antigüedad de la construcción entre 11 a 30 años, edificación construida con asesoría de maestro albañil o con diseño y planos, vivienda en casa de vecindad o vivienda en departamento, tenencia de la vivienda por propiedad de territorio comunal o por propiedad individual (sin título); ocupación principal turismo o comercio, cuenta con pocos ahorros financieros o suficiente, cuenta con pozo ciego o pozo séptico, disposición en la calle o recolección interdiaria de los residuos sólidos, superficie total de parcelas de uso agropecuario entre 1 a 20 ha; con exposición por nivel de impacto del peligro Medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$) y Bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$)</p>	<p>$0.074 \leq V < 0.148$</p>
<p>BAJO</p>	<p>Grupo etario de 19 a 25 años, 26 a 39 años, discapacidad auditiva y no tiene, la mayoría de los hogares tienen una reserva o La comunidad está organizada para almacenar & distribuir ante la emergencia frente a un aluvión, nivel educativo técnico y superior, viviendas con material predominante de pared de ladrillo con columnas de concreto o muros de concreto armado, con material predominante de techo de estructura metálica con cobertura (teja, policarbonato, etc.) o losa aligerada de concreto, estado de conservación buena a muy buena, de 4 a más pisos, antigüedad de la construcción menor a 20 años, edificación construida con diseño y planos y supervisión profesional, vivienda en departamento o casa independiente, tenencia de la vivienda por propiedad individual (sin título) o propiedad individual (con título); ocupación principal comercio o servicios, cuenta con suficiente o más que suficientes ahorros financieros, cuenta con pozo séptico o desagüe, recolección Interdiaria de los residuos sólidos o nunca, superficie total de parcelas de uso agropecuario entre 6 a mayor a 20 ha; con exposición por nivel de impacto del peligro Bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$) y Muy Bajo ($P < 0.0762$)</p>	<p>$0.038 \leq V < 0.074$</p>

4.5.2. Estratificación de vulnerabilidad de estructuras

En la siguiente tabla se muestra la estratificación de vulnerabilidad de estructuras ante un posible aluvión por una avalancha del Pico Norte del Nevado Huascarán.

Tabla 89. Nivel de vulnerabilidad estratificado de estructuras

NIVEL DE VULNERABILIDAD - ESTRUCTURAS	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTO	Estructuras de madera / tierra y mampostería de piedra / adobe / perfiles metálicos en reja o torre en estado de conservación muy mala y mala, con exposición por nivel de impacto del peligro muy alto ($0.2880 \leq P \leq 0.4665$) y alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$)	$0.275 \leq V \leq 0.479$
ALTO	Estructuras de concreto simple / ladrillo, concreto armado y acero en estado de conservación regular y buena, con exposición por nivel de impacto del peligro alto ($0.1749 \leq P \leq 0.2880$) y medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$)	$0.143 \leq V < 0.275$
MEDIO	Estructuras de concreto simple / ladrillo en estado de conservación buena y muy buena, con exposición por nivel de impacto del peligro medio ($0.1102 \leq P \leq 0.1749$) y bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$)	$0.069 \leq V < 0.143$
BAJO	Estructuras de concreto armado en estado de conservación muy buena, con exposición por nivel de impacto del peligro bajo ($0.0762 \leq P \leq 0.1102$) y muy bajo ($P < 0.0762$)	$0.034 \leq V < 0.069$

4.6. MAPA DE VULNERABILIDAD

El mapa de vulnerabilidad por aluvión modelado a partir de una avalancha de hielo y roca del Pico Norte del Nevado Huascarán, hacia la parte baja de la U.H. Ranrahirca a escala 1/25,000; se distribuye en los mapas de vulnerabilidad de viviendas y de estructuras, dentro de la llanura de inundación. El formato completo del mapa se observa en el Anexo A.

4.6.1. Mapa de vulnerabilidad de viviendas

En este mapa se visualiza las zonas con niveles de vulnerabilidad de 4,889 viviendas en los distritos de Ranrahirca, Yungay y Matacoto (Figura 30), para las cuales se determinó los niveles de vulnerabilidad: muy alto, alto, medio y bajo dentro de la llanura de inundación.

4.6.2. Mapa de vulnerabilidad de estructuras

En este mapa se visualizan las zonas con niveles de vulnerabilidad para 111 estructuras de importancia local en los distritos de Ranrahirca, Yungay y Matacoto (Figura 31), se determinó para estas estructuras los cuatro niveles de vulnerabilidad muy alto, alto, medio y bajo, dentro de la llanura de inundación



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Figura 30. Mapa de vulnerabilidad de viviendas.

