



UNIVERSIDAD DE CHILE

Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Postgrado

**Vías de Evacuación e Infraestructura Crítica para la Gestión del
Riesgo frente a Tsunamis en la ciudad de La Serena: Un Análisis de
las Relaciones Territoriales Asociadas**

Tesis para optar al grado de Magíster en Geografía

Carolina Pía Villagrán Colina

Profesora Guía:

María Victoria Soto Bäuerle

Santiago, diciembre de 2022

Agradecimientos

Me siento muy afortunada, porque en esta sección, tengo muchas personas a quien agradecer, para partir a mi esposo, mi socio y cómplice en nuestro hermoso proyecto de vida, gracias por contenerme en situaciones muy difíciles este año 2022, a mis padres por su amor incondicional, y a mi profesora guía por el apoyo e incentivo para cursar el magíster, pese a mi carga laboral, motivarme a realizarlo y ser la guía en esta tesis de magíster.

A la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) por entregarme la Beca para cursar el programa de Magíster (2021-2022).

Y en materia de contenidos, este trabajo tuvo la colaboración de profesionales directamente vinculados a la gestión del riesgo en La Serena, mediante entrevistas, conversaciones y entrega de distinto tipo de información, entre ellos mencionar al Sr. Manuel Barraza Delgado y Javier Araya profesionales en la División de Planificación y Desarrollo Regional del Gobierno Regional de Coquimbo, a la Sra. Paola Rojas Jefa del Departamento de Reducción de Riesgos de la Municipalidad de La Serena, al Director regional de ONEMI Rubén Contador por su interés en mejorar y entregar información desinteresadamente con el fin de buscar mejoras, al Profesional Sr. Luis Jiménez, y a la Sra. Lyzette Gyorgy Asesora Urbanista de la Municipalidad de La Serena, a todos ellos, mi gratitud por colaborar de forma propositiva, aportar a esta tesis con fines académicos, que busca mejorar procesos e insumos para la planificación de la evacuación en la Ciudad de La Serena y además que este enfoque pueda ser técnicamente abordable por gobiernos locales en otras ciudades costeras.

Índice de Contenido

	Páginas
Resumen	8
Introducción	10
Capítulo I.	
Contexto de la Investigación	11
1.1 Planteamiento del Problema	11
1.2 Pregunta de Investigación	15
1.3 Objetivos	16
1.3.1 Objetivo General	16
1.3.2 Objetivo Específicos	16
1.4 Hipótesis de trabajo	16
1.5 Área de Estudio	17
Capítulo II.	
Marco Teórico	18
2.1 Urbanización costera en riesgo y la Planificación de la Evacuación	18
2.2 Nuevos Aspectos de Gobernanza para la Gestión de Riesgos	20
2.3 Infraestructura Crítica y la Respuesta ante Tsunami	22
2.4 Enfoque Integrado de Variables Asociadas a una Evacuación por Tsunami	23
Capítulo III.	
Metodología	24
3.1 Enfoque de la Investigación	24
3.2 Fases o procesos de la Investigación	26
Fase 1	26
Fase 2	28
Fase 3	29
Capítulo IV.	
Resultados	32
4.1 Variables Territoriales relacionadas a la infraestructura crítica para la evacuación costera en la ciudad de La Serena	32
A. Variable Físico-Natural.	32
B. Variable de Población Actual	37
C. Variable de Población en el Plan Regulador Comunal de La Serena (2020)	44
D. Infraestructura Crítica y Vías de Evacuación	49

4.2 Evaluación del Estado de las Vías de Evacuación y de la IC	55
4.3 Sistematización entre IC, Vías de Evacuación y Variables Territoriales	78
-Primer Modelo A	82
-Segundo Modelo B	88
- Modelo Integrado (A+B) y Modelo de Variables Asociadas	93
Capítulo V.	
Discusiones y Conclusiones	98
Discusiones	98
Conclusiones	103
Capítulo VI.	
Referencias y Anexos	105
6.1 Referencias Bibliográficas	105
6.2 Glosario	111
6.3 Anexos	113

Índice de Figuras

Figuras	Páginas
Figura 1: Expansión Mancha Urbana en La Serena Periodos 1990, 2003 y 2021	12
Figura 2: Señalética, Vía de Evacuación en Av. Fco. de Aguirre	14
Figura 3: Vía de Evacuación por Tsunami en La Serena, Vía Peatonal en Calle Amunategui	14
Figura 4: Vías de Evacuación e Infraestructura Crítica en la zona costera de La Serena	17
Figura 5: Plano de Evacuación ante Amenaza de Tsunami en La Serena Región de Coquimbo (Vigente a mayo de 2022)	21
Figura 6: Ejemplo de modelación de escenarios de evacuación según cantidad y calidad de información	25
Figura 7: Esquema de las variables asociadas a la evacuación e infraestructura crítica por tsunami en un análisis territorial y multidimensional	26
Figura 8: Rangos de Tiempo y Velocidades de desplazamiento según Pendientes	28
Figura 9: Síntesis de la Metodología y sus Fases	30
Figura 10: Formaciones en Terraza en La Serena	33
Figura 11: Mapa de Pendiente y relación con Velocidades de Desplazamiento	35
Figura 12: Población de Censos 2002 y 2017	38
Figura 13: Población en Proyecto MINVU y Población Actual Estimada (2022)	39
Figura 14: Zonas Críticas con mayor población en el sector costero (2022)	41
Figura 15: Distribución de Población (2022) en las vías de evacuación del Plan de Emergencia Comunal y el mapa específico de evacuación	43
Figura 16: Zonificación en Altura en la Zona ZU-7	46
Figura 17: Sector urbano aledaño al Humedal Urbano Desembocadura Río Elqui.	47
Figura 18: Usos, Densidad Bruta y Capacidad de Población, de acuerdo con el Plan Regulador Comunal de La Serena (2020)	48
Figura 19: Variable de Infraestructura Crítica	52
Figura 20: Modelo de Variables Territoriales (multiescalar y multidimensional)	54
Figura 21: Cuadro Resumen de Evaluación de las vías según variables territoriales	59
Figura 22: Mapa de la Luminaria y Obstáculos Esporádicos	61
Figura 23: Mapa Estado de la Carpeta y Mapa de Interconectividad para Evacuar	63

Figura 24: Mapa del Estado de la Señalética y Mapa Dificultad Estructural (Infraestructura Crítica)	65
Figura 25: Vía 1 Av. Campo de Golf	67
Figura 26: Vía 1 Av. Campo de Golf	67
Figura 27: Vía 1 Av. Campo de Golf	67
Figura 28: Vía 2 Av. El Jardín	68
Figura 29: Vía 2 Av. El Jardín	68
Figura 30: Vía 2 Av. El Jardín	68
Figura 31: Vía 3 Los Corsarios	69
Figura 32: Vía 3 Los Corsarios	69
Figura 33: Vía 3 Los Corsarios	69
Figura 34: Vía 4 San Pedro	70
Figura 35: Vía 4 San Pedro	70
Figura 36: Vía 4 San Pedro	70
Figura 37: Vía 5 Rodillo	71
Figura 38: Vía 5 Rodillo	71
Figura 39: Vía 5 Rodillo	71
Figura 40: Vía 6 Puertas del Mar	72
Figura 41: Vía 6 Puertas del Mar	72
Figura 42: Vía 6 Puertas del Mar	72
Figura 43: Vía 7 Av. Francisco de Aguirre	73
Figura 44: Vía 7 Av. Francisco de Aguirre	73
Figura 45: Vía 7 Av. Francisco de Aguirre	73
Figura 46: Vía 8 Amunategui	74
Figura 47: Vía 8 Amunategui	74
Figura 48: Vía 8 Amunategui	74
Figura 49: Vía 9 Cuatro Esquinas	75
Figura 50: Vía 9 Cuatro Esquinas	75
Figura 51: Vía 10 Los Lúcumos	76
Figura 52: Vía 10 Los Lúcumos	76
Figura 53: Vía 10 Los Lúcumos	76
Figura 54: Vía 11 Canto del Agua	77
Figura 55: Vía 11 Canto del Agua	77
Figura 56: Vía 11 Canto del Agua	77
Figura 57: Esquema Sistematización de Variables	79
Figura 58: Modelo de Geoprocesamiento de sobreposición ponderada mediante la ventana de trabajo "Model Builder"	81
Figura 59: Obstrucciones por mantenciones (microescala) en la vía 8 y 5.	85
Figura 60: Modelo A con ponderación conciliadora de variables asociadas	86
Figura 61: Modelo B con ponderación con prioridad en la Población y variables estructurales	91
Figura 62: Modelo Integrado del Estado de las Vías (Modelos A y B)	93
Figura 63: Modelo Final de Variables Asociadas y Principales Actores	96

Figura 64: Modelo Territorial Multivariable de la planificación de la evacuación el ciclo de la Gestión de Riesgos de Desastres	97
Figura 65: Área expuesta identificada para las comunas críticas. Caso de La Serena.	102
Figura 66: Cronograma de trabajo	129
Figura 67: Portada del Diario Regional “Diario El Día” (16 de agosto de 2021)	130
Figura 68: Diario Regional “Diario El Día” (16 de agosto de 2021)	131

Índice de Tablas y Anexos

Tablas	Páginas
Tabla 1: Cálculo de tiempo en función a velocidad y pendiente en las 11 vías de evacuación por tsunami.	36
Tabla 2: Estimación de Población en Vías de Evacuación	42
Tabla 3: Zonas y Densidades en el borde costero de La Serena, de acuerdo con el Plan Regulador Comunal de La Serena (2020)	44
Tabla 4: Primer escenario y ponderaciones (Modelo A)	82
Tabla 5: Ponderaciones en el Primer Escenario	82
Tabla 6: Segundo escenario y ponderaciones (Modelo B)	87
Tabla 7: Ponderaciones en el Segundo Escenario	87

Anexos	Páginas
Entrevista a actores claves	113
Oficio termino de construcción vías de evacuación	128

Índice de Esquemas

Esquema	Páginas
Esquema 1: Formula de Tiempo de Desplazamiento	26
Esquema 2: Ejemplo de Cálculo en Vía N°4 San Pedro	32

Resumen

Desde la década del 90, la ciudad de La Serena ha presentado un continuo y significativo crecimiento y expansión urbana, con cambios en el uso del suelo en donde predominaban zonas de vegas y parcelas de agrado, con construcciones en altura predominantemente, proceso que se ha desarrollado sobre todo en la zona costera. La expansión urbana en la costa ha incrementado la exposición ante amenazas naturales, como por ejemplo marejadas y tsunamis. En relación con esta amenaza, existen diversos estudios que desarrollan proyecciones sobre la ocurrencia potencial de terremotos tsunamigénicos, con foco cercano. Este sería un escenario crítico para La Serena, que podría provocar un replanteamiento de la planificación ante riesgos y de su infraestructura crítica para respuesta. Asociado a este escenario, se realiza una evaluación del funcionamiento de las vías de evacuación existentes, además de la relación con diversas variables territoriales asociadas, bajo una perspectiva multidimensional y multiescalar, utilizando Sistemas de Información Geográfica y trabajo de campo, para lograr un escenario o modelo territorial que permita priorizar acciones, y así aportar a la planificación de la emergencia y a la gestión de riesgos de desastres a nivel local.

Palabras Clave: Vías de Evacuación, Infraestructura Crítica, Riesgos, Tsunami, Planificación de la Evacuación, Gestión del Riesgo de Desastres, Obstáculos en Vías de Evacuación.

Abstract

Since the 1990s, the city of La Serena has shown continuous and significant urban growth and expansion, with changes in land use, predominantly in the coastal zone, where there was a predominance of grazing land and agricultural plots, with predominantly high-rise buildings. Urban expansion along the coast has increased exposure to natural hazards, such as tidal waves and tsunamis. In relation to this threat, there are several studies that develop projections on the potential occurrence of tsunamigenic earthquakes, with a nearby focus. This would be a critical scenario for La Serena, which could lead to a rethinking of risk planning and its critical infrastructure for response. Associated with this scenario, an evaluation of the functioning of the existing evacuation routes is carried out, in addition to the relationship with various associated territorial variables, under a multidimensional and multiscale perspective, using Geographic Information Systems and field work, to achieve a scenario or territorial model that allows prioritizing actions, and thus contribute to emergency planning and disaster risk management at the local level.

Keywords: Evacuation Roads, Critical Infrastructure, Risks, Tsunami, Evacuation Planning, Disaster Risk Management, Evacuation Road Obstacles.

Introducción

La costa de la ciudad de La Serena se encuentra inserta en una amplia terraza marina baja, conocida como una zona de vegas, que es un escenario que se ve expuesto a distintos tipos de amenazas, como inundaciones recurrentes, anegamientos, marejadas y tsunamis (Soto et al.,2017). Condición de vulnerabilidad que se genera, por una parte, por la configuración urbana que se ha emplazado en una zona expuesta a amenazas (Castro et al.,2018), y puntualmente significaría un complejo escenario, la ocurrencia de un evento sísmico tsunamigénico de gran magnitud cuyo foco de generación se produzca cercano a la costa, condiciones propicias para un desastre, ya que el tiempo y la capacidad de respuesta de la ciudad se ve reducida para una evacuación hacia zonas seguras.

Por otra parte, el instrumento de planificación territorial de nivel comunal, el Plan Regulador Comunal de la Serena, tanto el recientemente aprobado en diciembre de 2020 y el anterior elaborado en el año 2004, han entregado y sostienen actualmente las condiciones para una urbanización progresiva en la costa de La Serena (Castro et al.,2021), apogeo que se gesta desde la década de los 90, fecha que comienza esta ocupación residencial en función al entramado urbano costero, en donde predominan las construcciones de edificios en altura, ubicados en primera y segunda línea en la costa.

Sin embargo, también existen sectores residenciales con viviendas de uno y dos niveles que se encuentran emplazados cercanos a la avenida principal de la ciudad que es la Avenida Francisco de Aguirre, a este sector se denomina como “Puertas del Mar”. También se debe mencionar el desarrollo residencial en la localidad de Caleta San Pedro, sector periurbano de La Serena.

La urbanización de esta zona costera, no ha sido acompañado de una planificación vial acorde a los márgenes de población residente del sector, además existen ejes viales que limitan la fluidez de la ciudad, como es la Ruta 5 Norte que intersecta la mancha urbana, separando lo costero de la zona céntrica en La Serena. Además, este sector es altamente turístico, por lo tanto, también es un núcleo de atracción para la inversión inmobiliaria. En el entramado vial, existen algunos ejes consolidados y no consolidados, vehiculares y peatonales, que son considerados dentro de la planificación local de emergencias, como vías de evacuación ante un tsunami.

Finalmente, esta investigación abordó las vías de evacuación e infraestructura crítica de respuesta ante tsunami y las variables territoriales asociadas a la evacuación ante tsunami en la costa de la Serena, como son, las condiciones físico-naturales, pendiente, la estructura urbana, la población; se evaluaron las vías y la infraestructura

crítica, para finalmente proponer un modelo territorial y zonificación para la planificación de la evacuación a nivel local, con enfoque territorial y multiescalar que pueda ser un aporte a la gestión del riesgo de desastres.

Capítulo I. Contexto de la Investigación

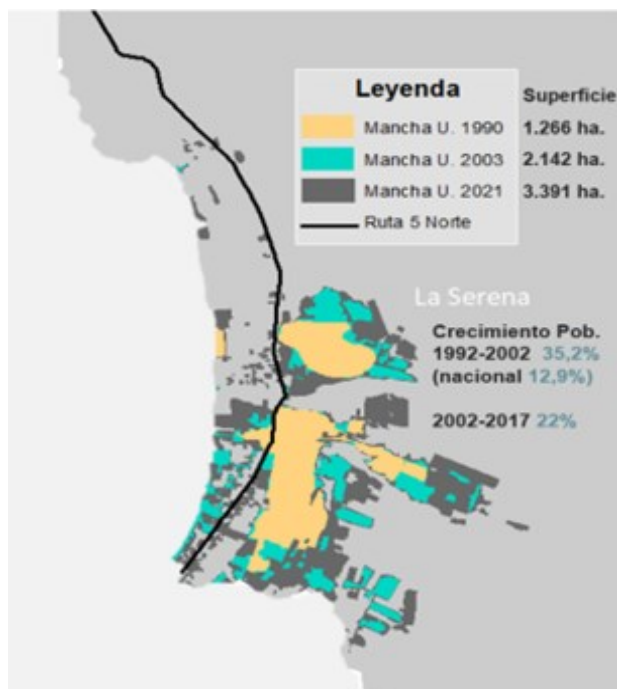
1.1. Planteamiento del Problema

Las costas son sistemas frágiles y esenciales en el desarrollo de la humanidad, y las áreas urbanas costeras se encuentran expuestas a distintas amenazas, como la inundación fluvial, marejadas y los fenómenos más severos en la costa, como la inundación por *tsunami*. en consecuencia, se requiere de una planificación adecuada del territorio, estableciendo los usos del suelo y sus características, como también, las estrategias y protocolos de evacuación, localizando los lugares de refugio y rutas de evacuación que permitan la prevención y mitigación ante el riesgo (Lavell, 2000; Lagos y Cisternas, 2008).

Los proyectos de vivienda y asentamientos humanos debieran ser diseñados en beneficio de una mixtura socio-territorial, integrada, un diseño de ciudad inclusiva, accesible y sostenible (Naciones Unidas Habitat III, 2016), además orientada a la prevención, habilitando zonas de escape en caso de emergencia, en un marco que permita el diseño de verdaderos asentamientos planificados y no solo conglomerados de casas, considerando vías y sistemas de escape para la mitigación de probables impactos (Argüello-Rodríguez, 2004). Un caso emblemático dentro de estas urbanizaciones con diversas deficiencias en su planificación e infraestructura para la evacuación ante tsunami, es la zona costera de la ciudad de La Serena (Ortiz et al.,2002; Aguirre et al.,2018).

El área conurbada La Serena-Coquimbo, ha presentado una creciente y sostenida urbanización (BID,2018). Para contextualizar este crecimiento, en la comuna de La Serena en el año 1992 al 2002, presenta un crecimiento de la población de un 35,2% más del doble del margen nacional (el promedio nacional es de 12,9% según datos intercensales INE 1992-2002), en el año 2002 la comuna presenta 160.148 habitantes mientras que en el 2017 alcanzó los 221.054 habitantes. En La Serena la superficie urbana ha presentado una expansión sostenida, en el año 1990 presentaba una mancha urbana de 1.266 hectáreas, en el año 2003 unas 2.142 hectáreas y en el 2021 una mancha urbana de 3.391 hectáreas, cifras que reflejan esta dinámica sostenida de crecimiento y expansión urbana costera (Figura 1), ocupando porciones de suelo rural y espacios costeros cercanos al Río Elqui.

Figura 1: Expansión Mancha Urbana en La Serena Periodos 1990, 2003 y 2021



Fuente: Gobierno Regional de Coquimbo (2021)

Uno de los mayores impactos se refleja en la ocupación urbana de las zonas costeras, en donde se han ido emplazando progresivamente edificaciones en altura, actualmente se encuentra consolidado un frente edificado en la zona de playa, próximo a las líneas de altas mareas (BID, 2018). Como una de las acciones determinantes para esta configuración urbana, se puede considerar la ampliación de la Avenida del Mar, eje vial que dio continuidad al borde costero de las comunas de Coquimbo y La Serena, que es donde se generó este desarrollo urbano y la aglomeración de la conurbación Coquimbo-La Serena (Hidalgo et al., 2009).

Desde una perspectiva de la geografía y geomorfología, un segmento importante de este desarrollo urbano creciente de la ciudad de La Serena se emplaza en una extensa terraza marina baja, de edad Holocena, correspondiente al denominado “Nivel de Vega” de Paskoff (1970), siendo aún posible encontrar evidencias morfológicas de cordones litorales y suelos palustres (Soto et al., 2015). El proceso de expansión urbana ha incrementado la exposición a amenazas naturales (Castro et al., 2018), además, esta área costera está expuesta a los riesgos de marejadas y tsunamis (Soto et al., 2017) abordada tanto en hechos pasados como en eventos recientes (Paulik et al., 2021).

En cuanto a las proyecciones futuras de estas amenazas, existen estudios sobre el potencial de generación de terremotos tsunamigénicos en el norte de Chile (Métois et al., 2013) y en la Región de Coquimbo como los escenarios considerados en los

estudios de riesgos de la actualización del Plan Regulador Comunal y algunos estudios recientes con proyección más severa (Serrano et al., 2019), basados en la sismicidad histórica, con brechas sísmicas de más de 100 años de energía acumulada. Desde el año 1922 se estima, se podría generar un terremoto de magnitud estimado de Mw 8.8 cuyo foco se localizaría en las cercanías de la costa de La Serena, durante las próximas décadas. Este sería un escenario crítico de gran intensidad que podría provocar un replanteamiento de la configuración urbana, una reevaluación de los tiempos de respuesta, que podría aportar a la planificación de la emergencia y a la gestión de riesgos de desastres a nivel local.

Por otra parte, desde el punto de vista de la infraestructura crítica (IC) en Chile, en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción en el artículo 2.1.29 (OGUC, 2018), define tipologías de uso de infraestructuras. En el año 2012, en el Decreto N°60 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, en la letra j, define a la Infraestructura crítica (IC) logrando cierta aproximación a la planificación, sin embargo, el concepto se orienta para fines de la interoperabilidad de las telecomunicaciones y redes de información ante una perturbación, recientemente se incorpora en el concepto en la Política Nacional de Ordenamiento Territorial (PNOT), desde la perspectiva de la planificación y de la gestión del riesgo de desastres.

Existen numerosas y recientes investigaciones que relacionan el concepto de infraestructura crítica, integrando al transporte, las redes de energía, redes de agua y telecomunicaciones, que son cruciales para el funcionamiento diario de la sociedad, así como también, para la eficiencia de los esfuerzos de respuesta y recuperación de la ciudad después de un desastre como un tsunami (Williams et al., 2019), y en la misma línea, la gestión de esta infraestructura crítica para el aporte a la resiliencia y la reducción del riesgo de desastres (Suppasri, et al., 2021). Existen investigaciones que desarrollan una revisión de las afectaciones e interrupciones de los servicios causados por tsunamis, evaluando la infraestructura costera posterior a la ocurrencia de un evento para orientar futuras acciones (Paulik et al., 2021; Lagos, 2012), otros autores como Solís & Gazmuri (2017) se centran en la proyección de un tsunami con los posibles impactos y el comportamiento de la población vinculado a la infraestructura y a las vías de evacuación para una mejor planificación.

En esta línea de la infraestructura crítica costera, las vías de evacuación y la vulnerabilidad de la población expuesta en la costa, en La Serena y Coquimbo se gestó un proyecto de habilitación de vías de evacuación de tsunamis denominado "Construcción Vías de Evacuación Zona Costera La Serena Coquimbo" en el año 2014 (código en el Banco Integrado de Proyecto-BIP: 30106198-0). Se entregó una primera etapa de ejecución de estas vías en La Serena en el año 2018 (Diario La Serena Online, 2018, ver anexo). Sin embargo, estas obras no están vinculadas con el mapa

actualizado de amenaza de tsunamis, tampoco con el uso del suelo actual. Además, en cuanto a la entrega administrativa y seguimiento de estas obras, no existe una eficiente coordinación entre organismos centralizados y el nivel municipal. Junto a lo anterior, no ha existido mantención de estas vías de evacuación planificadas, ya que, en el poco tiempo transcurrido, las luminarias y la señalética (Figura 2 y 3), han sido robadas y dañadas (Diario el día, 2021a).

También existe confusión en cuanto a las responsabilidades operacionales de este tipo de obras insertas en la ciudad, teniendo en consideración iniciativas sectoriales de gran escala, como la concesión de la Ruta 5 norte entre La Serena y Coquimbo, que es una ruta estructurante regional y nacional que se inserta a la vialidad urbana costera de la ciudad de La Serena e interrumpe, el tránsito en las vías de evacuación para llegar hasta los puntos de encuentro y zonas seguras. Por lo tanto, en una condición ideal, la infraestructura crítica costera, debería ser un factor de contribución a una mejor gestión, prevención, y mitigación ante el riesgo (Lavell, 2000; Lagos y Cisternas, 2008) y no dificultar esta gestión en una ciudad costera altamente turística con escasa percepción del riesgo (Whyndam, 2013).

Figura 2: Señalética, Vía de Evacuación en Av. Fco. de Aguirre



Fuente: Elaboración Propia (2021)

Figura 3: Vía de Evacuación por Tsunami en La Serena, Vía Peatonal en Calle Amunategui



Fuente: Elaboración Propia (2021)

Se manifiesta una vulnerabilidad urbana ante tsunami y una planificación de evacuación aplicada en el territorio, sin embargo, estos aspectos de la infraestructura de primera respuesta, no se encuentra ampliamente abordado en el país, en algunas

investigaciones internacionales se señala que el estado de la infraestructura existente, el grado de exposición y el tiempo de respuesta, parecen ser variables claves a la hora de encontrar soluciones para una planificación de evacuación funcional ante una emergencia por tsunami (Scheer et al., 2012). En algunos casos, para reducir el tiempo de evacuación requerido por la población, se ha utilizado la infraestructura disponible para evacuar verticalmente a las personas que se encuentran alejadas del área de seguridad o con dificultad de movimiento (Solís & Gazmuri, 2017; Hadas et al., 2015), siendo muy incipiente la consideración de protocolos de evacuación mixtos (vertical y horizontal). Sin embargo, éstos no están desarrollados a nivel nacional, sólo se han puesto a prueba y reevaluado un sistema de evacuación vertical en algunas ciudades de Chile como en Iquique (Cienfuegos et al., 2014; Laclabere & Oliva, 2018).

Consecuentemente a lo anterior, y por las características de vulnerabilidad abordadas, por la configuración urbana en la costa de La Serena, la compleja consolidación a nivel local de las vías de evacuación planificadas, resultando en un escenario confuso de administración y mantención, es fundamental evaluar territorialmente la infraestructura que es utilizada para la evacuación de la población expuesta a tsunami, es decir, las vías de evacuación y la infraestructura crítica de primera respuesta ante emergencia por tsunami en la costa de la ciudad de la Serena.

La presente tesis se centra en evaluar estas vías de evacuación y la infraestructura crítica costera de primera respuesta ante tsunami, la configuración urbana actual y los niveles de exposición a amenazas de tsunamis, que se han abordado en el estudio específico de riesgos para la actualización del Plan Regulador Comunal de La Serena (Municipalidad de La Serena, 2020). También analizar diversas variables asociadas, como es la consolidación de las vías de evacuación y su estado actual, la población de la zona costera, tipología de vías urbanas, la Ruta 5 Norte, las barreras que complejizan el sistema de evacuación y consecuentemente, lograr una diferenciación de sectores, proponer una zonificación de evacuación, y esquematizar la importancia del análisis de las variables territoriales en la planificación de la evacuación.

Por lo anteriormente detallado, se abordan interrogantes claves, tales como:

- ¿En qué medida las vías de evacuación del plan de emergencia comunal y la infraestructura crítica de primera respuesta ante un tsunami en la ciudad de La Serena, responderían adecuadamente para una óptima gestión de riesgos de desastres? Y relacionado a esta pregunta:
- ¿Será necesario relacionar otras variables territoriales a las vías de evacuación e infraestructura crítica para una planificación integral, a diversos niveles de escala y multidimensional, para una mejor gestión de riesgos en la ciudad de La Serena?

1.2. Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Evaluar las Vías de Evacuación e Infraestructura Crítica para la Gestión del Riesgo frente a Tsunamis en la ciudad de La Serena.

1.3.2 Objetivo Específicos

1. Establecer las relaciones entre variables territoriales, la amenaza de tsunami, las vías de evacuación consideradas en la respuesta y la infraestructura crítica para evacuación en la ciudad de La Serena.
2. Evaluar el estado actual de la infraestructura crítica y las vías de evacuación en el contexto del uso del territorio.
3. Sistematizar las vías de evacuación con las variables analizadas para aportar a una planificación de la evacuación ante tsunami desde una perspectiva territorial multidimensional.

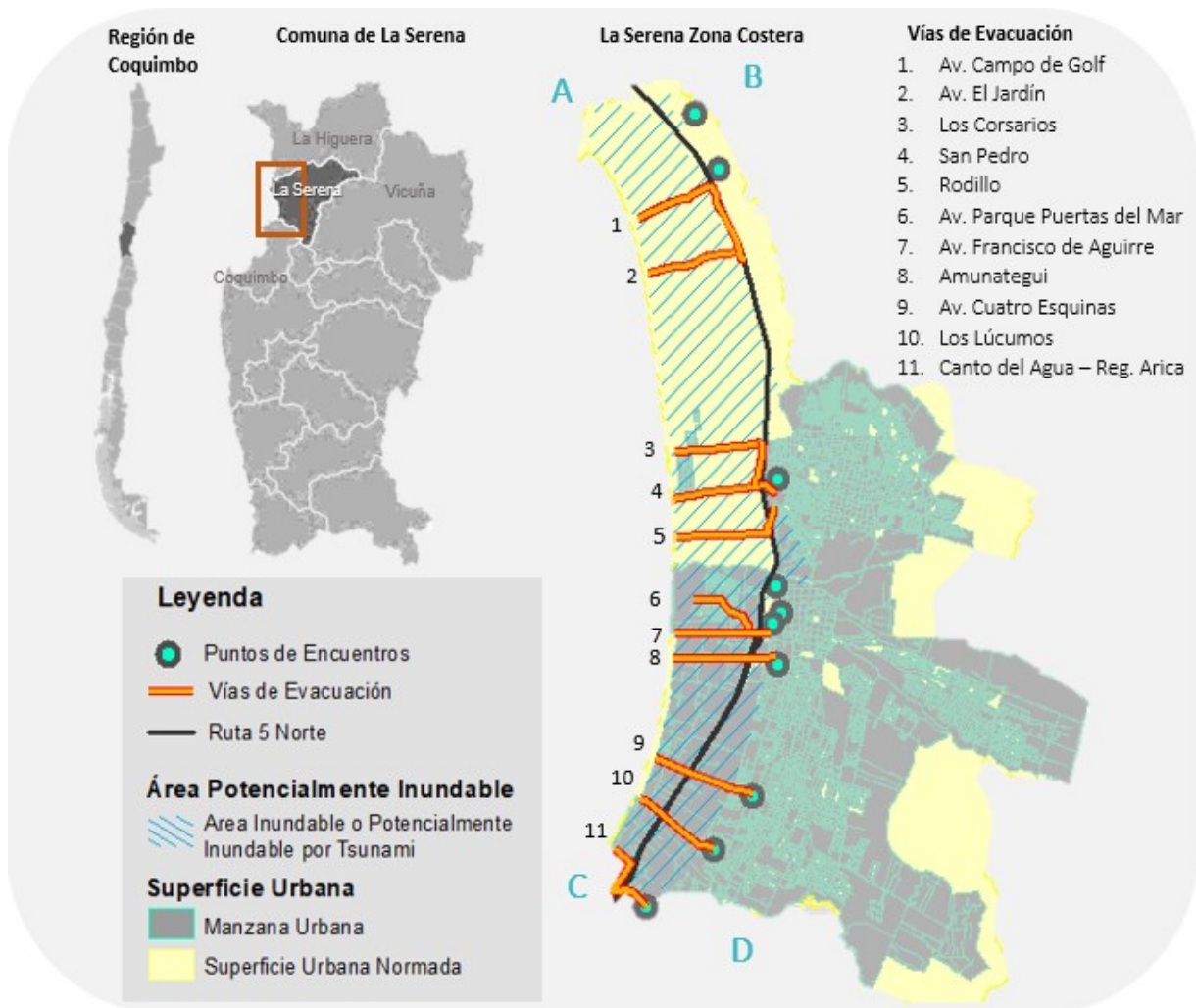
1.3. Hipótesis

La actual planificación de vías de evacuación en la ciudad de La Serena no contempla una evaluación territorial ni la integración de variables para su configuración, tales como la población, la disposición de las edificaciones en la costa, la pendiente, el estado de la infraestructura de evacuación y, sobre todo, las barreras u obstáculos para evacuar, para poder contribuir a una gestión óptima del riesgo a nivel local

1.5. Área de Estudio

El área de estudio comprende la zona costera de la comuna de La Serena, que se encuentra en la Provincia de Elqui de la Región de Coquimbo. Localizada entre las coordenadas Universal Transversal de Mercator UTM (Figura 4) A: 278734 E, 6698461 N; B: 280518 E, 6699532 N; C: 279156 E, 6685486 N; D: 280498 E, 6684766 N. El área limita al Norte con el sector de Punta Teatinos, al Este con la carretera la Ruta 5 Norte y los puntos de encuentros definidos en el plan de emergencia comunal establecidos en ONEMI (2018), al Oeste la línea de costa de la comuna de La Serena donde comienzan las vías de evacuación, y el límite por el sur en la calle Canto del Agua y Regimiento Arica, éstas dos últimas calles corresponden al límite de la comuna de La Serena con Coquimbo (Figura 4).

Figura 4: Vías de Evacuación e Infraestructura Crítica en la zona costera de La Serena



Fuente: Elaboración Propia, en base a (ONEMI, 2018). Área Inundable o Potencialmente Inundable por Tsunami (Plan Regulador Comunal de La Serena, 2022)

Capítulo II. Marco Teórico

Urbanización costera en riesgo y la planificación de la evacuación

La ciudad de La Serena, junto a la ciudad de Coquimbo, ha presentado desde inicio de la década de 1990 un desarrollo con características de “metropolización”, producto del progresivo crecimiento de la población y de expansión urbana (Hidalgo et al., 2009). Dentro de un contexto histórico uno de los hitos más emblemáticos en este desarrollo urbano y sobre todo en la zona costera de la comuna de La Serena y, en materia de inversiones inmobiliarias, fue la construcción de la Avenida del Mar, que significó un eje costero determinante en el poblamiento del borde costero de la ciudad y la construcción de un hotel ícono de la ciudad y junto a ello, un desarrollo continuo de proyectos inmobiliarios con edificaciones preferentemente en altura (Hidalgo et al., 2009, p162).

Por otra parte, investigaciones de amenazas, como en Soto et al. (2015) señala que, en la ciudad de La Serena, se presentan condiciones de geomorfología, suelos y topografía necesarios para la generación de amenazas de origen natural, condiciones de mal drenaje, afirmaciones sobre la falta de actividad sísmica, antecedentes que derivan en una preocupante situación ante los niveles de exposición y vulnerabilidad de la zona. Incluyendo amenazas como la licuefacción que pese a ser poco estudiada, ha sido considerada en algunos instrumentos regionales y comunales, puntualmente en el Plan Regional de Desarrollo Urbano (PRDU) vigente desde el 2006 y el Plan Regulador Comunal de La Serena aprobado el 2020.

“existen condiciones endógenas en el área estudiada que contribuyen sinérgicamente en la geodinámica exógena del paisaje, generando condiciones de amenaza, esta situación cobra relevancia toda vez que existe una brecha sísmica. La sección del borde costero comprendida entre los 25°-32°S corresponde tectónicamente a un segmento de subducción de bajo ángulo a profundidades intermedias (Pardo et al., 2002a) que presenta antecedentes históricos de sismicidad en la zona costera”. (Soto et al., 2015)

De acuerdo a la data sísmica de alta energía y relativamente reciente que afectó a la costa de La Serena, se puede detallar considerando que los eventos sísmicos han sido variados en cuanto a magnitud y cercanía del epicentro o punto de ruptura, partiendo por el terremoto de Vallenar de 1922 de 8.6 Mw, el terremoto de Ovalle de 1943 de magnitud 8.2 Mw, el terremoto de Coquimbo 1975 de magnitud de 6.9 Mw, el terremoto de Punitaqui de magnitud 7.1 Mw en el año 1997, el Terremoto de Illapel de magnitud 8.3 Mw ocurrido en el año 2015 y finalmente el terremoto de Tongoy, ocurrido el año 2019 de 6,7 Mw, evento de tipo intraplaca que causó numerosos daños irreparables a los edificios patrimoniales del casco histórico de La Serena.

Profundizando en los registros, Fuentes-Serrano et al.,(2019) plantea la ausencia de estudios paleosísmicos o paleotsunamis en la Región de Coquimbo, previos a los

eventos sísmicos históricos registrados, por lo tanto, existe incertidumbre sobre la ocurrencia de eventos sísmicos de gran magnitud antes de 1819 y 1922, abordando la brecha sísmica a partir de éstos años, determinando mediante su evaluación, que dicho territorio es un potencial foco de generación de terremoto tsunamigénico, cuyo evento futuro podría alcanzar una magnitud de 8.8 Mw e incluso, no descarta que pueda superar esa magnitud, comprobando que existe un alto riesgo de tsunami basado en la sismicidad histórica y, los actuales datos de inundaciones oficiales, pueden estar subestimando otras evaluaciones.

En el transcurso de los años, en La Serena y en la Bahía de Coquimbo, han existido diversos estudios que centran su atención en las amenazas naturales y riesgos (Municipalidad de La Serena, 2019), entre estos trabajos se puede mencionar el Estudio de Riesgos de INFRACON S.A. (2008), Estudio PROTEGER COQUIMBO (2010), la Actualización del Estudio de Riesgos de la Bahía de Coquimbo (2018), entre otros. Gran parte de ellos han estado a cargo de instituciones públicas con ejecución de entidades académicas y asesores expertos, para procesos de planificación del territorio. La definición del mapa de amenaza ante tsunami para el instrumento normativo, ha sido un aspecto particularmente complejo de abordar en el tiempo. Sin embargo, lo consignado en el Plan Regulador Comunal de La Serena, aprobado en el año 2020, en la reciente actualización del instrumento, considera las áreas de riesgo por tsunami determinadas en el “Estudio Adecuación Plan Regulador Comunal de La Serena y “Estudio de Riesgo de Tsunami”, que consideró diversos escenarios y eventos para definir consensuadamente la zona inundable de la ciudad y derivar en las orientaciones para la planificación en los planes específicos de riesgos para la gestión local y su respuesta.

En cuanto a la planificación de la evacuación histórica en la costa de La Serena, y como se ha orientado a la población para hacer frente a los tsunamis con planes o acciones de evacuación, en el país se distingue un hito importante, en cuanto al marco legal, que es el Decreto N° 156 del Ministerio del Interior (de fecha 12 de marzo de 2012), que determina la elaboración de los planes de emergencia por parte de los municipios y un conjunto de determinaciones para el funcionamiento de la prevención y respuesta a la emergencia, bajo la coordinación de la Oficina Nacional de Emergencias del Ministerio del Interior (ONEMI). Debido a lo anterior, en el año 2012, se aprueba el “Plan Comunal de Emergencia de La Serena”, aprobada en sesión ordinaria N°885 del 15 de noviembre de 2012 por el Consejo Comunal según Decreto Alcaldicio N° 3657, del año 2012, el que fue puesto en práctica en el terremoto y tsunami ocurrido el 16 de septiembre de 2015; posteriormente se actualizó este Plan de Emergencia Comunal, aprobado en sesión ordinaria el 06 de diciembre del año 2018, el cuál mantiene su vigencia a la fecha de la elaboración de esta tesis.

Nuevos aspectos de gobernanza para la gestión de riesgos

El 07 de agosto del 2021 se publicó en el Diario Oficial, la ley 21.364 que redefine legalmente la gestión de riesgos de desastre en Chile y determina que esta gestión se logra a través de un sistema, compuesto por comités para la gestión del riesgo de desastre (GRD), a nivel nacional, regional, provincial y comunal. Éstos se convocan en dos instancias, para la fase de mitigación y preparación y para la fase de respuesta y recuperación. Se articulan a través de instrumentos de gestión en distintos niveles y además se crea un Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED), que es como se denomina al organismo “sucesor y continuador legal” (Ley 21.364, 2021), que reemplaza a la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior (ONEMI).

En cuanto a la gobernanza local, dentro de los comités para la gestión de riesgos de desastres comunales, se encuentra la función de aprobar instrumentos de gestión como el Plan Comunal para la Reducción de Riesgos de Desastres y el Plan de Emergencia Comunal, mediante un decreto alcaldicio, previo informe técnico de SENAPRED. Este procedimiento es muy similar a la figura anterior, en donde, los Planes Comunales de Emergencia eran aprobados por el Comité Comunal de Protección Civil, que ahora se denomina Comité Comunal para GRD y aprobado mediante decreto alcaldicio.

Respecto a este Plan Comunal de Emergencia, se estructura mediante acciones específicas desarrolladas por distintas variables de riesgos. En el caso de La Serena, hasta la fecha de elaboración de esta tesis (año 2022), se encuentra vigente el “Plan Comunal específico por variable de Evacuación Borde Costero de La Serena, por tsunami” (Municipalidad de La Serena, 2022a), Éste debería contener toda la planificación necesaria, las coordinaciones disponibles a nivel municipal y regional, la articulación intersectorial con organismos de seguridad y además, de un accionar público-privado eficaz para enfrentar una situación de emergencia, como es el ejercicio de una evacuación ante la ocurrencia de un terremoto y tsunami, en una ciudad costera altamente poblada y con dinamismo turístico (Figura 5).

Sin embargo, la tarea de evacuación no es precisamente simple y tan parcial como se define y lo establece la gobernanza, con sus instructivos, ya que el asunto no sólo tiene que ver con aspectos de planificación de la evacuación y coordinación con los organismos de respuesta, sino que tiene que ver con procesos que se dan en todo el ciclo del riesgo (mitigación, preparación, respuesta y recuperación), como la configuración urbana, los instrumentos de planificación y diseño de ciudad, la planificación sectorial, los distintos planes territoriales, como los de reconstrucción o regeneración, entre otros. Es decir, esta tarea de los gobiernos locales, parece ser un rompecabezas con múltiples piezas y diversos actores en distintas escalas y que desemboca la gestión del riesgo, en lo municipal. Sin embargo, la evacuación, es una

tarea bastante más integral y compleja de lo que se determina en estos marcos institucionales.

