

ETAPA 3

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS Y ANTEPROYECTO DEL PLAN

SUBETAPA 3.2 ELABORACIÓN ANTEPROYECTO

ESTUDIO: “ACTUALIZACION PLAN REGULADOR COMUNAL DE PAPUDO”

Edición 2, Julio 2019

Preparado por:



HABITERRA Ltda. CONSULTORES

Dir: Príncipe de Gales N° 5921 Of. 1009 La Reina | Santiago | CHILE

Tel +56-226352768 | 26359620 | 26657344

E mail: pguzman@habiterra.cl | izapata@habiterra.cl | recepcion@habiterra.cl

Web: www.habiterra.cl

Preparado para:



ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE PAPUDO

Dir: Chorrillos N°9

| PAPUDO | CHILE

Tel +56 33 2 325100

EQUIPO TÉCNICO PERMANENTE

Cargo	Descripción del cargo	Nombre completo
Arquitecto: Jefe de Proyecto	Especialidad en Planificación Urbana Comunal	Pablo Guzmán
Arquitecto o similar	Especialidad en Planificación Urbana Comunal	Daniel Meza
		Arturo Rinaldi
Geógrafo, Cartógrafo, Ingeniero Geomensor o similar	Encargado SIG / Planificación	Fabián Garrido
Sociólogo o similar	Encargado Participación	Patricia Montes
Geógrafo, Ingeniero ambiental o similar	Encargado Medio Ambiente y EAE	Angélica Gutiérrez
Ingeniero Civil	Proyectos de Ingeniería Sanitaria y Redes Públicas (5 años)	Roberto Lara
Dibujante o diseñador gráfico	Experiencia SIG en Planificación	Hernán Orozco
Ingeniero Civil	Especialidad Infraestructura y Transporte Vial Urbano	Ismael Becerra

EQUIPO TÉCNICO ESPECIALISTA

Cargo	Descripción del cargo	Nombre completo
Ingeniero Civil	Proyectos de Ingeniería Sanitaria y Redes Públicas (5años)	Roberto Lara
Geólogo, Ingeniero Civil, Geógrafo o similar	Encargado de Riesgos en IPT (5 años)	Rodrigo Rauld
Ingeniero Civil	Encargado de Riesgos zonas inundables (Experiencia en Hidráulica o Hidrología 5 años)	Macarena Facuse
Ingeniero Agrónomo	Experiencia mínima 5 años en Ordenamiento Territorial, Desarrollo Rural o Censo Silvoagropecuario	Angélica Gutiérrez
Arquitecto	Experiencia en Estudio histórico y patrimonial de la comuna	Isabel Zapata
Sociólogo o similar	Encargado Participación (2 años)	Patricia Montes
Ingeniero Civil Industrial o Ing. Comercial	Experiencia en análisis y desarrollo de proyectos económicos locales y regionales	Franco Cabello

EQUIPO DE APOYO AL EQUIPO PERMANENTE

Cargo	Descripción del cargo	Nombre completo
Arquitecto	Patrimonio	Alejandro Álvarez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	ANTECEDENTES GENERALES.....	7
1.1	Fines y metas de la Actualización del Plan.....	7
1.1.1	Objetivos del Proceso de Planificación	7
1.1.2	Ámbito y alcance territorial.....	8
1.2	Consideraciones a la Planificación	9
1.2.1	Marco Normativo.....	9
1.2.2	Marco Estratégico	12
1.2.3	Criterios de Desarrollo Sustentable	13
2	DIAGNÓSTICO TÉCNICO PROSPECTIVO.....	13
2.1	Análisis Sistémico.....	13
2.2	Tendencia del Desarrollo Urbano	14
2.2.1	Proyecciones Demográficas	14
2.2.2	Proyecciones Económicas.....	16
2.2.3	Escenarios de desarrollo urbano	17
2.3	Factores Críticos de Decisión	19
2.3.1	FDC 1 Sobrecarga de la infraestructura asociada a segunda residencia y turismo.....	20
2.3.2	FCD 2 Crecimiento por densificación.....	21
2.3.3	FCD 3 Componentes de valor paisajístico e identidad local	26
2.3.4	FCD 4 Integración social y espacial de la población.....	40
2.3.5	FCD 5 Adopción de riesgo físico y antrópico	44
2.3.6	Exposición de las áreas urbanas a riesgos de origen natural.....	50
2.3.7	Riesgo de Incendios Forestales.....	52
4	IMAGEN OBJETIVO Y ALTERNATIVAS.....	55
4.1	Visión de desarrollo	55
4.2	Objetivos y Lineamientos	55
4.2.1	Objetivos Estratégicos de Planificación	55
4.2.2	Lineamientos.....	57
4.2.3	Estrategia de Conservación del paisaje y espacios públicos.....	61
4.2.4	Desarrollo Condicionado.....	61
4.3	ALTERNATIVAS DE ESTRUCTURACIÓN	62
4.3.1	Alternativa 1 Papudo: Desarrollo Concentrado	66
4.3.2	Alternativa 2 Papudo: Extensión Distribuida	74
4.3.3	Alternativa 1 Pullally: Densificación del asentamiento histórico.....	81
4.3.4	Alternativa 2 Pullally: Crecimiento de áreas nuevas	87
4.4	ALTERNATIVA RECOMENDADA	92
4.4.1	Alternativa 3 de Consenso para Papudo	92
4.4.2	Alternativa 3 de Consenso para Pullally	94
4.4.1	Sanción de anteproyecto y ajustes solicitados	95
4.4.2	Metodología de evaluación de Alternativas	95
5	DESCRIPCIÓN DEL PLAN	100
5.1	Territorio urbano de planificación.....	100
5.2	Zonificación y normas específicas	102
5.2.1	Área Urbanizable	104
5.2.2	Áreas Especiales.....	106
5.2.3	Áreas Verdes de nivel comunal	107
5.3	Áreas Restringidas al Desarrollo Urbano	110
5.4	Protección del patrimonio inmueble	115
5.4.1	Monumentos nacionales.....	115
5.4.2	Inmuebles de Conservación Histórica.....	116

5.5	Intensidad de ocupación de suelo	117
5.6	RED VIAL	120
5.6.1	Red vial estructurante	120
5.6.2	Red de Ciclovías (Indicativo)	124
5.6.3	Red de Ciclovías localidad de Papudo	126
5.6.4	Red de Ciclovías localidad de Pullally	127
5.7	Plan de Evacuación	128

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.2-1	Plano Intercomunal Satélite Borde Costero Norte vigente (1996) para Papudo y Pullally	10
Ilustración 1.2-2	Plano Intercomunal Satélite Borde Costero Norte (en aprobación) para Papudo y Pullally	11
Ilustración 2.2-1:	Área consolidada de las localidades en estudio.....	18
Ilustración 2.3-1	Intervisibilidad Sectores Extensión Urbana	22
Ilustración 2.3-2	Caracterización de edificaciones Rango de Altura 1 a 2 pisos.....	23
Ilustración 2.3-3	Caracterización de edificaciones Rango de Altura 3 a 5 Pisos	23
Ilustración 2.3-4	Caracterización de edificaciones Rango de Altura 6 a 8 pisos.....	23
Ilustración 2.3-5	Caracterización de edificaciones Rango de Altura 9 a más pisos	24
Ilustración 2.3-6	Capacidad de Uso de Suelo Localidad de Pullally	25
Ilustración 2.3-7	Proceso de urbanización localidad de Pullally (1970-2018).....	25
Ilustración 2.3-8	Proyecto y trazado de la población de Papudo de 1885, rectificado en 1897	26
Ilustración 2.3-9	Vista Panorámica del Puerto de Papudo, Iglesia y casa de playa Irrarázaval, 1915.....	27
Ilustración 2.3-10	Balneario de Papudo, vista de playa chica, 1930.....	28
Ilustración 2.3-11	Comparación de situación fachada y fondo predial, asentamiento campesino Pullally.....	30
Ilustración 2.3-12	Nuevas construcciones y subdivisiones sector nororiente localidad de Pullally.....	30
Ilustración 2.3-13	Monumento Histórico Iglesia Nuestra Señora De Las Mercedes	31
Ilustración 2.3-14	Inmuebles de Interés Patrimonial Grupo 1	32
Ilustración 2.3-15	Inmuebles de Interés Patrimonial Grupo 2	33
Ilustración 2.3-16	Inmuebles de Interés Patrimonial Grupo 3	34
Ilustración 2.3-17	Inmuebles de Interés Patrimonial Grupo 4	35
Ilustración 2.3-18	Inmuebles de Interés Patrimonial Grupo 5	36
Ilustración 2.3-19	Características Centro Histórico de Papudo	36
Ilustración 2.3-20	Características Ex Hacienda Pullally.....	37
Ilustración 2.3-21	Localización de los sitios arqueológicos descubiertos en el sector de desembocadura del Estero Lilén.....	38
Ilustración 2.3-22	Valores Paisajísticos del área urbana de Papudo.....	39
Ilustración 2.3-23	Valores Naturales y Paisajísticos del área urbana de Pullally.....	40
Ilustración 2.3-24	Estratificación socioeconómica en base al avalúo fiscal del predio 2018, Papudo	41
Ilustración 2.3-25	Modelación de precios de suelo y terrenos ofertados 2017, localidad de Papudo	42
Ilustración 2.3-26	Distribución de usos de suelo en localidad de Pullally	43
Ilustración 2.3-27	Susceptibilidad de inundaciones por desborde de cauce en el área de Papudo	45
Ilustración 2.3-28	susceptibilidad de inundaciones por desborde de cauce en el área de Pullally.....	45
Ilustración 2.3-29	Susceptibilidad de inundaciones por anegamiento en el área de Papudo.....	46
Ilustración 2.3-30	Susceptibilidad de inundaciones por anegamiento en el área de Pullally.....	46
Ilustración 2.3-31	Susceptibilidad de inundaciones litorales en el área de Papudo.....	47
Ilustración 2.3-32	Susceptibilidad de inundaciones litorales en el área de Pullally.....	47
Ilustración 2.3-33	Susceptibilidad a flujos de detritos y/o barro en el área de Papudo.....	48
Ilustración 2.3-34	susceptibilidad a flujos de detritos y/o barro en el área de Pullally	49
Ilustración 2.3-35	Susceptibilidad de deslizamientos y caídas de bloques en el área de Papudo.....	50
Ilustración 2.3-36	Susceptibilidad de deslizamientos y caídas de bloques en el área de Pullally	50
Ilustración 2.3-37	Zonificación riesgo de incendios área urbana de Papudo.....	53

Ilustración 2.3-38 Zonificación riesgo de incendios área urbana de Pullalli.....	54
Ilustración 4.3-1 Esquema topológico de las opciones estratégicas de Papudo Alternativas 1, 2 y 3.....	63
Ilustración 4.3-2 Esquema topológico de las opciones estratégicas de Pullally Alternativas 1, 2 y 3.....	64
Ilustración 4.3-3 Definición del Límite Urbano Alternativa 1 Papudo.....	67
Ilustración 4.3-4 Definición del Vialidad Estructurante por categoría y aperturas Alternativa 1 Papudo.....	68
Ilustración 4.3-5 Definición del Usos Preferentes Alternativa 1 Papudo.....	69
Ilustración 4.3-6 Definición del Altura máximas Alternativa 1 Papudo.....	70
Ilustración 4.3-7 Definición de Densidad Bruta máxima Alternativa 1 Papudo.....	71
Ilustración 4.3-8 Definición del sistema de áreas verdes Alternativa 1 Papudo.....	72
Ilustración 4.3-9 Definición de Zona de Conservación Alternativa 1 Papudo.....	73
Ilustración 4.3-10 Definición del Límite Urbano Alternativa 2 Papudo.....	74
Ilustración 4.3-11 Definición del Vialidad Estructurante por categoría y aperturas Alternativa 2 Papudo.....	75
Ilustración 4.3-12 Definición del Usos Preferentes Alternativa 2 Papudo.....	76
Ilustración 4.3-13 Definición del Altura máximas Alternativa 2 Papudo.....	77
Ilustración 4.3-14 Definición de Densidad Bruta máxima Alternativa 2 Papudo.....	78
Ilustración 4.3-15 Definición del sistema de áreas verdes Alternativa 2 Papudo.....	79
Ilustración 4.3-16 Definición de Zona de Conservación Alternativa 2 Papudo.....	80
Ilustración 4.3-17 Definición del Límite Urbano Alternativa 1 Pullally.....	81
Ilustración 4.3-18 Definición del Vialidad Estructurante por categoría y aperturas Alternativa 1 Pullally.....	82
Ilustración 4.3-19 Definición del Usos Preferentes Alternativa 1 Pullally.....	83
Ilustración 4.3-20 Definición del Altura máximas Alternativa 1 Pullally.....	83
Ilustración 4.3-21 Definición de Densidad Bruta máxima Alternativa 1 Pullally.....	85
Ilustración 4.3-22 Definición del sistema de áreas verdes Alternativa 1 Pullally.....	86
Ilustración 4.3-23 Definición del Límite Urbano Alternativa 2 Pullally.....	87
Ilustración 4.3-24 Definición del Vialidad Estructurante por categoría y aperturas Alternativa 2 Pullally.....	88
Ilustración 4.3-25 Definición del Usos Preferentes Alternativa 2 Pullally.....	89
Ilustración 4.3-26 Definición del Altura máximas Alternativa 2 Pullally.....	90
Ilustración 4.3-27 Definición de Densidad Bruta máxima Alternativa 2 Pullally.....	91
Ilustración 4.3-28 Definición del sistema de áreas verdes Alternativa 2 Pullally.....	92
Ilustración 4.4-1 Desarrollo de lineamientos para Alternativa 3 de Papudo.....	93
Ilustración 4.4-2 Desarrollo de lineamientos para Alternativa 3 de Pullally.....	94
Ilustración 4.4-3 Escala de Valoración de los indicadores.....	97
Ilustración 5.1-1: Limite Urbano de la ciudad de Papudo en el contexto del nivel intercomunal de planificación.....	101
Ilustración 5.1-2: Limite Urbano de la localidad de Pullally en el contexto del nivel intercomunal de planificación.....	101
Ilustración 5.2-1 Zonificación área urbana de Papudo.....	103
Ilustración 5.2-2 Zonificación área urbana de Pullally.....	104
Ilustración 5.2-3: Sistema de área verdes área urbana de Papudo.....	109
Ilustración 5.2-4: Sistema de área verdes área urbana de Pullally.....	110
Ilustración 5.3-1: Áreas restringidas al desarrollo urbano Papudo.....	113
Ilustración 5.3-2: Áreas restringidas al desarrollo urbano Pullally.....	114
Ilustración 5.4-1 Monumento Histórico Iglesia Nuestra Señora De Las Mercedes.....	115
Ilustración 5.5-1: Densidades proyectadas por Zonas área urbana de Papudo.....	117
Ilustración 5.5-2: Densidades proyectadas por Zonas área urbana de Pullally.....	118
Ilustración 5.5-3: Distribución de la intensidad de ocupación de suelo Papudo.....	118
Ilustración 5.5-4: Distribución de la intensidad de ocupación de suelo Pullally.....	119
Ilustración 5.6-1 Red de ciclovías propuesta – localidad de Papudo.....	127
Ilustración 5.6-2 Red de ciclovías propuesta – localidad de Pullally.....	127
Ilustración 5.7-1 Puntos de encuentro y Vias de Evacuación Propuestas, localidad de Papudo.....	129

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.2-1 Población de Papudo y comunas cercanas, 1992-2002-2017 14

Cuadro 2.2-2 Vivienda turística de Papudo y comunas cercanas, 1992-2002-2017 16

Cuadro 2.2-3 Proyección de suelo habitacional mixto asociado a Primera Vivienda 18

Cuadro 2.2-4 Proyección de demanda de suelo comercio, servicios y equipamientos 18

Cuadro 2.2-5 Proyección de suelo habitacional mixto asociado a Primera Vivienda 19

Cuadro 2.3-1 Rangos de altura de edificación recurrentes en la localidad de Papudo 22

Cuadro 2.3-2 Estratificación por precio de avalúo fiscal de cada predio 41

Cuadro 2.3-3 Estimación del déficit cuantitativo de Papudo, según Casen 2015* 43

Cuadro 4.3-1 Tratamiento complementario de las áreas de riesgo de acuerdo al tipo de peligro, grado de susceptibilidad y categoría de ocupación..... 65

Cuadro 4.4-1 Criterios e Indicadores de Evaluación Opciones de Desarrollo de Papudo 96

Cuadro 4.4-2 Criterios e Indicadores de Evaluación Opciones de Desarrollo de Pullally 97

Cuadro 4.4-3 Evaluación Ambiental Opciones de Desarrollo de Papudo 98

Cuadro 4.4-4 Evaluación Ambiental Opciones de Desarrollo de Pullally 99

Cuadro 5.1-1 Cuadro superficies área urbana de la comuna de Papudo 100

Cuadro 5.2-1: Zonificación Área urbana de Papudo 102

Cuadro 5.2-2: Zonificación Área urbana de Pullally 103

Cuadro 5.3-1: Áreas de riesgos ciudad de Papudo 111

Cuadro 5.3-2 Áreas de Riesgos Localidad de Pullally 111

Cuadro 5.3-3: Criterios para el reconocimiento de las áreas de riesgo en el plan 112

Cuadro 5.4-1 Inmuebles de Conservación Histórica 116

Cuadro 5.6-1 Artículo referido a ciclovías 125

Cuadro 5.6-2 Red de ciclovías propuesta para Papudo 126

Cuadro 5.6-3 Red de ciclovías propuesta para Pullally 127

Cuadro 5.7-1 Puntos de encuentro y Vías de Evacuación Propuestas, localidad de Papudo 130

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.2-1 Proyecciones de población (1992-2002-2017-2050)..... 15

INTRODUCCIÓN

El presente informe de "Selección de Imagen Objetivo y Alternativas" corresponde al reporte de la segunda subetapa de la "Etapa 3: Selección de Alternativa y Anteproyecto del Plan", del estudio "Actualización Plan Regulador Comunal de Papudo", en adelante PRC Papudo, encargado por la Ilustre Municipalidad de Papudo a la oficina consultora Habiterra Arquitectura y Urbanismo Ltda., mediante licitación pública ID: 3596-2-Lq17, y financiado por el Gobierno Regional de Valparaíso (Código BIP 30132855-0).

El contenido del informe Selección de Imagen Objetivo y Alternativas contiene la síntesis de las tendencias de desarrollo urbano y sus proyecciones, la descripción de la Imagen Objetivo y las alternativas de estructuración propuestas según el cumplimiento de los Factores Críticos de Decisión y Objetivos Estratégicos a través de los diferentes lineamientos desarrollados en el Plan. El informe finaliza con la Alternativa Recomendada siguiendo la evaluación técnica de las alternativas.

1 ANTECEDENTES GENERALES

En presente capítulo, se abordan los antecedentes de la actualización del Plan, referidos a los objetivos de planificación del instrumento, las consideraciones de planificación asociadas al marco normativo y marco estratégico del instrumento, y los Criterios de Desarrollo Sustentable establecidos en el marco del inicio del proceso de Evaluación Ambiental Estratégica del mismo instrumento.

1.1 FINES Y METAS DE LA ACTUALIZACIÓN DEL PLAN

Según lo expuesto en las bases técnicas del presente estudio, la Ilustre Municipalidad de Papudo licita la actualización del Plan Regulador Comunal para adoptar las directrices estratégicas territoriales y la modernización del marco legal actual, debido a que el instrumento vigente data de 1969.

1.1.1 Objetivos del Proceso de Planificación

Conforme a lo anterior, se establecen los siguientes objetivos de planificación:

- Reformular el Plan de acuerdo a un nuevo horizonte temporal, considerando requerimientos actualizados de infraestructura vial, espacios públicos, y consumo de suelo para las actividades urbanas;
- Adopción del marco referencial estratégico e instrumentos de planificación territorial de las diferentes escalas mayores: la Política Nacional de Desarrollo Urbano (2014), la Estrategia Regional de Desarrollo de la Región de Valparaíso 2020 (2012), el Plan Regional de Ordenamiento Territorial (2011), Plan Intercomunal de Valparaíso- Satélite Borde Costero Norte (1996) y su actualización en el Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso (en aprobación), la Estrategia Regional de innovación 2014-2020 (2015), entre otros;
- Promover la realización de la visión de desarrollo comunal del Plan de Desarrollo Comunal (2014), orientando, dando impulso y fortaleciendo la comuna como una unidad integrada de vocación turística;
- Generar las condiciones propicias para la localización de actividades diversas, fomentar la generación de centralidades y debida oferta de equipamientos, de acuerdo a las dimensiones sociales, económicas, territoriales y ambientales;
- Conservar y poner el valor de elementos de interés patrimonial urbano, así como del patrimonio ambiental y paisajístico, favorecer la integración de los diversos sectores y localidades mediante la movilidad urbana local, y planificar el territorio considerando limitaciones o restricciones al desarrollo urbano por la definición de áreas de riesgo;
- Integrar la dimensión ambiental como tema central en el proceso y proyecto, considerando la realización del proceso de Evaluación Ambiental Estratégica (Ley 20.417); y

- Inclusión de la ciudadanía en su conjunto al proceso de participación temprana de la elaboración de la modificación del Plan, más allá de las instancias referidas en el Art. 2.1.11 de la OGUC.

1.1.2 **Ámbito y alcance territorial**

El objeto de modificación del presente estudio de actualización del Plan, desde el ámbito normativo del acto jurídico administrativo, es un instrumento constituido por un conjunto de normas sobre adecuadas condiciones de higiene y seguridad de espacios públicos y edificios, y de comodidad en la relación funcional entre las zonas habitacionales, de trabajo, equipamiento y esparcimiento, las cuales se encuentran señaladas en los artículos del 41 al 42 de la LGUC y sus componentes son indicadas en el artículo 2.1.10 de la OGUC.

Ello es esencial debido a que el “Plan Regulador del Balneario de Papudo” de 1969, DS N° 162 de 1969 fue formulado bajo el marco legal del texto del Decreto N° 880 de 1963, correspondiente a la Ley General de Construcción y Urbanización. En otras palabras, el plan vigente se encuentra obsoleto ya que responde a otro marco normativo, haciendo referencias a normas y usos de suelo que no se ajustan a derecho o que constituyen falencias legales.

De forma complementaria, es necesario actualizar los estándares de infraestructura vial y realizar un Estudio de Capacidad Vial para resolver los requerimientos viales de la localidad y del sector desarrollado por el Seccional de Punta Puyai (1996), Res. Afecta N° 31-4-79 de 1995.

Desde el ámbito territorial, la actualización del plan comunal dispone de una parte del territorio administrativo de la comuna de Papudo (642.700 ha) que se encuentra incorporado a la planificación intercomunal vigente y en proceso de aprobación. Se consideran tres emplazamientos al respecto:

- localidad de Papudo, única área urbana vigente de la comuna de Papudo (376 ha), corresponde a una rada ubicada al norte de Valparaíso y Quintero, en cuyas costas operó un puerto menor (s.XIX) y desde 1930 el balneario, siendo esta localidad la capital de la comuna desde su constitución, en 1927;
- localidad de Pullally, área de extensión urbana vigente al interior de la comuna que corresponde al villorrio de la Cooperativa Agrícola constituida durante la Reforma Agraria a partir de la Hacienda Pullally (290 ha), una de las mayores haciendas de la época, la cual se localiza en la terraza fluvial norte del Río La Ligua, al sur de la casona patronal de la hacienda; y
- localidad de Las Salinas de Pullally, corresponde al borde costero al poniente de la localidad de Pullally la cual se encuentra al interior del área de extensión urbana vigente que se extiende por el borde costero hasta la localidad de Papudo (1.840 ha), donde habita una comunidad de pescadores y agricultores, y conforma un balneario en época estival.

Al crecimiento e intensificación de la ocupación de la localidad de Papudo, se suma la emergente condición urbana que ha tenido la localidad de Pullally, la cual ha aumentado su población y ha recibido una serie de equipamientos (bomberos, escuela, posta rural, jardín JUNJI, clubes deportivos, etc.) y la aplicación de programas de subsidio habitacional. En consecuencia, el presente estudio aborda la regulación de las localidades del balneario de Papudo y el villorrio de Pullally.

A modo de objetivos específicos por localidad, para el balneario de Papudo, se considera:

- Consolidar una centralidad de servicios y equipamiento que permita potenciar la vocación turística y actividades conexas (pesca), así como el acceso a servicios urbanos a la población permanente y flotante, mediante la conformación de subcentros y normas que promuevan la inserción de estos usos;
- Integrar el entorno natural y paisajístico de la localidad de Papudo (borde costero, lomajes y quebradas), configurando el asentamiento como un elemento ordenador del desarrollo urbano a través de la definición de usos de suelo que fomenten su puesta en valor;

- Propiciar la recuperación del sector central de la localidad revirtiendo el proceso de deterioro mediante estrategias de renovación urbana y el reconocimiento y puesta en valor del patrimonio histórico-cultural; y
- Establecer una trama urbana que integre distintos modos de transporte, coherente con los usos de suelo y la vocación turística de la localidad, mediante la conformación de una red espacios públicos y de circulación multimodal.

En tanto para el villorrio de Pullally, se establece:

- Generar condiciones de desarrollo urbano que resguarden el carácter rural de la localidad de Pullally, a través de normas urbanísticas de intensidad de uso adecuada, que fortalezca su potencial turístico y reconozcan patrones de ocupación de la comunidad agrícola;
- Dotar la localidad de una centralidad de servicios y equipamiento acorde con la escala del centro poblado, asegurando la accesibilidad de la población a servicios urbanos básicos, mediante la conformación de un subcentro y normas urbanísticas que posibiliten la localización de estos destinos;
- Propender a un desarrollo urbano coherente con la presencia de espacios naturales (Río La Ligua) y el entorno agro-rural (suelos agrícolas, Laguna y canales de regadío), mediante usos de suelo compatibles;
- Consolidar una red de circulación y de espacios públicos que favorezca la movilidad interna, considerando modos de transporte no motorizados, en coherencia con costumbres rurales; y
- Mitigar los efectos de la circulación de tránsito de carga en la localidad dada su localización en torno corredores de jerarquía interprovincial (E-30-F), regional (E-39) y nacional (Ruta 5), mediante la habilitación de alternativas de circulación adecuada.

1.2 CONSIDERACIONES A LA PLANIFICACIÓN

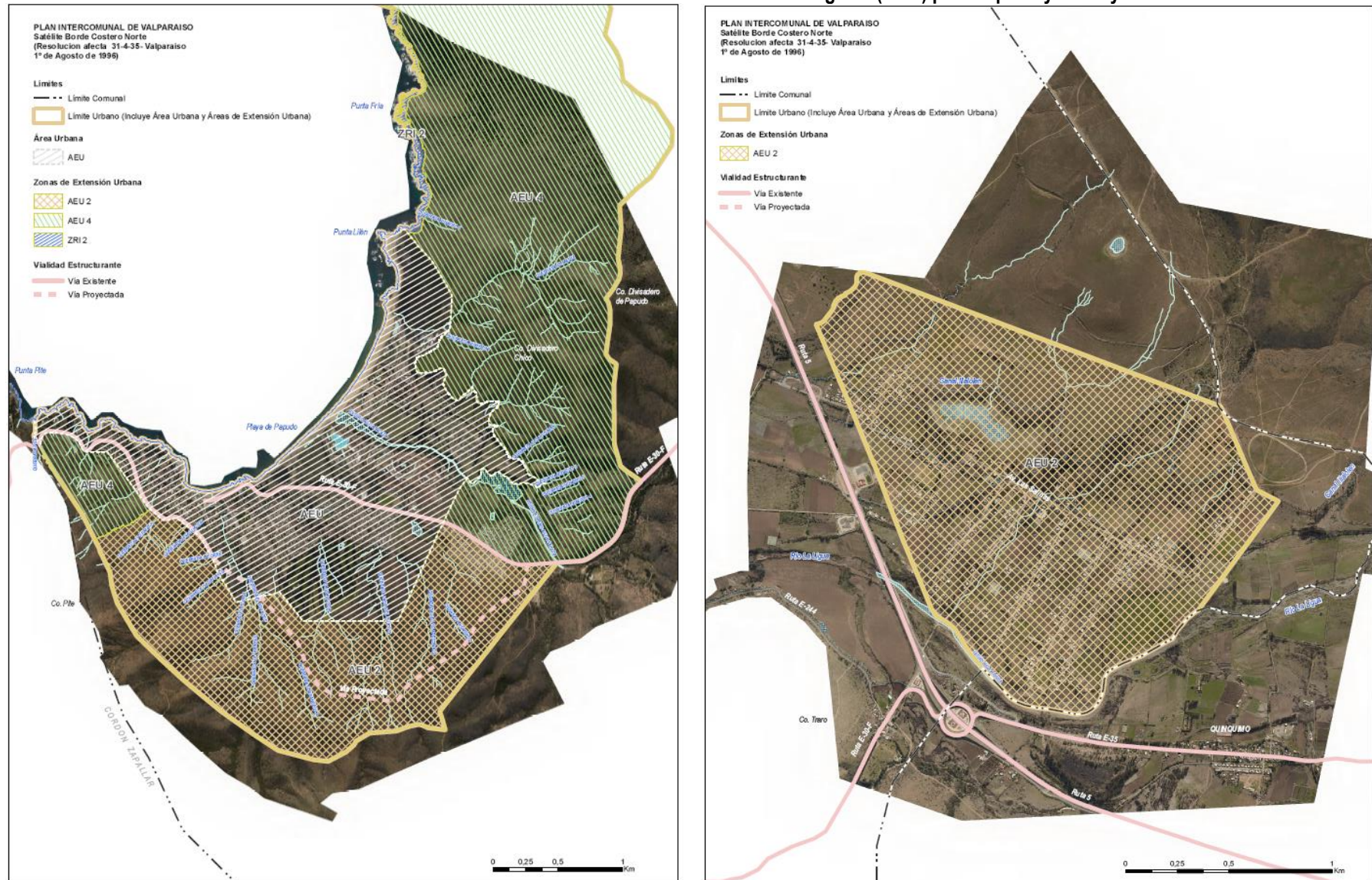
Entre los antecedentes, se establecen a continuación las consideraciones determinantes de orden, los que constituyen elementos que deben ser integradas y adoptadas a la planificación. Entre éstas se encuentran los contenidos del marco normativo intercomunal y los criterios de desarrollo sustentable.

1.2.1 Marco Normativo

El Plan Regulador Intercomunal de Valparaíso vigente, en su división Satélite Borde Costero Norte (Resolución Afecta N° 31 de 1996), establece las áreas de extensión urbana del sistema de centros poblados de la intercomuna comprendido por Puchuncaví, Zapallar, La Ligua y Papudo, las vías expresas y troncales, áreas verdes intercomunales y las densidades brutas.

En particular, para la comuna de Papudo corresponden las zonas de extensión urbanas vigentes ZEU-2 (extensión sur de Papudo centro y Pullally) y ZEU-4 (extensión sur de Punta Pite y extensión surponiente de Punta Puyai), y la vialidad intercomunal existente de la Ruta 5 Norte, la Ruta F-30-E y el Bypass de la Ruta F-30-E, y los caminos proyectados a Catapilco y Valle Alegre.

Ilustración 1.2-1 Plano Intercomunal Satélite Borde Costero Norte vigente (1996) para Papudo y Pullalí



Fuente: elaboración propia

Cabe señalar que, en la actualidad, existe un proceso de tramitación legal de actualización del instrumento intercomunal correspondiente al PIV-SBCN, instrumento que modifica las zonas de extensión urbana vigentes, la vialidad intercomunal. De esta forma, las zonas de extensión urbanas propuestas corresponden:

Esta actualización del instrumento establece densidad bruta promedio para las áreas de extensión urbana de cada comuna regulada y áreas de riesgo de nivel intercomunal en consonancia con el Art. 2.1.17 de la OGUC. En términos de densidad bruta promedio para la comuna de Papudo corresponde a 16,6 hab/ha. En tanto, las áreas de riesgo reguladas corresponden al AR 1 área de riesgo por inundación, que se superpone a la zonificación en el Río La Ligua (Pullally) y en el Estero Agua Salada (Papudo); y el AR NP área de riesgo por pendiente, presente en el escarpe de la terraza costera de la comuna.

1.2.2 Marco Estratégico

En primer lugar, se indican a continuación las principales directrices atingentes a la planificación comunal extraída de los documentos estratégicos. En primer lugar, la Política Nacional de Desarrollo Urbano (2014) orienta el desarrollo sustentable de las ciudades, promoviendo la **integración social** para revertir la desigualdad y segregación social, garantizar el acceso equitativo a bienes públicos y la participación del conjunto de la población de las oportunidades del desarrollo urbano; el **desarrollo económico**, fomentando el rol de las ciudades de ser agentes de desarrollo, fuentes de innovación, emprendimiento y creación de empleo; el **equilibrio ambiental**, valorando los sistemas naturales como soportes, reconociendo los factores de riesgo y gestionando los recursos naturales, de energía y producción de residuos; y la **identidad y patrimonio**, dando cuenta de la diversidad geográfica y cultural de las comunidades, valorando el patrimonio como bien social en obras, manifestaciones sociales y su entorno natural.

En segundo lugar, a nivel regional, la Estrategia Regional de Desarrollo 2020 apunta a desarrollar una región diversa de desarrollo sostenible, aumentando la disponibilidad de **espacios públicos** para el esparcimiento, incorporando la **gestión del riesgo** natural y antrópico, reconociendo, protegiendo y poniendo en valor elementos de **patrimonio**, y asegurando la **disponibilidad agua** potable para el consumo humano. Por otra parte, el Plan regional de Ordenamiento Territorial plantea la necesidad de potenciar el crecimiento económico potenciar la actividad turística, valorando los atractivos naturales y sectores productivos tradicionales, ampliar la cobertura de servicios urbanos, integrar la prevención, mitigación y manejo del riesgo y de áreas protegidas, y fortalecer las identidades locales, valorando patrimonio natural e histórico-cultural, y aumentando la conectividad y la optimización de la infraestructura.

En tercer lugar, a nivel comunal, el Plan de Desarrollo Comunal (2014) proyecta una comuna integrada (balneario-rural), desarrollando el destino turístico, resguardando su entorno urbano y paisajístico, y cubriendo las necesidades de la población. Para ello establece como objetivo el desarrollo de una infraestructura adecuada y de calidad, la promoción del turismo de gran nivel, con respecto al medio ambiente y a la comunidad, y disponiendo las condiciones adecuadas para que la comunidad sea capaz de satisfacer sus necesidades.

En cuarto lugar, respecto a elementos de protección, cabe señalar que en la comuna de Papudo no existen elementos con protección legal de carácter natural. De los sitios prioritarios catalogados por la Estrategia para la Conservación Regional de la Diversidad Biológica, existen diez sitios, de los cuales ningún sitio dispone de prioridad 1.

De los tres sitios disponen con una prioridad de conservación 2: el Río La Ligua, el Estuario del Río La Ligua y el área marino costera de Papudo, este último refiere una mayor consideración debido a la presencia de especies en amenaza y peligro de extinción, y a la amenaza correspondiente a la urbanización de borde costero y las embarcaciones que utilizan el borde costero.