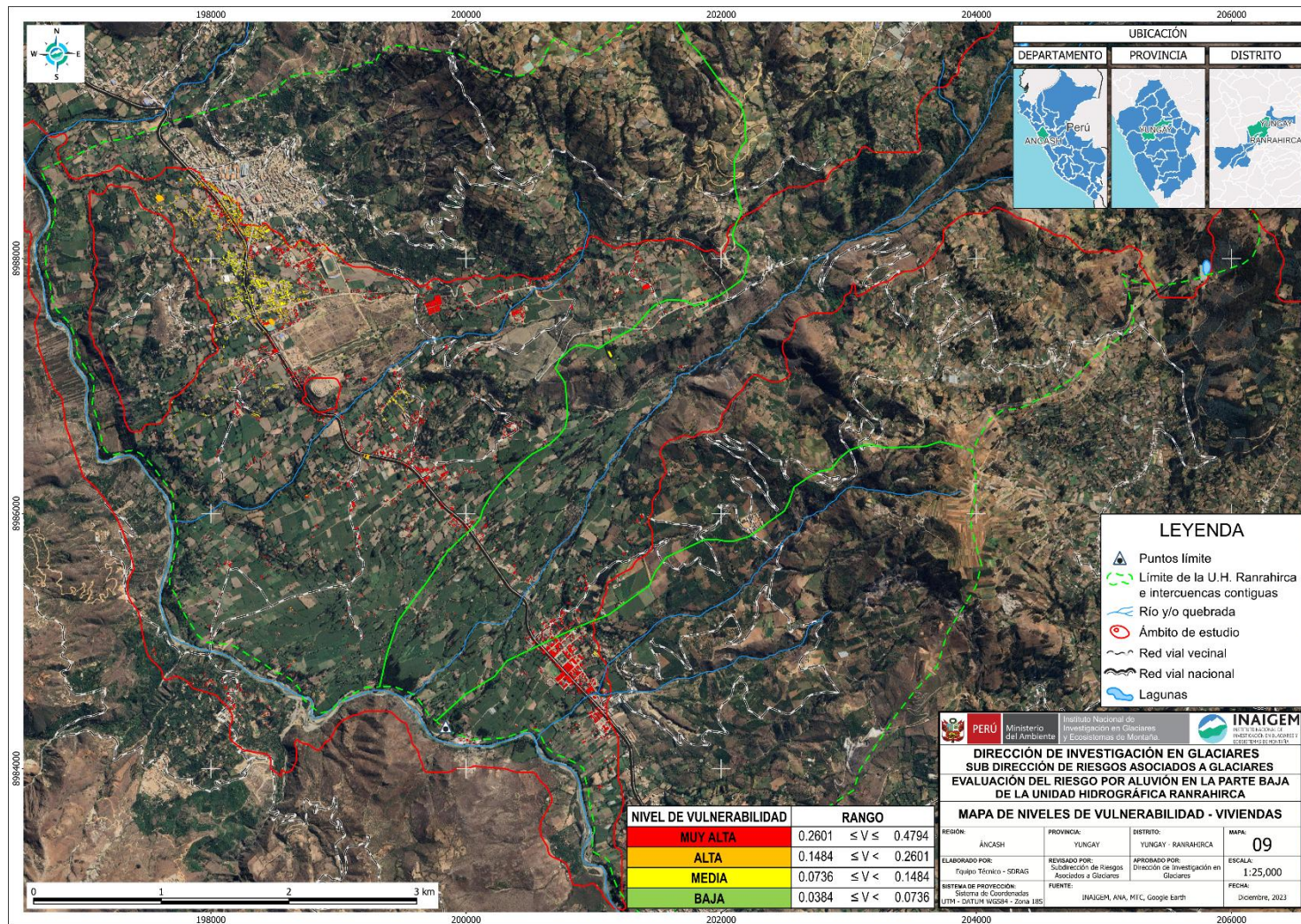
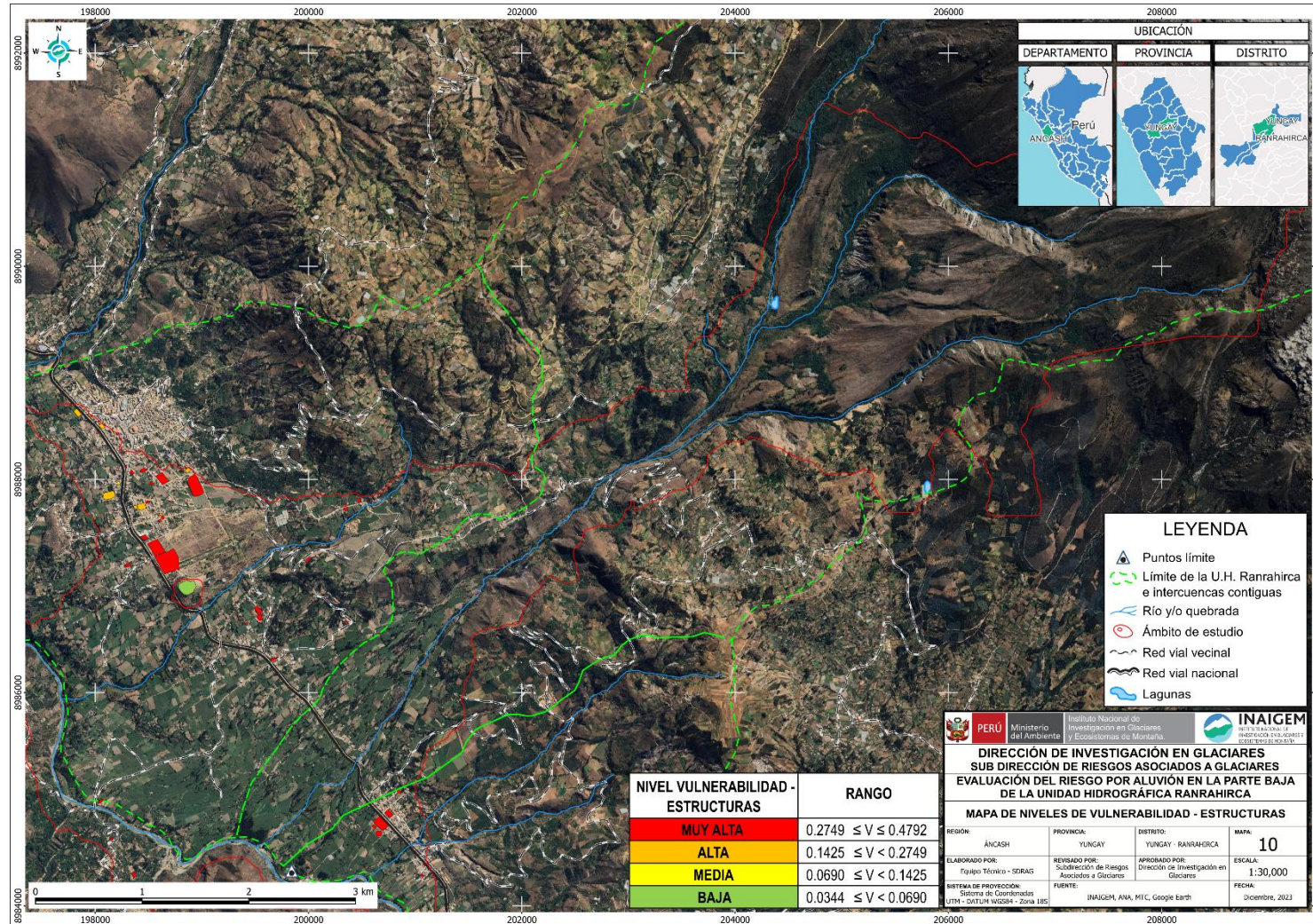




Figura 31. Mapa de vulnerabilidad de estructuras.





CAPÍTULO V CÁLCULO DEL RIESGO

5.1. RIESGO

El riesgo es el resultado de relacionar el peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos (CENEPRED, 2014).

Está fundamentada en la ecuación adaptada a la Ley N°29664, ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, mediante la cual se expresa que el riesgo es una función $f()$ del peligro y la vulnerabilidad.

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

Dónde:

R=Riesgo.

f =En función

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

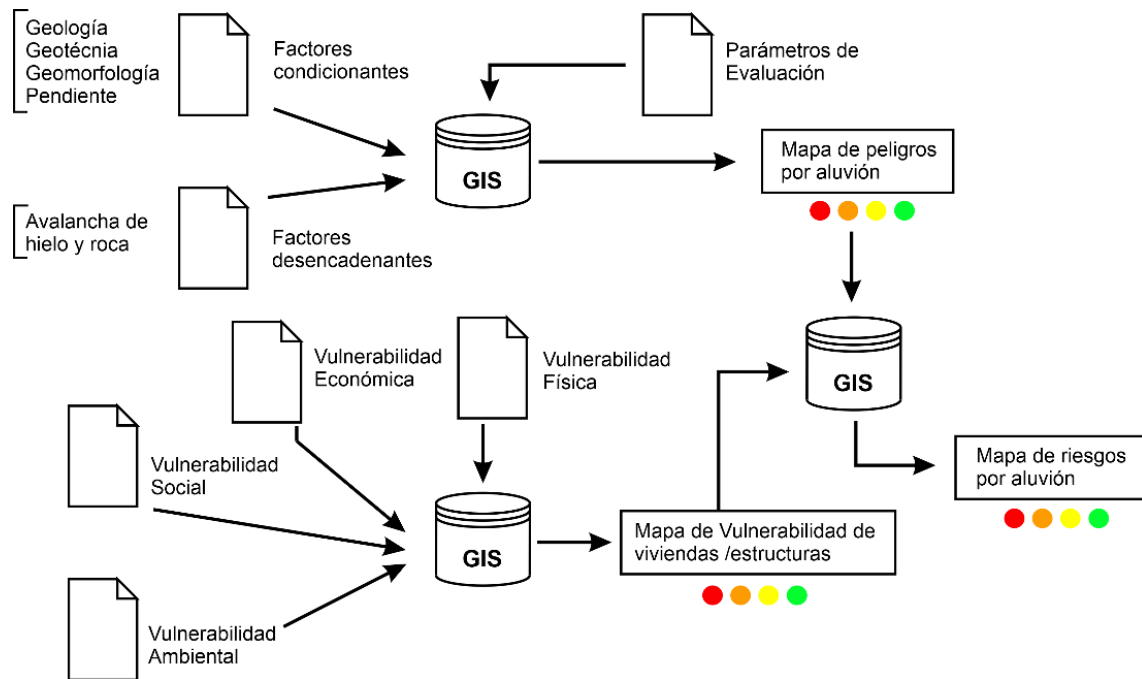
Riesgo se expresa como la probabilidad de que ocurra una pérdida en un elemento “e”, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno con una intensidad mayor o igual a “i”.