Figura 5: Plano de Evacuación ante Amenaza de Tsunami en La Serena Región de Coquimbo (Vigente a mayo de 2022)



Fuente: Comité Comunal de Protección Civil y Emergencia y ONEMI (2018). Disponible versión ONEMI en: <https://www.onemi.gov.cl/wp-content/uploads/2018/07/La-Serena.pdf>

Según la “Guía de Referencia para Sistemas de Evacuación Comunes por Tsunami” elaborada por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, estos planes comunales específicos por variable de riesgo deben contener:

“acciones, procedimientos, roles, funciones, recursos humanos, técnicos, materiales y financieros que se utilizarán en la respuesta frente a una situación de emergencia, desastre o catástrofe, derivada de una variable específica y conocida, con antecedentes que la caracterizan y distinguen de otros eventos. Debe considerar como parte esencial la etapa o proceso de evacuación” (MINVU, 2017, P.32).

Infraestructura crítica y la respuesta ante tsunami

Desde el punto de vista de la infraestructura en Chile, en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción en el artículo 2.1.29 (OGUC, 2018), define tipologías de uso de infraestructuras, como infraestructuras de transporte, sanitaria, energética, redes de distribución, redes de comunicaciones y de servicios domiciliarios. En el año 2012, en el Decreto N°60 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, en la letra j, define a la Infraestructura crítica (IC) como “aquellas redes y sistemas de telecomunicaciones cuya interrupción, destrucción, corte o fallo generaría un serio impacto en la seguridad de la población afectada” (Decreto N°60, 2012). Esta definición corresponde a una aproximación, que orienta para fines de la interoperabilidad de las telecomunicaciones y redes de información ante una perturbación.

En la Política Nacional de Ordenamiento Territorial (PNOT), se incorpora el concepto de “Infraestructura Crítica”, primero vinculado al objetivo 1.2 “Impulsar la ocupación y el desarrollo del territorio de un modo seguro” con foco en la gestión de riesgos de desastres y se desglosa en la directriz 1.2.b “Fomentar un sistema de comunicaciones, conectividad operativa e infraestructura crítica y resiliente, que permita responder en tiempo y forma a las emergencias y mantener la continuidad operacional en las funcionalidades del territorio”, además en el glosario de la política, define “Infraestructura Crítica” (IC) de la siguiente manera, “se refiere al conjunto de estructuras físicas, instalaciones, redes y otros activos, que proporcionan servicios indispensables para el funcionamiento social, sanitario, de una comunidad o sociedad”.

Por lo tanto, las vías de evacuación para un evento como un tsunami están contenidas en esta definición de Infraestructura Crítica (IC), sin embargo, en esta investigación se enfatiza en la planificación de la evacuación en las 11 vías consideradas en el plano comunal de emergencia, su estado actual y diversas variables asociadas en este funcionamiento (Figura 5).

Enfoque integrado de variables asociadas a una evacuación por tsunami

Resulta complejo abordar la amplitud de aristas implicadas en la gestión de riesgos de desastres en el entorno construido. Sin embargo, existen metodologías y diseños territoriales que reúnen más de un enfoque en la planificación de la emergencia a nivel local (León et al., 2018) es decir, pueden incorporar modelaciones probabilísticas cuantitativas y sondeos de percepción (cualitativos) y, sobre todo, variables territoriales que pueden aportar al complejo proceso de planificación en zonas complejas desde el punto de vista de su morfología, densidad poblacional y vías de evacuación.

Tener en consideración la precisión en el uso de distintas variables territoriales, como por ejemplo el “relieve” expresada en las curvas de nivel, resulta importante en el ciclo de GRD, tanto en la etapa de planificación del territorio y en la etapa de sociabilización e información a los habitantes expuestos en zonas inundables. De acuerdo con esto, en el caso de la ciudad de La Serena, organismos claves en la prevención, a través de los medios de difusión señalan como recomendación ante un tsunami, aspectos topográficos que son poco conocidos para la población, recomendaciones como:

“Si conduces por rutas urbanas costeras, deja tu vehículo sin obstruir las vías de evacuación y continúa a pie hacia un punto de encuentro y/o área de seguridad. Si conduces por caminos rurales, reduce la velocidad y aléjate del borde costero hasta un lugar de altura superior a 30 metros” (Municipalidad de La Serena, 2022b)

“la zona a evacuar debe definirse como el área ubicada bajo la cota de 30 msnm. Para una mayor claridad y facilidad de implementación, se recomienda al municipio ubicar los bordes del área a evacuar en los ejes de calles ubicadas por sobre la cota de 30 msnm, considerando una franja de seguridad sugerida de, al menos, dos cuadras, para permitir el paso de vehículos de emergencia y evitar embotellamientos de la población evacuada” (MINVU, 2017).

Por otra parte desde el ámbito de la investigación, se está avanzando en el perfeccionamiento en las metodologías para la modelación de escenarios, con la incorporación de variables con expresión espacial al análisis preventivo, identificando además, la limitación de la información en el proceso de definir las áreas de riesgo y la evacuación (Lagos, 2012; Martínez et al., 2017) y también la incorporación de nuevos enfoques, como la importancia de la configuración urbana, territorial y la forma del entramado vial en la costa para mejorar la planificación de la evacuación por tsunami (León et al., 2021), junto con la incorporación de la infraestructura crítica en el análisis de la evaluación de impacto que permita contribuir en procesos de planificación futuros (Williams et al., 2019).

Capítulo III. Metodología

3.1 Enfoque de la Investigación

El área costera en el cual se centró el trabajo corresponde a la ciudad de La Serena, que en la actualidad evidencia problemas de vulnerabilidad urbana por estar expuesta a inundación por tsunami, además de otras amenazas (Castro et al., 2018; Soto et al., 2017). Para el desarrollo de esta investigación se consideró la totalidad de las vías de evacuación por tsunami contempladas en el Plan de Emergencia Comunal, que desde su última actualización en el año 2018 a la fecha (año 2022), integra en su Plan, un sistema compuesto de 11 vías de evacuación que conectan la línea de costa en la zona de playa hasta los puntos de encuentros emplazados teóricamente en una zona segura ante tsunami.

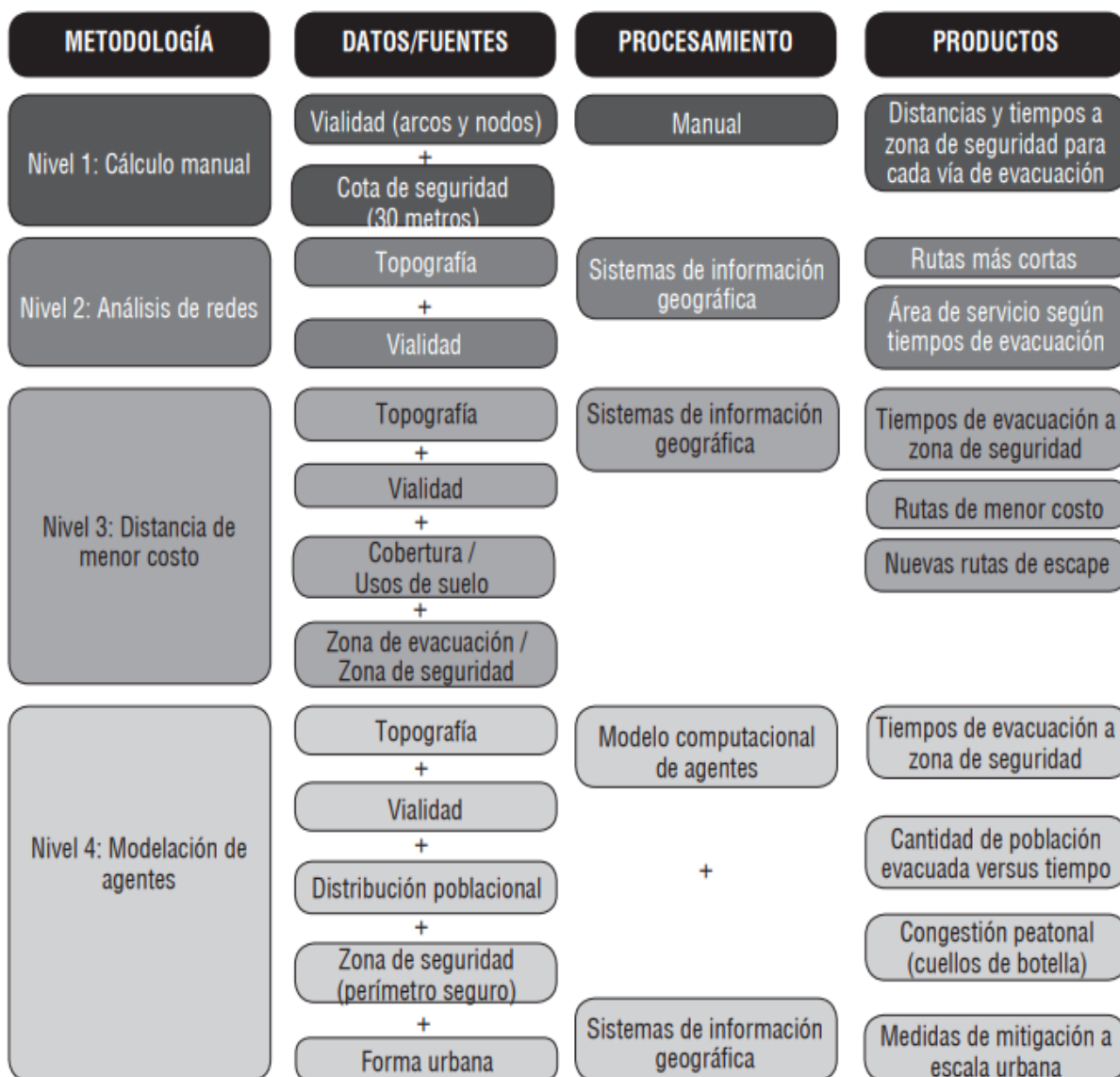
Existen aspectos concordantes con los métodos empleados por Williams et al., (2019); Martínez et al. (2020); León et al. (2021) y Wang & Jia (2021) en donde se utilizaron diversas variables para integrar en sus metodologías de valoración del riesgo y potencial evacuación, en ellas se recogen los análisis de niveles de metodologías para lograr una zonificación del peligro de tsunami, como el cálculo manual, los análisis de redes, distancia de menor costo y modelación de agentes (Figura 6). Puntualmente, Martínez et al. (2017), consideró en estos niveles, la información relevante a ser incluida en el análisis, como por ejemplo las variables de, topografía, la vialidad, el uso de suelo, la zona de seguridad de evacuación o seguridad y la forma urbana.

Estas cinco variables resultaron importantes para una modelación de evacuación costera, así como también, esquematizando distintas metodologías, datos y capacidades en el procesamiento numérico, para poder abordar adecuadamente la evacuación ante tsunami. Además, la autora señala que existe poco desarrollo en el país sobre esta materia y en su trabajo concluye que la metodología más completa es la modelación de agentes o “simulación de agentes”, ya que permite incluir diversas variables y evaluar el comportamiento humano. Sin embargo, también esta metodología es la más difícil de validar por los grados de incertidumbre en la conducta humana, tiempo de evaluación y recursos computacionales en el contexto nacional. Estos son aspectos importantes que se consideraron para diseñar una metodología de análisis con variables territoriales que aporten a la planificación de la evacuación, con un modelo replicable e integrador, sobre todo para utilidad y aplicabilidad en los gobiernos locales y regionales.

En relación a esta modelación, es importante precisar que, para analizar la evacuación ante tsunami, además de variables con expresión espacial y cuantificables, existen variables que consideran las subjetividades en el riesgo o los aspectos impredecibles asociados a la conducta humana, la capacidad de resiliencia del individuo o “la capacidad de autogestión”, también el grado de conocimiento del manejo de la emergencia respecto del Plan de Emergencia Comunal y la percepción del riesgo (Cid et al., 2012; Castro et al., 2021).

Sin embargo, para una planificación de la evacuación ante tsunami en La Serena y la programación de tiempo para este estudio. Las componentes subjetivas relacionadas al tema y la cultura del riesgo, no son consideradas en esta investigación, aunque no se desconoce su enorme valor en la problemática analizada y más aún en planificación de la evacuación ante tsunami.

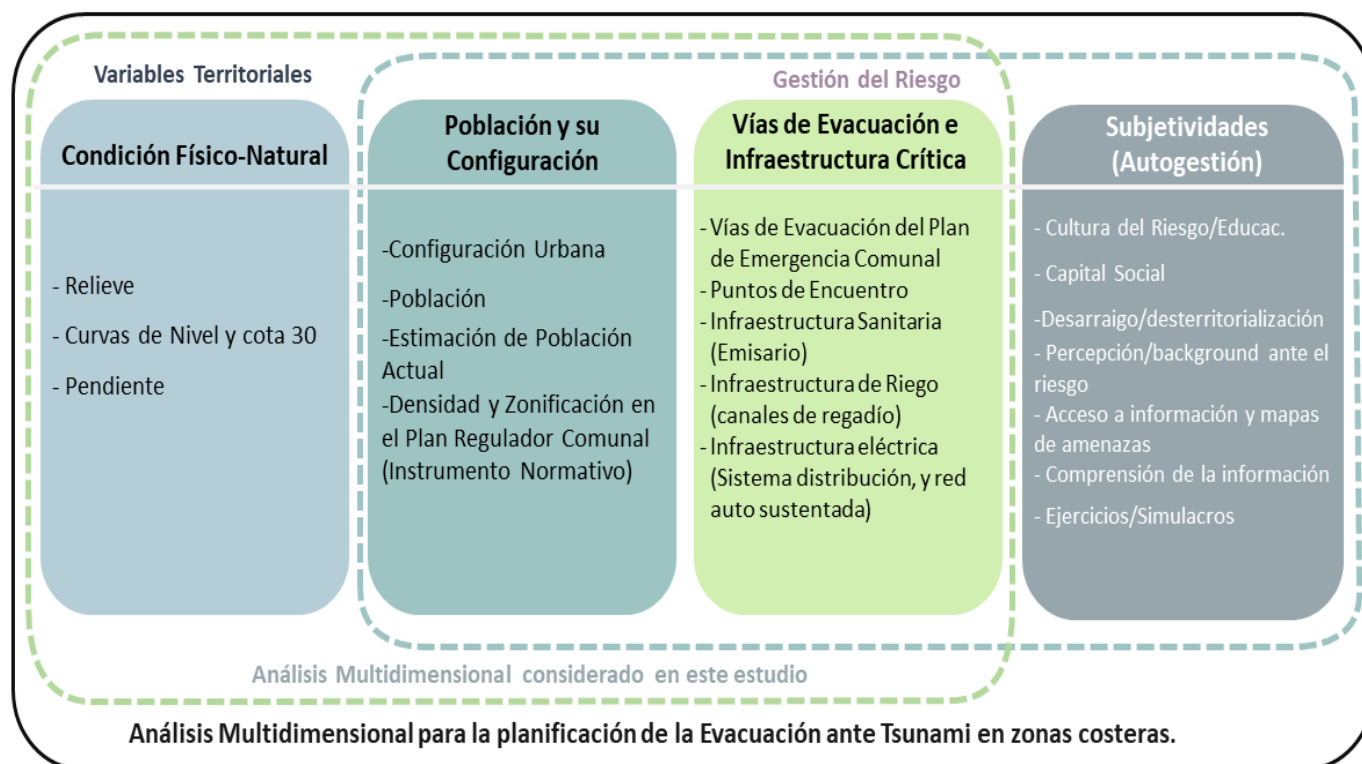
Figura 6: Ejemplo de modelación de escenarios de evacuación según cantidad y calidad de información



Fuente: Martínez et al. (2017) en Valoración de las Áreas de Riesgos por Tsunami y potencial de evacuación: Propuestas para la reducción del riesgo de desastres a escala local.

De acuerdo con los objetivos planteados, el foco principal de esta tesis, que son las vías de evacuación y las variables territoriales asociadas a la evacuación que puedan ser sistematizadas en un modelo multidimensional, como se observa de manera general en la Figura 7.

Figura 7: Esquema de las variables asociadas a la evacuación e infraestructura crítica por tsunami en un análisis territorial y multidimensional



Fuente: Elaboración Propia (2022).

3.2 Fases o procesos de la investigación

Para los Objetivos Específicos en este estudio, se procedió a trabajar mediante las tres fases siguientes:

Fase 1: Identificación de información clave, recopilación y análisis de variables territoriales mediante Sistemas de Información Geográfico.

Se centró en la obtención de información de aquellas variables territoriales importantes para el análisis, que conforman el sistema de relaciones para la evacuación; dentro de este tipo de información se encuentra la siguiente información:

- las vías de evacuación peatonales, provistas por el proyecto Minvu, 2018.
- las vías de evacuación del Plan de Emergencia Comunal de La Serena actualizado y aprobado por el Comité Comunal de Protección Civil en sesión ordinaria el 06 de diciembre del año 2018 (ONEMI, 2018) y vigente a la fecha de elaboración de este estudio.
- línea de seguridad planificada por el municipio,
- Información de ONEMI de la Cota 30 y, los puntos de encuentro.

- el mapa de amenaza, que se construyó a partir de varios escenarios de inundación por tsunami, abordados en el Estudio de Riesgos del Plan Regulador Comunal de La Serena, (2020),
- la población censal (2002 y 2017) y la población proyectada al 2022,
- la topografía costera y el entramado urbano consolidado y no consolidado asociado a esta planificación.

Estas variables fueron analizadas e integradas para obtener un diagnóstico de variables territoriales (ver figura 9 síntesis de la metodología y sus fases), y de manera conjunta, construir un mapa conceptual de estas relaciones, que intervienen en la dinámica de evacuación, tal como consultada a actores clave, como en la Municipalidad de La Serena, a la Asesora urbanista de la Secretaria Comunal de Planificación (SECPLAN), a la Jefa del Departamento de Reducción de Riesgos de desastres Municipal y finalmente al Director Regional de ONEMI, con el fin de detectar sus interacciones y visiones del funcionamiento de la evacuación en el mapa conceptual de la evacuación en esta fase de la metodología.

Cabe señalar que en cuanto a las proyecciones de población al 2022, se realizó una homologación a nivel de manzana de la información geoespacial de los censos 2002 y 2017, para luego hacer el cálculo de proyección aritmética en cada manzana de acuerdo con los censos disponibles.

Se realizó el mapeo de las edificaciones en altura, los existentes y los que están en proceso de edificación, utilizando la información de “permisos de edificación” del Instituto Nacional de Estadísticas (INE). El procesamiento de datos se realizó mediante herramientas SIG.

Para el desarrollar el mapa de pendientes, se consideró las curvas de nivel cada 1 metro, elaborada para el Proyecto PROTEGER COQUIMBO (2010). Éste se elaboró mediante la herramienta SIG “*slope*” o “*pendiente*”, generando un mapa de pendiente, clasificado en grados,

Este mapa es fundamental para poder aplicar los criterios de Moris et al. (2010), que adjudica una ponderación a la variable tiempo y velocidad de desplazamiento, según la pendiente, en la costa (Figura 8).

Finalmente, las condicionantes normativas del Plan Regulador Comunal de La Serena (2020) que tienen relación con las especificaciones de densidades y altura de edificación, se usó para proyectar la capacidad de carga de población permitida, de acuerdo con el instrumento normativo vigente

Figura 8: Rangos de Tiempo y Velocidades de desplazamiento según Pendientes

Pendientes (*)	Tiempo de Evacuación (Minutos)	Km/h	Riesgo	Criterio
<5,6°	10	4,48	Bajo	Una pendiente <5,6 implica una velocidad de desplazamiento mayor, que asegura llegar con prontitud y de manera holgada a una zona segura
5,6° - 8°	12	3,29	Medio Bajo	Una pendiente entre 5,6° - 8° implica una velocidad de desplazamiento, que asegura llegar con un tiempo adecuado a una zona segura
8° - 11,2	15	2,72	Medio	Este tipo de pendiente implica una velocidad de desplazamiento, que asegura llegar con un tiempo adecuado a una zona segura.
11,2°-14°	20	2,17	Alto	Este tipo de pendiente implica una velocidad de desplazamiento que dificulta el arribo a una zona segura.
>14°	30	1,12	Muy Alto	Una pendiente >14° implica una velocidad de desplazamiento menor que restringe y dificulta por el escarpe del relieve la llegada a una zona segura.

Fuente: Moris et al., (2010).

Considerando la longitud de cada vía y la velocidad de Moris et al. (2010), se obtuvo el “**tiempo**” estimado de desplazamiento, de acuerdo con la fórmula derivada de la velocidad (Esquema 1).

Esquema 1: Fórmula de tiempo de desplazamiento

$\text{Velocidad} = \frac{\text{Distancia}}{\text{Tiempo}}$	$\text{Distancia} = \text{Velocidad} * \text{Tiempo}$	$\text{Tiempo} = \frac{\text{Distancia}}{\text{Velocidad}}$
---	---	---

Fuente: (MINVU, 2017, P.53)

Fase 2: Trabajo de Campo y detección de barreras u obstrucciones

En esta etapa de la investigación, se validó la información recopilada en la fase 1. Las actividades realizadas fueron la observación, la constatación de información en las vías y registro del estado y condición actual e identificación de barreras, trabajo que es concordante con la clasificación de “**micro-vulnerabilidades urbanas**”, evaluación aplicada a las vías de evacuación en Iquique, por Álvarez et al. (2018). También se realizó el levantamiento de Ortomosaicos elaborados con Drones en las vías de evacuación formales, que se encuentran dentro de la planificación del plan de emergencia comunal de La Serena (ONEMI, 2018). A través del trabajo de campo, se obtuvo la siguiente información:

- la identificación del estado actual de cada vía, en cuanto a las condiciones de su equipamiento, como por ejemplo el estado de la luminaria, autosustentada en aquellas vías de evacuación peatonales (luminaria con paneles fotovoltaicos), tal como fueron entregadas originalmente;
- señalizaciones,
- presencia de microbasurales,
- espacios de rezago u obsolescencia,
- zanjas de canales de regadío que drenan hacia la costa y podrían obstaculizar alguna vía,
- el estado de las calles circundantes a las vías de evacuación, la vía férrea y la carretera Ruta 5 Norte, que corta la continuidad en la evacuación.

Todo lo anterior, para una planificación lo más ajustada posible a las condiciones costeras, considerando sus barreras y zonas críticas de acuerdo con lo que establece el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU et al., 2017).

Finalmente, en esta fase 2 se integró la información resultante en cada Fase con las imágenes aéreas procesadas como ortomosaicos de la vía de evacuación, como apoyo para la detección por medio de fotointerpretación y observación en campo, empíricamente constatar las brechas u obstáculos en cada vía. Cada aspecto observado, correspondió a una variable asociada para su posterior integración y análisis espacial con (SIG) Sistemas de Información Geográfica para la detección en la detección de zonas críticas para la evacuación en cada vía.

Fase 3: Obtención de una evaluación multidimensional y territorial.

En la etapa 3, se buscó relacionar todas las variables consideradas en la fase1, fase2 (Figura 9) con el trabajo de campo y evaluación de cada vía, rescatando la revisión bibliográfica las metodologías como las de Martínez et al. (2017); Álvarez et al. (2018) y Wang & Jia (2021), sobre las variables para una evaluación de evacuación ante tsunami. Finalmente, se desarrolló una matriz de sistematización de variables territoriales asociadas de esta investigación, la cual se ponderó de acuerdo con escenarios para una intervención con enfoque territorial.

Se desea obtener una propuesta territorial para la evacuación mediante análisis en Sistema de Información Geográfica, análisis de superposición ponderada o por peso de variables territoriales, cuya representación final podría ser un aporte a la gestión local del riesgo. Además, mediante diversos esquemas y sistematizaciones determinar ciertas dinámicas de convergencia en esta planificación de evacuación en La Serena que puede significar un complemento a la autoridad y profesionales involucrados en la emergencia a nivel local y también implicancias en escalas intermedias en la planificación urbana de los ministerios y servicios con efectos detonantes para una mejor gestión de riesgos de desastres.

En investigaciones relacionadas a la planificación de la evacuación (Scheer et al.,2012; Martínez et al.,2017; León et al.,2018), existe cierto consenso en referentes del tema, en cuanto a la complejidad metodológica, técnica y tecnológica para abordar estudios de modelaciones de evacuación, que reflejen adecuadamente el accionar humano, los posibles escenarios de tsunami y las condiciones territoriales relevantes. Algunas de las razones de esto, es el escaso y desigual acceso a la información, las limitadas capacidades de procesamiento numérico en instituciones públicas, la cantidad de variables implicadas y la complejidad de validación de los datos post evento.

Figura 9: Síntesis de la Metodología y sus Fases

Objetivo General: Evaluar las Vías de Evacuación e Infraestructura Crítica para la Gestión del Riesgo frente a Tsunami en la ciudad de La Serena.

	Recopilación de Información	Procedimiento	Producto
Objetivo Específico 1 Fase 1	<ul style="list-style-type: none"> -Línea de Seguridad (Municipalidad-ONEMI) -Mapa de Amenaza de Tsunami (Estudio de Riesgos del Plan Regulador Comunal de La Serena, 2020) -Vías de Evacuación Peatonales (Proyecto MINVU, 2018) -Vías de Evacuación Plan de Emergencia Comunal (2018) -Infraestructura Vial y Ejes Estructurantes (Municipalidad de La Serena - MOP) -Infraestructura de Energía – Luminarias -Infraestructura de Riego – Canales de Regadío -Vía Férrea para transporte de carga -Población (Censo, 2017) Proyecciones 2022 (Permisos Edif. INE) -Curvas de Nivel y Pendientes (de acuerdo a Moris et al.2010) -PRC La Serena (2020) Uso de Suelo (configuración urbana) -PRC La Serena (2020) Densidad (Población) y Altura de Edificación 	<p>Análisis Territorial de Variables Asociadas (SIG)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Diagnóstico de Variables Territoriales Mapas Temáticos Mapa Conceptual y Territorial
Objetivo Específico 2 Fase 2	<ul style="list-style-type: none"> - Ortomosaicos con Drone de Vías de Evacuación (Estado) - Vía Férrea y Carretera Ruta 5 Norte - Trabajo de campo, evaluación de variables. - Tiempos de evacuación y tiempo de recorrido (empírico). - Ponderación tiempo y velocidad de desplazamiento según pendiente (Moris et al. 2010). 	<p>Imágenes aéreas y observación de campo (variables V1, V2, V3, V4, V5, V6...)</p> <p>Mapas Análisis Territorial de Variables (SIG)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Zonificación Identificación de áreas con distintos niveles de criticidad en vías. -Detección de Barreras para la Evacuación
Objetivo Específico 3 Fase 3	<ul style="list-style-type: none"> -Antecedentes Bibliográficos -Sistematización de Variables Territoriales -Complementos y de Contraste 	<p>Análisis Multicriterio de variables, analizadas y barreras</p> <p>Mapa Integrado</p>	<p>Matriz de Sistematización de variables territoriales multi dimensión Metodología Territorial para la Evaluación de la Evacuación</p>

Fuente: Elaboración Propia, en base a Martínez et al. (2017) y Martínez et al. (2020).

Por tanto, en este estudio y metodología, se investigó las relaciones territoriales asociadas a la evacuación y así aportar desde este enfoque simplificado, a una planificación multidimensional en la evacuación, con aspectos territoriales y espaciales que puedan facilitar por medio de una mirada geográfica y espacial la gestión de riesgos de desastres a nivel local (Figura 9).

Los programas computacionales y materiales para el desarrollo de las fases serán:

Para Procesamiento:

- SIG: Se utilizará el Sistema de información Geográfico ArcGis de Esri versión 10.8.2.
- Ortomosaico: Se procesarán las imágenes de Drone mediante software licenciado DroneDeploy y/o Pix4d
- Mapa de Pendiente: La herramienta Spatial Analyst, con la función Topo to Raster y Slope.
- Edición y diseño gráfico, infografías, esquemas y fotografías Corel Draw Graphics Suite.
- Documentos y Presentaciones: Microsoft office Excel, Word y Powerpoint.

Para Terreno:

- Planimetría Impresa de las vías de evacuación en formato ampliado (tamaño A0).
- GPS Trimble Juno 3B.
- Cámara Go Pro
- Drone modelo Phantom 4 Pro.

Capítulo IV. Resultados

4.1 Variables Territoriales relacionadas a la infraestructura crítica para la evacuación costera en la ciudad de La Serena

A.-Variable Físico Natural (Topografía)

En la costa de La Serena, específicamente el área donde se encuentran las vías de evacuación por tsunami, se identifican distintos rangos de pendientes, no obstante, corresponde a una extensa terraza marina baja (Paskoff, 1970); se reconocieron distintos niveles de pendientes en cada vía de evacuación, desde la costa hasta la zona terminal, en la línea segura planificada.

El mapa de pendiente se categorizó de acuerdo con los rangos utilizados por Moris et al. (2010) y sugeridos en la “Guía de Referencia para Sistemas de Evacuación Comunes por Tsunami” un Manual Práctico de Planificación e Implementación de MINVU (2017, p.85), de acuerdo con la clasificación sugerida de velocidades de desplazamiento según la pendiente. En éste, los menores rangos de pendiente implican una velocidad de desplazamiento mayor, permitiendo llegar de mejor manera a una zona segura, y los rangos de pendientes mayores implican una velocidad de desplazamiento menor y una dificultad para llegar a una zona segura.

Con esta clasificación, se realizó la estimación de distancia y tiempo de desplazamiento en toda la extensión de cada vía de evacuación en La Serena (11 vías), resultando que, el tiempo de desplazamiento total supera los 20 minutos para recorrer la totalidad de estos corredores, desde la costa hasta la zona segura (proyectada). Las distancias fluctúan entre 1,5 y 2,3 kilómetros de longitud en todas las vías (Figuras 10 y 11).

Cabe señalar también, que el cálculo se basó en la categorización de pendiente y velocidad, convertida a metros/ segundos (Esquema 2), teniendo la longitud de cada tramo de la vía para así obtener el tiempo de desplazamiento, considerando la pendiente y la categorización de ésta, según Moris et al. (2010).

Fórmula para estimar desplazamiento:

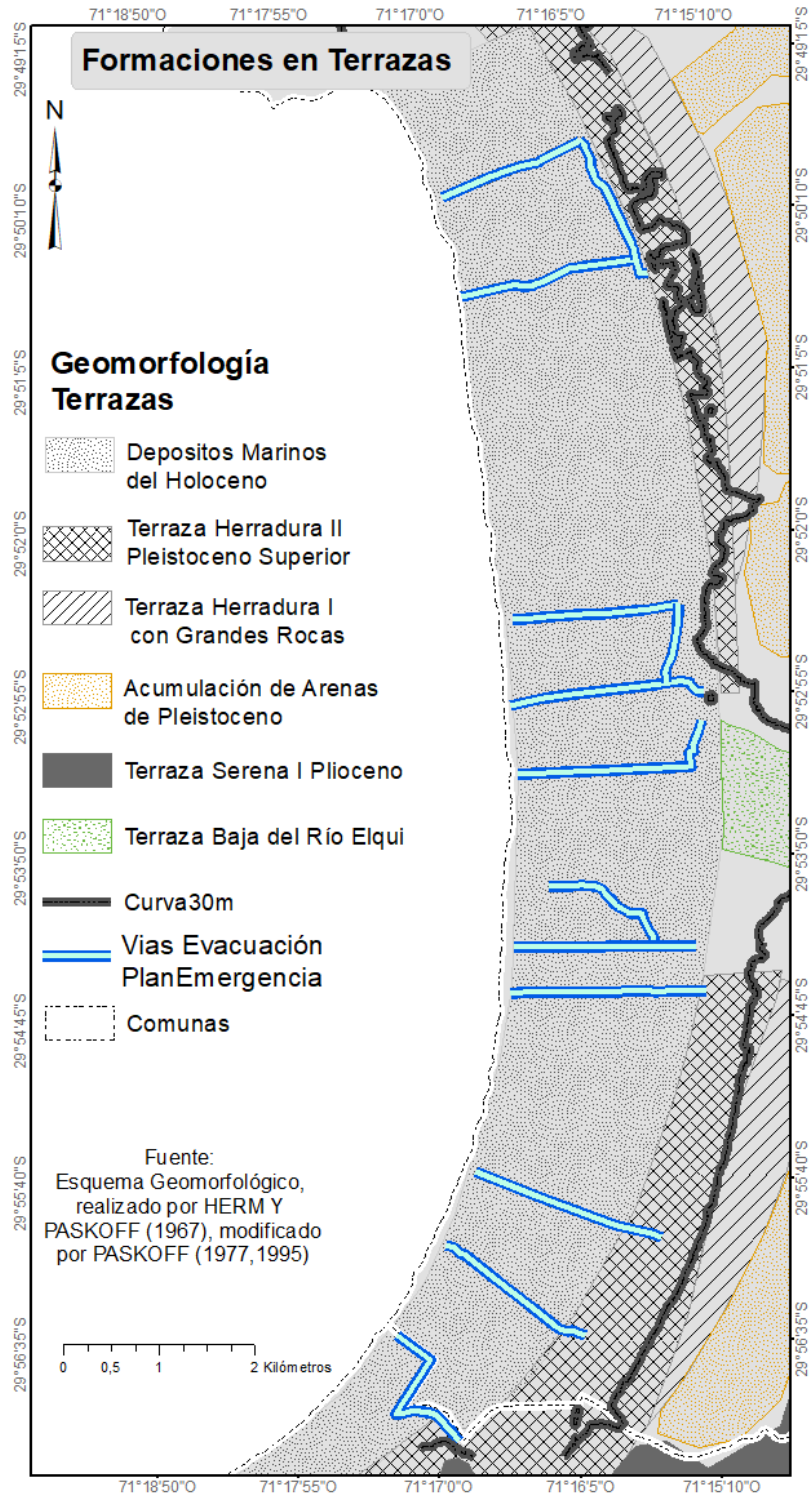
Tiempo = Distancia (Longitud en metros) / Velocidad (Moris et al.,2010)

Esquema 2: Ejemplo de Cálculo en una Vía N°4 San Pedro

1.982,85 m	19,07 m	15,04 m	16,93 m	43,85 m	
1,24 m/seg	0,91 m/seg	0,75 m/seg	0,6 m/seg	0,31 m/seg	Velocidad de Desplazamiento según pendiente de Moris et al. (2010)
< 5,6°	5,6°-8°	8,1°-11,2°	11,3°-14°	>14°	
1.599,08 seg	20,96 seg	20,05 seg	28,21 seg	141,45 seg	
26,65 min	0,35 min	0,33 min	0,47 min	2,36 min	
Total 2.077,74 metros en 30,16 minutos					

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Figura 10: Naturaleza geológica y geomorfológica del área de estudio



Fuentes: Esquemas de terrazas marinas, según Paskoff (1977,1995))

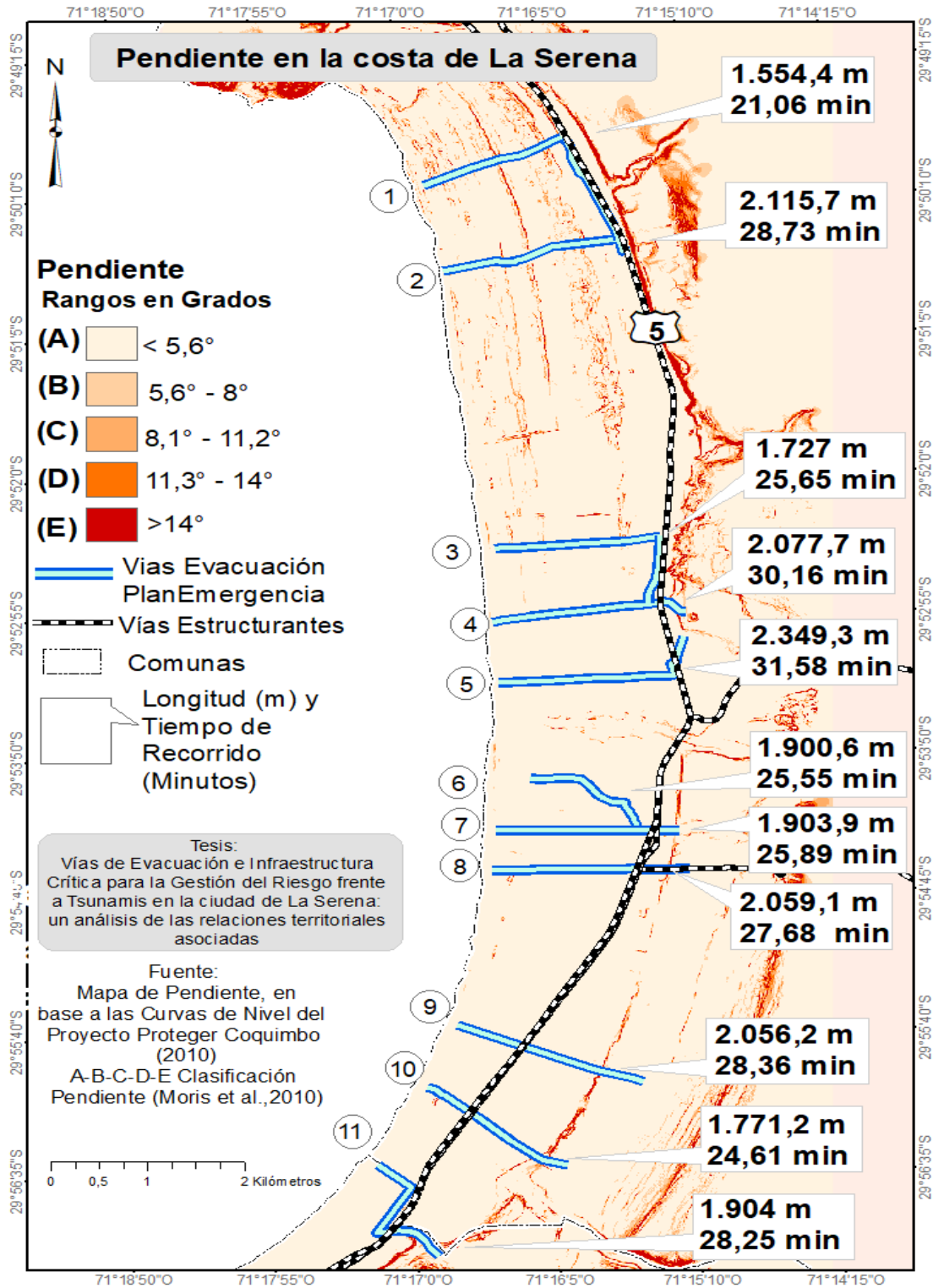
Como lo señalan diversos autores, la costa de La Serena (Soto et al.,2015), se configura geomorfológicamente en terrazas marinas, y sobre todo el área de estudio en donde se encuentran emplazadas las vías de evacuación, corresponde a la terraza marina más baja, también denominada “Nivel de Vega”, según Paskoff (1970).

En el mapa de la figura 10, se distinguen las vías de evacuación en la clasificación de terrazas marinas “Depósitos Marinos del Holoceno”, y las zonas terminales en las 4 vías de evacuación al sur del área de estudio, se alcanzan a insertar en la siguiente terraza denominada “Terraza Herradura II, Pleistoceno Superior”, cuya altitud alcanzaría los 20 a 30 m.s.n.m. Sin embargo, la diferenciación de niveles se debe desarrollar con mayor precisión y relacionar a la pendiente, que es la siguiente variable para abordar y utilizar para dimensionar, velocidades y distancias de estas vías de evacuación.

En la Figura 11 y en la Tabla 1, se puede determinar que las vías correspondientes a las calles 02) Av. El Jardín, 04) San Pedro y 5) Rodillo, presentan las mayores extensiones de longitud desde la línea de costa hasta una zona segura de inundación, y también, los mayores márgenes de tiempo de desplazamiento para llegar a una zona segura. La aproximación anterior, permite dimensionar el tiempo de acuerdo a la componente física del relieve, sin embargo, existen otras dimensiones que complejizan el cumplimiento de estos márgenes de tiempo, como son los obstáculos, en cuanto los ejes viales estructurantes como es la Ruta 5 y caletería asociada, que intersectan a todas las vías de evacuación, además las condiciones del tipo de carpeta, la presencia de cierres irregulares, entre otras barreras, finalmente, alteran el tiempo para el arribo a una zona de seguridad.

Sólo en función al relieve, se constata que existe un margen de tiempo importante para poder salir de la zona bajo amenaza de inundación por tsunamis, sobre todo ante un terremoto de gran intensidad y cuyo foco sea cercano a la costa, con un margen de tiempo reducido para la respuesta de las personas que habitan la zona urbana y visitan el borde costero de La Serena.