Por último, en cuanto a elementos de protección legal de carácter construido, en Papudo se reconoce la Declaración de Monumento Histórico D.S. 530 del 20/09/1995 a la Iglesia Nuestra Señora de las Mercedes de Papudo, inaugurada en

1918 y diseñada en estilo neocolonial por arquitecto Alberto Cruz Montt. Si bien, en Papudo se reconocen otros inmuebles de interés patrimonial, no existe aún protección legal sobre estos.

1.2.3 Criterios de Desarrollo Sustentable

El proceso de Evaluación Ambiental Estratégica, requerido para la elaboración de los IPT, fija los Criterios de Desarrollo Sustentable (CDS) de acuerdo una orientación que proyecte un futuro deseable, establezca objetivos a largo plazo y sus respectivas estrategias y condiciones para su consecución. Estos CDS corresponden a aquellas reglas que, en consonancia al conjunto de políticas medio ambientales y de sustentabilidad vigente, permite la identificación de la opción de desarrollo más coherente con los objetivos de planificación y ambientales definidos por el Órgano Responsable en el instrumento elaborado.

Para presente estudio, se establecieron dos CDS para orientar el desarrollo sustentable de las localidades de Papudo y Pullally. En primer lugar, la conservación del entorno natural y paisajístico como conformador de la imagen urbana comunal, orientada al desarrollo de la actividad turística no invasiva y respetuosa del entorno. Este criterio apunta a considerar: a) la presencia de diversos valores naturales y paisajísticos (borde costero, cuenca baja y desembocadura del Río La Ligua, quebradas y lomajes de la Cordillera de la Costa, cuerpos de agua permanentes (Laguna Pullally), entorno agro- rural), integrando el entorno paisajístico en el sistema de espacios públicos y destinos deportivos y recreativos, y reconociendo las cuencas visuales de mayor relevancia para el control de alturas e interrupción; y b) la adecuada localización residencial en sectores con mejor capacidad de acogida, incorporando como determinantes del desarrollo urbano las áreas de riesgo.

En segundo lugar, el desarrollo urbano que compatibilice e integre las demandas de la población urbana permanente y temporal potenciando su identidad como Balneario-rural, apuntando a la heterogeneidad y compatibilidad de usos de suelo. Este criterio apunta a considerar: a) el desarrollo de centralidades y mixtura de usos de suelo urbanos para potenciar el turismo, localizando enclaves y zonas preferentes de equipamiento; b) la generación de condiciones que favorezcan la habitabilidad de la población permanente y flotante en los centros poblados urbanos evitando la proliferación de loteos irregulares; c) la promoción de una imagen urbana tradicional, reconociendo elementos de identidad que dan forma y carácter a la localidad en su morfología; d) la prevención del riesgo de deterioro y abandono del patrimonio histórico cultural presente en las áreas urbanas, accionando las debidas estrategias de protección legal del Plan (ICH y ZCH), así como normas que posibiliten la preservación de las condiciones espaciales valoradas y una renovación urbana adecuada; y e) la estructuración de una red de movilidad coherente con las distintas vocaciones territoriales y las demandas urbanas, jerarquizando, ordenando y mejorando la infraestructura vial y de transporte al interior de las áreas urbanas.

2 DIAGNÓSTICO TÉCNICO PROSPECTIVO

A continuación, se entrega el reporte de la síntesis integrada que identifica los temas clave, los cuales serán abordadas en términos de Objetivos Estratégicos y Lineamientos de la propuesta Imagen Objetivo del Plan.

2.1 ANÁLISIS SISTÉMICO

El análisis sistémico de la situación base de las localidades de Papudo y Pullally consideró una serie de dimensiones o sistemas particulares (demográfico, económico, social, físico-natural, urbano y medio construido, infraestructura urbana, y riesgos y protección ambiental). En primer lugar, el sistema demográfico arroja que la comuna de Papudo dispone de una población permanente de 6.356 habitantes (2017), con una composición etaria regresiva, y una población potencial de 25 mil habitantes en época estival (calculando 4 habitantes en las 5.823 viviendas existentes). En términos socioeconómico, la población se encuentra claramente segregada y polarizada entre segmentos bajos de población permanente y segmentos altos.

En el sistema económico, se vincula a la actividad turística de su costa. En términos de número de trabajadores, las actividades de mayor concentración son la administración pública (33%), la actividad agrícola y silvícola al interior (24%),

hotelería y restaurantes (13%) y el comercio (10%), no obstante, debido a la condición de balneario, existe una gran variabilidad. Por otro lado, el mercado inmobiliario ha generado incrementos de precios en suelo y vivienda, aceleración de la actividad orientada a segunda vivienda y migración no material (jubilados) de estratos altos y muy altos.

En el sistema físico-natural, la situación geomorfológica de planicie y laderas, quebradas y humedales costeros determina emplazamiento de Papudo, motivo por el cual existen riesgo de retroceso de laderas en terrenos escarpados e inundación en quebradas, así como desborde de cauce en torno al estero de Aguas Salada. En tanto la terraza hidrológica determina la situación geomorfológica de Pullally, al norte del Río de La Ligua, en torno que dispone de riesgo por desborde del cauce.

En el sistema urbano y medio construido, destaca la situación de centros poblados en torno a la intersección de la Ruta 5 y la Ruta F-30-E, condición que no se refleja en la predominancia de usos residenciales (92% de la superficie de suelo). En términos intraurbanos, en Papudo se identifican cinco espacios territoriales: Punta Lilenes, Punta Puyai, Centro Papudo, villas residenciales, Alto Papudo o Punta Pite, entre los cuales existen diversas discontinuidades que refuerzan condiciones de segregación; en tanto, en Pullally se encuentra: acceso Ruta 5, villorrio tradicional, Laguna de Pullally y zona alta, y borde río, entre los cuales existe un déficit de una red vial estructurante.

En términos más específicos, la normativa vigente se encuentra obsoleta, ya que no regula densidades ni condiciones para controlar la edificación en altura, lo que altera configuración urbana tradicional e interrumpe las percepciones del paisaje. En términos de infraestructura, la capacidad de cobertura cubre el 100% de la demanda actual, no obstante, presenta déficit para el periodo de concesión 2015-2030, además de situaciones de superación estival por sobrepoblación que genera malos olores en torno a la planta de tratamiento.

2.2 TENDENCIA DEL DESARROLLO URBANO

En siguiente apartado se realiza una síntesis de las principales tendencias a ser abordadas en la Actualización del Plan Regulador Comunal de Papudo. Estas tendencias específicas corresponden a escenarios de desarrollo urbano y demanda de consumo de suelo, así como tendencias críticas de problemáticas actuales o potenciales, las cuales tienen relación con la definición de factores críticos de decisión del Plan.

2.2.1 Proyecciones Demográficas

Las tendencias históricas de dinámica demográfica arrojadas por las cifras oficiales muestran un crecimiento de la población regional notable en los últimos años, especialmente en comunas de la intercomuna Satélite Borde Costero Norte. Dicha situación contrasta con la tendencia nacional de disminución de la tasa de crecimiento.

Cuadro 2.2-1 Población de Papudo y comunas cercanas, 1992-2002-2017

Altura máxima de edificación	Población			Tasa promedio crecimiento anual	
	1992	2002	2017	1992-2002	2002-2017
Total País	13.348.401	15.116.435	17.464.696	1,25%	0,97%
Región de Valparaíso	1.384.336	1.539.852	1.815.902	1,07%	1,11%
Papudo	3.896	4.608	6.356	1,69%	2,17%
La Ligua	27.322	31.987	35.390	1,59%	0,68%
Zapallar	4.554	5.659	7.339	2,20%	1,75%

Fuente: elaboración propia en base a Censo INE

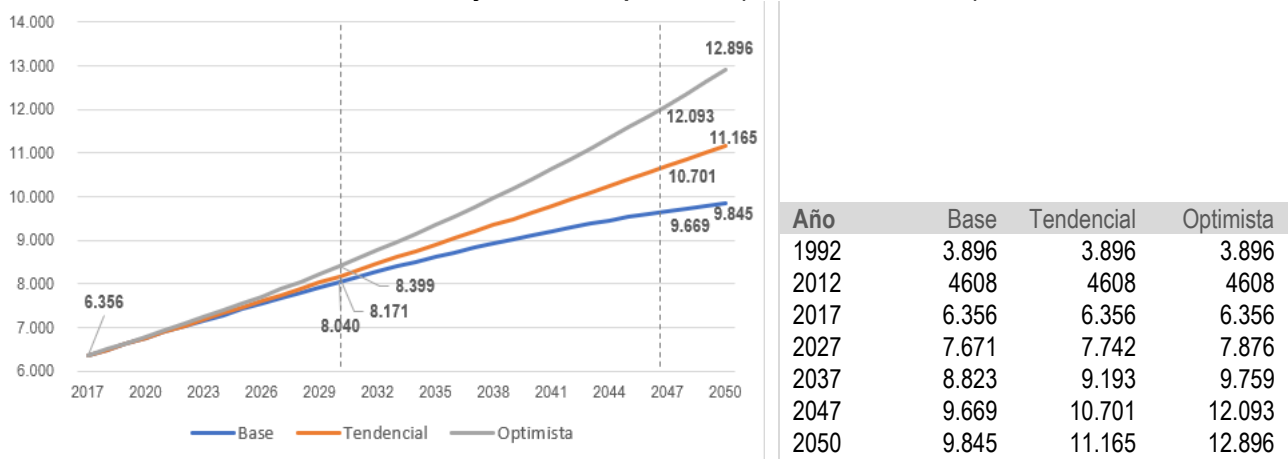
Destaca la tendencia demográfica de Papudo y Zapallar, donde entre 1992 y 2017 la población ha aumentado de 3.896 a 6.356, y 4.554 a 7.339 habitantes, respectivamente. Si bien, este incremento en términos absolutos es menor que al incremento de otras comunas que concentran mayor población, como Quillota o La Ligua, en términos relativos supone un crecimiento notable, con una tasa de crecimiento demográfico de un 2,17% anual.

Considerando esta tasa de crecimiento, a continuación, se describen tres escenarios demográficos que permiten establecer la demanda potencial de hogares. Ello permite deducir demanda potencial de uso residencial, factibilidad sanitaria, suficiencia de equipamientos y proyectar capacidad vial.

Se definieron tres escenarios alternativos:

- Escenario Base: crecimiento moderado de la población en atención a la tendencia normal de crecimiento a tasas decrecientes en el largo plazo para la mayoría de las entidades urbanas.
- Escenario Tendencial: crecimiento de largo plazo de la población con un componente exógeno importante y permanente por sobre las tasas de crecimiento nacional.
- Escenario Optimista: crecimiento constante de la población a la última tasa anual proyectada 2016-2017.

Gráfico 2.2-1 Proyecciones de población (1992-2002-2017-2050)



Fuente: elaboración propia

En primer lugar, el **Escenario Base** supone que el crecimiento exponencial de población que vivió la comuna, registrado entre los censos de 1992 y 2017, no se mantiene en el largo plazo, moderándose paulatinamente hasta equilibrarse con el promedio nacional.

Para ello, previamente se extrapola la población a nivel nacional, que representa la tendencia “vegetativa” de crecimiento, asumiendo que las diferencias por migración no son significativas respecto del crecimiento total, o se reparten en forma pareja entre distintas entidades poblacionales. El resultado proyecta una población de 9.669 habitantes a 2047.

En segundo lugar, el **Escenario Tendencial o Neutro** supone que el año 2017 fue el de máximo crecimiento comunal y que el crecimiento exponencial anterior se modera paulatinamente al igual que lo hace la tasa de crecimiento promedio nacional. Sin embargo, este escenario mantiene la relación de magnitudes entre Papudo y el promedio nacional con una tasa 3,7 veces mayor.

Asumiendo que el atractivo para la radicación en la comuna es permanente durante el período de proyección, con una tasa que sólo disminuye levemente, el resultado proyecta una población de 10.701 habitantes a 2047.

En tercer lugar, el **Escenario Optimista** mantiene un crecimiento constante igual al proyectado en el periodo más reciente 2017 (hasta 3,16%). Suponiendo que las condiciones de atractividad para nueva población se mantienen constantes, la dinámica demográfica de la comuna se alejaría de la dinámica nacional, la cual tendería a decrecer debido al comportamiento vegetativo.

El crecimiento a tasa constante provoca un crecimiento de la población con magnitudes crecientes cada año, situación que suele darse en entidades urbanas de aún baja consolidación, donde la masa poblacional de base es pequeña en relación a su entorno y a los flujos demográficos que ingresan. Si bien, esta situación menos probable, considerando que Papudo se encuentra a cierta distancia de los centros metropolitanos, existen ciudades intermedias que podrían alimentar una lógica de este tipo, proyectando una población de 12.093 habitantes a 2047.

2.2.2 Proyecciones Económicas

Respecto a las tendencias no demográfica, a continuación, se hace un análisis de las actividades comerciales y de segunda vivienda, a fin de estimar demandas de consumo de equipamiento y vivienda o alojamiento para la población no permanente.

a) Proyecciones de vivienda turística

Hasta 2002, los registros censales no distinguían primera vivienda de segunda vivienda (o vivienda turística), por lo que sólo se podían hacer inferencias a partir del registro de número de viviendas totales desocupadas, que sí registran los censos. En el reciente Censo 2017, se distinguen las viviendas desocupadas con fines de temporada (vivienda turística) de las otras (en venta, para arriendo, abandonada u otro). A partir de ello, se pueden hacer inferencias respecto al crecimiento de la actividad turística de segunda vivienda en la comuna.

A continuación, se entregan los datos de población y vivienda registrados en los últimos censos, tanto para la comuna de Papudo como para otras de la región de Valparaíso, que sirven de parámetros de comparación.

Cuadro 2.2-2 Vivienda turística de Papudo y comunas cercanas, 1992-2002-2017

Altura máxima de edificación	Población			Tasa promedio crecimiento anual	
	1992	2002	2017	1992-2002	2002-2017
Región de Valparaíso	31.213	63.477	111.333	7,36%	3,82%
Papudo	883	1.647	3.555	6,43%	5,26%
La Ligua	480	1.835	3.745	14,35%	4,87%
Zapallar	1.360	2.118	4.044	4,53%	4,41%

Fuente: elaboración propia en base a Censo INE

Para obtener una estimación de la vivienda turística en los años 1992 y 2002 (para 2017 los datos están registrados en el Censo), se recurrió a los antecedentes de vivienda desocupada de esos años a nivel regional. La estimación supone que existe una proporción constante parecida entre el número de viviendas desocupadas no turísticas y viviendas totales no turísticas, que representa la proporción de primera vivienda que se encuentra desocupada por estar en venta, para arriendo, abandonada u otra causa.

Para el cálculo, se ha considerado una proporción constante "normal" de desocupación no turística igual al promedio regional de la variable. A partir de esta constante, se puede estimar la cantidad de viviendas turísticas cada año con la equivalencia:

$$(d-t) / (V-t) = c$$

Donde:

- d = viviendas desocupadas
- t = viviendas turísticas
- V = viviendas totales
- c = constante de viviendas desocupadas no turísticas

De este modo, las viviendas turísticas cada año se estiman como:

$$t = (c \times t - d) / (c - 1).$$

Para c = 6,9%, se tiene:

Se puede apreciar un alto crecimiento de las viviendas turísticas en Papudo, mayor al de viviendas totales, lo que indica un aumento en el peso de la vivienda turística en el total comunal. En el periodo 2002-2017, Papudo es una de las comunas con mayor desarrollo de la vivienda turística en la región de Valparaíso. De la muestra de comunas, Papudo se encuentra detrás de Zapallar en cantidad de viviendas turísticas, pero es la de mayor proporción, con un 61% del parque habitacional, superando a Zapallar que tienen un 58% y a La Ligua con un 22%. La tasa de crecimiento inicial de las viviendas turísticas es de 5,26%, según estimación de tablas anteriores.

2.2.3 Escenarios de desarrollo urbano

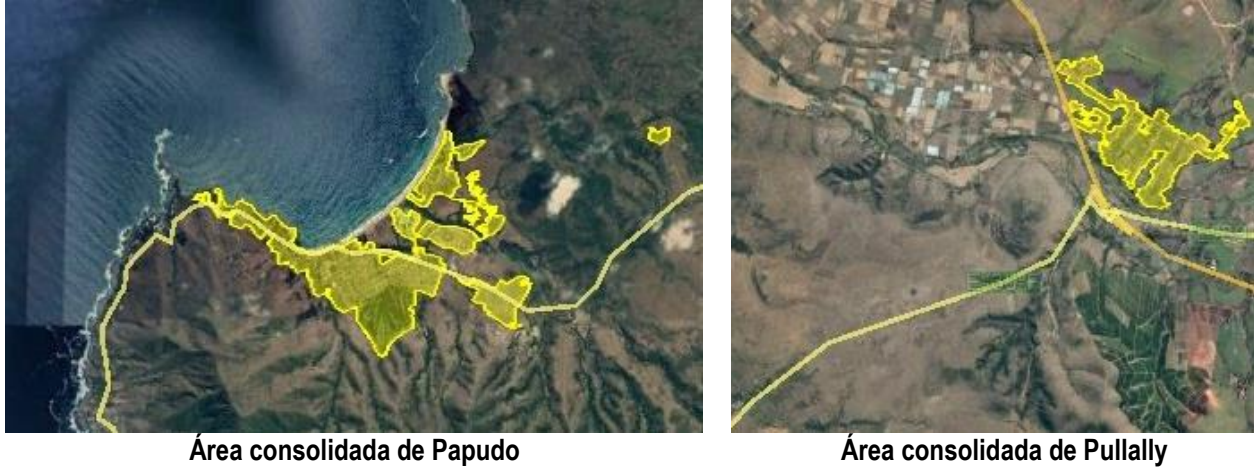
Las proyecciones anteriores determinan directamente las proyecciones de consumo de suelo. Por una parte, las proyecciones demográficas determinan parte importante del consumo de suelo habitacional mixto, incidiendo en el uso habitacional de primera vivienda y el comercio, servicios y equipamiento asociado a la demanda de esa población. En tanto, las proyecciones de vivienda turística permiten completar los requerimientos de consumo de suelo residencial.

Metodológicamente, esta conversión de población a suelo se realiza en base a densidades. En este sentido, la comuna de Papudo presenta en promedio una densidad muy baja 15,9 hab/ha en el área consolidada de Papudo (232 ha) y 14,4 hab/ha en el área consolidada de la localidad de Pullally.

En el caso de la localidad de Papudo urbano, la baja densidad se explica en parte por la presencia del campo de Golf que ocupa parte importante de su superficie, y por la gran cantidad de suelo ocupado por proyectos de vivienda turística, que tienen muy poca población permanente. Para 2017, se puede constatar una densidad promedio comunal de 19 hab/ha, que resulta de dividir la población censal de 2017 (6.356 hab) por la superficie ocupada total al mismo año (aprox. 335 ha). Este número está muy influido por la baja densidad de Pullally. No es posible separar la densidad por sectores, ya que a la fecha de este informe no se encuentra publicada la población por zonas censales ni distritos a nivel intracomunal.

De todas maneras, la densidad promedio de 19 hab/ha es muy baja en relación con cualquier entidad urbana. Si se toma en cuenta los sectores residenciales de primera vivienda, con su equipamiento, servicios y equipamiento asociado, la densidad bruta medida es de aproximadamente 75 hab/ha. La siguiente figura muestra las zonas consolidadas de Papudo, tanto en zonas urbanas, como rurales, incluyendo zonas de primera y segunda vivienda:

Ilustración 2.2-1: Área consolidada de las localidades en estudio



Fuente: elaboración propia

Aplicar una densidad de 80 hab/ha a las proyecciones de población por escenario, arrojan una estimación del suelo consumido por la primera vivienda y por el comercio, servicios y equipamiento asociado (Cuadro 1.3-1). Complementariamente, los usos no habitacionales como comercio, servicios y equipamiento son estimados a partir de una potencial demanda habitacional. En el caso de Papudo, se puede establecer una relación entre aumento de población y superficie asociada a estos usos por medio de los permisos de edificación. Cifras actualizadas de permisos de edificación con estos destinos se disponen hasta 2013, por lo que sólo se pueden comparar los 15 años entre 2002 y 2016 con los 15 años entre los censos de 2002 a 2017.

Cuadro 2.2-3 Proyección de suelo habitacional mixto asociado a Primera Vivienda

Año	Población total			Nueva población acumulada			Demanda de suelo acumulado (ha)		
	Base	Tendencial	Optimista	Base	Tendencial	Optimista	Base	Tendencial	Optimista
2017	6.356	6.356	6.356	0	0	0	0,0	0,0	0,0
2027	7.671	7.742	7.876	1.315	1.386	1.520	17,5	18,5	20,3
2037	8.823	9.193	9.759	2.467	2.837	3.403	32,9	37,8	45,4
2047	9.669	10.701	12.093	3.313	4.345	5.737	44,2	57,9	76,5

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a las cifras, un total de 11.967 m² fueron solicitados en esos años, y el aumento de población para la comparación fue de 1.784 personas; es decir, 6,85 m² por habitante. Si se asume además que esos destinos se construyen con una constructibilidad promedio de 1,0, una ocupación promedio del 50% y una pérdida vial del 30%, los 6,85 m² construidos por habitantes se aproximan a 20 m² de suelo. La demanda de suelo por Comercio y Servicios, contenida en la demanda de suelo habitacional mixto anterior, es la siguiente:

Cuadro 2.2-4 Proyección de demanda de suelo comercio, servicios y equipamientos

Año	Demanda de suelo acum. (ha)		
	Base	Tendencial	Optimista
2017	0,0	0,0	0,0
2027	2,6	2,8	3,0
2037	4,9	5,7	6,8
2047	6,6	8,7	11,5

Fuente: elaboración propia

Respecto al consumo de suelo asociado a la segunda vivienda, la proyección de la vivienda turística realizada en el punto anterior es la base de la proyección a la que se aplica una densidad de 54 viviendas/ha. Esta es la densidad que posee el desarrollo “Lomas de Papudo”, con 720 departamentos en 137 ha, con una tipología en 4 pisos (densidad media), y amplias áreas recreativas. Otros desarrollos como Punta Puyai, tiene edificios más densos, pero también sectores de sitios en baja densidad.

Cuadro 2.2-5 Proyección de suelo habitacional mixto asociado a Primera Vivienda

Año	Nuevas viviendas turísticas acum.			Demanda de suelo acum. (ha)			Demanda de suelo acum. (ha)		
	Base	Tendencial	Optimista	Base	Tendencial	Optimista	Base	Tendencial	Optimista
2017	3.555	3.555	3.555	0	0	0	0,0	0,0	0,0
2027	5.509	5.585	5.653	1.954	2.030	2.098	36,2	37,6	38,8
2037	7.440	7.841	8.215	3.885	4.286	4.660	71,9	79,4	86,3
2047	8.739	9.827	10.902	5.184	6.272	7.347	96,0	116,1	136,1

Fuente: elaboración propia

En síntesis, la principal demanda de suelo en Papudo está dado por los proyectos de vivienda turística, seguido por el habitacional de primer residencia y equipamientos asociados. No existe demanda medible de actividades industriales, de acuerdo con el examen de permisos de edificación.

Cabe mencionar que, respecto al consumo anual de la fase más reciente (1996-2017) de las series históricas de crecimiento urbano de la localidad de Papudo, se estima un consumo anual promedio de 5,01 ha, con un máximo de 9,13 ha para el último período (2011-2017). Si se proyectan estas dinámicas de consumo de suelo a 30 años, el consumo de suelo de Papudo sería de entre 150 ha y 274 ha.

Por último, indicar que a la población permanente proyectada se le sumaría una no despreciable suma de población no permanente correspondiente a la población que utilizaría la vivienda turística proyectada. En este sentido, las proyecciones de vivienda más altas estiman un incremento de hasta 10.902 viviendas turísticas, lo que podría aumentar la cabida en 43.608 habitantes sobre los 12.093 habitantes proyectados en el escenario optimista. Por este motivo, para efectos del plan, se considera para proyección demográfica de población permanente el escenario optimista, y para la proyección de población no permanente en vivienda turística se considera el escenario base. Esta decisión técnica se sustenta en la tendencia general del borde costero de la Región de Valparaíso de acoger un aumento de la población permanente y que la probabilidad de reproducir una aceleración inmobiliaria como la experimentada por la localidad de Papudo entre 2011 y 2016 es poco probable.

Por lo tanto, la población permanente proyectada a 2047 como referencia para el desarrollo del estudio considera 12.093 hab y la población no permanente 34.956 hab, sumando una población máxima de referencia de 47.049 hab.

2.3 FACTORES CRÍTICOS DE DECISIÓN

El proceso de Evaluación Ambiental Estratégica, requerido para la elaboración de los IPT, junto con los Criterios de Desarrollo Sustentable (CDS), fija los Factores Críticos de Decisión (FDC) corresponden a aquellos temas de sustentabilidad (sociales, económicos y ambientales) relevantes o esenciales. Estos corresponden a factores de éxito o fracaso que proyecte el Plan en función de los objetivos estratégicos.

De acuerdo con lo definido en la Guía de orientación para el uso de la evaluación ambiental estratégica en Chile, los FDC resultan de la priorización de los temas claves asociados a la decisión, los cuales se han descrito previamente, focalizando la atención sobre los aspectos importantes relacionados con el ambiente y la sustentabilidad. En este contexto se identifican

a continuación los Factores Críticos de Decisión considerados para la Actualización del Plan Regulador Comunal de Papudo.

- FCD 1 Sobrecarga de la infraestructura y equipamientos urbanos

Existen fluctuaciones de carga sobre el territorio que genera problemas de congestión, falta de agua, malos olores, midiendo: cobertura de la expansión de la infraestructura sanitaria, cobertura de la infraestructura vial, integración de una red vial, habilitar nuevas superficies para equipamiento y magnitud de afectaciones de espacio público para área verde

- FCD 2 Crecimiento por densificación

Existe molestia de parte de los vecinos que se contraponen a la construcción de edificios en altura: control de normas urbanísticas.

- FCD 3 Componentes de valor paisajístico e identidad local

Existe una alteración y pérdida de valores paisajísticos debido un desarrollo inmobiliario que lo capitaliza sin el debido control y genera deterioro u obsolescencia del patrimonio: área urbana no consolidada incorporada al proceso de urbanización, alteración de área urbana consolidada y compacidad urbana.

- FCD 4 Integración social y espacial de la población

Incremento de la segregación y exclusividad de los nuevos barrios: integración de la red vial, incentivos normativos asociados a integración social, habilitación para la construcción de vivienda social y habilitación de zonas residenciales con normas exclusivas.

- FCD 5 Adopción de riesgo físico y antrópico

Exposición de asentamientos y consolidación incipiente en áreas de riesgo natural e incendio forestal: zonificación expuesta a factores de riesgo físico y zonificación expuesta a factores de riesgo antrópico o incendio.

2.3.1 FDC 1 Sobrecarga de la infraestructura asociada a segunda residencia y turismo

Este Factor Crítico se caracteriza a partir del comportamiento de un criterio de evaluación asociado a la Superación de la Capacidad de Carga de la localidad de Papudo en términos de infraestructura, equipamientos y servicios y relacionada con la segunda residencia y el turismo.

El débil marco regulatorio del PRC vigente ha permitido un desarrollo inmobiliario intensivo en Papudo, asociado principalmente a la segunda vivienda y el turismo. Esto se expresa en un incremento de 94% del parque habitacional entre 2002 y 2017 (3.765 a 5.823 viviendas), y un 65% parque habitacional desocupado (en venta, arriendo o abandono, y desocupadas por temporada).

Este último indicador refleja una alta población potencial que ocupa la localidad intensamente en temporada estival. Las proyecciones 2015-2030 de la empresa sanitaria consideran para 2017 una población permanente de 5.162 habitantes y no permanente de 16.851 habitantes, no obstante, las estimaciones podrían superar los 23 mil habitantes (asignando 4 habitantes por vivienda, sin considerar residencias tipo hospedaje). Esto supone un estrés en la red de infraestructura sanitaria, que entre otras cosas podrían tener relación con reclamos por malos olores desde la planta de tratamiento.

Si bien, la empresa sanitaria no ha publicado nuevas proyecciones, las estimaciones a partir de Censo respecto al horizonte temporal de 30 años considerado para el Plan (2047) proyecta una población de entre 9.669 y 12.093 habitantes permanentes, y 34.956 y 43.608 habitantes no permanentes. Esto intensificaría el estrés de la infraestructura de sanitaria, situación que está siendo consultada a ESVAL.

Por otra parte, la vial infraestructura vial sufriría de periodos de congestión en época estival. El tránsito por la Ruta F-30-E que atraviesa la localidad es uno de los principales factores de congestión, para el cual Vialidad MOP se encuentra trabajando en un proyecto bypass para la Ruta F-30-E. Otro factor de congestión se encuentra en el sector de Punta Puyai, donde el seccional vigente no consideró límites de altura ni proyectó la saturación vías, situación que genera todavía más problemas debido a que parte de la vialidad no ha sido materializada.

La persistencia de una débil regulación del marco normativo permitiría mantener las dinámicas actuales de desarrollo inmobiliario intensivo, incrementando la carga sobre la infraestructura sanitaria y vial, sin considerar servicios y espacios públicos.

2.3.2 FCD 2 Crecimiento por densificación

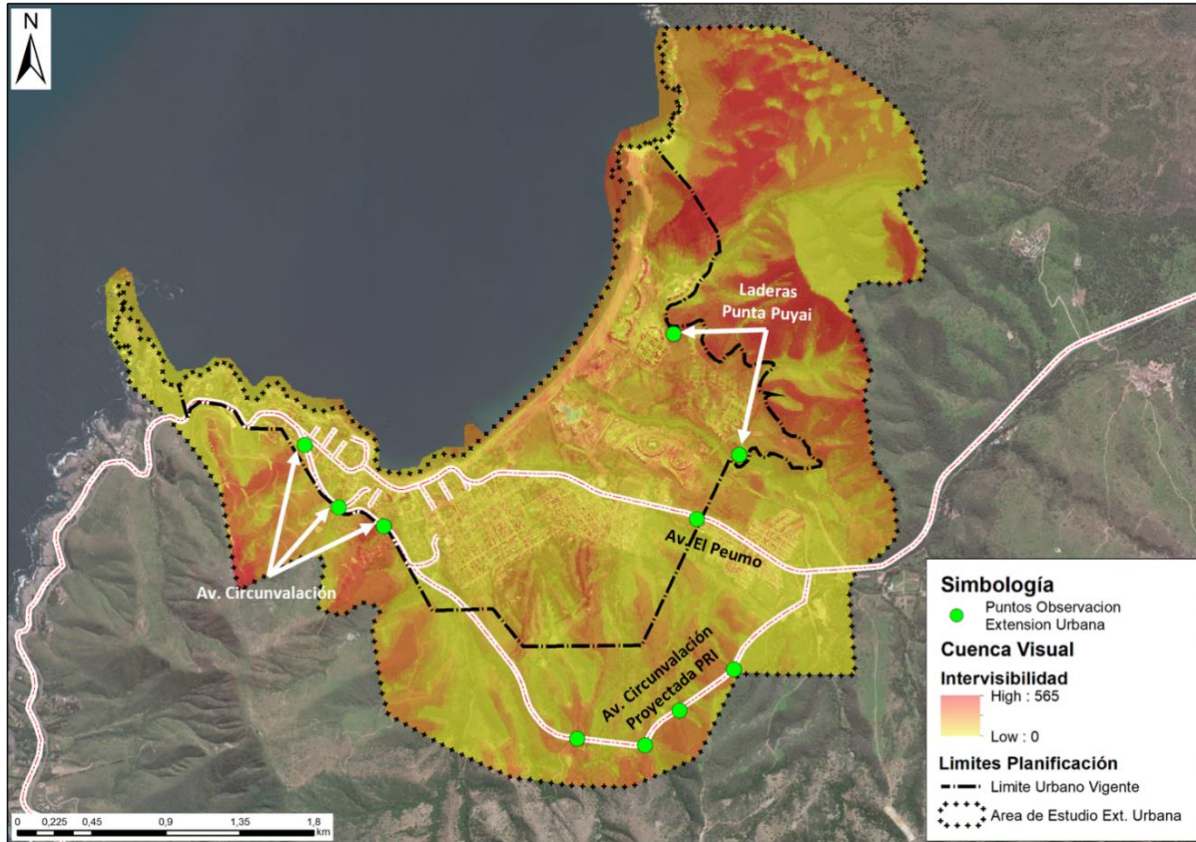
Para la caracterización de este FCD, se identificaron dos criterios de evaluación que analizan por separado la tendencia de uso y ocupación del territorio de las localidades de Papudo y Pullally. En el primer caso se examina el desarrollo urbano reciente de Papudo mediante edificaciones en altura, el cual se identifica por parte de la comunidad como una amenaza que afectaría los atractivos de este asentamiento, asociados a valores naturales y paisajísticos que han permitido su reconocimiento como balneario turístico tradicional. En el caso de Pullally se presentan los aspectos más relevantes de este poblado rural agro-productivo que han condicionado o dificultado su desarrollo urbano.

En primer lugar, respecto al desarrollo urbano en altura que altera la visibilidad del paisaje, se realizó, en el área urbana de Papudo, un modelo de cuencas visuales incorporando la altura de la edificación existente y tomando como puntos de observación, las vías existentes y proyectadas (según el PRI vigente), estas últimas localizadas en sectores que actualmente no presentan consolidación, pero que se consideran como áreas de extensión urbana. Ello con el fin de establecer el efecto de la urbanización actual en las áreas con potencial paisajístico y regular el crecimiento urbano futuro resguardando las vistas hacia entorno natural.

Los puntos de observación para este análisis correspondieron a un tramo existente de la Ruta Circunvalación, así como el tramo proyectado de esta vía hacia el área de extensión urbana localizada hacia el sector surponiente de la localidad, adyacente al Club de Golf. De igual forma se tomaron tres puntos adicionales correspondientes a Av. Víctor Fazio Rigazzi (ex-El Peumo) aledaño al sector Mirador Villas y dos puntos hacia las áreas de ladera en el sector Punta Puyai. (Siguiendo ilustración).

En cada uno de estos sectores adicionalmente se llevó a cabo una modelación 3D con las edificaciones existentes de manera que se explican en parte las áreas de sombra visual (en amarillo) que se evidencian en la ilustración anterior. Así mismo se identifican los hitos de las áreas de mayor rango de intervisibilidad (en rojo) y que pueden ser vulnerables ante futuras intervenciones.

Ilustración 2.3-1 Intervisibilidad Sectores Extensión Urbana



Fuente: elaboración propia (2018)

En este contexto aquellos espacios de mayor intervisibilidad deben ser tratados con especial cuidado, recomendando para ello usos de espacio público y/o áreas verdes o proyectos de corte turístico que integren medidas para resguardar las vistas y minimizar el impacto visual de las edificaciones. Por otra parte, se estima que los lomajes y quebradas aledaños al borde costero pueden conformar parte de la oferta de uso recreativo, en especial aquellos situados en las áreas de extensión urbana, ya que contribuyen al desarrollo turístico y ambiental local, considerando que ese tipo de ambientes conservan en muchos casos muestras de vegetación y fauna nativa. Por lo cual se recomienda considerar densidades, subdivisiones prediales, cierres y alturas de edificación que no menoscaben dichos recursos paisajísticos.

