

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ**

Escuela de Posgrado



**Evaluación de riesgos por movimientos en masa en el distrito
de Matucana, provincia de Huarochirí**

Tesis para obtener el grado académico de Maestra en
Ingeniería Civil con mención en Gestión de Riesgos
Naturales que presenta:

Isabel Thalia Mateo Suarez

Asesor:

Salvador Sobrecases Martí

Lima, 2025

Informe de Similitud

Yo, Salvador Sobrecases Martí, docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis titulada(o) "Evaluación de riesgos por movimientos en masa en el distrito de Matucana, Provincia de Huarochiri", de la autora Isabel Thalia Mateo Suarez, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 25%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 21/10/2025.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de investigación, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha:

Lima, 26 de octubre de 2025.

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: <u>Salvador Sobrecases Martí</u>	
CE: 001115226	Firma
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5625-7468	SOBRECASES MARTI SALVADOR - 53218118M <small>Firmado digitalmente por SOBRECASES MARTI SALVADOR - 53218118M Fecha: 2025.10.26 08:43:57 -05'00'</small>

Resumen

El cambio climático ha intensificado los fenómenos naturales en la costa peruana. La presencia de fuertes lluvias y la variación de temperatura del mar y ambiente incrementan el riesgo de movimientos en masa en zonas vulnerables. Por ello, la presente tesis desarrolla una evaluación del riesgo por movimientos en masa en el distrito de Matucana, provincia de Huarochirí-Lima, bajo la metodología establecida en el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales del CENEPRED.

El análisis se orienta en un periodo de retorno de 5 años del fenómeno, determinado a partir de la evidencia histórica de eventos en las quebradas del distrito, análisis hidrometeorológicos disponibles y de la variabilidad climática, donde la precipitación anómala se reconoce como factor desencadenante. Se desarrolla la identificación de peligros geodinámicos, la estimación de la susceptibilidad del territorio ante movimientos en masa, y la determinación del nivel de vulnerabilidad de los elementos expuestos (población, medios de vida e infraestructura local), que considera las dimensiones sociales, económicas y ambientales. Para ello, se empleó información geológica, topográfica, censal y catastral mediante herramientas SIG y análisis multicriterio adaptados al contexto local.

Los resultados muestran que un porcentaje significativo de manzanas urbanas se encuentra en zonas de riesgo alto, especialmente en laderas inestables o con infraestructura precaria. Se recomienda implementar medidas estructurales y no estructurales orientadas a reducir la exposición y fortalecer la resiliencia. Finalmente, se resalta la necesidad de incorporar la gestión del riesgo en la planificación territorial de Matucana y de consolidar sistemas locales de alerta temprana, educación comunitaria y monitoreo geodinámico.

Agradecimientos

A Dios, por ser mi guía y darme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa académica.

A mis padres, por ser ejemplo de trabajo y sacrificio. Su apoyo moral ha sido esencial durante este proceso. A mi hermano porque su presencia en mi vida me impulsa a ser un mejor ejemplo cada día, y a esforzarme por construir un futuro del que también pueda sentirse orgulloso.

A mi asesor Salvador Sobrecases Martí por su valiosa orientación, por su tiempo y por compartir conmigo su experiencia académica.

Expreso también mi agradecimiento a la Municipalidad Distrital de Matucana, por facilitarme la información técnica y los datos para el desarrollo de este estudio. Su colaboración fue principal para contextualizar y sustentar este estudio.

A la Escuela de Posgrado de mi alma máter PUCP, en especial a los docentes de la maestría, por compartir sus conocimientos y vocación, y por motivarnos a aplicar una mirada crítica y transformadora.

A mis compañeros de clase, por compartir conmigo este camino de aprendizaje, y a mis compañeros de trabajo, por su apoyo en los momentos más exigentes.

Índice

Resumen	I
Agradecimientos	II
Índice	III
Índice de figuras	V
Índice de tablas	VI
I. Generalidades	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. Hipótesis	3
1.4. Justificación	3
1.5. Alcance	5
1.6. Metodología	5
II. Marco Teórico	8
2.1. Antecedentes	8
2.2. Conceptos básicos	10
2.2.1. Movimientos en masa	10
2.2.2. Peligro	13
2.2.3. Vulnerabilidad	14
2.2.4. Riesgo	14
2.2.5. Susceptibilidad	15
2.2.6. Gestión del riesgo de desastres (GRD)	16
2.2.7. Sistema de Información Geográfica (SIG)	16
2.3. Normativas y estudios sobre evaluación de riesgos	18
2.3.1. Normativas y estudios nacionales	18
2.3.2. Normativas y estudios internacionales	19

III. Aspectos generales del área de estudio	21
3.0.1. Ubicación geográfica	21
3.0.2. Vías de acceso	23
3.0.3. División espacial	23
3.0.4. Aspectos Socioeconómicos	27
3.0.5. Aspectos físico-ambientales	34
IV. Análisis de peligrosidad	39
4.1. Recopilación y análisis de información	39
4.2. Identificación del área de influencia de los movimientos en masas	40
4.3. Parámetro de evaluación del peligro y su ponderación	41
4.4. Susceptibilidad del territorio	43
4.4.1. Factores condicionantes	44
4.4.2. Ponderación de los factores condicionantes	60
4.4.3. Factor desencadenante y su ponderación	67
4.5. Mapa de peligrosidad	71
V. Análisis de vulnerabilidad	77
5.1. Análisis de subdimensión exposición	79
5.1.1. Exposición social	79
5.1.2. Exposición económica	82
5.1.3. Exposición ambiental	86
5.2. Análisis de subdimensión Fragilidad	89
5.2.1. Fragilidad social	89
5.2.2. Fragilidad económica	102
5.2.3. Fragilidad ambiental	107
5.3. Análisis de subdimensión Resiliencia	109
5.3.1. Resiliencia social	109
5.3.2. Resiliencia económica	114
5.3.3. Resiliencia ambiental	117
5.4. Mapa de vulnerabilidad	121
VI. Cálculo del riesgo	125
6.1. Mapa de riesgo	125
6.2. Medidas de Prevención y Reducción de Riesgo	128
6.2.1. Medidas estructurales	128
6.2.2. Medidas no estructurales	129
VII Control del riesgo	131
7.1. Aceptabilidad o tolerabilidad de riesgos	131
VIII Conclusiones	136
Bibliografía	138

Índice de figuras

1.1. Flujograma de metodología para evaluación de riesgos	7
2.1. Procesos de movimientos en masa	10
2.2. Tipología de movimientos en masa	13
2.3. Capas de información espacial. Fuente: ESRI	17
3.1. Mapa de ubicación de la zona de estudio	22
3.2. Mapa de ubicación de quebradas del distrito de Matucana	22
3.3. Mapa de ubicación de sectores del distrito de Matucana	24
3.4. Distribución de manzanas codificadas por sectores en el distrito de Matucana	26
3.5. Mapa de Isoyetas de la cuenca del río Rímac. Precipitación total anual (mm). Fuente: ANA (2010) Estudio Hidrológico y ubicación de la red de estaciones hidrométricas en la cuenca del Río Rímac.	35
3.6. Mapa de curvas de nivel y gradiente Altitudinal del Distrito de Matucana	36
4.1. Mapa de Pendientes de Matucana. <i>Fuente: Elaboración Propia</i>	46
4.2. Mapa de Geología del distrito de Matucana. <i>Fuente: Elaboración Propia</i>	50
4.3. Mapa de Hidrogeología del distrito de Matucana. <i>Fuente: Elaboración Propia</i>	52
4.4. Mapa de Hidrogeología del distrito de Matucana. <i>Fuente: Elaboración Propia</i>	55
4.5. Mapa de Cobertura Vegetal del distrito de Matucana. <i>Fuente: Elaboración Propia</i>	59
4.6. Precipitaciones anuales en la estación Matucana (1964–2015). Fuente: SENAMHI (2023).	70
4.7. Mapa de peligrosidad del distrito de Matucana. Fuente: Elaboración propia.	75
4.8. Mapa de peligrosidad del distrito de Matucana por sectores. Fuente: Elabora- ción propia.	76
5.1. Flujograma de dimensiones y componentes de Vulnerabilidad.	77
5.2. Mapa de exposición social y económico del distrito de Matucana. Fuente: Elab- oración propia	86
5.3. Mapa de nivel de vulnerabilidad por manzanas del distrito de Matucana	124
6.1. Mapa de riesgo por movimientos en masa del distrito de Matucana	126
6.2. Mapa de peligro y vulnerabilidad ampliado de la zona de estudio	127

Índice de tablas

2.1. Casos de movimientos en masas en el Perú de los últimos 60 años	9
3.1. Distancias y tiempos de viaje relevantes en el ámbito de estudio	23
3.2. Manzanas por sectores del distrito de Matucana	25
3.3. Comparativo poblacional entre distritos seleccionados de Lima Metropolitana y Lima Provincias	28
3.4. Distribución del tipo de vivienda de Matucana en los años 2007 y 2017	29
3.5. Material principal en las paredes exteriores de las viviendas en el distrito de Matucana y Lima Provincias	30
3.6. Material de cubierta más común en los techos de las viviendas en el distrito de Matucana y Lima Provincias	31
3.7. Material mayoritario en los pisos de las viviendas presentes en el distrito de Matucana y Lima Provincias	31
3.8. Distribución de instituciones educativas y matrícula por nivel y sexo en el distrito	32
3.9. Distribución del nivel educativo superior en curso según grupo etario en la población del distrito de Matucana	33
4.1. Descriptores del parámetro de evaluación “Periodo de retorno” y pesos ponderados	43
4.2. Matriz de comparación por pares de FC	61
4.3. Matriz de normalización de FC	61
4.4. Matriz de relación de consistencia por pares de FC	62
4.5. Peso ponderado de FC	62
4.6. Pesos ponderados del factor Pendiente y sus descriptores	63
4.7. Pesos ponderados del factor Geomorfología y sus descriptores	64
4.8. Pesos ponderados del factor Geología y sus descriptores	65
4.9. Pesos ponderados del factor Hidrogeología y sus descriptores	66
4.10. Pesos ponderados del factor Cobertura Vegetal y sus descriptores	67
4.11. Precipitación mensual normal de la Estación Matucana en mm	69
4.12. Pesos ponderados del factor determinante Precipitación Anómala y sus descriptores	71
4.13. Valor ponderado del parámetro en estudio	72
4.14. Valor ponderado de los factores condicionantes	72
4.15. Valor ponderado del factor desencadenante	73
4.16. Valor ponderado del factor desencadenante	73
4.17. Valor ponderado de peligrosidad	74

5.1. Ponderación de factores y parámetros para la evaluación de vulnerabilidad. . .	78
5.2. Población de Matucana	80
5.3. Peso ponderado del parámetro Grupo Etario	80
5.4. Centros educativos estatales de Matucana	81
5.5. Peso ponderado del Parámetro Servicios Educativos Expuestos y sus descriptores	81
5.6. Establecimiento de salud estatal de Matucana	82
5.7. Peso ponderado del Parámetro Servicios de Salud Expuestos y sus descriptores	82
5.8. Edificios de Servicio Público de Matucana	83
5.9. Peso ponderado de Localización de la edificación y sus descriptores	83
5.10. Peso ponderado del Servicio básico de agua potable y saneamiento	84
5.11. Peso ponderado del Servicio de sistemas de energía eléctrica expuesto	84
5.12. Peso ponderado del Servicio de las empresas de distribución de combustible y gas	85
5.13. Peso ponderado del Servicio de empresas de transporte expuesto	85
5.14. Peso ponderado de Deforestación y sus descriptores	87
5.15. Peso ponderado del Pérdida de suelo fértil como recurso natural y sus descriptores	88
5.16. Peso ponderado del Pérdida de agua como recurso natural	89
5.17. Características estructurales de las Manzanas 1-22 del Distrito de Matucana . .	90
5.18. Características estructurales de las Manzanas 23-45 del Distrito de Matucana .	91
5.19. Características estructurales de las Manzanas 46-68 del Distrito de Matucana .	92
5.20. Características estructurales de las Manzanas 69-91 del Distrito de Matucana .	93
5.21. Características estructurales de las Manzanas 92-114 del Distrito de Matucana	94
5.22. Características estructurales de las Manzanas 115-137 del Distrito de Matucana	95
5.23. Características estructurales de las Manzanas 138-160 del Distrito de Matucana	96
5.24. Características estructurales de las Manzanas 161-183 del Distrito de Matucana	97
5.25. Características estructurales de las Manzanas 184-206 del Distrito de Matucana	98
5.26. Características estructurales de las Manzanas 207-209 del Distrito de Matucana	99
5.27. Peso ponderado del Materiales de const. de la edificación y sus descriptores . .	99
5.28. Peso ponderado del Estado de conservación de la edificación y sus descriptores	100
5.29. Peso ponderado del Parámetro Configuración de elevación de las edificaciones .	101
5.30. Parámetros de construcción en zonificación residencial	101
5.31. Parámetros de construcción en zonificación comercial	102
5.32. Parámetros de construcción en zonificación industrial	102
5.33. Peso ponderado del Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente	102
5.34. Características estructurales de los edificios de servicio público de Matucana . .	103
5.35. Peso ponderado del Parámetro Materiales de construcción de la edificación de servicio público y sus descriptores	104
5.36. Peso ponderado del Parámetro Estado de conservación de la edificación de ser- vicio público y sus descriptores	105
5.37. Peso ponderado del Parámetro Antigüedad de la construcción de la edificación y sus descriptores	106
5.38. Peso ponderado de Configuración de elevación de las edificaciones del servicio público y sus descriptores	106
5.39. Peso ponderado del Parámetro Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente	107

5.40. Peso ponderado Características geológicas del suelo y sus descriptores	108
5.41. Peso ponderado del Parámetro Localización de centros poblados y sus descriptores	109
5.42. Peso ponderado del Parámetro Capacitación en temas de gestión del riesgo y sus descriptores	110
5.43. Peso ponderado del Parámetro Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de desastres	111
5.44. Peso ponderado del Existencia de normatividad política y local y sus descriptores	112
5.45. Peso ponderado del Actitud frente al riesgo y sus descriptores	113
5.46. Peso ponderado Campaña de difusión y sus descriptores	114
5.47. Peso ponderado del parámetro Ingreso familiar promedio mensual y sus descriptores	115
5.48. Peso ponderado del Parámetro Población económicamente activa desocupada y sus descriptores	116
5.49. Peso ponderado de Organización y capacitación institucional y sus descriptores	117
5.50. Peso ponderado del parámetro Conocimiento y cumplimiento de normatividad ambiental y sus descriptores	118
5.51. Peso ponderado del Parámetro Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus recursos naturales y sus descriptores	120
5.52. Peso ponderado de Capacitación en temas de conservación ambiental y sus descriptores	121
5.53. Valor ponderado de los parámetros de Exposición Social	122
5.54. Valor ponderado de los parámetros de Fragilidad Social	122
5.55. Valor ponderado de los parámetros de Resiliencia Social	123
6.1. Cálculo de Riesgo para una manzana	125
7.1. Niveles de consecuencias según el valor asignado	132
7.2. Niveles de frecuencia de ocurrencia según el nivel asignado	132
7.3. Medidas cualitativas de consecuencias y daños según el nivel asignado	133
7.4. Aceptabilidad o Tolerancia del riesgo según el valor asignado	133
7.5. Clasificación de manzanas según consecuencia, frecuencia, daño y aceptabilidad	134
7.6. Clasificación de manzanas según consecuencia, frecuencia, daño y aceptabilidad	135

Capítulo I

Generalidades

1.1. Introducción

El territorio peruano es frecuentemente afectado por fenómenos naturales debido a la diversidad geográfica y su intensificación por el cambio climático. Uno de los fenómenos más destructivos en regiones con topografía accidentada es el movimiento en masas que incluye deslizamientos, flujos de lodo y caídas de rocas. Estos procesos se originan por lluvias intensas, sismos, erosión de suelos o actividades humanas inadecuadas. En efecto, el evento “El Niño 2017” generó 1’728 316 damnificados y 234 051 kilómetros de carretera afectada (Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI], 2017). De manera similar, en el 2023, el “Ciclón Yaku” intensificó las inundaciones y deslizamientos en el país. Durante las dos primeras semanas de marzo, entre daños humanos y de infraestructura registrados, se encontraron 1500 damnificados, 10 723 personas afectadas y alrededor de 26 km carreteras dañadas por inundaciones y deslizamientos en quebradas de la costa norte y central (Centro de Operaciones de Emergencia Nacional [COEN], 2023). Estos hechos generan una preocupación constante especialmente en zonas de sierra, donde la combinación de pendientes pronunciadas, suelos inestables y precipitaciones intensas incrementa el riesgo de ocurrencia de los eventos. En este contexto, el distrito de Matucana, ubicada en la Lima provincias, no es ajeno a esta problemática.

A su vez, la peligrosidad del distrito se ve incrementada por el crecimiento urbano no planificado, que se caracteriza por la ocupación de zonas que no reúnen condiciones adecuadas para el asentamiento humano. Las quebradas se convierten en canales de flujo rápido durante eventos de fuertes precipitaciones, pues arrastran lodo, rocas y sedimentos, que amenazan a la población establecida en sus cauces y conos de deyección. Como consecuencia, las viviendas pueden ser destruidas, los habitantes situados en estas zonas vulnerables sufren grandes perjuicios y las restricciones vehiculares en principales vías terrestres de comunicación generan altas pérdidas económicas para pasajeros y transportistas de mercaderías, entre otros.

Frente a esta realidad, la evaluación de riesgos se crea como un instrumento para la gestión de desastres. Así, el año 2011, el Estado peruano publica la ley N°29664 y crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD). En ella, se constituyen dos organismos públicos: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) y el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). La primera institución es responsable de brindar asistencia técnica en las etapas de estimación, prevención y reducción del riesgo. Mientras que la segunda institución tiene como función orientar en las etapas de preparación, respuesta y rehabilitación para el Plan Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres. En ese sentido, metodologías estandarizadas como la propuesta por el CENEPRED ofrecen un marco técnico riguroso y sistemático para abordar este tipo de análisis, garantizando la obtención de resultados confiables y útiles para la toma de decisiones en materia de prevención y mitigación de riesgos.

Bajo los hechos expuestos, el estudio aborda la estimación de niveles de riesgo para establecer medidas orientadas a la prevención y control de desastres, y permitan ayudar a diferentes entidades en la formulación de estrategias y decisiones. Asimismo, se propone aportar como referencia metodológica para futuras evaluaciones de riesgo por el fenómeno natural en contextos similares dentro del ámbito nacional.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar los niveles de riesgo por movimientos en masa en el distrito de Matucana, con el fin de proponer medidas de prevención y control orientadas a la reducción del riesgo de desastre

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar y caracterizar los factores topográficos, geomorfológicos, geológicos, usos del suelo que influyen en la susceptibilidad a movimientos en masa
- Determinar los niveles de peligros y elaborar el mapa de peligro del área de influencia
- Determinar los niveles de vulnerabilidad y elaborar el mapa de vulnerabilidad
- Determinar los niveles de riesgo y elaborar el mapa de riesgo por movimientos en masa
- Establecer medidas de mitigación y control del riesgo de desastre

1.3. Hipótesis

El distrito de Matucana presenta alto nivel de riesgo por movimientos en masa, producto de la combinación de factores como su topografía accidentada, exposición a lluvias intensas y la falta de implementación de medidas de prevención efectivas.

1.4. Justificación

El distrito de Matucana, capital de la provincia de Huarochirí, se ubica en una zona cercana al cauce del río Rímac. Sus características geológicas y geomorfológicas lo convierten en un territorio susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa, especialmente flujo de detritos

(comúnmente conocidos como huaycos), como resultado de lluvias intensas cada vez más frecuentes por efecto del cambio climático. Durante el primer bimestre del año 2023, INDECI reportó la ocurrencia de lluvias extremas que activaron quebradas en la provincia de Huaro-chirí, entre ellas Cuculí y Lucumaseca en el distrito Santa Eulalia, ocasionando huaycos que dañaron viviendas, vías de comunicación y servicios básicos. Estos eventos recientes evidencian la recurrencia de fenómenos hidrometeorológicos en la provincia y refuerzan la necesidad de evaluar distritos altamente expuestos como Matucana, donde quebradas como Payhua y Los Olivos constituyen focos potenciales de activación que amenazan tanto a la población como a la infraestructura local.

La vulnerabilidad del distrito se incrementa por la presencia de un tramo de la Carretera Central, infraestructura vial que conecta la capital del país con la zona central del país. En este contexto, los efectos directos de los movimientos en masa se manifiestan en la destrucción de cunetas, el colapso de viaductos, la erosión de taludes y la acumulación de sedimentos sobre la vía, comprometiendo la integridad y el mantenimiento de la infraestructura. A su vez, estos daños generan impactos indirectos que trascienden el ámbito local, ya que las interrupciones del tránsito afectan no solo a la población de Matucana, sino también a miles de usuarios que dependen diariamente de la Carretera Central para las actividades económicas, educativas, logísticas y de abastecimiento en la región y el país.

Asimismo, se ha adoptado un periodo de retorno de 5 años para la evaluación de peligrosidad, en función de la frecuencia histórica de eventos desencadenados por precipitaciones intensas en la región. Según la publicación “Análisis y evaluación histórica de precipitaciones en Chaclacayo, Chosica y áreas aledañas” (Castro et al., 2023), así como el informe del Ministerio del Ambiente [MINAM] (2015) titulado “Zonas propensas a inundaciones y deslizamientos en la costa y sierra frente a eventos hidrometeorológicos extremos”, se identifican múltiples eventos con una frecuencia aproximada de 4 a 6 años (1915, 1925, 1959, 1970, 1976, 1983, 1987, 1998, 2009, 2012, 2015 y 2017), afectando principalmente a distritos vecinos como Chosica y Chaclacayo. Dada la cercanía geográfica, similitud morfológica y dinámica hidrometeorológica

compartida, se justifica la aplicación de dicho periodo para Matucana, con el fin de representar escenarios frecuentes y contribuir a la planificación preventiva.

Por ello, la evaluación y zonificación del riesgo por el fenómeno de estudio busca aportar a la gestión del riesgo de desastres y el ordenamiento territorial local, que reduzca condiciones de vulnerabilidad y orientando estrategias para la protección de infraestructura crítica y poblaciones expuestas.

1.5. Alcance

El presente trabajo se centra en determinar niveles del riesgo por movimientos en masa en el área de estudio. El análisis parte de la caracterización y delimitación de las zonas de influencia de los peligros asociados. Identificarlas mediante plataformas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) permitirá evaluar su susceptibilidad, establecer niveles de peligrosidad y genera el mapa de peligro. Tanto para el análisis de peligrosidad y susceptibilidad, que comprenden la evaluación de riesgos, se integrará información cartográfica y se asignará pesos a los parámetros involucrados con sus respectivos descriptores. Específicamente, se analizará la vulnerabilidad de la población expuesta e infraestructuras (vías, viviendas, servicios críticos) con dimensión social, económica y ambiental. Por último, se elaborará un mapa de riesgos y se propondrán medidas estructurales y no estructurales en zonas críticas.

1.6. Metodología

El estudio sigue los lineamientos establecidos por la segunda versión del “Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales” publicado por CENEPRED. La investigación adapta sus directrices para la evaluación de riesgos por movimientos en masa en la cuenca del Río Rímac delimitado por el distrito de Matucana. La figura 1.1 describe de forma gráfica el proceso requerido para la obtención del nivel de riesgo. Asimismo, se describen las siguientes fases:

- Se recopila información base sobre el área de estudio provenientes de fuentes primarias y secundarias. Esto incluye informes y registros históricos proporcionados por instituciones nacionales (INDECI, CENEPRED e INGEMMET); así como mapas temáticos de evaluaciones similares y cercanos al área de estudio.
- Se analiza la peligrosidad del área a partir de la identificación de peligros existentes en el área por el fenómeno en estudio y respectivas características.
- Se determina los parámetros de evaluación y los descriptores que lo conforman. A estos últimos, se les otorgan pesos ponderados mediante la escala de Saaty, que asigna un peso de mayor o menor importancia. La suma de los pesos se iguala a la unidad.
- Se analiza la susceptibilidad mediante la identificación de factores condicionantes y desencadenantes. Para ello, se fijan los parámetros, sus descriptores y se les asigna un peso ponderado, cuya suma es igual a la unidad.
- Se determinan los niveles de peligrosidad a partir del parámetro de evaluación y la susceptibilidad. Con dicha información, se elabora el mapa de peligrosidad, que representa espacialmente las zonas por niveles.
- Se realiza el análisis de vulnerabilidad por dimensiones, En cada dimensión, se evalúan los factores, parámetros y descriptores con la aplicación del método multicriterio.
- Se establecen los niveles de vulnerabilidad, que integra los resultados de las dimensiones. A partir de esta información, se genera el mapa de vulnerabilidad, que sintetiza los niveles.
- Se determinan los niveles de riesgo, mediante una multiplicación simple entre el nivel de peligrosidad y el nivel de vulnerabilidad
- Por último, se emiten conclusiones basadas en los resultados con respecto a las zonas de riesgo y se plantean medidas de prevención y de control.

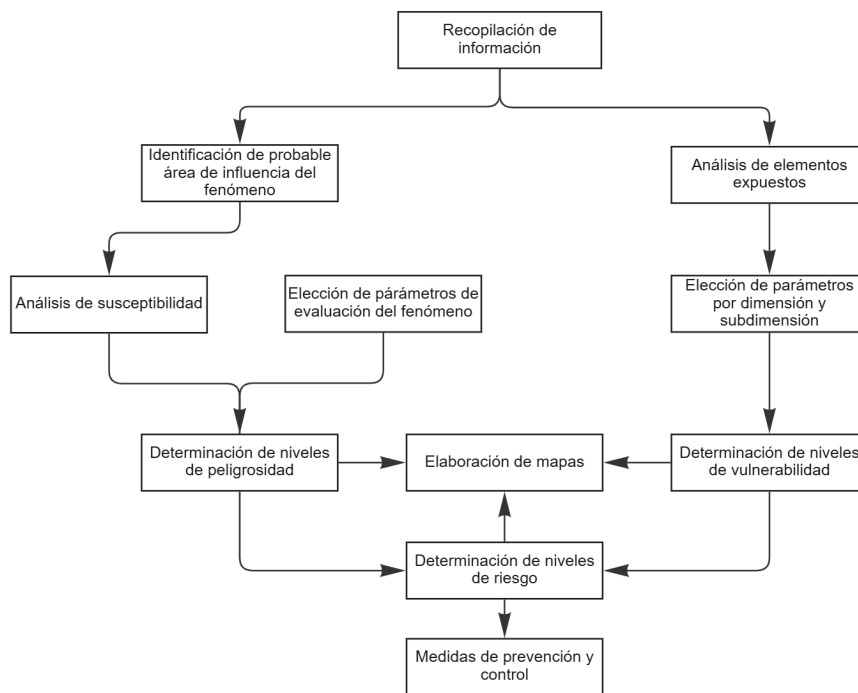
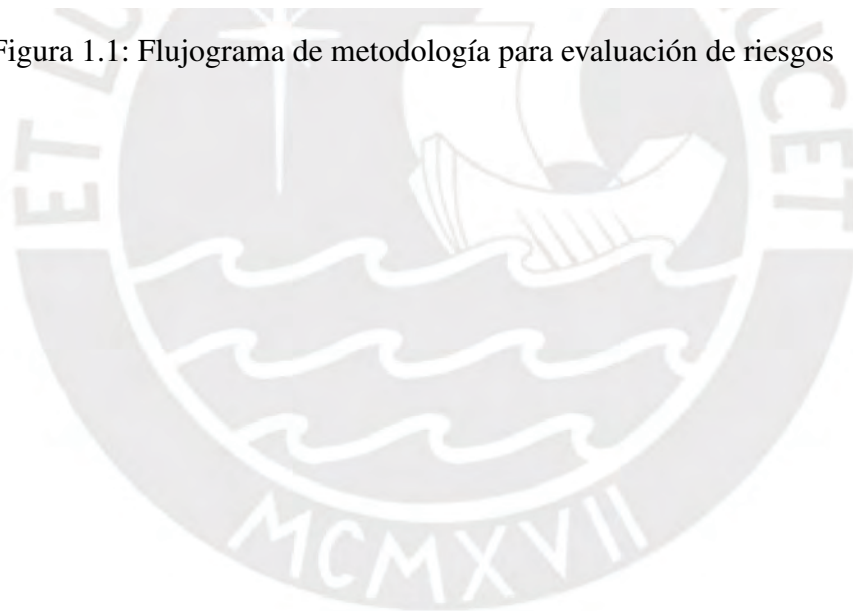


Figura 1.1: Flujograma de metodología para evaluación de riesgos



Capítulo II

Marco Teórico

El capítulo comprende estudios similares al tema de investigación, conceptos que sustentan el análisis y evaluación de riesgos mediante planteamientos teóricos.

2.1. Antecedentes

El asentamiento de poblaciones en regiones de pendientes pronunciadas y geología compleja, como las zonas montañosas, junto con acciones antrópicas intensivas, incrementa la exposición al potencial peligro por el fenómeno de movimientos en masas. Cruden y Varnes (1996) reportan que actividades antrópicas como la construcción de rellenos, sobrecargas estructurales y mal manejo hídrico pueden actuar como factores condicionantes al desestabilizar laderas, lo cual refuerza que el asentamiento humano en pendientes pronunciadas incrementa la exposición a movimientos en masa. Esta situación no es ajena al contexto nacional, donde los movimientos en masas han estado presentes de manera recurrente en la historia, pues se registraron eventos de gran magnitud que ocasionaron miles de pérdidas humanas y daños a la infraestructura. En ese sentido, Vilchez (2018) señala que la presencia de zonas montañosas conformadas por rocas de distintos tipos y grados de fracturamiento, asociados al clima y la tectónica, condicionan la ocurrencia de movimientos de masa en la mayoría de departamentos. Algunos casos históricos nacionales se presentan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1: Casos de movimientos en masas en el Perú de los últimos 60 años

Año	Lugar	Tipo	Daños
1962	Ranrahirca, Ancash	Flujo - Aluvión (origen glaciar)	4000 muertos, inundaciones de carreteras, destrucción de 2 puentes, daños en túneles
1970	Yungay, Ancash	Flujo - Aluvión (origen sísmico)	18000 muertos, devastación total de las ciudades de Yungay y Ranrahirca
1974	Mayunmarca, Huancavelica	Deslizamiento traslacional, flujo de detritos	600 muertos, 2500 damnificados, destrucción de carretera Huancayo-Ayacucho
1998	Aobamba, Cusco	Flujo de detritos	3 muertos, destrucción de instalaciones de la Central hidroeléctrica Machupicchu
2010	Ambo, Huánuco	Flujo de detritos	30 muertos, 120 viviendas destruidas
2013	Arequipa	Flujo de detritos	4 muertos, 1000 viviendas e infraestructura pública destruidas
2017	Chosica, Lima	Flujo de detritos	3545 damnificadas, 253 viviendas afectadas

Nota: Vilchez, M. (2018). *Casos históricos de movimientos en masa que causaron grandes daños en Perú*. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

A su vez, proyectos lineales (carreteras) son constantemente afectados por los deslizamientos de tierra e inundaciones, que generan pérdidas de vidas humanas y daños. El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico [INGEMMET] (2025) reportó más de 25000 movimientos a nivel nacional en las dos últimas décadas. La mayoría de estos eventos afectaron directamente a las carreteras como el caso “El Niño 2017”, en el que aproximadamente 18 000 km de vías fueron destruidas o afectadas (Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI], 2017). Cabe resaltar que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2012) registró una red vial (pavimentada, afirmada, sin afirmar) de 140 672 km, dividida en 24 593 km para la red nacional, 24 235 km para la red departamental y 91 843 km de red vecinal. En efecto, se evidencia que las características geográficas, geológicas, hidrogeomorfológicas generan condiciones para la ocurrencia de movimientos en masa en el territorio peruano. Esta realidad, combinada con la expansión urbana en las quebradas andinas, incrementa considerablemente el riesgo para las poblaciones.

Frente a ese contexto, la reducción de vulnerabilidad y el aumento de resiliencia comunitaria son metas para el desarrollo sostenible (Naciones Unidas [ONU], 2016). En ese sentido,

la gestión de riesgos, que combina el análisis y evaluación, se presenta como instrumento para los gobiernos regionales y locales. Por ello, instituciones nacionales e investigadores están comprometidos en desarrollar estudios que permitan integrar estas estrategias en los planes de desarrollo urbano basado en datos obtenidos de campo (GPS y fotografías terrestres y aéreas) y cartografiado. Este tipo de evaluación permite analizar el nivel de riesgo de una zona determinada para establecer medidas preventivas y reducir el riesgo de dicho caso de estudio.

2.2. Conceptos básicos

2.2.1. Movimientos en masa

Se entiende como procesos de desplazamiento del suelo, roca o ambos de forma lenta o acelerada, originado por exceso de agua en el terreno y/o por la acción gravitacional (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED], 2014). El descenso de materiales ocurre a lo largo de una pendiente, conocido como superficie de deslizamiento o cizalla, como se ilustra en la Figura 2.1.



Figura 2.1: Procesos de movimientos en masa

El desplazamiento se genera por factores desencadenantes y condicionantes. Por un lado, el primer factor, que se encarga de desencadenarlo, está relacionado con las condiciones particulares del terreno (presencia de lluvias, sismos, actividades con obras civiles, cambio de uso de terreno) en el que se produce el movimiento. Por otro lado, los factores condicionantes son los

que establecen condiciones de estabilidad geomecánicas (pendiente, elevación) y condiciones resistentes de materiales afectados (litología, resistencia a la cizalla friccional).

En relación al segundo factor, el fenómeno puede clasificarse según el tipo de material movilizado, mecanismo de desplazamiento, el grado de deformación del material y el grado de saturación. Por ello, las categorías proporcionadas por Varnes (1978) y Cruden y Varnes (1996) son las siguientes: caídas, volcamiento, deslizamiento de roca o suelo, propagación lateral, flujo, reptación y deformaciones gravitacionales.

Caída

La caída se refiere al movimiento en el que uno o varios bloques de suelo o roca se separan de una ladera y se trasladan por el aire mediante golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Cruden y Varnes (1996) señalan que el movimiento es muy rápido (velocidad típica 3 m/min) a extremadamente rápido (velocidad típica 5 m/s). Algunas fuentes de caída de roca son el acantilado de roca y el desprendimiento de bloques de laderas en suelo de pendiente alta.

Volcamiento

Se denomina volcamiento o toppling al movimiento en el que bloques de suelo o roca rotan hacia adelante, en torno a un punto de apoyo situado en la base (Proyecto Multinacional Andino, 2007). Se origina por acción gravitacional, al empuje de materiales contiguos o a la presión por fluidos dentro de fracturas o grietas Varnes (1978).

Deslizamiento

El desplazamiento ladera abajo desarrollado en una superficie de falla de una masa de suelo o roca es característico en este tipo de movimiento. Varnes (1978) diferencia dos tipos según la geometría de la superficie de falla: rotacionales y traslacionales. El movimiento en el deslizamiento rotacional se desarrolla en una superficie curva y cóncava. Usualmente, la deformación interna del material desplazado suele ser mínima y su velocidad varía lenta a rápidamente con

velocidades menores a 1 m/s. En el deslizamiento traslacional, la masa se moviliza sobre una superficie plana u ondulada. Con mayor frecuencia, se desarrolla en discontinuidades como fallas, planos de estratificación o de contacto entre la roca y el suelo residual. La velocidad que los caracteriza a los traslacionales varía desde rápida a extremadamente rápida (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

Propagación lateral

Se denomina propagación o expansión lateral al movimiento que ocurre principalmente por expansión del material. Según la clasificación de Varnes (1978), este fenómeno se presenta en 2 formas: movimiento que afecta a toda la masa sin una zona basal de cizalla (característico de masas rocosas) y movimiento en suelos cohesivos que ocultan a materiales que han sufrido licuefacción o de comportamiento flujo plástico.