Figura 11: Mapa de Pendiente y relación con Velocidades de Desplazamiento



Fuentes: Elaboración propia en base a Curvas de nivel de Proteger Coquimbo (2010)

Tabla 1: Cálculo de tiempo en función a velocidad y pendiente en las 11 vías de evacuación por tsunami

Vía	Estimaciones en función a la Pendiente										
	Tramo A (<5, 6°) V (4,48 km/h ó 1,24 m/s)		Tramo B (5, 6°-8°) V (3,29 km/h ó 0,91 m/s)		Tramo C (8, 1°-11, 2°) V (2,72 km/h ó 0,75 m/s)		Tramo D (11, 3°-14°) V (2,17 km/h ó 0,6 m/s)		Tramo E (>14°) V (1,12 km/h ó 0,31 m/s)		Total, a recorrer
	Long (m)	Tiempo s-min	Long (m)	Tiempo s-min	Long (m)	Tiempo s-min	Long (m)	Tiempo s-min	Long (m)	Tiempo s-min	
1	1519,6	1225,48 (20,4 min)	26,57	29,20 (0,48 min)	6,1	8,13 (0,13 min)	2,14	3,58 (0,05 min)			1.554,41 m en 21,06 min
2	2091,48	1686,68 (28,11 min)	16,26	17,87 (0,29 min)			4	6,66 (0,11 min)	4	12,91 (0,22 min)	2.115,74 m en 28,73 min
3	1472,07	1187,15 (19,78 min)	62,37	68,53 (1,14 min)	118,26	157,68 (2,63 min)	73,01	121,69 (2,03 min)	1,32	4,26 (0,07 min)	1.727,03 m en 25,65 min
4	1982,85	1599,08 (26,65 min)	19,07	20,96 (0,35 min)	15,04	20,05 (0,33 min)	16,93	28,21 (0,47 min)	43,85	141,45 (2,36 min)	2.077,74 m en 30,16 min
5	2349,34	1894,63 (31,58 min)									2.349,34 m en 31,58 min
6	1900,67	1532,79 (25,55 min)									1900,67 m en 25,55 min
7	1903,89	1535,39 (25,89 min)									1.903,89 m en 25,89 min
8	2059,14	1660,59 (27,68 min)									2.059,14 m en 27,68 min
9	1963,25	1583,26 (26,39 min)	54,17	59,53 (0,99 min)	32,51	43,35 (0,72 min)	3,16	5,26 (0,08 min)	3,13	10,10 (0,17 min)	2.056,22 m en 28,36 min
10	1745,22	1407,44 (23,46 min)	3,39	3,73 (0,06 min)	2,05	2,73 (0,04 min)	2,28	3,79 (0,06 min)	18,27	58,93 (0,98 min)	1.771,22 m en 24,61 min
11	1686,94	1360,44 (22,67 min)	88,88	97,67 (1,63 min)	60,36	80,48 (1,34 min)	40,09	66,82 (1,11 min)	27,75	89,51 (1,49 min)	1.904,03 m en 28,25 min

Fuente: Elaboración Propia en base a la categorización de velocidades de desplazamiento según pendiente de Moris et al. (2010) y en MINVU (2017, p.85).

Cabe señalar que las 11 vías de evacuación estudiadas que se emplazan desde la costa hasta una zona segura de acuerdo con el Plan de Emergencia Comunal en La Serena son:

- | | | |
|----------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Av. Campo de Golf | 5. Rodillo (Camping Maki Pavi) | 9. Av. Cuatro Esquinas |
| 2. Av. El Jardín | 6. Av. Parque Puertas del Mar | 10. Los Lúcumos |
| 3. Los Corsarios | 7. Av. Francisco de Aguirre | 11. Canto del Agua – Regimiento Arica |
| 4. San Pedro | 8. Amunategui | |

B.-Variable de Población Actual relacionada a la Evacuación por Tsunami

Se consideró la información censal del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) de los años 2002 y 2017, que muestra la información con el nivel de desagregación por manzana urbana (Figura 12). Se presentan ambas gráficas de estos años, para contrastar la diferenciación de sectores y determinar las ocupaciones urbanas costeras actuales más relevantes.

De esta información se desprende con mayor detalle el aumento de la ocupación y crecimiento de la población, surgiendo en el año 2017, nuevas urbanizaciones con rangos altos de población en los sectores denominados “Puertas del Mar y Sector El Faro” cercanos al eje de la Avenida Francisco de Aguirre. Estos sectores contienen a las vías de evacuación N°7, como también un aumento de población en las construcciones en primera y segunda línea de la costa, cercano a la Avenida del Mar eje turístico costero de la ciudad.

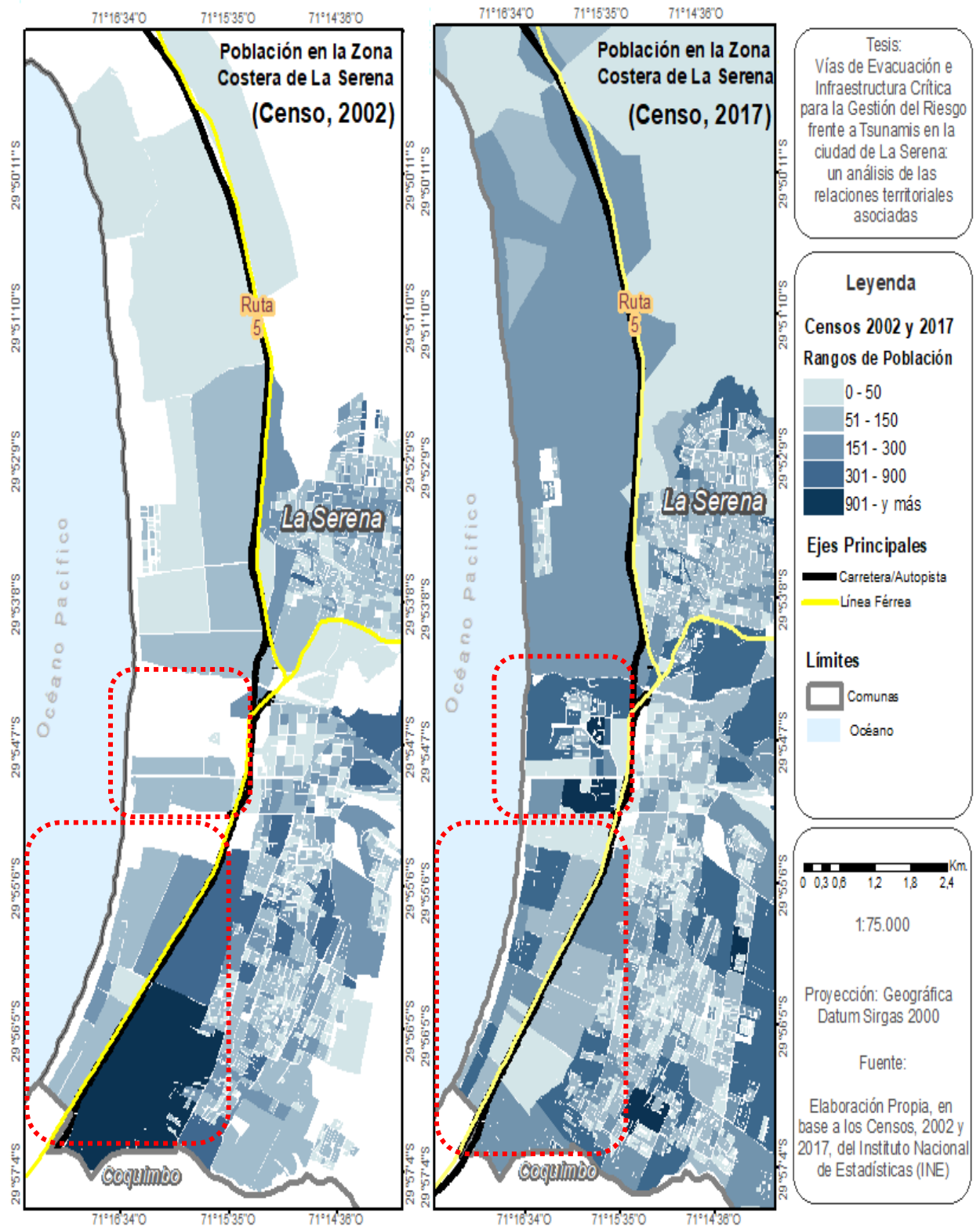
Considerando a la Avenida del Mar, como una obra vial detonante de urbanización y servicios turísticos en el territorio desde su implementación y ha perdurado su impacto en el tiempo.

“gran parte del desarrollo inmobiliario del borde costero se ha visto potenciado por la construcción de la Avenida del Mar en La Serena ... Esta iniciativa fue un importante motor para la llegada de inversiones en vivienda y ocio a dicha zona” (Hidalgo et al.,2009).

A continuación, además del mapa con los censos 2002 y 2017, se agrega un mapa con cifras más actuales de población (2022), para ello fue preciso considerar otros antecedentes proporcionados por la misma entidad estadística (INE), como los registros de los permisos de edificación¹ y los registros de los certificados de recepción final de los años (2011 al 2022), para poder obtener una aproximación más certera de la cantidad de habitantes actual en la costa (Figura 13).

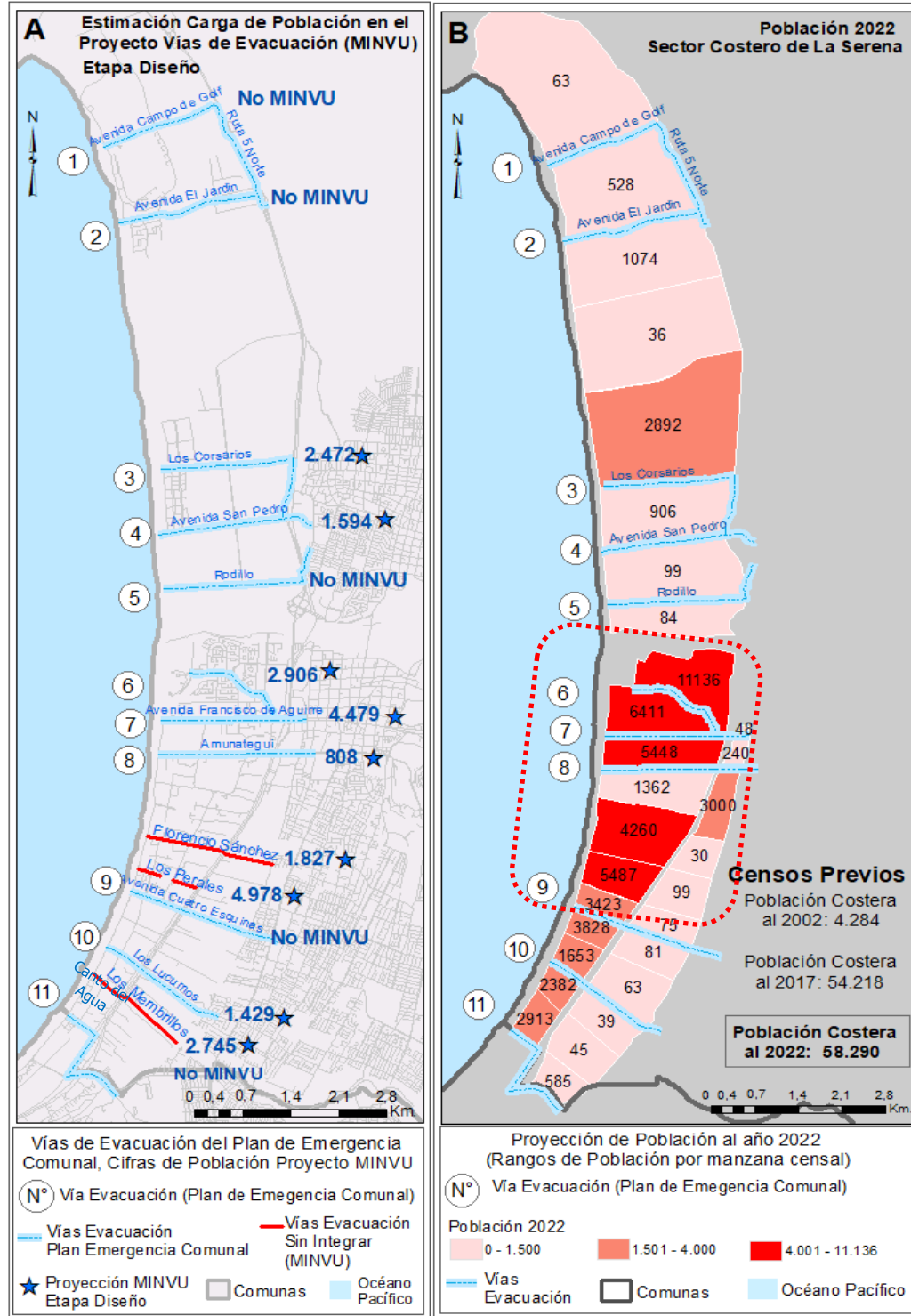
¹ El Instituto Nacional de Estadísticas (INE) tiene una sección de Economía en donde entrega información referente a construcciones y edificaciones. Disponible en <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/economia/edificacion-y-construccion>

Figura 12. Población según Censos 2002 y 2017



Fuente: Elaboración Propia, en base a los Censos 2002 y 2017 (INE).

Figura 13. Población: Proyecto MINVU y Población Actual Estimada (2022)



Fuente: Elaboración Propia en base a (A) información del Banco Integrado de Proyectos (BIP), proveniente del Gobierno Regional de Coquimbo (2022) y (B) Población 2022 en base a fotointerpretación y registros de permisos de edificación y certificados de recepción final del INE (2011 al 2022).

En la figura 13 y 14, se presenta un contraste en cuanto a la proyección de población considerada en el proyecto MINVU “Vías de evacuación” del año 2017, que se estimó para la etapa de diseño de construcción de las vías de evacuación peatonales en La Serena. En la Vía N°6 Avenida Puertas del Mar, la cantidad de población estimada a beneficiarse por esta vía, en el diseño de esta iniciativa, era de 2.906 habitantes y la población actual estimada para el año 2022 localizada de manera contigua, al norte de la vía de evacuación N°6, asciende a los 11.136 habitantes.

Similar situación se aprecia con las proyecciones de población de las vías N°7 y N°8, aun cuando por la forma del entramado urbano en el sector de Puertas del Mar, se presenta de manera oblicua, desembocando gran parte de sus ejes viales en la Avenida Francisco de Aguirre, que es considerada vía de evacuación tanto peatonal como vehicular y que, concentraría gran parte de la población de todo el sector denominado “Sector Puertas del Mar” y “Sector El Faro-Avenida Francisco de Aguirre”. De esta forma, este sector es un foco de densidad de población importante en la costa de La Serena, conteniendo alrededor de 23.000 habitantes expuestos en una zona potencialmente inundable por tsunami y que requiere de corredores alternativos a la vía n°7 altamente congestionada, para dirigirse hacia una zona segura (Figura 14).

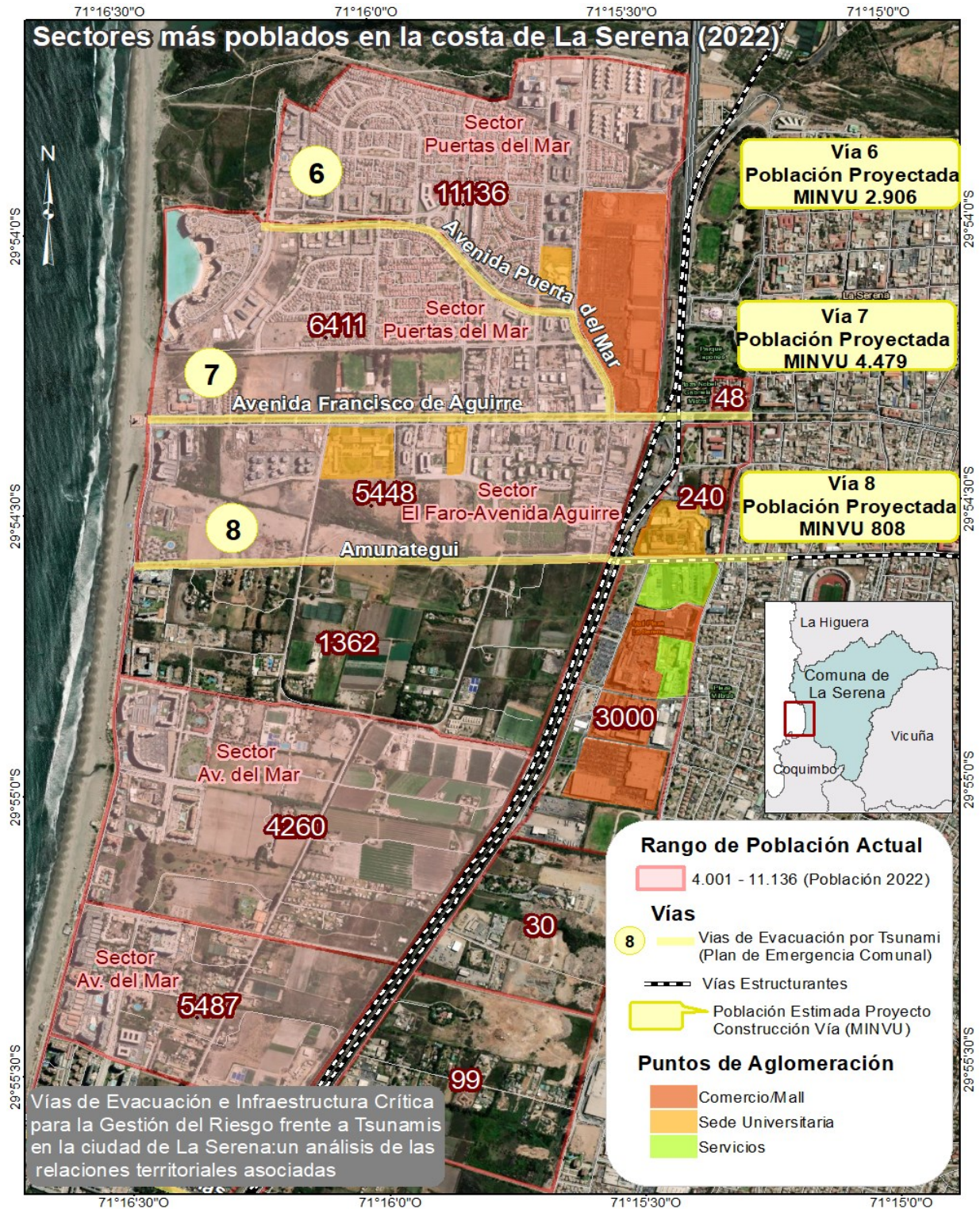
Es importante además tener una aproximación de la cifra actual de población en la zona costera de la comuna de La Serena, que alcanzaría los 58.290 habitantes, de acuerdo con la información de certificados de recepción final y permisos de edificación del INE entre los años 2010 al 2022. Esta información fue validada por la fotointerpretación de viviendas realizada (Figuras 13 y 14).

Esta cifra de población costera en la ciudad de La Serena, expuesta en zonas inundables (58.290 habitantes), contrasta con las estimaciones de población recientes, como por ejemplo, las estimaciones del último informe del Sistema de Indicadores y Estándares de Desarrollo Urbano (SIEDU, 2019), elaborado por el Consejo Nacional de Desarrollo Urbano (CNDU) y el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), que plantea que en la Comuna de La Serena, unas 24.169 personas se encuentran viviendo expuestas a inundación por tsunami (11,2%).

La Serena, es una de las cinco ciudades a nivel nacional, con más personas expuestas a inundaciones por tsunamis. Las otras ciudades son Talcahuano con 66.635 habitantes (43,8%), Iquique 59.314 (30,7%), Arica con 50.298 (24%) y Viña del Mar (10,8%) con 36.699 habitantes (Diario el Día, 2021b).

En esta tesis se realizó un trabajo de actualización de la variable de población, de acuerdo con las estimaciones realizadas de población costera en La Serena expuesta a tsunami (58.290 habitantes), el porcentaje alcanzaría el 24,2% de la población de la comuna (población total en la comuna de La Serena al 2022 se estima en 241.346 habitantes).

Figura 14: Zonas Críticas con mayor población en el sector costero (2022)



Fuente: Elaboración Propia , estimación de Población 2022 en base a fotointerpretación y Permisos de Edificación y Certificados de Recepción Final del INE (2011 al 2022).

Lo anterior de acuerdo a cifras censales y registros estadísticos, que pueden reflejar una tendencia, sin embargo, el número de habitantes puede ser aún mayor, por una condición de informalidad y hacinamiento en hogares y predios (El Observatorio, 2022), sobre todo en el sector de Puertas del Mar (Figura 14).

Esto podría estar asociado al crecimiento de la población migrante en situación formal e informal, que se ha situado en la ciudad costera, próximos al sector céntrico de la ciudad, debido a la cercanía a servicios y equipamientos educacionales y de salud. El “Sector de Puertas del Mar”, presenta una alta densidad en su ocupación respecto a otros sectores costeros de La Serena y se podría explicar por el acceso directo a la costa y la posibilidad de búsqueda de nuevas oportunidades y mejor calidad de vida.

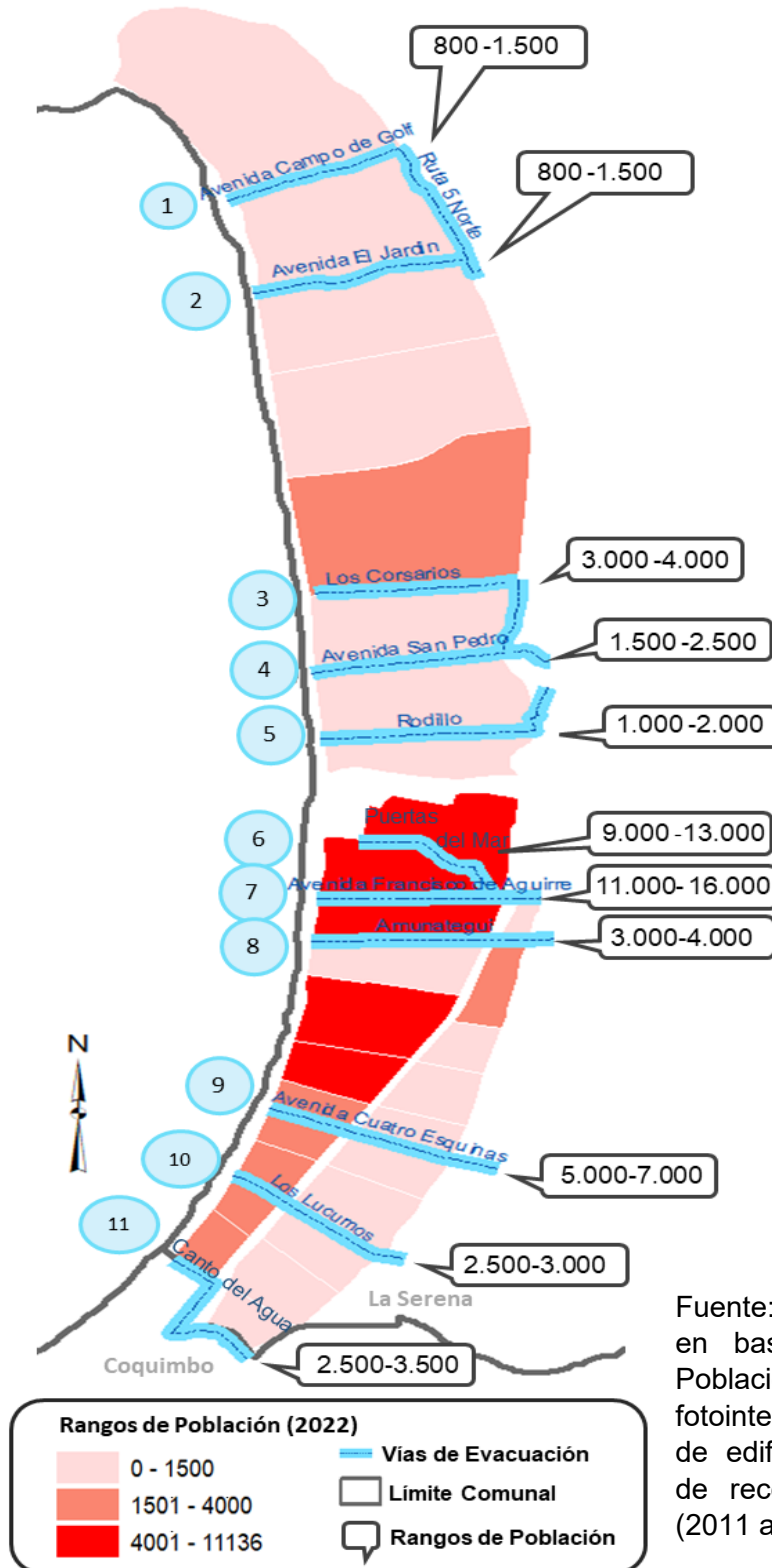
De acuerdo con las cifras de población estimada para el año 2022, en función a la cantidad de viviendas contabilizadas en el área bajo amenaza de inundación por tsunami y dado que, una parte importante de su población debe evacuar, es más, se debe entregar garantías de seguridad a toda la población, sólo considerando la cantidad de residentes, se realizan nuevas estimaciones por cada corredor establecido en el Plan Comunal Específico de Evacuación por Tsunami. En el supuesto de que debe distribuir el total de población residente, podría estimarse un margen superior a las estimaciones conocidas (Tabla 2 y Figura 15) y que se estimaron en la etapa de Diseño del proyecto “Construcción Vías de Evacuación Zona Costera La Serena Coquimbo”, en el año 2014 (código del Banco Integrado de Proyectos 30106198-0).

Tabla 2: Estimación de Población en Vías de Evacuación

Vías de Evacuación (Plan de Emergencia Comunal)	(Estimación 2022) Rangos de Población
1. Av. Campo de Golf	800-1.500
2. Av. El Jardín	800-1.500
3. Los Corsarios	3.000-4.000
4. San Pedro	1.500-2.500
5. Rodillo (Camping Maki Pavi)	1.000-2.000
6. Av. Parque Puertas del Mar	9.000-13.000
7. Av. Francisco de Aguirre	11.000-16.000
8. Amunategui	3.000-4.000
9. Av. Cuatro Esquinas	5.000-7.000
10. Los Lúcumos	2.500-3.000
11. Canto del Agua – Regimiento Arica	2.500-3.500

Fuente: Elaboración Propia , estimación de Población 2022 en base a fotointerpretación y Permisos de Edificación y Certificados de Recepción Final del INE (2011 al 2022).

Figura 15: Distribución de Población (2022) en las vías de evacuación del Plan de Emergencia Comunal y el mapa específico de evacuación



Fuente: Elaboración Propia, en base a estimación de Población 2022 mediante fotointerpretación y permisos de edificación y certificados de recepción final del INE (2011 al 2022).

C.-Variable de Población en el Plan Regulador Comunal de La Serena (PRC, 2020)

El crecimiento de la urbanización costera no es un proceso que se haya gestado de forma azarosa, la inserción de las inmobiliarias y la forma en la que se ha dispuesto la población en el territorio es un proceso que está relacionado a los instrumentos de planificación territorial, a las disposiciones normativas respecto a los usos y forma de ocupación de estos espacios (Ortiz et al.,2013; Castro et al.,2021), tanto en los planes reguladores pasados, como también el Plan Regulador Comunal Vigente.

Para el caso de la variable de población y su proyección regulada por la planificación territorial, se examinarán los usos y las especificaciones normativas respecto a la “densidad bruta máxima”, la “altura máxima de edificación” y otras dimensiones relacionadas (Tabla 3) que llevan a determinar la capacidad de carga de personas en áreas determinadas en el borde costero de La Serena, de acuerdo con cada zona del Plan Regulador Comunal de La Serena (2020).

Tabla 3: Zonas y Densidades en el borde costero de La Serena, de acuerdo con el Plan Regulador Comunal de La Serena (2020) *

Zonas PRC	Normas urbanísticas				Calculo Área costera	
	Densidad Bruta Máxima	Altura Máxima de Edificación	Cantidad de Pisos Estimada	Subdivisión Predial Mínima	Área existente (ha)	Capacidad de carga personas
ZU-6A	48 hab/ha	9 metros	3 pisos	2.000 m2	1.135,67	51.885
ZU-7	600 hab/ha	26,4 metros	8 pisos	800 m2	407,14	231.209
ZU-1A	450 hab/ha	13 metros	4 pisos	200 m2	153,61	69.128
ZU-14D	no tiene	9 metros	2 pisos	2.500 m2	130,58	0
ZU-18	300 hab/ha	14 metros	4 pisos	1.000 m2	124,87	32.946
ZU-13	no tiene	18 metros	5 pisos	1.000 m2	87,65	0
ZU-14A	no tiene	9 metros	2 pisos	10.000 m2	61,03	0
ZU-10A	no tiene	22 metros	6 pisos	1.000 m2	59,05	0
ZU-1-B	450 hab/ha	11 metros	3 pisos	200 m2	38,98	17.545
ZU-20	350 hab/ha	14 metros	4 pisos	2.500 m2	39,65	6.479
ZU-7A	450 hab/ha	13 metros	4 pisos	200 m2	15,89	9.537
ZU-3	500 ha/ha	13 metros	4 pisos	200 m2	2,04	1.020
ZU-11	no tiene	14 metros	4 pisos	2.500 m2	1,36	0
Total, Personas						419.749

Fuente: Elaboración Propia (2022).

*En anexo se encuentra en el glosario la definición de las distintas zonas del Plan Regulador Comunal de La Serena en la zona costera (PRC).

Con los datos analizados, se pudo estimar la población total permitida de acuerdo con las disposiciones normativas, considerando relevante el coeficiente urbanístico de la “**densidad bruta**”, ya que en el instrumento (PRC La Serena, 2020), en la densidad, establece la cantidad de habitantes por hectárea y teniendo los polígonos de cada zona, estimando sus dimensiones en hectáreas, se pudo cuantificar con una simple multiplicación la cantidad de población máxima permitida de acuerdo a la densidad bruta máxima, coeficiente que corresponde a la urbanización interior (sin calles, ni áreas verdes, entre otros).

En este punto, se debe considerar que los urbanistas deben hacer calzar todos los otros coeficientes urbanísticos (altura máxima de edificación, subdivisión, ocupación, constructibilidad, entre otros) para calzar y cumplir con la densidad bruta permitida en el plan regulador, pudiendo ser espacios con muchas viviendas aisladas con áreas verdes disponibles, o bien construcciones en altura, ambas opciones corresponden a formas de hacer ciudad. Sin embargo, los actores en el territorio, particulares, empresarios o promotores inmobiliarios, deben cumplir con las condiciones urbanísticas como la densidad bruta.

De acuerdo con lo anterior, se establecieron ciertos patrones de ciudad, condicionados por estos coeficientes urbanísticos, dados por la normativa en la costa de La Serena claramente identificables y son los siguientes:

A) Franja primaria costera en altura densa (zona ZU-7)

La primera franja costera, se encuentra determinada en el Plan Regulador Comunal de La Serena (2020), como la zona “ZU-7” que contiene unas 407,1 hectáreas (18% del área de estudio) en la costa desde la primera línea desde la costa hasta la calle Av. Pacífico, de acuerdo con la densidad bruta máxima permitida, corresponde a 600 habitantes por hectárea, resultando un total de 231.209 personas permitidas de acuerdo con la densidad (Figura 16)

Si se proyecta un máximo de población, cumpliendo con las disposiciones de este instrumento, de acuerdo con una altura máxima de edificación en la ZU-7 de 26,4 metros y subdivisión predial extensa de 800 m², además del valor del suelo en el sector, se están dando las condiciones para la instalación de conjuntos habitacionales o condominios con edificaciones en altura en la primera línea de la costa (Figura 16 zonificación en altura en la zona ZU-7 en La Serena).

Figura 16: Zonificación en Altura en la Zona ZU-7



Fuente: Elaboración Propia (2018)

En la figura 16, se puede apreciar la franja en altura correspondiente a la zona ZU-7, corresponde a los sectores que mayor población permitida de acuerdo con las restricciones de densidad. Es decir, desde hace unos años ha existido un crecimiento de población en la zona costera y el Plan Regulador Comunal vigente, propiciaría por medio de sus coeficientes urbanísticos, el poblamiento en la franja costera, sobre todo en la zona norte del Río Elqui y al norte de Caleta San Pedro, un sector que se encuentra expuesto a amenazas y ha sido estudiado por Soto et al. (2015, 2017) y Castro et al. (2021).

B) Franja secundaria disgregada (zona ZU-6A)

En esta franja que se encuentra consecutivamente a la zona anterior (ZU-7), en una zona extensa en el borde costero, en la terraza baja del área de estudio expuesto a amenaza de tsunami, con una superficie de 1.135,6 hectáreas totales (50,3% del área de estudio) y con una subdivisión predial mínima de 2.000 m², una densidad bruta máxima de 48 habitantes por hectárea y altura máxima de edificación de 9 metros.

Estos son coeficientes restrictivos para un diseño urbano con un poblamiento con unidades de vivienda, más bien mantiene los grandes paños de parcelas existentes, condominios en una altura mucho más moderada que la zona ZU-7, apropiado para hoteles y cabañas (hospedaje) y equipamientos deportivos de pequeña y mediana escala.

C) Núcleo Peri céntrico concentrado (zona ZU-1A)

Este sector se ubica al sur del Río Elqui y corresponde a un núcleo urbano cercano al casco histórico de la ciudad de La Serena y Humedal Desembocadura del Río Elqui (Figura 17), con alto dinamismo por la conectividad vial y presencia de equipamientos educacionales, tiene una densidad bruta máxima de 450 habitantes por hectárea, superior a la ZU-6A e inferior a la ZU-7, con una superficie total de 153,61 hectáreas (7% del área de estudio), permitiendo un total de 69.128 habitantes totales en esta zona.

Con una subdivisión predial mínima de 200 m² y una altura máxima de edificación de 13 metros. Presenta condiciones normativas, aptas para zonas residenciales y condominios de altura moderada, en un área que antes de la actualización del Plan Regulador Comunal, ya se encontraba con diversos promotores inmobiliarios desarrollando proyectos que fueron absorbiendo superficie al sector de la Desembocadura del Río Elqui, lugar de alto valor ecológico, reconocido como Humedal Urbano, según Resolución (e) N°833 del 5 de agosto de 2022.

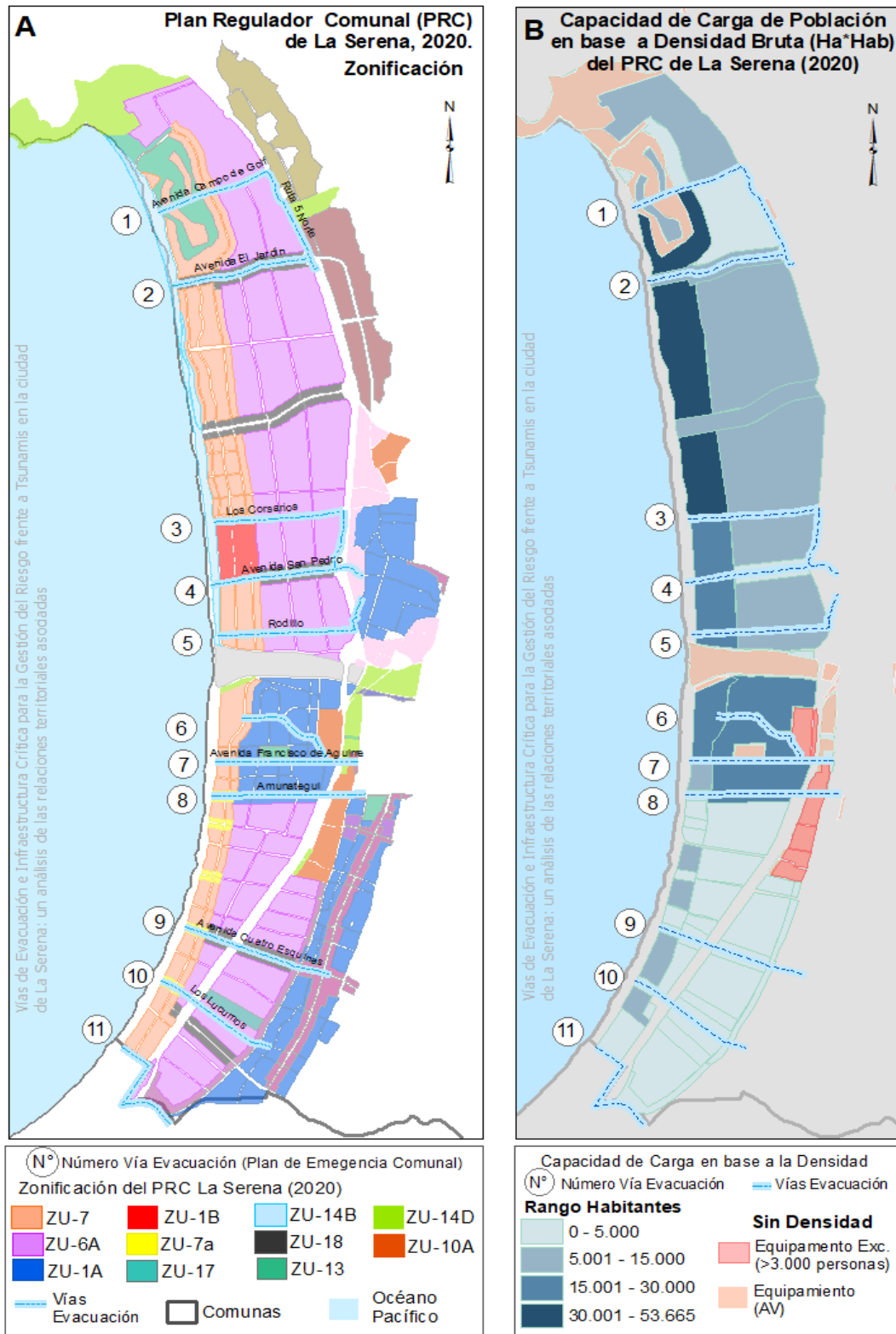
Figura 17: Sector urbano aledaño al Humedal Urbano Desembocadura Río Elqui



Fuente: Elaboración Propia (2021)

Cabe señalar que, en el Plan Regulador Comunal, existen zonas que son exclusivas de industrias y/o equipamientos y estas no estiman densidad bruta máxima; allí se estiman la cantidad de población de acuerdo con los aforos permitidos y estacionamientos total existentes (Figura 18).

Figura 18: Usos, Densidad Bruta y Capacidad de Población, de acuerdo con el Plan Regulador Comunal de La Serena (2020)



Fuente A y B: Elaboración propia en base a Plan Regulador Comunal de La Serena (2020).

**Ver Usos en la Zona Costera del Plan Regulador Comunal de La Serena en Anexos.

D. Infraestructura Crítica y Vías de Evacuación

En el área de estudio que comprende la ciudad de La Serena, se puede desagregar la infraestructura crítica que funciona en una primera respuesta ante una evacuación por amenaza de tsunami en sus costas; esta infraestructura es aquella que también puede sufrir distintos grados de afectación y aportar o bien por el contrario, incrementar el riesgo en la ciudad y complejizar la respuesta efectiva ante una emergencia. Dentro de la Infraestructura considerada en este estudio (Figura 19) se puede mencionar lo siguiente:

1. Vías de Evacuación y Puntos de Encuentros

En las 11 vías de evacuación contempladas en el Plan de Emergencia Comunal, en el su Plan Específico de Evacuación, se establecen corredores de evacuación y puntos de encuentros, que no presentan una continuidad en su trazado, existiendo bloqueos justamente causados por otras infraestructuras, como es el caso de la Carretera Ruta 5 norte y la línea Férrea de transporte de Mineral que es administrada por la Empresa Compañía Minera del Pacífico (CMP).

2. Infraestructura Vial

- Ruta 5 Norte

Corresponde a un eje longitudinal de relevancia regional y nacional, que se inserta en la conurbación de La Serena y Coquimbo, dispone de dobles calzadas, de dos pistas por sentido a lo largo de su trazado por la ciudad, esta importante infraestructura vial disecta la ciudad de La Serena en dos y marca un límite en la ciudad, separando lo que corresponde a la zona costera del centro de La Serena. Además, la Ruta 5 Norte cruza longitudinalmente las vías utilizadas para evacuación ante emergencia por tsunami, dificultando el tránsito fluido, sobre todo en aquellas vías peatonales recientemente terminadas por parte del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

- Trama Urbana Consolidada

La zona costera analizada, contiene una red de caminos que son parte del proceso de urbanización de este sector de la ciudad y son vías que van consolidándose con comercio, servicios y además propician el interés por nuevos proyectos inmobiliarios. Se consideran importantes arterias como Avenidas (como Avenida Francisco de Aguirre, Cuatro Esquinas, Avenida del Mar), Calles articuladoras (Libertad, Avenida Pacífico, Juan José Latorre) y estratégicas como alternativas ante la congestión estacional de la zona.

- Trama Urbana No Consolidada (caminos de tierra interiores)

Corresponde a aquellas vías que existen como parte de los corredores que permiten el acceso a antiguas parcelas en la parte baja de la ciudad de La Serena, la cuál se caracteriza por tener diversos caminos no pavimentados y que son vías alternativas para quienes viven en estos sectores. Dentro de esta categoría se puede mencionar a Hortensia Bustamante, Avenida Las Dunas y Antonio Aguilar entre otras vías. Sin

embargo, no han sido consideradas dentro de las prioridades en la cartera del Ministerio de Vivienda y Urbanismo ni por el Municipio. Algunas de estas vías mencionadas, conectan internamente las vías de evacuación consideradas en este estudio, por lo tanto es interesante considerarlas en el análisis.

- La Línea Férrea

Los productos de Mina El Romeral son transportados por vía ferroviaria que cruza longitudinalmente la zona costera, dirigida al Puerto de Guayacán, mediante equipos y vías de propiedad de Compañía Minera del Pacífico S.A. (CMP). La operación se realiza a razón de dos turnos de 10 horas por día, seis días a la semana y eventualmente los domingos. El sistema

consiste principalmente en el equipo siguiente:

- 5 locomotoras
- 125 carros metaleros de 60 TM de capacidad máxima, de descarga por el fondo.

Las locomotoras poseen un sistema de GPS con la que se mantiene controlada su actividad. Se realizan 12 despachos en promedio al día, estimando 1 recorrido cada 1 hora.

Como medidas de mitigación ante cualquier perturbación, para controlar las emisiones de mineral, los carros poseen una cúpula de fibra de vidrio de 50 centímetros de alto, la cual evita emisiones fugitivas de mineral de origen eólico y su derrame sobre la vía en caso de oscilaciones laterales del carro.

3. Infraestructura Eléctrica

La infraestructura eléctrica ha ido consolidándose en el territorio de acuerdo a los procesos de poblamiento en el sector costero de La Serena, considerando un patrón de distribución del servicio eléctrico en la costa de la ciudad más bien disperso centrado en los sectores urbanizados. La incorporación de la red eléctrica ha ido implementándose al ritmo de los proyectos inmobiliarios, un ejemplo de ello es, la zona norte de La Serena en el sector de Caleta San Pedro y en el sector de Serena Golf, otro ejemplo es el sector de Puertas del Mar y el Faro, además de algunos ejes viales consolidados con iluminación. Por el contrario, los sectores sin iluminación son las parcelas de agrado que abarcan grandes extensiones de suelo, y caminos sin pavimentar sin iluminación.

