



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO PARA EL DISEÑO DE UNA ZONA URBANA
SOSTENIBLE EN EL SECTOR 04 DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL**

Línea de investigación:

**Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y
geotecnia**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geógrafo

Autor:

Gonzales Gonzales, Miqueas

Asesor:

Legua Terry, Alberto Israel

ORCID: 0000-0003-0588-4530

Jurado:

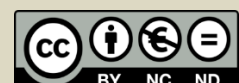
Mendez Gutierrez, Raúl

Altez Rodriguez, Jose Felix

Valer Silva, Jose Manuel

Lima - Perú

2024



EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO PARA EL DISEÑO DE UNA ZONA URBANA SOSTENIBLE EN EL SECTOR 04 DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	cenepred.gob.pe Fuente de Internet	3%
4	Wendy Michel Acuña Caceres, Miqueas Gonzales Gonzales, Raul Méndez Gutiérrez. "Análisis espacial de sitios turísticos potenciales en el distrito de Marco, provincia de Jauja, Junín", Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas, 2023 Publicación	1%
5	sigrid.cenepred.gob.pe Fuente de Internet	<1%
6	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO PARA EL DISEÑO DE UNA ZONA
URBANA SOSTENIBLE EN EL SECTOR 04 DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL**

Línea de investigación:

Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y geotecnia

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Geógrafo

Autor:

Gonzales Gonzales, Miqueas

Asesor:

Legua Terry, Alberto Israel

ORCID: 0000-0003-0588-4530

Jurado:

Mendez Gutierrez, Raúl

Altez Rodriguez, Jose Felix

Valer Silva, Jose Manuel

Lima – Perú

2024

DEDICATORIA

La presente investigación está dedicada a Dios por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional y por ser una luz en mi camino, en las decisiones asertivas se lo debo a Él.

A mis padres, Victoria y Lucho, por todo el apoyo incondicional que me dieron, les debo todo lo que soy. A mis hermanos; Jhan Luis, Melisa y Mónica, por ser gran parte de mi motivación de todos los días. A mi compañera de vida, Wendy Acuña, por estar en todo momento, por ser mi complemento de estudio.

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater, la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), a los docentes ingenieros, magísteres y doctores de la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo (FIGAE), por los conocimientos y por compartir sus experiencias en mi formación profesional.

Al Mg. Alberto Israel Legua Terry por la confianza, consejos, recomendaciones y por compartir sus conocimientos y apoyo en todo el proceso. Al Dr. Raúl Méndez Gutiérrez, director del Instituto Especializado de Investigación para la Prevención y Migración de Desastres (INEIPREMID), por sus asesorías durante la formulación del proyecto de tesis. De igual manera al equipo de Red de Prevención y Mitigación del Riesgo de Desastres (PREMID.SAC) por su buena disposición y apoyo durante el desarrollo de la tesis.

ÍNDICE

RESUMEN.....	17
ABSTRACT.....	18
I. INTRODUCCIÓN.....	19
1.1. Descripción y formulación del problema	19
1.1.1. Descripción del problema.....	19
1.1.2. Formulación del problema.....	22
1.2 Antecedentes	22
1.2.1. Antecedentes Internacionales	23
1.2.2. Antecedentes Nacionales.....	30
1.3. Objetivos	38
1.3.1. Objetivo General	38
1.3.2. Objetivos Específicos	38
1.4. Justificación.....	38
1.5. Hipótesis.....	40
1.5.3. Hipótesis General	40
1.5.4. Hipótesis Específica	40
II. MARCO TEÓRICO	41
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	41
2.1.1. Peligro Sísmico.....	41
2.1.2. Parámetros de evaluación sísmica.	42
2.1.3. Susceptibilidad del espacio geográfico	45
2.1.4. Vulnerabilidad sísmica	51
2.1.5. Exposición sísmica.....	52
2.1.6. Fragilidad sísmica.....	53

2.1.7. Resiliencia sísmica	59
2.1.8 Riesgo sísmico.....	64
2.1.9. Zona urbana sostenible.....	65
2.1.10. Geotecnologías	66
2.1.11. Sistema de Información Geográfica	67
2.1.12. Tendencias de las tecnologías.....	71
III MÉTODO.....	75
3.1. Tipo de investigación	75
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	75
3.2.1. Ámbito temporal.....	75
3.2.2. Ámbito espacial.....	76
3.3. Variables.....	76
3.3.1. Variable Independiente.....	76
3.3.2. Variable Dependiente	77
3.4. Población y muestra	77
3.4.1. Población.....	77
3.4.2. Muestra.....	78
3.5. Instrumentos	78
3.6. Procedimiento.....	80
3.7. Análisis de datos.....	83
3.8. Consideraciones éticas	83
IV RESULTADOS.....	85
4.1. Descripción del área de estudio	85
4.2. Disponibilidad de datos.....	89
4.3. Cálculo de los niveles del peligro sísmico	90

4.4. Cálculo de los niveles de vulnerabilidad.....	122
4.5. Cálculo de los niveles de riesgo sísmico.....	190
4.6. Control del riesgo.....	197
4.7. Diseño de zona urbana sostenible	201
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	216
VI. CONCLUSIONES	220
VII. RECOMENDACIONES	222
VIII. REFERENCIAS	223
IX. ANEXOS	235

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros de evaluación originado por sismo	44
Tabla 2 Parámetros del factor condicionante.....	47
Tabla 3 Parámetros del factor desencadenante	48
Tabla 4 Parámetros de referencia del factor desencadenante.	50
Tabla 5 Elementos expuestos del área de estudio.....	52
Tabla 6 Parámetros de la dimensión física de la fragilidad sísmica	54
Tabla 7 Parámetros de la dimensión social de la fragilidad sísmica.....	56
Tabla 8 Parámetros de la dimensión económica de la fragilidad sísmica.....	57
Tabla 9 Parámetros de la dimensión ambiental de la fragilidad sísmica	58
Tabla 10 Parámetros de la dimensión física de la resiliencia sísmica	59
Tabla 11 Parámetros de la dimensión social de la resiliencia sísmica.....	61
Tabla 12 Parámetros de la dimensión económica de la resiliencia sísmica.....	62
Tabla 13 Parámetros de la dimensión ambiental de la resiliencia sísmica	63
Tabla 14 Primera variable de la investigación.....	76
Tabla 15 Segunda variable de la investigación.....	77
Tabla 16 Cálculo de tamaño de una muestra por nivel de confianza.....	78
Tabla 17 Insumos cartográficos	79
Tabla 18 Equipos utilizados.....	79
Tabla 19 Programas utilizados.....	80
Tabla 20 Sismos más importantes ocurridos en el Perú.	88
Tabla 21 Datos geoespaciales de factores predisponentes y tipo de formato	89
Tabla 22 Matriz de comparación de pares de la evaluación sísmica	92
Tabla 23 Matriz de normalización de pares de la evaluación sísmica.....	92
Tabla 24 Peso de los parámetros de la evaluación sísmica.....	92

Tabla 25 Matriz de comparación de pares de intensidad sísmica	93
Tabla 26 Matriz de normalización de intensidad sísmica	93
Tabla 27 Peso de los descriptores de intensidad sísmica	93
Tabla 28 Matriz de comparación de PGV	95
Tabla 29 Matriz de normalización de PGV	95
Tabla 30 Peso de los descriptores de PGV	95
Tabla 31 Matriz de comparación de PGA	97
Tabla 32 Matriz de normalización de PGA	97
Tabla 33 Peso de los descriptores de PGA	97
Tabla 34 Matriz de comparación de pares de distancia al epicentro	99
Tabla 35 Matriz de normalización de distancia al epicentro	99
Tabla 36 Peso de los descriptores de distancia al epicentro	99
Tabla 37 Matriz de comparación de pares de distancia al hipocentro	101
Tabla 38 Matriz de normalización de distancia al hipocentro	101
Tabla 39 Peso de los descriptores de distancia al hipocentro	101
Tabla 40 Matriz de ponderación del parámetro de evaluación	103
Tabla 41 Matriz de comparación de pares de magnitud sísmica	105
Tabla 42 Matriz de normalización de magnitud sísmica	105
Tabla 43 Peso de los descriptores de magnitud sísmica	105
Tabla 44 Matriz de comparación de pares del factor condicionante	107
Tabla 45 Matriz de normalización de pares del factor condicionante	107
Tabla 46 Peso de los parámetros del factor condicionante	107
Tabla 47 Matriz de comparación de pares de tipo de suelo	108
Tabla 48 Matriz de normalización de tipo de suelo	108
Tabla 49 Peso de los descriptores de tipo de suelo	108

Tabla 50 Matriz de comparación de pares de pendiente.....	110
Tabla 51 Matriz de normalización de pendiente.....	110
Tabla 52 Peso de los descriptores de pendiente.....	110
Tabla 53 Matriz de comparación de pares de geología.....	112
Tabla 54 Matriz de normalización de geología.....	112
Tabla 55 Peso de los descriptores de geología.....	112
Tabla 56 Matriz de normalización de geomorfología.....	114
Tabla 57 Peso de los descriptores de geomorfología.....	114
Tabla 58 Peso de los descriptores de geomorfología.....	114
Tabla 59 Matriz de comparación de pares de relieve	116
Tabla 60 Matriz de normalización de relieve	116
Tabla 61 Peso de los descriptores de relieve	116
Tabla 62 Matriz de ponderación de la susceptibilidad.....	118
Tabla 63 Matriz de cálculo de la susceptibilidad.....	118
Tabla 64 Cálculo de los niveles de peligro sísmico.....	119
Tabla 65 Nivel del peligro	119
Tabla 66 Estratificación de los niveles de peligro por sismo.....	121
Tabla 67 Valor de exposición de elementos expuestos	122
Tabla 68 Estratificación de la exposición	123
Tabla 69 Matriz de comparación de pares de fragilidad de dimensión física.....	126
Tabla 70 Matriz de normalización de pares de fragilidad de dimensión física	126
Tabla 71 Peso de los parámetros de fragilidad de dimensión física	126
Tabla 72 Matriz de comparación de pares de material predominante en paredes	127
Tabla 73 Matriz de normalización de material predominante en paredes	127
Tabla 74 Peso de los descriptores de material predominante en paredes	127

Tabla 75 Matriz de comparación de pares de material predominante en techo.....	129
Tabla 76 Matriz de normalización de material predominante en techo.....	129
Tabla 77 Peso de los descriptores de material predominante en techo.....	129
Tabla 78 Matriz de comparación de pares de material predominante en pisos	131
Tabla 79 Matriz de normalización de material predominante en pisos	131
Tabla 80 Peso de los descriptores de material predominante en pisos	131
Tabla 81 Matriz de comparación de pares de antigüedad de edificación	133
Tabla 82 Matriz de normalización de antigüedad de edificación	133
Tabla 83 Peso de antigüedad de edificación	133
Tabla 84 Matriz de comparación de pares de estado de conservación de edificación.....	135
Tabla 85 Matriz de normalización de estado de conservación de edificación.....	135
Tabla 86 Peso de los descriptores de estado de conservación de edificación.....	135
Tabla 87 Matriz de comparación de pares de fragilidad de dimensión social.....	137
Tabla 88 Matriz de normalización de pares de fragilidad de dimensión social.....	137
Tabla 89 Peso de los parámetros de fragilidad de dimensión social.....	137
Tabla 90 Matriz de comparación de pares de tipo de discapacidad.....	138
Tabla 91 Matriz de normalización de tipo de discapacidad.....	138
Tabla 92 Peso de los descriptores de tipo de discapacidad.....	138
Tabla 93 Matriz de comparación de pares de tipo de acceso a abastecimiento de agua.....	140
Tabla 94 Matriz de normalización de tipo de acceso a abastecimiento de agua.....	140
Tabla 95 Peso de los descriptores de tipo de acceso a abastecimiento de agua.....	140
Tabla 96 Matriz de comparación de pares de tipo de acceso a servicio de alumbrado	142
Tabla 97 Matriz de normalización de tipo de acceso a servicio de alumbrado	142
Tabla 98 Peso de los descriptores de tipo de acceso a servicio de alumbrado	142
Tabla 99 Matriz de comparación de pares de tipo de acceso a servicio de alcantarillado.....	144

Tabla 100 Matriz de normalización de tipo de acceso a servicio de alcantarillado.....	144
Tabla 101 Peso de acceso a servicio de tipo de acceso a servicio de alcantarillado.....	144
Tabla 102 Matriz de comparación de pares de grupo etario.....	146
Tabla 103 Matriz de normalización de grupo etario.....	146
Tabla 104 Peso de grupo etario.....	146
Tabla 105 Matriz de comparación de pares de tipo de actividad económica.....	148
Tabla 106 Matriz de normalización de tipo de actividad económica.....	148
Tabla 107 Peso de tipo de actividad económica.....	148
Tabla 108 Matriz de comparación de pares de ocupación laboral de jefe de hogar.....	150
Tabla 109 Matriz de normalización de ocupación laboral de jefe de hogar.....	150
Tabla 110 Peso de Tipo de ocupación laboral de jefe de hogar.....	150
Tabla 111 Matriz de comparación de disposición de residuos sólidos y líquidos.....	152
Tabla 112 Matriz de normalización de disposición de residuos sólidos y líquidos.....	152
Tabla 113 Peso de disposición de residuos sólidos y líquidos.....	152
Tabla 114 Matriz de comparación de pares de cobertura y uso actual del suelo.....	154
Tabla 115 Matriz de normalización de cobertura y uso actual del suelo.....	154
Tabla 116 Peso de cobertura y uso actual del suelo.....	154
Tabla 117 Cálculo de los valores de la fragilidad.....	156
Tabla 118 Rango de la fragilidad.....	156
Tabla 119 Estratificación de la fragilidad.....	158
Tabla 120 Matriz de comparación de pares de cumplimiento con norma de construcción...	160
Tabla 121 Matriz de normalización de cumplimiento con norma de construcción.....	160
Tabla 122 Peso de cumplimiento con norma de construcción.....	160
Tabla 123 Matriz de comparación de pares de tipo de diseño estructural de edificación.....	162
Tabla 124 Matriz de normalización de tipo de diseño estructural de edificación.....	162

Tabla 125	Peso de tipo de diseño estructural de edificación	162
Tabla 126	Matriz de comparación de parámetros de la resiliencia de dimensión social.....	164
Tabla 127	Matriz de normalización de parámetros de la resiliencia de dimensión social.....	164
Tabla 128	Peso de parámetros de la resiliencia de dimensión social	164
Tabla 129	Matriz de comparación de capacitación en gestión del riesgo de desastres	165
Tabla 130	Matriz de normalización de capacitación en gestión del riesgo de desastres	165
Tabla 131	Peso de capacitación en gestión del riesgo de desastres	165
Tabla 132	Matriz de comparación de actitud frente al riesgo.....	167
Tabla 133	Matriz de normalización de actitud frente al riesgo	167
Tabla 134	Peso de actitud frente al riesgo	167
Tabla 135	Matriz de comparación de tipo de seguro.....	169
Tabla 136	Matriz de normalización de tipo de seguro.....	169
Tabla 137	Peso de tipo de seguro	169
Tabla 138	Matriz de comparación de beneficiario de programas sociales	171
Tabla 139	Matriz de normalización de beneficiario de programas sociales	171
Tabla 140	Peso de beneficiario de programas sociales.....	171
Tabla 141	Matriz de comparación de pares de nivel educativo.....	173
Tabla 142	Matriz de normalización de nivel educativo.....	173
Tabla 143	Peso de nivel educativo.....	173
Tabla 144	Matriz de comparación de ingreso familiar mensual promedio	175
Tabla 145	Matriz de normalización de ingreso familiar mensual promedio	175
Tabla 146	Peso de ingreso familiar mensual promedio	175
Tabla 147	Matriz de comparación de régimen de tenencia de vivienda.....	177
Tabla 148	Matriz de normalización de régimen de tenencia de vivienda.....	177
Tabla 149	Peso de régimen de tenencia de vivienda	177

Tabla 150 Matriz de comparación de cercanía a parques	179
Tabla 151 Matriz de normalización de cercanía a parques.....	179
Tabla 152 Peso de cercanía a parques.....	179
Tabla 153 Matriz de comparación de conocimiento en preservación y conservación	181
Tabla 154 Matriz de normalización de conocimiento en preservación y conservación	181
Tabla 155 Peso de conocimiento en preservación y conservación	181
Tabla 156 Cálculo del valor de la resiliencia.....	183
Tabla 157 Rango de valor de la resiliencia.....	183
Tabla 158 Estratificación de los niveles de resiliencia	185
Tabla 159 Cálculo de los niveles de vulnerabilidad	186
Tabla 160 Niveles de vulnerabilidad sísmico	186
Tabla 161 Estratificación de los niveles de vulnerabilidad	188
Tabla 162 Cálculo del riesgo	191
Tabla 163 Niveles de riesgo.....	192
Tabla 164 Matriz del riesgo	192
Tabla 165 Estratificación de los niveles de riesgo.....	194
Tabla 166 Valoración de las consecuencias.....	197
Tabla 167 Valoración de las consecuencias.....	198
Tabla 168 Matriz de consecuencia y daño	198
Tabla 169 Medidas cualitativas de consecuencias y daño	198
Tabla 170 Medidas cualitativas de consecuencias y daño	199
Tabla 171 Matriz de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo	199
Tabla 172 Prioridad de intervención.....	200
Tabla 173 Criterios para el diseño y propuesta didáctica	204

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sección transversal de eventos sísmicos en zona de estudio.....	41
Figura 2 Parámetros de evaluación originado por sismo	42
Figura 3 Parámetros del factor condicionante y desencadenante	45
Figura 4 Parámetros, dimensiones y factores de la vulnerabilidad, peligro y riesgo.....	51
Figura 5 Elementos expuestos	52
Figura 6 Flujograma del proceso de investigación	82
Figura 7 Ubicación del área de estudio.....	86
Figura 8 Eventos históricos de sismo en la costa del Perú	87
Figura 9 Mapa de intensidad sísmica.....	94
Figura 10 Mapa de valores máximos de velocidad.....	96
Figura 11 Mapa de valores máximos de aceleración.....	98
Figura 12 Mapa distancia al epicentro	100
Figura 13 Mapa distancia al hipocentro.....	102
Figura 14 Mapa de magnitud sísmica	106
Figura 15 Mapa de tipo de suelo.....	109
Figura 16 Mapa de pendiente.....	111
Figura 17 Mapa de geología	113
Figura 18 Mapa de geomorfología.....	115
Figura 19 Mapa de relieve	117
Figura 20 Mapa de peligro sísmico.....	120
Figura 21 Mapa de exposición.....	124
Figura 22 Mapa de material predominante en paredes	128
Figura 23 Mapa de material predominante en techo.....	130
Figura 24 Mapa de material predominante en pisos	132

Figura 25 Mapa de Antigüedad de edificación	134
Figura 26 Mapa de estado de conservación de edificación.....	136
Figura 27 Mapa de tipo de discapacidad.....	139
Figura 28 Mapa de tipo de acceso a abastecimiento de agua	141
Figura 29 Mapa de tipo de acceso a servicio de alumbrado	143
Figura 30 Mapa de tipo de acceso a servicio de alcantarillado.....	145
Figura 31 Mapa de grupo etario.....	147
Figura 32 Mapa de tipo de actividad económica	149
Figura 33 Mapa de ocupación laboral de jefe de hogar	151
Figura 34 Mapa de disposición de residuos sólidos y líquidos.....	153
Figura 35 Mapa de cobertura y uso actual del suelo.....	155
Figura 36 Mapa de fragilidad.....	157
Figura 37 Mapa de cumplimiento con norma de construcción.....	161
Figura 38 Mapa de tipo de diseño estructural de edificación	163
Figura 39 Mapa de capacitación en gestión del riesgo de desastres	166
Figura 40 Mapa de actitud frente al riesgo	168
Figura 41 Mapa de tipo de seguro.....	170
Figura 42 Mapa de beneficiario de programas sociales.....	172
Figura 43 Mapa de nivel educativo.....	174
Figura 44 Mapa de ingreso familiar mensual promedio	176
Figura 45 Mapa de régimen de tenencia de vivienda	178
Figura 46 Mapa de cercanía a parques.....	180
Figura 47 Mapa de conocimiento en preservación y conservación	182
Figura 48 Mapa de resiliencia.....	184
Figura 49 Mapa de vulnerabilidad	187

Figura 50 Mapa de riesgo	193
Figura 51 Conectividad, infraestructura y funcionalidad de espacios públicos.....	201
Figura 52 Protección del patrimonio cultural, seguridad y bienestar social	202
Figura 53 Transporte accesible, conectividad y empleo local	203
Figura 54 Preservación, conservación ambiental y disposición de residuos	203
Figura 55 Objetivos de desarrollo sostenible.....	207
Figura 56 Diseño para la dimensión física.....	209
Figura 57 Diseño para la dimensión social.....	210
Figura 58 Diseño para la dimensión económica	211
Figura 59 Diseño para la dimensión ambiental.....	212
Figura 60 Diseño de Zona Urbana Sostenible	214

RESUMEN

Objetivo: Determinar de qué manera la evaluación del Riesgo Sísmico (RS) contribuye en el diseño de una Zona Urbana Sostenible para proteger el patrimonio cultural, contar con seguridad y un transporte accesible en el sector 04 del distrito de San Miguel, que está conformado por 12720 habitantes aproximadamente la cual conforma 1080 predios, que se vería afectado por sismos, por la cantidad de energía sísmica acumulada que desencadenaría un terremoto causando mortandad y daños, debido a las construcciones en zonas intangibles y lugares de difícil accesibilidad. **Método:** El diseño de la investigación es no experimental, de tipo Aplicada y Evaluativa, de nivel descriptivo y el enfoque es mixto. Se identificó el peligro y se analizó la vulnerabilidad utilizando el Sistema de Información Geográfica y el Proceso de Análisis Jerárquico para evaluar y determinar el nivel de peligro (N_p), vulnerabilidad (N_v) y riesgo (N_R). **Resultados:** Revelaron un N_R muy alto con $0.068 \leq R \leq 0.216$, alto con $0.024 \leq R < 0.068$, medio con de $0.007 \leq R < 0.024$ en zonas donde las edificaciones están asentadas sobre terreno que son intangibles relacionados con viviendas no planificadas y patrones de caminos estrechos e inseguras. **Conclusiones:** La cartografía generada y la propuesta de diseño mejora la evaluación espacial en la gestión del territorio para convertirse en un sector inteligente, reduciendo la fragilidad y aumentando la resiliencia, útil para planificadores en la formulación de estrategias para una zonificación con patrimonio cultural protegido, seguridad y transporte accesible.

Palabras Clave: peligro sísmico, riesgo sísmico, sistema de información geográfica, vulnerabilidad sísmica, zona urbana sostenible

ABSTRACT

Objective: To determine how the Seismic Risk (SR) assessment contributes to the design of a Sustainable Urban Zone to protect cultural heritage, have security and accessible transportation in sector 04 of the district of San Miguel, which is made up of approximately 12,720 inhabitants which makes up 1,080 properties, which would be affected by earthquakes, due to the amount of accumulated seismic energy that would trigger an earthquake causing mortality and damage, due to constructions in intangible areas and places of difficult accessibility. Method: The research design is non-experimental, of an Applied and Evaluative type, of a descriptive level and the approach is mixed. The danger was identified and the vulnerability was analyzed using the Geographic Information System and the Hierarchical Analysis Process to evaluate and determine the level of danger (N_D), vulnerability (N_V) and risk (N_R). Results: They revealed a very high N_R with $0.068 \leq R \leq 0.216$, high with $0.024 \leq R < 0.068$, medium with $0.007 \leq R < 0.024$ in areas where buildings are located on intangible land related to unplanned housing and narrow and unsafe road patterns. Conclusions: The generated cartography and the design proposal improve spatial assessment in the management of the territory to become a smart sector, reducing fragility and increasing resilience, useful for planners in the formulation of strategies for zoning with protected cultural heritage, security and accessible transport.

Keywords: seismic hazard, seismic risk, geographic information system, seismic vulnerability, sustainable urban zone

I. INTRODUCCIÓN

En el último siglo, a nivel mundial los terremotos han causado pérdidas y daños a la población, en el ámbito urbano, económico, social y ambiental, ocasionando daños severos y mortandad (Mavrouli et al., 2023). El sector 04 de la Municipalidad Distrital de San Miguel (MDSM), está delimitado por la presencia de patrimonios culturales (huacas) y sísmicamente es desfavorable debido a las construcciones sobre estos terrenos intangibles. Por lo tanto, es relevante determinar el nivel de peligro originados por sismo y el nivel de vulnerabilidad en el sector 04 de la MDSM en áreas urbanas, donde las edificaciones están asentadas sobre zona de terrenos intangibles.

El estudio presentado aborda la metodología para identificar y determinar el nivel de peligro y vulnerabilidad; analizar y determinar los niveles de riesgo originado por sismo que abarca aspectos principales como: caracterizar el peligro y la vulnerabilidad, determinando sus parámetros espaciales empleando el (SIG) y la utilización del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) para la producción cartográfica. En este contexto, se pretende determinar el riesgo sísmico y su influencia en el diseño de una Zona Urbana Sostenible e incidencia en la protección y conservación de los patrimonios culturales (huacas), en la seguridad y en el acceso al transporte sostenible como una solución en la Gestión del Riesgo de Desastres. Finalmente, se presenta la consolidación y armonización de datos, que puedan orientar a las autoridades en la gestión y ordenamiento del territorio y la planificación para tomar medidas preventivas y así reducir daños y pérdidas ante la amenaza latente de un sismo.

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Descripción del problema

En el último siglo, a nivel mundial los terremotos han causado pérdidas y daños a la población, causando daños a la infraestructura de los edificios y el entorno urbano, la economía

se paraliza, desequilibrio ambiental y social, ocasionando un gran impacto, suelen ser cada vez más severos (Mavrouli et al., 2023) y el silencio sísmico en Lima Metropolitana, donde no se tiene registro de un sismo mayor de ocho grados de magnitud e intensidad importante desde el año 1746. Los terremotos pueden nuevamente activarse en la zona donde se produjo, y tiene que volver a repetirse con la misma intensidad o superior. Hoy en día, no se puede determinar cuándo y cómo ocurrirá un terremoto de magnitud importante (Tavera, 2014). En ese marco se determinó como área de estudio al sector 04 de la MDSM, el sector delimitado se vería afectado, por un evento sísmico importante de gran intensidad, causando daños en las edificaciones en zonas intangibles.

En el sector 04 de la MDSM, hay zonas arqueológicas con presencia de huaca donde las edificaciones están asentadas sobre estos terrenos intangibles y resaltan la importancia de considerar la planificación urbana en la ubicación y desarrollo de asentamientos urbanos, especialmente en áreas propensas a desastres como los terremotos. La inversión en medidas de mitigación de riesgos, infraestructura resistente y preservación del patrimonio puede contribuir a mejorar la resiliencia y la calidad de vida en estas áreas vulnerables. Este fenómeno se genera por la ocupación no planificada e invasiva del suelo, lo que afecta negativamente la autoestima, salud, seguridad y oportunidades de las poblaciones cercanas. Es un problema persistente en el tiempo que impacta en la calidad del espacio urbano, en las dinámicas socioeconómicas y en el valor de la propiedad colindante en la Urb. Rigel, Urb. Pando 8va Etapa, Agrupación de familias Riva Agüero, Asoc. de Pobladores Aramburu, Res. Riva Agüero, A.A.H.H. Pando IX Etapa y Asoc. de Viv. Ramiro Priale. Para abordarlo, es necesario integrar el desarrollo inmobiliario y urbano, así como promover su intervención porque llenará vacíos de conocimiento, potenciará el uso de tecnologías geoespaciales en la gestión de riesgos, protegerá el patrimonio cultural, y guiará la construcción de asentamientos urbanos más seguros y sostenibles. Por lo tanto, se quiere determinar y evaluar las dimensiones existentes de la

vulnerabilidad: el factor exposición, fragilidad y resiliencia siguiendo el manual del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2019) para generar mapas para su posterior análisis y evaluación originado por el fenómeno natural que es el un sismo de magnitud importante, que contribuye para el diseño de una Zona Urbana Sostenible del sector 04 de la MDSM. Además, de generar cartografía de peligro sísmico, vulnerabilidad y riesgo empleando datos geográficos y programas SIG para el análisis de datos espacial de la información según Tantas (2020).

La no implementación de herramientas tecnológicas y/o geociencia podría limitar la eficiencia de soluciones sectoriales en contextos físicos, sociales, económicos y ambientales. Este obstáculo es relevante para la implementación y diseño de Zona Urbana Sostenible en el sector 04 de la MDSM. Las Tecnologías de Información Geográfica y SIG son herramientas integradas (Wang et al., 2019) y exitosas para analizar peligros, vulnerabilidades y determinar zonas con alto nivel de riesgo (Sumets et al., 2022). Por lo tanto, su utilidad es indispensable para determinar los niveles, y la multidimensionalidad de los datos para el diseño de una Zona Urbana Sostenible. A pesar de la existencia de estudios, no se ha generado una cartografía específica a nivel sectorial en áreas donde las edificaciones están asentadas sobre y cerca de los terrenos intangibles, han potenciado la ocupación de estas zonas, que tendría como consecuencia grandes pérdidas y daños, debido a las frágiles condiciones al que se ven expuestas a un sismo de magnitud importante, un fenómeno de origen natural.

Con el rápido avance acelerado de la tecnología en la última década, las ciudades y zonas urbanas están cambiando para ser más inteligentes, armoniosas con el paisaje, seguras y sostenibles. Estos esfuerzos se centran en la arquitectura urbanística moderna, la planificación urbana, interacción social y equitativa, acceso a la salud, educación, transporte, seguridad y gobernanza digital para fortalecer la resiliencia urbana (Ismagilova et al., 2020). Se está maximizando el uso de geotecnologías en la zona centro y comercial denominado plaza San

Miguel, zona estratégica para conventico en un centro comercial inteligente, y zonas urbanas de residencia media y alta tienden en zonas intangibles son la preocupación para el distrito y para las metas del Plan Estratégico de Desarrollo Nacional al 2050 (CEPLAN, 2022). El objetivo es crear ciudades sostenibles e inteligentes para resolver problemas de vulnerabilidad y fragilidad, aumentando la resiliencia de la población mediante una propuesta didáctica de Zona Urbana Sostenible.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cómo influye la evaluación del riesgo sísmico en el diseño de una Zona Urbana Sostenible para proteger el patrimonio cultural, contar con seguridad y un transporte accesible en el sector 04 del distrito de San Miguel?

1.1.2.2. Problema específico

- a. ¿Cuál es el nivel de peligro y vulnerabilidad originada por el sismo en el sector 04 del distrito de San Miguel?
- b. ¿Cuál es el nivel de riesgo sísmico en el sector 04 del distrito de San Miguel?
- c. ¿El diseño de una Zona Urbana Sostenible tiene relevancia con la protección del patrimonio cultural, la seguridad y con el acceso al transporte accesible en el sector 04 del distrito de San Miguel?

1.2 Antecedentes

En el presente capítulo, se revisan brevemente los escenarios nacionales e internacionales de los estudios del peligro, vulnerabilidad, riesgo, tecnologías espaciales emergentes y Zona Urbana Sostenible. Se ha abordado mediante la introducción de diferentes subdisciplinas de la misma, prácticas contemporáneas y los últimos desarrollos.

1.2.1. Antecedentes Internacionales

El trabajo de Mehmood et al. (2024) aborda el desarrollo urbano y regional sostenible desde una perspectiva multidisciplinaria, explorando cómo las tecnologías inteligentes pueden abordar los desafíos urbanos contemporáneos. Los artículos cubren una amplia gama de temas, incluyendo innovación tecnológica, movilidad e infraestructuras inteligentes, participación ciudadana, aspectos socioeconómicos de la sostenibilidad, y sistemas de IA verde. Las contribuciones destacan la importancia de integrar avances tecnológicos como IA, IoT y análisis de big data con consideraciones sociales, económicas y ambientales. Se enfatiza la necesidad de un enfoque equilibrado que incorpore la participación ciudadana, la gobernanza inclusiva y la sostenibilidad a largo plazo. Los estudios presentados ofrecen perspectivas sobre cómo las ciudades pueden volverse más eficientes, equitativas y ecológicamente responsables a través del uso estratégico de tecnologías avanzadas. El número especial también identifica desafíos y limitaciones en la investigación actual, subrayando la necesidad de más estudios interdisciplinarios y soluciones adaptables que puedan aplicarse en diversos contextos urbanos. En general, este compendio proporciona una visión integral de cómo la tecnología y la sostenibilidad pueden converger para dar forma al futuro del desarrollo urbano y regional.

El trabajo de Vida et al. (2023) destaca la importancia del entorno construido para lograr diversos objetivos, como edificios ecológicos, eficiencia energética, economía circular y mitigación del cambio climático. El texto critica los enfoques dominantes de sostenibilidad por ser demasiado tecnocráticos y centrados en edificios individuales, descuidando el ámbito público y los aspectos sociales. Presenta nuevos paradigmas como la sostenibilidad regenerativa y la ciencia de la sostenibilidad sensorial, que buscan una integración más holística de los sistemas humanos y naturales. El artículo resume nueve investigaciones que abordan tres temas principales: calles regenerativas y espacios públicos verdes, emociones y cognición en el diseño urbano, y métodos y tecnologías innovadoras. Estos estudios incluyen

propuestas para calles, evaluación de beneficios psicosociales de intervenciones basadas en la naturaleza, análisis de accesibilidad a espacios verdes, integración de respuestas emocionales en el diseño urbano, legibilidad de barrios históricos, eficiencia energética de muros verdes, reconocimiento automático de fuentes de sonido urbano, modelado de actividad peatonal para renovación urbana, y exposición al ruido de ciclistas urbanos. En conjunto, estos trabajos reflejan un cambio hacia prácticas de diseño urbano más centradas en las personas y el desarrollo sostenible, abordando desafíos complejos en la creación de entornos urbanos más habitables y ecológicos.

El estudio de Alamoudi et al. (2023) desarrolla un marco de participación ciudadana para ciudades inteligentes y sostenibles en Arabia Saudita. Utilizó el método Delphi en tres rondas, se identificaron y validaron los componentes clave del marco, nivel de participación ciudadana. El SSM motiva la participación, el CPL impulsa los resultados de ciudades inteligentes y sostenibles, y el CPR establece criterios para involucrar a los participantes más relevantes. Los resultados sugieren que la cooperación entre ciudadanos y partes interesadas es crucial, y que se debe permitir las decisiones. El estudio contribuye al conocimiento conceptual y práctico sobre ciudades inteligentes y sostenibles, proporcionando una estructura para organizar la investigación futura y guiar a los responsables políticos en la implementación de estas iniciativas en Arabia Saudita y potencialmente en otros contextos.

La investigación de Mladineo et al. (2022) muestra una metodología para la evaluación de riesgos multirriesgo en zonas urbanas costeras, aplicada al caso de estudio en Croacia. La metodología combina el análisis multicriterio, específicamente el método PROMETHEE, con el SIG para evaluar y visualizar los riesgos asociados a terremotos, inundaciones marinas y olas extremas. El enfoque se basa en dividir en zonas homogéneas definidas por características espaciales comunes, y evaluar el riesgo en múltiples niveles, desde edificios individuales hasta estas zonas agregadas. Se calculan índices de vulnerabilidad detallados para cada edificio frente

a los diferentes peligros, que luego se combinan con datos de peligrosidad y criterios adicionales como infraestructura, densidad poblacional e importancia histórica. El análisis se realiza para escenarios de riesgo individual y combinado, permitiendo comparar la contribución relativa de cada peligro. Los resultados muestran que el riesgo sísmico es dominante en todos los escenarios, y que la zona histórica que presenta el mayor riesgo combinado debido a su alta vulnerabilidad y exposición a inundaciones y oleaje. La metodología proporciona una herramienta flexible y detallada para priorizar intervenciones de reducción de riesgos, demostrando cómo la integración de múltiples factores y escalas de análisis puede informar una gestión de riesgos más efectiva en áreas urbanas costeras expuestas a múltiples amenazas naturales.

El estudio de Leonardi et al. (2022) enfoca en desarrollar un mapa de susceptibilidad a deslizamientos de tierra para el área metropolitana de Reggio Calabria, Italia, utilizando un enfoque de análisis multicriterio con SIG y AHP. Se seleccionaron siete factores principales que influyen en los deslizamientos: pendiente, litología, elevación, precipitaciones, uso del suelo, distancia a carreteras y distancia a ríos. Mediante el uso de SIG, se crearon mapas para cada factor y se les asignaron pesos utilizando el método AHP. El mapa final de susceptibilidad se obtuvo combinando los factores ponderados y se clasificó en cinco niveles de riesgo. Los resultados muestran que el 61% del territorio estudiado presenta una alta susceptibilidad a deslizamientos, con un 36% en riesgo alto y un 25% en riesgo muy alto. Las áreas más susceptibles se encuentran en las zonas de colinas entre la costa y el interior. El modelo desarrollado mostró una buena correlación con los mapas de riesgo existentes del Plan de Ordenamiento Hidrogeológico (PAI), coincidiendo en un 80% de las áreas de muy alto y alto riesgo. Este enfoque metodológico demostró ser efectivo para identificar áreas propensas a deslizamientos y puede ser aplicado en otras regiones de Calabria para la planificación y mitigación, especialmente en infraestructuras críticas como carreteras. El estudio destaca la

importancia de integrar múltiples factores y utilizar técnicas de SIG y AHP para mejorar la precisión en la evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos, proporcionando una herramienta valiosa para la gestión y la planificación del territorio.

Sapountzaki (2022) aborda la gestión de vulnerabilidad y creación de resiliencia como elementos clave para mitigar riesgos de desastres. Se exploran las razones por las que, a pesar de los esfuerzos, los desastres y sus pérdidas siguen aumentando, incluyendo la excesiva confianza en obras de ingeniería, planes de desarrollo ciegos al riesgo, falta de cultura de preparación y distribución desigual de recursos. Las contribuciones analizan diversos aspectos como: prevención de incendios forestales, tensiones entre ciencia y práctica en la construcción de resiliencia, caracterización de grupos vulnerables durante pandemias, mapeo de zonas de riesgo de inundación, percepción y preparación ante riesgos en comunidades migrantes, comunicación durante crisis sísmicas, análisis de exposición y vulnerabilidad en contextos de múltiples peligros, activismo ambiental en tiempos de crisis, percepción de riesgos en contextos insulares, y coordinación entre planificación espacial y gestión de emergencias. Se enfatiza la importancia tanto del conocimiento objetivo del riesgo como de la comprensión de las percepciones subjetivas para una gestión efectiva de la vulnerabilidad y construcción de resiliencia a múltiples escalas. El número especial destaca la necesidad de integrar mejor la información sobre riesgos, involucrar a las comunidades, adaptar estrategias a contextos locales y mejorar los sistemas de monitoreo global para lograr una reducción efectiva del riesgo de desastres.

La investigación de Hanna y Comín (2021) presentan su estudio sobre infraestructura verde urbana (UGI) y desarrollo sostenible (SD), analizando 195 publicaciones entre 1992 y 2020. Los resultados muestran especialmente después de eventos internacionales clave como la Evaluación de Ecosistemas del Milenio en 2005. El análisis revela que la mitad de los estudios son teóricos, indicando un enfoque en establecer marcos conceptuales. Los estudios

cuantitativos se centran principalmente en análisis espaciales y métricas, con una necesidad identificada de más investigaciones integrales. La revisión también destaca una distribución geográfica desigual de la investigación, con una concentración en Estados Unidos, China y Europa. El análisis bibliométrico muestra una baja conectividad entre temas y autores, sugiriendo oportunidades para mayor colaboración e investigación interdisciplinaria. Además, se identificó que la mayoría de los estudios se alinean con ciertos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), principalmente el 15 y 11 con una notable falta de investigación relacionada con otros ODS, especialmente los que se centran en aspectos sociales. El artículo concluye que la investigación en UGI y SD está aún en etapas tempranas, con un amplio potencial para estudios más integrales y colaborativos que aborden todos los aspectos de la sostenibilidad urbana.

La investigación de Maestosi et al. (2021) presenta una visión general de las iniciativas y marcos de investigación e innovación más recientes en Europa para impulsar la transición hacia ciudades y áreas urbanas sostenibles y climáticamente neutrales para 2030, en un escenario post-COVID-19. Se centra especialmente en los conceptos de 100 Distritos de Energía Positiva y 100 Ciudades Climáticamente Neutrales, enmarcados dentro del Pacto Verde Europeo y el programa Horizonte Europa. El texto analiza en detalle tres pilares clave para la transición urbana sostenible: la "ciudad de 15 minutos", los "distritos de reducción de tamaño" y los "distritos de energía positiva". También describe los nuevos marcos de financiación e inversión para apoyar estas iniciativas, como el Contrato Climático de Ciudad. Se destaca la importancia de enfoques integrados y participativos que involucren a múltiples actores (cuádruple hélice) para lograr transformaciones sistémicas. El documento concluye reflexionando sobre cómo la COVID-19 puso en manifiesto la urgencia de mejorar la resiliencia urbana y acelerar la transición hacia modelos de ciudad más sostenibles, saludables e inclusivos, al tiempo que se aborda la recuperación económica.

El estudio de Alizadeh et al. (2021) desarrolla un enfoque innovador para evaluar la vulnerabilidad sísmica urbana, combinando redes neuronales artificiales (ANN) con un modelo híbrido FODA-QSPM. Se aplicó a la ciudad de Tabriz, Irán, utilizando 20 indicadores socioeconómicos, físicos y ambientales para generar mapas de vulnerabilidad sísmica (EVM). Se emplearon dos métodos de ANN: mapas autoorganizados (SOM) y perceptrón multicapa (MLP), que produjeron resultados consistentes. Los EVMs revelaron variaciones significativas en la vulnerabilidad entre las zonas municipales, identificando las zonas 1, 4 y 5 como las más vulnerables debido a su alta densidad poblacional, edificaciones antiguas y proximidad a fallas geológicas. El análisis FODA-QSPM se aplicó a la zona 1 para desarrollar estrategias de mitigación, priorizando la consideración de factores ambientales en la planificación urbana, el refuerzo de sistemas de respuesta a crisis, la renovación de áreas históricas y el diseño adecuado de espacios abiertos. El estudio proporciona un marco metodológico integral y flexible para evaluar la vulnerabilidad sísmica urbana, combinando análisis espacial basado en SIG, modelado de ANN y planificación estratégica. Este enfoque novedoso ofrece una herramienta valiosa para la toma de decisiones asertivas, aplicable a diversas escalas geográficas y contextos urbanos. El estudio considera múltiples factores en la evaluación de vulnerabilidad y propone estrategias concretas para la mitigación del riesgo sísmico en entornos urbanos.

El estudio Nuzzo et al. (2021) presenta una plataforma tecnológica innovadora desarrollada para optimizar la mitigación del riesgo sísmico a escala regional, considerando las limitaciones presupuestarias. La plataforma implementa un procedimiento simplificado en cinco pasos para la evaluación y reducción del riesgo sísmico de un conjunto de edificios: definición del parque inmobiliario, evaluación de vulnerabilidad, análisis de riesgo pre-intervención, análisis costo-beneficio de intervenciones, y optimización de la asignación presupuestaria. La interfaz web interactiva y georreferenciada integra mapas de peligrosidad sísmica, visualización del riesgo pre y post-intervención, y herramientas para que el usuario

defina el presupuesto y analice escenarios. Se presenta un ejemplo de aplicación a 46 escuelas simuladas en Campania, Italia, donde con 25 millones de euros se logra una reducción del riesgo del 41.8% interviniendo en el 28.3% de los edificios. Un análisis de sensibilidad muestra cómo evoluciona la estrategia óptima al variar el presupuesto, priorizando rehabilitaciones parciales con presupuestos bajos y totales al aumentar la inversión. La plataforma permite optimizar tanto la selección como la asignación del presupuesto para maximizar la mitigación del riesgo sísmico territorial, representando una herramienta valiosa para administradores públicos y tomadores de decisiones. El estudio también identifica áreas de mejora futura, como refinar los modelos estructurales e integrar más fuentes de datos sobre los edificios.

El estudio de Fiore et al. (2020) presenta una metodología basada en el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y el método propuesto tiene como objetivo ayudar a las administraciones públicas a planificar las intervenciones adecuadas, considerando múltiples factores como la seguridad sísmica, el desempeño energético, los costos, el impacto ambiental, el tiempo de ejecución y las perturbaciones causadas. Se identificaron seis criterios de evaluación y se determinaron sus pesos relativos mediante consultas a expertos. La metodología se aplicó a un estudio de caso para comparar diferentes hipótesis de recalificación estructural y energética frente a alternativas de demolición y reconstrucción. Los resultados demuestran el potencial del método como herramienta para comparar varias opciones de intervención de manera racional y cuantitativa. El enfoque propuesto es flexible y puede adaptarse a diferentes necesidades y objetivos específicos. Los autores sugieren posibles mejoras futuras, como aumentar el número de criterios de evaluación, profundizar el análisis de costos a largo plazo e implementar indicadores adicionales para abordar edificios escolares de valor histórico-arquitectónico. En general, esta metodología ofrece un marco estructurado para orientar y mejorar el patrimonio edilicio escolar, considerando múltiples aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales de manera integral.

Sarmiento y Torres (2020) en su investigación plantean una “Transferencia de riesgo para poblaciones en entornos urbanos precarios”. Como punto de partida constituye una búsqueda de estudios relacionada al fenómeno dentro de su contexto, donde una o varias unidades se analizan intensamente con el propósito de dilucidar las características de una clase más amplia de unidades. En cuanto a la metodología, incluyeron una revisión de la literatura para identificar estudios de casos que documentan experiencias exitosas en la implementación de mecanismos de transferencia de riesgos para poblaciones vulnerables. Concluyeron que, el crecimiento descontrolado en la zona urbana demanda con urgencia un nuevo enfoque que permita integrar una correcta gestión integral del riesgo dentro de los procesos para el desarrollo sostenible. Este estudio presentó opciones de transferencia de riesgo viables y basadas en evidencia para asentamientos informales urbanos precarios en cuatro sitios de estudio de caso que enfrentan riesgos de terremotos y deslizamientos de tierra.

Morosini y Zucaro (2019) elaboraron la investigación “Evaluación del uso del suelo y la sostenibilidad urbana: una aplicación 3D-GIS a un estudio de caso en Gozo” que apoya a los gestores locales en la identificación de las porciones y los edificios de un área urbana más susceptibles de transformación, con el fin de promover un uso sostenible del suelo. La metodología propuesta combina el modelado 3D de asentamientos urbanos se basa en dos elementos principales: El uso de SIG para análisis de modelado y procesamiento, ya que permite la exploración detallada de escenarios a través de la visualización de usos alternativos del suelo y su impacto en el medio ambiente urbano. Se concluye que la aplicación SIG 3D ha identificado las zonas más adecuadas para la transformación urbana por la presencia de residentes, turistas, servicios y por ser accesibles en transporte público. Además, con el fin de preservar el valor de las áreas.

1.2.2. Antecedentes Nacionales

El estudio de Aguilar y Tarazona (2024) presenta un nuevo modelo de fuentes sísmicas

y peligro sísmico para Perú, basado en un análisis exhaustivo de la sismicidad histórica e instrumental hasta 2022. Se delimitaron 34 fuentes sismogénicas (7 de interfaz, 15 intraslab y 12 corticales) utilizando enfoques basados en sismicidad y geología, logrando compatibilidad con zonas de acumulación de déficit de momento sísmico y áreas de ruptura de grandes terremotos de subducción. Se estimaron magnitudes máximas en el rango de Mw 8.7-9.0 para fuentes de interfaz y Mw 7.7-8.0 para fuentes intraslab, utilizando diversos métodos estadísticos y empíricos. El análisis de recurrencia sísmica se realizó siguiendo la metodología de Weichert, y se seleccionaron modelos de movimiento del suelo mediante análisis de máxima verosimilitud. Se elaboraron mapas de peligro sísmico probabilístico para períodos de 475 y 2475 años, mostrando las mayores aceleraciones cerca de la fosa Chile-Perú y en el sur del país. Los resultados son más conservadores que estudios previos, especialmente en el norte de Perú, y muestran buena consistencia con mapas de peligro de países vecinos. El estudio proporciona una base actualizada y robusta para la evaluación, aunque se recomienda una evaluación geológica más detallada de las magnitudes máximas asociadas a los sistemas de fallas continentales para futuros estudios.

El estudio de Benavente et al. (2022) presenta nuevas evidencias paleosísmicas y geomorfológicas sobre el tamaño y momento del último gran terremoto ocurrido en la Falla del Purgatorio, ubicada en el antearco del sur de Perú. Los investigadores utilizaron modelos digitales de elevación de alta resolución para mapear la morfología y distribución de los escarpes de falla recientemente formados, extendiendo el trabajo previo. El mapeo de escarpes permitió estimar el desplazamiento necesario para generarlos, su longitud total y, consecuentemente, la magnitud del terremoto de ruptura superficial más reciente. Se mapean aproximadamente 60 km de escarpes de falla a lo largo de la Falla del Purgatorio, con alturas que varían entre 1 y 17 metros. En los depósitos aluviales más jóvenes, las alturas de los escarpes se agrupan entre 1 y 3 metros, lo que se interpreta como evidencia del evento más

reciente. La conversión de las alturas de los escarpes en deslizamiento neto de fallas indica un deslizamiento de 2.1 a 2.4 metros. Además, se excavó una trinchera paleosismológica y se utilizó la datación por radiocarbono para establecer límites temporales del terremoto más reciente. Los resultados se compararon con el registro histórico de terremotos en Perú, discutiendo las implicaciones para la evaluación sísmica en entornos de zonas de subducción. Este estudio destaca la importancia de combinar el registro paleosísmico terrestre con el registro histórico de sacudidas sísmicas para evaluar críticamente si los terremotos informados históricamente rompieron fallas de antearco o el megathrust, lo que tiene implicaciones significativas para la estimación precisa de riesgos sísmicos tanto en fallas megathrust como en fallas de antearco.

Cotera (2022) tuvo como objetivo analizar paradigmas de gestión de sitios arqueológicos en entornos urbanos, y específicamente evaluar enfoques pertinentes para ese contexto, usando el caso de Garagay como ejemplo representativo. Los sitios arqueológicos pueden vincularse a la ciudad si adquieren un valor patrimonial superior al de su potencial de ser ocupados. Esto depende de las personas más que de su conservación coercitiva., por la desidia y ausencia del Estado. Concluye que la situación de fragilidad de los sitios culturales, aquellos ubicados de manera informal que enfrentan muchos sitios arqueológicos prehispánicos en Lima se da por la invasión. Además, detalla cómo en 1985 unas 800 personas invadieron y ocuparon ilegalmente parte del área intangible del sitio arqueológico. Esta invasión informal fue creciendo con el tiempo, generando múltiples afectaciones: extracción de materiales del sitio para construir viviendas, instalaciones de servicios básicos como agua, luz afectando el sitio, destrucción directa de estructuras arqueológicas y contaminación y deterioro del entorno. Finalmente, incluso después de intentos de reubicar a los invasores, la ocupación informal persiste hasta el día de hoy, dificultando su conservación y poniendo en riesgo constante.

El trabajo realizado por Arguedas y Gonzales (2021) presenta la teoría del manejo de desastres originados por eventos naturales, abordando temas fundamentales como la prevención y mitigación de afectaciones al espacio geográfico y medio ambiente. Se cubren las perspectivas actuales de la especialidad, la importancia de incorporar la evaluación y la reducción del riesgo en los programas de desarrollo. Se explica la naturaleza y reparabilidad de las alteraciones territoriales y ambientales, diferenciando entre la evaluación de riesgos y la evaluación de impactos. El documento introduce los conceptos de ingeniería de riesgos y protección, definiendo el riesgo como la posibilidad de daño y la protección como la reducción y control del riesgo. Se presentan diferentes modelos para evaluar y cuantificar el riesgo, considerando factores como la incidencia fenomenológica (refiriéndose al peligro) y la vulnerabilidad. Se describen los tipos de vulnerabilidad (estructural, no estructural y funcional) y se explica cómo realizar un análisis de riesgos utilizando matrices y escalas cualitativas. Se discuten medidas estructurales y no estructurales de prevención ante desastres y su mitigación, enfatizando la importancia de la ingeniería geográfica, del territorio y la GRD para lograr un desarrollo sostenible y seguro frente a los desastres naturales. El manejo de desastres es un tema complejo en nuestro territorio, que requiere un enfoque interdisciplinario y una comprensión profunda de diversos fenómenos. Este curso abarca teorías fundamentales sobre desastres, incluyendo conceptos clave como riesgo, vulnerabilidad, peligro y resiliencia. Se estudian en detalle los diferentes tipos de fenómenos destructivos, tanto naturales (como sismos, inundaciones, deslizamientos) como inducidos por el hombre (incendios, accidentes tecnológicos), así como sus causas, características y efectos. Un aspecto central es la evaluación y GRD, que implica el análisis de amenazas y vulnerabilidades para implementar medidas preventivas. Enfatiza la importancia de la planificación y preparación, y sistemas de alerta temprana. También se abordan las fases de respuesta a emergencias y recuperación después del desastre, con énfasis en la coordinación interinstitucional y la participación

comunitaria. Se exploran herramientas y metodologías avanzadas como SIG y modelado de escenarios. Adicionalmente, se discuten temas emergentes como la intensidad de los desastres, la reducción del riesgo en un ámbito urbano y la incorporación de conocimientos tradicionales en las estrategias de GRD. El objetivo final es formar profesionales capaces de implementar un manejo integral de desastres que reduzca pérdidas humanas y económicas, y aumentar la resiliencia ante eventos naturales.

Centeno y Lang (2021) buscaban probar la utilidad de las técnicas de micromorfología para detectar evidencias de actividades humanas en espacios arquitectónicos del complejo Maranga-Lima, que a simple vista parecen no tener materiales o están limpios. Querían poner a prueba si estas técnicas que analizan en detalle la microestratigrafía y composición sedimentaria a nivel microscópico, pueden revelar micro-restos y rastros de ocupación y uso de espacios que no son visibles macroscópicamente. El lugar se encontró en terrenos del zoológico Parque de las Leyendas, entre la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) y Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y la urbanización Pando del Sector 04 de la MDSM.

El estudio de Gutiérrez et al. (2020) se enfoca en los riesgos de desastres debido a la falta de conocimiento y medidas preventivas. La investigación utiliza un diseño cuasiexperimental con grupos de control y experimental para realizar la efectividad de un programa de capacitación en GRD. Se realizaron estudios de suelos en 36 distritos de Lima, incluyendo calicatas, análisis de laboratorio y perfiles estratigráficos, para determinar la capacidad portante y clasificar los suelos. Los resultados muestran que el cono central de Lima tiene suelos de mejor calidad en comparación con los conos norte y sur. El estudio también incluyó encuestas a funcionarios públicos y población general, revelando una falta generalizada de conocimiento sobre riesgos y vulnerabilidad. El programa de capacitación demostró ser efectivo en aumentar el conocimiento sobre gestión de riesgos. Se concluye que es necesario

mejorar la educación y la cultura para enfrentar futuros desastres en Lima. El estudio propone la creación de un banco de datos centralizado que articule la información de diferentes instituciones y enfatiza la importancia del compromiso político para implementar y hacer cumplir las regulaciones de manera efectiva. En general, el estudio proporciona una base para entender y gestionar mejor la vulnerabilidad de los suelos en Lima Metropolitana, contribuyendo así a la sostenibilidad urbana y la resiliencia ante desastres.

Vera (2020) señala la importancia del Ordenamiento Territorial como instrumento de gestión, permitiendo cerrar brechas entre regiones y construir infraestructura productiva descentralizada. Se evidencia la concentración espacial en Lima, con más del 50% del PBI, manufactura, servicios y alta densidad de infraestructura, frente a marcadas desigualdades con otras regiones. En esencia, proponen un Ordenamiento del Territorio planificado, descentralizado y sostenible en todo el país. El desarrollo sostenible tiene dimensiones como: dimensión económica para fomentar un crecimiento económico estable con equidad social, dimensión social para promover una sociedad más justa, proveyendo de servicios básicos extendidos y dimensión ambiental para preservar y proteger la integridad y capacidad de renovación del entorno natural.

Hobbs (2019) realizó la descripción y mapeo del potente terremoto de magnitud 8.0 sacudió Perú (26 de mayo de 2019), en la Selva Amazónica. Este sismo profundo, ocurrido a unos 110 kilómetros de profundidad, se sintió desde Colombia hasta Chile, pero debido a su ubicación remota y profundidad, causó daños limitados, con solo dos víctimas reportadas y 26 heridos en Perú y Ecuador. El evento, clasificado como un terremoto intraplaca, ocurrió dentro de la placa de Nazca que se está separando al ser succionada hacia el manto terrestre. A diferencia de los terremotos interplaca más comunes en zonas de subducción, este tipo de sismo profundo tiende a causar menos daños superficiales y no genera tsunamis. Sin embargo, la USGS estimó una probabilidad significativa de licuefacción que podría afectar a unas 74,000

personas. Se observaron algunos deslizamientos de tierra y daños en carreteras, particularmente en la región de Cajamarca y cerca de Yurimaguas, la ciudad más cercana al epicentro. Aunque este terremoto ocurrió pocos meses después de otro sismo similar de magnitud 7.5 en Ecuador en febrero del mismo año, la distancia entre ambos (más de 400 km) sugiere que no estuvieron directamente relacionados. El Servicio Geológico de Estados Unidos anticipó pocas réplicas debido a la naturaleza profunda del terremoto, lo cual es característico de este tipo de eventos sísmicos.

Del Castillo y Garibotto (2018) realizaron una tesis que tuvo como objetivo rediseñar las avenidas adyacentes para priorizar a la persona, reducir la tasa de contaminación y mejorar el tránsito vehicular, garantizar seguridad y comodidad, mejorar el flujo vehicular y reducir la contaminación acústica. Proponen una guía para funcionarios en espacios públicos para garantizar seguridad, calidad de vida y referencia a espacios públicos seguros, incluyentes y sostenibles. Los espacios e infraestructura pública son vitales para el desarrollo en una zona urbana por su dimensión. El diseño vial urbano es importante para el flujo vehicular, seguridad y movilidad peatonal. Álvarez (2016) indica que las zonas intangibles siguen en riesgo a pesar de los esfuerzos para protegerlas. Las amenazas provienen de varios actores sociales urbanos. El proceso de consolidación y formalización de los antiguos pueblos jóvenes en Lima ha llevado al aumento del valor de la tierra, poniendo en peligro las huacas que podrían ser demolidas para dar paso a viviendas, comercio e infraestructura urbana. Además, menciona que, desde hace más de una década, varias familias viven en el complejo arqueológico en los límites breña, San Miguel, Pueblo Libre y Cercado. No tienen servicios básicos y sus actividades ponen en riesgo el patrimonio de la ciudad.

El análisis del terremoto ocurrido en Pisco (15/08/2007), según Tavera y Bernal (2008), fue uno de los eventos sísmicos más significativos en la región en los últimos 250 años, con una magnitud de Mw 7.9. El sismo con epicentro de 60 km generó intensidades máximas de

VII-VIII. El terremoto produjo daños severos, especialmente en estructuras de adobe, causando 595 muertos y afectando a más de 320,000 personas. Las réplicas sugieren un área de ruptura de aproximadamente 170 x 130 km², orientada paralelamente a la costa. El análisis de los mecanismos focales del sismo principal y sus réplicas más grandes indica un proceso de ruptura complejo, con un plano de falla principal de orientación norte-sur y buzamiento de 15° hacia el este. La modelización de ondas P reveló una función temporal de la fuente con dos pulsos de energía separados por 60 segundos, lo que sugiere un proceso de ruptura en dos etapas con una duración total de alrededor de 110 segundos. El terremoto de Pisco llenó un vacío sísmico previamente identificado entre las zonas de ruptura de los terremotos de Lima de 1974 y Nazca de 1996, destacando la importancia de comprender la compleja geodinámica de la región para la evaluación sísmica en la costa peruana.

Almaaroufi et al. (2019) presenta un análisis detallado y una propuesta de mejoramiento para los barrios autoconstruidos de El Ermitaño y Pampa de Cueva en el distrito de Independencia, Lima, Perú. Comienza contextualizando estos asentamientos informales dentro del fenómeno global de urbanización, destacando sus características comunes como la falta inicial de servicios básicos e infraestructura. El estudio identifica varios desafíos actuales en estos barrios, incluyendo la ocupación de laderas peligrosas, riesgos de seguridad, problemas ambientales como la destrucción de ecosistemas de lomas, y cuestiones sociales como la pérdida del sentido de comunidad. Propone una metodología de intervención en siete etapas que enfatiza la participación comunitaria, la reubicación de viviendas en riesgo, la creación de espacios públicos y económicos, y la protección ambiental. La propuesta busca fortalecer la economía local, mejorar la calidad de vida y crear barrios más sostenibles, al tiempo que preserva la historia y el tejido social de estas comunidades. El estudio concluye que este enfoque podría aplicarse potencialmente a otros asentamientos similares, contribuyendo así a una urbanización regional más equitativa y sostenible en Lima y otras ciudades.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la influencia del riesgo sísmico en el diseño de una Zona Urbana Sostenible para proteger el patrimonio cultural, contar con seguridad y un transporte accesible en el sector 04 de la MDSM.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a. Determinar el nivel de peligro y vulnerabilidad originado por sismo en el sector 04 de la Municipalidad Distrital de San Miguel.
- b. Determinar el nivel de riesgo sísmico en el sector 04 de la Municipalidad Distrital de San Miguel.
- c. Analizar la relevancia que tiene el diseño de una Zona Urbana Sostenible con la protección del patrimonio cultural, en la seguridad y en el acceso al transporte sostenible en el sector 04 de la Municipalidad Distrital de San Miguel.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

El desarrollo de la investigación se fundamenta en marcos conceptuales sólidos sobre vulnerabilidad, resiliencia y planificación urbana sostenible. Según el manual del CENEPRED (2019) la evaluación a partir de factores como exposición, fragilidad y resiliencia permite establecer bases para el diseño de medidas de mitigación y gestión de riesgos. A esto se suman estudios que demuestran la efectividad de las tecnologías SIG para generar cartografía precisa y multidimensional que facilite la toma de decisiones en entornos vulnerables según Sumets et al. (2022) y Wang et al. (2019). Este trabajo contribuye teóricamente al conocimiento sobre el impacto de los sismos en sectores urbanos y en áreas con patrimonio cultural, integrando avances en geotecnologías y herramientas de análisis espacial.

1.4.2. Justificación práctica

La propuesta tiene un enfoque aplicado, centrado en la generación de mapas de peligro sísmico, vulnerabilidad y riesgo mediante el uso de tecnologías geoespaciales. Estos mapas servirán como herramientas esenciales para la planificación y el diseño de una Zona Urbana Sostenible en el sector 04 de la MDSM, un área particularmente vulnerable por su ubicación en terrenos intangibles con edificaciones precarias. Además, el estudio aborda un problema tangible de urbanización no planificada, buscando mejorar la calidad de vida de las comunidades locales mediante soluciones concretas como la gestión adecuada del suelo y la construcción de infraestructuras resilientes.

1.4.3. Justificación económica

La implementación de medidas de prevención y planificación urbana en el sector 04 de la MDSM tiene un impacto económico significativo al reducir los costos asociados a desastres naturales, como los terremotos, que pueden paralizar la economía local y generar pérdidas materiales masivas. Este trabajo fomenta la inversión en tecnologías SIG y estrategias de desarrollo urbano sostenible, que a largo plazo permitirán optimizar recursos públicos y privados. Asimismo, la mejora de las condiciones urbanas y la preservación del patrimonio cultural aumentarán el valor de las propiedades y dinamizarán las actividades económicas locales, beneficiando tanto a las comunidades como a las instituciones responsables del desarrollo urbano.

1.4.4. Justificación Social

El estudio tiene como meta contribuir a la seguridad y bienestar de la población residente en el sector 04 de la MDSM, donde la ocupación no planificada del suelo ha generado problemas sociales, como inseguridad, pérdida de patrimonio y desigualdad. Proponer un diseño que contemple resiliencia, acceso equitativo a recursos y mitigación de riesgos no solo protegerá a las comunidades frente a futuros eventos sísmicos, sino que también mejorará la

cohesión social, la autoestima colectiva y la percepción de seguridad. Este enfoque busca empoderar a las poblaciones vulnerables, promover su participación en el proceso de planificación y garantizar un desarrollo urbano inclusivo y sostenible.

1.5. Hipótesis

1.5.3. Hipótesis General

La evaluación del riesgo sísmico influye significativamente en el diseño de una Zona Urbana Sostenible para proteger el patrimonio cultural, contar con seguridad y un transporte accesible en el sector 04 de la Municipalidad Distrital de San Miguel.

1.5.4. Hipótesis Específica

- a. La estimación del peligro y vulnerabilidad originados por sismo es mayor en zonas donde las viviendas están asentadas sobre terreno intangibles en el sector 04 la Municipalidad Distrital de San Miguel.
- b. La estimación del riesgo sísmico es mayor en zonas donde las viviendas están asentadas sobre terreno intangibles en el sector 04 de la Municipalidad Distrital de San Miguel.
- c. El diseño de una Zona Urbana Sostenible tiene relevancia con la protección del patrimonio cultural, la seguridad y con el acceso al transporte accesible en el sector 04 del distrito de San Miguel.

II. MARCO TEÓRICO

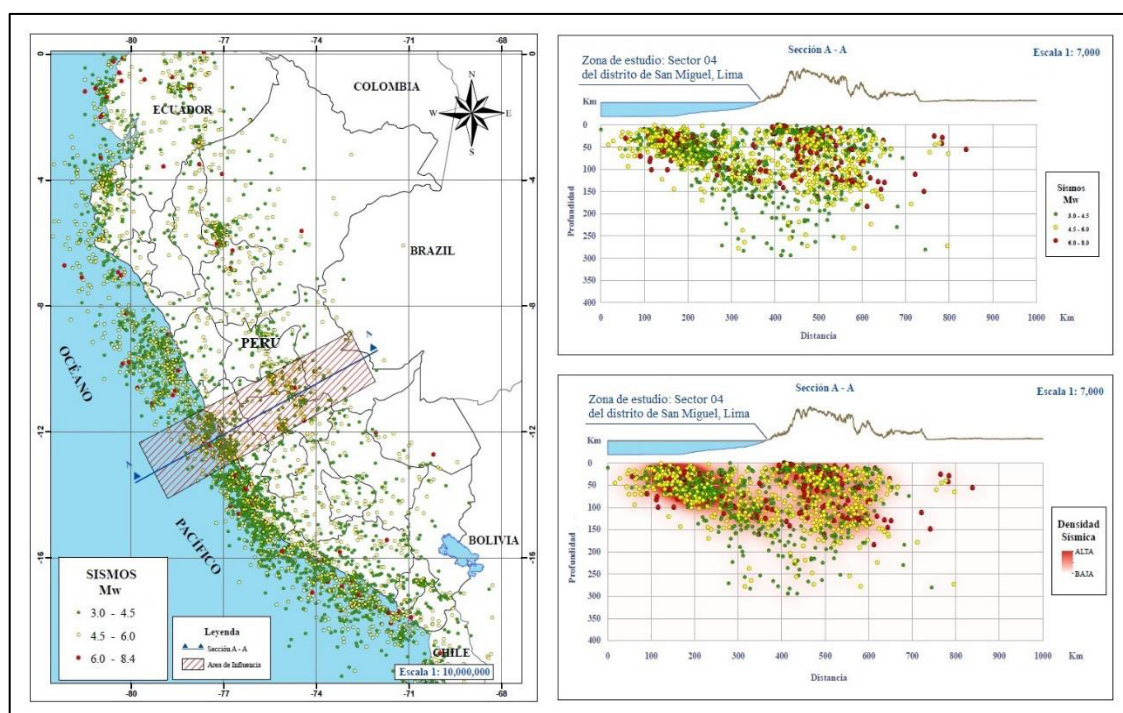
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. Peligro Sísmico

De acuerdo con la Ley N° 29664 (DS N°048-2011-PCM), es la probabilidad de que ocurra un evento natural desencadenado por colisión de placas tectónicas potencialmente destructivo se presente en una determinada área, con una frecuencia definida, con intensidad, magnitud y en un periodo de tiempo. Para Yakut et al. (2013) es la valoración del fenómeno físico relacionado al movimiento sísmico y su potencial efecto en cualquier punto sobre la superficie, afectando toda estructura creada por el hombre y a sistemas socioeconómicos produciendo una pérdida que ocurre dentro de un cierto periodo de tiempo.

Figura 1

Sección transversal de eventos sísmicos en zona de estudio



Nota. Corte para visualizar la densidad de eventos sísmicos en función a la profundidad. Adaptado de mapa de la sección transversal según Mw y densidad sísmica, por CISMID, UNI y MVCS (2011), Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la ciudad de Lima.

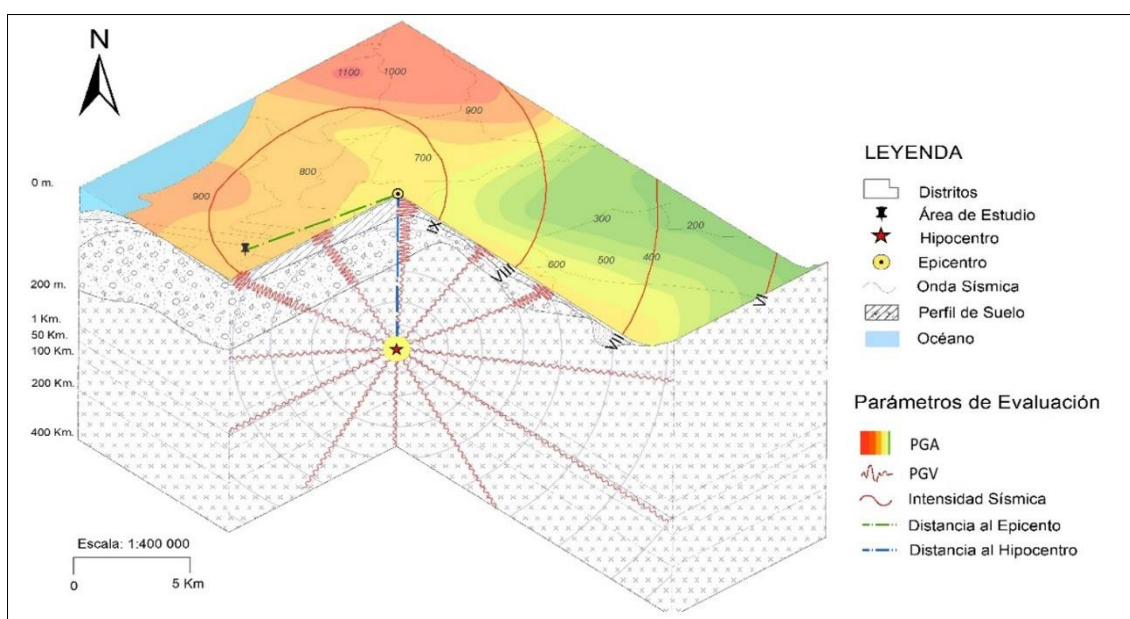
La convergencia (proceso) de la placa tectónica de Nazca bajo la placa Sudamericana se desarrolla por su ubicación a lo largo de la costa occidental de América del Sur en el cinturón del fuego del pacífico (Norabuena et al., 1999). Dándose a una velocidad promedio de siete a ocho centímetros por año. Principal responsable de la ocurrencia de eventos sísmicos de diversas magnitudes con focos ubicados a diversas profundidades (figura 1). El peligro lo descompone en parámetros de evaluación y susceptibilidad del espacio geográfico. Y del mismo modo la susceptibilidad se descompone en: factores condicionantes, desencadenantes y de referencia.

2.1.2. *Parámetros de evaluación sísmica.*

Se caracteriza y evalúa los parámetros que actúan en la génesis por fenómenos de sismo, los mismos que facilitan en la evaluación. Para determinar el nivel de peligro originado por sismo, se tomó en cuenta los siguientes parámetros (figura 2).

Figura 2

Parámetros de evaluación originado por sismo



Nota. Esquema simplificado para una mejor percepción de los parámetros de evaluación, elaborado con datos IGP, CISMID, MVCS y SIGRID.

Son las variables que permiten identificar y conocer basados en la caracterización de elementos que son relacionados a los datos geográficos usados en el estudio del peligro sísmico. Los principales parámetros considerados en la tabla 1 son: intensidad sísmica, valores máximos de velocidad, valores máximos de aceleración, distancia al epicentro y distancia al hipocentro.

- a. **Intensidad sísmica.** Es una medida de la fuerza de sacudida sísmica que varía considerablemente en el terreno, se estima comúnmente en escala de intensidad de Mercalli modificada en números romanos que describen los efectos en términos cualitativos, que se clasifica con doce descriptores en la severidad del sacudimiento según Instituto Geofísico del Perú (IGP). Además, es posible resumir mediante curvas de isosísmicas, que conectan igual intensidad.
- b. **Valores máximos de velocidad.** Las ondas creadas por fenómeno de sismo se propagan debido a la mecánica de los medios elásticos y, como resultado, sus velocidades dependen de las características elásticas del medio, cuya distribución se puede estudiar siguiendo los tiempos y amplitudes de viaje de las ondas.
- c. **Valores máximos de aceleración.** Es un valor obtenido de un acelerógrafo, que registra la aceleración del suelo que se produjo durante el movimiento sísmico en un lugar (Gaudio, 2020).
- d. **Distancia al epicentro.** Es una longitud expresada en kilómetros de la trayectoria realizada por la onda sísmica sobre cualquier punto de la superficie hacia el punto del epicentro del sismo (Valenzuela et al. 2007).
- e. **Distancia al hipocentro.** Es una longitud expresada en kilómetros que se da en el lugar de ruptura de la falla geológica, también se le conoce como punto de comienzo de disipación y propagación de las ondas, hasta el punto del epicentro (Duan, 1997).