Flujo

El flujo se caracteriza por su desplazamiento fluido (rápido o lento, saturado o seco). Varnes (1978) afirma que este se genera a partir de un deslizamiento o caída. Existen algunos tipos como flujo de detritos, avalancha de detritos y crecida de detritos. Por una parte, el flujo de detritos consta del movimiento rápido a extremadamente rápido de detritos saturados a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Por otra parte, una crecida de detritos se caracteriza por caudales 2 o 3 veces mayores que el de una crecida de agua que transporta una gran carga de detritos a lo largo de un canal.

De las definiciones por tipología mostradas, se presenta gráficamente en la siguiente imagen 2.2.

Masas		Rocas	Derrubios	Suelos
Tipo de Movimiento				
Caída		caída de rocas	caída de derrubios	caída de suelos
	Vuelco	vuelco de rocas	vuelco de derrubios	vuelco de suelos
Deslizamiento	Rotacional	deslizamiento rotacional individual	deslizamiento rotacional múltiple	deslizamiento rotacional sucesivo
	Planar	deslizamiento de rocas	deslizamiento de derrubios	deslizamiento de suelos
Propagación		subvención, estructura sub-frendada, estructura de inmersión, valle apropiado, deslizamiento de rocas, vientos, compactación	dispersión por cambios volumétricos	dispersión de suelos
Flujo		flujos de rocas (flujos de derrubios periglaciales)	flujos de derrubios	flujos de lodos
Complejo		ejemplo combinación de avalanchas de rocas y flujos de derrubios	ejemplo combinación de deslizamientos planares y rotacionales con flujos de lodos	

Figura 2.2: Tipología de movimientos en masa

2.2.2. Peligro

Se define como el fenómeno natural que presenta una probabilidad de recurrencia, magnitud e intensidad, capaz de generar efectos adversos sobre la población, la infraestructura, los bienes, la producción y servicios (Burton, 1978). Su evaluación implica conocer los aspectos como la localización y temporalidad de los eventos pasados, la intensidad y magnitud de los mismos,

zonas de futura ocurrencia de procesos y la frecuencia (Vallejo, 2002).

2.2.3. Vulnerabilidad

Se entiende como la condición de un elemento o sistema a ser afectado negativamente. El término implica la susceptibilidad al daño y la limitada capacidad de respuesta y adaptación (IPCC, 2014). Se define la vulnerabilidad como la susceptibilidad física, económica, política o social que posee una comunidad para verse afectada o sufrir daños ante la ocurrencia de un evento natural o inducido por el ser humano. En este estudio, se consideraron tres dimensiones: exposición, fragilidad y resiliencia. Por un lado, la exposición se refiere a las decisiones que sitúan a las personas y sus medios de vida dentro del radio de influencia del peligro, en función de su situación o proximidad. Es decir, consta de una relación inadecuada entre la población y su contorno, generada por procesos como el crecimiento demográfico no planificado o la expansión desordenada debido a migraciones. Mientras que, la fragilidad corresponde a las condiciones de desventaja relativa de la población y sus medios respecto a las condiciones físicas como comunidad (formas de construcción, incumplimiento de normativas de construcción). Así como también, la resiliencia consiste en la capacidad de recuperación del ser humano y sus medios asociada a las condiciones de organización de la población.

2.2.4. Riesgo

Dícese de la probabilidad de ocurrencia de un evento parcialmente dañino en un área específico y determinado plazo de tiempo (Varnes, 1984). Este surge de la relación de la combinación del peligro y la vulnerabilidad de elementos expuestos. En efecto, la evaluación de riesgos constituye un proceso integral para su cuantificación y control, pues requiere de la identificación de los peligros y el análisis de vulnerabilidad para proponer medidas orientadas a la prevención y/o reducción del riesgo de desastres. (CENEPRED, 2016)

2.2.5. Susceptibilidad

Entiéndase como la tendencia de una zona a ser afectada por un evento. En este estudio, su estimación se basa en la correlación de principales factores que contribuyen a la formación de movimientos en masa. De ese modo, un enfoque importante para comprender y reducir las pérdidas a movimientos masivos es la zonificación de susceptibilidad del territorio (Mezughli et al., 2012). Los mapas de susceptibilidad parten de datos cartográficos (tipo topográfico, geomorfológico, litológico, estructural) y del análisis de condiciones actuales existentes de los movimientos en masa (Ayala-Carcedo, Alcina, 2002).

En el 2009, INGEMMET concluyó el inventario nacional de peligros geológicos que elaboraba desde el año 2000 con estudios por franjas y regiones (desde el 2005). En efecto, presentó el Mapa de Susceptibilidad por Movimientos en Masa del Perú a escala 1:1'000,000. El mapa fue construido a partir de la cartografía de movimientos existentes y potenciales, a fin de contar con una herramienta de gestión de riesgos para la identificación de zonas donde se pueden generar dichos eventos.

Los métodos de susceptibilidad y amenaza son técnicas usadas para la evaluación y zonificación por movimientos en masa. Estas se dividen en cualitativos y cuantitativos. Por un lado, los métodos cualitativos se basan en criterios y evaluación de expertos para definir el grado de susceptibilidad. Para el análisis, se pueden considerar variables vinculadas a la experiencia y conocimiento del experto sobre la incidencia del fenómeno y sus causas en el contexto regional. Este enfoque de naturaleza subjetiva, se refleja en métodos heurísticos y análisis morfológico. Por otro lado, los métodos cuantitativos aplican expresiones matemáticas que permiten obtener factores de seguridad o probabilidades de ocurrencia. Dentro de este enfoque, se encuentran los métodos determinísticos (base física) que integran modelos matemáticos geotécnicos e hidrológicos para estimar el factor de seguridad, así como definir funciones que relacionan factores de inestabilidad y la distribución histórica y actual de los eventos.

2.2.6. Gestión del riesgo de desastres (GRD)

Dícese del proceso social orientado a prevenir, reducir y controlar los factores de riesgo de desastre, así como a fortalecer la preparación y respuesta ante la ocurrencia de desastres (SINAGERD, 2011). Este enfoque se apoya en la investigación científica y registro de información, los cuales proporcionan directrices para el diseño de políticas, estrategias y acciones en los niveles del Estado y la sociedad, con el fin de proteger la vida, medios y patrimonio nacional. Sus principios generales son la protección de las personas y su medio ambiente, del bien común, equidad, subsidiariedad, eficiencia, acción permanente, sistémico, de participación, autoayuda y gradualidad. Asimismo, la Política Nacional de GRD establece los siguientes componentes: gestión prospectiva (acciones planificadas que evitan y previenen la conformación del riesgo), gestión correctiva (acciones planificadas que corrigen o mitigan el riesgo existente) y gestión reactiva (acciones y medidas para enfrentar desastres).

2.2.7. Sistema de Información Geográfica (SIG)

Se define como un conjunto integrado de herramientas (hardware y software) diseñado para almacenar, gestionar, procesar, analizar, modelar y representar datos geoespaciales para solucionar problemas vinculados a la planificación, gestión territorial e investigación (Sampedro, 2012). Se compone de 5 elementos: hardware, software, datos, método y usuarios.

Por un lado, el hardware es el componente físico del sistema y puede estar compuesto de una plataforma de ordenador (computadora portátil, estación de trabajo). Por otra parte, el software se encarga de realizar las operaciones y la manipulación de los datos. Los softwares SIG proporcionan herramientas y funciones para almacenar y mostrar información geográfica por medio de una interfase gráfica de usuario. Son numerosos los programas comerciales de SIG y entre ellos el más conocido es ArcGIS.

Otro componente importante para los SIG son los datos. Esta información, que pueden encontrarse como datos geográficos y/o alfanuméricos, constituye la base de todo el sistema. Se

requieren de “buenos” datos para que se puedan resolver los problemas y obtener respuestas certeras. Su obtención se realiza mediante recursos propios o de proveedores de datos. Asimismo, los usuarios cumplen un papel fundamental como componentes del SIG. Estos pueden encontrarse en dos tipos: especialistas y público en general. Siendo los especialistas, aquellos técnicos que tienen una formación especializada y trabajan con los sistemas en alguna de sus fases como introducción de datos, elaboración de cartografía, entre otros. Por último, el método es uno de los componentes que se encuentra determinado por un plan de trabajo que se diseña en función de los objetivos del proyecto. Un software puede ser utilizado para temas distintos, las cuales requerirán de diferentes métodos de trabajo.

La estructura de un SIG se organiza mediante capas de información geoespacial en formato digital que representan diversas variables (formato ráster) u objetos (formato vectorial) a los que corresponden entradas en una base de datos enlazada. Por ello, su estructura permite combinar información con orígenes y formatos diferentes en un mismo sistema, tal como se muestra en la figura 2.3.

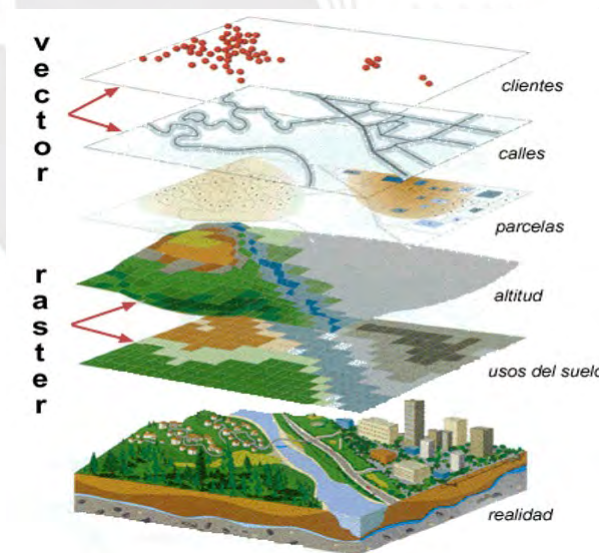


Figura 2.3: Capas de información espacial. Fuente: ESRI

2.3. Normativas y estudios sobre evaluación de riesgos

2.3.1. Normativas y estudios nacionales

El CENEPRED propone una metodología por medio de la publicación del “Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales - Versión 02”. Dentro de su contenido incluye conceptos teóricos, parámetros del fenómeno, factores de evaluación de vulnerabilidad y diagramas de flujo que muestran el procedimiento para la generación de mapas de peligros y vulnerabilidad. Asimismo, para el cálculo del riesgo, propone el uso del método multicriterio (cuantitativo y cualitativo), que permita ponderar adecuadamente los indicadores de evaluación. A su vez, el Manual de Estimación del Riesgo ante Movimientos en Masa en Ladera fue elaborado como una herramienta práctica que contiene procedimientos técnicos, metodologías y criterios mínimos para determinar el riesgo (INDECI, 2011).

Así, Solís y del Solar (2021) determinaron el nivel de riesgo por movimientos en masa del tramo vial comprendido desde el kilómetro 48 al 79 de la Carretera Central en la provincia de Huarochirí, departamento de Lima. Utilizaron la metodología propuesta por el CENEPRED y el proceso de evaluación multicriterio: Análisis Jerárquico de Saaty. La generación de mapas temáticos, producto de análisis y estructuración de datos en una plataforma SIG, determinaron niveles de riesgo “muy alto”, “alto” y “medio” en los tramos correspondientes a los distritos “Santa Cruz de Cocachacra”, “San Bartolomé”, “San Jerónimo de Surco” y “Matucana”.

Vásquez y Estrada (2023) compararon métodos estadísticos bivariados (Índice Estadístico y Pesos de la Evidencia) y el Proceso Analítico Jerárquico para determinar de la susceptibilidad a los movimientos en masas en la Carretera Central y la carretera LM-116. Realizaron un análisis de densidad de puntos a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG) considerando la red vial peruana (144,499 km) y el GEOCATMIN elaborado por el INGEMMET en el periodo 2000-2018. Asimismo, realizaron el análisis de susceptibilidad aplicando los 3 métodos descritos. Como resultados, obtuvieron que los métodos bivariados presentaron una tasa de predicción mayor al 78, siendo mayor para el método Pesos de la Evidencia. Los mapas elaborados con

dichos métodos estadísticos presentaron una mejor aproximación respecto a la base de datos de peligros geológicos reportada por GEOCATMIN.

2.3.2. Normativas y estudios internacionales

En Chile, con la publicación de la Ley N°21364 en el año 2021, recientemente se cuenta con un sistema que comprende un conjunto de normas, políticas, planes e instrumentos para asegurar una adecuada GRD. A su vez, investigadores proponen el uso de teledetección entendida como la adquisición de información de objeto desde una distancia para estudio de peligros naturales. Se han desarrollado y evaluado sensores para la estimación de precipitaciones, agente causante de las remociones en masa. En la investigación de Da Silva (2023), se evaluó la viabilidad del uso de datos de precipitación del sensor GPM IMERG para determinar umbrales de lluvia vinculados a la generación de eventos de remoción en masa en zonas urbanas costeras. Cabe resaltar que el sensor asigna el valor de precipitación al centro de la celda correspondiente a la intersección con las coordenadas de la estación. Realizaron un análisis multicriterio que integró indicadores de susceptibilidad y vulnerabilidad. Entre los resultados, se encontraron que el sensor sobrestima ligeramente la precipitación en el país chileno para la mayoría de las estaciones, a medida que se aumenta la latitud.

Asimismo, en Ecuador, se desarrollan proyectos sobre la estimación de vulnerabilidades y reducción de riesgos de desastres a nivel municipal y nacional. Así, lograron ya algunos resultados: la implementación de una metodología de análisis de vulnerabilidad cantonal (ciudad y demás divisiones rurales de menor rango) en el país, fortalecimiento comunitario, difusión de prácticas innovadoras y 6 escuelas con informes técnicos de vulnerabilidad estructural con la capacitación en Gestión de Riesgos del 100de padres de familia, docentes y estudiantes. En la publicación de Quinatoa, Tenelema y Aroca (2019) sobre un estudio de la susceptibilidad a movimientos en masa de las comunidades Visote Nueva Esperanza y Tegam San José; se encontró que la población tiene escaso conocimiento sobre cómo actuar ante diversos eventos. Tras las técnicas aplicadas para el levantamiento de información como encuestas, fichas de observación

e información complementaria; el nivel de capacidad de resiliencia identificado fue la mínima.

En Colombia, la Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:25.000, elaborada por el Servicio Geológico Colombiano (Servicio Geológico Colombiano, 2017), constituye un referente internacional en la evaluación del riesgo por movimientos en masa. Esta guía establece un procedimiento técnico estructurado en tres etapas: caracterización geoambiental, análisis de susceptibilidad y caracterización de la amenaza, que integra información geológica, geomorfológica, de uso del suelo e hidrológica mediante SIG. En este contexto, Ospina-Gutiérrez y Aristizábal (2021) evaluaron la susceptibilidad por movimientos en masa en la cuenca de la quebrada La Miel de los Andes colombianos, aplicando algoritmos de inteligencia artificial y aprendizaje automático. El estudio seleccionó variables predictoras a las condiciones topográficas, geológicas, hidrológicas y de cobertura del suelo. Posteriormente, se implementaron 11 modelos de machine learning bajo técnicas supervisadas y no supervisadas, comparando su rendimiento mediante métricas como AUC, Recall y curva ROC. Los resultados demostraron que los modelos ensamblados del tipo boosting ofrecieron el mejor desempeño predictivo, superando a los modelos lineales tradicionales. Los autores concluyen que estas herramientas permiten una mayor capacidad de representación espacial del fenómeno, siempre que se cuente con inventarios y datos predictivos confiables.

Capítulo III

Aspectos generales del área de estudio

3.0.1. Ubicación geográfica

Matucana es un distrito perteneciente a la provincia de Huarochirí y departamento de Lima, en la cuenca media del río Rímac. Limita al norte con San Juan de Iris y Carampoma, al este con San Mateo, al sur con el distrito de San Damián y al oeste con Surco y San Mateo de Otao, tal como se muestra en la figura 3.1.

Está localizado en el lado occidental de la Cordillera de los Andes, entre los 11°50' S y 76°22' O, a una altitud promedio de 2390 m.s.n.m. Tiene una extensión territorial de 179.4 km² y su relieve es accidentado con pendientes pronunciadas. Dentro de su ámbito se desarrollan diversas quebradas, entre las que destacan la quebrada Chucumayo (Los Olivos) y la quebrada Payhua (Llanahualla), mostradas en la figura 3.2. Estas constituyen afluentes importantes que inciden en la dinámica hídrica y geomorfológica del distrito. La quebrada Chucumayo se ubica al margen izquierdo del río Rímac, mientras que la quebrada Payhua en la margen derecha.

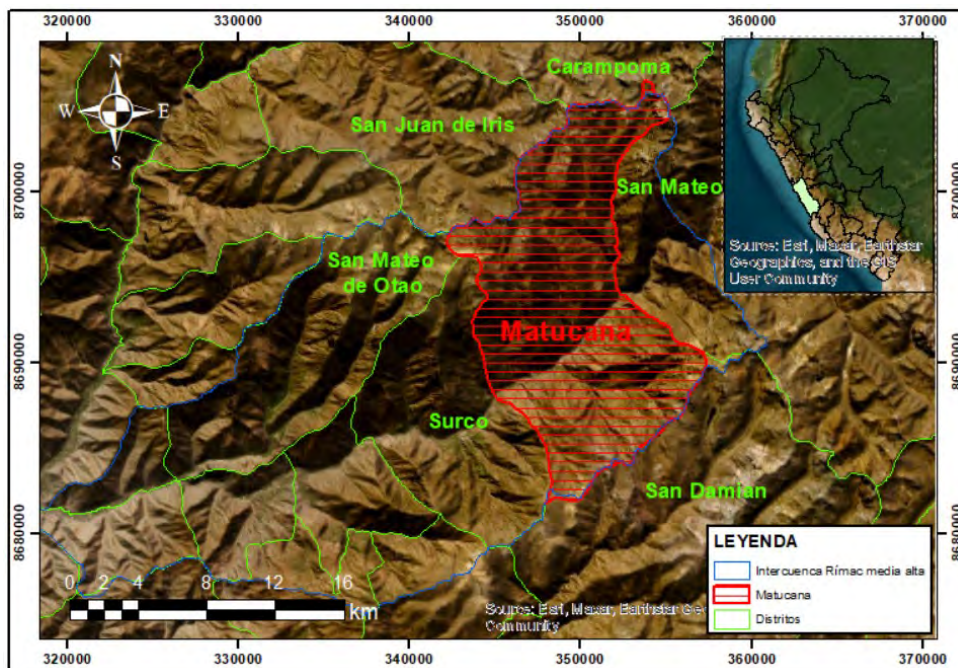


Figura 3.1: Mapa de ubicación de la zona de estudio

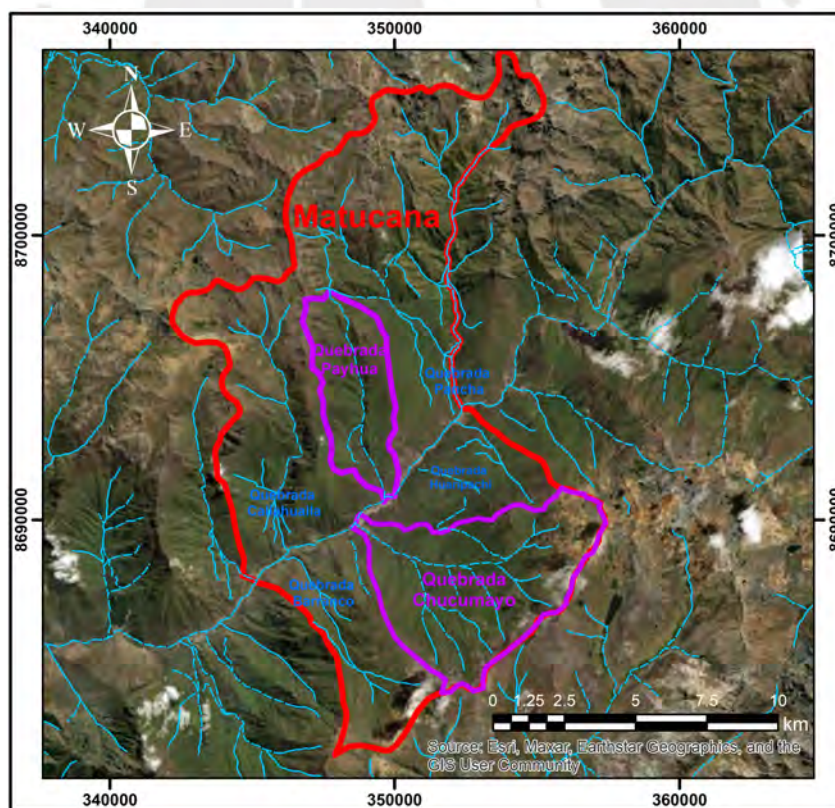


Figura 3.2: Mapa de ubicación de quebradas del distrito de Matucana

3.0.2. Vías de acceso

El ingreso al distrito se efectúa por dos rutas: Lurigancho Chosica-Matucana y La Oroya-Matucana. Los trayectos son principalmente por la Carretera Central, vía tipo asfaltada. La Tabla 3.1 proporciona la descripción de cada trayecto, incluyendo distancia, tipo de vía y tiempo aproximado de recorrido, conforme a referencias de Google Maps.

Tabla 3.1: Distancias y tiempos de viaje relevantes en el ámbito de estudio

Origen	Destino	Distancia (Km)	Tiempo	Frecuencia	Medios de transporte
Lurigancho Chosica (Cruce Av. Las Torres con Av. Cajamarquilla)	Matucana (Cruce Jr. Lima con Jr. Independencia)	66.8	1h55min	Flujo diario	Autos, combis, camionetas, buses y camiones.
La Oroya (Av. Horacio Zevallos Gamez N°315)	Matucana (Cruce Jr. Lima con Jr. Independencia)	98.9	2h46min	Flujo diario	Autos, combis, camionetas, buses y camiones.

Nota: Google Maps (2024).

3.0.3. División espacial

Para el desarrollo del estudio, el territorio analizado fue dividido en diez sectores diferenciados, los cuales se muestran en la Figura 3.3. Esta segmentación proporcionada por la Municipalidad Distrital de Matucana se basa en criterios geográficos, administrativos y de organización territorial local, permitiendo una caracterización más precisa del entorno físico y social. En la Figura 3.4 se presenta la representación cartográfica de las unidades expuestas, mientras que la Tabla 3.2 presenta el resumen de sectores definidos, junto con los códigos de manzanas comprendidos y el número de manzanas por sector correspondientes.

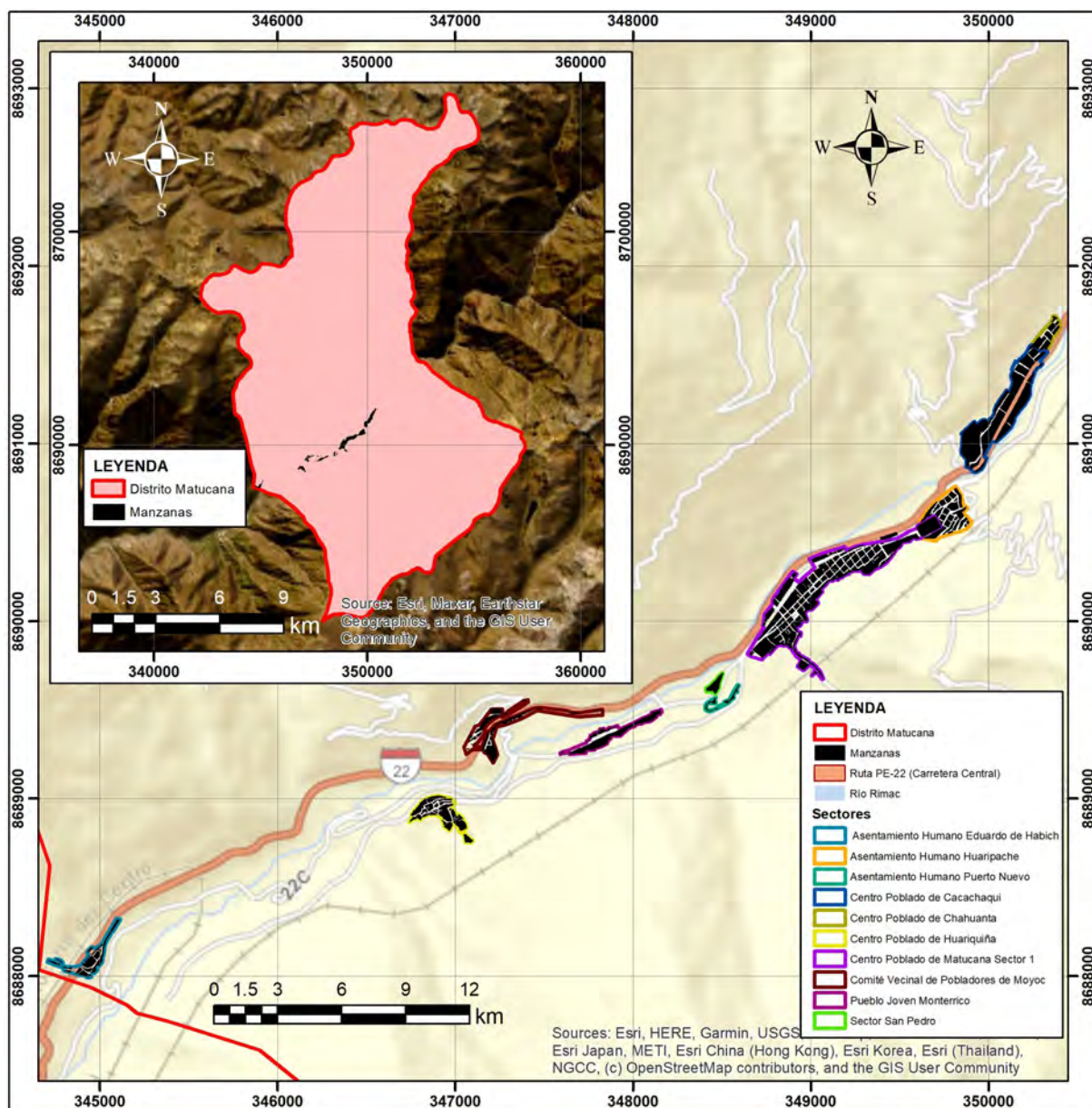


Figura 3.3: Mapa de ubicación de sectores del distrito de Matucana

Tabla 3.2: Manzanas por sectores del distrito de Matucana

Sector	Manzanas incluidas (códigos)	Cantidad
Asentamiento Humano Eduardo de Habich	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19	19
Centro Poblado de Huariquiña	20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44	25
Comité Vecinal de Pobladores de Moyoc	45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67	23
Pueblo Joven Monterrico	68, 69, 70, 71, 72	5
Sector San Pedro	78	1
Asentamiento Humano Puerto Nuevo	73, 74, 75, 76, 77	5
Centro Poblado de Matucana Sector 1	79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156	81
Asentamiento Humano Huaripache	160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185	26
Centro Poblado de Cacachuqui	186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202	17
Centro Poblado de Chahuanta	203, 204, 205, 206, 207, 208, 209	7
TOTAL	209	209

Nota: Elaboración propia.

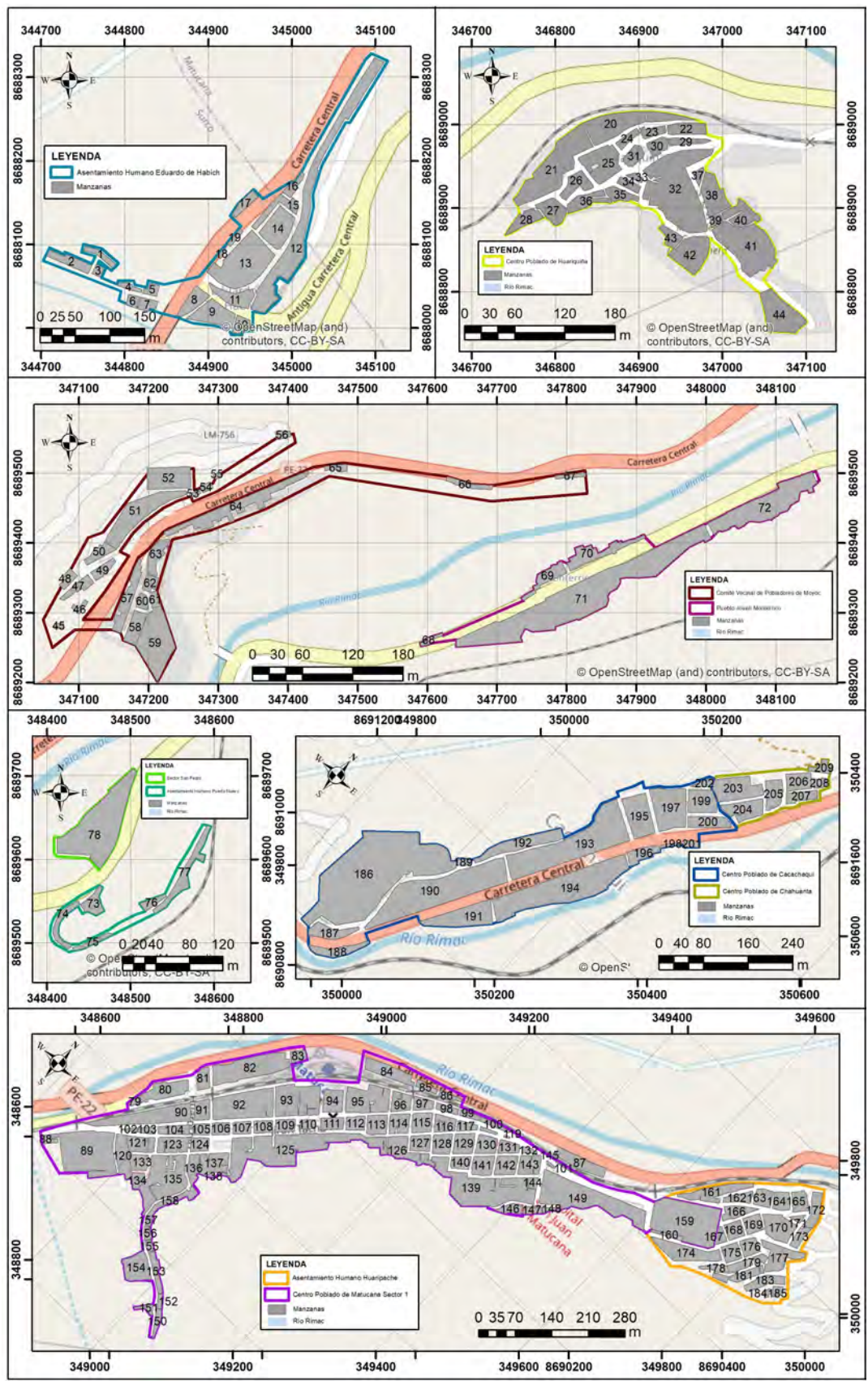


Figura 3.4: Distribución de manzanas codificadas por sectores en el distrito de Matucana

3.0.4. Aspectos Socioeconómicos

Población

El distrito de Matucana presenta una población estimada de 4,058 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2018), que refleja una densidad demográfica baja en comparación con los distritos urbanos de Lima Metropolitana. Esta cifra se relaciona con su carácter predominantemente rural y su ubicación en la zona altoandina de la provincia de Huarochirí. En la Tabla 3.3 se presenta un comparativo de población entre distritos seleccionados de Lima Metropolitana y Lima Provincias, con el fin de contextualizar el tamaño poblacional del distrito de Matucana en relación con otros territorios del entorno regional. Por el contrario, los distritos más poblados de Lima Metropolitana: San Juan de Lurigancho, San Martín de Porres, Ate-Vitarte y Comas, concentran una gran cantidad de habitantes como resultado de procesos de urbanización acelerada. Los distritos Huaral y San Vicente de Cañete muestran poblaciones intermedias, y finalmente, Matucana se sitúa dentro de los distritos con menor densidad, lo cual tiene implicancias relevantes en términos de exposición, capacidad de respuesta y planificación del riesgo.

Tabla 3.3: Comparativo poblacional entre distritos seleccionados de Lima Metropolitana y Lima Provincias

Distrito	Población 2007	Población 2017	Tasa de crecimiento promedio anual (2007–2017)
San Juan de Lurigancho	898,443	1,038,495	1.46
San Martín de Porres	579,561	654,083	1.22
Ate - Vitarte	478,278	599,196	2.28
Comas	486,977	520,450	0.67
Huaral	88,558	99,915	1.21
San Vicente de Cañete	46,464	54,775	1.66
Barranca	61,178	68,324	1.11
Cajatambo	2,790	2,082	-2.88
Yauyos	2,698	1,481	-5.82
Lurigancho-Chosica	169,359	240,814	3.58
Matucana	4,508	4,058	-1.05

Nota: INEI (2018). Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017 – Región Lima; INEI (2007). Resultados del Censo Nacional 2007, obtenidos de la plataforma del INEI.

Se observa una notable heterogeneidad en las tasas de crecimiento poblacional entre los distritos seleccionados durante el periodo intercensal 2007–2017. Los distritos cercanos a Matucana como Lurigancho–Chosica (3.58%), Ate–Vitarte (2.28%) y San Juan de Lurigancho (1.46%) presentan tasas de crecimiento positivas y sostenidas; mientras que distritos rurales como Matucana exhiben una tasa negativa de -1.05%, reflejando una dinámica demográfica inversa.

Vivienda

El tipo de vivienda y el material predominantes son variables que representan un factor crucial para determinar el nivel de seguridad y bienestar de los habitantes frente a amenazas naturales, climáticas o antrópicas. En zonas andinas como Matucana, donde el clima varía considerablemente y el riesgo sísmico es significativo, la calidad y tipología de la vivienda cobra aún mayor relevancia.

En el distrito de Matucana se observa una clara predominancia de las casas independientes

como forma principal de vivienda, seguidas muy de lejos por otros tipos como viviendas en quinta, en casa de vecindad o departamentos en edificio. Tal como se presenta en la tabla 3.4, entre los Censos Nacionales de 2007 y 2017 se registró un notable incremento en el número total de viviendas particulares de 2016 en 2007 a 3870 en 2017, lo que representa un aumento de aproximadamente 92 % en una década.

Tabla 3.4: Distribución del tipo de vivienda de Matucana en los años 2007 y 2017

Tipo de Vivienda	2007	%	2017	%
Casa Independiente	1 930	95.73 %	3 701	95.63 %
Departamento en edificio	20	0.99 %	17	0.44 %
Vivienda en quinta	16	0.79 %	38	0.98 %
Vivienda en casa de vecindad	26	1.29 %	96	2.48 %
Choza o cabaña	16	0.79 %	16	0.41 %
Vivienda improvisada	8	0.40 %	2	0.05 %
Total	2 016	100.00 %	3 870	100.00 %

Nota: INEI (2018). Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017 – Región Lima; INEI (2007). Resultados del Censo Nacional 2007, obtenidos de la plataforma del INEI.

La casa independiente se mantuvo como el tipo de vivienda más representativo, incrementando de 1,950 unidades en 2007 a 3,701 en 2017, lo que implica una consolidación de este tipo constructivo en el contexto rural-andino. Sin embargo, también se evidencian ligeros aumentos en la cantidad de viviendas en quinta, departamentos en edificio y casas de vecindad, lo que sugiere un incipiente proceso de diversificación en las formas habitacionales del distrito, posiblemente vinculado al crecimiento poblacional o a la búsqueda de soluciones de vivienda más compactas en zonas urbanas como la capital distrital. Por otro lado, la disminución en el número de viviendas improvisadas, que pasaron de 6 en 2007 a solo 2 en 2017, lo cual podría interpretarse como un avance en las condiciones de habitabilidad y un reflejo de intervenciones públicas o comunitarias orientadas a la mejora del entorno construido.