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

5.2. METODOLOGÍA PARA CALCULAR EL RIESGO

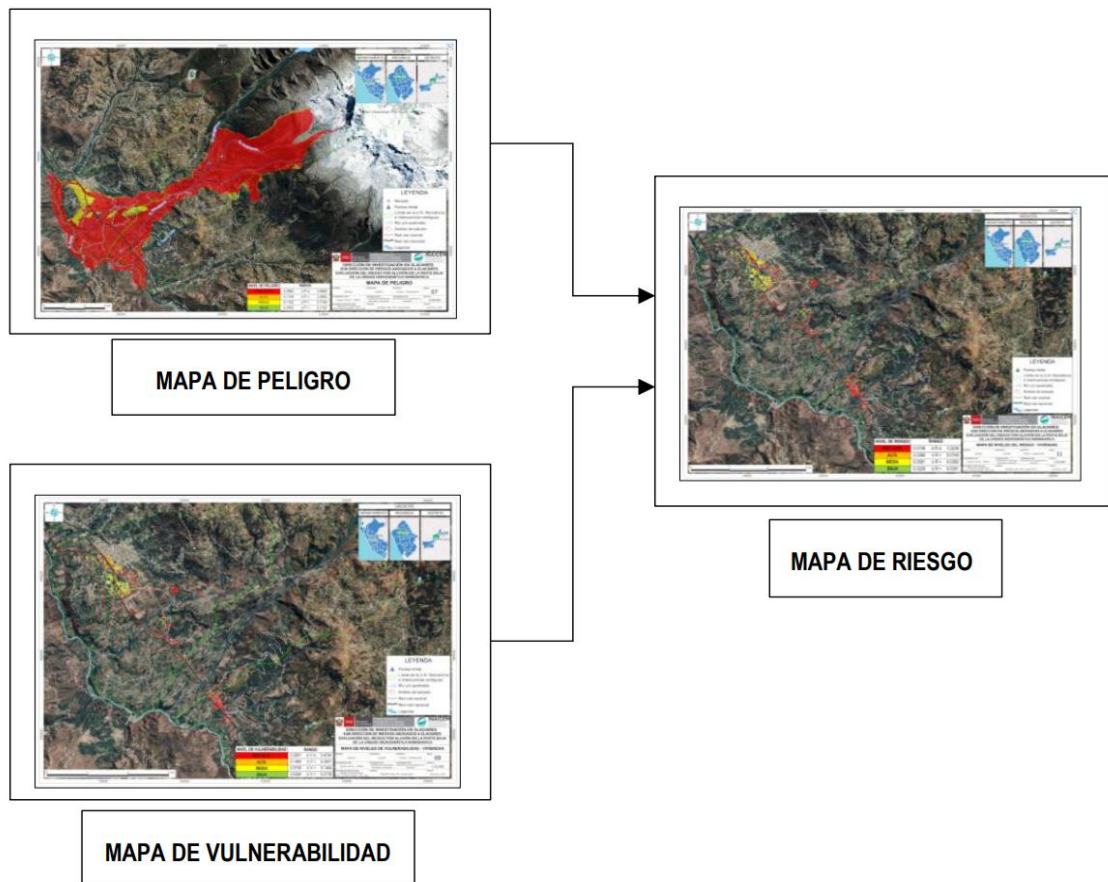
El cálculo del riesgo por aluvión en la U.H. Ranrahirca, ha sido desarrollado a partir de la evaluación de la peligrosidad del aluvión originado del Pico Norte del Nevado Huascarán, considerando factores condicionantes como las unidades geológicas, geomorfológicas, geotécnicas y los niveles de pendiente; y el factor desencadenante como volumen de avalancha de hielo y roca proveniente del Pico Norte del Nevado Huascarán. En relación a la determinación de los niveles de vulnerabilidad de los elementos expuestos (Población, viviendas y estructuras), estos son evaluados en sus dimensiones social, física, económica y ambiental, según corresponda; finalmente se relaciona el peligro con la vulnerabilidad para calcular el riesgo por aluvión.

La metodología del cálculo del riesgo por aluvión aplicado en el presente estudio, se presenta en el siguiente esquema:

Figura 32. Metodología para el cálculo del riesgo.

5.3. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO

Dentro del área de estudio, se ha identificado los siguientes niveles de riesgo: en viviendas, presentando el 64.51% nivel de riesgo muy alto, el 11.92% nivel de riesgo alto, el 23.05% nivel de riesgo medio y el 0.51% nivel de riesgo bajo; siendo en estructuras, el 81.08% nivel de riesgo muy alto, el 11.71% nivel de riesgo alto y el 7.21% nivel de riesgo medio.

Figura 33. Flujograma para estimación de los niveles de riesgo

5.3.1. Nivel del riesgo de viviendas

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

Tabla 90. Nivel de riesgo de viviendas en la UH Ranrahirca.

NIVEL DE RIESGOS - VIVIENDAS	RANGO		
MUY ALTA	0,0749	≤ R ≤	0,2236
ALTA	0,0260	≤ R <	0,0749
MEDIA	0,0081	≤ R <	0,0260
BAJA	0,0029	≤ R <	0,0081

Figura 34. Distribución porcentual del nivel de riesgo de viviendas en la UH Ranrahirca.