Tabla 1*Parámetros de evaluación originado por sismo*

Descriptor (D)	Intensidad Sísmica (IS)	Valores máximos de velocidad (PGV)	Valores máximos de aceleración (PGA)	Distancia al Epicentro (DE)	Distancia al hipocentro (DH)
D1	X, XI y XII	100 cm/s < PGV	1100 cm/s ² < PGA	DE ≤ 50 km	DH ≤ 30 km
D2	VIII y IX	70 cm/s < PGV ≤ 100 cm/s	500 cm/s ² < PGA ≤ 1100 cm/s ²	50 km < DE ≤ 100 km	30 km < DH ≤ 100 km
D3	V, VI y VII	50 cm/s < PGV ≤ 70 cm/s	300 cm/s ² < PGA ≤ 500 cm/s ²	100 km < DE ≤ 500 km	100 km < DH ≤ 500 km
D4	III y IV	30 cm/s < PGV ≤ 50 cm/s	100 cm/s ² < PGA ≤ 300 cm/s ²	500 km < DE ≤ 1000 km	500 km < DH ≤ 1000 km
D5	I y II	PGV ≤ 30 cm/s	PGA ≤ 100 cm/s ²	1000 km < DE	1000 < DH

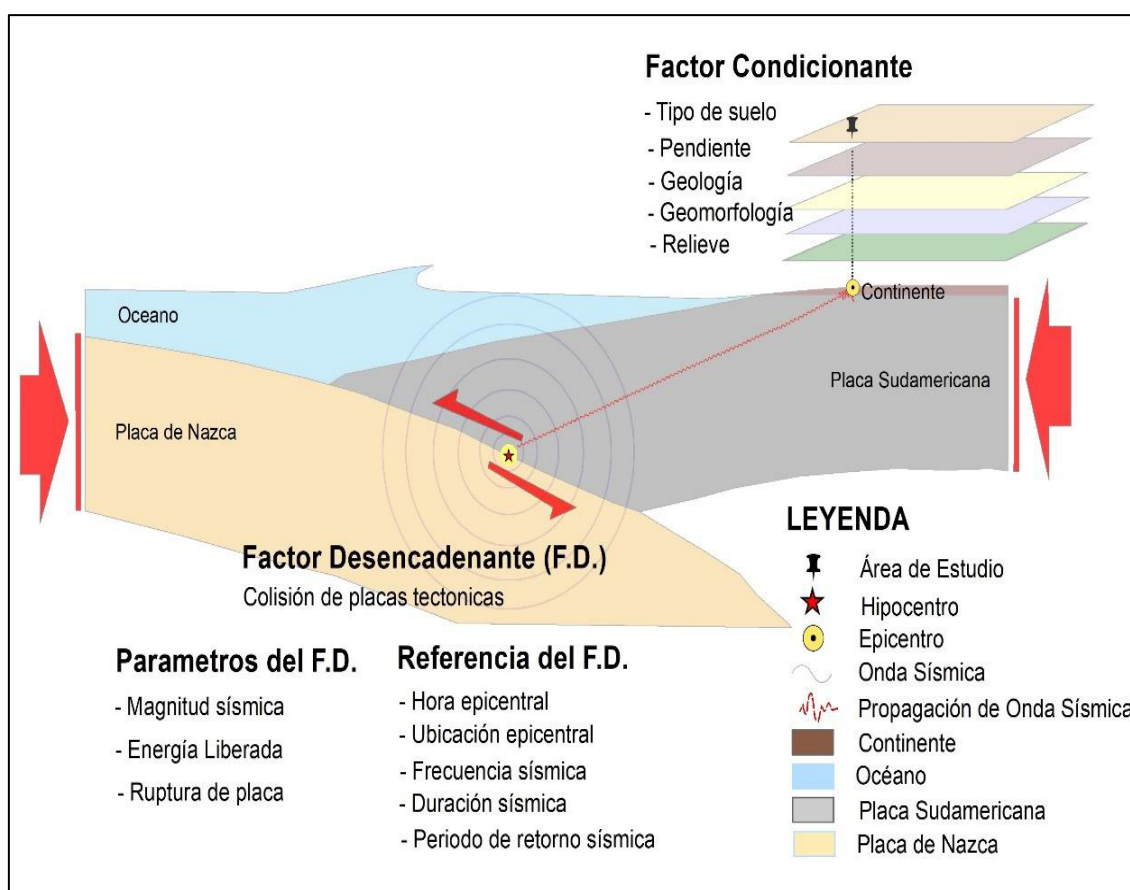
Nota. En la tabla se muestran los cinco parámetros de evaluación con sus descriptores correspondientes. Para la obtención de los pesos ponderados, se utiliza el proceso de Análisis Jerárquico según lo indicado por el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, segunda versión del CENEPRED, (2014). Se utilizó información física del espacio para la caracterización del espacio geográfico a evaluar.

2.1.3. Susceptibilidad del espacio geográfico

Se refiere a la tendencia de un área a sufrir los efectos de un determinado proceso, fácilmente afectado por un tipo de peligro sin tener en cuenta ni el momento de ocurrencia ni las posibles víctimas y pérdidas económicas en un determinado lugar (Domínguez, 2013). La metodología utilizada para determinar la susceptibilidad del espacio geográfico, se obtiene relacionando los parámetros del factor condicionante y desencadenante (figura 3).

Figura 3

Parámetros del factor condicionante y desencadenante



Nota. Esquema simplificado para una mejor percepción de la susceptibilidad del espacio geográfico. Para el análisis de la susceptibilidad se consideran en el área de estudio, cinco factores condicionantes, los cuales son seleccionados a causa del factor desencadenante “colisión de placa tectónica”, originando la ruptura de la placa, liberando energía y produciendo sismos de magnitud importante.

2.1.3.1. Factores condicionantes. Son factores geográficos de estudio que reúnen comportamientos, propiedades y características del ámbito geográfico generando condiciones favorables o no para elevar el impacto de un sismo de gran intensidad, así como su distribución espacial (Wen et al., 2022). Los factores condicionantes considerados en la tabla 2 son: evaluación son: tipo de suelo, pendientes , geología, geomorfología, relieve.

- a. **Tipo de suelo.** Unidad sistemática de suelos basada en la diferenciación de perfiles. Es el manto superficial de la corteza de la tierra, constituida por suelos que se distingue principalmente por su textura y estructura. En su totalidad por restos de roca que provienen de procesos y alteraciones químico-físicas, así como antrópica.
- b. **Pendiente.** Es el valor en grados de la inclinación del terreno con característica fisiográfica significativa que forma respecto a la horizontal de una vertiente. Presenta una superficie que va desde terreno llano a muy empinada.
- c. **Geología.** Es una capa dinámica de rocas particulares y sustancias similares que la tierra ha experimentado para formar un cúmulo de particularidades del subsuelo o de la corteza en una región dada de la tierra.
- d. **Geomorfología.** Es una capa dinámica que contiene formas y estructuras, que se ocupa de la clasificación y descripción de las características topográficas con énfasis en su origen, evolución y distribución en el paisaje físico.
- e. **Relieve.** Es un área con variaciones en la elevación, la configuración física o apariencia de la superficie terrestre en términos de forma, orientación, tamaño y pendiente. La superficie terrestre se compone de varias características naturales como cuerpos de agua, vegetación, accidentes geográficos, rocas, etc.

Tabla 2*Parámetros del factor condicionante*

Descriptor (D)	Tipo de suelo (TS)	Pendiente (Pend)	Geología (Geol)	Geomorfología (Geom)	Relieve (Rel)
D1	Condiciones excepcionales	$45^\circ < \text{Pend}$	Depósitos marinos	Terraza marina	Abrupto y escarpado, rocoso
D2	Suelos blandos	$20^\circ < \text{Pend} \leq 45^\circ$	Depósitos eólicos	Colina y lomada en roca sedimentaria	Mesetas y abundantes lagunas
D3	Suelos intermedios	$10^\circ < \text{Pend} \leq 20^\circ$	Fm. Herradura,	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial	Relieve rocoso, escarpado y empinado
D4	Suelos rígidos	$5^\circ < \text{Pend} \leq 10^\circ$	Depósitos aluviales	Llanura o planicie aluvial	Valles estrechos y quebradas profundas
D5	Suelos muy rígidos	$\text{Pend} \leq 5^\circ$	Fm. Marcavilca,	Colina y lomada en roca intrusiva	Generalmente plano y ondulado

Nota. En la tabla se muestran los cinco parámetros del factor condicionante con sus descriptores correspondientes. Para la obtención de los pesos ponderados, se utiliza el proceso de Análisis Jerárquico según lo indicado por el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, segunda versión del CENEPRED, (2014). Se utilizó información física del espacio para la caracterización del espacio geográfico a evaluar.

2.1.3.2. Factor desencadenante. El escenario que se planteó para la evaluación, se considera un sismo superficial desencadenado por colisión de placas tectónicas (Placa Sudamericana con Nazca). Los parámetros considerados en la tabla 3 son: Magnitud sísmica, energía liberada y ruptura de placa.

- a. **Magnitud sísmica.** Es una medida del tamaño o amplitud (escala) de las ondas sísmicas (energía sísmica liberada) generada en el hipocentro y registradas por sismógrafos que corresponde a la escala de Richter. La más utilizada es la escala de momento sísmico (Mw) según el Instituto Geofísico del Perú.
- b. **Energía liberada.** Es el aumento de energía liberada en forma de calor, a partir de un foco llamado hipocentro, irradiado en ondas que está relacionada con la magnitud. La energía se cuantifica en potencias de 10 y a mayor magnitud, mayor será su energía originada por sismo en base a desplazamiento, rigidez del medio y área de ruptura (Udías, 2014).
- c. **Ruptura de placa.** Es un área de cicatriz de sismos de gran magnitud que marcan el camino de la liberación de tensiones acumuladas (Scholz y Campos, 2012). La ubicación de las zonas de ruptura determina la distribución espacial de las lagunas sísmicas que podría desencadenar un sismo en un determinado tiempo.

Tabla 3

Parámetros del factor desencadenante

Descriptor (D)	Magnitud Sísmica (MS)	Energía Liberada (EL)	Ruptura de placa (RP)
D1	$8.0 < MS$	$6.3 \times 10^{23} < EL$	$RP \leq 25 \text{ km}$
D2	$7.0 < MS \leq 8.0$	$8.9 \times 10^{20} < EL \leq 6.3 \times 10^{23}$	$25 \text{ km} < RP \leq 50 \text{ km}$
D3	$5.0 < MS \leq 7.0$	$1.0 \times 10^{19} < EL \leq 8.9 \times 10^{20}$	$50 \text{ km} < RP \leq 100 \text{ km}$
D4	$4.0 < MS \leq 5.0$	$6.3 \times 10^{17} < EL \leq 1.0 \times 10^{19}$	$100 \text{ km} < RP \leq 200 \text{ km}$
D5	$MS \leq 4.0$	$EL \leq 6.3 \times 10^{17}$	$200 \text{ km} < RP$

Nota. En la tabla se muestra los tres parámetros del factor desencadenante con sus descriptores correspondientes, para el análisis se va considerar magnitud sísmica (base de datos del IGP).

2.1.3.3. Referencia del factor desencadenante. Son variables que permiten reconocer los fundamentos en la caracterización de uno o varios elementos que relacionan los datos geográficos usados en la base del diseño estructural de la información (Yilmaztürk y Burton, 1999). Se considera en la tabla 4: Hora epicentral, ubicación epicentral, frecuencia sísmica, duración sísmica y periodo de retorno sísmico.

- a. **Hora epicentral.** Queda establecido por el instante en que se origina el sismo. Las nomenclaturas son numéricas: año/mes/día y hora:minuto:segundo. Se tiene dos formatos de tiempo: Hora UTC (Universal Time Coordinated) se conoce como GMT (Greenwich Mean Time) y Hora local para describir en el país de origen (Red Sismológica Nacional, 2015).
- b. **Ubicación epicentral.** Hace referencia a las coordenadas geográficas en unidades de latitud desde 0° a 90° con orientación al norte (N) o sur (S) y longitud desde 0° a 180° con orientación al este (E) u oeste (O). Además, se asigna zona predeterminada con la nomenclatura de: País, Región y ciudad (International Business Machines Corporation, 2021).
- c. **Frecuencia sísmica (FS).** Se refiere a la cantidad de terremotos que ocurren en una región durante un período de tiempo. Esta medida es importante para comprender la actividad sísmica de una zona y evaluar su nivel de riesgo sísmico (Chen, 2020).
- d. **Duración sísmica.** Es el tiempo total de movimiento del suelo desde la llegada de las ondas sísmicas hasta el regreso a las condiciones ambientales. Gran parte se encuentra en niveles de agitación relativamente bajos (Salmon et al., 1992).
- e. **Periodo de retorno sísmico.** Se basa en eventos sísmicos que ocurrieron que quedaron registrados en el catálogo de sismos, y que volverán a ocurrir con características parecidas, después de un período de tiempo promedio estimado para describir la posibilidad de que suceda (Tsompanakis, 2014).

Tabla 4*Parámetros de referencia del factor desencadenante.*

Descriptor	Hora epicentral HE	Ubicación epicentral UE	Frecuencia sísmica FS	Duración sísmica DS	Periodo de retorno sísmica PRS
D1	00:00 hr < HE ≤ 06:00 hr	Zona 4	1 sismo mayor de 8.0 Mw. por año	5 min < DS	sismo catastrófico o muy raro cada 970 años
D2	18:00 hr < HE ≤ 24:00 hr	Zona 3	150 sismos de 6.0 Mw. a 7.9 Mw. por año	1 min < DS ≤ 5 min	sismo severo o raro cada 475 años
D3	14:00 hr < HE ≤ 18:00 hr	Zona 2	1 500 sismos de 4.0 Mw. a 5.9 Mw. por año	30 s < DS ≤ 1 min	sismo ocasional cada 75 años,
D4	06:00 hr < HE ≤ 10:00 hr	Zona 1	130 000 sismos de 3.4 Mw. a 4.0 Mw. por año	10 s < DS ≤ 30 s	sismo frecuente cada 45 años
D5	10:00 hr < HE ≤ 14:00 hr	Fuera de la zona	1 300 000 sismos menores de 3.4 Mw. por año	DS ≤ 10 s	sismo imperceptible cada año

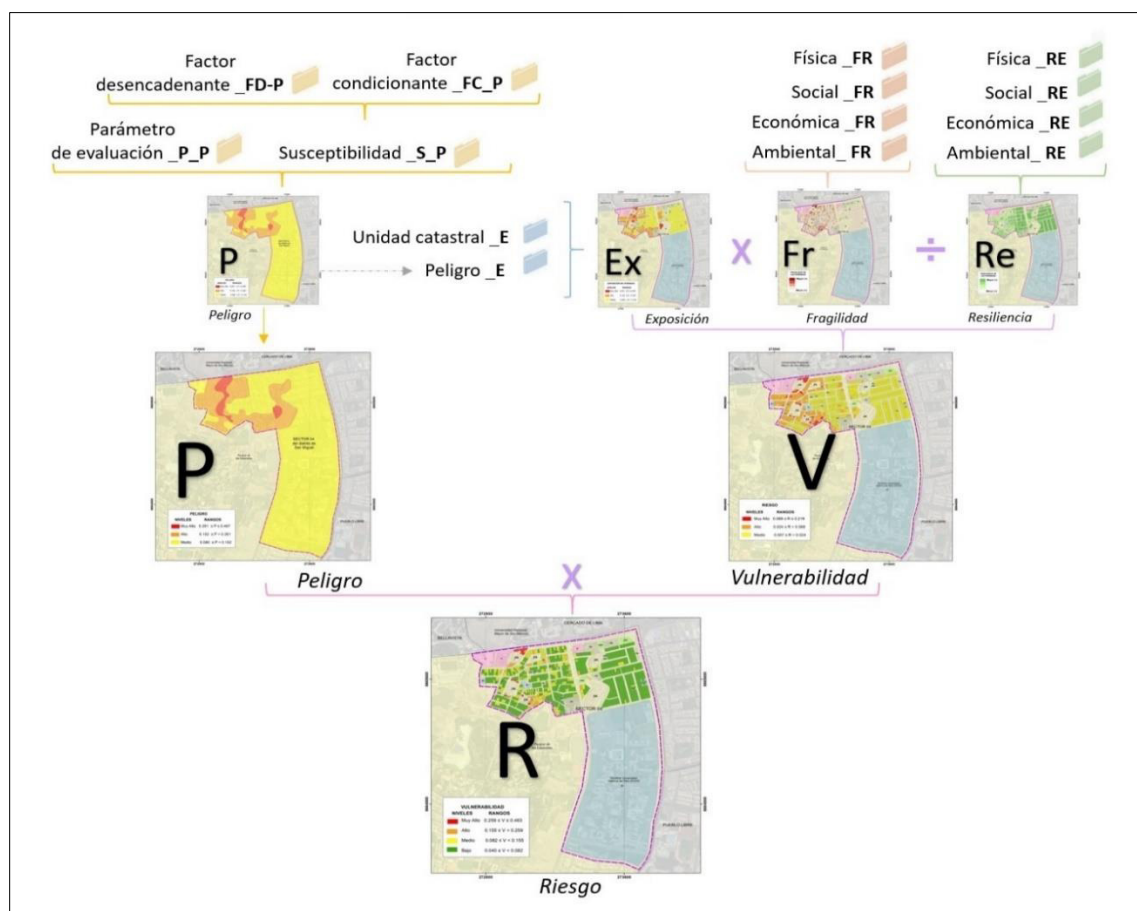
Nota. En la tabla se muestra los cinco parámetros de referencia del factor desencadenante con sus descriptores correspondientes, para la ubicación epicentral se está considerando la zonificación sísmica del Perú, en frecuencia sísmica se está considerando a nivel mundial en magnitud de momento (Mw), en duración sísmica se está considerando segundo (s) y minuto (min). Estos parámetros no son considerados en el análisis y procesamiento SIG.

2.1.4. Vulnerabilidad sísmica

La Ley N° 29664 (D.S. N° 048-2011-PCM), define como la susceptibilidad de la infraestructura urbana, ambiental o actividades socioeconómicas de la población a sufrir daños debido a un peligro originado por sismo. Se refiere a la susceptibilidad de la persona, centro poblado, activo o sistemas expuestas que están determinadas por dimensiones: sociales, físicos, económicos y ambientales sujetos a una determinada probabilidad que sufran daños ante un evento de sismo de gran magnitud (Senouci et al., 2018). En la figura 4, la vulnerabilidad sísmica se relaciona con los Factores de Exposición (F_{Ex}), fragilidad (F_{fr}) y resiliencia (F_{Re}).

Figura 4

Parámetros, dimensiones y factores de la vulnerabilidad, peligro y riesgo



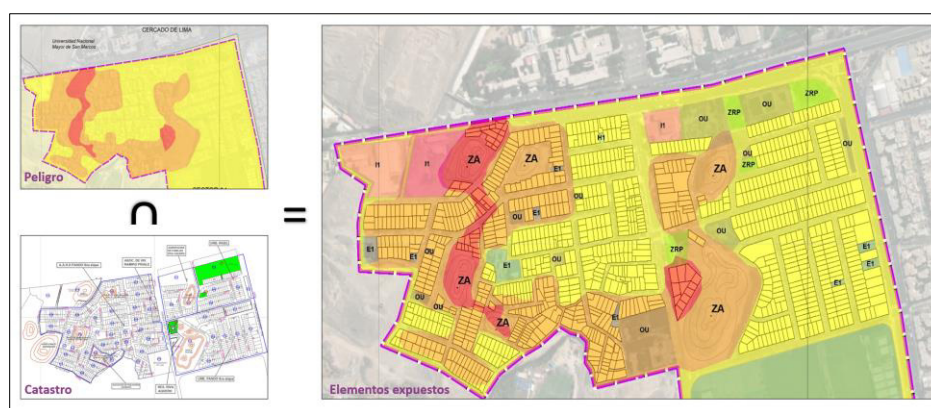
Nota. Esquema simplificado para una mejor percepción para determinar el nivel de riesgo a partir del peligro y vulnerabilidad.

2.1.5. Exposición sísmica

Es una condición de desventaja por la ubicación del entorno construido, de la población, así como la economía, objeto o sistema a sufrir daños y pérdidas (tabla 5) debido al peligro originado por sismo. Se intercepta el mapa de peligro sísmico con el mapa catastral (figura 5), obteniendo elementos expuestos según su nivel que proporciona una mejor comprensión del escenario real (tabla 5).

Figura 5

Elementos expuestos



Nota. Adaptado del proceso de análisis de elementos expuestos, CENEPRED, (2019). Manual para la evaluación del riesgo originado por fenómenos naturales v3.0.

Tabla 5

Elementos expuestos del área de estudio

Dimensión	Tipo de elemento expuesto
Físicos	Viviendas, Centros educativos, centros de salud, centros comerciales.
Sociales	Número de población, número de familias, grupo etario.
Económicos	Servicio de agua potable y servicio de saneamiento, servicios de las empresas eléctricas; servicio de las empresas de distribución de combustible y gas; servicio de empresas de transporte; área agrícola; servicio de telecomunicaciones.
Ambientales	Suelos erosionados, áreas verdes reforestadas, zonas intangibles y cuerpos de agua.

Nota. En la tabla se muestran los elementos expuestos. Según manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, segunda versión del CENEPRED (2014).

2.1.6. *Fragilidad sísmica*

Es importante para la evaluación y la planificación para la seguridad y la resiliencia ante terremotos. Comprender y abordar la fragilidad sísmica es fundamental para reducir el impacto de sismos con magnitud importante en las comunidades y promover entornos contruidos más seguros y sostenibles. (Radu y Grigoriu, 2018).

2.1.6.1. Dimensión física. Se refiere a las características físicas y estructurales que influyen en la vulnerabilidad de una edificación o estructura ante un terremoto, relacionados con el diseño de las viviendas, la construcción según tipo de material, el mantenimiento y la ubicación de estructuras que determinan la capacidad para resistir fuerzas sísmicas y minimizar los daños durante un terremoto. Aspectos importantes de la dimensión física de la fragilidad sísmica (tabla 6).

- a. ***Material predominante en paredes.*** Tipo de material que influye en una estructura continúa de lados verticales de una edificación que cierra o divide un ambiente o que encierra un espacio.
- b. ***Material predominante en techo.*** Tipo de material que predomina en el revestimiento de la superficie horizontal que forma la parte superior interior de la edificación.
- c. ***Material predominante en pisos.*** Material que predomina en una superficie de apoyo continua que se extiende horizontalmente a lo largo de un edificio.
- d. ***Antigüedad de edificación.*** Es un parámetro fundamental para la valoración en años de la edificación y para poder contrastar el estado en el que se encuentra la vivienda.
- e. ***Estado de conservación de edificación.*** Es un parámetro en vista a la conservación de la edificación, construcción y/o de los materiales que han mostrado a lo largo del tiempo su depreciación por antigüedad y en función a los niveles de daños detectados.
- f. ***Número de pisos de edificación.*** Cantidad de superficie plana que se contabiliza desde la vereda del frente de la edificación.

Tabla 6*Parámetros de la dimensión física de la fragilidad sísmica*

Descriptor	Material predominante en paredes	Material predominante en techo	Material predominante en piso	Antigüedad de edificación	Estado de conservación de edificación
D1	Estera y otro material	Otro material	Otro material	50 años < AED	Muy mala
D2	Piedra con barro o Madera	Estera, Paja o hojas de palmera	Tierra	30 años < AED ≤ 50 años	Mala
D3	Adobe o tapia	Plancha de calamina, Caña o estera con torta de barro	cemento	20 años < AED ≤ 30 años	Regular
D4	Piedra o sillar con cal o cemento	Madera o Tejas	Losetas, Láminas asfálticas, vinílicos o entablados	10 años < AED ≤ 20 años	Buena
D5	Ladrillo o bloque de cemento	Concreto armado	Parquet o madera pulida	AED ≤ 10 años	Muy buena

Nota. En la tabla se muestran los cinco parámetros de la dimensión física que corresponden a la fragilidad sísmica con sus descriptores correspondientes. Para la obtención de los pesos ponderados, se utiliza el proceso de análisis jerárquico según lo indicado por el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, segunda versión del CENEPRED. Elaborado con datos de los Censos Nacionales 2017, XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas; ficha de levantamiento de información del Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES).

2.1.6.2. Dimensión social. Referido a la pérdida o deterioro en la detección de personas susceptibles de ser frágiles a la exposición a condiciones críticas que podrían empeorar su condición ante un sismo de gran intensidad. Los principales parámetros considerados son (tabla 7): tipo de acceso a abastecimiento de agua, tipo de discapacidad, tipo de acceso a servicio de alumbrado, tipo de acceso a servicio de alcantarillado y grupo etario.

- a. **Tipo de discapacidad.** Refiere a alguna limitación sensorial, intelectual, mental o física bajo la cual la persona presenta de manera permanente afectando la forma de relacionarse, interactuar y/o participar limitando su respuesta ante un evento sísmico de magnitud importante.
- b. **Tipo de acceso a abastecimiento de agua.** Busca determinar si está cubierto el medio del acceso al servicio de agua potable según tipo en condiciones óptimas para el consumo humano.
- c. **Tipo de acceso a servicio de alumbrado.** Busca determinar si está cubierto el medio del acceso a servicio de alumbrado en condiciones óptimas según tipo para la iluminación del predio.
- d. **Tipo de acceso a servicio de alcantarillado.** Busca determinar si el servicio de acceso está cubierto el medio del acceso en condiciones óptimas que permite el desecho por una vía, que recolecta, transporta y dispone de las aguas residuales que son generadas en las edificaciones.
- e. **Grupo etario.** Es la agrupación de la misma edad o de una edad similar de una categoría del ciclo de vida, según rango de la edad, mínima y máxima de años determinados que comparten un momento vital de ventaja y/o desventaja ante un sismo. Dentro de este grupo también se considera la predominancia de género que cumple el rol de jefe y/o responsable del hogar que tiene a cargo el sustento de todos los integrantes.

Tabla 7*Parámetros de la dimensión social de la fragilidad sísmica*

Descriptor	Tipo de discapacidad	Tipo de acceso a abastecimiento de agua	Tipo de acceso a servicio de alumbrado	Tipo de acceso a servicio de alcantarillado	Grupo etario
D1	Mental o intelectual	Manantial o puquio,	Terreno o campo con luz natural	Río, acequia, canal o similar, campo abierto o al aire libre	De 0 a 5, Mayores de 65 años
D2	Visual	Pozo (agua subterránea, Pílon o pileta de uso público)	vivienda sin alumbrado	Letrina, pozo ciego o negro	De 5 a 12 años y de 60 a 65 años
D3	Para usar brazos y piernas	Camión - cisterna u otro similar	Vivienda con vela o similar	Pozo séptico, tanque séptico o biodigestor	De 12 a 15 años y de 50 a 60 años
D4	Para oír, hablar	Red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación	Vivienda con alumbrado compartido	Red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación	De 15 a 30 años
D5	No tiene discapacidad	Red pública dentro de la vivienda	Vivienda con alumbrado propio	Red pública de desagüe dentro de la vivienda	De 30 a 50 años

Nota. En la tabla se muestran los cinco parámetros de la dimensión social que corresponden a la fragilidad sísmica con sus descriptores correspondientes. Para la obtención de los pesos ponderados, se utiliza el proceso de análisis jerárquico según lo indicado por el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, segunda versión del CENEPRED. Elaborado con datos de los Censos Nacionales 2017, XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas; ficha de levantamiento de PREDES.

2.1.6.3. Dimensión económica. referido a condiciones de vulnerabilidad que tiene la persona de un sistema financiero ante una crisis. Los parámetros considerados en el análisis de la vulnerabilidad sísmica son (tabla 8): Tipo de actividad económica y ocupación laboral de jefe de hogar.

- a. **Tipo de actividad económica.** Actividad económica principal u operaciones económicas que realiza la persona, se encargan de brindar bienes y servicios para generar ingresos para el hogar.
- b. **Ocupación laboral de jefe de hogar.** Es la clase o tipo de ocupación laboral o condición de la actividad económica que realiza la persona responsable y encargada de generar ingresos al hogar.

Tabla 8

Parámetros de la dimensión económica de la fragilidad sísmica

Descriptor	Tipo de actividad económica	Ocupación laboral de jefe de hogar
D1	Sin actividad	Trabajador Desempleado y sin Ocupación
D2	Actividad comercial	Estudiante y Jubilado y no remunerado
D3	Actividad económica servicios	Trabajador Dependiente
D4	Actividad extractiva	Trabajador Independiente
D5	Actividad estado gobierno	Empleador

Nota. En la tabla se muestran los dos parámetros de la dimensión económica que corresponden a la fragilidad sísmica con sus descriptores correspondientes. Para la obtención de los pesos ponderados, se utiliza el proceso de análisis jerárquico según lo indicado por el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, segunda versión del CENEPRED. Elaborado con datos de los Censos Nacionales 2017, XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas; ficha de levantamiento de información del PREDES; Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SIGRID) del CENEPRED; y de visores de mapas: GEOPERU, SAYHUIITE, INEI y GEOIDEP.

2.1.6.4. Dimensión ambiental. Determina el nivel de susceptibilidad, por impactos a los sistemas y recursos naturales, ecológicos de sufrir daños y deterioro. Los parámetros de la fragilidad ambiental considerados en el análisis son (tabla 9): disposición de recursos sólidos y líquidos y cobertura y uso actual del suelo.

- a. **Disposición de residuos sólidos y líquidos.** Hace énfasis a la gestión de residuos, en el tratamiento, recolección y segregación de los diferentes tipos de residuos que genera en el hogar.
- b. **Cobertura y uso actual del suelo.** Esta clasificación recoge una variedad de coberturas del tipo de suelo que varían desde una vegetación completa hasta suelos desnudos o pavimentados.

Tabla 9

Parámetros de la dimensión ambiental de la fragilidad sísmica

Descriptor	Disposición de residuos sólidos y líquidos	Cobertura y uso actual del suelo
D1	Desecha en quebradas, cauces o en patrimonios	Agrícolas u otros usos
D2	Desecha en vías y calles	Industriales
D3	Desecha en botaderos	Vivienda - taller
D4	Desecha en envases	Comercial
D5	Desecha en camión recolector	Residencial

Nota. En la tabla se muestran los dos parámetros de la dimensión ambiental que corresponden a la fragilidad sísmica con sus descriptores correspondientes. Para la obtención de los pesos ponderados, se utiliza el proceso de análisis jerárquico según lo indicado por el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, segunda versión del CENEPRED. Elaborado con datos de los Censos Nacionales 2017, XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas; ficha de levantamiento de información del Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES); Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SIGRID) del CENEPRED; y de visores de mapas: GEOPERU, SAYHUIITE, INEI y GEOIDEP.

2.1.7. Resiliencia sísmica

Es la capacidad de la población y de sus medios para adaptarse, asimilar y recuperarse posterior a un evento sísmico que cubre la zona afectada, comunidades, incluidos los sistemas esenciales y no esenciales. Así como aumentar su capacidad de aprendizaje (Chee et al., 2022).

2.1.7.1 Dimensión física. Es la capacidad de recuperarse, absorber frente a de un riesgo en la edificación. Los principales parámetros considerados son: cumplimiento con norma técnica de edificación y tipo de diseño estructural de edificación (tabla 10).

- a. **Cumplimiento con norma técnica de edificación.** Hace referencia a cumplir un conjunto de normas, reglas, o leyes que regulan en la edificación.
- b. **Tipo de diseño estructural de edificación.** Hace referencia a espacios habitables, refiriéndose al tipo de construcción y el uso asignado de la edificación.

Tabla 10

Parámetros de la dimensión física de la resiliencia sísmica

Descriptor	Cumplimiento con norma técnica de edificación	Tipo de diseño estructural de edificación
D1	Desconocen la existencia.	No destinado para vivienda
D2	Conocen la existencia y no cumplen	Choza, cabaña o vivienda improvisada
D3	Conocen la existencia y cumplen parcialmente	Vivienda en quinta o vivienda en casa vecindad
D4	Conocen la existencia y cumplen mayoritariamente	Departamento en edificio
D5	Conocen la existencia y cumplen totalmente	Casa independiente

Nota. En la tabla se muestran los dos parámetros de la dimensión física que corresponden a la resiliencia sísmica con sus descriptores correspondientes. Para la obtención de los pesos ponderados, se utiliza el proceso de análisis jerárquico según lo indicado por el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, segunda versión del CENEPRED. Elaborado con datos de los Censos Nacionales 2017, XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas; ficha de levantamiento de información del Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES); Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SIGRID) del CENEPRED; y de visores de mapas: GEOPERU, SAYHUIITE, INEI y GEOIDEP.

2.1.7.2. Dimensión social. Se refiere a las influencias externas de nuestro entorno, como los aspectos que provienen de círculos cercanos y afectan nuestra forma de pensar y sentir y actuar. La dimensión social abarca las influencias externas del entorno que afectan nuestra forma de pensar y sentir. Es una disposición que está alusiva a la capacidad para absorber y recuperarse y adecuarse después de la ocurrencia de un evento sísmico. También, genera experiencias, aprendizaje y cultura preventiva que puede aplicar en un contexto de desastre (tabla 11). Los principales parámetros son: Nivel educativo, capacitación en Gestión del riesgo de Desastres, actitud frente al riesgo, tipo de seguro y beneficios de programas sociales.

- a. **Nivel educativo.** Están agrupados por las diferencias de desarrollo formativo de las personas y cómo se estructuran los entornos de aprendizaje para ampliar el acervo de conocimientos.
- b. **Capacitación en Gestión del Riesgo de Desastres.** Genera nuevos conocimientos o en otros, diversas habilidades o aptitud útil y específica que necesitan las personas dentro de la Gestión de Riesgo de Desastres (GRD).
- c. **Actitud frente al riesgo.** Es un estado mental, creencias, comportamientos y/o postura asumida por la persona en reacción al peligro y frente al riesgo originado por un fenómeno natural.
- d. **Tipo de seguro.** Es una manera de estar asegurado en reacción al peligro y frente al riesgo que podrían originarse ante situación imprevista y no estar desprotegidos ante la afectación directa.
- e. **Beneficiario de programas sociales.** Es una forma de elevar las condiciones de habitabilidad que tienen necesidades insatisfechas mediante programas del estado que benefician.

Tabla 11*Parámetros de la dimensión social de la resiliencia sísmica*

Descriptor	Capacitación en gestión del riesgo de desastres	Actitud frente al riesgo	Tipo de seguro	Beneficiario de programas sociales	Nivel educativo
D1	No recibe capacitación	Fatalista, conformista y con desidia	No tiene	Ninguno	Ningún nivel, inicial
D2	Escasamente capacitada	Escasamente previsora	SIS	Papilla o yapita, cuna más y canasta alimentaria	Primaria
D3	Se capacita con regular frecuencia	Parcialmente previsora	Essalud	Vaso de leche o comedor popular	Secundaria
D4	Se capacita con frecuencia	Previsora	FFAA - PNP	Juntos, Pensión 65 u otros	Superior no universitario
D5	Se capacita constantemente	Previsora en su totalidad	Seguro privado y/u otro	Techo propio o mi vivienda	Superior universitario y posgrado

Nota. En la tabla se muestran los cinco parámetros de la dimensión social que corresponden a la resiliencia sísmica con sus descriptores correspondientes. Para la obtención de los pesos ponderados, se utiliza el proceso de análisis jerárquico según lo indicado por el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, segunda versión del CENEPRED. Elaborado con datos de los Censos Nacionales 2017, XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas; ficha de levantamiento de información del Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES); Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SIGRID) del CENEPRED; y de visores de mapas: GEOPERU, SAYHUIITE, INEI y GEOIDEP.

2.1.7.3. Dimensión económica. La capacidad de las personas y/o población para resistir, cambiar y/o recuperarse para alcanzar un nivel aceptable de funcionamiento y organización. Los considerados en el análisis de la vulnerabilidad sísmica son (tabla 12): ingreso familiar mensual promedio y régimen de tenencia de vivienda.

- a. **Ingreso familiar mensual promedio.** Es la totalidad de ingresos regulares percibidos o ganancias mensuales promedio que percibe la persona al hogar, teniendo en cuenta los prorrateos de los ingresos extra y otros ingresos que pueda recibir de forma periódica, aunque no mensualmente.
- b. **Régimen de tenencia de vivienda.** Referido al conjunto de normas y prácticas que regulan la posesión, propiedad y uso de la vivienda. La vulnerabilidad en el contexto del régimen de tenencia de vivienda se refiere a la susceptibilidad de ciertos grupos de población a enfrentar riesgos y desafíos relacionados con la vivienda debido a su situación legal, económica o social.

Tabla 12

Parámetros de la dimensión económica de la resiliencia sísmica

Descriptor	Ingreso familiar mensual promedio	Régimen de tenencia de vivienda
D1	IFM < S/ 500	Cedida por otro hogar o institución
D2	S/ 500 < IFM ≤ S/ 1025	Cedida por el centro de trabajo
D3	S/ 1025 < IFM ≤ S/ 2000	Propia o por invasión
D4	S/ 2000 < IFM ≤ S/ 4000	Alquilada o propia y pagándola a plazos
D5	IFM ≤ S/ 4000	Propia y totalmente pagada

Nota. En la tabla se muestran los dos parámetros de la dimensión económica que corresponden a la resiliencia sísmica con sus descriptores correspondientes. Para la obtención de los pesos ponderados, se utiliza el proceso de análisis jerárquico según lo indicado por el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, segunda versión del CENEPRED. Elaborado con datos de los Censos Nacionales 2017, XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas; ficha de levantamiento de información del Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES); Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SIGRID) del CENEPRED; y de visores de mapas: GEOPERU, SAYHUIITE, INEI y GEOIDEP.

2.1.7.4. Dimensión ambiental. Capacidad de la persona, de la población para asimilar, adaptarse, recuperarse y prepararse ante un evento de peligro sísmico de magnitud importante.

Los principales parámetros considerados en esta dimensión de la vulnerabilidad sísmica (tabla 13) son: cercanía a parques y conocimiento en preservación y conservación.

- a. **Conocimiento en preservación y conservación.** Conocimiento en mantener su estado original o su condición actual mediante diversas medidas a través del uso responsable y protección de los recursos naturales.
- b. **Cercanía a parques.** Es la distancia hacia las áreas verdes extensas que en caso de que la vivienda tenga daños estructurales, los parques son áreas para realizar albergues temporales y/o ayuda humanitaria.

Tabla 13

Parámetros de la dimensión ambiental de la resiliencia sísmica

Descriptor	Cercanía a parques	Conocimiento en preservación y conservación
D1	500 m. \leq CPA	Desconocimiento de la población
D2	250 m. $<$ CPA \leq 500 m.	Escaso conocimiento de la población
D3	100 m. $<$ CPA \leq 250 m	Regular conocimiento de la población
D4	50 m. $<$ CPA \leq 100 m.	La mayoría de población tiene conocimientos
D5	CPA $<$ 50 m.	Toda la población tiene conocimiento

Nota. En la tabla se muestran los dos parámetros de la dimensión ambiental que corresponden a la resiliencia sísmica con sus descriptores correspondientes. Para la obtención de los pesos ponderados, se utiliza el proceso de análisis jerárquico según lo indicado por el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, segunda versión del CENEPRED. Elaborado con datos de los Censos Nacionales 2017, XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas; ficha de levantamiento de información del Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES); Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SIGRID) del CENEPRED; y de visores de mapas: GEOPERU, SAYHUIITE, INEI y GEOIDEP.

2.1.8 Riesgo sísmico

El riesgo sísmico se puede definir como la probabilidad (valor) que causa pérdidas (incluye vidas humanas, trastornos sociales, daños materiales, causar impacto en la economía y al entorno ambiental) por un evento sísmico devastador en un período de tiempo determinado; estas pérdidas a resultado de la condición de vulnerabilidad (CENEPRED, 2014). Por lo tanto, el riesgo sísmico se puede expresar mediante la siguiente expresión que consiste en sumar los valores de parámetro de evaluación y susceptibilidad para determinar el peligro. El resultado se multiplica con el valor de la vulnerabilidad (V) representados por la exposición (F_{Ex}), fragilidad (F_{Fr}) y resiliencia (F_{Re}). Para cartografiar el nivel de riesgo a una escala sectorial de un distrito en este marco ocurre en tres etapas: la primera en definir el valor del peligro sísmico (P_S); segundo en determinar el valor de la vulnerabilidad sísmica (V_S) y tercero en determinar el nivel del riesgo (N_R).

$$RS_{ie} \Big|_t = \int ((P + S)_i * (Ex * Fr/Re)_e \Big|_t$$

La fórmula es adaptada de (CENEPRED, 2014), Donde: RS es riesgo sísmico; P es valor del parámetro de evaluación; S es valor de susceptibilidad; Ex es exposición; F es fragilidad; R es resiliencia; i es peligro con la intensidad mayor o igual a i ; e es vulnerabilidad en área delimitada; t es Periodo.

La base de datos geográfica de tipo vectorial del peligro (P), vulnerabilidad (V) y riesgo (R) están compuestas por cuatro (04) niveles: muy alto (descriptor 1), alto (descriptor 2), medio (descriptor 3) y bajo (descriptor 4). Comprendidos entre rango de valores de tres decimales, mediante el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) de Saaty (Anexo V) y utilizando SIG, que se realiza con el programa ArcGIS. Obteniendo como resultante información espacial, representada por valores. La capa de información generada es el resultado preliminar de la operación y composición de otras capas.

2.1.9. Zona urbana sostenible

Es aquella en la que el daño al medio ambiente es mínimo, la base económica es sólida, los recursos se asignan de manera justa y los puestos de trabajo son seguros, y existe un fuerte sentido de comunidad, con la población local involucrada en las decisiones que se toman. La vida en una zona urbana sostenible incluye varios objetivos, incluido el uso de recursos, la eficiencia, el uso del transporte público, seguridad, salud, recursos y servicios accesibles (Mitlin, 2022).

A medida que las ciudades continúan creciendo, las autoridades deben pensar en cómo satisfacer las necesidades de los residentes: vivienda, alimentos, agua limpia, aire limpio, transporte, energía, etc. Dado que los entornos urbanos son únicos en términos de uso del suelo, población y factores económicos; el entorno urbano se enfrenta a retos particulares de sostenibilidad, como la contaminación, la protección de los ecosistemas y las tierras de cultivo, y los recursos energéticos. Para crear áreas sostenibles, las soluciones a estos problemas deben considerar las dimensiones: física, social, económica y ambiental.

a. Dimensión física. Está relacionada a entorno físico de los activos, sistemas de infraestructura y conectividad de la población, o localidad: sistema de movilidad urbana, área recreativa, viviendas, el sistema energético, el sistema de suministro de recurso hídrico, sistema de desagüe, instalaciones sanitarias, sistema de manejo de residuos sólidos, sistema de drenaje, etc., todos integrados mediante el uso de tecnología. Lo que se busca es alcanzar una energía limpia y sostenible que contribuya al desarrollo de la ciudad y asegure su sostenibilidad.

b. Dimensión social. Enfatiza la variedad de factores que permiten a una persona relacionarse con otras. Está relacionada al entorno social, que busca el beneficio de las personas y su entorno, ofreciendo seguridad, salud, bienestar y crecimiento económico. También, mejorando la condición de habitabilidad de la ciudadanía sin comprometer sus

necesidades. Por último, su integridad, protección y gobernanza, un esfuerzo por mantener la sostenibilidad de los recursos disponibles (Mohiuddin, 2022).

c. Dimensión económica. Capacidad de generar valor de forma responsable, está relacionada al entorno económico, que fomente la innovación, el emprendimiento, la productividad, así como la competitividad y la conexión que se basa en la transferencia de información y datos a través de diferentes redes, donde ofrece aplicaciones que contribuyen al desarrollo de actividades económicas, lo que ayuda a llegar a las formas más adecuadas para preservar y desarrollar los recursos básicos de manera que se mantengan (Wang, 2022).

d. Dimensión ambiental. Está relacionada al entorno ambiental, paisajístico, la diversidad de ecosistemas y el entorno antrópico que consiste en el desarrollo armónico. Busca que la planificación urbana y gestión de los recursos, los procesos y productos deben ser amigables con el entorno ambiental, prevenir la contaminación y manejar los recursos naturales de manera adecuada, con diseño de productos verdes, lo que contribuye a su preservación y desarrollo de acuerdo con los conceptos de sostenibilidad Ambiental (Cepeliauskaite y Stasiskiene, 2020).

2.1.10. Geotecnologías

Las geotecnologías son el conjunto de métodos, técnicas y herramientas para gestionar la información geográfica digital, incluyendo tecnologías para adquirir, analizar y difundir esta información (Song y Wu, 2021). Existe un vínculo dinámico entre los mapas mostrados y los datos georreferenciados almacenados, lo que significa que un cambio en los mapas lleva a un cambio en la base de datos y viceversa. Es un término general para las tecnologías modernas que obtienen, almacenan, administran, procesan, analizan y aplican información geográfica (Breunig et al, 2020). Una tecnología de la información moderna, que combina la tecnología espacial, la tecnología de sensores, la tecnología de posicionamiento y navegación por satélite, la tecnología y las comunicaciones (Mesas, 2020). Sus objetivos son la recopilación,

procesamiento, gestión, análisis, expresión, transmisión y aplicación integral de la información espacial.

2.1.11. Sistema de Información Geográfica

En cuanto a los SIG, son una colección de equipos tecnológicos y datos geográficos utilizados para organizar y visualizar, realizar análisis en el entorno espacial y crear cartografía e información tabular espacial. Para Muenchow et al. (2019) y Wang et al. (2019), son ampliamente utilizados en diversos campos y en planificación urbana, y estudios ambientales. La Introducción al SIG escrita por Chen (2019) definió los SIG de la siguiente manera: compuesto de computadoras, datos geográficos y usuarios, a través de la integración, almacenamiento, recuperación, manipulación y análisis de datos geográficos, genera y produce una variedad de información geográfica, proporciona nuevos conocimientos para la gestión de recursos, el control ambiental, el transporte, la construcción económica, la planificación urbana y la administración gubernamental, y sirve para el diseño de ingeniería y la gestión. Permiten a los usuarios comprender los datos geográficos más fácilmente mediante la visualización. Tomar decisiones basadas en la geografía es fundamental para el pensamiento humano instintivo. Un sistema SIG es, por tanto, una herramienta tecnológica para comprender la geografía y tomar decisiones inteligentes.

2.1.11.1. Características de un SIG. Es un sistema informático; por otro lado, se trata de datos que están relacionados con ubicaciones en la superficie de la Tierra. Hay muchas fuentes científicas de SIG, como la cartografía automatizada, la arquitectura del paisaje y la planificación de la sensibilidad medioambiental, los estudios urbanos, las estadísticas de población, etc. Ahora, en general se creía que los SIG se originan a partir de mapas, especialmente la tecnología de cartografía computarizada. Sin embargo, debido a la participación de otras disciplinas y la madurez del propio SIG, la relación original ya no parece

precisa; por el contrario, la cartografía se ha convertido en una materia básica de la ciencia y la tecnología (Bernhardsen, 2020).

2.1.11.2. Componentes de un SIG. Al igual que otras tecnologías de la información, un SIG requiere los siguientes componentes fundamentales: datos, procedimientos, software, hardware y recurso humano (Leblon, 2013).

- a. **Datos.** Son los insumos necesarios que contienen información geográfica vital para la existencia de los SIG. Los datos admitidos son cualquier tipo de datos espaciales de vector y tipos de ráster, así como datos de atributos.
- b. **Procedimientos.** Metodologías a seguir que se aplican sobre los datos. Además de datos de entrada, análisis espacial y modelado.
- c. **Software.** El software SIG, ya sea comercial o de código abierto, incluye programas y aplicaciones para ser ejecutados por una computadora para la gestión, el análisis, la visualización de datos y otras tareas.
- d. **Hardware.** El hardware SIG incluye computadoras para procesamiento, almacenamiento de datos y entrada/salida; impresoras y plotters para informes y mapas impresos; digitalizadores y escáneres para la digitalización de datos espaciales; y GPS y dispositivos móviles para trabajo de campo.
- e. **Recurso Humano.** Definen el propósito y los objetivos del uso de SIG e interpretan y presentan los resultados. Son los usuarios con diferentes privilegios que brindan servicio, analizan datos, organizan procedimientos y productos finales.

2.1.11.3. Aplicaciones de los SIG. Desde sus inicios, el SIG ha sido importante en el monitoreo de zonas ribereñas, la gestión, la planificación urbana y la evaluación, se tiene aplicaciones en varios campos: agricultura; silvicultura; gestión de recursos y medio ambiente; evaluaciones y predicciones de recursos minerales; hidrología y conservación del agua; planificación y gestión urbana; evaluación y predicción de desastres; asuntos de gobierno

electrónico y aplicaciones de SIG integrados según Mandel et al. (2020), Chaminé et al. (2021), Nijhuis (2016), Jia et al. (2017) y Chen (2019).

- a. **En agricultura.** Los SIG se han aplicado en el campo de la agricultura, incluida la gestión de la toma de decisiones sobre tierras y recursos, información sobre recursos agrícolas, planificación agrícola regional, gestión de la circulación de granos y toma de decisiones sobre la producción de alimentos. Han logrado buenos beneficios sociales y económicos.
- b. **En silvicultura.** Actualmente, las aplicaciones de SIG en silvicultura incluyen el monitoreo y manejo del medio ambiente y los desastres forestales; encuestas forestales; análisis y evaluación de los recursos forestales; ajuste estructural forestal; gestión de bosques; y monitoreo y manejo de la vida silvestre.
- c. **En gestión de recursos y medio ambiente.** Con el desarrollo continuo de la tecnología, las aplicaciones en la ciencia de la tierra incluyen la evaluación, la planificación, la clasificación y el mapeo del uso y la cobertura de la tierra, y el monitoreo dinámico del uso y la cobertura de la tierra. La tecnología SIG tiene un papel en la compilación de mapas de uso del suelo, cálculo y agregación de datos, análisis espacial, etc.
- d. **En evaluaciones y predicciones de recursos minerales.** La aplicación de la tecnología SIG en la prospección de minerales es más extensa y ha formado una serie de nuevos métodos y formas de pensar en la predicción de minerales. El software se puede utilizar para analizar la información geológica de múltiples fuentes y para delinear una posición favorable para la formación de minerales. La adopción de tecnologías de almacenamiento de datos y minería de datos para realizar la gestión integrada de información geográfica de múltiples fuentes y la extracción de patrones latentes de los datos.
- e. **En hidrología y conservación del agua.** El uso de SIG puede resolver eficazmente el problema de cantidad e información insuficientes en el estudio de modelos hidrológicos durante mucho tiempo, así como enriquecer los contenidos de investigación de

hidrogeología y mejorar la precisión de predicción y estimación de hidrología modelos Aplicaciones que consiste en sistemas de información de monitoreo dinámico para cuencas hidrográficas mediante un sistema de transmisión en tiempo real para el monitoreo de desastres por teledetección aérea y se aplicó al monitoreo de inundaciones.

- f. ***En planificación y gestión urbana.*** La tecnología SIG ha sido útil en la gestión urbana, y muchas ciudades, han establecido sistemas de gestión SIG urbanos relativamente perfectos. Las principales aplicaciones son la ordenación y gestión del territorio; planificación y gestión de la utilización de recursos; planificación y gestión ambiental; planificación y gestión urbana; y gestión y control del tráfico. Se discute las perspectivas de aplicación y el esquema de implementación de los SIG para el control urbano en áreas densamente pobladas.
- g. ***En la evaluación y predicción de desastres.*** La tecnología SIG se puede utilizar para el seguimiento, la previsión, la evaluación, el seguro contra desastres, el socorro y monitoreo en casos de desastre, el rescate de emergencia y la recuperación posterior al desastre para una variedad de desastres.
- h. ***En asuntos de gobierno electrónico.*** La primera información permite tomar las mejores decisiones. Los SIG utilizan su propia base de datos a través de la construcción y el análisis de una serie de modelos de decisión para y proporcionar para la toma de decisiones. Estos sistemas proporcionaron al gobierno central información geoespacial y mejoraron el nivel de procesamiento comercial integral y la toma de decisiones científicas.
- i. ***Aplicaciones de SIG integrados.*** Con el desarrollo de hardware integrado, sistemas operativos integrados, tecnología de navegación y posicionamiento y tecnología de Internet móvil, los SIG integrados se han utilizado cada vez más en la construcción económica y la modernización. Los principales campos de aplicación incluyen militar y defensa; adquisición de datos de campo; vehículos inteligentes; transporte inteligente;

aparatos de información; controles industriales; ingeniería ambiental y monitoreo en tiempo real de datos hidrológicos naturales; y usuarios personales.

2.1.11.4. El futuro de los SIG. Se ha convertido en una plataforma interoperable (Tecnología SIG) gracias a la tendencia hacia la computación y la información en línea en tiempo real. Los SIG desempeñarán un papel clave crucial en la comprensión y solución de la problemática como la expansión, la naturaleza y la contaminación, utilizando el lenguaje de computadora común de la cartografía digital. El desarrollo de soluciones SIG web y plataformas en la nube ha facilitado el almacenamiento de datos geoespaciales. Esto permite a los usuarios producir y acceder a estos datos sobre la marcha desde cualquier lugar. La integración de la Inteligencia Artificial (IA) y la Realidad Virtual (RV) con la ubicación y la información geoespacial es el camino a seguir. La combinación del poder del aprendizaje automático con el análisis de datos espaciales ha llevado, que ahora permite una forma nueva, más inteligente y eficiente de planificar la infraestructura.

2.1.12. Tendencias de las tecnologías

Otras tendencias en tecnología tenemos: Detección remota, el Sistema de Posicionamiento Global y tecnología terrestre digital asociados a zona urbana inteligente.

- a. **La tecnología de detección remota.** Utiliza plataformas a gran altura o del espacio exterior para recopilar datos sobre la superficie de la tierra utilizando varios equipos de sensores (cámaras, escáneres, radares, etc.), se basa en el procesamiento de datos para estudiar las formas, los tamaños, las ubicaciones y la naturaleza de los objetos terrestres, así como sus relaciones con el medio ambiente según Mulder et al. (2011) y Sishodia et al. (2020).
- b. **El sistema de posicionamiento global.** Es un sistema inalámbrico de medición del tiempo, posicionamiento y navegación basado en tecnología satelital para servicios

tridimensionales de navegación, posicionamiento y tiempo de alta precisión en cualquier parte del mundo, independientemente del clima, a altas velocidades (Kumar y Moore, 2002). Se usa ampliamente en topografía geodésica, topografía de ingeniería, fotografía aérea, navegación y control de medios de entrega, medición de los movimientos de la corteza terrestre, exploración de recursos, geodinámica y otros campos.

c. **Zona urbana inteligente.** Los avances en ciencia, ingeniería y tecnología conducen a una mejor salud y vidas más prósperas para miles de millones de personas, las ciudades inteligentes son ampliamente vistas como asentamientos urbanos que adoptan tecnologías de la era espacial, para abordar varios desafíos de urbanización como un entorno urbano donde la tecnología permite una relación eficiente entre los datos y sus aplicaciones para ofrecer un entorno receptivo, resistente y saludable. Además, comparten el objetivo de tomar mejores decisiones, lo que es posible gracias al acceso sin precedentes a la información de datos y la agregación en conocimientos útiles, lo que conduce a mejorar las condiciones de habitabilidad. El desarrollo de la inteligencia artificial es otro factor crítico que permite analizar los datos disponibles. El concepto de una ciudad o sector inteligente, particularmente el desarrollo sostenible de las ciudades inteligentes, se ha vuelto popular durante las últimas dos décadas, no solo entre los estudiosos de la tecnología, la ciencia, la planificación urbana y ambiental, sino también entre los responsables de generar políticas urbanas y los profesionales. Las tecnologías digitales son un poderoso facilitador para estimular cambios paradigmáticos en las visiones, estrategias, implementación y aprendizaje relacionados con el desarrollo urbano. Tenemos las dimensiones de una ciudad inteligente:

- **Gobernanza inteligente.** La gobernanza inteligente es una dimensión de la ciudad inteligente que significa una gobernanza que se implementa de manera inteligente. La gobernanza puede cambiar los patrones tradicionales en la burocracia para producir

un proceso comercial que sea más rápido, más efectivo, eficiente y comunicativo y que siempre realice mejoras. Los factores de éxito importantes para la gobernanza inteligente son institucionales, organizacionales y de liderazgo. El objetivo de la gobernabilidad inteligente es lograr una gobernabilidad del gobierno local y un servicio civil efectivos, eficientes y comunicativos y continuar mejorando el desempeño burocrático a través de la innovación y la adopción de tecnología integrada. Los patrones tradicionales de gobernanza se pueden cambiar de varias maneras, pero la adopción de tecnología acelerará estos cambios (Jiang et al. 2020).

- **Economía inteligente.** Una economía inteligente en una ciudad inteligente tiene como objetivo crear un ecosistema económico en la región que pueda enfrentar los desafíos en una era de información disruptiva y requiere un nivel rápido de adaptación. El objetivo de la dimensión de economía inteligente es crear un ecosistema que apoye las actividades económicas de la comunidad que estén en línea con los sectores económicos líderes regionales que se adapten a los cambios que ocurren en la era de la información actual, así como mejorar la educación financiera de la comunidad a través de varios programas, incluida la creación de una sociedad sin dinero en efectivo. Este objetivo se realiza mediante el desarrollo de tres elementos en la economía inteligente: industria, bienestar y transacción (Kumar y Dahiya, 2016)
- **Vida inteligente.** La vida inteligente es una dimensión de la ciudad inteligente para garantizar la viabilidad del nivel de vida de sus residentes. La viabilidad de este nivel de vida se puede evaluar a partir de tres elementos: viabilidad del patrón de vida (armonía), viabilidad de la calidad de la salud (salud) y viabilidad del modo de transporte (movilidad). Estos elementos apoyan la movilidad de personas y bienes en una ciudad inteligente (Chang y Smith, 2023).
- **Sociedad inteligente.** Una sociedad inteligente es una dimensión de ciudad inteligente

que se centra en los seres humanos como el elemento principal de una ciudad. En una ciudad inteligente, la interacción humana se ha movido hacia un ecosistema socio-técnico donde las dimensiones físicas y virtuales de la vida están cada vez más entrelazadas. El objetivo de una sociedad inteligente en una ciudad inteligente es crear un ecosistema sociotécnico de una sociedad humanista y dinámica, tanto física como virtual, para crear una sociedad productiva, comunicativa, interactiva y altamente alfabetizada digitalmente. El objetivo de la sociedad inteligente se realiza mediante el desarrollo de tres elementos en la sociedad inteligente: comunidad, aprendizaje y seguridad según Deguchi et al. (2020).

- **Entorno inteligente.** El entorno inteligente está tan preocupado por el medio ambiente en el desarrollo urbano como por la infraestructura física para los residentes. Un entorno inteligente en una ciudad inteligente tiene como objetivo lograr un desarrollo sostenible que haga de los elementos tecnológicos el elemento impulsor, incluida la protección, los residuos y la energía (Hutton, 2005). Un entorno inteligente en una ciudad inteligente busca crear un ecosistema regional adaptable a la era de la información. Se enfoca en alinear las actividades en los sectores, mejorar la educación, acceso a la salud, a la recreación, un transporte eficiente y una sociedad con cultura. Esta visión de un entorno inteligente implementa elementos como: industria, bienestar y transacciones.

III MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

El diseño de la investigación es no experimental, porque estudia y busca determinar el peligro (N_P) y vulnerabilidad (N_V) sin provocar alteración y/o manipulación deliberada de las variables (Hernández et al., 2014). Con los resultados preliminares, se determinó el nivel de riesgo (N_R) en el sector 04 de la MDSM.

El tipo de investigación es Aplicada, porque busca encontrar una solución específica e identificable para un problema. Esto se basa en la identificación de la problemática y la búsqueda de una estrategia de solución. También está relacionado con el "objetivo 11, ciudades y comunidades sostenibles" de los ODS de La Agenda 2030 (Naciones Unidas, 2018, p. 51). También, es de tipo Evaluativa, debido a la utilización de conocimiento científico orientado a evaluar para determinar el N_P , N_V y N_R .

El nivel de la investigación es descriptivo, porque describe las características y componentes del riesgo sísmico (peligro y vulnerabilidad) en el distrito estudiado. Se tiene como resultado: valores numéricos y porcentuales (descriptores, parámetros, dimensiones e indicadores).

Tiene un enfoque mixto: cualitativo (hoja de análisis) y cuantitativo (cuestionario) para la recolección y análisis de información espacial con el propósito de describir, interpretar, entender los parámetros, factores, dimensiones e indicadores, de sus implícitos como lo son: el N_P , N_V y N_R .

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. *Ámbito temporal*

La investigación se realizó durante el confinamiento (causada por el virus SARS-CoV-2), desde el mes de marzo del 2022 hasta diciembre del 2023 (post-pandemia). Durante ese periodo se realizaron actividades de manera remota y de campo, entre ellas: revisión

bibliográfica respecto a Tecnologías de Información Geográfica (TIG), peligro sísmico, vulnerabilidad sísmica y riesgo sísmica; consulta a evaluadores de riesgo originado por sismos; gestión de permisos; diseño para una mejor percepción del evento sísmico; procesamiento de la información en software especializados y redacción del informe final.

3.2.2. *Ámbito espacial*

La investigación se realizó en el sector 04 del Distrito Municipal de San Miguel, en Lima Metropolitana, de la región Lima, Perú.

3.3. Variables

Según corresponda al objetivo de la investigación se tiene como primera variable (V1) a riesgo sísmico y segunda variable (V2) a zona urbana sostenible.

3.3.1. *Variable Independiente*

Riesgo sísmico (V1), es la probabilidad de pérdidas originado por sismos de magnitud importante en un período de tiempo, generando mortandad, daños materiales, impacto económico, trastornos sociales y daño al entorno ambiental debido a la fragilidad y a las condiciones de vulnerabilidad. (Tabla 14).

Tabla 14

Primera variable de la investigación

Variable	Indicador	Unidad de medida	Escala	Instrumento de investigación
V1 Riesgo sísmico	Peligro sísmico	Calificación	(1) Baja (2) Medio (3) Alta (4) Muy alta	Hoja de análisis
	Vulnerabilidad sísmico	Calificación	(1) Baja (2) Medio (3) Alta (4) Muy alta	Hoja de análisis

Nota. En la primera variable (V1), la escala es: ordinal por niveles.

3.3.2. Variable Dependiente

Zona urbana sostenible (V2), es un área dentro de una ciudad que está preparada y equipada para recuperarse y resistir los efectos de los terremotos de manera segura, eficiente y sostenible, donde se integran armoniosamente los aspectos ambientales, sociales, económicos y ambientales, con el objetivo de mejorar las condiciones de los habitantes y garantizar la viabilidad del desarrollo urbano a largo plazo (Mitlin, 2022). Sus dimensiones son: Entorno social, entorno social, entorno económico y entorno ambiental (tabla 15).

Tabla 15

Segunda variable de la investigación

Variable	Indicador	Unidad de medida	Escala	Instrumento de investigación
V2 Zona urbana sostenible	Factor físico	Calificación	(1) Muy baja (2) Baja (3) Medio (4) Alta (5) Muy alta	Cuestionario
	Factor social	Calificación	(1) Muy baja (2) Baja (3) Medio (4) Alta (5) Muy alta	Cuestionario
	Factor económico	Calificación	(1) Muy baja (2) Baja (3) Medio (4) Alta (5) Muy alta	Cuestionario
	Factor ambiental	Calificación	(1) Muy baja (2) Baja (3) Medio (4) Alta (5) Muy alta	Cuestionario

Nota. En la segunda variable (V2), la escala es: ordinal por niveles.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

El distrito de San Miguel comprende de una población de 155.384 habitantes, (INEI, Censos Nacionales 2017 XII Población y VII de Vivienda, 2017), en la zona de estudio existe

una población de 12720 habitantes aproximadamente la cual conforma 1080 predios, que comprende el sector 04 del distrito de San Miguel.

3.4.2. Muestra

Conociendo el universo de 1080 lotes, que es inferior a 100,000, se calcula el tamaño de muestra para una población finita, sabiendo el margen de error aceptado, el nivel de confianza y el valor de confianza (tabla 16).

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{E^2 (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Nota: n = Tamaño de la muestra a determinar; Z = Nivel de confianza de la muestra = 1.960; N = Número de las Viviendas = 1080; P = Probabilidad de éxito = 95% = 0.95; q = Probabilidad de fracaso = 0.05; E = Margen del error aceptado = 5% = 0.05

Tabla 16

Cálculo de tamaño de una muestra por nivel de confianza

Precisión de error pq-E ²	% de Error aceptado	% éxito	Valores de confianza
0.01	01%	99%	2.560
0.03	03%	97%	2.170
0.05	05%	95%	1.960
0.07	07%	93%	1.950
0.09	09%	91%	1.70

Nota. Con el fin de determinar la cantidad de elementos en la muestra, se utilizó la técnica del muestreo probabilístico.

$$n = \frac{(1.960)^2 * 0.95 * 0.05 * 1080}{(0.05)^2 (1080 - 1) + 1.960^2 * 0.95 * 0.05} = \frac{3.8416 * 0.95 * 0.05 * 1080}{0.0025 (1079) + 3.8416 * 0.95 * 0.05} = \frac{197.07}{2.88}$$

n = en consecuencia para la investigación se utilizaron: 68 predios, siendo una muestra representativa en la zona de estudio.

3.5. Instrumentos

La técnica de investigación utilizado es la observación y la encuesta, los instrumentos con hojas de análisis y cuestionarios. Se verificó los resultados mediante jerarquía,

modelamiento y cálculos. La información se sistematizó y digitaliza en formatos vectorial, ráster o alfanumérico, utilizando varios materiales, equipos y software.

Para llevar a cabo la presente investigación se utilizó insumos cartográficos (tabla 17), se utilizó para el presente estudio para generar productos cartográficos.

Tabla 17

Insumos cartográficos

Insumos	Descripción
Datos tabulares	Para la identificación del peligro y análisis de la vulnerabilidad.
Datos ráster	Información de la cartografía digital en diferentes formatos de salida proporcionados por satélite, drone y por cámara digital.
Datos vectoriales	Información de datos geográficos en diferentes formatos de salida, favoreciendo las relaciones de elementos y haciendo a estos archivos los más óptimos al realizar un análisis entre unidades espaciales.

Nota. elaboración propia.

Se utilizaron diversos equipos en campo y en gabinete para el procesamiento de la información y la redacción de la tesis (tabla 18).

Tabla 18

Equipos utilizados

Equipos	Descripción
Laptop core i9	Para la sistematización y procesamiento de la información en software especializado en SIG (Sistema de Información Geográfica), producción cartográfica y redacción de la tesis.
Cámara fotográfica	Se hará uso para recolectar las características físicas de las edificaciones del área de estudio en la urbanización de Pando, sector 04 del distrito de San Miguel – Lima.
Drone Mavic 2 pro	Para complementar la información visual del campo y cartografiar el estado situacional mediante ortofotos, mapas de elevación, nubes de puntos y curvas de nivel capturadas con cámaras de alta resolución.
GPS de Navegador	Para levantamientos de puntos en campo y acceso a diferentes servicios de ruta y navegación.

Nota. Elaboración propia

Para llevar a cabo este estudio se utilizaron diversos programas informáticos de ingeniería para la evaluación y análisis (tabla 19).

Tabla 19

Programas utilizados

Programas	Descripción
ArcGIS 10.8	Es el software más importante para la realización de este estudio, ya que en ella se plasmará toda la información cartográfica y se realizará el procesamiento y análisis para la determinación de los escenarios de riesgo.
AutoCAD 2020	Para la visualización y edición de información vectorial. Se hará uso para la identificación de los lotes, así como la forma de construcción; además servirá para exportar al formato shp en el programa ArcGIS
Microsoft Excel 2013	Para la elaboración de todo tipo de cálculos, tablas, gráficos, así como el manejo y procesamiento de datos.
Microsoft Word 2013	Para la elaboración de todo tipo de documentos, para la elaboración de la tesis
Pix4D	Software especializado completo y flexible, que incluye planificación del vuelo, adquisición de imágenes, procesamiento de datos en computadora y en la nube.

Nota. Elaboración propia

3.6. Procedimiento

De acuerdo al objetivo principal de la tesis, tendrá tres etapas fundamentales en la investigación (figura 6).

3.6.1. Primera actividad

Se delimitó la zona de estudio, se generó mapas base para la etapa de actividades en campo, se realizó búsqueda en páginas webs oficiales de instituciones nacionales y/o privadas. Se verificó que el tiempo meteorológico sea óptimo para realizar actividades de levantamiento de información. Se revisaron estudios sobre Tecnologías de Información Geográfica, peligro, vulnerabilidad y riesgo sísmico aplicados en zonas costeras. Se recopilaron datos para la sistematización de la información y análisis vectorial, ráster y tabular referente el NP, NV y NR. Luego se identificaron los parámetros y descriptores del peligro y vulnerabilidad para el análisis.

3.6.2. Segunda actividad

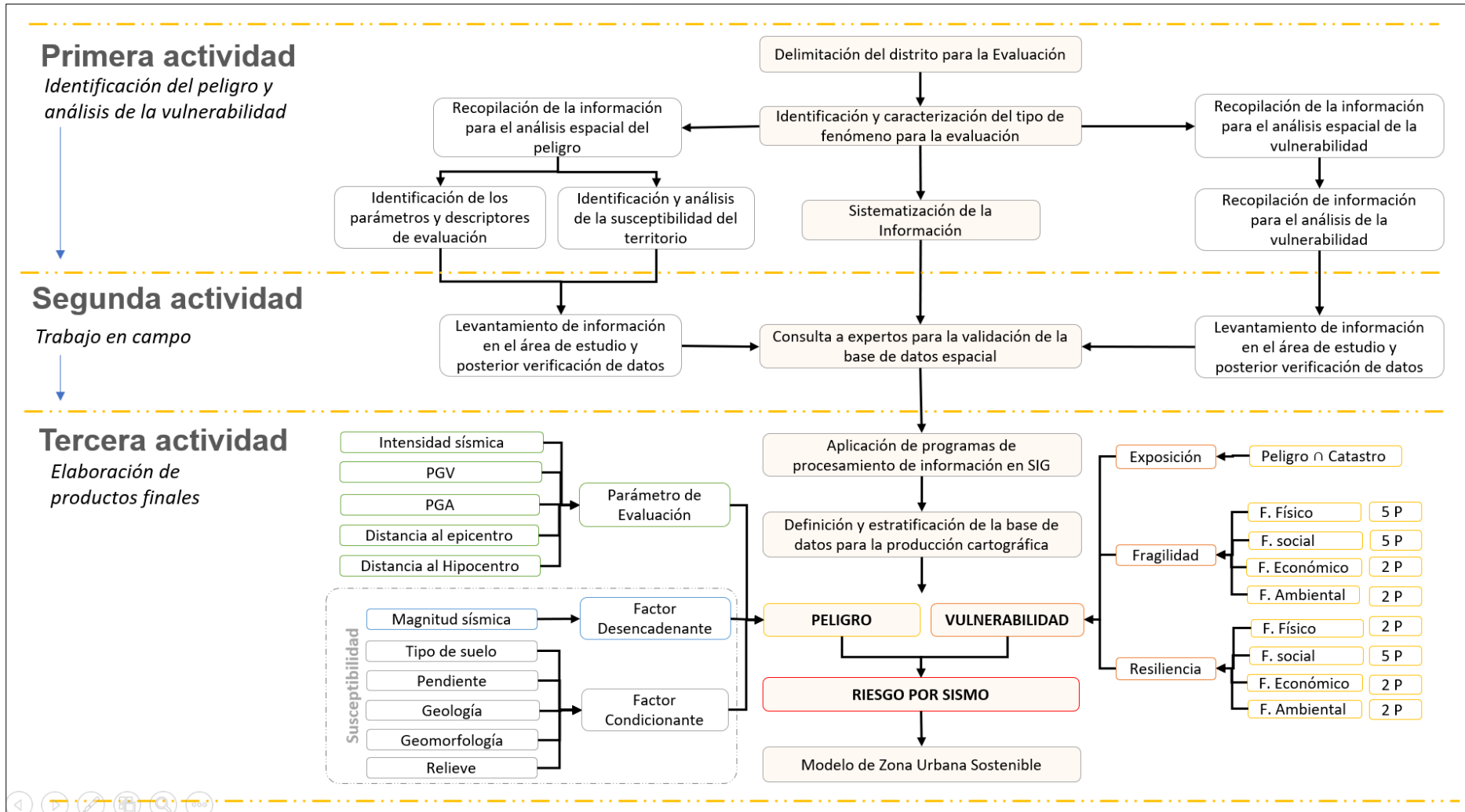
Se realiza el reconocimiento de la zona de estudio, la señalización, instalación, colocación de puntos de control y ejecución del plan de vuelo para la obtención de ortofotos. También, se realizó el levantamiento de información utilizando los instrumentos en la zona de estudio y posterior verificación y contrastación de los datos. Y posterior consulta a expertos para la validación de resultados preliminares.