En la Tabla 3.5 muestra la evolución del material predominante en las paredes exteriores de las viviendas entre los años 2007 y 2017 en el distrito de Matucana y en Lima Provincias. Se observa una tendencia al incremento del uso de materiales más resistentes como ladrillo o

bloque de cemento, especialmente en Lima Provincias, mientras que el uso de adobe o tapia presenta una disminución significativa en ambos casos.

Tabla 3.5: Material principal en las paredes exteriores de las viviendas en el distrito de Matucana y Lima Provincias

Material	Distrito de Matucana				Lima Provincias			
	2007	%	2017	%	2007	%	2017	%
Ladrillo o Bloque de Cemento	1312	29.15 %	1366	35.30 %	354695	43.12 %	502987	57.42 %
Adobe o Tapia	2942	65.36 %	2250	58.14 %	361793	43.99 %	265838	30.35 %
Madera	82	1.82 %	155	4.01 %	12801	1.56 %	34128	3.90 %
Quincha	10	0.22 %	6	0.16 %	19072	2.32 %	16294	1.86 %
Estera	14	0.31 %	54	1.40 %	58903	7.16 %	50410	5.75 %
Piedra con Barro	61	1.36 %	31	0.80 %	6531	0.79 %	3592	0.41 %
Piedra o Sillar con Cal o Cemento	4	0.09 %	8	0.21 %	836	0.10 %	2791	0.32 %
Otros	76	1.69 %	0	0.00 %	7853	0.95 %	2	0.00 %
Total	4501	100.00 %	3870	100.00 %	822484	100.00 %	876042	100.00 %

Nota: INEI (2018). Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017 – Región Lima; INEI (2007). Resultados del Censo Nacional 2007, obtenidos de la plataforma del INEI.

Asimismo, en la Tabla 3.6 muestra un cambio notable en los materiales usados para techos en Matucana entre 2007 y 2017, destacando el aumento del uso de planchas de calamina o similares (de 42.52 % a 77.11 %) y la fuerte reducción del uso de tejas tradicionales. En Lima Provincias, la variación fue menor, con predominio sostenido del concreto armado y materiales ligeros.

Tabla 3.6: Material de cubierta más común en los techos de las viviendas en el distrito de Matucana y Lima Provincias

Material	Distrito de Matucana				Lima Provincias			
	2007	%	2017	%	2007	%	2017	%
Concreto armado	650	14.44 %	799	20.65 %	354695	43.12 %	502987	57.42 %
Madera	36	0.80 %	44	1.14 %	361793	43.99 %	265838	30.35 %
Tejas	1719	38.19 %	23	0.59 %	12801	1.56 %	34128	3.90 %
Planchas de calamina, fibra de cemento o similares	1914	42.52 %	2984	77.11 %	19072	2.32 %	16294	1.86 %
Caña o estera con torta de barro o cemento	136	3.02 %	11	0.28 %	58903	7.16 %	50410	5.75 %
Triplay / estera / carrizo	37	0.82 %	7	0.18 %	6531	0.79 %	3592	0.41 %
Paja, hoja de palmera y similares	5	0.11 %	2	0.05 %	836	0.10 %	2791	0.32 %
Otros	4	0.09 %	0	0.00 %	7853	0.95 %	2	0.00 %
Total	4501	100.00 %	3870	100.00 %	822484	100.00 %	876042	100.00 %

Nota: INEI (2018). Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017 – Región Lima; INEI (2007). Resultados del Censo Nacional 2007, obtenidos de la plataforma del INEI.

Por último, la Tabla 3.7 muestra la distribución del material mayoritario utilizado en los pisos de las viviendas. Se observa una disminución del uso de tierra como revestimiento en ambas zonas, mientras que materiales más duraderos como los cerámicos y el cemento ganaron mayor presencia, lo que refleja un proceso de mejora progresiva en las condiciones de habitabilidad y en el acceso a materiales de mejor calidad.

Tabla 3.7: Material mayoritario en los pisos de las viviendas presentes en el distrito de Matucana y Lima Provincias

Material	Distrito de Matucana				Lima Provincias			
	2007	%	2017	%	2007	%	2017	%
Parquet o madera pulida	13	0.29 %	22	0.57 %	5740	0.70 %	8386	0.96 %
Láminas asfálticas o vinílicos	8	0.18 %	24	0.62 %	1796	0.22 %	3740	0.43 %
Losetas, terrazos o cerámicos	178	3.95 %	326	8.42 %	58274	7.09 %	136146	15.54 %
Madera	95	2.11 %	86	2.22 %	7596	0.92 %	7564	0.86 %
Cemento	2492	55.37 %	2332	60.26 %	415008	50.46 %	516798	58.99 %
Tierra	1709	37.97 %	1080	27.91 %	331220	40.27 %	203137	23.19 %
Otros	6	0.13 %	0	0.00 %	2850	0.35 %	271	0.03 %
Total	4501	100 %	3870	100 %	822484	100 %	876042	100 %

Nota: INEI (2018). Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017 – Región Lima; INEI (2007). Resultados del Censo Nacional 2007, obtenidos de la plataforma del INEI.

Educación

La realidad educativa en el distrito de Matucana presenta particularidades propias de su condición geográfica y socioeconómica. De acuerdo con los datos del Censo escolar 2024, Matucana cuenta con una reducida pero significativa población estudiantil que accede principalmente al servicio de Educación Básica Regular. Sin embargo, factores como la dispersión territorial, la baja densidad poblacional, la limitada infraestructura educativa en centros poblados rurales y las dificultades de acceso continúan siendo retos persistentes para garantizar el derecho a una educación de calidad.

Según la Unidad de Gestión Educativa Local (UGEL Huarochirí) y los datos disponibles del Ministerio de Educación (MINEDU), en Matucana se registraron un total aproximado de 1300 alumnos matriculados durante el año 2024, de los cuales 850 pertenecen al nivel primario y 418 al nivel secundario, evidenciando una predominancia del nivel primario, como es habitual en distritos de menor población escolar, según se observa en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8: Distribución de instituciones educativas y matrícula por nivel y sexo en el distrito

Nivel	Cantidad	Tipo de Gestión	Total de Alumnos	Sexo Masculino	Sexo Femenino
Inicial escolarizada - Jardín	4	Pública	166	82	84
Inicial No Escolarizada	7	Pública	64	36	28
Primaria	5	Pública	455	238	217
Secundaria	2	Pública	418	227	191
Básica Alternativa - Avanzado	1	Privada	39	18	21
Técnico	2	Pública	70	16	54
Básica especial	1	Pública	12	9	3
Total	22	-	1224	626	598

Nota: Ministerio de Educación – ESCALE. Censo escolar 2024.

Respecto a las instituciones educativas de gestión pública y privada, el distrito de Matucana cuenta con un total de 18 instituciones de nivel básico regular, siendo el nivel inicial el que presenta mayor número con 11 escuelas, lo cual responde a una política educativa que prioriza la primera infancia incluso en territorios rurales.

Asimismo, la problemática del abandono escolar persiste en Matucana, siendo particular-

mente crítica en el nivel secundario. Factores como la inserción laboral temprana, la migración hacia centros urbanos para continuar estudios superiores, y la limitada motivación desde el entorno familiar inciden directamente en la continuidad educativa de los adolescentes. Si bien no se cuenta con datos desagregados y actualizados a nivel local, las cifras nacionales del año 2015 con una tasa de deserción de 0.9 % en primaria y 7.6 % en secundaria (ESCALE, 2016) permiten inferir que las zonas andinas y rurales, como Matucana, presentan niveles de deserción significativamente superiores al promedio nacional. Como se ilustra en la Tabla 3.9, predominan los estudios incompletos y una baja proporción de grados alcanzados como maestría o doctorado, especialmente en los grupos etarios jóvenes.

Tabla 3.9: Distribución del nivel educativo superior en curso según grupo etario en la población del distrito de Matucana

Nivel educativo	15-19 años	20-29 años	30-39 años	40-64 años	65 y más años
Sup. no univ. incompleta	33	57	31	70	7
Sup. no univ. completa	1	84	67	92	12
Sup. univ. incompleta	29	58	31	42	9
Sup. univ. completa	-	60	39	99	30
Maestría / Doctorado	-	-	4	9	2
Total	63	259	172	312	60

Nota: Ministerio de Educación – ESCALE. Censo escolar 2024.

Salud

En el país, el acceso equitativo a servicios de salud sigue siendo un desafío, especialmente en zonas rurales, donde la dispersión geográfica, la limitada infraestructura y la escasa presencia de personal médico incrementan la vulnerabilidad de la población ante enfermedades. Esta situación exige fortalecer el primer nivel de atención, mejorar la infraestructura existente y asegurar recursos humanos y materiales adecuados para una atención oportuna.

En el área de estudio, el principal establecimiento de salud es el Hospital San Juan de Matucana, que brinda atención básica a los habitantes del casco urbano y comunidades cercanas. Este centro cumple un rol esencial en la atención primaria, con servicios de consulta externa, emergencias, salud materno-infantil y campañas de vacunación; sin embargo, enfrenta limitaciones frente al aumento de la demanda y la necesidad de una atención más especializada.

En marzo de 2025 se inauguró el nuevo Hospital San Juan de Matucana II-1, construido bajo la modalidad de Gobierno a Gobierno con el Reino Unido. Tiene una superficie de 11,014.62 m² distribuidos en cuatro pisos. Además, ofrece servicios de consulta externa, emergencias, hospitalización, diagnóstico por imágenes, patología clínica, farmacia y banco de sangre. La implementación de este moderno hospital representa un avance significativo en la mejora de la atención médica en Matucana, fortaleciendo el primer nivel de atención y reduciendo las brechas en el acceso a servicios de salud de calidad para la población local.

3.0.5. Aspectos físico-ambientales

Clima y condiciones meteorológicas

El distrito de Matucana presenta condiciones climáticas propias de la sierra central peruana, influenciadas por la altitud, la topografía del valle del río Rímac y la marcada estacionalidad de las precipitaciones. De acuerdo con la clasificación oficial del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), en Matucana predominan dos tipos de clima: en las zonas intermedias se identifica el clima “C(i)B’ – Semiseco con invierno seco, templado”, mientras que en las áreas de mayor altitud se caracteriza el clima “D(i)B’ – Semiseco con invierno seco, frío” (SENAMHI, 2021). Esta clasificación refleja la transición altitudinal propia del distrito, donde las condiciones térmicas varían conforme aumenta la altitud y se intensifica el régimen de precipitaciones.

Los registros meteorológicos del periodo 1981 al 2010, el clima presenta en promedio, temperaturas máximas anuales entre 19°C y 23°C, y mínimas entre 15°C y 19°C (SENAMHI, 2024). En términos pluviométricos, la precipitación se concentra en los meses de diciembre a marzo, con lluvias de tipo convectivo y orográfico, mientras que entre mayo y setiembre se desarrolla una estación seca con cielos despejados y escasas precipitaciones.

El análisis espacial mediante el Mapa de Isoyetas de la cuenca del Rímac permite complementar esta caracterización climática (ANA, 2010). La figura 3.5 evidencia un gradiente

pluviométrico directamente relacionado con la altitud y la exposición de las laderas. En el caso de Matucana, se observa que los acumulados anuales tienden a incrementarse en las quebradas y sectores de mayor elevación (350 a 450 mm), mientras que las áreas bajas del valle presentan registros inferiores (250 a 300 mm). Esta tendencia se corrobora con la figura 3.6, que evidencia cómo las mayores altitudes se asocian con mayores acumulados de precipitación, que refleja la influencia de la topografía con las lluvias.

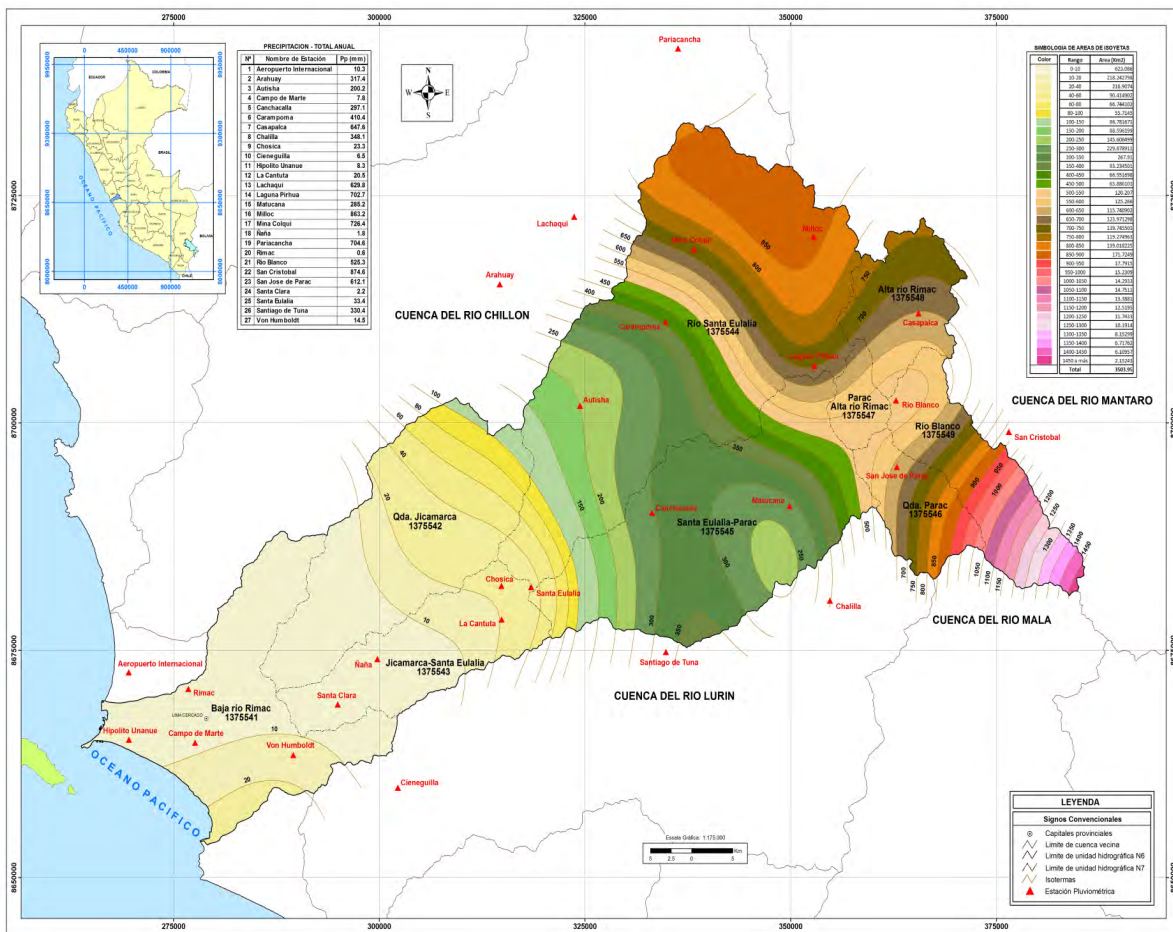


Figura 3.5: Mapa de Isoyetas de la cuenca del río Rímac. Precipitación total anual (mm). Fuente: ANA (2010) Estudio Hidrológico y ubicación de la red de estaciones hidrométricas en la cuenca del Río Rímac.

Geología

La geología del distrito de Matucana presenta una diversidad litológica, como producto de la evolución tectónica y sedimentaria de la cuenca del río Rímac. A partir de la cartografía geológica 24-k, disponible en la plataforma GEOCATMIN, se identificaron trece unidades geológicas. Estos comprenden depósitos cuaternarios recientes, formaciones sedimentarias mesozoicas y cuerpos ígneos intrusivos y volcánicos. Entre las principales destacan los depósitos aluviales, glaciares y fluvio-glaciares, caracterizados por su alta susceptibilidad a procesos de erosión y movimientos en masa; las formaciones sedimentarias como Chimú, Chúlec, Pariatambo y Colqui, de resistencia variable frente a la meteorización; y unidades ígneas y volcánicas como la tonalita, granodiorita, riodacita, traquiandesita y la formación Huarochirí, que confieren mayor competencia estructural aunque con zonas localmente fracturadas. Esta heterogeneidad geológica condiciona de manera significativa la estabilidad de laderas y la dinámica geomorfológica del distrito.

Geomorfología

El análisis geomorfológico del distrito, realizado a partir de la cartografía del INGEMMET, permite identificar ocho unidades principales, que comprenden montañas de fuerte pendiente desarrolladas en rocas intrusivas, volcánicas y volcano-sedimentarias, colinas y lomadas de erosión diferencial, así como valles glaciares y terrazas fluviales. A estas formas se suman piedemontes aluvio-torrenciales y coluvio-deluviales conformados por materiales sueltos y poco consolidados, los cuales presentan alta susceptibilidad a la inestabilidad de laderas. En conjunto, la configuración geomorfológica de Matucana condiciona de manera decisiva la acumulación de agua, la dinámica de las pendientes y la ocurrencia de movimientos en masa.

Hidrogeomorfología

La hidrogeología estudia el comportamiento del agua subterránea y su interacción con los materiales geológicos. En ese sentido, es importante analizar la infiltración y acumulación de

agua en el terreno, que pueden debilitar su estructura, disminuir la cohesión entre partículas e incrementar la presión intersticial, favoreciendo la inestabilidad de laderas. A partir de la información de la plataforma GEOCATMIN, se reconocen cinco unidades hidrogeológicas principales. El acuitardo intrusivo, conformado por rocas ígneas masivas como las granodioritas, presenta muy baja porosidad y fracturación, restringiendo casi por completo el flujo del agua subterránea. El acuitardo volcánico, integrado por materiales volcánicos compactos o alterados, se caracteriza también por su baja permeabilidad, lo que limita de manera significativa la circulación hídrica. A su vez, el acuitardo volcánico-sedimentario combina materiales de distinto origen, mostrando una permeabilidad heterogénea que restringe parcialmente el paso del agua. Por otro lado, el acuífero fisurado sedimentario, constituido por areniscas y conglomerados con cierto grado de fracturación, permite una permeabilidad moderada, mientras que el acuífero fisurado volcánico, formado por rocas volcánicas intensamente fracturadas, presenta una alta permeabilidad que favorece la infiltración rápida y el almacenamiento de agua en el subsuelo.

Cobertura Vegetal

En el distrito, se identificaron seis unidades de cobertura vegetal, las cuales influyen de manera diferenciada en la estabilidad de los suelos y laderas. La agricultura costera y andina, ubicada muchas veces en laderas de pendiente, puede incrementar la peligrosidad del terreno si no se aplican prácticas de conservación adecuadas. Las áreas altoandinas con escasa o nula vegetación presentan suelos delgados y expuestos, siendo altamente susceptibles a la erosión y a la saturación hídrica. El cardonal, conformado por cactáceas y especies adaptadas a condiciones áridas, ofrece una cobertura limitada por su baja densidad radicular. Por otro lado, las lagunas, lagos y cochas representan cuerpos de agua que no son directamente afectados por movimientos en masa, aunque pueden contribuir a la saturación de zonas colindantes. El matorral arbustivo brinda protección moderada contra la erosión gracias a su cobertura densa, mientras que el pajonal andino, dominado por gramíneas, favorece tanto la infiltración pluvial como la contención parcial de procesos erosivos.

Capítulo IV

Análisis de peligrosidad

El presente capítulo desarrolla el análisis de peligrosidad conforme a los lineamientos establecidos de la guía metodológica (CENEPRED, 2014). En esta etapa se identifica y caracteriza el fenómeno de estudio en el distrito de Matucana, considerando sus antecedentes, condiciones de ocurrencia y factores condicionantes y desencadenantes. Asimismo, se describe el procedimiento seguido para la determinación de los niveles de peligrosidad y la elaboración del mapa de peligrosidad, que constituye la base técnica para la posterior evaluación del riesgo.

4.1. Recopilación y análisis de información

Para el levantamiento de información, se revisaron informes especializados, artículos de investigación y documentación institucional relacionado al fenómeno. Paralelamente, se descargaron datos geospaciales en formatos vectorial y ráster (archivo shapefile, imágenes de satélite y modelo de elevación) de entidades técnico científicas (INEI, INGEMMET, SENAHMI). Asimismo, se incorporaron imágenes provenientes de plataformas como Google Earth para apoyar la interpretación morfológica y la delimitación de áreas inestables.

El análisis comprende la homogenización de la información, la selección de parámetros y construcción de la base de datos para el inicio de geoprocésamiento. Con relación a la homogenización de la información, se utilizó el datum WGS84 18S como sistema de coordenadas

geográficas y se determinó la escala de trabajo adecuada para caracterizar el peligro al considerar la disponibilidad y resolución de los datos

4.2. Identificación del área de influencia de los movimientos en masas

La identificación del peligro por el fenómeno en el distrito inicia del reconocimiento de los procesos geodinámicos activos y potenciales asociados a condiciones geomorfológicas inestables y a la ocurrencia de precipitaciones anómalas. El distrito se ubica en la vertiente occidental andina, caracterizada por pendientes pronunciadas, materiales rocosos fracturados y la presencia de quebradas estacionales que se activan durante episodios de lluvia intensa (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, s.f.). Entre las unidades hidrográficas más relevantes destacan la quebrada Payhua, con una longitud aproximada de 6,1 km y un área de cuenca de 14.9 km², cuyo cauce inicia cerca de los 4700 m s.n.m. y desemboca en el río Rímac en torno a los 2400 m s.n.m.; y la quebrada Chucumayo, que presenta una cuenca de aproximadamente 34.8 km² y un cauce de 9.2 km, desde los 5020 hasta los 2360 m s.n.m. (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, s.f.).

Los registros históricos evidencian la alta recurrencia de flujos de detritos y aluviones en la zona. En 1959 se produjo un aluvión significativo en la quebrada Payhua que afectó gravemente el abanico aluvial de Matucana, ocasionando pérdidas humanas y daños en la infraestructura vial, incluyendo la Carretera Central. En 1983 se reportaron nuevamente flujos y derrumbes vinculados a episodios de lluvia intensa, impactando la misma infraestructura crítica (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, s.f.). Estos eventos han sido asociados a precipitaciones extremas relacionadas con la variabilidad climática.

La caracterización geomorfológica del distrito muestra cauces angostos, taludes de alta pendiente, presencia de cárcavas activas, depósitos sueltos y bloques rocosos desprendidos, lo que incrementa la susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos, caídas de rocas y flujos de de-

tritos durante eventos pluviométricos intensos. En este contexto, la precipitación anómala se define como el principal detonante del peligro, siendo los periodos de retorno cortos (como el horizonte de cinco años adoptado en este estudio) consistentes con la recurrencia observada históricamente de eventos de remoción en masa en el distrito y zonas vecinas.

4.3. Parámetro de evaluación del peligro y su ponderación

- **Periodo de retorno de movimientos en masas**

El periodo de retorno es el intervalo de tiempo promedio en el que se espera que ocurra un evento de cierta magnitud (Corominas et al., 2014). Este parámetro permite cuantificar la frecuencia con la que es probable que ocurra un evento de peligro, como un movimiento en masa, en una determinada área. A su vez, en el ámbito hidrológico, Volpi (2019) lo define como una medida de cuán raros son los eventos extremos y su vínculo directo con el diseño y evaluación del riesgo, mediante modelos probabilísticos que asumen una probabilidad anual constante.

En el caso de los movimientos en masa en el distrito de Matucana, se seleccionó un periodo de retorno de 5 años como parámetro de evaluación del peligro. La elección se justifica a partir de varias razones. En primer lugar, investigaciones realizadas en la cuenca de Payhua evidencian que los movimientos en masas asociados a precipitaciones intensas o a la ocurrencia de fenómenos El Niño se presentaron de manera recurrente con registros notorios entre 1959 y 1983. Asimismo, se documentó un incremento de la actividad de deslizamientos desde mediados del siglo XX, lo que indica que eventos de magnitud moderada pueden manifestarse nuevamente en intervalos relativamente cortos (Fidel, Zegarra, Vilchez, Castillo, y Jackson, 2006). En segundo lugar, estudios recientes sobre dinámica de precipitaciones y deslizamientos en regiones andinas muestran que la variabilidad climática interanual, asociada tanto a eventos ENSO (El Niño-Oscilación del Sur) como a patrones locales de intensificación de lluvias, generan una mayor frecuencia

de precipitaciones desencadenantes. Por ello, se reduce los intervalos de recurrencia de movimientos de masa (Vega, Barco, y Hidalgo, 2024). La tendencia se comprueba a escala nacional, donde se han identificado activaciones recurrentes de quebradas y huaycos en la cuenca del Rímac, registrados en 1952, 1959, 1970, 1976, 1983, 1987, 2009, 2012, 2015 y 2017. Los cuales ocasionaron daños considerables en centros poblados y en la Carretera Central (Castro et al., 2023). Este registro evidencia que los episodios severos tienden a ocurrir en intervalos relativamente cortos, muchas veces menores a cinco años, lo que respalda la pertinencia de emplear un horizonte de retorno de cinco años para representar no solo los eventos extremos, sino también aquellos de menor magnitud que, por su recurrencia, generan impactos acumulativos significativos sobre la población y la infraestructura crítica.

Finalmente, estudios internacionales de evaluación de peligros de deslizamientos, como el realizado en la provincia de Hubei, muestran que el uso de mapas de peligro para horizontes temporales de 5 años constituye un escenario de corto plazo relevante para la toma de decisiones locales, permitiendo anticipar y mitigar riesgos frecuentes que afectan infraestructuras y comunidades (Fu et al., 2020). En conjunto, estas evidencias demuestran que la adopción de un periodo de retorno de cinco años resulta metodológicamente pertinente y científicamente respaldada, pues integra tanto la recurrencia histórica de los eventos en Matucana como la frecuencia observada de precipitaciones intensas en la región y las prácticas aceptadas a nivel internacional.

Para la obtención del peso ponderado correspondiente al periodo de retorno elegido, se aplicó el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ), el cual permite estimar la importancia relativa de cada intervalo de años mediante la comparación de pares. De esta forma, se asignaron valores que reflejen el grado de riesgo asociado a cada clase temporal, considerando las siguientes categorías de análisis: 5 años, 10 años, 25 años y 50 años, tal como se muestra en la tabla 4.1.

Estas clases han sido definidas en base a información histórica, análisis estadístico de

eventos pasados y documentación técnica disponible sobre la dinámica de movimientos en masa en la región. El criterio subyacente es que, a menor periodo de retorno, mayor frecuencia del fenómeno y, por ende, mayor nivel de peligro.

Cabe señalar que el distrito de Matucana presenta una geodinámica activa, con presencia de materiales geológicos heterogéneos, desde secuencias de rocas volcánicas, volcánicos-sedimentarias, alteradas, algunas metamórficas, deleznable hasta depósitos no consolidados, lo cual incrementa el peligro del terreno frente a lluvias intensas. Durante la temporada pluvial, los suelos muestran una alta permeabilidad y una rápida pérdida de cohesión al saturarse, lo que contribuye a la ocurrencia recurrente de flujos de detritos. En este contexto, el periodo de retorno constituye un parámetro clave para la estimación del peligro asociado a movimientos en masa.

Tabla 4.1: Descriptores del parámetro de evaluación “Periodo de retorno” y pesos ponderados

Parámetro	Periodo de retorno	Peso Ponderado: 0.18	
PR 1	5 años	PPR 1	0.503
PR 2	10 años	PPR 2	0.260
PR 3	25 años	PPR 3	0.134
PR 4	50 años	PPR 4	0.068
PR 5	100 años	PPR 5	0.035

Nota: Elaboración propia.

4.4. Susceptibilidad del territorio

En el presente análisis, la susceptibilidad se entiende como el nivel de predisposición del territorio a la ocurrencia de un fenómeno peligroso por condiciones geográficas del entorno. Esta se clasifica en niveles alto, medio o bajo, de acuerdo con su capacidad de facilitar o resistir la manifestación del peligro. Siguiendo los lineamientos, la susceptibilidad se evalúa en función de los factores condicionantes y desencadenantes.

4.4.1. Factores condicionantes

Los factores condicionantes son parámetros intrínsecos del terreno, que pueden favorecer o limitar el desarrollo del fenómeno natural. En ese sentido, los factores utilizados son los siguientes: pendiente, geología, hidrogeología, geomorfología y cobertura vegetal.

- **Pendiente**

La pendiente corresponde al ángulo de inclinación del terreno frente a un plano horizontal. Este puede ser representado en porcentaje (%) o grado (°). El porcentaje es el cociente entre la diferencia de altura y la distancia horizontal multiplicado por cien, mientras que el valor en grados se obtiene a partir del ángulo formado entre la superficie del terreno y la horizontal. El mapa temático de pendientes del distrito de Matucana, mostrado en la figura 4.1, fue obtenido a partir del Modelo de Elevación Digital (DEM) proveniente del satélite ALOS PALSAR, cuya resolución espacial es de 12.5 m. El DEM fue descargado desde el portal Earth Science Data Systems de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) en formato ráster (.tif). Para su procesamiento, se utilizó un entorno SIG con funciones de análisis espacial para calcular el grado de inclinación del terreno. Este cálculo se basa en la variación altitudinal entre celdas vecinas del raster, aplicando un algoritmo que deriva la pendiente en cada píxel, expresada en grados o porcentaje utilizándose el software ArcGIS para este análisis. Posteriormente, el mapa de pendientes fue reclasificado en intervalos propuestos en el Mapa de Pendientes de Terrenos, elaborado por la INGEMMET según criterios técnicos de estabilidad. A continuación, se muestran los intervalos propuestos:

- Muy baja (0-5 %): Superficies planas o con leve inclinación, localizadas principalmente en áreas de planicies costeras, terrazas altas, conos de deyección, valles fluviales y laderas de lomadas y colinas bajas. Estos terrenos están sujetos a la ocurrencia de erosión fluvial e inundaciones.

- Baja (5-15 %): Se distribuye principalmente sobre depósitos aluviales y terrazas ubicadas en ambos márgenes de los principales ríos y afluentes de Lima, así como en zonas de colinas de la Cordillera Occidental. En este intervalo se localizan centros poblados como Cieneguilla y Chosica. Estas áreas pueden presentar procesos de reptación, deslizamientos, movimientos en masa de tipo complejo.
- Moderado (15-25 %): Corresponde a superficies ubicadas predominantemente en laderas de la Cordillera Occidental y en los alineamientos de los valles tributarios localizados en zonas montañosas. Este tipo de terrenos es susceptible a la ocurrencia de deslizamientos, movimientos complejos.
- Alta (25-45 %): Se encuentra en las laderas empinadas de la Cordillera Occidental, así como en los cerros pertenecientes a las cordilleras La Viuda y Raura, y en sectores de las cuencas medias y altas de la región Lima. Estas áreas son propensas a deslizamientos, movimientos complejos, avalanchas de rocas, huaycos y procesos de erosión de laderas.
- Muy alta (>45 %): Corresponden a áreas de distribución reducida y ubicadas en relieves escarpados como barrancos, desfiladeros y valles encañonados, principalmente en las cabeceras de los ríos Cañete, Lurín y Chillón. En menor proporción, también se presentan en zonas bajas, como los acantilados del litoral o las paredes de terrazas antiguas elevadas por procesos tectónicos. En este tipo de relieve se han registrado caídas y avalanchas de rocas.

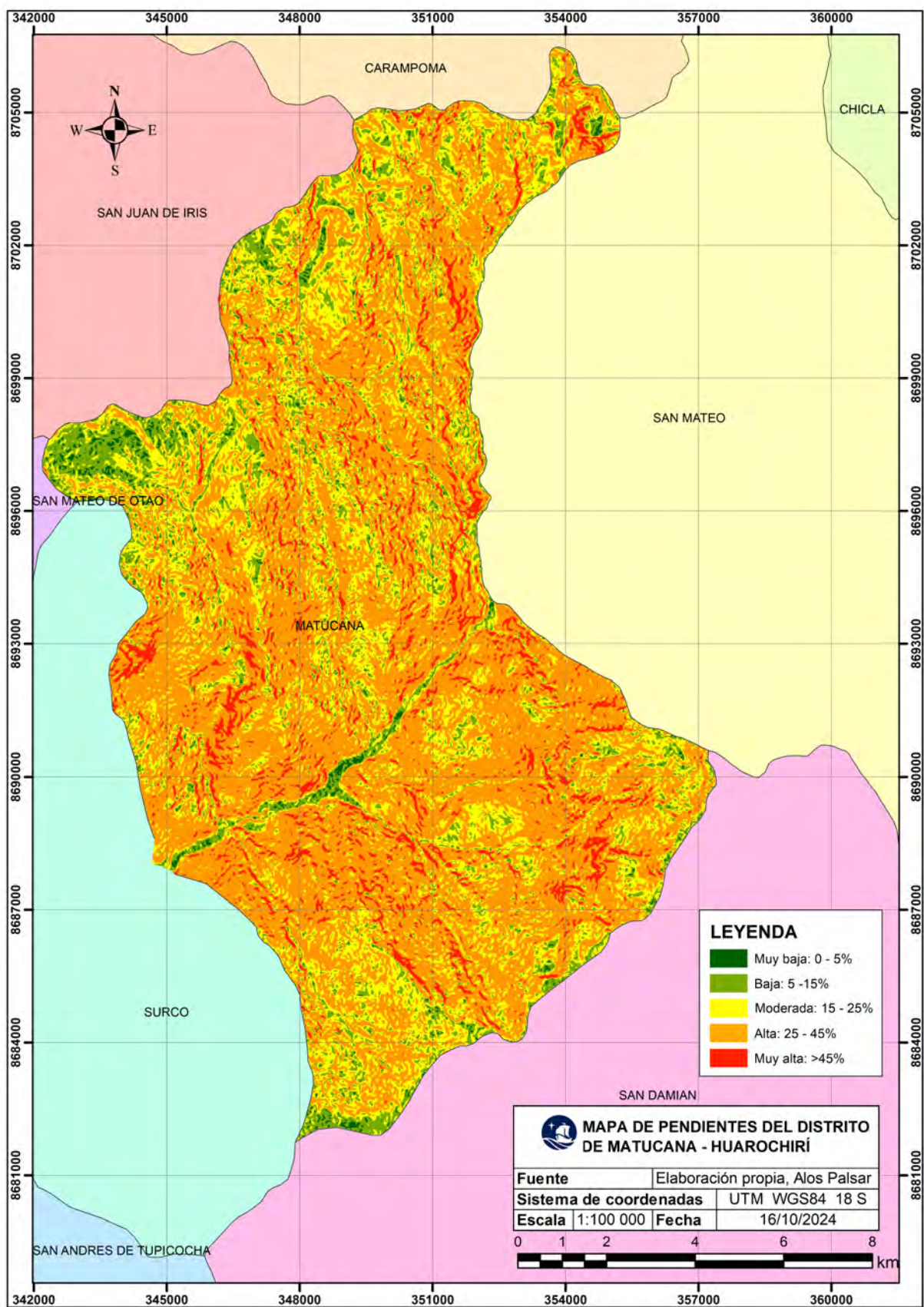


Figura 4.1: Mapa de Pendientes de Matucana. Fuente: Elaboración Propia

• Geología

La geología estudia la estructura interna como las características superficiales de la Tierra, la composición de las materias que la conforman, los procesos de formación y transformación. Para el análisis geológico del área de estudio, se elaboró a partir de las láminas geológicas de Matucana (hoja 24-k), a escala 1:100,000, las cuales fueron extraídas de la plataforma GEOCATMIN, administrada por el INGEMMET. Se identificaron 13 unidades geológicas en el ámbito del distrito de Matucana, que corresponden a formaciones sedimentarias, ígneas y depósitos cuaternarios. Estas unidades se describen a continuación:

- Depósito aluvial: Material suelto no consolidado compuesto por gravas, arenas y limos, acumulado por la acción de ríos. Presenta alta susceptibilidad a la erosión y deslizamientos superficiales, especialmente en márgenes de quebradas.
- Depósito glacial: Sedimentos heterométricos transportados y depositados por glaciares antiguos. Suelen ser inestables debido a su mala compactación y baja cohesión, con alta vulnerabilidad en laderas empinadas.
- Depósito glacial y fluvial: Combinación de materiales depositados por procesos glaciares y fluviales. Contienen una mezcla de bloques, gravas y arenas, con comportamiento variable frente a saturación de agua.
- Formación Chimú: Secuencia sedimentaria compuesta principalmente por areniscas de grano fino a medio, bien estratificadas. Su resistencia es moderada, pero puede debilitarse en presencia de fracturas o interperismo.
- Formación Chúlec, Pariatambo: Conformada por lutitas, margas y calizas. Posee baja resistencia a la meteorización y se comporta como un acuitardo, favoreciendo acumulación de agua subterránea en capas superiores.
- Formación Colqui: Rocas sedimentarias de origen marino, compuestas por limolitas y areniscas intercaladas. Su resistencia varía según el grado de compactación y humedad.