Es por ello que como complemento y en virtud de las recomendaciones previamente señaladas, se ha realizado un análisis de la edificación existente a fin de establecer su impacto paisajístico actual en función de su clasificación en cuatro rangos de altura (siguiente cuadro), establecidos según aquellas tipologías de edificación más recurrentes en la localidad, su localización, agrupación e interacción con inmuebles adyacentes. Los detalles del análisis se presentan a continuación

Cuadro 2.3-1 Rangos de altura de edificación recurrentes en la localidad de Papudo

Clase	Rango de Altura (N° de pisos)
Baja	1 a 2 pisos
Media	3 a 5 pisos
Alta	6 a 8 pisos
Singular	9 o más pisos

Fuente: elaboración propia (2018)

- Rango de Altura 1 a 2 pisos (Casas):

Corresponden a la tipología predominante en la localidad, las cuales se distribuyen en todos los barrios y distritos caracterizados y que presentan el menor impacto paisajístico en relación a la proyección de rayos visuales hacia la costa y área montañosas. No obstante, en relación a los diferentes sistemas de agrupamiento, este tipo de edificaciones disponen una diversidad de situaciones morfológicas.

Ilustración 2.3-2 Caracterización de edificaciones Rango de Altura 1 a 2 pisos



Fuente: elaboración propia

- Rango de Altura 3 a 5 Pisos (Edificaciones media altura):

Corresponde a una tipología que se ubica tanto en áreas planas cercana a la playa de Punta Puyai, como en las áreas escarpadas de Papudo Alto. Si bien, genera un impacto paisajístico mayor que la tipología anterior, es una tipología de bajo impacto, principalmente en sectores de laderas, donde no se genera gran obstrucción de vistas, y en áreas abiertas. La amenaza potencial de los proyectos de este tipo está en su agrupación y distanciamiento, ya que tienen el peligro de constituir un "muro" perceptual que obstruya las vistas, generando impactos al paisaje.

Ilustración 2.3-3 Caracterización de edificaciones Rango de Altura 3 a 5 Pisos

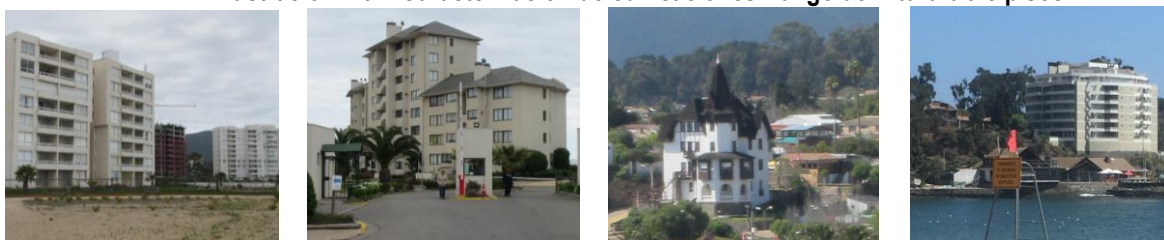


Fuente: elaboración propia

- Rango de Altura 6 a 8 pisos (Edificaciones en Altura)

Edificaciones de mayor altura se identifican en algunos tramos del borde costero, principalmente en la playa chica y en el borde costero de Punta Puyai. Si bien, existe un grupo amplio de edificaciones que alcanza estas alturas, se identifican diferentes tipologías, unas de agrupaciones de bloques en altura, otras de bloques de altura media con variaciones mayor altura, y edificaciones singulares que alcanzan alturas sobre los 6 pisos. Desde el punto de vista del impacto al paisaje este tipo de edificación tienden a disponer una volumetría que genera mayores intervenciones a la intervisibilidad, debido no solo a su altura, sino a sus dimensiones dado que conforman "muros" perceptuales.

Ilustración 2.3-4 Caracterización de edificaciones Rango de Altura 6 a 8 pisos



Fuente: elaboración propia

- Rango de Altura 9 a más pisos (Edificaciones con altura singular)

Esta última categoría corresponde a edificaciones que sobresalen en las diferentes situaciones de paisaje de la localidad, sea en torno al borde costero de la playa chica, Punta Puyai y en zonas altas, independiente de la composición morfológica de la edificación (combinación de volúmenes, distanciamientos y secciones de las edificaciones). Por esta característica, se considera que estas edificaciones adquieren un carácter singular por el solo atributo de altura que impacta el paisaje debido a que son observables desde cualquier punto de la localidad.

Ilustración 2.3-5 Caracterización de edificaciones Rango de Altura 9 a más pisos



Fuente: elaboración propia

En términos generales, las categorías de edificaciones con altura singular, sobre los 9 pisos, son una categoría que según el análisis de intervisibilidad y percepción del diagnóstico social de la participación ciudadana, serían las que significarían mayores riesgos para el desarrollo sostenible de la localidad, comprometiendo no solo aspectos ambientales, sino sociales e incluso económicos, considerando que la visibilidad del paisaje y la escala de la localidad es un recurso de una localidad turística como Papudo.

Respecto a la categoría de edificaciones en altura, entre los 6 y 8 pisos, también se reconoce su impacto en la intervisibilidad, no obstante, fue instalado en el debate de las jornadas de participación la posibilidad de permitir edificaciones de este tipo en ciertos sectores, situación que fue mayoritariamente descartada por la comunidad. La categoría siguiente, de alturas de 3 a 5 pisos, particularmente 4 pisos, fue considerada como una altura máxima aceptable para ciertos sectores de la localidad.

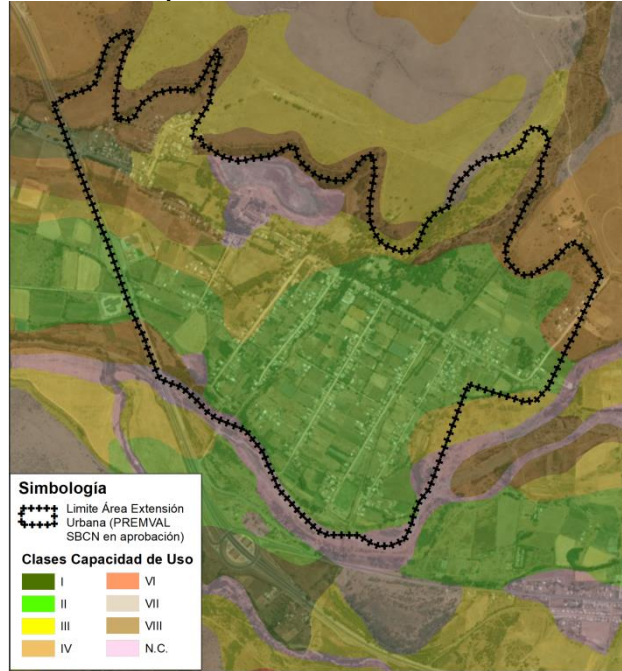
Por otra parte, en el caso de Pullally, la temática de la densificación tuvo un tratamiento a partir de los aspectos que condicionan o dificultan su desarrollo urbano y que por lo tanto son materia de análisis en las opciones de desarrollo.

Al respecto destaca la **vocación rural y agroproductiva** de este centro poblado, dado su localización aledaña al valle del Río La Ligua, donde la sedimentación fluvial permitió el desarrollo de suelos de buena calidad agrícola de las Clases II y III¹ (siguiente ilustración), que fueron aprovechados para la producción de diferentes cultivos desde los inicios del centro poblado (Hacienda Pullally), pasando por la Cooperativa Agrícola Pullally (creada a partir de la reforma agraria de 1969) hasta la actualidad, dado que aún se conservan parcelaciones destinadas al cultivo de hortalizas, flores, forraje y frutales (Censo Agropecuario 2007²).

¹ CIREN. 2004. Estudio agrologico V Región, Descripciones de suelos /Materiales y símbolos. Colección de publicaciones, informes técnicos y cartografía resultante de los estudios integrados e informes realizados por IREN, y publicaciones editadas por CIREN. Actualización Cartográfica 2014.

² INE. 2017. Estadísticas Agropecuarias. Censo Agropecuario y Forestal 2007 - Superficie total sembrada o plantada por grupo de cultivos, según región, provincia y comuna. [en línea]. Recuperado de <http://www.ine.cl/estadisticas/economicas/estad%C3%ADsticas-agropecuarias>

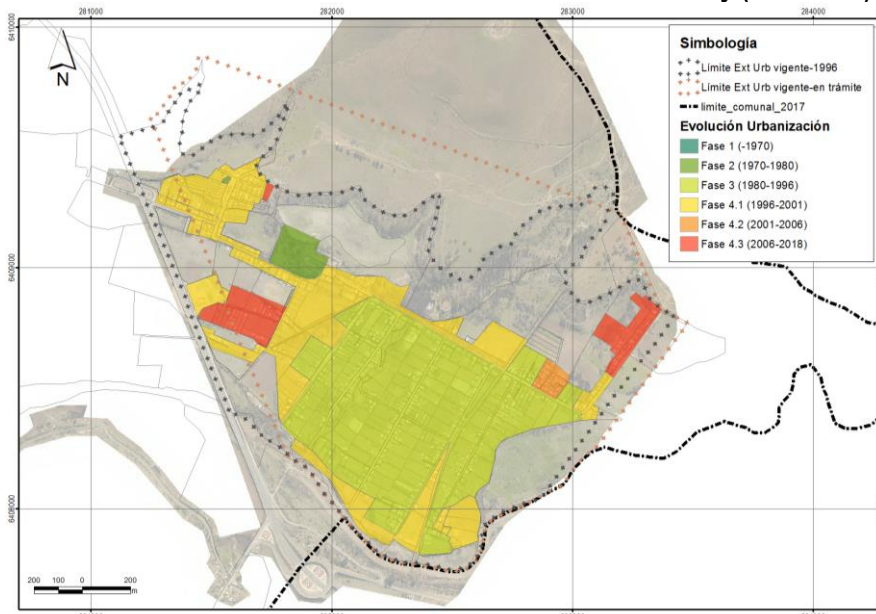
Ilustración 2.3-6 Capacidad de Uso de Suelo Localidad de Pullally



Fuente: elaboración propia con base en cobertura cartográfica CIREN, 2014

En este contexto rural, el centro poblado ha presentado un proceso de urbanización que puede caracterizarse en diferentes fases que van desde su fundación hasta el momento actual. Pullally pasó por un primer impulso urbano generado por la operación de la reforma agraria y la conformación de la cooperativa agrícola de Pullally. Dicho desarrollo, extendido y organizado, generó la mayor parte de la conformación de la localidad, no obstante, una vez disuelta la cooperativa, el **desarrollo urbano ha tendido al desarrollo de sectores particulares y subdivisiones, sin una visión sobre la totalidad de la localidad** (véase la siguiente ilustración).

Ilustración 2.3-7 Proceso de urbanización localidad de Pullally (1970-2018)



Fuente: elaboración propia en base a imagen Google Earth, base de datos SII y planos históricos

Es así como el proceso de urbanización ha configurado **una trama dominada por la agregación total que presentan las manzanas que conforman la parcelación inicial de la Cooperativa Pullally**, que, si bien establece un ordenamiento regular, conformando una retícula de lotes de tamaños similares, la ausencia casi absoluta de calles y espacios transversales dificulta la movilidad. En torno a esta trama se desarrollan dos situaciones periféricas más recientes, una en condición de tramas semiagregadas en el poniente, oriente y sur de la localidad, y otra aislada, en la zona aledaña al equipamiento de carabineros. Estas **nuevas subdivisiones, densificaciones y reconversiones de uso en la localidad, no se ha integrado a los elementos estructurantes existentes** de la localidad, ni han propuesto modificaciones en su conformación.

2.3.3 FCD 3 Componentes de valor paisajístico e identidad local

El factor crítico asociado al paisaje e identidad local fue desarrollado a partir de elementos de valor ambiental y de sustentabilidad de los centros poblados en función de sus vocaciones y usos tradicionales, que deberán ser previstos en las decisiones de planificación.

a) Patrimonio

En primer lugar, resultan relevantes los modos de vida y patrones identitarios, revisando la historia poblamiento de las áreas urbanas, ya que son antecedentes determinantes en las vocaciones actuales de los centros poblados y los patrones de ocupación que se proyecten en el contexto del proceso de planificación. Particularmente, cabe destacar su historia a partir de fines del s.XIX, hacia 1870, donde se desarrollaron una serie de enormes casas patronales, que hacía el Censo de 1890 registraban 168 habitantes, además de un balneario de atracción materializado en 1897, mediante un plano de subdivisión promovido por el nuevo dueño de la hacienda, Fernando Irrázaval Mackenna³. (siguiente ilustración).

Ilustración 2.3-8 Proyecto y trazado de la población de Papudo de 1885, rectificado en 1897



Fuente: plano redibujado por V. Pinto. Mapoteca de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile. Disponible en: <http://biblio.uchile.cl/client/en_US/search/asset/84269/0> [Recuperado en: 02/10/2017]

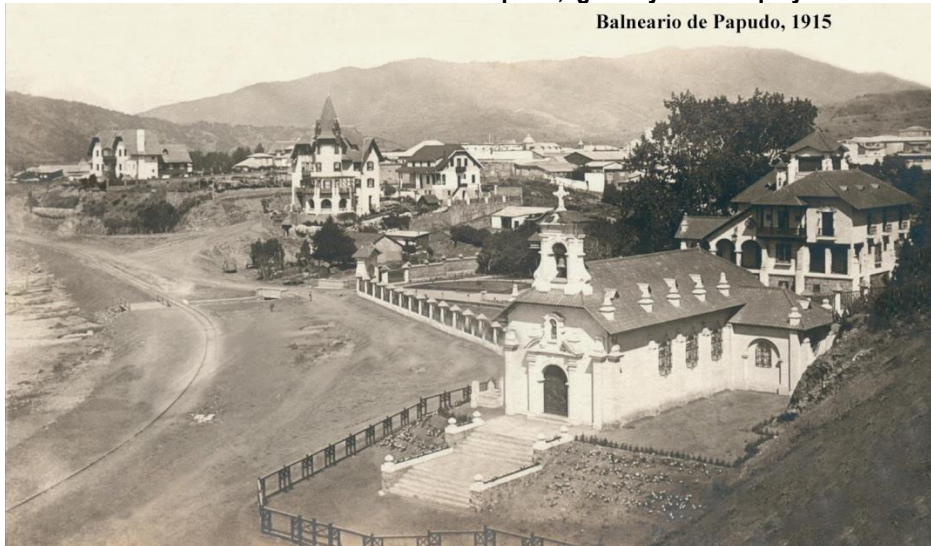
³ Saavedra, Eduardo. (2008). Mi pueblo, mi tradición, mi historia. Apuntes para una historia de Pulally. Ed. Godan. La Liga.

Dicho plano permite regularizar la venta de terrenos que venía realizando Fernando Irrázabal Mackenna, formándose en 1917 la Sociedad Balneario de Papudo, la cual tenía como objetivo refundar Papudo, luego del terremoto de 1906. Diversas casas de adobe que hasta entonces se había construido en la emergente localidad fueron destruidas por dicho evento, además del muelle moderno que se había dispuesto en el puerto. De esta manera, la Sociedad Balneario de Papudo vino a promover la implementación de una serie de proyectos como la estación de trenes, el Parque Municipal diseñado por el paisajista Gachelin, Gran Hotel de Papudo diseñado por el arquitecto Alberto Cruz Montt, y la iglesia estilo clásico español⁴. Si bien, cabe mencionar que, desde la década de 1860, la llegada de familias veraneantes desde Santiago y Valparaíso se vuelve más recurrente, la acción de la sociedad integraría de manera más consistente en integrar esta actividad a la localidad.

Durante esta fase, la consolidación del plano de urbanización no se desarrollaría en toda su extensión, principalmente del trazado al nororiente de la calle Baquedano. El trazado original consideraba la extensión de la localidad hasta el Estero Agua Salada, donde se ubicaría la estación y los terrenos donados para el almacenamiento y bodegas del material rodante del ramal Rayado-Papudo de ferrocarriles, no obstante, la urbanización de la localidad durante esta fase solo llegaría hasta el Camino Público Interior, actual Av. Víctor Fazio Rigazzi (ex-El Peumo), situación que se consolida en 1910 con la materialización de dicho ramal y construcción de la estación en la esquina actual de la calle mencionada y calle Serrano. Con todo, el plano de urbanización de 1897 establecería las directrices para el desarrollo posterior de la localidad.

De esta forma, las áreas de mayor desarrollo en este periodo se ubican en torno al borde de la playa chica, la plaza y las calles que conectan con la estación del tren. Parte de los inmuebles de interés patrimonial que actualmente se localizan en el área datan de esta fase de urbanización, correspondiendo a viviendas tipo chalet y construcciones en adobe, donde destaca la iglesia junto a la casa de playa de la familia Irrázaval, ambas realizadas por el arquitecto Alberto Cruz Montt en estilo español (siguiente ilustración).

Ilustración 2.3-9 Vista Panorámica del Puerto de Papudo, Iglesia y casa de playa Irrázaval, 1915



Fuente: <http://chiledel1900.blogspot.cl/2013/07/papudo-y-zapallar.html> [Recuperado en: 02/10/2017]

A partir de 1930 y hasta 1960, se marca el auge de Papudo como balneario, mediante el decreto que estableció este territorio como comuna, independiente de La Ligua. El área urbana desarrollada durante esta segunda fase corresponde

⁴ Saavedra, Eduardo. (2008). Mi pueblo, mi tradición, mi historia. Apuntes para una historia de Pulally. Ed. Godan. La Ligua.

al sector poniente y las cuadras aledañas al suroriente de la plaza de Papudo, en un crecimiento que sigue, en términos generales, el plano de urbanización de 1885 hasta el Camino Público interior (actual E-30-F). Siguiente ilustración.

Ilustración 2.3-10 Balneario de Papudo, vista de playa chica, 1930



Fuente: fotografía histórica disponible en: <https://www.pinterest.com.mx/pin/166773992425342755/> [Recuperado en: 02/10/2017]

Durante la década de 1960 se consolida la localidad de Papudo como balneario, masificándose la llegada de veraneantes a la localidad por el funcionamiento del tren y la incorporación de nuevos loteos. El crecimiento residencial adquiere mayor importancia, consolidándose a mediados de la década de 1960 con el término del servicio del ferrocarril a Papudo, la destrucción del muelle luego del temporal de 1967, y el establecimiento de un Plan Regulador del Balneario de Papudo de 1969 que establece el límite urbano y usos de suelo de ciertos sectores, además del primer trazado de la vialidad de PuntaPuyai. En esta época se estima el desarrollo de casi la totalidad del trazado poniente del plano de urbanización de 1885, en el cual se identifica la edificación de una serie de casas de playa modernas. Por otra parte, en lugar de continuar la ocupación urbana en torno a la playa grande, los nuevos loteos van liberando nuevos terrenos al suroriente, variando las directrices iniciales del plano de 1885.

En términos generales, la urbanización de esta fase, que se extiende hasta la década de 1990, desarrolla un crecimiento de dos sectores, poniente y oriente, consolidando una cierta segregación o diferenciación de grupos sociales por barrios al interior de la localidad. En otras palabras, las diferencias socioeconómicas que, en el sector más céntrico, se encuentran más próximas siguiendo una cierta mezcla social, en las nuevas periferias esta diferenciación es más clara, generándose un sector poniente de viviendas de veraneo de sectores acomodados, y loteos de vivienda de autoconstrucción en el sector oriente.

A partir de la década de 1990 y hasta el presente, el proceso de urbanización se caracteriza por la inserción de los condominios en altura en el sector de la playa chica, y de forma más destacada en el sector de Punta Puyai, debido a una modificación del Plan Regulador mediante un Plan Seccional, el cual, entre otras cosas, redefine la vialidad de dicha urbanización. En forma paralela se construyen algunos conjuntos de vivienda social, con subsidio rural, fuera del límite urbano. Cabe destacar el aumento explosivo de viviendas entre 2011 y 2016 pasando de 3.765 viviendas a 5.493 según la comparación del precenso 2011 y precenso 2016, lo que en términos porcentuales alcanza variación aproximada de un 45,9%.

En el caso de Pullally, la presencia de la hacienda homónima, se identifica como un hito relevante que marca el proceso de asentamiento de la localidad, dado que este territorio, de propiedad de la familia Irrázaval, fue una de las encomiendas y haciendas más grandes del país, tanto por extensión como por producción, contando con un puerto propio ubicado en la actual localidad de Papudo. Durante el siglo XIX se configuran las líneas principales de la infraestructura y distribución de usos que caracterizaría la hacienda durante el siglo XX. A mediados del siglo XIX en las inmediaciones de la casa patronal vivían los trabajadores estables, como administradores, capataces, servidores domésticos y algunos trabajadores asociados a las tareas agrícolas, pese a que la mayoría de estos últimos no disponían de residencia estable al interior de la hacienda y otros vivían como inquilinos, pagando en horas de trabajo o venta de cultivos propios. A partir de entonces existe un interés por aumentar el personal estable aglomerando viviendas de trabajadores en unos pocos caseríos, lo que motivó la construcción de una escuela 1896⁵.

Al inicio en el siglo XX el terremoto de 1906 de Valparaíso derribó la escuela del pueblo, la iglesia patronal, los ranchos de los inquilinos, y dejó la casa patronal seriamente afectada, siendo demolida y reconstruida tiempo después. En 1907 se reconstruye la antigua casa patronal y se edifica la iglesia para lo cual se encargó al arquitecto Cruz Montt, además se diseña un parque de 30 ha en torno a la laguna. La casa patronal y el parque se articulan mediante un sector tipo "pelouse" de inspiración de parque francés⁶. Durante este periodo también se configuró la distribución de funciones e infraestructura que aún persiste hoy en la localidad. Entre estos destaca: la administración, o "el corralón", la lechería, la pulpería o lugar de abastecimiento, el molino de trigo y el molino hidráulico, la santita; el retén de carabineros interno, la medialuna construida a mediados del siglo XX, el teatro donde se presentaban películas y eventos artísticos, las carbonerías distribuidas en el terreno, el Parque Pullally, cuya extensión fue disminuida con el paso del ferrocarril y el Club Deportivo de Pullally creado en 1926.

El último propietario latifundista de la hacienda que daría lugar a la localidad de Pullally fue Fernando Irrázaval Fernández, alcalde de Papudo entre 1935 y 1950, heredero de la hacienda quien enfrentó el proceso de expropiación de la Reforma Agraria. Si bien, desde inicios de la década de 1960, existen conversaciones de reforma agraria de la hacienda con el administrador, fue a mediados de la década que esto sería posible a partir de una serie de acontecimientos, entre estos, la elección de Eduardo Frei Montalva en 1964 y el terremoto de 1965 con epicentro en La Ligua, el cual afectó transversalmente casi todas las edificaciones de la hacienda, incluyendo la casona patronal. La Ley 15.020 de Reforma Agraria, entraría en vigencia en 1967, con lo que, a partir de 1969, los hasta entonces inquilinos, recibieron títulos de asignación de tierras a través de la Corporación de la Reforma Agraria (CORA).

Posteriormente se conforma el asentamiento campesino, que constituiría uno de los logros principales de las demandas de los inquilinos. La parcelación corresponde a los terrenos de la cooperativa agrícola de Pullally de 1970 que tuvo 120 signatarios, en los que cada familia recibió una casa y un sitio de 5 mil m². El área desarrollada durante esta fase corresponde a la mayor parte de la localidad actual⁷.

Estas construcciones en la actualidad disponen de un frente predial construido con una distancia común de antejardín de 2 metros, y un fondo predial de carácter más rural, donde se ubican gallineros, establos y plantaciones. Siguiendo la siguiente ilustración.

⁵ Saavedra, Eduardo. (2008). Mi pueblo, mi tradición, mi historia. Apuntes para una historia de Pulally. Ed. Godan. La Ligua

⁶ Boza, Cristián. (1984). Parques y jardines privados de Chile. Ed. Montt Palumbo. Santiago-Chile.

⁷ Tapia, Daniel. (1994). Historia: Sociedad Agrícola y Ganadera Pullally Ltda. Experiencia de Organización campesina por el Continente de América Latina presentada en IX asamblea mundial de la FIMARC. Bélgica

Ilustración 2.3-11 Comparación de situación fachada y fondo predial, asentamiento campesino Pullally



Situación fachadas (3 oriente)



Situación frente predial (pasaje el estero)

La década de 1980 marca el periodo de decadencia de la cooperativa agrícola de Pullally que terminaría con su disolución entre 1987 y 1989. Se estima que las políticas de desincentivo de la pequeña agricultura, terminaron por afectar y tensionar el desarrollo de la cooperativa. Además, quienes estaban al día con el pago de la tierra entregada por la Reforma Agraria tuvieron un descuento considerable. Además, la situación económica de muchos de los ex-inquilinos motivó la venta de los terrenos, lo que trajo la llegada de nuevos propietarios, arriendos y enajenaciones⁸. Por otra parte, se estima que una parte menor de 25 campesinos formaron la Sociedad Agrícola Ganadera Pullally Ltda., como una forma de continuar con las dinámicas de funcionamiento y organización que sucedieron la reforma agrícola.

Desde la década de 1990 hasta la actualidad, el proceso de urbanización de la localidad se caracteriza por el desarrollo de nuevas parcelaciones, correspondientes a subdivisiones posteriores a la disolución de la cooperativa. Entre estas subdivisiones se reconoce la densificación de parcelas en el sector lechería, las parcelas cercanas al equipamiento de carabineros de la Ruta 5 y las subdivisiones del extremo nororiente de la localidad. En tanto, en materia normativa, a partir del año 1996, la localidad pasa a ser parte del área de extensión urbana del Plan Intercomunal Satélite Borde Costero Norte. Esta consideración normativa permitiría desarrollar nuevas dinámicas al interior de la localidad, que se expresa en la construcción de nuevas edificaciones con conformaciones y arquitectura contemporánea (siguiente ilustración) que modifican el paisaje tradicional rural campesino.

Ilustración 2.3-12 Nuevas construcciones y subdivisiones sector nororiente localidad de Pullally



Fuente: elaboración propia (2017)

⁸ Saavedra, Eduardo. (2008). Mi pueblo, mi tradición, mi historia. Apuntes para una historia de Pulally. Ed. Godan. La Ligua

Concordante con esta historización, se reporta un conjunto de inmuebles de interés patrimonial que son un reflejo presente del pasado de la localidad. En primer lugar, entre estos está el monumento nacional presente en la localidad. De acuerdo con el **Decreto 532 de 20.09.1995 del Consejo de Monumentos Nacionales**, en la comuna se identifica una Declaratoria de Monumento Nacional en la categoría de Monumento Histórico, correspondiente a *la IGLESIA NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES*, ubicada en calle Irarrázaval esquina con calle Latorre, en la localidad de Papudo.

Ilustración 2.3-13 Monumento Histórico Iglesia Nuestra Señora De Las Mercedes








Fuente: elaboración propia y Consejo de Monumentos Nacionales.

De manera secundaria, y como no existen actualmente inmuebles reconocidos por el instrumento local como inmuebles de conservación histórica, se reconoce una serie de inmuebles de interés patrimonial que tienen atributos para potencialmente incorporarlos a un listado de inmuebles de conservación histórica o, eventualmente generar una zona de conservación histórica. Estos se presentan a partir de una categorización por grupos de inmuebles con atributos semejantes.

GRUPO 1: Cuentan con arquitectura claramente influenciada por esquemas europeos, que adscriben al estilo gótico victoriano, caracterizado por cubiertas muy empinadas, torreones y pináculos, antejardines o parques interiores, pilastras y estructuras de madera exteriores a modo de ornamentación. Se emplazan fundamentalmente en la avenida Irarrázaval. Estas edificaciones pueden fecharse entre 1907 y 1930 y corresponden a:

- 01_IIP_G1_CHALET_RECART
- 02_IIP_G1_LA_CASONA_PDI
- 03_IIP_G1_CASA_BOYD
- 04_IIP_G1_HOTEL_BOYD
- 05_IIP_G1_FARO_CLUB_DE_YATES_DE_PAPUDO

Ilustración 2.3-14 Inmuebles de Interés Patrimonial Grupo 1

Chalet Recart	La Casona PDI	
		
Casa Boyd	Hotel Boyd	Faro - Club De Yates De Papudo
		

Fuente: elaboración propia

GRUPO 2: Inmuebles que acogen elementos del gótico victoriano, como la ornamentación exterior a base de elementos de madera (pilastras, frontón adornado con triangulaciones y arriostramientos torneados), el emplazamiento aislado con antejardín en el predio, pero con volumetría más reposada (un “estilo” que se ha definido como “propio de las casas de veraneo del litoral central a principios del siglo XX”).

- 06_IIP_G2_CASA_ANDRIGHETTI
- 07_IIP_G2_CASA_IGLESIAS
- 08_IIP_G2_RESTAURANTE_LA_MAISSON_DES_FOUS
- 09_IIP_G2_EX_ESTACION_PAPUDO
- 10_IIP_G2_CASA_JAIF
- 11_IIP_G2_EX_HOTEL_MELA
- 12_IIP_G2_CASA_ROWLINGS

Ilustración 2.3-15 Inmuebles de Interés Patrimonial Grupo 2









Casa Andrighetti	Casa Iglesias	
		
Restaurante La Maison Des Fous	Ex Estación Papudo	Casa Jaif
		
Edificio Torrevigía Ex Hotel Mela	Casa Rawlins	
		

Fuente: elaboración propia

GRUPO 3: Edificaciones de estilo ecléctico que aparecen entre 1910 y 1943 y que responden a emplazamientos interesantes desde el punto de vista de la morfología urbana, ubicándose dentro del casco histórico fundacional y en algunos casos en intersticios entre las casas corrientes de fachada continua. Se evidencia la presencia de antejardines, prevaleciendo el sistema de agrupamiento continuo y altura de edificación de dos pisos.

- 13_IIP_G3_EDIFICIO_CONSISTORIAL
- 14_IIP_G3_CASA_LARGO
- 15_IIP_G3_CASA_SINDICATO TRAB. EMP. SOC. HOTEL PORTILLO
- 16_IIP_G3_RESTAURANTE_BARCO_ROJO
- 17_IIP_G3_CASA_PEREZ
- 18_IIP_G3_CLUB_DE_TENIS
- 19_IIP_G3_CASA_HADWEH
- 20_IIP_G3_CUARTEL_2ª_COMPAÑIA_BOMBEROS_PAPUDO

Ilustración 2.3-16 Inmuebles de Interés Patrimonial Grupo 3

<p>Edificio Consistorial</p>	<p>Casa Largo</p>
	
<p>Casa Sindicato Trab. Emp. Soc. Hotel Portillo</p>	<p>Restaurante Barco Rojo</p>
	
<p>Casa Pérez</p>	<p>Club de Tenis de Papudo</p>
	
<p>Casa Hadweh</p>	<p>Cía. del Cuerpo de Bomberos de Papudo</p>
	

Fuente: elaboración propia

GRUPO 4: Inmuebles de fachada continua sin antejardín, en cuyo interior se verifica un patio ordenador al modo de la casa romana o chilena y que al exterior presenta una fachada con mayor porcentaje del lleno por sobre el vacío. En las edificaciones emplazadas en esquina, se conforma el volumen tanto en ángulo recto como la incorporación de ochavos. Esta arquitectura predomina en las edificaciones de 1910 al 1935 y ocupa preferentemente el casco fundacional de la ciudad (Plaza de armas y calles Domingo Fernández Concha - Circunvalación) en algunos casos agregan la galería como elemento de fachada al exterior.

- 21_IIP_G4_CASA_GUNDERMANN
- 22_IIP_G4_CASA_ARAYA
- 23_IIP_G4_CASA_NILO
- 24_IIP_G4_COMERCIAL_PUNTA_PITE
- 25_IIP_G4_CASA_ELQUETA
- 26_IIP_G4_RIBOTA_HIJOS_Y_CIA
- 27_IIP_G4_CASA_VILLARROEL
- 28_IIP_G4_FERRETERÍA_GATONNI

Ilustración 2.3-17 Inmuebles de Interés Patrimonial Grupo 4



Fuente: elaboración propia

GRUPO 5: Finalmente existe un grupo muy interesante de inmuebles con arquitectura del lenguaje del movimiento moderno o “Estilo Internacional”, cuya influencia en Chile se sitúa entre las décadas del 30 al 50, llegando a través de monografías de los arquitectos Le Corbusier, Frank Lloyd Wright, Ludwig Mies Van der Rohe y las aportaciones de Walter Gropius. Destaca el uso del hormigón armado en la estructura soportante, espacio luz y horizontalidad.

- 29_IIP_G5_CASA_BLANCO
- 30_IIP_G5_CASA_CID
- 31_IIP_G5_CASA_SIRI
- 32_IIP_G5_CASA_SANTOS
- 33_IIP_G5_CASA_GUIJON

Ilustración 2.3-18 Inmuebles de Interés Patrimonial Grupo 5



Fuente: elaboración propia

Adicionalmente se llevó a cabo la identificación potencial de conjuntos con características armónicas de interés patrimonial, según atributos formales que pueden reunir un conjunto de edificaciones, y sus espacios urbanos, para ser calificada como Zona de Conservación Histórica. De acuerdo con el análisis realizado se identificó una zona existente en la comuna, que podría presentar interés patrimonial, correspondiente al Centro Histórico de Papudo (siguiente ilustración) que se analiza según sus características morfológicas.

Ilustración 2.3-19 Características Centro Histórico de Papudo



Polígono Zona de Interés Patrimonial



Edificaciones de interés patrimonial



Fuente: elaboración propia

Al interior del polígono preliminar se identifica el Monumento Histórico Iglesia Nuestra Señora de las Mercedes y veintitrés inmuebles de interés patrimonial, ubicados principalmente en el costado sur de avenida Irrázaval, en el marco de la plaza de armas y en los costados de las calles longitudinales Domingo Fernández Concha y Circunvalación, y las calles transversales Latorre, Chorrillos, Miraflores y Blanco.

En el caso de la localidad de Pullally se identifica un conjunto con características armónicas correspondiente a las instalaciones de la Ex Hacienda. (siguiente ilustración).

Ilustración 2.3-20 Características Ex Hacienda Pullally



Fuente: elaboración propia

Al interior del polígono preliminar se identifican las Ruinas de la Ex Hacienda Pullally, ruinas de Iglesia, la Gruta “La Santita” y el recinto de administración “antiguas bodegas de trigo” ubicados principalmente entre el costado sur de la laguna de Pullally y el costado norte de la avenida Las Salinas.