3.6.3. Tercera actividad

Se realizó el procesamiento de información geográfica, se definió y estratifica la base de datos para la producción cartográfica mediante el programa ArcGIS 10.8 obtiene las capas espaciales que contiene la información tabular, para determinar el N_P , N_V y N_R , mediante AHP según manual del CENEPRED (2019). Se generaron cinco descriptores por parámetro mediante el método AHP. Se combinaron las capas del factor desencadenante con el factor condicionante para obtener el valor de la susceptibilidad con su respectivo peso y con el valor y peso del parámetro se determinó el nivel y valor del peligro. La vulnerabilidad se determinó al multiplicar el valor y peso del factor exposición con el factor fragilidad, el resultante se dividió con el valor y peso del factor resiliencia utilizando el ArcGIS 10.8. Luego se multiplican los valores del peligro con vulnerabilidad para obtener el valor del riesgo. Además, se determinan los rangos, estos valores permitirán establecer cuatro rangos, utilizados para la clasificación en cuatro niveles, “muy alta (MA)”, “alta (A)”, “media (M)” y “baja (B)” y se procesa el modelo en el ArcGIS 10.8 para generar mapas de peligro (P), vulnerabilidad (V) y riesgo (R). Finalmente, se generaron mapas, para la evaluación y diseño de una zona urbana sostenible para proteger el patrimonio cultural, contar con seguridad y un transporte accesible en el sector 04 de la MDSM.

Figura 6

Flujograma del proceso de investigación



Nota. Elaboración propia

3.7. Análisis de datos

Considerando estos aspectos se realizó un análisis profundo y riguroso de la información disponible, que dio respuesta a las preguntas y objetivos planteados en la investigación. Para el análisis de los datos en esta investigación, se consideraron los siguientes aspectos:

- a. Tipo de datos, hay datos espaciales (mapas, imágenes, capas georreferenciadas) y datos no espaciales (estadísticas, descripciones). Se requirió técnicas específicas para cada tipo.
- b. Fuentes y calidad de datos, se evaluó la confiabilidad y precisión de las fuentes, limpieza y validación de datos.
- c. Software y herramientas, se seleccionó los programas más adecuados para el procesamiento y análisis espacial (SIG), estadístico, multicriterio.
- d. Procesamiento de datos espaciales, implicó la georreferenciación, creación de capas temáticas, interpolación, álgebra de mapas, entre otros.
- e. Análisis multicriterio, se utilizó el proceso analítico jerárquico para derivar pesos y estandarizar capas de información.
- f. Modelamiento espacial, se crearon modelos de susceptibilidad, peligro, vulnerabilidad, riesgo, basado en los datos.
- g. Visualización, se generaron mapas, gráficos, dashboards efectivos y fáciles de interpretar.
- h. Interpretación, se extraen inferencias, conclusiones y recomendaciones relevantes para los objetivos.
- i. Validación, se corroboró la precisión de los resultados con información independiente.

3.8. Consideraciones éticas

Algunas consideraciones éticas importantes que se tuvo en cuenta en esta investigación son:

- a. Consentimiento informado, al recolectar información en campo, se les informó sobre el

propósito de la tesis.

- b. Confidencialidad, los datos sensibles de información de los predios y participantes se mantienen de forma confidencial y anónima.
- c. Integridad, se actuó con honestidad y rigor en la metodología, reconociendo limitaciones.
- d. Uso responsable de resultados, los mapas y datos generados serán usados para el bien social y no propósitos que perjudiquen a los que residen.
- e. Crédito a fuentes de información, se Citó adecuadamente todos los datos o métodos obtenidos de otros autores.
- f. Colaboración con autoridades, se coordinó con MDSM para alinear la investigación a planes de desarrollo local para promover que los resultados guíen al desarrollo sostenible de la zona de estudio.

Tomando en cuenta las consideraciones éticas, se asegura y confirma la propiedad intelectual del autor, en base a sus teorías y conocimientos diversos; realizando citas apropiadamente, tanto en el lado teórico como en el lado práctico para identificar, ponderar y evaluar los factores y dimensiones del P, V y R, y posteriormente generar productos cartográficos para la gestión del territorio para reducir la fragilidad y aumentando la resiliencia, en la formulación de estrategias para una Zona Urbana Sostenible con patrimonio cultural protegido, seguridad y transporte accesible con patrones de caminos para peatones y vehículos.

IV RESULTADOS

4.1. Descripción del área de estudio

El sector 04 pertenece a la Municipal Distrital de San Miguel, que es uno de los 43 distritos de Lima, se ubica en la zona costera que limita al norte con el distrito de Cercado de Lima y Bellavista que pertenece a la provincia constitucional del Callao, al oeste con el distrito de La Perla, al sur con el Océano Pacífico y al este con los distritos de Magdalena del Mar y Pueblo Libre.

Se encuentra a una altitud aproximada de 50 m.s.n.m. y comprende el 7.5 % de la extensión territorial de 10.72 km². El área es considerada como un importante por su cercanía a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) y centros de desarrollo comercial, y contiene espacios significativos como el Parque Las Leyendas, la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y sitios arqueológicos, que preserva la historia de la capital y del país. Según la Estadística Poblacional del Ministerio de Salud del Perú, San Miguel tiene 183 597 habitantes, de los cuales la población de mujeres (52.49%) superan en número a los hombres (47.51%). El clima en San Miguel se clasifica en templadas y moderadas con una temperatura media anual observada de 10.8 °C. Cada año se producen 1831 mm. aproximados de precipitaciones. Además, registra humedad relativa del 80.71 %.

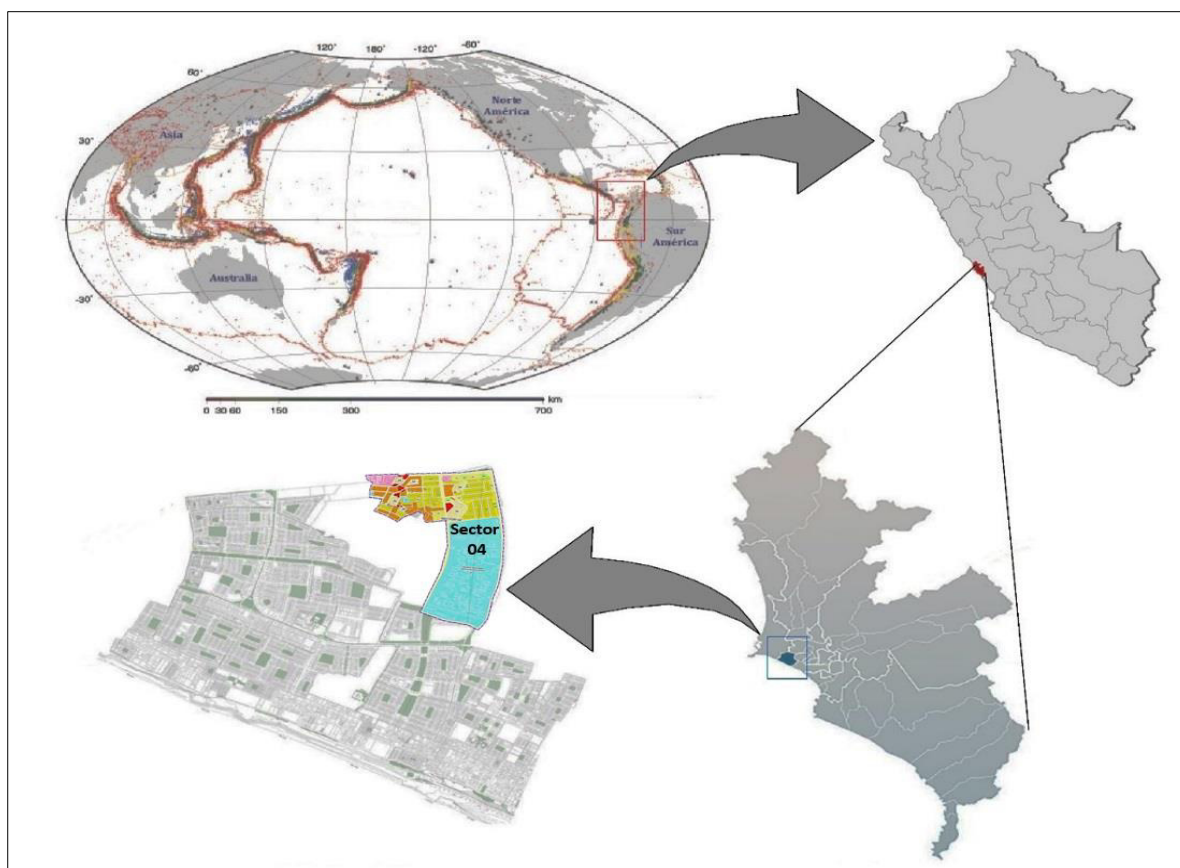
Actualmente las zonas Otros Usos (zona arqueológica) se encuentran ocupadas parcialmente, y de acuerdo al plano de habitación de Pando Novena, hay predios calificados actualmente como Otros Usos (OU) que fueron habilitados como zona de recreación pública. La probabilidad de peligro que se prioriza para el área en estudio, es por sismos debido al comportamiento de los suelos que presenta, sería el principal responsable de la amplificación y propagación de las ondas sísmicas que causarían los posibles daños en las estructuras de las viviendas durante un escenario de sismo de gran intensidad.

Debido a la ubicación geográfica del Perú en el collar de Fuego del Pacífico y la

presencia de la placa tectónica de Nazca, el país experimenta una alta sismicidad. Esto se evidencia en los frecuentes movimientos telúricos y registros catastróficos a lo largo de la historia. El análisis de los datos históricos e instrumentales del IGP, que abarca desde 1960 hasta 2017, revela la distribución espacial de los terremotos en el país.

Figura 7

Ubicación del área de estudio

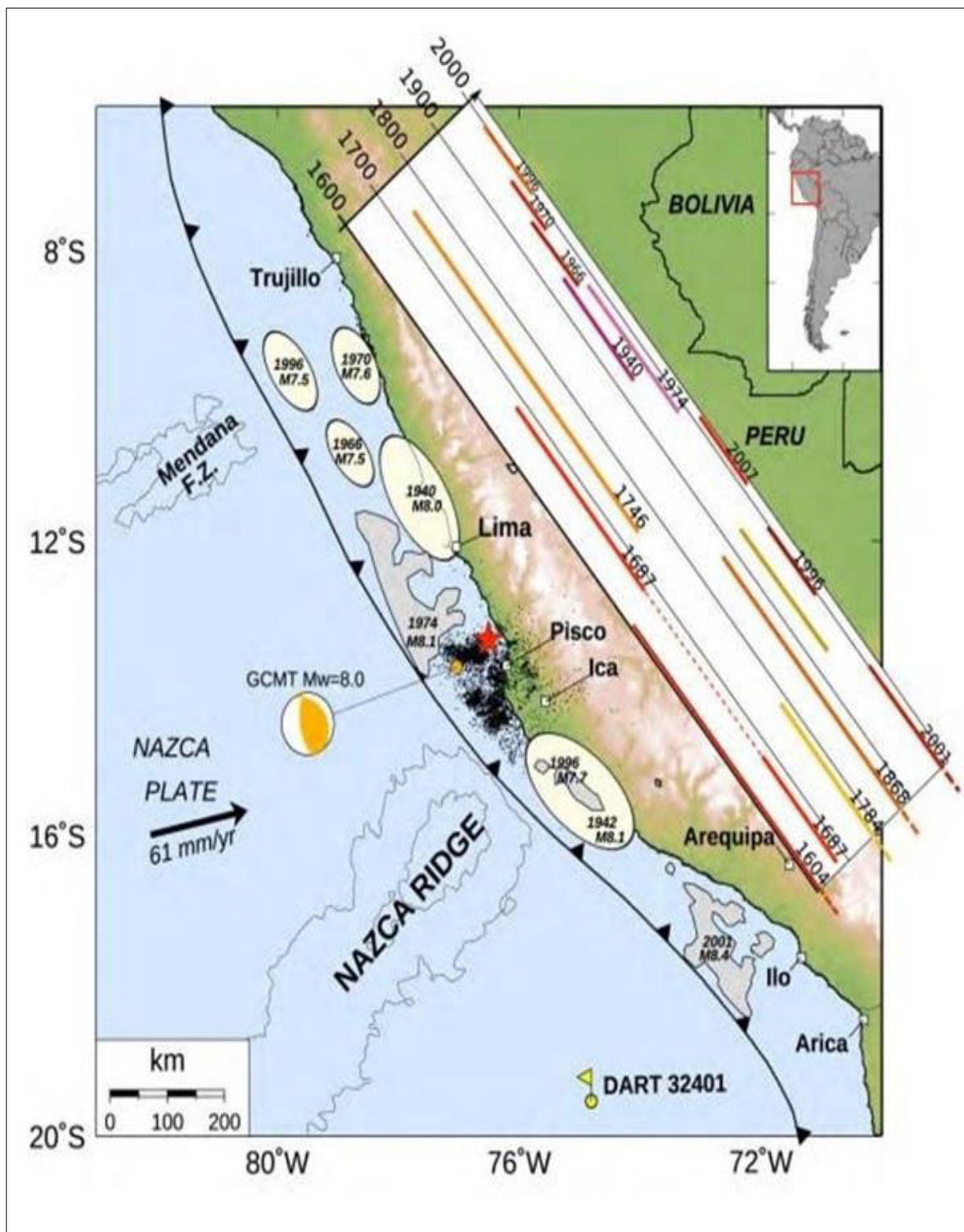


Nota. Elaboración propia

La región Lima ha sufrido pérdidas significativas debido a sismos en el pasado. Los terremotos y tsunamis han causado daños y destrucción en viviendas e infraestructuras, especialmente en zonas desfavorecidas y habitadas por personas de bajos recursos. De acuerdo a la historia sísmica (Tabla 20) Perú es reconocido mundialmente por su potencial sísmico debido a su geomorfología. Los sismos con magnitudes superiores a 7.0 Mw han tenido principalmente efectos locales (Figura 8).

Figura 8

Eventos históricos de sismo en la costa del Perú



Nota. Nota. Eventos ocurridos en el centro de Perú, frente a la costa. Tomado de Distribución de grandes sismos interplaca recientes (elipses de color amarillo claro) en el centro y sur del Perú, por Sladen et al., (2010), Modelo fuente del terremoto de 2007 M w 8.0 en Pisco, Perú: Implicaciones para el comportamiento sísmogénico de subducción.

Tabla 20*Sismos más importantes ocurridos en el Perú.*

Fecha	Lugar	Descripción
1746, 28 Oct	Lima	Fue el terremoto con el mayor impacto conocido. De las 3,000 casas que en ese entonces tenía la ciudad, quedaron en pie sólo 25. El sismo produjo un maremoto en el Callao, donde 5,000 personas sobrevivieron sólo 200. La intensidad fue de X-XI MM en Lima y Callao.
1868, 13 Ago	Arica	Alcanzó una magnitud de 9.0 Mw. Destruyó las ciudades de Tacna, Tarata, Moquegua y Arequipa, y la ciudad de Arica, en Chile. Alcanzó intensidades de XI y generó un Maremoto. Destruyó la Catedral, el Portal de Flores y la Iglesia de La Compañía; terremoto mayor que se ha comprobado en el Perú.
1940, 24 May	Lima	Con una magnitud 8.2 Mw, causó 179 muertos y 3,500 heridos. La intensidad fue de VII-VIII MM en Lima. Luego del sismo se produjo un pequeño maremoto, se observó una retirada del mar en Ancón, Callao y Pisco.
1942, 24 Ago	Ica	Tuvo una intensidad de IX MM. Murieron 30 personas. El 30% de las edificaciones de Nazca sufrieron colapso total. En el puerto de Lomas el mar se retiró 200 m, regresando luego para inundar la población, destruyendo embarcaciones, almacenes y causando heridos
1966, 17 Oct	Lima	El más fuerte desde el de 1940. Dejó un saldo de 100 muertos y numerosos daños materiales. La máxima intensidad en Lima fue de VIII MM. Luego del sismo se produjo un maremoto, lo que se registró en los mareógrafos de la Punta, Chimbote y San Juan. En Casma y Tortugas hubo inundación.
1970, 31 May	Ancash	El sismo más catastrófico producido en el país en el siglo XX, con una magnitud 7.8 en la escala de Richter, con epicentro en el mar a 50 km al oeste de Chimbote y con una profundidad de 30 km. Causó 67,000 muertos, 150,000 heridos, 800,000 personas sin hogar y 2 millones de personas afectadas.
1996, 12 Nov	Ica	Se produjo un violento terremoto en el sur del país de magnitud 7.5 Mw, con epicentro 135 km al Sur Oeste de Nazca. Daños personales: 17 personas fallecidas, 1.591 personas heridas, 94.047 personas damnificadas. Daños materiales: 5.346 viviendas destruidas, 12.700 viviendas afectadas, 448 centros educativos, 44 centros de salud.
2001, 23 Jun	Arequipa	Sismo de magnitud 8.4 Mw, causando daños en unos 55.500 kilómetros cuadrados del sur occidente del Perú. Daños personales: 219.420 personas damnificadas, 83 personas fallecidas, 2.812 personas heridas. Daños materiales: 37.576 viviendas afectadas y 22.052 viviendas destruidas.
2007, 15 Ago	Ica	Afectada por un terremoto de magnitud 8.0 Mw, produciendo destrucción en los departamentos de Lima (provincias de Cañete y Yauyos), Ica (provincias de Ica, Chincha y Pisco) y Huancavelica (provincias de Castrovirreyna, Huaytará y Huancavelica), evaluándose intensidades máximas de VII-VIII en la escala de Mercalli Modificada (MM). El terremoto fue sentido hasta Piura, Arequipa, Cusco y Pucallpa con intensidades del orden de IIIII (MM).

Nota. Los grandes sismos con variable severidad en el centro y sur del país. Adaptada de Principales sismos históricos ocurridos en Perú, por Jiménez, (2015), El maremoto notable de 1746.

4.2. Disponibilidad de datos

Los datos utilizados son clasificados en dos categorías: levantamiento de la información geográfica y producción cartográfica en SIG. Los datos se recopilaron utilizando conjuntos de datos disponibles y de libre acceso en los diferentes geoportales de instituciones del Estado. Dado que requiere la identificación de factores predisponentes ambientales, se diseñaron mapas basados en SIG a partir de los conjuntos de datos espaciales obtenidos. En este estudio se consideraron informaciones predisponentes para determinar el nivel de peligro (Tabla 21).

Tabla 21

Datos geoespaciales de factores predisponentes y tipo de formato

Fuente de información	Capas de información	Tipo de geometría	Dimensiones	Código
CISMID, IGP, CENSIS y PREDES, GEOCATMIN, MINAM, IGN, ASTER, CENEPRED, plataforma digital de datos georreferenciados del Perú (Geo_Perú) y Municipalidad de San Miguel.	Intensidad Sísmica	Línea	Parámetro de Evaluación	PE_IS
	Valores máximos de velocidad	Línea	Parámetro de Evaluación	PE_PGV
	Valores máximos de aceleración	Línea	Parámetro de Evaluación	PE_PGA
	Distancia al Epicentro	Línea	Parámetro de Evaluación	PE_DE
	Distancia al Hipocentro	Línea	Parámetro de Evaluación	PE_DH
	Magnitud Sísmica	Punto	Factor desencadenante	FD_MS
	Tipo de suelo	Polígono	Factor condicionante	FC_TS
	Pendiente	Polígono	Factor condicionante	FC_Pend
	Geología	Polígono	Factor condicionante	FC_Geol
	Geomorfología	Polígono	Factor condicionante	FC_Geom
Relieve	Polígono	Factor condicionante	FC_Rel	

Nota. Parámetro de Evaluación (PE), factor desencadenante (FD), factor condicionante (FC)

Por simplicidad, estos factores se agrupan en dos campos: el primer campo se agrupa el parámetro de evaluación y la susceptibilidad, este último se agrupa los factores condicionantes y el desencadenante. Para la gestión y análisis de datos se han empleado los softwares de Sistema de Información Geográfica: Pix4D, AutoCAD 2020, ArcGIS 10.8 y Microsoft Office.

La información geoespacial para la caracterización del peligro se accedió a diferentes geoportales disponible como, CENEPRED, IGP, Centro Sismológico Nacional (CENSIS), CISMID, Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES). También información espacial para determinar la susceptibilidad, datos extraídos del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (GEOCATMIN), MINAM, Instituto Geográfico Nacional (IGN), IMP, plataforma digital de datos georreferenciados del Perú (Geo_Perú) y de la Municipalidad Distrital de San Miguel. Estudios que contienen eventos ocurridos (entre otros) en el territorio del área de estudio. El mapa original del área de origen se actualizó agregando una ortofoto del área de estudio, fácilmente identificables a partir del análisis de las fotografías tomadas por el dron Pix4D, entre diciembre de 2023 y enero de 2024. Se registró una cantidad de 16 puntos de fotocontrol en el área de estudio.

4.3. Cálculo de los niveles del peligro sísmico

La identificación del peligro sísmico (P_s) es un proceso que implica la evaluación y el análisis de la susceptibilidad, ante la probabilidad de que ocurran terremotos en una determinada región y la magnitud potencial de esos terremotos. Este proceso es fundamental para la planificación de la mitigación de riesgos y la preparación ante terremotos. A continuación, se describen los pasos para la identificación del P_s .

Para determinar el valor del peligro sísmico (Val_{P_s}), se define al ponderar el valor del parámetro de evaluación sísmica (Val_{Eval}) con el valor de la susceptibilidad del espacio

geográfico (Val_{Susc}). Con los resultados se determinan los rangos del peligro en cuatro niveles muy alta (MA), alta (A), media (M) y baja (B) empleando la siguiente fórmula:

$$Val_{PS} = (Val_{Eval} * P_{Eval}) + (Val_{Susc} * P_{Susc})$$

donde:

$$Val_{Eval} = \sum_{i=1}^n \text{Parámetro}_i * \text{Descriptor}_i$$

$$Val_{Susc} = (Val_{FC} * P_{FC}) + (Val_{FD} * P_{FD})$$

$$Val_{FC} = \sum_{i=1}^n \text{Parámetro}_i * \text{Descriptor}_i$$

$$Val_{FD} = \sum_{i=1}^n \text{Parámetro}_i * \text{Descriptor}_i$$

Nota. Val_{PS} es Valor del peligro sísmico; Val_{Eval} es valor de los parámetros de evaluación; Val_{Susc} es valor de la susceptibilidad; Val_{FC} es valor de los factores condicionantes; Val_{FD} es valor del factor desencadenante; y P es peso. Fuente: Adaptado del Manual de Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales, 2da. Versión 2014. CENEPRED.

4.3.1. Análisis del factor de evaluación del peligro sísmico

Para determinar el valor de evaluación del peligro sísmico, se obtuvo y manteniendo el orden de prioridad, relacionando y comparando los parámetros de intensidad sísmica (IS): valores máximos de velocidad (PGV), valores máximos de aceleración (PGA), distancia al epicentro (DE), distancia al hipocentro (DH) donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 22), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 23). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 24).

Tabla 22*Matriz de comparación de pares de la evaluación sísmica*

Desc.	Evaluación Sísmica	IS	PGV	PGA	DE	DH
D1	Intensidad sísmica	1.00	4.00	7.00	8.00	9.00
D2	Valores máximos de velocidad	0.25	1.00	4.00	4.00	5.00
D3	Valores máximos de aceleración	0.14	0.25	1.00	3.00	4.00
D4	Distancia al epicentro	0.13	0.25	0.33	1.00	2.00
D5	Distancia al hipocentro	0.11	0.20	0.25	0.50	1.00
	Suma	1.63	5.70	12.58	16.50	21.00
	1/Suma	0.61	0.18	0.08	0.06	0.05

Nota. Descriptor (Desc.), intensidad sísmica (IS), valores máximos de velocidad (PGV), Valores máximos de aceleración (PGA), distancia al epicentro (DE), distancia al hipocentro (DH)

Tabla 23*Matriz de normalización de pares de la evaluación sísmica*

Evaluación Sísmica	IS	PGV	PGA	DE	DH	Pdes
Intensidad sísmica	0.614	0.702	0.556	0.485	0.429	0.557
Valores máximos de velocidad	0.153	0.175	0.318	0.242	0.238	0.225
Valores máximos de aceleración	0.088	0.044	0.079	0.182	0.190	0.117
Distancia al epicentro	0.077	0.044	0.026	0.061	0.095	0.061
Distancia al hipocentro	0.068	0.035	0.020	0.030	0.048	0.040

Nota. Peso del parámetro (Ppar), intensidad sísmica (IS), valores máximos de velocidad (PGV), Valores máximos de aceleración (PGA), distancia al epicentro (DE), distancia al hipocentro (DH)

Tabla 24*Peso de los parámetros de la evaluación sísmica*

Desc.	Evaluación Sísmica	Código	Valor
D1	Intensidad sísmica	PE_IS	0.557
D2	Valores máximos de velocidad	PE_PGV	0.227
D3	Valores máximos de aceleración	PE_PGA	0.117
D4	Distancia al epicentro	PE_DE	0.061
D5	Distancia al hipocentro	PE_DH	0.040

Nota. El índice de consistencia es 0.0774 y relación de consistencia es 0.0695.

a. Intensidad sísmica. Los resultados del peso de los descriptores de intensidad sísmica (IS), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 25), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 26). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 27). Además, se obtuvo el mapa de intensidad sísmica (figura 9)

Tabla 25

Matriz de comparación de pares de intensidad sísmica

Desc.	Intensidad sísmica	D1 IS	D2 IS	D3 IS	D4 IS	D5 IS
D1	X, XI y XII	1.00	2.00	2.00	4.00	8.00
D2	VIII y IX	0.50	1.00	2.00	3.00	7.00
D3	V, VI y VII	0.50	0.50	1.00	5.00	6.00
D4	III y IV	0.25	0.33	0.20	1.00	6.00
D5	I y II	0.13	0.14	0.17	0.17	1.00
	Suma	2.38	3.98	5.37	13.17	28.00
	1/Suma	0.42	0.25	0.19	0.08	0.04

Nota. X, XI y XII (D1_IS); VIII y IX (D2_IS); V, VI y VII (D3_IS); III y IV (D4_IS); I y II (D5_IS)

Tabla 26

Matriz de normalización de intensidad sísmica

Intensidad sísmica	D1 IS	D2 IS	D3 IS	D4 IS	D5 IS	Pdes
X, XI y XII	0.421	0.503	0.373	0.304	0.286	0.377
VIII y IX	0.211	0.251	0.373	0.228	0.250	0.263
V, VI y VII	0.211	0.126	0.186	0.380	0.214	0.223
III y IV	0.105	0.084	0.037	0.076	0.214	0.103
I y II	0.053	0.036	0.031	0.013	0.036	0.034

Nota. X, XI y XII (D1_IS); VIII y IX (D2_IS); V, VI y VII (D3_IS); III y IV (D4_IS); I y II (D5_IS)

Tabla 27

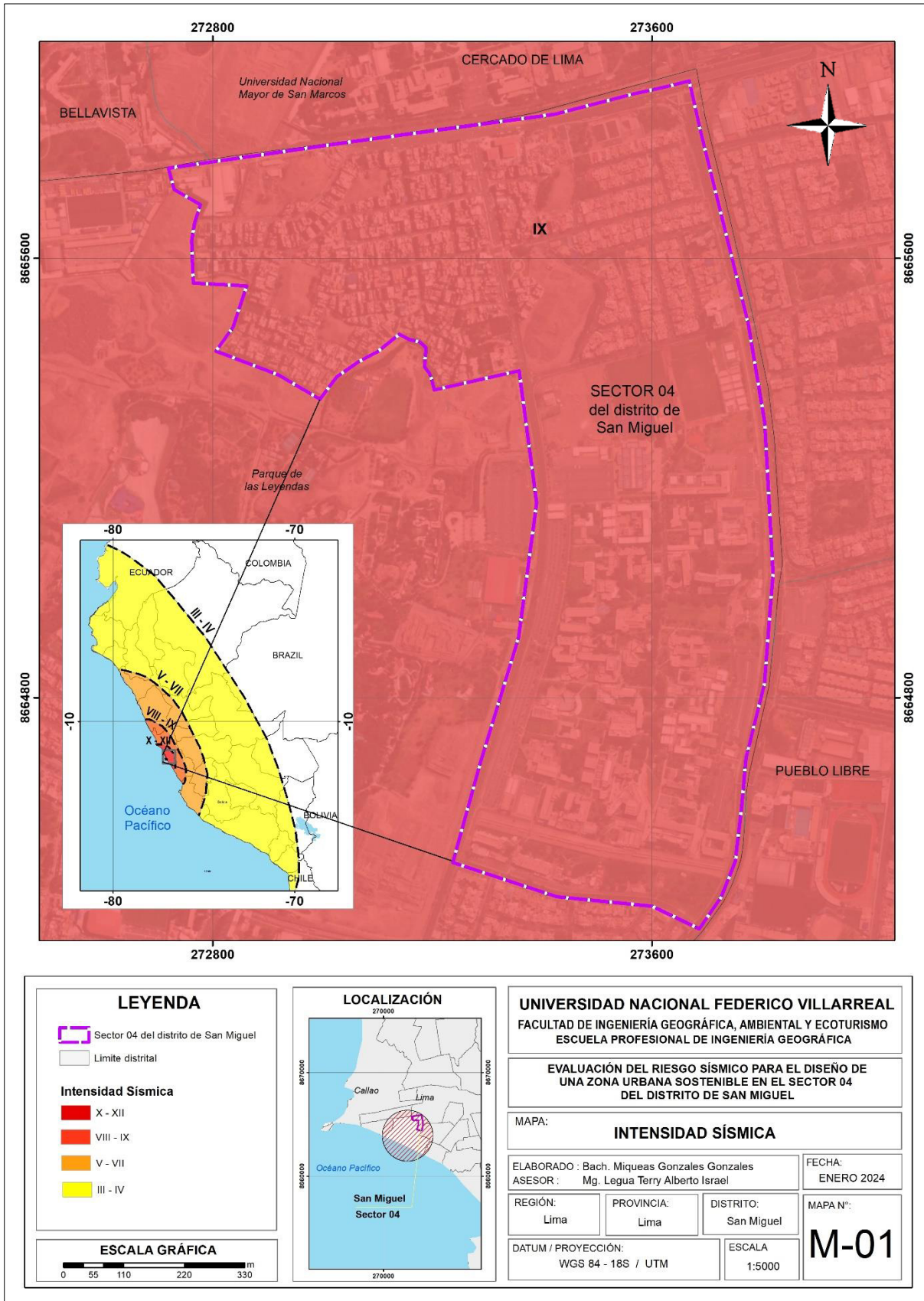
Peso de los descriptores de intensidad sísmica

Desc.	Intensidad sísmica	Código	Valor
D1	X, XI y XII	D1_IS	0.377
D2	VIII y IX	D2_IS	0.263
D3	V, VI y VII	D3_IS	0.223
D4	III y IV	D4_IS	0.103
D5	I y II	D5_IS	0.034

Nota. El índice de consistencia es 0.0906 y relación de consistencia es 0.0812.

Figura 9

Mapa de intensidad sísmica



b. Valores máximos de velocidad. Los resultados del peso de los descriptores del parámetro, donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 28), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 29). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 30). Además, se obtuvo el mapa de valores máximos de velocidad del suelo (figura 10).

Tabla 28

Matriz de comparación de PGV

Desc.	Valores máximos de velocidad del suelo	D1_PGV	D2_PGV	D3_PGV	D4_PGV	D5_PGV
D1	100 cm/s < POS	1.00	8.00	8.00	8.00	9.00
D2	70 cm/s < PGV ≤ 100 cm/s	0.13	1.00	2.00	2.00	3.00
D3	50 cm/s < PGV ≤ 70 cm/s	0.13	0.50	1.00	3.00	3.00
D4	30 cm/s < PGV ≤ 50 cm/s	0.13	0.50	0.33	1.00	3.00
D5	PGV ≤ 30 cm/s	0.11	0.33	0.33	0.33	1.00
	Suma	1.49	10.33	11.67	14.33	19.00
	1/Suma	0.67	0.10	0.09	0.07	0.05

Nota. Descriptor (Desc.); 100 cm/s < PGV (D1_PGV); 70 cm/s < PGV ≤ 100 cm/s (D2_PGV); 50 cm/s < PGV ≤ 70 cm/s (D3_PGV); 30 cm/s < PGV ≤ 50 cm/s (D4_PGV); PGV ≤ 30 cm/s (D5_PGV)

Tabla 29

Matriz de normalización de PGV

Valores máximos de velocidad del suelo	D1_PGV	D2_PGV	D3_PGV	D4_PGV	D5_PGV	Pdes
100 cm/s < PGV	0.673	0.774	0.686	0.558	0.474	0.633
70 cm/s < PGV ≤ 100 cm/s	0.084	0.097	0.171	0.140	0.158	0.130
50 cm/s < PGV ≤ 70 cm/s	0.084	0.048	0.086	0.209	0.158	0.117
30 cm/s < PGV ≤ 50 cm/s	0.084	0.048	0.029	0.070	0.158	0.078
PGV ≤ 30 cm/s	0.075	0.032	0.029	0.023	0.053	0.042

Nota. Peso del descriptor (Pdes), 100 cm/s < PGV (D1_PGV); 70 cm/s < PGV ≤ 100 cm/s (D2_PGV); 50 cm/s < PGV ≤ 70 cm/s (D3_PGV); 30 cm/s < PGV ≤ 50 cm/s (D4_PGV); PGV ≤ 30 cm/s (D5_PGV)

Tabla 30

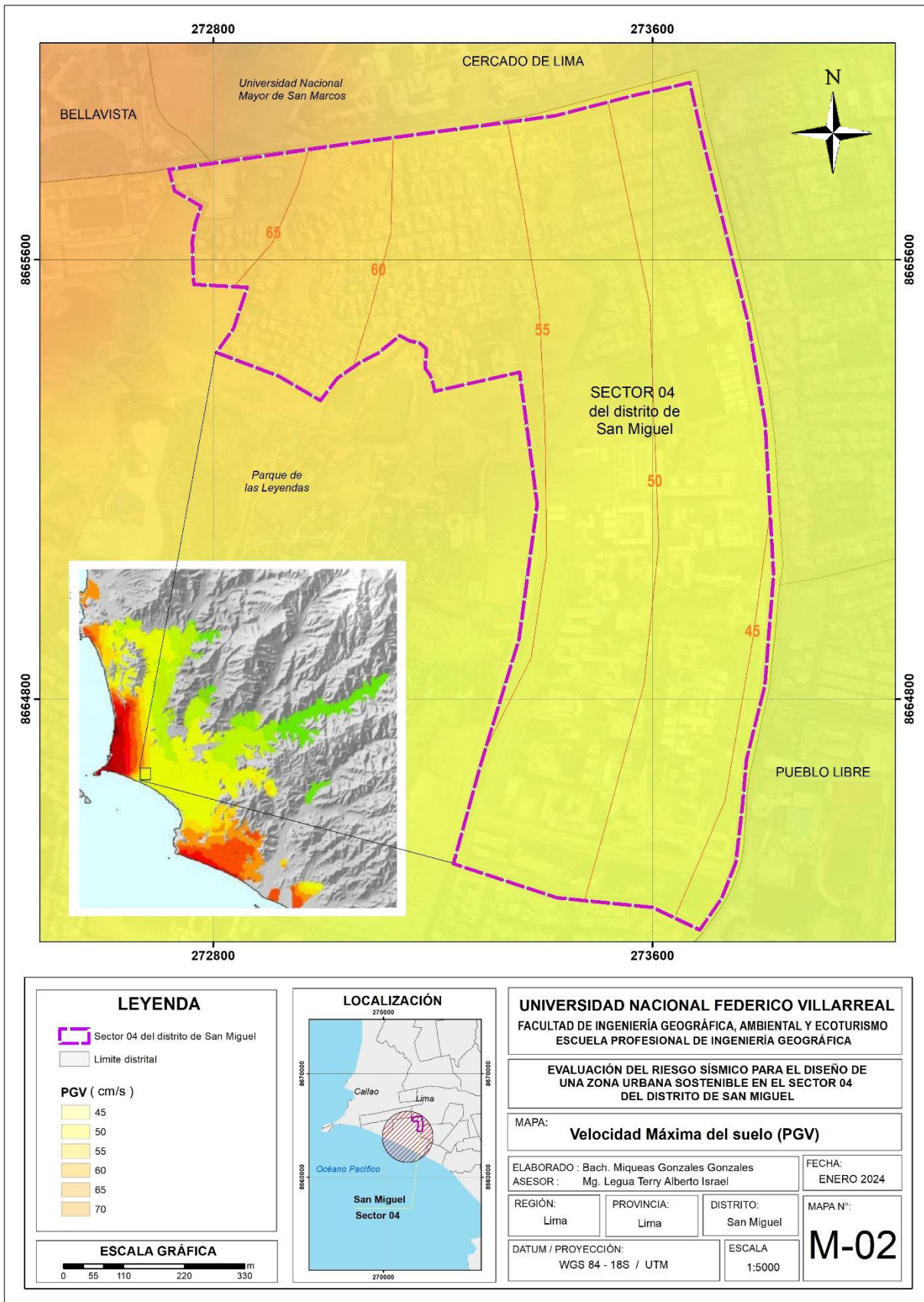
Peso de los descriptores de PGV

Desc.	Valores máximos de velocidad del suelo	código	Valor
D1	100 cm/s < PGV	D1_PGV	0.633
D2	70 cm/s < PGV ≤ 100 cm/s	D2_PGV	0.130
D3	50 cm/s < PGV ≤ 70 cm/s	D3_PGV	0.117
D4	30 cm/s < PGV ≤ 50 cm/s	D4_PGV	0.078
D5	PGV ≤ 30 cm/s	D5_PGV	0.042

Nota. El índice de consistencia es 0.0903 y relación de consistencia es 0.0810.

Figura 10

Mapa de valores máximos de velocidad



c. Valores máximos de aceleración. Los resultados del peso de los descriptores del parámetro, donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 31), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 32). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 33). Además, se obtuvo el mapa de valores máximos de aceleración (figura 11).

Tabla 31*Matriz de comparación de PGA*

Desc.	Valores máximos de aceleración	D1_PGA	D2_PGA	D3_PGA	D4_PGA	D5_PGA
D1	1100 cm/s ² < PGA	1.00	3.00	7.00	8.00	9.00
D2	500 cm/s ² < PGA ≤ 1100 cm/s ²	0.33	1.00	2.00	3.00	4.00
D3	300 cm/s ² < PGA ≤ 500 cm/s ²	0.14	0.50	1.00	2.00	3.00
D4	100 cm/s ² < PGA ≤ 300 cm/s ²	0.13	0.33	0.50	1.00	2.00
D5	PGA ≤ 100 cm/s ²	0.11	0.25	0.33	0.50	1.00
	Suma	1.71	5.08	10.83	14.50	19.00
	1/Suma	0.58	0.20	0.09	0.07	0.05

Nota. 1100 cm/s² < PGA (D1_PGA); 500 cm/s² < PGA ≤ 1100 cm/s² (D2_PGA); 300 cm/s² < PGA ≤ 500 cm/s² (D3_PGA); 100 cm/s² < PGA ≤ 300 cm/s² (D4_PGA); PGA ≤ 100 cm/s² (D5_PGA)

Tabla 32*Matriz de normalización de PGA*

Aceleración máxima en el suelo	D1_PGA	D2_PGA	D3_PGA	D4_PGA	D5_PGA	Pdes
1100 cm/s ² < PGA	0.584	0.590	0.646	0.552	0.474	0.569
500 cm/s ² < PGA ≤ 1100 cm/s ²	0.195	0.197	0.185	0.207	0.211	0.199
300 cm/s ² < PGA ≤ 500 cm/s ²	0.083	0.098	0.092	0.138	0.158	0.114
100 cm/s ² < PGA ≤ 300 cm/s ²	0.073	0.066	0.046	0.069	0.105	0.072
PGA ≤ 100 cm/s ²	0.065	0.049	0.031	0.034	0.053	0.046

Nota. 1100 cm/s² < PGA (D1_PGA); 500 cm/s² < PGA ≤ 1100 cm/s² (D2_PGA); 300 cm/s² < PGA ≤ 500 cm/s² (D3_PGA); 100 cm/s² < PGA ≤ 300 cm/s² (D4_PGA); PGA ≤ 100 cm/s² (D5_PGA)

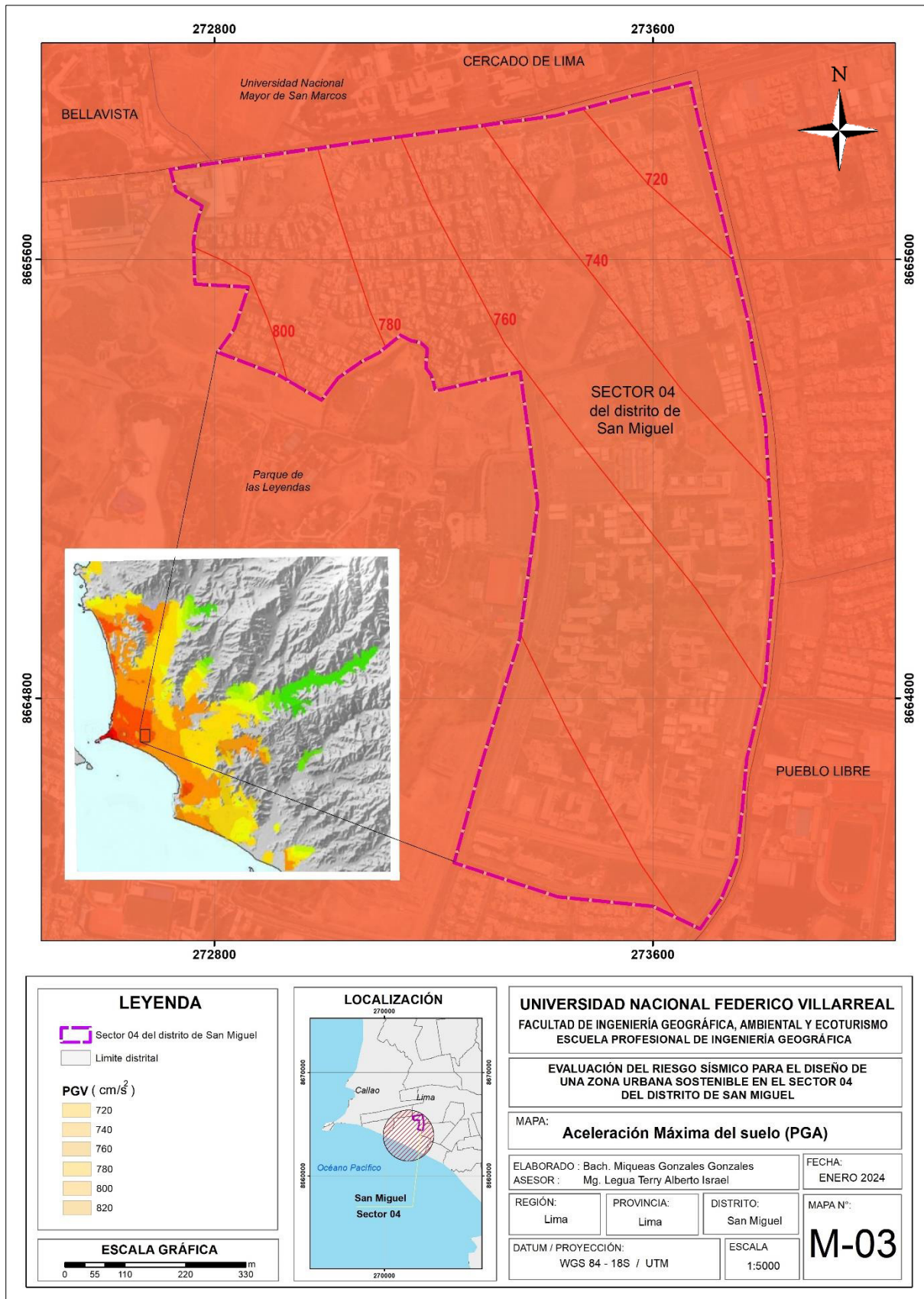
Tabla 33*Peso de los descriptores de PGA*

Desc.	Valores máximos de aceleración	ID	Valor
D1	1100 cm/s ² < PGA	D1_PGA	0.569
D2	500 cm/s ² < PGA ≤ 1100 cm/s ²	D2_PGA	0.199
D3	300 cm/s ² < PGA ≤ 500 cm/s ²	D3_PGA	0.114
D4	100 cm/s ² < PGA ≤ 300 cm/s ²	D4_PGA	0.072
D5	PGA ≤ 100 cm/s ²	D5_PGA	0.046

Nota. El índice de consistencia es 0.0202 y relación de consistencia es 0.0181.

Figura 11

Mapa de valores máximos de aceleración



d. Distancia al epicentro. Los resultados del peso de los descriptores de distancia al epicentro (DE), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 35), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 36). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 37). Además, se obtuvo el mapa distancia al epicentro (figura 12)

Tabla 34

Matriz de comparación de pares de distancia al epicentro

Desc.	Distancia al Epicentro	D1_DE	D2_DE	D3_DE	D4_DE	D5_DE
D1	DE ≤ 50 Km	1.00	2.00	3.00	3.00	4.00
D2	50 km < DE ≤ 100 Km	0.50	1.00	3.00	3.00	4.00
D3	100 km < DE ≤ 500 Km	0.33	0.33	1.00	3.00	3.00
D4	500 km < DE ≤ 1000 Km	0.33	0.33	0.33	1.00	3.00
D5	DE ≤ 1000 Km	0.25	0.25	0.33	0.33	1.00
	Suma	2.42	3.92	7.67	10.33	15.00
	1/Suma	0.41	0.26	0.13	0.10	0.07

Nota. Descriptor (Desc.); DE ≤ 50 Km (D1_IS); 50 km < DE ≤ 100 Km (D2_IS); 100 km < DE ≤ 500 Km (D3_IS); 500 km < DE ≤ 1000 Km (D4_IS); DE ≤ 1000 Km (D5_IS)

Tabla 35

Matriz de normalización de distancia al epicentro

Distancia al Epicentro	D1_DE	D2_DE	D3_DE	D4_DE	D5_DE	Pdes
DE ≤ 50 Km	0.414	0.511	0.391	0.290	0.267	0.375
50 km < DE ≤ 100 Km	0.207	0.255	0.391	0.290	0.267	0.282
100 km < DE ≤ 500 Km	0.138	0.085	0.130	0.290	0.200	0.169
500 km < DE ≤ 1000 Km	0.138	0.085	0.043	0.097	0.200	0.113
DE ≤ 1000 Km	0.103	0.064	0.043	0.032	0.067	0.062

Nota. Peso del descriptor (Pdes), DE ≤ 50 Km (D1_IS); 50 km < DE ≤ 100 Km (D2_IS); 100 km < DE ≤ 500 Km (D3_IS); 500 km < DE ≤ 1000 Km (D4_IS); DE ≤ 1000 Km (D5_IS)

Tabla 36

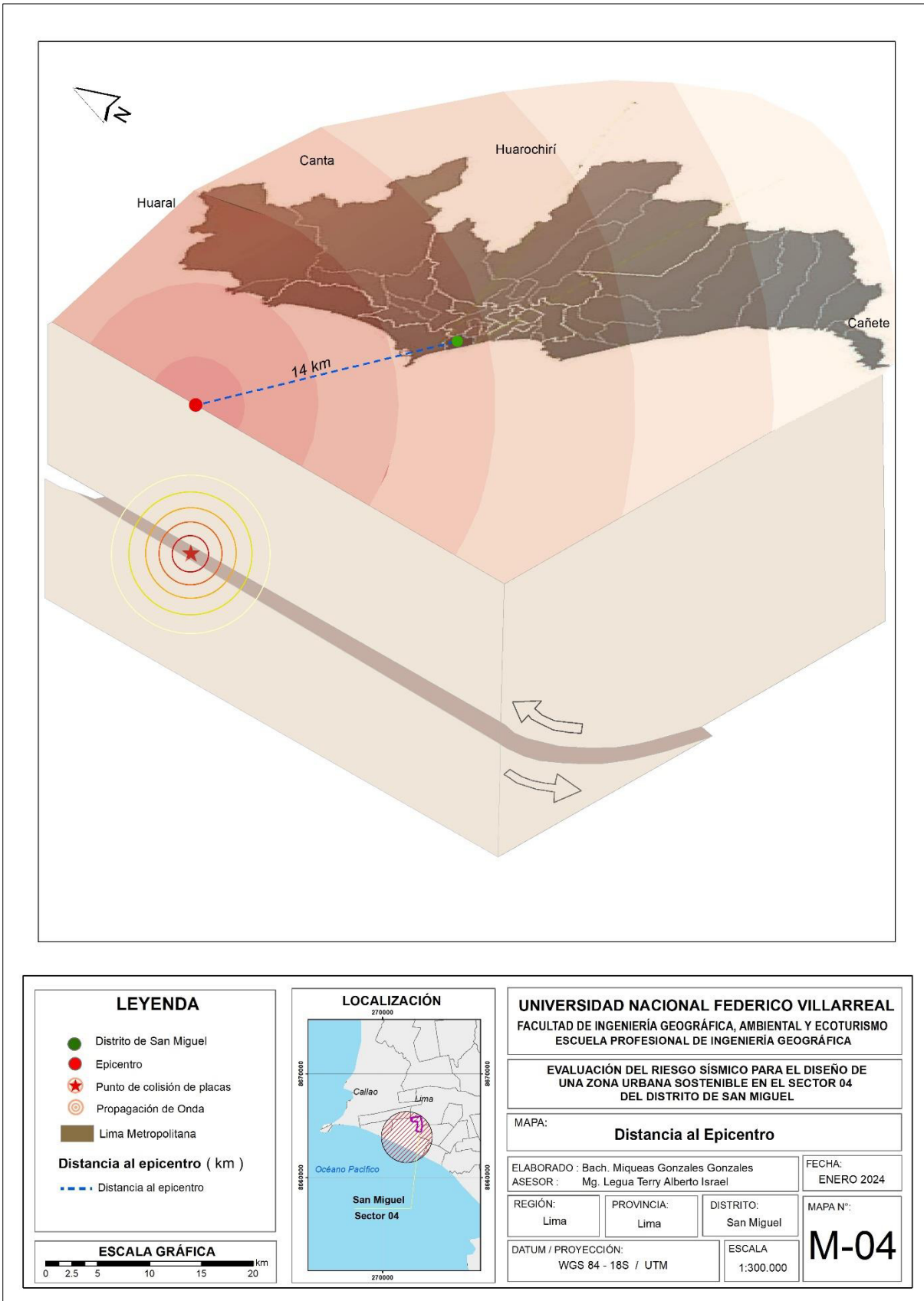
Peso de los descriptores de distancia al epicentro

Desc.	Distancia al Epicentro	ID	Valor
D1	DE ≤ 50 Km	D1_DE	0.375
D2	50 km < DE ≤ 100 Km	D2_DE	0.282
D3	100 km < DE ≤ 500 Km	D3_DE	0.169
D4	500 km < DE ≤ 1000 Km	D4_DE	0.113
D5	DE ≤ 1000 Km	D5_DE	0.062

Nota. El índice de consistencia es 0. 0.0807 y relación de consistencia es 0. 0.0724.

Figura 12

Mapa distancia al epicentro



e. Distancia al hipocentro. Los resultados del peso del descriptor distancia al hipocentro (DH), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 37), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 38). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 39). Además, se obtuvo el mapa de distancia al hipocentro (figura 13).

Tabla 37

Matriz de comparación de pares de distancia al hipocentro

Desc.	Distancia al hipocentro	D1_DH	D2_DH	D3_DH	D4_DH	D5_DH
D1	DH ≤ 33 Km	1.00	2.00	2.00	3.00	5.00
D2	33 km < DH ≤ 100 Km	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
D3	100 km < DH ≤ 500 Km	0.50	0.50	1.00	2.00	3.00
D4	500 km < DH ≤ 1000 Km	0.33	0.33	0.50	1.00	2.00
D5	DH ≤ 1000 Km	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00
	Suma	2.53	4.08	5.83	9.50	15.00
	1/Suma	0.39	0.24	0.17	0.11	0.07

Nota. DH ≤ 33 Km (D1_DH); 33 km < DH ≤ 100 Km (D2_DH); 100 km < DH ≤ 500 Km (D3_DH); 500 km < DH ≤ 1000 Km (D4_DH); DH ≤ 1000 Km (D5_DH)

Tabla 38

Matriz de normalización de distancia al hipocentro

Distancia al hipocentro	D1_DH	D2_DH	D3_DH	D4_DH	D5_DH	Pdes
DH ≤ 33 Km	0.395	0.490	0.343	0.316	0.333	0.375
33 km < DH ≤ 100 Km	0.197	0.245	0.343	0.316	0.267	0.274
100 km < DH ≤ 500 Km	0.197	0.122	0.171	0.211	0.200	0.180
500 km < DH ≤ 1000 Km	0.132	0.082	0.086	0.105	0.133	0.108
DH ≤ 1000 Km	0.079	0.061	0.057	0.053	0.067	0.063

Nota. DH ≤ 33 Km (D1_DH); 33 km < DH ≤ 100 Km (D2_DH); 100 km < DH ≤ 500 Km (D3_DH); 500 km < DH ≤ 1000 Km (D4_DH); DH ≤ 1000 Km (D5_DH)

Tabla 39

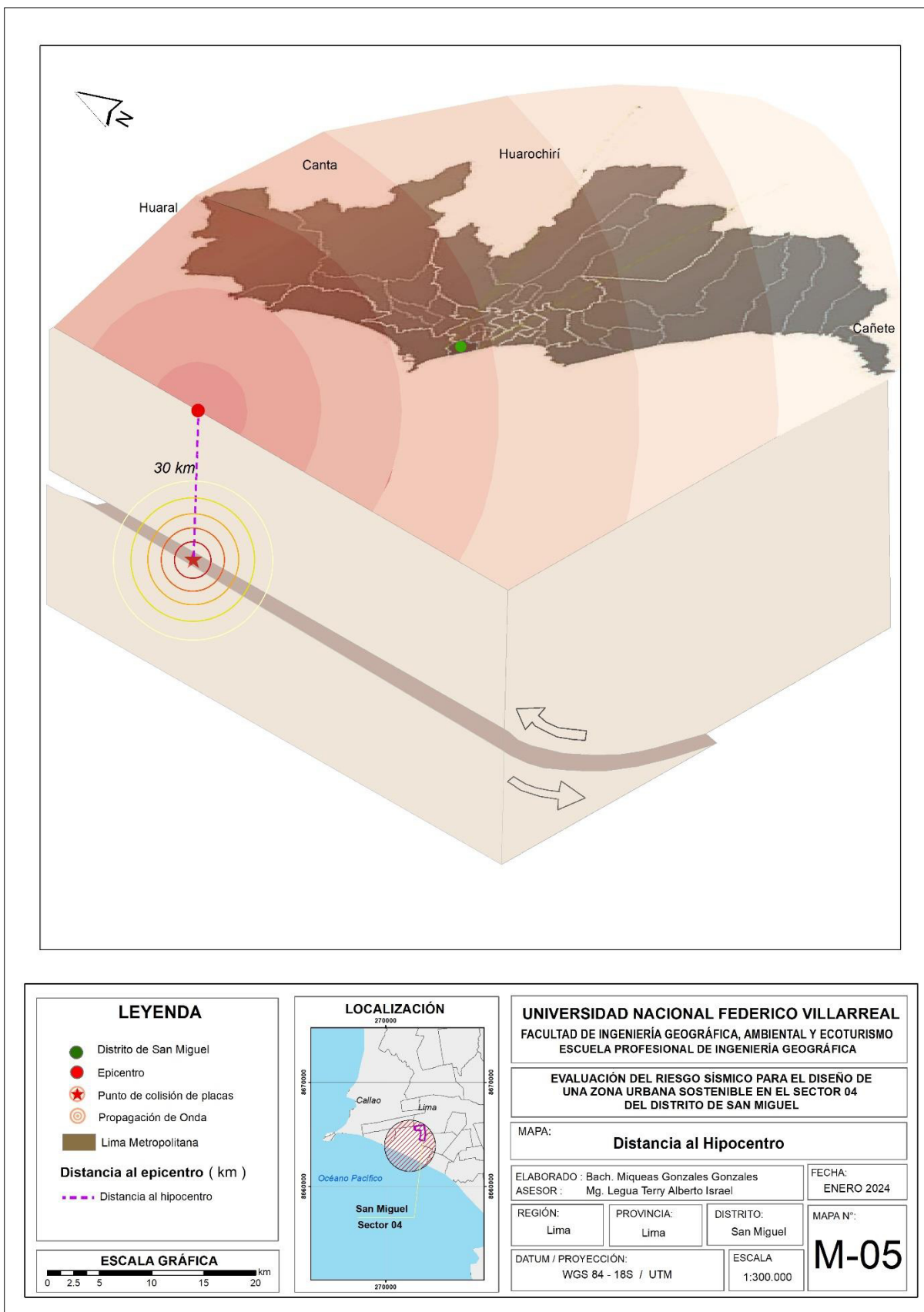
Peso de los descriptores de distancia al hipocentro

Desc.	Distancia al hipocentro	ID	Valor
D1	DH ≤ 33 Km	D1_DH	0.375
D2	33 km < DH ≤ 100 Km	D2_DH	0.274
D3	100 km < DH ≤ 500 Km	D3_DH	0.180
D4	500 km < DH ≤ 1000 Km	D4_DH	0.108
D5	DH ≤ 1000 Km	D5_DH	0.063

Nota. El índice de consistencia es 0.0184 y relación de consistencia es 0.0165.

Figura 13

Mapa distancia al hipocentro



3.3.2.1. Ponderación del parámetro de evaluación. Se tiene los resultados parciales de la evaluación con los cinco descriptores numéricos, cada uno con sus respectivos pesos calculados mediante el AHP de Saaty (tabla 40).

Tabla 40

Matriz de ponderación del parámetro de evaluación

Intensidad sísmica		Valores máximos de velocidad		Valores máximos de aceleración		Distancia al epicentro		Distancia al hipocentro		Valor y peso de evaluación sísmica	
Ppar IS	Pdes IS	Ppar PGV	Pdes PGV	Ppar PGA	Pdes PGA	Ppar DE	Pdes DE	Ppar DH	Pdes DH	Val. Eval	P Eval
0.377	0.557	0.633	0.225	0.569	0.117	0.375	0.061	0.375	0.040	0.457	0.4
0.263	0.557	0.130	0.225	0.199	0.117	0.282	0.061	0.274	0.040	0.227	0.4
0.223	0.557	0.117	0.225	0.114	0.117	0.169	0.061	0.180	0.040	0.182	0.4
0.103	0.557	0.078	0.225	0.072	0.117	0.113	0.061	0.108	0.040	0.095	0.4
0.034	0.557	0.042	0.225	0.046	0.117	0.062	0.061	0.063	0.040	0.040	0.4

Nota. Peso del parámetro (Ppar); peso del descriptor (Pdes); valor de evaluación sísmica (Val. Eval.); peso de evaluación sísmica (P); intensidad sísmica (IS), valores máximos de velocidad (PGV), valores máximos de aceleración (PGA), distancia al epicentro (DE), distancia al hipocentro (DH)

4.3.2. Análisis de la susceptibilidad del espacio geográfico

Se emplea para analizar y determinar el potencial impacto de eventos naturales, como terremotos de gran magnitud, en una zona geográfica específica. Depende del factor desencadenante (FD) bajo estudio, el cual puede experimentar variaciones temporales y estar sujeto a la influencia de diversos elementos condicionantes que serán objeto de evaluación. Permite valorar la susceptibilidad de un área determinada frente a fenómenos naturales concretos, teniendo en cuenta la naturaleza dinámica de los factores involucrados y la interacción de múltiples variables que afectan su comportamiento, (CENEPRED,2015).

3.3.2.1. Análisis del factor desencadenante. Se estableció un terremoto de gran magnitud originado por la colisión de placas tectónicas. Para determinar la intensidad del evento, se utilizaron modelos numéricos computarizados, complementados con un análisis de registros históricos que incluyen evidencias bibliográficas. Los diversos factores relevantes fueron mapeados, identificando indicios concretos en la zona de estudio correspondiente al sector 04 de la MDSM. Permite una evaluación más completa y precisa de los riesgos sísmicos en el área, combinando datos históricos, modelación científica y observaciones de campo para crear una representación cartográfica detallada de los factores de riesgo.

En el presente estudio se ha tomado un escenario sísmico de referencia, con epicentro en la costa del departamento de Lima, que corresponde al más probable que podría desencadenar en Lima. Un escenario de terremoto similar al del 1746 (magnitud = 8.8 Mw), con una duración de cerca de 4 minutos aproximadamente. donde de un total de 5,000 personas sobrevivieron sólo 200; también resultaron heridos; 3000 viviendas destruidas, casi en su totalidad. Fue percibido hasta Piura y Tacna incluso en la selva. Hoy, un evento así cambiaría la demografía, la sociedad e impactaría en la economía de Callao y Lima Metropolitana. La intensidad fue de X-XI MM en Lima y Callao.

a. Magnitud sísmica. es un indicador cuantitativo que mide la energía liberada durante un terremoto, expresándose en una escala numérica conocida como magnitud de momento (Mw). Este parámetro se emplea para representar la potencia general de un sismo y constituye un instrumento fundamental en el campo de la sismología y en la evaluación de riesgos sísmicos. Para establecer los valores específicos de los descriptores, donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 41), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 42). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 43). Además, se obtuvo el mapa de magnitud (figura 14).

Tabla 41*Matriz de comparación de pares de magnitud sísmica*

Desc.	Magnitud sísmica	D1_MS	D2_MS	D3_MS	D4_MS	D5_MS
D1	$8.0 < MS$	1.00	2.00	3.00	5.00	8.00
D2	$7.0 < MS \leq 8.0$	0.50	1.00	4.00	3.00	7.00
D3	$5.0 < MS \leq 7.0$	0.33	0.25	1.00	2.00	5.00
D4	$4.0 < MS \leq 5.0$	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
D5	$MS \leq 4.0$	0.13	0.14	0.20	0.50	1.00
	Suma	2.16	3.73	8.70	11.50	23.00
	1/Suma	0.46	0.27	0.11	0.09	0.04

Nota. Descriptor (Desc.); $8.0 < MS$ (D1_MS), $7.0 < MS \leq 8.0$ (D2_MS), $5.0 < MS \leq 7.0$ (D3_MS), $4.0 < MS \leq 5.0$ (D4_MS), $MS \leq 4.0$ (D5_MS)

Tabla 42*Matriz de normalización de magnitud sísmica*

Magnitud sísmica	D1_MS	D2_MS	D3_MS	D4_MS	D5_MS	Pdes
$8.0 < MS$	0.498	0.553	0.478	0.367	0.318	0.425
$7.0 < MS \leq 8.0$	0.249	0.276	0.383	0.306	0.273	0.305
$5.0 < MS \leq 7.0$	0.100	0.069	0.096	0.245	0.227	0.146
$4.0 < MS \leq 5.0$	0.083	0.055	0.024	0.061	0.136	0.083
$MS \leq 4.0$	0.071	0.046	0.019	0.020	0.045	0.041

Nota. Peso del descriptor (Pdes), $8.0 < MS$ (D1_MS), $7.0 < MS \leq 8.0$ (D2_MS), $5.0 < MS \leq 7.0$ (D3_MS), $4.0 < MS \leq 5.0$ (D4_MS), $MS \leq 4.0$ (D5_MS). La relación de consistencia es de 0.037

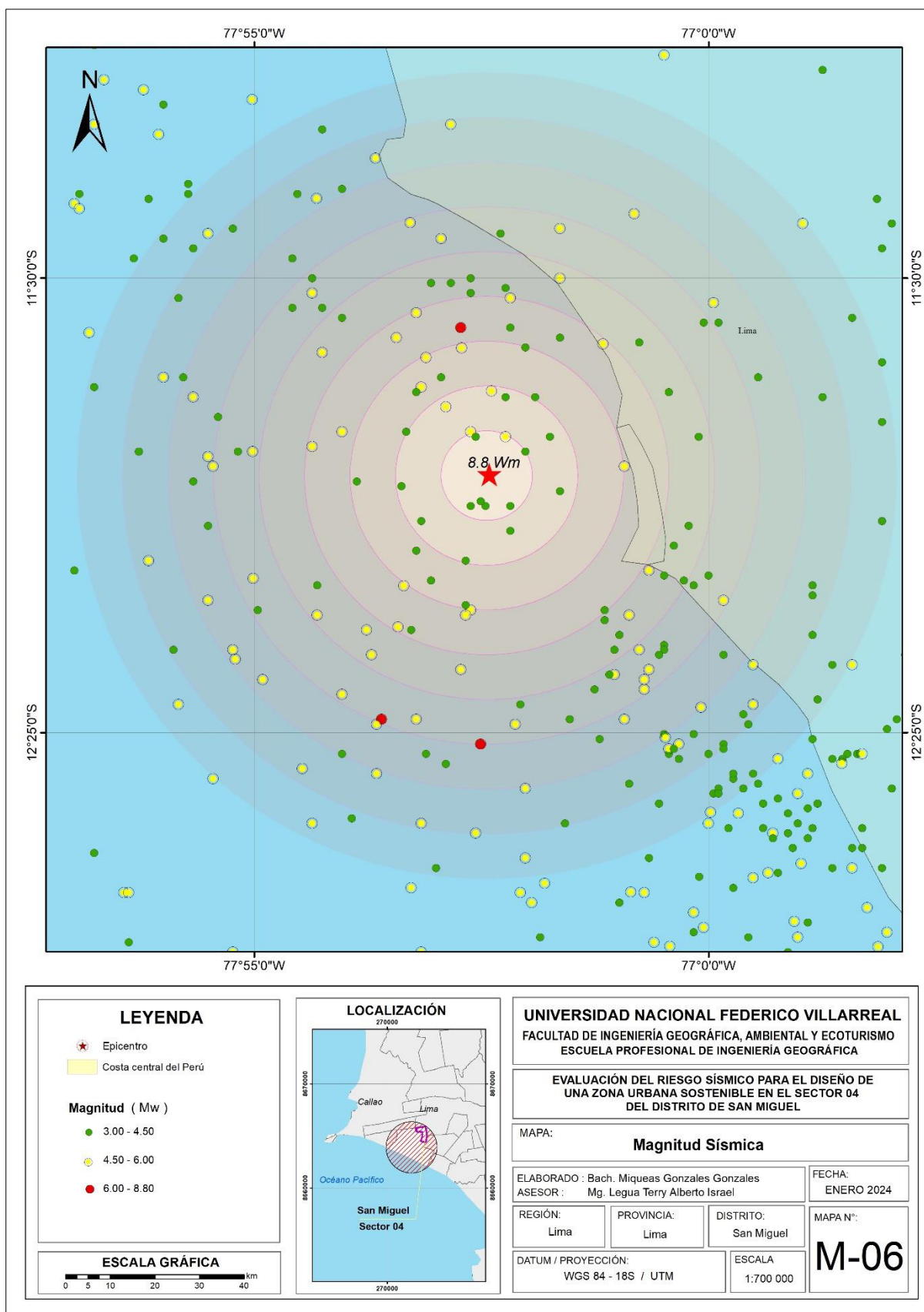
Tabla 43*Peso de los descriptores de magnitud sísmica*

Desc.	Magnitud sísmica	Código	Valor
D1	$8.0 < MS$	D1_MS	0.425
D2	$7.0 < MS \leq 8.0$	D2_MS	0.305
D3	$5.0 < MS \leq 7.0$	D3_MS	0.146
D4	$4.0 < MS \leq 5.0$	D4_MS	0.083
D5	$MS \leq 4.0$	D5_MS	0.041

Nota. El índice de consistencia es 0.0408 y relación de consistencia es 0.0366

Figura 14

Mapa de magnitud sísmica



3.3.2.2. Análisis de los factores condicionantes. Los factores que pueden influir en el desarrollo de un sismo y su propagación sobre el terreno, Se obtienen relacionando, comparando y manteniendo el orden de prioridad de cada parámetro del factor condicionante, donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 44), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 45). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 46).

Tabla 44

Matriz de comparación de pares del factor condicionante

Factores condicionantes	TS	Pend	Geol	Geom	Rel
Tipo de suelo	1.00	2.00	2.00	2.00	4.00
Pendiente	0.50	1.00	2.00	2.00	3.00
Geología	0.50	0.50	1.00	2.00	6.00
Geomorfología	0.50	0.50	0.50	1.00	6.00
Relieve	0.25	0.33	0.17	0.17	1.00
Suma	2.75	4.33	5.67	7.17	20.00
1/Suma	0.36	0.23	0.18	0.14	0.05

Nota. Tipo de suelo (TS), Pendiente (Pend), Geología (Geol), Geomorfología (Geom), Relieve (Rel)

Tabla 45

Matriz de normalización de pares del factor condicionante

Factores condicionantes	TS	Pend	Geol	Geom	Rel	Ppar
Tipo de suelo	0.364	0.462	0.353	0.279	0.200	0.331
Pendiente	0.182	0.231	0.353	0.279	0.150	0.239
Geología	0.182	0.115	0.176	0.279	0.300	0.211
Geomorfología	0.182	0.115	0.088	0.140	0.300	0.165
Relieve	0.091	0.077	0.029	0.023	0.050	0.054

Nota. Peso del parámetro (Ppar), Tipo de suelo (TS), Pendiente (Pend), Geología (Geol), Geomorfología (Geom), Relieve (Rel)

Tabla 46

Peso de los parámetros del factor condicionante

Factores desencantes	Código	Valor
Tipo de suelo	par_TS	0.331
Pendiente	par_Pend	0.239
Geología	par_Geol	0.211
Geomorfología	par_Geom	0.165
Relieve	par_Rel	0.054

Nota. El índice de consistencia es 0.0564 y relación de consistencia es 0.0506.

a. Tipo de suelo. Se refiere a las características físicas y geológicas del sustrato terrestre en una ubicación específica. Donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 47), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 48). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 49). Además, se obtuvo el mapa de tipo de suelo (figura 15).

Tabla 47

Matriz de comparación de pares de tipo de suelo

Tipo de suelo	D1_TS	D2_TS	D3_TS	D4_TS	D5_TS
Excepcionales	1.00	2.00	6.00	7.00	8.00
Suelos blandos	0.50	1.00	2.00	6.00	7.00
Suelos intermedios	0.17	0.50	1.00	4.00	2.00
Suelos rígidos	0.14	0.17	0.25	1.00	3.00
Suelos muy rígidos	0.13	0.14	0.50	0.33	1.00
Suma	1.93	3.81	9.75	18.33	21.00
1/Suma	0.52	0.26	0.10	0.05	0.05

Nota. Excepcionales (D1_TS), Suelos blandos (D2_TS), Suelos intermedios (D3_TS), Suelos rígidos (D4_TS) y Suelos muy rígidos (D5_TS)

Tabla 48

Matriz de normalización de tipo de suelo

Tipo de suelo	D1_TS	D2_TS	D3_TS	D4_TS	D5_TS	Pdes
Excepcionales	0.517	0.525	0.615	0.382	0.381	0.484
Suelos blandos	0.258	0.263	0.205	0.327	0.333	0.277
Suelos intermedios	0.086	0.131	0.103	0.218	0.095	0.127
Suelos rígidos	0.074	0.044	0.026	0.055	0.143	0.068
Suelos muy rígidos	0.065	0.038	0.051	0.018	0.048	0.044

Nota. Peso del descriptor (Pdes), excepcionales (D1_TS), Suelos blandos (D2_TS), Suelos intermedios (D3_TS), Suelos rígidos (D4_TS) y Suelos muy rígidos (D5_TS)

Tabla 49

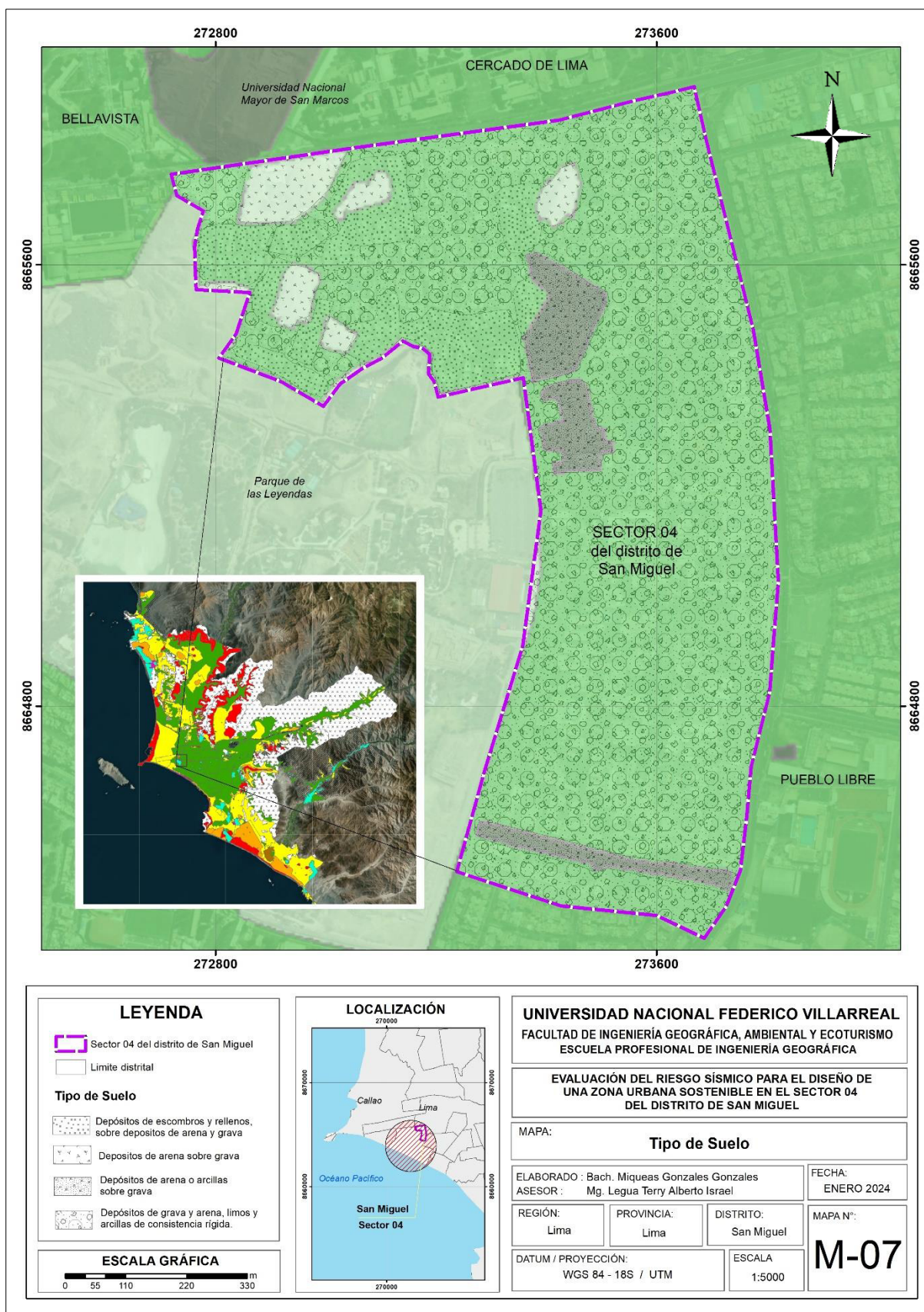
Peso de los descriptores de tipo de suelo

Tipo de suelo	Código	Vector priorización
Excepcionales	D1_TS	0.484
Suelos blandos	D2_TS	0.277
Suelos intermedios	D3_TS	0.127
Suelos rígidos	D4_TS	0.068
Suelos muy rígidos	D5_TS	0.044

Nota. El índice de consistencia es 0.0851 y relación de consistencia es 0.0764.