- Formación Colqui: Rocas sedimentarias de origen marino, compuestas por limolitas y areniscas intercaladas. Su resistencia varía según el grado de compactación y humedad.
- Formación Huarochirí: Compuesta principalmente por rocas volcánicas y volcanoclásticas intercaladas con depósitos piroclásticos. Puede presentar zonas fracturadas o alteradas que disminuyen su resistencia.
- Formación Millotingo: Formada por secuencias de tobas soldadas, brechas volcánicas y lavas andesíticas. Tiene buena resistencia en general, pero es vulnerable en zonas de alteración hidrotermal.
- Formación Pacacocha: Rocas volcánicas y sedimentarias del Terciario, con capas de tobas, areniscas y conglomerados. Su comportamiento geotécnico es heterogéneo.
- Grupo Rímac: Conjunto de depósitos fluviales antiguos cementados, altamente erosionables. Aunque algo consolidados, son propensos a fallas en cortes verticales o pendientes abruptas.
- Riodacita: Roca ígnea extrusiva de composición intermedia a félsica, con textura porfírica. Presenta buena resistencia, pero su estabilidad depende del grado de fracturación.
- Tonalita: Roca plutónica de grano medio a grueso, con alto contenido de cuarzo y feldespato. Su elevada competencia estructural la hace relativamente estable, aunque puede fracturarse por esfuerzos tectónicos.
- Granodiorita: Roca ígnea intrusiva, muy competente y común en la cordillera occidental. Generalmente estable, salvo en zonas donde presenta diaclasas o meteorización profunda.
- Traquiandesita: Roca volcánica de grano fino, con composición intermedia. Su resistencia varía según su estado de alteración; en laderas fracturadas puede ser susceptible a caídas o deslizamientos.

Para la elaboración del mapa temático geológico, representado en la figura 4.2, se utilizó el software ArcGIS. En este entorno, se procedió a la digitalización de las unidades litológicas. Asimismo, se aplicó una simbología diferenciada por colores para facilitar la interpretación visual de las formaciones presentes.



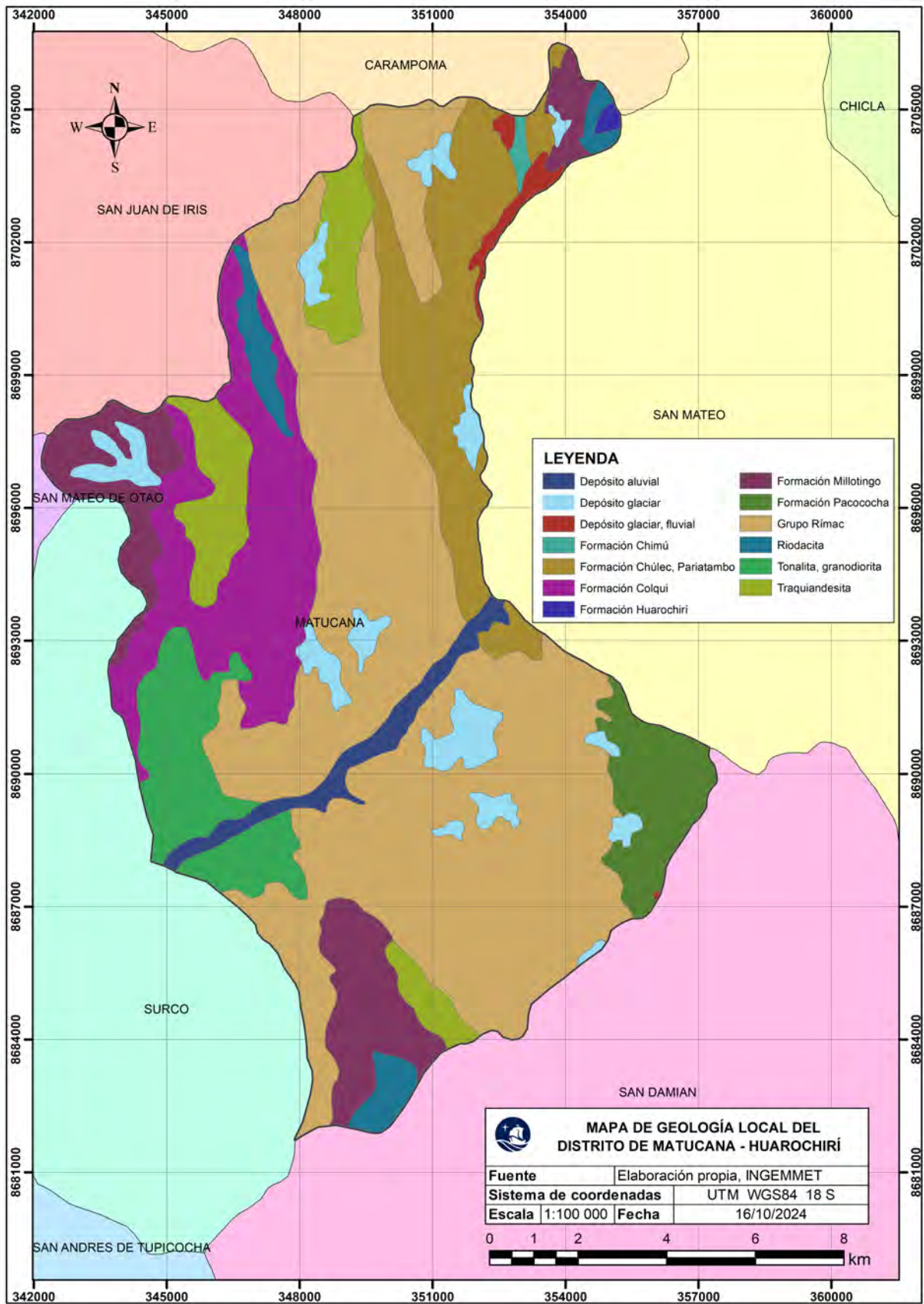
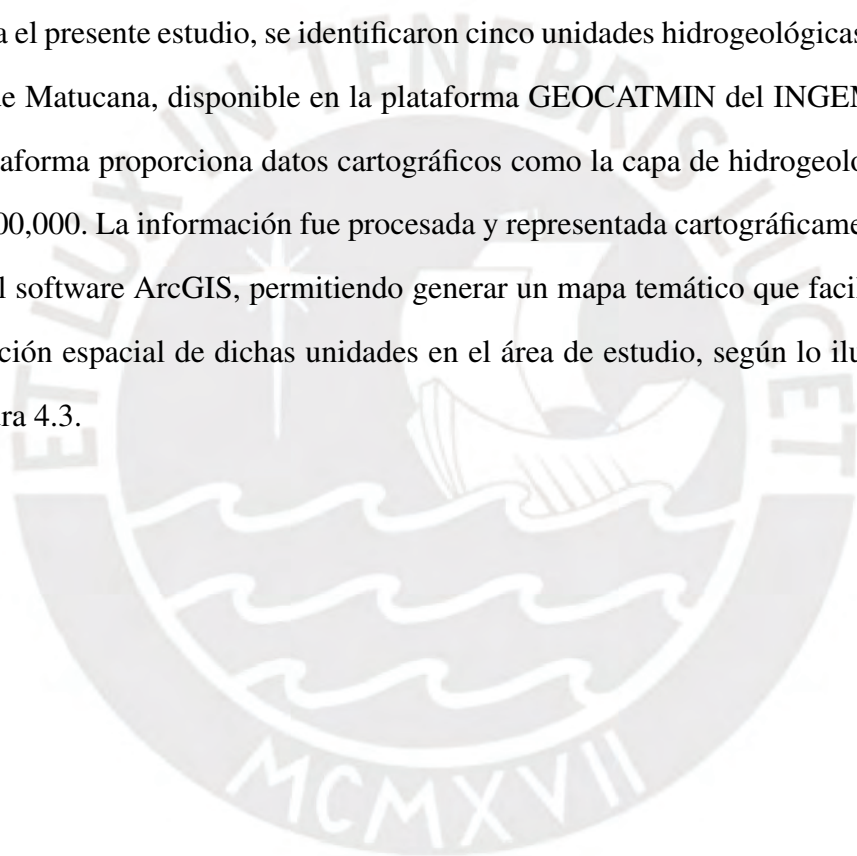


Figura 4.2: Mapa de Geología del distrito de Matucana. Fuente: *Elaboración Propia*

- **Hidrogeología**

La hidrogeología estudia la distribución y el comportamiento del agua subterránea en el subsuelo, así como las características de los materiales geológicos que la contienen o restringen. En el contexto de la investigación, la hidrogeología adquiere especial relevancia, ya que la infiltración, acumulación y flujo del agua dentro del terreno pueden debilitar su estructura, disminuir la cohesión entre partículas y aumentar la presión intersticial, favoreciendo así la inestabilidad de laderas.

Para el presente estudio, se identificaron cinco unidades hidrogeológicas en el distrito de Matucana, disponible en la plataforma GEOCATMIN del INGEMMET. Esta plataforma proporciona datos cartográficos como la capa de hidrogeología a escala 1:100,000. La información fue procesada y representada cartográficamente mediante el software ArcGIS, permitiendo generar un mapa temático que facilita la visualización espacial de dichas unidades en el área de estudio, según lo ilustrado en la figura 4.3.



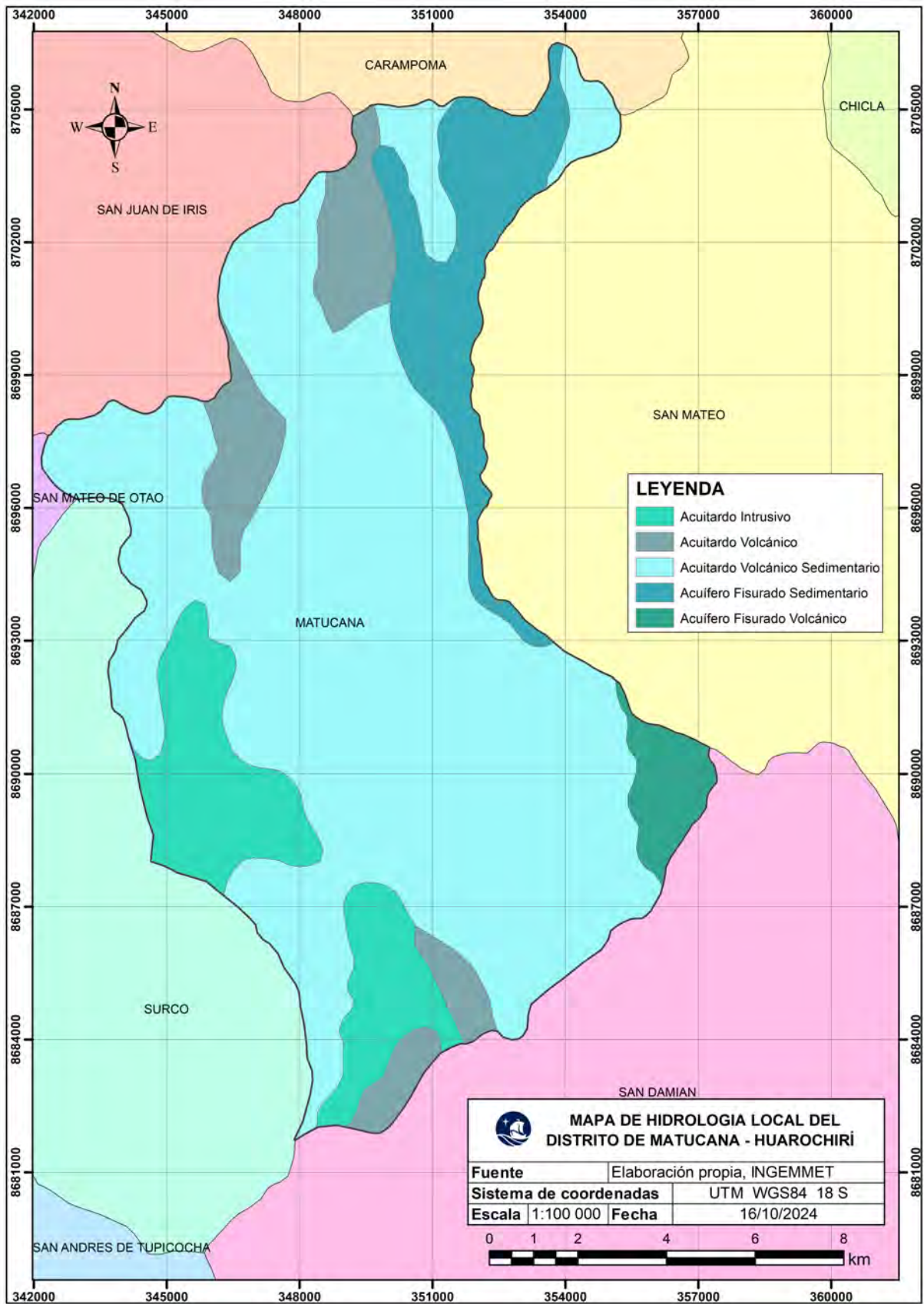


Figura 4.3: Mapa de Hidrogeología del distrito de Matucana. Fuente: Elaboración Propia

Las unidades hidrogeológicas identificadas corresponden a acuíferos y acuitardos de diferente origen litológico y comportamiento hidráulico, clasificados de acuerdo con la capacidad del medio geológico para almacenar y transmitir agua subterránea.

A continuación, se presenta una descripción general:

- Acuitardo intrusivo: Unidad conformada por rocas ígneas masivas como granodioritas, con escasa porosidad y fracturación, que restringen fuertemente el paso del agua.
- Acuitardo volcánico: Unidad de baja permeabilidad y compuesta por materiales volcánicos compactos o alterados, que dificultan el flujo de agua.
- Acuitardo volcánico-sedimentario: Mezcla de materiales que limitan parcialmente el flujo con heterogeneidad en su capacidad hidráulica.
- Acuífero fisurado sedimentario: Unidad conformada por areniscas o conglomerados con cierto grado de fracturación; presenta una permeabilidad moderada.
- Acuífero fisurado volcánico: Unidad con alta permeabilidad, formada por rocas volcánicas fracturadas que permiten una rápida infiltración del agua.

Estas unidades hidrogeológicas facilitan la interpretación de la susceptibilidad del terreno frente a la infiltración pluvial y la acumulación de humedad en el subsuelo. En particular, los acuíferos fisurados representan zonas críticas donde el agua puede acelerar procesos de erosión interna y generar presiones de poro elevadas durante eventos extremos, como lluvias intensas o sismos.

• **Geomorfología**

La geomorfología es la ciencia que estudia las formas del relieve terrestre, su origen, evolución y los procesos que las modelan. En el análisis de peligros por movimientos en masa, el componente geomorfológico es esencial, ya que las características del relieve influyen directamente en la acumulación de agua, la pendiente, el tipo de suelo y la dinámica de laderas, factores que determinan la susceptibilidad del terreno

a procesos de remoción.

Para este estudio, se identificaron ocho unidades geomorfológicas en el ámbito del distrito de Matucana, a partir de la cartografía del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) disponible en la plataforma GEOCATMIN y procesada mediante el software ArcGIS. Así, la figura 4.4 muestra las unidades encontradas.



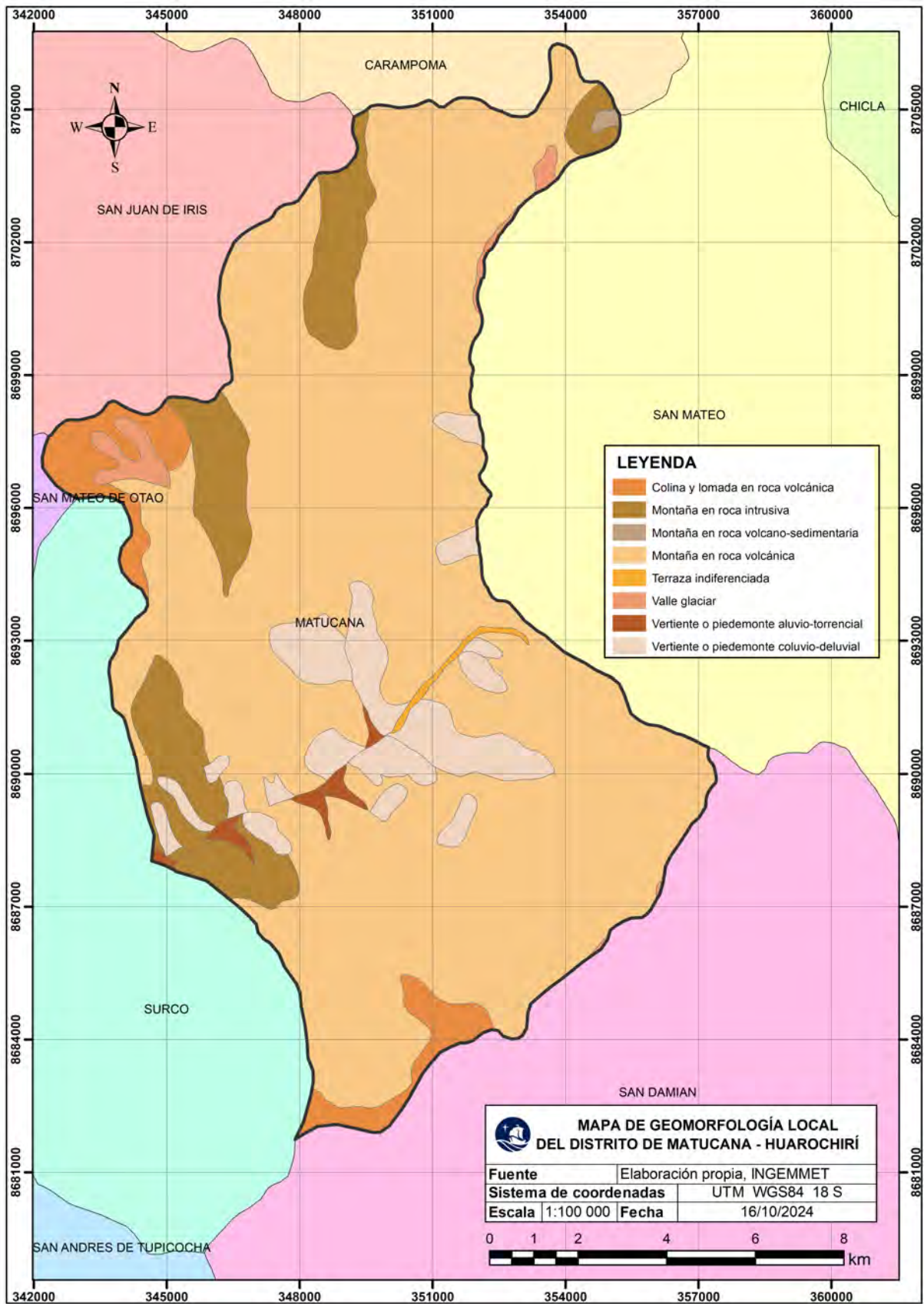


Figura 4.4: Mapa de Hidrogeología del distrito de Matucana. Fuente: Elaboración Propia

Las unidades identificadas incluyen sectores con diferentes niveles de estabilidad y potencial de activación de fenómenos geodinámicos. A continuación, se enumeran de manera general:

- Colina y lomada en roca volcánica: Unidad de pendiente moderada formados por la erosión diferencial de materiales volcánicos. Suelen presentar suelos poco profundos y cierta cobertura vegetal. La susceptibilidad a movimientos es moderada, especialmente en presencia de fracturas o alteración de la roca.
- Montaña en roca intrusiva: Relieves de gran elevación y fuertes pendientes compuestos por rocas ígneas masivas (como granodioritas). Aunque estas rocas son competentes, la presencia de fracturas o diaclasas puede generar inestabilidad en laderas escarpadas.
- Montaña en roca volcano-sedimentaria: Relieves abruptos formados por la combinación de materiales volcánicos y sedimentarios. Este tipo de roca suele presentar heterogeneidad estructural y variable resistencia, lo cual incrementa la posibilidad de deslizamientos.
- Montaña en roca volcánica: Sectores de alta pendiente con predominancia de lavas y otros productos volcánicos compactos. Su estabilidad depende del grado de fracturación, la meteorización y la presencia de agua subterránea.
- Terraza indiferenciada: Superficies planas o ligeramente inclinadas asociadas a antiguos depósitos fluviales. Están constituidas por materiales no consolidados, lo que las hace susceptibles a procesos de erosión y subsidencia, sobre todo en las márgenes de quebradas.
- Valle glaciar: Depresiones amplias de origen glaciar, con fondo plano y paredes laterales empinadas. Estos sectores pueden acumular agua y presentar depósitos inestables en los bordes, por lo que pueden activarse fenómenos de remoción durante lluvias intensas.
- Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial: Áreas formadas por la acumulación

de sedimentos gruesos provenientes de eventos de flujo de detritos o avenidas. Estos materiales sueltos y mal consolidados son altamente susceptibles a reactivarse ante lluvias intensas.

- Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial: Sectores de acumulación de materiales sueltos transportados por gravedad y escorrentía. Presentan alta susceptibilidad a deslizamientos superficiales y flujos de lodo, especialmente cuando hay saturación hídrica.

- **Cobertura Vegetal**

Este factor es un parámetro que influye en la estabilidad del terreno a través de mecanismos como la protección ante procesos de desgaste superficial, la retención de humedad, la mejora de la infiltración y el refuerzo mecánico del suelo mediante las raíces. La pérdida o degradación de la cobertura vegetal incrementa significativamente la susceptibilidad a fenómenos de remoción, especialmente en zonas de pendiente.

Para el presente estudio se utilizó la cartografía oficial elaborada por la ONERN del MINAM, correspondiente al distrito de Matucana. Esta información fue obtenida a escala 1:100,000 y procesada en un entorno SIG con el software ArcGIS. En total, se identificaron seis unidades de cobertura vegetal, que se describen a continuación:

- Agricultura costera y andina: Áreas destinadas a cultivos, muchas veces ubicadas en laderas con pendientes significativas. La alteración de la cobertura natural en estas zonas puede aumentar la vulnerabilidad del terreno, especialmente si no se implementan prácticas adecuadas de conservación de suelos.
- Área altoandina con escasa y sin vegetación: Zonas ubicadas en altitudes elevadas donde las condiciones climáticas limitan el desarrollo vegetal. Presentan suelos delgados o expuestos, lo que las convierte en sectores críticos ante la acción erosiva del agua o eventos de saturación.
- Cardonal: Formaciones vegetales dominadas por cactáceas y otras especies

adaptadas a zonas áridas o semiáridas. Aunque brindan cierta cobertura al suelo, su capacidad de estabilización es limitada debido a la escasa densidad de raíces y cobertura superficial.

- Lagunas, lagos y cochas: Cuerpos de agua permanentes o estacionales que, si bien no son directamente susceptibles a movimientos en masa, pueden contribuir a procesos de saturación en zonas adyacentes, especialmente durante eventos de lluvia intensa.
- Matorral arbustivo: Vegetación densa de arbustos de mediana altura, que contribuye a proteger el suelo frente a la erosión superficial. Su efectividad depende de su continuidad espacial y del grado de intervención humana.
- Pajonal andino: Cobertura herbácea característica de altitudes medias y altas, compuesta principalmente por gramíneas. Ofrece una moderada protección contra la erosión y puede contribuir a la infiltración del agua pluvial.

La figura 4.5 presenta la distribución espacial de estas unidades dentro del distrito. Su análisis permite identificar zonas de mayor o menor protección natural frente a los procesos que desencadenan movimientos en masa.

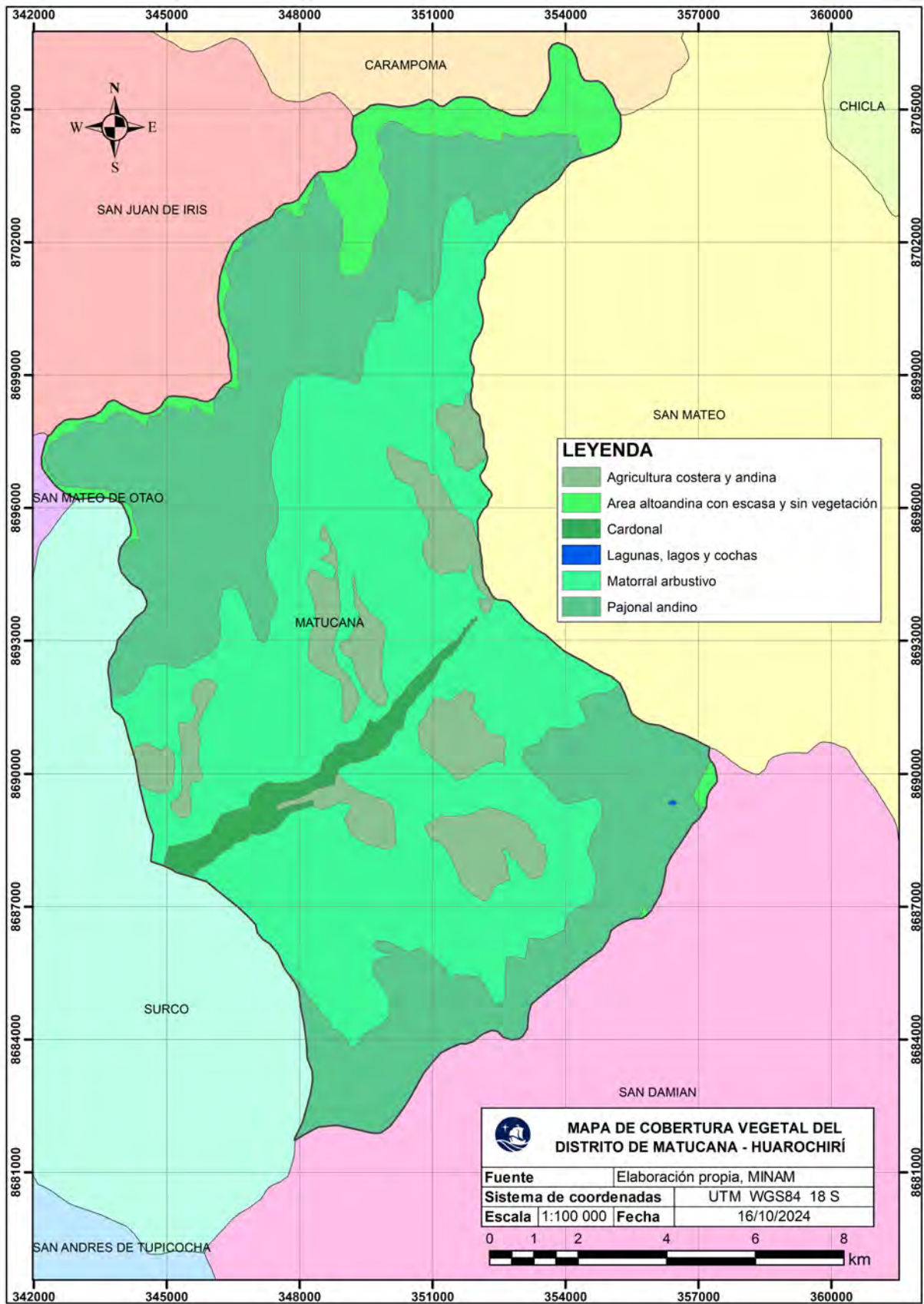


Figura 4.5: Mapa de Cobertura Vegetal del distrito de Matucana. Fuente: Elaboración Propia

4.4.2. Ponderación de los factores condicionantes

Para la asignación de pesos a los factores y descriptores considerados en la evaluación del peligro por movimientos en masa, se adoptó el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ) propuesto por Saaty (1980). Este método multicriterio permite establecer la relevancia de cada factor condicionante (FC) a través de la comparación por pares, basándose en una escala de juicio cualitativo del 1 al 9, donde 1 representa igualdad de importancia y 9 indica una importancia extrema de un parámetro respecto a otro. El proceso se realizó siguiendo los siguientes pasos:

- Elaboración de la matriz de comparación por pares, en la cual cada parámetro se comparó frente a los demás, en función de su influencia relativa sobre el peligro por movimientos en masa.
- Normalización de la matriz, dividiendo cada valor de la matriz original entre la suma de su respectiva columna, con el fin de estandarizar los datos.
- Cálculo del vector de pesos o prioridades, obtenido como el promedio de los valores normalizados por fila.
- Evaluación de la consistencia, a través del cálculo del Índice de Consistencia (CI) y el Índice de Consistencia Relativa (CR), para verificar que los valores asignados no presenten contradicciones lógicas significativas.

En ese sentido, la asignación de mayor ponderación al factor pendiente responde a su influencia directa en la estabilidad de laderas y la generación del fenómeno, dado que a mayores ángulos de inclinación, se incrementan las fuerzas desestabilizadoras que actúan sobre el terreno. En segundo lugar, se priorizó la geomorfología, debido a que las formas del relieve reflejan las condiciones de inestabilidad inherentes al terreno. El factor geología ocupa el siguiente nivel de importancia, ya que la naturaleza litológica y las discontinuidades estructurales determinan la resistencia de los materiales frente a la acción

de la gravedad. Por su parte, la hidrogeología fue considerada en un nivel intermedio, dado que la presencia y movimiento del agua subterránea pueden debilitar los materiales, aunque su efecto suele depender de la estructura geológica y la pendiente. Finalmente, la cobertura vegetal presenta una ponderación menor en relación con los demás factores, ya que si bien contribuye a la estabilidad superficial mediante la cohesión de raíces y la retención hídrica, su influencia resulta secundaria frente a los condicionantes morfoestructurales del terreno. A continuación, se presentan las tablas 4.2, 4.3 y 4.4 correspondientes al procedimiento aplicado en las viñetas del párrafo anterior:

Tabla 4.2: Matriz de comparación por pares de FC

Factores	Pendiente	Geología	Hidrogeología	Geomorfología	Cob. Vegetal
Pendiente	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Geología	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Hidrogeología	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Geomorfología	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Cob.Vegetal	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.79	4.68	9.53	16.33	16.00
1/Suma	0.56	0.22	0.11	0.06	0.06

Nota: Elaboración propia.

Tabla 4.3: Matriz de normalización de FC

Factores	Pendiente	Geología	Hidrogeología	Geomorfología	Cob.Vegetal	Vector de priorización
Pendiente	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.503
Geología	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.260
Hidrogeología	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.134
Geomorfología	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.068
Cob.Vegetal	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.035
TOTAL						1.000

Nota: Elaboración propia.

Tabla 4.4: Matriz de relación de consistencia por pares de FC

Pendiente	Geomorfología	Geología	Uso de suelo	Cobertura Vegetal	Vector suma ponderada (Vsp)	Vsp / Vector Priorización
0.50	0.78	0.67	0.47	0.31	2.743	5.46
0.17	0.26	0.40	0.34	0.24	1.414	5.43
0.10	0.09	0.13	0.20	0.17	0.699	5.20
0.07	0.05	0.04	0.07	0.10	0.341	5.03
0.06	0.04	0.03	0.02	0.03	0.177	5.09
Suma						26.21
Promedio						5.24
IC = (Promedio - #factores)/(#factores-1)						0.061
RC = IC / IA (n=5)						0.055
¿RC < 0.1?						Cumple

Nota: Elaboración propia.

Tras el desarrollo del proceso AHP, se obtuvo el peso ponderado de cada factor condicionante, los cuales representan su influencia relativa en la ocurrencia del fenómeno natural en estudio. Estos valores permiten jerarquizar los factores en función de su impacto esperado. Asimismo, para cada factor condicionante se establecieron descriptores o clases categóricas, a los cuales se les asignó una puntuación relativa de acuerdo con su grado de peligrosidad.

En la Tabla 4.5 se presentan los pesos ponderados obtenidos para cada uno de los factores condicionantes. Dichos pesos fueron calculados a partir de la matriz de comparación por pares y posterior normalización. Como se puede observar, el factor Pendiente presenta el mayor peso relativo, seguido por Geomorfología, los cuales evidencian su mayor influencia en el desarrollo del fenómeno.

Tabla 4.5: Peso ponderado de FC

Parámetro	Factor	Descripción	Peso ponderado: 0.72
FC 1	Pendiente	PFC 1	0.503
FC 2	Geomorfología	PFC 2	0.260
FC 3	Geología	PFC 3	0.134
FC 4	Hidrogeología	PFC 4	0.068
FC 5	Cobertura vegetal	PFC 5	0.035

Nota: Elaboración propia.

A continuación, se presentan los descriptores definidos para cada factor condicionante y su ponderación respectiva. Estas ponderaciones fueron asignadas en función de antecedentes técnicos y referencia bibliográfica que respalda su influencia en el fenómeno.

- Pendiente

El factor pendiente fue dividido en cinco clases según el rango de inclinación del terreno de mayor a menor, a cada una de las cuales se le asignó un peso relativo tal como se muestra en la Tabla 4.6. Las clases con mayor pendiente presentan mayor peligrosidad.

Tabla 4.6: Pesos ponderados del factor Pendiente y sus descriptores

Parámetro	Pendiente	Descripción	Peso ponderado: 0.503
PD 1	Muy alta (>45 %)	PPD 1	0.503
PD 2	Alta (25-45 %)	PPD 2	0.260
PD 3	Moderada (15-25 %)	PPD 3	0.134
PD 4	Baja (5-15 %)	PPD 4	0.068
PD 5	Muy baja (0-5 %)	PPD 5	0.035

Nota: Elaboración propia.

- Geomorfología

El factor Geomorfología fue clasificado en cinco grupos, agrupando las ocho unidades geomorfológicas identificadas en el área de estudio, en función de sus características morfológicas y su relación con la susceptibilidad a movimientos en masa. A cada grupo se le asignó un peso relativo según su nivel de inestabilidad potencial. El primer grupo “Vertientes inestables”, incluye las unidades “vertiente o piedemonte coluvio-deluvial” y “vertiente o piedemonte aluvio-torrencial”, las cuales se caracterizan por una alta predisposición a procesos de remoción en masa debido a la acumulación de materiales sueltos y pendientes moderadas a fuertes. El segundo grupo denominado “Colinas y valles erosivos”, agrupa al “Valle glaciar” y a la “Colina y lomada en roca volcánica”, unidades con modelado erosivo activo y pendientes variables, cuya peligrosidad es intermedia. El tercer grupo “Terrazas

indiferenciadas”, superficies planas o suavemente inclinadas; pero pueden presentar inestabilidad localizada por erosión lateral o socavación. El cuarto grupo reúne formaciones montañosas constituidas por roca frágil como las unidades “Montaña en roca volcano-sedimentaria” y la “Montaña en roca volcánica”, que presentan un mayor potencial de deslizamiento por meteorización y fracturamiento. Finalmente, el quinto grupo está constituido por la “montaña en roca intrusiva”, se caracteriza por una geología más competente y menor susceptibilidad relativa frente a procesos de inestabilidad. La ponderación relativa asignada a cada grupo se presenta en la tabla 4.7, en función del nivel de peligrosidad asociado a cada unidad.