En cuanto a la iluminación en las vías de evacuación, se puede distinguir que existen algunos tramos y algunas vías evacuación con luminarias de la red distribuida, y otras vías de evacuación peatonales del proyecto MINVU, que fueron entregadas en el año 2018, y que corresponden a vías sin pavimento, de tierra o gravilla, sin iluminación de la red distribuida, pero si fueron entregadas con luminarias autosustentadas con paneles fotovoltaicos (Figura 19).

4. Infraestructura Sanitaria

El sistema de agua potable y el sistema urbano de alcantarillado, se desarrolla con un servicio de ambas comunas, La Serena y Coquimbo por la Empresa Aguas del Valle, cuyas redes alimentan plantas de tratamiento preliminar y luego descargan a los respectivos emisarios submarinos. Según se establece en el Plan de Desarrollo de Empresa de Aguas del Valle (2019), el emisario submarino de La Serena tiene 900 mm de diámetro y 1.695 m de longitud, con capacidad para 950 litros/segundos y con descarga al mar en las costas de La Serena, frente al Sector del Río Elqui y sector de Puertas del Mar. También existen instalaciones en la Planta ubicada en la ciudad en el Sector de Puertas del Mar (Figura 19).

Cabe señalar que en el actual Plan Regulador Comunal de La Serena (2020) en el sector del emplazamiento del emisario de Aguas del Valle en el sector de Puertas del Mar, no consignó la infraestructura sanitaria en este sector, decisión que se adoptó en el proceso de planificación urbana en este sector por medio de la actualización de este instrumento. El propósito de esta omisión en el PRC actual, es lograr que la empresa replantee su ubicación estratégica, para evitar posibles impactos de esta planta y sus procesos en la zona urbana en el sector de Puertas del Mar y al Humedal del Río Elqui, de acuerdo a la entrevista con la Asesora Urbanista de la Municipalidad de La Serena.

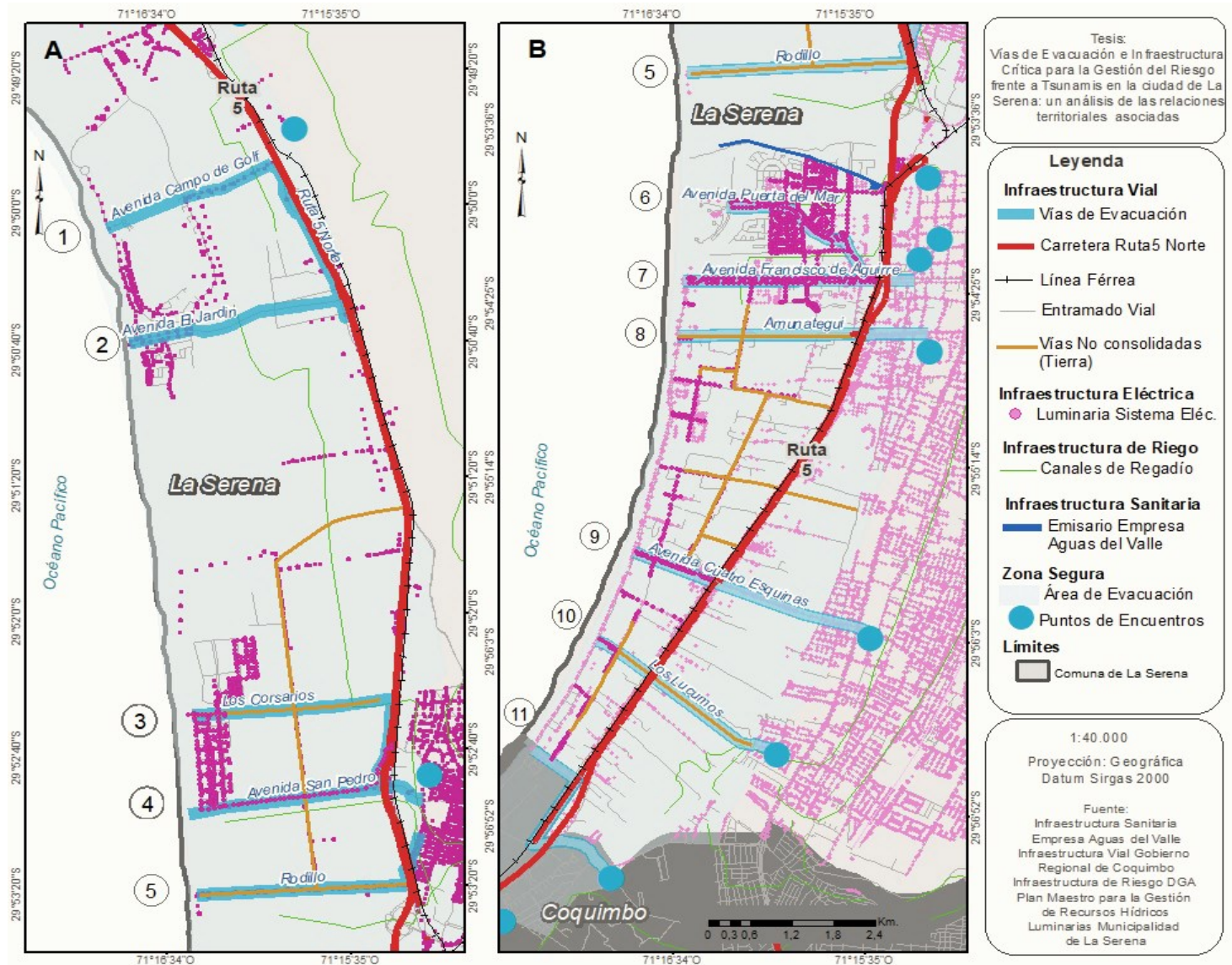
Desde el punto de vista de la gestión del riesgo, el sector donde se emplaza actualmente el emisario, corresponde a una desembocadura del Río Elqui, zona baja y densamente poblada, cercana a la vía de evacuación nº6 y expuesta a amenaza de tsunami, de manera que, su afectación puede incrementar los impactos en este sector urbanizado y densamente poblado.

5. Infraestructura de Riego

En la actualidad en la costa de La Serena, aún existen grandes paños de terrenos, correspondientes a parcelas de agrado que se les asocia a familias italianas conocidas en la ciudad, y que han mantenido la actividad agrícola en su entorno familiar, asociado a estas actividades agrícolas, es que existe un entramado de canales de regadío en la zona costera, que se inserta por diversos predios y caminos, que se han ido canalizando y modificando en el tiempo.

Además existen zanjas para regadío que en algunos casos se encuentran como divisorias de predios, y se encuentran aledañas a las vías de evacuación, como es el caso en las vías de evacuación ubicadas al norte del Río Elqui, en la zona norte de La Serena.

Figura 19: Variable de Infraestructura Crítica



Fuente: Elaboración Propia en base a, Infraestructura Sanitaria Empresa Aguas del Valle (2021); Infraestructura Vial Gobierno Regional de Coquimbo (2021); Infraestructura de Riesgo DGA-Plan Maestro para la Gestión de Recursos Hídricos (2012); Luminarias Municipalidad de La Serena (2022).

Modelo de Variables Territoriales

Esta primera sección de indagación en distintas variables territoriales, permitió tener un panorama general y una tendencia de lo que ocurre en el territorio en un momento determinado. Sin embargo, la interrelación entre estas variables resulta ser dinámica y variable en el tiempo, como, por ejemplo, las dinámicas de urbanización, y crecimiento demográfico producto de procesos migratorios regionales, nacionales, e incluso internacionales, que repercuten en el territorio y puntualmente, en las zonas costeras altamente turísticas.

Dentro de las variables analizadas, resulta relevante la actualización de los datos de población en la zona costera y más aún lograr identificar sectores diferenciados demográficamente y, además, relacionar la planificación territorial por medio del plan regulador comunal de La Serena, recientemente actualizado, para así proyectar escenarios futuros en cuanto a la urbanización costera.

Además, resulta fundamental incorporar el ámbito físico geográfico en las variables analizadas. El escenario estructural geomorfológico donde se emplaza el análisis, considerando la pendiente, la cota 30 y los modelos de tiempo y velocidad de evacuación existentes, para así corroborar el complejo escenario de evacuación existente en la ciudad costera de la Serena.

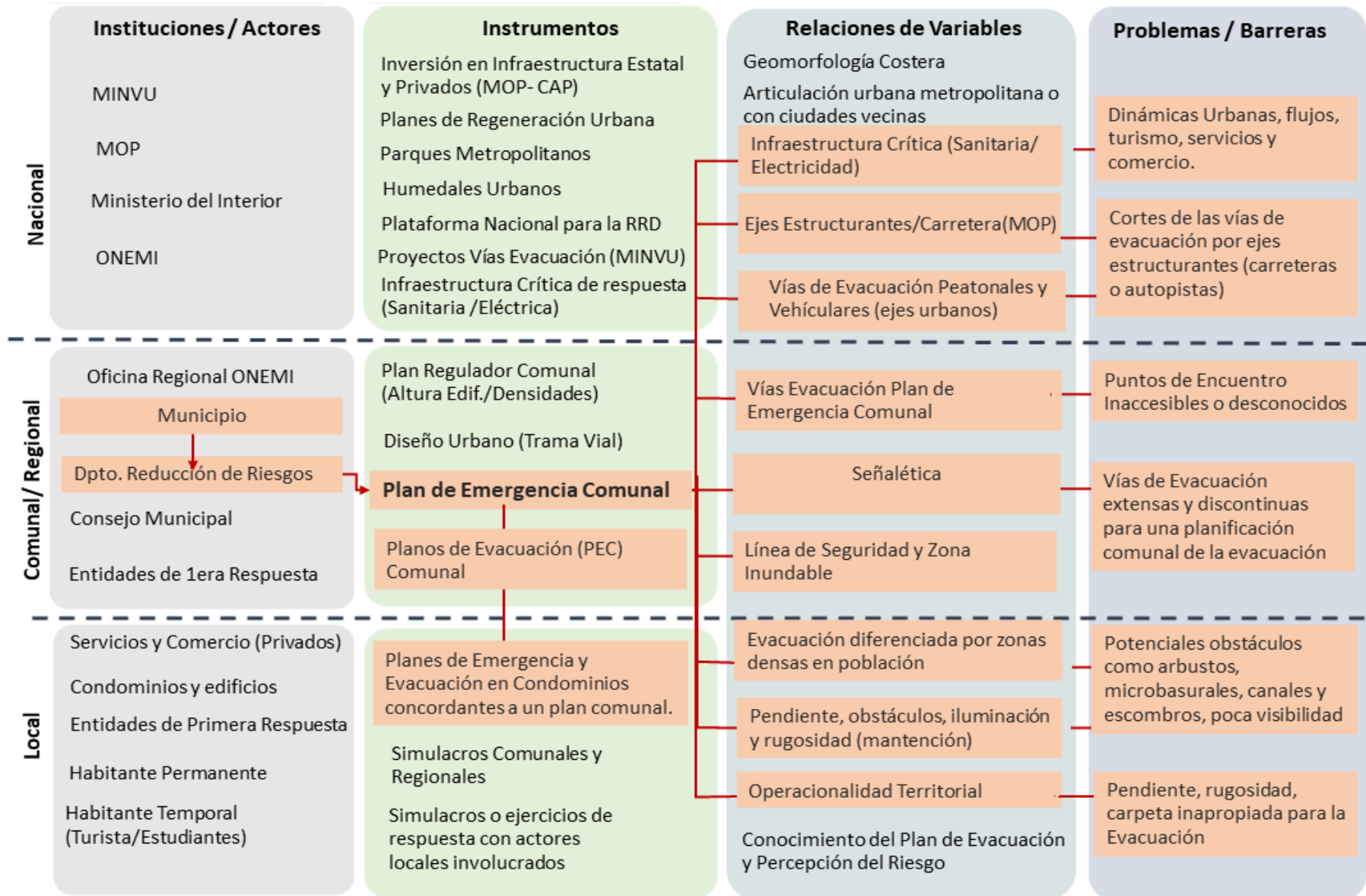
A partir de esta sección de variables del objetivo n°1, se obtiene un panorama general, que será examinado más profundamente de acuerdo con el objetivo n°2, lo que permitirá establecer condiciones críticas dentro de las vías de evacuación, para luego poder sistematizar y concluir con una propuesta territorial en el objetivo3.

La recopilación de antecedentes y diversas variables abordadas en el objetivo n° 1, permitió diseñar en una primera aproximación, de manera conceptual las interacciones, relaciones y asociaciones de variables vinculadas al funcionamiento de la ciudad y en este caso, a la evacuación ante una emergencia por tsunami (Figura 20). Se constata cómo se va construyendo el riesgo, en la medida que no se consideran y no se integran diversas variables y los niveles de escalas, nacionales, intermedias, a nivel comunal y microescalas, o los niveles barriales, aspecto representado por la frase *“la ciudad es un amalgamador de las condiciones del riesgo”* (Lavell, 2000).

Este espacio costero con múltiples dimensiones y variables, van dificultando la comprensión de las problemáticas en el territorio, su diagnóstico y las medidas a implementar. Los problemas que se gestan desde los niveles micro y locales, el deterioro progresivo de obras, intervenciones diseñadas a otros niveles, sin una implementación y además, con escasa participación ciudadana, implica que los planes territoriales finalmente, no logran contribuir a una mejor gestión para la reducción del riesgo y esto se replica en distintos niveles territoriales (Figura 20).

Figura 20: Modelo de Variables Territoriales (multiescalar y multidimensional)

Modelo multidimensional y multiescalar para una evacuación por tsunami Integrar el “Riesgo” al diseño de la ciudad



4.2 Evaluación del Estado de las Vías de Evacuación y de la Infraestructura Crítica

De acuerdo con estudios que tratan sobre metodologías para la planificación de la evacuación, como los de Lagos (2012); Martínez et al.(2017); León et al.(2018), Wang & Jia (2021), entre otros, además del tipo y calidad de información usada para las modelaciones de los escenarios de riesgo, con los distintos productos que se pueden obtener, es que se consideran ciertas variables territoriales o espaciales determinadas por estos referentes como esenciales en las modelaciones de riesgo, tales como, vialidad, población, entre otros.

Particularmente, se recoge la incorporación de variables de mantención de las rutas para el funcionamiento de la planificación, en concordancia con la clasificación de **“micro-vulnerabilidades urbanas”** evaluación aplicada a las vías de evacuación en la ciudad de Iquique, en donde “se identificó como el mayor problema en la ciudad de Iquique la disminución del área peatonal efectivamente disponible en las vías de evacuación provocada por la presencia de obstrucciones en las aceras, la cual podría empeorar con el tiempo debido a la mayor actividad y tendencia de crecimiento poblacional en las zonas costeras” (Álvarez et al.,2018).

Las líneas de convergencia con esta investigación en el caso de Iquique, se centra en las variables cuya caracterización es a escala micro (microvulnerabilidades) y son aspectos que tienen que ver con la mantención, urbanización y condiciones estructurales que dificultan la evacuación. Para el caso de esta tesis se desarrolla una metodología propia, adaptada a la realidad de La Serena, con un ambiente costero geomorfológico denominado “zona de Vegas” por Paskoff (1970) y con una configuración urbana particular.

A diferencia del estudio de Álvarez et al., (2018), que considera una taxonomía de 3 categorías en su evaluación, a saber, (1) uso inapropiado, (2) mantenimiento inadecuado y (3) problemas relacionados con el diseño de rutas de evacuación, de acuerdo a (León & March, 2016). Para evaluar la ciudad de la Serena, se desarrolló una taxonomía propia, definiendo 6 variables territoriales, que pudiesen ser espacializadas mediante SIG. Para ello primero se generó un catastro descriptivo para cada una de las 11 vías de evacuación del área de estudio.

Las variables territoriales para la evaluación son las siguientes:

- 1) Estado de luminaria:
- 2) Obstáculos esporádicos (microbasurales, arbustos nativos o matorral costero, escombros, entre otros);
- 3) Estado de la carpeta de la vía;
- 4) Interconectividad para evacuar;

- 5) Presencia y/o Estado de la Señalética;
- 6) Dificultad estructural para Evacuar (Infraestructura Crítica),

En La Serena, desde la línea de costa a la zona segura, se contabilizan 11 vías de evacuación y se evaluaron las 6 variables territoriales mencionadas (Figura 21), con una escala de valoración simplificada, que podría ser reemplazada por distintos indicadores y valores, de la misma manera, las variables podrían adaptarse o modificarse de acuerdo con otros territorios, sin embargo, se destaca el enfoque espacializable para este análisis.

Escala de Valoración

Se considera la escala de “Likert de Valor”, debido que el objetivo es evaluar su estado actual con una metodología simple, rápida, pero que permita valorar en grados cuantitativos, buscando conseguir oportunidades de mejora o mitigación a los problemas de las vías de evacuación e infraestructura crítica en la costa de La Serena, dentro de la escala de Likert más usada, es la ordinal continua de 5 valores, en donde 1) es “Pésimo o muy malo”, 2) es “malo”, 3) es “Regular”, 4) es “bueno” 5) “muy bueno o excelente”.

Para este trabajo de evaluación y trabajo de campo en las vías de evacuación, se establece una escala de valoración a cada variable, de acuerdo con la escala mencionada de Likert, más simplificada de 3 grados de medición, según se indica a continuación:

1. Bueno 2. Regular 3. Malo

Las 6 variables y la escala de valoración antes detallada, se define de acuerdo con ciertos parámetros y orientaciones de la **“Guía de referencia para sistemas comunales de evacuación por tsunami”** (MINVU,2017) y que se describen a continuación:

Variable 1 (V1): Estado de Luminaria

A) **Valoración:** Bueno

Valoración Numérica: 1

Descripción: Con iluminación del sistema de distribución eléctrico o iluminación auto sustentada con paneles solares operativos de forma continua.

B) **Valoración:** Regular

Valoración Numérica: 2

Descripción: Con iluminación del sistema eléctrico o auto sustentada de forma intermitente.

C) **Valoración:** Malo

Valoración Numérica: 3

Descripción: Sin iluminación del Sistema Eléctrico ni iluminación autosustentada

Variable 2 (V2): Obstáculos Esporádicos

A) **Valoración:** Bueno

Valoración Numérica: 1

Descripción: Sin obstáculos en la vía como microbasurales, matorrales o arbustos, cierres irregulares, ocupaciones, asentamientos irregulares, entre otros.

B) **Valoración:** Regular

Valoración Numérica: 2

Descripción: Con obstáculos, pero no son determinantes para interrumpir una evacuación. obstáculos como microbasurales, matorrales o arbustos, cierres irregulares, ocupaciones, asentamientos irregulares, entre otros.

C) **Valoración:** Malo

Valoración Numérica: 3

Descripción: Con obstáculos que interrumpen una evacuación. Obstáculos como microbasurales, matorrales o arbustos, cierres irregulares, ocupaciones, asentamientos irregulares, entre otros.

Variable 3 (V3): Estado de la Carpeta (Vía)

A) **Valoración:** Bueno

Valoración Numérica: 1

Descripción: Buen estado de la carpeta de la vía, y permite caminar sin problemas.

B) **Valoración:** Regular

Valoración Numérica: 2

Descripción: Regular estado de la carpeta de la vía, y permite caminar con algunos inconvenientes

C) **Valoración:** Malo

Valoración Numérica: 3

Descripción: Mal estado de la carpeta de la vía, y no permite caminar adecuadamente, o con incomodidad.

Variable 4 (V4): Interconectividad para Evacuar

A) **Valoración:** Bueno

Valoración Numérica: 1

Descripción: Existen vías anexas que intersectan y conectan a la vía con otras calles para poder evacuar hacia otro sector fuera del área de inundación.

B) **Valoración:** Regular

Valoración Numérica: 2

Descripción: Existen Vías que intersectan la vía de evacuación, y permite el desplazamiento hacia otros sectores, sin embargo, el entramado vial se circunscribe en la zona potencialmente inundable por tsunami.

C) **Valoración:** Malo

Valoración Numérica: 3

Descripción: La vía de evacuación no presenta otras vías que la intersecten y conecten con otros puntos de encuentros fuera de la zona potencialmente inundable por tsunami.

Variable 5 (V5): Presencia/Estado Señalética

A) **Valoración:** Bueno

Valoración Numérica: 1

Descripción: Existe Señalética de riesgo, en buen estado y con buena visibilidad para los usuarios de las vías.

B) **Valoración:** Regular

Valoración Numérica: 2

Descripción: Existe escasa señalética de riesgo y no lo suficiente para informar en todo el tramo de la vía de evacuación.

C) **Valoración:** Malo

Valoración Numérica: 3

Descripción: No hay presencia de señalética de Riesgo y/o si existe alguna en particular, ésta se encuentra en Mal Estado, y sin visibilidad del contenido.

Variable 6 (V6): Dificultades Estructurales para Evacuar (Infraestructura Crítica como Conectores Viales importantes, Vía Férrea, Infraestructura De Riego, Eléctrica, entre otros)

A) **Valoración:** Bueno

Valoración Numérica: 1

Descripción: Existen las Condiciones óptimas para evacuar, siendo la infraestructura Crítica de la zona inundable un elemento asociativo para el resguardo de la población hacia zonas seguras.

B) **Valoración:** Regular

Valoración Numérica: 2

Descripción: Existen condiciones para evacuar con ciertas complejidades, teniendo infraestructura crítica asociada para la evacuación, sin embargo, presenta disociaciones o inconsistencias, para el funcionamiento en emergencia de evacuación.

C) **Valoración:** Malo

Valoración Numérica: 3

Descripción: No se presentan las condiciones óptimas para evacuar, y la infraestructura crítica existente, no se encuentra asociada a la función de evacuación ante emergencia, sino para cumplir otros objetivos de conectividad que pueden llegar a interrumpir u obstaculizar una evacuación.

En el área de estudio se aplicó la escala de valoración dada y se obtuvo un Cuadro Resumen de Evaluación de las vías según variables territoriales (Figura 21) y mapas en función a cada variable observada en el trabajo de campo.

Figura 21: Cuadro Resumen de Evaluación de las Vías Según Variables Territoriales

		V1			V2			V3			V4			V5			V6			TOTAL
		Estado de Luminaria			Obstáculos Esporádicos			Estado de la Carpeta (Via)			Interconectividad para Evacuar			Presencia/Estado Señalética			Dificultad Estructural (IC)			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
		Bueno	Regular	Malo	Bueno	Regular	Malo	Bueno	Regular	Malo	Bueno	Regular	Malo	Bueno	Regular	Malo	Bueno	Regular	Malo	
Vías de Evacuación	1. Av. Campo de Golf	1			1			1					3			3		2		11
	2. Av. El Jardín		2		1			1					3			3			3	13
	3. Los Corsarios			3			3			3		2		1					3	15
	4. San Pedro		2			2		1				2				3			3	13
	5. Rodillo			3			3			3		2				3			3	17
	6. Puertas del Mar	1			1			1				2		1					3	9
	7. Av. Francisco de Aguirre	1			1			1					3		2				3	11
	8. Amunategui			3			3		2				3			3			3	17
	9. Cuatro Esquinas	1				2		1				2				3		2		12
	10. Los Lúcumos			3		2			2			2			2				3	14
	11. Canto del Agua-R. Arica	1			1				2				3			3			3	13

Fuente: Elaboración Propia en base al trabajo de campo, evaluación de variables realizado en septiembre de 2022.

Respecto a la **Variable 1 (V1) en cuanto al estado de la luminaria (Figura 22)**, en las 11 vías de evacuación analizadas, se pudo detectar que las vías de tipo peatonal son aquellas que presentan una condición más negativa en cuanto a la iluminación, ya que en todo el recorrido de las vías, 3) Los Corsarios, 5) Rodillo y 10) Los Lúcumos, se presenta una mala iluminación, ya sea por falta de los paneles fotovoltaicos en las estructuras auto sustentadas y porque no presentan iluminación eléctrica de la red distribuida en la ciudad.

En cuanto a las primeras vías localizadas en la zona norte de la ciudad de la Serena, las vías 1) Av. Campo de Golf y 2) Av. El Jardín, estas vías presentan una buena condición de iluminación solo en aquellos tramos que se encuentran urbanizados y con presencia de condominios privados.

En el caso de la Vía nº4, correspondiente a San Pedro, esta tiene una evaluación regular, ya que cuenta con iluminación en algunos tramos y otros con iluminación auto sustentada; no cuentan con los paneles fotovoltaicos ni baterías en sus estructuras.

Las vías de evacuación que presentan una buena condición de iluminación son las vías 6) Puertas del Mar, 7) Av. Francisco de Aguirre, 9) Cuatro Esquinas y 11) Canto del Agua-Regimiento Arica. Estas vías corresponden a ejes urbanos consolidados y presentan alto flujo de personas durante el día, por lo que su mantención y buen estado resulta más evidente en la evaluación de iluminación realizada.

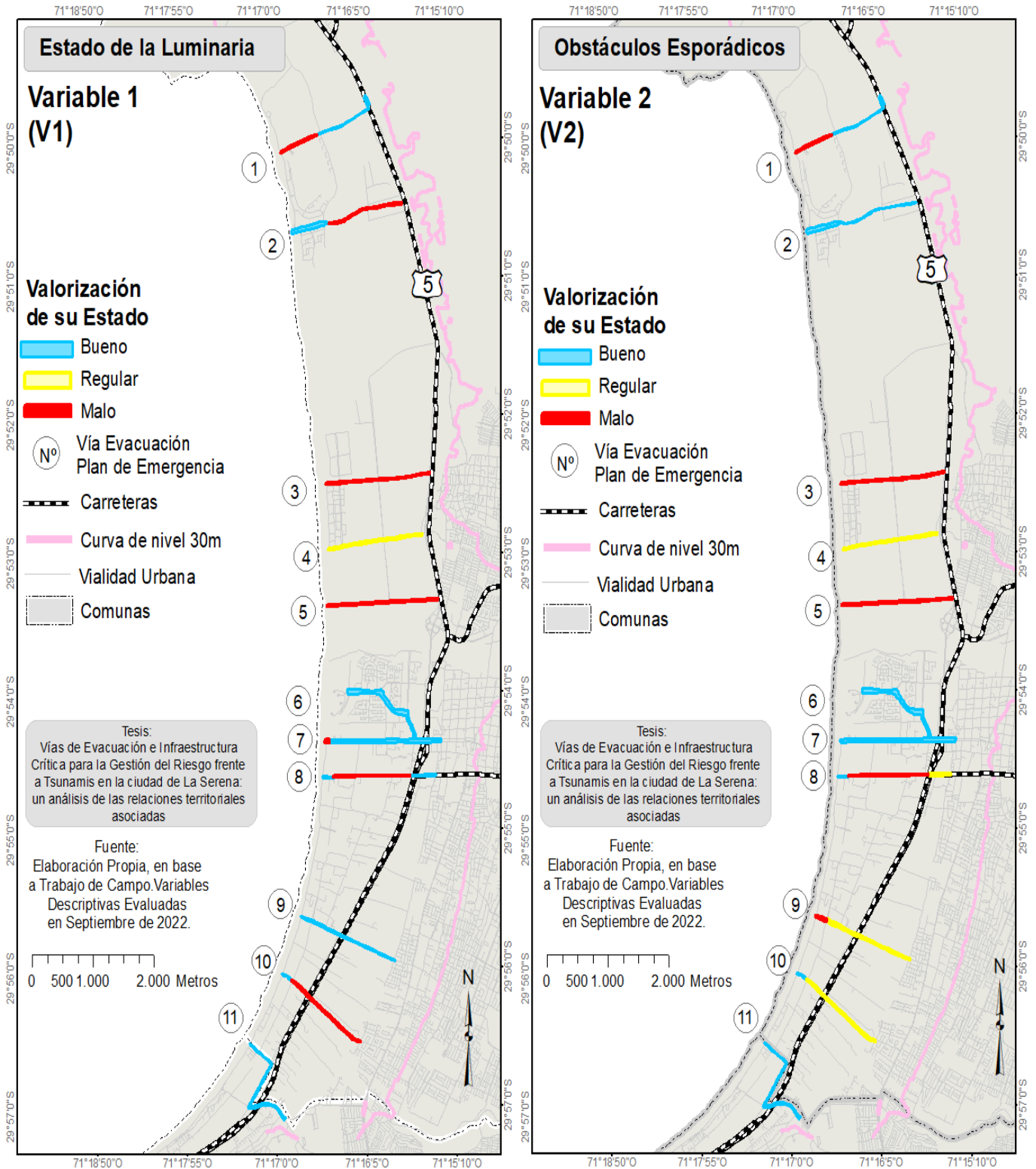
Respecto a la **Variable 2 (V2) condición de obstáculos esporádicos (Figura 22)** o también llamados barreras presentes en las vías de evacuación, se distingue que las vías de evacuación con mayores obstáculos, ya sea presencia de microbasurales, matorral o vegetación silvestre que obstaculiza la evacuación, escombros, cierres temporales, u otro tipo de obstáculos, son las vías nº 3) Los Corsarios, 5) Rodillo, y 8) Amunategui. Estas vías presentan diversos obstáculos debido a dinámicas generadas por falta de mantención, abandono, mal utilización, obsolescencia urbana y por encontrarse en zonas no consolidadas.

Las vías que presentan un estado regular en cuanto a los obstáculos esporádicos, se encuentra la vía nº 4) San Pedro, la vía nº 9) Cuatro Esquinas y la vía nº 10) Los Lúcumos. En estas vías, existe presencia de microbasurales y matorrales pero abarcan una superficie menor, que las vías evaluadas con condición severa o mala.

Las vías de evacuación que presentan un buen estado en cuanto los obstáculos esporádicos, son 1) Av Campo de Golf, 2) Av. El Jardín. Sin embargo, esto se debe a las intervenciones de empresas inmobiliarias que desarrollan proyectos de alto estándar en el sector denominado “Serena Golf” al norte de la Serena.

También se les asigna una buena valoración a las vías, 6) Puertas del Mar, 7) Av. Francisco de Aguirre y 11) Canto del Agua-Regimiento Arica, debido a que corresponden a uno de los ejes más utilizados, relevantes para la ciudad, y con mayor mantención.

Figura 22: Mapa de Luminarias y Obstáculos Esporádicos



Fuente: Elaboración Propia en base al trabajo de campo, evaluación de variables realizado en septiembre de 2022.

Respecto a la **Variable 3 (V3) Estado de la Carpeta de la Vía de Evacuación (Figura 23)**, las vías que actualmente presentan una valoración buena en cuanto al Estado de la Carpeta, es un tramo de la vía nº 1) Av. Campo de Golf, la vía 2) Av. El Jardín, la vía 4) San Pedro, la vía 6) Puertas del Mar, la vía 7) Av. Francisco de Aguirre y la vía 9) Cuatro Esquinas.

Las vías a las que se les asignó una valoración regular en cuanto al estado de su carpeta son las vías 8) Amunategui, 10) Los Lúcumos y parte de la vía 11) Canto del Agua- Regimiento Arica. Debido a que presentan ciertas discontinuidades en cuanto al tipo de carpeta, ya sea vías con tramos pavimentados, otros sin pavimentar, tramos con gravilla, con material arcilloso y distintos tamaños de gravillas, que podrían ser mejorados para una evacuación.

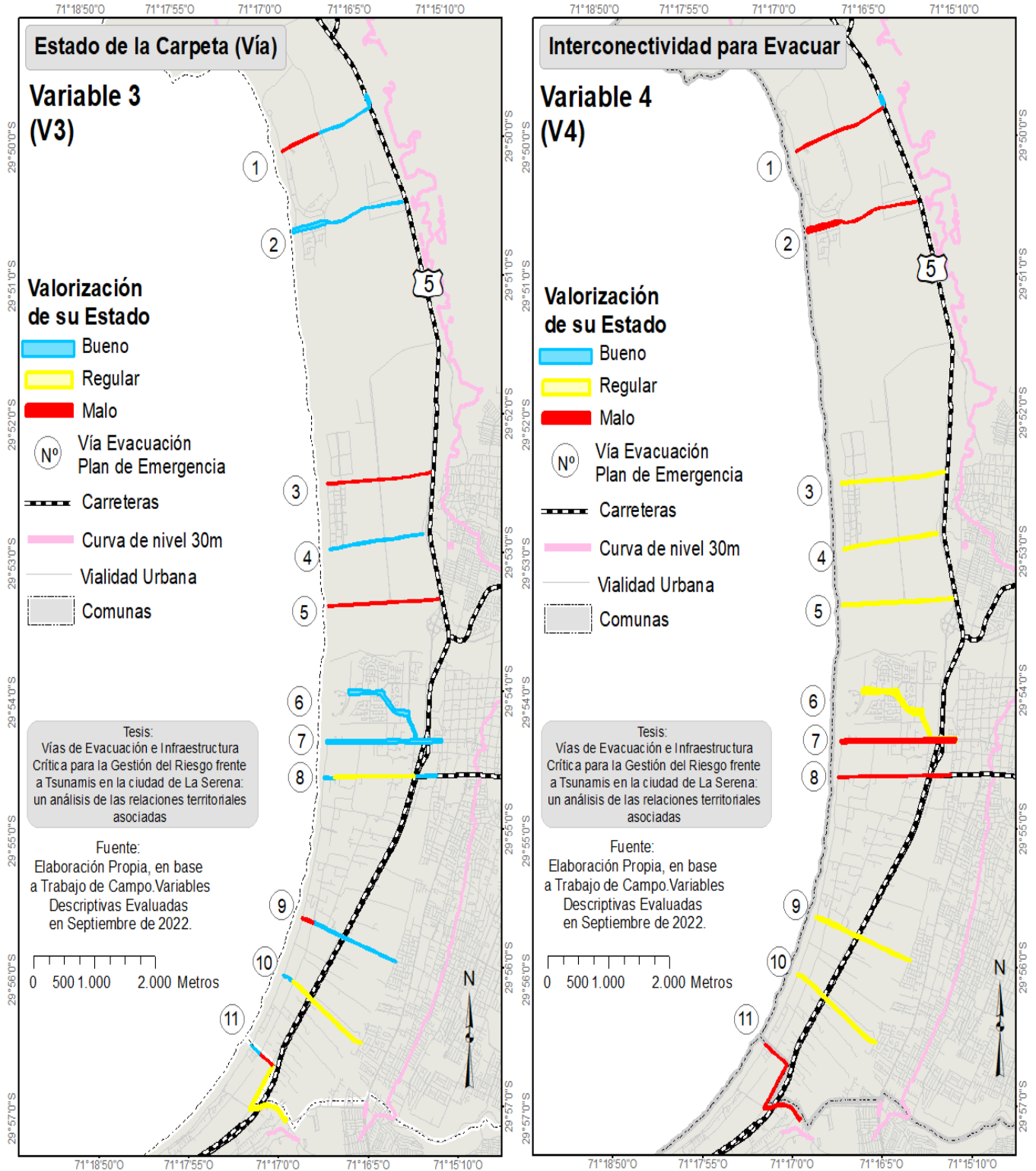
Las vías que presentan una valorización mala en cuanto al estado de la carpeta son la nº 3) Los Corsarios y 5) Rodillo, ya que se constata en terreno que el tipo de gravilla existente dificulta una caminata fluida y se requiere un esfuerzo adicional.

Respecto a la **Variable 4 (V4) de Interconectividad para Evacuar (Figura 23)**, en esta variable no se le asignó una categoría buena en interconectividad a ninguna vía. Por otro lado, las vías que se les asignó una valorización regular en cuanto al grado de interconectividad son las vías número 3) Los Corsarios, 4) San Pedro, 5) Rodillo, 6) Puertas del Mar, 9) Cuatro Esquinas y 10) Los Lúcumos. Estas vías si bien en su trayecto se unen o cruzan con algunos caminos interiores en la costa, están en la misma zona susceptible a inundación por tsunamis, por lo tanto, permiten un desplazamiento y una movilidad hacia otros sectores costeros, pero no aseguran un desplazamiento hacia una zona segura fuera del área inundable o de la cota 30.

En cuanto a la valoración negativa o mala en el grado de interconectividad, se señala a la vía nº 1) Avenida Campo de Golf, 2) Avenida El Jardín, 7) Avenida Francisco de Aguirre, 8) Amunategui, y 11) Canto del Agua-Regimiento Arica. De las anteriores, las vías 1 y 2 corresponden a ejes que conectan a los núcleos de desarrollo urbano emergentes con la Carretera Ruta 5 norte, con condominios de alto estándar correspondiente al sector de "Serena Golf". Si bien existen caminos internos en esta zona, estos corresponden a parte del entramado vial interno de estos condominios privados de acceso restringido y esta zona cuenta solo con estas dos vías para una evacuación directa ante una emergencia por tsunamis.

Las vías 7 Avenida Francisco de Aguirre, 8) Amunategui y 11) Canto del Agua, corresponden a ejes articuladores de la ciudad, para la conexión urbana interior, que si bien cuentan con vías que las intersectan, el tránsito en estas vías no es expedito, los alrededores, son áreas con alto interés inmobiliario, de continuo crecimiento y expansión urbana, se incrementa la congestión a diario en estas vías, se insertan además diversos equipamientos y servicios, que complejizan una evacuación fluida y directa hacia zonas seguras (Figura 23).

Figura 23: Mapa Estado de la Carpeta y Mapa de Interconectividad para Evacuar



Fuente: Elaboración Propia en base al trabajo de campo, evaluación de variables realizado en septiembre de 2022.

La **Variable 5 (V5) Presencia y/o Estado de la Señalética (Figura 24)**, se evaluó en un estado bueno a las vías 3) Los Corsarios y 6) Puertas del Mar. En un estado regular a las vías 7) Av. Francisco de Aguirre y 10) Los Lúcumos.

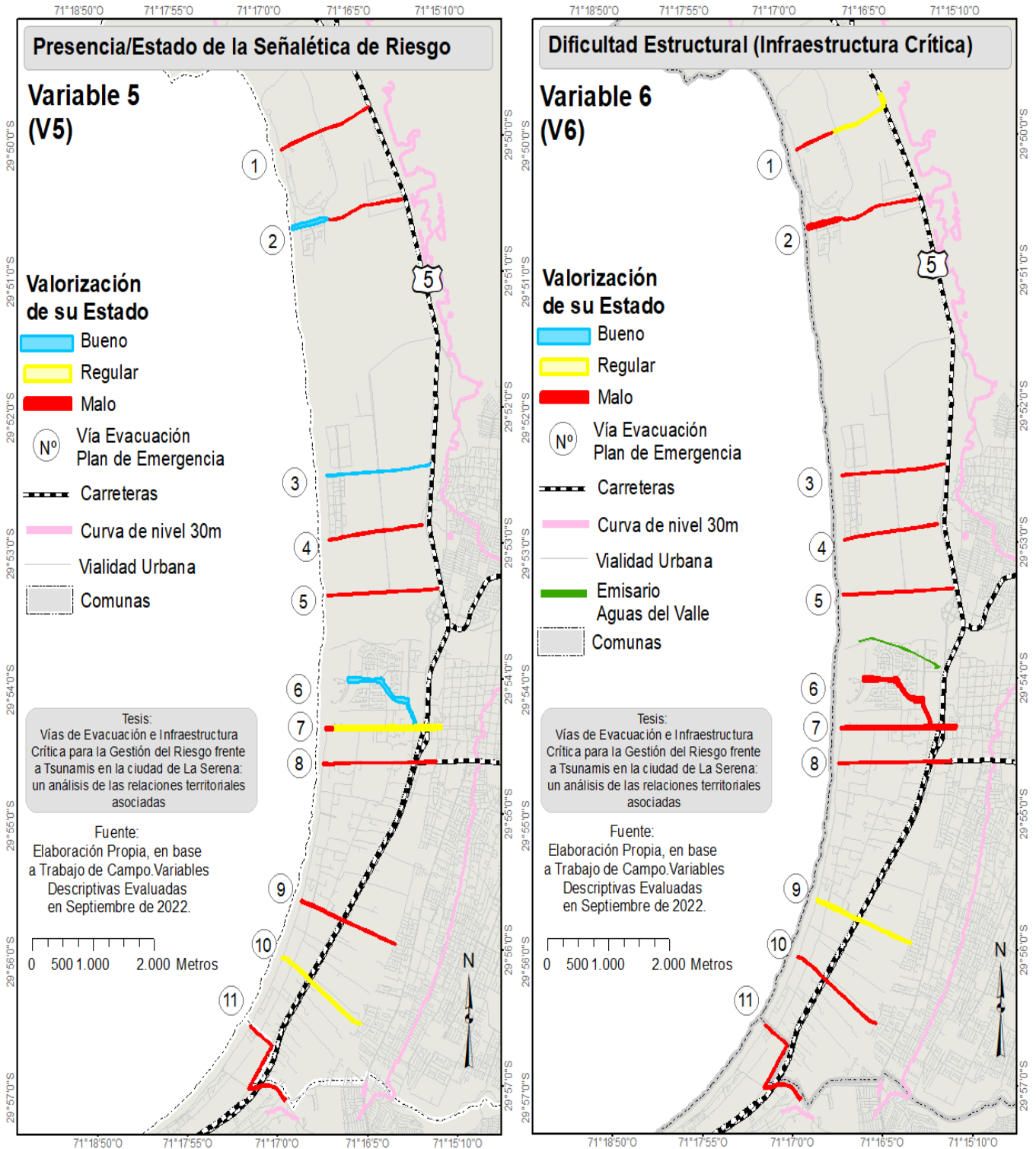
Presenta una valorización mala a las vías 1) Av Campo de Golf, 4) San Pedro, 5) Rodillo, 8) Amunategui, 9) Cuatro Esquinas y 11) Canto del Agua. Se presenta una tendencia en cuanto al mal estado de la señalética y en largos tramos la inexistencia de señalética, algunas de estas vías, fueron acondicionadas e implementadas recientemente en el proyecto MINVU, denominado “Construcción Vías de Evacuación Zona Costera La Serena Coquimbo”. En este proyecto se entregó una 1era etapa de ejecución de estas vías en el año 2018 y al año 2022, se distinguen en mal estado, y en largos tramos sin señalética.