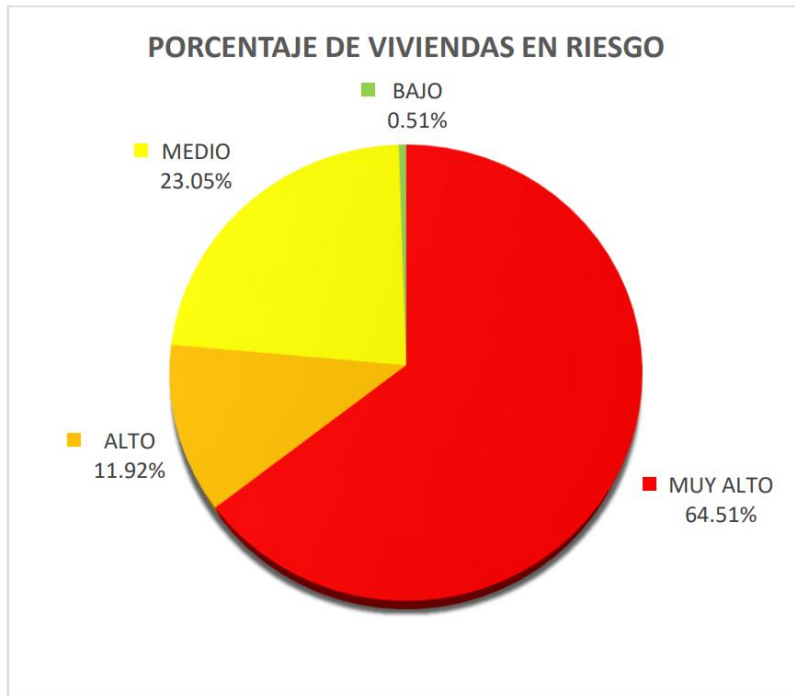


Figura 35. Distribución porcentual del nivel de riesgo de viviendas - Yungay

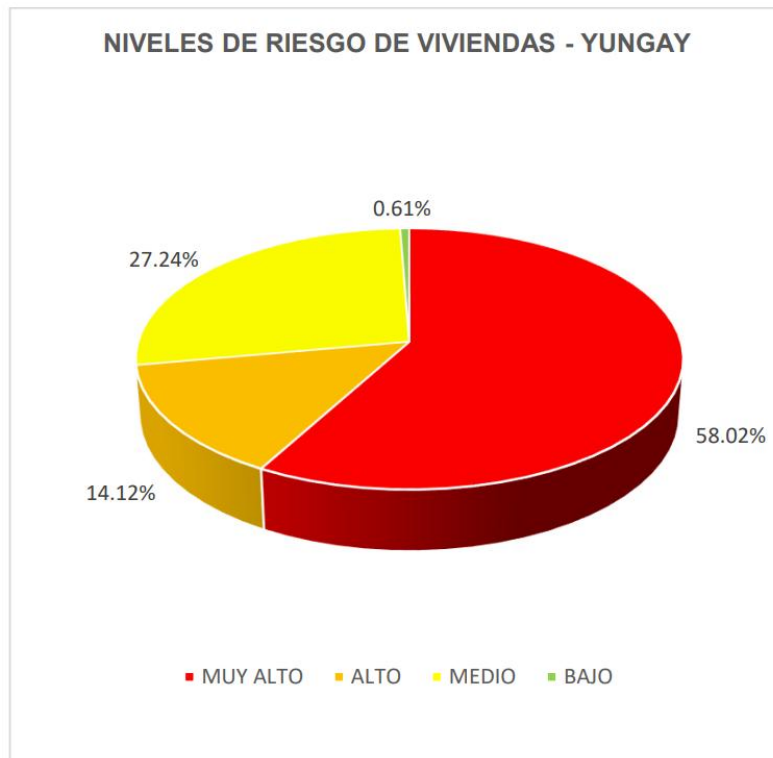


Figura 36. Distribución porcentual del nivel de riesgo de viviendas - Ranrahirca.

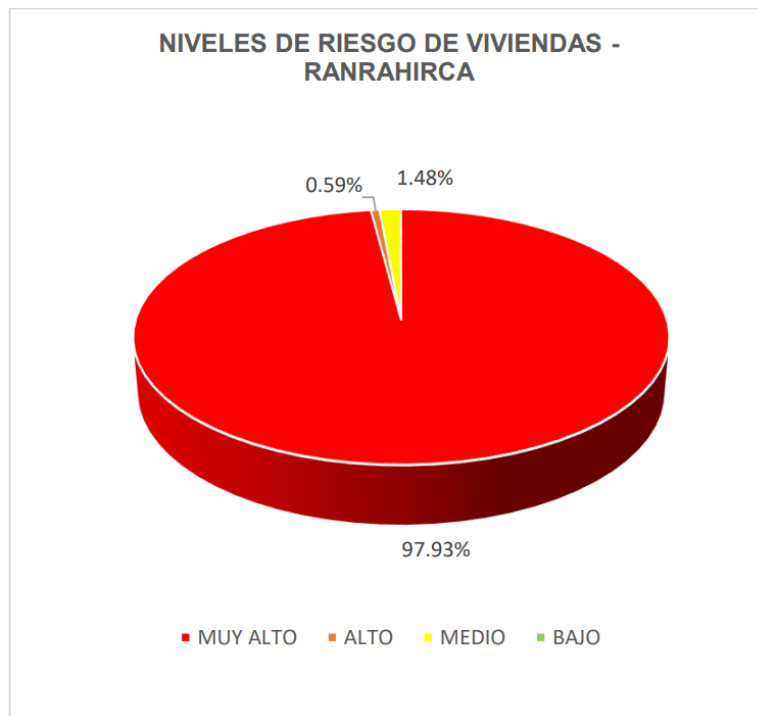


Figura 37. Distribución porcentual del nivel de riesgo de viviendas - Matacoto



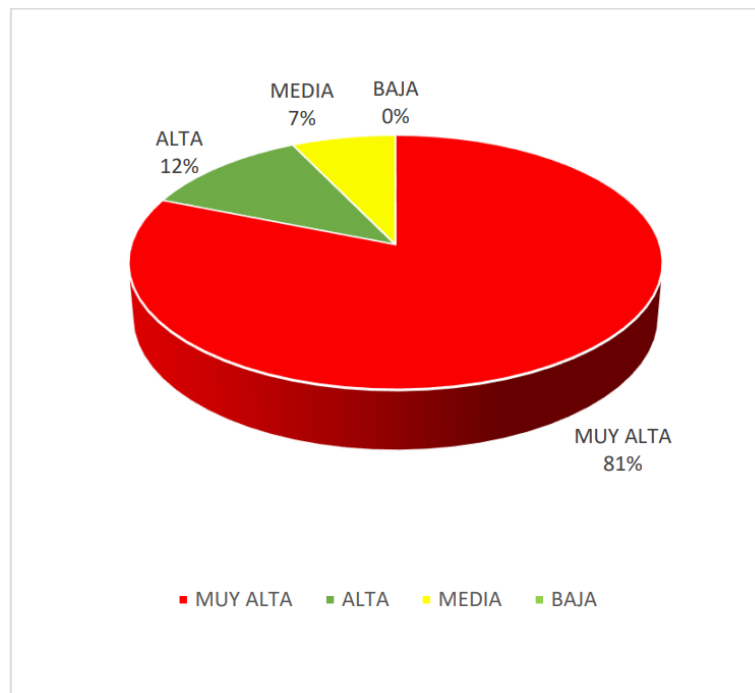
5.3.2. Nivel del riesgo en estructuras

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

Tabla 91. Nivel del riesgo en estructuras en la UH Ranrahirca.

NIVELES DE RIESGO - ESTRUCTURAS	RANGO		
MUY ALTO	0,079	$\leq P \leq$	0,224
ALTO	0,025	$\leq P <$	0,079
MEDIO	0,008	$\leq P <$	0,025
BAJO	0,0026	$\leq P <$	0,008

Figura 38. Distribución porcentual del nivel de riesgo de estructuras en la U.H Ranrahirca



5.4. ESTRATIFICACIÓN DEL RIESGO

Las zonas de riesgo pueden estratificarse en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto, cuyas características y su valor correspondiente se detallan a continuación para viviendas y estructuras en la parte baja de la U.H. Ranrahirca

5.4.1. Estratificación del riesgo de viviendas

En la siguiente tabla se muestra la estratificación del riesgo para viviendas por aluvión, modelado a partir de una avalancha de hielo y roca del Pico Norte del Nevado Huascarán hacia la parte baja de la U.H. Ranrahirca.

Tabla 92. Estratificado de los niveles de riesgo en viviendas en la U.H. Ranrahirca.