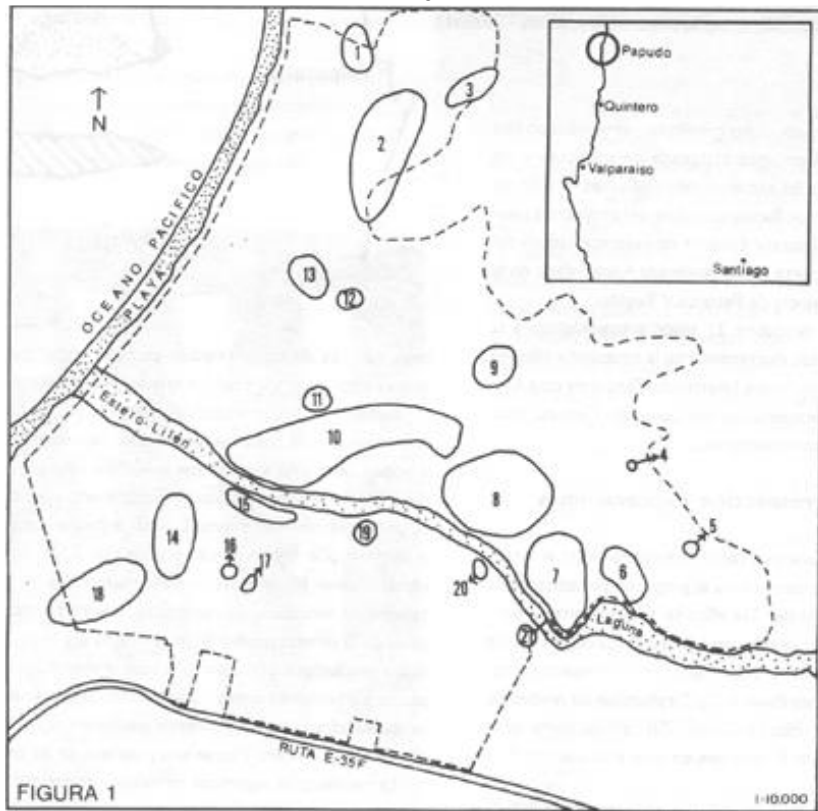
b) Sitios Arquelógicos

De acuerdo con los antecedentes reportados en Avalos y Román⁹, en el sector de Punta Puyai se descubrieron un total de 21 sitios arqueológicos como producto de las excavaciones realizadas en los terrenos que formaron parte del proyecto inmobiliario Punta Puyai (siguiente ilustración), los cuales se concentraron en la desembocadura del Estero Lilen (Agua Salada).

Tal como se ha mencionado el estudio de prospección se realizó en el contexto de un proyecto inmobiliario, razón por la cual gran parte del área examinada, actualmente presenta consolidación urbana. Solo restan algunos sectores aledaños a la riberia del estero correspondientes a los sitios 6, 7 10 y 11, donde las decisiones de planificación deben tender a proponer una baja ocupación de suelo y/o usos de suelo compatibles con la presencia de este tipo de yacimientos arqueológicos, siendo zonas de área verde las que tendrían menor efecto en su preservación.

⁹ Avalos, H. y Román A. Investigaciones arqueológicas sobre el período alfarero en Papudo.

Ilustración 2.3-21 Localización de los sitios arqueológicos descubiertos en el sector de desembocadura del Estero Lilén



Fuente: Avalos, H. y Román A.

c) Valor natural

Se destacan una serie de elementos naturales y paisajísticos de la comuna, que son valorados por la población permanente y flotante, como recursos que deben ser conservados e integrados al desarrollo urbano de las áreas urbanas.

i) Localidad de Papudo

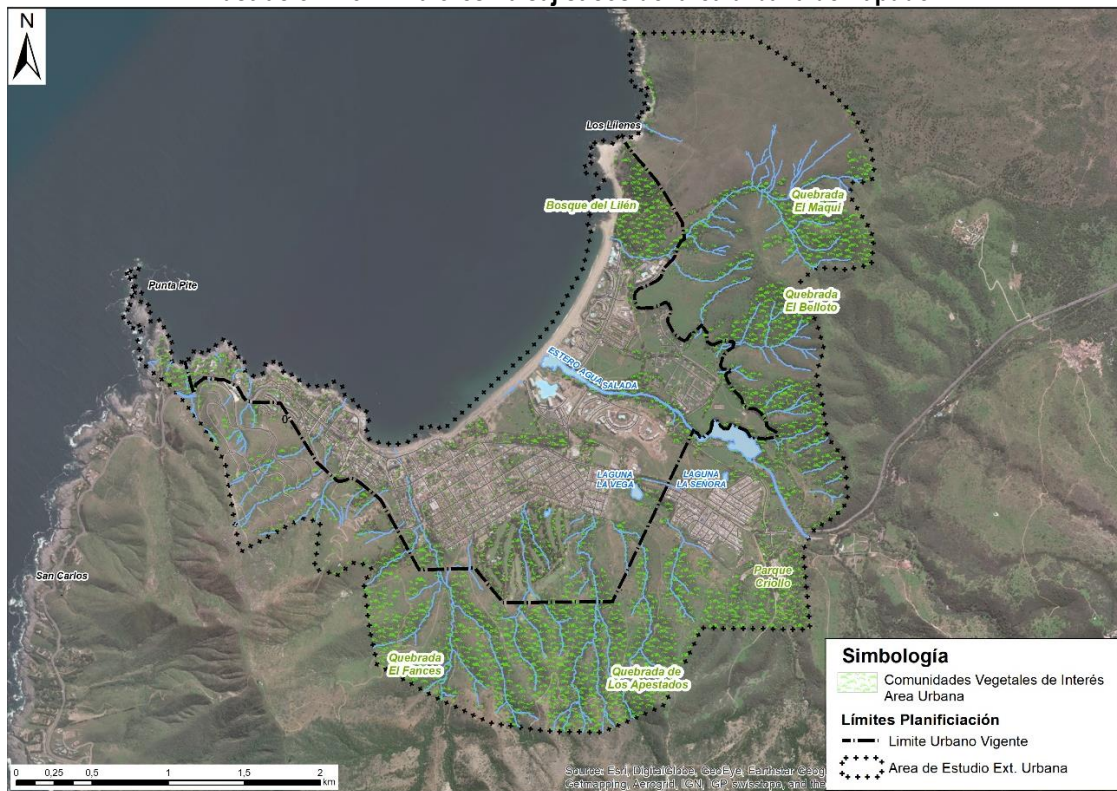
Se identifican varios sectores de interés asociados a la presencia de comunidades vegetales naturales y exóticas de larga data y cuyas características más relevantes se describen a continuación (siguiente ilustración):

- Bosque del Lilén: Corresponde a un Bosque de Pino y eucaliptus, de una antigüedad superior a 100 años que abarca una superficie de 12 hectárea aprox., ubicado sobre playa Lilén en pendiente alta. Es un sector Altamente valorado por la población como un lugar que identifica a Papudo como espacio natural para caminatas y observación de avifauna.
- Bosques en Quebradas: Es un Bosque esclerófilo nativo con especies como boldo, peumo, quillay y belloto del norte, que se desarrollan en fondos de quebrada con sectores densos y ejemplares de gran altura. Las Quebradas El Francés, Los Apestandos, El Belloto y el Maqui son los más representativas de esta comunidad que es altamente valorada por su cercanía a la costa, hábitat para la avifauna y la presencia de belloto del norte que es considerado patrimonio natural. Entre los riesgos para estos sectores se encuentra la amenaza de incendios, la proliferación de loteos irregulares y la presión inmobiliaria.
- Humedal y Estero Agua Salada: conformado por las escorrentías de las quebradas que provienen del sector oriente de la localidad de Papudo. En la parte baja del estero, antes de su desembocadura en el mar se constituye un humedal

en torno al cual se desarrolla una comunidad de vegetación ripariana, que es el hábitat de algunas especies de avifauna. Debido a su valor ecosistémico y paisajístico existen iniciativas ciudadanas para que este sitio sea reconocido como área verde, o "Reserva natural Urbana". Sin embargo, cabe anotar que la empresa sanitaria tiene un punto de descarga de las aguas servidas tratadas, en el humedal, situación que no a estado exenta de conflictos debido a eventos puntuales de emanación de malos olores atribuidos a un mal funcionamiento de la Planta de tratamiento.

- Parque Criollo: corresponde a un terreno de 9ha de propiedad de Bienes Nacionales utilizado por la comunidad dado que es un entorno natural con presencia de bosque (asociado a la Quebrada El Tigre) que cuenta con infraestructura (media luna).
- Valores ambientales del área urbana o sectores consolidados: Dentro de esta categoría se identifican algunos sectores localizados en el entorno de poblaciones o barrios que son reconocidos por la comunidad como áreas verdes o sitios de recreación. Entre estos se encuentra la Laguna La Señora, emplazada en Villa O'Higgins, dentro de terrenos privados, que se llenan con aguas lluvias, por lo cual son valorados por los vecinos como área verde. Una situación similar ocurre con la Laguna La Vega emplazada en Av. El Peumo, dentro de terrenos privados, donde el terreno se llena con aguas lluvias.

Ilustración 2.3-22 Valores Paisajísticos del área urbana de Papudo



Fuente: elaboración propia con base en restitución aerofotogramétrica

En el ámbito urbano de la localidad de Papudo también se reconocen valores asociados a la morfología de ocupación y poblamiento del territorio que se expresan principalmente en el casco fundacional de centro poblado, con una arquitectura diseñada en armonía con el entorno, destacando algunas construcciones tradicionales de estilos predominantes de principios del siglo XX. Estos atractivos hacen parte de una oferta turística que ha sido reconocida por SERNATUR¹⁰

¹⁰ SERNATUR. 2014. Plan de Acción Región de Valparaíso Sector Turismo 2014-2018. Recuperado de <https://www.sematur.cl/wp-content/uploads/2015/08/Plan-de-Acc%C3%B3n-Valpara%C3%ADso-1.pdf>

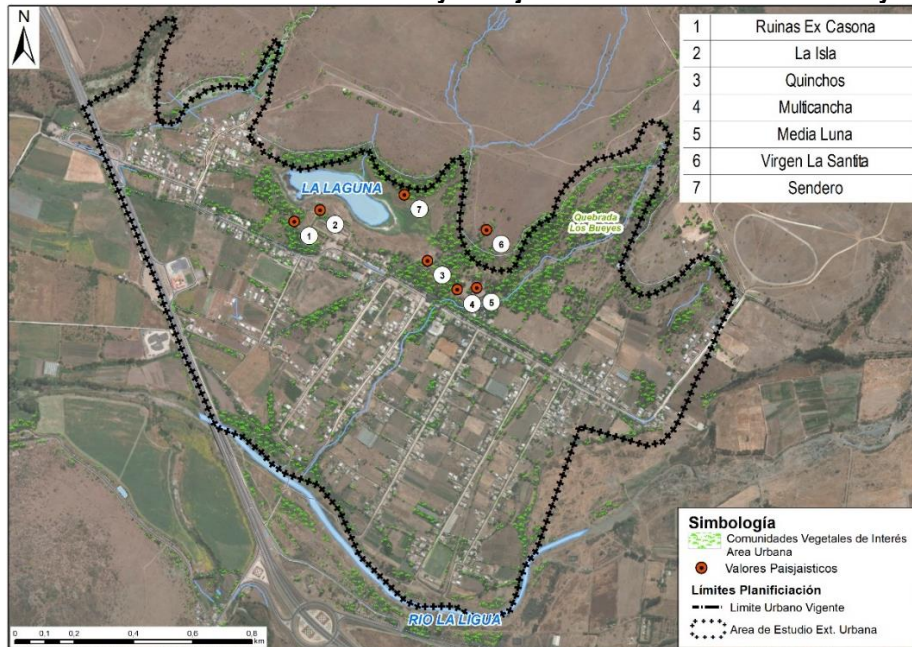
mediante el **destino turístico Litoral Norte Papudo** donde el poblado homónimo, junto con otros asentamientos aledaños (Zapallar, Puchuncaví y Quintero), se consideran como *"Balnearios tradicionales" vinculados a las actividades del mar en caletas pesqueras*, debido a que existen sitios de un alto potencial para la recreación cercana a lo natural y turismo de sol y playa.

ii) Localidad de Pullally

Para la localidad de Pullally también se identifican áreas de valor natural asociadas a comunidades vegetales remanentes, así como atractivos urbanos de interés paisajístico debido a su singularidad y expresión del modo de vida rural campesino (véase la siguiente ilustración):

- Ruinas de la Hacienda y Parque Pullally el cual incluye la virgen La Santita y la laguna que hace parte del sistema de riego de la comunidad agrícola en torno a la cual se conserva un bosque de eucalipto. Se encuentra dentro de terrenos privados que alcanzan aproximadamente 20ha; donde se permite el acceso al público a través de un sendero que bordea la laguna.
- Además, hacia el sector norte de la localidad se identifica un sistema de quebradas que discurren desde la loma El Espino (en la comuna de La Ligua), donde destaca la Quebrada Los Bueyes en torno a la cual existe un remanente de vegetación nativa con bosque esclerófilo. En la parte baja de este cauce, aledaño al centro poblado, se localizan instalaciones asociadas a las costumbres rurales, como la Media Luna, los Quinchos y la multicancha.

Ilustración 2.3-23 Valores Naturales y Paisajísticos del área urbana de Pullally



Fuente: elaboración propia con base en restitución aerofotogramétrica

2.3.4 FCD 4 Integración social y espacial de la población

Este factor tiene que ver con situaciones de segregación socio-espacial y acceso desigual a bienes urbanos, de ciertos sectores de la población en las áreas urbanas de la comuna.

Se analiza la situación de estratificación socioeconómica de la localidad a partir de un análisis de los avalúos fiscales de los predios de la comuna provenientes de los datos del Servicio de Impuestos Internos del año 2014. La estratificación que se propone se desarrolla en base a la asignación de estratos por precios de avalúo de cada predio propuestos para la

Encuesta Origen-Destino de la V Región desarrollada por SECTRA (Secretaría de Planificación de Transporte) regional, la que establece 3 rangos (Alto, Medio y Bajo) según se muestra en el siguiente cuadro. Ante la necesidad de diferenciar aún más entre grupos, se establece para este análisis una división del estrato “Medio” en tres partes iguales, lo que delimita los propuestos estratos “Medio Bajo”, “Medio” y “Medio Alto” en los precios del predio que se exponen en el mismo cuadro

Cuadro 2.3-2 Estratificación por precio de avalúo fiscal de cada predio

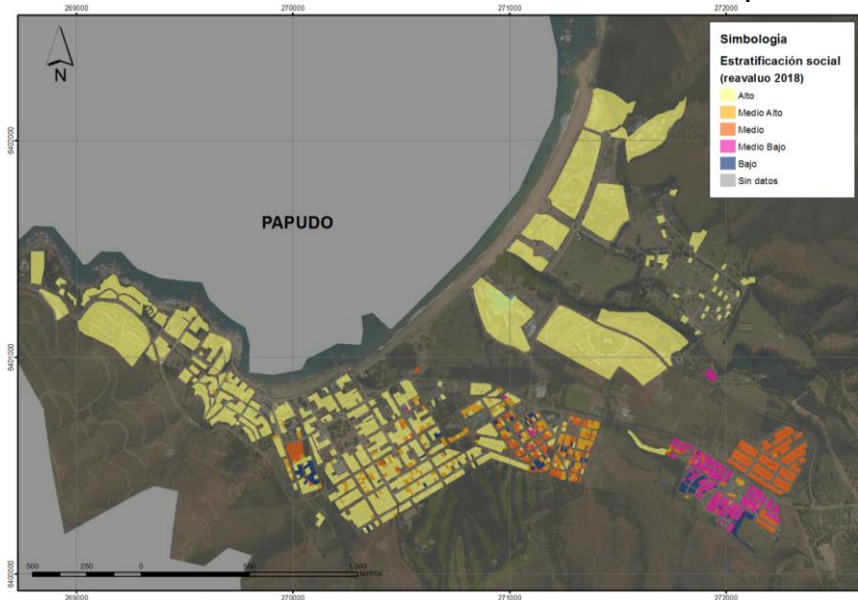
Estrato	Precio del predio y vivienda		Distribución	Estrato	Precio del predio y vivienda		Distribución
	Mínimo	Máximo			Mínimo	Máximo	
Alto	\$27.159.755	-	30%				
Medio	\$8.256.384	\$27.159.755	50%	Medio Alto (*)	\$16.690.271	\$27.159.755	16,66%
				Medio (*)	\$11.446.563	\$16.690.271	16,66%
				Medio Bajo (*)	\$8.256.384	\$11.446.563	16,66%
Bajo	-	\$8.256.384	20%				

(*) Propuesta propia de subdivisión del estrato Medio para este estudio.

Fuente: elaboración propia en base a SECTRA (2014)

Los resultados de dicho análisis se presentan en la siguiente lustración, donde se observa que en la localidad de Papudo existe una clara estratificación espacial, con un sector centro que alberga una diversidad de estratos cargados levemente a los estratos medios altos.

Ilustración 2.3-24 Estratificación socioeconómica en base al avalúo fiscal del predio 2018, Papudo



Fuente: elaboración propia según Servicio de Impuesto Internos, 2018

Adyacentes al centro existen dos zonas de crecimiento por agregación, una hacia el sector poniente que agrupa principalmente estratos medio altos y altos, y otra adyacente hacia el poniente que agrupa estratos medio bajos y bajos; dos zonas altamente diferenciadas lo que indica cierto grado de segregación matizada si se considera que la distancia entre ambos sectores es aproximadamente de 1 kilómetro.

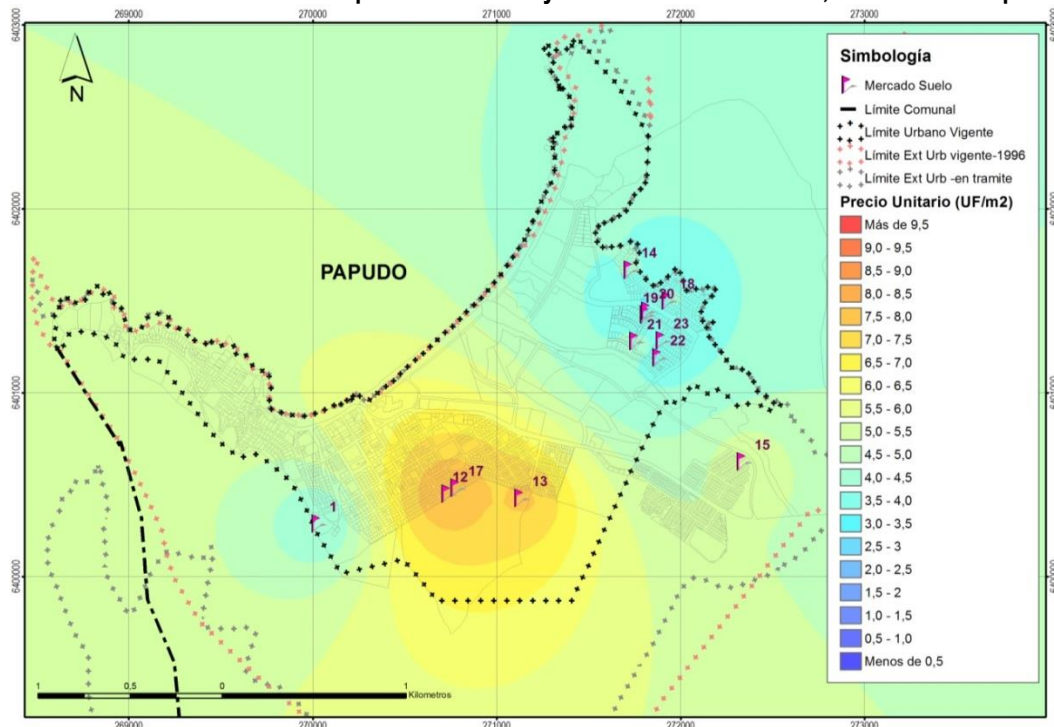
Luego, existen dos zonas dispersas ambas hacia el oriente de Papudo. La primera de ellas hacia el suroriente, la que se diferencia en dos zonas marcadas, una de estrato bajo y otra de estratos medio bajo, ambas altamente homogéneas y separadas por la vía de acceso al sector. Por otra parte, hacia el nororiente se concentran sectores medios, medio altos y

principalmente altos, en sectores que tienen baja relación funcional con el centro comunal y más bien están en función del borde costero y las actividades turísticas.

Además, se realizó un análisis de los valores de terrenos ofertados a partir de la recolección de bases de información consultadas en medios digitales de difusión de la oferta inmobiliaria. Como resultado de dicho análisis se observó una diferencia importante entre los terrenos al interior del área urbana de Papudo de hasta 4 UF/m².

Con la información recopilada y analizada previamente fue realizado un modelo de análisis espacial de tipo interpolación del precio unitario de los terrenos ofertados, a fin de obtener una estimación del precio de los terrenos localizados en la comuna que no están siendo ofertados (siguiente ilustración).

Ilustración 2.3-25 Modelación de precios de suelo y terrenos ofertados 2017, localidad de Papudo



Fuente: elaboración propia en base a oferta en toctoc.cl, portalinmobiliario.cl y economicos.cl (2017)

En el modelo se observa unos valores potenciales de mayor valor en el sector centro de Papudo cercano al club de Golf, los cuales disponen de precios sobre las 6 UF/m². En cambio, en el sector de la Quebrada del Francés, en un sector todavía sin consolidar por completo, se observan terrenos de valor más bajo.

Del otro lado del Estero, en el sector norte de la localidad correspondiente a Punta Puyai, se identifican los terrenos ofertados de menor precios, los cuales están por debajo de las 3 UF/m². Estos terrenos insertos en los conjuntos Arenas de Puyai y Flores de Puyai, corresponden a loteos con urbanización de alto estándar, los cuales se encuentran actualmente en comercialización. Llama la atención que los terrenos urbanizados ofertados en el Balneario de Punta Puyai tienen un precio unitario de oferta menor al precio de oferta del predio ubicado en Villa O'Higgins.

En conclusión, se identifican dinámicas de masificación del mercado inmobiliario en nuevas áreas de expansión urbana, manteniendo el estándar de exclusividad de ciertas áreas consolidadas del sector de balneario más tradicional. Una situación potencialmente conflictiva es la eventual expansión de esta dinámica inmobiliaria a los sectores de vivienda social,

debido a las potenciales alzas en los valores de suelo y formas de presión indirecta sobre la población de los conjuntos habitacionales.

En este sentido cabe presentar la situación asociada a déficit habitacional de tipo cuantitativo y cualitativo, en la comuna. En el primer caso, déficit cuantitativo, el análisis integrado de información censal 2002 y su actualización según encuesta CASEN 2015, se dedujeron algunas consideraciones al respecto. En primer lugar, en términos absolutos, los datos arrojados por la información consultada establecen que existiría una mantención del déficit habitacional de la comuna de Papudo en 159 viviendas (siguiente cuadro).

Cuadro 2.3-3 Estimación del déficit cuantitativo de Papudo, según Casen 2015*

Parque Habitacional (Censo 2017)	Déficit Cuantitativo de Papudo			Total del déficit
	Viviendas irrecuperables	Hogares allegados	Núcleos allegados hacinados	
5.823	0	50	109	159
% del parque hab.	0,00%	0,86%	1,87%	2,73%

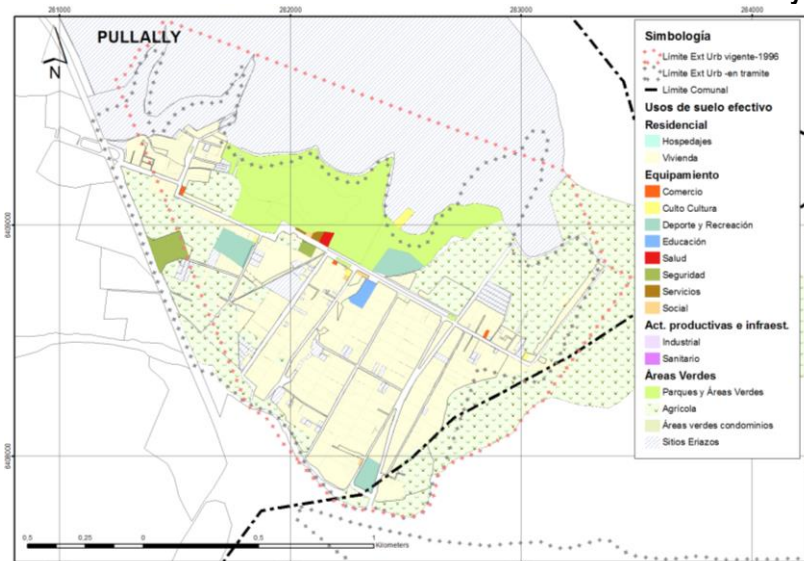
* Cabe destacar que esta información tiene carácter provisorio hasta la entrega de resultados del Censo 2017

Fuente: elaboración propia (2017) en base a CASEN 2015

No obstante, estas 159 viviendas corresponden al 3% de la vivienda existente en la comuna. En otras palabras, la comuna de Papudo muestra un panorama paradójico con un aumento considerable de la producción de superficie residencial, al tiempo que persiste el déficit habitacional. Parte importante de las nuevas viviendas construidas se encontraría no ocupada, ya sea temporalmente desocupada o a la venta. Cabe mencionar que más del 65% del parque habitacional de Papudo figura desocupada según Censo 2017.

En la localidad de Pullally de igual forma se llevó a cabo un análisis de la situación de estratificación socioeconómica a partir de los avalúos fiscales, a partir de lo cual se obtuvo que los estratos provenientes del precio de los predios parecen altamente integrados (siguiente ilustración). En este sentido, cabe mencionar que esta mixtura puede tener relación con las diferencias de tamaño predial que se refleja en los precios, más que de la existencia de una integración social de todo el espectro de los estratos socioeconómicos en la localidad.

Ilustración 2.3-26 Distribución de usos de suelo en localidad de Pullally



Fuente: elaboración propia (2017) según SII (2017) y catastro en terreno

De acuerdo con lo anterior en la localidad de Pullally la situación de acceso desigual a bienes urbanos se asocia más a su disposición espacial, caracterizada por su carácter de villorrio rural, en que conviven actividades urbanas y rurales en un mismo espacio. En ese contexto es importante reconocer que la condición urbana de la localidad principalmente se identifica en los bordes de Av. Las Salinas, única vía de acceso a la localidad donde se concentran los principales equipamientos y una mayor intensidad de uso de viviendas.

A partir de esta configuración la condición urbana se va disgregando paulatinamente hasta llegar al río La Ligua y la Ruta 5, estableciéndose una gradiente urbano-rural en el sentido norte sur, donde el río y la ruta se constituyen como espacios que no se encuentra integrados al desarrollo de la localidad. En este sentido las decisiones de planificación deben considerar el borde hacia la Ruta 5 norte, dado que constituye un corredor de paso frecuente a través del cual se puede mejorar las condiciones de conectividad de la localidad.

2.3.5 FCD 5 Adopción de riesgo físico y antrópico

Esta problemática se desarrolla identificando las principales limitantes físicas para el desarrollo urbano de las localidades de Papudo y Pullally, con base en el Estudio de Riesgos y Protección Ambiental desarrollado en el contexto de la presente actualización. A continuación, se realiza una síntesis de los principales peligros identificados para el área de planificación, cuyos criterios de delimitación y zonificación pueden ser consultados en extenso en el Estudio previamente mencionado.

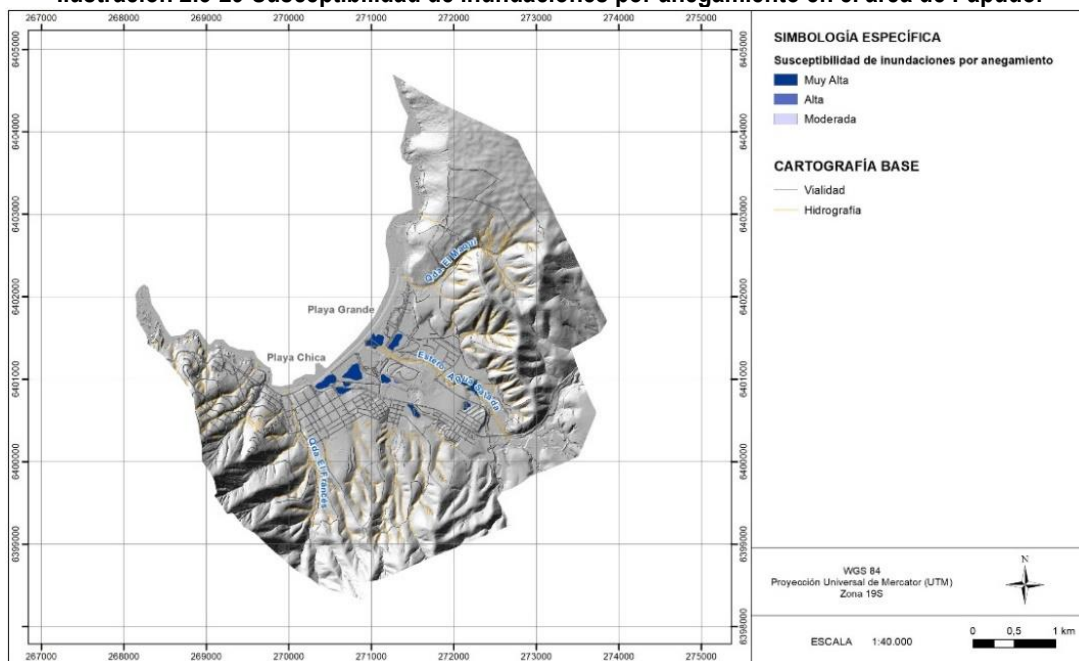
a) Inundaciones por desborde de cauce

Los criterios para la zonificación de susceptibilidad de inundación por desborde de cauces son los siguientes (véase las siguientes ilustraciones):

- **Susceptibilidad Muy Alta:** corresponden a sectores pertenecientes a: (1) la zona de escurrimiento actual del estero Los Mayas, del estero Agua Salada, y de sus afluentes mayores (depósitos fluviales actuales); (2) los fondos de las quebradas que cuentan con registro de inundaciones en el catastro (depósitos aluviales actuales); (3) la prolongación aguas abajo del punto anterior, que de acuerdo a los rasgos morfológicos propios del lugar, tendería a conducir y recolectar la escorrentía superficial de aguas.
- **Susceptibilidad Alta:** corresponden a sectores pertenecientes a: (1) lugares adyacentes a las zonas de escurrimiento actual del río La Ligua, estero Los Mayas, estero Las Salinas, estero Agua Salada, que conforman las terrazas fluviales inferiores (depósitos fluviales aterrazados 1), y que por sus bajas alturas (aproximadamente entre 2 y 3 metros con respecto al cauce principal) se encuentran expuestos al peligro de inundación; (2) los fondos de las quebradas que, si bien no cuentan con registros de inundaciones en el catastro, sus características morfológicas son comparables a las quebradas que sí los tienen (depósitos aluviales actuales).
- **Susceptibilidad Moderada:** corresponde a los sectores pertenecientes a: (1) lugares adyacentes a las zonas de susceptibilidad alta del río La Ligua, en el caso excepcional en el que los depósitos fluviales aterrazados 1 fueran inundados hasta alturas entre 3 y 4 metros de altura, aproximadamente; (2) la prolongación aguas abajo de la susceptibilidad alta asociada a quebradas, que de acuerdo a los rasgos morfológicos propios del lugar, tendería a conducir y recolectar la escorrentía superficial de aguas; (3) la prolongación aguas abajo de la susceptibilidad alta, a partir de lugares donde existen obras de arte, las cuales tenderán a retener y/o disminuir el caudal.

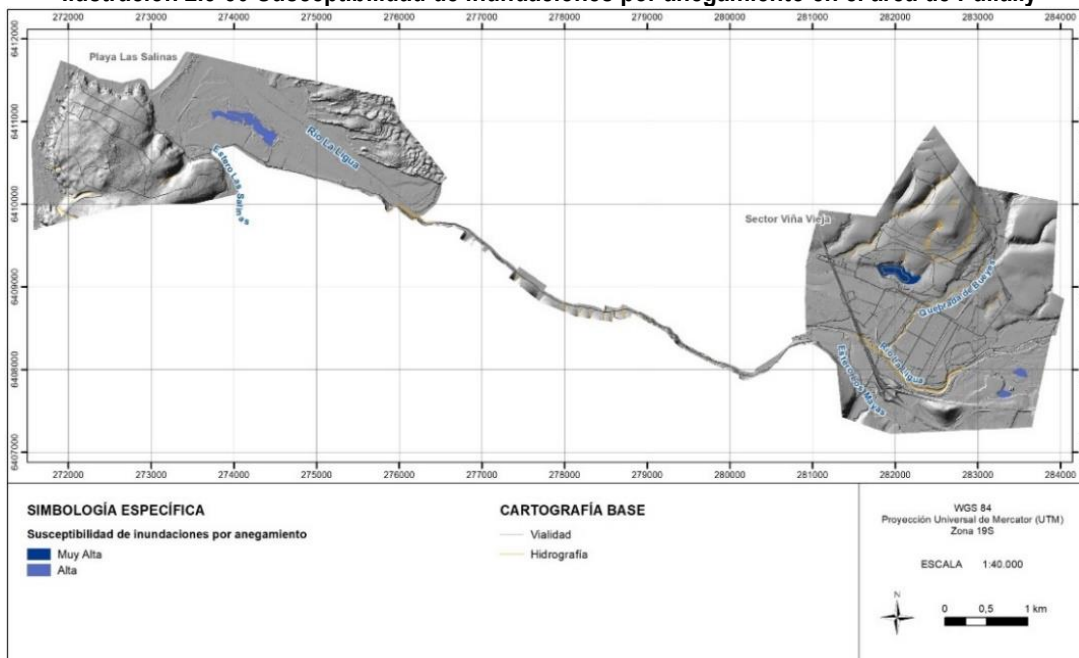
- **Susceptibilidad Alta:** corresponde a sectores muy planos, deprimidos (bajos topográficos), con mal drenaje y que no se conectan directamente con la red hidrológica (es decir, existen condiciones morfológicas para la acumulación superficial de aguas lluvias).

Ilustración 2.3-29 Susceptibilidad de inundaciones por anegamiento en el área de Papudo.