La **Variable 6 (V6), Dificultad Estructural para la Evacuación (Figura 24)**, y que tiene relación con la infraestructura crítica para respuesta ante evacuación, se distinguen solo dos vías en una condición regular, que son la vía 1) Avenida Campo de Golf, que presenta un paso nivel que permite el tránsito y el cruce de la Carretera 5 Norte hacia una zona segura. En esta zona, sin embargo, esta modalidad de evacuación no se encuentra reflejada en el mapa de evacuación del Plan de Emergencia Comunal, debido a que no se reconocen los pasos sobre nivel como vías seguras y la otra vía en estado regular, es la n° 9) Cuatro Esquinas, que al igual que todas las vías se encuentra intersectada por la Carretera 5 Norte; esta vía cuenta con un cruce vehicular con señalizaciones y semáforos para el cruce peatonal.

Las vías con valoración negativa en cuanto a la Dificultad Estructural para evacuar, son la n° 2) Av.El Jardín, 3) Los Corsarios, 4) San Pedro, 5) Rodillo, 6) Puertas del Mar, 7) Av. Francisco de Aguirre, 8) Amunategui, 10) Los Lúcumos y 11) Canto del Agua. Estas vías al igual que las dos anteriores, son vías extensas en cuanto a su longitud, se encuentran intersectadas por la carretera Ruta 5 norte y además, estas se encuentran intersectadas por una línea férrea de transporte de mineral de la empresa CMP S.A. Ello hace que no cuenten con las condiciones apropiadas para un tránsito expedito hacia las zonas seguras, recorriendo la totalidad de la vía sin interrupciones en una emergencia.

Las Vías n° 6) Puertas del Mar, 7) Av. Francisco de Aguirre y 8) Amunatequi, corresponden a ejes urbanos altamente congestionados desde el punto de vista peatonal y vehicular, sobre todo en el tramo de la intersección con la Ruta 5 Norte, tanto en condiciones de normalidad y en épocas estivales, en ellos existe presencia de equipamientos y servicios comerciales importantes para la ciudad, tales como el Mall Plaza La Serena, Clínica Elqui, Supermercado Jumbo, Easy, Bancos, Establecimientos Educativos, como sedes universitarias, entre otros (Figura 24).

Figura 24: Mapa del Estado de la Señalética y Mapa Dificultad Estructural (Infraestructura Crítica)



Fuente: Elaboración Propia en base al trabajo de campo, evaluación de variables realizado en septiembre de 2022.

La sección anteriormente descrita correspondía al análisis de las 11 vías de evacuación en función a las 6 variables consideradas en el trabajo de campo, presentando los respectivos mapas en función a cada variable.

- Variable 1 (V1): Estado de la Luminaria
- Variable 2 (V2): Obstáculos Esporádicos
- Variable 3 (V3): Estado de la Carpeta de la Vía
- Variable 4 (V4): Interconectividad para Evacuar
- Variable 5 (V5): Presencia y /o Estado de la Señalética de Riesgo
- Variable 6 (V6): Dificultad Estructural para Evacuar

A continuación, se presenta los resultados del trabajo de campo, desglosado por cada vía de evacuación, es decir, se presenta una ficha descriptiva por cada vía de evacuación y el análisis de cada variable, la diferencia en esta ficha radica en que se encuentra la descripción que fundamenta la valoración (1) Buena; (2) Regular y (3) Mala, además se agregan datos empíricos, y un registro fotográfico que apoyan las descripciones registradas en el momento del muestreo.

Sintetizando, la ficha adjunta, de cada vía analizada, contiene:

- La escala de valoración (1 a 3) en cada variable (V1, V2, V3, V4, V5 Y V6)
- Cuadro con datos empíricos
- Un esquema de la Vía de Evacuación para una mejor comprensión de sus obstrucciones
- Descripción de la Evaluación de las Variables
- Registro Fotográfico de los aspectos importantes de cada vía.

Catastro Descriptivo: Análisis por vía de evacuación

Vía de Evacuación N°1 Avenida Campo de Golf

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	TOTAL
Bueno 1	1	1	1				
Regular 2						2	
Malo 3				3	3		
							11

Vía 1. Av. Campo de Golf	<ul style="list-style-type: none"> Longitud-Ancho: 1554,41 -7 mts. Tiempo Empírico de Recorrido: 20:05 min. 	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de Carpeta: pavimento Tipo de Vía: vehicular sin veredas Discontinuidad: si
---------------------------------	---	--

Esquematación de la vía de Evacuación	Proyección en dunas	Sección Privada	Portón	Sección Pública	Acceso a Paso Nivel
--	---------------------	-----------------	--------	-----------------	---------------------

DESCRIPCIÓN DE LA EVALUACIÓN DE VARIABLES

V1- Estado de la Luminaria: Existe iluminación del sistema eléctrico distribuido en todo el tramo de la vía pavimentada.

V2-Obstáculos Esporádicos: No presenta obstáculos, en el camino tanto en la calzada como en la vereda, en el tramo abierto y en el tramo cerrado.

V3-Estado de la Carpeta (Vía): Del Estado de la Carpeta es bueno en toda la vía, en la sección abierta, y la sección privada que es un pequeño tramo correspondiente a un condominio cerrado.

V4-Interconectividad para Evacuar: No presenta vías que intersecten y que conecten la vía de evacuación con otras vías.

V5-Presencia/Estado Señalética: No hay Señalética en todo el tramo de la vía 1, existe sólo una señalética de forma inconsistente al Plan de Emergencia, al otro lado de la Carretera y debería estar en la sección norte de la vía para señalar el paso peatonal por la pasarela, que permite el acceso hacia una zona segura que no se encuentra bien señalado en el Plan de Emergencia Comunal.

V6-Dificultad Estructural (Infraestructura Crítica): Existe la dificultad estructural, sin embargo, existe una pasarela peatonal a unos 300 mts. Del termino de la vía, sin claridad de la zona segura en esta vía.

Figuras 25,26,27 en vía 1 Av. Campo de Golf



Fuente: Elaboración Propia en base al trabajo de campo, evaluación de variables realizado en septiembre de 2022.

Vía de Evacuación N°2 Avenida El Jardín

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	TOTAL
Bueno 1							
Regular 2							
Malo 3							
Estado de Luminaria	□ 2 □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	13
Obstáculos Esporádicos	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	
Estado de la Carpeta (Vía)	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	
Interconectividad para Evacuar	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	
Presencia/Estado Señalética	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	
Dificultad Estructural (IC)	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	

Vía 2. Av. El Jardín	<ul style="list-style-type: none"> Longitud-Ancho: 2.11,74 – 9 mts. Tiempo Empírico de Recorrido: 23:40 min. 	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de Carpeta: pavimento Tipo de Vía: vehicular sin veredas Discontinuidad: si
-----------------------------	--	--

Esquematación de la vía de Evacuación	Sección Privada	Portón	Sección Pública	Corte Ruta 5N
--	-----------------	--------	-----------------	---------------

DESCRIPCIÓN DE LA EVALUACIÓN DE VARIABLES

V1- Estado de la Luminaria: En el tramo abierto desde la carretera hacia la costa, no cuenta con iluminación, al interior del recinto privado si existe iluminación.

V2-Obstáculos Esporádicos: En el tramo desde la carretera hacia la costa, no cuenta con veredas pavimentadas, en el tramo privado no existen obstáculos para la evacuación en la vía.

V3-Estado de la Carpeta (Vía): El primer tramo cercano a la carretera cuenta con buen estado de la carpeta en la calzada, sin veredas, en el tramo privado existe buen estado de la carpeta de la calzada y la vereda.

V4-Interconectividad para Evacuar: No presenta vías que intersecten y que conecten la vía de evacuación con otras vías.

V5-Presencia/Estado Señalética: No hay presencia de señalética en el tramo abierto y cercano a la carretera, si hay señalética en el recinto privado.

V6-Dificultad Estructural (Infraestructura Crítica): Existe un termino abrupto de la vía, la carretera dificulta la vía de evacuación hacia sectores más altos

Figuras 28,29 y 30 en vía 2 Av. El Jardín



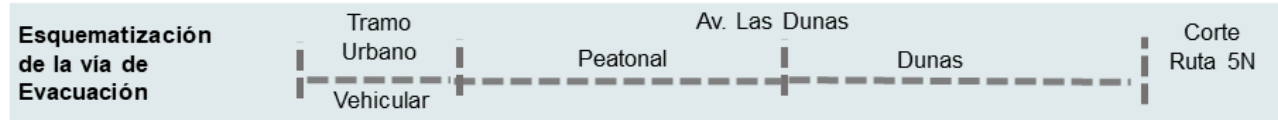
Fuente: Elaboración Propia en base al trabajo de campo, evaluación de variables realizado en septiembre de 2022.

Vía de Evacuación n°3 Los Corsarios

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	TOTAL
Bueno 1					1		
Regular 2				2			
Malo 3		3	3			3	15
Estado de Luminaria		Obstáculos Esporádicos	Estado de la Carpeta (Vía)	Interconectividad para Evacuar	Presencia/Estado Señalética	Dificultad Estructural (IC)	

Vía 3. Los Corsarios

- Longitud-Ancho: 1.727,03 -7,5 mts.
- Tiempo Empírico de Recorrido: 24:40 min.
- Tipo de Carpeta: tierra
- Tipo de Vía: peatonal
- Discontinuidad: si



DESCRIPCIÓN DE LA EVALUACIÓN DE VARIABLES

V1- Estado de la Luminaria: Se observan 15 estructuras de iluminación autosustentada, sin paneles fotovoltaicos y sin baterías desde la carretera hacia la costa, hacia el interior ninguna estructura con panel FV y por lo tanto mala iluminación a lo largo de toda la vía.

V2-Obstáculos Esporádicos: Existe presencia de matorral al costado de la vía, aproximadamente 1.5 a 2 metros y en el termino de la vía se distingue un cable que bloquea toda la salida de la vía de evacuación.

V3-Estado de la Carpeta (Vía): Se aprecia un mal estado de la carpeta en la totalidad de la vía, además existe un ascenso de pendiente a unos 800 metros al llegar a la carretera, la vía pasa por sobre una duna anterior, en la zona costera existe una intervención por parte del MINVU, sin pavimento (hasta el 2023 aprox.).

V4-Interconectividad para Evacuar: No cuenta con conectividad hacia otras vías en la sección cercana a la carretera, sin embargo, hacia la sección costera si cuenta con vías perpendiculares como Av. Las Dunas y Caleta San Pedro, pero se circunscribe en las mismas zonas bajo amenaza de tsunami.

V5-Presencia/Estado Señalética: Existe presencia y en buenas condiciones la señalética en esta vía.

V6-Dificultad Estructural (Infraestructura Crítica): Existe un término abrupto de la vía, la carretera dificulta la vía de evacuación hacia sectores más altos. Difusa información de la zona segura, ya que la terraza alta al otro lado de la carretera presenta formaciones rocosas lo que hace un difícil acceso.

Figuras 31, 32 y 33 en vía 3 Los Corsarios



Fuente: Elaboración Propia en base al trabajo de campo, evaluación de variables realizado en septiembre de 2022.

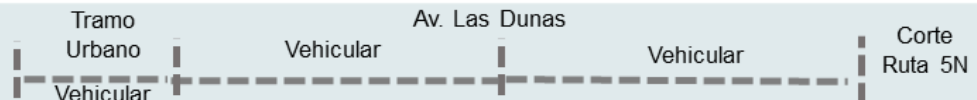
Vía de Evacuación n°4 San Pedro

Bueno	Regular	Malo	V1	V2	V3	V4	V5	V6	TOTAL
1	2	3	Estado de Luminaria	Obstáculos Esporádicos	Estado de la Carpeta (Vía)	Interconectividad para Evacuar	Presencia/Estado Señalética	Dificultad Estructural (IC)	
			□ 2 □	□ 2 □	1 □ □	□ 2 □	□ □ 3	□ □ 3	13

Vía 4. San Pedro

- Longitud-Ancho: 2.077,74 -7 mts.
- Tipo de Carpeta: pavimento
- Tiempo Empírico de Recorrido: 25:10 min.
- Tipo de Vía: vehicular con veredas
- Discontinuidad: si

Esquematización de la vía de Evacuación



DESCRIPCIÓN DE LA EVALUACIÓN DE VARIABLES

V1- Estado de la Luminaria: Existen las estructuras autosustentadas e iluminación del sistema eléctrico distribuido, existen focos en mal estado y algunas estructuras sin paneles.

V2-Obstáculos Esporádicos: Existen vereda solo en la vereda norte, la vereda sur no existe solo hay matorral que obstaculiza el tránsito peatonal.

V3-Estado de la Carpeta (Vía): Buen estado de la carpeta en la calzada y la vereda norte.

V4-Interconectividad para Evacuar: No cuenta con conectividad hacia otras vías en la sección cercana a la carretera, sin embargo, hacia la sección costera si cuenta con vías perpendiculares como Av. Las Dunas, Av Pacífico oriente que conecta la Vía 3 en Caleta San Pedro, pero estas vías se circunscriben en las mismas zonas bajo amenaza de tsunami.

V5-Presencia/Estado Señalética: La señalética observada se distingue en muy mal estado y rallada.

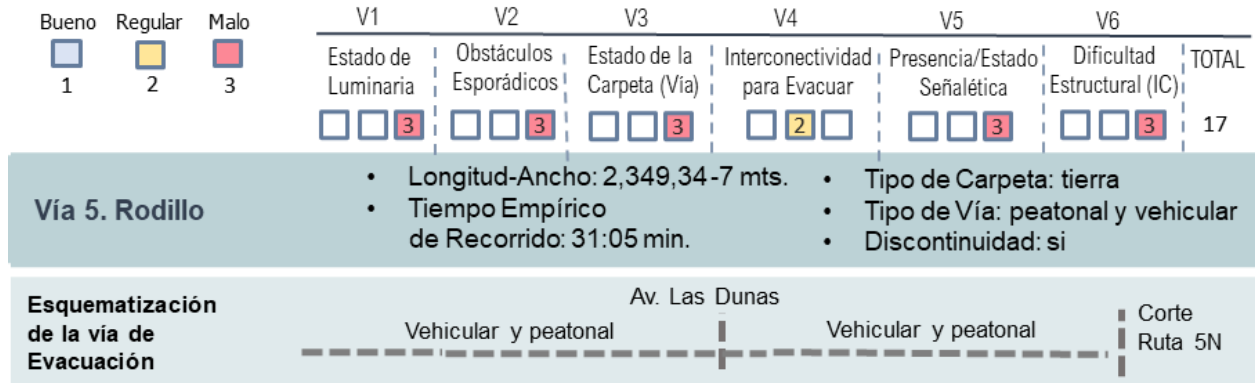
V6-Dificultad Estructural (Infraestructura Crítica): Existe un término abrupto de la vía, la carretera y el alto flujo de vehículos en la carretera, dificulta la evacuación hacia otros sectores. Difusa información de la zona segura.

Figuras 34, 35 y 36 en vía 4 San Pedro



Fuente: Elaboración Propia en base al trabajo de campo, evaluación de variables realizado en septiembre de 2022.

Vía de Evacuación n°5 Rodillo



DESCRIPCIÓN DE LA EVALUACIÓN DE VARIABLES

V1- Estado de la Luminaria: No cuenta con luminarias en toda la vía, ni en el tramo costero, ni zona intermedia y ni en la zona terminal de la vía.

V2-Obstáculos Esporádicos: Presencia de 4 focos de microbasurales por la vereda norte de la vía, y presencia de Jauría de perros en el sector costero de la vía, presencia de matorral y arbustos en los bordes de la vía, sin vereda, la superficie útil es la calzada, los arbustos y matorral separan una zanja paralela a la vía que tiene basura en su interior.

V3-Estado de la Carpeta (Vía): En el tramo costero en la vía es un tipo de carpeta más arcilloso, la calzada se encuentra en mal estado, en la zona intermedia de la vía pasa a tener más gravilla y arcilla, además existe una sección pavimentada en la calzada en un corto tramo, vía muy irregular en el tipo de carpeta.

V4-Interconectividad para Evacuar: No cuenta con conectividad hacia otras vías en la sección cercana a la carretera, sin embargo, hacia la zona intermedia, si cuenta con vía perpendicular en Av. Las Dunas, que se circunscribe en la misma zona bajo amenaza de tsunami.

V5-Presencia/Estado Señalética: No hay señalética visible en toda la vía.

V6-Dificultad Estructural (Infraestructura Crítica): Existe un término abrupto de la vía, la carretera y el alto flujo de vehículos en la carretera, dificulta la evacuación hacia otros sectores. Difusa información de la zona segura.

Figuras 37, 38 y 39 en vía 5 Rodillo



Fuente: Elaboración Propia en base al trabajo de campo, evaluación de variables realizado en septiembre de 2022.

Vía de Evacuación n°6 Puertas del Mar

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	TOTAL
Bueno 1	□	□	□	□	□	□	
Regular 2				□			
Malo 3						□	
	1	1	1	2	1	3	9
Vía 6. Puertas del Mar	<ul style="list-style-type: none"> Longitud-Ancho: 1900,67-10 mts. Tiempo Empírico de Recorrido: 24:05 min. 		<ul style="list-style-type: none"> Tipo de Carpeta: pavimento Tipo de Vía: vehicular con veredas Discontinuidad: si 				
Esquematación de la vía de Evacuación	Avenida		Vialidad Urbana		Vialidad Urbana		Ruta 5 N LF

DESCRIPCIÓN DE LA EVALUACIÓN DE VARIABLES

V1- Estado de la Luminaria: Toda la vía cuenta con iluminación tanto auto sustentada y de la red del sistema distribuido.

V2-Obstáculos Esporádicos: No presenta obstáculos considerables en veredas ni en calzada, además existe bandejón central en esta vía más bien despejada.

V3-Estado de la Carpeta (Vía): El estado de la carpeta en esta vía es bueno, pavimento tanto en veredas como en calzada.

V4-Interconectividad para Evacuar: Esta vía se intersecta con varias calles que se conectan con calle Libertad y con la vía de evacuación N°7, y una calle que permite la salida hacia el centro de La Serena, por Av. Cirujano Videla, pero se expone cerca de la caja del Río Elqui, vías en zona inundable.

V5-Presencia/Estado Señalética: Presenta señalética y en buen estado en esta vía.

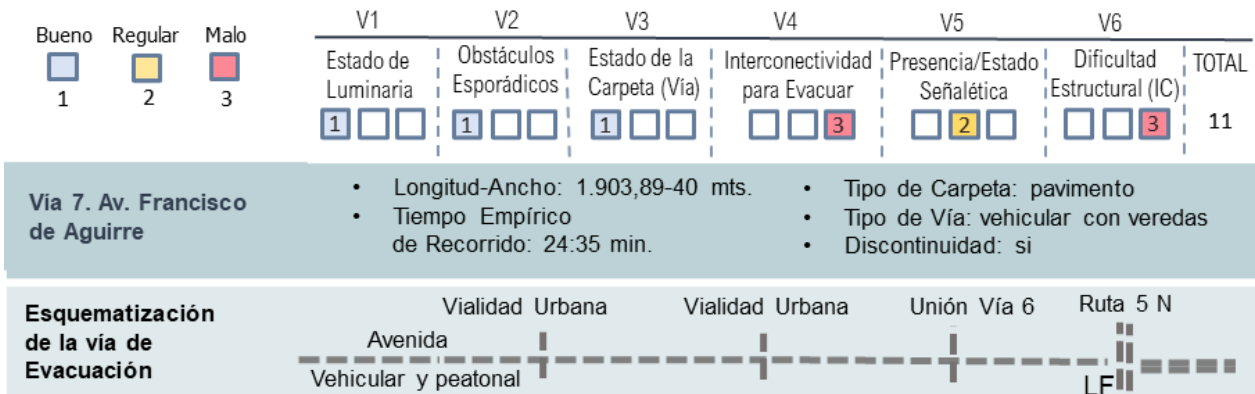
V6-Dificultad Estructural (Infraestructura Crítica): Entramado Vial complejo y vías dispuestas de forma oblicua y regularmente congestionadas, presencia de equipamientos educacionales, de salud, servicios y comercio, además de la planta y emisario de Aguas del Valle en el sector. De acuerdo al Plan de Emergencia la vía n°6 debe evacuar hacia la vía n°7, que se ve obstaculizada por la Ruta 5 Norte y Línea Férrea (LF) punto crítico vial de la ciudad que es la rotonda Av. Francisco de Aguirre con la carretera Ruta 5.

Figuras 40, 41 y 42 en vía 6 Puertas del Mar



Fuente: Elaboración Propia en base al trabajo de campo, evaluación de variables realizado en septiembre de 2022.

Vía de Evacuación nº7 Av. Francisco de Aguirre



DESCRIPCIÓN DE LA EVALUACIÓN DE VARIABLES

V1- Estado de la Luminaria: En el sector costero existen 6 luminarias sin paneles fotovoltaicos, pero si iluminación de la red distribuida, pero a lo largo de la vía presenta buena iluminación.

V2-Obstáculos Esporádicos: No presenta obstáculos ni la vereda, ni la calzada, ni tampoco el bandejón central de esta avenida.

V3-Estado de la Carpeta (Vía): Tanto la calzada, la vereda y el bandejón central de la avenida se encuentra en buen estado.

V4-Interconectividad para Evacuar: Esta vía es una avenida importante de la ciudad, la intersectan diversas calles, pero no permiten una rápida evacuación de la zona inundable, la vía directa sigue siendo la Vía nº7.

V5-Presencia/Estado Señalética: El tramo costero presenta señalética en mal estado, rallada y deteriorada, el resto de la vía presenta señalética en buen estado, con algunos problemas de iluminación.

V6-Dificultad Estructural (Infraestructura Crítica): Los sectores colindantes a esta vía presentan una ocupación de población importante, y equipamientos educacionales como la sede universitaria INACAP y Universidad Central, vía congestionada permanente, y se ve obstaculizada por la Ruta 5 Norte y Línea Férrea (LF) punto crítico vial de la ciudad en la rotonda Av. Francisco de Aguirre con la carretera Ruta 5.

Figuras 43,44 y 45 en vía Avenida Francisco de Aguirre



Fuente: Elaboración Propia en base al trabajo de campo, evaluación de variables realizado en septiembre de 2022.

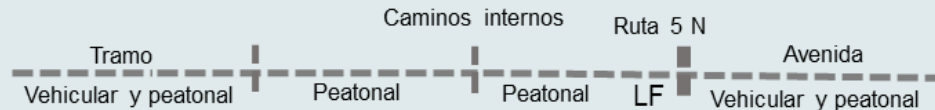
Vía de Evacuación n°8 Amunategui

Bueno	Regular	Malo	V1	V2	V3	V4	V5	V6	TOTAL
1	2	3	Estado de Luminaria	Obstáculos Esporádicos	Estado de la Carpeta (Vía)	Interconectividad para Evacuar	Presencia/Estado Señalética	Dificultad Estructural (IC)	17
□	□	□	□ □ □ 3	□ □ □ 3	□ 2 □	□ □ □ 3	□ □ □ 3	□ □ □ 3	

Vía 8. Amunategui

- Longitud-Ancho: 2,059,14 -7 mts.
- Tipo de Carpeta: tierra
- Tiempo Empírico de Recorrido: 27:01 min.
- Tipo de Vía: peatonal
- Discontinuidad: si

Esquematación de la vía de Evacuación



DESCRIPCIÓN DE LA EVALUACIÓN DE VARIABLES

V1- Estado de la Luminaria: En todo el tramo de la vía peatonal, no se encuentran los paneles fotovoltaicos, ni las baterías en las estructuras autosustentadas de iluminación, Mala Iluminación. En el tramo del lado costero pavimentado de 100 mts, cuenta con iluminación de la red distribuida.

V2-Obstáculos Esporádicos: En el tramo costero de la vía, presenta matorral y arbustos que se extienden por 2 a 3 metros en los bordes de la vía reduciendo la superficie caminable a 2 metros. Tramo terminal presenta microbasural en intersección con calle Libertad en lado norte de la vía.

V3-Estado de la Carpeta (Vía): En el tramo costero de la vía, existe mal estado en el tipo de carpeta, con presencia de vegetación, condición que mejora a regular en el tramo intermedio y terminal, además en este tramo terminal, existe cambio de pendiente.

V4-Interconectividad para Evacuar: Existen caminos de tierra que intersectan la vía en el tramo intermedio, que son Antonio Aguilar y Cayetano Almeyda, sin embargo, estas vías se encuentran en zonas susceptibles a inundación.

V5-Presencia/Estado Señalética: No evidencia suficiente señalética, y la que existe se encuentra en mal estado.

V6-Dificultad Estructural (Infraestructura Crítica): Se ve obstaculizada por la Ruta 5 Norte y Línea Férrea, dispone de cruce y semáforo para el tránsito peatonal, sin embargo, en el cruce se produce alta congestión vehicular.

Figuras 46, 47 y 48 en vía Amunategui



Fuente: Elaboración Propia en base al trabajo de campo, evaluación de variables realizado en septiembre de 2022.

Vía de Evacuación n°9 Cuatro Esquinas

Bueno 1	Regular 2	Malo 3	V1	V2	V3	V4	V5	V6	TOTAL
			Estado de Luminaria	Obstáculos Esporádicos	Estado de la Carpeta (Vía)	Interconectividad para Evacuar	Presencia/Estado Señalética	Dificultad Estructural (IC)	12
1	2	3	1	2	1	2	3	2	

Vía 9. Cuatro Esquinas

- Longitud-Ancho: 2.056,22-12a15 mts.
- Tipo de Carpeta: pavimentada
- Tiempo Empírico de Recorrido: 28:30 min.
- Tipo de Vía: vehicular con veredas
- Discontinuidad: Si

Esquematación de la vía de Evacuación



DESCRIPCIÓN DE LA EVALUACIÓN DE VARIABLES

V1- Estado de la Luminaria: Tiene buena iluminación, tanto autosustentada como los postes de la red distribuida, en toda la vía.

V2-Obstáculos Esporádicos: En el tramo costero y zona intermedia se presenta comercio y servicios gastronómicos, cuyos carteles dificultan en la vereda.

V3-Estado de la Carpeta (Vía): Tramo Costero hacia Av. Pacífico, se encuentra en mal estado por obras del MINVU, el resto de la vía se encuentra en buen estado tanto la calzada como la vereda.

V4-Interconectividad para Evacuar: Existen calles que intersectan la vía como Av Pacífico, Hortensia Bustamante, sin embargo, en tramo terminal es extenso y sin caminos, ya que corresponden a grandes extensiones de predios privados, parcelas aún cultivadas.

V5-Presencia/Estado Señalética: No hay presencia de señalética en gran parte de la vía, en la fase terminal llegando a la intersección con el santo, existe un letrero de zona segura.

V6-Dificultad Estructural (Infraestructura Crítica): Vía congestionada de manera permanente, y se ve obstaculizada por la Ruta 5 Norte y Línea Férrea, pero dispone de cruce y semáforo para el tránsito peatonal, además presenta un angostamiento de la vereda en la zona terminal al llegar a la calle El Santo, punto de encuentro asignado según el plan de emergencia.

Figuras 49 y 50 en vía Cuatro Esquinas



Fuente: Elaboración Propia en base al trabajo de campo, evaluación de variables realizado en septiembre de 2022.

Vía de Evacuación nº10 Los Lúcumos

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	TOTAL
Bueno 1	□ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	14
Regular 2	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	
Malo 3	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	□ □ □	

Vía 10. Los Lúcumos

- Longitud-Ancho: 1.771,22 -7 mts.
- Tipo de Carpeta: pavimentado y tierra
- Tiempo Empírico de Recorrido: 29:5 min.
- Tipo de Vía: peatonal
- Discontinuidad: si

Esquematación de la vía de Evacuación



DESCRIPCIÓN DE LA EVALUACIÓN DE VARIABLES

V1- Estado de la Luminaria: Se distinguen diversas estructuras sin paneles fotovoltaicos, en la zona intermedia y terminal de la vía existe una mala iluminación en general.

V2-Obstáculos Esporádicos: La Vía en la intersección con Av. Pacífico, presenta una desviación, por lo tanto, la vía de evacuación es discontinua y presenta matorrales y arbustos en los bordes.

V3-Estado de la Carpeta (Via): Mal estado de la carpeta llegando a Av. Chile-Italia (caletera al lado de ruta 5 norte) el resto de la vía presenta un estado regular estado, la gravilla presenta rocas de mayor tamaño, lo que dificulta al caminar, más si no se transita con un calzado adecuado.

V4-Interconectividad para Evacuar: En el sector costero de la vía cuenta con caminos que intersectan, el segmento posterior a la ruta 5 norte, que corresponden a grandes extensiones de predios privados, parcelas aún cultivadas, sin caminos.

V5-Presencia/Estado Señalética: Existe señalética a lo largo de la vía, en algunos tramos (3) se encuentran sucias, con alto desgaste y con poca visibilidad.

V6-Dificultad Estructural (Infraestructura Crítica): A 400 mts. desde la costa, esta vía se encuentra disectada por la Ruta 5 Norte, corredor de alto flujo que implica tiempo y destreza poder atravesar y luego se extiende por otros 1.200 mts. Hasta llegar a una zona segura, por lo tanto la Carretera 5 Norte y Línea Férrea no favorecen el flujo continuo en esta vía.

Figuras 51, 52 y 53 en Vía Los Lúcumos



Fuente: Elaboración Propia en base al trabajo de campo, evaluación de variables realizado en septiembre de 2022.

Vía de Evacuación n°11 Canto del Agua

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	TOTAL
Bueno 1	□	□	□	□	□	□	
Regular 2	□	□	□	□	□	□	
Malo 3	□	□	□	□	□	□	
	1	1	2	3	3	3	13
	Estado de Luminaria	Obstáculos Esporádicos	Estado de la Carpeta (Vía)	Interconectividad para Evacuar	Presencia/Estado Señalética	Dificultad Estructural (IC)	

Vía 11. Canto del Agua	<ul style="list-style-type: none"> Longitud-Ancho: 1.904,03-8 mts. Tiempo Empírico de Recorrido: 27:00 min. 	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de Carpeta: pavimentado Tipo de Vía: vehicular y peatonal Discontinuidad: si
-------------------------------	---	---

Esquematación de la vía de Evacuación	
--	--

DESCRIPCIÓN DE LA EVALUACIÓN DE VARIABLES

V1- Estado de la Luminaria: En la primera sección costera, el tramo central de la ruta y en la zona terminal de ascenso por Reg. Arica, existe una buena iluminación del sistema eléctrico distribuido.

V2-Obstáculos Esporádicos: En la primera sección costera, el tramo central de la ruta y en la zona termina de ascenso por Reg. Arica, en toda la vía no se encuentran obstáculos esporádicos.

V3-Estado de la Carpeta (Vía): Existe diversidad de carpeta en la sección costera en Canto del Agua hay un tramo sin pavimentar, luego en la sección de la ruta existe un espacio peatonal difuso de tierra para conectarse a veredas en la zona de ascenso.

V4-Interconectividad para Evacuar: Debido al flujo vehicular y la carretera 5 norte, no existe una alternativa para evacuar que no sea la vía n°11 determinada para el ascenso.

V5-Presencia/Estado Señalética: Si bien existe señalética en la zona de cruce de canto del agua con la ruta 5 norte, se encuentra en mal estado y no se distingue señalética de riesgo en todo el resto del recorrido de la vía.

V6-Dificultad Estructural (Infraestructura Crítica): La sección costera se une a la carretera 5 norte aspecto complejo para el tránsito peatonal, considerando que existen veredas desde el cruce de Peñuelas hacia Regimiento Arica y esta última es la única vía más apropiada para evacuar directamente hacia zona segura.

Figuras 54,55 y 56 en vía Canto del Agua – Regimiento Arica



Fuente: Elaboración Propia en base al trabajo de campo, evaluación de variables realizado en septiembre de 2022.

4.3 Sistematización entre la infraestructura crítica (IC), las vías de evacuación y variables territoriales analizadas

De acuerdo con los estudios relacionados a la evacuación y las diversas metodologías consideradas, para las modelaciones en la evacuación, en este trabajo se consideran algunas condicionantes territoriales relevantes aplicadas por autores como Martínez et al. (2017); León et al. (2021); Wang & Jia (2021) quienes señalan cómo variables relevantes, la población costera, el relieve, la trama de la vialidad, entre otras variables.

Además, se consideran variables dinámicas locales, en concordancia con el trabajo de detección de “micro vulnerabilidades” por Álvarez et al. (2018), pero definiendo 6 variables descriptivas y de mantención aplicadas a la costa de La Serena.

Por tanto, se considera las 6 variables ya evaluadas en el trabajo de campo (Objetivo 2), ya que son variables a nivel de microescala, altamente dinámicas y de transformación continua de las vías de evacuación; y finalmente en esta fase, integrar a la población y a la infraestructura crítica (variables de macro escala).

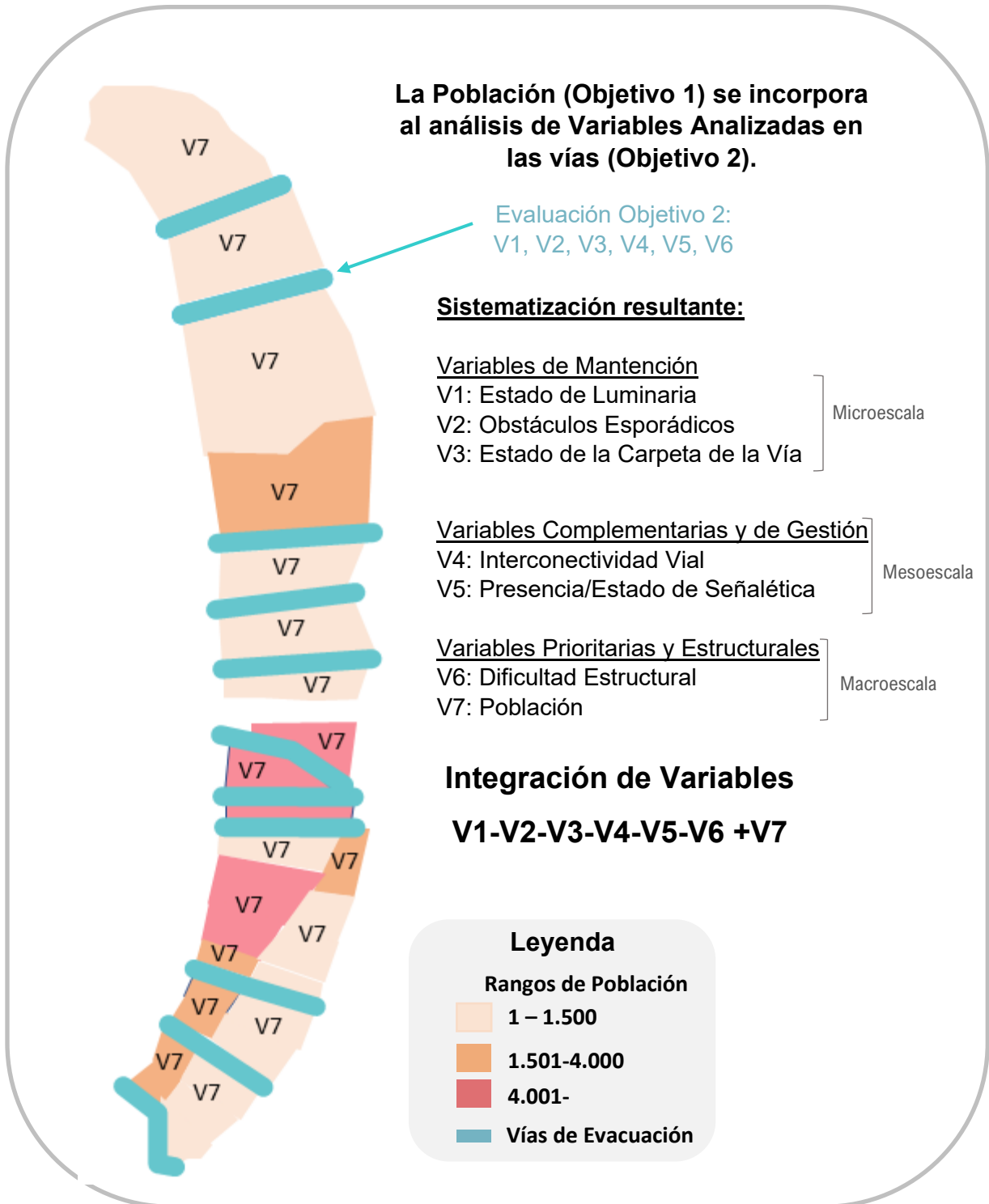
Por lo tanto, para la sistematización se consideran 7 variables territoriales resultantes (con expresión espacial) y son:

- V1: Estado de la Luminaria
- V2: Obstáculos Esporádicos
- V3: estado de la carpeta vía
- V4: Interconectividad para evacuar
- V5: Presencia/ Estado de la señalética
- V6: Dificultad estructural (Infraestructura Crítica)
- V7: Población (actualizada).

La población es una variable territorial con una desagregación macro en este caso, externa a las vías y directamente relacionada a la evacuación, por lo tanto, para su integración se consideran aquellas cifras de población colindantes a las vías, de acuerdo con los sectores poblados determinados en el objetivo nº1. Con ello se logró una evaluación numérica concordante a la metodología realizada, para resaltar las vías de evacuación que presenten más complejidad, para contribuir a una óptima gestión y respuesta.

Para comenzar a unificar las variables, es preciso tener presente como base la variable cantidad de población costera (dimensionar) y las dinámicas de la población cercana y relacionada con las vías y el entorno. Estos son antecedentes elementales para poder planificar una evacuación y una evaluación de los elementos centrales en una evacuación, revisar la infraestructura implementada, su mantención y aspectos estructurales, resultando una sistematización de acuerdo con la Figura 57.

Figura 57: Esquema Sistematización de Variables



Fuente: Elaboración Propia, (2022).

Investigaciones como las de Martínez et al. (2016); Ito et al., (2020, 2015); León et al. (2018, 2021); (Wang & Jia, 2021), desarrollan la modelación de evacuación y determinan escenarios, utilizando metodologías y herramientas sofisticadas como “Simuladores basados en Agentes” y “Sistemas de Información Geográficos” espacio-temporales, para determinar el accionar humano y su probable comportamiento, existiendo entidades internacionales especializadas en estos ámbitos, como el Instituto de Investigación para la Prevención de Desastres de la Universidad de Kyoto en Japón. De ello se rescató la utilización de los sistemas de información geográficos (SIG) para integrar las variables analizadas con herramientas que pudiesen facilitar una modelación geográfica con herramientas más abordables y simplificada en comparación a las sofisticadas modelaciones de agentes utilizada por los expertos internacionalmente.

Por lo tanto, en esta instancia final para la integración de variables, se ejecutaron unos procesamientos cartográficos mediante Sistemas de Información Geográficos, específicamente el Software ArcMap (software licenciado²), utilizando diversas herramientas para integrar las capas de información agrupadas por variables, desde la 1 a la 7, recordando que en el objetivo n°2, se evaluaron de manera empírica en cada vía 6 variables y en esta instancia final se incorpora la variable n°7, que corresponde a cada vía en función a los rangos de población aledaña, es decir, de acuerdo a cada rango de población obtenidos en el mapa de la figura 12, otorgando a cada vía la escala de valores (1 a 3), asignando el valor 3 a las Vías con mayor rangos de población (2022) y valor 1 a los menores rangos de población.

Los procesamientos en sistemas de información geográficos (SIG), consistió en 3 fundamentalmente:

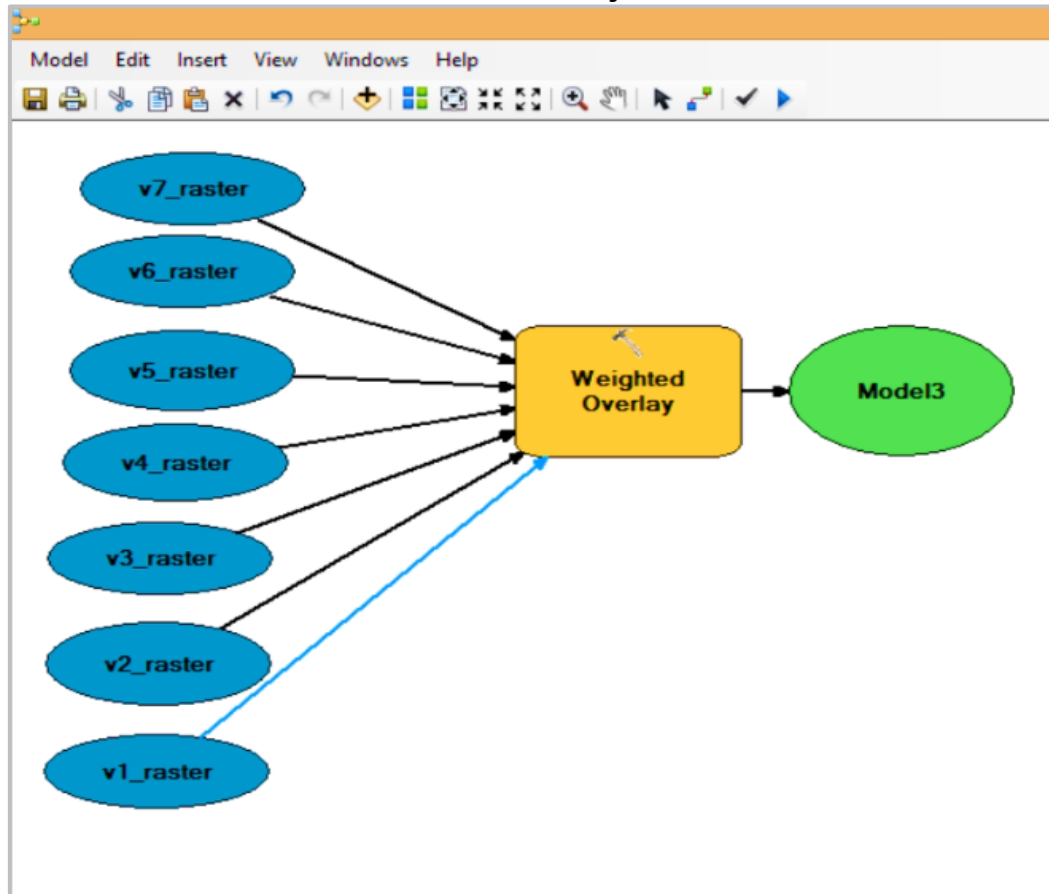
- 1) **Simplificación de registros mediante la herramienta “Dissolve”:** la cobertura de entrada corresponde a las 7 variables, que cada una contienen diversos registros con información sobre varios atributos de entidad, para finalmente obtener, en cada cobertura de información, solamente sobre el elemento a disolver, es decir, la tabla de atributo queda con los registros de 1 a 3 solamente.
- 2) **Transformación a formato Ráster de las capas Vectoriales:** herramienta de conversión “polygon to raster”, en este formato permite superponer capas.
- 3) **Realización de Modelo de Geoprocesamiento de sobreposición ponderada mediante la ventana de trabajo “Model Builder”(Figura 58):** En este entorno de procesamiento, se utilizó la herramienta Overlay, puntualmente la categoría “Weighted Overlay” sobreposición ponderada de capas, que sirve fundamentalmente para asignar pesos para una sobreposición territorial, para

² La herramienta de superposición también puede ser ejecutada desde en el software Qgis, para lograr ejecutar los puntos 1,2 y 3, utilizando Análisis ráster /Calculadora ráster, asigna porcentaje a los valores de pixeles.

ello, se establece una evaluación de criterios, que puede ser variable, en función a escenarios de análisis.