NIVEL DE RIESGOS - VIVIENDAS	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTO	Aluvión con altura de flujo de 0.60 a 1.20 y mayor a 1.2m, con geoforma de cono aluvional y/o cono de detritos y morrenas, con pendientes menores a 5% y/o entre 5% y 15%, con presencia de depósito coluvial / depósito fluvial / depósito aluvial y/o depósito aluvional, suelos de resistencia muy baja, baja y/o media, y con avalanchas de hielo y roca mayores a 100 Mm ³ originadas desde el pico norte del nevado Huascarán; grupo etario de 0 a 5 y mayor a 70 años, 6 a 12 y entre 55 a 69 años, discapacidad motriz y mental; nivel educativo inicial y primaria; con material predominante de pared de estera, calamina, triplay, madera, planchas metálicas, techo de cobertura sin estructura (plástico / calamina / otro) o madera rollizo con calamina; en estado de conservación muy mala o mala; antigüedad de la construcción mayor a 31 años; edificación construida por autoconstrucción rudimentaria y sin criterios técnicos; ocupación principal agricultura o ganadería; ingreso familiar menor a S/ 1200; sin manejo de aguas residuales o disposición en río, canal, acequia; disposición de residuos sólidos a quebrada o quema de residuos sólidos; con exposición por nivel de impacto del peligro muy alto y alto.	$0.0749 \leq R \leq 0.2236$
ALTO	Aluvión con altura de flujo entre 0.3 a 0.6 m y 0.6 a 1.2 m, con geoforma cono de detritos y morrenas y/o terraza aluvial y cauce, con pendientes entre 5% y 25%, con presencia de depósitos aluvional y/o depósito glaciárico, con suelos de resistencia media a resistencia alta; con avalanchas de hielo y roca mayores a 100 Mm ³ originadas desde el pico norte del nevado Huascarán; grupo etario de 6 a 12 y entre 55 a 69 años, 13 a 18 y entre 40 a 54 años; discapacidad mental y visual, nivel educativo primaria y secundaria; con material predominante de pared de madera, planchas metálicas, adobe o tapial, con material predominante de techo de madera rollizo con calamina o estructura de madera con cobertura (teja, policarbonato, etc), estado de conservación mala a regular, antigüedad de la construcción entre 21 a 40 años, edificación construida por autoconstrucción sin criterios técnicos o con asesoría de maestro albañil; ocupación principal ganadería o turismo; disposición en río, canal, acequia o pozo ciego, quema de residuos sólidos o disposición en la calle; con exposición por nivel de impacto del peligro alto y medio.	$0.0260 \leq R < 0.0749$



<p>MEDIO</p>	<p>Aluvión con altura de flujo entre 0.1 a 0.1 y 0.3 a 0.6 m, relieve colinoso en roca volcánica/roca sedimentaria y/o relieves montañosos en roca intrusiva, con pendientes entre 15% y 50%, presencia de suelo de resistencia alta y roca de resistencia baja, con avalanchas de hielo y roca mayores a 100 Mm³ originadas desde el pico norte del nevado Huascarán; grupo etario de 13 a 18 y entre 40 a 54 años, 19 a 25 años, discapacidad visual y auditiva, nivel educativo secundaria y técnico; material predominante de pared de adobe, tapial o ladrillo con columnas de concreto, con material predominante de techo de estructura de madera con cobertura (teja, policarbonato, etc) o estructura metálica con cobertura (teja, policarbonato, etc), estado de conservación regular a buena, antigüedad de la construcción entre 11 a 30 años, edificación construida con asesoría de maestro albañil o con diseño y planos; ocupación principal turismo o comercio, cuenta con pozo ciego o pozo séptico, disposición en la calle o recolección interdiaria de los residuos sólidos; con exposición por nivel de impacto del peligro medio y bajo.</p>	<p>0.0081 ≤ R < 0.0260</p>
<p>BAJO</p>	<p>Aluvión con altura de flujo menor a 0.3 m, con geoforma con relieve colinoso en roca volcánica/roca sedimentaria y/o relieves montañosos en roca intrusiva y con pendientes mayores a 25%, con unidades geológicas de la Formación Yungay, Batolito de la Cordillera Blanca y Grupo Goyllarisquizga, con roca de baja, media y alta resistencia, con avalanchas de hielo y roca mayores a 100 Mm³ originadas desde el nevado Huascarán pico norte; grupo etario de 19 a 25 años, 26 a 39 años, discapacidad auditiva y no tiene, viviendas con material predominante de pared de ladrillo con columnas de concreto o muros de concreto armado, con material predominante de techo de estructura metálica con cobertura (teja, policarbonato, etc) o losa aligerada de concreto, estado de conservación buena a muy buena, antigüedad de la construcción menor a 20 años, edificación construida con diseño y planos y supervisión profesional; ocupación principal comercio o servicios, cuenta con pozo séptico o desagüe, recolección Interdiaria de los residuos sólidos o nunca; con exposición por nivel de impacto del peligro bajo y muy bajo.</p>	<p>R < 0.0081</p>

5.4.2. Estratificación del riesgo en estructuras

En la siguiente tabla se muestra la estratificación del riesgo para estructuras por aluvión, modelado a partir de una avalancha de hielo y roca del Pico Norte del Nevado Huascarán hacia la parte baja de la U.H. Ranrahirca.

Tabla 93. Estratificado de los niveles de riesgo en estructuras en la U.H. Ranrahirca.

NIVEL DE RIESGOS - ESTRUCTURAS	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTO	Aluvión con altura de flujo de 0.60 a 1.20 m y mayor a 1.2 m, con geoforma de cono aluvional y/o cono de detritos y morrenas, con pendientes menores a 5% y/o entre 5% y 15%, con presencia de depósito coluvial / depósito fluvial / depósito aluvial y/o depósito aluvional, suelos de resistencia muy baja, baja y/o media, y con avalanchas de hielo y roca mayores a 100 Mm ³ originadas desde el pico norte del nevado Huascarán; estructuras de madera / tierra y mampostería de piedra / adobe en estado de conservación muy mala y mala, con exposición por nivel de impacto del peligro muy alto y alto.	$0.079 \leq P \leq 0.224$
ALTO	Aluvión con altura de flujo entre 0.3 a 0.6 m y 0.6 a 1.2 m, con geoforma cono de detritos y morrenas y/o terraza aluvial y cauce, con pendientes entre 5% y 25%, con presencia de depósitos aluvional y/o depósito glaciárico, con suelos de resistencia media a resistencia alta; con avalanchas de hielo y roca mayores a 100 Mm ³ originadas desde el pico norte del nevado Huascarán; estructuras de concreto simple / ladrillo, concreto armado y acero en estado de conservación; estado regular y bueno, con exposición por nivel de impacto del peligro alto y medio.	$0.025 \leq P < 0.079$
MEDIO	Aluvión con altura de flujo entre 0.1 a 0.1 y 0.3 a 0.6m, relieve colinoso en roca volcánica / roca sedimentaria y/ relieves montañosos en roca intrusiva, con pendientes entre 15% y 50%, presencia de suelo de resistencia alta y roca de resistencia baja, con avalanchas de hielo y roca mayores a 100 Mm ³ originadas desde el pico norte del nevado Huascarán; estructuras de concreto simple / ladrillo; en estado de conservación buena y muy buena, con exposición por nivel de impacto del peligro medio y bajo.	$0.008 \leq P < 0.025$
BAJO	Aluvión con altura de flujo menor a 0.3m, con geoforma con relieve colinoso en roca volcánica / roca sedimentaria y/o relieves montañosos en roca intrusiva y con pendientes mayores a 25%, con unidades geológicas de la Formación Yungay, Batolito de la Cordillera Blanca y Grupo Goyllarisquizga, con roca de baja, media y alta resistencia, con avalanchas de hielo y roca mayores a 100 Mm ³ originadas desde el nevado Huascarán pico norte; estructuras de concreto armado en estado de conservación muy buena, con exposición por nivel de impacto del peligro bajo y muy bajo.	$0.003 \leq P < 0.008$



5.5. MAPA DE RIESGO

El mapa de riesgo por aluvión modelado a partir de una avalancha de hielo y roca del Pico Norte del Nevado Huascarán hacia la parte baja de la UH Ranrahirca. 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, dentro de la llanura de inundación. El formato completo del mapa se observa en el Anexo A.