Fuente: Estudio de Riesgos y Protección Ambiental (2017)

Ilustración 2.3-30 Susceptibilidad de inundaciones por anegamiento en el área de Pullally



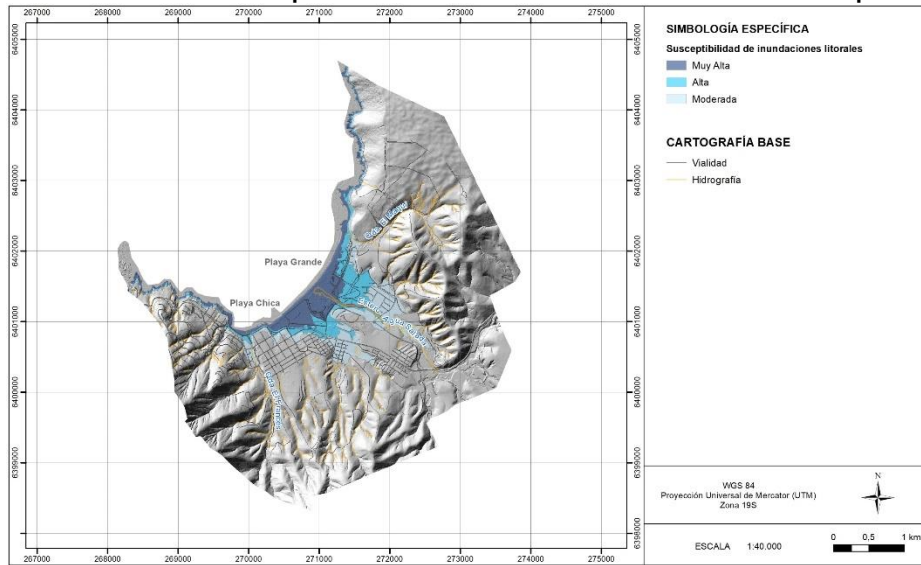
Fuente: Estudio de Riesgos y Protección Ambiental (2017)

c) Inundaciones litorales

Las categorías de susceptibilidad para inundación por maremoto se definen de la siguiente forma (véase las siguientes ilustraciones:

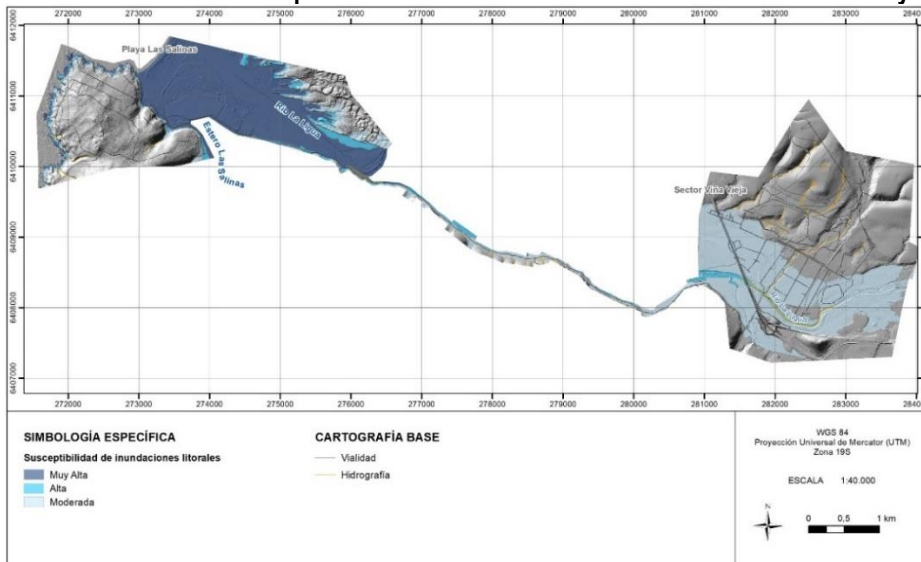
- **Susceptibilidad muy alta:** Corresponde a las zonas ubicadas por debajo de la cota 5 m.s.n.m. tanto en el sector de Pullally como en Papudo.
- **Susceptibilidad alta:** Corresponde a las zonas ubicadas entre las cotas 5 y 8 m.s.n.m. tanto en el sector de Pullally como en Papudo.
- **Susceptibilidad moderada:** Corresponde a las zonas ubicadas entre las cotas 8 y 15 m.s.n.m. tanto en el sector de Pullally como en Papudo.

Ilustración 2.3-31 Susceptibilidad de inundaciones litorales en el área de Papudo



Fuente: Estudio de Riesgos y Protección Ambiental (2017)

Ilustración 2.3-32 Susceptibilidad de inundaciones litorales en el área de Pullally



Fuente: Estudio de Riesgos y Protección Ambiental (2017)

d) Remociones en masa

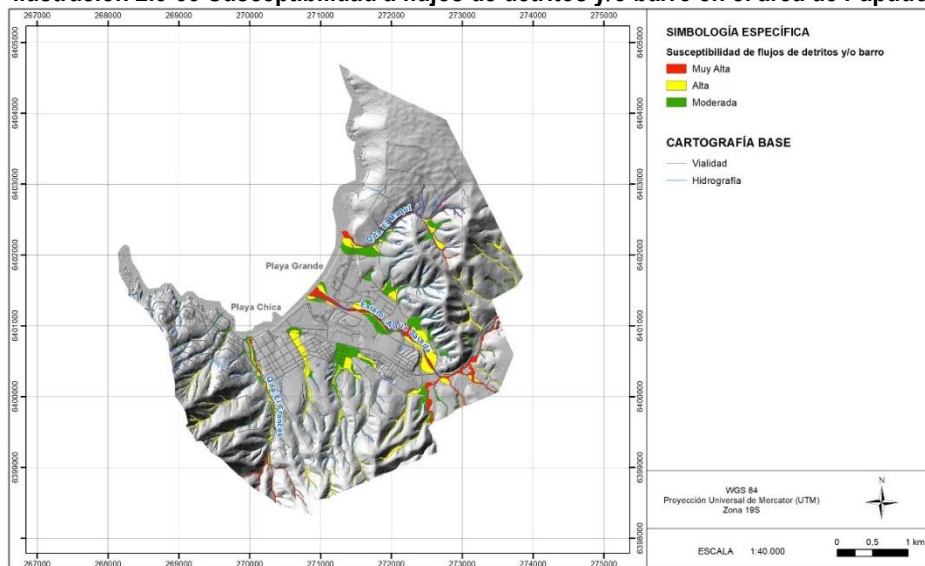
Para la zonificación de susceptibilidad de remociones en masa se analizaron los procesos de flujos de barro o detritos, deslizamientos y caídas de rocas. La zonificación de susceptibilidad asociada a cada proceso se describe a continuación.

i) Flujo de detritos y/o barro

Los criterios para la zonificación de susceptibilidad de flujo de detritos y/o barro son los siguientes (véase las siguientes ilustraciones):

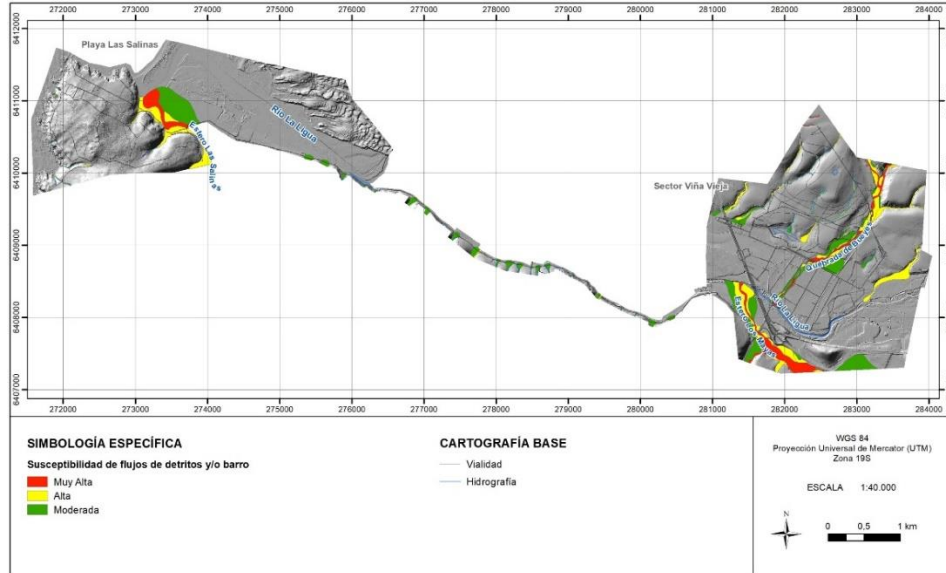
- **Susceptibilidad Muy Alta:** corresponden a sectores pertenecientes a: (1) depósitos aluviales actuales de las quebradas que cuentan con registro de flujos en el catastro; (2) depósitos aluviales actuales de las quebradas que, a pesar de no contar con registro de flujos en el catastro, comparten las características morfológicas de las quebradas en las que sí los hay; (3) depósitos fluviales actuales del estero Los Mayas, Las Salinas y quebrada de Bueyes.
- **Susceptibilidad Alta:** corresponden a sectores pertenecientes a: (1) depósitos aluviales actuales de las quebradas que, a pesar de no contar con registro de flujos en el catastro, y a pesar de no estar incluidas en la categoría de susceptibilidad muy alta, sus rasgos morfológicos (dimensiones, pendientes y material disponible) son indicativos de eventuales generaciones de flujos de detritos y/o barro; (2) lugares adyacentes a las zonas de susceptibilidad muy alta que, por sus bajas alturas (aproximadamente entre 2 y 3 metros con respecto al cauce principal), o por su continuidad morfológica con estas, pueden funcionar como posibles zonas de derrame de material.
- **Susceptibilidad Moderada:** corresponde a los sectores pertenecientes a: (1) depósitos aluviales actuales de las quebradas que, a pesar de no estar incluidas ni en la categoría de susceptibilidad muy alta ni alta, un evento hidrometeorológico excepcional, eventualmente, podría generar un flujo de detritos y/o barro, pero de reducidas dimensiones y alcances; (2) lugares adyacentes a las zonas de susceptibilidad alta que, por sus bajas alturas (aproximadamente entre 3 y 5 metros con respecto al cauce principal), o por su continuidad morfológica con estas, pueden funcionar como posibles zonas de derrame de material; (3) la prolongación aguas abajo de la susceptibilidad alta, a partir de lugares donde existen obras de arte, las cuales tenderán a retener el material grueso.

Ilustración 2.3-33 Susceptibilidad a flujos de detritos y/o barro en el área de Papudo.



Fuente: Estudio de Riesgos y Protección Ambiental (2017)

Ilustración 2.3-34 susceptibilidad a flujos de detritos y/o barro en el área de Pullally



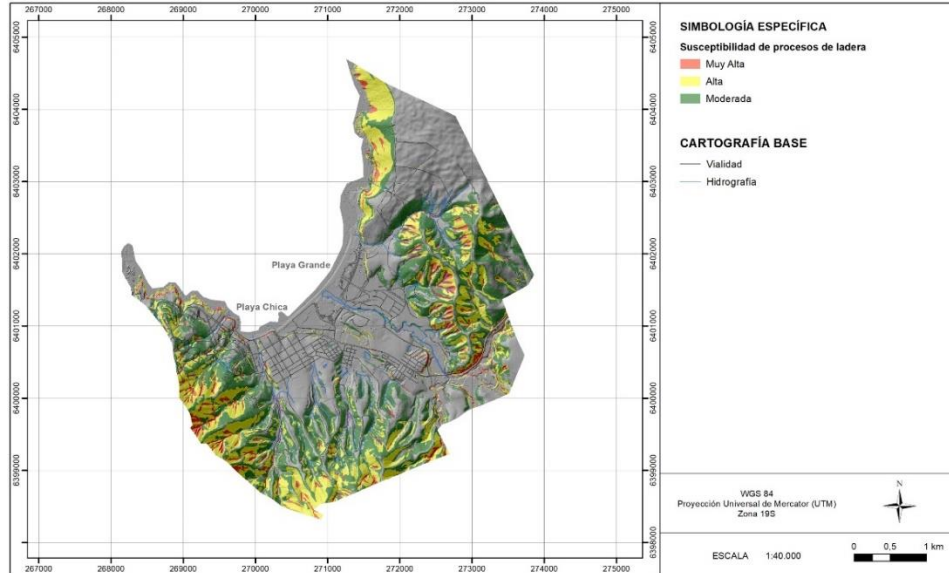
Fuente: Estudio de Riesgos y Protección Ambiental (2017)

ii) Deslizamientos y caída de bloques

La generación de caída de bloques requiere de 2 componentes: (1) la exposición de rocas en superficie (ya sea directamente en afloramientos rocosos, o bien en depósitos no consolidados que contengan bloques), y (2) laderas de altas pendientes para que los fragmentos de roca puedan caer ladera abajo. Por su parte, para la ocurrencia de un deslizamiento, es necesaria la condición de inestabilidad, la cual está fuertemente determinada por la pendiente de la ladera, así como del material que la compone. En este sentido Esaki et al. (2005) y Giraud y Shaw (2007) señalan que la mayor frecuencia de ocurrencia de remociones en masa ocurre para taludes y laderas de pendientes entre 25° y 35°. Considerando tanto los rangos de pendiente mencionados, como las condiciones de la naturaleza geológica de las unidades del área, se determinaron las siguientes categorías de susceptibilidad (véase las siguientes ilustraciones):

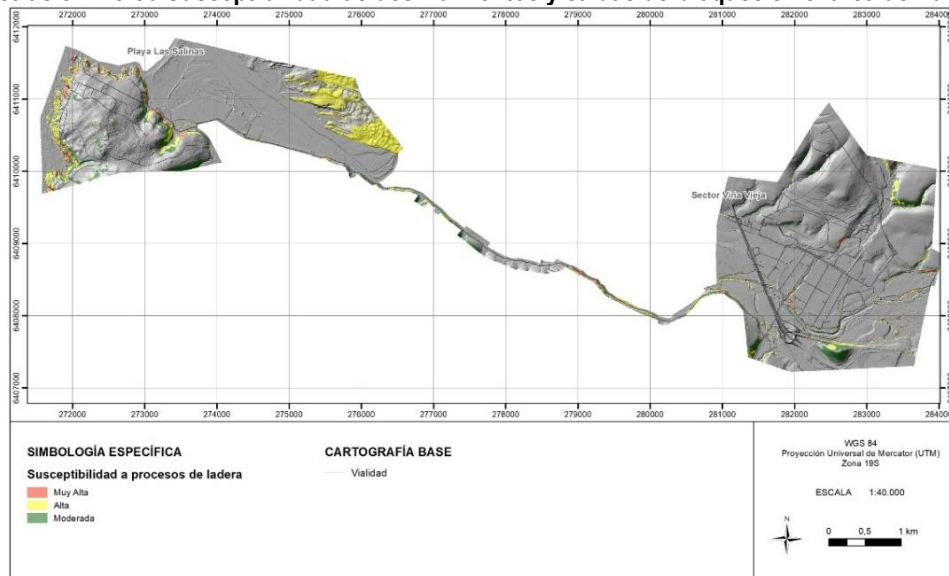
- **Susceptibilidad Muy Alta:** Corresponde a sectores de ladera natural o taludes de pendiente sobre 35°.
- **Susceptibilidad Alta:** Corresponde a sectores de ladera natural o taludes cuya pendiente es de entre 25° y 35°. Además, se considera susceptibilidad moderada en el campo de dunas que se ubica al norte del río La Ligua en el sector Salinas de Pullally.
- **Susceptibilidad Moderada:** Corresponde a sectores de ladera natural o taludes cuya pendiente es de entre 15° y 25°.

Ilustración 2.3-35 Susceptibilidad de deslizamientos y caídas de bloques en el área de Papudo



Fuente: Estudio de Riesgos y Protección Ambiental (2017)

Ilustración 2.3-36 Susceptibilidad de deslizamientos y caídas de bloques en el área de Pullally



Fuente: Estudio de Riesgos y Protección Ambiental (2017)

2.3.6 Exposición de las áreas urbanas a riesgos de origen natural

Con la aprobación del Seccional del Punta Puyai (1996) y su posterior desarrollo en la fase más recientes de urbanización de la localidad (2001 al presente), diversas edificaciones en densidad han ido localizándose en el borde costero norte. Particularmente, este tramo, al norte de Av. Víctor Fazio Rigazzi (ex-El Peumo) en un área de riesgo de tsunami alto y muy alto que se extiende dos o tres cuadras al interior del sector Punta Puyai, debido a que se encuentra desprotegida y sin la terraza costera que enfrenta el sector de la playa chica.

Además del sector inmediato a la playa, las áreas de mayor riesgo por tsunami corresponden a las manzanas en torno al Estero Agua Salada, lugar donde se localizan los proyectos Punta del Rey, Punta Colonos y Condominio Laguna Papudo;

y en el triángulo donde se ubica actualmente el Club de Tenis y el sitio eriazo zonificado con uso de camping en el Plan Regulador de 1969.

Particularmente este tipo de condominios concentran un gran número de población en temporada estival. Solo el proyecto Laguna Papudo concentra un total de 770 unidades residenciales, las cuales podría alojar un número de 3.080 personas (considerando 4 personas por unidad). A su vez, considerando que este tipo de urbanizaciones se han materializado sin considerar las conexiones viales del propio seccional de Punta Puyai, las cuales son la base para una debida evacuación de la población, buena parte del sector del Punta Puyai corresponde a un área vulnerable frente a una amenaza de este tipo.

Por su parte, considerando las amenazas de inundación y flujo de detritos provenientes de las quebradas y laderas que circundan la localidad, existen diversas áreas con riesgo, como la Quebrada del Francés, la Quebrada por calle 21 de mayo, la Quebrada por calle Chacabuco, y una quebrada que atraviesa el proyecto Arenas de Puyai 1. En cuanto a los peligros representados por la caída de bloques y deslizamientos, existen ciertos sectores de riesgo en torno a la Quebrada de El Francés, en la ladera de calle Vicuña Mackenna, borde de terraza en el condominio Bosquemar y al sur de la calle Los Arrecifes en Villa Marina.

En el caso de Pullally, el principal factor de amenaza se encuentra en torno al Río La Ligua, el cual corresponde a un sector de menor urbanización. La principal área de riesgo efectivo, donde se localizan viviendas es en torno a la Quebrada de los Bueyes, el cual corresponde a un área de muy alta susceptibilidad de inundación por desborde del cauce.

Esta situación se repite en un grado menor al norte del sector de Lechería y al oriente de la localidad. Estos dos últimos sectores corresponden a áreas donde se han desarrollado subdivisiones o densificación de loteos agrícolas, parte de las cuales se encuentran en situación de riesgo. Se debiera revertir esta tendencia incipiente, estableciendo limitantes y condiciones al uso del suelo y dirigir el desarrollo hacia zonas más aptas.

2.3.7 Riesgo de Incendios Forestales

Se llevó a cabo un análisis de riesgo de Incendios Forestales reconociendo y delimitando las áreas que pueden ser potencialmente ser afectadas, tomando como base, antecedentes secundarios en función de los cuales se realizó una modelación en plataforma SIG, para obtener una Zonificación de Riesgo de Incendios en las Áreas Urbanas de la comuna. Los insumos e información que se incorporaron al modelo correspondieron a los siguientes:

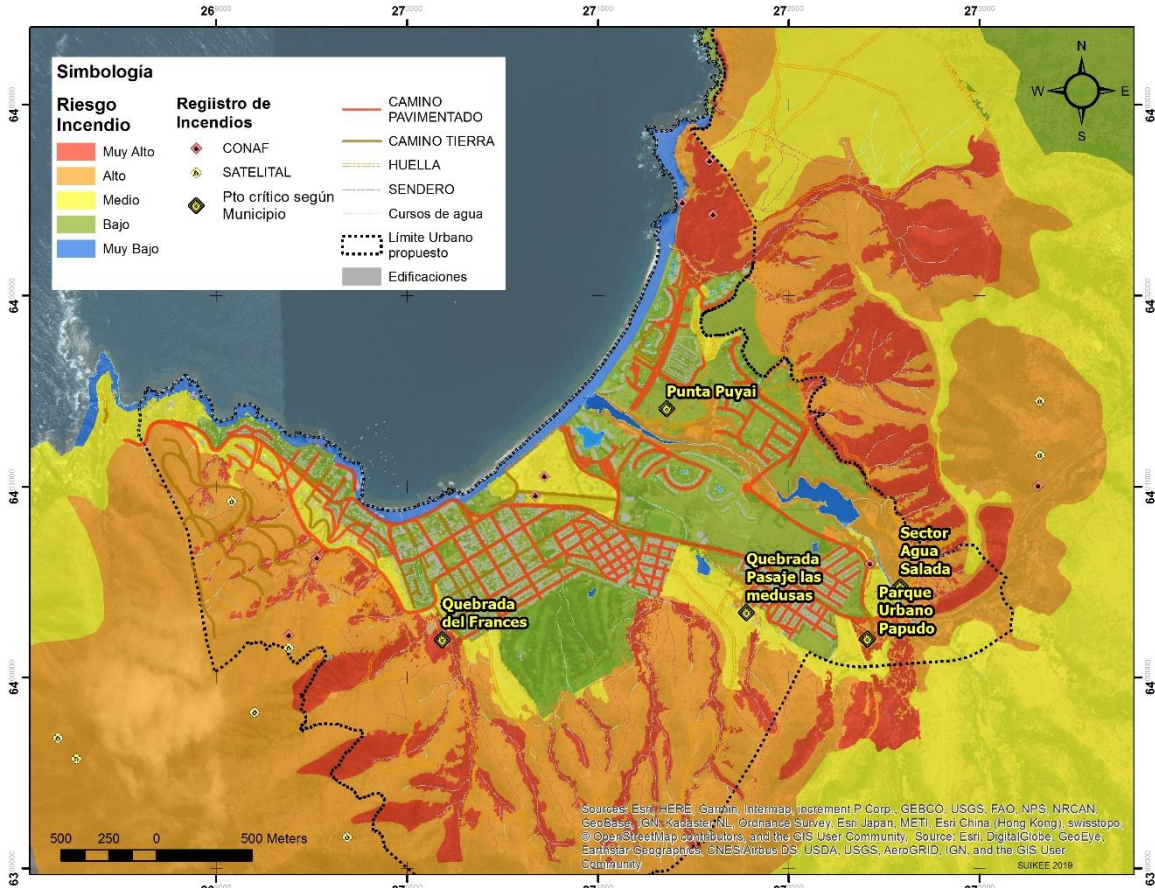
- Caracterización del área de estudio, mediante estudios y antecedentes de incendios, vegetación y su relación con las áreas urbanas para describir los factores que inciden en la ocurrencia de este tipo de peligros existentes en el área.
- Catastro de incendios que han afectado el área, para conocer las zonas que han sido afectadas históricamente. Para lo cual se realizó una recopilación bibliográfica de los antecedentes históricos disponibles en la literatura (libros, publicaciones científicas y prensa). Así como la compilación de coberturas georreferenciadas y sus correspondientes bases de datos.
- Diagnóstico de los peligros que pudieran afectar al área, para conocer las zonas que presentan condiciones favorables para la ocurrencia de los peligros existentes. Esto a partir de la generación de modelos de distribución espacial, derivadas la vialidad en el margen urbano y la cobertura de vegetación derivada del levantamiento cartográfico asociada al diseño del Plan.

A partir de los procesamientos de la información previamente descrita se obtuvieron modelos de Riesgo asociado a incendios históricos locales y Riesgo asociado a incendios por vegetación y vialidad, los que se fusionaron en una cobertura, que expresa una gradiente de colores y riesgo, desde aquellas zonas de mayor vulnerabilidad ante incendios, en el rango (Muy Alto) hasta las de menor riesgo (Muy Bajo).

Para ello fueron tomadas en consideración las áreas históricamente afectadas por fuego (las cuales usualmente repiten los patrones de incendios) y aquellas áreas de vegetación colindante a franjas viales de mayor potencial a incendios, ya sea por la cantidad de combustible (el cual se concentra hacia las quebradas y bordes de esteros de la comuna) y/o por las fuentes de ignición las cuales se asocian a recorridos y presencia de personas hacia el marcen del consolidado urbano, usualmente en áreas alejadas de sitios de mayor control social.

Junto a la utilización de las coberturas de los modelos generados anteriormente, se realizó una tarea de zonificación a partir del examen e interpretación de las imágenes del sensor remoto, así como de la base cartográfica disponible. Zonificación de detalle expresada en la siguiente ilustración.

Ilustración 2.3-37 Zonificación riesgo de incendios área urbana de Papudo



Fuente: Elaboración Propia

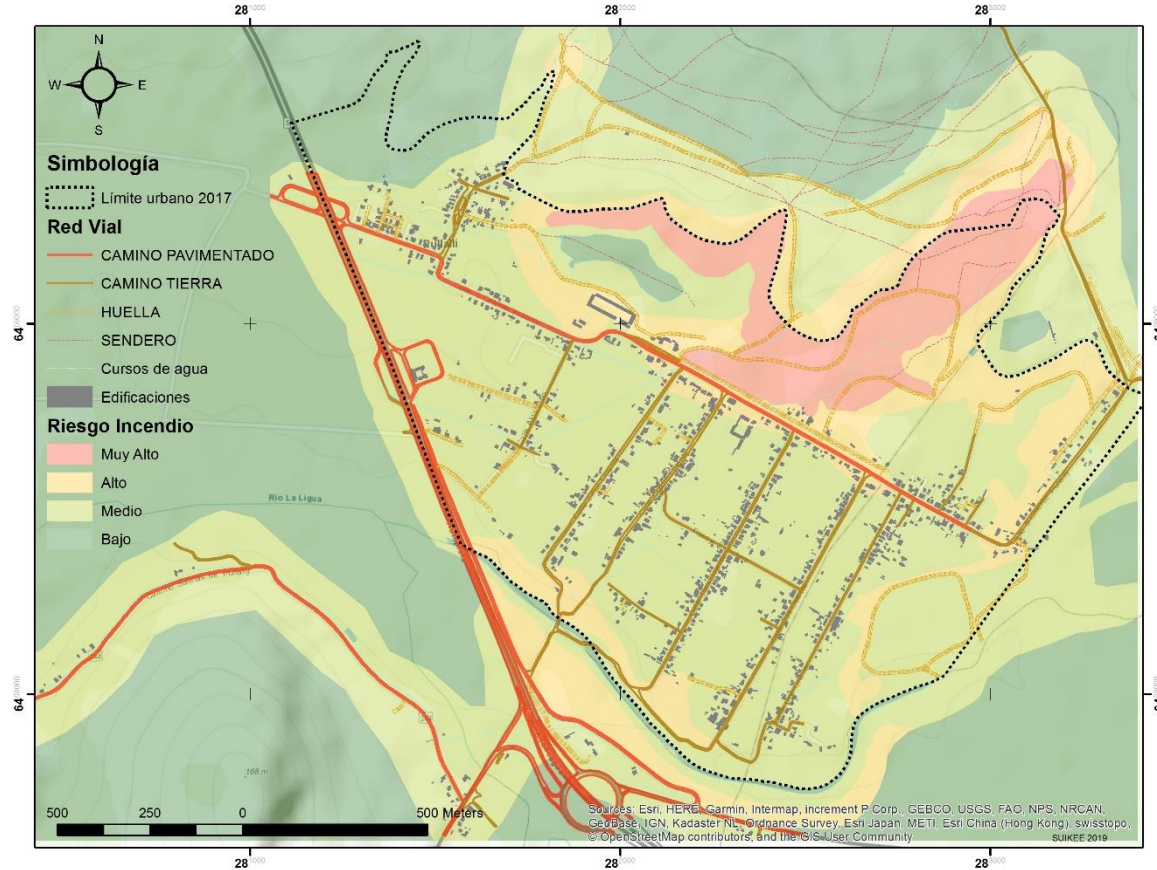
Tal como se puede apreciar en la ilustración anterior, el resultado de la fusión de las capas retiene gran parte de los núcleos de riesgo de incendio por cercanía a caminos, expresadas en la Ilustración “Riesgo asociado a incendios por vegetación y vialidad”. A partir de dicha base, la nube de incendios históricos y aquellos puntos denominados como “Potencial Incendio” por parte del departamento de emergencias de la municipalidad de Papudo, se realizó un examen que incluyó las mayores pendientes y densidad de la masa vegetal, a partir de lo cual se realizó un proceso de zonificación de las condiciones actuales de potencial riesgo de incendio, teniendo como referencia la imagen georreferenciada disponible para el presente estudio.

Este mapeo de detalle, permitió develar sectores que el modelo realizado no fue capaz de evidenciar. En efecto esta situación junto al recorrido en terreno permitió por ejemplo incorporar el sector del bosque Lilén que puede constituir un foco importante de incendios debido a la presencia de plantaciones densas de eucaliptos y pinos en contacto con sectores habitacionales y en especial con áreas utilizadas para camping y picnic, donde el uso de fuego parece recurrente.

También fueron mapeados y categorizadas franjas arboladas en terrenos privados y en quebradas, especialmente sensibles a incendios cuando se localizan en laderas de cerros en el margen urbano. La concentración de riesgo de incendios hacia la franja sur de la ciudad de Papudo (en especial las laderas de exposición norte del Cerro El Boldo), se debe principalmente a la concentración de vegetación asociada a un alto grado de accesibilidad de vehículos y personas, que de manera casual o premeditada pueden provocar incendios. A esto se agrega las características orográficas de las laderas que facilitan la dispersión de incendios.

Otra consideración de interés es que, si bien el modelo no relevó el sector de Los Lilienes como de alto riesgo, la presencia de plantaciones forestales, el uso del sector como camping / picnic informal y el crecimiento urbano en dichos sectores, posiblemente incrementará el riesgo de incendio. Así mismo se debe evitar ciertos usos o infraestructura crítica como equipamientos de salud, seguridad y educación en los sectores de mayor susceptibilidad de incendios.

Ilustración 2.3-38 Zonificación riesgo de incendios área urbana de Pullalli



Fuente: Elaboración propia

En el caso de Pullalli el Parque homónimo, conforma un elemento relevante en términos recreativos y ambientales de esta localidad. Sin embargo, las actividades que implican el uso de fuego, los vientos dominantes y la presencia de forestaciones de eucaliptos, han dejado huellas de incendios que persisten en el tiempo. Esto confirma el resultado de los modelos y la zonificación de riesgo propuesta.

4 IMAGEN OBJETIVO Y ALTERNATIVAS

El estudio de actualización del Plan Regulador Comunal considera en forma previa a la formulación de alternativas de estructuración la una Imagen Objetivo del desarrollo urbano, la cual contiene los fundamentos técnicos, objetivos estratégicos y lineamientos que estructuran y dan sustento a la propuesta de plan.

4.1 VISIÓN DE DESARROLLO

La construcción de una Imagen Objetivo del desarrollo urbano de las localidades de Papudo y Pullally se sistematiza a fin de "integrar la visión de largo plazo de la ciudadanía con las decisiones públicas de gestión urbana de mediano plazo". De esta manera, se busca recoger principalmente las vocaciones del territorio y las directrices de desarrollo sostenible mediante el aprovechamiento de sus recursos, siendo un punto de partida de la fase de planificación del presente estudio.

El desarrollo de esta imagen objetivo corresponde a la definición de un sistema compatibilizado de objetivos, estrategias y criterios para el desarrollo de las propuestas conforme a la formulación de las alternativas de estructuración. Para avanzar hacia la formulación de la propuesta de plan, se plantea inicialmente la imagen objetivo del sistema urbano como orientación de la gestión e inversión urbana para el desarrollo y crecimiento de la ciudad en el horizonte de planificación de los próximos 20 a 30 años.

En primer lugar, es relevante considerar la visión estratégica planteada por el PLADECO:

“La comuna de Papudo la queremos como una unidad territorial, integrada por todos los sectores, tanto urbanos como rurales (...). Su destino principal es de Comuna Turística, de calidad, con adecuado equipamiento, infraestructura vial y de servicios; rescatando y mejorando su actual entorno urbanístico, medio ambiental y de paisajismo, en un crecimiento armónico y respetando las tradiciones históricas y su necesario progreso (...). Complementario con todo lo anterior, los servicios públicos y privados en general, deben tender a cubrir las necesidades básicas de atención y satisfacción de la población y en la propia comuna”.

4.2 OBJETIVOS Y LINEAMIENTOS

De esta manera, respondiendo a esta visión estratégica de desarrollo y la respuesta a las tendencias críticas reportadas en el apartado anterior, se elaboran los objetivos estratégicos, los cuales serán adoptados por los lineamientos del instrumento.

4.2.1 Objetivos Estratégicos de Planificación

Los objetivos estratégicos de planificación corresponden a la definición de un marco de actuación general que expresa una meta y se deducen de las distintas estrategias planteadas estructurándose según los siguientes aspectos o contenidos:

OBJETO VALORADO ¿Que es importante?	Áreas amagadas por riesgo de origen natural.
META ¿Qué se desea hacer con lo valorado?	Definir una propuesta de acción que considere los factores de riesgos que afectan al territorio urbano.
OBJETIVO ¿Qué se debe hacer para conseguir la Meta?	Definición de zonas de restricción y/o condicionamiento de uso.
	Definición de espacios públicos que permitan apoyar planes de continencia o alerta temprana.
INDICADOR ¿Cómo Sabemos que estamos avanzando en la dirección indicada?	Restricción y/o condicionamiento de uso de áreas potencialmente amagadas por riesgo

La importancia que adquieren los objetivos estratégicos es posibilita el encuadre de las acciones y lineamientos incorporados en la propuesta de plan, colocando el énfasis en aquellas problemáticas y tendencias identificadas como claves para el desarrollo urbano. Estos objetivos estratégicos para la planificación del sistema urbano en ambas localidades se indican a continuación:

a) Propiciar el manejo adecuado del valor natural, el resguardo del paisaje y la proyección de conos de vista

En vista de poner en valor los componentes naturales de contexto que caracterizan el paisaje singular de las localidades, se busca adoptar principalmente una estrategia de ocupación del territorio adecuada. Con esto se busca que el desarrollo urbano, que en los últimos años se incrementado por el interés turístico y la búsqueda de las amenidades ambientales de la localidad, no altere las mismas propiedades que motivaron su atracción.

b) Prolongar la imagen urbana y características singulares de balneario y asentamiento rústico

En segundo lugar, reconociendo el valor de la imagen urbana singular de las localidades, se busca dar continuidad al carácter que sus componentes, en su conjunto, otorgan tanto en la condición de balneario rústico como de asentamiento de origen agrícola. En este sentido se busca relevar los elementos de este tipo que se encuentran al interior del área urbana, y los elementos que se estarían incorporando al área urbana mediante esta actualización.

c) Diversificar la oferta de equipamientos y desarrollo de nuevas centralidades de servicios

En tercer lugar, se busca que el desarrollo de la urbanización de la comuna sea acompañado con una ampliación y diversificación de la oferta de equipamientos, generando el desarrollo de nuevas centralidades de servicios al interior del área urbana, para así disminuir el grado de dependencia que actualmente tienen las localidades con las comunas aledañas.

d) Equilibrar crecimiento en sintonía con las posibilidades sanitarias

En cuarto lugar, considerando las proyecciones sanitarias básicas para el desarrollo urbano de ambas localidades, se proyecta establecer límites y control al crecimiento urbano, de acuerdo a las capacidades del sistema sanitario y sus horizontes de crecimiento.

e) Reconocer condiciones de peligro natural y antrópico y su influencia en el territorio

En quinto lugar, el presente estudio de actualización del Plan Regulador busca incorporar las condicionantes de peligro o susceptibilidad de origen natural y antrópico presentes en la comuna. A partir de los productos generados por el Estudio

de Riesgos y Protección Ambiental, se definen áreas restringidas al desarrollo urbano, así como se procura establecer criterios de delimitación y adaptación de la zonificación para adecuar las condiciones de ocupación del territorio.

f) Ampliar tolerancia y capacidad de carga temporal para acoger demanda estival

En sexto lugar, buscando reducir los impactos de la sobrecarga estival de la comuna, se considera que la actualización del presente instrumento debe ampliar la tolerancia y capacidad de carga temporal para acoger esta demanda, reforzando la vialidad estructurante y otros aspectos de la estructuración urbana.

g) Generar condiciones para la integración social e inclusión de sectores marginales a beneficios urbanos

En séptimo lugar, de acuerdo a lo observado en el diagnóstico, y en concordancia con la nueva Política Nacional de Desarrollo Urbano (2014), se busca generar condiciones para la integración social e inclusión de sectores que hasta ahora se han encontrado marginalizados, para ser partícipes de los beneficios del desarrollo urbano. Esto tiene particular importancia debido a la posibilidad de incorporar población permanente en el área urbana, la cual actualmente se concentra fuera del límite urbano vigente.

h) Favorecer la habilitación de espacios públicos y mejora de la conectividad interna

En octavo lugar, considerando la red de espacios públicos y movilidad, se pretende que el desarrollo urbano futuro se desarrolle junto a la debida habilitación de espacios públicos y vialidad proyectada, además de la posibilidad de generar aportes a los espacios públicos existentes.

i) Incorporar demanda habitacional permanente y turismo de diverso estándar

Por último, se busca que la actualización del plan permita la incorporación de las demandas de suelo por déficit habitacional de población permanente, como también la posibilidad de dar cabida a turismo de diverso estándar, posibilitando la cobertura de la demanda que actualmente se desarrolla de manera irregular en el área rural, en la Ruta F-30-E entre Papudo y Pullally.