En este último procesamiento se le puede asignar porcentaje, en la suma total de los 7 ráster (el total de variables debe sumar un 100%) en el porcentaje (%) de influencia en la herramienta.

Figura 58: Modelo de Geoprocesamiento de sobreposición ponderada mediante la ventana de trabajo “Model Builder”



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Para la asignación de pesos o porcentajes que asignan más o menos relevancia en el análisis de superposición, esto determinó las variables en las que se centrarán las acciones a intervenir y consecutivamente, un modelo territorial con vías críticas distinto, para ejemplificar esta superposición ponderada, se consideraron 2 modelos o escenarios:

- Modelo A o Escenario A: Centrado en otorgar mayor relevancia a varias variables, tanto de población, variables estructurales y de mantención que son las más dinámicas y de microescala urbana.
- Modelo B o Escenario B: Centrado en otorgar mayor relevancia a las variables de población y variables estructurales asociadas a las vías.

Primer Modelo A con ponderación conciliadora de variables asociadas

Tabla 4: Primer escenario y ponderaciones

Estructura	VARIABLES TERRITORIALES	Porcentajes	Tipo
Población Obj1	Variable 7: Población	20%	Prioritarias y Estructurales Mantenimiento
VARIABLES EVALUADAS EN EL OBJ.2	Variable 6: Dificultad Estructural (IC)	20%	
	Variable 3: Estado de la Carpeta (Vía)	20%	
	Variable 1: Estado de Luminaria	10%	
	Variable 2: Obstáculos Esporádicos	10%	
	Variable 5: Presencia/Estado Señalética	10%	
Variable 4: Interconectividad para Evacuar	10%	Complementarias y de Gestión	

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Se puede obtener una matriz realizada con los cálculos de puntajes en cada valoración:

Tabla 5: Ponderaciones en el Primer Escenario

Vías	Ponderación	Variables Prioritarias y Estructurales		Variables de Mantenimiento			Variables Complementarias y de Gestión		Total
		Variable 7: Población	Variable 6: Dificultad Estructural (IC)	Variable 3: Estado de la Carpeta (Vía)	Variable 1: Estado de Luminaria	Variable 2: Obstáculos Esporádicos	Variable 5: Presencia/Estado Señalética	Variable 4: Interconectividad para Evacuar	
		20%	20%	20%	10%	10%	10%	10%	
Vía 1	(Valoración 1,2,3)	1	2	1	1	1	3	3	12
	Ponderación	0,2	0,4	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3	1,6
		0,6		0,4			0,6		
Vía 2	(Valoración 1,2,3)	1	3	1	2	1	3	3	14
	Ponderación	0,2	0,6	0,2	0,2	0,1	0,3	0,3	1,9
		0,8		0,5			0,6		

Vía 3	(Valoración 1,2,3)	1	3	3	3	3	1	2	16
	Ponderación	0,2	0,6	0,6	0,3	0,3	0,1	0,2	2,3
		0,8			1,2			0,3	
Vía 4	(Valoración 1,2,3)	1	3	1	2	2	3	2	14
	Ponderación	0,2	0,6	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	1,9
		0,8			0,6			0,5	
Vía 5	(Valoración 1,2,3)	1	3	3	3	3	3	2	18
	Ponderación	0,2	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3	0,2	2,5
		0,8			1,2			0,5	
Vía 6	(Valoración 1,2,3)	3	3	1	1	1	1	2	12
	Ponderación	0,6	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	1,9
Vía 7	(Valoración 1,2,3)	3	3	1	1	1	2	3	14
	Ponderación	0,6	0,6	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	2,1
		1,2			0,4			0,5	
Vía 8	(Valoración 1,2,3)	3	3	2	3	3	3	3	20
	Ponderación	0,6	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	2,8
		1,2			1			0,6	
Vía 9	(Valoración 1,2,3)	2	2	1	1	2	3	2	13
	Ponderación	0,4	0,4	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	1,8
		0,8			0,5			0,5	
Vía 10	(Valoración 1,2,3)	2	3	2	3	2	2	2	16

	Ponderación	0,4	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	2,3
		1		0,9			0,4		
Vía 11	(Valoración 1,2,3)	2	3	2	1	1	3	3	15
	Ponderación	0,4	0,6	0,4	0,1	0,1	0,3	0,3	2,2
		1		0,6			0,6		

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Modelo A

En el primer escenario o “Modelo A” se desprende que las vías que presentan altos valores en la ponderación resultante son las vías 3, 5 y 8, y el resto de las vías presenta una condición regular. Estos resultados se centran en la mejora del funcionamiento de la evacuación en su integralidad, considerando en estado regular, las vías más demandadas que son las avenidas principales. Se desprende de la matriz en la Tabla 4 y 5 y en la figura 60 con el Modelo A, en donde las acciones deberían priorizarse en las vías 3,5 y 8, que, si bien no corresponden precisamente a las vías que contienen más población, si presentan deficiencias de acuerdo a los porcentajes más altos asignados en las variables 7) Población, 6) Dificultad Estructural y 3) Estado de la Carpetas en las Vías y en menor medida, en las variables 1,2,4 y 5.

Entregando un método que pueda argumentar ciertas decisiones a la hora de intervenir en estas vías de evacuación, por ejemplo, en un caso hipotético de un “plan maestro de evacuación”, las medidas por parte de distintas instituciones a nivel regional y nacional en apoyo a la responsabilidad que recae en el municipio y fortalecer de acuerdo con este modelo A son, por ejemplo:

- 1) Desarrollar talleres y un operativo informativo acerca del plan de evacuación, mejorar y actualizar los datos globales y centrales de población de acuerdo con la realidad actual.
- 2) Establecer una mesa de coordinación entre instituciones como Ministerio de Obras Públicas (MOP), Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), Municipalidad de La Serena, Gobierno Regional de Coquimbo (GORE) y ONEMI, para tratar problemáticas estructurales como los proyectos en carpeta de estos organismos y que afecten a la evacuación como (Sitio Arqueológico El Olivar, Concesión Ruta 5 Norte, obras en borde costero, e infraestructuras para evacuación en altura, entre otros).
- 3) Coordinación con las entidades a cargo de las grandes infraestructuras viales, como el Ministerio de Obras Públicas, para tratar los pasos sobre nivel peatonales que permiten cruzar la Ruta 5 Norte, que solo se encuentra asociado a las vías de evacuación en la vía nº1, aun cuando no es reconocido por el plano

de evacuación. Es de importancia de obtener un prototipo de paso sobre nivel que asegure una evacuación ante tsunami asociado a las vías críticas en la variable 6, dificultad estructural, tema abordado en la entrevista con la asesora urbanista de la Municipalidad de La Serena Sra. Lyzette Gyorgy.

- 4) Mejorar el tipo de carpeta de las vías críticas, realizar simulacros diferenciando vías pavimentadas de las no pavimentadas y establecer tiempos de recorrido reales, entregando recomendaciones a la población, transparentando los parámetros de tiempo a considerar en una evacuación y la zona segura claramente definida.
- 5) Utilizar mecanismos y condiciones presupuestarias, para el apoyo financiero a los gobiernos locales, con el fin de realizar acciones en el ámbito de las **“mantenciones y despeje”**, a las vías evaluadas con valores críticos como la vía n°8 de Amunategui, que presenta pérdida de superficie caminable, producto del crecimiento del arbustos y vegetación costera, como la Brea, (*Tessaria absinthioides* (Hook. & Arn.) DC. (Figura 59) es decir, solucionar las **microvulnerabilidades naturales**³.
- 6) Desarrollar alternativas para una mejor iluminación, ya sea autosustentadas o soluciones aplicadas para La Serena, como medidas individuales de iluminación personal en el Kit de emergencia impulsado por ONEMI.

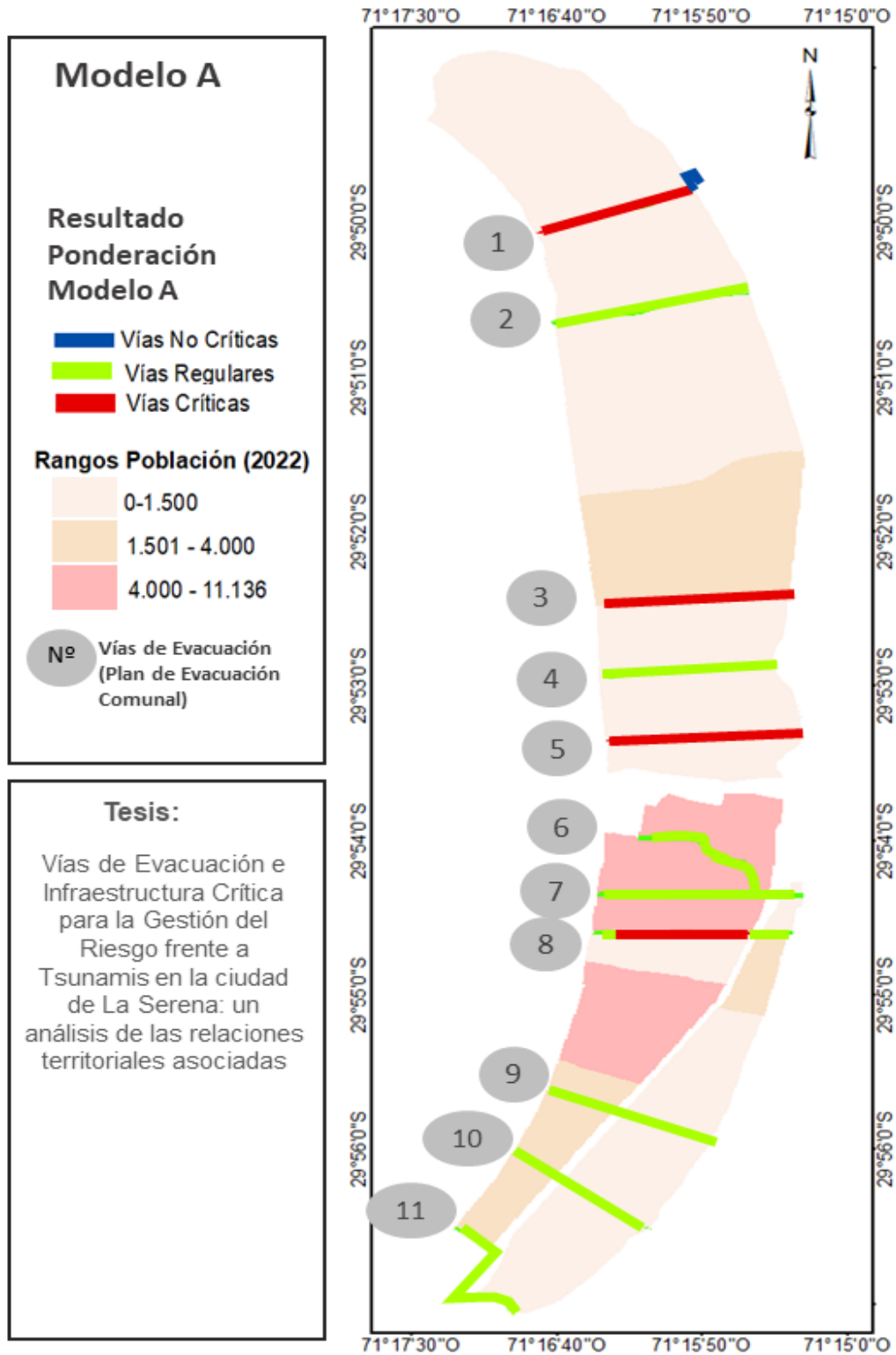
Figura 59: Obstrucciones por mantenciones (microescala) en la vía n° 8 y n° 5.



Fuente: Elaboración Propia, mismo tramo de la vía n°8 Amunategui, La Serena (2022).

³ Concepto asociado a las “Microvulnerabilidades Urbanas” abordadas en Iquique por Álvarez et al. (2018).

Figura 60: Modelo A con ponderación conciliadora de variables asociadas



Fuente: Elaboración Propia (2022).

Segundo Modelo B con ponderación con prioridad en la Población y variables estructurales

Tabla 6: Segundo escenario y ponderaciones

Estructura	Variables Territoriales	Porcentajes	Tipo
Población Obj1 Variables Evaluadas en el Obj.2	Variable 7: Población	40%	Prioritarias y Estructurales
	Variable 6: Dificultad Estructural (IC)	15%	
	Variable 3: Estado de la Carpeta (Vía)	05%	
	Variable 1: Estado de Luminaria	05%	Complementarias y de Gestión
	Variable 2: Obstáculos Esporádicos	10%	
	Variable 5: Presencia/Estado Señalética	05%	
	Variable 4: Interconectividad para Evacuar	20%	

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Se puede obtener una matriz realizada con los cálculos de puntajes en cada valoración:

Tabla 7: Ponderaciones en el Segundo Escenario

Vías	Ponderación	Variables Prioritarias y Estructurales		Variables de Mantenimiento			Variables Complementarias y de Gestión		Total
		Variable 7: Población	Variable 6: Dificultad Estructural (IC)	Variable 3: Estado de la Carpeta (Vía)	Variable 1: Estado de Luminaria	Variable 2: Obstáculos Esporádicos	Variable 5: Presencia/Estado Señalética	Variable 4: Interconectividad para Evacuar	
		40%	15%	5%	5%	10%	5%	20%	
Vía 1	(Valoración 1,2,3)	1	2	1	1	1	3	3	12
	Ponderación	0,4	0,3	0,05	0,05	0,1	0,15	0,6	1,65
		0,7		0,2			0,75		
Vía 2	(Valoración 1,2,3)	1	3	1	2	1	3	3	14
	Ponderación	0,4	0,45	0,05	0,1	0,1	0,15	0,6	1,85
		0,85		0,25			0,75		

Vía 3	(Valoración 1,2,3)	1	3	3	3	3	1	2	16
	Ponderación	0,4	0,45	0,15	0,15	0,3	0,05	0,4	1,9
		0,85			0,6			0,45	
Vía 4	(Valoración 1,2,3)	1	3	1	2	2	3	2	14
	Ponderación	0,4	0,45	0,05	0,1	0,2	0,15	0,4	1,75
		0,85			0,35			0,55	
Vía 5	(Valoración 1,2,3)	1	3	3	3	3	3	2	18
	Ponderación	0,4	0,45	0,15	0,15	0,3	0,15	0,4	2
		0,85			0,6			0,55	
Vía 6	(Valoración 1,2,3)	3	3	1	1	1	1	2	12
	Ponderación	1,2	0,45	0,05	0,05	0,1	0,05	0,4	2,3
		1,65			0,2			0,45	
Vía 7	(Valoración 1,2,3)	3	3	1	1	1	2	3	14
	Ponderación	1,2	0,45	0,05	0,05	0,1	0,1	0,6	2,55
		1,65			0,2			0,7	
Vía 8	(Valoración 1,2,3)	3	3	2	3	3	3	3	20
	Ponderación	1,2	0,45	0,1	0,15	0,3	0,15	0,6	2,95
		1,65			0,55			0,75	
Vía 9	(Valoración 1,2,3)	2	2	1	1	2	3	2	13
	Ponderación	0,8	0,3	0,05	0,05	0,2	0,15	0,4	1,95
		1,1			0,3			0,55	

Vía 10	(Valoración 1,2,3)	2	3	2	3	2	2	2	16
	Ponderación	0,8	0,45	0,1	0,15	0,2	0,1	0,4	2,2
		1,25			0,45			0,5	
Vía 11	(Valoración 1,2,3)	2	3	2	1	1	3	3	15
	Ponderación	0,8	0,45	0,1	0,05	0,1	0,15	0,6	2,25
		1,25			0,25			0,75	

Fuente: Elaboración Propia (2022).

Modelo B

En este modelo, se prioriza la población, las vías cuyos sectores son los más poblados en la costa y se le asigna un porcentaje de 40%, además de priorizar la interconectividad u otras vías que contribuyan a la evacuación con un 20%, y la dificultad estructural con un 15%, resultando un escenario centrado en las zonas con mayor población y sus vías, es decir, aspectos más estructurales por sobre temas de mantención y problemas de microescala (Tabla 6 y 7 y Figura 61).

Para este modelo B, se podrían desarrollar las siguientes acciones dentro de un plan de intervención centrado en la zona urbana densamente poblada y las vías 7) Avenida Francisco de Aguirre y Vía 8) Amunategui, que concentran además zonas con equipamiento exclusivo comercial, y educacional, con aglomeración importante de población.

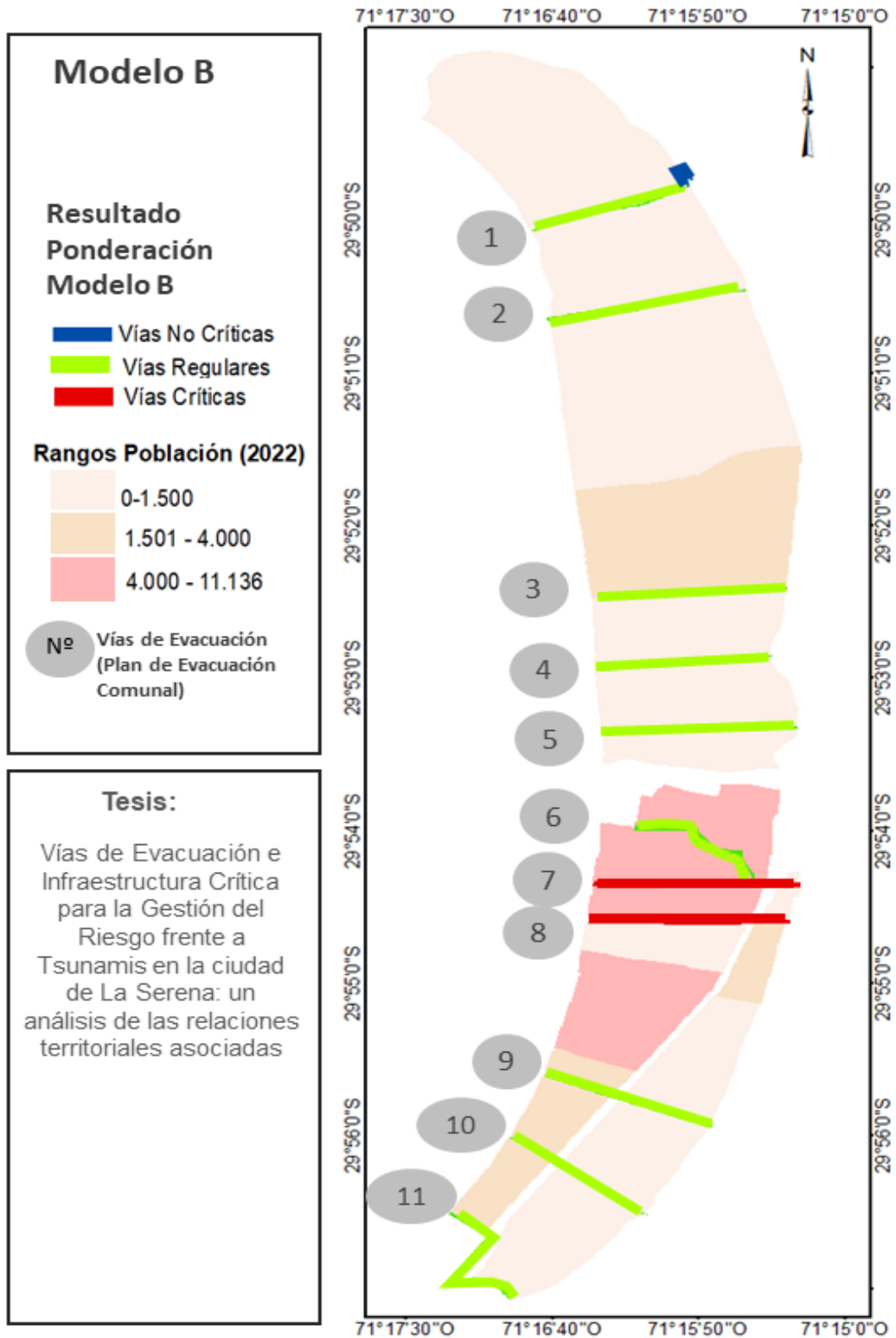
Acciones en el Modelo B:

- 1) Desarrollar una mesa de coordinación con los organismos que manejan datos demográficos, para afinar la variable de población en términos de levantamientos que pueda complementar unidades municipales u otros mecanismos, para distinguir categorías de población en cuanto a tipo de residencia permanente o visitante, capacidad de movilidad, o rangos etarios por manzana urbana, localización de personas con dificultades de movilidad, entre otras.

- 2) Comenzar una preparación para establecer protocolos de evacuación vertical en un corto plazo, financiando iniciativas como estudios específicos en áreas estratégicas resultantes como críticas, como por ejemplo en la zona ZU-7 zonas densamente poblada en altura, de acuerdo con el Plan Regulador Comunal. Implementar obras de acuerdo a los usos permitidos, multipropósito para la gestión de riesgos, como por ejemplo equipamientos deportivos o comunitarios como puntos limpios, miradores del Humedal Urbano asociado al Río Elqui, entre otros, edificados en altura y funcionales para el resguardo de población, con plataformas en altura para sectores críticos y que actualmente, según se detectó, cuentan con equipamientos que aglomeran población, soluciones para el sector de la Vía 7) Avenida Francisco de Aguirre y Vía 8) Amunategui.
- 3) Mejorar las vías críticas en todas las variables analizadas y también considerar las que se encuentran en estado regular.
- 4) Por medio de la coordinación de la Dirección Regional de ONEMI, lograr modificaciones en el Sistema de Alerta de Emergencia (SAE), mensajería telefónica de emergencia, que tiene por objetivo advertir y entregar instrucciones a una comunidad ubicada en zona de riesgo ante situaciones de emergencia.

Por medio de la definición de sectores críticos y vías con mayor criticidad, en un momento de emergencia, el sistema podría advertir a la población que transita en las vías o rutas cercanas al área de riesgo, y que podrían obstaculizar a las vías de evacuación, sugerir mediante mensajería (SAE) tomar rutas alternativas y tratar de despejar áreas críticas, incluyendo a los equipamientos cercanos a las áreas bajo riesgo, y así aportar a descongestionar y dejar un paso expedito a las vías de evacuación, sobre todo a aquellas vías peatonales y con problemas estructurales, como por ejemplo todas las vías que se disectan por la la Ruta 5 Norte, de manera de buscar una fórmula informativa pertinente y fomentar una cultura de evacuación, entre otras medidas.

Figura 61: Modelo B con ponderación con prioridad en la Población y variables estructurales



Fuente: Elaboración Propia (2022).

Finalmente, se generó un modelo Integrado del estado de las vías (Figura 62), como resultado territorial de la integración de los Modelo A y Modelo B, el cual recoge las vías de evacuación críticas resultantes en ambos casos (A y B) y debería implementar las medidas descritas en ambos casos, siendo útil para aplicar distintos tipos de acciones, de tipo estructurales, de gestión y de mantención en distintas vías de evacuación y zonas críticas, de manera de superar limitaciones con temporalidad definida y reevaluar cada vez que sea preciso. Conteniendo un sistema de relaciones entre organismos, el entorno físico geomorfológico, la configuración de la población, y variables dinámicas del territorio a microescala.

Lo importante es rescatar la integración de variables en este ejercicio de planificación, completar el modelo de variables territoriales asociadas, y con ello aportar en el foco de ciertas tareas para una evaluación, incorporar otras variables de acuerdo con cada territorio, o por ejemplo incorporar subjetividades del riesgo o aspectos culturales, como la percepción del riesgo, que podrían cambiar y complementar los resultados.

Por otra parte, las ponderaciones, deberían ser asignadas por los tomadores de decisión en un proceso de planificación en donde se incorpore a actores en la microescala, con expertos y actores que conozcan e intervengan en distintas fases del ciclo del riesgo (ver Figuras 63 y 64).

En esta línea, la temporalidad de las intervenciones territoriales pueden estar dadas en función al tipo de variables, siendo las “variables de mantención” aquellas que puedan ser abordadas en un corto plazo y de responsabilidad local, con el apoyo y establecimiento de recursos y asignaciones para su desarrollo; en este sentido, resulta importante examinar las condiciones presupuestarias vigentes, por ejemplo, en la Ley de Presupuestos del año 2022, en el punto 2, señala:

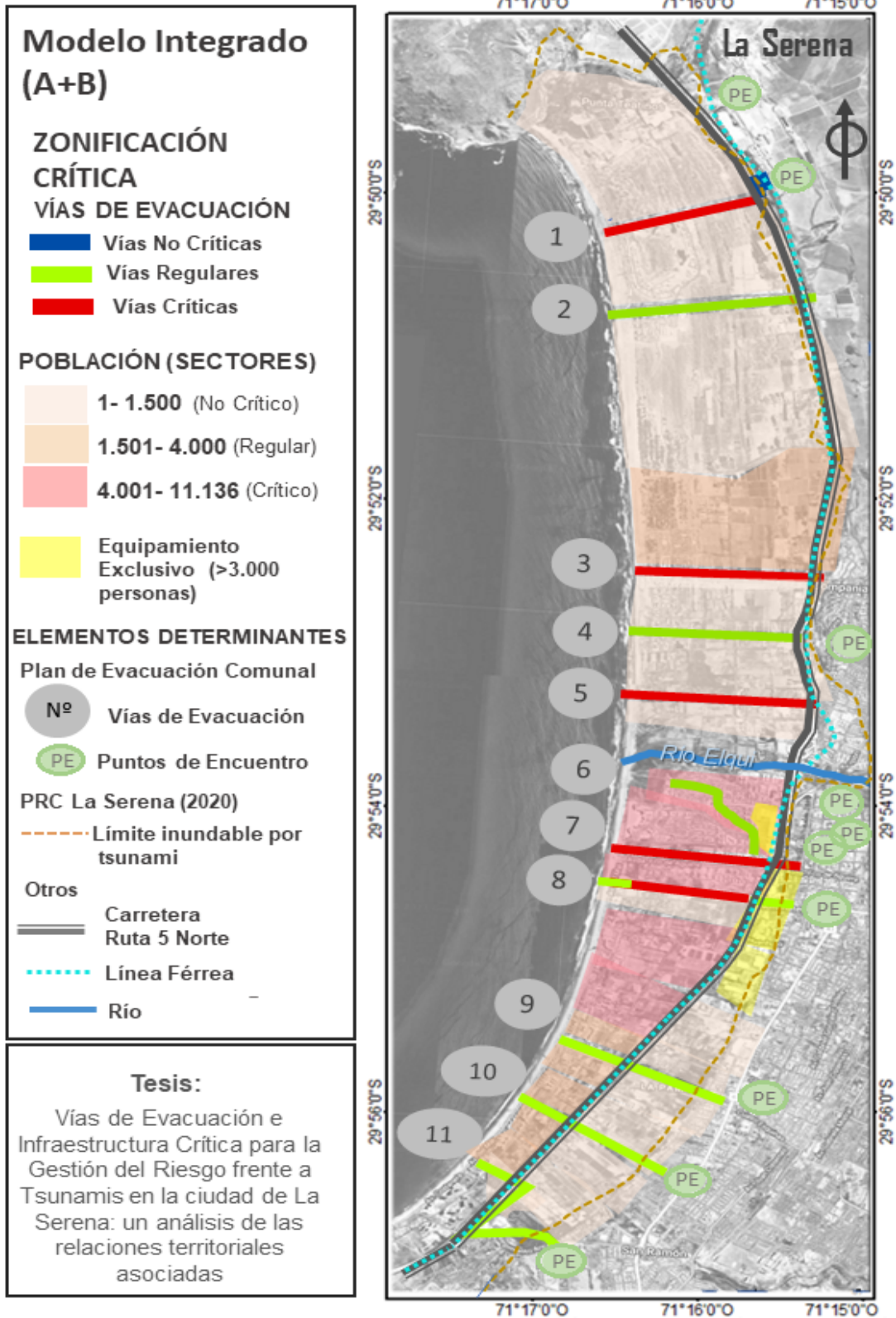
“2. No obstante lo establecido en la Glosa 03, con cargo al subtítulo 24 se podrá destinar recursos para el financiamiento de los siguientes conceptos:

***2.3 Subsidios a los municipios, asociaciones de municipalidades u otras entidades públicas para:** a) la mantención de parques, áreas verdes y/o jardines botánicos; b) administración de áreas marinas, costeras, lacustres y ribereñas, protegidas de múltiples usos que les hayan sido concesionadas y su complemento terrestre que este bajo su administración”.*

***5.12 Transferencias:** ...d) a universidades acreditadas por el Estado, para el financiamiento de estudios de riesgos medioambientales y de diseño de programas destinados a mitigar sus efectos sobre la salud humana y el desarrollo sustentable de la región”.*

Para ello, es necesario que se definan las condiciones de administración y mantención de las vías de evacuación, si efectivamente son de exclusiva responsabilidad municipal o bien necesitan de un marco de instituciones como ONEMI Regional, MINVU, MOP, Gobierno Regional y actores privados, representantes de la sociedad civil (Figura 63), un conjunto de acciones concretas y coherentes a un plan de evacuación.

Figura 62: Modelo Integrado del Estado de las Vías de Evacuación



Fuente: Elaboración Propia (2022).

Las acciones asociadas a las **variables complementarias (Figura 63)** tienen que ver con esfuerzos de coordinación y gestión, que deben ser reforzadas para el apoyo a los gobiernos locales, considerar aspectos tecnológicos y recursos para la señalética y demarcaciones de las vías, zonas de riesgo, zonas de seguridad, y estrategias de seguridad para la mantención y resguardo de la indumentaria asociada a las vías de evacuación, evitar robos y daño a las luminarias, entre otros aspectos.

Las acciones asociadas a las **variables prioritarias y estructurales** corresponden a las más complejas, de largo plazo de ejecución y de mayor colaboración institucional por parte de organismos centralizados, es decir, ministerios y servicios centralizados, en conjunto con los organismos locales y regionales para poder llegar a soluciones concretas en este ámbito. Por ejemplo, en las zonas densamente pobladas, con vías de evacuación vehiculares congestionadas y con dificultades estructurales, que no aportan a la evacuación.

Por otro lado, hacer efectivo los esfuerzos en la incorporación del enfoque de la Gestión del Riesgos de Desastres (Figura 63), en la planificación del territorio, en distintos niveles, considerando el desarrollo de la ciudad con este enfoque y, no solo planes parcializados en función a distintas amenazas, sino que más bien disponer de un Plan Maestro para evacuación y reevaluación debido a la envergadura de la problemática y cantidad de población expuesta, sobre todo en el caso de La Serena.

Se debe resaltar que poco se conoce respecto a la cantidad de población en riesgo en la costa de La Serena, hasta hace poco tiempo, se estimaban unas 31.000 personas emplazadas en la costa. Sin embargo, en esta tesis se estimó que la población en zona expuesta a tsunami superaría las 58.000 personas, un 24,2% de la población de La Serena.

El Plan Regulador Comunal de La Serena (2020), permite una urbanización controlada desde el punto de vista de las subdivisiones prediales, pero no así en cuanto a la densidad bruta en la costa, en contraposición a la dinámica vial existente, y para los objetivos de evacuación horizontal ante tsunami.

Además, es de esperar, que la mirada a la gestión de riesgos de desastres tenga un mayor acento en la agenda pública, considerando la recurrencia de eventos catastróficos en el país, el impacto continuo que sufren las ciudades costeras y considerando el gasto público en obras de infraestructura como las vías de evacuación.

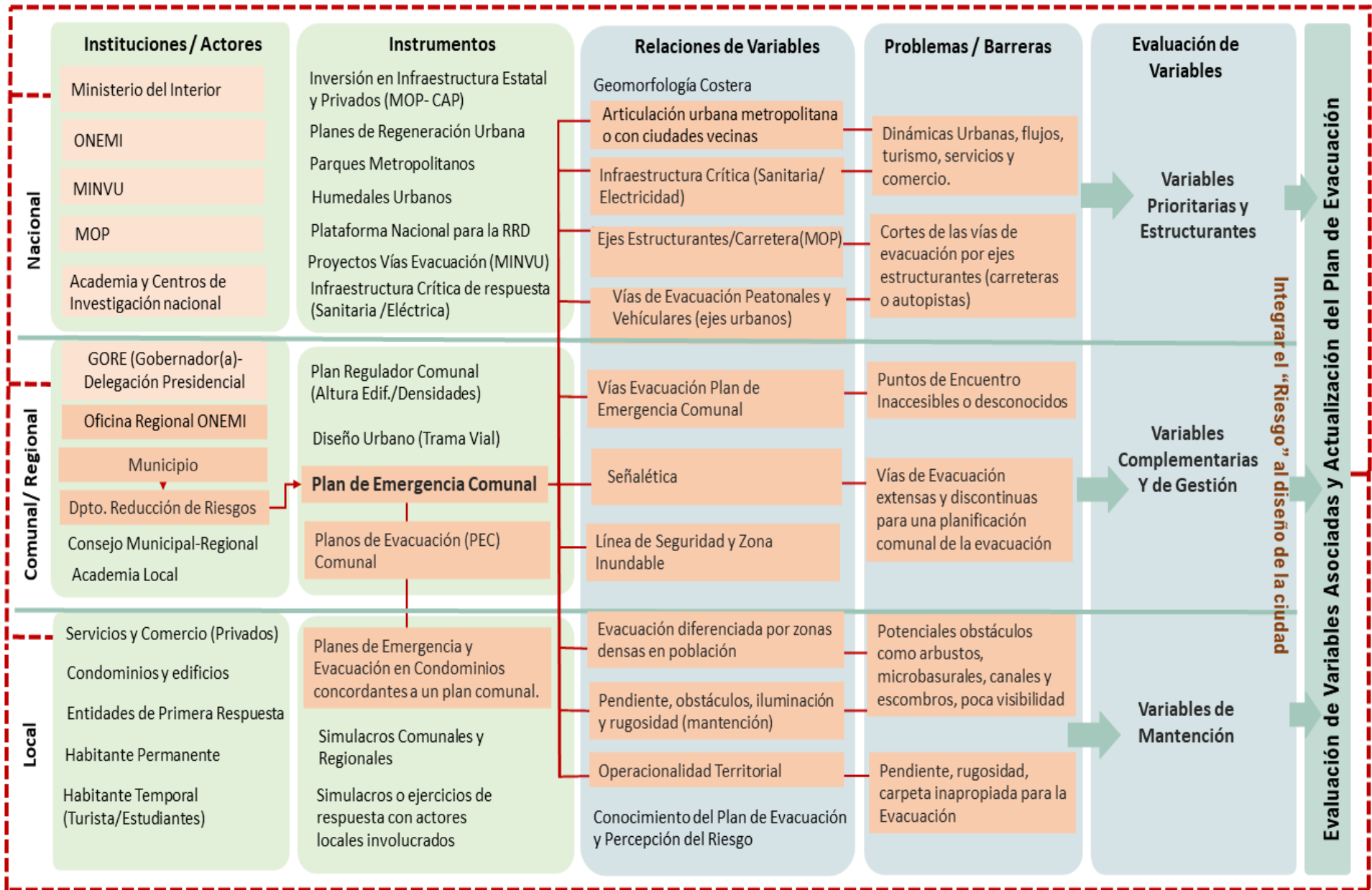
Obras de infraestructura con una mirada nacional, presentan dificultades para una implementación eficiente en el territorio, asociado a la atomización de funciones, a la compleja articulación institucional, a las múltiples demandas sociales y recursos limitados, a procesos de descentralización, y cambios legales en materia de riesgos, con todo lo anterior se desvanece la atención hacia los riesgos socio-naturales y la importancia de resguardar la seguridad de los habitantes de las costas del país.

Cabe señalar que el Modelo Integrado Territorial (Figura 62) es la expresión espacial vinculada al Modelo de Variables Asociadas (Figura 63), sintetizando que, esto visto desde el punto de vista de la gestión, este Modelo de Variables Territoriales se inserta en al ciclo de la Gestión de Riesgos de Desastres (Figura 64), enfatizando que el proceso de preparación y mitigación deben ser un *continuum*, ejecutar los planes recurrentemente, autores como Scheer et al. (2012), en el marco genérico para la planificación de evacuación destaca la permanente reevaluación y coherencia con el Eje 4 de la Política Nacional para la Reducción de Riesgos de Desastres (2020-2030) (Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2020).

Obras de infraestructura de escala nacional, presentan dificultades para una implementación eficiente en el territorio, asociado a la atomización de funciones, a la compleja articulación institucional, a las múltiples demandas sociales y recursos limitados, descentralización, y cambios legales en materia de riesgos, con todo lo anterior se desvanece la atención hacia los riesgos socio-naturales y la importancia de resguardar la seguridad de los habitantes de las costas del país.

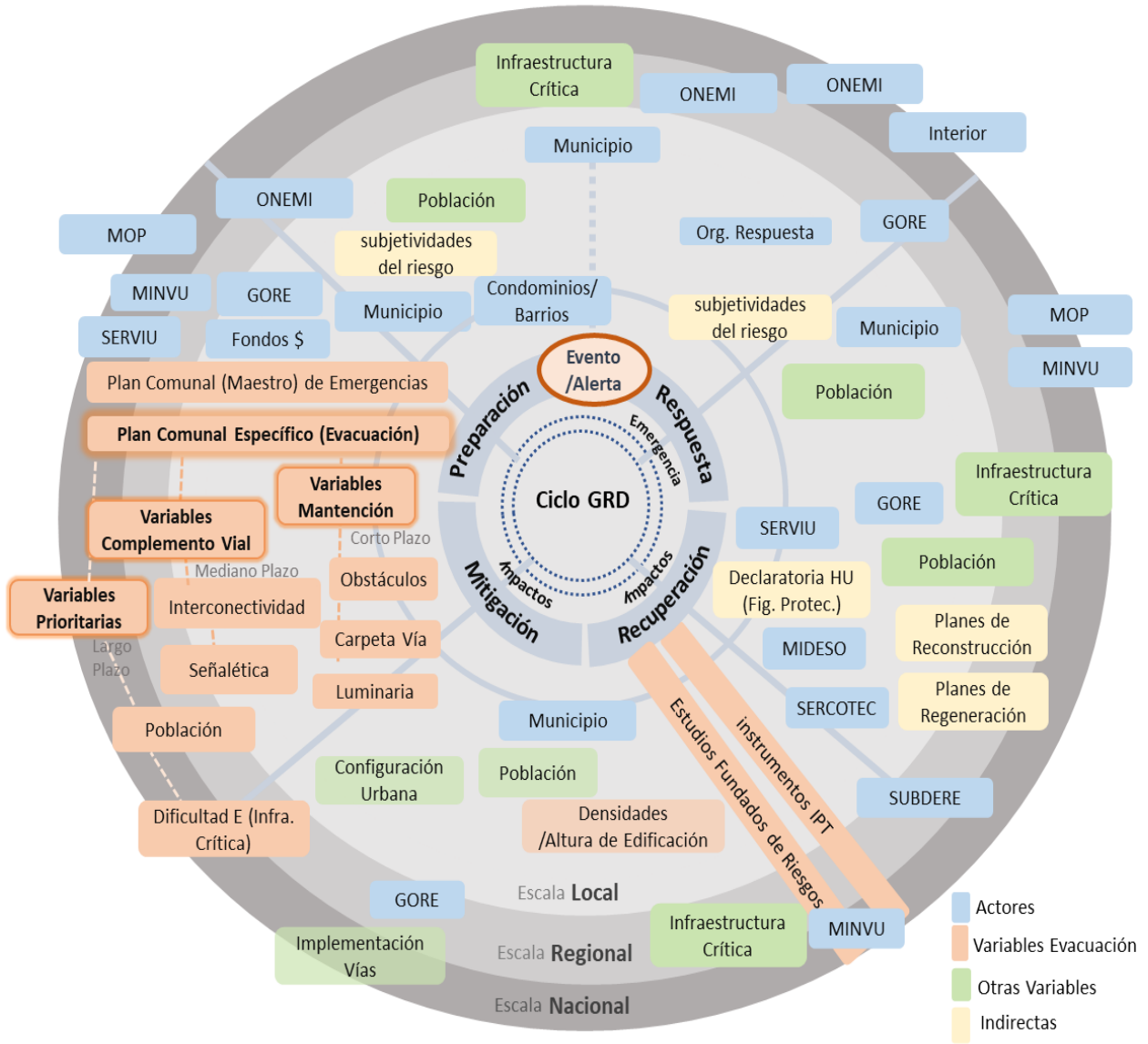
Por otro parte, el énfasis de esta evaluación mediante los objetivos 1,2 y 3, buscó aportar en la evaluación de la evacuación considerando aspectos de multi-escala, transitar por la micro, meso y macro vulnerabilidades y dar soporte a la toma de decisiones.