5.5.1. Mapa de riesgo de viviendas

En este mapa se visualiza las zonas con niveles de riesgo de 4,889 viviendas en la parte baja de la UH Ranrahirca (Figura 39), 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 los Anexos.

5.5.2. Mapa de riesgo de estructuras

En este mapa se visualizan los niveles de riesgo de 111 estructuras de importancia local en la parte baja de la U.H. Ranrahirca (Figura 40), 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 el Anexo A.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Figura 39. Mapa de riesgo de viviendas.

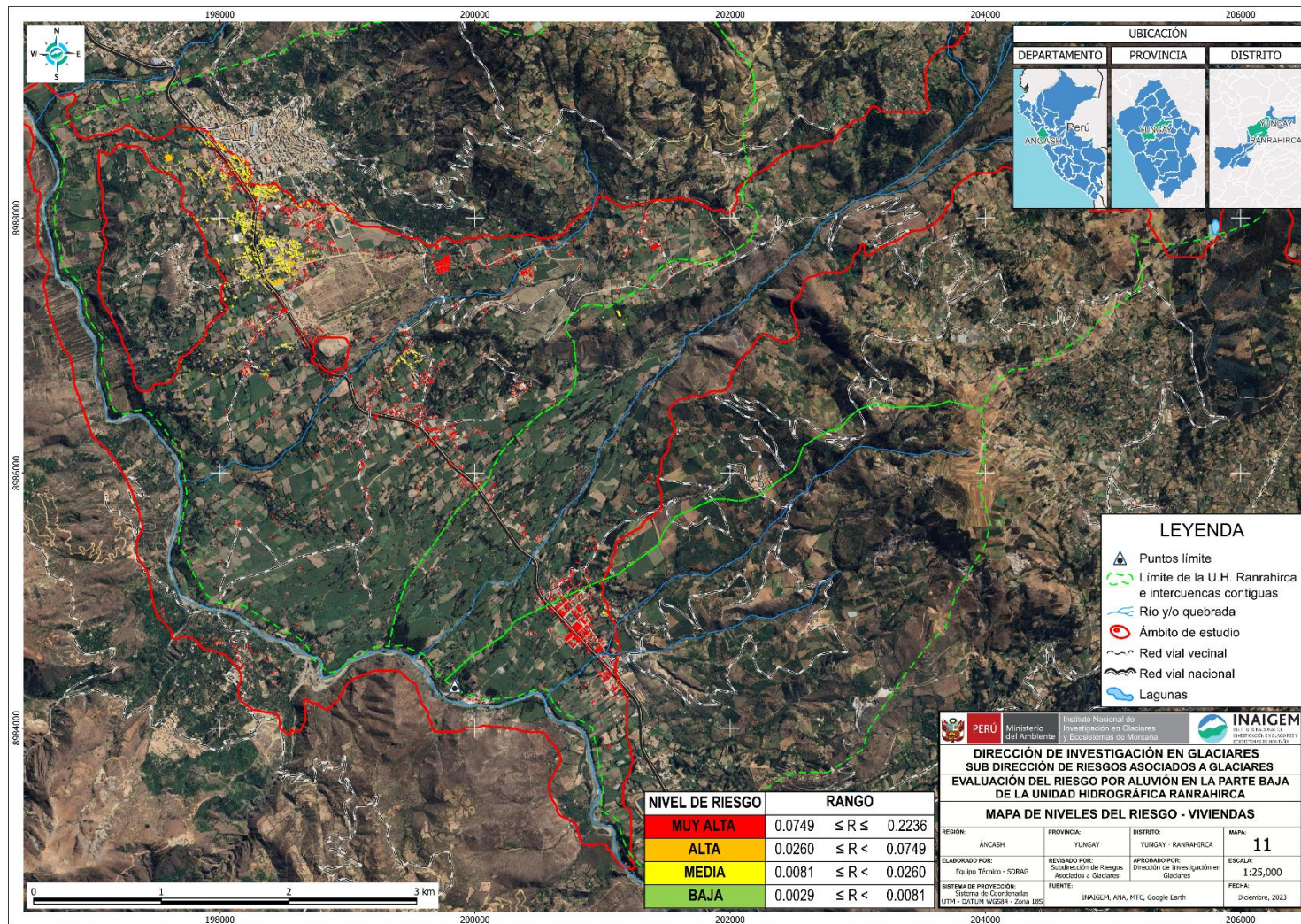
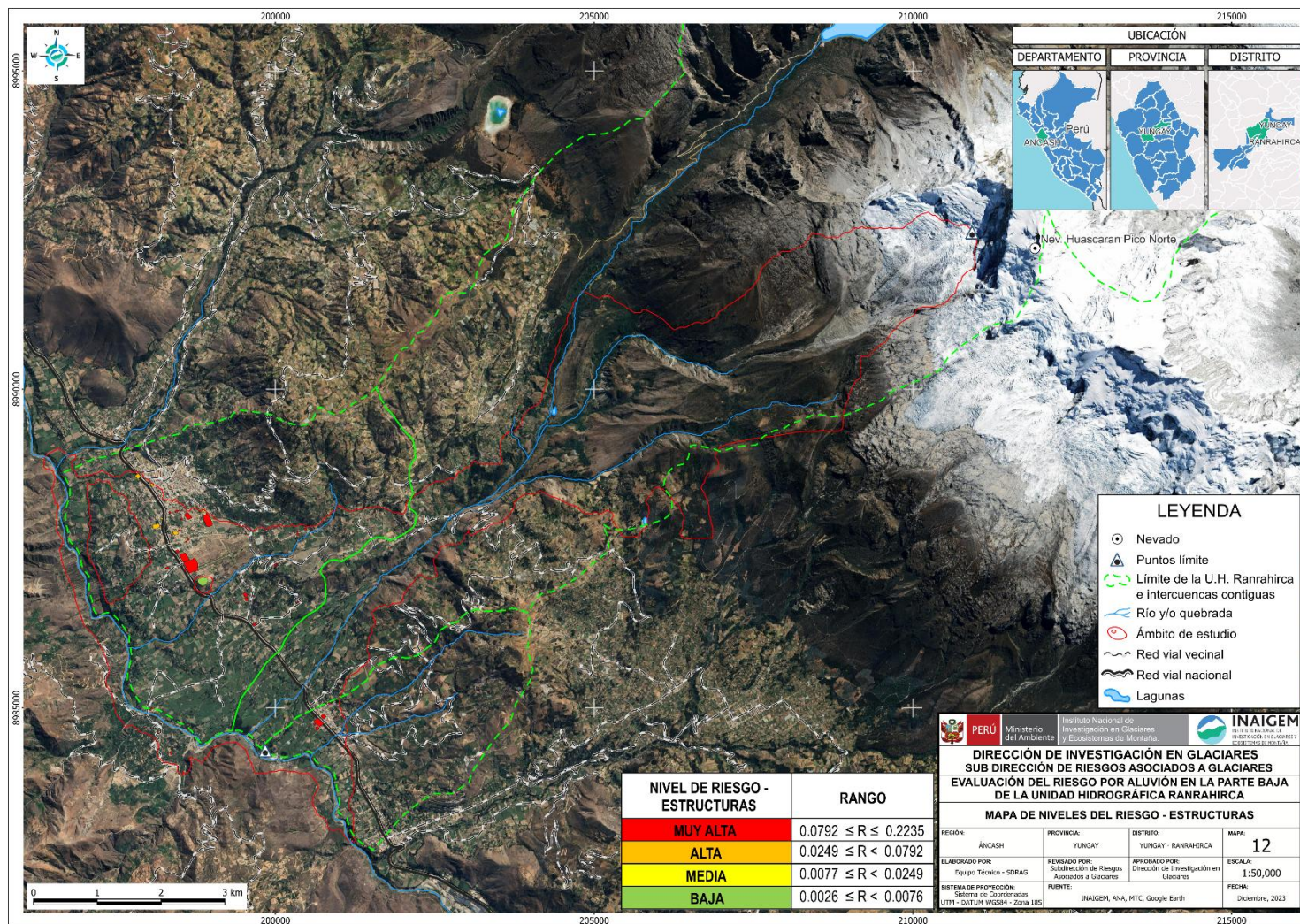