4.2.2 Lineamientos

El siguiente capítulo describe el desarrollo y análisis de la propuesta de alternativas de estructuración por unidad territorial, como producto derivado de la síntesis del diagnóstico integrado realizado. Este ejercicio considera integrar una diversidad de respuestas a la visión de ciudad establecida, y requiere de la reunión de los diversos niveles para la confrontación de los criterios de desarrollo, adecuación a otras normativas de regulación territorial, estructuración de zonas, vialidad estructurante, áreas de restricción, etc. para la definición de la propuesta final.

a) Estrategia de Ocupación

En primer lugar, la estrategia de ocupación del territorio refiere principalmente a la definición del lineamiento de Límite Urbano. Al respecto se consideran las posibilidades de modificación y ampliación del límite urbano vigente en función de una incorporación selectiva de las áreas de extensión urbana vigentes por el instrumento de planificación de nivel intercomunal, y su debida articulación a la red vial estructurante de la localidad.

i) Límite urbano Propuesto

De acuerdo a lo reportado sobre la planificación intercomunal en la etapa de diagnóstico, se identifican cuatro áreas de extensión urbana vigentes en la comuna las cuales suman un total de 2.089 ha, las cuales en el estudio más reciente de actualización del instrumento se disminuye a 1.359 ha.

Para el caso de Papudo, estas áreas corresponden a la extensión en los faldeos del sector Punta Pite (34,4 ha), la circunvalación de la localidad (328,2 ha) y la extensión de borde costero entre Papudo y Las Salinas (1.471,6). Considerando que estas áreas se encuentran en ajuste en el presente estudio de actualización del instrumento intercomunal (en aprobación), se contempla que los requerimientos de consumo de suelo de la localidad podrían disponer de las áreas de extensión urbana de Punta Pite y la Circunvalación Sur de la ciudad (actuales AEU 4 y AEU 2), lo que significaría incorporar un máximo de 350 ha. Las áreas AEU 4 entre Papudo y Las Salinas no se consideraría de mayor medida ya que estas áreas están siendo acotadas sólo a una franja de borde costero.

Por su parte, Pullally no dispone de un área urbana, sino de un área de extensión urbana que actualmente totaliza una superficie de 255 ha en el instrumento de planificación vigente, disminuyendo a 224 ha en el instrumento en estudio. Esta área de extensión corresponde al potencial de superficie para la definición del área urbana de dicha localidad.

En términos generales, la definición del lineamiento de límite urbano y área urbana de las distintas alternativas se estimó de manera general de acuerdo a los requerimientos de consumo de suelo reportados en el apartado de Escenarios de Proyección del presente informe. De esta manera, las alternativas varían entre una proyección base a una optimista, donde el consumo de suelo se proyecta siguiendo las tendencias actuales. No obstante, lo anterior requiere de un ajuste más específico a ser realizado de acuerdo a las proyecciones de desarrollo de la empresa sanitaria respecto a la definición de los territorios operaciones y de las indicaciones y aportes entregados por los otros organismos del Estado en el marco de la Evaluación Ambiental Estratégica.

ii) Red Vial Estructurante

En segundo lugar, las alternativas de estructuración disponen de una definición de Vialidad Estructurante, la cual incorpora la vialidad del instrumento de planificación intercomunal y la vialidad del instrumento de planificación comunal, adaptando todas ellas a la estrategia de ocupación propuesta por cada alternativa.

Cabe destacar que, a diferencia del instrumento de planificación vigente (1969) y el seccional de Punta Puyai, las alternativas desarrolladas en el presente estudio responden a un análisis de la red vial estructurante existente según el estudio de situación base realizado en la etapa de diagnóstico (Anexo Capacidad Vial). A su vez, estas alternativas propuestas serán evaluadas en función de indicadores asociados a densidad y disponibilidad de vías, indicadores que el instrumento vigente no controla.

En términos generales, la definición del lineamiento de vialidad estructurante dispone de una diferenciación según una vialidad intensiva o extensiva; y de organización en mayor medida concéntrica, policéntrica o distribuida. Una estructura vial intensiva se refiere a una vialidad jerárquica que dispone de un número acotado pero determinante de ejes estructurantes que concentra la capacidad requerida para distribuir los flujos de la localidad, en tanto una vialidad extensiva se refiere a una trama de un mayor número de vías que es distribuida de una forma que tiende a tener menor diferenciación en términos jerárquicos.

b) **Intensidad y uso del suelo**

Las alternativas de estructuración consideran una definición de zonas según demanda de usos de suelo preferentes comercial y residenciales, e intensidades de ocupación asociadas a estos usos demandados. Esto tiene que ver con

lineamientos de zonificación de usos de suelo, principalmente entre áreas residenciales preferentes, mixtas y de equipamientos específicos, e intensidad de ocupación a través de la definición de normas urbanísticas.

En términos generales, las alternativas varían entre distribuciones más concentradas de equipamientos y áreas mixtas, y distribuciones más dispersas o con un mayor grado de integración con las áreas residenciales. En términos de intensidad de la ocupación, éstas varían entre disposiciones más intensivas que consideran zonas específicas de alta intensidad y disposiciones más extensivas que consideran una menor diferenciación entre la intensidad de ocupación de las diferentes zonas.

i) Usos de suelos exclusivos y preferentes

En tercer lugar, las alternativas disponen alternativas que reconocen los usos de suelo existentes y el carácter conferido por el instrumento vigente sobre ciertas áreas, y proyectan las opciones estratégicas de cada alternativa. En otras palabras, el carácter de ciertas áreas existentes en el Plan Regulador vigente, como la Plaza de Papudo, o los equipamientos deportivos, estructuran una situación base que es adoptada indistintamente por las alternativas de estructuración.

Considerando las opciones estratégicas, se definen cinco categorías de usos preferentes: i) equipamiento, cuyo carácter no residencial es exclusivo, ii) equipamiento y residencial, cuyo carácter mixto se equipara en términos de uso de suelo, generando condiciones favorables para estos usos, iii) residencial, cuyo carácter preferente residencial no prohíbe equipamientos sino favorece uso residencial, iv) área verde, tanto reconocimiento de las áreas verdes existentes (Art. 2.1.30 OGUC), nuevas afectaciones de BNUP área verde y áreas verdes intercomunales (Art. 59 LGUC), y zonas de áreas verdes que no constituyen necesariamente BNUP (Art. 2.1.31 OGUC), y v) patrimonial, correspondiente a las áreas reconocidas por su valor patrimonial que constituirían zonas de conservación histórica, y a partir del cual se controlan las condiciones de intensidad de la ocupación.

Estas categorías son distribuidas según las decisiones estratégicas de cada alternativa de estructuración, las cuales varían según una mayor especialización de zonas y una dispersión y acercamiento de los equipamientos y beneficios urbanos.

En cuanto a las áreas verdes, se consideran dentro de las categorías de áreas verdes las afectaciones de áreas verdes (Art. 59 LGUC) existentes y propuestas, las zonas de áreas verde (ZAV) y, además, las zonas de equipamiento exclusivas que tienen un carácter cercano a la zona de área verde. Entre estas últimas se encuentra la zona de equipamiento deportivo y las zonas de equipamiento parque, las cuales corresponden a zonas de equipamiento que permitirían una baja intensidad, aunque mayor al 10% máximo definido por el Art. 2.1.30 OGUC.

ii) Altura máxima de Edificación

En cuarto lugar, las alternativas consideran una decisión de control de alturas máximas de edificaciones, integrando este lineamiento a las normas urbanísticas del instrumento. Cabe mencionar que el instrumento vigente no considera la definición de esta norma. De acuerdo al diagnóstico, se identificaron cuatro categorías de altura máxima, correspondientes a edificaciones de altura baja asociada a casas unifamiliares de 1 y 2 pisos (hasta 7 m), altura media asociada a condominios residenciales de 3 a 5 pisos (hasta 17,5 m), edificaciones en altura asociada a conjuntos o equipamientos de 6 a 8 pisos (hasta 28 m), y edificaciones o conjuntos de altura singular sobre los 9 pisos, que adquieren una verticalización que sobresale en el paisaje urbano, y alteran sus condiciones (más de 28 m).

A fin de resguardar las condiciones de intervisibilidad del paisaje y la escala e imagen urbana de la localidad, se consideró que la altura máxima de edificación debiera evitar la reproducción de inmuebles en alturas singulares sobre los 8 pisos. Por otra parte, respecto a los condominios de altura media se considera que las normas de altura máxima para esta categoría deberían normar un máximo de 4 pisos para así no superar los 5 pisos en casos de aumentos normativos por conjunto armónico, y generar interrupciones de vista en altura media.

De manera complementaria a la norma anterior, la densidad bruta (junto a otras normas como constructibilidad y ocupación de suelo) permitiría regular las condiciones morfológicas máximas de los volúmenes de los inmuebles. Respecto a las densidades, se considera que las densidades ideales para los conjuntos de altura media debiesen considerar de referencia los 220 hab/ha del Condominio Lomas de Puyai (4 pisos), en tanto las densidades de alturas mayores de 8 pisos no deberían superar esta densidad por más de $\frac{2}{3}$ de la densidad de dicho condominio.

c) **Adopción de las condicionantes de riesgo**

En quinto lugar, las alternativas proponen una estrategia diferenciada de enfrentar o adaptarse a las condicionantes de riesgo y espacios públicos. Se consideran dos aspectos: la definición de áreas restringidas al desarrollo urbano y adopción de zonas con normas urbanísticas de baja intensidad y prohibición de ciertos usos.

i) Áreas Restringidas al Desarrollo Urbano

Reconociendo las condicionantes de riesgo natural y antrópico se definen Áreas Restringidas al Desarrollo Urbano, de acuerdo al Art. 2.1.17 de la OGUC. El Estudio de Riesgo (Anexo 1: Riesgos y Protección ambiental). El estudio describe tres categorías de afección de las condiciones de riesgo, identificado: i) zonas de 'muy alta' susceptibilidad, aquellas que muy probablemente serán afectadas en caso de ocurrir algún evento del peligro analizado, ii) zonas de 'alta' susceptibilidad serán aquellas afectadas por eventos extremos (en muchos casos son los más grandes de los que se tengan registros históricos), y iii) zonas de 'moderada' susceptibilidad que se asocian a eventos excepcionales, de magnitud mucho mayor que las dos anteriores, que por lo mismo suelen afectar superficies mucho mayores, pero que son poco frecuentes, y por lo mismo, muchas veces no existen registros históricos.

El estudio de riesgo recomienda, en términos generales, que mientras mayor sea la susceptibilidad de un área específica, mayores sean las restricciones y/o condicionantes para su utilización. En términos específicos, el estudio de riesgo recomienda homologar las categorías de susceptibilidad a los términos referidos por el artículo 2.1.17 de la OGUC, estableciendo Áreas Restringidas al Desarrollo Urbano en las zonas de susceptibilidad "Muy Alta" y "Alta", buscando evitar que se construya en las zonas de 'muy alta' y 'alta' susceptibilidad.

Por último, se considera como riesgos no zonificables el peligro sísmico y volcánicos. Si bien el área de estudio ha sido afectada por sismos de gran magnitud, este peligro se considera no zonificable debido a que, en específico, no se detectan estructuras geológicas activas ni sismicidad cortical actual. Se concluye que la situación de las áreas en estudio es semejante a la situación de casi todo el país, asociada a sismos de profundidad intermedia, por lo que no se justifica su zonificación. En tanto, el peligro volcánico se desestima debido a que existe una distancia de 170 km al volcán activo más cercano (volcán Tupungatito), no existiendo conexión hidrográfica con las cuencas del área de estudio.

ii) Otras estrategias de adopción de las condiciones de riesgo

Más allá de la definición de Áreas Restringidas al Desarrollo Urbano asociadas al 2.1.17, el estudio de riesgo en sus recomendaciones (pág 115), promueve complementariamente aplicar normas urbanísticas que regulen la forma e intensidad de su ocupación, y en los casos de mayor susceptibilidad, establecer una correspondencia directa de las áreas de riesgo con áreas verdes y la consideración de distancias de resguardo.

Por otra parte, en áreas de susceptibilidad 'moderada' susceptibilidad no se recomienda aplicar el artículo 2.1.17, debido a que esta categoría de susceptibilidad está asociada a eventos excepcionales de un peligro dado. En consecuencia, se establecen áreas de susceptibilidad moderada y, en el caso de las áreas no consolidadas, excluir el equipamiento crítico (educación, salud y seguridad).

En este sentido, las alternativas de estructuración establecen criterios diferenciados para adoptar normas urbanísticas al interior de las áreas de riesgo (manejando distintamente los anchos de resguardos de áreas verdes y las normas de densidad), no así para las Áreas Restringidas al Desarrollo Urbano, para las cuales la recomendación técnica es una.

4.2.3 Estrategia de Conservación del paisaje y espacios públicos

En sexto lugar, las alternativas incorporan dos tipos de conservación, la zonificación de conservación histórica, o la adecuación de otras estrategias normativas y afectación como bien nacional de utilidad pública para su conservación.

Cabe mencionar que estos inmuebles de interés patrimonial, como elementos puntuales, todavía se encuentran en estudio y evaluación siguiendo lo establecido en la nueva circular DDU 400, un primer listado de inmuebles de interés permite identificar las áreas de mayor interés patrimonial y el carácter que cada alternativa propone incorporar en su valoración patrimonial (por ejemplo, considerar en mayor grado el patrimonio moderno de las residencias turísticas).

a) Zonas de Conservación Histórica

En el instrumento vigente no existe el reconocimiento de zonas ni inmuebles de conservación histórica. Las zonas de conservación históricas definidas para las alternativas de extensiones de incorporación de las zonas interés patrimonial a través de la definición de las zonas de conservación histórica, considerando una mayor o menor cantidad de inmuebles de interés patrimonial que contienen en su interior.

En términos específicos, estas consideran cuatro sectores de interés Playa Chica de Papudo (donde actualmente existe el Monumento Histórico de la Iglesia Nuestra Señora de las Mercedes (Decreto N°532 de 1995)), Papudo Centro, Conjunto de casas balneario, y Conjunto de casas frente a Playa Los Changos.

b) Áreas verdes para protección de otros elementos de interés

De forma complementaria, existe una consideración complementaria para elementos de interés patrimonial con menor grado de conservación, o elementos de interés patrimonial que no constituyen inmuebles, y que, por lo tanto, las herramientas de protección legal de los planes reguladores no pueden ser aplicados.

Esta situación se considera para ciertos conjuntos urbanos de interés para la imagen urbana, como ocurre con el loteo del Golf en Papudo, cuya valoración en la etapa de diagnóstico no obtuvo una puntuación que permitiera su eventual protección legal. Para este loteo se consideran condiciones normativas que controlen, en distinta manera, las alturas y densidades de los inmuebles.

Una segunda situación de este tipo se considera para el conjunto de la Casa Patronal de la Hacienda de Pullally. Este conjunto está constituido por elementos que constituyen inmuebles como las ruinas de la casona e iglesia patronal, los cercos y jardines de la casona, el entorno de la Laguna Pullally, la gruta de La Virgencita, entre otros. El criterio de protección en este caso es la incorporación de estos elementos a afectaciones de utilidad pública para BNUP de área verde, o en su defecto como zona de área verde (Art. 2.1.31 OGUC). Cabe señalar que, hasta ahora, tanto en Papudo y Pullally, estos elementos no habían dispuesto un tratamiento particular en el instrumento vigente de planificación.

4.2.4 Desarrollo Condicionado

Por último, respecto a las áreas condicionadas al desarrollo urbano por aplicación del Art. 184 LGUC, se aborda la posibilidad de generar condicionamientos al desarrollo urbano e incentivos normativos según los objetivos de habilitación de espacios públicos e integración social.

Si bien, la incorporación de este lineamiento sobre desarrollo condicionado al desarrollo urbano no tendrá aplicación para la presente etapa de desarrollo de alternativas de estructuración, queda establecido aquí como lineamientos posibles de colocar en operación para profundizar el desarrollo de objetivos específicos y conciliar intereses discordantes.

Al respecto, interesa la posibilidad de generar **aportes al espacio público** para mejorar condiciones de conectividad, accesibilidad, operación y movilidad, así como la calidad de espacios públicos y la cohesión social y sustentabilidad urbana (Art. 176 LGUC). Particularmente, esto permitiría desarrollar áreas verdes o cesiones al libre tránsito (al margen de las cesiones gratuitas y exigencias para loteos y copropiedades), desarrollar la conectividad y la mayor accesibilidad entre espacios públicos de mayor importancia como el borde costero y la vialidad estructurante, reforestar bosque nativo y tratamiento de quebradas, y para complementar las circulaciones de evacuación asociadas al peligro de inundación litoral o maremoto.

A su vez, también interesa la incorporación de incentivos normativos aplicados a territorios condicionados para el mejoramiento sea por materialización, reparación o mejoramiento de **equipamientos públicos** o el cumplimiento de otras condiciones que induzcan o colaboren en el mejoramiento de los niveles de **integración social urbana**.

4.3 ALTERNATIVAS DE ESTRUCTURACIÓN

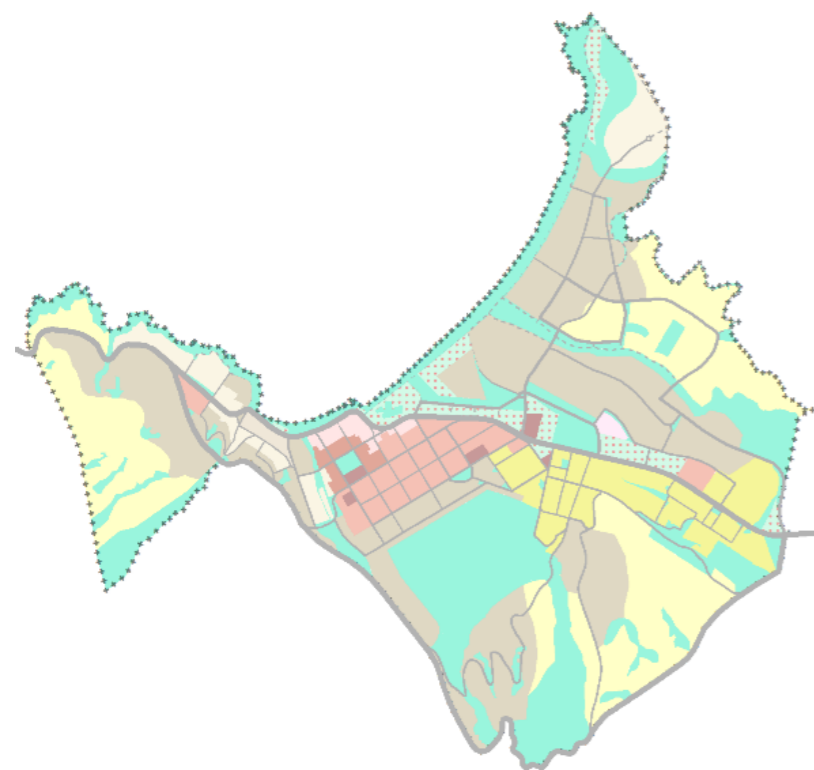
En función de los lineamientos antes descritos, a continuación, se profundiza en las tres alternativas de estructuración propuestas para la localidad de Papudo y las dos propuestas para Pullally.

Cabe destacar que las tres alternativas hasta entonces trabajadas en la etapa anterior han sido trabajadas y reformuladas en la presente entrega en función del trabajo conjunto con la contraparte municipal. Como producto de este trabajo se generaron dos alternativas estratégicas para cada localidad, enfocando para caso opciones contrastante para cada alternativa. Esta decisión se desarrolló a fin de generar las propuestas de alternativas que representen de la forma más clara y sencilla los contenidos propuestos para facilitar el trabajo de coplanificación junto a la comunidad en las instancias de participación ciudadana de la presente etapa.

Por su parte, la tercera alternativa presentada para cada localidad en la presente entrega no corresponde al trabajo desarrollado hasta ahora, sino que corresponde a la adopción de parte de las inquietudes expuestas por la comunidad en las jornadas de participación ciudadana.

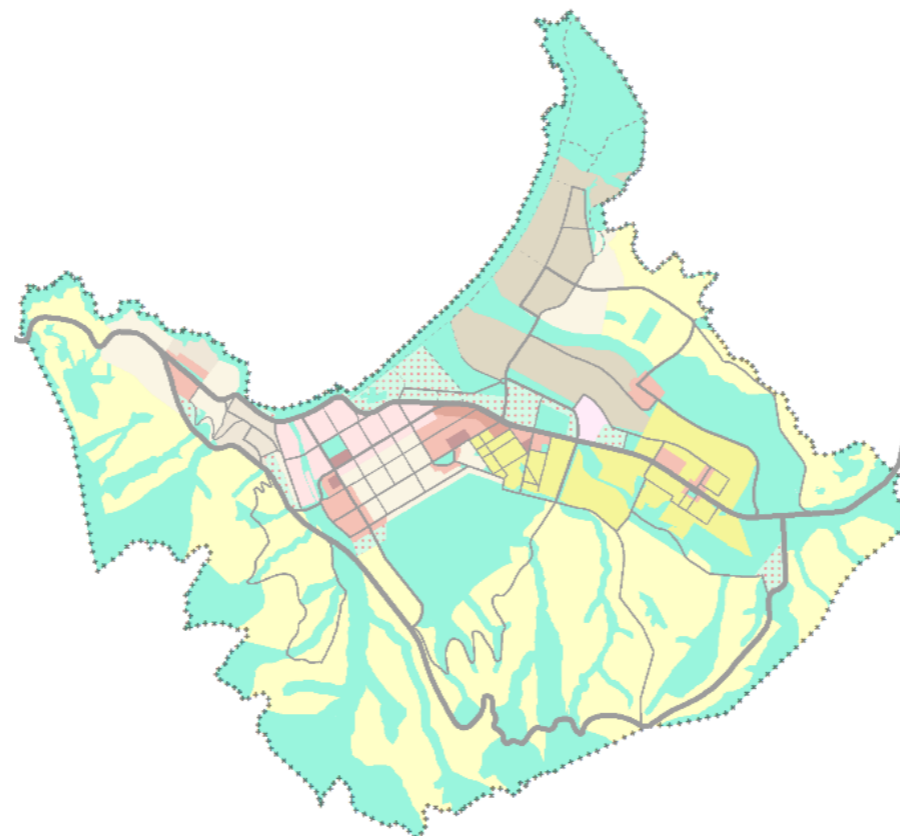
Las opciones estratégicas para Papudo y Pullally desarrollan tres alternativas de estructuración para el instrumento.

Ilustración 4.3-1 Esquema topológico de las opciones estratégicas de Papudo Alternativas 1, 2 y 3



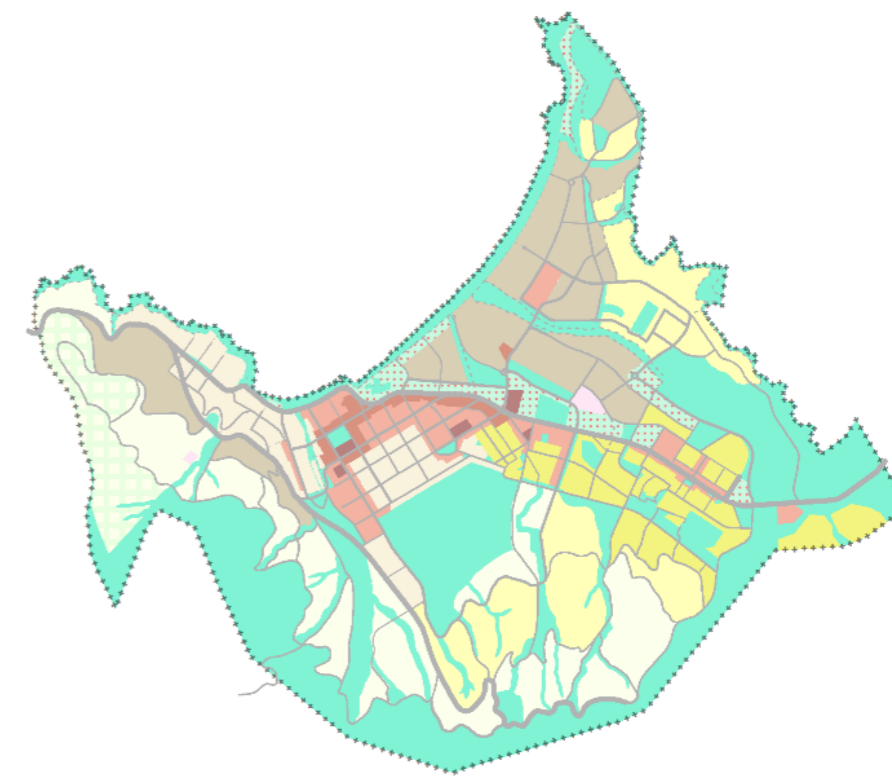
Alternativa 1

- La Alternativa 1 propone mantener las tendencias actuales de concentración de equipamientos y **desarrollo concentrado** de las en torno a la plaza de Papudo y las áreas de consolidación histórica, promoviendo una renovación urbana por remodelación o rehabilitación de las estructuras existentes.



Alternativa 2

- La Alternativa 2 propone una opción más extensiva, incorporando al área urbana el máximo de extensión del área de extensión urbana en proceso de aprobación del instrumento intercomunal e interpretando el límite de aquella área de extensión en función de la definición de una vía bypass a la Ruta F-30-E.

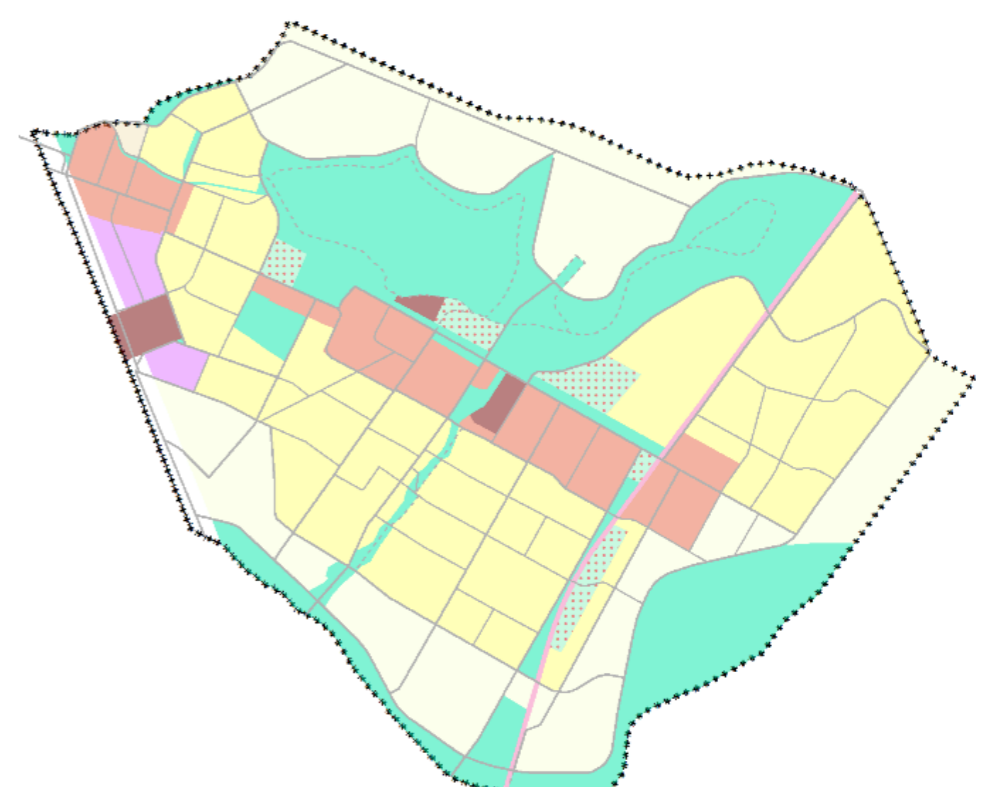
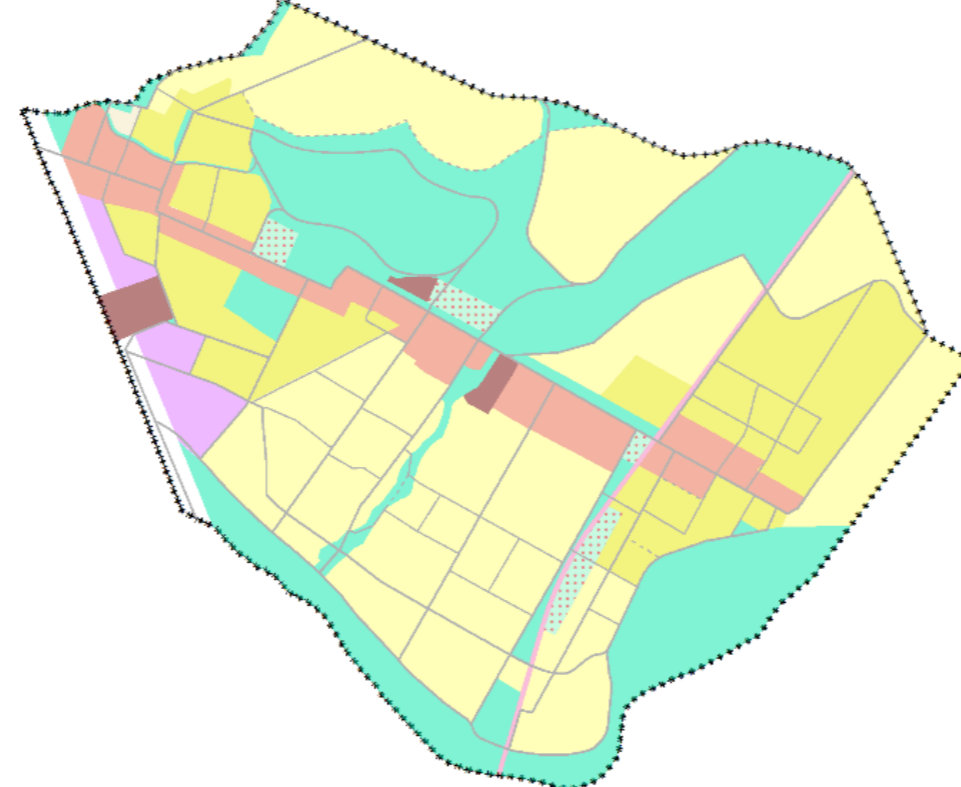
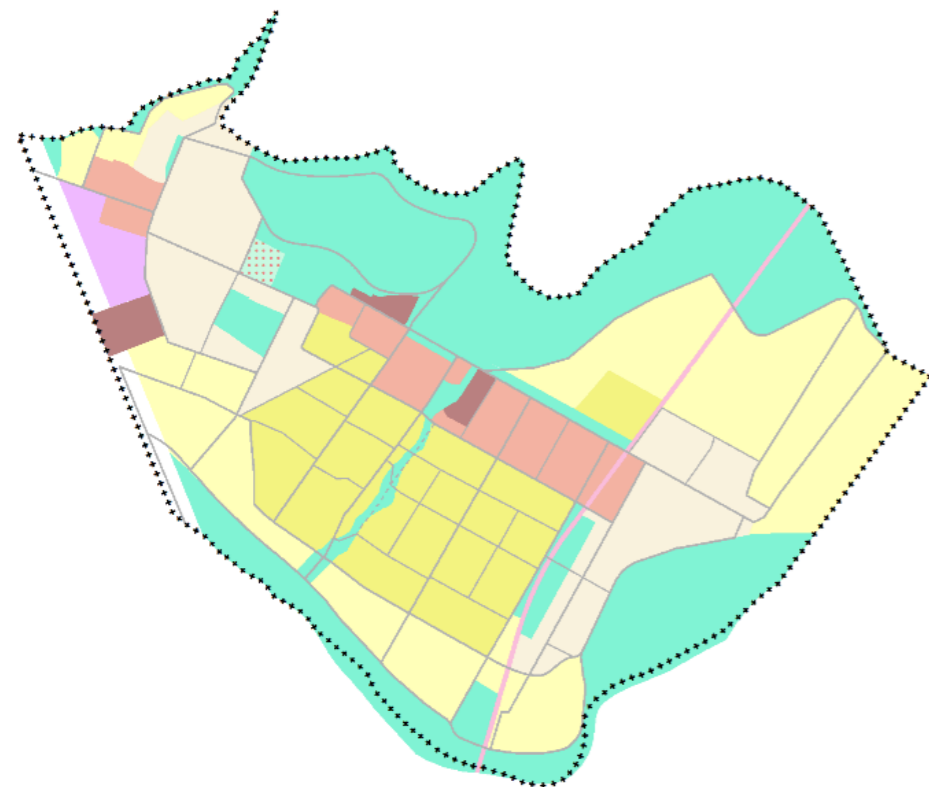
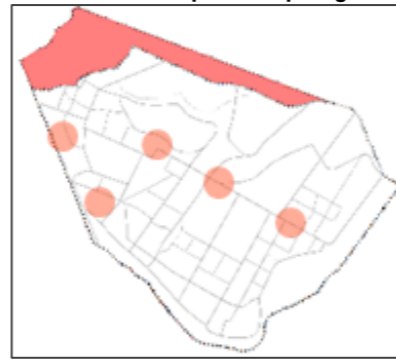
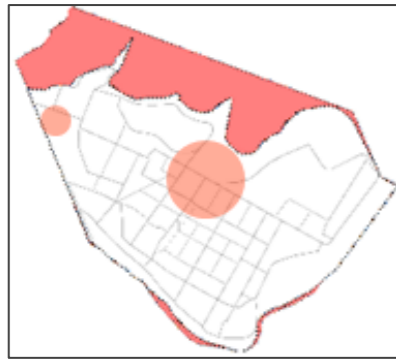


Alternativa 3

- La Alternativa 3 corresponde a una variante de la alternativa anterior, la cual fue desarrollada incorporando parte de las inquietudes de la comunidad y actores económico productivo en función de establecer un límite urbano que regule el área de extensión urbana y que permita las densidades medias en sectores específicos que no interrumpan la intervisibilidad del paisaje.

Fuente: elaboración propia

Ilustración 4.3-2 Esquema topológico de las opciones estratégicas de Pullally Alternativas 1, 2 y 3



Alternativa 1

- La Alternativa 1 propone mantener las tendencias de concentración de equipamientos mixtos en torno a la Av. Las Salinas entre la línea del tren y la ex casona patronal, promoviendo la intensificación de la ocupación en el sector tradicional del asentamiento.

Alternativa 2

- La Alternativa 2 propone una extensión mayor del eje de equipamientos mixtos, entre la Ruta 5 y remate oriente de la Av. Las Salinas, posibilitando una distribución mayor de los bienes urbanos y promoviendo un desarrollo más extenso de la localidad y la posibilidad de una ocupación más intensiva en los bordes de la localidad y una ocupación de baja intensidad en el sector tradicional y el sector norte de la laguna de Pullally.