Figura 15

Mapa de tipo de suelo



b. Pendiente. Está referido a la inclinación del terreno o la superficie en un área específica. Donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 50), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 51). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 52). Además, se obtuvo el mapa de pendiente (figura 16).

Tabla 50

Matriz de comparación de pares de pendiente

pendiente	D1_Pend	D2_Pend	D3_Pend	D4_Pend	D5_Pend
45° < Pend	1.00	3.00	4.00	5.00	8.00
20° < Pend ≤ 45°	0.33	1.00	3.00	4.00	7.00
10° < Pend ≤ 20°	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
5° < Pend ≤ 10°	0.20	0.25	0.33	1.00	2.00
Pend ≤ 5°	0.13	0.14	0.25	0.50	1.00
Suma	1.91	4.73	8.58	13.50	22.00
1/Suma	0.52	0.21	0.12	0.07	0.05

Nota. 45° < Pend (D1_Pend), 20° < Pend ≤ 45° (D2_Pend), 10° < Pend ≤ 20° (D3_Pend), 5° < Pend ≤ 10° (D4_Pend), Pend ≤ 5° (D5_Pend)

Tabla 51

Matriz de normalización de pendiente

pendiente	D1_Pend	D2_Pend	D3_Pend	D4_Pend	D5_Pend	Pdes
45° < Pend	0.524	0.635	0.466	0.370	0.364	0.472
20° < Pend ≤ 45°	0.175	0.212	0.350	0.296	0.318	0.270
10° < Pend ≤ 20°	0.131	0.071	0.117	0.222	0.182	0.144
5° < Pend ≤ 10°	0.105	0.053	0.039	0.074	0.091	0.072
Pend ≤ 5°	0.066	0.030	0.029	0.037	0.045	0.041

Nota. 45° < Pend (D1_Pend), 20° < Pend ≤ 45° (D2_Pend), 10° < Pend ≤ 20° (D3_Pend), 5° < Pend ≤ 10° (D4_Pend), Pend ≤ 5° (D5_Pend)

Tabla 52

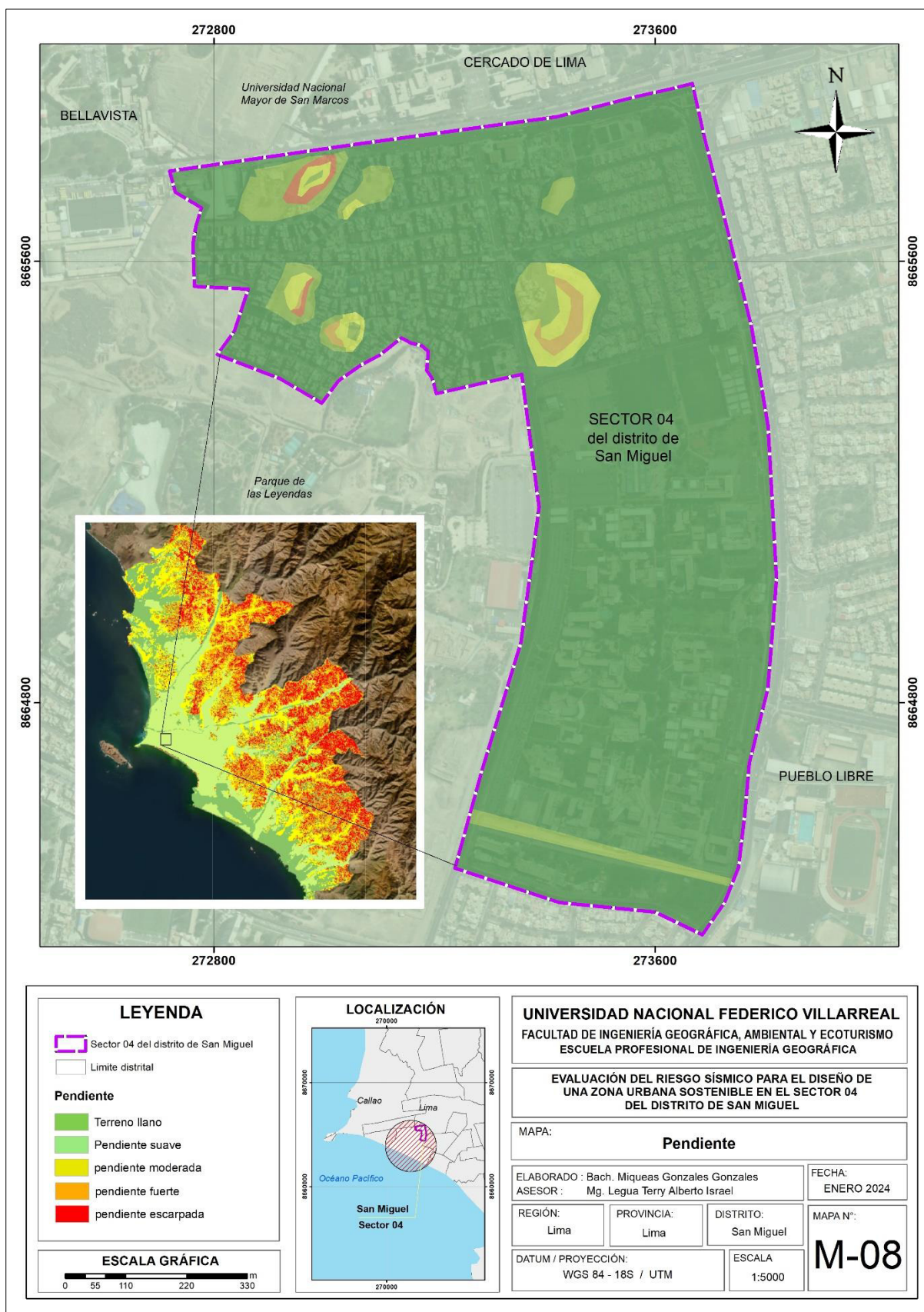
Peso de los descriptores de pendiente

pendiente	Código	Valor
45° < Pend	D1_Pend	0.472
20° < Pend ≤ 45°	D2_Pend	0.270
10° < Pend ≤ 20°	D3_Pend	0.144
5° < Pend ≤ 10°	D4_Pend	0.072
Pend ≤ 5°	D5_Pend	0.041

Nota. El índice de consistencia es 0.0490 y relación de consistencia es 0.0440.

Figura 16

Mapa de pendiente



c. Geología. Puede influir significativamente en la forma en que se propagan las ondas sísmicas y cómo afectan al área de estudio. Donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 53), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 54). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 55). Además, se obtuvo el mapa de geología (figura 17).

Tabla 53

Matriz de comparación de pares de geología

Geología	D1_Geol	D2_Geol	D1_Geol	D1_Geol	D1_Geol
Depósitos marinos	1.00	3.00	7.00	8.00	9.00
Depósitos eólicos	0.33	1.00	5.00	7.00	8.00
Fm. Herradura,	0.14	0.20	1.00	3.00	4.00
Depósitos aluviales	0.13	0.14	0.33	1.00	3.00
Fm. Marcavilca,	0.11	0.13	0.25	0.33	1.00
Suma	1.71	4.47	13.58	19.33	25.00
1/Suma	0.58	0.22	0.07	0.05	0.04

Nota. Depósitos marinos (D1_Geol), Depósito eólico (D2_Geol), Fm. Herradura (D3_Geol), Depósitos Aluviales (D4_Geol) Fm. Marcavilca (D5_Geol)

Tabla 54

Matriz de normalización de geología

Geología	D1_Geol	D2_Geol	D1_Geol	D1_Geol	D1_Geol	Pdes
Depósitos marinos	0.584	0.671	0.515	0.414	0.360	0.509
Depósitos eólicos	0.195	0.224	0.368	0.362	0.320	0.294
Fm. Herradura,	0.083	0.045	0.074	0.155	0.160	0.103
Depósitos aluviales	0.073	0.032	0.025	0.052	0.120	0.060
Fm. Marcavilca,	0.065	0.028	0.018	0.017	0.040	0.034

Nota. Depósitos marinos (D1_Geol), Depósito eólico (D2_Geol), Fm. Herradura (D3_Geol), Depósitos Aluviales (D4_Geol) Fm. Marcavilca (D5_Geol)

Tabla 55

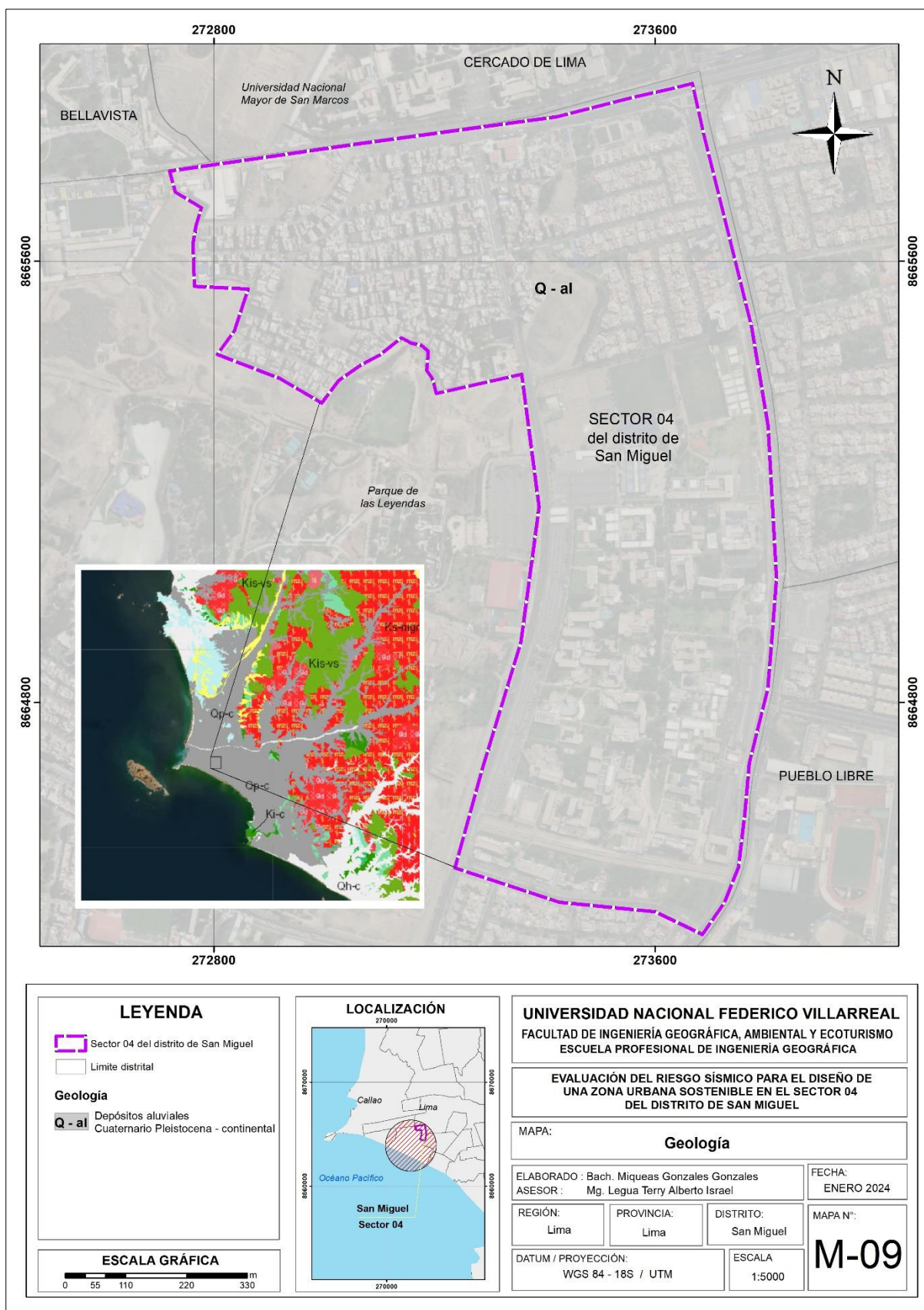
Peso de los descriptores de geología

Geología	Código	Valor
Depósitos marinos	D1_Geol	0.509
Depósitos eólicos	D2_Geol	0.294
Fm. Herradura,	D3_Geol	0.103
Depósitos aluviales	D4_Geol	0.060
Fm. Marcavilca,	D5_Geol	0.034

Nota. El índice de consistencia es 0.0922 y relación de consistencia es 0.0827.

Figura 17

Mapa de geología



d. Geomorfología. Se enfoca en el estudio y la descripción de las formas y características de la superficie terrestre. Donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 56), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 57). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 58). Además, se obtuvo el mapa de geomorfología (figura 18)

Tabla 56

Matriz de normalización de geomorfología

Geomorfología	D1_Geom	D2_Geom	D3_Geom	D4_Geom	D5_Geom
Terraza marina	1.00	3.00	5.00	8.00	9.00
Colina y lomada en roca sedimentaria	0.33	1.00	4.00	6.00	7.00
Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial	0.20	0.25	1.00	4.00	5.00
Llanura o planicie aluvial	0.13	0.17	0.25	1.00	3.00
Colina y lomada en roca intrusiva	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.77	4.56	10.45	19.33	25.00
1/Suma	0.57	0.22	0.10	0.05	0.04

Nota. Terraza marina (D1_Gmf), Colina y lomada en roca sedimentaria (D2_Gmf), Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (D3_Gmf), Llanura o planicie aluvial (D4_Gmf), Colina y lomada en roca intrusiva (D5_Gmf)

Tabla 57

Peso de los descriptores de geomorfología

Geomorfología	D1_Geom	D2_Geom	D3_Geom	D4_Geom	D5_Geom	Pdes
Terraza marina	0.565	0.658	0.478	0.414	0.360	0.495
Colina y lomada en roca sedimentaria	0.188	0.219	0.383	0.310	0.280	0.276
Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial	0.113	0.055	0.096	0.207	0.200	0.134
Llanura o planicie aluvial	0.071	0.037	0.024	0.052	0.120	0.061
Colina y lomada en roca intrusiva	0.063	0.031	0.019	0.017	0.040	0.034

Nota. Terraza marina (D1_Gmf), Colina y lomada en roca sedimentaria (D2_Gmf), Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (D3_Gmf), Llanura o planicie aluvial (D4_Gmf), Colina y lomada en roca intrusiva (D5_Gmf)

Tabla 58

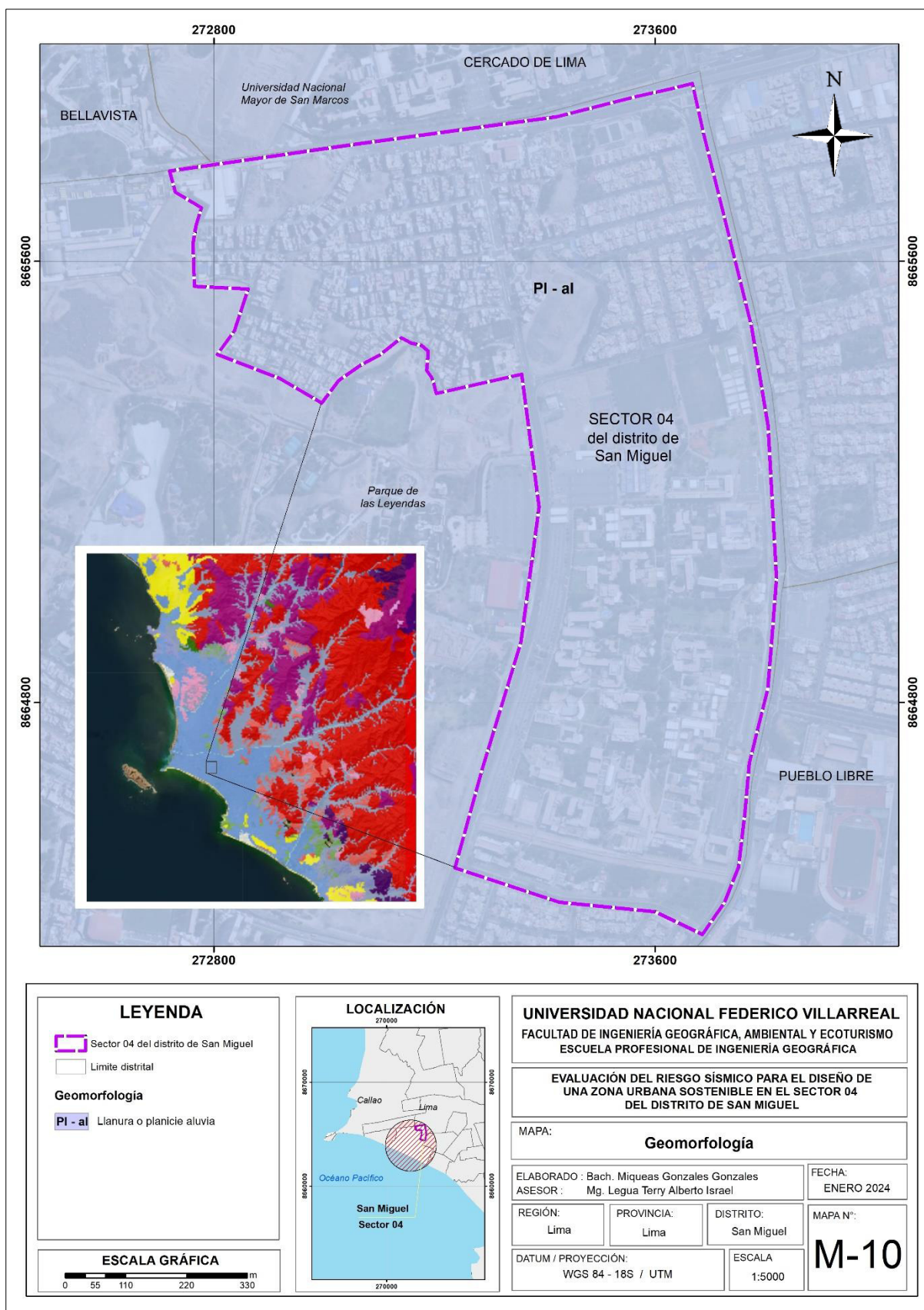
Peso de los descriptores de geomorfología

Geomorfología	Código	Valor
Terraza marina	D1_Geom	0.495
Colina y lomada en roca sedimentaria	D2_Geom	0.276
Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial	D3_Geom	0.134
Llanura o planicie aluvial	D4_Geom	0.061
Colina y lomada en roca intrusiva	D5_Geom	0.034

Nota. El índice de consistencia es 0.0925 y relación de consistencia es 0.0830.

Figura 18

Mapa de geomorfología



e. Relieve. Es un área con variaciones en la elevación, la configuración física o en forma, orientación, tamaño y pendiente. Donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 59), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 60). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 61). Además, se obtuvo el mapa de relieve (figura 19).

Tabla 59

Matriz de comparación de pares de relieve

Relieve	D1_Rel	D2_Rel	D3_Rel	D4_Rel	D5_Rel
Abrupto y escarpado, rocoso	1.00	2.00	3.00	6.00	8.00
Mesetas y abundantes lagunas	0.50	1.00	2.00	3.00	6.00
Relieve rocoso, escarpado y empinado	0.33	0.50	1.00	2.00	4.00
Valles estrechos y quebradas profundas	0.17	0.33	0.50	1.00	2.00
Generalmente plano y ondulado	0.13	0.17	0.25	0.50	1.00
Suma	2.13	4.00	6.75	12.50	21.00
1/Suma	0.47	0.25	0.15	0.08	0.05

Nota. Abrupto y escarpado, rocoso (D1_Rel), mesetas y abundantes lagunas (D2_Rel), Relieve rocoso, escarpado y empinado (D3_Rel), Valles estrechos y quebradas profundas (D4_Rel), Generalmente plano y ondulado (D5_Rel)

Tabla 60

Matriz de normalización de relieve

Relieve	D1_Rel	D2_Rel	D3_Rel	D4_Rel	D5_Rel	Pdes
Abrupto y escarpado, rocoso	1.00	2.00	3.00	6.00	8.00	0.455
Mesetas y abundantes lagunas	0.50	1.00	2.00	3.00	6.00	0.261
Relieve rocoso, escarpado y empinado	0.33	0.50	1.00	2.00	4.00	0.156
Valles estrechos y quebradas profundas	0.17	0.33	0.50	1.00	2.00	0.082
Generalmente plano y ondulado	0.13	0.17	0.25	0.50	1.00	0.045

Nota. Abrupto y escarpado, rocoso (D1_Rel), mesetas y abundantes lagunas (D2_Rel), Relieve rocoso, escarpado y empinado (D3_Rel), Valles estrechos y quebradas profundas (D4_Rel), Generalmente plano y ondulado (D5_Rel)

Tabla 61

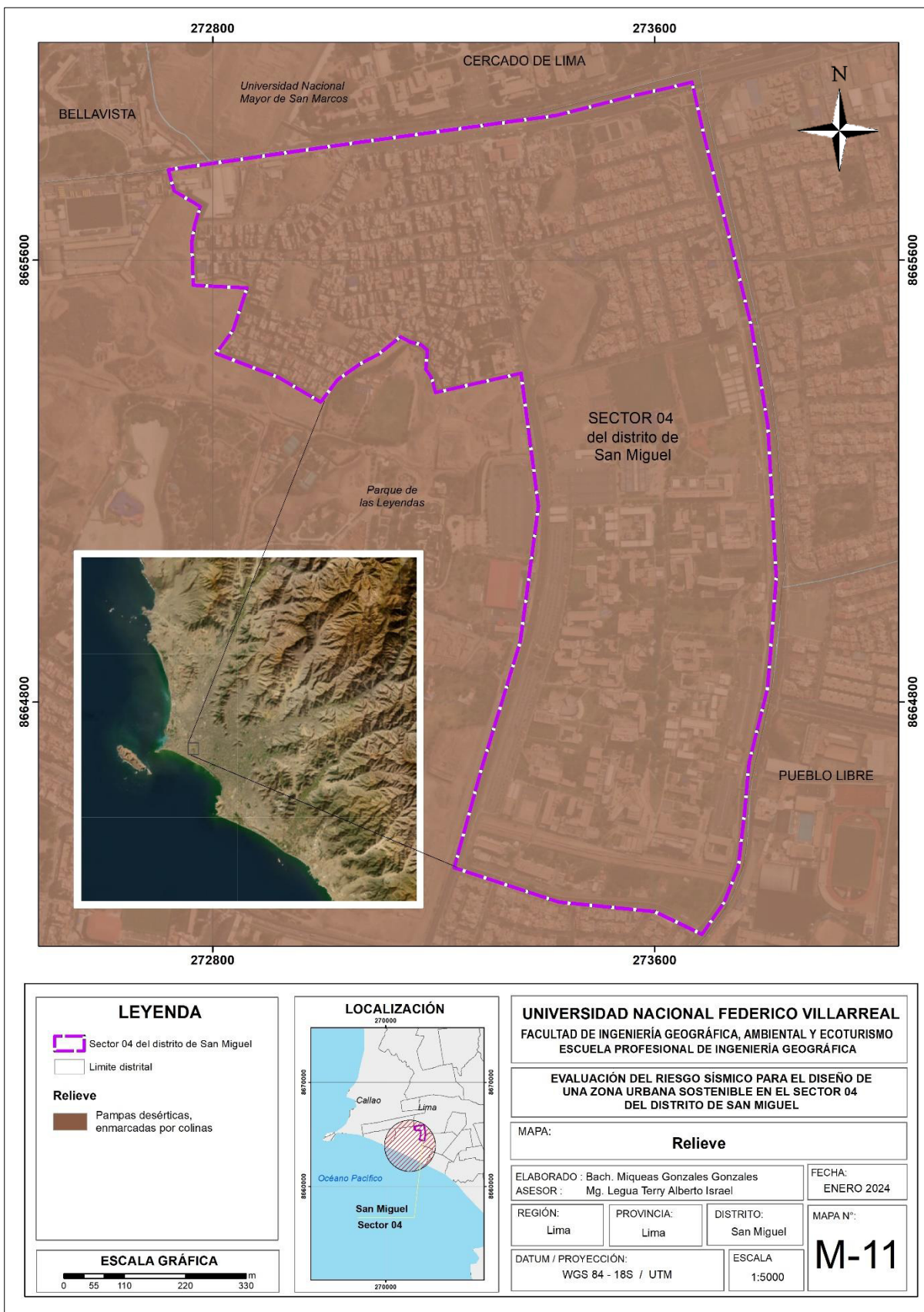
Peso de los descriptores de relieve

Relieve	Código	Valor
Abrupto y escarpado, rocoso	D1_Rel	0.455
mesetas y abundantes lagunas	D2_Rel	0.261
Relieve rocoso, escarpado y empinado	D3_Rel	0.156
Valles estrechos y quebradas profundas	D4_Rel	0.082
Generalmente plano y ondulado	D5_Rel	0.045

Nota. El índice de consistencia es 0.0075 y relación de consistencia es 0.0067.

Figura 19

Mapa de relieve



3.3.2.3. Ponderación de la susceptibilidad. Para determinar el valor de la susceptibilidad, se están considerando cinco (05) factores condicionantes: tipo de suelo (TS), pendiente (Pend), geología (Geol), geomorfología (Geom) y relieve (Rel). También se consideró al parámetro magnitud (MS) como un factor desencadenante, los cuales se son multiplicados por sus respectivos pesos de cada uno de los factores con sus respectivos valores (descriptores), finalmente se suman, manteniendo el orden de prioridad de cada descriptor (tabla 62).

Tabla 62

Matriz de ponderación de la susceptibilidad

Tipo de suelo		F. Condicionantes								F. Desencadenante		
		Pendiente		Geología		Geomorfología		Relieve		Valor	Magnitud	
Pdes TS	Ppar TS	Pdes Pend	Ppar Pend	Pdes Geol	Ppar Geol	Pdes Geom	Ppar Geom	Pdes Rel	Ppar Rel		Pdes MS	Ppar MS
0.484		0.472		0.509		0.495		0.455		0.487	0.425	0.425
0.277	0.331	0.270	0.239	0.294	0.211	0.276	0.165	0.261	0.054	0.278	0.305	0.305
0.127		0.144		0.103		0.134		0.156		0.129	1.000	0.146
0.068		0.072		0.060		0.061		0.082		0.067	0.083	0.083
0.044		0.041		0.034		0.034		0.045		0.040	0.041	0.041

Nota. Tipo de suelo (TS), pendiente (Pend), geología (Geol), geomorfología (Geom), relieve (Rel), Val Magnitud (MS)

Para definir el valor numérico de la susceptibilidad (Val_Sus) del sector 04 de la MDSM, ante la ocurrencia de un Peligro Sísmico (Ps), se utilizan los valores de la capa de factor condicionante (Val_FC) y desencadenante (Val_FD) con sus respectivos pesos (tabla 63).

Tabla 63

Matriz de cálculo de la susceptibilidad

Factor desencadenante		Factor condicionante		Valor de la susceptibilidad Val_Sus
Val_FD	P_FD	Val_FC	P_FC	
0.425		0.425		0.474
0.305		0.305		0.283
0.146	0.2	0.146	0.8	0.132
0.083		0.083		0.070
0.041		0.041		0.040

Nota. Factor desencadenante (FD), Factor condicionante (FC), Susceptibilidad (Sus), Valor (Val)

4.3.3. Nivel del peligro sísmico

Las tablas a continuación presentan el cálculo de los niveles de peligro (NP) por sismo (tabla 64) y los valores correspondientes obtenidos mediante el método AHP de Saaty, para el sector 04 de la MDSM.

Tabla 64

Cálculo de los niveles de peligro sísmico





Valor y peso de la susceptibilidad		Valor y peso de la Evaluación Sísmica		Valor del Peligro Sísmico
Val_Sus	P_Sus	Val_Eva	P_Eva	Val_PS
0.507	0.6	0.4448	0.4	0.467
0.275	0.6	0.2357	0.4	0.261
0.114	0.6	0.1836	0.4	0.152
0.114	0.6	0.1836	0.4	0.080
0.063	0.6	0.0942	0.4	0.040

Nota. Susceptibilidad (Sus), Evaluación sísmica (Eva), Peligro Sísmico (PS)

Para determinar los valores de cada nivel de esta capa, se emplean los resultados del cálculo del peligro sísmico (PS). Estos valores sirven para definir los cuatro rangos del nivel de peligro (tabla 65), lo que da como resultado el mapa de peligro sísmico (figura 20)

Tabla 65

Nivel del peligro

Nivel del peligro sísmico	Rangos del peligro sísmico	Color
Muy Alto	$0.261 \leq PS \leq 0.467$	
Alto	$0.152 \leq PS < 0.261$	
Medio	$0.080 \leq PS < 0.152$	
Bajo	$0.040 \leq PS < 0.080$	

Nota. PS es peligro sísmico.

Cada valor del nivel de peligro (NP) se caracteriza y describe a partir de la relación entre la capa de susceptibilidad (Val_Sus) y el parámetro de evaluación (Val. Eval), manteniendo el orden descendente de prioridad de los valores de cada descriptor. En cada capa de información predominan las características descritas en la evaluación del peligro, así como la magnitud como factor desencadenante (tabla 66).

Figura 20

Mapa de peligro sísmico

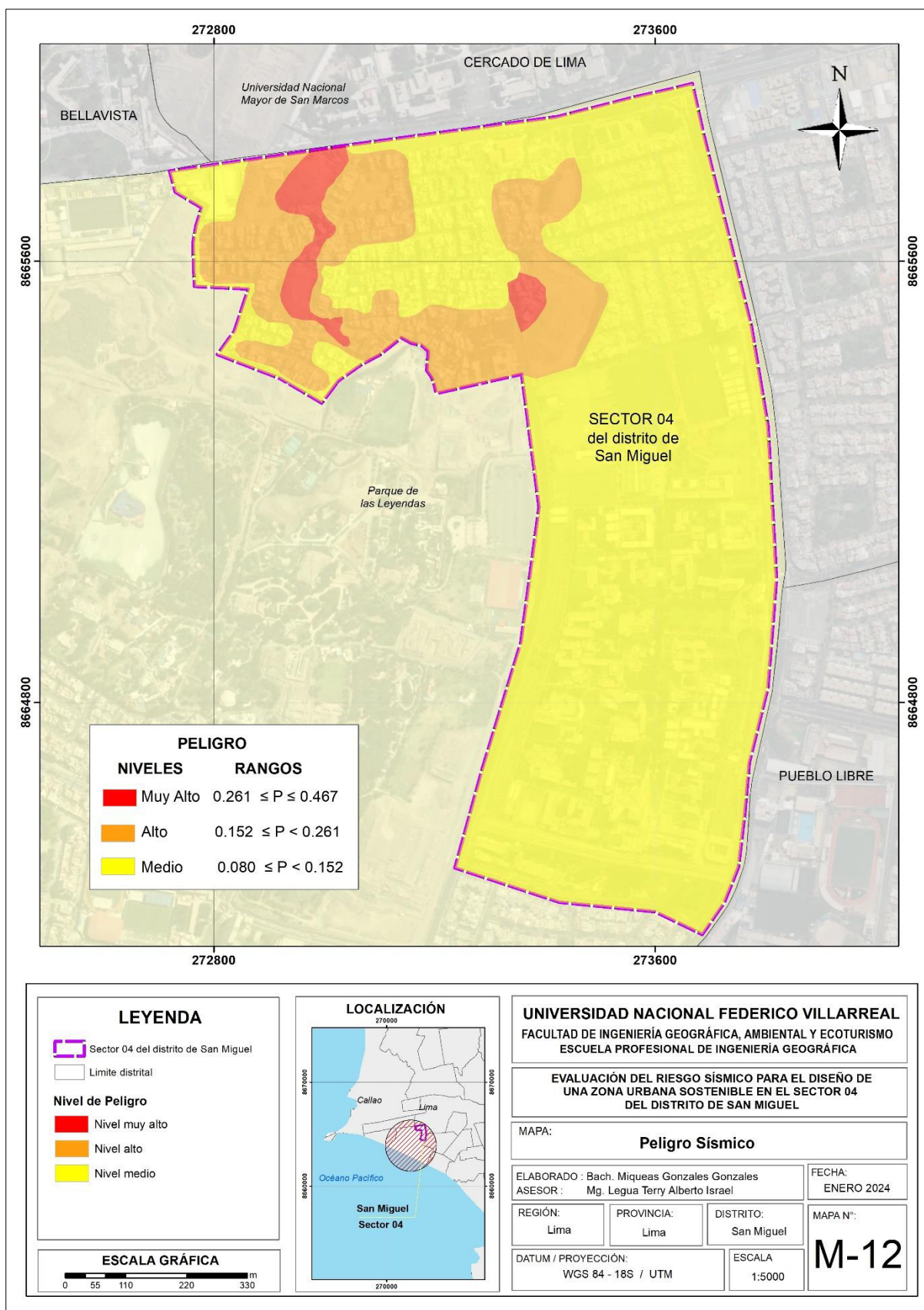


Tabla 66*Estratificación de los niveles de peligro por sismo*

Nivel	Descripción	Rango	Color
Muy Alto	El área presenta una muy alta susceptibilidad a ser afectado ante la ocurrencia de un sismo, el cual es desencadenado por colisión de placas con una magnitud importante de 8.8 Mw; con una intensidad de IX en la Escala de Mercalli Modificada; con valores máximos de velocidad del suelo (PGV) mayor de 50 cm/s y menor o igual a 70 cm/s; con valores máximos de aceleración (PGA) mayor de 500 cm/s ² y menor o igual a 1100 cm/s ² ; con una distancia de 14 Km al epicentro; que tiene una distancia de 30 Km al hipocentro; predominan suelo excepcionales con depósitos de escombros y rellenos sobre depósitos de arena y grava; el área presenta pendiente escarpada mayores a 45° de inclinación; la unidad geológica es depósito aluviales (Q-al); la unidad geomorfológica es llanura o planicie aluvial (Pl-al); la unidad geológica depósito aluviales (Qp-al); y presenta un relieve accidentado.	$0.261 \leq PS \leq 0.467$	■
Alto	El área presenta una alta susceptibilidad a ser afectado ante la ocurrencia de un sismo, el cual es desencadenado por colisión de placas con una magnitud importante de 8.8 Mw; con una intensidad de IX en la Escala de Mercalli Modificada; con valores máximos de velocidad del suelo (PGV) mayor de 50 cm/s y menor o igual a 70 cm/s; con valores máximos de aceleración (PGA) mayor de 500 cm/s ² y menor o igual a 1100 cm/s ² ; con una distancia de 14 Km al epicentro; que tiene una distancia de 30 Km al hipocentro; predominan suelos intermedios con depósitos de arena o arcilla sobre grava; el área presenta pendiente fuerte mayor de 20° y menor o igual a 45° de inclinación la unidad geológica es depósito aluviales (Q-al); la unidad geomorfológica es llanura o planicie aluvial (Pl-al); y presenta un relieve generalmente plano.	$0.152 \leq PS < 0.261$	■
Medio	El área presenta un nivel media de susceptibilidad a ser afectado ante la ocurrencia de un sismo, el cual es desencadenado por colisión de placas con una magnitud importante de 8.8 Mw; con una intensidad de IX en la Escala de Mercalli Modificada; con valores máximos de velocidad del suelo (PGV) mayor de 30 cm/s y menor o igual a 50 cm/s; con valores máximos de aceleración (PGA) mayor de 500 cm/s ² y menor o igual a 1100 cm/s ² ; con una distancia de 14 Km al epicentro; que tiene una distancia de 30 Km al hipocentro; predominan suelos rígidos con depósitos de grava y arena, limo y arcillas de consistencia rígida; el área presenta pendiente moderada mayor a 10° y menor o igual a 20° de inclinación; la unidad geológica es depósito aluviales (Q-al); la unidad geomorfológica es llanura o planicie aluvial (Pl-al); y presenta un relieve generalmente plano.	$0.080 \leq PS < 0.152$	■

Nota. PS es peligro sísmico.

4.4. Cálculo de los niveles de vulnerabilidad

La vulnerabilidad se define como la susceptibilidad de que la infraestructura, actividades socioeconómicas, la población y del entorno ambiental, de sufrir daños por acción de un evento sísmico. Para el análisis de la vulnerabilidad del sector 04 de la MDSM, se consideró todos los elementos expuestos que se encuentran dentro de su ámbito, para ello, se trabajó con las dimensiones física (D_F), social (D_S), económica (D_E) y ambiental (D_A). La información utilizada fue recopilada de los trabajos de campo en el presente año, y orientadas a conocer la exposición (F_{Ex}), fragilidad (F_{Fr}) y resiliencia (F_{Re}) de las cuatro dimensiones de la vulnerabilidad.

4.4.1. Análisis de la exposición

La exposición a condiciones de desventaja es el resultado de decisiones y prácticas que ponen en riesgo a las personas y sus medios de vida. Esto se debe a un manejo inadecuado del entorno, crecimiento demográfico no planificado, migraciones desordenadas, urbanización sin control y políticas económicas insostenibles. La capa de exposición incluirá todos los elementos relevantes para el sector evaluado (tabla 67).

Tabla 67

Valor de exposición de elementos expuestos

Elementos expuestos	Valor de peligro	Valor de exposición	Código
	0.467	0.467	E1
Capa de elementos	0.261	0.261	E2
interceptados	0.152	0.152	E3
	0.080	0.080	E4
	0.040	0.040	

Nota. La capa de elementos interceptados corresponde a: vidas humanas, infraestructura, recursos naturales, entre otros.

Para definir los valores de esta capa de información se utilizan los resultados preliminares de la intersección de la capa de peligro sobre la unidad catastral del área de estudio, con estos valores se utilizan para establecer los rangos: muy alta, alta, media y baja. Dando como resultado el mapa de exposición (figura 21) y la información de sus características (tabla 68).

Tabla 68

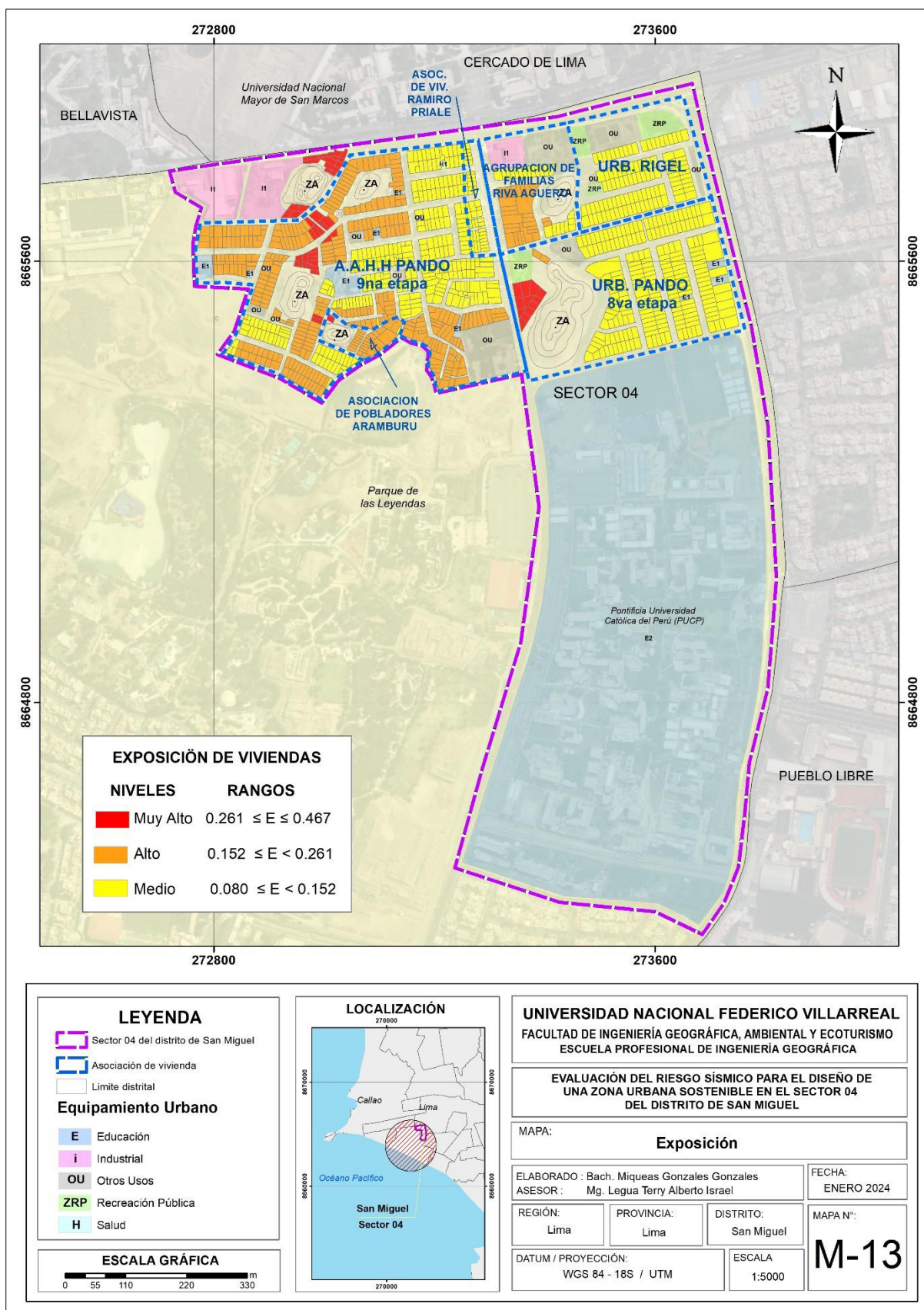
Estratificación de la exposición

Nivel	Descripción	Rango
Muy alto	Se identificaron 651 lotes que se encuentran expuestos a un nivel muy alto de peligro originado por sismo de magnitud 8.8 Mw. También están expuestos otros tipos de elementos como zonas arqueológicas como la Huaca Aramburu y Huaca 26 ubicada en el Asentamiento Humano Pando Etapa IX y la Huaca 25 ubicado en la Asociación de Pobladores Aramburu.	$0.261 \leq Ex \leq 0.467$
Alto	Se identificaron 372 lotes que se encuentran expuestos a un nivel alto de peligro originado por sismo de magnitud 8.8 Mw. También están expuestos otros tipos de elementos como zonas arqueológicas como la Huaca 23 ubicada en el Asentamiento Humano Pando Etapa IX, Huaca Miguel Grau ubicado en la zona de viviendas de la Agrupación de Familias Riva Agüero y Huaca Potosi ubicado en la Urbanización de Pando Etapa VIII. También está expuesto áreas para el sector educación donde se identificaron 05 predios entre ellos colegios de primaria, secundaria, inicial; también están expuestos áreas para el sector industrial donde se identificaron tres predios para uso de telecomunicación y para grifos; además de área para otros usos donde se identificaron 06 predios entre ellos para uso deportivo, comedor popular, lugar de culto y adoración, y una zona para la recreación pública y áreas verdes.	$0.152 \leq Ex < 0.261$
Medio	Se identificaron 55 lotes que se encuentran expuestos a un nivel medio de peligro originado por sismo de magnitud 8.8 Mw. También están expuesto áreas para el sector educación donde se identificaron 04 predios entre ellos la universidad Pontificia Católica del Perú, colegios de primaria, secundaria e inicial; también de área para otros usos donde se identificaron 08 predios entre ellos para uso deportivo, paradero de buses, local municipal, local comunal, mercado zonal; también están expuesto áreas para en el sector salud donde se identificó una posta; además está expuesto tres zonas para la recreación pública y áreas verdes.	$0.080 \leq Ex < 0.152$

Nota. Ex es exposición.

Figura 21

Mapa de exposición



4.4.2. Análisis de la fragilidad

Está referida a las condiciones de debilidad y desventaja de la población, las personas y sus medios ante los peligros, se pueden analizar en cuatro dimensiones: física (DF), social (DS), económica (DE) y ambiental (DA). Para la identificación, caracterización y determinar el valor de la fragilidad (Val_{Fr}) se ha establecido determinar la dimensión física (Fr_{DF}), dimensión social (Fr_{DS}), dimensión económica (Fr_{DE}), dimensión ambiental (Fr_{DA}). Con los resultados preliminares se zonificó y determinó los rangos de la fragilidad (Val_{Fr}) en cuatro niveles: muy alta (MA), alta (A), media (M) y baja (B) empleando la fórmula:

$Val_{Fr} = (Val_{DF} * P_{DF}) + (Val_{DS} * P_{DS}) + (Val_{DE} * P_{DE}) + (Val_{DA} * P_{DA})$ donde:

$$Val_{DF} = \sum_{i=1}^n Parametro_i * Descreptor_i$$

$$Val_{DS} = \sum_{i=1}^n Parametro_i * Descreptor_i$$

$$Val_{DE} = \sum_{i=1}^n Parametro_i * Descreptor_i$$

$$Val_{DA} = \sum_{i=1}^n Parametro_i * Descreptor_i$$

Nota. Val_{Fr} es Valor de Fragilidad; Val_{DF} es valor de dimensión física; Val_{DS} es valor de dimensión social; Val_{DE} es valor de dimensión económica; Val_{DA} es valor de dimensión ambiental; y P es peso. Fuente: Adaptado del Manual de Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales, 2da. Versión 2015. CENEPRED.

4.4.2.1. Análisis de la fragilidad de la dimensión física. Para determinar el valor, se obtuvo comparando, relacionando y manteniendo el orden de prioridad del parámetro material predominante en paredes (MPPA), material predominante en techo (MPT), material predominante en piso (MPPI), antigüedad de edificación (ACO), Estado de conservación de edificación (ECE), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 69), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 70). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 71).

Tabla 69*Matriz de comparación de pares de fragilidad de dimensión física*

Desc.	Fragilidad de dimensión física	MPPA	MPT	MPPI	AED	ECE
D1	Material predominante en paredes	1.00	2.00	4.00	6.00	7.00
D2	Material predominante en techo	0.50	1.00	2.00	4.00	5.00
D3	Material predominante en piso	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
D4	Antigüedad de edificación	0.17	0.25	0.50	1.00	3.00
D5	Estado de conservación de edificación	0.14	0.20	0.25	0.33	1.00
	Suma	2.06	3.95	7.75	13.33	20.00
	1/Suma	0.49	0.25	0.13	0.08	0.05

Nota. Material predominante en paredes (MPPA), material predominante en techo (MPT), material predominante en piso (MPPI), antigüedad de edificación (AED), estado de conservación de edificación (ECE)

Tabla 70*Matriz de normalización de pares de fragilidad de dimensión física*

Fragilidad de dimensión física	MPPA	MPT	MPPI	AED	ECE	Pdes
Material predominante en paredes	0.486	0.506	0.516	0.450	0.350	0.462
Material predominante en techo	0.243	0.253	0.258	0.300	0.250	0.261
Material predominante en piso	0.121	0.127	0.129	0.150	0.200	0.145
Antigüedad de edificación	0.081	0.063	0.065	0.075	0.150	0.087
Estado de conservación de edificación	0.069	0.051	0.032	0.025	0.050	0.045

Nota. Material predominante en paredes (MPPA), material predominante en techo (MPT), material predominante en piso (MPPI), antigüedad de edificación (AED), estado de conservación de edificación (ECE)

Tabla 71*Peso de los parámetros de fragilidad de dimensión física*

Desc.	Fragilidad de Dimensión física	Código	Valor
D1	Material predominante en paredes	MPPA	0.462
D2	Material predominante en techo	MPT	0.261
D3	Material predominante en piso	MPPI	0.145
D4	Antigüedad de edificación	AED	0.087
D5	Estado de conservación de edificación	ECE	0.045

Nota. El índice de consistencia es 0.0774 y relación de consistencia es 0.0695.

a. Material predominante en paredes. Se obtiene comparando, relacionando y manteniendo el orden de prioridad del parámetro material predominante en paredes (MPPA), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 72), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 73). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 74). Además, se obtuvo el mapa de Material predominante en paredes (figura 22).

Tabla 72

Matriz de comparación de pares de material predominante en paredes

Material predominante en paredes	D1_MPPA	D2_MPPA	D3_MPPA	D4_MPPA	D5_MPPA
Estera, Otro material	1.00	3.00	4.00	5.00	9.00
Piedra con barro, Madera, Estera	0.33	1.00	2.00	3.00	6.00
Adobe o tapia	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Piedra o sillar con cal o cemento	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
Ladrillo o bloque de cemento	0.11	0.17	0.25	0.50	1.00
Suma	1.00	3.00	4.00	5.00	9.00
1/Suma	0.33	1.00	2.00	3.00	6.00

Nota. Estera, Otro material (D1_MPPA); Piedra con barro, Madera, Estera (D2_MPPA); Adobe o tapia (D3_MPPA); Piedra o sillar con cal o cemento (D4_MPPA); Ladrillo o bloque de cemento (D5_MPPA)

Tabla 73

Matriz de normalización de material predominante en paredes

Material predominante en paredes	D1_MPPA	D2_MPPA	D3_MPPA	D4_MPPA	D5_MPPA	Pdes
Estera, Otro material	0.528	0.600	0.516	0.435	0.409	0.498
Piedra con barro, Madera, Estera	0.176	0.200	0.258	0.261	0.273	0.234
Adobe o tapia	0.132	0.100	0.129	0.174	0.182	0.143
Piedra o sillar con cal o cemento	0.106	0.067	0.065	0.087	0.091	0.083
Ladrillo o bloque de cemento	0.059	0.033	0.032	0.043	0.045	0.043

Nota. Estera, Otro material (D1_MPPA); Piedra con barro, Madera, Estera (D2_MPPA); Adobe o tapia (D3_MPPA); Piedra o sillar con cal o cemento (D4_MPPA); Ladrillo o bloque de cemento (D5_MPP)

Tabla 74

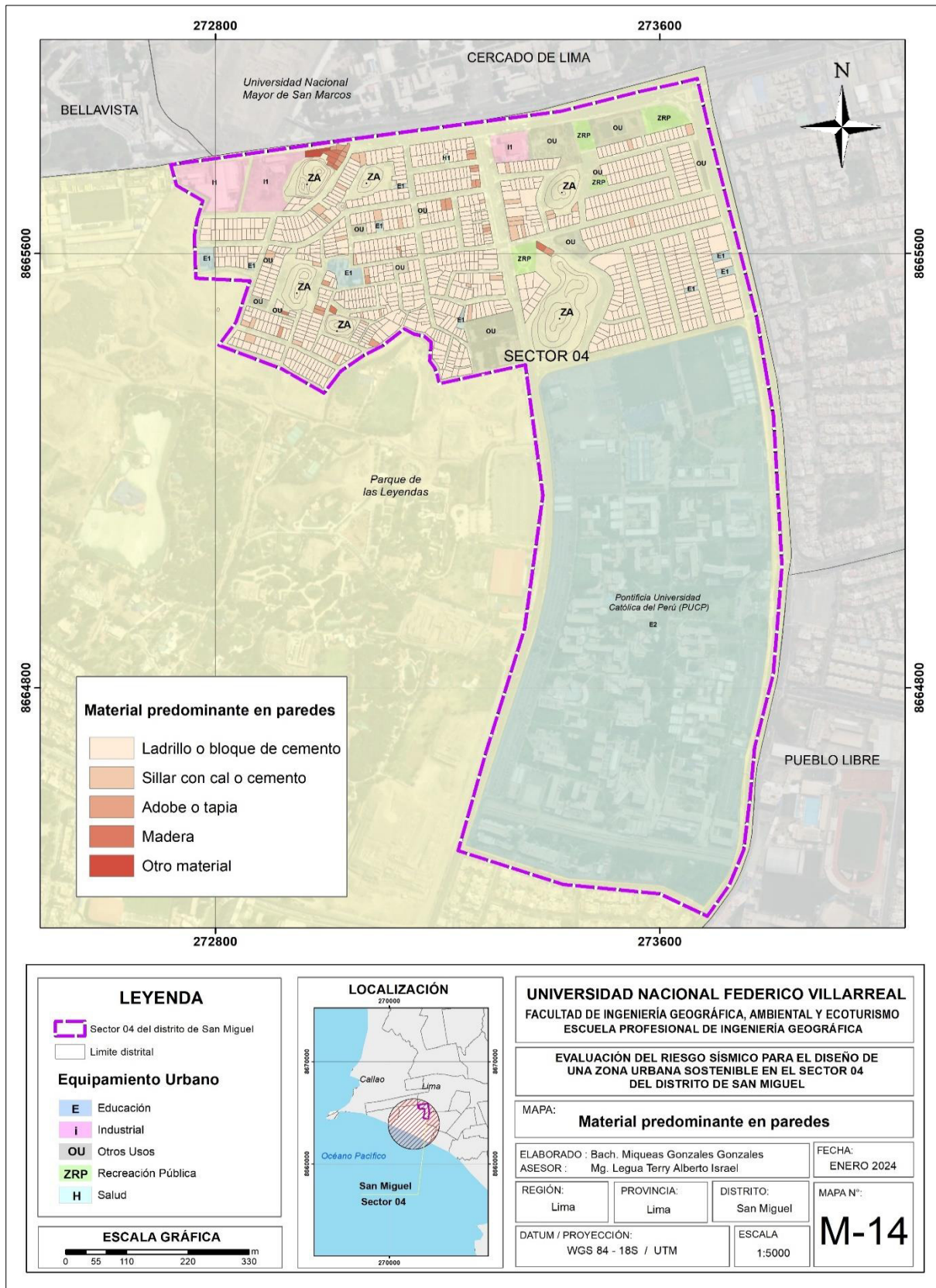
Peso de los descriptores de material predominante en paredes

Material predominante en paredes	Código	Valor
Estera, Otro material	D2_MPPA	0.498
Piedra con barro, Madera, Estera	D2_MPPA	0.234
Adobe o tapia	D3_MPPA	0.143
Piedra o sillar con cal o cemento	D4_MPPA	0.083
Ladrillo o bloque de cemento	D5_MPPA	0.043

Nota. El índice de consistencia es 0.0173 y relación de consistencia es 0.0155.

Figura 22

Mapa de material predominante en paredes



b. Material predominante en techo. Se obtiene comparando, relacionando y manteniendo el orden de prioridad del parámetro material predominante en techo (MPT), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 75), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 76). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 77). Además, se obtuvo el mapa de Material predominante en techo (figura 23).

Tabla 75

Matriz de comparación de pares de material predominante en techo

Material predominante en techo	D1_MPT	D2_MPT	D3_MPT	D4_MPT	D5_MPT
Otro material y/o sin techo	1.00	2.00	3.00	6.00	7.00
Estera, paja, caña y hojas de palmera	0.50	1.00	2.00	3.00	6.00
Plancha de calamina y estera con barro	0.33	0.50	1.00	2.00	4.00
Madera y tejas	0.17	0.33	0.50	1.00	2.00
Concreto armado	0.14	0.17	0.25	0.50	1.00
Suma	2.14	4.00	6.75	12.50	20.00
1/Suma	0.47	0.25	0.15	0.08	0.05

Nota. Otro material (D1_MPT); Estera, paja, caña y hojas de palmera (D2_MPT); Plancha de calamina y estera con barro (D3_MPT); Madera y tejas (D4_MPT); Concreto armado (D5_MPT)

Tabla 76

Matriz de normalización de material predominante en techo

Material predominante en techo	D1_MPT	D2_MPT	D3_MPT	D4_MPT	D5_MPT	Pdes
Otro material	0.467	0.500	0.444	0.480	0.350	0.448
Estera, paja, caña y hojas de palmera	0.233	0.250	0.296	0.240	0.300	0.264
Plancha de calamina y estera con barro	0.156	0.125	0.148	0.160	0.200	0.158
Madera y tejas	0.078	0.083	0.074	0.080	0.100	0.083
Concreto armado	0.067	0.042	0.037	0.040	0.050	0.047

Nota. Peso del descriptor (Pdes), Otro material (D1_MPT); Estera, paja, caña y hojas de palmera (D2_MPT); Plancha de calamina y estera con barro (D3_MPT); Madera y tejas (D4_MPT); Concreto armado (D5_MPT)

Tabla 77

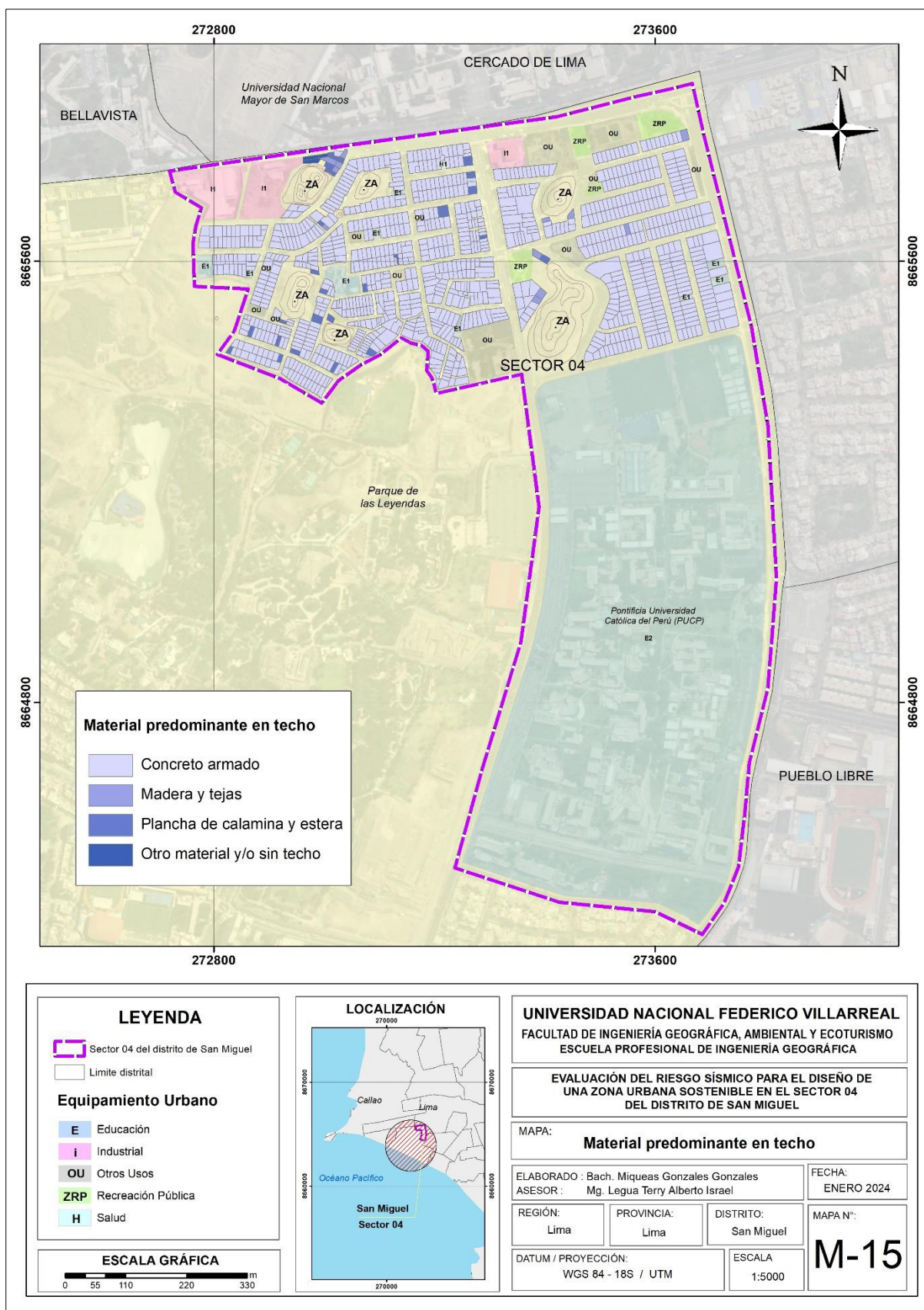
Peso de los descriptores de material predominante en techo

Material predominante en techo	Código	Valor
Otro material	D2_MPT	0.448
Estera, paja, caña y hojas de palmera	D2_MPT	0.264
Plancha de calamina y estera con barro	D3_MPT	0.158
Madera y tejas	D4_MPT	0.083
Concreto armado	D5_MPT	0.047

Nota. El índice de consistencia es 0.0113 y relación de consistencia es 0.0101.

Figura 23

Mapa de material predominante en techo.



c. Material predominante en pisos. Se obtiene comparando, relacionando y manteniendo el orden de prioridad del parámetro material predominante en pisos (MPPI), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 78), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 79). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 80). Además, se obtuvo el mapa de material predominante en pisos (figura 24).

Tabla 78

Matriz de comparación de pares de material predominante en pisos

Material predominante en pisos	D1_ MPPI	D2_ MPPI	D3_ MPPI	D4_ MPPI	D5_ MPPI
Otro material piso	1.00	2.00	4.00	6.00	7.00
Tierra	0.50	1.00	2.00	4.00	5.00
Cemento	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Madera	0.17	0.25	0.50	1.00	3.00
Losetas, terrazos, cerámicos o similares	0.14	0.20	0.25	0.33	1.00
Suma	2.16	4.00	6.75	11.50	21.00
1/Suma	0.46	0.25	0.15	0.09	0.05

Nota. Otro material piso (D1_ MPPI); Tierra (D2_ MPPI); Cemento (D3_ MPPI); Madera (D4_ MPPI); Losetas, terrazos, cerámicos o similares (D5_ MPPI)

Tabla 79

Matriz de normalización de material predominante en pisos

Material predominante en pisos	D1_ MPPI	D2_ MPPI	D3_ MPPI	D4_ MPPI	D5_ MPPI	Pdes
Otro material	0.463	0.500	0.444	0.435	0.381	0.445
Estera, paja, caña y hojas de palmera	0.232	0.250	0.296	0.261	0.286	0.265
Plancha de calamina y estera con barro	0.154	0.125	0.148	0.174	0.190	0.158
Madera y tejas	0.093	0.083	0.074	0.087	0.095	0.086
Concreto armado	0.058	0.042	0.037	0.043	0.048	0.046

Nota. Otro material piso (D1_ MPPI); Tierra (D2_ MPPI); Cemento (D3_ MPPI); Madera (D4_ MPPI); Losetas, terrazos, cerámicos o similares (D5_ MPPI)

Tabla 80

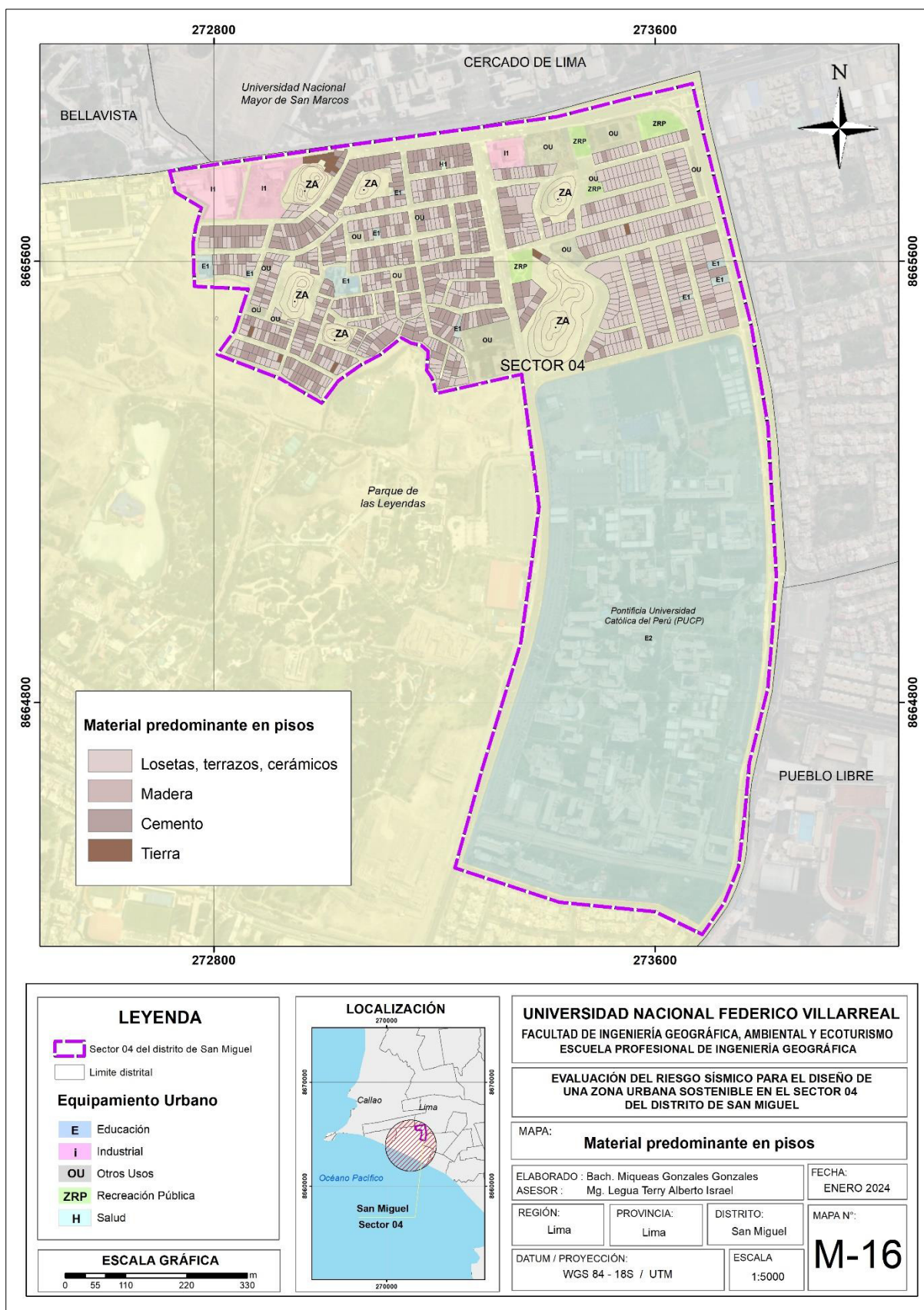
Peso de los descriptores de material predominante en pisos

Material predominante en pisos	Código	Valor
Otro material	D1_ MPPI	0.445
Estera, paja, caña y hojas de palmera	D2_ MPPI	0.265
Plancha de calamina y estera con barro	D3_ MPPI	0.158
Madera y tejas	D4_ MPPI	0.086
Concreto armado	D5_ MPPI	0.046

Nota. El índice de consistencia es 0.0070 y relación de consistencia es 0.0062.

Figura 24

Mapa de material predominante en pisos



d. Antigüedad de edificación. Se obtiene comparando, relacionando y manteniendo el orden de prioridad del parámetro antigüedad de edificación (AED), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 81), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 82). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 83). Además, se obtuvo el mapa de antigüedad de edificación (figura 25).

Tabla 81

Matriz de comparación de pares de antigüedad de edificación

Antigüedad de edificación	D1_AED	D2_AED	D3_AED	D4_AED	D5_AED
50 años < AED	1.00	2.00	3.00	6.00	8.00
30 años < AED ≤ 50 años	0.50	1.00	2.00	3.00	6.00
20 años < AED ≤ 30 años	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
10 años < AED ≤ 20 años	0.17	0.33	0.50	1.00	2.00
AED ≤ 10 años	0.13	0.17	0.33	0.50	1.00
Suma	1.00	2.00	3.00	6.00	8.00
1/Suma	0.50	1.00	2.00	3.00	6.00

Nota. 50 años < ACO (D1_ACO); 30 años < ACO ≤ 50 años (D1_ACO); 20 años < ACO ≤ 30 años (D1_ACO); 10 años < ACO ≤ 20 años (D1_ACO); ACO ≤ 10 años (D1_ACO)

Tabla 82

Matriz de normalización de antigüedad de edificación

Antigüedad de edificación	D1_AED	D2_AED	D3_AED	D4_AED	D5_AED	Pdes
50 años < AED	0.471	0.500	0.439	0.480	0.400	0.458
30 años < AED ≤ 50 años	0.235	0.250	0.293	0.240	0.300	0.264
20 años < AED ≤ 30 años	0.157	0.125	0.146	0.160	0.150	0.148
10 años < AED ≤ 20 años	0.078	0.083	0.073	0.080	0.100	0.083
AED ≤ 10 años	0.059	0.042	0.049	0.040	0.050	0.048

Nota. Peso del descriptor (Pdes), 50 años < ACO (D1_ACO); 30 años < ACO ≤ 50 años (D1_ACO); 20 años < ACO ≤ 30 años (D1_ACO); 10 años < ACO ≤ 20 años (D1_ACO); ACO ≤ 10 años (D1_ACO)

Tabla 83

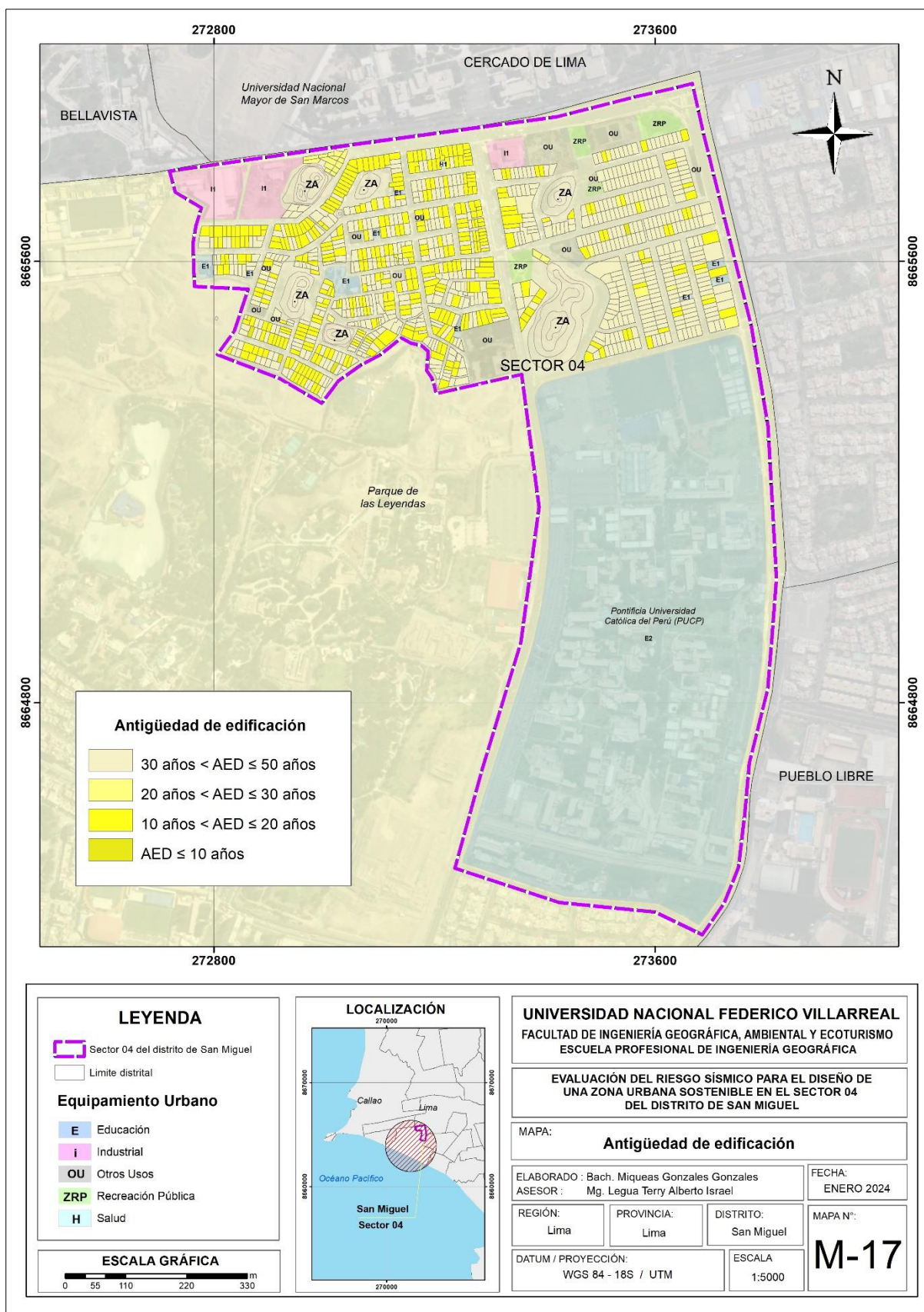
Peso de antigüedad de edificación

Antigüedad de edificación	ID	Valor
50 años < AED	D1_AED	0.458
30 años < AED ≤ 50 años	D2_AED	0.264
20 años < AED ≤ 30 años	D3_AED	0.148
10 años < AED ≤ 20 años	D4_AED	0.083
AED ≤ 10 años	D5_AED	0.048

Nota. El índice de consistencia es 0.0059 y relación de consistencia es 0.0053.