Figura 40. Mapa de riesgo de estructuras.





5.6. CÁLCULO DE LOS DAÑOS PROBABLES

5.6.1. 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 2022 / Resolución Ministerial N° 350-2021-VIVIENDA, vigente para el ejercicio fiscal 2022; y para las estructuras el equipo de INAIGEM ha realizado el cálculo directo de acuerdo a las características obtenidas in situ..

Los daños probables calculados en viviendas ascienden a S/ 194,053,908.07 soles, y en las estructuras a S/ 156,324,181.40 soles, haciendo un total de **S/ 350,378,089.47**.

Tabla 94. Estimación de Daños en Viviendas – por Tipo de Material de Pared

Tipo de Material - pared	Viviendas	%	PARED		
			Área de pared - Promedio (m ²)	Costo por área de pared en soles	Costo total en soles
Estera / Calamina / Triplay	199	4.06%	20,591.301	S/69.38	S/ 1,428,624.46
Madera / Planchas metálicas	56	1.14%	4,298.879	S/117.76	S/ 506,235.99
Adobe / Tapial	2,775	58.69%	275,305.577	S/188.84	S/ 51,988,705.16
Ladrillo con columnas de concreto	1,604	32.74%	266,191.195	S/260.43	S/ 69,324,172.91
Muros de concreto armado	165	3.37%	28,034.652	S/603.35	S/ 16,914,707.28
Total	4,889	100.00%	594,421.604	Costo total (S/.)	S/ 140,162,445.81

**Tabla 95.** Estimación de Daños en Viviendas – por Tipo de Material de Techo

TECHO					
Tipo de Material - Techo	Viviendas	%	Área techada - Promedio (m ²)	Costo por área techada en soles	Costo total en soles
Cobertura sin estructura (Plástico / Calamina / Otro)	452	9.25%	38,803.46	S/20.00	S/ 776,069.20
Madera rolliza + Calamina	860	17.59%	68,608.838	S/37.48	S/ 2,571,459.25
Estructura de madera + cobertura (teja, policarbonato, etc.)	2,043	41.79%	207,098.762	S/46.91	S/ 9,715,002.93
Estructura metálica + cobertura (teja, policarbonato, etc.)	152	3.11%	29,080.548	S/102.17	S/ 2,971,159.59
Losa aligerada de concreto	1,382	28.27%	250,829.996	S/150.93	S/ 37,857,771.30
Total	4,889	100.00%	594,421.604	Costo total (S/.)	S/ 53,891,462.26

Tabla 96. Estimación de los costos de los efectos probables

EFFECTOS PROBABLES	DAÑOS PROBABLES (S/)
4,889 viviendas ubicadas en el cauce del aluvión	S/ 194,053,908.07
111 infraestructuras importante ubicada en el cauce del aluvión, dentro de las cuales 24 corresponden a agua y saneamiento, 12 a infraestructura de riesgo, 11 a infraestructura educativa, 18 a infraestructura de recreación, 20 a iglesias, 2 a Campo Santo, 12 a infraestructura vial, 4 hospitales y puestos de salud, y otros	S/ 156,324,181.40
Total, en soles (S/.)	S/ 350,378,089.47

Fuente: INAIGEM, MVCS



5.7. CONTROL DEL RIESGO, ACEPTABILIDAD Y TOLERANCIA

5.7.1. 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 UH Ranrahirca, 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 97. 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	Medio	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

5.7.2. 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 98. 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	Medio	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias.
1	Baja	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales.

Fuente: CENEPRED

5.7.3. 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 99. 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

5.7.4. Aceptabilidad y/o tolerancia

De acuerdo a las condiciones analizadas en la parte baja de la U.H. Ranrahirca, 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 100. Aceptabilidad y tolerancia

VALOR	DESCRIPTOR	DESCRIPCIÓN
4	Inadmisible	Se debe aplicar inmediatamente la medida 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



5.7.5. Prioridad de Intervención

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

Tabla 101. Prioridad y nivel de intervención

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

Fuente: CENEPRED

5.7.6. Medidas de Control

Para reducir los niveles de riesgo ante la ocurrencia de un aluvión en la parte baja de la U.H. Ranrahirca, distritos de Ranrahirca, Yungay y Matacoto, provincia de Yungay, departamento de Ancash, se sugiere se tomen medidas estructurales y no estructurales, consignadas en las recomendaciones del presente estudio.



CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- En la parte baja de la Unidad Hidrográfica Ranrahirca, se ha identificado la existencia como elementos expuestos, de 7,208 personas, 4,889 viviendas y 111 estructuras de importancia local.
- Los resultados del análisis de la vulnerabilidad de los elementos expuestos, reflejan que, el 63.47% de las viviendas posee vulnerabilidad muy alta, 15.67% posee vulnerabilidad alta, y el 19.21% posee vulnerabilidad media; en relación a las estructuras, el 82.88% pose vulnerabilidad muy alta, el 11.71% vulnerabilidad alta y el 5.41% vulnerabilidad media.
- En relación a los niveles de riesgo, se ha identificado que, en viviendas, el 64.51% presentaría nivel de riesgo muy alto, el 11.92% nivel de riesgo alto y el 23.05% nivel de riesgo medio; en estructuras el 81.08% presentaría niveles de riesgo muy alto, el 11.71% nivel de riesgo alto y 7.21% de nivel de riesgo medio
- Ante un posible aluvión que afecte la parte baja de la Unidad Hidrográfica Ranrahirca, los daños estimados en viviendas ascenderían a S/ 194,053,908.07 soles, y en estructuras a S/ 156,324,181.40 soles, haciendo un total de S/ 350,378,089.47
- El cálculo del control de riesgos determina que el nivel de consecuencia y daños es Alto, el nivel de aceptabilidad y/o tolerancia indica que se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos y la prioridad de intervención sería de nivel II, Inaceptable. Ello debido a que se muestra que, para viviendas y estructuras predominan los niveles de vulnerabilidad y riesgo muy altos, con alta prioridad de atención.
- 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 la U.H Ranrahirca, provincia de Yungay, departamento de Ancash”, 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.

6.2. RECOMENDACIONES

Para reducir los niveles de riesgo ante la ocurrencia de un aluvión en la Unidad Hidrográfica Ranrahirca, en los distritos de Ranrahirca, Matacoto y Yungay, provincia de Yungay, departamento de Ancash, se sugiere, se tomen principalmente las siguientes medidas estructurales y no estructurales.