Figura 63: Modelo Final de Variables Asociadas y Principales Actores



Fuente: Elaboración Propia (2022)

Figura 64: Modelo Territorial Multivariable de la planificación de la evacuación el ciclo de la Gestión de Riesgos de Desastres



Fuente: Elaboración Propia (2022), en base a esquema de Sistema formales de Gestión de Riesgos de Desastres de Bangladesh (FAO,2008).

Resulta interesante considerar aspectos de la **“Resiliencia Social”**, que facilita la preparación, la respuesta y la recuperación ante desastres, esta perspectiva ayuda a los gobiernos, a los profesionales de desastres a diseñar estrategias para construir comunidades más resilientes, considerando no sólo la ocurrencia de un desastre futuro, si no como un proceso inherente y adaptativo (Saja et al., 2021). Por lo tanto, en el Ciclo de Riesgos de Desastres, aparecen múltiples variables en las distintas etapas, por lo tanto, el análisis realizado corresponde a un ejercicio de variables acotado entre múltiples dimensiones.

Capítulo V. Discusiones y Conclusiones

5.1 Discusiones

Las metodologías de análisis para la evacuación han proporcionado diversos aportes, por ejemplo la estimación de velocidad de desplazamiento de acuerdo a la variable de relieve, puntualmente la pendiente (Moris et al., 2010), ha significado una contribución y una referencia, que ha sido considerada en documentos oficiales, como en la “ Guía de referencia para sistemas de evacuación comunales por tsunami” (MINVU et al., 2017), lo que ha permitido obtener una valiosa argumentación técnica para estimar el tiempo para la evacuación y la capacidad de las vías para las ciudades chilenas.

Sin embargo, si bien son parámetros estimativos, resulta importante considerar otras variables, como las obstrucciones o dificultades estructurales en las vías de evacuación ante tsunami. En La Serena, las vías se encuentran obstaculizadas por una carretera de doble calzada en dos sentidos, es decir, las vías de evacuación se ven interrumpidas por cuatro pistas vehiculares, en la que se puede retardar entre 1 a 10 minutos adicionales, para poder continuar en una vía de evacuación y llegar a la zona de resguardo. En sintonía a lo planteado por Suppasri et al. (2021) y Wang & Jia (2021), desde el concepto amplio de la resiliencia y su aspecto sistémico (Saja et al., 2021), existen infraestructuras críticas que pueden presentar interrupciones e incluso dañar a otras infraestructuras en una emergencia por tsunami y afectar significativamente la velocidad de recuperación.

Desde el punto de vista predictivo e ingenieril, el sofisticado modelo de agentes utilizado para la evaluación de la evacuación, autores como Martínez et al. (2017) y León et al. (2018) plantean que existen complicaciones que dificultan la validación de las modelaciones por el grado de incertidumbres, como por ejemplo los aspectos socioculturales o cambios estacionales en la población costera.

En este sentido, el poder analizar y reevaluar la planificación de la evacuación considerando nuevas dimensiones (Martínez et al., 2017), como la infraestructura crítica, las vías de evacuación y su estado actual en cuanto a características de microescala, puede aportar para mejorar el funcionamiento de la planificación de evacuación, con un enfoque territorial multivariable que puede ser un complemento en este ámbito.

La falta de mantención en las vías de evacuación, podrían propiciar obstrucciones naturales, como arbustos y vegetación costera característica de esta zona, y en consecuencia, resulta fundamental incorporar variables dinámicas como el análisis de las barreras u obstrucciones dentro de la planificación de la evacuación, en sintonía a lo planteado por Scheer et al., (2012), en el marco genérico para la planificación de la evacuación. El autor destaca dentro de los pasos de implementación, el mantenimiento de rutas de escape, planteando que los tomadores de decisión locales deben asegurarse, una vez emitido un plano de evacuación por tsunami, de mantener

regularmente sus componentes básicas en funcionamiento, evaluando el estado de la accesibilidad real y los cambios de la capacidad de las vías.

Una de las variables interesantes consideradas en la evaluación de este trabajo, fue el grado de interconectividad de las vías de evacuación, en donde, se pudo constatar que la presencia de ejes conectores entre las vías de evacuación, no necesariamente son un factor aportante a la evacuación rápida y simultánea de la población. En la misma línea del análisis de formas urbanas para mejorar la evacuación ante tsunami y, desde la resiliencia de la red de calles de los autores, León et al. (2021) y Roosta et al. (2022), quienes señalan que existen complicaciones de congestión ante las redes que articulan las vías de evacuación; mientras más directo es el patrón de las calles y menor interconectividad, posee mejores condiciones de resiliencia. Este aspecto se constató en La Serena, en condiciones de normalidad (sin emergencia), y se comprobó la congestión en las vías alternativas, en los cruces con las vías de evacuación, que no necesariamente son vías consolidadas y pavimentadas.

Sin embargo, de igual forma, configuran el entramado urbano costero emergente, desarrollando focos de microbasurales, recorridos alternativos con alto grado de degradación y vulnerabilidad desde el punto de vista de la seguridad ciudadana, con problemas de iluminación y mantención, complejidad que se conjuga en las intersecciones con las vías de evacuación analizadas.

Desde el punto de vista de las áreas densamente pobladas y con proyecciones de crecimiento, será necesario considerar la evacuación mixta o vertical, como lo plantea (Cienfuegos et al., 2014; Laclabere & Oliva, 2018), y para ello saber dónde aplicar este tipo de evacuación. Por ejemplo, en el análisis del Plan Regulador Comunal de La Serena (2020), se examinó de forma general las zonas y sus coeficientes urbanísticos, y la zona urbana “ZU-7”, correspondiente a la “franja costera en altura” en La Serena, que podría ser un espacio interesante para estudiar y profundizar, con investigaciones sobre la licuefacción, mecánica de suelos, y focalizar una evacuación mixta en las zonas críticas resultantes.

En relación a la evaluación de diversas variables territoriales con implicancias en diversos niveles de escala, se puede relacionar este trabajo, con un proyecto desarrollado por profesionales de la Universidad de Chile denominado “Proyecto Riesgo Urbano: una evaluación y preparación de la emergencia desde un enfoque integral, en la ciudad de La Serena” (Castro, 2021), que incorpora diversas herramientas para el análisis para modelar el riesgo urbano “Mutiamenaza”, enfocado en los organismos de respuesta y gobiernos locales.

Desde el punto de vista técnico metodológico, esta tesis intenta proponer un método de análisis abordable y flexible en su diseño, con la herramienta superposición ponderada y evaluación de variables territoriales mediante SIG, para poder actualizar y mejorar un plan de evacuación ante tsunami en La Serena. Ambos trabajos convergen, ya que son esfuerzos que buscan modelar dinámicas costeras e

indefiniciones territoriales con soluciones de tipo geográficas, para lograr mejorar la planificación, no obstante, que este trabajo se centra en la evacuación por tsunami, con variables abordables y con expresión espacial.

Mediante dicho enfoque de variables territoriales, se pudo determinar la complejidad para el diseño y ejecución de un plan de emergencia comunal, con orientación integradora, de acuerdo a las dinámicas y complejidades propias de los territorios. En este contexto, tal como señala Cutter (2016), en sus indicadores de resiliencia ante desastres, plantea que existen variadas herramientas, y enfoques para la evaluación de la resiliencia, existiendo variables comunes, y reconoce que existen siempre datos nuevos que se pueden incorporar, siendo el manejo del riesgo un proceso continuo de aprendizaje, destacando las herramientas analíticas de las ciencias espaciales en este esfuerzo de integración.

Por otra parte, la función de planificar la evacuación y resguardar a la población en una emergencia de alto impacto como es una inundación por tsunami, se vuelve compleja para ser responsabilidad exclusiva de los gobiernos locales, más bien son responsabilidades compartidas, el territorio se vuelve una expresión de múltiples componentes y actores, además de problemas causados por las obras de infraestructura que carecen de una efectiva implementación, y por otra parte, diversas concepciones de territorio, concepciones del riesgo y diferentes escalas.

“El territorio no es, en consecuencia, sólo un conjunto de componentes interactivos de tipo natural y económico, sino que se trata además de la presencia de elementos simbólicos, valóricos y aún emocionales que lo atan a la sociedad y que se expresan institucionalmente a través de la existencia y funcionamiento de las comunidades locales, regionales y nacionales.” (Romero & Vásquez, 2005).

En los organismos con competencia en planificación territorial, locales, regionales, sectoriales y nacionales, en todos sus niveles, la planificación se encuentra reforzada en la etapa de diseño de estos planes y no en los procesos de evaluación, ni en la supervisión del funcionamiento de los planes, su ejecución y las iniciativas que en ellos se proyectan. Debería existir una asociatividad de acciones, una articulación de instituciones para un funcionamiento colaborativo hacia los niveles locales, adaptativo y dinámico de estos planes de emergencia.

Un aspecto más general dentro de la planificación urbana a nivel comunal, es el diseño o imagen de ciudad, que se plasma en la elaboración de los instrumentos normativos, como los Planes Reguladores Comunales, que consignan zonificaciones que implican normas de densidad, altura de edificación y otros coeficientes urbanísticos en territorios que presentan distintos tipos de vulnerabilidades, que no siempre logran integrar todos los antecedentes de riesgo, o bien, la información en la etapa de diagnóstico queda desfasada en el tiempo (Martínez et al., 2017). Un ejemplo de ello es que de acuerdo con la densidad y altura de edificación debería existir una proyección de la capacidad de carga de una manzana urbana, asociada a las mejoras

que se le deberían hacer a una determinada vía de evacuación de tipo peatonal, por ejemplo, ensanchamientos de calles o bien mejorar la resiliencia y resistencia en edificios (Roosta et al.,2022), entre otras consideraciones.

Desde el punto de vista de la planificación del territorio, muchas veces los resultados se centran en una zonificación resultante, rígida y difícil de actualizar. En este estudio, se integran diversas variables para proponer alternativas con flexibilidad en el análisis y obtención de modelos distintos, que, en función a una determinada decisión de ponderación, proporciona resultados que pueden estar sujetos a sesgos de los pesos en las variables, que es una subjetividad o parcialidad en la decisión. Sin embargo, lo que se quiere relevar, es la importancia del proceso de planificación, la consideración de variables territoriales, la reevaluación constante, las formas de intervenir y los distintos niveles, es decir lo multiescalar.

Las áreas críticas resultantes en los escenarios o modelos territoriales A, B y de Integración de los resultados de esta tesis, pueden entregar pautas sobre qué tipo de planificación se debería ejecutar, enfoques estructurales o enfoques de microescala y de mantención en las vías, o bien enfoques mixtos (Figura 62 y 63). Es importante, que el proceso de planificación del territorio, debería ser una determinación colectiva y colaborativa, que pueda ser combinada en distintos niveles de escalas, de acuerdo con las capacidades institucionales y coordinación existentes, como las determinadas en este estudio.

Además del aparato público, parece importante considerar también, a los actores privados como los promotores inmobiliarios, el empresariado, el comercio y los servicios, dentro de los actores para el diseño de ciudad resiliente, ser parte de la gestión y colaborar para una adecuada gestión de riesgos de desastres.

Por otra parte, desde el punto de vista de evaluaciones ante otras amenazas, como la evaluación de la vulnerabilidad frente a la amenaza del cambio climático, para el borde costero de Chile, es preciso considerar los resultados del informe “Determinación del Riesgo de los Impactos del Cambio Climático en las costas de Chile” del Ministerio de Medio Ambiente (2019), cuyo objetivo es, generar información de proyecciones respecto de la amenaza del cambio climático en las costas de Chile y sus impactos, a escala regional, y determinar el riesgo asociado a este fenómeno, para el diseño de políticas e implementación de medidas de adaptación”, en relación a esto, **“El estudio concluye que, a mediados de siglo (2026-2045), en Chile continental, Rapa Nui y Juan Fernández, se espera un ascenso del nivel del mar de 0.15 a 0.18 m, con un rango de incertidumbre de ± 0.1 m para la proyección a medio siglo. Las proyecciones a fin de siglo, no obstante, reflejan aumentos del orden de 0.6 ± 0.3 m.”** (Winckler et al.,2021).

Además, en el informe del Ministerio de Medio Ambiente, analizan espacialmente, las áreas inundadas por aumento del nivel del mar hasta la cota 10 metros sobre el nivel del mar como impacto en las costas. Se presenta el mapa de La Serena en la Figura 65.



Figura 65: Área expuesta identificada para las comunas críticas. Caso de La Serena.

Estimando un área expuesta bajo los 10 (msnm) de 29,2 kilómetros cuadrados, para la ciudad de La Serena.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente (2019).

Además de las proyecciones de eventos sísmicos y tsunamigénicos severos, que podrían producirse en un futuro no muy lejano, afectando a las ciudades costeras más pobladas de Chile, como el caso de estudio (Carvajal et al., 2017; Serrano et al., 2019; Métois et al., 2013). Con todo lo anterior, resulta importante considerar la reevaluación los planes de evacuación ante tsunami y las múltiples amenazas, considerar la redefinición de la línea de seguridad establecida en la cota 30, los puntos de encuentros, los tiempos de evacuación, la planificación urbana y la infraestructura crítica para respuesta, entre otros ámbitos.

Actualmente, si bien existen estudios que comienzan a aportar con nuevos antecedentes acerca de los impactos del cambio climático en las costas, o nuevos antecedentes en cuanto a la dinámica sísmica en el país, estos nuevos resultados se encuentran poco aplicados en la política pública y en la definición de planes territoriales asociados a la mitigación del riesgo.

5.2 Conclusiones

Mediante la sistematización realizada en este estudio, se logró esquematizar las relaciones de las variables asociadas a las vías de evacuación por tsunami, obteniendo un modelo territorial y un sistema de relaciones de variables multiescalar y multidimensional.

En la evaluación de las vías de evacuación se logró determinar las relaciones territoriales entre variables importantes para la evacuación y, de escala de ciudad, como la distribución de la población en la zona costera, la infraestructura crítica y las dificultades estructurales presentes, además de, variables de microescala, como las dinámicas que tienen relación con la mantención de las vías, estado de luminarias, obstáculos u obstrucciones, estado de la carpeta de las vías y la señalética de riesgo.

Como parte del trabajo de campo, se pudo constatar la complejidad para establecer medidas de mitigación ante el riesgo que puedan integrar adecuadamente las dinámicas de los territorios costeros. El trabajo de evaluación de las vías de evacuación, resulta un esfuerzo integral, desde la metodología mixta (trabajo de campo y análisis espacial), para una obtención de modelos territoriales, con una mirada institucional a diversos niveles, logrando una propuesta de evaluación.

Además de los resultados espaciales logrados en la sistematización de variables, se buscó obtener conceptualizaciones de los procesos en la evacuación, para una planificación y preparación ante una emergencia por tsunami, realizando la importancia de las vías de evacuación, la población expuesta, la situación del entorno natural y construido. Considerando además, los problemas presentes en las vías y en la infraestructura crítica de primera respuesta, para que ésta sea un aporte, desde la microescala, a la gestión de riesgos y desde el enfoque de la resiliencia de la ciudad.

En la costa de la ciudad de La Serena, se logró determinar a la variable “Dificultad Estructural” como determinante para las vías de evacuación, ya que no contribuye a los propósitos de estos corredores. Todas las vías de evacuación analizadas presentan alguna dificultad estructural y grado de obstrucción para la evacuación hacia zonas de resguardo, por lo tanto, la infraestructura crítica de primera respuesta no estaría presentando un atributo positivo para la gestión de riesgos a nivel local. Infraestructuras relevantes de escala regional y nacional, como es la Ruta 5 Norte es una de las principales barreras para la evacuación, incluso este eje podría presentar un ensanchamiento en el futuro, mediante el proyecto de concesión del tramo La Serena- Coquimbo, que complejizaría aún más el tránsito desde la costa hacia una zona segura.

Existiendo características estructurales que implican soluciones complejas y de largo plazo para una gestión institucional articulada, como también aspectos de mantenimiento y coordinaciones en niveles regionales-locales, que podrían ser gestadas en un corto plazo.

Además, está la presencia de la línea férrea de transporte de mineral de la Empresa Compañía Minera del Pacífico (CMP) paralela a la Ruta 5 Norte, que obstaculiza a las once vías de evacuación analizadas. De esta manera, se determina que gran parte de la infraestructura evaluada, corresponde a nodos y conectores que permiten el funcionamiento de distintas actividades en la zona urbana, sin embargo, complejizan una planificación de evacuación por tsunami.

En la integración y sistematización, se obtiene un modelo que considera dos escenarios, uno estructural y otro enfocado en la mantención, resultando cinco vías de evacuación en condición crítica en diversas variables consideradas, y seis vías de evacuación en estado regular, resultados que entregarían una orientación espacial para priorizar acciones en estos corredores de forma oportuna.

En cuanto a las áreas críticas asociadas a las vías de evacuación, el sector costero denominado “Sector El Faro” y “Sector Puertas del Mar”, cercano a las vías de evacuación de, n°6) Puertas del Mar, n°7) Avenida Francisco de Aguirre y n°8) Amunategui, corresponden a un tramo costero que contiene la mayor cantidad y densidad de población actualizada al 2022. Sectores residenciales que han acogido a gran cantidad de población migrante, presenta un alto dinamismo turístico, contiene equipamientos de comercio y de tipo educacionales que aglomeran gran cantidad de personas, presenta una creciente urbanización en altura y además coincide, que esta zona resulta con las condiciones más críticas para la evacuación por tsunami según las variables analizadas.

Cabe señalar que los resultados de las vías en condición regular, implican una vigilancia futura en términos de las mismas variables analizadas, sobre todo, en los sectores en donde se proyecta un crecimiento y urbanización mayor, como es el caso del “Sector de Serena Golf” en la vía n°2 Av. El Jardín, al norte en la costa de La Serena, en donde además no se encuentran bien definidos los puntos de encuentros y además el tramo urbano entre las vías n°8) Amunategui y n°9) Cuatro Esquinas.

En el transitar de los objetivos de esta tesis, hasta llegar a la fase de sistematización de las distintas variables territoriales asociadas a las vías de evacuación, se obtiene una propuesta de método de evaluación, o de mejora continua a la planificación de la evacuación, que puede ser replicado fácilmente, perfectible y robustecido.

Para finalizar, el trabajo realizado permitió estimar la cantidad de población costera en La Serena expuesta a tsunami, la cual bordearía los 58.290 habitantes, representando el 24,2% de la población comunal. Se determinó las zonas críticas para evacuación y vías de evacuación prioritarias, se esquematizó a las instituciones en diversas escalas, se logró responder al “dónde intervenir” con medidas que pueden ser desarrolladas en un plazo definido, con el fin de contribuir en las etapas de preparación y mitigación, y en general aportar a la gestión del riesgo de desastres en la ciudad de La Serena.

Capítulo VI. Referencias y Anexos

6.1 Referencias Bibliográficas

Aguirre N., Olivares, R., Orellana M. (2018). Patrones de crecimiento urbano en la metropolización de sistemas urbanos intermedios. El caso de la conurbación La Serena - Coquimbo. En: Libro de proceedings, CTV 2018. XII Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual. "Ciudades y Territorios Inteligentes". UNCuyo, Mendoza, 5-7 septiembre 2018. Barcelona: CPSV, 2018, p. 77-96.

Álvarez, G., Quiroz, M., León, J., & Cienfuegos, R. (2018). Identification and classification of urban micro-vulnerabilities in tsunami evacuation routes for the city of Iquique, Chile. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(7), 2027–2039. <https://doi.org/10.5194/nhess-18-2027-2018>

Argüello-Rodríguez, M. (2004). Riesgo, Vivienda y Arquitectura. Disponible en: <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Febrero2006/CD-2/pdf/spa/doc15586/dod5586-contenido.pdf>

Banco Interamericano de Desarrollo [BID] (2018). Plan de Acción Área Metropolitana La Serena-Coquimbo en el marco de la metodología Ciudades Emergentes y Sostenibles (CES). La Serena-Coquimbo, Chile.

Castro C.P. (2021,30 de junio). Proyecto Riesgo Urbano: Evaluación y Preparación de la Emergencia desde un Enfoque Integral. Caso de Estudio ciudad de La Serena. Seminario Internacional Modelando el Riesgo Urbano en La Serena, una Herramienta para Respondedores. USAID, Ilustre Municipalidad de La Serena y Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile.

Castro C.P. & Sarmiento, J. & Espinace, J. (2021). Gestión del Riesgo Participativa como medio hacia la Transformación Adaptativa de Comunidades y Territorios Vulnerables. Caso Caleta San Pedro, Región de Coquimbo, Chile. [10.37572/EdArt_3008214537](https://doi.org/10.37572/EdArt_3008214537).

Castro, C.P., Magallanes, V., Soto, M.V. (2018) Riesgos socionaturales asociados a amenazas hidromorfológicas en la ciudad de Copiapó. En Easton Vargas , G., Pérez Tello, S. y Aldunce Ide, P. (2018). Aluviones y resiliencia en Atacama : construyendo saberes sobre riesgos y desastres . Disponible en <https://doi.org/10.34720/jr4r-6j31>

Cid Ortiz, Guillermo, Castro Correa, Carmen, & Rugiero de Souza, Vanessa. (2012). Percepción del riesgo en relación con capacidades de autoprotección y autogestión, como elementos relevantes en la reducción de la vulnerabilidad en la ciudad de La Serena. *Revista INVI*, 27(75), 105-142. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582012000200004>

Cienfuegos, R., Suarez, L., Aranguiz, R., González, G., González-Carrasco, J., Catalán, P., Dominguez, J., & Tomita, T. (2014). Reassessment of tsunami hazard in

the city of Iquique, Chile after the Pisagua earthquake of April 2014. AGU Fall Meeting Resúmenes, NH13A-3727, 2014.

Cutter, S. L. (2016). The landscape of disaster resilience indicators in the USA. *Natural Hazards*, 80(2), 741–758. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1993-2>

Decreto N° 60 (2012). Reglamento para la interoperación y difusión de la mensajería de alerta, declaración y resguardo de la infraestructura crítica de telecomunicaciones e información sobre fallas significativas en los sistemas de telecomunicaciones. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; Subsecretaría de Telecomunicaciones, Chile, 12 de mayo de 2012.

Equipo El Día (06 de marzo de 2021). Vías de evacuación en mal estado inquieta a vecinos del borde costero. *Diario El Día*. Recuperado el día mes año de <http://www.diarioeldia.cl/region/vias-evacuacion-en-mal-estado-inquieta-vecinos-borde-costero>

Equipo El Día (16 de agosto de 2021). Más de 31 Mil habitantes en zonas de inundación. *Diario El Día*. Recuperado el día mes año de <https://cndu.gob.cl/mas-de-31-mil-personas-habitan-en-zonas-de-riesgo-de-inundacion-por-tsunami/> (Ver Anexo)

Equipo El Observatodo (16 de febrero de 2022). Hacinados y en precarias condiciones viven migrantes en La Serena. *Diario El Observatodo*. Recuperado el día mes año de <https://www.elobservatodo.cl/noticia/sociedad/video-hacinados-y-en-precarias-condiciones-viven-migrantes-en-la-serena>.

FAO (2008). División de Clima, Energía y Tenencia. Guía, U. (n.d.). Análisis de Sistemas de Gestión del Riesgo de Desastres. Disponible en: <https://www.fao.org/publications/card/en/c/d45218fe-172f-5894-8d8f-b1068cbf4738>.

Maximiliano A. (09 de marzo de 2018). Inauguran vía de evacuación peatonal en sector Peñuelas de Coquimbo. *Diario La Serena Online*. Recuperado el día mes año de <http://www.laserenaonline.cl/2018/03/09/inauguran-via-de-evacuacion-peatonal-en-sector-penuelas-de-coquimbo/>

Hadas, Y., Rossi, R., Gastaldi, M., Pellegrino, C., Zanini, M. A., & Modena, C. (2015). Optimal critical infrastructure retrofitting model for evacuation planning. *Transportation Research Procedia*, 10, 714–724. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.09.025>

Hidalgo, R., Arenas, vF. y Monsalve, R. (2009). La conurbación La Serena-Coquimbo: problemas y desafíos de su transformación metropolitana. En Hidalgo, Rodrigo., Mattos, C. A. de., Arenas V., Federico., Universidad Católica de Chile. Instituto de Geografía., & Universidad Católica de Chile. Instituto de Estudios Urbanos. (2009). Chile, del país urbano al país metropolitano. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Ito, E., Kawase, H., Matsushima, S., & Hatayama, M. (2020). Tsunami evacuation simulation considering road blockage by collapsed buildings evaluated from predicted strong ground motion. *Natural Hazards*, 101(3), 959–980. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-03903-2>.

Ito E, Kawase H, Matsushima S, Hatayama M. (2015) Simulación de evacuación por tsunami considerando el bloqueo de carreteras basado en índices de colapso de edificios evaluados a partir del fuerte movimiento del suelo previsto. *Jpn como Earthq Eng* 15(5):17–30. https://doi.org/10.5610/jaee.15.5_17

Laclabere, S., & Oliva, C. (2018). Arquitectura y emergencia: Sistema de evacuación vertical para Iquique, Chile. *ARQUITECTURAS DEL SUR*, 36(54), 46-57.

Lagos, M. y Cisternas, M. (2008). El nuevo riesgo de tsunami: considerando el peor escenario. *Scripta Nova, Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 2008, Vol. XII, N° 270 (29). Disponible en Internet: <http://geocritica.com/>

Lagos, Marcelo. (2012). Zonificación del riesgo de tsunami en el centro-sur de Chile. *Revista de geografía Norte Grande*, (53), 7-21. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022012000300001>

LAVELL, A. (2000). Desastres urbanos: una visión global. Lima: La Red, USAID, 2000. Disponible en Internet: http://www.desenredando.org/public/articulos/2000/duurg/DUUVG_mar1-2002.pdf

León, J., Mokrani, C., Catalán, P., Cienfuegos, R., & Femenías, C. (2018). Examining the role of urban form in supporting rapid and safe tsunami evacuations: A multi-scalar analysis in Viña del Mar, Chile. *Procedia Engineering*, 212, 629–636. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.081>

León, J., Vicuña, M., Ogueda A., Guzmán S., Gubler A., Mokrani, C. (2021). From urban form analysis to metrics for enhancing tsunami evacuation: Lessons from twelve Chilean cities. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 58. 102215. [10.1016/j.ijdrr.2021.102215](https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102215).

Ley N°21.364 (2021). Establece el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres, Sustituye la oficina nacional de emergencia por el Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres, y adecúa Normas que indica. Ministerio del Interior y Seguridad Pública, Chile, 07 de Agosto de 2021.

Martínez, C., Moris, R., Quense, J. (2017). CAPÍTULO VIII Valoración de las áreas de riesgo por tsunami y potencial de evacuación: propuestas para la reducción del riesgo de desastres a escala local.

Martínez, C. Cienfuegos, R., Inzunza, S., Urrutia, A., Guerrero, N. (2020). Worstcase tsunami scenario in Cartagena Bay, central Chile: Challenges for coastal

risk management. *Ocean and Coastal Management*, 185, 105060. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.105060>

Métois, M., Socquet, A., Vigny, C., Carrizo, D., Peyrat, S., Delorme, A., Maureira, E., Valderas-Bermejo, M. C., & Ortega, I. (2013). Revisiting the North Chile seismic gap segmentation using GPS-derived interseismic coupling. *Geophysical Journal International*, 194(3), 1283–1294. <https://doi.org/10.1093/gji/ggt183>.

Ministerio del Interior y Seguridad Pública (2020). Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres. Plan Estratégico Nacional. 2020-2030.

Ministerio del Medio Ambiente (2019). Volumen 2: Exposición, en “Determinación del riesgo de los impactos del Cambio Climático en las costas de Chile”, Documento preparado por: Winckler, P.; Contreras-López, M.; Vicuña, S.; Larraguibel, C.; Mora, J.; Esparza, C.; Salcedo, J.; Gelcich, S.; Fariña, J. M.; Martínez, C.; Agredano, R.; Melo, O.; Bambach, N.; Morales, D.; Marinkovic, C.; Pica, A., Santiago, Chile.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ministerio del Interior y Seguridad Pública, Ministerio de Energía, Oficina Nacional de Emergencias, Centro Nacional de Investigación para la Gestión Integrada de Desastres Naturales (2017). Guía de referencia para sistemas comunales de evacuación por tsunami. Serie Espacios Públicos Urbanos, 6 (2017).

Moris, R., Cienfuegos, R., Arenas, F., Gironás, J., Escauriaza, C., Ledezma, C., Heitmann, J. et al. (2010). Estudio de riesgo de sismos y maremoto para comunas costeras de regiones de O'Higgins y del Maule. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile

Municipalidad de La Serena (2019). Actualización Plan Regulador Comunal Vigente. Estudio Adecuación Plan Regulador Comunal de La Serena y Estudio de Riesgo de Tsunami. Informe Final Estudio de Riesgo de Tsunami. Consultado el 03 de Diciembre de 2021, en: http://transparencia.laserena.cl/documentos/doc_65_28122020120935.pdf

Municipalidad de La Serena (2020). Plan Regulador Comunal Vigente. La Serena: Municipalidad de La Serena. Consultado el 03 de diciembre de 2021. En: http://transparencia.laserena.cl/documentos/doc_65_21122020091456.pdf

Municipalidad de La Serena (2022a). Plan Comunal de Emergencias Comuna de La Serena (2018). Consultado el 01 de mayo de 2022, en: <http://gestionderiesgos.laserena.cl/descargas/plan-comunal-2018.pdf>

Municipalidad de La Serena (2022b). Recomendaciones en caso de Emergencias o Desastres Naturales, Tsunami, en http://gestionderiesgos.laserena.cl/descargas/Recomendaciones_tsunami.pdf

Naciones Unidas (2016). “Conferencia Hábitat III. La Nueva Agenda Urbana”. Consultado el 6 de octubre de 2016, en: <https://uploads.habitat3.org/hb3/NUA-Spanish.pdf>

OGUC (2018) Resumen de modificaciones y rectificaciones de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Disponible en línea [10/06/2019].

ONEMI (2018). Plano de Evacuación de Tsunami, IV Región de Coquimbo, Comuna de La Serena, Edición junio de 2018. Consulta en Línea en sitio Web: <https://www.onemi.gov.cl/wpcontent/uploads/2018/07/La-Serena.pdf>

Ortíz Véliz, Castro Correa, C., & Escolano Utrilla, S. (2002). Procesos de reestructuración urbana y niveles de vulnerabilidad a amenazas naturales en una ciudad de tamaño medio: La Serena, Chile.

Paskoff, R. 1970. Recherches Géomorphologiques dans le Chili Semi-aride, Biscaye Frères, Bordeaux (1970).

Paulik, R., Williams, J. H., Horspool, N., Catalan, P. A., Mowll, R., Corté, P., & Woods, R. (2021). *The 16 September 2015 Illapel Earthquake and Tsunami: Post-Event Tsunami Inundation, Building and Infrastructure Damage Survey in Coquimbo, Chile.* <https://doi.org/10.1007/s00024>

Romero, H. & Vásquez, A. (2005). Pertinencia y significado del ordenamiento territorial en Chile. Urbano. 8. 91-99.

Roosta, M., Javadpoor, M., & Ebadi, M. (2022). A study on street network resilience in urban areas by urban network analysis: comparative study of old, new and middle fabrics in shiraz. *International Journal of Urban Sciences*, 26(2), 309–331. <https://doi.org/10.1080/12265934.2021.1911676>.

Saja, A. M. A., Teo, M., Goonetilleke, A., & Ziyath, A. M. (2021). A Critical Review of Social Resilience Properties and Pathways in Disaster Management. *International Journal of Disaster Risk Science*, 12(6), 790–804. <https://doi.org/10.1007/s13753-021-00378-y>

Scheer, S. J., Varela, V., & Eftychidis, G. (2012). A generic framework for tsunami evacuation planning. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 49, 79–91. <https://doi.org/10.1016/J.PCE.2011.12.001>

Serrano, M. F., Medina, M., Mocanu, M., Muñoz, S. R., & Fernandez, R. F. (2019). Tsunami hazard evaluation in the coquimbo region using nonuniform slip distribution sources. *Seismological Research Letters*, 90(5), 1812–1819. <https://doi.org/10.1785/0220180395>

Solís, I. A., & Gazmuri, P. (2017). Evaluation of the risk and the evacuation policy in the case of a tsunami in the city of Iquique, Chile. *Natural Hazards*, 88(1), 503–532. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2876-5>

Soto Bauerle, M., Sarricolea Espinoza, P., Sepúlveda, S., Rodolfi, G., Cabello, M. y Maerker, M. (2017). Assessment of hydro-geomorphological hazard potentials in the Chilean semiarid coastal range and its impacts on La Serena city, Coquimbo Region. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/148127>

Soto Bauerle, M., Märker, M., Paz Castro, C., & Rodolfi, G. (2015). Análisis integrado de las condiciones de amenaza natural en el medio ambiente costero semiárido de Chile. La Serena, Coquimbo. Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles, (67). <https://doi.org/10.21138/bage.1824>

Suppasri, A., Maly, E., Kitamura, M., Syamsidik, Pescaroli, G., Alexander, D., & Imamura, F. (2021). Cascading disasters triggered by tsunami hazards: A perspective for critical infrastructure resilience and disaster risk reduction. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 66. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102597>

Wang, Z., & Jia, G. (2021). A novel agent-based model for tsunami evacuation simulation and risk assessment. *Natural Hazards*, 105(2), 2045–2071. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04389-8>

Winckler, P., Martínez, C., Esparza, C., Agredano, R., Contreras-López, M. (2021) Cambios Históricos y Proyecciones de Erosión en Playas de la Costa de Chile. Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica. XXV Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica.

Williams, J. H., Wilson, T. M., Horspool, N., Lane, E. M., Hughes, M. W., Davies, T., Le, L., & Scheele, F. (2019). Tsunami impact assessment: development of vulnerability matrix for critical infrastructure and application to Christchurch, New Zealand. *Natural Hazards*, 96(3), 1167–1211. <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03603-6>

WSP (2019). Estudio Adecuación Plan Regulador Comunal de La Serena y Estudio de Riesgo de Tsunami. Informe Final Estudio de Riesgo de Tsunami. Agosto 2019. Estudio para la Actualización del Plan Regulador Comunal de La Serena.

Wyndham Vásquez, K. (2013). Análisis y vulnerabilidad y riesgo del sector turístico y la población flotante en la comuna de la Serena frente a la ocurrencia de la amenaza de origen natural IV región de Coquimbo. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112821>.

6.2 Glosario

Infraestructura Crítica (IC): El concepto integra al transporte, las redes de energía, redes de agua y telecomunicaciones, que son cruciales para el funcionamiento diario de la sociedad, así como también, para la eficiencia de los esfuerzos de respuesta y recuperación de la ciudad después de un desastre como un tsunami (Williams et al., 2019).

Ortomosaico: Es una imagen aérea de alta resolución tomada por un Vehículo Aéreo No Tripulado también llamado drone.

Plan Comunal de Emergencia: Corresponderá al instrumento de gestión que contempla la coordinación y funcionamiento del Sistema para el empleo de sus capacidades disponibles a nivel comunal durante la Fase de Respuesta (Ley 21.364 de 2021).

Plan Regulador Comuna (PRC): Es un instrumento de planificación territorial que contiene un conjunto de disposiciones sobre adecuadas condiciones de edificación, y espacios urbanos y de comodidad en la relación funcional entre las zonas habitacionales, de trabajo, equipamiento y esparcimiento (Decreto 458 Ley General de Urbanismo y Construcción Artículo 41).

Puntos de Encuentros: Son lugares ubicados en una zona de seguridad ante tsunami, que sirven como referencia para encontrar a personas separadas ante un evento de tsunami y son establecidos por cada municipio (Ministerio de Vivienda y Urbanismo et al., 2017).

Sistemas de Información Geográficos (SIG): Sistema empleado para describir y categorizar la Tierra y otras geografías con el objetivo de mostrar y analizar la información espacialmente⁴.

Terremotos Tsunamigénicos: Terremoto o Sismo que da origen a un tsunami.

Vía de Evacuación: Es una ruta desde un punto de la zona de amenaza de tsunami hasta la zona de seguridad, definida por cada municipio en los planos de seguridad (Ministerio de Vivienda y Urbanismo et al., 2017).

Sistema de Alerta de Emergencia (SAE): Sistema de mensajería de emergencia, que tiene por objetivo advertir y entregar instrucciones a una comunidad ubicada en zona de riesgo ante situaciones de emergencia.

Sistema de evacuación por tsunami: Es el conjunto de elementos que permiten la evacuación horizontal o vertical de la población ante una alerta o alarma de tsunami (Ministerio de Vivienda y Urbanismo et al., 2017) y está compuesto por:

- Vías de evacuación
- Zona segura
- Puntos de encuentro.

⁴ ESRI Archivos de documentación de ayuda. Disponible en: <https://resources.arcgis.com/es/>

Zonas Urbanas del Plan Regulador Comunal de La Serena en el Sector Costero (Figura 18).

ZU: Corresponde a las Zonas Urbanas

ZU-1A: Residencial Mixto La Serena Subzona ZU-1-A

ZU-1B: Residencial Mixto La Serena Subzona ZU-1-B

ZU-3: Residencial Mixto Las Compañías, La Antena, La Florida

ZU-6A: Zona Vegas Subzona ZU-6-A

ZU-7: Equipamiento Turístico de Borde Costero

ZU-7A: Equipamiento Turístico de Borde Costero Subzona ZU-7A

ZU-10A: Equipamiento Exclusivo, Subzona ZU-10A

ZU-11: Equipamiento Específico

ZU-13: Equipamiento Deportivo

ZU-14A: Zona de Parques, Subzona ZU-14A Desembocadura del Río Elqui

ZU-14D: Zona de Parques, Subzona ZU-14D Cerro Grande, Parque Coll, entre otros.

ZU-18: Equipamiento Corredores Vegas

ZU-20: Equipamiento El Santo

****Los coeficientes Urbanísticos en cada zona del Plan Regulador Comunal de La Serena (2020), se encuentran en la Ordenanza del instrumento, **Municipalidad de La Serena (2020)**.**

6.3 Anexos

Entrevista a actores claves

Por el tiempo de realización de este estudio, y mejoramiento de enfoques, se desarrolló entrevistas a actores claves, que fueron dirigidas a encargados y profesionales de instituciones claves en la planificación de la evacuación, visión institucional de la problemática a tratar, con el propósito de extraer las ideas centrales de manera conjunta para la problemática, resultados y modelos conceptuales de este trabajo.

Pauta de Conversación

1. ¿Cómo se desarrolla un Simulacro, como ejercicio de evacuación? (¿Cómo lo hacen y por dónde?) (ONEMI)
2. ¿Cómo se divulga un Simulacro? (ONEMI)
3. ¿Cómo Evalúan un Simulacro o el ejercicio de evacuación? (ONEMI)
4. En un ejercicio de evacuación, detalle los problemas o dificultades que ud. distingue para su correcto desarrollo.
5. ¿Cómo visualiza la infraestructura en este contexto? (necesaria, un obstáculo, complementaria)
6. ¿Desde el punto de vista la planificación urbana en la zona costera, se han considerado acciones para la gestión de riesgos de desastres? (Planificación)
7. ¿Desea comentar algún(os) otro(s) aspecto(s) relevante(s) respecto a la evacuación, la infraestructura, planificación u otro tema?

ANEXO 2

INSTRUCTIVO PARA CONSENTIMIENTO INFORMADO

El Comité de Evaluación Ético Científico FAU entiende que el Consentimiento Informado constituye uno de los requisitos básicos para que una investigación cumpla con los estándares éticos comúnmente aceptados. Implica que toda investigación en la que participen personas debe informar previa y adecuadamente a estas personas sobre la investigación y su participación en ella, con especial atención a las facilidades que deben darse a las personas vulnerables y con capacidades diferentes.

Su fundamento es la obligación ética de respeto por las personas que participan en una investigación, lo cual requiere que estas personas sean informadas de los objetivos, procedimientos y características concretas de su participación; comprendan totalmente esta información; y acepten participar de manera voluntaria. El proceso de Consentimiento Informado constituye de esta forma un mecanismo para la protección de las personas que participan voluntariamente en las investigaciones.

Aunque a veces se piensa que se trata de firmar un formulario, en ningún caso se reduce a esto, sino que constituye un proceso que establece una relación entre investigador(a) e investigado(a). Además, combina deberes de parte de los investigadores, derechos de los participantes y propósitos del estudio. Es un proceso por el cual un sujeto confirma su voluntad de participar en un estudio definido, habiendo sido informado de todos los aspectos de la investigación que son relevantes para que tome la decisión de participar.

El consentimiento informado es un documento que leerá, firmará y fechará el sujeto a participar de la investigación. Para que cumpla su objetivo, el texto debe ser de comprensión fácil y útil. La información debe ser proporcionada en el lenguaje comprensible, y su redacción no deberá implicar en modo alguno que el sujeto renuncie a alguno de sus derechos.

A continuación, se encuentran formatos de consentimiento informado que puede utilizar y adaptar a su proyecto y a cada uno de los instrumentos metodológicos que utilizará.