Figura 25

Mapa de Antigüedad de edificación



e. Estado de conservación de edificación. Se obtiene comparando, relacionando y manteniendo el orden de prioridad del parámetro Estado de conservación de edificación (ECE), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 84), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 85). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 86). Además, se obtuvo el mapa de estado de conservación de edificación (figura 26).

Tabla 84

Matriz de comparación de pares de estado de conservación de edificación

Estado de conservación de edificación	D1_ECE	D2_ECE	D3_ECE	D4_ECE	D5_ECE
Muy mala	1.00	2.00	3.00	6.00	7.00
Mala	0.50	1.00	2.00	5.00	6.00
Regular	0.33	0.50	1.00	2.00	4.00
Buena	0.17	0.20	0.50	1.00	3.00
Muy buena	0.14	0.17	0.25	0.33	1.00
Suma	2.14	3.87	6.75	14.33	21.00
1/Suma	0.47	0.26	0.15	0.07	0.05

Nota. Muy mala (D1_ECE); Mala (D1_ECE); Regular (D1_ECE); Buena (D1_ECE); Muy buena (D1_ECE)

Tabla 85

Matriz de normalización de estado de conservación de edificación

Estado de conservación de edificación	D1_ECE	D2_ECE	D3_ECE	D4_ECE	D5_ECE	Pdes
Muy mala	0.467	0.517	0.444	0.419	0.333	0.436
Mala	0.233	0.259	0.296	0.349	0.286	0.285
Regular	0.156	0.129	0.148	0.140	0.190	0.153
Buena	0.078	0.052	0.074	0.070	0.143	0.083
Muy buena	0.067	0.043	0.037	0.023	0.048	0.044

Nota. Muy mala (D1_ECE); Mala (D1_ECE); Regular (D1_ECE); Buena (D1_ECE); Muy buena (D1_ECE)

Tabla 86

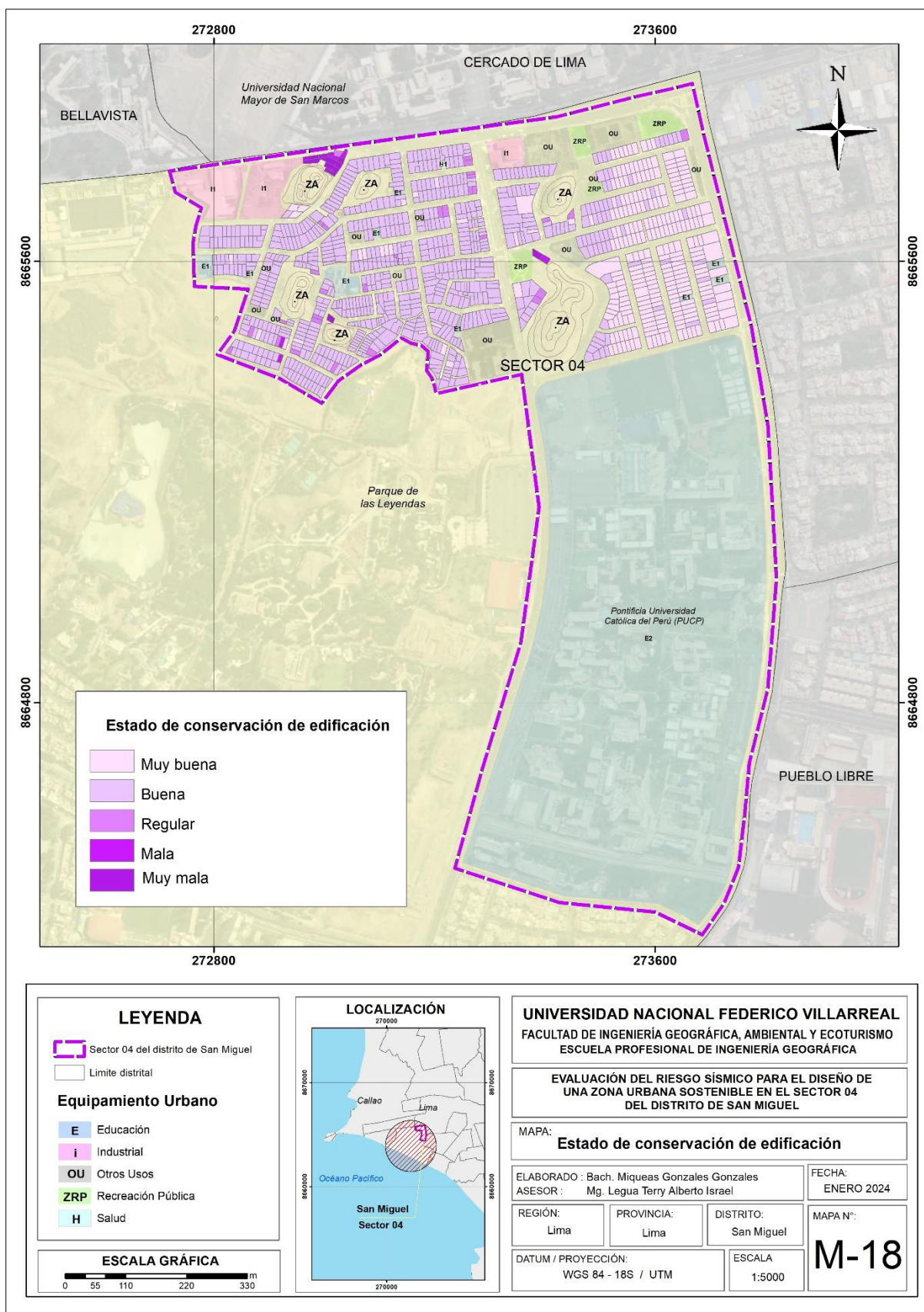
Peso de los descriptores de estado de conservación de edificación

Estado de conservación de edificación	ID	Valor
Muy mala	D1_ECE	0.436
Mala	D2_ECE	0.285
Regular	D3_ECE	0.153
Buena	D4_ECE	0.083
Muy buena	D5_ECE	0.044

Nota. El índice de consistencia es 0.0306 y relación de consistencia es 0.0274.

Figura 26

Mapa de estado de conservación de edificación



4.4.2.2. Análisis de la fragilidad de la dimensión social. Para determinar el valor de la dimensión social de la fragilidad, se obtuvo relacionando los parámetros, donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 87), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 88). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 89).

Tabla 87

Matriz de comparación de pares de fragilidad de dimensión social

Desc.	Fragilidad de dimensión física	TDIS	TAAG	TALU	TALC	GET
D1	Tipo de discapacidad	1.00	3.00	4.00	6.00	7.00
D2	Tipo de acceso a abastecimiento de agua	0.33	1.00	2.00	4.00	5.00
D3	Tipo de acceso a servicio de alumbrado	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
D4	Tipo de acceso a servicio de alcantarillado	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00
D5	Grupo etario	0.14	0.20	0.25	0.50	1.00
	Suma	1.89	4.95	7.75	13.50	19.00
	1/Suma	0.53	0.20	0.13	0.07	0.05

Nota. Tipo de discapacidad (TDIS), tipo de acceso a abastecimiento de agua (TAAG), tipo de acceso a servicio de alumbrado (TALU), tipo de acceso a servicio de alcantarillado (TALC), grupo etario (GET).

Tabla 88

Matriz de normalización de pares de fragilidad de dimensión social

Evaluación Sísmica	TDIS	TAAG	TALU	TALC	GET	Pdes
Tipo de discapacidad	0.528	0.606	0.516	0.444	0.368	0.493
Tipo de acceso a abastecimiento de agua	0.176	0.202	0.258	0.296	0.263	0.239
Tipo de acceso a servicio de alumbrado	0.132	0.101	0.129	0.148	0.211	0.144
Tipo de acceso a servicio de alcantarillado	0.088	0.051	0.065	0.074	0.105	0.076
Grupo etario	0.075	0.040	0.032	0.037	0.053	0.048

Nota. Tipo de discapacidad (TDIS), tipo de acceso a abastecimiento de agua (TAAG), tipo de acceso a servicio de alumbrado (TALU), tipo de acceso a servicio de alcantarillado (TALC), grupo etario (GET).

Tabla 89

Peso de los parámetros de fragilidad de dimensión social

Desc.	Evaluación Sísmica	Código	Valor
D1	Tipo de discapacidad	TDIS	0.493
D2	Tipo de acceso a abastecimiento de agua	TAAG	0.239
D3	Tipo de acceso a servicio de alumbrado	TALU	0.144
D4	Tipo de acceso a servicio de alcantarillado	TALC	0.076
D5	Grupo etario	GET	0.048

Nota. El índice de consistencia es 0.0277 y relación de consistencia es 0.0248.

a. Tipo de discapacidad. Se obtiene comparando, relacionando y manteniendo el orden de prioridad del parámetro de tipo de discapacidad (TDIS), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 90), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 91). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 92). Además, se obtuvo el mapa de discapacidad (figura 27).

Tabla 90

Matriz de comparación de pares de tipo de discapacidad

Tipo de discapacidad	D1_TDIS	D2_TDIS	D3_TDIS	D4_TDIS	D5_TDIS
Mental o intelectual	1.00	2.00	4.00	7.00	8.00
Visual	0.50	1.00	3.00	5.00	6.00
Para usar brazos y piernas	0.25	0.33	1.00	2.00	4.00
Para oír y/o Para Hablar	0.14	0.20	0.50	1.00	3.00
No tiene	0.13	0.17	0.25	0.33	1.00
Suma	2.02	3.70	8.75	15.33	22.00
1/Suma	0.50	0.27	0.11	0.07	0.05

Nota. Mental o intelectual (D1_TDIS); Visual (D2_TDIS); Para usar brazos y piernas (D3_TDIS); Para oír y/o Para Hablar (D4_TDIS); No tiene (D5_TDIS)

Tabla 91

Matriz de normalización de tipo de discapacidad

Tipo de discapacidad	D1_TDIS	D2_TDIS	D3_TDIS	D4_TDIS	D5_TDIS	Pdes
Mental o intelectual	0.496	0.541	0.457	0.457	0.364	0.463
Visual	0.248	0.270	0.343	0.326	0.273	0.292
Para usar brazos y piernas	0.124	0.090	0.114	0.130	0.182	0.128
Para oír y/o Para Hablar	0.071	0.054	0.057	0.065	0.136	0.077
No tiene	0.062	0.045	0.029	0.022	0.045	0.041

Nota. Mental o intelectual (D1_TDIS); Visual (D2_TDIS); Para usar brazos y piernas (D3_TDIS); Para oír y/o Para Hablar (D4_TDIS); No tiene (D5_TDIS)

Tabla 92

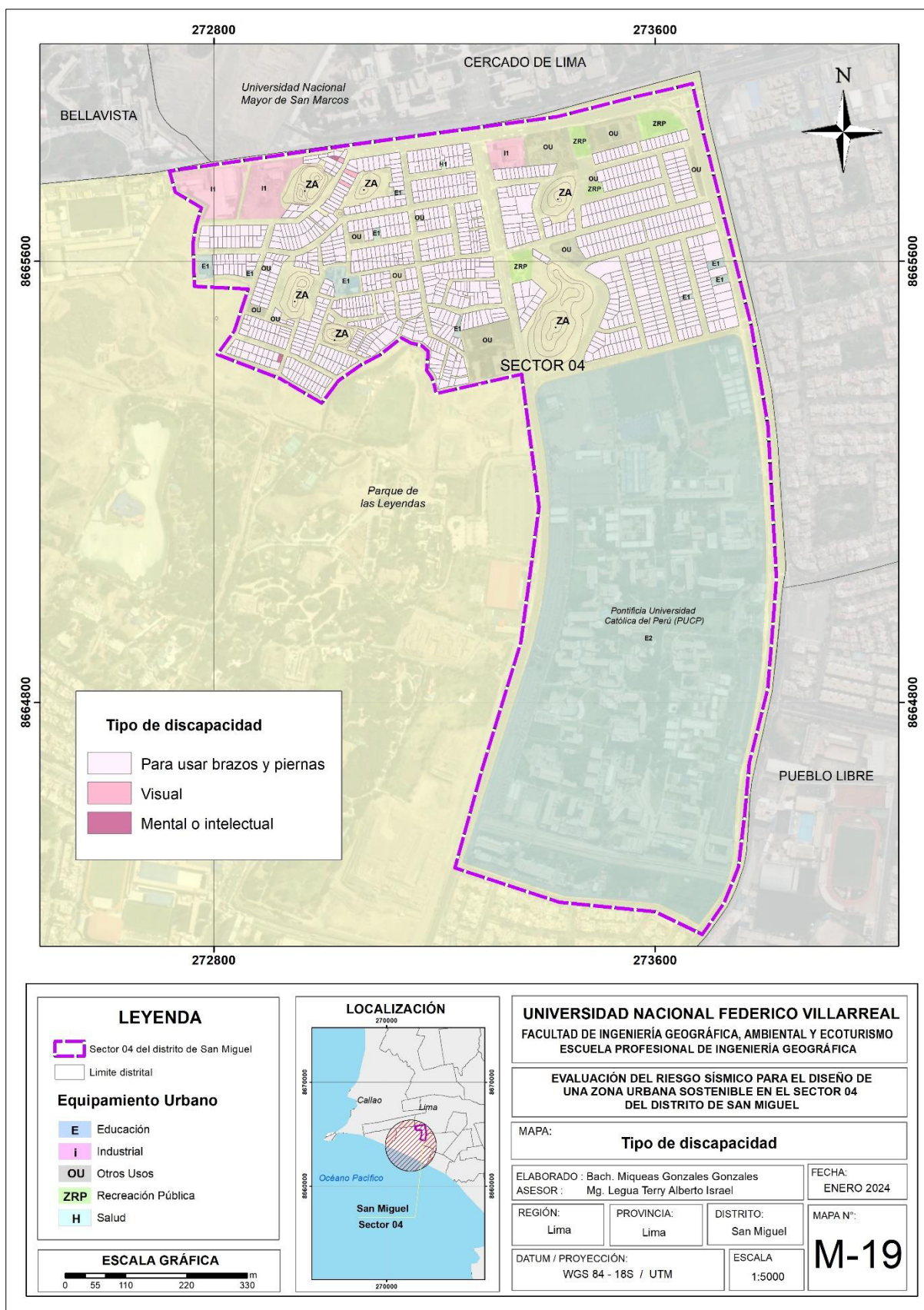
Peso de los descriptores de tipo de discapacidad

Tipo de discapacidad	ID	Valor
Mental o intelectual	D2_TDIS	0.463
Visual	D2_TDIS	0.292
Para usar brazos y piernas	D3_TDIS	0.128
Para oír y/o Para Hablar	D4_TDIS	0.077
No tiene	D5_TDIS	0.041

Nota. El índice de consistencia es 0.0352 y relación de consistencia es 0.0316.

Figura 27

Mapa de tipo de discapacidad



b. Tipo de acceso a abastecimiento de agua. Se obtiene comparando, relacionando y manteniendo el orden de prioridad del parámetro tipo de acceso a abastecimiento de agua (TAAG), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 93), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 94). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 95). Además, se obtuvo el mapa de tipo de acceso a abastecimiento de agua (figura 28).

Tabla 93

Matriz de comparación de pares de tipo de acceso a abastecimiento de agua

Tipo de acceso a abastecimiento de agua	D1_TAAG	D2_TAAG	D3_TAAG	D4_TAAG	D5_TAGG
Manantial, puquio o no tiene	1.00	2.00	3.00	6.00	9.00
Pozo, Pilón o pileta de uso público	0.50	1.00	2.00	3.00	6.00
Camión cisterna u otro similar	0.33	0.50	1.00	2.00	4.00
Red pública compartido	0.17	0.33	0.50	1.00	2.00
Red pública dentro de la vivienda	0.11	0.17	0.25	0.50	1.00
Suma	2.11	4.00	6.75	12.50	22.00
1/Suma	0.47	0.25	0.15	0.08	0.05

Nota. Manantial o puquio (D1_TAAG); pozo, pilón o pileta de uso público (D2_TAAG); camión cisterna u otro similar (D3_TAAG); red pública compartido (D4_TAAG); red pública dentro de la vivienda (D5_TAAG)

Tabla 94

Matriz de normalización de tipo de acceso a abastecimiento de agua

Tipo de acceso a abastecimiento de agua	D1_TAAG	D2_TAAG	D3_TAAG	D4_TAAG	D5_TAGG	Pdes
Manantial, puquio o no tiene	0.474	0.500	0.444	0.480	0.409	0.461
Pozo, Pilón o pileta de uso público	0.237	0.250	0.296	0.240	0.273	0.259
Camión cisterna u otro similar	0.158	0.125	0.148	0.160	0.182	0.155
Red pública compartido	0.079	0.083	0.074	0.080	0.091	0.081
No tiene	0.053	0.042	0.037	0.040	0.045	0.043

Nota. Manantial o puquio (D1_TAAG); pozo, Pilón o pileta de uso público (D2_TAAG); camión cisterna u otro similar (D3_TAAG); red pública compartido (D4_TAAG); red pública dentro de la vivienda (D5_TAAG)

Tabla 95

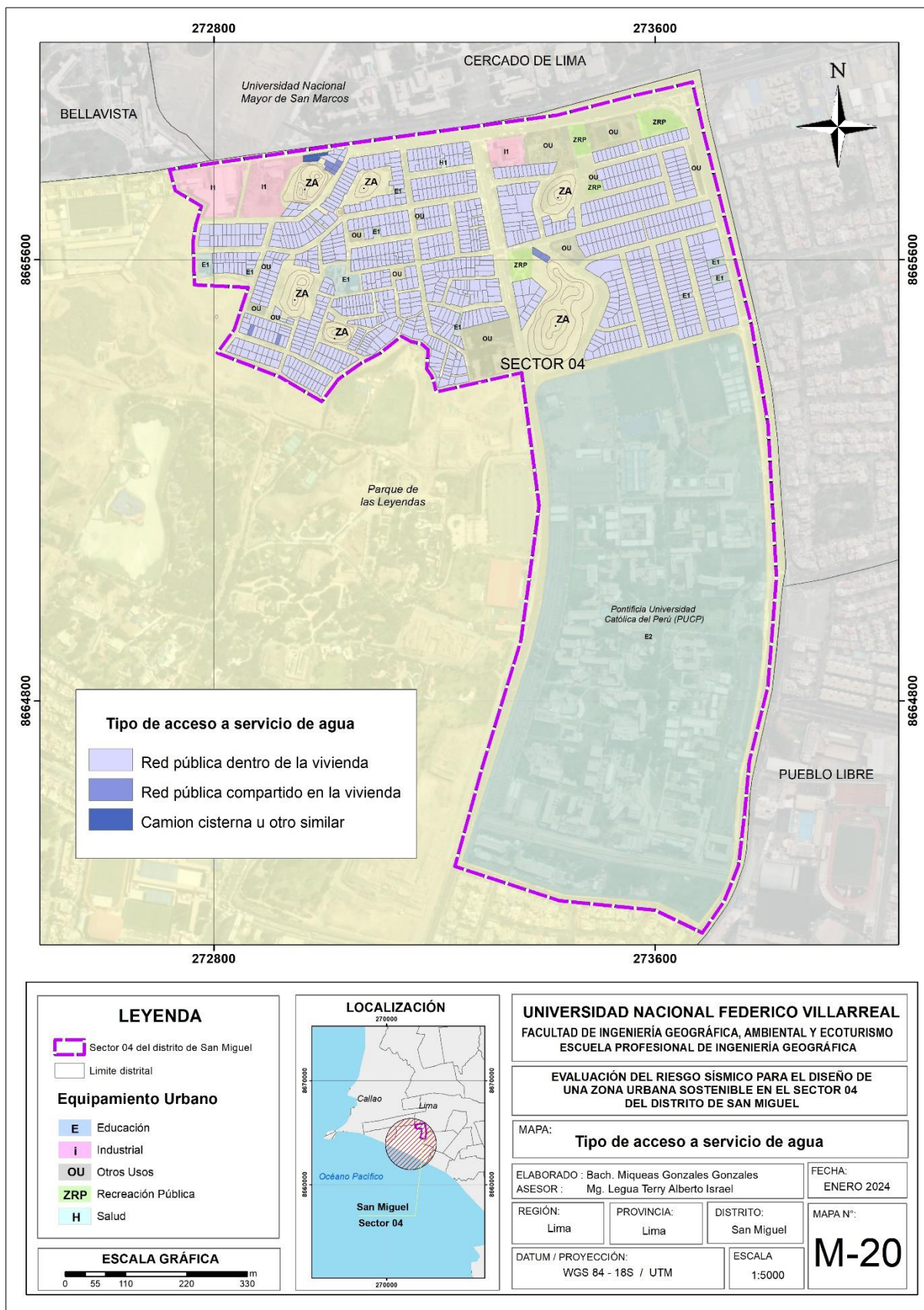
Peso de los descriptores de tipo de acceso a abastecimiento de agua

Tipo de acceso a abastecimiento de agua	Código	Valor
Manantial, puquio o no tiene	D1_TAAG	0.461
Pozo, Pilón o pileta de uso público	D2_TAAG	0.259
Camión cisterna u otro similar	D3_TAAG	0.155
Red pública compartido	D4_TAAG	0.081
Red pública dentro de la vivienda	D5_TAAG	0.043

Nota. El índice de consistencia es 0.0050 y relación de consistencia es 0.0045.

Figura 28

Mapa de tipo de acceso a abastecimiento de agua



c. Tipo de acceso a servicio de alumbrado. Se obtiene comparando, relacionando y manteniendo el orden de prioridad del parámetro de tipo de acceso a servicio de alumbrado (TALU), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 96), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 97). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 98). Además, se obtuvo el mapa tipo de acceso a servicio de alumbrado (figura 29).

Tabla 96

Matriz de comparación de pares de tipo de acceso a servicio de alumbrado

Tipo de acceso a servicio de alumbrado	D1_TALU	D2_TALU	D3_TALU	D4_TALU	D5_TALU
Luz natural	1.00	2.00	3.00	7.00	8.00
Linterna, vela o similar	0.50	1.00	2.00	5.00	6.00
Combustible	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Eléctrico compartido	0.14	0.20	0.50	1.00	2.00
Eléctrico propio	0.13	0.17	0.33	0.50	1.00
Suma	2.10	3.87	6.83	15.50	20.00
1/Suma	0.48	0.26	0.15	0.06	0.05

Nota. Luz natural (D1_TALU), linterna, vela o similar (D2_TALU), combustible (D3_TALU), eléctrico compartido (D4_TALU), eléctrico propio (D5_TALU).

Tabla 97

Matriz de normalización de tipo de acceso a servicio de alumbrado

Tipo de acceso a servicio de alumbrado	D1_TALU	D2_TALU	D3_TALU	D4_TALU	D5_TALU	Pdes
luz natural	0.476	0.517	0.439	0.452	0.400	0.457
Linterna, vela o similar	0.238	0.259	0.293	0.323	0.300	0.282
Combustible	0.159	0.129	0.146	0.129	0.150	0.143
Eléctrico compartido	0.068	0.052	0.073	0.065	0.100	0.071
Eléctrico propio	0.059	0.043	0.049	0.032	0.050	0.047

Nota. Luz natural (D1_TALU), linterna, vela o similar (D2_TALU), combustible (D3_TALU), eléctrico compartido (D4_TALU), eléctrico propio (D5_TALU).

Tabla 98

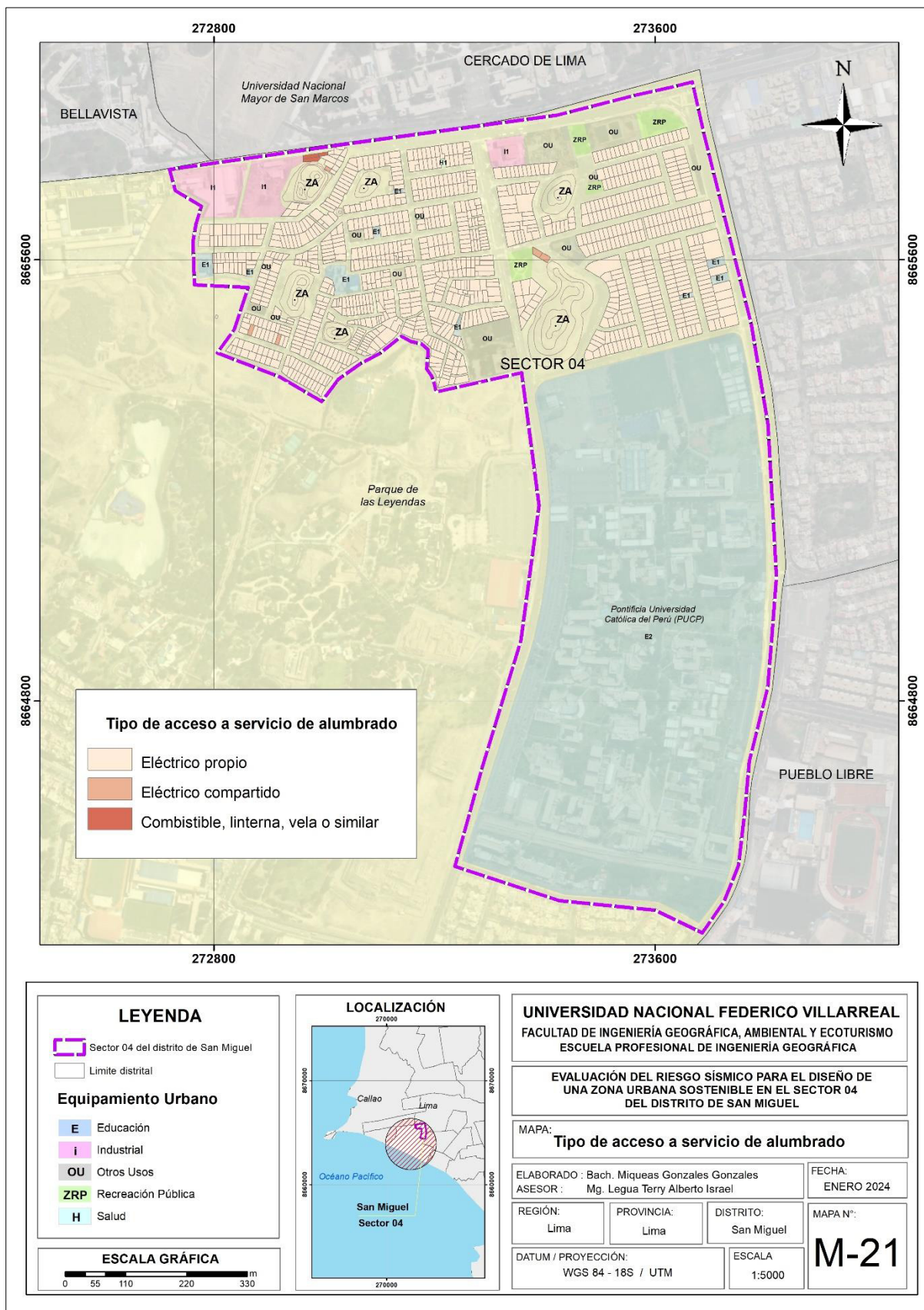
Peso de los descriptores de tipo de acceso a servicio de alumbrado

Tipo de acceso a servicio de alumbrado	Código	Valor
luz natural	D1_TALU	0.457
Linterna, vela o similar	D2_TALU	0.282
Combustible	D3_TALU	0.143
Eléctrico compartido	D4_TALU	0.071
Eléctrico propio	D5_TALU	0.047

Nota. El índice de consistencia es 0.0113 y relación de consistencia es 0.0102.

Figura 29

Mapa de tipo de acceso a servicio de alumbrado



d. Tipo de acceso a servicio de alcantarillado. Se obtiene comparando, relacionando y manteniendo el orden de prioridad del parámetro tipo de acceso a servicio de alcantarillado (TALC), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 99), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 100). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 101). Además, se obtuvo el mapa de tipo de acceso a servicio de alcantarillado (figura 30).

Tabla 99

Matriz de comparación de pares de tipo de acceso a servicio de alcantarillado

Tipo de acceso a servicio de alcantarillado	D1_TALC	D2_TALC	D3_TALC	D4_TALC	D5_TALC
Río, acequia, canal	1.00	2.00	4.00	5.00	7.00
Letrina, Pozo ciego	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
Pozo séptico, tanque séptico o biodigestor	0.25	0.50	1.00	2.00	3.00
Red de desagüe fuera de la vivienda	0.20	0.25	0.50	1.00	2.00
Red de desagüe dentro de la vivienda	0.14	0.17	0.33	0.50	1.00
Suma	2.09	3.92	7.83	12.50	19.00
1/Suma	0.48	0.26	0.13	0.08	0.05

Nota. Río, acequia, canal (D1_TALC); Letrina, Pozo ciego (D1_TALC); Pozo séptico, tanque séptico o biodigestor (D1_TALC); Red de desagüe fuera de la vivienda (D1_TALC); Red de desagüe dentro de la vivienda (D1_TALC)

Tabla 100

Matriz de normalización de tipo de acceso a servicio de alcantarillado

Tipo de acceso a servicio de alcantarillado	D1_TALC	D2_TALC	D3_TALC	D4_TALC	D5_TALC	Pdes
Río, acequia, canal	0.478	0.511	0.511	0.400	0.368	0.454
Letrina, Pozo ciego	0.239	0.255	0.255	0.320	0.316	0.277
Pozo séptico, tanque séptico o biodigestor	0.119	0.128	0.128	0.160	0.158	0.139
Red de desagüe fuera de la vivienda	0.096	0.064	0.064	0.080	0.105	0.082
Red de desagüe dentro de la vivienda	0.068	0.043	0.043	0.040	0.053	0.049

Nota. Río, acequia, canal (D1_TALC); Letrina, Pozo ciego (D1_TALC); Pozo séptico, tanque séptico o biodigestor (D1_TALC); Red de desagüe fuera de la vivienda (D1_TALC); Red de desagüe dentro de la vivienda (D1_TALC)

Tabla 101

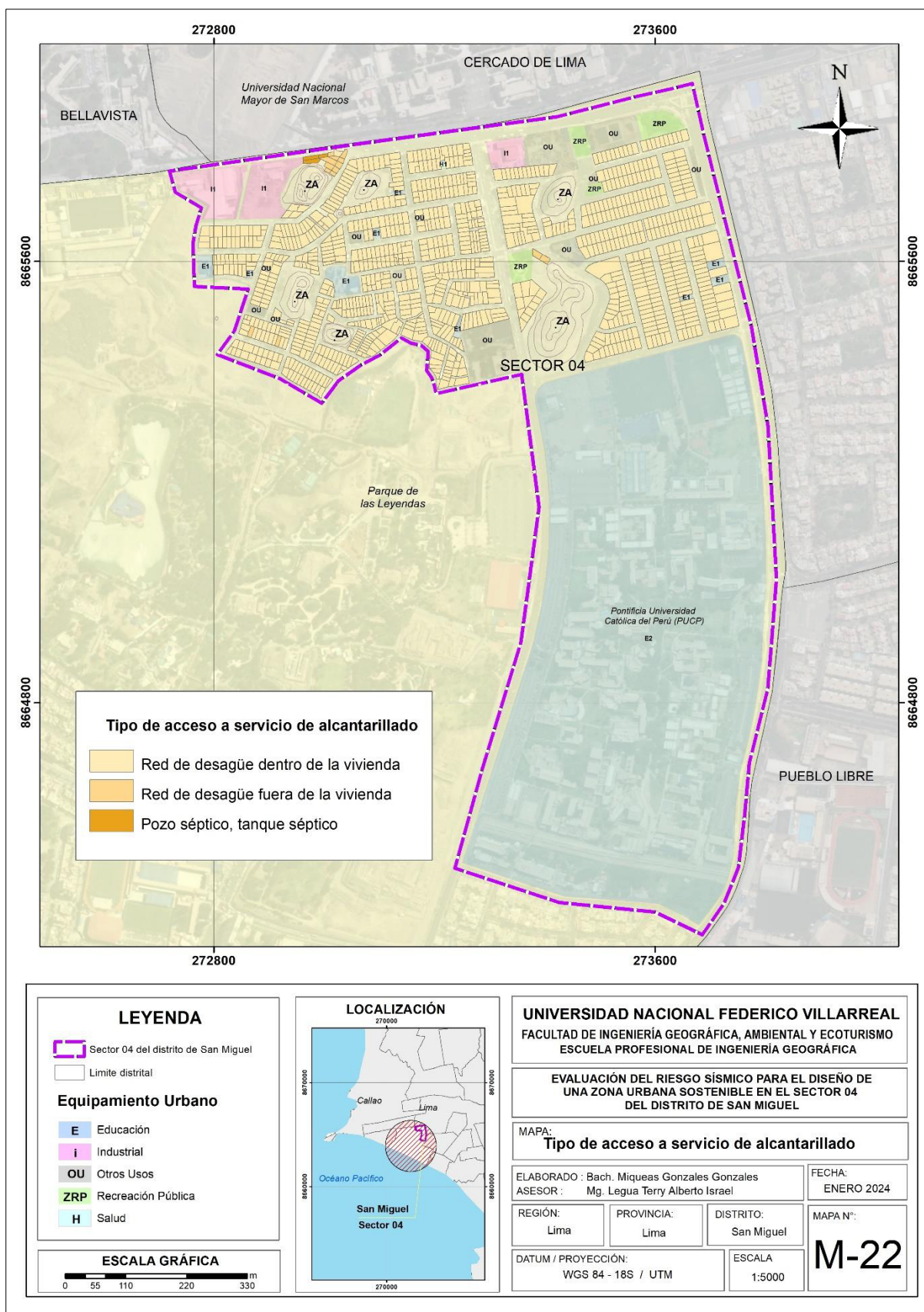
Peso de acceso a servicio de tipo de acceso a servicio de alcantarillado

Tipo de acceso a servicio de alcantarillado	Código	Valor
Río, acequia, canal	D1_TALC	0.454
Letrina, Pozo ciego	D2_TALC	0.277
Pozo séptico, tanque séptico o biodigestor	D3_TALC	0.139
Red de desagüe fuera de la vivienda	D4_TALC	0.082
Red de desagüe dentro de la vivienda	D5_TALC	0.049

Nota. El índice de consistencia es 0.0121 y relación de consistencia es 0.0109.

Figura 30

Mapa de tipo de acceso a servicio de alcantarillado



e. Grupo etario. Se obtiene comparando, relacionando y manteniendo el orden de prioridad del parámetro grupo etario (GET), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 102), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 103). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 104). Además, se obtuvo el mapa de grupo etario (figura 31).

Tabla 102

Matriz de comparación de pares de grupo etario

Grupo etario	D1_GET	D2_GET	D3_GET	D4_GET	D5_GET
De 0 a 5, Mayores de 65 años	1.00	2.00	3.00	6.00	7.00
De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	0.33	0.50	1.00	2.00	4.00
De 15 a 30 años	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00
De 30 a 50 años	0.14	0.17	0.25	0.50	1.00
Suma	2.14	3.92	6.75	13.50	20.00
1/Suma	0.47	0.26	0.15	0.07	0.05

Nota. De 0 a 5, Mayores de 65 años (D1_GET); De 5 a 12 años y de 60 a 65 años (D1_GET); De 12 a 15 años y de 50 a 60 años (D1_GET); De 15 a 30 años (D1_GET); De 30 a 50 años (D1_GET)

Tabla 103

Matriz de normalización de grupo etario

Grupo Etario	D1_GET	D2_GET	D3_GET	D4_GET	D5_GET	Pdes
De 0 a 5, Mayores de 65 años	0.467	0.511	0.444	0.444	0.350	0.443
De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	0.233	0.255	0.296	0.296	0.300	0.276
De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	0.156	0.128	0.148	0.148	0.200	0.156
De 15 a 30 años	0.078	0.064	0.074	0.074	0.100	0.078
De 30 a 50 años	0.067	0.043	0.037	0.037	0.050	0.047

Nota. De 0 a 5, Mayores de 65 años (D1_GET); De 5 a 12 años y de 60 a 65 años (D1_GET); De 12 a 15 años y de 50 a 60 años (D1_GET); De 15 a 30 años (D1_GET); De 30 a 50 años (D1_GET)

Tabla 104

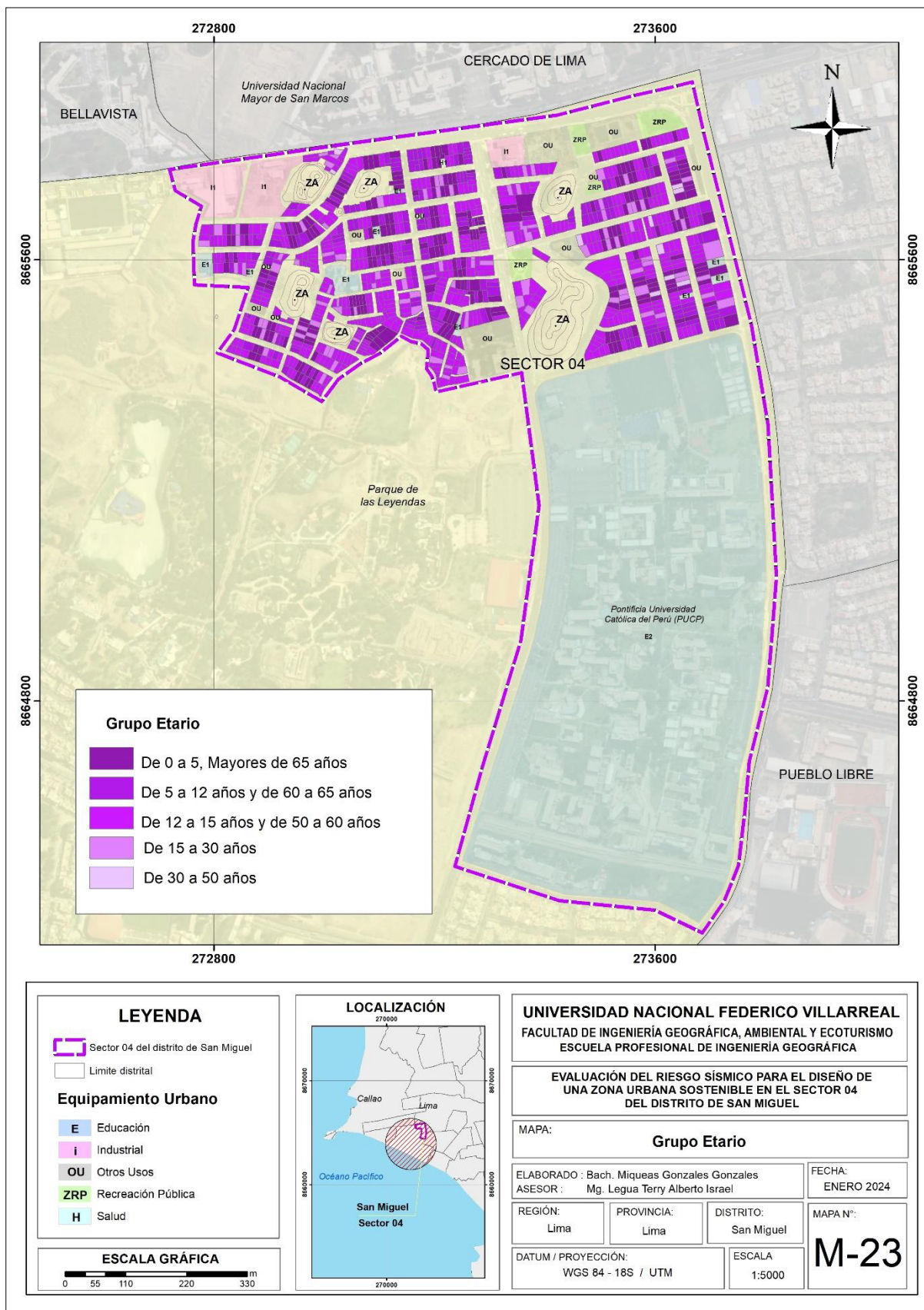
Peso de grupo etario

Grupo etario	Código	Valor
De 0 a 5, Mayores de 65 años	D1_GET	0.443
De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	D2_GET	0.276
De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	D3_GET	0.156
De 15 a 30 años	D4_GET	0.078
De 30 a 50 años	D5_GET	0.047

Nota. El índice de consistencia es 0.0121 y relación de consistencia es 0.0109.

Figura 31

Mapa de grupo etario



4.4.2.3. Análisis de la fragilidad de la dimensión económica. Para determinar el valor, se comparan y relacionan los descriptores de los parámetros:

a. Tipo de actividad económica. Se obtiene comparando y manteniendo el orden de prioridad del parámetro, donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 105), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 106). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 107). Además, se obtuvo el mapa de actividad económica (figura 32)

Tabla 105

Matriz de comparación de pares de tipo de actividad económica

Tipo de actividad económica	D1_TAE	D2_TAE	D3_TAE	D4_TAE	D5_TAE
Sin actividad	1.00	3.00	5.00	8.00	9.00
Actividad comercial	0.33	1.00	3.00	6.00	7.00
Actividad económica servicios	0.20	0.33	1.00	3.00	4.00
Actividad extractiva	0.13	0.17	0.33	1.00	2.00
Actividad estado gobierno	0.11	0.14	0.25	0.50	1.00
Suma	1.77	4.64	9.58	18.50	23.00
1/Suma	0.57	0.22	0.10	0.05	0.04

Nota. Sin actividad (D1_TAE); actividad comercial (D2_TAE); actividad económica servicios (D2_TAE); actividad extractiva (D3_TAE); actividad estado gobierno (D4_TAE)

Tabla 106

Matriz de normalización de tipo de actividad económica

Tipo de actividad económica	D1_TAE	D2_TAE	D3_TAE	D4_TAE	D5_TAE	Pdes
Sin actividad	0.565	0.646	0.522	0.432	0.391	0.511
Actividad comercial	0.188	0.215	0.313	0.324	0.304	0.269
Actividad económica servicios	0.113	0.072	0.104	0.162	0.174	0.125
Actividad extractiva	0.071	0.036	0.035	0.054	0.087	0.056
Actividad estado gobierno	0.063	0.031	0.026	0.027	0.043	0.038

Nota. Sin actividad (D1_TAE); actividad comercial (D2_TAE); actividad económica servicios (D2_TAE); actividad extractiva (D3_TAE); actividad estado gobierno (D4_TAE)

Tabla 107

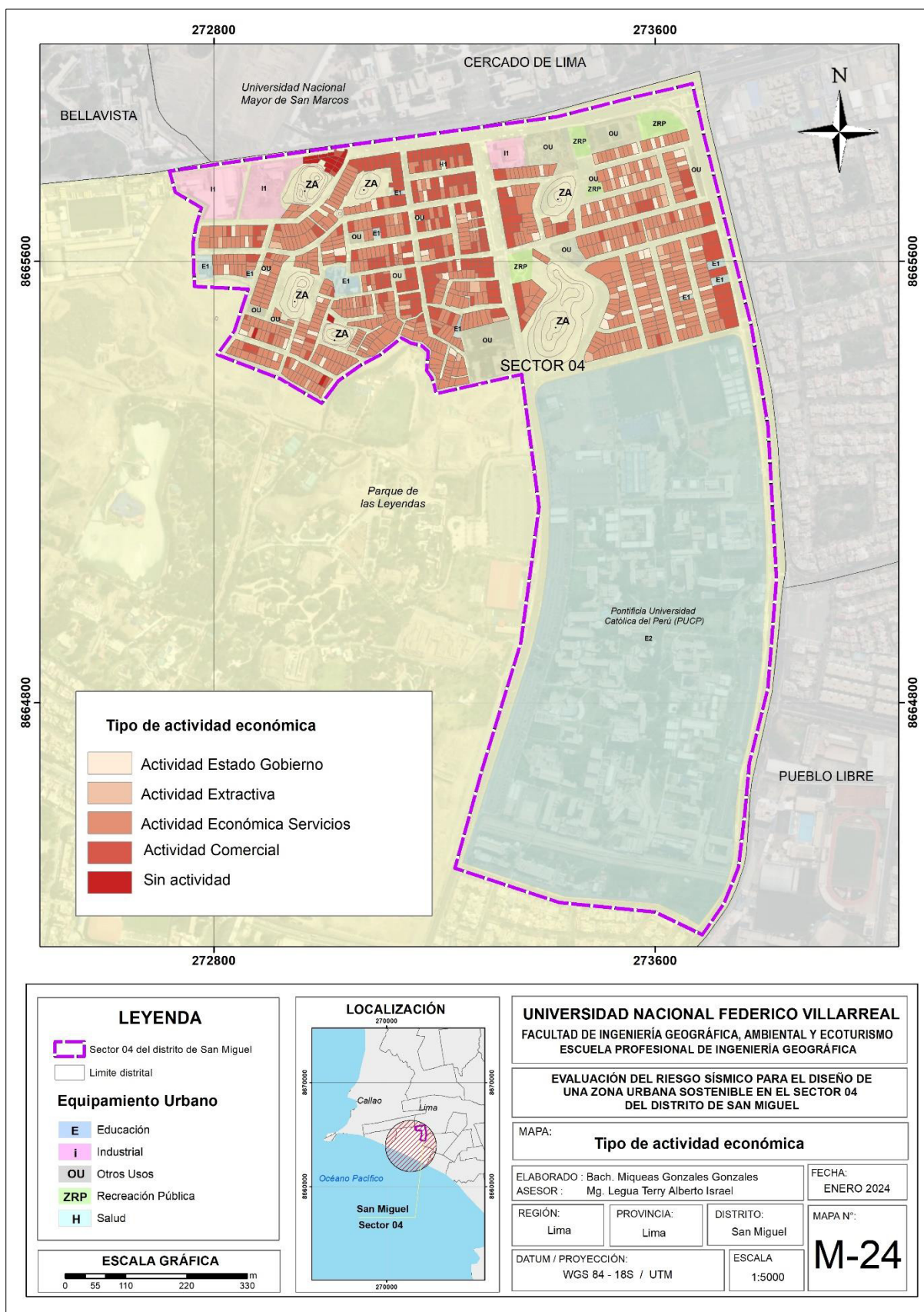
Peso de tipo de actividad económica

Tipo de actividad económica	Código	Valor
Sin actividad	D1_TAE	0.511
Actividad comercial	D2_TAE	0.269
Actividad económica servicios	D3_TAE	0.125
Actividad extractiva	D4_TAE	0.056
Actividad estado gobierno	D5_TAE	0.038

Nota. El índice de consistencia es 0.0409 y relación de consistencia es 0.0366.

Figura 32

Mapa de tipo de actividad económica



b. Ocupación laboral de jefe de hogar. Se obtiene comparando, relacionando y manteniendo el orden de prioridad del parámetro ocupación laboral de jefe de hogar (OLJH), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 108), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 109). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 110). Además, se obtuvo el mapa de ocupación laboral de jefe de hogar (figura 33).

Tabla 108

Matriz de comparación de pares de ocupación laboral de jefe de hogar

Ocupación laboral de jefe de hogar	D1_OLJH	D2_OLJH	D3_OLJH	D4_OLJH	D5_OLJH
Trabajador Desempleado y sin Ocupación	1.00	2.00	5.00	7.00	8.00
Estudiante y Jubilado y no remunerado	0.50	1.00	3.00	5.00	6.00
Trabajador Dependiente	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00
Trabajador Independiente	0.14	0.20	0.50	1.00	2.00
Empleador	0.13	0.17	0.25	0.50	1.00
Suma	1.97	3.70	9.75	15.50	21.00
1/Suma	0.51	0.27	0.10	0.06	0.05

Nota. Trabajador Desempleado y sin Ocupación (D1_OLJH); Estudiante y Jubilado y no remunerado (D2_OLJH); Trabajador Dependiente (D3_OLJH); Trabajador Independiente (D4_OLJH); Empleador (D5_OLJH)

Tabla 109

Matriz de normalización de ocupación laboral de jefe de hogar

Ocupación laboral de jefe de hogar	D1_OLJH	D2_OLJH	D3_OLJH	D4_OLJH	D5_OLJH	Pdes
Trabajador Desempleado y sin Ocupación	0.508	0.541	0.513	0.452	0.381	0.479
Estudiante y Jubilado y no remunerado	0.254	0.270	0.308	0.323	0.286	0.288
Trabajador Dependiente	0.102	0.090	0.103	0.129	0.190	0.123
Trabajador Independiente	0.073	0.054	0.051	0.065	0.095	0.068
Empleador	0.064	0.045	0.026	0.032	0.048	0.043

Nota. Trabajador Desempleado y sin Ocupación (D1_OLJH); Estudiante y Jubilado y no remunerado (D2_OLJH); Trabajador Dependiente (D3_OLJH); Trabajador Independiente (D4_OLJH); Empleador (D5_OLJH)

Tabla 110

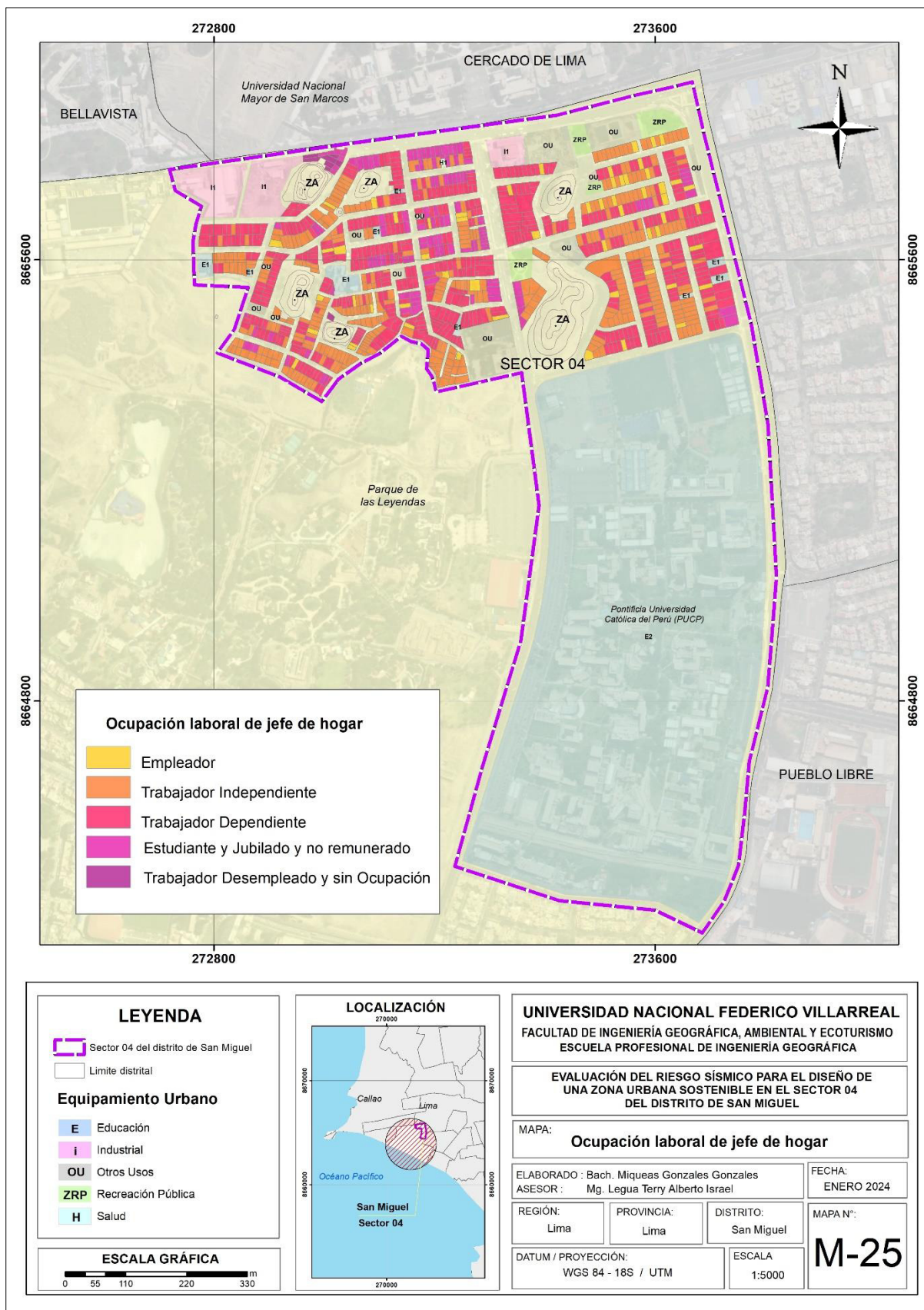
Peso de Tipo de ocupación laboral de jefe de hogar

Ocupación laboral de jefe de hogar	Código	Valor
Trabajador Desempleado y sin Ocupación	D1_OLJH	0.479
Estudiante y Jubilado y no remunerado	D2_OLJH	0.288
Trabajador Dependiente	D3_OLJH	0.123
Trabajador Independiente	D4_OLJH	0.068
Empleador	D5_OLJH	0.043

Nota. El índice de consistencia es 0.0243 y relación de consistencia es 0.0218.

Figura 33

Mapa de ocupación laboral de jefe de hogar



4.4.2.4. Análisis de la fragilidad de la dimensión ambiental. Para determinar el valor, se relacionan los descriptores de los parámetros:

a. Disposición de residuos sólidos y líquidos. Se obtiene manteniendo el orden de prioridad del parámetro, donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 111), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 112). Esto estableció una capa de información con cinco descriptores numéricos (tabla 113). Además, se obtuvo el mapa de disposición de residuos sólidos y líquidos (figura 34).

Tabla 111

Matriz de comparación de disposición de residuos sólidos y líquidos

Disposición de residuos sólidos y líquidos	D1_DRS	D2_DRS	D3_DRS	D4_DRS	D5_DRS
Desecha en quebradas, cauces o en patrimonios	1.00	3.00	4.00	8.00	9.00
Desecha en vías y calles	0.33	1.00	3.00	6.00	7.00
Desecha en botaderos	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
Desecha en envases	0.13	0.17	0.33	1.00	2.00
Desecha en camión recolector	0.11	0.14	0.25	0.50	1.00
Suma	1.82	4.64	8.58	18.50	23.00
1/Suma	0.55	0.22	0.12	0.05	0.04

Nota. Desecha en quebradas, cauces o en patrimonios (D1_DRS); desecha en vías y calles (D2_DRS); desecha en botaderos (D3_DRS); desecha en embaces (D4_DRS); desecha en camión recolector (D5_DRS)

Tabla 112

Matriz de normalización de disposición de residuos sólidos y líquidos

Disposición de residuos sólidos y líquidos	D1_DRS	D2_DRS	D3_DRS	D4_DRS	D5_DRS	Pdes
Desecha en quebradas, cauces o en patrimonios	0.550	0.646	0.466	0.432	0.391	0.497
Desecha en vías y calles	0.183	0.215	0.350	0.324	0.304	0.275
Desecha en botaderos	0.137	0.072	0.117	0.162	0.174	0.132
Desecha en envases	0.069	0.036	0.039	0.054	0.087	0.057
Desecha en camión recolector	0.061	0.031	0.029	0.027	0.043	0.038

Nota. Desecha en quebradas, cauces o en patrimonios (D1_DRS); desecha en vías y calles (D2_DRS); desecha en botaderos (D3_DRS); desecha en embaces (D4_DRS); desecha en camión recolector (D5_DRS)

Tabla 113

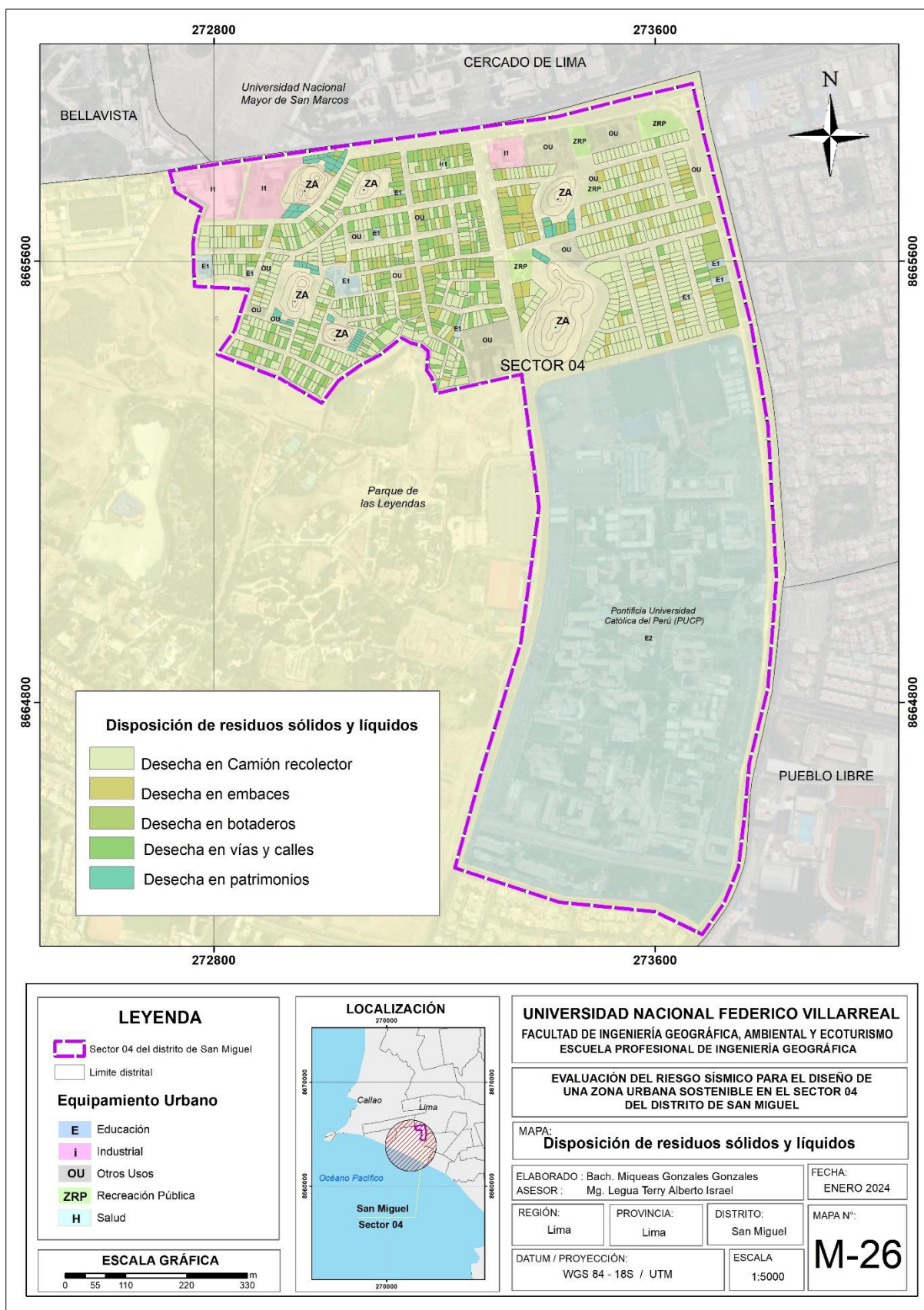
Peso de disposición de residuos sólidos y líquidos

Disposición de residuos sólidos y líquidos	Código	Valor
Desecha en quebradas, cauces o en patrimonios	D1_DRS	0.497
Desecha en vías y calles	D2_DRS	0.275
Desecha en botaderos	D3_DRS	0.132
Desecha en envases	D4_DRS	0.057
Desecha en camión recolector	D5_DRS	0.038

Nota. El índice de consistencia es 0.0384 y relación de consistencia es 0.0345.

Figura 34

Mapa de disposición de residuos sólidos y líquidos



b. Cobertura y uso actual del suelo. Se obtiene comparando, relacionando y manteniendo el orden de prioridad del parámetro cobertura y uso actual del suelo (CUAS), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 114), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 115). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 116). Además, se obtuvo el mapa de cobertura y uso actual del suelo (figura 35).

Tabla 114

Matriz de comparación de pares de cobertura y uso actual del suelo

Cobertura y uso actual del suelo	D1_CUAS	D2_CUAS	D3_CUAS	D4_CUAS	D5_CUAS
Agrícolas u otros usos	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
Industriales	0.50	1.00	3.00	4.00	5.00
Vivienda - taller	0.33	0.33	1.00	2.00	4.00
Comercial	0.20	0.25	0.50	1.00	2.00
Residencial	0.14	0.20	0.25	0.50	1.00
Suma	2.18	3.78	7.75	12.50	19.00
1/Suma	0.46	0.26	0.13	0.08	0.05

Nota. Agrícolas u otros usos (D1_CUAS), industriales (D2_CUAS), vivienda – taller (D3_CUAS), comercial (D4_CUAS), residencial (D5_CUAS)

Tabla 115

Matriz de normalización de cobertura y uso actual del suelo

Cobertura y uso actual del suelo	D1_CUAS	D2_CUAS	D3_CUAS	D4_CUAS	D5_CUAS	Pdes
Agrícolas	0.460	0.529	0.387	0.400	0.368	0.429
Industriales	0.230	0.264	0.387	0.320	0.263	0.293
Vivienda - taller	0.153	0.088	0.129	0.160	0.211	0.148
Comercial	0.092	0.066	0.065	0.080	0.105	0.082
Residencial	0.066	0.053	0.032	0.040	0.053	0.049

Nota. Agrícolas u otros usos (D1_CUAS), industriales (D2_CUAS), vivienda – taller (D3_CUAS), comercial (D4_CUAS), residencial (D5_CUAS)

Tabla 116

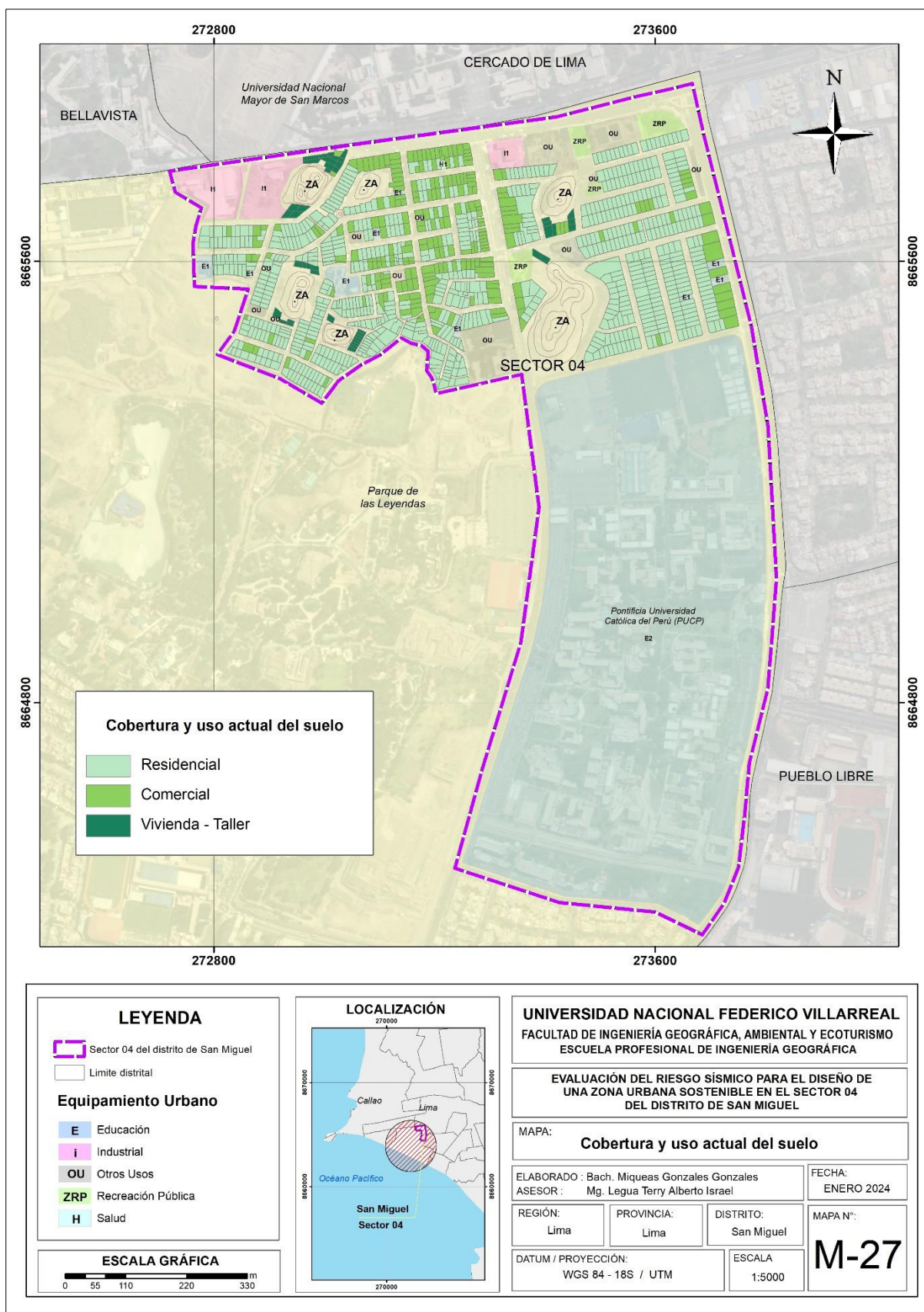
Peso de cobertura y uso actual del suelo

Cobertura y uso actual del suelo	Código	Valor
Agrícolas	D1_CUAS	0.429
Industriales	D2_CUAS	0.293
Vivienda - taller	D3_CUAS	0.148
Comercial	D4_CUAS	0.082
Residencial	D5_CUAS	0.049

Nota. El índice de consistencia es 0.0247 y relación de consistencia es 0.0221.

Figura 35

Mapa de cobertura y uso actual del suelo



4.4.2.5. Valor de la fragilidad. Los siguientes cuadros, muestran el resultado del cálculo del nivel de fragilidad (tabla 117) y sus respectivos rangos con cinco descriptores numéricos obtenidos al utilizar el AHP, para determinar el peso de los descriptores del respectivo parámetro, para el sector 04 de la MDSM.

Tabla 117

Cálculo de los valores de la fragilidad





fragilidad Física		Fragilidad Social		fragilidad Económica		fragilidad Ambiental		Valor de Fragilidad
Pdes	Ppar	Pdes	Ppar	Pdes	Ppar	Pdes	Ppar	
0.472		0.460		0.495		0.463		0.471
0.251		0.281		0.279		0.284		0.272
0.149	0.300	0.139	0.300	0.124	0.200	0.140	0.200	0.139
0.083		0.078		0.062		0.069		0.074
0.045		0.043		0.040		0.043		0.043

Nota. Peso del parámetro (Ppar), Peso del descriptor (Pdes)

Para definir los valores de esta capa, se emplean los resultados del cálculo de la fragilidad en las dimensiones física, social, económica y ambiental. Estos valores se utilizan para establecer los rangos Fr1, Fr2, Fr3 y Fr4 (tabla 118), lo que da como resultado el mapa de fragilidad (figura 36) y proporciona información sobre sus características. (tabla 119).

Tabla 118

Rango de la fragilidad

Nivel del peligro Sísmico	Rangos del peligro sísmico	Color
Fr1	$0.272 \leq Fr \leq 0.471$	
Fr2	$0.139 \leq Fr < 0.272$	
Fr3	$0.074 \leq Fr < 0.139$	
Fr4	$0.043 \leq Fr < 0.074$	

Nota. Fragilidad (Fr)

Figura 36

Mapa de fragilidad

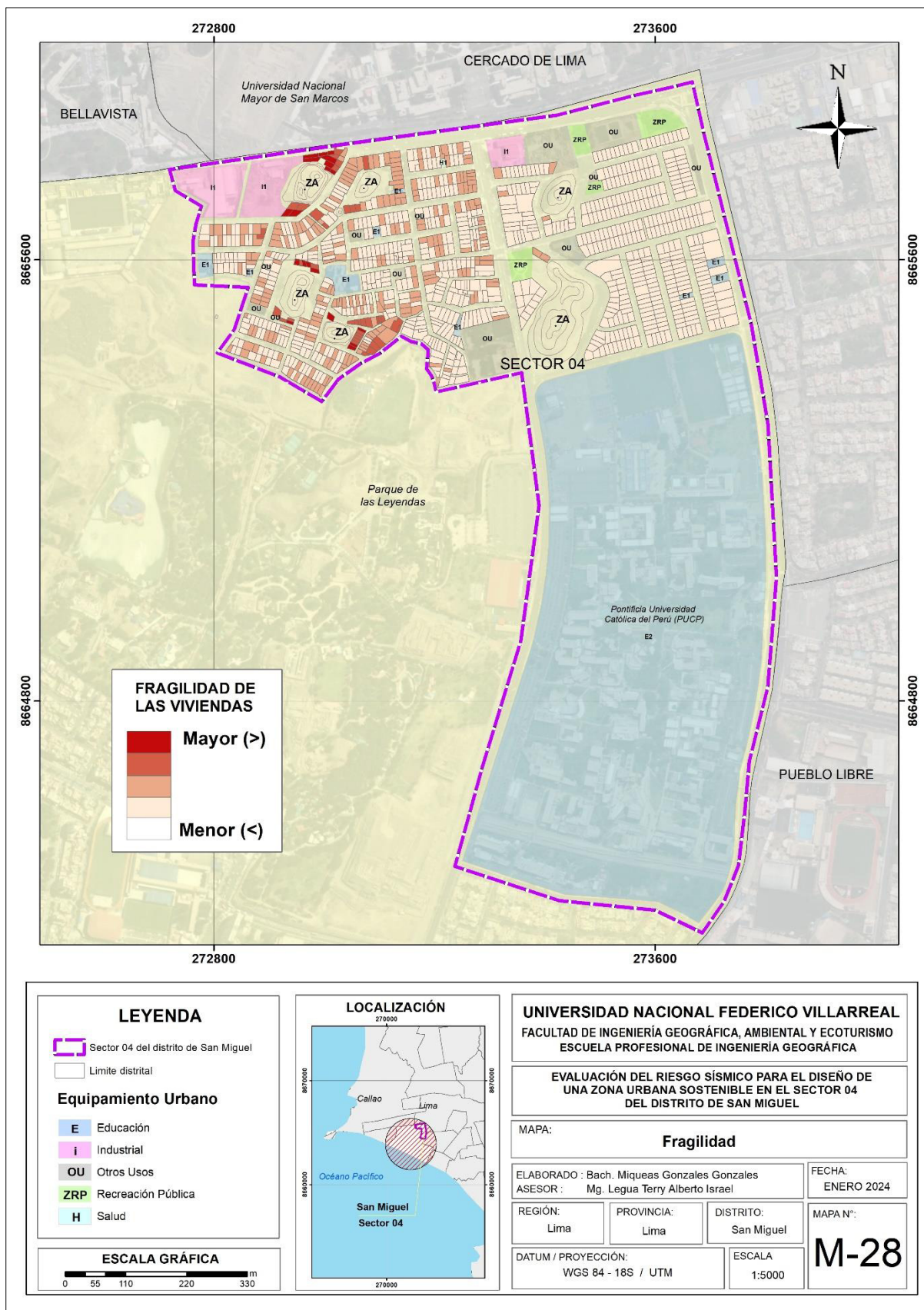


Tabla 119*Estratificación de la fragilidad*

D	Descripción	Rango	Color
Fr1	Tiene una mayor fragilidad, material predominante en paredes es madera y otro material; el material predominante en techo es otro material; el material predominante en pisos es tierra; la antigüedad de edificación es mayor de 30 años y menor de 50 años; el estado de conservación de edificación es muy mala; el tipo de discapacidad es mental; el tipo de acceso a abastecimiento de agua es camión cisterna u otro similar; el tipo de acceso a servicio de alumbrado es combustible, linterna o vela; el tipo de acceso a servicio de alcantarillado es pozo séptico y/o tanque séptico; el grupo etario que corresponde es de recién nacidos hasta los 5 años y mayores de 65 años; no presenta actividad económica; la ocupación laboral de jefe de hogar es trabajador desempleado.	$0.272 \leq Fr \leq 0.471$	■
Fr2	Presenta fragilidad, material predominante en paredes es madera; el material predominante en techo es plancha de calamina y estera; el material predominante en pisos es cemento; la antigüedad de edificación es mayor de 20 años y menor de 30 años; el estado de conservación de edificación es mala; el tipo de discapacidad es visual; el tipo de acceso a abastecimiento de agua es red pública compartido en la vivienda; el tipo de acceso a servicio de alumbrado es eléctrico compartido; el tipo de acceso a servicio de alcantarillado es red de desagüe fuera de la vivienda; el grupo etario que corresponde a 12, 13, 14 y 15 años y mayores de 50 años y menores de 60 años; el tipo de actividad económica es comercial; la ocupación laboral de jefe de hogar es estudiante y/o jubilado.	$0.139 \leq Fr < 0.272$	■
Fr3	Presenta fragilidad, material predominante en paredes es adobe o tapia; el material predominante en techo es madera y teja; el material predominante en pisos es madera; la antigüedad de edificación es mayor a 10 años y menor de 20 años; el estado de conservación de edificación es regular; el tipo de discapacidad que presenta es física; el tipo de acceso a abastecimiento de agua es red pública dentro de la vivienda; el tipo de acceso a servicio de alumbrado es eléctrico propio; el tipo de acceso a servicio de alcantarillado es red de desagüe dentro de la vivienda; el grupo etario que corresponde es mayores de 15 años y menores de 30 años; el tipo de actividad económica es de servicios; la ocupación laboral de jefe de hogar es trabajador dependiente.	$0.074 \leq Fr < 0.139$	■
Fr4	Tiene una menor fragilidad, material predominante en paredes es sillar, cemento, ladrillo y/o bloque de cemento; el material predominante en techo es concreto armado; el material predominante en pisos es loseta, terrazos y/o cerámicos; la antigüedad de edificación es menor de 10 años; el estado de conservación de edificación es buena; no presenta algún tipo de discapacidad; el tipo de acceso a abastecimiento de agua es red pública dentro de la vivienda; el tipo de acceso a servicio de alumbrado es eléctrico propio; el tipo de acceso a servicio de alcantarillado es red de desagüe dentro de la vivienda; el grupo etario que corresponde es mayores de 30 años y menor a 50 años; el tipo de actividad económica es extractiva y/o del estado; la ocupación laboral de jefe de hogar es independiente y/o empleador.	$0.043 \leq Fr < 0.074$	■

Nota. Fragilidad (Fr)

4.4.3. Análisis de la resiliencia

Es la capacidad de adaptación y recuperación de la población y sus familias, Instituciones, actividades y desarrollo económico y estructuras físicas frente a los peligros. También implica fortalecer la capacidad de aprendizaje a través de la experiencia y su recuperación ante los desastres y su lección aprendida. Para la determinación, caracterización e identificación de la fragilidad (Val_{Re}) se ha establecido determinar la dimensión física (Re_{DF}), dimensión social (Re_{DS}), dimensión económica (Re_{DE}), dimensión ambiental (Re_{DA}). Con el resultado preliminar, se zonificó y determinó los rangos de la fragilidad en cuatro niveles muy alta (MA), alta (A), media (M) y baja (B) empleando la fórmula:

$Val_{Re} = (Val_{DF} * P_{DF}) + (Val_{DS} * P_{DS}) + (Val_{DE} * P_{DE}) + (Val_{DA} * P_{DA})$ donde:

$$Val_{DF} = \sum_{i=1}^n \text{Parámetro}_i * \text{Desc্রেপ্তর}_i$$

$$Val_{DS} = \sum_{i=1}^n \text{Parámetro}_i * \text{Desc্রেপ্তর}_i$$

$$Val_{DE} = \sum_{i=1}^n \text{Parámetro}_i * \text{Desc্রেপ্তর}_i$$

$$Val_{DA} = \sum_{i=1}^n \text{Parámetro}_i * \text{Desc্রেপ্তর}_i$$

Nota. Val_{Re} es Valor de Resiliencia; Val_{DF} es valor de dimensión física; Val_{DS} es valor de dimensión social; Val_{DE} es valor de dimensión económica; Val_{DA} es valor de dimensión ambiental; y P es peso. Fuente: Adaptado del Manual de Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales, 2da. Versión 2015. CENEPRED.