6.2.1. Medidas estructurales

- Implementación de un Sistema de Alerta Temprana por aluvión del glaciar Peck 2, Pico Norte del Nevado Huascarán, que incluya activos estratégicos correspondientes a un SAT Tecnológico, que incluya la instalación de un radar de apertura sintética o similar, que permita la detección de movimientos que puedan afectar a poblaciones aguas abajo.
- Implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real del Pico Norte del Nevado Huascarán con fines de investigación, que incluya la instalación de instrumentos para la medición de movimientos sísmicos y una estación meteorológica, todo ello articulado a un sistema de alerta temprana (SAT).
- Implementación de un sistema de estructuras de protección y encausamiento en zonas críticas, previa evaluación, donde la masa aluviónica alcanzaría la mayor fuerza de impacto, a fin de disipar la energía y disminuir la afectación a zonas pobladas, así como infraestructura básica y complementaria del área de estudio (Ver Mapa B.2). Se podrán utilizar muros anclados, barreras dinámicas y barreras de disipación de la energía aluviónica. Ver figura 41.

Figura 41. Muros anclados, barreras dinámicas y barreras de disipación de la energía aluviónica





- Implementación de proyectos de infraestructura natural a lo largo de la Unidad Hidrográfica Ranrahirca, considerando los terrenos menos estables. Se sugiere la aplicación de reforestación, revegetación de pastura, control de cárcavas, estabilización de suelos, entre otros, ello con la asistencia técnica debida, a fin de mejorar las condiciones del terreno.
- Realización del estudio de zonas seguras ante el aluvión y rutas de evacuación con la finalidad de identificar y definir claramente los sitios a donde estarían evacuando las poblaciones expuestas de los distritos de Yungay, Ranrahirca y Matacoto.
- Evaluación del reasentamiento poblacional de quienes se ubican en zonas de riesgo muy alto, siendo indispensable salvaguardar la vida de las personas ubicadas en dicha zona.

6.2.2. Medidas no estructurales

- Establecer, mediante resolución de alcaldía, la “Evaluación del Riesgo por Aluvión en las ciudades de Yungay y Ranrahirca, distritos de Yungay y Ranrahirca, provincia de Yungay, departamento de Ancash”, como un instrumento de gestión del riesgo y gestión del territorio de la provincia de Yungay, el cual deberá ser de aplicación inmediata en la provincia de Yungay.
- Gestión en la emisión de una ordenanza que prohíba la construcción y habilitación de viviendas y/o infraestructuras en la zona definida como posible huella de inundación, con la finalidad de evitar su exposición al peligro potencial.
- Elaboración y/o actualización del plan de prevención y reducción de riesgo de desastres de la provincia de Yungay y distritos de Ranrahirca y Matacoto (según corresponda).
- Señalización de la huella de inundación e identificar zonas seguras en el caso haya personas que estén realizando sus actividades cotidianas cercanas al área de posible impacto.
- Implementación de acciones de incidencia y fortalecimiento de las capacidades 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 (autoridades, dirigentes de grupos y población en general).
- Mejoramiento de la articulación con el Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COEP) de Yungay, Centro de Operaciones de Emergencia Local COEL Ranrahirca, Centro de Operaciones de Emergencia Local Matacoto, con el Centro de Operaciones de Emergencia Regional (COER) de Ancash, proporcionando información sobre un posible aluvión y/o movimiento en masa en la U.H. Ranrahirca.



BIBLIOGRAFÍA

1. CARE PERÚ, 2017. Evaluación de peligros por glaciares y permafrost en regiones de montaña. Proyecto Glaciares+.
2. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), 2014. Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales. 2da versión.
3. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), 2009. Riesgos Geológicos en la región Ancash.
4. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2008. Compendio Estadístico del XI Censo Nacional de Población, VI de Vivienda, II de Comunidades Indígenas.
5. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2017. Modelo de Cedula Censal.
6. Instituto Nacional de Investigaciones en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), 2020. Mapas de Unidades Geológicas, Geomorfológicas, Geotécnicas y de Pendientes en la U.H. Ranrahirca. Escala 1/25 000.
7. WEGNER, Steven, 2014, Lo que el agua se llevó – Consecuencias y Lecciones del Aluvión de Huaraz de 1941. Nota Técnica N° 7. Lima: Ministerio de Ambiente
8. .

ANEXOS

ANEXO A: MAPAS

- A.1. Mapa de Ubicación del Área de Estudio*
- A.2. Mapa de Altura de Flujo en el Área de Estudio*
- A.3. Mapa de unidades geológicas del área de estudio*
- A.4. Mapa de unidades geomorfológicas del área de estudio*
- A.5. Mapa de unidades geotécnicas del área de estudio*
- A.6. Mapa de rangos de pendientes del área de estudio*
- A.7. Mapa de elementos expuestos*
- A.8. Mapa de peligros por aluvión*
- A.9. Mapa de vulnerabilidad por aluvión – viviendas*
- A.10. Mapa de vulnerabilidad por aluvión– estructuras*
- A.11. Mapa de riesgo por aluvión – viviendas – General*
- A.12. Mapa de riesgo por aluvión – Estructuras*

ANEXO B: MATRICES SAATY

- B.1. Exposición Impacto al Peligro*
- B.2. Fragilidad Social – Grupo Etario*
- B.3. Fragilidad Social – Discapacidad*
- B.4. Fragilidad Social – Participación en Reuniones Comunes de GRD*
- B.5. Fragilidad Social – Tiene la Comunidad Reservas*
- B.6. Resiliencia Social – Nivel Educativo*
- B.7. Resiliencia Social – Actitud Frente al Riesgo*
- B.8. Resiliencia Social – Conocimiento Sobre Desastres Pasados*
- B.9. Resiliencia Social – Conocimiento Sobre Alianzas para Enfrentar Impactos*
- B.10. Fragilidad Física – Material Predominante en Pared*
- B.11. Fragilidad Física – Material Predominante en Techo*
- B.12. Fragilidad Física – Estado de Conservación de la Edificación*
- B.13. Fragilidad Física – Número de Pisos*
- B.14. Resiliencia Física – Antigüedad de la Construcción*
- B.15. Resiliencia Física – Cumplimiento de la Normativa*
- B.16. Resiliencia Física – Tipo de Vivienda*
- B.17. Resiliencia Física – Tenencia de la Vivienda*
- B.18. Fragilidad Económica – Ocupación Principal*
- B.19. Fragilidad Económica – Cuenta con Ahorros Financieros*
- B.20. Fragilidad Económica – Tiene un Crédito o alguna Deuda Pendiente*
- B.21. Resiliencia Económica – Ingreso Familiar*
- B.22. Resiliencia Económica – Productos Diferentes que Siembra en el Año.*
- B.23. Resiliencia Económica – N° de Animales Mayores (Ovino, Vacuno o Porcino)*
- B.24. Fragilidad Ambiental – Manejo de Aguas Residuales*

B.25. Fragilidad Ambiental – Manejo de Residuos Sólidos

B.26. Fragilidad Ambiental – Producción Pecuaria en los Últimos 10 años

B.27. Resiliencia Ambiental – Capacitación en Temas de Contaminación Ambiental

B.28. Resiliencia Ambiental – Tenencia de Parcelas de Uso Agropecuario

B.29. Resiliencia Ambiental – Superficie Total de Parcelas de Uso Agropecuario