Comité de Evaluación Ético Científico
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Universidad de Chile



CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA ENTREVISTA

Yo **Paola Rojas Robledo** he sido invitado/a por el/la estudiante Carolina Pía Villagrán Colina y la Dr/a. María Victoria Soto Baüerle, académico/a del Departamento de Geografía de la Universidad de Chile, a participar en el estudio denominado “Vías de Evacuación e Infraestructura Crítica para la Gestión del Riesgo frente a Tsunamis en la ciudad de La Serena: un análisis de las relaciones territoriales asociadas”. Este es un trabajo de investigación de tesis para el Magister en Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile. La duración del estudio es de 1 año y la *entrevista* con la (los) urbanista(s) se extenderá entre 40 a 60 minutos.

Entiendo que el objetivo general de la investigación es evaluar la infraestructura crítica costera de la ciudad de la Serena, las vías de evacuación y las variables asociadas, para lo cual se busca toda la información relacionada a este propósito. Razón por la cual, los testimonios de diferentes actores sociales son claves en el estudio de este fenómeno.

Entiendo que la entrevista se llevará a cabo de manera presencial, y que ésta será registrada con apuntes, filmada y/o fotografiada, según sea el caso. De igual forma, entiendo que la información relativa a mis intervenciones será de uso confidencial del equipo de investigación, que no serán tratada de manera individual pues se busca rescatar una visión con sentido colectivo y que, por esta misma razón, guardare reserva respecto de las intervenciones de los demás participantes de esta actividad.

La información recolectada se ocupará exclusivamente para fines asociados a la presente investigación. Esta información será registrada y documentada, y estará bajo la custodia de la estudiante Carolina Pía Villagrán y de la Profesora Investigadora Sra. Maria Victoria Soto Baüerle.

De igual forma, entiendo que la información obtenida será procesada privilegiando el conocimiento compartido y de ninguna forma podrán ser identificadas mis respuestas, ni mis opiniones en la publicación de los resultados. Sin embargo, los diferentes resultados me podrán ser entregados si lo solicito por escrito directamente al/ a la Investigador/a responsable.

Estoy consciente de que mi participación en la investigación no será remunerada. Comprendo que puedo hacer preguntas a los investigadores, además de tener la posibilidad de negarme a participar o a contestar a cualquier pregunta, así como retirarme en cualquier etapa de la investigación, sin explicar la razón de mi decisión.

Finalmente, declaro ser mayor de edad (18 años), haber comprendido lo que se me pide y **SI** acepto participar voluntariamente del estudio “Vías de Evacuación e Infraestructura Crítica para la Gestión del Riesgo frente a Tsunamis en la ciudad de La Serena: un análisis de las relaciones territoriales asociadas”, sin haber sido influenciado/a ni presionado/a por el equipo investigador, firmando este Consentimiento Informado en dos ejemplares idénticos, uno para quien firma y otro para el/la Investigador/a Responsable.

Paola Rojas Robledo
Dirección GRD
Municipalidad de La Serena

Carolina Villagrán
Firma Investigador

Marzo, 2022
Fecha

Nota: Si tiene alguna pregunta o quiere conocer algún resultado, durante cualquier etapa del estudio, puede comunicarse con el/la Estudiante Responsable Carolina Pía Villagrán, o la Profesora Maria Victoria Soto Bauerle, Departamento de Geografía, Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad de Chile, Portugal 84 Santiago. Fono (2) . Correo electrónico: mvsoto@uchilefau.cl. Puede además presentar consultas o reclamos ante el organismo que autorizó el presente estudio, en cuyo caso contactarse con: Secretaría/o Ejecutiva/o del Comité de Evaluación Ético Científico. Dirección de Investigación y Creación, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile. Portugal 84, Santiago. Fono (2) 9783111. Correo electrónico: investigacion@uchilefau.cl.

Pauta de Entrevista

Tesis "Vías de Evacuación e Infraestructura Crítica para la Gestión del Riesgo frente a Tsunamis en la ciudad de La Serena: un análisis de las relaciones territoriales asociadas".

Entrevistada: Sra. Paola Rojas, de la Dirección de Gestión de Riesgos de Desastres de la Municipalidad de La Serena.

1. **¿Cómo se desarrolla un Simulacro, como ejercicio de evacuación? (¿Cómo lo hacen y por dónde?)** [ONEMI](#)
2. **¿Cómo se divulga un Simulacro?** [ONEMI](#)
3. **¿Cómo Evalúan un Simulacro o el ejercicio de evacuación?** [ONEMI](#)

4. En un ejercicio de evacuación, detalle los problemas o dificultades que usted distingue para su correcto desarrollo

R.: Existen dificultades claras, como por ejemplo en Caleta San Pedro (que de hecho son áreas estudiadas por académicos de la Universidad de Chile, existe una investigación, un estudio de Percepción muy interesante de la Profesora Carmen Paz Castro, de la escuela de Geografía precisamente en ese sector) y existen otras urbanizaciones de Sector de Serena Golf, aquí no se toma el peso de los riesgos que existen, y mitigar los impactos en esta zona se vuelve muy complejo, cuando la misma ciudadanía se instala en estas áreas y no es realmente consciente a lo que se expone. Además se están construyendo nuevas vías de evacuación que se deberían entregar, pero el proceso de entrega al municipio, para nosotros incorporarlo, es lo complejo, por ejemplo para la primera entrega que hubieron solo oficios, por parte de la municipalidad, no se ha recepcionado técnicamente estas vías de evacuación, por no presentar, la institución encargada Serviu, las documentaciones con los elementos de composición y sus características técnicas de instalación para poder buscar la mejor forma de mantención por ejemplo (por ejemplo no se desarrolló una inspección entre todos los actores que tienen injerencia en las vías, en terreno para verificar cada componente instalada en estas vías).

5. ¿Cómo visualiza a la infraestructura en este contexto? (necesaria, un obstáculo, complementaria)

R.: Necesaria y un complemento, pero mas que la infraestructura, creo que el problema principal es la coordinación sectorial, la descoordinación existente ante la implementación de estos proyectos de infraestructura, ya que lo planifican los hacen y poco se le considera a los gobiernos locales, se nos hace parte en la fase final y para hacernos entrega de

proyectos que tienen dificultades para su implementación o no son parte del funcionamiento a nivel local. Por ejemplo, existe un proyecto de Concesión La Serena- Coquimbo de la Ruta 5 Norte (la carretera mas importante entre regiones) y se vela por su funcionamiento desde el punto de vista vial, luego se concesiona se entregan las obras y todo hecho, y posteriormente tenemos que lidiar con ello y con las complicaciones en la implementación real, por ello reitero la importancia de las coordinaciones sectoriales.

Otro ejemplo es el de la señalética, existen proyectos de reposición de señalética que se realizó en el 2015.

5. ¿Desde el punto de vista la planificación urbana en la zona costera, se han considerado acciones para la gestión de riesgos de desastres? (Planificación)

R.: Se actualizo el Plan Regulador Comunal de La Serena, que incorpora la componente de riesgos y una zona potencialmente inundable, tema que se volvió complejo de tratar en algún momento, pero que exista esa definición es un avance, aunque la definición de áreas de riesgos también es de facultad de la ONEMI y en relación a la normativa es preciso que se incorporen nuevos aspectos o estudio, como por ejemplo de la licuefacción o la mecánica de suelos, para saber que edificios en la primera línea que tengan mas de 5 pisos, puedan resistir un terremoto y tsunami, ver la posibilidad de incorporar la evacuación vertical en sectores donde sabemos que existirán ciertas complicaciones.

Es preciso ver en la DOM que tipo de documentación se cuenta al respecto que pueda aportar también a un tema que tiene que ser abordado por expertos, que lo académicos contribuyan y que entreguen esas certezas, existen registros de los edificios más antiguos.

7. Desea comentar algún otro(s) aspecto(s) relevante(s) respecto a la evacuación, la infraestructura, planificación u otro tema

R.: Existen problemas que no son fáciles de resolver, y que deben tener una mirada integradora, debe existir mejor coordinación entre los actores, por ejemplo para el proyecto de Infraestructura que lo ejecuta MOP, y lo hace una consultora DOMINION, sobre el Sistema de Alarmas, que se encuentra en etapa de ejecución, no se si la Prefactibilidad o Factibilidad, tuvimos una reunión en (Mayo-Junio,2021) y a nosotros no estábamos de acuerdo con las áreas propuestas o los lugares, donde van a instalar las sirenas, los criterios de análisis no sabemos claramente como se llevo a esos resultados, tal vez se podría indagar mas en eso, en cuanto al proyecto del MOP.

ANEXO 2

INSTRUCTIVO PARA CONSENTIMIENTO INFORMADO

El Comité de Evaluación Ético Científico FAU entiende que el Consentimiento Informado constituye uno de los requisitos básicos para que una investigación cumpla con los estándares éticos comúnmente aceptados. Implica que toda investigación en la que participen personas debe informar previa y adecuadamente a estas personas sobre la investigación y su participación en ella, con especial atención a las facilidades que deben darse a las personas vulnerables y con capacidades diferentes.

Su fundamento es la obligación ética de respeto por las personas que participan en una investigación, lo cual requiere que estas personas sean informadas de los objetivos, procedimientos y características concretas de su participación; comprendan totalmente esta información; y acepten participar de manera voluntaria. El proceso de Consentimiento Informado constituye de esta forma un mecanismo para la protección de las personas que participan voluntariamente en las investigaciones.

Aunque a veces se piensa que se trata de firmar un formulario, en ningún caso se reduce a esto, sino que constituye un proceso que establece una relación entre investigador(a) e investigado(a). Además, combina deberes de parte de los investigadores, derechos de los participantes y propósitos del estudio. Es un proceso por el cual un sujeto confirma su voluntad de participar en un estudio definido, habiendo sido informado de todos los aspectos de la investigación que son relevantes para que tome la decisión de participar.

El consentimiento informado es un documento que leerá, firmará y fechará el sujeto a participar de la investigación. Para que cumpla su objetivo, el texto debe ser de comprensión fácil y útil. La información debe ser proporcionada en el lenguaje comprensible, y su redacción no deberá implicar en modo alguno que el sujeto renuncie a alguno de sus derechos.

A continuación, se encuentran formatos de consentimiento informado que puede utilizar y adaptar a su proyecto y a cada uno de los instrumentos metodológicos que utilizará.

Comité de Evaluación Ético Científico
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Universidad de Chile



CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA ENTREVISTA

Yo Rubén Contador M. he sido invitado/a por el/la estudiante Carolina Pía Villagrán Colina y la Dr/a. María Victoria Soto Baüerle, académico/a del Departamento de Geografía de la Universidad de Chile, a participar en el estudio denominado **Vías de Evacuación e Infraestructura Crítica para la Gestión del Riesgo frente a Tsunamis en la ciudad de La Serena: un análisis de las relaciones territoriales asociadas**. Este es un trabajo de investigación de tesis para el Magister en Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile. La duración del estudio es de 1 año aproximado y la entrevista con ONEMI Oficina de la Región de Coquimbo se extenderá entre 50 A 60 minutos.

Entiendo que el objetivo general de la investigación es evaluar la Infraestructura crítica costera de la ciudad de La Serena, para lo cual se busca toda la información relacionada a este propósito. Razón por la cual, los testimonios de diferentes actores sociales son claves en el estudio de este fenómeno.

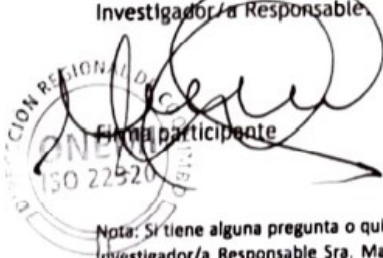
Entiendo que la entrevista se llevará a cabo en las dependencias de ONEMI Oficina Regional de Coquimbo y que ésta será grabada, filmada y/o fotografiada, según sea al caso. De igual forma, entiendo que la información relativa a mis intervenciones será de uso confidencial del equipo de investigación, que no serán tratadas de manera individual pues se busca rescatar una visión con sentido colectivo y que, por esta misma razón, guardaré reserva respecto de las intervenciones de los demás participantes en esta actividad.

La información recolectada se ocupará exclusivamente para fines asociados a la presente investigación. Esta información será registrada y documentada, y estará bajo la custodia del/ de la Investigador/a responsable, Prof. Investigador/a Sr/a. María Victoria Soto Baüerle.

De igual forma, entiendo que la información obtenida será procesada privilegiando el conocimiento compartido y de ninguna forma podrán ser identificadas mis respuestas, ni mis opiniones en la publicación de los resultados. Sin embargo, los diferentes resultados me podrán ser entregados si lo solicito por escrito directamente al/ a la Investigador/a responsable.

Estoy consciente de que mi participación en la investigación no será remunerada. Comprendo que puedo hacer preguntas a los investigadores, además de tener la posibilidad de negarme a participar o a contestar a cualquier pregunta, así como retirarme en cualquier etapa de la investigación, sin explicar la razón de mi decisión.

Finalmente, declaro ser mayor de edad (18 años), haber comprendido lo que se me pide y SI acepto participar voluntariamente del estudio "Vías de Evacuación e Infraestructura Crítica para la Gestión del Riesgo frente a Tsunamis en la ciudad de La Serena: un análisis de las relaciones territoriales asociadas", sin haber sido influenciado/a ni presionado/a por el equipo investigador, firmando este Consentimiento Informado en dos ejemplares idénticos, uno para quien firma y otro para el/la Investigador/a Responsable.


Firma participante

Firma Investigador

Fecha

Nota: Si tiene alguna pregunta o quiere conocer algún resultado, durante cualquier etapa del estudio, puede comunicarse con el/la Investigador/a Responsable Sra. María Victoria Soto o la Estudiante Sra. Carolina Pía Villagrán Colina, Estudiante de Magister en Geografía Programa 2021, Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad de Chile.

Puede además presentar consultas o reclamos ante el organismo que autorizó el presente estudio, en cuyo caso contactarse con: Secretaria/o Ejecutiva/o del Comité de Evaluación Ético Científico. Dirección de Investigación y Creación, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile. Portugal 84, Santiago. Fono (2) 9783111. Correo electrónico: investigacion@uchilefau.cl

Pauta de Conversación

Tesis "Vías de Evacuación e Infraestructura Crítica para la Gestión del Riesgo frente a Tsunamis en la ciudad de La Serena: un análisis de las relaciones territoriales asociadas".

Entrevistado: Luis Jiménez Villalobos, Profesional Oficina Regional de Coquimbo, ONEMI.

1. ¿Cómo se desarrolla un Simulacro, como ejercicio de evacuación? (¿Cómo lo hacen y por dónde?)

R.:

La Unidad de Simulacros y Simulaciones, dependiente del Departamento de Prevención Comunitaria de la División de Protección Civil de ONEMI, elabora el programa anual respecto del desarrollo de ejercicios de simulacros y/o simulaciones, destinadas a las distintas regiones del país.

De acuerdo con la identificación del escenario del evento (Terremoto, Terremoto-Tsunami, Erupción Volcánica) y grupo objetivo (ciudadanía en general, solo estudiantes, ambos), entre la Unidad de Simulacros y Simulaciones, se efectúan las coordinaciones iniciales para posteriormente, planificar, ejecutar y evaluar el ejercicio propiamente tal.

Importante es señalar que el objetivo de la realización de estos ejercicios es promover la participación del público objetivo en los ejercicios de simulacro para poner a prueba los planes de evacuación, aumentando la atención y participación de la ciudadanía frente a un escenario de riesgo.

2. ¿Cómo se divulga un Simulacro?

R.:

A partir de una estrategia comunicacional definida entre la Dirección Regional de ONEMI, La Unidad de Simulacros y Simulaciones y el Departamento de Comunicaciones y Difusión de ONEMI.

Como resultado, se elabora un Plan de Medios que corresponde a la estrategia comunicacional en el cual se definen los medios de comunicación (radio, televisión u otros), mediante los cuales se difundirá y promocionará el ejercicio.

A nivel local, corresponde a la entrega de folletería que es remitida hacia las direcciones comunales de GRD sobre las cuales se ejecutará el ejercicio propiamente tal, también la Dirección Regional efectúa una entrega de folletería la cual es complementada y reforzada con las distintas participaciones del Director Regional en los medios de comunicación local, promocionando el ejercicio.

3. ¿Cómo Evalúan un Simulacro o el ejercicio de evacuación?

R.:

A través de un proceso que inicia con la designación de un "Coordinador de Evaluación", que es un funcionario de la Dirección Regional de ONEMI patrocinante del ejercicio, quien es el responsable del proceso de evaluación del simulacro a nivel regional. Tiene a su haber: captar evaluadores en coordinación con las distintas instituciones de la región (Establecimientos de educación superior; Organismos Públicos, Fuerzas Armadas, ONGs, entre otros); estar en coordinación con los "Coordinadores de Evaluadores" de cada institución; Gestionar la logística y programación de capacitaciones (dirigida a quienes serán evaluadores del ejercicio, dando a conocer la forma cómo emplear las fichas de evaluación); Sistematizar información respecto a los evaluadores y; Asignar y distribuir evaluadores según el punto a evaluar.

Cuando los ejercicios de simulacros están orientados al sector educación, los puntos por evaluar pueden ser de acuerdo con las siguientes pautas de evaluación:

- a) Para establecimientos de educación parvulario y escolar, fuera de la zona de amenaza de tsunamis.
- b) Para establecimientos educacionales en zona de amenaza de tsunamis.
- c) Para establecimientos de educación superior, fuera de la zona de amenaza de tsunamis.

Cada pauta de evaluación evalúa los siguientes aspectos:

- i) Condiciones de seguridad al interior del establecimiento.
- ii) Implementación de emergencia al interior del establecimiento.
- iii) Comportamiento y organización de la comunidad educativa.
- iv) Condiciones de seguridad en la vía pública (aplica a establecimientos ubicados en zona de amenaza de tsunamis).
- v) Acciones de preparación inclusiva al interior del establecimiento.
- vi) Tiempos de evacuación.

4. En un ejercicio de evacuación, detalle los problemas o dificultades que ud. distingue para su correcto desarrollo.

R.:

Cuando el ejercicio está definido para el sector de educación, una de las principales dificultades está en la propia organización y coordinación con la Secretaría Regional de Educación (SECREDOC), por las siguientes consideraciones:

- Oportunidad para contar con registro de establecimientos actualizados.
- La correspondiente bajada de información desde el sector educación, junto con la entrega oportuna de folletería hacia los establecimientos educacionales.
- Falta de coordinación y acercamiento entre la coordinación del SECREDOC con Jardines Infantiles, colegios particulares, entre otros.

En este orden de ideas, seguidamente se hallan ciertos obstáculos en los mismos establecimientos y Direcciones Municipales de Educación (Corporaciones, Servicios de Educación Pública), sobre todo con la disposición en el grado de compromiso e involucramiento con una actividad que beneficia a todos.

A nivel de nuestra institución, las principales dificultades están en orden a:

- Reducido presupuesto para el desarrollo de las actividades relacionadas con el ejercicio.
- Disponibilidad de recursos materiales, para el desplazamiento en función de las actividades de promoción y capacitación del ejercicio.

Por último, la poca colaboración de parte de los medios de transporte público, a la hora del desarrollo de los ejercicios.

5. ¿Cómo visualiza la infraestructura en este contexto? (necesaria, un obstáculo, complementaria)

R.:

Necesaria y complementaria.

6. ¿Desde el punto de vista la planificación urbana en la zona costera, se han considerado acciones para la gestión de riesgos de desastres? (Planificación)

7. ¿Desea comentar algún(os) otro(s) aspecto(s) relevante(s) respecto a la evacuación, la infraestructura, planificación u otro tema?

R.:

La programación de los ejercicios debe ser planificadas a partir de la realidad y las necesidades territoriales, desde el punto de vista de:

- Lo que realmente se desea promover (participación) y poner a prueba (sistema, ciudadanía, servicios de emergencia, entre otros).
- Estar más orientados y coordinados con los servicios de emergencia, desde el punto de vista del desarrollo de eventos derivados del escenario de riesgo, como por ejemplo: derrumbes, incendios, riesgo químico, entre otros.
- Que los resultados sean promotores del desarrollo de mesas de trabajo con los distintos sectores, con la finalidad de potenciar y/o fortalecer los mecanismos de coordinación, planes de emergencia, entre otros.

ANEXO 2

INSTRUCTIVO PARA CONSENTIMIENTO INFORMADO

El Comité de Evaluación Ético Científico FAU entiende que el Consentimiento Informado constituye uno de los requisitos básicos para que una investigación cumpla con los estándares éticos comúnmente aceptados. Implica que toda investigación en la que participen personas debe informar previa y adecuadamente a estas personas sobre la investigación y su participación en ella, con especial atención a las facilidades que deben darse a las personas vulnerables y con capacidades diferentes.

Su fundamento es la obligación ética de respeto por las personas que participan en una investigación, lo cual requiere que estas personas sean informadas de los objetivos, procedimientos y características concretas de su participación; comprendan totalmente esta información; y acepten participar de manera voluntaria. El proceso de Consentimiento Informado constituye de esta forma un mecanismo para la protección de las personas que participan voluntariamente en las investigaciones.

Aunque a veces se piensa que se trata de firmar un formulario, en ningún caso se reduce a esto, sino que constituye un proceso que establece una relación entre investigador(a) e investigado(a). Además, combina deberes de parte de los investigadores, derechos de los participantes y propósitos del estudio. Es un proceso por el cual un sujeto confirma su voluntad de participar en un estudio definido, habiendo sido informado de todos los aspectos de la investigación que son relevantes para que tome la decisión de participar.

El consentimiento informado es un documento que leerá, firmará y fechará el sujeto a participar de la investigación. Para que cumpla su objetivo, el texto debe ser de comprensión fácil y útil. La información debe ser proporcionada en el lenguaje comprensible, y su redacción no deberá implicar en modo alguno que el sujeto renuncie a alguno de sus derechos.

A continuación, se encuentran formatos de consentimiento informado que puede utilizar y adaptar a su proyecto y a cada uno de los instrumentos metodológicos que utilizará.

Comité de Evaluación Ético Científico
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Universidad de Chile



CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA ENTREVISTA

Yo **Lyzette Gyorgy** he sido invitado/a por el/la xx, a estudiante Carolina Pía Villagrán Colina y la Dr/a. María Victoria Soto Bäuerle, académico/a del Departamento de Geografía de la Universidad de Chile, a participar en el estudio denominado “**Vías de Evacuación e Infraestructura Crítica para la Gestión del Riesgo frente a Tsunamis en la ciudad de La Serena: un análisis de las relaciones territoriales asociadas**”. Este es un trabajo de investigación de tesis para el Magíster en Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile. La duración del estudio es de 1 año y la *entrevista* con la (los) urbanista(s) se extenderá entre 40 a 60 minutos.

Entiendo que el objetivo general de la investigación es evaluar la infraestructura crítica costera de la ciudad de la Serena, las vías de evacuación y las variables asociadas, para lo cual se busca toda la información relacionada a este propósito. Razón por la cual, los testimonios de diferentes actores sociales son claves en el estudio de este fenómeno.

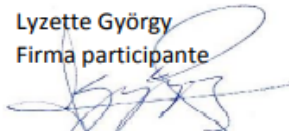
Entiendo que la entrevista se llevará a cabo de manera virtual, y que ésta será grabada, filmada y/o fotografiada, según sea el caso. De igual forma, entiendo que la información relativa a mis intervenciones será de uso confidencial del equipo de investigación, que no serán tratada de manera individual pues se busca rescatar una visión con sentido colectivo y que, por esta misma razón, guardare reserva respecto de las intervenciones de los demás participantes de esta actividad.

La información recolectada se ocupará exclusivamente para fines asociados a la presente investigación. Esta información será registrada y documentada, y estará bajo la custodia de la estudiante Carolina Pía Villagrán y de la Profesora Investigadora Sra. María Victoria Soto Bäuerle.

De igual forma, entiendo que la información obtenida será procesada privilegiando el conocimiento compartido y de ninguna forma podrán ser identificadas mis respuestas, ni mis opiniones en la publicación de los resultados. Sin embargo, los diferentes resultados me podrán ser entregados si lo solicito por escrito directamente al/ a la Investigador/a responsable.

Estoy consciente de que mi participación en la investigación no será remunerada. Comprendo que puedo hacer preguntas a los investigadores, además de tener la posibilidad de negarme a participar o a contestar a cualquier pregunta, así como retirarme en cualquier etapa de la investigación, sin explicar la razón de mi decisión.

Finalmente, declaro ser mayor de edad (18 años), haber comprendido lo que se me pide y SI acepto participar voluntariamente del estudio “Vías de Evacuación e Infraestructura Crítica para la Gestión del Riesgo frente a Tsunamis en la ciudad de La Serena: un análisis de las relaciones territoriales asociadas”, sin haber sido influenciado/a ni presionado/a por el equipo investigador, firmando este Consentimiento Informado en dos ejemplares idénticos, uno para quien firma y otro para el/la Investigador/a Responsable.

Lyzette György
Firma participante


Carolina Villagrán
Firma Investigador

Marzo, 2022
Fecha

Nota: Si tiene alguna pregunta o quiere conocer algún resultado, durante cualquier etapa del estudio, puede comunicarse con el/la Estudiante Responsable Carolina Pía Villagrán, o la Profesora María Victoria Soto Bauerle, Departamento de Geografía, Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad de Chile, Portugal 84 Santiago. Fono (2). Correo electrónico: mvsoto@uchilefau.cl.

Puede además presentar consultas o reclamos ante el organismo que autorizó el presente estudio, en cuyo caso contactarse con: Secretaria/o Ejecutiva/o del Comité de Evaluación Ético Científico. Dirección de Investigación y Creación, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile. Portugal 84, Santiago. Fono (2) 9783111. Correo electrónico: investigacion@uchilefau.cl.

Pauta de Entrevista

Tesis "Vías de Evacuación e Infraestructura Crítica para la Gestión del Riesgo frente a Tsunamis en la ciudad de La Serena: un análisis de las relaciones territoriales asociadas".

Entrevistada: Lyzette Gyorgy, Asesora Urbanista. Municipalidad de La Serena.

1. **¿Cómo se desarrolla un Simulacro, como ejercicio de evacuación? (¿Cómo lo hacen y por dónde?)** ONEMI
2. **¿Cómo se divulga un Simulacro?** ONEMI
3. **¿Cómo Evalúan un Simulacro o el ejercicio de evacuación?** ONEMI

4. En un ejercicio de evacuación, detalle los problemas o dificultades que usted distingue para su correcto desarrollo

R.: Nosotros en La Serena, tenemos claramente serios problemas para una evacuación (en términos de la distancia que se tiene desde la costa a la zona segura "hasta donde quieren que caminemos", hasta donde llega la cota 30), para nosotros es un problema que no sea legalmente reconocida la evacuación vertical, que todavía no exista una política que establezca no solo infraestructura que incluya en su diseño ingeniería sísmica, sino que además incluya los sismos y los tsunamis, y podamos garantizar que los edificios tengan una resistencia sísmica y a su vez de tsunamis para el borde costero.

-Considero que se establezca un protocolo de evacuación vertical y no sea una sugerencia establecida de manera parcial.

-Grave problema estructural con la Ruta 5 Norte y los pasos sobre nivel. Y si las pasarelas son consideradas como un elemento que aporte a la seguridad o no.

- Afirma "Nuestra vías de evacuación no son lo suficientemente seguras"

5. ¿Cómo visualiza a la infraestructura en este contexto? (necesaria, un obstáculo, complementaria)

R.: Necesaria y un complemento, se especifica la importancia en la constructibilidad de las obras que den seguridad ante amenazas de sismos tsunamigénicos, es importante, distinguir de que hablamos cuando hablamos de infraestructura crítica, en nuestro caso, se habla mucho de equipamientos críticos que están mal ubicados (Colegios, Jardines, Establecimientos que entregan prestaciones), y otro tema son las telecomunicaciones, las vías de evacuación con barreras naturales, o estructurales, por ejemplo en la Av San Pedro, las personas no pueden usar un paso sobre nivel, ya que no hay forma de certificar que ese paso, en caso de algún evento, esa infraestructura permita una evacuación efectiva.

6. ¿Desde el punto de vista la planificación urbana en la zona costera, se han considerado acciones para la gestión de riesgos de desastres? (Planificación)

R.: Un aspecto relevante a destacar, en la última modificación que se le hizo al Plan Regulador Comunal de La Serena (2020), se le acogió una observación a Serena Golf, poder entregar mayor altura de edificación, para poder ofrecer medidas de mitigación dentro de

las edificaciones, para así dejar los primeros pisos vacíos, o generando plataformas para poder evacuar a la población, que en el papel parece muy bonito, pero mientras no este regulado, no asegura que esto se materialice, nosotros no podemos establecer en un plan regulador, que dejen en toda esa área los primeros 2 pisos libres, es algo que se ha conversado con el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que es algo importante y en beneficio para las comunas costeras.

También se ha prohibido ciertas infraestructuras en áreas definidas como de "Riesgo", y el conflicto territorial que esto implica, por ejemplo lo que pasa con la planta de tratamientos de Aguas del Valle en el sector de Cruz del Molino (Puertas del Mar), ellos consideran que es erróneo, que la municipalidad quitara la planta de tratamiento de aguas servidas al lado del Río Elqui, es decir, no se considerara en el plano dichas instalaciones, y este plano en zona residencial, al lado de la desembocadura del Río Elqui, no se puede permitir infraestructura sanitaria que tenga tratamientos secundarios y procesos en ese lugar, la idea es disminuir factores de riesgo e impactos medio ambientales.

7. Desea comentar algún otro(s) aspecto(s) relevante(s) respecto a la evacuación, la infraestructura, planificación u otro tema

R.: Existen problemas que no son fáciles de resolver, ya que tiene implicancias en distintos estamentos MOP (Pasarelas), Ruta 5 Norte, los instrumentos (PRC), ONEMI la cota de seguridad, los gobiernos locales con el mayor peso en este problema, hasta las empresas con los seguros en estos casos, hay muchas aristas entre los privados y lo público.

Se converso respecto a la información y aspectos físicos morfológicos de la costa, y la definición de la cota 30 que conceptualmente se conoce hasta internacionalmente, en términos identificables en la realidad.

Se sabe que toda la responsabilidad en la emergencia recae en los organismos locales, pero que hacemos en la previa, en la planificación del riesgo, o probable riesgo, como lo hacemos, esa es una pregunta difícil de abordar.



ORD.: Nº 6116

ANT.: NO HAY

MAT.: INFORMA TERMINO DE CONSTRUCCION VIAS DE EVACUACION Y ENTREGA FICHAS TECNICAS

LA SERENA, **13 DIC. 2018**

A : SR. ALCALDE MUNICIPALIDAD DE LA SERENA

DE : DIRECTOR (S) SERVIU REGION DE COQUIMBO

- Por medio de la presente y dentro del marco de la obra "Construcción Vías de Evacuación Zona Costera La Serena - Coquimbo", le informo a Ud, que la obra ha sido recepcionada, por lo cual, se hace entrega de las siguientes Vías de Evacuación para su administración:

a) Vías Existentes:

Calle	Tramo
San Pedro	Avda. del Mar- Avda. Juan José Latorre
Cruz del Molino	Avda. Pacifico- Avda. P.P. Muñoz
Puerta del Mar	Avda. Pacifico- Avda. Fco. De Aguirre
Fco. De Aguirre	Avda. del Mar- Avda. P.P. Muñoz
Cuatro Esquinas	Avda. del Mar- Avda. El Santo

b) Vías Nuevas:

Calle	Tramo
Los Corsarios	Avda. del Mar- Caletera Ruta 5 norte
Amunátegui	Avda. del Mar- Avda. El Santo
Los Lúcumos	Avda. del Mar- Avda. El Santo

- Cabe mencionar que, en varios sectores de Avda. Francisco de Aguirre, para el óptimo funcionamiento de las luminarias se requiere la mantención de la poda de los árboles, de manera que no interfieran con la carga de energía bloqueando los paneles solares.
- Se adjuntan fichas técnicas de las baterías, controlador de carga, luminaria alumbrado y panel solar.

Saluda atentamente a Ud.,

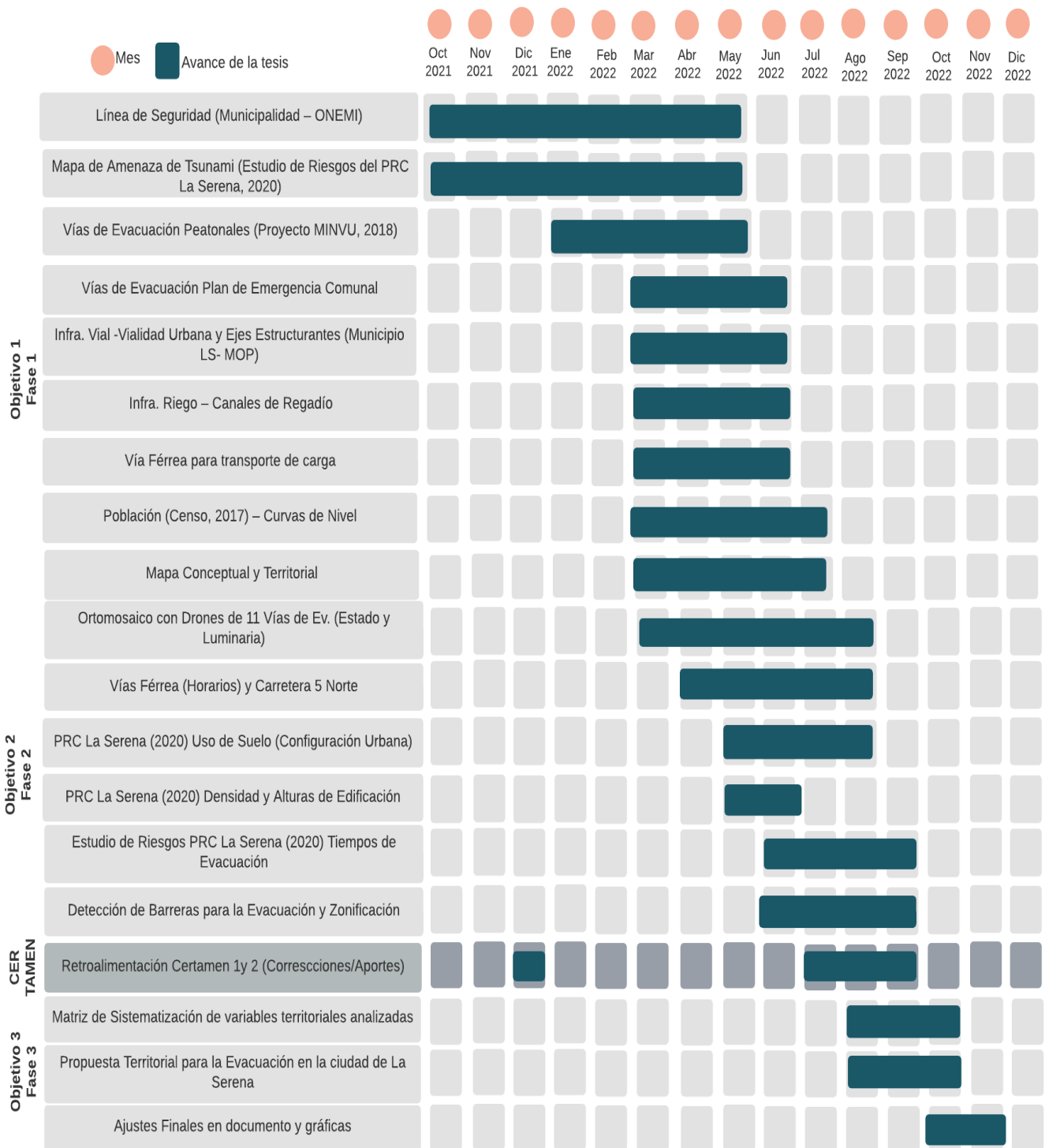

EDUARDO GAY PASCHE
INGENIERO CONSTRUCTOR
DIRECTOR (S) SERVIU REGION DE COQUIMBO

NPV/FAN/POC/poc

DISTRIBUCION:

1. ALCALDE MUNICIPALIDAD DE LA SERENA
ARTURO PRAT 451, SERENA
2. DEPARTAMENTO TECNICO
3. UNIDAD OBRAS DE PAVIMENTACION
4. OFICINA DE PARTES

Figura 66 Cronograma de trabajo



Fuente: Elaboración Propia (2022).

Figura 67: Portada del Diario Regional “Diario El Día” (16 de agosto de 2021)



Fuente: Diario el Día (2021)

Figura 68: Diario Regional “Diario El Día” (16 de agosto de 2021)

04 | ACTUALIDAD

LUNES 16 DE AGOSTO DE 2021 | el Día

EN LA SERENA Y COQUIMBO

Más de 31 mil personas habitan en zonas de riesgo de inundación por tsunami

El informe del CNDU e INE también localizó los equipamientos críticos expuestos en zonas de inundación por tsunamis, contabilizando el 10% en La Serena y el 2% en Coquimbo. Respecto a los indicadores de zonas urbanas con alta recurrencia de incendios forestales, más de 9 mil personas viven en esos lugares.

Equipo El Día/ La Serena y Coquimbo

@eldia.cl

Según datos del último informe del Sistema de Indicadores y Estándares de Desarrollo Urbano (SIEDU), elaborado por el Consejo Nacional de Desarrollo Urbano (CNDU) y el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), en Coquimbo y La Serena más de 31 mil personas viven en zonas urbanas expuestas a inundación por tsunami y más de 9 mil en zonas urbanas con alta recurrencia a incendios forestales.

El informe también localizó la infraestructura estratégica en estas zonas urbanas. En caso de La Serena un 10% están en zonas inundables por tsunamis y el 18% en zonas urbanas de alta recurrencia a incendios forestales.

Por otro lado Coquimbo, tiene el 2% de su infraestructura estratégica en zonas inundables por tsunamis y la misma cifra en el caso de zonas de alta recurrencia a incendios forestales.

“Los datos proporcionados por el SIEDU confirman la realidad y la gravedad del informe del IPCC global, y nos advierten que ya no tenemos más tiempo para tomar decisiones de cambio para las ciudades. Como Consejo Nacional de Desarrollo Urbano

hemos insistido desde el año 2019 en la urgencia de modificar la normativa urbana para la adaptación y resiliencia de las ciudades, partiendo por actualizar el artículo 2.1.17 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, cuyo cambio permitiría una mejor integración de los riesgos en la planificación de las ciudades”, comentó el presidente del CNDU, Sergio Baeriswyl.

Cabe mencionar que por equipamiento crítico se entiende aquella edificación donde funcionan y operan instalaciones de utilidad pública necesarias en la recuperación de la normalidad en forma posterior a un sismo o evento de gran magnitud, y que deben permanecer en funcionamiento durante y después de dicho catástrofe.

INDICADORES DE INUNDACIONES

La Serena tiene un 11,2% de su población en zonas urbanas expuesta a inundación por tsunamis. En cuanto a cantidad, está dentro de las cinco ciudades a nivel nacional con más personas viviendo estos lugares (Talcahuano con 66.635 habitantes, Iquique 59.314, Arica 50.298, Viña del Mar 36.699 y La Serena 24.169).

Además, para el período 2018-2019, La Serena fue la comuna que más



Para el periodo 2018-2019, La Serena fue la comuna que más aumentó la población en estas zonas, donde se sumaron más de 6.000 habitantes expuestos a tsunamis en áreas cercanas a la costa.

Datos:

La Serena (24.169) está dentro de las cinco ciudades a nivel nacional con más personas viviendo estos lugares (Talcahuano con 66.635 habitantes, Iquique 59.314, Arica 50.298, Viña del Mar 36.699)

aumentó la población en estas zonas, donde se sumaron más de 6.000 habitantes expuestos a tsunamis en áreas cercanas a la costa.

En el caso de su infraestructura crítica de un total de 305 equipamientos críticos ubicados en zonas inundables por tsunamis, el 9,8% está en lugares de riesgo, contabilizando 22 establecimientos educacionales, 7 de salud y 1 de seguridad y gobierno local.

Por otro lado, Coquimbo tiene el 3,3% de su población habitando en zonas expuestas a inundación por tsunami. En el caso de su infraestructura crítica de un total de 237 equipamientos críticos ubicados en zonas inundables por tsunamis, solo el 2% está en zonas de riesgos.

Para medir la exposición a inundación por tsunamis, se midió qué porcentaje de la población urbana de comunas costeras vive dentro de

la líneas de inundación, y también el porcentaje de equipamientos críticos de la comuna que se encuentran bajo estas condiciones. La información se basó en las cartas de inundación del SHOA.

INCENDIOS FORESTALES

En La Serena se identificaron a 6.400 personas (2,9% de la población) viviendo en zonas urbanas que se encuentran expuestas a alta recurrencia de incendios forestales. Respecto a su infraestructura crítica de un total de 305 equipamientos críticos ubicados en zonas urbanas de alta recurrencia en incendios forestales, el 18% está en lugares de riesgo, contabilizando 47 establecimientos educacionales, 5 de salud y 3 de seguridad y gobierno local.

En Coquimbo se contabilizaron 2.627 personas (1,1% de la población) viviendo en zonas urbanas con alta recurrencia a incendios forestales y teniendo solo el 2,9% de su infraestructura crítica en estos lugares.

Para medir la exposición a incendios forestales, se midió qué porcentaje de la población y los equipamientos críticos se emplazan en polígonos con alta recurrencia de incendios durante la temporada primavera-verano durante 5 años, en base a información de “zonas de afectación por incendios” reportada por la ONEMI.

Laboratorio Clínico SANTA MARIA
EQUIPO HUMANO Y TECNOLÓGICO A SU SERVICIO
Resultados de exámenes disponible por internet
VISITE LA SUCURSAL MÁS CERCANA A SU DOMICILIO EN LA SERENA Y COQUIMBO
www.laboratoriosantamaria.cl

PUBLICA TUS AVISOS ECONÓMICOS DESDE LA WEB
Ingresar a la web | Registrar tu aviso | Publicar tu aviso | Pagar con tarjeta o transferencia
Económicos el Día
webpay

Fuente: Diario el Día (2021).