Tabla 4.7: Pesos ponderados del factor Geomorfología y sus descriptores

Parámetro	Geomorfología	Descripción	Peso ponderado: 0.068
GM 1	Vertientes inestables	PGM 1	0.503
GM 2	Colina y valles erosivos	PGM 2	0.260
GM 3	Terrazas	PGM 3	0.134
GM 4	Relieves montañosos con roca frágil	PGM 4	0.068
GM 5	Relieves montañosos en roca intrusiva	PGM 5	0.035

Nota: Elaboración propia.

- Geología

El factor Geología fue reclasificado en cinco grupos mostrados en la Tabla 4.8. Los grupos incluyen 13 unidades en el área de estudio según sus características litológicas y comportamiento frente a fenómenos de inestabilidad. A cada grupo se le asignó un peso relativo, en función de su mayor susceptibilidad a procesos de movimientos en masa. El primer grupo, correspondiente a depósitos superficiales, incluye al depósito aluvial, depósito glacial y depósito glacial-fluvial; caracterizados por su bajo grado de consolidación y alta vulnerabilidad frente a eventos de remoción. El segundo grupo integra rocas volcánicas fracturadas como la riodacita y la traquian-

desita. Estas presentan una estructura geológica débil y fisurada, lo que incrementa su inestabilidad en condiciones de saturación. El tercer grupo está conformado por formaciones sedimentarias litificadas como la Formación Chúlec, Pariatambo, Colqui y Pacococha, que muestran una resistencia intermedia, pero con posibilidad de fallas por planos de estratificación o diaclasas. El cuarto grupo corresponde a rocas volcano-sedimentarias, e incluye unidades como la Formación Chimú, Huarochirí, Millotingo y el Grupo Rímac, que combinan materiales con diferentes grados de cohesión y susceptibilidad. Finalmente, el quinto grupo compone a rocas ígneas intrusivas como la tonalita y la granodiorita, consideradas de baja peligrosidad relativa debido a su alta competencia y resistencia a la meteorización.

Tabla 4.8: Pesos ponderados del factor Geología y sus descriptores

Parámetro	Geología	Descripción	Peso ponderado: 0.260
GE 1	Depósitos Superficiales	PGE 1	0.503
GE 2	Rocas volcánicas fracturadas	PGE 2	0.260
GE 3	Formaciones sedimentarias litificadas	PGE 3	0.134
GE 4	Rocas volcano-sedimentarias	PGE 4	0.068
GE 5	Rocas ígneas intrusivas	PGE 5	0.035

Nota: Elaboración propia.

- Hidrogeología

El factor Hidrogeología fue clasificado en las cinco unidades hidrogeológicas identificadas en el área de estudio, según la información del GEOCATMIN. En la Tabla 4.9, se muestra el peso relativo a cada unidad considerando su capacidad de almacenamiento, permeabilidad y la relación que guarda con la estabilidad del terreno. Las unidades con presencia de acuíferos o formaciones fisuradas fueron consideradas de mayor peligrosidad, debido a su facilidad para acumular y conducir agua. Ello puede generar un incremento de la presión intersticial y una reducción de la resistencia al corte del suelo o roca. En contraste, las unidades clasificadas como

acuitardos, especialmente aquellas compuestas por materiales más compactos y con baja permeabilidad, presentan menor influencia en la ocurrencia del fenómeno.

Tabla 4.9: Pesos ponderados del factor Hidrogeología y sus descriptores

Parámetro	Hidrogeología	Descripción	Peso ponderado: 0.134
HE 1	Acuífero Fisurado Volcánico	PHE 1	0.503
HE 2	Acuífero Fisurado Sedimentario	PHE 2	0.260
HE 3	Acuitardo Volcánico Sedimentario	PHE 3	0.134
HE 4	Acuitardo Volcánico	PHE 4	0.068
HE 5	Acuitardo Intrusivo	PHE 5	0.035

Nota: Elaboración propia.

- Cobertura vegetal

El factor Cobertura Vegetal fue clasificado en cinco grupos a partir de las seis unidades encontradas, considerando el tipo y densidad de vegetación y su influencia en la estabilidad del terreno. A cada grupo se le asignó un peso relativo según su capacidad de protección del suelo y su vulnerabilidad frente a la saturación por lluvias intensas. El primer grupo, correspondiente a áreas sin cobertura vegetal o con presencia de cuerpos de agua, incluye las unidades “Área altoandina con escasa y sin vegetación” y “lagunas, lagos y cochas”, las cuales presentan alta susceptibilidad a la erosión e inestabilidad por ausencia de raíces estabilizadoras o por la saturación del suelo. El segundo grupo está conformado por la unidad “pajonal andino”, una cobertura herbácea que ofrece una protección moderada pero puede perder su capacidad de retención bajo lluvias prolongadas. El tercer grupo “Cardonal” consiste en una vegetación compuesta principalmente por cactáceas que proporciona cobertura en zonas áridas con suelos frágiles. El Grupo 4 incluye al “Matorral arbustivo”, una cobertura densa de arbustos que cumple un rol importante en la fijación del suelo y la reducción del escurrimiento superficial. Por último, el quinto grupo está representado por la “Agricultura costera y andina”, que, dependiendo del tipo de cultivo

y manejo, puede tener baja o media capacidad protectora, especialmente en terrenos inclinados y sin prácticas de conservación. La ponderación asignada a cada grupo se presenta en la Tabla 4.10 correspondiente según el nivel de protección que brinda la cobertura frente a eventos de movimientos en masa.

Tabla 4.10: Pesos ponderados del factor Cobertura Vegetal y sus descriptores

Parámetro	Cobertura vegetal	Descripción	Peso ponderado: 0.035
CV 1	Áreas sin cobertura vegetal o con saturación	PCV 1	0.503
CV 2	Pajonal andino	PCV 2	0.260
CV 3	Cardonal	PCV 3	0.134
CV 4	Matorral arbustiva	PCV 4	0.068
CV 5	Agricultura costera y andina	PCV 5	0.035

Nota: Elaboración propia.

4.4.3. Factor desencadenante y su ponderación

El factor desencadenante es aquel que genera eventos y/o sucesos asociados que pueden causar peligros en la zona de estudio (CENEPRED, 2014). Para la investigación, se seleccionó la precipitación como factor desencadenante. Esta comprende aquellas lluvias cuya intensidad, duración o acumulación superan los valores normales históricos y alcanzan umbrales críticos que inducen pérdida de estabilidad en taludes y laderas. Esta elección se justifica porque la precipitación es reconocida como el factor más frecuente de deslizamientos tanto a nivel mundial como regional. Guzzetti, Peruccacci, Rossi, y Stark (2007) argumentan que las lluvias intensas generan infiltración y saturación del suelo, lo que genera un incremento de presión intersticial y reduce la resistencia al corte de los materiales, condición crítica para la ocurrencia de movimientos en masa. En el contexto andino, investigaciones confirman que episodios de precipitaciones anómalas han sido detonantes principales de huaicos y deslizamientos (Sepúlveda y Petley, 2015). En el caso de Matucana, los eventos registrados en 1952, 1959, 1970, 1983 y 2017 demuestran que lluvias anómalas han activado quebradas y ocasionado huaicos de gran impacto (Castro et al.,

2023).

Asimismo, en la tabla 4.11 se muestra los registros pluviométricos de la Estación Matucana entre 1964 y 2015 obtenidos de la base de datos meteorológicos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, que permite identificar años con precipitaciones acumuladas significativamente superiores al promedio (SENAMHI, 2023). Estos registros se ilustran en la Figura 4.6, que indica las precipitaciones anuales acumuladas y los umbrales identificados para este estudio, base para establecer y vincular con los escenarios de periodo de retorno definidos en la presente investigación.

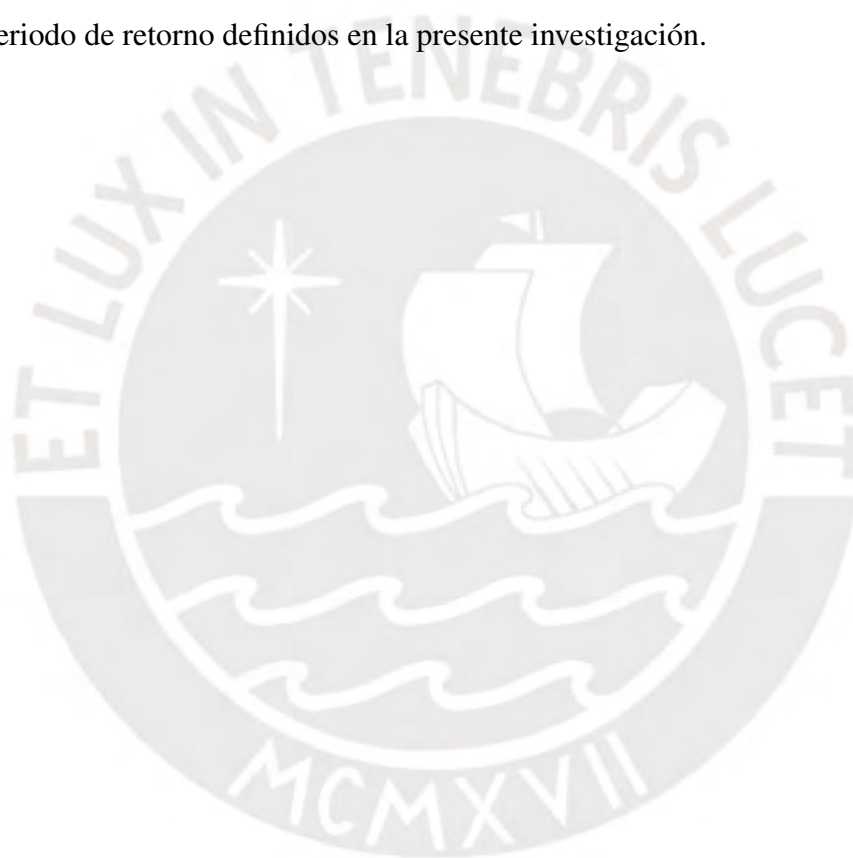


Tabla 4.11: Precipitación mensual normal de la Estación Matucana en mm

Año	Mes												Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1964		64.6	57.6	61.1	5.1	0	0	0	0	4.6	6	33.2	232.2
1965	55.4	82.8	69.8	10.5	2.6	0	0	0	3.8	13.7	6.7	24.8	270.1
1966	61.6	38.7	52.5	22.3	0.2	0	0	0	0	18	0	37	230.3
1967	77.3	147.7	97.1	17.2	3.7	0			2.1	15.2	4.3	8.4	373
1968	24.9	24.9	33.3	11.2	7.7								102
1969	11.4	54.6	73.3	26.3	0	0	0	0	0.9	18.1	24.1	55.2	263.9
1970	106.9	8.9	35.4	29.1	9.1	0	0	0	21.8	14.5	5.4	53.8	284.9
1971	57.4	72.6	116	27.4	0	0	0	0	0	6.6	1.2	43	324.2
1972	63.5	106.2	144.8	13.8	0	0	0	0	1.5	12.6	5	48.2	395.6
1973	82.3	80.8	58.7	5.7	0	0	0	0	33.9	8.3	7.5	56.9	334.1
1974	45.3	76.4	75.8	9.4	0	0	0	0	0.4	0.6	4.6	21.3	233.8
1975	33.4	59	118.3	8.9	6.2	0.8	0	0	1.3	7	12.4	40.1	287.4
1976	70.3	73.4	58.1	0.5	0.5	0.9	0	0	0.8	0	0	26.2	230.7
1977	32.9	69.5	37.8	2.7	5.9	0	0	0	2.5	0.6	28.7	26.2	206.8
1978	29.1	29.8	21	5.4	0	0	0	0	1.5	0	7.8	12.6	107.2
1979	15.1	43.2	65.5	0	0	0	0	0	0	3.2	0.9		127.9
1980	18	8.3	21	18.8	0	0	0	0	0	14.1	0	13.7	93.9
1981	62	43.4	72.8	0	0	0	0	0	0	4.2	1.5	33.9	217.8
1982	28.2	25.3	29	0	0	0		0	0	0	10.3	0.9	93.7
1983	9.5	62	169.2	25.9	0	0	0	0	0			32.7	299.3
1984	34.1	196.8	86.5	10.5	1	1.8	0	0	0	20.5	29.2	73.4	453.8
1985	17.9	55.7	67.7	8.7	2.2	0	0	1.6	2.7	1.7	23.2	53.5	234.9
1986	100.8	74.2	60.7	22.8	4.9	0	0	4.1	0	3.7	10.6	37.1	318.9
1987	113	48.5	45.8	0	0	0	0	1.2	0.2	0		32.7	241.4
1988	64.7	70.6	44.8	36.8	6.1	0	0	0	0	0.9	0	47.5	271.4
1989	91.4	73.9	86.9	5	2.9	0	0	0	0	0	0	0	260.1
1990	52.2	4.9	19.7	1.9	6.1	0.3	0	0.6	0	13.4	36.4	43	178.5
1991	12.7	60.6	116.4	11.7	2.1	0	0	0	0	17.9	4.4	4.4	230.2
1992	29.2	25	101.8	26.6	0	0	0	0	0	32	4.4	21.9	240.9
1993	98.8	158.9	147.4	50.4	0	0	0	0	0	24	40	98.9	618.4
1994	64.9	95.3	45.6	33.2	2.6	0	0	0	0.5	0.3	12.4	51.6	306.4
1995	62.6	31.5	61.5	35.9	0	0	0	0	4.5	8.9	34	39.8	278.7
1996	72.5	80.6	87.9	27.2	0	0	0	0	0	0	4.7	7.2	280.1
1997	45.9	50.7	9.4	3.9	0	0	0	0	0	7.3	14.3	49.4	180.9
1998	91.6	111.4	122.9	17	0	0	0	2.5	2.2	0	0	19.9	367.5
1999	57.2	163.3	54.3	24.4	0	0	0	0	4	19.1	19.3	30.1	371.7
2000	82.5	105.3	67.8	21.9	5.6	0	0	0	0	17.1	0	50	350.2
2001	116.8	65.1	110.2	14.9	0	0	0	0	0	1.9	41.4	2.2	352.5
2002	17.8	74.3	61.9	32.4	6.2	0	0	0	3.7		22.2	42.9	261.4
2003	32.3	46	64.1	15.7	0	0	0	0	0	0	0.7	86.1	244.9
2004	10.1	74.4	57.8	31.1	0	3.6	0		0	6.3	22.5	92.7	298.5
2005	69.7	28.9	63.1	8.9	0	0	0	0	0	0	0	52.7	223.3
2006	83.1	67.2	129.7	52.2	0	0	0	0	0	2.3	16.3	74.8	425.6
2007	73.6	60.4	143.4	30	0			0		4	0	26.9	338.3
2008	75.5	112.2	72.2	14.2		0		0		3.2	13.3	36.5	327.1
2009	105.5	98.9	130.6	32.3	0	0	0	0	0	17.7	37.2	51.4	473.6
2010	36.5	75.3	67.3	20.9	0	0	0	0	0	7.6	12.9	56.7	277.2
2011	62.1	65.7	58.3	57.4	0	0		0	2.3	0	25.5	51.8	323.1
2012	22.1	85.4	87	53.7	0	0	0	0	4.3	27.4	17.7	32.9	330.5
2013	29.1	87.8	84.8	27.6	5.5	0	0	0.7	1.4	9.7	13.2	37.4	297.2
2014	46.9	36.4	69.4	20.5	2.7	0	0	1.6	2.8	10.8	14.1	74.3	279.5
2015	55.4	32	120.7	24	0	0	0	3.6	1.7	2.5			239.9
Total	2813	3589.3	3954.6	1069.9	88.9	7.4	0	15.9	100.8	401.5	596.3	1947.8	14585.4

Nota: SENAMHI (2023). Datos de precipitaciones de las estaciones meteorológicas del Perú.

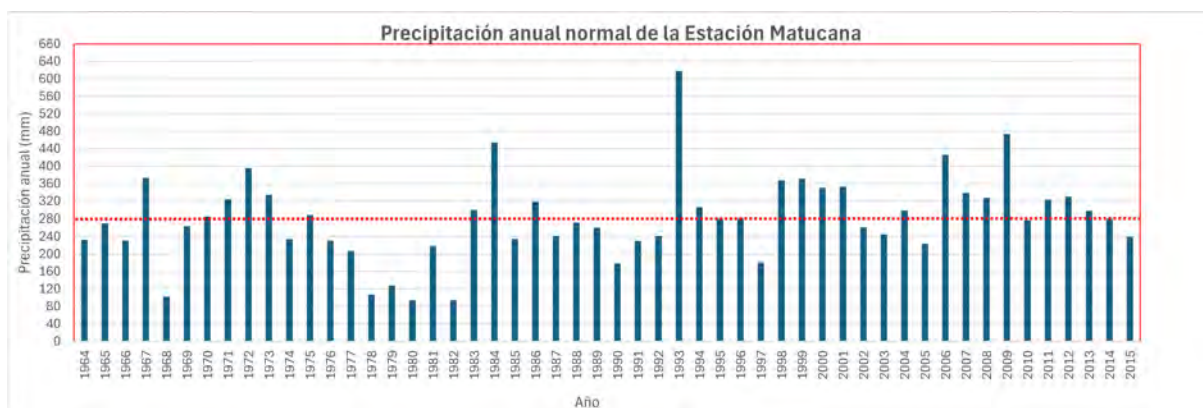


Figura 4.6: Precipitaciones anuales en la estación Matucana (1964–2015). Fuente: SENAMHI (2023).

La clasificación de precipitaciones mediante percentiles constituye una herramienta útil para caracterizar la intensidad de los eventos de lluvia en función de su frecuencia y rareza estadística. En este estudio, se definieron cinco categorías tal como se muestra en la Tabla 4.12. En primer lugar, las precipitaciones menores o iguales al Percentil 75 corresponden a lluvias dentro de la variabilidad habitual de la serie, que no representan un riesgo significativo por sí mismas. En segundo lugar, el rango Percentil 75 al Percentil 90 (moderadamente lluvioso) incluye eventos más intensos que la media, capaces de contribuir de manera acumulativa a la saturación de los suelos. En tercer lugar, el intervalo Percentil 90 al Percentil 95 (lluvioso) representa lluvias que superan ampliamente las condiciones normales y que pueden favorecer la inestabilidad en laderas. Posteriormente, el rango Percentil 95 al Percentil 99 (muy lluvioso) corresponde a eventos poco frecuentes pero de alta intensidad, los cuales poseen la capacidad de detonar movimientos en masa de gran magnitud. Finalmente, los valores mayores al Percentil 99 (extremadamente lluvioso) se asocian con episodios excepcionales que ocurren en menos del 1% de la serie y que, en la práctica, están ligados a desastres históricos de gran impacto.

La elección de esta escala de descriptores se justifica porque ofrece un criterio reproducible, derivado de la distribución estadística de la precipitación, lo que facilita la comparabilidad con otros estudios regionales e internacionales. Asimismo, permite vincular

la intensidad de la lluvia con niveles diferenciados de peligro. Asimismo, en esta investigación se selecciona como descriptor principal el rango Percentil 95 al Percentil 99 (muy lluvioso). Esta decisión responde a que, en los registros de la Estación Matucana (1985–2015), se identificaron años en los que la precipitación acumulada alcanzó este rango, evidenciando que no se trata de eventos aislados, sino de fenómenos recurrentes con capacidad de generar impactos significativos sobre la Carretera Central y los asentamientos de la zona. Por otro lado, es importante señalar que durante el Niño Costero de 2017 las precipitaciones superaron el Percentil 99, situándose en la categoría de “extremadamente lluvioso”. Sin embargo, el análisis de dicho umbral resulta menos representativo para la evaluación del peligro a nivel local, debido a la rareza de este tipo de episodios. Por ello, el rango Percentil 95 al Percentil 99 ofrece un equilibrio adecuado que caracterize la severidad como la recurrencia de los eventos, lo que lo convierte en un descriptor más apropiado para el presente estudio.

Tabla 4.12: Pesos ponderados del factor determinante Precipitación Anómala y sus descriptores

Parámetro	Precipitación Anómala	Descripción	Peso ponderado: 0.262
FD 1	Mayor a P99	PFD 1	0.503
FD 2	P95 - P99	PFD 2	0.260
FD 3	P90 - P95	PFD 3	0.134
FD 4	P90 - P75	PFD 4	0.068
FD 5	Menor a P75	PFD 5	0.035

Nota: Elaboración Propia.

4.5. Mapa de peligrosidad

La zonificación del peligro por movimientos en masa en el distrito de Matucana fue obtenida a partir de la integración de susceptibilidad (factores condicionantes y desencadenantes) y el parámetro de evaluación (fenómeno) previamente evaluados y ponderados. A fin de ilustrar el proceso de cálculo, se presenta un ejemplo aplicado a una manzana específica dentro del área de estudio. A continuación, se detalla de forma didáctica el

desarrollo del análisis.

En primer lugar, se determinó el valor ponderado del parámetro considerado en la evaluación para los descriptores seleccionados tal como se muestra en la 4.13. Posteriormente, se calculó el valor del fenómeno-peligro para cada unidad del área de estudio, de acuerdo con la Ecuación 4.1.

$$\sum \text{Fenómeno}_i \times \text{Descriptor}_i = \text{Valor} \quad (4.1)$$

Tabla 4.13: Valor ponderado del parámetro en estudio

Fenómeno - Movimiento en masas	Ponderado	Descriptor
Periodo de retorno	1.00	0.503
Valor: 0.503		

Nota: Elaboración propia.

Luego, se evaluó la susceptibilidad del ámbito geográfico en estudio. Para ello, se asignó un valor ponderado a cada uno de los parámetros vinculados a los dos tipos de factores, junto a sus descriptores como se muestra en las Tablas 4.14 y 4.15. A partir de esta información, se calcularon los valores correspondientes a cada factor-peligro para cada unidad del área de análisis, utilizando la Ecuación 4.2.

$$\sum \text{Factor}_i \times \text{Descriptor}_i = \text{Valor} \quad (4.2)$$

Tabla 4.14: Valor ponderado de los factores condicionantes

Factor Condicionante	Ponderado	Descriptor
Pendiente	0.503	0.260
Geología	0.26	0.134
Hidrogeología	0.134	0.26
Geomorfología	0.068	0.26
Cobertura Vegetal	0.035	0.503
Valor: 0.236		

Nota: Elaboración propia.

Tabla 4.15: Valor ponderado del factor desencadenante

Factor Desencadenante	Ponderado	Descriptor
Precipitación Anómala	1.00	0.262
Valor: 0.262		

Nota: Elaboración propia.

Posteriormente, se calculó el valor de susceptibilidad para la unidad de estudio, considerando los valores obtenidos de los factores condicionantes y desencadenantes como se muestra en la Tabla 4.16 . Esta estimación se realizó aplicando una sumatoria jerárquica equitativa, de acuerdo con la Ecuación 4.3.

$$F. \text{ Condicionante} \times \text{Peso} + F. \text{ Desencadenante} \times \text{Peso} = \text{Valor Susceptibilidad} \quad (4.3)$$

Tabla 4.16: Valor ponderado del factor desencadenante

Tipo de Factor	Ponderado	Descriptor
Condicionante	0.8	0.236
Desencadenante	0.2	0.262
Valor: 0.241		

Nota: Elaboración propia.

Por último, se calculó el valor de peligrosidad para cada unidad, integrando los resultados obtenidos de la susceptibilidad y del parámetro de evaluación tal como se evidencia en la Tabla 4.17. Esta integración se realizó mediante una ponderación jerárquica de ambos componentes y se empleó la Ecuación 4.4.

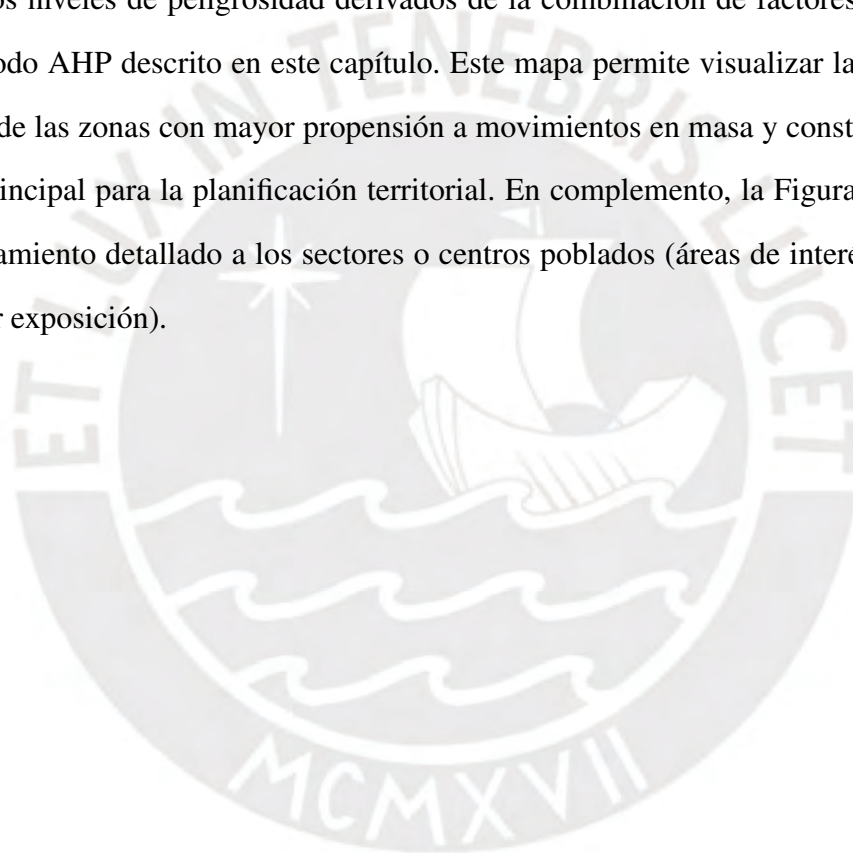
$$P. \text{ Evaluación} \times \text{Peso} + \text{Susceptibilidad} \times \text{Peso} = \text{Valor Peligrosidad} \quad (4.4)$$

Tabla 4.17: Valor ponderado de peligrosidad

Peligrosidad	Ponderado	Descriptor
Parámetro de evaluación	0.1	0.503
Susceptibilidad	0.9	0.241
Valor: 0.267		

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 4.7 presenta el mapa de peligrosidad del distrito en su totalidad, donde se sintetizan los niveles de peligrosidad derivados de la combinación de factores, parámetros y el método AHP descrito en este capítulo. Este mapa permite visualizar la distribución espacial de las zonas con mayor propensión a movimientos en masa y constituye la referencia principal para la planificación territorial. En complemento, la Figura 4.8 muestra un acercamiento detallado a los sectores o centros poblados (áreas de interés crítico por su mayor exposición).



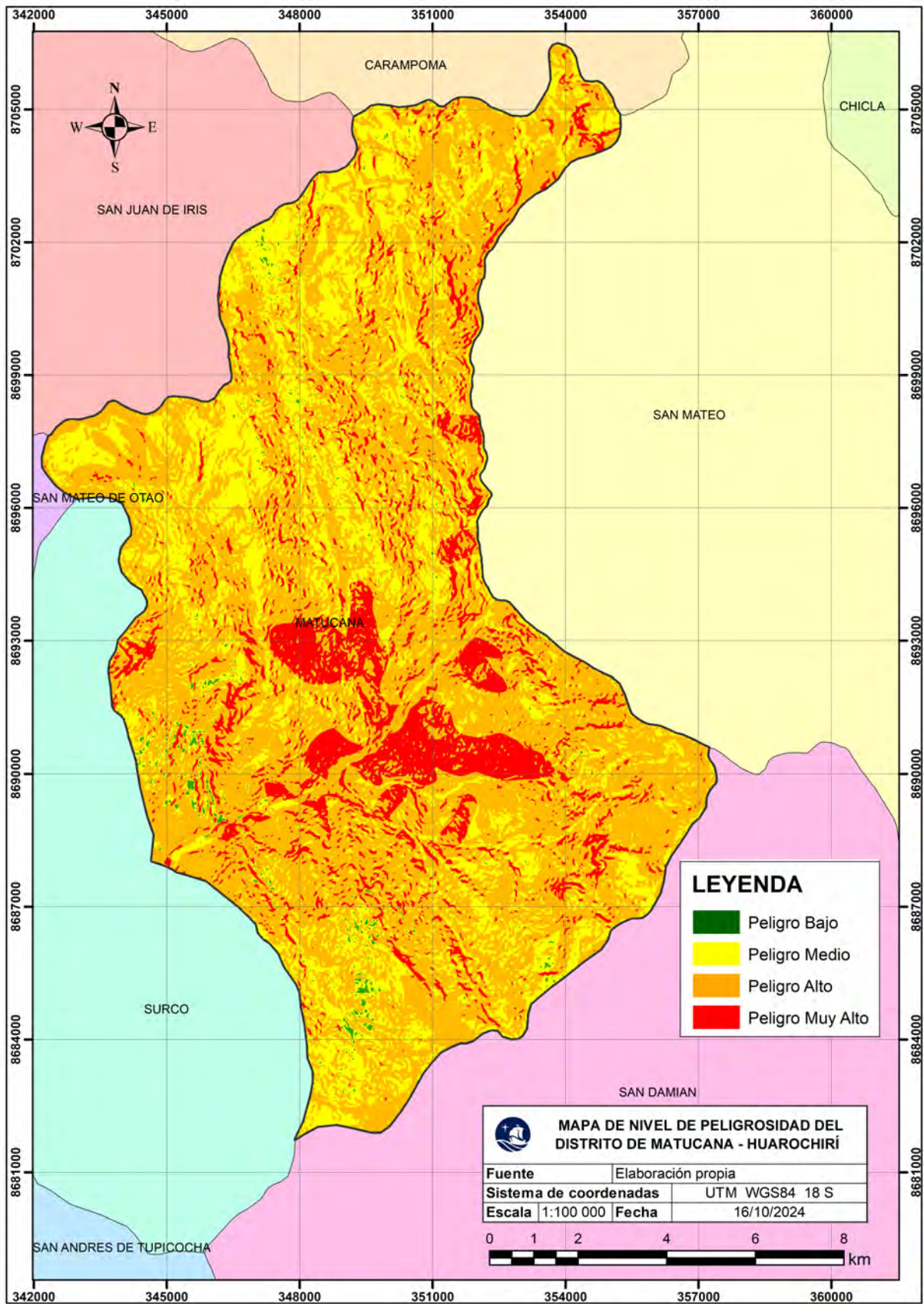


Figura 4.7: Mapa de peligrosidad del distrito de Matucana. Fuente: Elaboración propia.

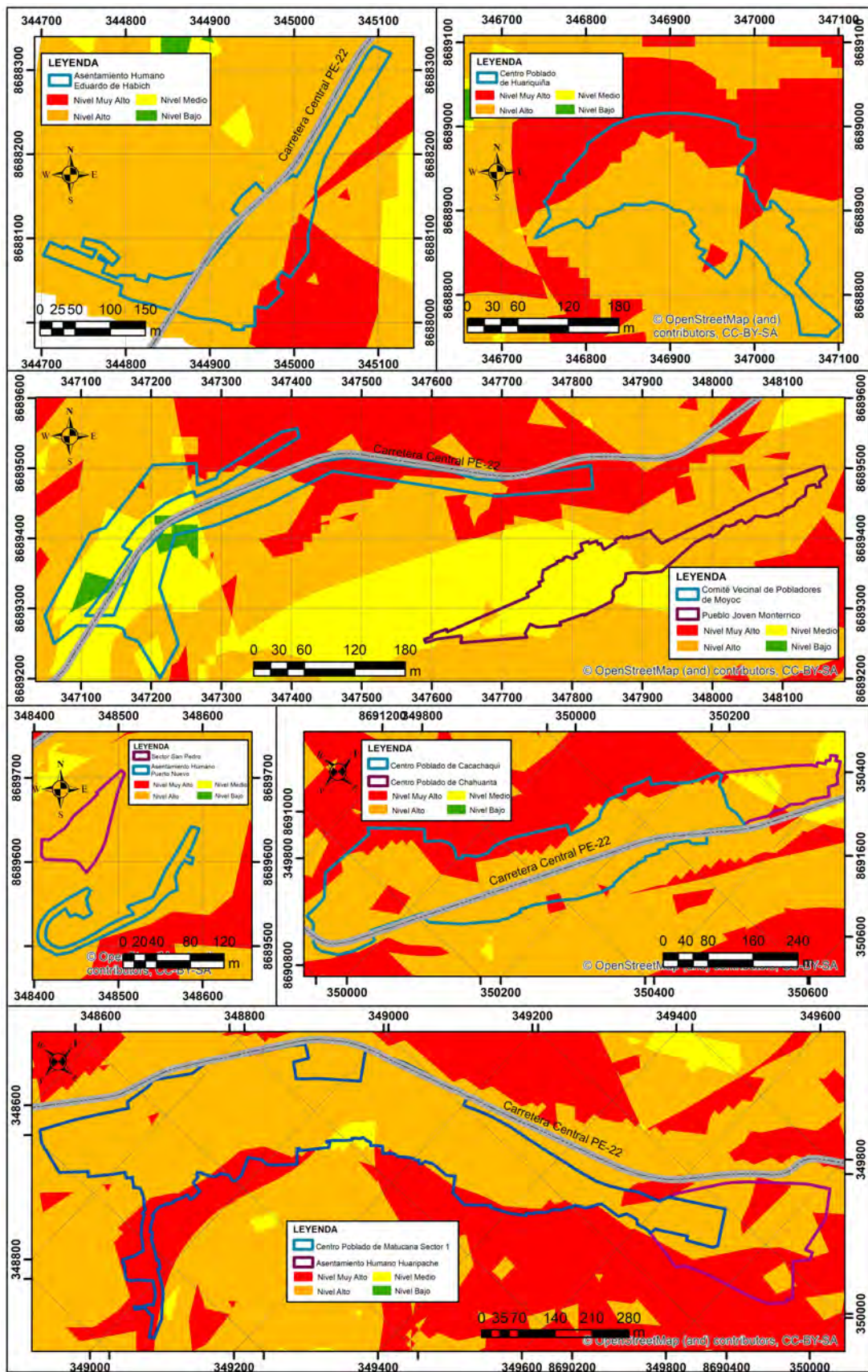


Figura 4.8: Mapa de peligrosidad del distrito de Matucana por sectores. Fuente: Elaboración propia.

Capítulo V

Análisis de vulnerabilidad

En el capítulo V, se determinaron los niveles de vulnerabilidad del ámbito de estudio, en función de las dimensiones: social, económica y ambiental. A su vez, cada dimensión se subdivide en los componentes: exposición, fragilidad y resiliencia. Además, se utilizó el modelo PAJ, el cual permite evaluar la exposición de los elementos frente a los peligros identificados. De esa forma, se elaboró el flujograma que contiene parámetros en evaluación por dimensión, mostrado en la figura 5.1.

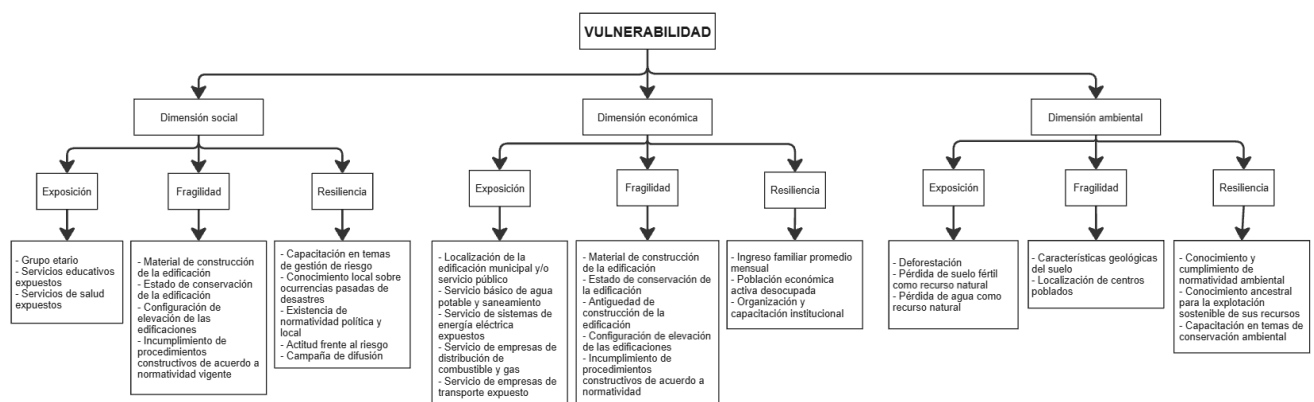


Figura 5.1: Flujograma de dimensiones y componentes de Vulnerabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de peso asignados a cada dimensión, factor y parámetro provienen de la

evaluación realizada mediante la metodología del Proceso Analítico Jerárquico (PAJ), también desarrollada en el apartado 4.4.2 Ponderación de los factores condicionantes y semuestra en la Tabla 5.1. Esta metodología aplica la escala de Saaty (1980) para determinar la importancia relativa de los componentes a través de comparaciones por pares, garantizando una distribución coherente y justificada de los pesos dentro del análisis de vulnerabilidad.