Alternativa 3

- La Alternativa 3 corresponde a una variante de la alternativa anterior, incorporando parte del consenso de la comunidad respecto a la propuesta. Esta alternativa propone una extensión del total de área de extensión urbana de Pullally, considerando una ocupación de menor intensidad de la localidad, resguardando la escala y carga de ocupación.

Fuente: elaboración propia

Entre otros elementos, estas opciones estratégicas desarrollan un tratamiento diferenciado de las áreas de riesgo, las cuales se sintetizan en el siguiente cuadro. Respecto a los otros elementos constitutivos del plan se presentan a continuación desarrollando cada uno de los lineamientos del plan antes mencionados.

Cuadro 4.3-1 Tratamiento complementario de las áreas de riesgo de acuerdo al tipo de peligro, grado de susceptibilidad y categoría de ocupación

Áreas de riesgo Art. 2.1.17 OGUC	TIPOS DE PELIGRO	SUSCEPTIBILIDAD	CRITERIO FORMULACIÓN DE LA MODIFICACIÓN DEL PLAN *					
			ÁREA SIN OCUPACIÓN			ÁREA CONSOLIDADA		
			ALT1	ALT2	ALT3	ALT1	ALT2	ALT3
1 Zonas inundables o potencialmente inundables asociadas a maremoto	Inundación litoral por maremoto	MUY ALTA y ALTA	Uso residencial media densidad y equipamiento no esencial.	Uso área verde y equipamiento no esencial	Uso residencial media densidad y equipamiento no esencial. Apertura de vías de evacuación	Uso residencial media densidad y equipamiento no esencial.	Uso residencial media densidad y equipamiento no esencial.	Uso residencial media densidad y equipamiento no esencial. Apertura de vías de evacuación
2 Zonas inundables o potencialmente inundables asociadas a la proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos	Flujo de barro y/o detrito	MUY ALTA y ALTA	Zona área verde en faja quebrada 50 m	Zona área verde en faja quebrada 30 m	Área verde en fajas quebrada de 20, 30 y 50 m según área de riesgo	Mantener uso e intensidad existente 2.1.17 OGUC	Mantener uso e intensidad existente 2.1.17 OGUC	Mantener uso e intensidad existente 2.1.17 OGUC
3. Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas	Remoción en masa (proceso de ladera)	MUY ALTA	Zona área verde		Densidad máxima de 40 hab/ha	Uso existente con Art. 2.1.17 OGUC	Uso existente con Art. 2.1.17 OGUC	Uso existente con Art. 2.1.17 OGUC
		ALTA	Aplica solo Art. 2.1.17					

* Cabe señalar que sobre estas áreas de riesgo siempre operaría el Art. 2.1.17 OGUC

Fuente: elaboración propia

4.3.1 Alternativa 1 Papudo: Desarrollo Concentrado

En la etapa más reciente de su proceso de urbanización, la materialización de edificación de alta intensidad, sin regulación en densidad y constructibilidad, y escasamente regulada en términos de altura, se ha concentrado particularmente en el área urbana incorporada por el Seccional Punta Puyai de marzo de 1996. Parte importante de esta área se encuentra separada del área consolidada de Papudo, por lo cual, pese al crecimiento de la expansión de esta nueva urbanización, aún se distingue en términos perceptuales la localidad de Papudo al sur y el Balneario de Punta Puyai al norte.

Es a partir de esta dinámica que la alternativa 1 aborda la planificación de la localidad, reconociendo intensidades de urbanización de Punta Puyai. Si bien, el sector de Punta Puyai corresponde a un área cuya dinámica es netamente estacionaria en torno al turismo, esta dinámica ha tomado parte del área central de Papudo. Para consolidar esta dinámica, la alternativa 1 regular la dinámica actual de concentración de equipamientos y actividad turística en Papudo, posibilitando márgenes de intensificación adecuada para la renovación urbana de ciertos sectores de la localidad.

a) Estrategia de ocupación

La Alternativa 1 de Desarrollo Concentrado, propone reconocer la distinción existente entre el sector de Papudo y de Punta Puyai, potenciando sus vocaciones particulares a través de la promoción de dos centralidades: el centro tradicional de la localidad de Papudo, en torno a la Plaza de Papudo, y un centro para el sector Punta Puyai en torno a el acceso a la playa y la Avenida Marítima.

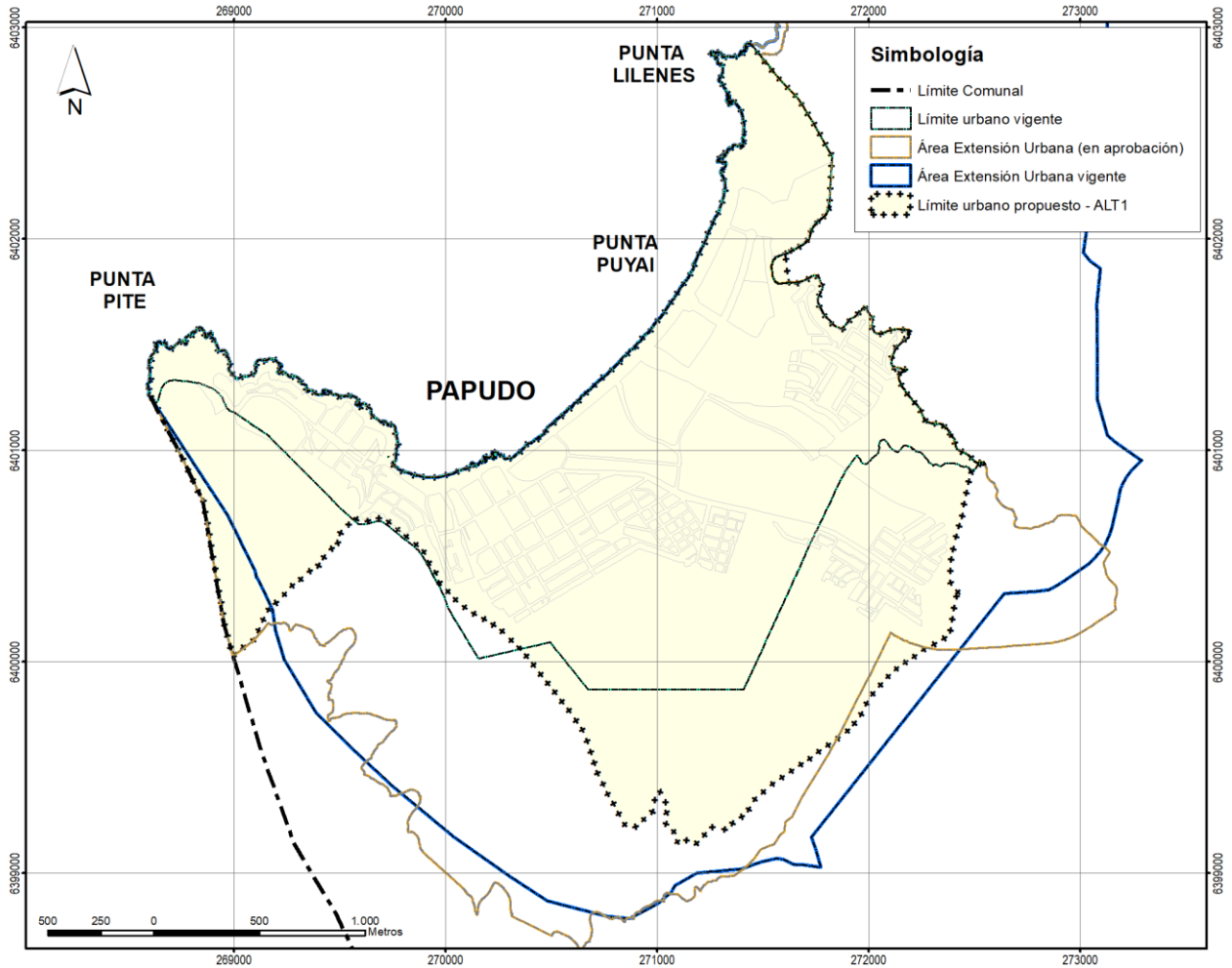
A su vez, de manera complementaria a las dos centralidades anteriores, se definen dos centralidades emergentes y dependientes de las centralidades principales. En ese sentido, las centralidades de un nivel jerárquico menor se orientan a la atención, de manera más próxima de la población, según el carácter estacionario o permanente de los barrios cercanos. Todas estas reconocen distinciones territoriales significativas al interior del sector Papudo.

i) Límite Urbano

En función de estos elementos de estructuración que fomentan el desarrollo interno de la localidad en torno a las centralidades identificadas, se propone un límite urbano que reconoce el área urbana actual, considerando una incorporación controlada de nuevos terrenos al área urbana. Estos corresponden a los conjuntos habitacionales ubicados al suroriente de la localidad, y una franja sur de la localidad por donde se proyecta una vía troncal de tipo bypass en el Plan Regulador Intercomunal de Valparaíso Satélite Borde Costero Norte de 1996.

De esta manera, la Alternativa 1 propone un aumento del 53% del área urbana vigente de la localidad de Papudo, incorporando al área urbana un 31% del área de extensión urbana vigente. Las AEU incorporadas corresponden a la parte alta del sector punta Pite y el Club de Golf, ajustando el límite urbano al proyecto de bypass de la Ruta F-30-E. En este, la faja proyectada de esta vía establecería un límite claro para el área urbana.

Ilustración 4.3-3 Definición del Límite Urbano Alternativa 1 Papudo



Instrumento	Límite Urbano Vigente (1969)	Área de Extensión Urbana PRIV _ SBCN (1996)	Límite Urbano Alternativa 1
Superficie Área Urbana (ha)	376	1.834,2	574,7

Fuente: elaboración propia

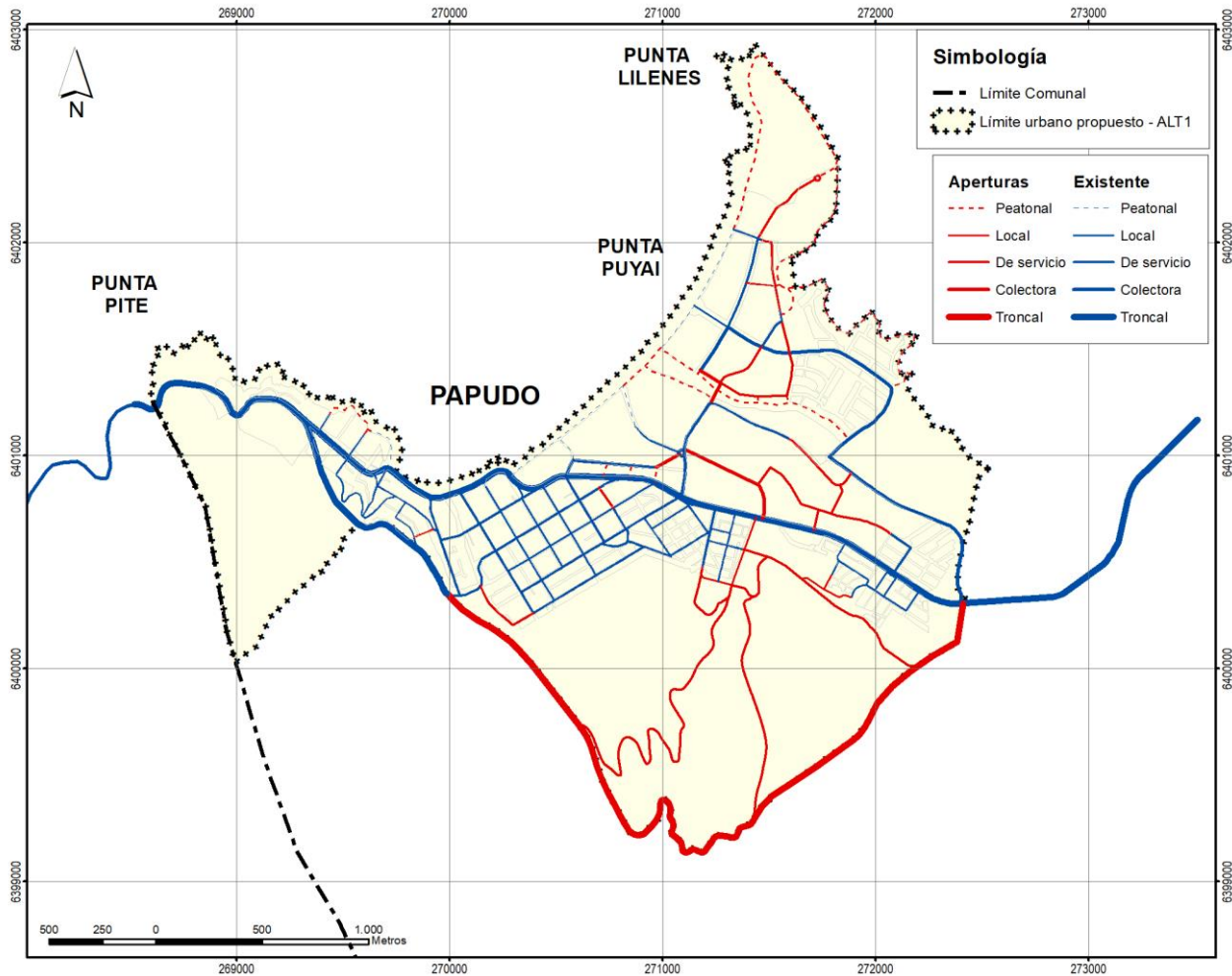
ii) Red Vial Estructurante

Por su parte, en términos de vialidad estructurante como disposición de un tejido para la conectividad urbana de la localidad, la presente alternativa genera un sistema intensivo de vialidad. Esto quiere decir, que desarrolla una vialidad que se basa en las categorías de mayor jerarquía.

En el sector de Punta Puyai, se desarrolla una avenida colectoras que conecta la vialidad interna con la vía troncal intercomunal Av. El Peumo-Ruta F-30-E. En tanto, en el sector de Papudo, se desarrollan una serie de vías de categoría de servicio que unen el interior de los sectores con la troncal intercomunal.

Cabe destacar que esta alternativa mantiene la situación actual, disponiendo sólo de una conexión entre Papudo y Punta Puyai, considerando que este último sector podría desarrollar una dinámica endógena, es decir, con equipamientos al interior del sector suficientes para el desarrollo de la dinámica estacionaria y vocación de balneario.

Ilustración 4.3-4 Definición del Vialidad Estructurante por categoría y aperturas Alternativa 1 Papudo



Categoría vial	Expresa	Troncal	Colectora	Servicio	Local	Peatonal	Total
Extensión de la red (m lineales)	0	12.161	4.526	16.292	7.748	7.996	48.722
Extensión de apertura de vías (m lineales)	0	3.882	900	8.679	1.076	6.067	20.605

Fuente: elaboración propia

En relación a la longitud de vialidad estructurante, esta alternativa dispone de un total de 35.081 metros lineales de vialidad estructurante, de los cuales 31% corresponden a vialidad troncal, 30% a vialidad local, 29% a vialidad de servicio, y 10% a vialidad colectora. De esta longitud de vialidad estructurante, se estima que un 63% de la vialidad propuesta es vialidad existente y 37% se encuentra asociado a aperturas. De las aperturas, por su parte, la categoría de mayor representación corresponde a las vías troncales (43%), seguidas por las vías de servicio (31%) y vialidad local (25%).

b) Intensidad y uso del suelo

La Alternativa 1 propone un desarrollo concentrado. Esto significa que reconoce la diferenciación existente al interior de la localidad entre el sector del centro tradicional existente en torno a la Plaza de Papudo, y Punta Puyai, disponiendo el fortalecimiento de ambas centralidades.

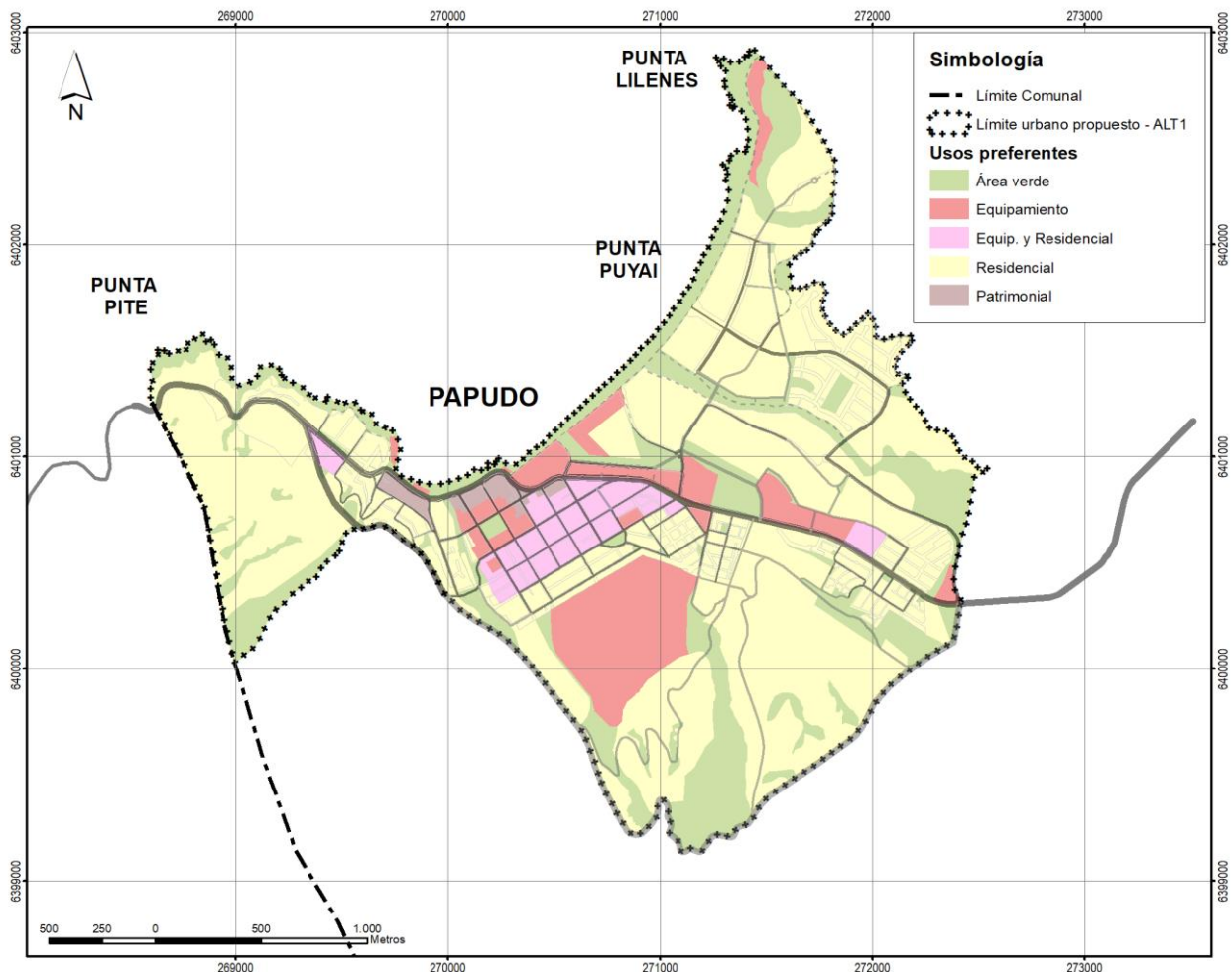
A partir de dicha estructura, a continuación, se describe la disposición de locaciones para actividades urbanas en equipamientos y residencia, las cuales corresponden a los mayores porcentajes de demanda de suelo en la localidad.

i) Usos de suelos exclusivos y preferentes

Concordante con la dinámica policéntrica que promueve la Alternativa 1, se dispone una serie de zonas de equipamiento y mixtas (residenciales y equipamiento), para el desarrollo y extensión de estas centralidades.

A su vez, esta zona dispone de una amplia zona de conservación histórica, la cual contiene parte importante del área comercial y de equipamientos de la localidad de Papudo. Esta alternativa supone que estas zonas de conservación proyecten un uso mixto acorde a las condiciones de conservación que se pretenden regular. Por lo tanto, estas zonas también serían zonas de vocación y atracción de equipamientos, no obstante, con una menor intensidad respecto a las zonas de equipamiento antes referidas.

Ilustración 4.3-5 Definición del Usos Preferentes Alternativa 1 Papudo



Categoría de uso preferente	Área Verde	Equipamiento	Equip. y residencia	Residencia	Patrimonial
Superficie de zonas	187,8	8,7	27,5	343,5	7,3
Superficie en área no consolidada	131,2	0,1	2,1	209,3	0

Fuente: elaboración propia

Esta alternativa desarrolla las zonas preferentes de equipamiento y mixtas en la centralidad de consolidada en torno a la Plaza de papudo, el área consolidada, el borde costero y el en torno a la Av. Víctor Fazio Rigazzi.

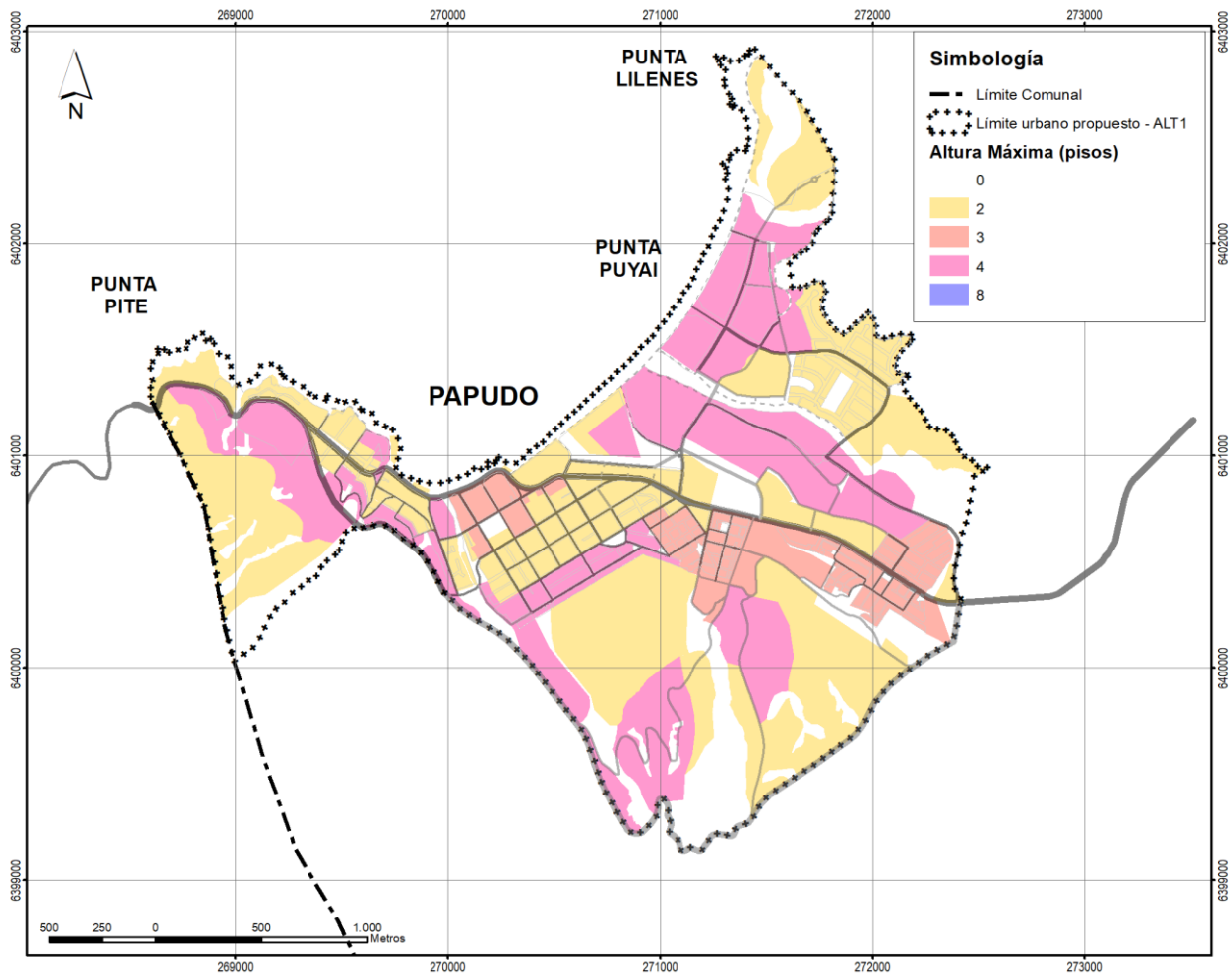
En síntesis, las áreas para actividades urbanas de tipo residencial y equipamiento se disponen en torno a las áreas de centralidad actual, promoviendo o fortaleciendo la emergencia de nuevas centralidades que puedan sustentar las demandas más particulares relacionadas con la vocación propia de cada sector, ya sea estacionaria o permanente.

ii) Altura máxima de Edificación

En alturas máximas de edificación, la situación propuesta de desarrollo concentrado de la Alternativa 2 reconoce una gradiente de alturas que considera una zona central de alturas máximas de 2 y tres pisos circundado por un cinturón de altura de 4 pisos, la cual se extiende en la mayor parte de Punta Puyai.

Las decisiones sobre alturas máximas de edificación consideran una baja altura para una menor interrupción de vistas. Por este motivo, las alturas en el sector centro y del entorno de la playa chica dispone de alturas de 2 y 3 pisos. Asimismo, las áreas de riesgo por escarpe disponen de una menor altura. Las zonas que permiten 4 pisos corresponden específicamente a situaciones donde existe una altura de 4 pisos o mayor y donde la incorporación de edificaciones en altura no interviene en gran medida la visibilidad del paisaje.

Ilustración 4.3-6 Definición del Altura máximas Alternativa 1 Papudo



Altura máxima de edificación	2 pisos	3 pisos	4 pisos	8 pisos
Superficie de zonas	224,5	47,5	114,9	0

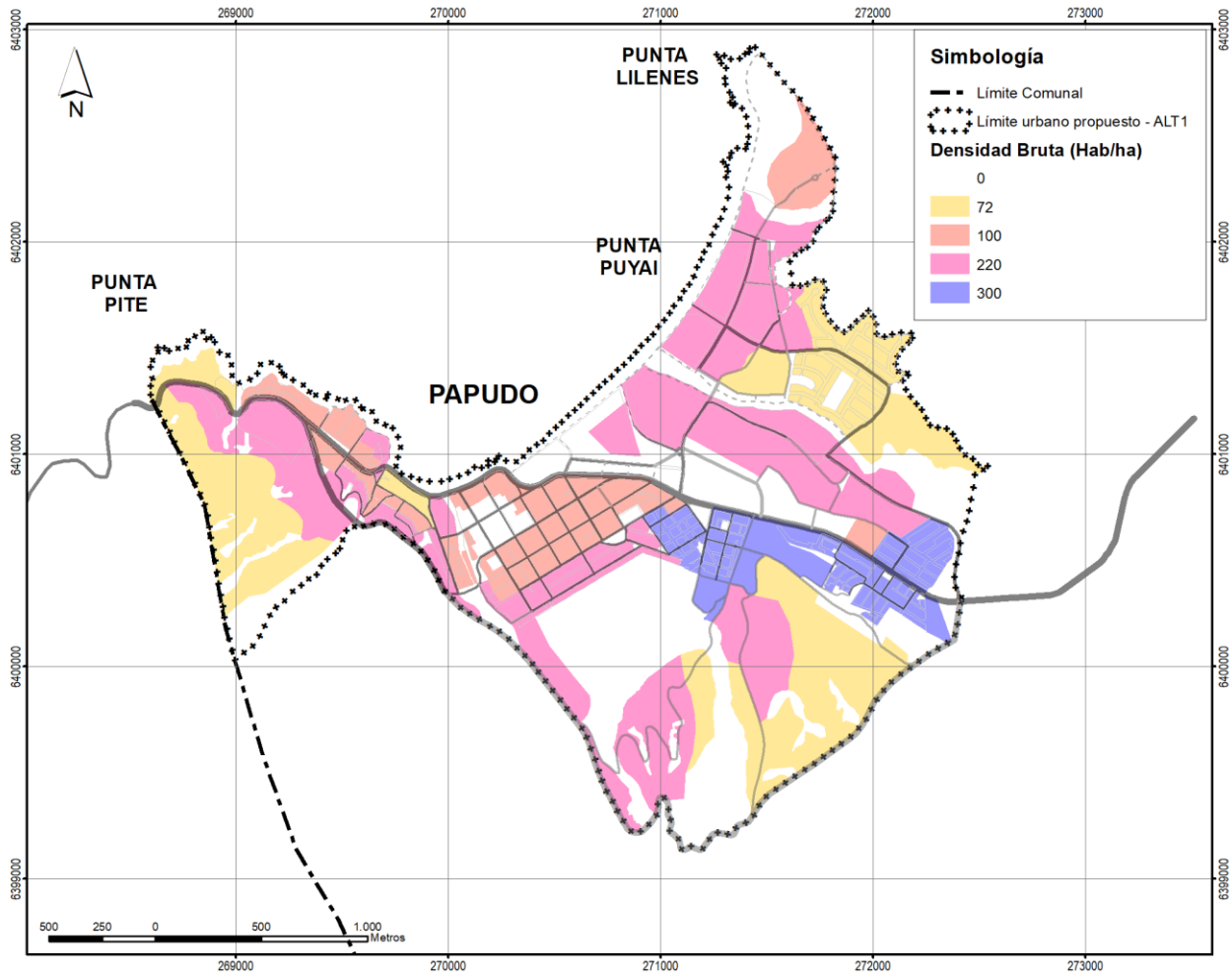
Fuente: elaboración propia

iii) Densidad bruta

Por su parte, las zonas de mayor atractivo para el desarrollo residencial corresponden a las zonas mixtas residenciales y las zonas residenciales preferentes. En este sentido se distingue que el crecimiento del área urbana en sus extremos oriente y poniente, permitiría un crecimiento del área residencial, al mismo tiempo que parte del área existente al norte de la Ruta F-30-E y el estero Lilén.

Considerando estas áreas de atracción de la demanda residencial, a continuación, se muestra una primera disposición de densidades. Se identifica que las mayores densidades se encuentran en el sector de Punta Pite, donde se reconoce la situación actual de producción inmobiliaria que ha tenido la zona, y se proyectan zonas de densidad media en su entorno. De la misma forma, se dispone una densidad media para nuevas áreas residenciales en los extremos de la localidad. En contraposición, el centro de la localidad dispone de una densidad menor, a fin de disminuir la presión inmobiliaria en este sector y de resguardar las condiciones de paisaje cultural y patrimonio que la caracterizan. Por último, las zonas de menor densidad habitacional se emplazan en los bordes del área propuesta, junto a las áreas de mayor preservación ambiental.

Ilustración 4.3-7 Definición de Densidad Bruta máxima Alternativa 1 Papudo



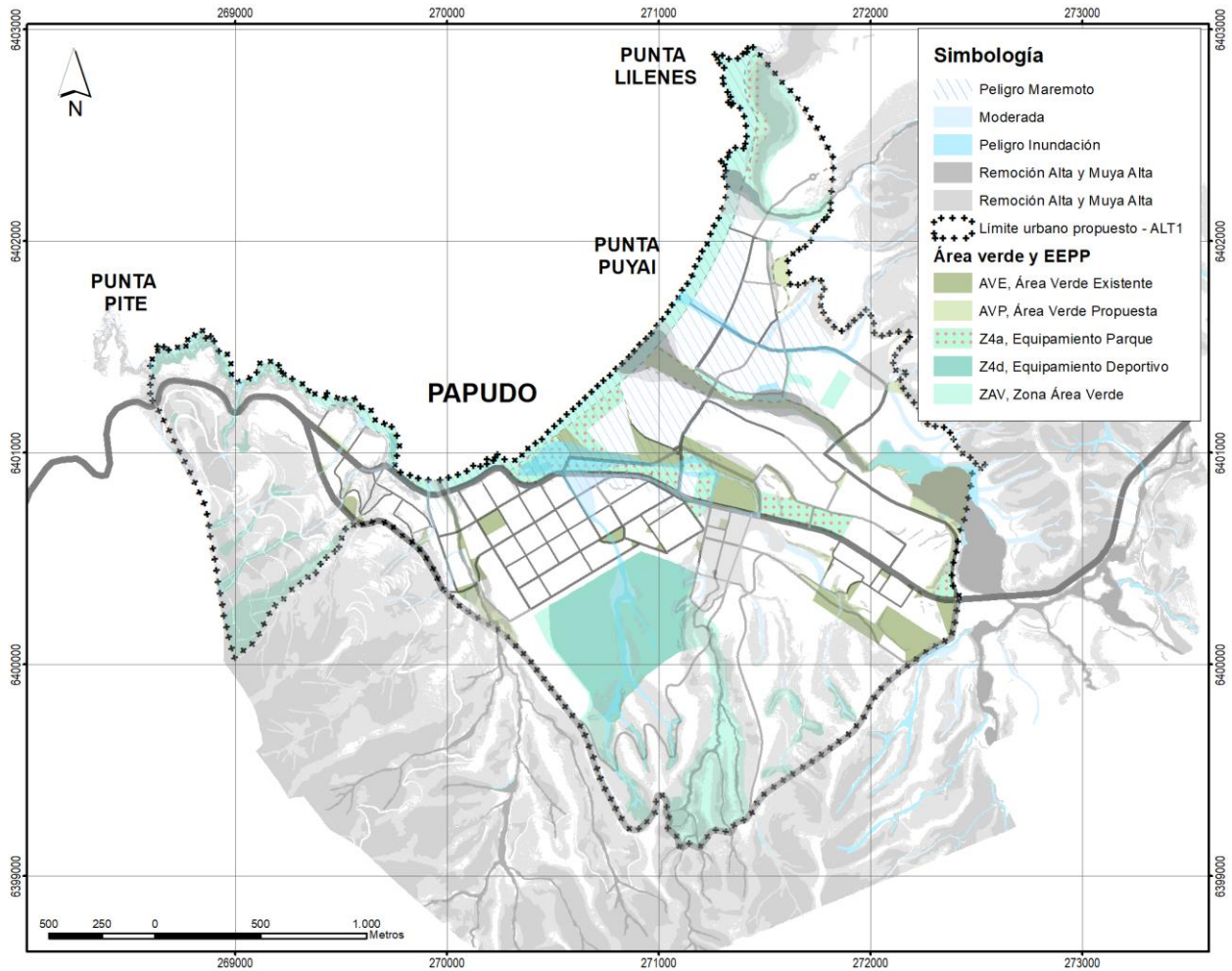
Altura máxima de edificación	72 hab/ha	100 hab/ha	220 hab/ha	300 hab/ha
Superficie de zonas	117,3	56,2	162,1	42,6
Superficie de zonas en área no consolidada	92,8	12,4	91,8	14,4
Superficie de zonas en ex-AEU	66,6	2,1	49,7	21,3

Fuente: elaboración propia

c) Sistema de Áreas Verdes

En cuanto al sistema de áreas verdes, la Alternativa 1 dispone de una estrategia general que reconoce las principales áreas verdes consolidadas existentes, los elementos naturales y los equipamientos deportivos. Complementariamente se adopta una estrategia de definir áreas verdes en las principales zonas de área restringidas al desarrollo por amenazas de muy alta susceptibilidad al riesgo físico de inundación, flujo de detritos y remoción en masa.