4.4.3.1. Análisis de la residencia de dimensión física. Para determinar el valor de la resistencia en la dimensión física, se comparan los descriptores de los parámetros de cumplimiento con la norma de construcción y el tipo de diseño estructural de la edificación. Esta relación permitió estratificar la capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos, cada uno representado por valores numéricos.

a. Cumplimiento con norma de construcción. Se obtiene comparando, manteniendo y relacionando el parámetro cumplimiento con norma técnica de construcción y/o edificaciones (CNC), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 120), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 121). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 122). Además, se obtuvo el mapa de Cumplimiento con norma de construcción (figura 37).

Tabla 120

Matriz de comparación de pares de cumplimiento con norma de construcción

Cumplimiento con norma de construcción	D1_CNC	D2_CNC	D3_CNC	D4_CNC	D5_CNC
CNC ≤ 20%	1.00	3.00	4.00	5.00	7.00
20% < CNC ≤ 30%	0.33	1.00	3.00	4.00	7.00
30% < CNC ≤ 50%	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
50% < CNC ≤ 70%	0.20	0.25	0.33	1.00	2.00
CNC ≤ 70%	0.14	0.14	0.25	0.50	1.00
Suma	1.93	4.73	8.58	13.50	21.00
1/Suma	0.52	0.21	0.12	0.07	0.05

Nota. CNC ≤ 20% (D1_CNC); 20% < CNC ≤ 30% (D2_CNC); 30% < CNC ≤ 50% (D3_CNC); 50% < CNC ≤ 70% (D4_CNC); CNC ≤ 70% (D5_CNC)

Tabla 121

Matriz de normalización de cumplimiento con norma de construcción

Cumplimiento con norma de construcción	D1_CNC	D2_CNC	D3_CNC	D4_CNC	D5_CNC	Pdes
CNC ≤ 20%	0.519	0.635	0.466	0.370	0.333	0.465
20% < CNC ≤ 30%	0.173	0.212	0.350	0.296	0.333	0.273
30% < CNC ≤ 50%	0.130	0.071	0.117	0.222	0.190	0.146
50% < CNC ≤ 70%	0.104	0.053	0.039	0.074	0.095	0.073
CNC ≤ 70%	0.074	0.030	0.029	0.037	0.048	0.044

Nota. CNC ≤ 20% (D1_CNC); 20% < CNC ≤ 30% (D2_CNC); 30% < CNC ≤ 50% (D3_CNC); 50% < CNC ≤ 70% (D4_CNC); CNC ≤ 70% (D5_CNC)

Tabla 122

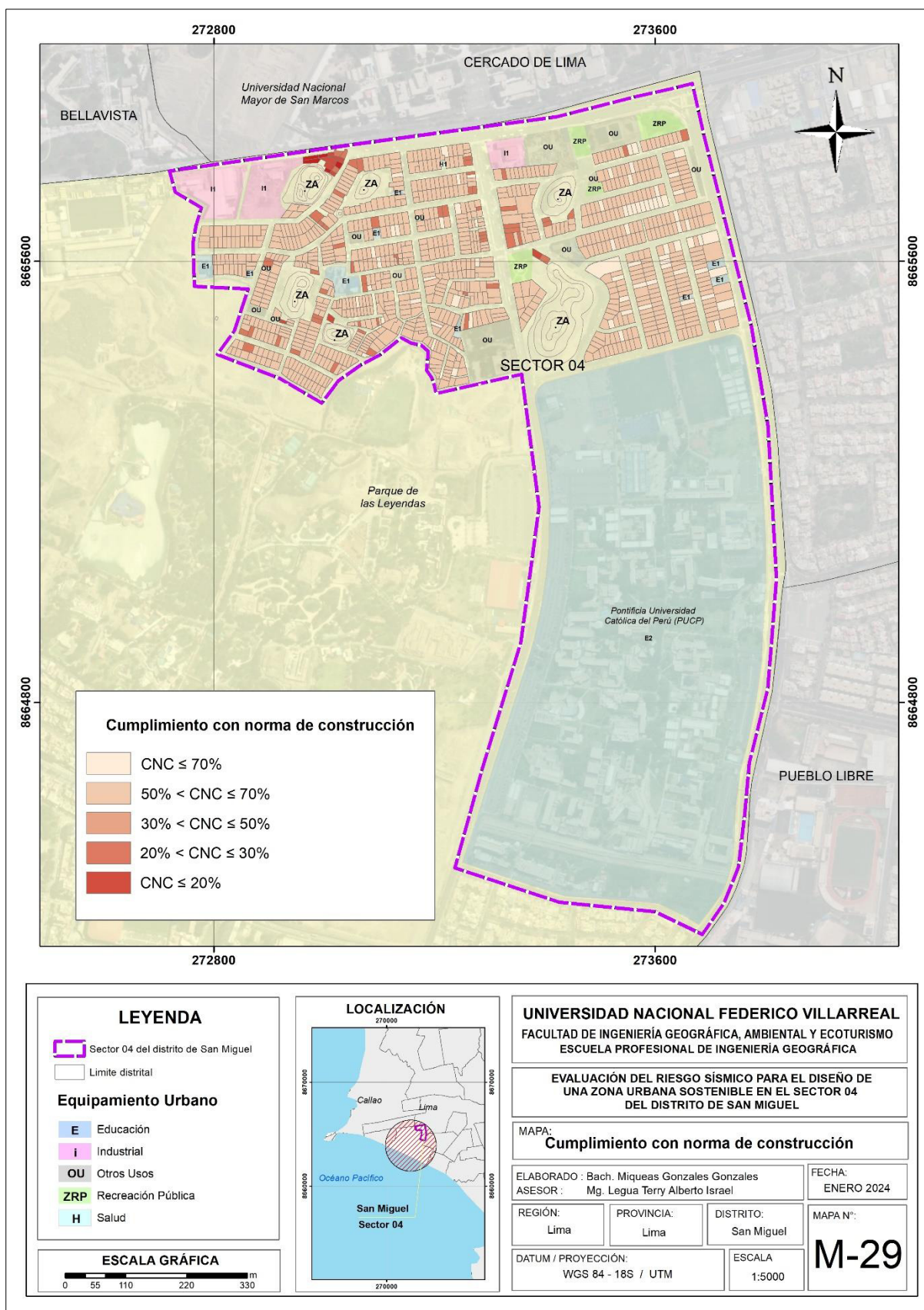
Peso de cumplimiento con norma de construcción

Cumplimiento con norma de construcción	Código	Valor
CNC ≤ 20%	D1_CNC	0.465
20% < CNC ≤ 30%	D2_CNC	0.273
30% < CNC ≤ 50%	D3_CNC	0.146
50% < CNC ≤ 70%	D4_CNC	0.073
CNC ≤ 70%	D5_CNC	0.044

Nota. El índice de consistencia es 0.0547 y relación de consistencia es 0.0491.

Figura 37

Mapa de cumplimiento con norma de construcción



b. Tipo de diseño estructural de edificación. Se obtiene relacionando el orden de prioridad del parámetro Tipo de diseño estructural de edificación (TDE), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 123), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 124). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 125). Además, se obtuvo el mapa de Material predominante en paredes (figura 38).

Tabla 123

Matriz de comparación de pares de tipo de diseño estructural de edificación

Tipo de diseño estructural de edificación	D1_ _{TDE}	D2_ _{TDE}	D3_ _{TDE}	D4_ _{TDE}	D5_ _{TDE}
No tiene sistema estructural	1.00	2.00	5.00	6.00	7.00
Sistema de madera	0.50	1.00	3.00	5.00	6.00
Sistema confinados y aporticado	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00
Sistema de concreto armado y dual	0.17	0.20	0.50	1.00	2.00
Sistema de acero	0.14	0.17	0.25	0.50	1.00
Suma	2.01	3.70	9.75	14.50	20.00
1/Suma	0.50	0.27	0.10	0.07	0.05

Nota: no tiene sistema estructural (D1__{TDE}); sistema de madera (D2__{TDE}); sistema confinados y aporticado (D3__{TDE}); sistema de concreto armado y dual (D4__{TDE}); sistema de acero (D5__{TDE})

Tabla 124

Matriz de normalización de tipo de diseño estructural de edificación

Tipo de diseño estructural de edificación	D1_ _{TDE}	D2_ _{TDE}	D3_ _{TDE}	D4_ _{TDE}	D5_ _{TDE}	Pdes
No tiene sistema estructural	0.498	0.541	0.513	0.414	0.350	0.463
Sistema de madera	0.249	0.270	0.308	0.345	0.300	0.294
Sistema confinados y aporticado	0.100	0.090	0.103	0.138	0.200	0.126
Sistema de concreto armado y dual	0.083	0.054	0.051	0.069	0.100	0.071
Sistema de acero	0.071	0.045	0.026	0.034	0.050	0.045

Nota: Nota: no tiene sistema estructural (D1__{TDE}); sistema de madera (D2__{TDE}); sistema confinados y aporticado (D3__{TDE}); sistema de concreto armado y dual (D4__{TDE}); sistema de acero (D5__{TDE})

Tabla 125

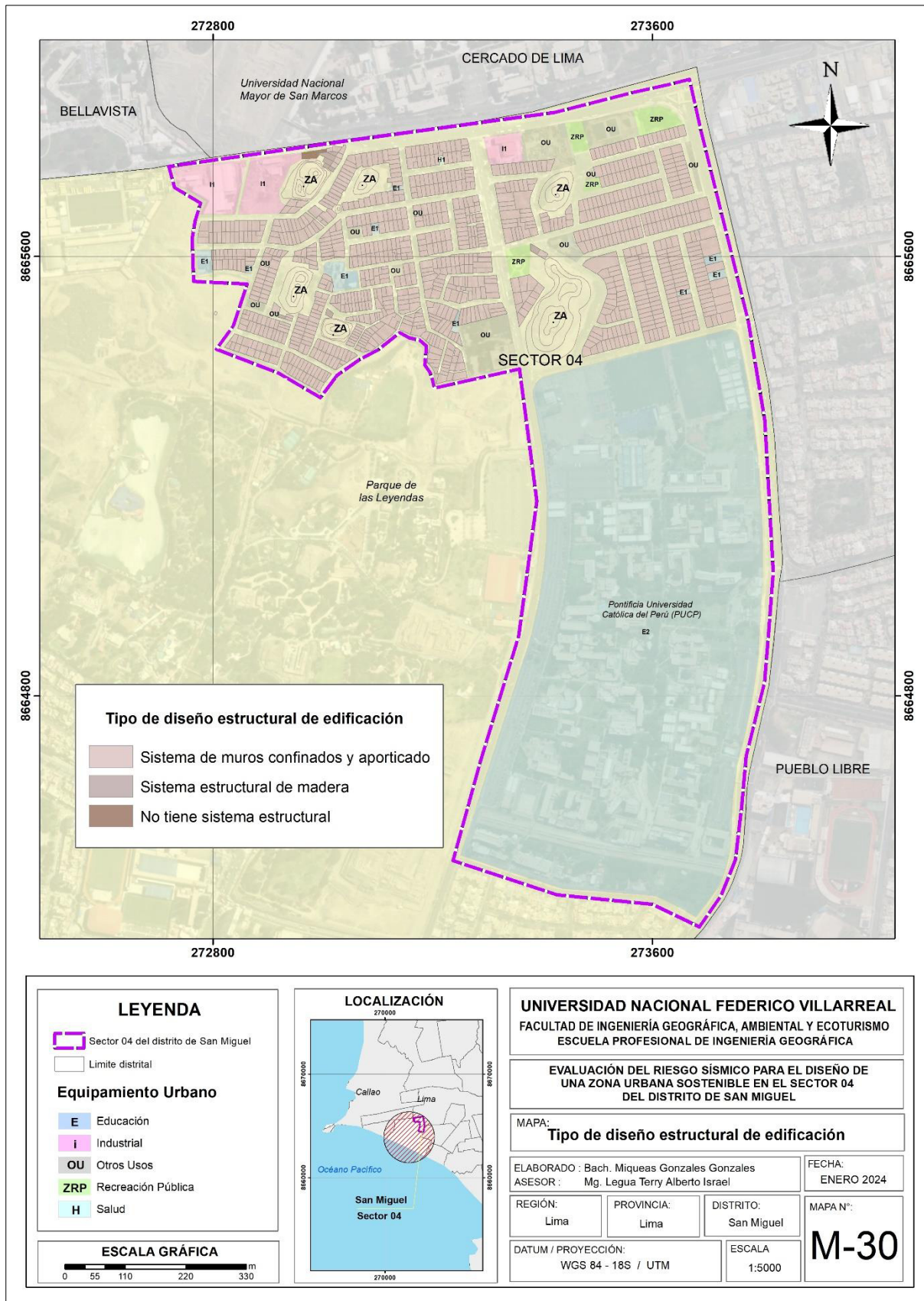
Peso de tipo de diseño estructural de edificación

Tipo de diseño estructural de edificación	Código	Valor
No tiene sistema estructural	D1_ _{TDE}	0.463
Sistema de madera	D2_ _{TDE}	0.294
Sistema confinados y aporticado	D3_ _{TDE}	0.126
Sistema de concreto armado y dual	D4_ _{TDE}	0.071
Sistema de acero	D5_ _{TDE}	0.045

Nota. El índice de consistencia es 0.0309 y relación de consistencia es 0.0277.

Figura 38

Mapa de tipo de diseño estructural de edificación



4.4.3.2. Análisis de la resiliencia de dimensión social. Para determinar el valor de la dimensión social de la resiliencia, se obtuvo relacionando, comparando los parámetros, donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 126), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 127). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 128).

Tabla 126

Matriz de comparación de parámetros de la resiliencia de dimensión social

Tipo de diseño estructural de edificación	CGRD	AFR	TSE	BPS	NED
Capacitación en Gestión del Riesgo de Desastres	1.00	2.00	4.00	5.00	7.00
Actitud frente al riesgo	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
Tipo de seguro	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Beneficiario de programas sociales	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
Nivel educativo	0.14	0.20	0.25	0.50	1.00
Suma	2.09	4.03	7.75	11.50	19.00
1/Suma	0.48	0.25	0.13	0.09	0.05

Nota: Capacitación en gestión del riesgo de desastres (CGRD), actitud frente al riesgo (AFR), tipo de seguro (TSE), beneficiario de programas sociales (BPS), nivel educativo (NED).

Tabla 127

Matriz de normalización de parámetros de la resiliencia de dimensión social

Tipo de diseño estructural de edificación	CGRD	AFR	TSE	BPS	NED	Pdes
Capacitación en gestión del riesgo de desastres	0.478	0.496	0.516	0.435	0.368	0.459
Actitud frente al riesgo	0.239	0.248	0.258	0.261	0.263	0.254
Tipo de seguro	0.119	0.124	0.129	0.174	0.211	0.151
Beneficiario de programas sociales	0.096	0.083	0.065	0.087	0.105	0.087
Nivel educativo	0.068	0.050	0.032	0.043	0.053	0.049

Nota: Capacitación en gestión del riesgo de desastres (CGRD), actitud frente al riesgo (AFR), tipo de seguro (TSE), beneficiario de programas sociales (BPS), nivel educativo (NED).

Tabla 128

Peso de parámetros de la resiliencia de dimensión social

Tipo de diseño estructural de edificación	Código	Valor
Capacitación en gestión del riesgo de desastres	CGRD	0.459
Actitud frente al riesgo	AFR	0.254
Tipo de seguro	TSE	0.151
Beneficiario de programas sociales	BPS	0.087
Nivel educativo	NED	0.049

Nota. El índice de consistencia es 0.0155 y relación de consistencia es 0.0139.

a. Capacitación en gestión del riesgo de desastres. Se obtiene comparando y manteniendo el orden de prioridad del parámetro capacitación en gestión del riesgo de desastres (CGRD), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 129), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 130). Esto estableció una capa de información con cinco descriptores numéricos (tabla 131). Además, se obtuvo el mapa de capacitación en Gestión del Riesgo de Desastres (figura 39).

Tabla 129

Matriz de comparación de capacitación en gestión del riesgo de desastres

Capacitación en gestión del riesgo de desastres	D1_CGRD	D2_CGRD	D3_CGRD	D4_CGRD	D5_CGRD
No recibe capacitación	1.00	2.00	4.00	6.00	7.00
Escasamente capacitada	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
Se capacita con regular frecuencia	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Se capacita con frecuencia	0.17	0.25	0.50	1.00	3.00
Se capacita constantemente	0.14	0.17	0.25	0.33	1.00
Suma	2.06	3.92	7.75	13.33	21.00
1/Suma	0.49	0.26	0.13	0.08	0.05

Nota: No recibe capacitación (D1_CGRD); Escasamente capacitada (D2_CGRD); Se capacita con regular frecuencia (D3_CGRD); Se capacita con frecuencia (D4_CGRD); Se capacita constantemente (D5_CGRD)

Tabla 130

Matriz de normalización de capacitación en gestión del riesgo de desastres

Capacitación en gestión del riesgo de desastres	D1_CGRD	D2_CGRD	D3_CGRD	D4_CGRD	D5_CGRD	Pdes
No recibe capacitación	0.486	0.511	0.516	0.450	0.333	0.459
Escasamente capacitada	0.243	0.255	0.258	0.300	0.286	0.268
Se capacita con regular frecuencia	0.121	0.128	0.129	0.150	0.190	0.144
Se capacita con frecuencia	0.081	0.064	0.065	0.075	0.143	0.085
Se capacita constantemente	0.069	0.043	0.032	0.025	0.048	0.043

Nota: No recibe capacitación (D1_CGRD); Escasamente capacitada (D2_CGRD); Se capacita con regular frecuencia (D3_CGRD); Se capacita con frecuencia (D4_CGRD); Se capacita constantemente (D5_CGRD)

Tabla 131

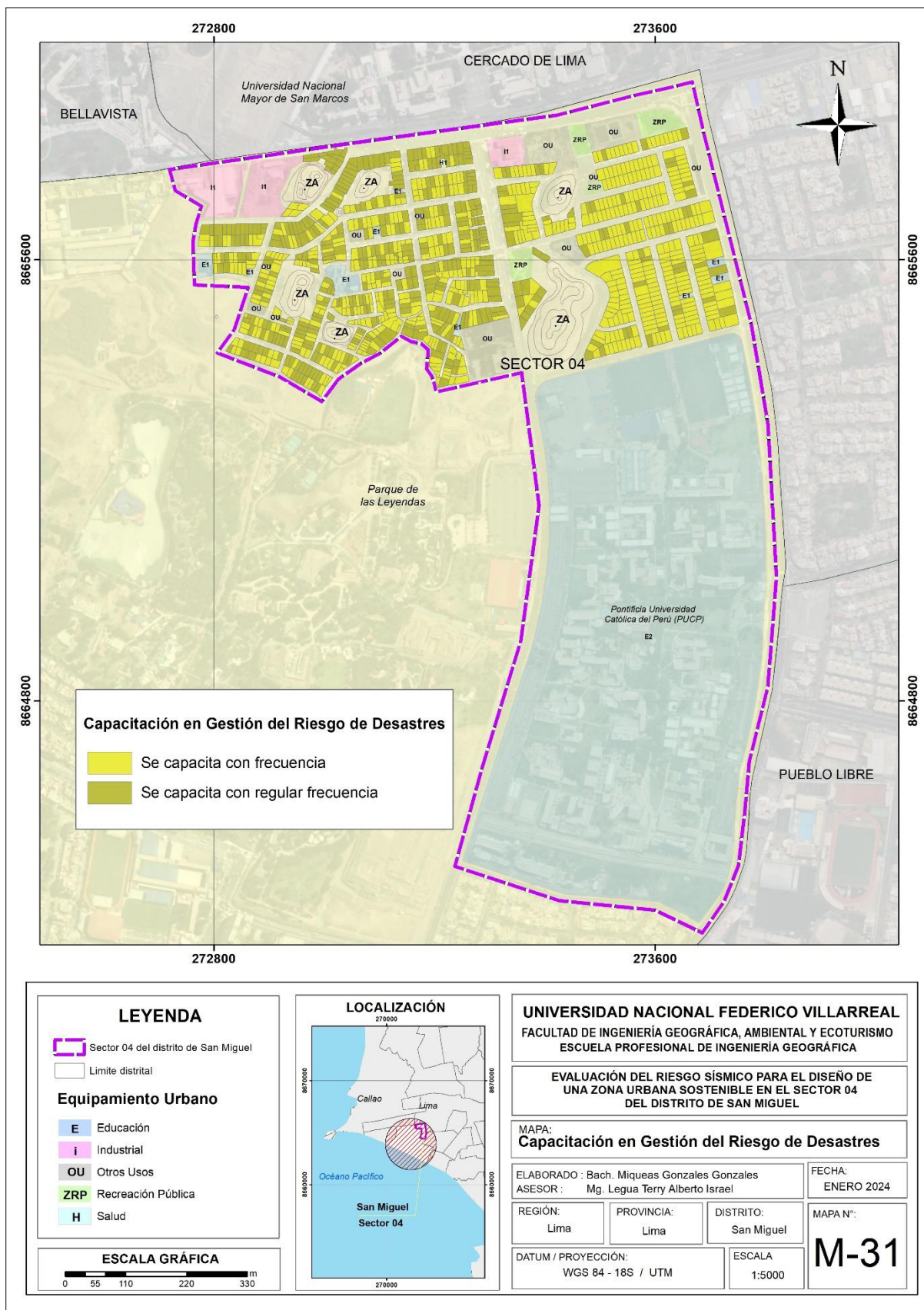
Peso de capacitación en gestión del riesgo de desastres

Capacitación en gestión del riesgo de desastres	ID	Valor
No recibe capacitación	D1_CGRD	0.459
Escasamente capacitada	D1_CGRD	0.268
Se capacita con regular frecuencia	D1_CGRD	0.144
Se capacita con frecuencia	D1_CGRD	0.085
Se capacita constantemente	D1_CGRD	0.043

Nota. El índice de consistencia es 0.0285 y relación de consistencia es 0.0256.

Figura 39

Mapa de capacitación en gestión del riesgo de desastres



b. Actitud frente al riesgo. Se obtiene relacionando, comparando y manteniendo el orden de prioridad, donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 132), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 133). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 134). Además, se obtuvo el mapa de actitud frente al riesgo (figura 40).

Tabla 132

Matriz de comparación de actitud frente al riesgo

Actitud frente al riesgo	D1_AFR	D2_AFR	D3_AFR	D4_AFR	D5_AFR
Fatalista, conformista y con desidia	1.00	2.00	4.00	7.00	8.00
Escasamente previsor	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
Parcialmente previsor	0.25	0.50	1.00	2.00	3.00
Previsor	0.14	0.25	0.50	1.00	2.00
Previsor en su totalidad	0.13	0.17	0.33	0.50	1.00
Suma	2.02	3.92	7.83	14.50	20.00
1/Suma	0.50	0.26	0.13	0.07	0.05

Nota: Fatalista, conformista y con desidia (D1_AFR); Escasamente previsor (D2_AFR); Parcialmente previsor (D3_AFR); Previsor de la mayoría (D4_AFR); Previsor en su totalidad (D5_AFR)

Tabla 133

Matriz de normalización de actitud frente al riesgo

Actitud frente al riesgo	D1_AFR	D2_AFR	D3_AFR	D4_AFR	D5_AFR	Pdes
Fatalista, conformista y con desidia	0.496	0.511	0.511	0.483	0.400	0.480
Escasamente previsor	0.248	0.255	0.255	0.276	0.300	0.267
Parcialmente previsor	0.124	0.128	0.128	0.138	0.150	0.133
Previsor	0.071	0.064	0.064	0.069	0.100	0.073
Previsor en su totalidad	0.062	0.043	0.043	0.034	0.050	0.046

Nota: Fatalista, conformista y con desidia (D1_AFR); Escasamente previsor (D2_AFR); Parcialmente previsor (D3_AFR); Previsor de la mayoría (D4_AFR); Previsor en su totalidad (D5_AFR)

Tabla 134

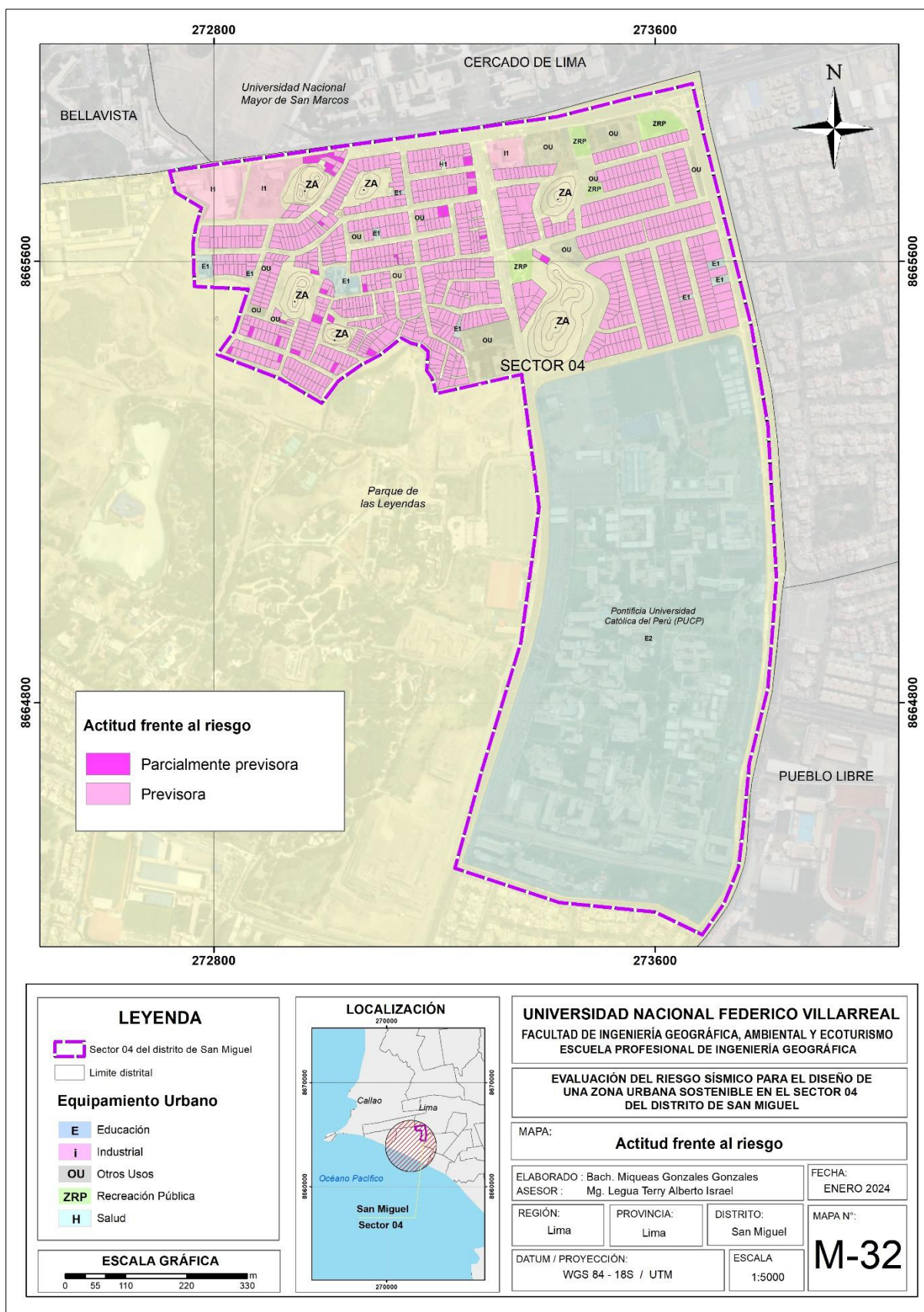
Peso de actitud frente al riesgo

Actitud frente al riesgo	Código	Valor
Fatalista, conformista y con desidia	D1_AFR	0.480
Escasamente previsor	D2_AFR	0.267
Parcialmente previsor	D3_AFR	0.133
Previsor	D4_AFR	0.073
Previsor en su totalidad	D5_AFR	0.046

Nota. El índice de consistencia es 0.0285 y relación de consistencia es 0.0256.

Figura 40

Mapa de actitud frente al riesgo



c. Tipo de seguro. Se obtiene relacionando, comparando y manteniendo el orden de prioridad del parámetro tipo de seguro (TSE), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 135), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 136). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 137). Además, se obtuvo el mapa de tipo de seguro (figura 41).

Tabla 135

Matriz de comparación de tipo de seguro

Tipo de seguro	D1_TSE	D2_TSE	D3_TSE	D4_TSE	D5_TSE
No tiene	1.00	2.00	3.00	5.00	6.00
SIS	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
Essalud	0.33	0.50	1.00	3.00	4.00
FFAA - PNP	0.20	0.25	0.33	1.00	2.00
Seguro Privado u otro	0.17	0.17	0.25	0.50	1.00
Suma	2.20	3.92	6.58	13.50	19.00
1/Suma	0.45	0.26	0.15	0.07	0.05

Nota. No tiene (D1_TSE); SIS (D2_TSE); Essalud (D3_TSE); FFAA – PNP (D4_TSE); Seguro Privado u otro (D5_TSE)

Tabla 136

Matriz de normalización de tipo de seguro

Tipo de seguro	D1_TSE	D2_TSE	D3_TSE	D4_TSE	D5_TSE	Pdes
No tiene	0.455	0.511	0.456	0.370	0.316	0.421
SIS	0.227	0.255	0.304	0.296	0.316	0.280
Essalud	0.152	0.128	0.152	0.222	0.211	0.173
FFAA - PNP	0.091	0.064	0.051	0.074	0.105	0.077
Seguro Privado u otro	0.076	0.043	0.038	0.037	0.053	0.049

Nota. Peso del descriptor (Pdes), No tiene (D1_TSE); SIS (D2_TSE); Essalud (D3_TSE); FFAA – PNP (D4_TSE); Seguro Privado u otro (D5_TSE)

Tabla 137

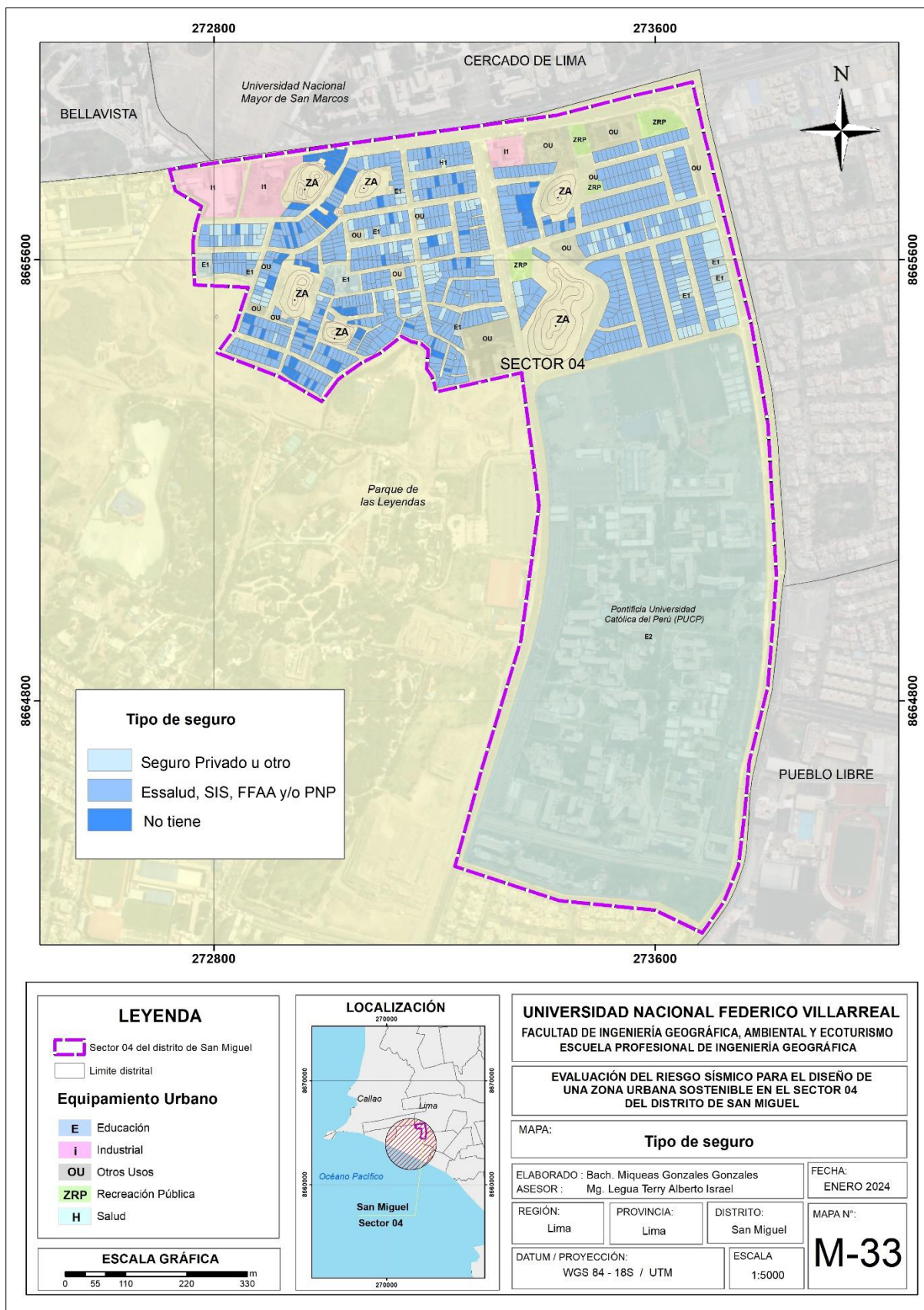
Peso de tipo de seguro

Tipo de seguro	Código	Valor
No tiene	D1_TSE	0.421
SIS	D2_TSE	0.280
Essalud	D3_TSE	0.173
FFAA - PNP	D4_TSE	0.077
Seguro Privado u otro	D5_TSE	0.049

Nota. El índice de consistencia es 0.0285 y relación de consistencia es 0.0256.

Figura 41

Mapa de tipo de seguro



d. Beneficiario de programas sociales. Se obtiene relacionando, comparando y manteniendo el orden de prioridad del parámetro beneficiario de programas sociales (BPS), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 138), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 139). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 140). Además, se obtuvo el mapa de beneficiario de programas sociales (figura 42).

Tabla 138

Matriz de comparación de beneficiario de programas sociales

Beneficiario de programas sociales	D1_BPS	D2_BPS	D3_BPS	D4_BPS	D5_BPS
Ninguno	1.00	3.00	4.00	6.00	8.00
Papilla o yapita, cuna más y canasta alimentaria	0.33	1.00	3.00	5.00	6.00
Vaso de leche o comedor popular	0.25	0.33	1.00	2.00	3.00
Juntos, Pensión 65 u otros	0.17	0.20	0.50	1.00	2.00
Techo propio o mi vivienda	0.13	0.17	0.33	0.50	1.00
Suma	1.88	4.70	8.83	14.50	20.00
1/Suma	0.53	0.21	0.11	0.07	0.05

Nota: Ninguno (D1_BPS); Papilla o yapita, Cuna más y Canasta alimentaria (D2_BPS); Vaso de leche o Comedor popular (D3_BPS); Juntos, Pensión 65 u Otros (D4_BPS); Techo propio o Mi vivienda (D5_BPS)

Tabla 139

Matriz de normalización de beneficiario de programas sociales

Beneficiario de programas sociales	D1_BPS	D2_BPS	D3_BPS	D4_BPS	D5_BPS	Pdes
Ninguno	0.533	0.638	0.453	0.414	0.400	0.488
Papilla o yapita, cuna más y canasta alimentaria	0.178	0.213	0.340	0.345	0.300	0.275
Vaso de leche o comedor popular	0.133	0.071	0.113	0.138	0.150	0.121
Juntos, Pensión 65 u otros	0.089	0.043	0.057	0.069	0.100	0.071
Techo propio o mi vivienda	0.067	0.035	0.038	0.034	0.050	0.045

Nota: Ninguno (D1_BPS); Papilla o yapita, Cuna más y Canasta alimentaria (D2_BPS); Vaso de leche o Comedor popular (D3_BPS); Juntos, Pensión 65 u Otros (D4_BPS); Techo propio o Mi vivienda (D5_BPS)

Tabla 140

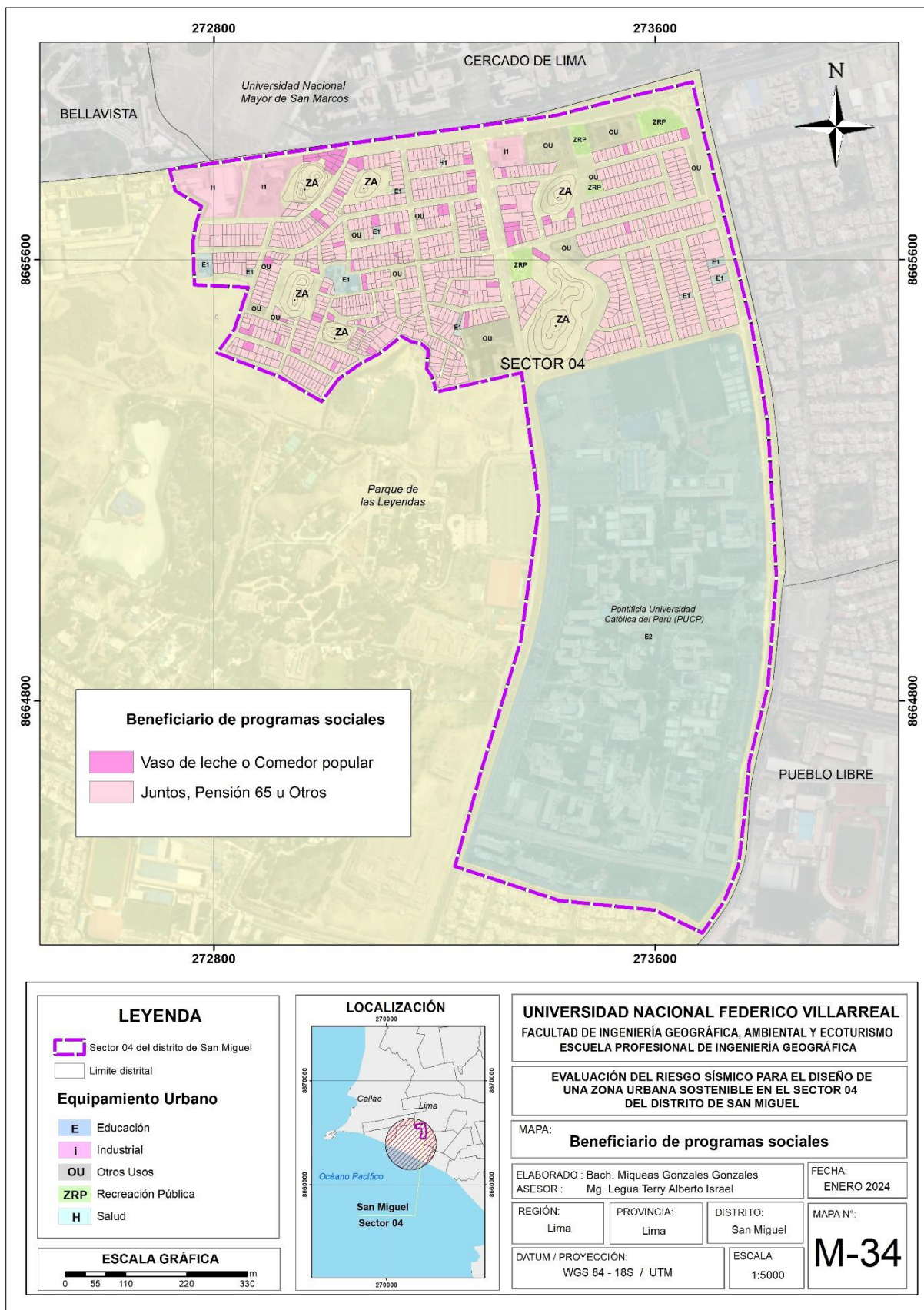
Peso de beneficiario de programas sociales

Beneficiario de programas sociales	Código	Valor
Ninguno	D1_BPS	0.488
Papilla o yapita, cuna más y canasta alimentaria	D2_BPS	0.275
Vaso de leche o comedor popular	D3_BPS	0.121
Juntos, Pensión 65 u otros	D4_BPS	0.071
Techo propio o mi vivienda	D5_BPS	0.045

Nota. El índice de consistencia es 0.0316 y relación de consistencia es 0.0284.

Figura 42

Mapa de beneficiario de programas sociales



e. Nivel educativo. Se obtiene relacionando y manteniendo el orden de prioridad del parámetro nivel educativo (NED), donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 141), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 142). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 143). Además, se obtuvo el mapa de nivel educativo (figura 43).

Tabla 141

Matriz de comparación de pares de nivel educativo

Nivel educativo	D1_NED	D2_NED	D3_NED	D4_NED	D5_NED
Ningún nivel, inicial	1.00	3.00	4.00	6.00	8.00
Primaria	0.33	1.00	3.00	4.00	6.00
Secundaria	0.25	0.33	1.00	2.00	4.00
Superior no universitario	0.17	0.25	0.50	1.00	3.00
Superior universitario y posgrado	0.13	0.17	0.25	0.33	1.00
Suma	1.88	4.75	8.75	13.33	22.00
1/Suma	0.53	0.21	0.11	0.08	0.05

Nota: Ningún Nivel, Inicial (D1_NED); Primaria (D2_NED); Secundaria (D3_NED); Superior no Universitario (D4_NED); Superior Universitario y Posgrado (D5_NED)

Tabla 142

Matriz de normalización de nivel educativo

Nivel Educativo	D1_NED	D2_NED	D3_NED	D4_NED	D5_NED	Pdes
Ningún nivel, inicial	0.533	0.632	0.457	0.450	0.364	0.487
Primaria	0.178	0.211	0.343	0.300	0.273	0.261
Secundaria	0.133	0.070	0.114	0.150	0.182	0.130
Superior no universitario	0.089	0.053	0.057	0.075	0.136	0.082
Superior universitario y posgrado	0.067	0.035	0.029	0.025	0.045	0.040

Nota: Peso del descriptor (Pdes), Ningún Nivel, Inicial (D1_NED); Primaria (D2_NED); Secundaria (D3_NED); Superior no Universitario (D4_NED); Superior Universitario y Posgrado (D5_NED)

Tabla 143

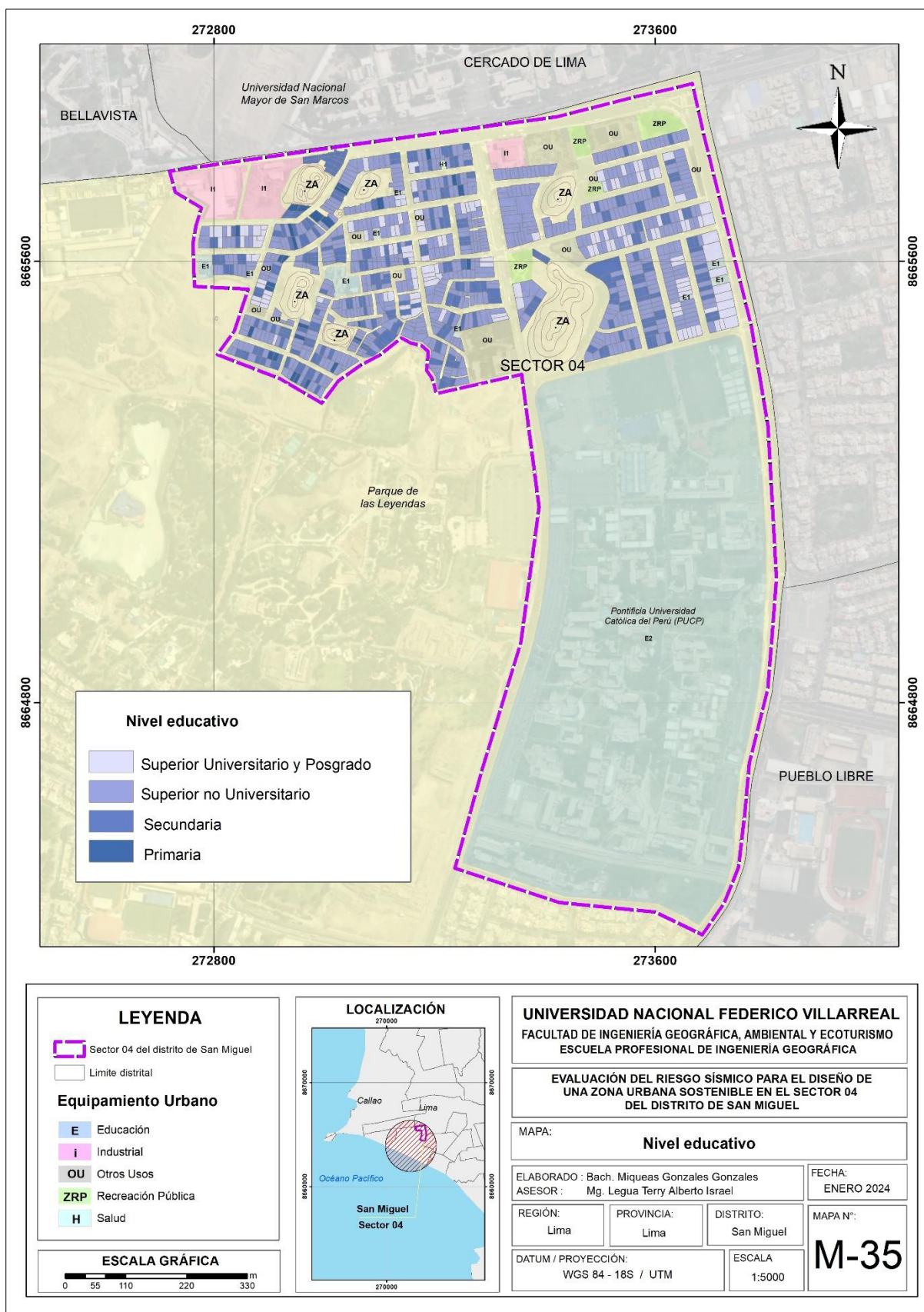
Peso de nivel educativo

Nivel Educativo	Código	Valor
Ningún nivel, inicial	D1_NED	0.487
Primaria	D2_NED	0.261
Secundaria	D3_NED	0.130
Superior no universitario	D4_NED	0.082
Superior universitario y posgrado	D5_NED	0.040

Nota. El índice de consistencia es 0.0441 y relación de consistencia es 0.0395

Figura 43

Mapa de nivel educativo



4.4.3.3. Análisis de la residencia de dimensión económica. Para determinar el valor, se relacionaron y compararon los descriptores de los parámetros:

a. Ingreso familiar mensual promedio. Se obtuvo del parámetro ingreso familiar mensual promedio (IFM), mediante la matriz de comparación de pares (tabla 144), luego en matriz de normalización (tabla 145) donde se obtuvo el peso de cada parámetro (tabla 146) con AHP. Dando como resultado el mapa de ingreso familiar mensual promedio (figura 44).

Tabla 144

Matriz de comparación de ingreso familiar mensual promedio

Ingreso familiar mensual promedio	D1 _{IFM}	D2 _{IFM}	D3 _{IFM}	D4 _{IFM}	D5 _{IFM}
IFM < S/ 500	1.00	3.00	4.00	5.00	7.00
S/ 500 < IFM ≤ S/ 1025	0.33	1.00	3.00	4.00	6.00
S/ 1025 < IFM ≤ S/ 2000	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
S/ 2000 < IFM ≤ S/ 4000	0.20	0.25	0.33	1.00	2.00
IFM ≤ S/ 4000	0.14	0.17	0.25	0.50	1.00
Suma	1.93	4.75	8.58	13.50	20.00
1/Suma	0.52	0.21	0.12	0.07	0.05

Nota: IFM < S/ 500 (D1_{IFM}); S/ 500 < IFM ≤ S/ 1025 (D2_{IFM}); S/ 1025 < IFM ≤ S/ 2000 (D3_{IFM}); S/ 2000 < IFM ≤ S/ 4000 (D4_{IFM}); IFM ≤ S/ 4000 (D5_{IFM})

Tabla 145

Matriz de normalización de ingreso familiar mensual promedio

Ingreso familiar mensual promedio	D1 _{IFM}	D2 _{IFM}	D3 _{IFM}	D4 _{IFM}	D5 _{IFM}	Pdes
IFM < S/ 500	0.519	0.632	0.466	0.370	0.350	0.467
S/ 500 < IFM ≤ S/ 1025	0.173	0.211	0.350	0.296	0.300	0.266
S/ 1025 < IFM ≤ S/ 2000	0.130	0.070	0.117	0.222	0.200	0.148
S/ 2000 < IFM ≤ S/ 4000	0.104	0.053	0.039	0.074	0.100	0.074
IFM ≤ S/ 4000	0.074	0.035	0.029	0.037	0.050	0.045

Nota: Peso del descriptor (Pdes), IFM < S/ 500 (D1_{IFM}); S/ 500 < IFM ≤ S/ 1025 (D2_{IFM}); S/ 1025 < IFM ≤ S/ 2000 (D3_{IFM}); S/ 2000 < IFM ≤ S/ 4000 (D4_{IFM}); IFM ≤ S/ 4000 (D5_{IFM})

Tabla 146

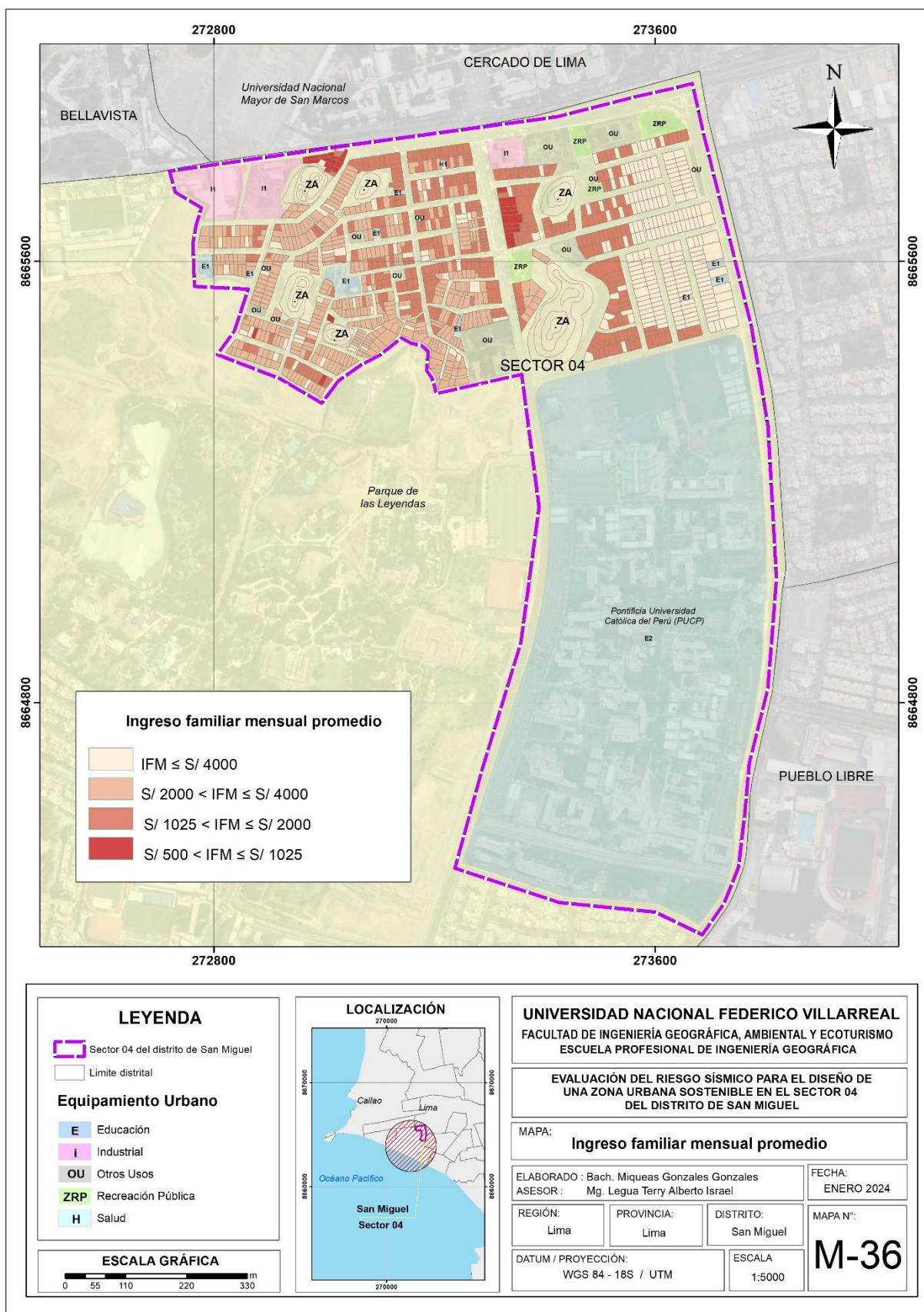
Peso de ingreso familiar mensual promedio

Ingreso familiar mensual promedio	Código	Valor
IFM < S/ 500	D1 _{IFM}	0.467
S/ 500 < IFM ≤ S/ 1025	D2 _{IFM}	0.266
S/ 1025 < IFM ≤ S/ 2000	D3 _{IFM}	0.148
S/ 2000 < IFM ≤ S/ 4000	D4 _{IFM}	0.074
IFM ≤ S/ 4000	D5 _{IFM}	0.045

Nota. El índice de consistencia es 0.0542 y relación de consistencia es 0.0486.

Figura 44

Mapa de ingreso familiar mensual promedio



b. Régimen de tenencia de vivienda. Se obtiene relacionando, comparando y manteniendo el orden de prioridad, donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 147), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 148). Esto estableció una capa con cinco descriptores numéricos (tabla 149). Además, se obtuvo el mapa de régimen de tenencia de vivienda (figura 45).

Tabla 147

Matriz de comparación de régimen de tenencia de vivienda

Régimen de tenencia de vivienda	D1_RTV	D2_RTV	D3_RTV	D4_RTV	D5_RTV
Cedida por otro hogar o institución	1.00	3.00	5.00	8.00	9.00
Cedida por el centro de trabajo	0.33	1.00	3.00	5.00	6.00
Propia o por invasión	0.20	0.33	1.00	3.00	4.00
Alquilada o propia y pagándola a plazos	0.13	0.20	0.33	1.00	3.00
Propia y totalmente pagada	0.11	0.17	0.25	0.33	1.00
Suma	1.77	4.70	9.58	17.33	23.00
1/Suma	0.57	0.21	0.10	0.06	0.04

Nota. Cedida por otro hogar o institución (D1_RTV); Cedida por el centro de trabajo (D2_RTV); Propia o por invasión (D3_RTV); Alquilada o Propia y Pagándola a plazos (D4_RTV); Propia y totalmente pagada (D5_RTV)

Tabla 148

Matriz de normalización de régimen de tenencia de vivienda

Régimen de tenencia de vivienda	D1_RTV	D2_RTV	D3_RTV	D4_RTV	D5_RTV	Pdes
Cedida por otro hogar o institución	0.565	0.638	0.522	0.462	0.391	0.516
Cedida por el centro de trabajo	0.188	0.213	0.313	0.288	0.261	0.253
Propia o por invasión	0.113	0.071	0.104	0.173	0.174	0.127
Alquilada o propia y pagándola a plazos	0.071	0.043	0.035	0.058	0.130	0.067
Propia y totalmente pagada	0.063	0.035	0.026	0.019	0.043	0.037

Nota. Cedida por otro hogar o institución (D1_RTV); Cedida por el centro de trabajo (D2_RTV); Propia o por invasión (D3_RTV); Alquilada o Propia y Pagándola a plazos (D4_RTV); Propia y totalmente pagada (D5_RTV)

Tabla 149

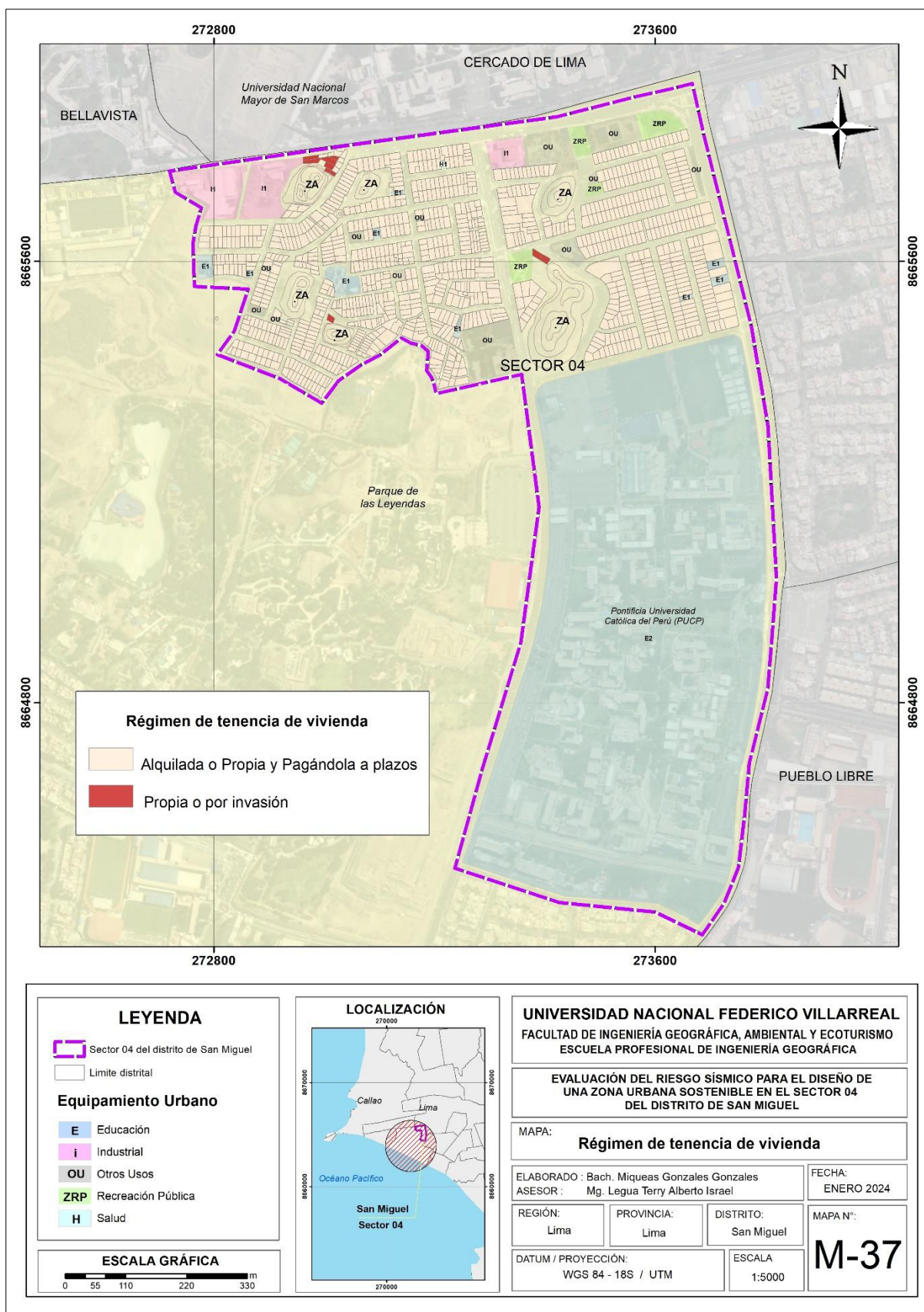
Peso de régimen de tenencia de vivienda

Régimen de tenencia de vivienda	Código	Valor
Cedida por otro hogar o institución	D1_RTV	0.516
Cedida por el centro de trabajo	D2_RTV	0.253
Propia o por invasión	D3_RTV	0.127
Alquilada o propia y pagándola a plazos	D4_RTV	0.067
Propia y totalmente pagada	D5_RTV	0.037

Nota. El índice de consistencia es 0.0580 y relación de consistencia es 0.0520.

Figura 45

Mapa de régimen de tenencia de vivienda



4.4.4.4. Análisis de la residencia de dimensión ambiental. Para determinar el valor, se relaciona y compara los descriptores de los parámetros:

a. Cercanía a parques. Se obtiene relacionando, comparando y manteniendo el orden de prioridad del parámetro cercanía a parques (CPA), mediante la matriz de comparación de pares (tabla 150), luego en la matriz de normalización (tabla 151), donde se obtuvo el peso de los parámetros (tabla 152) con AHP. Dando como resultado el mapa cercanía a parques (figura 46).

Tabla 150

Matriz de comparación de cercanía a parques

Cercanía a parques	D1 _{CPA}	D2 _{CPA}	D3 _{CPA}	D4 _{CPA}	D5 _{CPA}
500 m. ≤ CPA	1.00	3.00	5.00	8.00	9.00
250 m. < CPA ≤ 500 m.	0.33	1.00	3.00	6.00	7.00
100 m. < CPA ≤ 250 m.	0.20	0.33	1.00	3.00	4.00
50 m. < CPA ≤ 100 m.	0.13	0.17	0.33	1.00	2.00
CPA < 50 m.	0.11	0.14	0.25	0.50	1.00
Suma	1.77	4.64	9.58	18.50	23.00
1/Suma	0.57	0.22	0.10	0.05	0.04

Nota: CPA < 50 m. (D1_{CPA}); 50 m. < CPA ≤ 100 m. (D1_{CPA}); 100 m. < CPA ≤ 250 m. (D1_{CPA}); 250 m. < CPA ≤ 500 m. (D1_{CPA}); 500 m. ≤ CPA (D1_{CPA})

Tabla 151

Matriz de normalización de cercanía a parques

Cercanía a parques	D1 _{CPA}	D2 _{CPA}	D3 _{CPA}	D4 _{CPA}	D5 _{CPA}	Pdes
500 m. ≤ CPA	0.565	0.646	0.522	0.432	0.391	0.511
250 m. < CPA ≤ 500 m.	0.188	0.215	0.313	0.324	0.304	0.269
100 m. < CPA ≤ 250 m.	0.113	0.072	0.104	0.162	0.174	0.125
50 m. < CPA ≤ 100 m.	0.071	0.036	0.035	0.054	0.087	0.056
CPA < 50 m.	0.063	0.031	0.026	0.027	0.043	0.038

Nota: Peso del descriptor (Pdes), CPA < 50 m. (D1_{CPA}); 50 m. < CPA ≤ 100 m. (D1_{CPA}); 100 m. < CPA ≤ 250 m. (D1_{CPA}); 250 m. < CPA ≤ 500 m. (D1_{CPA}); 500 m. ≤ CPA (D1_{CPA})

Tabla 152

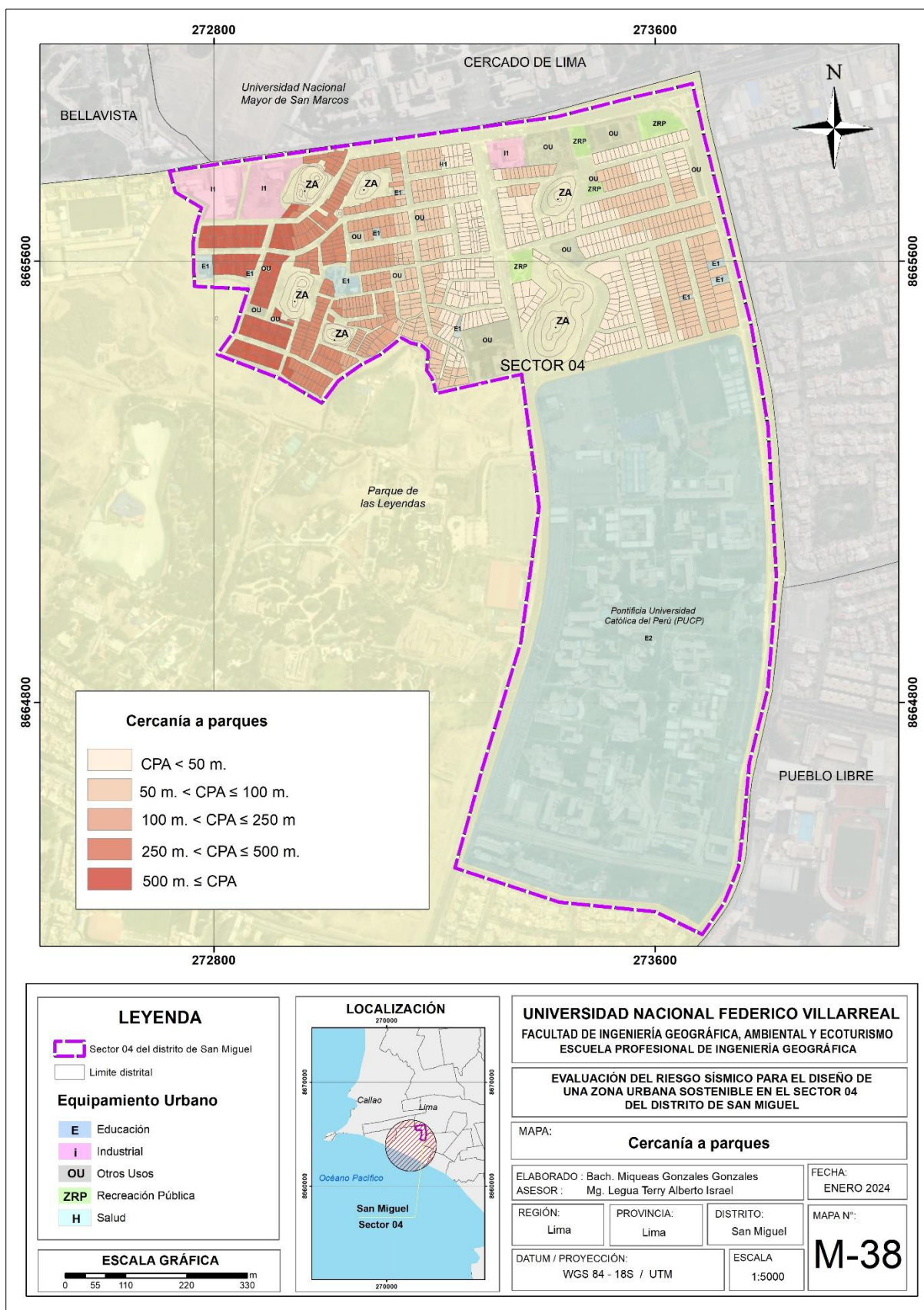
Peso de cercanía a parques

Cercanía a parques	ID	Valor
500 m. ≤ CPA	D1 _{CPA}	0.511
250 m. < CPA ≤ 500 m.	D2 _{CPA}	0.269
100 m. < CPA ≤ 250 m.	D3 _{CPA}	0.125
50 m. < CPA ≤ 100 m.	D4 _{CPA}	0.056
CPA < 50 m.	D5 _{CPA}	0.038

Nota. El índice de consistencia es 0.0409 y relación de consistencia es 0.0366.

Figura 46

Mapa de cercanía a parques



b. Conocimiento en preservación y conservación. Se obtiene relacionando, comparando y manteniendo el orden de prioridad del parámetro, donde la matriz de comparación de pares asignó valores (tabla 153), luego la matriz de normalización de pares usó AHP para determinar el peso de cada parámetro (tabla 154). Esto estableció una capa de información geográfica con cinco descriptores numéricos (tabla 155). Además, se obtuvo el mapa de conocimiento en preservación y conservación (figura 47).

Tabla 153

Matriz de comparación de conocimiento en preservación y conservación

Conocimiento en preservación y conservación	D1_CPC	D2_CPC	D3_CPC	D4_CPC	D5_CPC
Desconocimiento de la población	1.00	2.00	5.00	7.00	8.00
Escaso conocimiento de la población	0.50	1.00	3.00	5.00	6.00
Regular conocimiento de la población	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00
La mayoría de población tiene conocimientos	0.14	0.20	0.50	1.00	2.00
Toda la población tiene conocimiento	0.13	0.17	0.25	0.50	1.00
Suma	1.97	3.70	9.75	15.50	21.00
1/Suma	0.51	0.27	0.10	0.06	0.05

Nota: Desconocimiento de la población (D1_CPC); Escaso conocimiento de la población (D2_CPC); Regular conocimiento de la población (D3_CPC); La mayoría de población tiene conocimientos (D4_CPC); Toda la población tiene conocimiento (D5_CPC)

Tabla 154

Matriz de normalización de conocimiento en preservación y conservación

Conocimiento en preservación y conservación	D1_CPC	D2_CPC	D3_CPC	D4_CPC	D5_CPC	Pdes
Desconocimiento de la población	0.508	0.541	0.513	0.452	0.381	0.479
Escaso conocimiento de la población	0.254	0.270	0.308	0.323	0.286	0.288
Regular conocimiento de la población	0.102	0.090	0.103	0.129	0.190	0.123
La mayoría de población tiene conocimientos	0.073	0.054	0.051	0.065	0.095	0.068
Toda la población tiene conocimiento	0.064	0.045	0.026	0.032	0.048	0.043

Nota: Peso del descriptor (Pdes), Desconocimiento de la población (D1_CPCR); Escaso conocimiento de la población (D2_CPCR); Regular conocimiento de la población (D3_CPCR); La mayoría de población tiene conocimientos (D4_CPCR); Toda la población tiene conocimiento (D5_CPCR)

Tabla 155

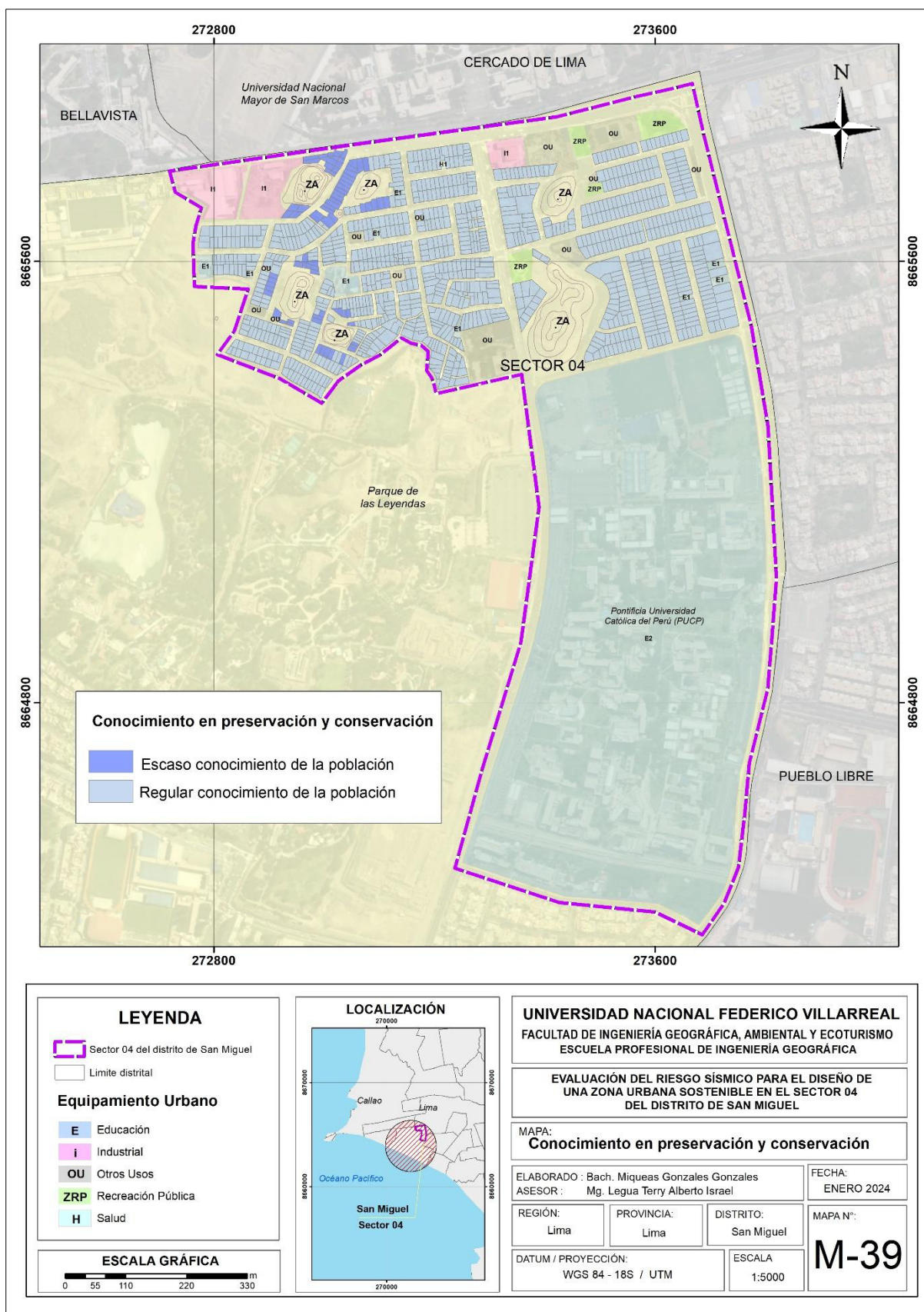
Peso de conocimiento en preservación y conservación

Conocimiento en preservación y conservación	Código	Valor
Desconocimiento de la población	D1_CPC	0.479
Escaso conocimiento de la población	D2_CPC	0.288
Regular conocimiento de la población	D3_CPC	0.123
La mayoría de población tiene conocimientos	D4_CPC	0.068
Toda la población tiene conocimiento	D5_CPC	0.043

Nota. El índice de consistencia es 0.0243 y relación de consistencia es 0.0218.