Tabla 5.1: Ponderación de factores y parámetros para la evaluación de vulnerabilidad.

DIMENSIÓN		FACTOR		PARÁMETRO	
NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO
Social	0.6	Exposición social	0.648	Grupo etario	0.633
				Servicios educativos expuestos	0.106
				Servicios de salud expuestos	0.261
		Fragilidad social	0.23	Material de construcción de la edificación	0.546
				Estado de conservación de la edificación	0.268
				Config. de elevación	0.125
		Resiliencia social	0.122	Incumplimiento de proced. constructivos	0.061
				Capacitación en gestión del riesgo	0.262
				Conocimiento local sobre desastres pasados	0.037
				Existencia de normatividad política y local	0.069
				Actitud frente al riesgo	0.496
				Campaña de difusión	0.136
Económica	0.3	Exposición económica	0.648	Localización de la edificación	0.496
				Servicio básico de agua y saneamiento	0.262
				Sistema de energía eléctrica expuesto	0.136
				Empresas de combustible y gas	0.069
				Empresas de transporte expuestas	0.014
		Fragilidad económica	0.23	Material de construcción de la edificación	0.496
				Estado de conservación de la edificación	0.262
				Antigüedad de la edificación	0.136
				Configuración de elevación de las edificaciones	0.069
		Resiliencia económica	0.122	Incumplimiento de procedimientos constructivos	0.037
				Ingreso promedio mensual	0.261
				PEA desocupada	0.633
Ambiental	0.1	Exposición ambiental	0.648	Organización y capacitación institucional	0.106
				Deforestación	0.106
				Pérdida de suelo fértil	0.261
		Fragilidad ambiental	0.23	Pérdida de agua como recurso natural	0.633
				Características geológicas del suelo	0.25
Resiliencia ambiental	0.122	Localización de centros poblados	0.75		
		Cumplimiento de normatividad ambiental	0.633		
		Conocimiento ancestral para uso sostenible de recursos	0.106		
				Capacitación en conservación ambiental	0.26

Los descriptores definidos para cada parámetro fueron seleccionados tomando como referencia los propuestos del manual de la CENEPRED (2014), adaptándolos a las carac-

terísticas específicas del ámbito de estudio. Asimismo, para la determinación de las ponderaciones se elaboraron matrices de comparación por pares, normalización y evaluación de consistencia, siguiendo el procedimiento del método AHP. Dichas matrices presentan una estructura similar a la de las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, donde se detalla el proceso de asignación y verificación de coherencia de los pesos obtenidos para cada factor y parámetro considerado en el análisis.

5.1. Análisis de subdimensión exposición

5.1.1. Exposición social

- Grupo etario

Según datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI] (2018), el distrito de Matucana tiene una población de 4058 habitantes, distribuidos en rangos de edad, tal como se muestra en la Tabla 5.2. Se identificó que la mayor concentración poblacional se encuentra en el rango de **30 a 50 años** en relación con la tabla 5.3. Este rango o descriptor representativo del parámetro “Grupo etario” será seleccionado para el análisis de vulnerabilidad.

Tabla 5.2: Población de Matucana

Grupo etario	Total de población	Hombres	Mujeres
Menores de 1 año	48	20	28
1-4 años	267	137	130
5-9 años	323	173	150
10-14 años	333	174	159
15-19 años	305	156	149
20-24 años	270	138	132
25-29 años	272	125	147
30-34 años	314	153	161
35-39 años	279	145	134
40-44 años	241	118	123
45-49 años	248	127	121
50-54 años	237	127	110
55-59 años	201	92	109
60-64 años	171	86	85
65-más años	549	282	267
TOTAL	4058	2053	2005

Nota: INEI (2018). Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017 – Región Lima.

Tabla 5.3: Peso ponderado del parámetro Grupo Etario

Parámetro	Grupo Etario	Descripción	Peso ponderado: 0.633
ET 1	0-5 y > 65 años	PET 1	0.503
ET 2	5-12 y 60-65 años	PET 2	0.260
ET 3	12-15 y 50-60 años	PET 3	0.134
ET 4	15-30 años	PET 4	0.068
ET 5	30-50 años	PET 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Servicios Educativos Expuestos

Se identificó y clasificó los centros educativos según su ubicación por sectores del área de estudio, utilizando información proveniente de la plataforma Estadística de la Calidad Educativa del Ministerio de Educación del Perú [MINEDU] (2024). Estos han sido organizados en la Tabla 5.4 a partir de la figura 5.2, a fin de determinar los niveles de exposición diferenciados por cada área. Posteriormente, se definió el valor

del parámetro-descriptor “servicio educativo expuesto”, de acuerdo con la Tabla 5.5 para el análisis de exposición social.

Tabla 5.4: Centros educativos estatales de Matucana

SECTOR	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	DIRECCIÓN
CENTRO POBLADO DE MATUCANA	I.E. SAN JUAN BAUTISTA	AV. RICARDO BENTIN 156
	I.E. N°20567 RICARDO BENTIN SANCHEZ	PARQUE INDEPENDENCIA 173
	I.E. JULIO C. TELLO	JR. PUERTO NUEVO S/N
	I.E. 20568 MIGUEL GRAU	JR. PUERTO NUEVO S/N
	I.E. PAUL HARRIS	AV. LA FLORIDA S/N
	I.E. 129 SAN JUANITO	JR. CUZCO 261
	I.E. N°046-2 ROSA ALARCO	JR. FERROCARRIL 368 MZ M1 LOTE 6
ASENTAMIENTO HUMANO HUARIPACHE	I.E. N°401 NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN	MZ. J LOTE 6
	I.E. ESTRELLITAS DE SAN JUAN	MZ N LOTE 7
CENTRO POBLADO DE CACACHAQUI	I.E. N°20563 RICARDO PALMA	AV. DANIEL ALCIDES CARRION S/N
	CEBA - SAN JUAN BAUTISTA	PSJE. LA CANTUTA 036
	I.E. LOS CARIÑOSITOS	JR. ALLAUCA S/N
	I.E. RAYITO DE SOL	JR. ALLAUCA S/N
CENTRO POBLADO DE MOYOC	I.E. NICANOR MUJICA ALVAREZ CALDERON	AV. PLAZA INDEPENDENCIA 173
CENTRO POBLADO DE HUARIQUIÑA	I.E. 20565 MERCADO CABELLO DE CARBONERA	HUARIQUIÑA
	I.E. MI PEQUÑO MUNDO	HUARIQUIÑA

Nota: Ministerio de Educación – ESCALE. Censo escolar 2024.

Tabla 5.5: Peso ponderado del Parámetro Servicios Educativos Expuestos y sus descriptores

Parámetro	Servicios Educativos Propuestos	Descripción	Peso ponderado: 0.106
ED 1	> 75 % del servicio educativo expuesto	PED 1	0.503
ED 2	≤ 75 % y >50 % del servicio educativo expuesto	PED 2	0.260
ED 3	≤ 50 % y >25 % del servicio educativo expuesto	PED 3	0.134
ED 4	≤ 25 % y >10 % del servicio educativo expuesto	PED 4	0.068
ED 5	< 10 % del servicio educativo expuesto	PED 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados

- Servicios de salud expuestos

Se identificó un establecimiento de salud según su ubicación por sectores dentro del

distrito Matucana con información proveniente del Seguro Integral de Salud - SIS (2025). Este ha sido organizado en la Tabla 5.6 a partir de su distribución geográfica en la Figura 5.2, con la finalidad de determinar los niveles de exposición diferenciados por cada área. Luego, se definió el valor del parámetro-descriptor “servicio de salud expuesto”, de acuerdo con la Tabla 5.7.

Tabla 5.6: Establecimiento de salud estatal de Matucana

SECTOR	ESTABLECIMIENTO DE SALUD	DIRECCIÓN
CENTRO POBLADO DE MATUCANA	HOSPITAL SAL JUAN DE MATUCANA	AV. FLORIDA S/N COSTADO DE LA UGEL

Nota: Seguro Integral de Salud - SIS (2025).

Tabla 5.7: Peso ponderado del Parámetro Servicios de Salud Expuestos y sus descriptores

Parámetro	Servicios de Salud Propuestos	Descripción	Peso ponderado: 0.260
SL 1	> 60 % del servicio educativo expuesto	PSL 1	0.503
SL 2	≤ 60 % y >35 % del servicio educativo expuesto	PSL 2	0.260
SL 3	≤ 35 % y >20 % del servicio educativo expuesto	PSL 3	0.134
SL 4	≤ 20 % y >10 % del servicio educativo expuesto	PSL 4	0.068
SL 5	< 10 % del servicio educativo expuesto	PSL 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

5.1.2. Exposición económica

- Localización de la edificación

La Tabla 5.8 indica 12 edificaciones de servicio público, situadas en el distrito. Con respecto a ello, se definió el valor del parámetro-descriptor para cada una de las manzanas de acuerdo con la Tabla 5.9. En la figura 5.2, se presenta la localización de los edificios públicos considerado para evaluar la exposición económica.

Tabla 5.8: Edificios de Servicio Público de Matucana

N° MANZANA	Edificio Público
11	Capilla
11	Club de Madres
49	Área comunal
93	Municipalidad de Matucana
111	Iglesia
112	Subprefectura
95	Centro Cívico
159	Cementerio
186	Estación Senamhi
186	Estadio Municipal de Matucana
188	Servicios Comunales
196	Camal Municipal

Nota: Municipalidad Distrital de Matucana (2025). Catastro del distrito.

Tabla 5.9: Peso ponderado de Localización de la edificación y sus descriptores

Parámetro	Localización	Descripción	Peso ponderado: 0.496
LE 1	Muy cercano: 0 km - 0.2km	PLE 1	0.503
LE 2	Cercano: 0.2km - 1km	PLE 2	0.260
LE 3	Medianamente cerca: 1km - 3km	PLE 3	0.134
LE 4	Alejada: 3km - 5km	PLE 4	0.068
LE 5	Muy alejada > 5km	PLE 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Servicio básico de agua potable y saneamiento

Según datos del Censo Nacional 2017, el 77% de las viviendas urbanas del distrito de Matucana cuentan con servicio de agua potable de red pública, mientras que el 23% restante se abastece de fuentes alternativas (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2018). Dado que la cobertura de saneamiento por red es cercana a este porcentaje, se ubica al distrito en el rango “mayor al 75% del servicio expuesto”, tal como se muestra en la Tabla 5.10.

Tabla 5.10: Peso ponderado del Servicio básico de agua potable y saneamiento

Parámetro	Servicio básico de agua potable y saneamiento	Descripción	Peso ponderado: 0.262
AP 1	>75 % del servicio expuesto	PAP 1	0.503
AP 2	>50 % y ≤ 75 % del serv. expuesto	PAP 2	0.260
AP 3	>25 % y ≤ 50 % del serv. expuesto	PAP 3	0.134
AP 4	>10 % y ≤ 25 % del serv. expuesto	PAP 4	0.068
AP 5	≤ 10 % del serv. expuesto	PAP 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Servicio de sistemas de energía eléctrica expuesto

De acuerdo con el diagnóstico del Proyecto Integral de Residuos Sólidos del propio distrito, se identificó que el 89.28 % de la población cuenta con servicio de energía eléctrica por red pública (Municipalidad Distrital de Matucana, 2010). En función a este porcentaje y según los rangos establecidos para el análisis de vulnerabilidad, el distrito se ubica en la categoría de “>75 % del servicio expuesto” de la Tabla 5.11.

Tabla 5.11: Peso ponderado del Servicio de sistemas de energía eléctrica expuesto

Parámetro	Servicio de sistemas de energía eléctrica expuesto	Descripción	Peso ponderado: 0.136
EE 1	>75 % del serv. expuesto	PEE 1	0.503
EE 2	>50 % y ≤ 75 % del serv. expuesto	PEE 2	0.260
EE 3	>25 % y ≤ 50 % del serv. expuesto	PEE 3	0.134
EE 4	>10 % y ≤ 25 % del serv. expuesto	PEE 4	0.068
EE 5	≤ 10 % del serv. expuesto	PEE 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Servicio de las empresas de distribución de combustible y gas

En el distrito de Matucana se identificaron dos establecimientos de distribución de combustible, ubicados en las manzanas 51 y 188, según la figura 5.2. Esta información permite determinar el nivel de exposición del parámetro “servicio de empresas de distribución de combustible y gas” para cada una de las manzanas analizadas. La

asignación del valor correspondiente se realizará de acuerdo con los rangos establecidos en la Tabla 5.12 para el análisis de vulnerabilidad.

Tabla 5.12: Peso ponderado del Servicio de las empresas de distribución de combustible y gas

Parámetro	Servicio de las empresas de distribución de combustible y gas	Descripción	Peso ponderado: 0.069
GA1	>75 % del serv. expuesto	PGA1	0.503
GA2	>50 % y ≤ 75 % del serv. expuesto	PGA2	0.260
GA3	>25 % y ≤ 50 % del serv. expuesto	PGA3	0.134
GA4	>10 % y ≤ 25 % del serv. expuesto	PGA4	0.068
GA5	≤ 10 % del serv. expuesto	PGA5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Servicio de empresas de transporte expuesto

Se identificaron las ubicaciones de las empresas de transporte en las manzanas 78 y 123, según la figura 5.2. Esta información permite determinar el nivel de exposición del parámetro “servicio empresas de transporte expuesto” para cada una de las manzanas analizadas. La asignación del valor correspondiente se realizará de acuerdo con los rangos establecidos en la Tabla 5.13 para el análisis de vulnerabilidad.

Tabla 5.13: Peso ponderado del Servicio de empresas de transporte expuesto

Parámetro	Servicio de empresas de transporte expuesto	Descripción	Peso ponderado: 0.069
TR1	>75 % del serv. expuesto	PTR1	0.503
TR2	>50 % y ≤ 75 % del serv. expuesto	PTR2	0.260
TR3	>25 % y ≤ 50 % del serv. expuesto	PTR3	0.134
TR4	>10 % y ≤ 25 % del serv. expuesto	PTR 4	0.068
TR5	≤ 10 % del serv. expuesto	PTR5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

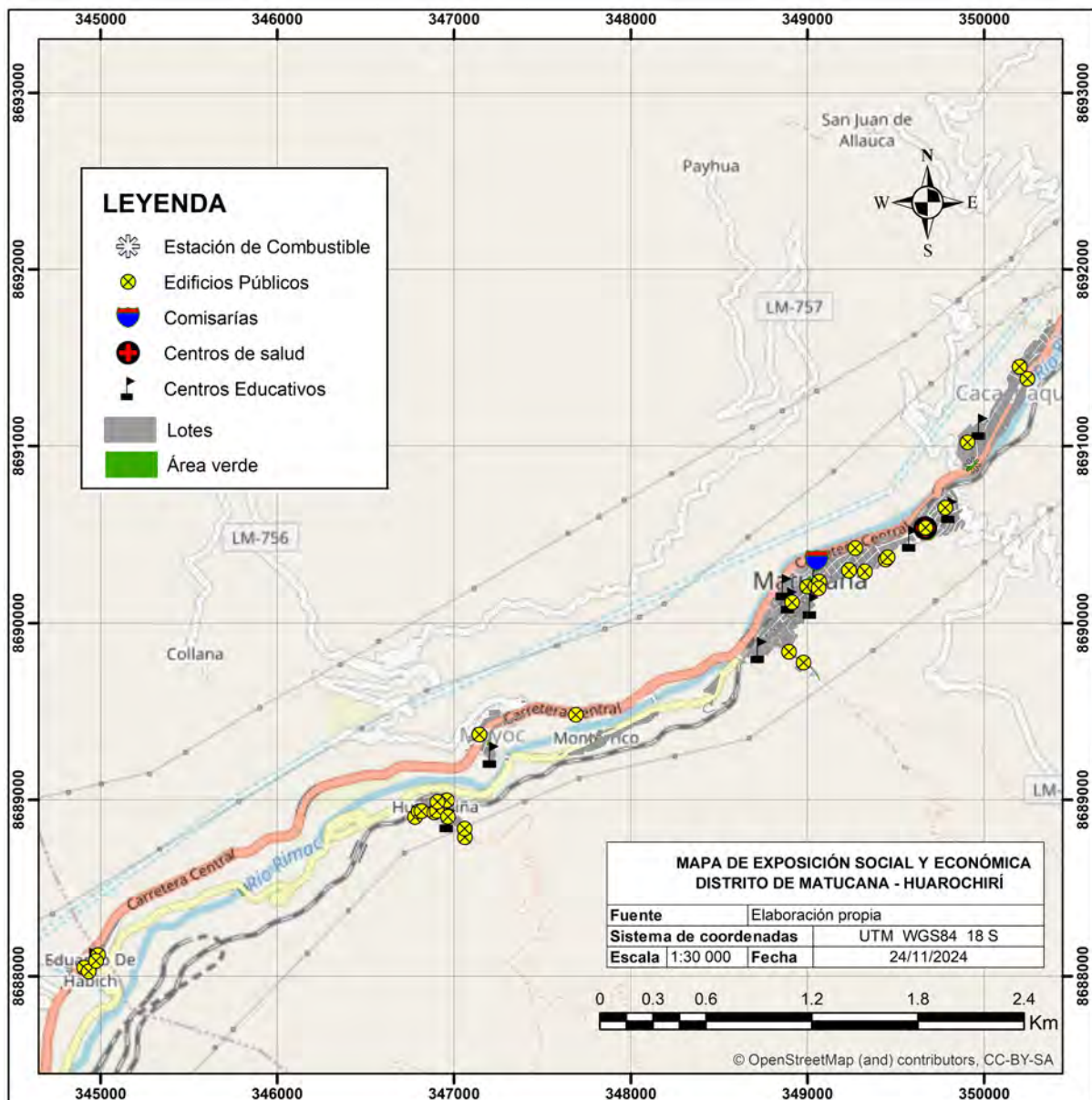


Figura 5.2: Mapa de exposición social y económico del distrito de Matucana. Fuente: Elaboración propia

5.1.3. Exposición ambiental

- Deforestación

Como se expuso en el apartado **3.0.3 División espacial**, la configuración territorial evidencia una marcada diferencia entre las áreas destinadas a infraestructura y las

áreas verdes. Estas áreas son las más extensas y predominan las zonas de pastos naturales, utilizadas para el pastoreo de ganado, así como zonas agrícolas dispersas a lo largo de las quebradas y cercanías a los centros poblados. En función a esta información, se definió el valor general del parámetro-descriptor “Pastos. Tierras dedicadas al cultivo de pastos para fines de alimentación de animales menores y ganado.”, de acuerdo con la Tabla 5.14.

Tabla 5.14: Peso ponderado de Deforestación y sus descriptores

Parámetro	Deforestación	Descripción	PP: 0.106
DF1	Áreas sin vegetación. Terreno intervenido por infraestructura.	PDF1	0.503
DF2	Áreas de cultivo. Tierras dedicadas a cultivos de pan llevar.	PDF2	0.260
DF3	Pastos. Terreno dedicado al cultivo de pastos para alimentación de ganado.	PDF3	0.134
DF4	Otras tierras arboladas. Superficies mayores a 0.5 ha. con una cubierta de dosel al 10% de árboles capaces de alcanzar una altura de 5m.	PDF4	0.068
DF5	Bosques. Áreas que abarcan más de 0.5 ha, cubiertas por árboles que superan los 5m y una cubierta de dosel superior al 10%, o de árboles capaces de alcanzar esta altura in situ. Se excluye tierra sometida a uso agrícola.	PDF5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Pérdida de suelo fértil como recurso natural

De acuerdo con el Mapa de peligros y plan de usos del suelo del distrito de Matucana, el territorio presenta modificaciones por actividades humanas (Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI] y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD] , 2005). En ese contexto, se identificó que la expansión agrícola, el uso indiscriminado del suelo y la deforestación antrópica, especialmente en quebradas y laderas cercanas a los centros poblados, son factores determinantes en la degradación del recurso. De la Tabla 5.15, se seleccionó "Deforestación agravada, uso

indiscriminado de suelos y expansión urbana” como el descriptor más representativo para el distrito, pues refleja los cambios del suelo por actividades humanas sin una planificación ambiental.

Tabla 5.15: Peso ponderado del Pérdida de suelo fértil como recurso natural y sus descriptores

Parámetro	Pérdida de suelo fértil	Descripción	Peso ponderado: 0.261
SF 1	Erosión ocasionada por precipitaciones: pend. pronunciadas y terrenos montañosos, lluvias estacionales y el fenómeno El Niño.	PSF 1	0.503
SF 2	Deforestación agravada, mal uso de suelos y expansión urbana.	PSF 2	0.260
SF 3	Protección inadecuada en los márgenes de corrientes de agua en ámbitos geográficos extensos.	PSF 3	0.134
SF 4	Longitud de la pendiente asociada a las pérdidas de un campo de cultivo de pendiente y extensión conocida.	PSF 4	0.068
SF 5	Factor cultivo y contenido en sales ocasiona pérdidas por desertificación.	PSF 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Pérdida de agua como recurso natural

En el distrito de estudio, la pérdida de agua como recurso natural está estrechamente vinculada con las prácticas agrícolas, que representan una de las principales actividades económicas de la zona por los volúmenes de agua para el riego de cultivos. Uno de los principales desafíos en la gestión de cuencas en zonas altoandinas como Matucana es precisamente la sobreexplotación del agua para la agricultura y la contaminación difusa por actividades agropecuarias (Guevara y de la Torre, 2019). Por ello, se seleccionó de la Tabla 5.16 el descriptor general “Agricultura, demanda agrícola y pérdida por contaminación de aguas superficiales y subterráneas”. Esta situación se agrava durante los períodos de sequía o irregularidad en las lluvias, intensificados por el cambio climático.

Tabla 5.16: Peso ponderado del Pérdida de agua como recurso natural

Parámetro	Pérdida de agua	Descripción	Peso ponderado: 0.136
PA1	Agricultura, demanda agrícola y pérdida de calidad de aguas superficiales y subterráneas	PPA 1	0.503
PA2	Descontrol en consumo poblacional/fugas en redes, uso indiscriminado en riesgo de suelos de cultivo	PPA 2	0.260
PA3	Consumo industrial y minero, pérdidas por evaporación, fugas y otros.	PPA 3	0.134
PA4	Pérdidas por técnicas inadecuadas de riego y canales de conducción en tierra.	PPA 4	0.068
PA5	Prácticas de uso del cauce y márgenes del río en graves de conservación y mantenimiento.	PPA 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

5.2. Análisis de subdimensión Fragilidad

La fragilidad se refiere al estado de la infraestructura dentro de una comunidad o sociedad, evaluando aspectos como los tipos de edificación, los materiales empleados y el cumplimiento de los procedimientos constructivos conforme a las normas técnicas vigentes.

5.2.1. Fragilidad social

En las Tablas 5.17 a la 5.26, se observan las características estructurales y servicios básicos que predominan en las viviendas que conforman las 209 manzanas. La información fue recogida del último censo y del servidor Google Maps por muestreo. Según criterio técnico, se determinó el estado de conservación y número de pisos predominante en las viviendas. Por último, con la información de los parámetros y plano propuesto de zonificación distrital, proporcionados por el área de Catastro de la Municipalidad de Matucana, se obtuvo el número máximo de pisos construidos por normativa municipal.

Tabla 5.17: Características estructurales de las Manzanas 1-22 del Distrito de Matucana

N° Mz.	N° lotes	Material predominante			Servicios básicos			Estado	Pisos Pred.	Máx.pisos nor
		Pared	Techo	Piso	Agua	Luz	Desague			
1	6	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	NE
2	4	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	NE
3	1	Adobe	Tejas	Tierra	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	NE
4	4	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	No	Sí	No	Regular	2	NE
5	2	Ladrillo	Concreto Armado	Loseta	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	NE
6	1	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	1	NE
7	2	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	3	NE
8	1	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	3	NE
9	2	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	NE
10	1	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	NE
11	7	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	NE
12	23	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	NE
13	1	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	NE
14	1	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	NE
15	7	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
16	3	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
17	2	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
18	2	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
19	1	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
20	10	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
21	10	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
22	4	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3

Tabla 5.18: Características estructurales de las Manzanas 23-45 del Distrito de Matucana

N° Mz.	N° lotes	Material predominante			Servicios básicos			Estado	Pisos Pred.	Max. pisos nor
		Pared	Techo	Piso	Agua	Luz	Desague			
23	4	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
24	6	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
25	19	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
26	8	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
27	2	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	3	3
28	2	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
29	2	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
30	9	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
31	1	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
32	19	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
33	2	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
34	1	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
35	4	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	3	3
36	10	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
37	1	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
38	2	Ladrillo	Concreto Arm.	Loseta	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
39	1	Ladrillo	Concreto Arm.	Loseta	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
40	4	Ladrillo	Concreto Arm.	Loseta	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
41	5	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
42	3	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
43	1	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
44	1	Ladrillo	Concreto Arm.	Loseta	Sí	Sí	Sí	Bueno	3	3
45	1	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3

Tabla 5.19: Características estructurales de las Manzanas 46-68 del Distrito de Matucana

N° Mz.	N° lotes	Material predominante			Servicios básicos			Estado	Pisos Pred.	Max. pisos nor
		Pared	Techo	Piso	Agua	Luz	Desague			
46	2	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
47	6	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
48	4	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
49	5	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
50	6	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
51	1	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
52	1	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	3	3
53	1	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
54	1	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
55	1	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
56	1	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
57	11	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
58	6	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	3	3
59	1	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
60	1	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
61	3	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
62	2	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
63	4	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
64	27	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
65	3	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
66	6	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	3	3
67	3	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
68	2	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3

Tabla 5.20: Características estructurales de las Manzanas 69-91 del Distrito de Matucana

N° Mz.	N° lotes	Material predominante			Servicios básicos			Estado	Pisos Pred.	Max. pisos nor
		Pared	Techo	Piso	Agua	Luz	Desague			
69	6	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	3	3
70	10	Adobe	Plancha de calamina	Tierra	No	Sí	No	Regular	2	3
71	9	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
72	10	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
73	3	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	NE
74	8	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	NE
75	6	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	NE
76	4	Adobe	Plancha de calamina	Tierra	No	Sí	No	Regular	1	NE
77	14	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
78	4	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
79	2	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
80	4	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	1	3
81	4	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
82	8	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
83	1	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
84	7	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
85	3	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
86	2	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
87	1	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	3	3
88	5	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
89	1	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
90	22	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
91	7	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	3	3

Tabla 5.21: Características estructurales de las Manzanas 92-114 del Distrito de Matucana

N° Mz.	N° lotes	Material predominante			Servicios básicos			Estado	Pisos Pred.	Max. pisos nor
		Pared	Techo	Piso	Agua	Luz	Desague			
92	28	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
93	22	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
94	1	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
95	23	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
96	13	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
97	7	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
98	7	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
99	6	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
100	2	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
101	2	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
102	1	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
103	3	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
104	18	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
105	7	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
106	6	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
107	7	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
108	5	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
109	7	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
110	1	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
111	1	Adobe	Plancha de calamina	Madera	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
112	7	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Regular	3	3
113	8	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
114	6	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3

Tabla 5.22: Características estructurales de las Manzanas 115-137 del Distrito de Matucana

N° Mz.	N° lotes	Material predominante			Servicios básicos			Estado	Pisos Pred.	Max. pisos nor
		Pared	Techo	Piso	Agua	Luz	Desague			
115	8	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
116	12	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
117	10	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
118	6	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
119	7	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
120	8	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
121	6	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
122	8	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
123	12	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
124	10	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
125	6	Adobe	Plancha de calamina	Tierra	Sí	Sí	Sí	Regular	2	3
126	7	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
127	8	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
128	6	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
129	8	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
130	12	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
131	10	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
132	6	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
133	7	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
134	8	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
135	6	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
136	8	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
137	12	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3

Tabla 5.23: Características estructurales de las Manzanas 138-160 del Distrito de Matucana

N° Mz.	N° lotes	Material predominante			Servicios básicos			Estado	Pisos Pred.	Max. pisos
		Pared	Techo	Piso	Agua	Luz	Desague			
138	47	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
139	6	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
140	7	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
141	8	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
142	6	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
143	8	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
144	12	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
145	10	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
146	6	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
147	7	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
148	8	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
149	6	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
150	8	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
151	12	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
152	10	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
153	6	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
154	7	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
155	8	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
156	6	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
157	8	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
158	12	Adobe	Plancha de calamina	Tierra	Sí	Sí	Sí	Regular	1	3
159	10	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
160	6	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3

Tabla 5.24: Características estructurales de las Manzanas 161-183 del Distrito de Matucana

N° Mz.	N° lotes	Material predominante			Servicios básicos			Estado	Pisos Pred.	Max. pisos
		Pared	Techo	Piso	Agua	Luz	Desague			
161	19	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
162	7	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
163	6	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
164	7	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
165	9	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
166	10	Ladrillo	Plancha de calamina	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
167	6	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
168	7	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
169	8	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
170	10	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
171	8	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
172	10	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
173	5	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
174	6	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
175	7	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
176	8	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
177	6	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
178	8	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
179	12	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
180	10	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
181	6	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
182	7	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
183	8	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3

Tabla 5.25: Características estructurales de las Manzanas 184-206 del Distrito de Matucana

N° Mz.	N° lotes	Material predominante			Servicios básicos			Estado	Pisos Pred.	Max. pisos
		Pared	Techo	Piso	Agua	Luz	Desague			
184	6	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
185	8	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
186	12	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Regular	2	3
187	10	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
188	6	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
189	3	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
190	26	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Regular	2	3
191	9	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
192	7	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
193	12	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
194	24	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
195	13	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
196	7	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
197	8	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
198	6	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
199	8	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
200	12	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
201	10	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
202	6	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
203	7	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
204	8	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
205	6	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
206	8	Ladrillo	Concreto Armado	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3

Tabla 5.26: Características estructurales de las Manzanas 207-209 del Distrito de Matucana

N° Mz.	N° lotes	Material predominante			Servicios básicos			Estado	Pisos Pred.	Max. pisos
		Pared	Techo	Piso	Agua	Luz	Desague			
207	7	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
208	3	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3
209	5	Ladrillo	Concreto Arm.	Cemento	Sí	Sí	Sí	Bueno	2	3

Nota: Elaboración propia.

- Materiales de construcción de la edificación

Las Tablas 5.17 a 5.26 muestran el material de construcción mayoritario en las viviendas que conforman las manzanas de estudio. Con relación a ello, se definió el valor del parámetro-descriptor “material de construcción de la edificación” para cada manzana según la Tabla 5.27.

Tabla 5.27: Peso ponderado del Materiales de const. de la edificación y sus descriptores

Parámetro	Materiales de construcción de la edificación	Descripción	Peso ponderado: 0.546
ME1	Estera /Cartón	PME1	0.503
ME2	Madera	PME2	0.260
ME3	Quincha (caña con barro)	PME3	0.134
ME4	Adobe	PME4	0.068
ME5	Ladrillo o bloque de cemento	PME5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Estado de conservación de la edificación

Las Tablas 5.17 a 5.26 indican el Estado de conservación predominante de las viviendas como parte de las manzanas de estudio del distrito de Matucana. Con relación a ello, se definió el valor del parámetro-descriptor “estado de conservación de la edificación” para cada manzana según la Tabla 5.28.

Tabla 5.28: Peso ponderado del Estado de conservación de la edificación y sus descriptores

Parámetro	Estado de conservación	Descripción	Peso ponderado: 0.268
EC 1	MUY MALO:Edificaciones cuyas estructuras presentan un deterioro severo que sugiere alta probabilidad de colapso	PEC 1	0.503
EC 2	MALO:Edificaciones sin mantenimiento regular con deterioros que lo comprometen aunque sin peligro de desplome y los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.	PEC 2	0.260
EC 3	REGULAR:Edificaciones con mantenimiento esporádico y sin deterioro y si lo tienen, no lo comprometen y es subsanable, o que los acabados e instalaciones tienen deterioros visibles debido al mal uso.	PEC 3	0.134
EC 4	BUENO:Edificaciones con mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal.	PEC 4	0.068
EC 5	MUY BUENO:Edificaciones con mantenimiento permanente y que no presentan deterioro alguno.	PEC 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Configuración de elevación de las edificaciones

Las Tablas 5.17 a 5.26 muestran el número de pisos predominantes en las viviendas, por manzana de estudio del distrito. Con respecto a ello, se definió el indicador del parámetro-descriptor “configuración de elevación de las edificaciones” para cada una de las manzanas, de acuerdo con la Tabla 5.29.

Tabla 5.29: Peso ponderado del Parámetro Configuración de elevación de las edificaciones

Parámetro	Configuración de elevación de las edificaciones	Descripción	Peso ponderado: 0.069
ED 1	5 pisos	PED 1	0.503
ED 2	4 pisos	PED 2	0.260
ED 3	3 pisos	PED 3	0.134
ED 4	2 pisos	PED 4	0.068
ED 5	1 piso	PED 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente

Las Tablas 5.17 a 5.26 presentan el número máximo de pisos construidos en cada una de las edificaciones del distrito. Los resultados se basan en los parámetros de edificación y plano de zonificación otorgados por la Municipalidad Distrital de Matucana.

Las tablas 5.30, 5.31 y 5.32 presentan los parámetros de construcción en función del mapa de zonificación. Con relación a dicha información, se definió el valor del parámetro y descriptor “incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo con la normatividad vigente”, el cual corresponde al porcentaje (%) resultante de la diferencia entre el número de pisos predominante y el máximo permitido por urbanización, para cada manzana evaluada, de acuerdo a la Tabla 5.33.

Tabla 5.30: Parámetros de construcción en zonificación residencial

Zona	Usos	Lote mín. (m2)	Frente mín.(m)	Altura	Área libre (%)	Estacionamiento
Residencial densidad alta	Multifamiliar	720	18	1.5 (a+r)	30	3 viviendas
	Conj. Residencial	720	18	1.5 (a+r)	40	3 viviendas
Residencial densidad media	Unifamiliar	90	6	3 + azotea	30	1 vivienda
	Multifamiliar	120	8	5 + azotea	30	1 vivienda
	Conj. Residencial	600	18	8 + azotea	40	1 vivienda
Residencial densidad baja	Unifamiliar	200	10	3 pisos	35	2 viviendas
	Multifamiliar	600	18	3 + azotea	30	2 viviendas
	Conjunto residencial	600	18	5 + azotea	40	2 viviendas
Vivienda taller	Vivienda taller	450	10	3 + azotea	40	-

Nota: Municipalidad Distrital de Matucana (2025). Catastro del distrito.

Tabla 5.31: Parámetros de construcción en zonificación comercial

Zona	Frente lote (m)	Altura edific.	Área libre (%)	Estacionamiento
Comercio especializado	18	1.5 (a+r)	30	1 vehículo cada 100 m ² de área de comercios u oficinas.
Comercio intensivo	10	1.5 (a+r)	30	1 vehículo cada 100 m ² de área de comercios u oficinas.
Comercio zonal	8	1.5 (a+r)	30	1 vehículo cada 200 m ² de área de comercios u oficinas.
Comercio vecinal	8	1.5 (a+r)	30	1 vehículo cada 200 m ² de área de comercios u oficinas.

Nota: Municipalidad Distrital de Matucana (2025). Catastro del distrito.

Tabla 5.32: Parámetros de construcción en zonificación industrial

Zona	Lote mínimo (m2)	Frente lote (m)	Estacionamiento
Industria Liviana	1000	20	1 cada 10 personas en el turno principal
Industria Elemental y Complementaria	300	10	

Nota: Municipalidad Distrital de Matucana (2025). Catastro del distrito.

Tabla 5.33: Peso ponderado del Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente

Parámetro	Incumplimiento de procedimientos constructivos	Descripción	Peso ponderado: 0.061
IC 1	80% - 100%	PIC 1	0.503
IC 2	60% - 80%	PIC 2	0.260
IC 3	40% - 60%	PIC 3	0.134
IC 4	20% - 40%	PIC 4	0.068
IC 5	0% - 20%	PIC 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

5.2.2. Fragilidad económica

La tabla 5.34 muestra las características estructurales y servicios básicos de las 16 edificaciones municipales y/o servicio público, distribuidas dentro del distrito de Matucana. Los

resultados se basan en un recorrido por Google Maps y trabajo de campo con la finalidad de identificar el material predominante, servicios básicos existentes y año de construcción de las edificaciones mediante criterio propio.

Tabla 5.34: Características estructurales de los edificios de servicio público de Matucana

N° Mza	Edificio Público	Material pred.	Servicios básicos			Estado	N°Pisos	Máx.pisos	Año constr.
			Agua	Luz	Desague				
11	Capilla	Adobe	Sí	Sí	Sí	Regular	01 piso	3 pisos	2001
11	Club de Madres	Ladrillo	Sí	Sí	Sí	Regular	01 piso	3 pisos	2016
49	Área comunal	Madera	No	Sí	No	Bueno	01 piso	3 pisos	2018
93	Municipalidad de Matucana	Ladrillo	Sí	Sí	Sí	Bueno	2 pisos	3 pisos	2000
111	Iglesia	Ladrillo	Sí	Sí	Sí	Regular	1 piso	3 pisos	2005
112	Subprefectura	Concreto Armado	Sí	Sí	Sí	Bueno	3 pisos	3 pisos	2007
95	Centro Cívico	Concreto Armado	Sí	Sí	Sí	Bueno	5 pisos	1.5 (a+r)	2022
159	Cementerio	Ladrillo	Sí	Sí	Sí	Bueno	01 piso	1.5 (a+r)	1980
186	Estacion Senamhi	Ladrillo	Sí	Sí	Sí	Bueno	2 piso	1.5 (a+r)	2005
186	Estadio Municipal de Matucana	Ladrillo	Sí	Sí	Sí	Bueno	01 piso	1.5 (a+r)	2003
188	Servicios Comunales	Ladrillo	Sí	Sí	Sí	Bueno	2 piso	3 pisos	2016
196	Camal Municipal	Ladrillo	Sí	Sí	Sí	Bueno	01 piso	3 pisos	2009

Nota: Google Maps (2024).

- Materiales de construcción de la edificación

La Tabla 5.34 indica el material de construcción predominante de las 12 edificaciones públicas. Con relación a dicha información, se definieron los indicadores del parámetro y descriptores “material de construcción de la edificación” para cada una de las manzanas de estudio que contenga una de estas edificaciones municipales, según la Tabla 5.35

Tabla 5.35: Peso ponderado del Parámetro Materiales de construcción de la edificación de servicio público y sus descriptores

Parámetro	Materiales de construcción de la edificación	Descripción	Peso ponderado: 0.496
ME 1	Estera /Cartón	PME 1	0.503
ME 2	Madera	PME 2	0.260
ME 3	Quincha (caña con barro)	PME 3	0.134
ME 4	Adobe	PME 4	0.068
ME 5	Ladrillo o bloque de cemento	PME 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Estado de conservación de la edificación

La Tabla 5.34 indica el estado de conservación de las 12 edificaciones municipales y/o de servicio público por criterio propio. Con relación a dicha información, se definió el valor del parámetro-descriptor “estado de conservación de la edificación” para cada una de las manzanas de estudio que incluya una de estas edificaciones municipales, según la Tabla 5.36.

Tabla 5.36: Peso ponderado del Parámetro Estado de conservación de la edificación de servicio público y sus descriptores

Parámetro	Estado de conservación de la edificación	Descripción	Peso ponderado: 0.262
EC1	MUY MALO:Edificaciones cuyas estructuras presentan un deterioro severo que sugiere alta probabilidad de colapso	PEC1	0.503
EC2	MALO:Edificaciones sin mantenimiento regular con deterioros que lo comprometen aunque sin peligro de desplome y los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.	PEC2	0.260
EC3	REGULAR:Edificaciones que reciben mantenimiento esporádico, cuyas estructuras no tienen deterioro y si lo tienen, no lo comprometen y es subsanable, o que los acabados e instalaciones tienen deterioro visibles debido al mal uso.	PEC3	0.134
EC4	BUENO:Edificaciones con mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal.	PEC4	0.068
EC5	MUY BUENO:Edificaciones con mantenimiento permanente y que no presentan deterioro alguno.	PEC5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Antigüedad de la construcción de la edificación

La Tabla 5.34 indica la antigüedad de la construcción mayoritaria de las 12 edificaciones de servicio público del distrito de Matucana. Con relación a dicha información, se definieron los indicadores del parámetro y descriptores “antigüedad de la construcción de la edificación” para cada uno de las manzanas de estudio que incluye una de estas edificaciones municipales, según la Tabla 5.37.

Tabla 5.37: Peso ponderado del Parámetro Antigüedad de la construcción de la edificación y sus descriptores

Parámetro	Antigüedad de la construcción	Descripción	Peso ponderado: 0.136
AC1	40-50 años	PAC1	0.503
AC2	30-40 años	PAC2	0.260
AC3	20-30 años	PAC3	0.134
AC4	10-20 años	PAC4	0.068
AC5	5-10 años	PAC5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Configuración de elevación de las edificaciones

La Tabla 5.34 indica la cantidad de pisos de las 12 edificaciones de servicio público del distrito. Con relación a dicha información, se definió el valor del parámetro-descriptor “configuración de elevación de las edificaciones” para cada una de las manzanas de estudio que incluye una de estas edificaciones municipales, según la Tabla 5.38.

Tabla 5.38: Peso ponderado de Configuración de elevación de las edificaciones del servicio público y sus descriptores

Parámetro	Elevación de las edificaciones	Descripción	PP: 0.069
ED 1	5 pisos	PED 1	0.503
ED 2	4 pisos	PED 2	0.260
ED 3	3 pisos	PED 3	0.134
ED 4	2 pisos	PED 4	0.068
ED 5	1 piso	PED 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente

La Tabla 5.34 expone la cantidad de niveles construidos máxima por cada edificación municipal y/o de servicio público, ubicadas en el distrito de Matucana. Los resultados obtenidos son en base a los parámetros de edificación y plano de zonificación compartido por la Municipalidad Distrital de Matucana. A partir de las tablas 5.30, 5.31 y 5.32, se definió el valor del parámetro-descriptor “incumplimiento de

procedimientos constructivos de acuerdo con la normatividad vigente” mediante el porcentaje (%) de incumplimiento entre los valores de cantidad de pisos predominante y máximo número de pisos construidos, para cada una de las manzanas de estudio que contengan una de estas edificaciones municipales, según la Tabla 5.39.

Tabla 5.39: Peso ponderado del Parámetro Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente

Parámetro	Incumplimiento de procedimientos constructivos	Descripción	Peso ponderado: 0.037
IC 1	80% - 100%	PIC 1	0.503
IC 2	60% - 80%	PIC 2	0.260
IC 3	40% - 60%	PIC 3	0.134
IC 4	20% - 40%	PIC 4	0.068
IC 5	0% - 20%	PIC 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

5.2.3. Fragilidad ambiental

- Características geológicas del suelo

Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI] y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD] (2005) sostienen que Matucana se caracteriza por fondos aluviales (terrazas ribereñas inundables). Así, hay suelos con valores de resistencia entre 2.6 y 5kg/cm², lo que coincide con la definición de suelos medianamente rígidos, tipo S2. Este tipo de suelo son medianamente rígidos y tienen arenas de igual compacidad (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020).

A partir de ello, se definieron los indicadores parámetro y descriptores “características geológicas del suelo” para cada una de las manzanas de estudio, de acuerdo con la Tabla 5.40.

Tabla 5.40: Peso ponderado Características geológicas del suelo y sus descriptores

Parámetro	Características geológicas del suelo	Descripción	Peso ponderado: 0.496
CG1	Zona muy fracturada, fallada, suelos colapsables	PCG 1	0.503
CG2	Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante	PCG 2	0.260
CG3	Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante	PCG 3	0.134
CG4	Zona ligeramente fracturada, suelos de alta capacidad portante	PCG 4	0.068
CG5	Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas	PCG 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Localización de centros poblados

Matucana es un distrito que presenta una ocupación territorial dispersa con centros poblados localizados en zonas puntuales. Gran parte del territorio está compuesto por áreas no urbanizadas, de difícil acceso o destinadas a actividades agrícolas. La infraestructura urbana se concentra principalmente en la capital distrital y en algunos centros poblados menores. Estos núcleos se ubican generalmente en zonas de valle o ladera con condiciones más favorables para el asentamiento humano.

Respecto a esta distribución territorial y a la limitada presencia de centros poblados en muchos de las manzanas de análisis, el valor del parámetro-descriptor “localización de centros poblados” se definió como “alejado”, de acuerdo a la Tabla 5.41.

Tabla 5.41: Peso ponderado del Parámetro Localización de centros poblados y sus descriptores

Parámetro	Localización de centros poblados	Descripción	Peso ponderado: 0.750
LC 1	Muy cercano: 0km - 0.2km	PLC 1	0.503
LC 2	Cercano: 0.2km - 1km	PLC 2	0.260
LC 3	Medianamente cerca: 1km - 3 km	PLC 3	0.134
LC 4	Alejado: 3km - 5km	PLC 4	0.068
LC 5	Muy alejado >5km	PLC 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

5.3. Análisis de subdimensión Resiliencia

La resiliencia se refiere a la capacidad de la población para enfrentar, adaptarse y recuperarse de los efectos de un desastre. Está relacionada con aspectos sociales, organizativos y comunitarios que fortalecen la preparación y respuesta ante eventos adversos.

5.3.1. Resiliencia social

El presente análisis se sustenta en información recabada mediante una entrevista con el subgerente de Seguridad Ciudadana y Gestión del Riesgo de Desastres del distrito de Matucana, Sr. Alfredo Cortabrazo. Según lo señalado por el funcionario, durante el período 2023–2024, correspondiente a la gestión del alcalde Hugo González Carhuavilca, se han desarrollado diversas actividades de capacitación orientadas a la gestión del riesgo de desastres. Aunque no fue posible acceder a registros documentales que respalden estas acciones, se indicó que dichas capacitaciones fueron organizadas por la gerencia correspondiente y que una parte de ellas se encuentra contemplada dentro del Plan de Gestión del Riesgo del distrito. Asimismo, se informó que estas actividades han alcanzado a una proporción representativa de las manzanas comprendidas en el estudio.

- Capacitación en temas de gestión del riesgo

El Sub-Gerente de Seguridad Ciudadana y Gestión de Riesgo y Desastres, Alfredo Cortabrazo, manifestó que la población se capacita regularmente en temas concernientes a la Gestión de Riesgos principalmente para los peligros: incendios forestales y huaycos. En función a la información proporcionada, se define el descriptor para cada uno de los polígonos de estudio para el análisis de vulnerabilidad según la tabla 5.42.

Tabla 5.42: Peso ponderado del Parámetro Capacitación en temas de gestión del riesgo y sus descriptores

Parámetro	Capacitación en temas de gestión del riesgo	Descripción	Peso ponderado: 0.262
GR 1	La totalidad de la población no cuenta ni desarrollan ningún tipo de programa de capacitación en tema concernientes a gestión de riesgo.	PGR 1	0.503
GR 2	La población está escasamente capacitada en temas concernientes a Gestión de Riesgos, siendo su difusión y cobertura escasa.	PGR 2	0.260
GR 3	La población se capacita con regular frecuencia en temas concernientes a Gestión de Riesgos, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.	PGR 3	0.134
GR 4	La población se capacita constantemente en temas concernientes a Gestión de Riesgos, siendo su difusión y cobertura total.	PGR 4	0.068
GR 5	La población se capacita constantemente en temas concernientes a Gestión de Riesgos, actualizándose participando en simulacros, siendo su difusión y cobertura total.	PGR 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Conocimiento sobre la ocurrencia pasada de desastres en su localidad

Se evalúa el nivel de conocimiento que posee la población sobre los desastres que han ocurrido en el pasado, que incide en la preparación, percepción del riesgo y ca-

pacidad de respuesta ante futuras amenazas. Según lo indicado por el subgerente de la municipalidad de Matucana, la población presenta un nivel de conocimiento regular sobre estos eventos, reconociendo de forma general sus causas y consecuencias, pero sin una comprensión profunda ni sistematizada. Esta apreciación se refleja en la Tabla 5.43, en la cual se ha seleccionado la opción correspondiente a dicho nivel de conocimiento para la ponderación de este componente.

Tabla 5.43: Peso ponderado del Parámetro Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de desastres

Parámetro	Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de desastres	Descripción	Peso ponderado: 0.152
OP 1	Existencia desconocimiento de toda la población sobre las causas y consecuencias de los desastres.	POP 1	0.503
OP 2	Existe un escaso conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres.	POP 2	0.260
OP 3	Existe un regular conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres.	POP 3	0.134
OP 4	La mayoría de la población tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres.	POP 4	0.068
OP 5	Toda la población tiene conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres.	POP 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Existencia de normatividad política y local

Este parámetro evalúa si el territorio cuenta con instrumentos normativos y políticos a nivel local. En el caso del distrito de Matucana, se ha identificado la existencia de un marco legal que da soporte a las acciones orientadas a la reducción del riesgo, como lo demuestran documentos técnicos vinculados a la planificación urbana, la gestión ambiental y el ordenamiento territorial. No obstante, el cumplimiento de estas normativas es regular, ya que su aplicación depende en gran medida de la disponibilidad de recursos, capacidades técnicas y articulación interinstitucional. A pesar de ello, se reconoce un interés por parte de la gestión municipal en promover

un desarrollo planificado. Esta situación se ha considerado al asignar la ponderación correspondiente en la Tabla 5.44.

Tabla 5.44: Peso ponderado del Existencia de normatividad política y local y sus descriptores

Parámetro	Existencia de normatividad política y local	Descripción	Peso ponderado: 0.096
NP 1	El soporte legal territorial que ayuda a la reducción del riesgo en el área de estudio genera efectos negativos a su desarrollo. No existen instrumentos normativos locales que apoyen en la reducción del riesgo.	PNP 1	0.503
NP 2	El soporte legal territorial que contribuye a la reducción de riesgos en el área se presenta en casi todo el territorio.	PNP 2	0.260
NP 3	El soporte legal territorial que ayuda a la reducción del riesgo en el que se encuentra el área se cumple eventualmente. Existe un interés tenue en el desarrollo planificado del territorio.	PNP 3	0.134
NP 4	El soporte legal territorial que ayude a la reducción del riesgo se cumple regularmente. Existe un interés en el desarrollo planificado del territorio.	PNP 4	0.068
NP 5	El soporte legal territorial que apoye a la reducción del riesgo se cumple de forma estricta. El desarrollo planificado del territorio, es un eje estratégico de desarrollo.	PNP 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Actitud frente al riesgo

Analiza el comportamiento de la población ante la posibilidad de ocurrencia de desastres, considerando si adoptan una postura previsor, reactiva o indiferente. En el distrito de Matucana, según lo señalado por el subgerente de Riesgos, la mayoría de la población presenta una actitud parcialmente previsor, lo que implica que si bien son conscientes de los peligros existentes en su territorio, su respuesta suele centrarse en la aceptación del riesgo más que en su prevención activa, lo cual ha

sido considerado al momento de asignar la ponderación correspondiente en la Tabla 5.45.

Tabla 5.45: Peso ponderado del Actitud frente al riesgo y sus descriptores

Parámetro	Actitud frente al riesgo	Descripción	Peso ponderado: 0.421
AR 1	Actitud fatalista, conformista y con desidia de la mayoría de la población.	PAR 1	0.503
AR 2	Actitud escasamente previsor de la mayoría de la población.	PAR 2	0.260
AR 3	Actitud parcialmente previsor de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo, sin implementación de medidas para prevenir riesgo.	PAR 3	0.134
AR 4	Actitud parcialmente previsor de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo e implementando escasas medidas para prevenir riesgo.	PAR 4	0.068
AR 5	Actitud previsor de toda la población, implementando diversas medidas para prevenir el riesgo.	PAR 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Campaña de difusión

Evalúa la frecuencia, cobertura y efectividad de las campañas informativas y de sensibilización sobre GRD dirigidas a los habitantes. En el distrito de Matucana, según lo manifestado por el subgerente de Riesgos, se desarrollan campañas de difusión de forma masiva y frecuente, utilizando diversos medios de comunicación como radio local, redes sociales, altoparlantes comunales y actividades presenciales; esto ha sido considerada para asignar la ponderación correspondiente en la Tabla 5.46.

Tabla 5.46: Peso ponderado Campaña de difusión y sus descriptores

Parámetro	Campaña de difusión	Descripción	Peso ponderado: 0.046
CD 1	No hay difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de Gestión del Reiso para la población local.	PCD 1	0.503
CD 2	Escasa difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de Gestión del Riesgo, existiendo el desconocimiento de la mayoría de la población.	PCD 2	0.260
CD 3	Difusión masiva y poco frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de Gestión del Riesgo, existiendo el conocimiento total de la población.	PCD 3	0.134
CD 4	Difusión masiva y frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de Gestión del Riesgo, existiendo el conocimiento total de la población.	PCD 4	0.068
CD 5	Difusión masiva y frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de Gestión del Riesgo, existiendo el conocimiento y participación total de la población y autoridades.	PCD 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

5.3.2. Resiliencia económica

- Ingreso familiar promedio mensual

En el caso del distrito de estudio, no se dispone de un valor oficial de ingreso familiar promedio. No obstante, se ha tomado como referencia el ingreso promedio mensual por trabajo reportado para Lima Provincias, donde se encuentra Huarochirí, provincia a la cual pertenece el distrito Matucana, el cual es S/ 1921,1 (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018). Este valor se encuentra dentro del rango de $> S/1200$ a $\leq S/3000$, definido en la Tabla 5.47.

Tabla 5.47: Peso ponderado del parámetro Ingreso familiar promedio mensual y sus descriptores

Parámetro	Ingreso familiar promedio mensual	Descripción	Peso ponderado: 0.633
IP 1	> 3000	PIP 1	0.503
IP 2	> S/1200 a \leq S/3000	PIP 2	0.260
IP 3	> S/264 a \leq S/1200	PIP 3	0.134
IP 4	> S/149 a \leq S/264	PIP 4	0.068
IP 5	\leq S/149	PIP 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Población económicamente activa desocupada

De acuerdo con el Censo Nacional 2017, el grupo de adultos de 30 a 59 años —que corresponde a la PEA urbana— representa el 37.2% de la población urbana de Matucana (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED], 2021). Por tanto, se concluye que el acceso y la permanencia en un puesto de trabajo en Matucana son de nivel regular: existe empleo, pero no siempre es estable ni plenamente inclusivo, lo cual sustenta esta evaluación y su ubicación en el rango correspondiente de la Tabla 5.48.

Tabla 5.48: Peso ponderado del Parámetro Población económicamente activa desocupada y sus descriptores

Parámetro	Población económicamente activa desocupada	Descripción	Peso ponderado: 0.260
EA 1	Escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo. Escasa demanda de mano de obra para las actividades económicas. Escaso nivel de empleo de la población económicamente activa.	PEA 1	0.503
EA 2	Bajo acceso y poca permanencia aun puesto de trabajo. Poca demanda de mano de obra para las actividades económicas. Bajo nivel de empleo de la población económicamente activa.	PEA 2	0.260
EA 3	Regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Demanda de mano de obra para actividades económicas. Regular nivel de empleo de la población económicamente activa.	PEA 3	0.134
EA 4	Acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Demanda de mano de obra para las actividades económicas. Regular nivel de empleo de la población económicamente activa.	PEA 4	0.068
EA 5	Alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Alta demanda de mano de obra para las actividades económicas. Alto nivel de empleo de la población económicamente activa.	PEA 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Organización y capacitación institucional

Las organizaciones institucionales gubernamentales del distrito de Matucana presentan un nivel estándar de efectividad en su gestión. De acuerdo con el Informe de Evaluación Institucional – I Semestre 2023, se evidencian avances en el cumplimiento de metas y en la ejecución presupuestal, lo cual refleja una capacidad operativa en desarrollo y una gestión que cuenta con mecanismos activos (Municipalidad Provincial de Huarochirí, 2023). Por tanto, se considera que el acceso a procesos de organización y capacitación institucional en Matucana se encuentra en un nivel regular, mostrado en la Tabla 5.49.

Tabla 5.49: Peso ponderado de Organización y capacitación institucional y sus descriptores

Parámetro	Organización y capacitación institucional	Descripción	Peso ponderado: 0.106
OC 1	Las organizaciones gubernamentales locales y regionales evidencia una limitada eficacia en su gestión, reflejada en la desaprobación popular. Las instituciones gubernamentales de nivel sectorial muestran índices de gestión deficientes y trabajo poco coordinado.	POC 1	0.503
OC 2	Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales presentan poca efectividad en su gestión. Empiezan a generar desprestigio y desaprobación popular. Las instituciones gubernamentales de nivel sectorial muestran algunos índices de gestión de eficiencia pero en casos aislados.	POC 2	0.260
OC 3	Las institucionales gubernamentales locales y regionales mantienen una gestión con efectividad promedio y cuentan con apoyo ciudadano suficiente para gobernar con estabilidad. Las institucionales gubernamentales de nivel sectorial muestran algunos índices de gestión de eficiencia.	POC 3	0.134
OC 4	Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales presentan un nivel estándar de efectividad en su gestión. Tienen un apoyo popular que les permite gobernar con tranquilidad. Las institucionales gubernamentales de nivel sectorial muestran índices interesantes de gestión de eficiencia.	POC 4	0.068
OC 5	Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales tienen un nivel de efectividad en su gestión. Las instituciones gubernamentales de nivel sectorial muestran índices altos de gestión de eficiencia. Existe un proceso de madurez política.	POC 5	0.035

Nota: Elaboración Propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

5.3.3. Resiliencia ambiental

- Conocimiento y cumplimiento de normatividad ambiental

Se evidencia un conocimiento generalizado de la normatividad ambiental vigente tan-

to por parte de las autoridades municipales como de las organizaciones comunales y la población en general. Esto se refleja en la implementación de mecanismos formales de gestión ambiental, tales como la creación de la Comisión Ambiental Municipal mediante Ordenanza Municipal N.º 024-2024-CM/MPH-M, la cual impulsa procesos de evaluación y participación para el cuidado del entorno local (Municipalidad Provincial de Huarochirí, 2024). Asimismo, el distrito participa activamente en el Programa EDUCCA, el cual refuerza la educación ambiental y la difusión de la normativa en espacios comunitarios y escolares (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2022). Con base en la evidencia normativa disponible y los programas implementados, se ha optado por asignar al distrito de Matucana la categoría: “Las autoridades, organizaciones comunales y población en general conocen la existencia de normatividad en temas de conservación ambiental. Cumpliéndola mayoritariamente”, de acuerdo con los criterios establecidos en la Tabla 5.50.

Tabla 5.50: Peso ponderado del parámetro Conocimiento y cumplimiento de normatividad ambiental y sus descriptores

Parámetro	Conocimiento y cumplimiento de normatividad ambiental	Descripción	Peso ponderado: 0.633
IP 1	Las autoridades y población desconocen la existencia de normatividad en tema de conservación ambiental.	PIP 1	0.503
IP 2	Sólo las autoridades conocen la existencia de normatividad en temas de conservación ambiental. No cumpliéndolas.	PIP 2	0.260
IP 3	Las autoridades y población desconocen la existencia de normatividad en temas de conservación cumpliéndola mayoritariamente.	PIP 3	0.134
IP 4	Las autoridades, organizaciones comunales y población en general conocen la existencia de normatividad en temas de conservación ambiental. Cumpliéndola mayoritariamente.	PIP 4	0.068
IP 5	Las autoridades, organizaciones comunales y población en general conocen la existencia de normatividad en temas de conservación ambiental. Respetándola y cumpliéndola totalmente.	PIP 5	0.035

Nota: Elaboración Propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus recursos naturales

La población conserva y aplica de manera mayoritaria conocimientos ancestrales relacionados con el uso sostenible de sus recursos naturales. Un ejemplo de ello es la recuperación de los andenes prehispánicos para la agricultura, una práctica tradicional que no solo demuestra un dominio técnico transmitido por generaciones, sino también una estrategia adaptativa frente a los retos del cambio climático y la pérdida de suelos agrícolas. Según Lo (2015), esta experiencia de recuperación fue impulsada por la comunidad campesina de San Juan de Matucana y apoyada por el Ministerio del Ambiente a través del programa de adaptación basada en ecosistemas. Esto evidencia que la población no solo conserva estos saberes, sino que los articula con esfuerzos contemporáneos de gestión ambiental sostenible. Dado este contexto, se asigna la categoría “la población mayoritariamente posee y aplica sus conocimientos ancestrales para explotar de manera sostenible sus recursos naturales” de la Tabla 5.51.

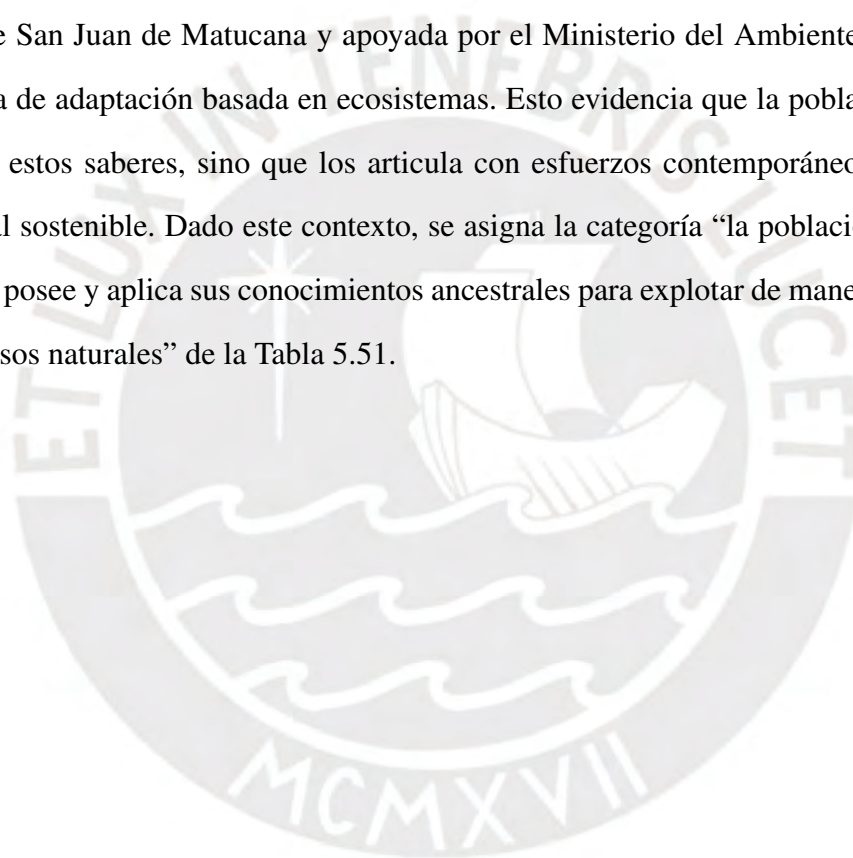


Tabla 5.51: Peso ponderado del Parámetro Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus recursos naturales y sus descriptores

Parámetro	Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus recursos naturales	Descripción	Peso ponderado: 0.106
ES 1	La población en su totalidad ha perdido los conocimientos ancestrales para explotar de manera sostenible sus recursos naturales.	PES 1	0.503
ES 2	Algunos pobladores poseen y aplica sus conocimientos ancestrales para explotar de manera sostenible sus recursos naturales.	PEA 2	0.260
ES 3	Parte de la población posee y aplica sus conocimientos ancestrales para explotar de manera sostenible sus recursos naturales.	PES 4	0.134
ES 4	La población mayoritariamente posee y aplica sus conocimientos ancestrales para explotar de manera sostenible sus recursos naturales.	PES 4	0.068
ES 5	La población en su totalidad posee y aplica sus conocimientos ancestrales para explotar de manera sostenible sus recursos naturales.	PES 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

- Capacitación en temas de conservación ambiental

La población recibe capacitación en temas de conservación ambiental, con una cobertura y difusión de carácter local. Esta afirmación se sustenta en la implementación del programa EDUCCA para impulsar acciones educativas y participativas dirigidas tanto a la población como a las autoridades locales para fortalecer la conciencia ambiental y el involucramiento ciudadano (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2022). Además, se reconoce la regular participación del distrito en el marco del Plan Maestro de Restauración del río Rímac, impulsado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el cual promueve una gestión integrada de los recursos hídricos en la cuenca alta del Rímac mediante procesos

de capacitación, articulación interinstitucional y fortalecimiento de capacidades locales (ANA, s.f.). Estas iniciativas reflejan un entorno donde la capacitación ambiental no solo es frecuente, sino que también se encuentra adecuadamente articulada a los procesos de planificación y restauración ecológica en el territorio. Con ello, se define que predomina el descriptor “La población se capacita con regular frecuencia en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura parcial” de la Tabla 5.52.

Tabla 5.52: Peso ponderado de Capacitación en temas de conservación ambiental y sus descriptores

Parámetro	Organización y capacitación institucional	Descripción	Peso ponderado: 0.260
CA 1	La totalidad de la población no recibe y/o desarrolla capacitaciones en tema de conservación ambiental.	PCA 1	0.503
CA 2	La población está escasamente capacitada en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura escasa.	PCA 2	0.260
CA 3	La población se capacita con regular frecuencia en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura parcial.	PCA 2 3	0.134
CA 4	La población se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.	PCA 4	0.068
CA 5	La población se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura local.	PCA 5	0.035

Nota: Elaboración propia. Basado en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, que presentan las matrices empleadas para la determinación de los pesos ponderados.

5.4. Mapa de vulnerabilidad

La elaboración del mapa de nivel de vulnerabilidad consta de la unión de resultados de parámetros propuestos por los factores de exposición, fragilidad y resiliencia de forma independiente para las tres dimensiones: social, económica y ambiental. A partir de ello, se determinan los niveles de vulnerabilidad para cada una de las manzanas de estudio plasmados en el mapa de

vulnerabilidad. El resultado se muestra en la figura 5.3. A continuación, a través de un ejemplo en una manzana, se detalló el desarrollo del análisis de vulnerabilidad.

En primer lugar, se evaluó el valor del factor exposición de la dimensión social con la ecuación 5.1. Para la manzana en estudio, se exponen los valores ponderados de los parámetros, descriptores y el valor de exposición social en la Tabla 5.53. De la misma forma, se calcularon los valores de fragilidad social y resiliencia social mediante las ecuaciones 5.2 y 5.3 y presentados en las Tablas 5.54 y 5.55.

$$\sum \text{Exposición Social}_i \times \text{Descriptor}_i = \text{Valor ES} \quad (5.1)$$

Tabla 5.53: Valor ponderado de los parámetros de Exposición Social

Exposición Social	Ponderado	Descriptor
Grupo etario	0.633	0.035
Servicios educativos	0.106	0.035
Servicios de salud	0.261	0.134
Valor: 0.061		

Nota: Elaboración propia.

$$\sum \text{Fragilidad Social}_i \times \text{Descriptor}_i = \text{Valor FS} \quad (5.2)$$

Tabla 5.54: Valor ponderado de los parámetros de Fragilidad Social

Fragilidad Social	Ponderado	Descriptor
Materiales Construcción	0.546	0.035
Conservación de Edificación	0.268	0.134
Elevación de edificaciones	0.125	0.134
Incumplimiento de procedimiento	0.061	0.134
Valor: 0.080		

Nota: Elaboración propia.

$$\sum \text{Resiliencia Social}_i \times \text{Descriptor}_i = \text{Valor RS} \quad (5.3)$$

Tabla 5.55: Valor ponderado de los parámetros de Resiliencia Social

Resiliencia Social	Ponderado	Descriptor
Capacitación en GRD	0.262	0.260
Conocimiento en desastres	0.037	0.134
Normatividad política	0.069	0.134
Actitud frente al riesgo	0.496	0.260
Campaña de difusión	0.136	0.134
Valor: 0.226		

Nota: Elaboración propia.