Figura 47

Mapa de conocimiento en preservación y conservación



3.4.3.5. Nivel de resiliencia. Los siguientes cuadros, se muestran el resultado del cálculo del valor de la resiliencia (tabla 156) y sus respectivos rangos obtenidos al utilizar AHP para determinar el peso de cada parámetro, para determinar el peso de los descriptores del respectivo parámetro de cada dimensión, para el sector 04 del distrito de San Miguel.

Tabla 156

Cálculo del valor de la resiliencia





Resiliencia física		Resiliencia social		Resiliencia económica		Resiliencia ambiental		Valor de resiliencia
Pdes	Ppar	Pdes	Ppar	Pdes	Ppar	Pdes	Ppar	
0.464		0.463		0.492		0.495		0.475
0.284		0.270		0.259		0.279		0.274
0.136	0.300	0.143	0.300	0.137	0.200	0.124	0.200	0.136
0.072		0.080		0.071		0.062		0.072
0.044		0.045		0.041		0.040		0.043

Nota. Peso del parámetro (Ppar), Peso del descriptor (Pdes)

Para definir los niveles de esta capa se utilizan los resultados del cálculo del valor de la resiliencia, estos valores son utilizados para establecer rangos de la resiliencia: Re1, Re2, Re3 y Re4 (tabla 157). Dando como resultado el mapa de fragilidad (figura 48) y la información de sus características (tabla 158).

Tabla 157

Rango de valor de la resiliencia

Código	Rangos del nivel de resiliencia	Color
Re1	$0.043 \leq Re < 0.072$	
Re2	$0.072 \leq Re < 0.136$	
Re3	$0.136 \leq Re < 0.274$	
Re4	$0.274 \leq Re \leq 0.475$	

Nota. Resiliencias (Re)

Figura 48

Mapa de resiliencia

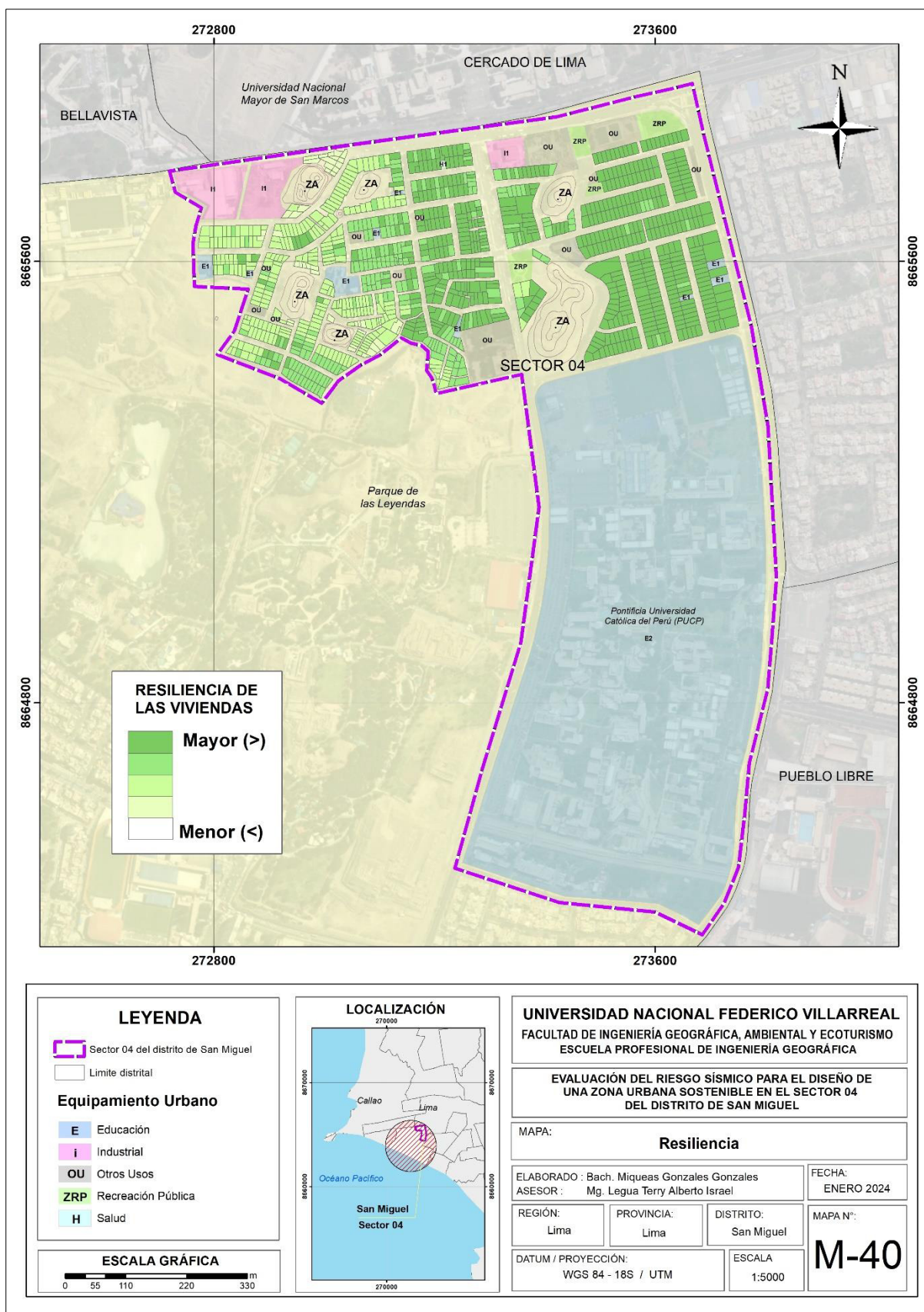


Tabla 158*Estratificación de los niveles de resiliencia*

	Descripción	Rango	Color
Re1	Presenta una mayor resiliencia, cumplimiento con norma de construcción mayor del 20% y menor del 30%; el tipo de diseño estructural de edificación es sin sistema estructural; en capacitación en gestión del riesgo de desastres se capacita con regular frecuencia; la actitud frente al riesgo es parcialmente previsoras; no tiene seguro; son beneficiario de programas sociales con vaso de leche o comedor popular; el nivel educativo es primaria; el ingreso familiar mensual promedio es mayor a S/. 500 y menor a S/. 1025; el régimen de tenencia de vivienda es propia o por invasión; la cercanía a parques es menor de 100 metros; tiene escaso conocimiento de la población en conservación.	$0.274 \leq Re \leq 0.475$	■
Re2	Presenta resiliencia, cumplimiento con norma de construcción mayor del 30% y menor del 50%; el tipo de diseño estructural de edificación es sistema estructural de madera; en capacitación en gestión del riesgo de desastres se capacita con regular frecuencia; la actitud frente al riesgo es parcialmente previsoras; el tipo de seguro es ESSALUD, SIS, FFAA y/o PNP; son beneficiario de programas sociales con vaso de leche o comedor popular; el nivel educativo es secundaria; el ingreso familiar mensual promedio es mayor a S/. 1025 y menor a S/. 2000; el régimen de tenencia de vivienda es alquilada o propia y/o pagándola a plazos; la cercanía a parques es 100 mayor a 100 metros y menor a 250 metros; tiene escaso conocimiento de la población en conservación.	$0.136 \leq Re < 0.274$	■
Re3	Presenta resiliencia, cumplimiento con norma de construcción mayor del 50% y menor del 70%; el tipo de diseño estructural de edificación es sistema de muros confinados y aperticados; en capacitación en gestión del riesgo de desastres se capacita con frecuencia; la actitud frente al riesgo es previsoras; el tipo de seguro es privado; son beneficiario de programas sociales con juntos, pensión 65 u otros; el nivel educativo es superior no universitario; el ingreso familiar mensual promedio es mayor a S/. 2000 y menor a S/. 4000; el régimen de tenencia de vivienda es alquilada o propia y/o pagándola a plazos; la cercanía a parques es mayor a 250 metros y 500 metros; tiene escaso conocimiento de la población en conservación.	$0.072 \leq Re < 0.136$	■
Re4	Tiene una menor resiliencia, cumplimiento con norma de construcción el más del 70%; el tipo de diseño estructural de edificación es sistema de muros confinados y aperticados; en capacitación en gestión del riesgo de desastres se capacita con frecuencia; la actitud frente al riesgo es previsoras; el tipo de seguro es privado; son beneficiario de programas sociales con juntos, pensión 65 u otros; el nivel educativo es superior universitario y posgrado; el ingreso familiar mensual promedio es mayor a S/. 4000; el régimen de tenencia de vivienda es alquilada o propia y/o pagándola a plazos; la cercanía a parques es mayor a 500 metros; tiene escaso conocimiento de la población en conservación.	$0.043 \leq Re < 0.072$	■

Nota. Resiliencias (Re)

4.4.4. Nivel de la vulnerabilidad

La tabla del cálculo del nivel de vulnerabilidad, en donde se determinó los niveles de vulnerabilidad (N_V) por sismo (tabla 159), además de sus respectivas dimensiones obtenidos al utilizar el AHP, para el sector 04 del distrito de San Miguel.

Para determinar la vulnerabilidad al sismo en el sector 04 de San Miguel, se multiplicó la exposición por la fragilidad y se dividió por la resiliencia. Este cálculo ofrece un resultado más preciso de la vulnerabilidad actual a los sismos.

Tabla 159

Cálculo de los niveles de vulnerabilidad





Val. Exposición	Val. Fragilidad	Val. Resiliencia	Val. Vulnerabilidad
0.467	0.471	0.475	0.463
0.261	0.272	0.274	0.259
0.152	0.139	0.136	0.155
0.080	0.074	0.072	0.082
0.040	0.043	0.043	0.040

Nota. Proceso de Normalización de los pesos de los descriptores de la vulnerabilidad, debido a que se ha utilizado operadores de multiplicación y división, los pesos de los descriptores de la vulnerabilidad no suman, son normalizados para que puedan sumar 1.

Para determinar los cuatro (04) niveles, se utilizan los resultados del cálculo del valor de exposición, fragilidad y resiliencia y son utilizados para establecer los 4 rangos del nivel de vulnerabilidad (tabla 160). Dando como resultado el mapa de vulnerabilidad (figura 49).

Tabla 160

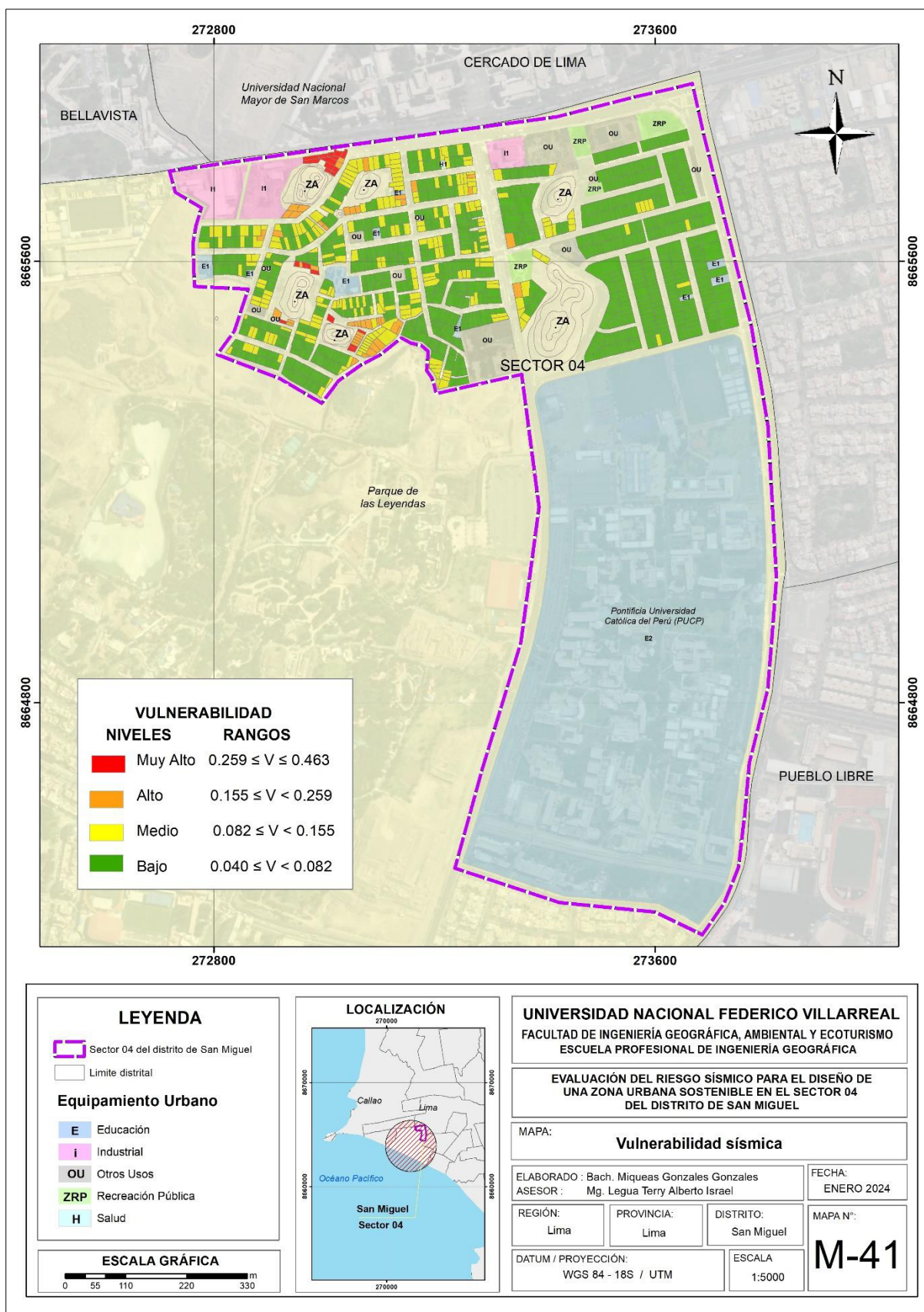
Niveles de vulnerabilidad sísmico

Nivel de vulnerabilidad	Rangos de la vulnerabilidad	Color
Muy Alto	$0.259 \leq V \leq 0.463$	
Alto	$0.155 \leq V < 0.259$	
Medio	$0.082 \leq V < 0.155$	
Bajo	$0.040 \leq V < 0.082$	

Nota. Vulnerabilidad (V)

Figura 49

Mapa de vulnerabilidad



Cada valor del nivel de vulnerabilidad (N_v) tiene una descripción que proviene de la relación de los descriptores de la capa de exposición (F_{Ex}), fragilidad (F_{Fr}) y resiliencia (F_{Re}) en el cual predominará características del elemento en evaluación manteniendo el orden de prioridad de los descriptores en forma descendente (tabla 161).

Tabla 161

Estratificación de los niveles de vulnerabilidad

Nivel	Descripción	Rango	Color
Muy alto	<p>Se caracteriza principalmente por presentar una muy alta exposición al peligro por la ocurrencia de un sismo, el cual es desencadenado por colisión de placas con una magnitud importante de 8.8 Mw.</p> <p>Tiene una mayor fragilidad, material predominante en paredes es madera y otro material; el material predominante en techo es otro material; el material predominante en pisos es tierra; la antigüedad de edificación es mayor de 30 años y menor de 50 años; el estado de conservación de edificación es muy mala; el tipo de discapacidad es mental; el tipo de acceso a abastecimiento de agua es camión cisterna u otro similar; el tipo de acceso a servicio de alumbrado es combustible, linterna o vela; el tipo de acceso a servicio de alcantarillado es pozo séptico y/o tanque séptico; el grupo etario que corresponde es de recién nacidos hasta los 5 años y mayores de 65 años; no presenta actividad económica; la ocupación laboral de jefe de hogar es trabajador desempleado; en disposición de residuos sólidos y líquidos desecha en patrimonios; la cobertura y uso actual del suelo es vivienda taller.</p> <p>Tiene una menor resiliencia, cumplimiento con norma de construcción el más del 70%; el tipo de diseño estructural de edificación es sistema de muros confinados y aporticados; en capacitación en gestión del riesgo de desastres se capacita con frecuencia; la actitud frente al riesgo es previsor; el tipo de seguro es privado; son beneficiario de programas sociales con juntos, pensión 65 u otros; el nivel educativo es superior universitario y posgrado; el ingreso familiar mensual promedio es mayor a S/. 4000; el régimen de tenencia de vivienda es alquilada o propia y/o pagándola a plazos; la cercanía a parques es mayor a 500 metros; tiene escaso conocimiento de la población en preservación y conservación.</p>	$0.259 \leq V \leq 0.463$	■
Alto	<p>Se caracteriza principalmente por presentar una alta exposición al peligro por la ocurrencia de un sismo, el cual es desencadenado por colisión de placas con una magnitud importante de 8.8 Mw.</p> <p>Presenta fragilidad, material predominante en paredes es madera; el material predominante en techo es plancha de calamina y estera; el material predominante en pisos es cemento; la antigüedad de edificación es mayor de 20 años y menor de 30 años; el estado de</p>	$0.155 \leq V < 0.259$	■

conservación de edificación es mala; el tipo de discapacidad es visual; el tipo de acceso a abastecimiento de agua es red pública compartido en la vivienda; el tipo de acceso a servicio de alumbrado es eléctrico compartido; el tipo de acceso a servicio de alcantarillado es red de desagüe fuera de la vivienda; el grupo etario que corresponde a 12, 13, 14 y 15 años y mayores de 50 años y menores de 60 años; el tipo de actividad económica es comercial; la ocupación laboral de jefe de hogar es estudiante y/o jubilado; en disposición de residuos sólidos y líquidos desecha en vías y calles; la cobertura y uso actual del suelo es comercial.

Presenta resiliencia, cumplimiento con norma de construcción mayor del 50% y menor del 70%; el tipo de diseño estructural de edificación es sistema de muros confinados y aporticados; en capacitación en gestión del riesgo de desastres se capacita con frecuencia; la actitud frente al riesgo es previsor; el tipo de seguro es privado; son beneficiario de programas sociales con juntos, pensión 65 u otros; el nivel educativo es superior no universitario; el ingreso familiar mensual promedio es mayor a S/. 2000 y menor a S/. 4000; el régimen de tenencia de vivienda es alquilada o propia y/o pagándola a plazos; la cercanía a parques es mayor a 250 metros y 500 metros; tiene escaso conocimiento de la población en preservación y conservación.

Se caracteriza principalmente por presentar una exposición media al peligro por la ocurrencia de un sismo, el cual es desencadenado por colisión de placas con una magnitud importante de 8.8 Mw.

Presenta fragilidad, material predominante en paredes es adobe o tapia; el material predominante en techo es madera y teja; el material predominante en pisos es madera; la antigüedad de edificación es mayor a 10 años y menor de 20 años; el estado de conservación de edificación es regular; el tipo de discapacidad que presenta es física; el tipo de acceso a abastecimiento de agua es red pública dentro de la vivienda; el tipo de acceso a servicio de alumbrado es eléctrico propio; el tipo de acceso a servicio de alcantarillado es red de desagüe dentro de la vivienda; el grupo etario que corresponde es mayores de 15 años y menores de 30 años; el tipo de actividad económica es de servicios; la ocupación laboral de jefe de hogar es trabajador dependiente; en disposición de residuos sólidos y líquidos desecha en botaderos; la cobertura y uso actual del suelo es residencial y comercial.

Medio

$$0.082 \leq V < 0.155$$



Presenta resiliencia, cumplimiento con norma de construcción mayor del 30% y menor del 50%; el tipo de diseño estructural de edificación es sistema estructural de madera; en capacitación en gestión del riesgo de desastres se capacita con regular frecuencia; la actitud frente al riesgo es parcialmente previsor; el tipo de seguro es ESSALUD, SIS, FFAA y/o PNP; son beneficiario de programas sociales con vaso de leche o comedor popular; el nivel educativo es secundaria; el ingreso familiar mensual promedio es mayor a S/. 1025 y menor a S/. 2000; el régimen de tenencia de vivienda es alquilada o propia y/o pagándola a plazos; la cercanía a parques es 100 mayor a 100 metros y menor a 250 metros; tiene escaso conocimiento de la población en preservación y conservación.

Bajo	<p>Tiene una menor fragilidad, material predominante en paredes es sillar, cemento, ladrillo y/o bloque de cemento; el material predominante en techo es concreto armado; el material predominante en pisos es loseta, terrazos y/o cerámicos; la antigüedad de edificación es menor de 10 años; el estado de conservación de edificación es buena; no presenta algún tipo de discapacidad; el tipo de acceso a abastecimiento de agua es red pública dentro de la vivienda; el tipo de acceso a servicio de alumbrado es eléctrico propio; el tipo de acceso a servicio de alcantarillado es red de desagüe dentro de la vivienda; el grupo etario que corresponde es mayores de 30 años y menor a 50 años; el tipo de actividad económica es extractiva y/o del estado; la ocupación laboral de jefe de hogar es independiente y/o empleador; en disposición de residuos sólidos y líquidos desecha en envases y en camión recolector; la cobertura y uso actual del suelo es residencial.</p> <p>Presenta una mayor resiliencia, cumplimiento con norma de construcción mayor del 20% y menor del 30%; el tipo de diseño estructural de edificación es sin sistema estructural; en capacitación en gestión del riesgo de desastres se capacita con regular frecuencia; la actitud frente al riesgo es parcialmente previsor; no tiene seguro; son beneficiario de programas sociales con vaso de leche o comedor popular; el nivel educativo es primaria; el ingreso familiar mensual promedio es mayor a S/. 500 y menor a S/. 1025; el régimen de tenencia de vivienda es propia o por invasión; la cercanía a parques es menor de 100 metros; tiene escaso conocimiento de la población en preservación y conservación.</p>	$0.040 \leq V < 0.082$ ■
------	---	--------------------------

Nota. Vulnerabilidad (V)

4.5. Cálculo de los niveles de riesgo sísmico

La capa de riesgo (RS_{ie}) es generada al relacionar la capa de peligro (P) con la de vulnerabilidad (V). Por lo tanto, un análisis integral de los niveles de riesgo implica considerar la probabilidad de ocurrencia de un terremoto (peligro), la exposición de la población y la infraestructura a los daños causados por el terremoto (vulnerabilidad), se obtiene de la siguiente fórmula:

$$RS_{ie} \Big|_t = \int ((PE * Susc)_i * (Ex * Fr/Re)_e \Big|_t$$

Fórmula adaptada de (CENEPRED, 2014), Donde: RS es Riesgo sísmico; PE es Valor del Parámetro de evaluación; S es Valor de Susceptibilidad; Ex es Exposición; Fr es Fragilidad; Re es Resiliencia; i es Peligro con la intensidad mayor o igual a i ; e es Vulnerabilidad en área delimitada; t es Periodo.

4.5.1. *Determinación de los valores del riesgo*

La determinación de los valores del riesgo es un proceso esencial dentro de la gestión y análisis del riesgo, ya que permite cuantificar y evaluar de manera precisa el nivel de peligro, exposición, vulnerabilidad y resiliencia de una zona determinada. En el contexto de fenómenos naturales como los sismos, esta etapa es crucial para tomar decisiones informadas y diseñar estrategias efectivas de mitigación y desarrollo urbano sostenible. Los niveles de riesgo (N_R) por sismo, se obtiene del producto del peligro (el producto del valor del parámetro de evaluación con Susceptibilidad) por la vulnerabilidad (el producto del valor de la exposición con fragilidad, dividido con el valor de resiliencia), se obtiene el valor del riesgo. Se muestran el cálculo del nivel de riesgo (tabla 162) y sus respectivos valores.

Tabla 162

Cálculo del riesgo

Val. Peligro	Val. Vulnerabilidad	Val. Riesgo
0.467	0.463	0.216
0.261	0.259	0.068
0.152	0.155	0.024
0.080	0.082	0.007
0.040	0.040	0.002

Nota. Proceso de Normalización de los pesos de los descriptores de la vulnerabilidad, debido a que se ha utilizado operadores de multiplicación y división, los pesos de los descriptores de la vulnerabilidad no suman, son normalizados para que puedan sumar 1.





4.5.2. *Determinación del nivel de riesgo*

La determinación del riesgo es un proceso esencial en la gestión de desastres y planificación urbana, especialmente en contextos de alta vulnerabilidad sísmica, como el sector 04 de la MDSM. Consiste en identificar, cuantificar y analizar el riesgo asociado a un fenómeno natural, combinando factores como peligro, exposición y vulnerabilidad. Para definir los niveles de esta capa, se utilizan los resultados del cálculo del valor de peligro (P) y

vulnerabilidad (V). Estos valores se aplican para establecer los 4 rangos del nivel de riesgo (tabla 163), lo que da lugar al mapa de Riesgo Sísmico (figura 50).

Tabla 163

Niveles de riesgo

Nivel del riesgo	Rangos del nivel de riesgo	Color
Muy Alto	$0.068 \leq R \leq 0.216$	
Alto	$0.024 \leq R < 0.068$	
Medio	$0.007 \leq R < 0.024$	
Bajo	$0.002 \leq R < 0.007$	





















Nota. Riesgo (R)

4.5.3. Matriz del riesgo

La matriz de riesgo es una herramienta fundamental en la gestión y evaluación de riesgos, ya que permite identificar, analizar y priorizar los riesgos asociados a un fenómeno natural, como los sismos, considerando su probabilidad de ocurrencia y su impacto. La matriz originada por sismo para el sector 04 de la Municipalidad Distrital de San Miguel, es la siguiente (tabla 164).

Tabla 164

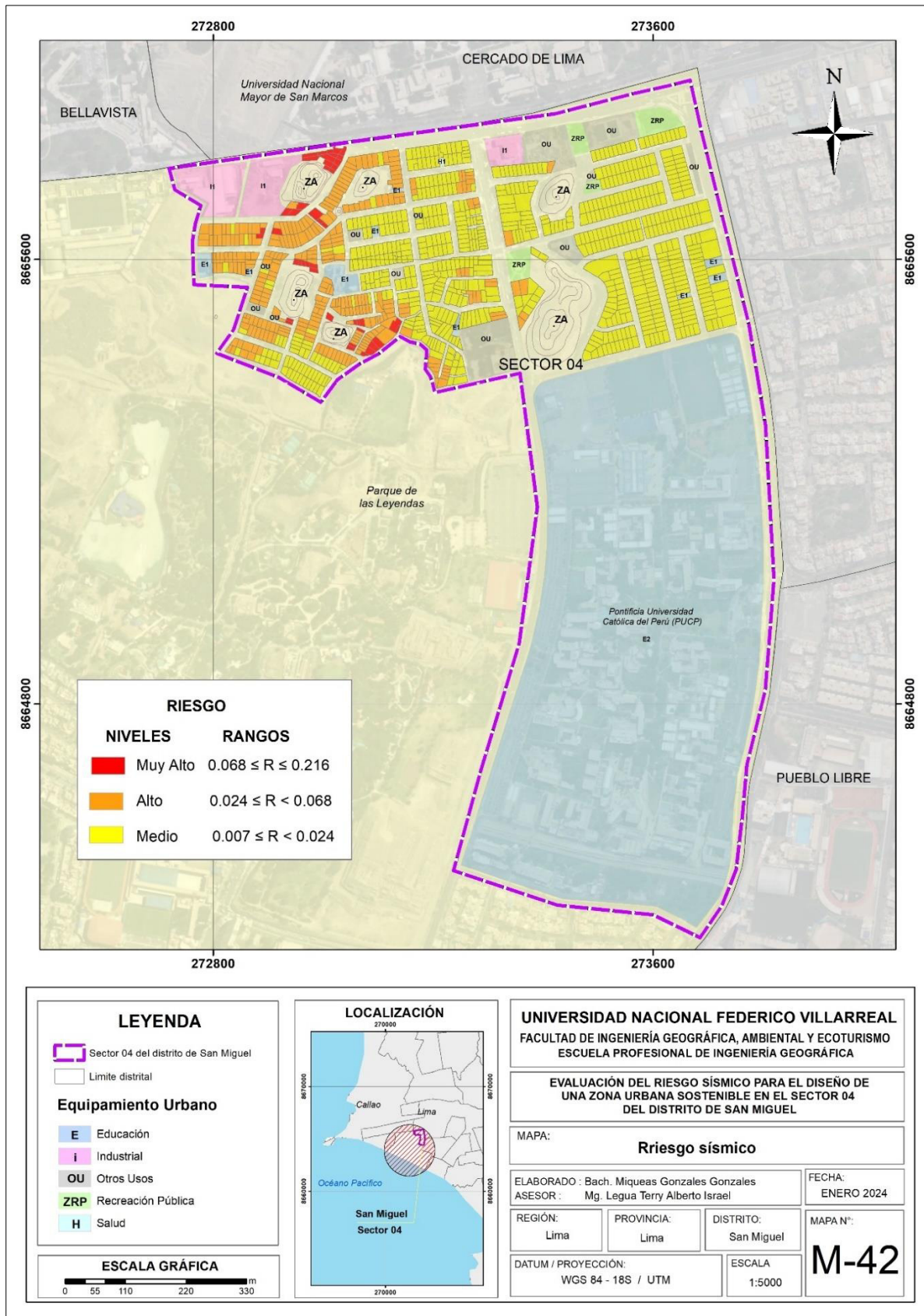
Matriz del riesgo

Peligro		Vulnerabilidad			
Nivel	Valor	VB 0.082	VM 0.155	VA 0.259	VMA 0.463
 PMA	0.467	 0.039	 0.073	 0.121	 0.216
 PA	0.261	 0.021	 0.041	 0.068	 0.121
 PM	0.152	 0.013	 0.024	 0.039	 0.070
 PB	0.080	 0.007	 0.012	 0.021	 0.037

Nota. PMA (Peligro muy alto); PA (peligro alto); PM (peligro medio); PB (peligro bajo) VB (vulnerabilidad baja); VM (vulnerabilidad media); VA (vulnerabilidad alta); VMA (vulnerabilidad muy alta)

Figura 50

Mapa de riesgo



4.5.4. Estratificación del riesgo

Cada nivel de riesgo se define en base a la relación entre el peligro y la vulnerabilidad, destacando las características del elemento evaluado y siguiendo un orden descendente de prioridad en los descriptores. (tabla 165).

Tabla 165

Estratificación de los niveles de riesgo

Nivel	Descripción	Rango	Color
Muy Alto	<p>El área presenta una muy alta susceptibilidad a ser afectado ante la ocurrencia de un sismo, el cual es desencadenado por colisión de placas con una magnitud importante de 8.8 Mw; con una intensidad de IX en la Escala de Mercalli Modificada; con valores máximos de velocidad del suelo (PGV) mayor de 50 cm/s y menor o igual a 70 cm/s; con valores máximos de aceleración (PGA) mayor de 500 cm/s² y menor o igual a 1100 cm/s²; con una distancia de 14 Km al epicentro; que tiene una distancia de 30 Km al hipocentro; predominan suelo excepcionales con depósitos de escombros y rellenos sobre depósitos de arena y grava; el área presenta pendiente escarpada mayores a 45° de inclinación; la unidad geológica es depósito aluviales (Q-al); la unidad geomorfológica es llanura o planicie aluvial (Pl-al); la unidad geológica depósito aluviales (Qp-al); y presenta un relieve accidentado.</p> <p>Se caracteriza principalmente por presentar una muy alta exposición al peligro. Tiene una mayor fragilidad, material predominante en paredes es madera y otro material; el material predominante en techo es otro material; el material predominante en pisos es tierra; la antigüedad de edificación es mayor de 30 años y menor de 50 años; el estado de conservación de edificación es muy mala; el tipo de discapacidad es mental; el tipo de acceso a abastecimiento de agua es camión cisterna u otro similar; el tipo de acceso a servicio de alumbrado es combustible, linterna o vela; el tipo de acceso a servicio de alcantarillado es pozo séptico y/o tanque séptico; el grupo etario que corresponde es de recién nacidos hasta los 5 años y mayores de 65 años; no presenta actividad económica; la ocupación laboral de jefe de hogar es trabajador desempleado; en disposición de residuos sólidos y líquidos desecha en patrimonios; la cobertura y uso actual del suelo es vivienda taller.</p> <p>Tiene una menor resiliencia, cumplimiento con norma de construcción el más del 70%; el tipo de diseño estructural de edificación es sistema de muros confinados y aperticados; en capacitación en gestión del riesgo de desastres se capacita con frecuencia; la actitud frente al riesgo es previsor; el tipo de seguro es privado; son beneficiario de programas sociales con juntos, pensión 65 u otros; el nivel educativo es superior universitario y posgrado; el ingreso familiar mensual promedio es mayor a S/. 4000; el régimen de tenencia de vivienda es alquilada o propia y/o pagándola a plazos; la cercanía a parques es mayor a 500 metros; tiene escaso conocimiento de la población en preservación y conservación.</p>	$0.068 \leq R \leq 0.216$	■

Alta	<p>El área presenta una alta susceptibilidad a ser afectado ante la ocurrencia de un sismo, el cual es desencadenado por colisión de placas con una magnitud importante de 8.8 Mw; con una intensidad de IX en la Escala de Mercalli Modificada; con valores máximos de velocidad del suelo (PGV) mayor de 50 cm/s y menor o igual a 70 cm/s; con valores máximos de aceleración (PGA) mayor de 500 cm/s² y menor o igual a 1100 cm/s²; con una distancia de 14 Km al epicentro; que tiene una distancia de 30 Km al hipocentro; predominan suelos intermedios con depósitos de arena o arcilla sobre grava; el área presenta pendiente fuerte mayor de 20° y menor o igual a 45° de inclinación la unidad geológica es depósito aluviales (Q-al); la unidad geomorfológica es llanura o planicie aluvial (Pl-al); y presenta un relieve plano.</p> <p>Se caracteriza principalmente por presentar una alta exposición al peligro. Presenta fragilidad, material predominante en paredes es madera; el material predominante en techo es plancha de calamina y estera; el material predominante en pisos es cemento; la antigüedad de edificación es mayor de 20 años y menor de 30 años; el estado de conservación de edificación es mala; el tipo de discapacidad es visual; el tipo de acceso a abastecimiento de agua es red pública compartido en la vivienda; el tipo de acceso a servicio de alumbrado es eléctrico compartido; el tipo de acceso a servicio de alcantarillado es red de desagüe fuera de la vivienda; el grupo etario que corresponde a 12, 13, 14 y 15 años y mayores de 50 años y menores de 60 años; el tipo de actividad económica es comercial; la ocupación laboral de jefe de hogar es estudiante y/o jubilado; en disposición de residuos sólidos y líquidos desecha en vías y calles. Presenta resiliencia, cumplimiento con norma de construcción mayor del 50% y menor del 70%; el tipo de diseño estructural de edificación es sistema de muros confinados y aperticados; en capacitación en gestión del riesgo de desastres se capacita con frecuencia; la actitud frente al riesgo es previsor; el tipo de seguro es privado; son beneficiario de programas sociales con juntos, pensión 65 u otros; el nivel educativo es superior no universitario; el ingreso familiar mensual promedio es mayor a S/. 2000 y menor a S/. 4000; el régimen de tenencia de vivienda es alquilada o propia y/o pagándola a plazos; la cercanía a parques es mayor a 250 metros y 500 metros; tiene escaso conocimiento en conservación.</p>	0.024 ≤ R < 0.068	■
Medio	<p>El área presenta un nivel media de susceptibilidad a ser afectado ante la ocurrencia de un sismo, el cual es desencadenado por colisión de placas con una magnitud importante de 8.8 Mw; con una intensidad de IX en la Escala de Mercalli Modificada; con valores máximos de velocidad del suelo (PGV) mayor de 30 cm/s y menor o igual a 50 cm/s; con valores máximos de aceleración (PGA) mayor de 500 cm/s² y menor o igual a 1100 cm/s²; con una distancia de 14 Km al epicentro; que tiene una distancia de 30 Km al hipocentro; predominan suelos rígidos con depósitos de grava y arena, limo y arcillas de consistencia rígida; el área presenta pendiente moderada mayor a 10° y menor o igual a 20° de inclinación; la unidad geológica es depósito aluviales (Q-al); la unidad geomorfológica es llanura o planicie aluvial (Pl-al); y presenta un relieve generalmente plano.</p> <p>Se caracteriza principalmente por presentar una exposición media al peligro. Presenta fragilidad, material predominante en paredes es adobe o tapia; el material predominante en techo es madera y teja; el material predominante en pisos es madera; la antigüedad de edificación es mayor a 10 años y menor de 20 años; el estado de conservación de edificación es regular; el tipo de discapacidad que presenta es física; el tipo de acceso a abastecimiento de agua es red</p>	0.007 ≤ R < 0.024	■

pública dentro de la vivienda; el tipo de acceso a servicio de alumbrado es eléctrico propio; el tipo de acceso a servicio de alcantarillado es red de desagüe dentro de la vivienda; el grupo etario que corresponde es mayores de 15 años y menores de 30 años; el tipo de actividad económica es de servicios; la ocupación laboral de jefe de hogar es trabajador dependiente.

Presenta resiliencia, cumplimiento con norma de construcción mayor del 30% y menor del 50%; el tipo de diseño estructural de edificación es sistema estructural de madera; en capacitación en gestión del riesgo de desastres se capacita con regular frecuencia; la actitud frente al riesgo es parcialmente previsor; el tipo de seguro es ESSALUD, SIS, FFAA y/o PNP; son beneficiario de programas sociales con vaso de leche o comedor popular; el nivel educativo es secundaria; el ingreso familiar mensual promedio es mayor a S/. 1025 y menor a S/. 2000; el régimen de tenencia de vivienda es alquilada o propia; la cercanía a parques es 100 mayor a 100 metros y menor a 250 metros; tiene escaso conocimiento en conservación.

El área presenta un nivel media de susceptibilidad a ser afectado ante la ocurrencia de un sismo, el cual es desencadenado por colisión de placas con una magnitud importante de 8.8 Mw; con una intensidad de IX en la Escala de Mercalli Modificada; con valores máximos de velocidad del suelo (PGV) mayor de 30 cm/s y menor o igual a 50 cm/s; con valores máximos de aceleración (PGA) mayor de 500 cm/s² y menor o igual a 1100 cm/s²; con una distancia de 14 Km al epicentro; que tiene una distancia de 30 Km al hipocentro; predominan suelos rígidos con depósitos de grava y arena, limo y arcillas de consistencia rígida; el área presenta pendiente moderada mayor a 10° y menor o igual a 20° de inclinación; la unidad geológica es depósito aluviales (Q-al); la unidad geomorfológica es llanura o planicie aluvial (Pl-al); y presenta un relieve generalmente plano.

Se caracteriza principalmente por presentar una exposición media al peligro. Tiene una menor fragilidad, material predominante en paredes es sillar, cemento, ladrillo y/o bloque de cemento; el material predominante en techo es concreto armado; el material predominante en pisos es loseta, terrazos y/o cerámicos; la antigüedad de edificación es menor de 10 años; el estado de conservación de edificación es buena; no presenta algún tipo de discapacidad; el tipo de acceso a abastecimiento de agua es red pública dentro de la vivienda; el tipo de acceso a servicio de alumbrado es eléctrico propio; el tipo de acceso a servicio de alcantarillado es red de desagüe dentro de la vivienda; el grupo etario que corresponde es mayores de 30 años y menor a 50 años; el tipo de actividad económica es extractiva y/o del estado; la ocupación laboral de jefe de hogar es independiente y/o empleador; en disposición de residuos sólidos y líquidos desecha en envases y en camión recolector; la cobertura y uso actual del suelo es residencial. Presenta una mayor resiliencia, cumplimiento con norma de construcción mayor del 20% y menor del 30%; el tipo de diseño estructural de edificación es sin sistema estructural; en capacitación en gestión del riesgo de desastres se capacita con regular frecuencia; la actitud frente al riesgo es parcialmente previsor; no tiene seguro; son beneficiario de programas sociales con vaso de leche o comedor popular; el nivel educativo es primaria; el ingreso familiar mensual promedio es mayor a S/. 500 y menor a S/. 1025; el régimen de tenencia de vivienda es propia o por invasión; la cercanía a parques es menor de 100 metros; tiene escaso conocimiento en conservación.

Bajo

$0.002 \leq R < 0.007$



4.6. Control del riesgo

Es una herramienta para categorizar y definir el nivel de riesgo (NR), daño estructural y daño físico causado por la ocurrencia de un riesgo específico, con el fin de proponer medidas de control.

4.6.1. Evaluación de las medidas

Las tablas describen el impacto, la frecuencia del fenómeno natural, las medidas de consecuencia y daño, la aceptabilidad del riesgo y las matrices para controlar el riesgo.

4.6.1.1. Valoración de consecuencias. De la tabla 166, obtenemos que las consecuencias de un evento de sismo con magnitud importante son catastróficas, tiene un valor 4 que corresponde a un nivel alto.

Tabla 166

Valoración de las consecuencias

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas
3	Alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo.
2	Medio	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son gestionadas con los recursos disponibles
1	Baja	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad

Nota. Adaptada de CENEPRED, (2014).

4.6.1.2. Valoración de frecuencia de ocurrencia. De acuerdo con la tabla 167, los eventos sísmicos, dadas las circunstancias, pueden ocurrir en intervalos de tiempo relativamente largos, lo que indica un nivel 3 – alto.





















Tabla 167*Valoración de las consecuencias*

Valor	Probabilidad	Descripción
4	Muy alta	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias
3	Alta	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias
2	Medio	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias
1	Baja	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales

Nota. Adaptada de CENEPRED, (2014).

4.6.1.3. Matriz de consecuencia y daño. Según la tabla 168, se determina que el evento de consecuencia y daño es de nivel Muy Alto.

Tabla 168*Matriz de consecuencia y daño*

Consecuencias		Vulnerabilidad			
Nivel	Valor	Baja 1	Media 2	Alta 3	Muy Alta 4
 Muy alta	4	 Alta	 Muy alta	 Muy alta	 Muy alta
 Alta	3	 Alta	 Alta	 Alta	 Muy alta
 Media	2	 Media	 Media	 Alta	 Alta
 Baja	1	 Baja	 Media	 Media	 Alta

Nota. Adaptada de CENEPRED, (2014).

4.6.1.4. Medidas cualitativas de consecuencias y daños. De la tabla 169 se concluye que las medidas cualitativas y de mitigación de daños estarán dirigidas al nivel 4 (Muy alto), con el objetivo de reducir las muertes, así como las grandes pérdidas de bienes y financieras.

Tabla 169*Medidas cualitativas de consecuencias y daño*

Valor	Descriptor	Descripción
4	Muy alta	Muerte de personas, enormes pérdidas de bienes y financieros
3	Alta	Lesiones grandes en las personas, pérdidas de la capacidad de producción, pérdidas de bienes, y financieros importantes.
2	Medio	Requiere tratamiento médico, pérdida de capacidad de producción, pérdida de bienes, y gastos financieros altos.
1	Baja	tratamiento de primeros auxilios, pérdida de capacidad de producción, pérdida de bienes, y financieros altos.

Nota. Adaptada de CENEPRED, (2014).

4.6.1.5. Aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo. De la tabla 170 se deduce que la tolerancia y/o aceptabilidad del riesgo de un sismo en el sector 04 de la MDSM es de nivel 4 (inadmisible), como se muestra en la matriz de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo (tabla 171).

Tabla 170

Medidas cualitativas de consecuencias y daño

Valor	Descriptor	Descripción
4	Inadmisible	Se debe aplicar inmediatamente medidas de control físico y de ser posible transferir inmediatamente los riesgos
3	Inaceptable	Se debe desarrollar actividades inmediatas y prioritarias para el manejo de riesgo
2	Tolerante	Se debe desarrollar actividades para el manejo de riesgo
1	Aceptable	El riesgo no presenta un peligro significativo

Nota. Adaptada de CENEPRED, (2014).

Tabla 171

Matriz de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo

Descriptor del riesgo			
■ Riesgo inaceptable	■ Riesgo inaceptable	■ Riesgo inadmisibile	■ Riesgo inadmisibile
■ Riesgo tolerante	■ Riesgo inaceptable	■ Riesgo inaceptable	■ Riesgo inadmisibile
■ Riesgo tolerante	■ Riesgo tolerante	■ Riesgo inaceptable	■ Riesgo inaceptable
■ Riesgo aceptable	■ Riesgo tolerante	■ Riesgo tolerante	■ Riesgo inaceptable

Nota. Adaptada de CENEPRED, (2014).

De la tabla 172, se concluye que el nivel I es fundamental para priorizar las actividades, acciones y proyectos de reducción del riesgo de desastres en el sector 04 del DSM. Se determina que el nivel de riesgo en el área de estudio es inaceptable, lo que indica la necesidad de desarrollar acciones prioritarias para gestionar los riesgos, especialmente considerando los posibles daños.

Tabla 172*Prioridad de intervención*

Valor	Descriptor	Nivel de priorización
4	Inadmisible	I
3	Inaceptable	II
2	Tolerante	III
1	Aceptable	IV

Nota. Adaptada de CENEPRED, (2014).

La evaluación de riesgos (Eval_R), por sí sola, no hace nada para reducir el riesgo o mejorar la seguridad. Sólo puede cambiar los resultados informando el diseño y la gestión de intervenciones eficaces de control de riesgos. Pero la práctica actual en la gestión de los riesgos sanitarios adolece de una falta casi total de apoyo al control de riesgos. Esta primera parte de una serie de dos describe un nuevo marco para controlar riesgos.

La cartografía de la zonificación del peligro sísmico (P_s) y vulnerabilidad (V_s) es importante para la prevención y sostenibilidad urbana. Para lo cual se debería emplear para reducir la fragilidad (Fr) y aumentar la resiliencia (Re), se debe trabajar en: Cumplimiento de norma técnica de construcción; Integración tecnológica Conocimiento; Integración social; capacitación en Gestión del Riesgo de Desastres; Subsistencia y actitud frente al riesgo; y Capacidad de adaptarse.

La sostenibilidad urbana busca equilibrar cuatro dimensiones: Físico, social, económico y ambiental. Esto mejora el bienestar y las condiciones de habitabilidad relacionados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Se han utilizado mapas de peligro (PS), vulnerabilidad (VS) y riesgo (RS) por sismos para identificar zonas intangibles invadidas por viviendas tugurizadas con espacios reducidos.

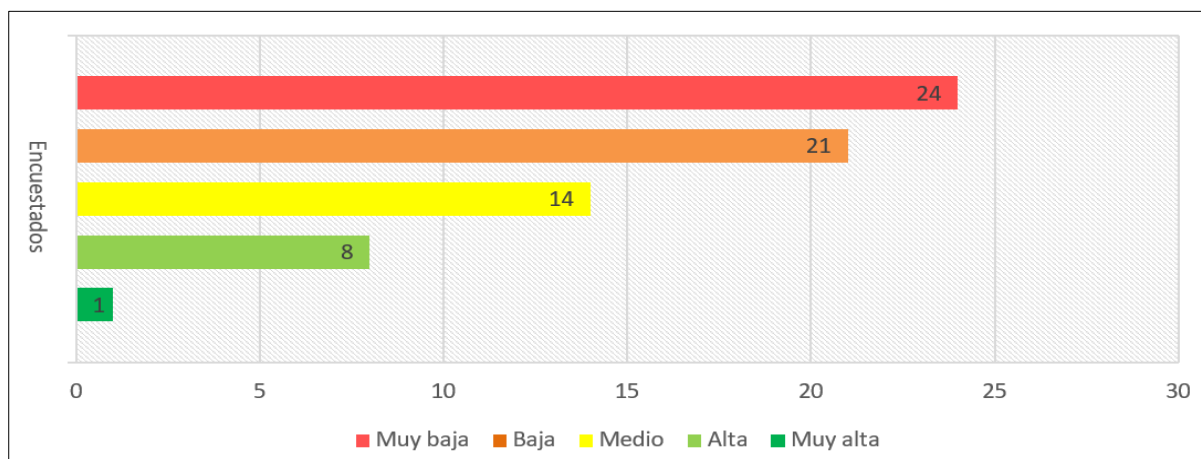
4.7. Diseño de zona urbana sostenible

La zonificación del peligro sísmico (PS) y vulnerabilidad (VS) es importante para mitigar los efectos de los terremotos en el sector 04 de la MDSM. Se busca convertir el área de estudio en un sector inteligente, centrándose en planificación urbana, la arquitectura, transporte, seguridad, atención médica, educación, gestión de la comunicación y gobierno digital, aumentando la resiliencia y disminuyendo la fragilidad. La sostenibilidad urbana se considera parte del desarrollo, equilibrando factores físicos, económicos, sociales y ambientales. Por lo tanto, se evalúa los resultados de la encuesta realizada en 68 predios.

a. Dimensión física. Se consideró la conectividad e infraestructura del aspecto arquitectónico y funcionalidad de espacios públicos. La figura 51 muestra respuestas al interrogante en torno al factor físico. El 35.29% considera que el sector 04 tiene un nivel muy baja con mayor fragilidad y menor resiliencia. Por otro lado, el 30.88% considera un nivel baja con fragilidad y menor resiliencia. El 20.59% considera un nivel medio con resiliencia y con fragilidad. El 11.76% considera un nivel alto con resiliencia y menor fragilidad. Finalmente, el 1.47% considera un nivel muy alto con mayor resiliencia y menor fragilidad.

Figura 51

Conectividad, infraestructura y funcionalidad de espacios públicos

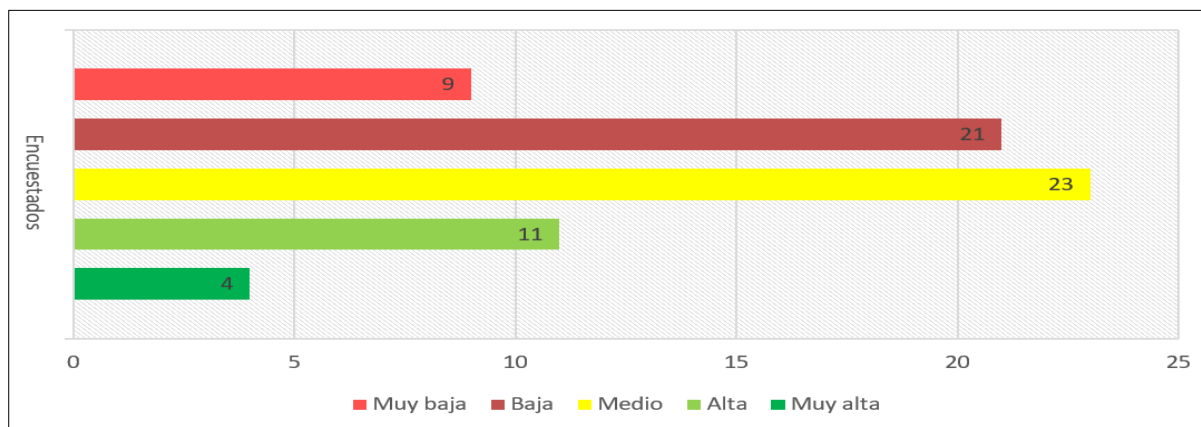


Nota. Elaboración propia.

b. Dimensión social. Se consideró la seguridad, protección del patrimonio cultural, gobernanza, salud y bienestar social. La figura 52 muestra respuestas al interrogante en torno al factor social. El 13.24% considera que el sector 04 tiene un nivel muy baja con mayor fragilidad y menor resiliencia. Por otro lado, el 30.88% considera un nivel baja con fragilidad y menor resiliencia. El 33.82% considera un nivel medio con resiliencia y con fragilidad. El 16.18% considera un nivel alto con resiliencia y menor fragilidad. Finalmente, el 1.47% considera un nivel muy alto con mayor resiliencia y menor fragilidad.

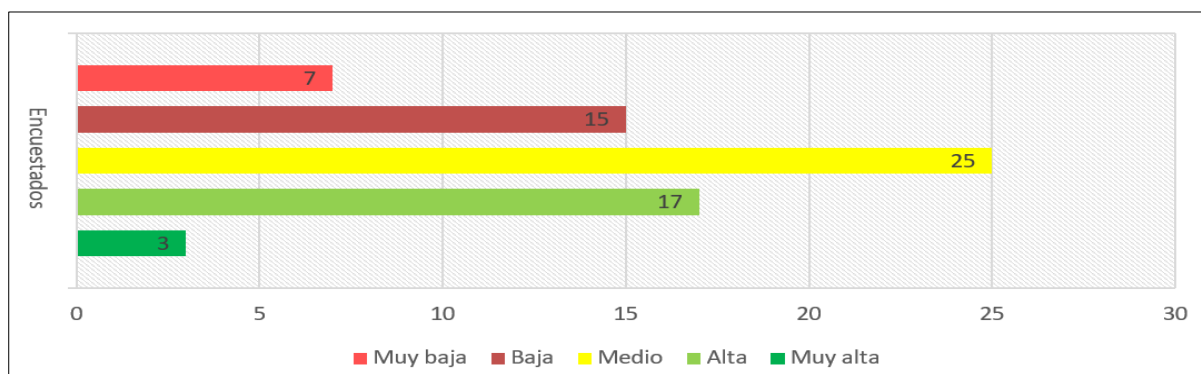
Figura 52

Protección del patrimonio cultural, seguridad y bienestar social

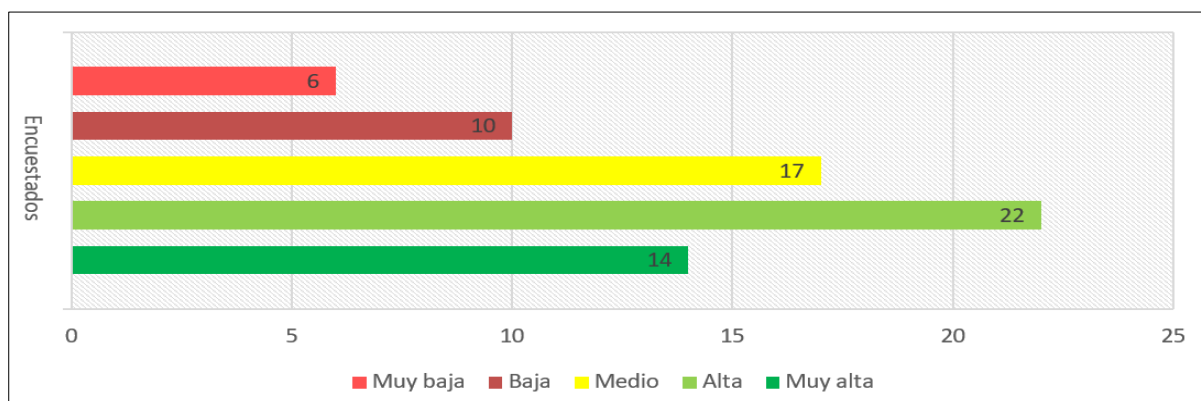


Nota. Elaboración propia.

c. Dimensión económica. En esta dimensión se consideró transporte accesible, desarrollo alternativo, competitividad, conectividad y empleo local resiliente. La figura 53 muestra respuestas al interrogante en torno al factor económico. El 10.29% considera que el sector 04 tiene un nivel muy baja con mayor fragilidad y menor resiliencia. Por otro lado, el 22.06% considera un nivel baja con fragilidad y menor resiliencia. El 36.76% considera un nivel medio con resiliencia y con fragilidad. El 25.00% considera un nivel alto con resiliencia y menor fragilidad. Finalmente tenemos, el 4.41% considera un nivel muy alto con mayor resiliencia y menor fragilidad.

Figura 53*Transporte accesible, conectividad y empleo local**Nota.* Elaboración propia.

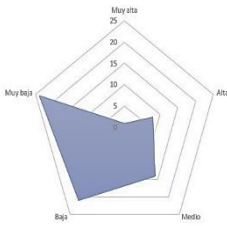
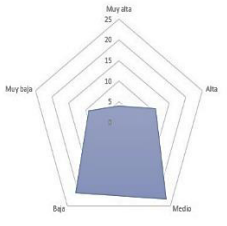
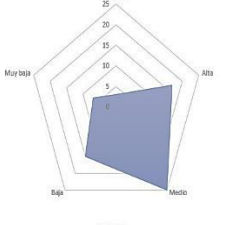
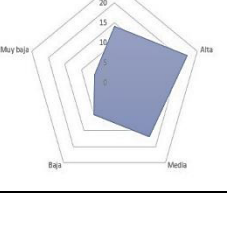
d. Dimensión ambiental. Se consideró conocimiento en preservación, conservación, disposición de residuos y cultura ambiental. La figura 54 muestra respuestas al interrogante en torno al factor ambiental. El 08.82% considera que el sector 04 tiene un nivel muy baja con mayor fragilidad y menor resiliencia. Por otro lado, el 14.06% considera un nivel baja con fragilidad y menor resiliencia. El 25.00% considera un nivel medio con resiliencia y con fragilidad. El 32.35% considera un nivel alto con resiliencia y menor fragilidad. Finalmente, el 20.59% considera un nivel muy alto con mayor resiliencia y menor fragilidad.

Figura 54*Preservación, conservación ambiental y disposición de residuos**Nota.* Elaboración propia.

Al implementar la propuesta didáctica de desarrollo, las autoridades de la municipalidad de San Miguel podrán avanzar hacia un futuro más sostenible y resiliente. Esta propuesta ofrece un marco integral para evaluar ciudades a través de indicadores, siendo adaptable y aplicable en otros sectores de la MDSM. Las estrategias de sostenibilidad urbana involucran la identificación del problema, el desarrollo de una visión y el diseño de un sector inteligente basado en datos para el urbanismo sostenible, lo que resultó útil para integrar las dimensiones en la propuesta didáctica para el sector 04 de la MDSM (tabla 173).

Tabla 173

Criterios para el diseño y propuesta didáctica

Dimensión	Índice esperado	Criterios para la distribución espacial	Resultados
Físico (DF)		Asegurar la equidad espacial del suelo urbano. El desarrollo alternativo y la movilidad sostenible. Mejorar el aspecto arquitectónico y el patrimonio cultural Promover la calidad y funcionalidad de espacios públicos.	(>) resiliencia DF (<) Fragilidad DF
Social (DS)		Asegurar la sostenibilidad social y la equidad. Proteger y promover la salud y bienestar social. Mejorar la educación inclusiva y formación. Promover oportunidades de cultura y ocio.	(>) Fragilidad DS (<) Fragilidad DS
Económico (DE)		Estimular el crecimiento verde y la economía circular. Promover la innovación y las ciudades inteligentes. Garantizar la conectividad y el empleo local de resiliente Fomentar la cooperación y las organizaciones innovadoras	(>) resiliencia DE (<) Fragilidad DE
Ambiental (DA)		Proteger y restaurar la biodiversidad y los ecosistemas. Reducir la contaminación. Adaptarse al cambio climático con prevenciones. Administrar los recursos evitando el desperdicio.	(>) Fragilidad DA (<) Fragilidad DA

Nota. Los criterios de sostenibilidad aplicados para la propuesta de distribución espacial para la prevención y sostenibilidad urbana.

La fragilidad se refiere a la debilidad o vulnerabilidad dentro del área de estudio. En el contexto del desarrollo, la fragilidad indica la falta de capacidad o voluntad de las autoridades para cumplir con sus funciones básicas y obligaciones hacia los ciudadanos en el sector 04 de la MDSM. Las características comunes de los estados frágiles incluyen:

- Ausencia de control efectivo sobre el territorio y los patrimonios culturales
- Deterioro de los servicios públicos e infraestructura
- Inseguridad, violencia y desigualdades en comparación con otros sectores.
- Economías débiles, pobreza, desempleo y dependencia de la ayuda externa.

La fragilidad suele ser un proceso cíclico en el que estos factores se refuerzan entre sí. Por ejemplo, las viviendas tugurizadas que se posicionaron alrededor y en zona de patrimonios culturales la pobreza puede agravar las tensiones sociales. La fragilidad describe un estado de debilidad sistémica, disfunción institucional y vulnerabilidad. Representa un grave riesgo para el desarrollo humano sostenible. Por ello, abordar las causas de la fragilidad es muy importante para avanzar en los objetivos de desarrollo (ODS).

La resiliencia es la capacidad del sector 04 del distrito de San Miguel para anticipar, resistir, adaptarse y recuperarse frente a un desequilibrio. En términos generales, la resiliencia abarca:

- Preparación, en tomar medidas preventivas para minimizar el impacto que pueda tener un disturbio. Por ejemplo, estrategias de reducción de riesgo.
- Absorción, en tener la capacidad y flexibilidad para soportar un sismo de gran magnitud sin sufrir consecuencias catastróficas cuando éste ocurra.
- Recuperación, en retornar al equilibrio previo luego de que ocurra un evento de sismo, mediante estrategias de rehabilitación y reconstrucción.
- Adaptación, en ajustarse a los cambios producidos por un terremoto, modificando comportamientos y estrategias de forma adecuada, fortaleciendo la preparación.

La resiliencia comprende frente a un disturbio como la capacidad de aprender y adaptarse de los cambios resultantes. Implica equilibrio, flexibilidad y consideración a largo plazo para hacer que los individuos, comunidades, economías e infraestructuras sean duraderas y sostenibles. Un sistema con alta resiliencia puede responder de manera proactiva y eficiente ante disturbios, lo que demuestra su capacidad de recuperación continua.

Una Zona Urbana Sostenible es un área de la ciudad planificada y desarrollada aplicando principios de sostenibilidad ambiental, económica y social. Se caracteriza por una movilidad eficiente con énfasis en transporte público y no motorizado, un ambiente construido energéticamente eficiente, una economía circular que prioriza reducir-reutilizar-reciclar, espacios públicos de alta calidad, y participación ciudadana. Esto implica fomentar la densidad con uso mixto del suelo, crear comunidades resilientes integradas socialmente, reducir la huella ecológica de los residentes y negocios, e impulsar una economía local vibrante. Una buena planificación urbanística que promueva la accesibilidad, habitabilidad y eficiencia de recursos es clave para una zona urbana exitosamente sostenible.

Una Zona Urbana Sostenible aplica un enfoque integral para crear un área vibrante y habitable que cumpla las necesidades sin cargar la capacidad de las generaciones venideras que vivirán en la zona de tener sus propias necesidades cubiertas. El impacto de diseñar una zona urbana sostenible es múltiple:

- Impacto social, mejora la condición de habitabilidad al proporcionar viviendas adecuadas, servicios básicos de educación, salud y seguridad, áreas verdes y recreativas, y fomentar la inclusión.
- Impacto económico, fomenta el crecimiento económico y el empleo a través de un modelo productivo eficiente, innovador y que aprovecha los recursos locales de manera sostenible.

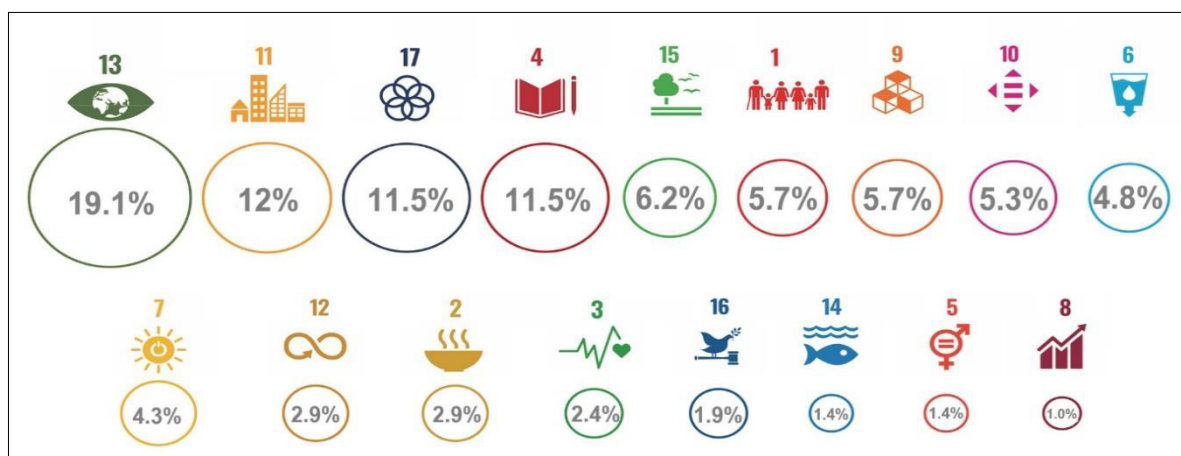
- Impacto ambiental, reduce significativamente la contaminación, el uso de recursos no renovables, las emisiones de CO2 y la huella ecológica en general. Protege la biodiversidad y los ecosistemas naturales.
- Impacto físico, al incorporar medidas de prevención y mitigación de eventos como sismos. También, al utilizar los recursos de manera sostenible, se preserva el planeta y su habitabilidad para las generaciones futuras.

Una zona urbana sostenible tiene un efecto positivo integral en lo social, económico, ambiental y físico cumpliendo con la visión del desarrollo sostenible. Aquí hay algunas ideas clave para desarrollar una zona urbana sostenible (figura 55):

- Movilidad Sostenible, en promover el transporte, una red integrada y accesible.
- Energía y Edificios, en edificios eficientes con energías renovables.
- Planificación Urbana, con espacios públicos de alta calidad y zonas verdes accesibles.
- Economía Circular, con sistemas de gestión con énfasis en reducir, reutilizar y reciclar.
- Participación Ciudadana, en promover estilos de vida sostenibles entre los residentes.

Figura 55

Objetivos de desarrollo sostenible



Nota. Elaboración propia

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son 17 metas globales adoptadas por los miembros de la ONU en 2015 como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Estos objetivos abordan una amplia variedad de desafíos globales, como la erradicación de la pobreza, la promoción de la igualdad de género, la acción contra el cambio climático y la protección del medio ambiente. Los ODS constituyen un compromiso colectivo para enfrentar los problemas sociales, económicos y ambientales más urgentes del mundo, con el fin de construir un futuro más justo, equitativo y sostenible para todas las personas y el planeta. La relación entre los ODS y los peligros naturales es significativa, y algunos aspectos clave de esta relación incluyen

- Reducción del riesgo de desastres, el ODS 13 se centra específicamente en la adopción de medidas para enfrentar el cambio climático y sus efectos. Además, otras metas están dirigidas a mejorar la resiliencia y la capacidad de adaptación a estos fenómenos.
- Impactos sobre otros ODS, los fenómenos naturales pueden revertir los avances alcanzados en varios ODS, como reducción de pobreza, hambre cero, salud y bienestar, entre otros.
- Grupos vulnerables, los efectos adversos suelen impactar con mayor fuerza a grupos vulnerables como mujeres, niños, discapacitados y ancianos.
- Enfoque sistémico, los ODS promueven un enfoque integrado entre las dimensiones económica, social y ambiental. Esto es clave también en la GRD.
- Alianzas intersectoriales e internacionales, se requieren alianzas sólidas entre gobiernos, sector privado y sociedad civil para una efectiva preparación y respuesta ante fenómenos naturales. El ODS 17 se enfoca en facilitar estas alianzas.

Los ODS proporcionan un marco completo para enfrentar los desafíos que presentan los fenómenos naturales, tanto en términos de reducción de riesgos como de respuesta a sus impactos sobre el desarrollo sostenible.

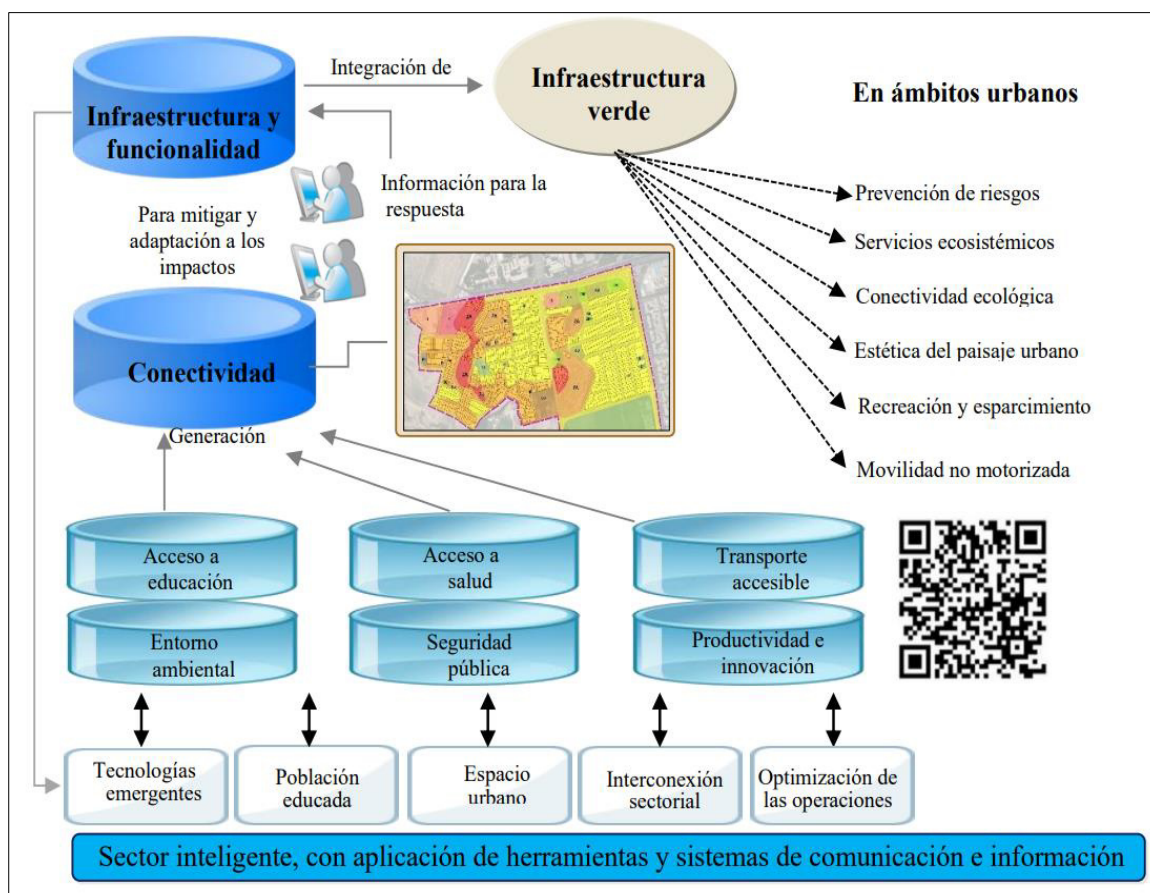
La problemática actual requiere respuestas para el diseño de sectores sostenibles y la planificación. Esto reta a las técnicas de simulación y optimización tradicionales por la complejidad de la sostenibilidad urbana. La propuesta didáctica del sector inteligente permitirá el monitoreo, análisis y planificación de infraestructuras y sistemas para mejorar su desempeño.

4.7.1. *Conectividad, infraestructura y funcionalidad de espacios públicos*

Sistema de monitoreo integral para la protección y seguridad del patrimonio cultural, inmuebles, transporte y espacio públicos (figura 56). Introducir la última tecnología para identificar con precisión la situación del sitio y de inmediato difundir información para construir un sistema de alarma.

Figura 56

Diseño para la dimensión física



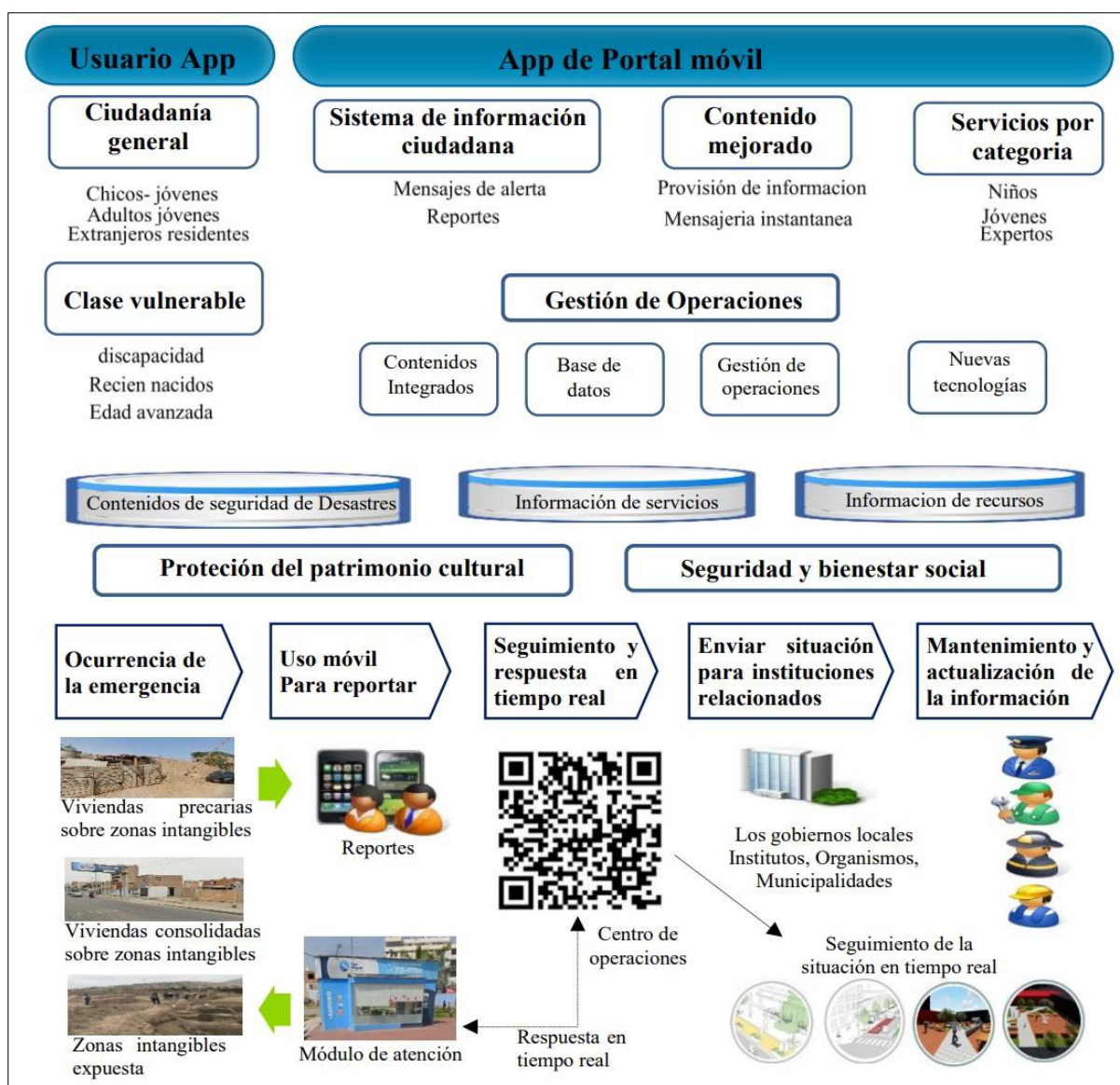
Nota. Elaboración propia.

4.7.2. Protección del patrimonio cultural, seguridad y bienestar social

Sistema de respuesta ante emergencias y eventos de sismo para la protección del patrimonio cultural, seguridad en inmuebles y calles para el bienestar social (Figura 57). Introduce tecnología para identificar con precisión la situación del sitio y de inmediato difundir información. Vía de comunicación mediante aplicación móvil y portal de seguridad para fortalecer la seguridad en el sector 04 del Distrito Municipal de San Miguel.

Figura 57

Diseño para la dimensión social



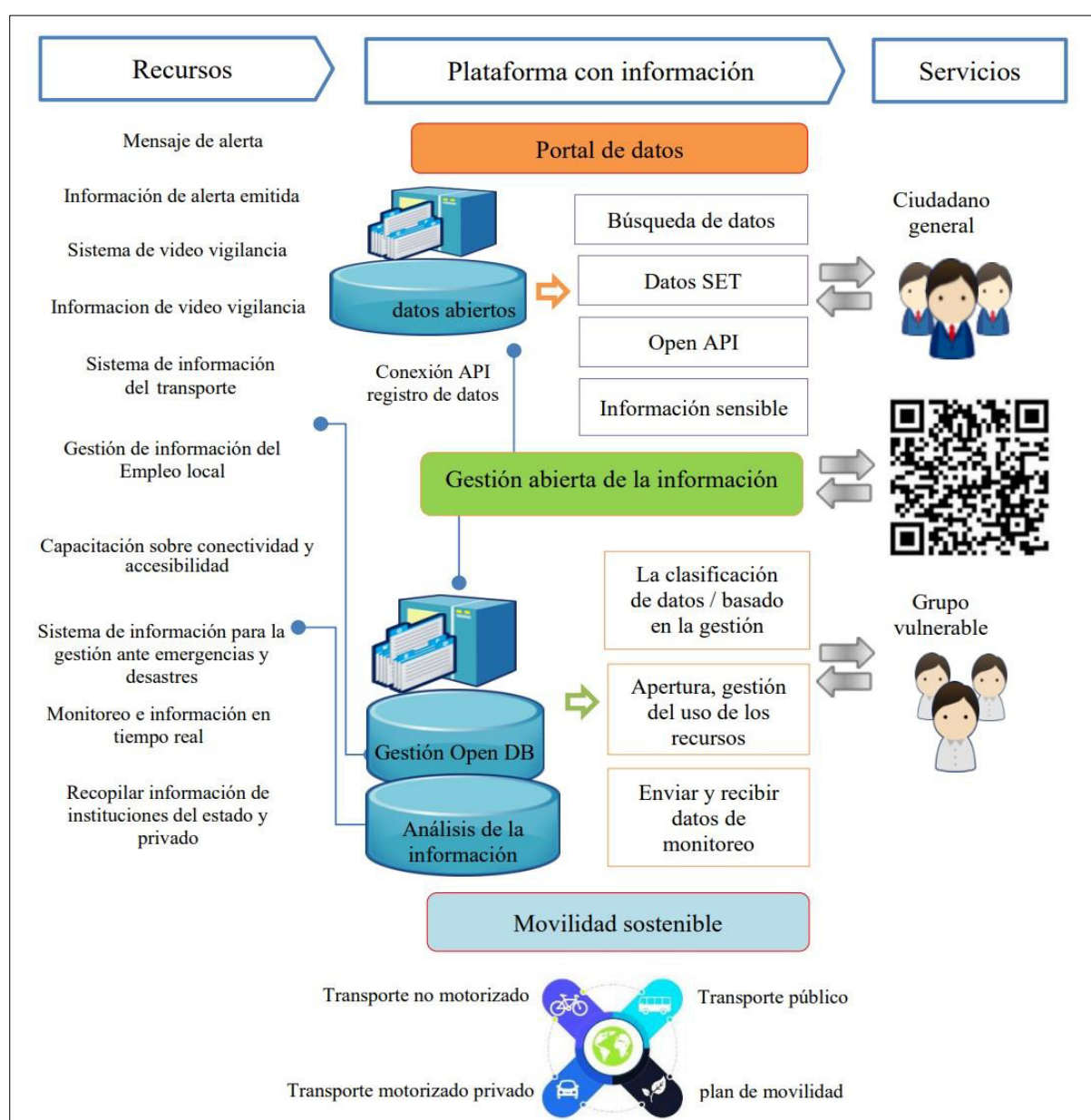
Nota. Elaboración propia.

4.7.3. Transporte accesible, conectividad y empleo local

Plataforma de seguridad sectorial para el control y fiscalización para un transporte accesible, desarrollo alternativo, competitividad, conectividad y empleo local resiliente (Figura 58). Asegurar la comodidad en el manejo de la información de emergencia para seguridad en el sector 04 del Distrito Municipal de San Miguel.

Figura 58

Diseño para la dimensión económica



Nota. Elaboración propia.

4.7.4. Preservación, conservación ambiental y disposición de residuos

Sistema de prevención y fortalecimiento de capacidades en preservación, conservación ambiental y disposición de residuos (Figura 59). Monitorea y pronostica las situaciones para analizarlas en el momento, para determinar y tomar una acción para concientizar en tiempo real. La protección del entorno ambiental y la zona urbana de los impactos ambientales. La construcción de una base municipal ecoturística aumentará la resiliencia y disminuirá la fragilidad en la dimensión ambiental.

Figura 59

Diseño para la dimensión ambiental



Nota. Elaboración propia.

Una propuesta didáctica se diseña para la prevención de desastres y sostenibilidad urbana, apoyando la toma de decisiones para prepararse y responder a un sismo importante según el mapa de riesgo sísmico. Además, de una herramienta interoperable que permite a la población del sector 04 acceder a la información tecnológica que se basa en datos del peligro, la vulnerabilidad y la zonificación. Los productos están disponibles en un sitio web, se podrá acceder escaneando el código QR (56).

La propuesta didáctica es un recurso para las autoridades y población del sector 04 de San Miguel. Busca mejorar la atención y salvar vidas en emergencias en tiempo real. El desafío principal es administrar la innovación tecnológica. La propuesta didáctica para el diseño de una zona urbana sostenible con infraestructura urbana interconectada (Figura 60).

a. Introducción a la sostenibilidad urbana, en explicar conceptos clave como desarrollo sostenible, huella ecológica, resiliencia. Y analizar problemáticas urbanas: gestión de residuos, movilidad, espacios verdes, etc.

b. Diseño participativo, consiste en organizar a los estudiantes en grupos para el diseño colaborativo de un barrio sostenible y cada grupo investiga y propone soluciones para un área: energía, agua, movilidad, etc.

c. Soluciones sostenibles, en introducir tecnologías y diseños sostenibles: energías renovables, transporte público, edificios ecoeficientes, huertos urbanos, gestión de residuos, etc. Y los grupos incorporan estas soluciones a su diseño.

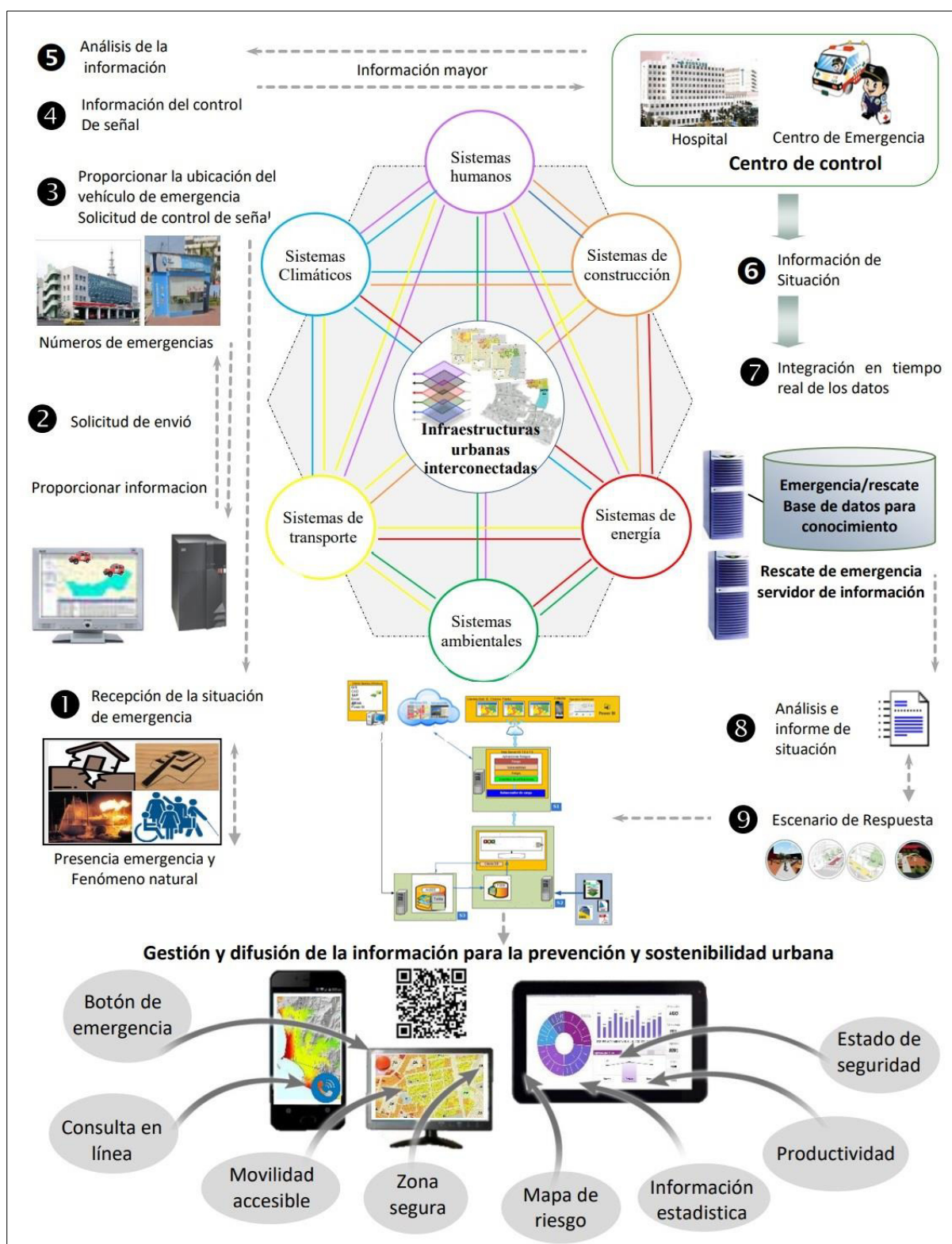
d. Presentación de propuestas, cada grupo presenta su propuesta de barrio sostenible, y se realiza una puesta en común para conformar un diseño integral.

e. Evaluación, en evaluar las propuestas en base a criterios de sostenibilidad y reflexionar sobre viabilidad, costos, beneficios, etc.

f. Acción, en discutir cómo llevar estas ideas a la práctica y promover proyectos reales de sostenibilidad en la comunidad.

Figura 60

Diseño de Zona Urbana Sostenible



Nota. Propuesta didáctica aplicando Tecnologías de la Información Geográfica, elaboración propia.

El diseño resume las arquitecturas básicas, componentes y tecnologías de programación de aplicaciones web y aplicaciones SIG. Por lo tanto, proporciona una amplia visión de cómo la estimación del riesgo no solo influye en la prevención de desastres, sino también influye en sistemas de construcción, sistemas humanos, sistemas climáticos, sistemas de transporte, sistemas ambientales y sistema de energía.

Se caracterizó las condiciones urbanas, para la transición sostenible es fundamental para una mitigación confiable ante eventos sísmicos y emergencias para la adaptación de las áreas urbanas. La infraestructura urbana tiene el potencial y la responsabilidad de facilitar esta transición aumentando la integración de los sistemas, contribuyendo a los planes de adaptación. Sin embargo, el desarrollo de sistemas urbanos sostenibles y resilientes que garanticen soluciones confiables enfrenta varios desafíos como la falta de una definición unificada y parámetros e indicadores para la optimización del sistema son obstáculos importantes.

Para la eficacia del diseño propuesto, es crucial acumular y analizar datos de diversas fuentes antes de tomar decisiones. Esto se puede lograr mediante análisis de datos y un modelo dinámico del sistema urbano, que puede proporcionar una comprensión integral del comportamiento y las vulnerabilidades. A pesar de los desafíos existentes, como perspectivas futuras, también existen oportunidades para mejorar la resiliencia de la infraestructura energética urbana. Aprovechar los diversos modos de detección y dispositivos y emplear la inteligencia artificial y el aprendizaje automático ofrecen vías prometedoras. La informática asequible de alto rendimiento está haciendo posible ejecutar modelos y simulaciones complejos, que pueden utilizarse para optimizar los sistemas urbanos. De esta manera se determinó el diseño de una zona urbana sostenible, cuáles son las capas operacionales, cómo los usuarios deben interactuar con ellos, qué herramientas se necesitan, si los procesos deben ser hechos por el cliente o el servidor, y cómo lograr una buena experiencia de usuario.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La investigación tuvo como propósito la caracterización y evaluación del riesgo sísmico para el diseño de una zona urbana sostenible para la prevención y reducción de desastres, como alternativa para proteger sitios de Patrimonio Cultural, contar con seguridad y un transporte accesible basado en datos que involucra a información geoespacial, conocimiento histórico y encuestas de campo. La evaluación correspondiente nos permitió la interpretación de datos iniciales, sugiriendo mejoras en la disponibilidad y confiabilidad de los datos. La metodología es adaptable a diferentes escalas y contextos, proporcionando un enfoque integrado y rápido para reducir riesgos en sitios del patrimonio cultural. En contraste, con el Plan de Desarrollo Urbano del Área interdistrital Metropolitana Lima Centro, presenta una visión a largo plazo al 2040, como marco estratégico.

En la investigación se tomó como escenario un evento sísmico de 8.8 Mw esperado para la región Lima, tomando como información base, referencia bibliográfica relacionada al peligro, mapa de microzonificación sísmica, modelos integrados que evaluaron varios factores y capas de información geográfica. Utilizando un enfoque espacial basado en SIG, se creó una base de datos para mapear el peligro. Se ha zonificado el peligro (P) con referencia a sus capas de información como, intensidad sísmica (PE_IS), valores máximos de velocidad (PE_PGV), valores máximos de aceleración (PE_PGA), distancia al epicentro (PE_DE), distancia al hipocentro (PE_DH), magnitud sísmica (FD_MS), tipo de suelo (FC_TS), pendiente (FC_Pend), geología (FC_Geol), geomorfología (FC_Geom) y relieve (FC_Rel) que son la caracterización del espacio geográfico. Obteniendo niveles: muy alta con rango de $0.261 \leq P \leq 0.467$; alta con rango de $0.152 \leq P < 0.261$; medio con rango de $0.080 \leq P < 0.152$; y baja con rango de $0.040 \leq P < 0.080$ dando como resultado el mapa de peligro (P) originado por sismo en el sector 04 de la MDSM. El resultado se comparó con el mapa de peligro por sismo para

Lima que presenta un nivel alto y medio (CISMID, 2016). El estudio de CISMID (2005), evalúa la zonificación geotécnica de suelos para Lima, según este estudio, la mayoría de los suelos en el sector 04 de la MDSM son del tipo S1, compuestos principalmente por grava aluvial, lo que los hace más estables ante un evento sísmico. Sin embargo, también se identificaron zonas con suelo tipo S4, que están compuestos por arenas eólicas, así como suelos de rellenos y zonas intangibles que podrían amplificar las ondas sísmicas en caso de un sismo.

Al respecto del análisis de la vulnerabilidad (V), se ha zonificado, con referencia las capas de información. Primero de la exposición (Ex), que se utilizó los resultados de la intersección de la capa de peligro sobre la unidad catastral del área de estudio, manteniendo los mismos valores de la capa de peligro originado por sismo. Segundo de la fragilidad (Fr) en la dimensión física tenemos: material predominante en paredes (MPPA), material predominante en techo (MPT), material predominante en piso (MPPI), antigüedad de edificación (ACO) y estado de conservación de edificación (ECE); en la dimensión social tenemos a tipo de discapacidad (TDIS), tipo de acceso a abastecimiento de agua (TAAG), tipo de acceso a servicio de alumbrado (TALU), tipo de acceso a servicio de alcantarillado (TALC) y grupo etario (GET); en la dimensión económica tenemos a tipo de actividad económica (TAE) y ocupación laboral de jefe de hogar (OLJO); y en la dimensión ambiental tenemos a disposición de residuos sólidos y líquidos (DRS) y cobertura y uso actual del suelo (CUAS). Tercero de la resiliencia (Re) en la dimensión física (Re_{DF}) tenemos a cumplimiento con norma de construcción (CNTC) y tipo de diseño estructural de edificación (TDE); en la dimensión social (Re_{DS}) tenemos a capacitación en gestión del riesgo de desastres (CGR), actitud frente al riesgo (AFR), tipo de seguro (TSE), beneficiario de programas sociales (EPS), nivel educativo (NED); en la dimensión económica (Re_{DE}) tenemos a ingreso familiar mensual promedio (IFM) y régimen de tenencia de vivienda (RTV); en la dimensión ambiental (Re_{DA}) tenemos a Cercanía a parques (CPA) y Conocimiento en preservación y conservación (CPCR) que son la

caracterización del espacio geográfico en ámbito urbano. Obteniendo niveles: muy alta con rango de $0.259 \leq P \leq 0.463$; alto con rango de $0.155 \leq V < 0.259$; medio con rango de $0.082 \leq V < 0.155$ y bajo con rango de $0.040 \leq V < 0.082$ dando como resultado el mapa de vulnerabilidad. La investigación de Álvarez (2016), Sarica et al. (2020) y Senouci et al. (2018) destacan la influencia significativa de las condiciones físicas, sociales, económicas y ambientales en la comprensión y percepción de la exposición a los peligros de sismos con magnitud importante. Se resalta que al aumentar la resiliencia y disminuir la fragilidad permiten a las personas responder de manera exitosa a los riesgos sísmicos. La ubicación y desprotección de las zonas intangibles, la planificación inadecuada de las viviendas y la alta densidad de desarrollo se identifican como contribuyentes a la vulnerabilidad en ciertas áreas. En la investigación se observa zonas con nivel de vulnerabilidad alto y muy alto, corresponde a viviendas no planificadas y patrones de caminos estrechos que contribuyen a la fragilidad.

Al respecto, Radu y Grigoriu, (2018) definen a la vulnerabilidad como la exposición a peligros o daños, y el peligro es el daño en sí. La vulnerabilidad, determinada por diversos factores, se combina con una situación peligrosa para generar riesgo. A diferencia de la investigación realizada por Pilehvar y Hoseini (2020) destaca que las ciudades en cuestión han experimentado un crecimiento demográfico masivo, alta densidad de población, urbanización no planificada y factores sociales, como el acceso a vivienda digna, agua potable y recursos económicos y políticos, que son cruciales en la producción de vulnerabilidad frente a desastres, especialmente sísmicos. También, destaca características que determinan dónde viven y trabajan las personas, el tipo de vivienda en las que se encuentran, su nivel de preparación y salud, colocando a ciertos segmentos de la población, como mujeres, personas mayores y aquellas en situación de pobreza. Estas personas, debido a diversas circunstancias, enfrentan mayores riesgos durante eventos sísmicos, ya que pueden tener dificultades para evacuar y son más dependientes de otros. De acuerdo con Senouci et al. (2018) y Sarica et al. (2020) señalan

que la capacidad de respuesta ante terremotos varía entre grupos socioeconómicos. Los de mayores recursos económicos y estatus social tienen más posibilidades de afrontar la situación crítica de manera más efectiva. La participación social, especialmente la ayuda de familiares y redes sociales, es crucial para mitigar los impactos de un terremoto. El conocimiento previo sobre es identificado como un factor clave para la preparación y respuesta efectiva.

En cuanto al riesgo (R), su influencia es crucial para la prevención de desastres y la sostenibilidad. Es fundamental entender cómo la planificación y las medidas preventivas pueden ayudar a mejorar la resiliencia frente a un evento sísmico. Se ha zonificado, obteniendo niveles: muy alta con rango de $0.068 \leq R \leq 0.216$; Alto con rango de $0.024 \leq R < 0.068$; medio con rango de $0.007 \leq R < 0.024$; y bajo con rango de $0.002 \leq R < 0.007$ dando como resultado el mapa de del riesgo Sísmico. Se propone el diseño de zona urbana sostenible para la prevención y reducción del riesgo, la protección del patrimonio cultural, en la seguridad y en el acceso al transporte, destacando la importancia de considerar dimensiones físicas (DF), sociales (DS), económicas (DE) y ambientales (DA). Los modelos integrados demostraron su capacidad para evaluar riesgos y superaron a modelos por el nivel de escala e información.

La presente investigación contribuye a una planificación urbana más efectiva y permite la comprensión de las relaciones entre factores de vulnerabilidad (V) y peligro (P). Es importante mencionar que los resultados se realizaron a nivel sectorial para facilitar el diseño de una zona urbana sostenible para proteger el patrimonio cultural, implementar seguridad y un transporte accesible centrándose en la planificación urbana aumentar la resiliencia urbana de la Urb. Rigel, Urb. Pando VIII Etapa, Agrupación de familias Riva Agüero, Asoc. de Pobladores Aramburu, Res. Riva Agüero, A.A.H.H. Pando IX Etapa y Asoc. de Viv. Ramiro Priale. Aun así, se está trabajando en maximizar el potencial que ofrece el uso de geotecnologías como parte del desarrollo, que contribuye en zonas urbanas más sostenibles e inteligentes para reducir la fragilidad y elevar la resiliencia en el sector 04 de la MDSM.

VI. CONCLUSIONES

- 6.1 Se concluye que la evaluación del riesgo sísmico influye significativamente en el diseño de una zona urbana sostenible para proteger el patrimonio cultural, contar con seguridad y un transporte accesible para la toma de decisiones y estrategias que promuevan zonas urbanas seguras y resilientes. El diseño como propuesta didáctica establece bases sólidas para el desarrollo, contribuyendo esencialmente a la sostenibilidad a largo plazo. Se destaca la importancia de reducir la vulnerabilidad, la necesidad de un monitoreo continuo considerando que, las condiciones geográficas y urbanas pueden cambiar con el tiempo, lo que subraya la importancia de adaptar constantemente las estrategias de prevención. Esta perspectiva dinámica y adaptable se presenta como clave para abordar los desafíos y garantizar la efectividad de aumentar la resiliencia urbana.
- 6.2 Se determinó que el nivel del peligro (N_P) originados por sismo es mayor en zonas donde las viviendas están asentadas sobre terreno intangibles. Se ha identificado un total de 1088 predios de las cuales 651 se encuentra dentro del N_P muy alta con rango de $0.261 \leq P \leq 0.467$; 373 predios con N_P alta con rango de $0.152 \leq P < 0.261$; 55 predios con N_P medio con rango de $0.080 \leq P < 0.152$.
- 6.3 Se determinó el nivel vulnerabilidad (N_V), de los cuales 21 predios se encuentran dentro del N_V muy alta con rango de $0.259 \leq P \leq 0.463$; 47 predios con N_V alto con rango de $0.155 \leq V < 0.259$; 235 predios con N_V medio con rango de $0.082 \leq V < 0.155$ y 776 predios con N_V baja con rango de $0.040 \leq V < 0.082$. Además, se identificaron áreas con niveles de vulnerabilidad (N_V) alto y muy alto, relacionados con viviendas no planificadas, patrones de caminos estrechos y zonas intangibles. También, se utilizó un enfoque espacial basado en SIG para crear una base de datos, mediante la aplicación de la metodología para la Evaluación de riesgos por fenómenos

naturales, por tal motivo se caracterizó y analizó utilizando el AHP, se realizó el geoprocesamiento en el software ArcGIS 10.8 para generar el mapa de peligro, vulnerabilidad y riesgo que incluyó diversas capas de información geográfica.

- 6.4 Se determinó el nivel riesgo (N_R) en el sector 04 del distrito de la MDSM, siendo el total de 1088 predios, de las cuales 44 predios pertenecen a N_R muy alta con rango de $0.068 \leq R \leq 0.216$; 297 predios con N_R alto con rango de $0.024 \leq R < 0.068$; 737 predios con N_R medio con rango de $0.007 \leq R < 0.024$. En la cartografía se identifican dos niveles de riesgo latentes (alto y muy alto), lo que ayudará a las instituciones a desarrollar políticas públicas y a los planificadores a implementar medidas. Esto contribuirá a reducir la fragilidad y aumentar la resiliencia, promoviendo la sostenibilidad y disminuyendo el impacto de futuros eventos.
- 6.5 Se analizó la relevancia que tiene el diseño de una Zona Urbana Sostenible para la protección del patrimonio cultural, la seguridad y el acceso al transporte accesible. La generalización y aplicabilidad del diseño de Zona Urbana Sostenible lo convierten en una herramienta para evaluar el riesgo sísmico en diferentes contextos. Los resultados se presentaron a nivel sectorial, facilitando la formulación de propuestas específicas en la planificación urbana en la Urb. Rigel, Urb. Pando VIII Etapa, Agrupación de familias Riva Agüero, Asoc. de Pobladores Aramburu, Res. Riva Agüero, A.A.H.H. Pando IX Etapa y Asoc. de Viv. Ramiro Priale. El diseño propuesto no solo enfatiza la seguridad estructural, sino también la conservación, protección del patrimonio cultural y el acceso seguro al transporte. La investigación ofrece una evaluación más completa a nivel sectorial. Esta perspectiva holística contribuye a una planificación urbana más efectiva y proporciona una comprensión más clara de las complejas relaciones con la prospectiva de una ciudad inteligente.

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1 Las autoridades de la MDSM y las juntas vecinales deben lograr un control urbano y monitoreo con la finalidad de no permitir la ocupación urbana en zonas intangibles (huacas) con fines de uso residencial en las áreas calificadas como peligro muy alto y alto. Y buscar estrategias para reubicar a la población del sector 04 asentada en zonas intangibles y recuperar los espacios de zona arqueológica y Otros Usos (OU) para aumentar el valor histórico y cultural para generar turismo.
- 7.2 La subgerencia de GRD de la MDSM deben establecer áreas de evacuación en el distrito y comunicar esta información a la población para poder responder de manera rápida y efectiva ante eventos sísmicos, que debe contemplado en el Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (PPRRD). Además de, utilizar la metodología del estudio para obtener resultados confiables.
- 7.3 Promover métodos constructivos resistentes y la asesoría de expertos en concordancia con las normas técnicas nacionales, además, de asesoramiento técnico en construcción.
- 7.4 Implementar instrumentos y estrategias preventivas de forma gradual. Esto incluye la creación de sistema de emergencia para desastres, planificación de evacuaciones, programas y participación voluntaria, sistemas de alerta temprana (SAT) y estrategias de gestión para mitigar posibles desastres.

VIII. REFERENCIAS

- Aguilar Z. y Tarazona J. (2024). New seismicity based seismic sources and hazard model for Perú. Conference: 18th World Conference on Earthquake Engineering. <https://www.researchgate.net/publication/381924144>
- Alamoudi, A., Abidoeye, R., & Lam, T. (2023). Implementing Smart Sustainable Cities in Saudi Arabia: A Framework for Citizens' Participation towards SAUDI VISION 2030. *Sustainability*, 15(8), 6648. <https://doi.org/10.3390/su15086648>
- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. (2015). Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *The Journal Of Urban Technology/Journal Of Urban Technology*, 22(1), 3-21. <https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>
- Alizadeh, M., Zabihi, H., Rezaie, F., Asadzadeh, A., Wolf, I., Langat, P., Khosravi, I., Pour, A., Nataj, M., & Pradhan, B. (2021). Earthquake Vulnerability Assessment for Urban Areas Using an ANN and Hybrid SWOT-QSPM Model. *Remote Sensing*, 13(22), 4519. <https://doi.org/10.3390/rs13224519>
- Allam, Z., Sharifi, A., Bibri, S., Jones, D., & Krogstie, J. (2022). The Metaverse as a Virtual Form of Smart Cities: Opportunities and Challenges for Environmental, Economic, and Social Sustainability in Urban Futures. *Smart Cities*, 5(3), 771-801. <https://doi.org/10.3390/smartcities5030040>
- Almaaroufi, S., Golda, K., Jauregui F., Pereira, S., Pulido, N., & Kenworthy, J. (2019). Place-Making through the Creation of Common Spaces in Lima's Self-Built Settlements: El Ermitaño and Pampa de Cueva as Case Studies for a Regional Urbanization Strategy. *Urban Science*, 3(4), 112. <https://doi.org/10.3390/urbansci3040112>
- Álvarez, R. (2016). Arqueología histórica en las huacas de la ciudad de lima: Ampliando la narrativa. *Boletín de arqueología PUCP*, (20), 83-102. <https://doi.org/10.18800/boletindearqueologiapucp.201601.005>

Arguedas, C. y Gonzales, A. (2021), Introducción a la ingeniería fenomenométrica.

<https://mapaingenieros.pe/introduccion-a-la-ingenieria-fenomenometrica/>

Benavente, C., Palomino, A., Wimpenny, S., García, B., Rosell, L., Aguirre, E., Macharé, J.,

Padilla, A., & Hall, S. (2022). Paleoseismic evidence of the 1715 C.E earthquake on the Purgatorio Fault in Southern Peru: Implications for seismic hazard in subduction zones. *Tectonophysics*, 834, 229355. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2022.229355>

Bernhardsen, T. (2020). *Geographic Information Systems*. En *Advances in public policy and administration (APPA) book series* (pp. 122-138). [https://doi.org/10.4018/978-1-7998-](https://doi.org/10.4018/978-1-7998-1916-5.ch008)

[1916-5.ch008](https://doi.org/10.4018/978-1-7998-1916-5.ch008)

Breunig, M., Bradley, P., Jahn, M., Kuper, P., Mazroob, N., Rösch, N., Aldoori, M., Stefanakis,

E., & Jadidi, M. (2020). Geospatial Data Management Research: Progress and Future Directions. *ISPRS International Journal Of Geo-information*, 9(2), 95. <https://doi.org/10.3390/ijgi9020095>

Centeno R., & Lang, C. (2021). Análisis micromorfológicos para la reconstrucción de actividades en el complejo arquitectónico de Maranga-Lima. *Chungará (Arica)*, 53(4),

573-593. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-73562021005002501>

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (2014).

Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales (2ª ed.).

<https://www.cenepred.gob.pe/web/manuales/>

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (2017).

Manual para la evaluación del riesgo por sismos.

https://cenepred.gob.pe/web/wpcontent/uploads/Guia_Manuales

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (s.f.). Portal

web del Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SIGRID):

<http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/>

- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (2019). Manual para la evaluación del riesgo originado por fenómenos naturales v3.0. <https://www.cenepred.gob.pe/web/manuales/>
- Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres - CISMID (2016). Actualización de la microzonificación sísmica de la ciudad de Lima. The international symposium for CISMID. http://ares.tu.chiba-u.jp/peru/pdf/meeting/120817/TS6_1_Aguilar.pdf
- Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, Universidad Nacional de Ingeniería – CISMID – UNI. (2005). Estudio de vulnerabilidad y riesgo sísmico en 42 distritos de Lima y Callao. https://sigrid.cenepred.gob.pe/arcgis/rest/services/Cartografia_Peligros/MapServer/
- Cepeliauskaite, G., & Stasiškienė, Z. (2020). The Framework of the Principles of Sustainable Urban Ecosystems Development and Functioning. *Sustainability*, 12(2), 720. <https://doi.org/10.3390/su12020720>
- Chaminé, H., Pereira, A., Teodoro, A., & Teixeira, J. (2021). Remote sensing and GIS applications in earth and environmental systems sciences. *SN Applied Sciences/SN Applied Sciences*, 3(12). <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04855-3>
- Chang S, Smith M. (2023). Residents' Quality of Life in Smart Cities: A Systematic Literature Review. *Land*. 12(4), 876. <https://doi.org/10.3390/land12040876>
- Chen, G. (2019). GIS method and its application for harmonious evaluation of urban construction land and geological environment. *Arabian Journal Of Geosciences*, 12(19). <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4761-x>
- Chen, H. (2020). Seismic Frequency Component Inversion for Elastic Parameters and Maximum Inverse Quality Factor Driven by Attenuating Rock Physics Models. *Surveys In Geophysics*, 41(4), 835-857. <https://doi.org/10.1007/s10712-020-09593-6>

- Cotera, E. (2022). Apuntes teóricos sobre el patrimonio arqueológico prehispánico en Lima. El caso Garagay. *Devenir*, 9(17), 81-106. <https://doi.org/10.21754/devenir.v9i17.1298>
- Deguchi, A., Hirai, C., Matsuoka, H., Nakano, T., Oshima, K., Tai, M., & Tani, S. (2020). What is Society 5.0? En *Springer eBooks* (pp. 1-23). https://doi.org/10.1007/978-981-15-2989-4_1
- Del Castillo, C. y Garibotto, G. (2018). Regeneración de espacios públicos bajo un enfoque de movilidad sostenible en el distrito de San Miguel [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9958>
- Domínguez, M. (2013). Susceptibility. En *Encyclopedia of earth sciences series/Encyclopedia of earth sciences* (p. 988). https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4399-4_340
- Duan, X. (1997). Geographical distribution of hypocentral depths of Chinese earthquakes. *Acta Seismologica Sinica*, 10(6), 731-741. <https://doi.org/10.1007/s11589-997-0005-3>
- Fiore, P., Donnarumma, G., Falce, C., D'Andria, E., & Sicignano, C. (2020). An AHP-Based Methodology for Decision Support in Integrated Interventions in School Buildings. *Sustainability*, 12(23), 10181. <https://doi.org/10.3390/su122310181>
- Gaudio, D., Rauseo, R., Masini, L., & Rampello, S. (2020). Semi-empirical relationships to assess the seismic performance of slopes from an updated version of the Italian seismic database. *Bulletin Of Earthquake Engineering*, 18(14), 6245-6281. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00937-6>
- Gutiérrez, M., Vargas, E., Pingo, A., & Rodriguez, R. (2020). Vulnerability of the soils of Metropolitan Lima and their relationship with urban sustainability. *3C Tecnología*, 161-177. <https://doi.org/10.17993/3ctecno.2020.specialissue6.161-177>
- Hanna, E., & Comín, F. (2021). Urban Green Infrastructure and Sustainable Development: A Review. *Sustainability*, 13(20), 11498. <https://doi.org/10.3390/su132011498>

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed.). Editorial Mc Graw Hill Interamericana.

Hobbs, T. (2019). Deep earthquake in Peru is felt along the length of South America: More to follow? *Temblor*. <https://doi.org/10.32858/temblor.024>

Hutton, D. (2005). Smart Environments: Technology, Protocols and Applications. *Kybernete*, 34(6), 903-904. <https://doi.org/10.1108/03684920510595580>

Instituto Geofísico del Perú – IGP. (s.f.). portal web de descarga de datos sísmicos <https://ultimosismo.igp.gob.pe/descargar-datos-sismicos>

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. (s.f.). portal web del Servicio de mapas del Catastro Minero del Peru GEOCATMIN. <http://GEOCATMIN.ingemmet.gob.pe/GEOCATMIN/>

Instituto Metropolitano de Planificación (IMP). (s.f.). Sistema de Información Metropolitana. <https://portal.imp.gob.pe/>

Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI. (13 de setiembre de 2022). Plan Nacional de Gestión de Gestión del Riesgo de Desastres PLANAGERD 2022- 2030. Ministerio de defensa. <https://www.gob.pe/institucion/indeci/informes-publicaciones/3466692-plan-nacional-de-gestion-de-gestion-del-riesgo-de-desastres-planagerd-2022-2030>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (s.f.). Portal web de Infraestructura de Datos Espaciales del Instituto Nacional de Estadística e Informática (IDE-INEI). <https://ide.inei.gob.pe/>

International Business Machines Corporation – IBM, (2021) Geographic coordinate system <https://www.ibm.com/docs/en/db2-for-zos/11?topic=systems-geographic-coordinate>

Ismagilova, E., Hughes, L., Rana, N., & Dwivedi, Y. (2020b). Security, Privacy and Risks Within Smart Cities: Literature Review and Development of a Smart City Interaction Framework. *Information Systems Frontiers*, 24(2), 393-

414. <https://doi.org/10.1007/s10796-020-10044-1>
- Jia, P., Cheng, X., & Xue, H. (2017). Applications of geographic information systems (GIS) data and methods in obesity-related research. *Obesity Reviews*, 18(4), 400-411. <https://doi.org/10.1111/obr.12495>
- Jiang, H., Geertman, S., & Witte, P. (2020). Smart urban governance: an alternative to technocratic “smartness”. *GeoJournal*, 87(3), 1639-1655. <https://doi.org/10.1007/s10708-020-10326-w>
- Kumar, S., Moore, K. (2002). The Evolution of Global Positioning System (GPS) Technology. *Journal of Science Education and Technology*, 11, 59–80. <https://doi.org/10.1023/A:1013999415003>
- Kumar, T., & Dahiya, B. (2016). Smart Economy in Smart Cities. En *Advances in 21st century human settlements* (pp. 3-76). https://doi.org/10.1007/978-981-10-1610-3_1
- Leblon, B. (2013). Geographic Information Technology. En *Encyclopedia of earth sciences series/Encyclopedia of earth sciences* (pp. 385-386). https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4399-4_153
- Leonardi, G., Palamara, R., Manti, F., & Tufano, A. (2022). GIS-Multicriteria Analysis Using AHP to Evaluate the Landslide Risk in Road Lifelines. *Applied Sciences*, 12(9), 4707. <https://doi.org/10.3390/app12094707>
- Ley N° 29664 (DS N°048-2011-PCM), Ley que crea el sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. (19 de febrero de 2011). Diario Oficial El Peruano
- Maestosi, P., Andreucci, M., & Civiero, P. (2021). Sustainable Urban Areas for 2030 in a Post-COVID-19 Scenario: Focus on Innovative Research and Funding Frameworks to Boost Transition towards 100 Positive Energy Districts and 100 Climate-Neutral Cities. *Energies*, 14(1), 216. <https://doi.org/10.3390/en14010216>
- Mandel, L., Bishop, B., & Orehek, A. (2020). A new decade of uses for geographic information

- systems (GIS) as a tool to research, measure and analyze library services. *Library Hi Tech*, 41(4), 1022-1038. <https://doi.org/10.1108/lht-03-2020-0052>
- Mavrouli, M., Mavroulis, S., Lekkas, E., & Tsakris, A. (2023). The Impact of Earthquakes on Public Health: A Narrative Review of Infectious Diseases in the Post-Disaster Period Aiming to Disaster Risk Reduction. *Microorganisms*, 11(2), 419. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11020419>
- Mehmood, R., Yigitcanlar, T., & Corchado, J. (2024). Smart Technologies for Sustainable Urban and Regional Development. *Sustainability*, 16(3), 1171. <https://doi.org/10.3390/su16031171>
- Mesas, F. (2020). Geo-Informatics in Resource Management. *ISPRS International Journal Of Geo-information*, 9(11), 628. <https://doi.org/10.3390/ijgi9110628>
- Ministerio del Ambiente – MINAM. (s.f.). Portal del Servicio de Información Territorial Ambiental – GEOSERVIDOR. <https://geoservidor.minam.gob.pe/>
- Mitlin, D. (2022). The contribution of reform coalitions to inclusion and equity: lessons from urban social movements. *Area Development And Policy*, 8(1), 1-26. <https://doi.org/10.1080/23792949.2022.2148548>
- Mladineo, N., Mladineo, M., Benvenuti, E., Kekez, T., & Nikolić, Z. (2022). Methodology for the Assessment of Multi-Hazard Risk in Urban Homogenous Zones. *Applied Sciences*, 12(24), 12843. <https://doi.org/10.3390/app122412843>
- Mohiuddin, M., Hosseini, E., Faradonbeh, S., & Sabokro, M. (2022). Achieving Human Resource Management Sustainability in Universities. *International Journal Of Environmental Research And Public Health/International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 19(2), 928. <https://doi.org/10.3390/ijerph19020928>
- Morosini, R., & Zucaro, F. (2019). Land use and urban sustainability assessment: a 3D-GIS application to a case study in Gozo. *City, Territory And*

- Architecture*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40410-019-0106-z>
- Muenchow, J., Schäfer, S., & Krüger, E. (2019). Reviewing qualitative GIS research—Toward a wider usage of open-source GIS and reproducible research practices. *Geography Compass*, 13(6). <https://doi.org/10.1111/gec3.12441>
- Mulder, V., De Bruin, S., Schaepman, M., & Mayr, T. (2011). The use of remote sensing in soil and terrain mapping — A review. *Geoderma*, 162(1-2), 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.12.018>
- Municipalidad Distrital de San Miguel (2015). Plan de Prevención y Reducción de Riesgo de Desastres, Municipal Distrital de San Miguel. <https://www.munisanmiguel.gob.pe/wp-content/uploads/2015/11/pprr01.pdf>
- Municipalidad Distrital de San Miguel (2021). Plan de Desarrollo Local Concertado. https://www.munisanmiguel.gob.pe/Transparencia/documentos/SECRETARIA_GENERAL/Acuerdos_2014/III-TRIMESTRE/ac_075_2014.pdf
- Municipalidad Distrital de San Miguel, (2022, diciembre 29). Municipalidad de San Miguel logró levantamiento de carga cultural en la zona de Pando Novena. <https://www.munisanmiguel.gob.pe/>
- Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Nijhuis, S. (2016). Aplicaciones de los SIG en la investigación del diseño del paisaje. *Serie Research in Urbanism*, 4, 43–56. <https://doi.org/10.7480/rius.4.1367>
- Norabuena, O., Dixon, T., Stein, S., & Harrison, C. (1999). Decelerating Nazca-South America and Nazca-Pacific Plate motions. *Geophysical Research Letters*, 26(22), 3405-3408. <https://doi.org/10.1029/1999gl005394>
- Nuzzo, I., Caterino, N., Novellino, A., & Occhiuzzi, A. (2021). Computer-Aided Decision

- Making for Regional Seismic Risk Mitigation Accounting for Limited Economic Resources. *Applied Sciences*, 11(12), 5539. <https://doi.org/10.3390/app11125539>
- Presidencia del Consejo de Ministros, Secretaría de Gobierno y Transformación Digital. (s.f.). Portal web de la plataforma digital georreferenciada del Estado peruano. (GOPERU) (s. f.). [Plataforma Digital GOPERU](#)
- Radu, A., & Grigoriu, M. (2018). An earthquake-source-based metric for seismic fragility analysis. *Bulletin Of Earthquake Engineering*, 16(9), 3771-3789. <https://doi.org/10.1007/s10518-018-0341-9>
- Red Sismológica Nacional, (2015). ¿Qué significa UTC? <https://rsn.ucr.ac.cr/documentos/educativos/otros-temas/300-que-significa-0526z-en-horas#>
- Salmon, M., Short, S., & Kennedy, R. (1992). Strong motion duration and earthquake magnitude relationships (UCRL-CR--117769). United States. [INIS Repository Search - Single Result \(iaea.org\)](#)
- Sapountzaki, K. (2022). Risk Mitigation, Vulnerability Management, and Resilience under Disasters. *Sustainability*, 14(6), 3589. <https://doi.org/10.3390/su14063589>
- Sarica, G., Zhu, T., & Pan, T. (2020). Spatio-temporal dynamics in seismic exposure of Asian megacities: past, present and future. *Environmental Research Letters*, 15(9), 094092. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ababc7>
- Sarmiento, J., & Torres, A. (2020). Risk Transfer for Populations in Precarious Urban Environments. *International Journal Of Disaster Risk Science/International Journal Of Disaster Risk Science*, 11(1), 74-86. <https://doi.org/10.1007/s13753-020-00252-3>
- Scholz, C., & Campos, J. (2012). The seismic coupling of subduction zones revisited. *Journal Of Geophysical Research*, 117(B5). <https://doi.org/10.1029/2011jb009003>
- Senouci, A., Bard, P., Beck, E., Farsi, M., & Cartier, S. (2018). Mapping seismic vulnerability

- at urban scale: Discussion on relevant cartography representations and smoothing for urban planning purposes on the Oran case study. *Soil Dynamics And Earthquake Engineering*, 115, 545-563. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2018.08.034>
- Sishodia, R., Ray, R., & Singh, S. (2020). Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture: A Review. *Remote Sensing*, 12(19), 3136. <https://doi.org/10.3390/rs12193136>
- Sladen, A., Tavera, H., Simons, M., Avouac, J. P., Konca, A. O., Perfettini, H., Audin, L., Fielding, E. J., Ortega, F., & Cavagnoud, R. (2010). Source model of the 2007 Mw 8.0 Pisco, Peru earthquake: Implications for seismogenic behavior of subduction megathrusts. *Journal Of Geophysical Research*, 115 (B2). <https://doi.org/10.1029/2009jb006429>
- Song, W., & Wu, C. (2021). Introduction to advancements of GIS in the new IT era. *Annals Of GIS*, 27(1), 1-4. <https://doi.org/10.1080/19475683.2021.1890920>
- Sumets, A., Tyrkalo, Y., Popovych, N., Poliakova, J., & Krupin, V. (2022). Моделювання системи управління екологічними ризиками агрохолдингів з урахуванням цінностей сталого розвитку. *Agricultural And Resource Economics*, 8(4), 244-265. <https://doi.org/10.51599/are.2022.08.04.11>
- Tantas D. (2020) *Geotecnologías libres como apoyo en la toma de decisiones en la gestión técnica de la red pública de agua y alcantarillado. Caso: distrito de Ventanilla*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional UNMSM. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/15482>
- Tavera, H. (2014). *Evaluación del Peligro Asociado a los Sismos y Efectos Secundarios en Perú*. <https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/20.500>
- Tavera, H. (2017). *Actualización del Escenario por Sismo, Tsunami y Exposición en la región central del Perú*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/781>

- Tavera, H. (Ed.). (2020). *Peligro por sismo*. En Atlas ambiental de Arequipa. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/5153>
- Tavera, H., & Bernal, I. (2008). The Pisco (Peru) Earthquake of 15 August 2007. *Seismological Research Letters*, 79(4), 510-515. <https://doi.org/10.1785/gssrl.79.4.510>
- Tsompanakis, Y. (2014). Earthquake Return Period and Its Incorporation into Seismic Actions. En *Springer eBooks* (pp. 1-35). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-36197>
- Udías, A. (2014) Universidad Complutense, Madrid, Raúl Madariaga, Ecole Normale Supérieure, Paris, Elisa Buforn, Universidad Complutense, Madrid.
- Universidad Nacional de Ingeniería, Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres – CISMID. (s.f.). Plataforma web de investigación <http://www.cismid.uni.edu.pe>
- Valenzuela, R., Pacheco, J., Pereira, J., Estrada, J., Pérez, J., Cruz, J., Baturan, D., Cárdenas, Ar., & Santiago, J. (2007). The seismic and hydroacoustic stations on Socorro Island: Early results. *Geofísica internacional*, 46(1), 3-18. Recuperado en 30 de abril de 2024. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0016.
- Vera Y. (2020). Ordenamiento territorial, para la gestión del riesgo de desastres en el distrito Matucana, provincia Huarochirí. [tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. Repositorio Institucional UNFV. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/5273>
- Vida, J., Radicchi, A., & Xiao, J. (2023). Urban Design for Sustainable Built Environments. *Sustainability*, 15(21), 15493. <https://doi.org/10.3390/su152115493>
- Wang, S., Zhong, Y., & Wang, E. (2019). An integrated GIS platform architecture for spatiotemporal big data. *Future Generation Computer Systems*, 94, 160-172. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.10.034>
- Wang, W. (2022). Toward Economic Growth and Value Creation Through Social

- Entrepreneurship: Modelling the Mediating Role of Innovation. *Frontiers In Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.914700>
- Wen, H., Wu, X., Ling, S., Sun, C., Liu, Q., & Zhou, G. (2022). Characteristics and susceptibility assessment of the earthquake-triggered landslides in moderate-minor earthquake prone areas at southern margin of Sichuan Basin, China. *Bulletin Of Engineering Geology And The Environment*, 81(9). <https://doi.org/10.1007/s10064-022-02821-w>
- Yakut, A., Erberik, M. A., İlki, A., Sucuoğlu, H., & Akkar, S. (2013). Rapid Seismic Assessment Procedures for the Turkish Building Stock. En *Geotechnical, geological and earthquake engineering* (pp. 15-35). https://doi.org/10.1007/978-3-319-00458-7_2
- Yilmaztürk, A., Burton, P. (1999). Una evaluación de los parámetros de peligro sísmico en el sur de Turquía. *Revista de sismología* 3, 61–81. <https://doi.org/10.1023/A:1009791320420>

Anexo C

Validez del segundo instrumento

CERTIFICADO DE VALIDEZ DEL INSTRUMENTO

VALIDADOR: Dr. Raúl Méndez Gutiérrez

VARIABLE 2: Zona urbana sostenible

ENCUESTA

Instrumento de medición (cuestionario)
aplicado a personas del Sector 04, San Miguel

CÓDIGO	CUESTIONARIO	FECHA
--------	--------------	-------

Objetivo: La presente encuesta tiene carácter académico, por favor responda marcando su preferencia como respuesta que requieran su opinión. Gracias. (*) Cada ítem, será evaluado bajo la escala, que es: 1 es muy baja, 2 es baja; 3 es medio; 4 es alta; 5 es muy alta

I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Distrito: San Miguel	Edad: años
Sector: 04	Género: <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> F

II. DATOS INFORMATIVOS

INDICADORES DE ESTUDIO		
1.1 Conectividad, infraestructura y funcionalidad de espacios públicos		Escala (*)
Dimensión Físico (DF)	Muy Baja	1
	Baja	2
	Medio	3
	Alta	4
	Muy alta	5
1.2 Protección del patrimonio cultural, seguridad y bienestar social		Escala (*)
Dimensión Social (DS)	Muy Baja	1
	Baja	2
	Medio	3
	Alta	4
	Muy alta	5
1.3 Transporte accesible, conectividad y empleo local		Escala (*)
Dimensión Económico (DE)	Muy Baja	1
	Baja	2
	Medio	3
	Alta	4
	Muy alta	5
1.4 Preservación, conservación ambiental y disposición de residuos		Escala (*)
Dimensión Ambiental (DA)	Muy Baja	1
	Baja	2
	Medio	3
	Alta	4
	Muy alta	5

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

APELLIDOS Y NOMBRES DEL VALIDADOR: Dr. Raúl Méndez Gutiérrez

DNI: 06248705

ESPECIALIDAD DEL VALIDADOR: Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible



Firma del experto informante

29 de diciembre del 2023

Anexo D

Proceso de Análisis Jerárquico – multicriterio

Proceso de análisis jerárquico

Para la ponderación de los criterios, sub criterios y descriptores se utilizó el Proceso de Análisis Jerárquico el cual es un método multicriterio que permite incorporar criterios cuantitativos (infraestructura expuesta, pérdidas humanas, económicas, etc.) y cualitativos (programas de capacitación, creación y/o aplicación de la normatividad, etc.) que son considerados en la Gestión del Riesgo de Desastres. La matriz que se forma es una matriz cuadrada es decir el mismo número de filas y columnas.

La notación matemática sería: $A = A_{ij}$

Para el cálculo de los pesos ponderados:

Primero: Se construye la matriz de comparaciones pareadas, el que mostraría la comparación entre criterios, sub criterios y/o descriptores según el caso de interés. En el caso de ponderación de criterios esta matriz nos permite determinar la importancia de un criterio respecto a otro, lo que nos servirá posteriormente para la ponderación de criterios.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Sumamos verticalmente los elementos de cada columna. Así se obtienen los valores:

$$v_1, v_2, \dots, v_n = \sum_{i=1}^n a_{ij}$$

Segundo: Construimos la matriz de comparaciones normalizada. El cual se obtiene de dividir cada elemento de matriz entre la suma obtenida, para conseguir:

$$A_{NORMALIZADA} = \begin{pmatrix} 1/v_1 & a_{12}/v_2 & \dots & a_{1n}/v_n \\ a_{21}/v_1 & 1/v_2 & \dots & a_{2n}/v_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1}/v_1 & a_{n2}/v_2 & \dots & 1/v_n \end{pmatrix}$$

Tercero: El siguiente paso consiste en obtener el vector prioridad el cual nos mostrará los pesos ponderados de cada criterio a partir de la matriz normalizada:

Para ello se calcula el vector columna:

$$p = \begin{pmatrix} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{1j} \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{2j} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{nj} \end{pmatrix}$$

Y se obtiene el vector de prioridades de los criterios:

$$p = \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ p_{c1n} \end{pmatrix}$$

Se debe indicar que la suma de los elementos del vector prioridad debe ser igual a 1.

$$\sum_{i=1}^n p_{ci} = p_{c11} + p_{c12} + \dots + p_{c1n} = 1$$

Para el cálculo de la Relación de Consistencia (RC)

Se pasa a la verificación de la posible existencia de consistencia entre los juicios expresados.

Primero: Multiplicar cada valor de la primera columna de la matriz de comparación pareada por la prioridad relativa del primer elemento que se considera y así sucesivamente. Se deben sumar los valores sobre las filas para obtener un vector de valores, denominado Vector Suma Ponderada (VSP).

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ p_{c1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} VSP_{11} & VSP_{12} \\ \dots & \dots \\ \dots & \dots \\ \dots & \dots \\ VSP_{1n} & \dots \end{pmatrix}$$

Segundo: Dividir los elementos del vector de suma ponderada entre el correspondiente valor de prioridad para cada uno de los criterios:

$$\begin{aligned} VSP_{11} / P_{C11} &= \lambda_1 \\ VSP_{12} / P_{C12} &= \lambda_2 \\ &\dots \\ &\dots \\ &\dots \\ VSP_{1n} / P_{C1n} &= \lambda_n \end{aligned}$$

Tercero: Posteriormente se determina la lambda máxima λ_{max}

$$\lambda_{max} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) / n$$

Esto nos permite hallar el índice de consistencia

Cuarto: Calcular el Índice de Consistencia (IC):

$$IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$$

Esto nos permite hallar la relación de consistencia de la matriz para verificar si las decisiones fueron adecuadas.

Quinto: Determinar la Relación de Consistencia (RC);

$$RC = IC / IA$$

Donde IA es el Índice Aleatorio de una Matriz de Comparaciones Pareadas, generada, como su nombre sugiere, de forma aleatoria.

Los valores del Índice Aleatorio para los diferentes “n”, obtenidos mediante la simulación de 100,000 matrices (Aguarón y Moreno-Jiménez, 2001), son:

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

Fuente. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2014).

Anexo E

Escala de Saaty

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicación
9	Absolutamente o muchísimo más importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Fuente. Saaty (1980)

Anexo F*Base de datos sísmicos del año 1974*

fecha UTC	hora UTC	latitud (°)	longitud (°)	profundidad (km)	magnitud (M)
05/01/1974	08:33:51.00	-12.385	-76.285	92	6.6
08/01/1974	05:41:21.00	-15.481	-71.871	126	4.9
13/01/1974	17:23:50.00	-12.621	-73.063	54	5
14/01/1974	15:52:54.00	-8.615	-77.52	39	5.5
14/01/1974	17:35:20.00	-8.693	-77.516	43	5.5
19/01/1974	09:52:58.00	-18.828	-72.386	63	5
21/01/1974	02:34:40.00	-4.53	-77.991	78	4.9
22/01/1974	13:00:07.00	-6.361	-81.248	58	4.9
01/02/1974	06:55:31.00	-14.541	-72.365	114	4.6
01/02/1974	13:06:17.00	-15.869	-75.173	32	5.5
02/02/1974	21:09:04.00	-16.114	-74.469	81	5.5
05/02/1974	00:18:23.00	-3.85	-71.069	33	4.9
06/02/1974	03:15:43.00	-10.905	-74.45	7	5.2
06/02/1974	09:31:41.00	-10.725	-74.831	0	4.5
08/02/1974	06:22:13.00	-8.432	-77.328	78	5
09/02/1974	02:02:28.00	-8.824	-75.112	134	4.9
10/02/1974	08:12:52.00	-14.61	-75.724	35	4.9
12/02/1974	08:33:19.00	-5.928	-74.681	54	5
05/03/1974	00:55:44.00	-6.721	-78.231	100	4.5
08/03/1974	12:45:21.00	-9.973	-79.707	30	5.3
11/03/1974	17:03:11.00	-9.468	-78.683	65	5.4
14/03/1974	06:10:20.00	-12.731	-74.833	94	4.7
15/03/1974	11:26:01.00	-15.49	-72.125	0	4.9
16/03/1974	02:47:16.00	-14.986	-74.367	33	5
19/03/1974	10:06:39.00	-10.264	-76.265	33	4.8
21/03/1974	19:28:24.00	-4.57	-73.451	27	5.2
23/03/1974	09:02:42.00	-17.059	-72.373	56	4.8
25/03/1974	16:59:56.00	-14.971	-72.93	98	4.5
28/03/1974	21:22:46.00	-3.24	-78.135	35	4.1
01/04/1974	15:34:18.00	-5.001	-77.25	136	5
11/04/1974	09:59:49.00	-8.38	-77.527	14	5.1
13/04/1974	02:27:43.00	-8.954	-78.819	80	5.2
14/04/1974	06:38:10.00	-10.608	-78.713	53	5.2
18/04/1974	03:53:38.00	-5.653	-77.166	27	5
25/04/1974	08:56:43.00	-17.242	-70.645	24	5.6
27/04/1974	06:01:48.00	-15.025	-72.168	113	6.6
30/04/1974	20:04:05.00	-17.78	-72.42	0	4.7
01/05/1974	10:46:53.00	-3.597	-76.488	119	4.9
02/05/1974	12:40:03.00	-17.767	-74.069	0	4.9
02/05/1974	22:39:16.00	-14.696	-71.717	135	4.8

11/05/1974	00:13:52.00	-15.585	-70.527	221	4.5
17/05/1974	15:22:09.00	-11.231	-74.949	111	6.2
24/05/1974	16:46:21.00	-11.798	-73.26	87	4.6
25/05/1974	00:31:15.00	-10.103	-75.601	21	4.9
28/05/1974	22:49:34.00	-8.21	-74.236	144	4.7
29/05/1974	10:27:56.00	-5.595	-81.183	10	4.8
29/05/1974	23:51:51.00	-9.76	-75.628	177	5
30/05/1974	02:12:40.00	-4.088	-80.98	31	5.1
01/06/1974	21:11:24.00	-2.945	-81	7	5.3
03/06/1974	23:06:28.00	-5.048	-81.295	28	4.9
07/06/1974	04:04:19.00	-8.796	-75.937	46	5.3
09/06/1974	10:41:21.00	-5.858	-81.03	30	5.4
09/06/1974	14:16:03.00	-5.809	-80.991	29	5.9
12/06/1974	18:20:32.00	-3.971	-76.703	149	5.1
12/06/1974	21:55:51.00	-3.33	-80.971	60	4.6
15/06/1974	00:11:57.00	-9.52	-79.244	66	5.3
19/06/1974	18:56:15.00	-16.687	-71.907	0	5
19/06/1974	23:25:45.00	-8.793	-75.926	30	4.9
20/06/1974	03:30:23.00	-10.652	-74.93	157	4.6
23/06/1974	11:47:09.00	-10.319	-77.653	56	5
29/06/1974	06:13:39.00	-10.189	-75.574	37	4.9
02/07/1974	19:34:12.00	-15.991	-75.001	34	5.2
04/07/1974	10:38:23.00	-8.487	-74.45	170	4.9
06/07/1974	19:30:43.00	-10.069	-73.296	0	5
12/07/1974	14:03:46.00	-12.319	-73.654	41	4.9
16/07/1974	02:03:40.00	-15.653	-70.31	227	5.2
17/07/1974	14:26:29.00	-17.529	-72.316	74	4.9
21/07/1974	22:15:56.00	-4.81	-80.704	61	5.1
24/07/1974	13:42:57.00	-15.542	-71.49	143	5
26/07/1974	07:32:08.00	-12.863	-76.845	40	4.9
26/07/1974	08:59:44.00	-16.442	-71.231	112	5.3
27/07/1974	23:48:22.00	-10.08	-78.562	89	5.2
28/07/1974	15:53:21.00	-15.997	-76.287	0	4.7
29/07/1974	21:47:59.00	-4.158	-75.632	160	4.8
30/07/1974	09:31:11.00	-17.061	-70.51	142	4.5
09/08/1974	04:53:32.00	-8.495	-74.351	153	5.8
11/08/1974	17:05:30.00	-6.56	-77.433	128	4.6
15/08/1974	23:46:47.00	-15.699	-74.719	82	5.2
17/08/1974	21:22:04.00	-13.526	-74.268	98	4.7
21/08/1974	15:41:53.00	-11.686	-75.473	108	5.1
31/08/1974	00:37:12.00	-12.696	-76.964	34	4.9
31/08/1974	11:36:51.00	-18.363	-69.662	123	5.2
04/09/1974	03:40:37.00	-18.003	-71.325	46	4.7
19/09/1974	00:08:40.00	-9.873	-78.394	48	5

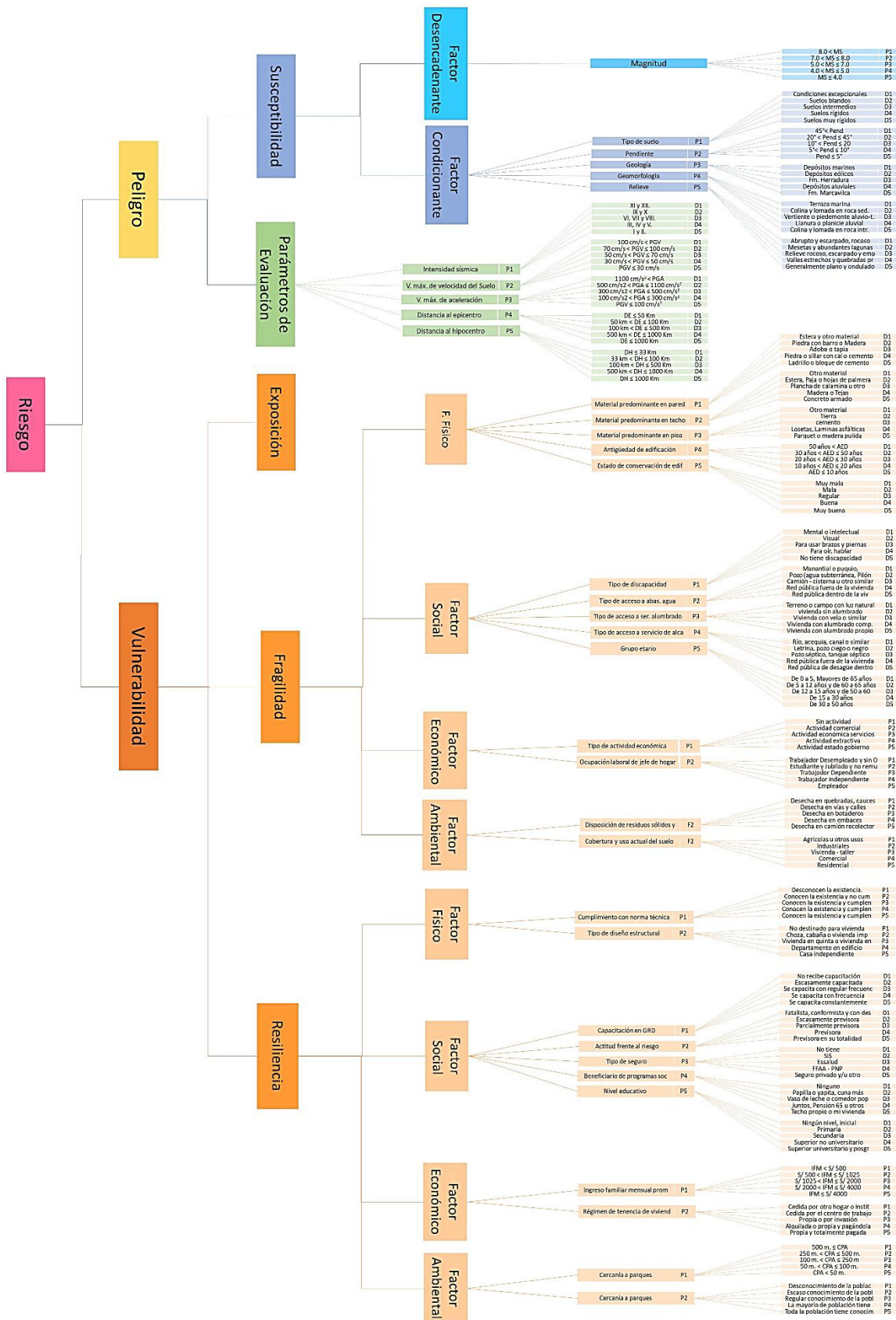
27/09/1974	16:09:03.00	-12.604	-77.801	25	5.3
30/09/1974	20:39:07.00	-18.052	-69.838	125	4.7
02/10/1974	02:55:04.00	-5.852	-80.995	20	5.9
03/10/1974	14:21:34.00	-12.279	-77.536	21	8.1
03/10/1974	14:35:21.00	-13.608	-77.203	34	5.3
03/10/1974	15:28:19.00	-12.797	-76.37	25	5
03/10/1974	17:51:10.00	-12.446	-77.069	4	5
03/10/1974	19:10:01.00	-13.77	-77.389	27	5.2
03/10/1974	20:39:27.00	-12.515	-77.73	34	5.2
03/10/1974	20:49:42.00	-12.638	-77.667	97	5
03/10/1974	21:23:38.00	-17.16	-69.134	181	4.3
03/10/1974	21:56:58.00	-13.465	-77.04	24	5.3
03/10/1974	22:14:13.00	-12.268	-77.861	69	5.2
04/10/1974	02:34:37.00	-13.516	-76.815	78	4.8
04/10/1974	12:47:39.00	-12.219	-77.606	54	4.6
04/10/1974	14:40:06.00	-12.919	-77.536	33	4.7
04/10/1974	18:11:55.00	-13.382	-77.406	33	4.8
05/10/1974	03:34:49.00	-12.535	-76.595	44	4.7
05/10/1974	08:29:56.00	-12.386	-77.61	79	5.1
05/10/1974	17:58:00.00	-13.873	-76.843	33	5.1
05/10/1974	20:08:49.00	-11.925	-77.354	33	4.9
06/10/1974	03:50:26.00	-12.546	-77.864	19	4.8
06/10/1974	18:32:43.00	-15.236	-74.865	67	5.3
07/10/1974	04:57:53.00	-12.218	-77.922	28	5.3
07/10/1974	11:40:32.00	-13.696	-76.947	78	4.9
07/10/1974	16:11:40.00	-12.349	-77.478	0	5.1
07/10/1974	15:42:56.00	-12.613	-76.827	50	4.6
07/10/1974	22:04:12.00	-12.624	-77.897	23	4.9
08/10/1974	02:14:49.00	-14.72	-71.678	130	4.9
08/10/1974	05:25:42.00	-12.495	-76.734	53	4.7
08/10/1974	11:44:15.00	-12.486	-76.741	54	4.6
08/10/1974	15:39:39.00	-4.338	-81.102	52	5.3
08/10/1974	18:05:34.00	-12.486	-76.749	58	4.6
09/10/1974	02:12:08.00	-13.003	-77.128	0	4.6
09/10/1974	02:59:04.00	-12.701	-76.969	56	4.9
09/10/1974	10:38:11.00	-12.472	-76.615	56	4.5
09/10/1974	15:22:30.00	-12.49	-76.667	57	4.5
09/10/1974	17:49:56.00	-12.592	-77.915	30	5.2
09/10/1974	21:54:39.00	-12.587	-76.797	30	5.3
10/10/1974	06:37:03.00	-12.462	-76.705	55	4.6
10/10/1974	10:51:12.00	-12.76	-77.291	21	4.5
10/10/1974	19:53:01.00	-12.504	-77.676	31	5.6
10/10/1974	20:57:48.00	-13.072	-77.523	25	5.2
10/10/1974	20:51:54.00	-12.301	-78.046	13	4.6

11/10/1974	04:36:24.00	-14.52	-74.304	100	5.6
11/10/1974	16:58:52.00	-12.4	-77.701	17	4.5
11/10/1974	17:47:56.00	-12.956	-77.241	15	4.6
11/10/1974	17:54:08.00	-16.166	-74.348	61	5.2
12/10/1974	00:01:01.00	-13.365	-77.4	10	4.7
12/10/1974	01:07:59.00	-13.809	-77.68	33	4.7
13/10/1974	07:52:54.00	-12.474	-76.718	84	4.7
13/10/1974	07:53:40.00	-12.393	-76.493	43	4.7
13/10/1974	08:01:37.00	-12.472	-76.638	61	4.5
13/10/1974	08:40:48.00	-11.941	-77.194	70	4.7
13/10/1974	17:34:30.00	-12.471	-77.092	58	4.5
14/10/1974	07:45:17.00	-2.455	-76.373	147	5.4
14/10/1974	13:36:41.00	-12.716	-76.724	49	4.6
14/10/1974	22:36:17.00	-12.578	-76.771	55	4.7
15/10/1974	02:06:47.00	-12.686	-77.196	22	4.5
15/10/1974	18:29:53.00	-12.771	-77.123	0	4.8
16/10/1974	10:25:22.00	-12.538	-77.013	57	4.5
18/10/1974	04:09:40.00	-3.967	-77.495	128	4.8
23/10/1974	16:44:38.00	-12.068	-77.308	0	4.9
23/10/1974	19:31:17.00	-13.45	-77.309	10	4.5
24/10/1974	02:25:39.00	-12.532	-77.379	58	4.9
26/10/1974	18:53:25.00	-14.966	-73.312	106	5.6
27/10/1974	16:21:23.00	-17.002	-71.689	88	4.9
31/10/1974	08:58:20.00	-15.427	-71.024	29	5.4
31/10/1974	14:34:03.00	-15.391	-70.727	16	5.5
02/11/1974	00:57:38.00	-12.729	-78.004	27	5.3
05/11/1974	23:20:44.00	-16.888	-71.757	73	5
07/11/1974	13:17:40.00	-15.565	-70.579	170	5.7
08/11/1974	00:04:48.00	-13.76	-76.928	0	4.9
09/11/1974	12:59:55.00	-12.52	-77.592	13	7.2
11/11/1974	07:23:22.00	-11.367	-79.096	33	5.1
11/11/1974	11:44:05.00	-8.435	-77.072	100	5.1
12/11/1974	00:53:58.00	-10.779	-79.164	58	5.3
14/11/1974	19:17:38.00	-12.876	-77.075	42	5.7
16/11/1974	17:21:08.00	-5.7	-81.267	32	4.7
17/11/1974	23:33:14.00	-16.359	-70.162	146	4.6
05/12/1974	11:57:33.00	-7.718	-74.407	160	6.2
05/12/1974	17:03:39.00	-11.805	-75.761	50	5.1
06/12/1974	06:52:49.00	-7.844	-74.555	153	4.9

Fuente. Instituto Geofísico del Perú (IGP)
<https://ultimosismo.igp.gob.pe/descargar-datos-sismicos>

Anexo G

Flujograma de los parámetros para determinar el riesgo



Anexo H

Evidencia fotográfica