Luego, se determinó el valor de dimensión social por medio de la suma de productos de los factores con sus respectivos pesos ponderados como se muestra en la ecuación 5.4.

$$\text{Valor ES} \times \text{Peso} + \text{Valor FS} \times \text{Peso} + \text{Valor RS} \times \text{Peso} = \text{Valor Social} \quad (5.4)$$

Seguidamente, se repitió el procedimiento para determinar los valores de las dimensiones económica y ambiental mediante las ecuaciones 5.5 y 5.6.

$$\text{Valor Exposición Económica} \times \text{Peso} + \text{Valor Fragilidad Económica} \times \text{Peso} + \text{Valor Resiliencia Económica} \times \text{Peso} = \text{Valor Económica} \quad (5.5)$$

$$\text{Valor Exposición Ambiental} \times \text{Peso} + \text{Valor Fragilidad Ambiental} \times \text{Peso} + \text{Valor Resiliencia Ambiental} \times \text{Peso} = \text{Valor Ambiental} \quad (5.6)$$

Por último, se determinó el valor de vulnerabilidad para cada manzana de estudio, en función del resultado de las tres dimensiones (social, económica y ambiental) y una proporción jerárquica de los pesos ponderados, de acuerdo con la ecuación 5.7. Estos valores finales fueron normalizados en una escala común y posteriormente vinculados a las unidades espaciales en ArcMap, lo que permitió representar gráficamente la distribución de los niveles de vulnerabilidad, mostrado en la figura 5.3.

$$\text{Valor Social} \times 0.669 + \text{Valor Económica} \times 0.243 + \text{Valor Ambiental} \times 0.088 = \text{Valor Vulnerabilidad} \quad (5.7)$$

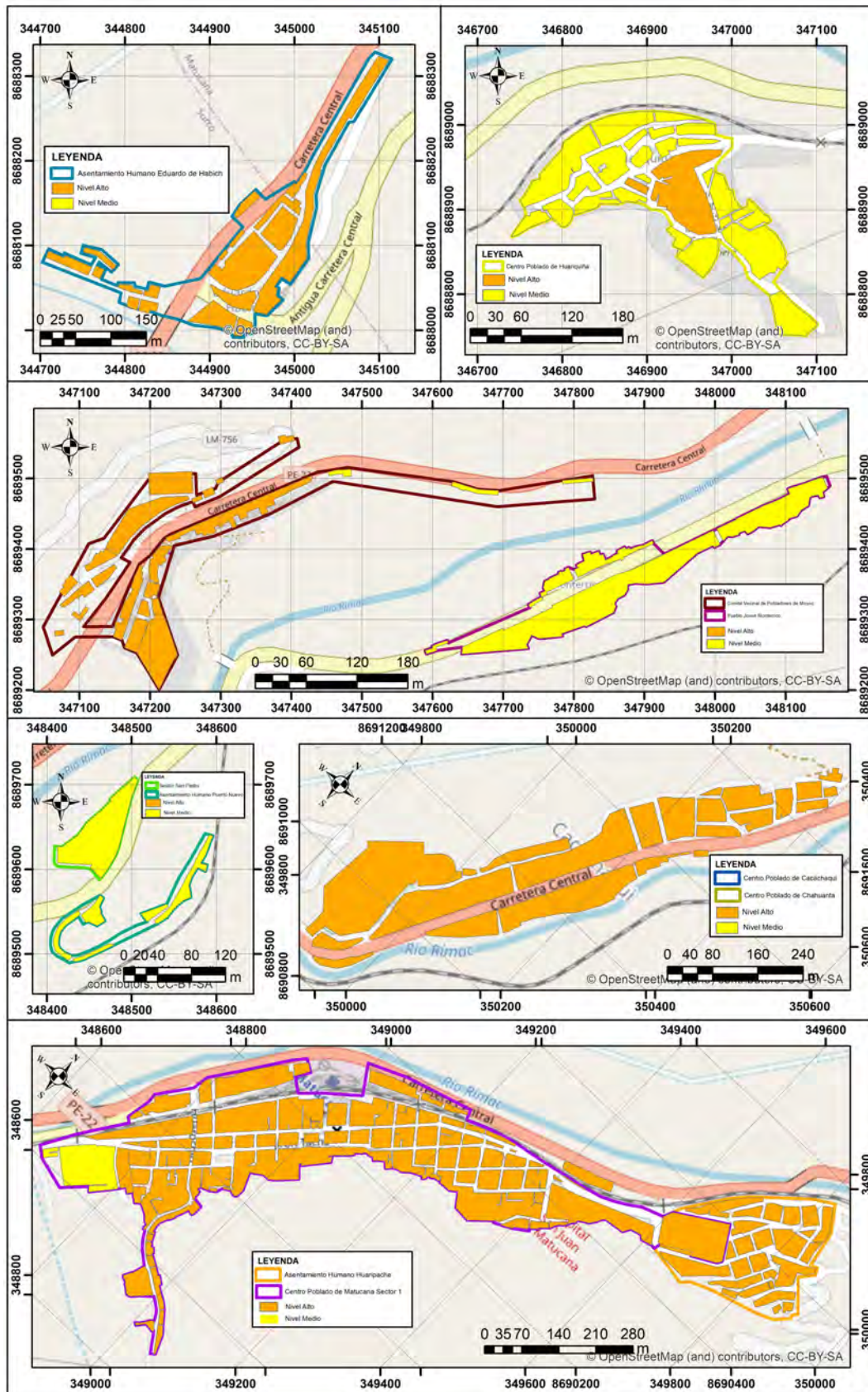


Figura 5.3: Mapa de nivel de vulnerabilidad por manzanas del distrito de Matucana

Capítulo VI

Cálculo del riesgo

6.1. Mapa de riesgo

Se calcularon los valores de riesgo para cada manzana con la ecuación 6.1, en función del producto de los resultados del valor peligrosidad y valor vulnerabilidad, como se muestra a modo de ejemplo en la Tabla 6.1.

$$\text{Peligrosidad} \times \text{Vulnerabilidad} = \text{Valor de Riesgo} \quad (6.1)$$

Tabla 6.1: Cálculo de Riesgo para una manzana

Peligrosidad	Vulnerabilidad	Riesgo
0.25494	0.117235	0.030

Nota: Elaboración propia.

Por último, los rangos o intervalos que delimitan cada nivel (muy alto, alto, medio y bajo) fueron determinados a partir de los valores calculados del riesgo. Con ello, se elaboró el mapa de riesgo en función de los niveles propuestos, mostrado en la figura 6.1.

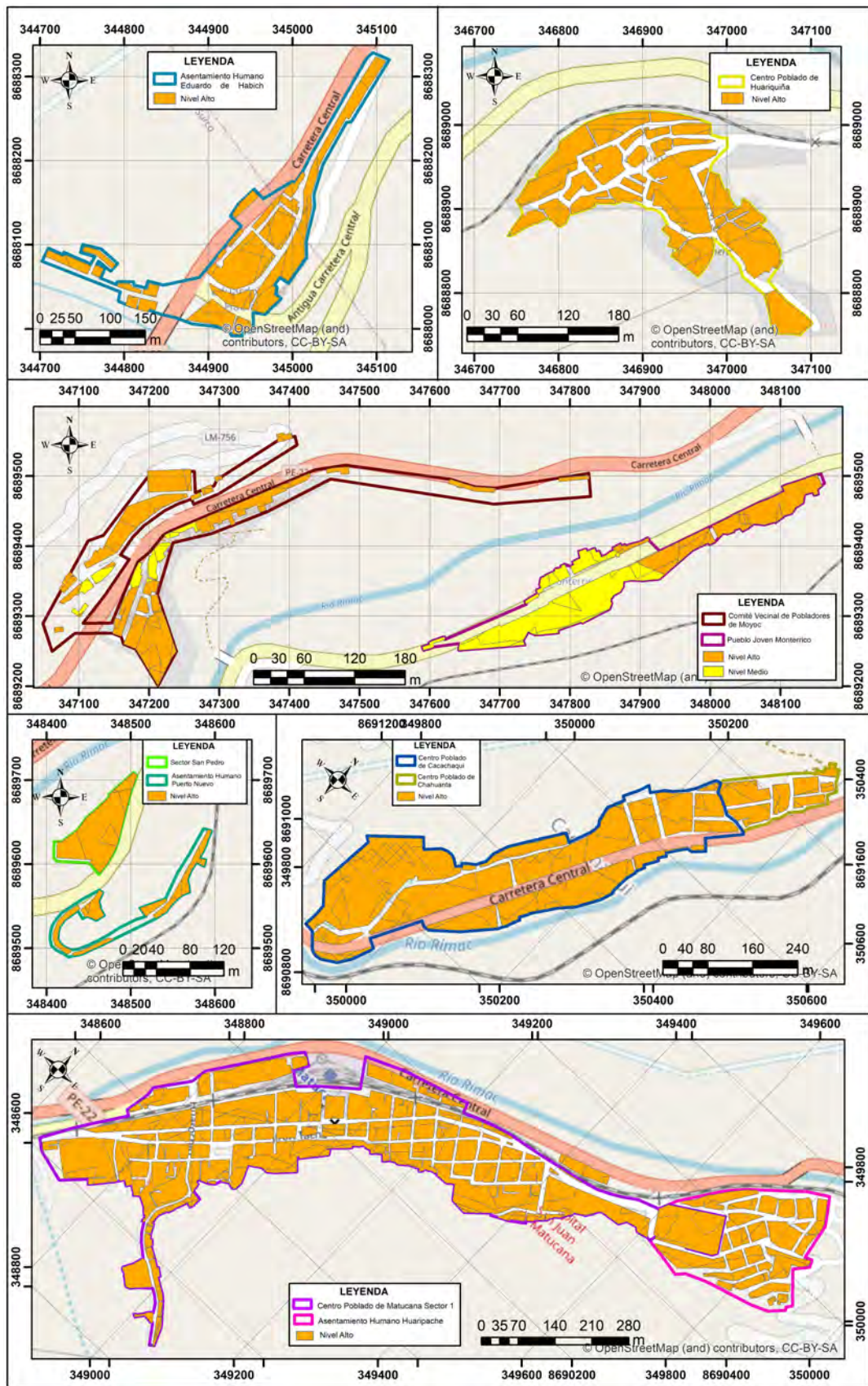


Figura 6.1: Mapa de riesgo por movimientos en masa del distrito de Matucana

Para facilitar la interpretación espacial, en la figura 6.2 se presenta un detalle ampliado del mapa de peligro y vulnerabilidad. Esta representación facilita la comparación entre las áreas con mayor susceptibilidad y su relación con los elementos expuestos, permitiendo evidenciar de manera más clara cómo la combinación de peligrosidad y vulnerabilidad se traduce en niveles diferenciados de riesgo dentro del distrito de Matucana.

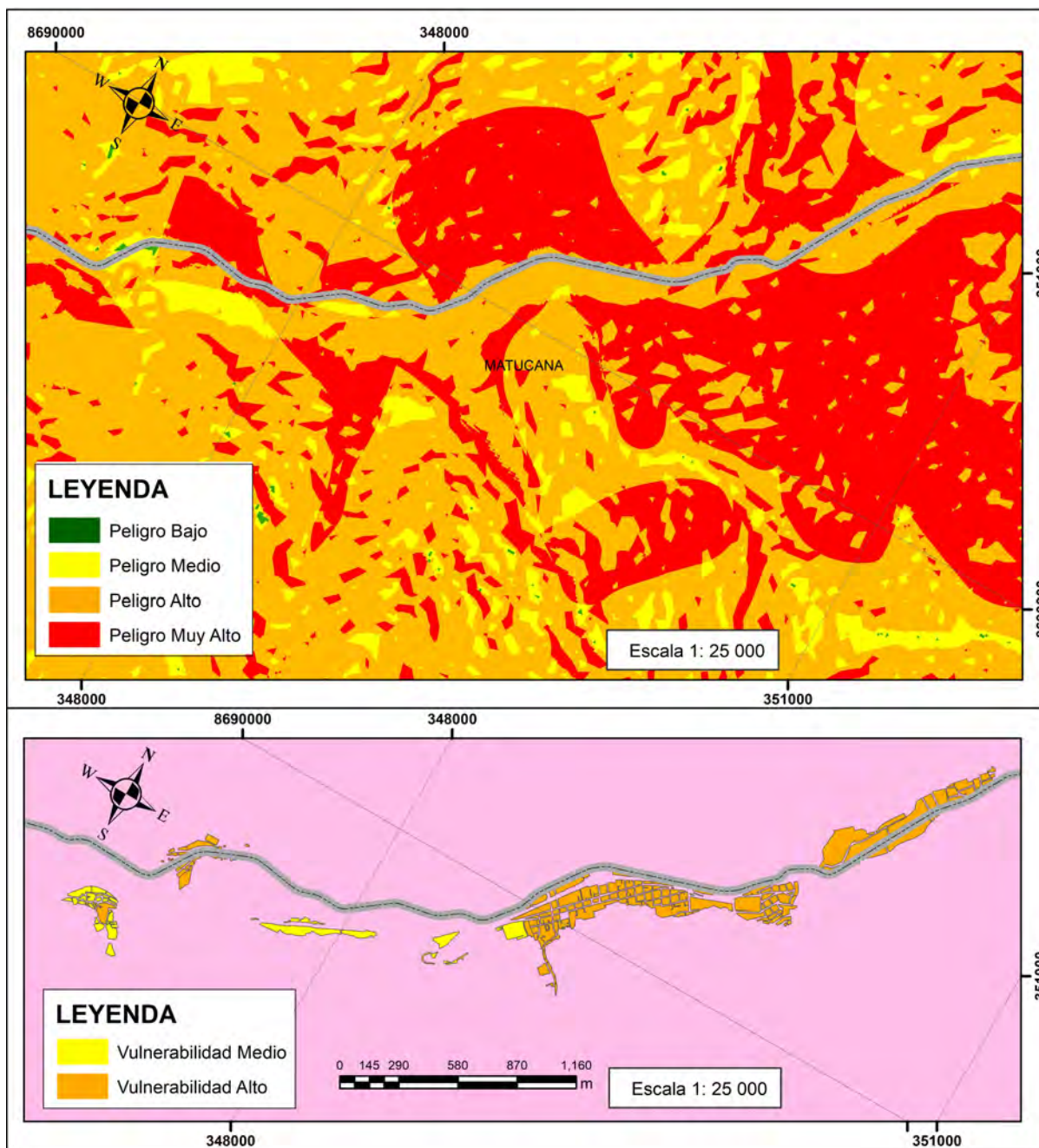


Figura 6.2: Mapa de peligro y vulnerabilidad ampliado de la zona de estudio

6.2. Medidas de Prevención y Reducción de Riesgo

La identificación de manzanas con un **nivel alto** de riesgo frente a movimientos en masa constituye un insumo clave para la planificación del territorio y la toma de decisiones en gestión del riesgo de desastres. En este sentido, resulta prioritario formular e implementar un conjunto de medidas estructurales y no estructurales que contribuyan a reducir la vulnerabilidad de la población expuesta, fortalecer su resiliencia y evitar la generación de nuevos riesgos.

6.2.1. Medidas estructurales

Estas medidas consisten en intervenciones físicas, de ingeniería o técnicas que buscan reducir la exposición al peligro. Algunas de las más relevantes para el caso de zonas de alta pendiente, suelos inestables y ocupación urbana informal como las siguientes:

- Obras de estabilización de taludes: Incluyen muros de contención, anclajes activos y pasivos, geomallas, drenaje subterráneo, muros Krainer y otras tecnologías de estabilización de laderas que evitan el deslizamiento en masas de suelo. Estas medidas deben ser diseñadas sobre la base de estudios geotécnicos detallados. Según la Norma Técnica E.050 “Suelos y Cimentaciones” del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), es imprescindible realizar análisis de estabilidad de taludes en zonas urbanas con pendientes mayores al 15%.

Los Muros de Contención son elementos estructurales con el propósito de resistir las fuerzas ejercidas por la tierra contenida y transmitir esas fuerzas de forma segura a la cimentación o zona de anclaje del elemento. Por un lado, los muros de contención de gravedad construidos con concreto ciclópeo y su estabilidad está ligada al peso propio de este y al suelo sobre el que se apoya. Por otro lado, los muros de contención en voladizo son aquellos construidos con concreto armado y están compuestos básicamente por un muro delgado y una losa o zapata de base. Estos muros resisten el empuje de tierras y logran la estabilidad debido a su forma en “T”, de tal forma que la tierra ubicada en la

parte posterior de la zapata ayude a contrarrestar el vuelco y aumenta la fricción entre el suelo y la estructura generando mayor seguridad frente a los movimientos en masas.

Asimismo, los suelos reforzados con geosintéticos son alternativas rentables en donde el concreto reforzado o muros de gravedad han sido usualmente utilizados para la retención de los suelos y de pendiente alto. El suelo reforzado contiene geosintéticos que son colocados en el proceso de compactación y en forma paralela a la dirección de la deformación principal de la masa de suelo, compensando y mejorando la falta de resistencia a la tensión. Por lo que la interacción entre el geosintético y el suelo genera las siguientes características: transferencia continua de esfuerzo entre el suelo y el geosintético y control de aguas pluviales mediante cunetas, canaletas, drenes y pozos de absorción evita la infiltración excesiva y la saturación de suelos, reduciendo así la probabilidad de movimientos en masa.

- Reubicación progresiva de viviendas en zonas críticas: Donde los estudios técnicos así lo recomienden, se deben priorizar programas de reubicación con apoyo estatal (ej. Bono por riesgo no mitigable del Fondo Mivivienda).
- Creación de franjas de amortiguamiento o zonas de restricción: En laderas peligrosas o zonas con historial de deslizamientos, se debe establecer una franja libre de ocupación humana mediante barreras físicas o cercos perimétricos.

6.2.2. Medidas no estructurales

Las medidas no estructurales se enfocan en la reducción del riesgo desde una perspectiva institucional, normativa, educativa o comunitaria. Son esenciales para complementar las acciones técnicas y asegurar sostenibilidad en el tiempo.

- Control urbano: Es fundamental actualizar los instrumentos de planificación urbana y de zonificación del distrito, de modo que se prohíba el asentamiento en áreas con riesgo alto o muy alto, y se fomente la densificación en zonas seguras. Se recomienda alinear el Plan

de Desarrollo Urbano con los Mapas de Peligro del distrito. Un ordenamiento territorial basado en escenarios de riesgo permite disminuir significativamente la exposición futura.

- Programas de sensibilización y capacitación comunitaria: Incluir a la población en campañas de educación sobre prevención de riesgos, primeros auxilios, señales de alerta temprana y evacuación. Es vital fortalecer los comités de Gestión de Riesgos de Desastres locales y desarrollar simulacros periódicos.

La Estrategia Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres del Perú (ENAGERD 2021–2030) resalta que el fortalecimiento de capacidades locales es un eje fundamental de la reducción del riesgo.

- Implementación de sistemas de monitoreo y alerta temprana: Para zonas donde el peligro puede desarrollarse gradualmente como agrietamientos, se recomienda instalar sensores de inclinación, estaciones meteorológicas o sistemas de observación participativa.

Los sistemas comunitarios de alerta pueden ser tan efectivos como los tecnológicos, si se complementan con planes de evacuación claros.

- Formalización de la propiedad y acceso a vivienda segura: La regularización predial, acompañada de asistencia técnica, permite a las familias acceder a programas de mejora de vivienda. También incentiva la inversión en construcción segura. El programa Techo Propio contempla líneas de intervención para mejorar viviendas existentes o acceder a nueva vivienda segura en zonas fuera de riesgo.

Capítulo VII

Control del riesgo

7.1. Aceptabilidad o tolerabilidad de riesgos

La Oficina de las Naciones Unidas para Reducción de Riesgo de Desastres (UNISDR) (2009) define la aceptabilidad de riesgos como el nivel de pérdidas que una sociedad considera asumible dadas sus condiciones sociales, económicas, técnicas, culturales y ambientales. Bajo este marco, la tolerabilidad implica la disposición a convivir con un riesgo sin considerarlo insignificante, pero sujeto a mecanismos de control y mitigación continua (Vlek y Cvetkovich, 1989). Este enfoque se complementa con el principio internacional ALARP (As Low As Reasonably Practicable), que plantea que el riesgo residual debe reducirse tanto como sea razonablemente factible, evaluando el costo de la reducción adicional frente a los beneficios obtenidos. En ese sentido, para el contexto nacional, se evalúan los niveles de daños y si estos son asumibles por la población afectada o si, por el contrario, requiere la implementación de medidas adicionales (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED], 2014).

Una forma de aproximar la aceptabilidad o tolerabilidad del riesgo consiste en establecer medidas cualitativas del daño a partir de la relación entre las consecuencias del impacto y la frecuencia de ocurrencia de un fenómeno natural. En una primera etapa, las manzanas del área

de estudio se clasifican según el mapa de riesgo elaborado, asignando un nivel de consecuencia de acuerdo con la Tabla 7.1 (Nivel de Riesgo = Nivel de Consecuencia). Posteriormente, utilizando la Tabla 7.2, se determina la frecuencia de ocurrencia para cada polígono, lo que permite estimar la probabilidad de que se materialice un evento peligroso. Con el promedio simple de ambos parámetros se obtiene el nivel de daño esperado, tal como se establece en la Tabla 7.3. Finalmente, la aceptabilidad o tolerabilidad del riesgo se define en función de dicho nivel de daño (aceptabilidad/tolerabilidad = daño), siendo la Tabla 7.4 la que expone el grado de disposición de la población a convivir con el riesgo y las acciones correspondientes que deberían adoptarse frente a una eventualidad.

Tabla 7.1: Niveles de consecuencias según el valor asignado

VALOR	NIVELES	DESCRIPCIÓN
4	Muy Alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas
3	Alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo
2	Medio	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son gestionadas con los recursos disponibles
1	Bajo	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad

Nota: Elaboración propia.

Tabla 7.2: Niveles de frecuencia de ocurrencia según el nivel asignado

NIVEL	PROBABILIDAD	DESCRIPCIÓN
4	Muy Alta	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias
3	Alta	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según circunstancias
2	Medio	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias
1	Bajo	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad

Nota: Elaboración propia.

Tabla 7.3: Medidas cualitativas de consecuencias y daños según el nivel asignado

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

Nota: Elaboración propia.

Tabla 7.4: Aceptabilidad o Tolerancia del riesgo según el valor asignado

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

Nota: Elaboración propia.

De las 209 manzanas evaluadas en el distrito, 25 presentan un nivel de riesgo tolerable, mientras que las 184 restantes (equivalentes al 88%) se clasifican dentro del nivel inaceptable mostrado en las Tabla 7.5 y 7.6. Esta distribución refleja que solo el 12% de las manzanas muestran condiciones en las que el riesgo podría ser gestionado mediante medidas de reducción o control específicas, mientras que la gran mayoría mantiene una situación crítica. Los resultados se obtuvieron a partir del análisis conjunto de las consecuencias, la frecuencia de ocurrencia y el grado de daño esperado, conforme a la metodología de evaluación de riesgos descrita en el presente estudio.

Tabla 7.5: Clasificación de manzanas según consecuencia, frecuencia, daño y aceptabilidad

N° Manzana	Consecuencia	Frecuencia	Daño	Aceptabilidad
1	3	2	3	INACEPTABLE
2	3	2	3	INACEPTABLE
3	3	2	3	INACEPTABLE
4	3	2	3	INACEPTABLE
5	3	2	3	INACEPTABLE
6	2	2	2	TOLERABLE
7	2	2	2	TOLERABLE
8	2	2	2	TOLERABLE
9	2	2	2	TOLERABLE
10	2	2	2	TOLERABLE
11	2	2	2	TOLERABLE
12	3	2	3	INACEPTABLE
13	2	2	2	TOLERABLE
14	2	2	2	TOLERABLE
15	2	2	2	TOLERABLE
16	2	2	2	TOLERABLE
17	3	2	3	INACEPTABLE
18	3	2	3	INACEPTABLE
19	3	2	3	INACEPTABLE
20	3	2	3	INACEPTABLE
21	3	2	3	INACEPTABLE
22	3	2	3	INACEPTABLE
23	3	2	3	INACEPTABLE
24	3	2	3	INACEPTABLE
25	3	2	3	INACEPTABLE
26	3	2	3	INACEPTABLE
27	3	2	3	INACEPTABLE
28	3	2	3	INACEPTABLE
29	3	2	3	INACEPTABLE
30	3	2	3	INACEPTABLE
31	3	2	3	INACEPTABLE
32	3	2	3	INACEPTABLE
33	3	2	3	INACEPTABLE
34	3	2	3	INACEPTABLE
35	3	2	3	INACEPTABLE
36	3	2	3	INACEPTABLE
37	3	2	3	INACEPTABLE
38	3	2	3	INACEPTABLE
39	3	2	3	INACEPTABLE
40	3	2	3	INACEPTABLE
41	2	2	2	TOLERABLE
42	2	2	2	TOLERABLE
43	2	2	2	TOLERABLE
44	2	2	2	TOLERABLE
45	3	2	3	INACEPTABLE
46	2	2	2	TOLERABLE
47	2	2	2	TOLERABLE
48	2	2	2	TOLERABLE
49	2	2	2	TOLERABLE
50	3	2	3	INACEPTABLE

Nota: Elaboración propia.

Tabla 7.6: Clasificación de manzanas según consecuencia, frecuencia, daño y aceptabilidad

Nº Manzana	Consecuencia	Frecuencia	Daño	Aceptabilidad
51	3	2	3	INACEPTABLE
52	3	2	3	INACEPTABLE
53	3	2	3	INACEPTABLE
54	2	2	2	TOLERABLE
55	2	2	2	TOLERABLE
56	3	2	3	INACEPTABLE
57	3	2	3	INACEPTABLE
58	3	2	3	INACEPTABLE
59	3	2	3	INACEPTABLE
60	3	2	3	INACEPTABLE
61	3	2	3	INACEPTABLE
62	3	2	3	INACEPTABLE
63	2	2	2	TOLERABLE
64	2	2	2	TOLERABLE
65	3	2	3	INACEPTABLE
66	2	2	2	TOLERABLE
67	3	2	3	INACEPTABLE
68	3	2	3	INACEPTABLE
69	3	2	3	INACEPTABLE
70	2	2	2	TOLERABLE
71	2	2	2	TOLERABLE
72	3	2	3	INACEPTABLE
73	3	2	3	INACEPTABLE
74	3	2	3	INACEPTABLE
75	3	2	3	INACEPTABLE
76	3	2	3	INACEPTABLE
77	3	2	3	INACEPTABLE
78	3	2	3	INACEPTABLE
79	3	2	3	INACEPTABLE
80	3	2	3	INACEPTABLE
81	3	2	3	INACEPTABLE
82	3	2	3	INACEPTABLE
83	3	2	3	INACEPTABLE
84	3	2	3	INACEPTABLE
85	3	2	3	INACEPTABLE
86	3	2	3	INACEPTABLE
87	3	2	3	INACEPTABLE
88	3	2	3	INACEPTABLE
89	3	2	3	INACEPTABLE
90	3	2	3	INACEPTABLE
91	3	2	3	INACEPTABLE
92	3	2	3	INACEPTABLE
93	3	2	3	INACEPTABLE
94	3	2	3	INACEPTABLE
95	3	2	3	INACEPTABLE
96	3	2	3	INACEPTABLE
97	3	2	3	INACEPTABLE
98	3	2	3	INACEPTABLE
99	3	2	3	INACEPTABLE
100	3	2	3	INACEPTABLE

Capítulo VIII

Conclusiones

La peligrosidad por fenómeno de movimientos en masa en el distrito de Matucana presenta un **nivel alto** en la mayoría de las manzanas de estudio. Esto se debe a que, en el análisis de peligrosidad, se consideró un tiempo de retorno de 5 años. Este nivel de peligrosidad se ve reforzado por la presencia de numerosos centros poblados ubicados sobre formaciones geológicas complejas y en suelos de tipo S2 (suelos medianamente rígidos y suelos blandos), de acuerdo con la clasificación de la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”, lo que aumenta la probabilidad de ocurrencia en corto plazo.

Por su parte, la peligrosidad por deslizamientos y/o derrumbes presenta un **nivel alto y medio** en los polígonos ubicados en zonas de ladera o pendientes fuertes. Estas zonas presentan pendientes mayores al 25 %, valores superiores a los umbrales establecidos por la norma técnica TH.050 de habilitaciones urbanas en laderas, lo cual, sumado a la escasa cobertura vegetal, las lluvias intensas y la falta de obras de estabilización, incrementa el riesgo de deslizamientos y movimientos en masa.

Respecto a la vulnerabilidad en el distrito de Matucana, se determinó un **nivel medio a alto** en función de diversos factores sociales, económicos y ambientales. La población presenta una distribución etaria diversa, pero con una presencia significativa de personas adultas mayores en varios sectores rurales, lo que reduce la capacidad de respuesta ante desastres. A esto se suma

una limitada presencia de hospitales y centros de salud completamente equipados, así como instituciones educativas expuestas al peligro. Asimismo, muchas viviendas están construidas con materiales precarios (adobe o tapial) y carecen de mantenimiento estructural adecuado, lo cual incrementa su fragilidad frente a movimientos sísmicos o inestabilidad de suelos.

El estudio de riesgos indica que aproximadamente el 60% de los polígonos de estudio en Matucana cuentan con un **alto nivel de riesgo** por movimientos en masa, debido tanto a la peligrosidad sísmica como a la vulnerabilidad estructural y social antes mencionadas. El restante 40% de polígonos presenta un **nivel medio de riesgo**, mayormente en zonas con menos densidad poblacional y mejor calidad de infraestructura.

Asimismo, se identificó que las manzanas ubicadas en laderas y pendientes pronunciadas presentan un **alto nivel de riesgo** por deslizamientos y/o derrumbes. Entre ellos, destacan aquellos sectores donde se asientan núcleos poblacionales informales o viviendas dispersas sin condiciones de seguridad.

Para el caso de deslizamientos y derrumbes, los posibles daños en las manzanas colindantes a pendientes pronunciadas también son **inaceptables**, por lo que la Municipalidad Distrital de Matucana debe priorizar obras de reducción del riesgo, como la construcción de muros de contención, drenajes superficiales, uso de geomallas y revegetación de laderas, especialmente en los sectores con mayor densidad poblacional y precariedad habitacional.

Finalmente, de no tomarse medidas de forma oportuna, el costo económico de los daños por eventos sísmicos o hidrometeorológicos podría ser significativo, afectando principalmente a las viviendas, centros educativos y de salud en los sectores más expuestos. Por ello, se sugiere que el gobierno local explore mecanismos de transferencia del riesgo, como seguros catastróficos o el uso del Cat Bond con respaldo de la Alianza del Pacífico, para asegurar una recuperación económica oportuna ante desastres. Las medidas propuestas constituyen un primer paso y deben desarrollarse con mayor detalle en los planes de gestión del riesgo de desastres del gobierno distrital de Matucana, incorporándose en los instrumentos de planificación urbana y territorial. Una actuación integral, preventiva y sostenida permitirá avanzar hacia un distrito más resiliente.

Bibliografía

- Castro, R., Tavera, H., y Bejarano, L. (2023, 1). *Análisis y evaluación histórica de precipitaciones en chaclacayo, chosica y áreas aledañas* (Informe Técnico n.º 001-2023). Instituto Geofísico del Perú. Descargado de <https://repositorio.igp.gob.pe/items/58daab07-5d95-49d2-9d8b-e1fc0bd57111>
- Centro de Operaciones de Emergencia Nacional [COEN]. (2023). *Estadística de emergencia por la temporada de lluvias 2023 (de enero hasta marzo)* (Resumen Ejecutivo n.º 338). Instituto Nacional de Defensa del Perú.
- 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* (Primera ed.). CENEPRED - Dirección de Gestión de Procesos (DGP). Descargado de <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/257>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED]. (2021). *Escenario de riesgo por covid-19 para la ciudad de matucana, provincia de huarochirí y departamento de lima*. Descargado de <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/11073>
- Corominas, J., van Westen, C., Frattini, P., Cascini, L., Malet, J.-P., Fotopoulou, S., ... Smith, J. T. (2014). Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 73(1), 209–263. doi: 10.1007/s10064-013-0538-8

- Cruden, D. M., y Varnes, D. J. (1996). Landslide types and processes. En A. B. Turner y R. L. Schuster (Eds.), *Landslides: Investigation and mitigation* (pp. 36–75). Washington, D.C.: National Research Council, Transportation Research Board, Special Report 247.
- Fidel, L., Zegarra, J., Vilchez, M., Castillo, L. F., y Jackson, L. (2006). Evolution of landslide activity, and the origin of debris flows in the el niño affected payhua creek basin, matucana area, huarochiri, peru. En *Proceedings of the international association for engineering geology and the environment (iaeg 2006)*. The Geological Society of London.
- Fu, S., Chen, L., Woldai, T., Yin, K., Gui, L., Li, D., ... Lian, Z. (2020). Landslide hazard probability and risk assessment at the community level: A case of western hubei, china. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20, 581–601. doi: 10.5194/nhess-20-581-2020
- Guevara, E., y de la Torre, A. (2019). *Gestión integrada de los recursos hídricos por cuenca y cultura del agua* (Inf. Téc.). Autoridad Nacional del Agua. Descargado de <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4302>
- Guzzetti, F., Peruccacci, S., Rossi, M., y Stark, C. (2007). Rainfall thresholds for the initiation of landslides in central and southern europe. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 98(3-4), 239–267. doi: 10.1007/s00703-007-0262-7
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. (s.f.). *Peligros geológicos: Quebradas chucumayo y payhua*. Presentación en línea disponible en SlideShare. (Disponible en: <https://es.slideshare.net/slideshow/peligros-geologicos-quebradas-chucumayo-y-paihua/12579378>)
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico [INGEMMET] . (2025). *Geocatmin: Geoportal de información geológica y minera del Perú*. Descargado de <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe>
- Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI]. (2017). *Compendio estadístico del indeci 2017 - gestión reactiva*. Descargado de <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/201802271714541.pdf>

- Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI], y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD] . (2005). *Mapa de peligros y plan de usos del suelo y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de matucana*. Descargado de <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/2762>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Evolución de los indicadores de empleo e ingreso por departamento, 2007–2017. capítulo 10: Ingreso promedio proveniente del trabajo*. Descargado de <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2018). *Resultados Definitivos - Región Lima, Tomo I*. Lima, Perú: INEI. Descargado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1550/
- Lo, J. (2015). *El pueblo que rescató sus andenes*. Descargado de <https://apacheta.pe/el-pueblo-que-rescato-sus-andenes/>
- Ministerio de Educación del Perú [MINEDU]. (2024). *Estadística de la calidad educativa*. Descargado de <https://escale.minedu.gob.pe/>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2012). *Resumen general del renac*. Descargado de <https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/renac.html>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2020). *Norma Técnica E.030: Diseño sismorresistente*. Descargado de <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2015). *Mapa de susceptibilidad física ante movimientos en masa*. Descargado de <https://biblioteca.igp.gob.pe/bib/13467>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2022). *Programa nacional educca: Estrategias para la educación, cultura y ciudadanía ambiental*. Descargado de <https://sinia.minam.gob.pe/portal/educca/>

- Municipalidad Distrital de Matucana. (2010). *Proyecto integral de residuos sólidos del distrito de matucana*. Descargado de <https://es.scribd.com/document/142110728/PIP-Matucana>
- Municipalidad Provincial de Huarochirí. (2023). *Informe de evaluación institucional-i semestre 2023*. Descargado de <https://www.gob.pe/institucion/munihuarochiri/informes-publicaciones>
- Municipalidad Provincial de Huarochirí. (2024). *Ordenanza municipal n.º 022-2024-cm/mph-m*. Descargado de <https://www.gob.pe/institucion/munihuarochiri/normas-legales>
- Naciones Unidas [ONU]. (2016). *La agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible: una oportunidad para américa latina y el caribe* (Inf. Téc.). Santiago, Chile. Descargado de <https://www.cepal.org/es/tipo-de-publicacion/libros-monografias>
- Oficina de las Naciones Unidas para Reducción de Riesgo de Desastres (UNISDR). (2009). UNISDR terminology on disaster risk reduction [Manual de software informático]. Descargado de <https://www.inee.org/es/node/5390>
- Ospina-Gutiérrez, J. P., y Aristizábal, E. (2021). Aplicación de inteligencia artificial y técnicas de aprendizaje automático para la evaluación de la susceptibilidad por movimientos en masa. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 38(1), 43–54.
- Proyecto Multinacional Andino. (2007). *Movimientos en masa en la región andina: Una guía para la evaluación de amenazas* [Manual de software informático]. Descargado de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>
- Seguro Integral de Salud - SIS. (2025). *Buscador de establecimientos de salud*. Descargado de <https://sigeps.sis.gob.pe/BuscadorEESS/PortalSIS/>
- SENAMHI. (2023). *Descarga de datos meteorológicos. datos hidrometeorológicos a nivel nacional, estaciones*. <https://www.senamhi.gob.pe/site/descarga-datos/>.
- Sepúlveda, S., y Petley, D. N. (2015). Regional trends and controlling factors of fatal landslides in latin america and the caribbean. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15(8),

1821–1833. doi: 10.5194/nhess-15-1821-2015

Servicio Geológico Colombiano. (2017). *Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:25.000*. Bogotá D.C., Colombia: Servicio Geológico Colombiano.

Solis, C., y del Solar, M. (2021). *Evaluación del riesgo por movimientos en masa originados por precipitaciones pluviales para mitigar sus efectos*. Descargado de <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4711>

Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes. En R. L. Shuster y R. J. Kri- zek (Eds.), *Landslides: Analysis and control* (pp. 11–33). Washington, D.C.: National Research Council, Transportation Research Board, Special Report 176.

Vega, J., Barco, J., y Hidalgo, C. (2024). Space-time analysis of the relationship between landslides occurrence, rainfall variability and enso in the tropical an- dean mountain region in colombia. *Landslides*, 21, 1293–1314. Descargado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10346-024-02225-9> doi: 10.1007/s10346-024-02225-9

Vilchez, M. (2018). *Casos históricos de movimientos en ma- sa que causaron grandes daños en Perú*. Descargado de <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2590>

Volpi, E. (2019). On return period and probability of failure in hydrology. *WIREs Water*, 6(3), e1340. doi: 10.1002/wat2.1340

Vásquez, J., y Estrada, M. (2023, 03). A comparative study of the bivariate statistical methods and the analytical hierarchical process for the assessment of mass movement suscepti- bility. a case study: The Im-116 road -peru. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 38, 149. doi: 10.17794/rgn.2023.1.13