Ilustración 4.3-8 Definición del sistema de áreas verdes Alternativa 1 Papudo



Altura máxima de edificación	Área Verde	Zona Área Verde	Equipamiento Parque	Equipamiento deportivo
Superficie de zonas	48,1	83,4	21,8	34,5
Superficie de zonas en ex-AEU	21,2	37,9	2,4	1,7

Fuente: elaboración propia

Entre las áreas verdes definidas en el destaca la ampliación de la zona Z4a Equipamiento Parque en torno al Parque Municipal contiguo al borde costero y a la Av. Víctor Fazio Rigazzi. Por otro lado, el sector norte se incorpora como área verde el sector bajo del llamado Bosque Los Lilenes.

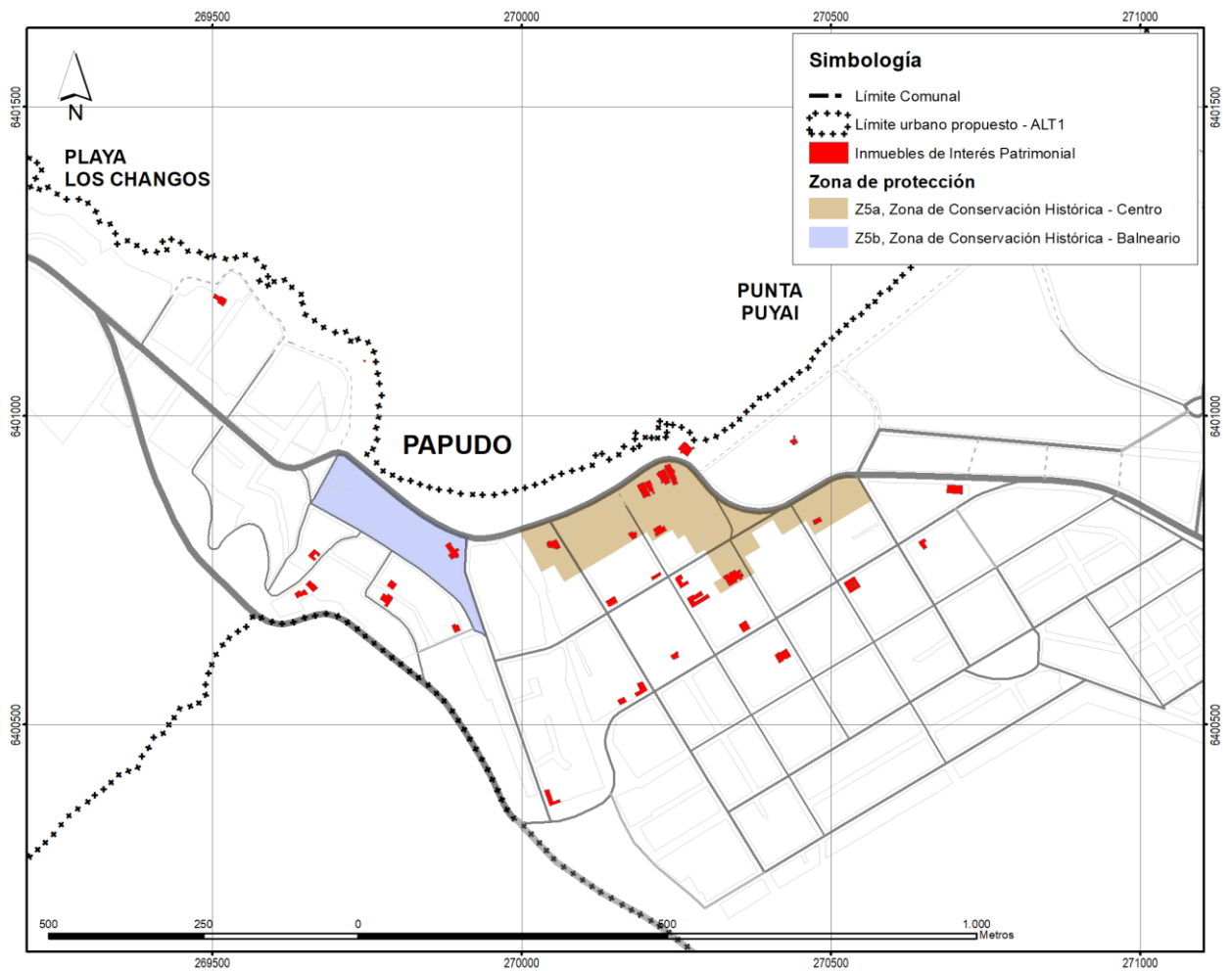
En síntesis, las áreas verdes de esta alternativa se suman a la centralidad consolidada y a las áreas de riesgo de mayor susceptibilidad. Al disponer de una menor incorporación de área de extensión urbana en las áreas escarpadas, las áreas verdes en áreas de riesgo son menor en esta alternativa.

d) Conservación Histórica

Por último, el reconocimiento de elementos de interés patrimonial más representativos como los inmuebles en torno al borde costero y la conformación espacial histórica de la Av. Irarrázaval. Cabe destacar que los inmuebles de interés patrimonial identificados en el diagnóstico serán reconocidos como inmuebles de conservación histórica de manera independiente, por lo que aquí concierne solo la conservación de una zona con el objeto de reconocer las cualidades espaciales que estos inmuebles otorgan para las zonas.

En concordancia con la extensión del límite urbano propuesto más acotado, y por tanto con una menor extensión para el desarrollo urbano, se define un área de conservación más acotada. En este sentido, las zonas definidas en la alternativa 1, se conforma de dos Zonas de Conservación Histórica acotadas a dos áreas en torno a la playa chica, las cuales disponen a su vez de un carácter patrimonial asociado a concentraciones de inmuebles de valor patrimonial como el Chalet Recart, el Hotel Mela, etc.

Ilustración 4.3-9 Definición de Zona de Conservación Alternativa 1 Papudo



Zonas de Conservación Histórica	Z5a	Z5b
Superficie de zonas	4,9	2,4

Fuente: elaboración propia

4.3.2 Alternativa 2 Papudo: Extensión Distribuida

A diferencia de la alternativa anterior, la Alternativa 2 propone una distribución de las áreas de equipamiento mixtas. En concordancia con esta alternativa, se considera un mayor control de alturas de edificación y una extensión del límite urbano, incorporando el área de extensión urbana. Las estrategias buscan restituir una imagen urbana de menor escala.

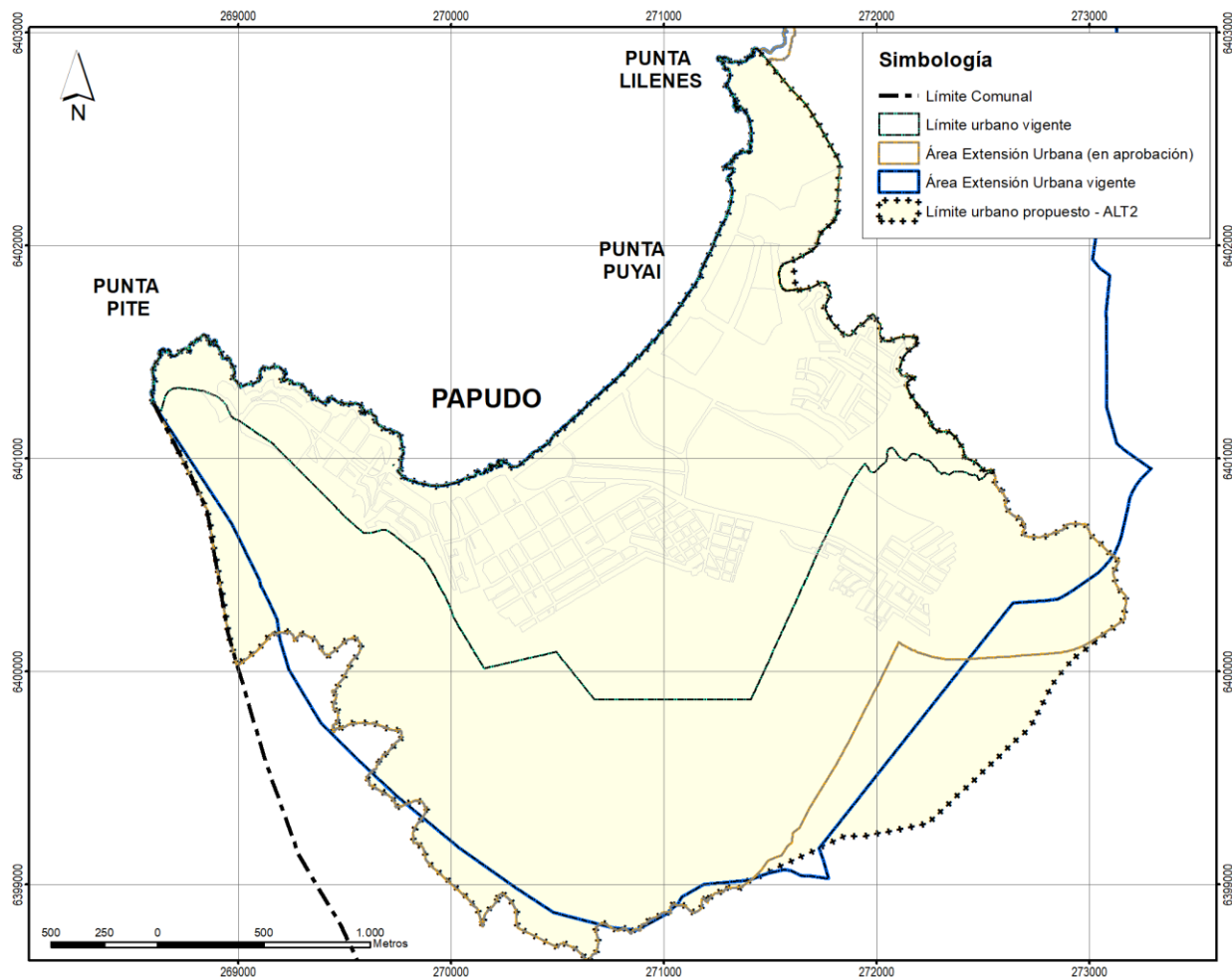
a) Estrategia de ocupación

La Alternativa 2 de Extensión Distribuida, propone la regulación de un área más extensa para el desarrollo urbano, permitiendo distribuir la actividad urbana y la presión que la urbanización ejerce sobre áreas particulares de la localidad.

i) Límite Urbano

En función de estos elementos de estructuración que fomentan el desarrollo distribuido de la localidad en torno a centralidades específicas ubicadas en los diferentes sectores de la localidad.

Ilustración 4.3-10 Definición del Límite Urbano Alternativa 2 Papudo



Instrumento	Límite Urbano Vigente (1969)	Área de Extensión Urbana PRIV _ SBCN (1996)	Límite Urbano Alternativa 2
Superficie Área Urbana (ha)	376	1.834,2	867,2

Fuente: elaboración propia

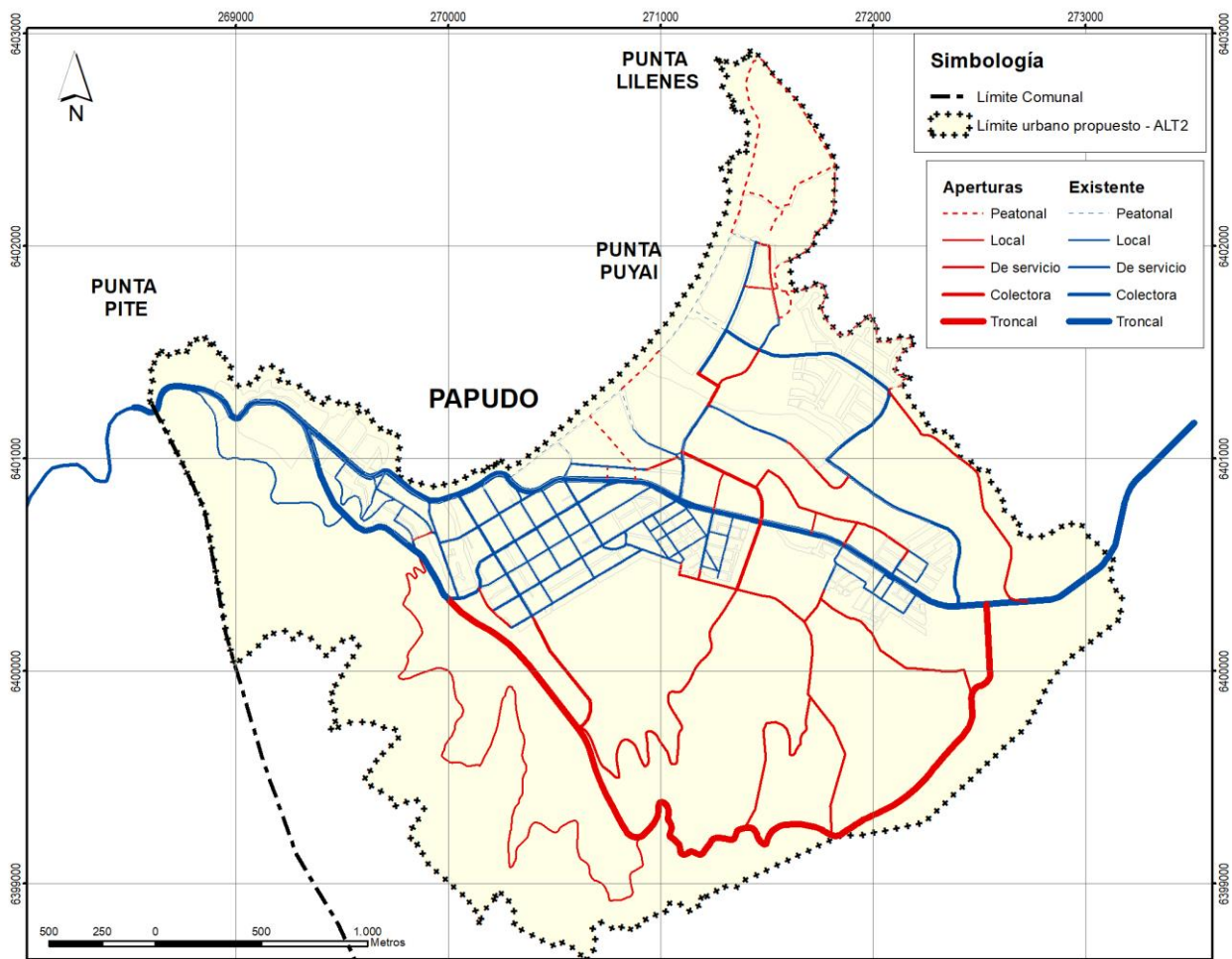
El límite urbano de este desarrollo distribuido se propone más extenso, en función de regular una intensidad de ocupación media baja, la cual resguarde una imagen urbana de pueblo balneario y los elementos de valor natural y espacial de escala más acotada.

En este sentido, el límite urbano de la alternativa 2 asimila el AEU del PRI SBCN en aprobación, incorporando y reinterpretando el área de extensión urbana del instrumento vigente. Para esta interpretación se consideró la extensión mayor de una vía bypass, la cual empalme con la Av. Víctor Fazio por el oriente a la altura de la entrada actual a Punta Puyai. En términos porcentuales, el límite urbano propuesto significa duplicar el límite urbano actual (130%), incorporando prácticamente la totalidad del área de extensión urbana en aprobación, y un 47% del área de extensión urbana vigente.

ii) Red Vial Estructurante

Por su parte, en términos de vialidad estructurante, la alternativa 2 genera un sistema extensivo de vialidad. Esto quiere decir, que desarrolla una vialidad que se basa en las categorías de media jerarquía que se distribuye para soportar la ocupación de una extensión mayor del territorio.

Ilustración 4.3-11 Definición del Vialidad Estructurante por categoría y aperturas Alternativa 2 Papudo



Categoría vial	Expresa	Troncal	Colectora	Servicio	Local	Peatonal	Total
Extensión de la red (m lineales)	0	12.161	4.526	16.292	7.748	7.995	48.722
Extensión de apertura de vías (m lineales)	0	4.326	1.753	12.313	519	5.143	24.055

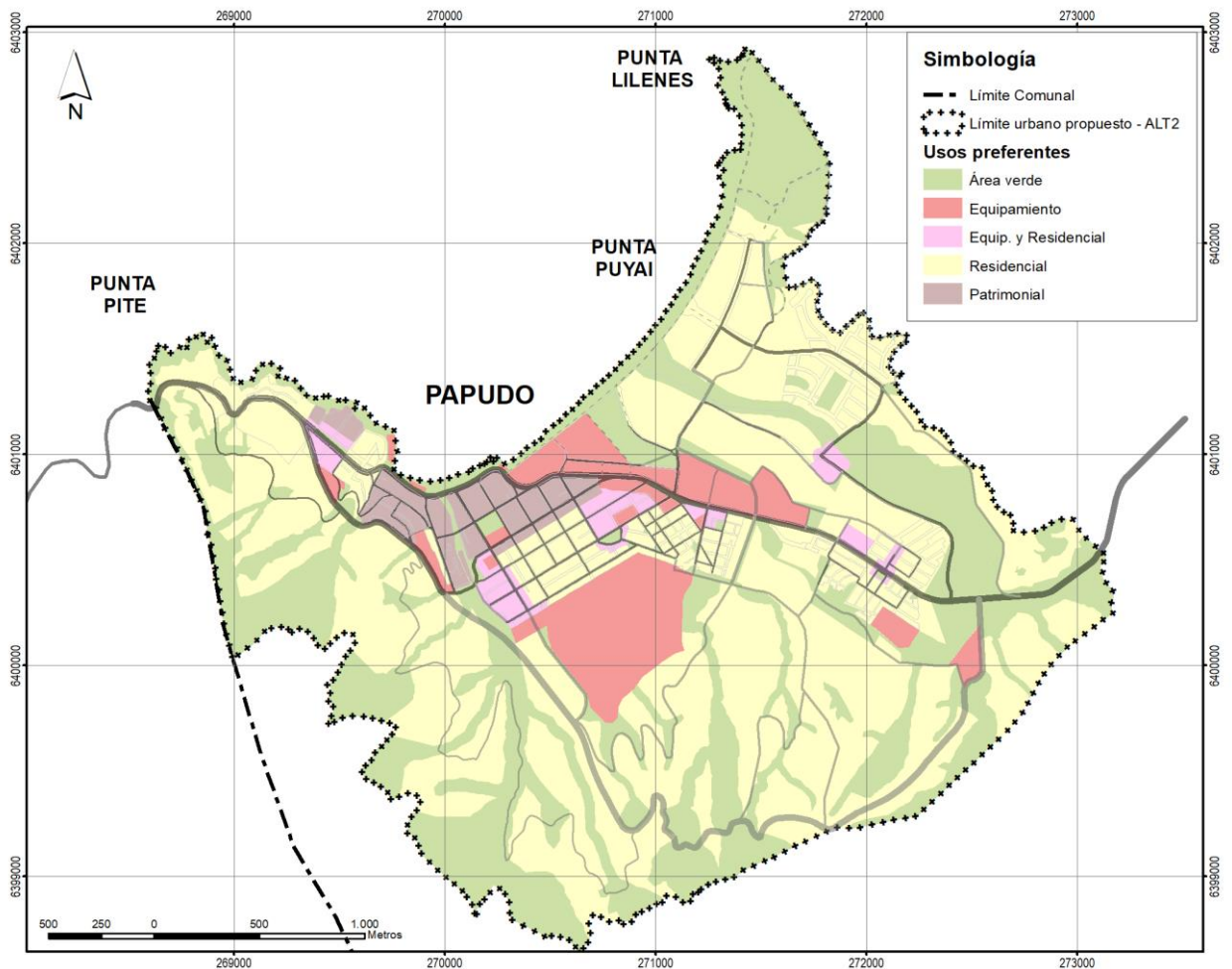
Fuente: elaboración propia

b) Intensidad y uso del suelo

La Alternativa 2 propone un desarrollo distribuido. Esto significa que reconoce la especialización existente al interior de la localidad entre cada sector de la localidad, y la potencialidad de generar un acceso equitativo a bienes urbanos particularizado en cada caso.

Destacan frente a este esquema la distribución de equipamientos en torno a la Av. Víctor Fazio y la mayor dispersión de zonas de equipamientos y mixtas en torno al Bypass de la Ruta F-30-E. En términos generales, la Alternativa 2 expande el área donde se promueve un uso mixto y equipamientos, generando una mayor área de influencia de estos, acorde a la ampliación del límite urbano considerado.

Ilustración 4.3-12 Definición del Usos Preferentes Alternativa 2 Papudo



Categoría de uso preferente	Área Verde	Equipamiento	Equip. y residencia	Residencia	Patrimonial
Superficie de zonas	372,3	7,5	19,9	438,1	23,7
Superficie en área no consolidada	313,1	1,4	3,3	316,4	1,0

Fuente: elaboración propia

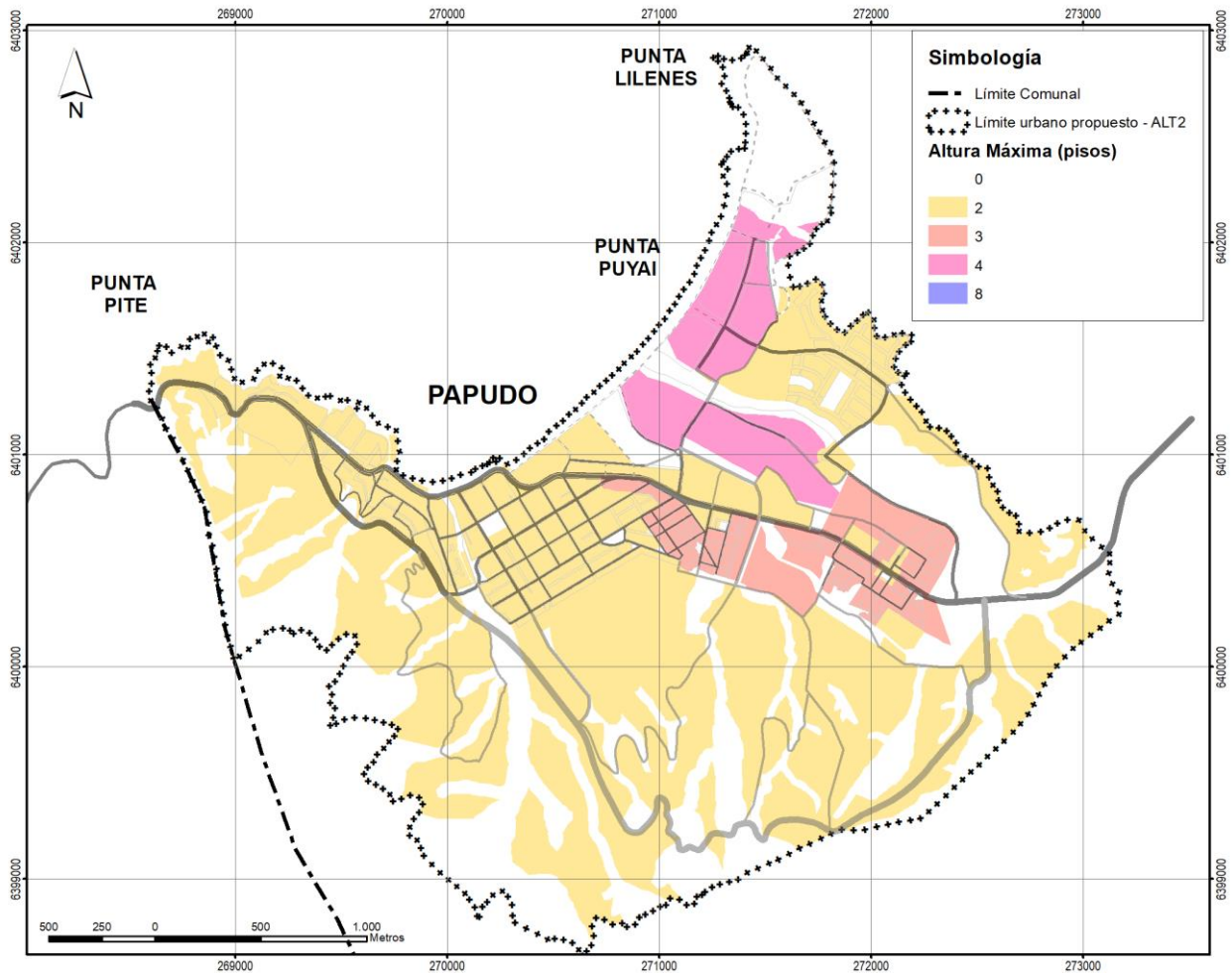
i) Altura máxima de Edificación

En alturas máximas de edificación para la alternativa 2 se dispone de un promedio de altura menor que la alternativa anterior, estableciendo un límite bajo de alturas en la mayor parte del territorio, coincidente a la altura predominante de 2 pisos tradicional del balneario.

Las Alturas mayores se disponen en sectores específicos del plan, en torno a las áreas donde existe un mayor número de proyectos en altura. En estos casos se controla la altura máxima de edificación en torno a la categoría de altura media baja 3 y 4 pisos y se disponen en sectores que afecten menos la intervisibilidad del paisaje.

De manera general, esta alternativa procura homogeneizar un control de las alturas máximas de edificación, disminuyendo las intervenciones al paisaje y al perfil urbano de la localidad, destacando los inmuebles de interés patrimonial existentes.

Ilustración 4.3-13 Definición del Altura máximas Alternativa 2 Papudo



Altura máxima de edificación	2 pisos	3 pisos	4 pisos	8 pisos
Superficie de zonas	389,6	47,9	51,7	0

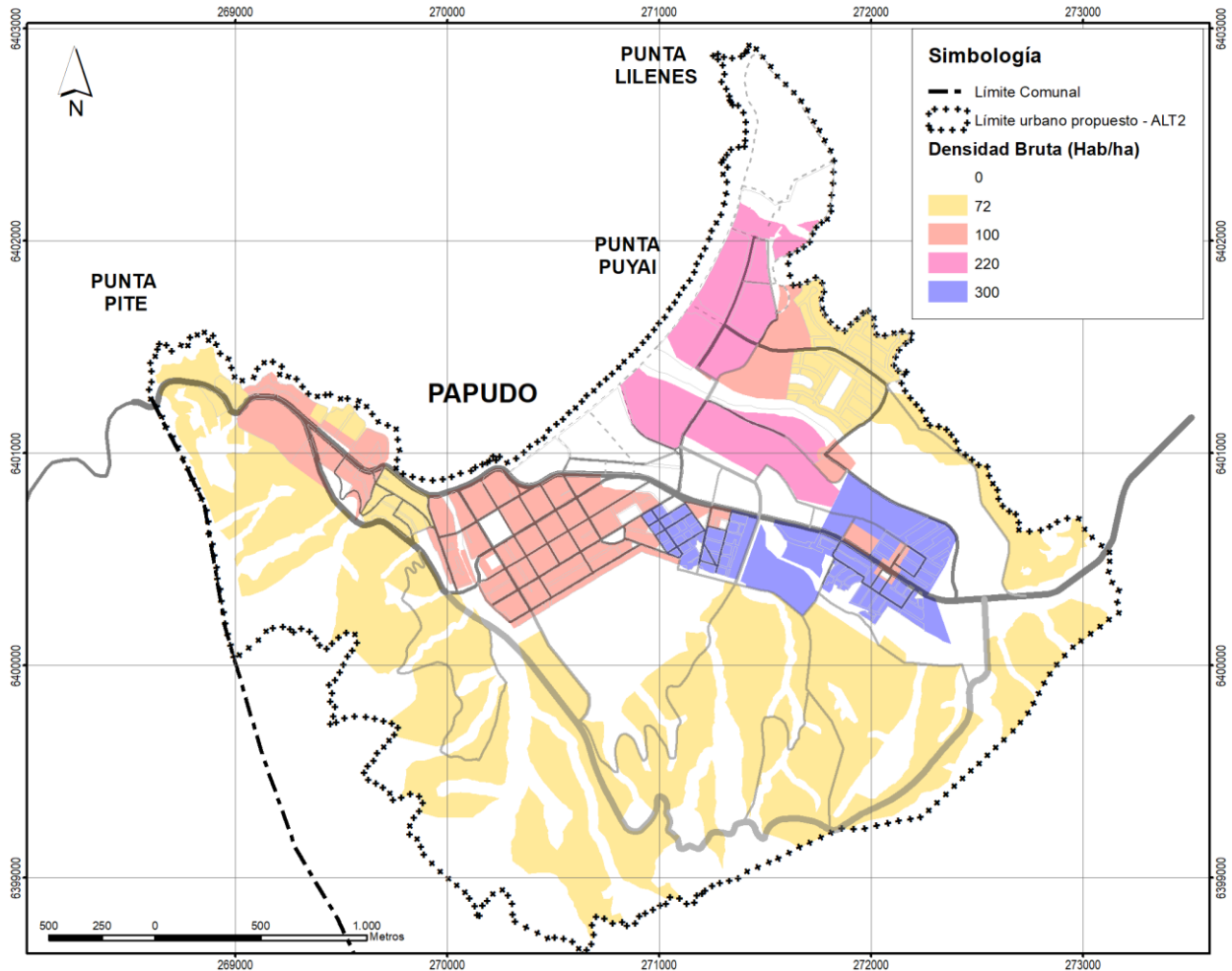
Fuente: elaboración propia

ii) Densidad bruta

Concordante con la propuesta de alturas máximas, las densidades brutas máximas dispuestas consideran regular a niveles medios y bajos de densidad. De esta forma las mayores densidades se colocan selectivamente sobre lugares específicos.

En términos generales, la disposición de estas mayores densidades tiene lugar en el sector de las villas al suroriente de la localidad, y la posibilidad de generar una integración de estas zonas, disponiendo una mayor densidad. Un segundo nivel de densidad media se encuentra en Punta Puyai, donde se plantea replicar densidades similares a la del proyecto Lomas de Puyai. En un tercer nivel se encuentra la densidad media baja propuesta para el sector centro y áreas tradicionales de viviendas de veraneo. Por último, la menor densidad corresponde a la ocupación de áreas de laderas, sectores escarpados como Punta Pite, y sectores ya consolidados en una baja densidad como Punta Puyai en el sector de los condominios Flores de Puyai y Arenas de Puyai.

Ilustración 4.3-14 Definición de Densidad Bruta máxima Alternativa 2 Papudo



Altura máxima de edificación	72 hab/ha	100 hab/ha	220 hab/ha	300 hab/ha
Superficie de zonas	303,7	84,0	51,7	47,9
Superficie de zonas en área no consolidada	271,6	17,7	9,7	21,7
Superficie de zonas en ex-AEU	240,2	3,5	0	29,5

Fuente: elaboración propia

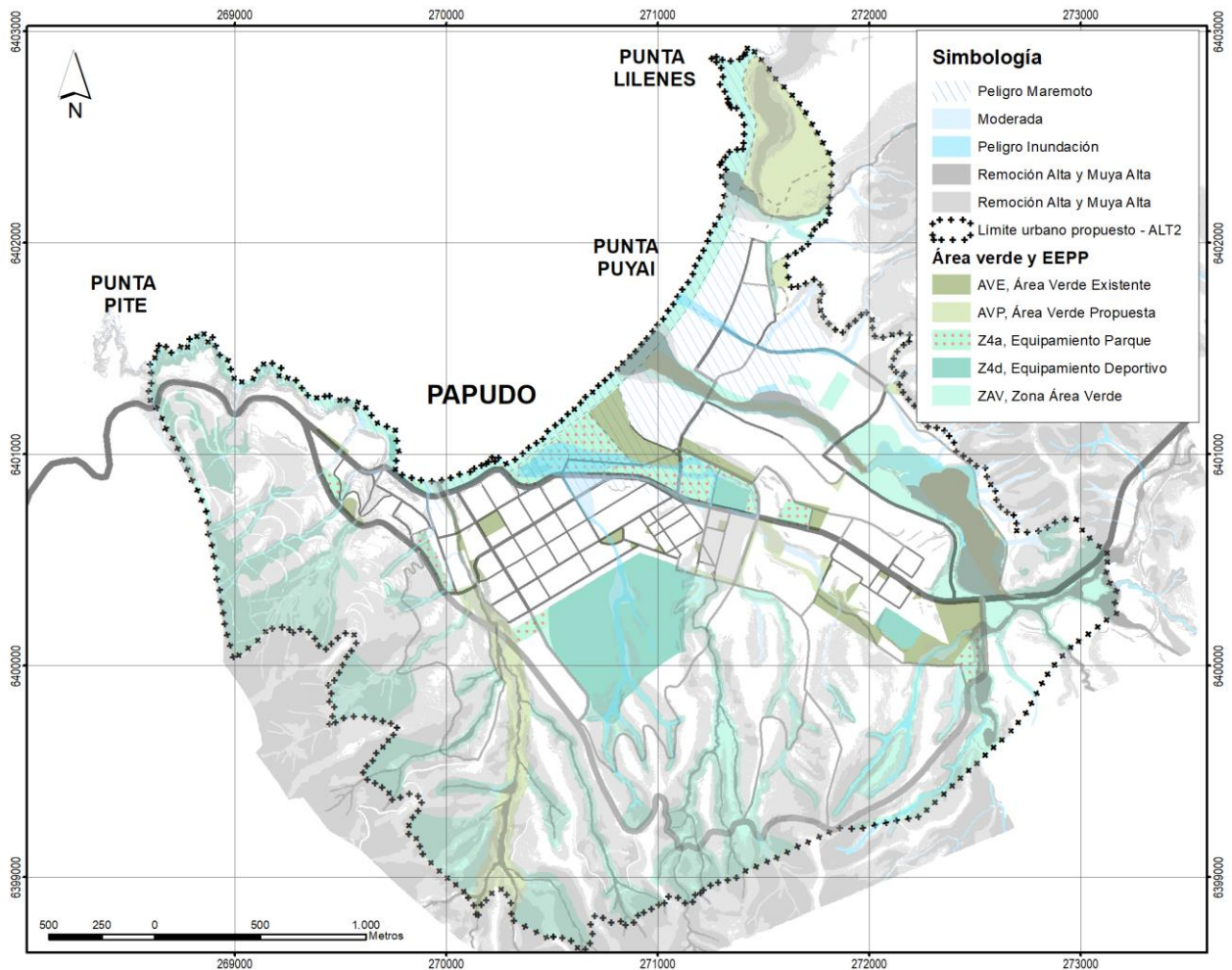
c) Sistema de Áreas Verdes

En cuanto al sistema de áreas verdes, la Alternativa 2 dispone de una estrategia general que reconoce las áreas verdes consolidadas existentes, los elementos naturales y los equipamientos deportivos a fin de generar una red integrada de áreas verdes y espacios públicos.

Junto a ello, un factor de diferenciación importante a considerar es la definición de zonas áreas verdes en las áreas restringidas al desarrollo por amenazas moderada, alta y muy alta susceptibilidad al riesgo físico de inundación, flujo de

detritos. En función de esto, se consideraron fajas de restricción de 50 metros en torno a las quebradas del sector alto y terrenos escarpados de Papudo.

Ilustración 4.3-15 Definición del sistema de áreas verdes Alternativa 2 Papudo



Altura máxima de edificación	Área Verde	Zona Área Verde	Equipamiento Parque	Equipamiento deportivo
Superficie de zonas	87,7	221,1	24,5	39,1
Superficie de zonas en ex-AEU	39,6	171,3	0	4,1

Fuente: elaboración propia

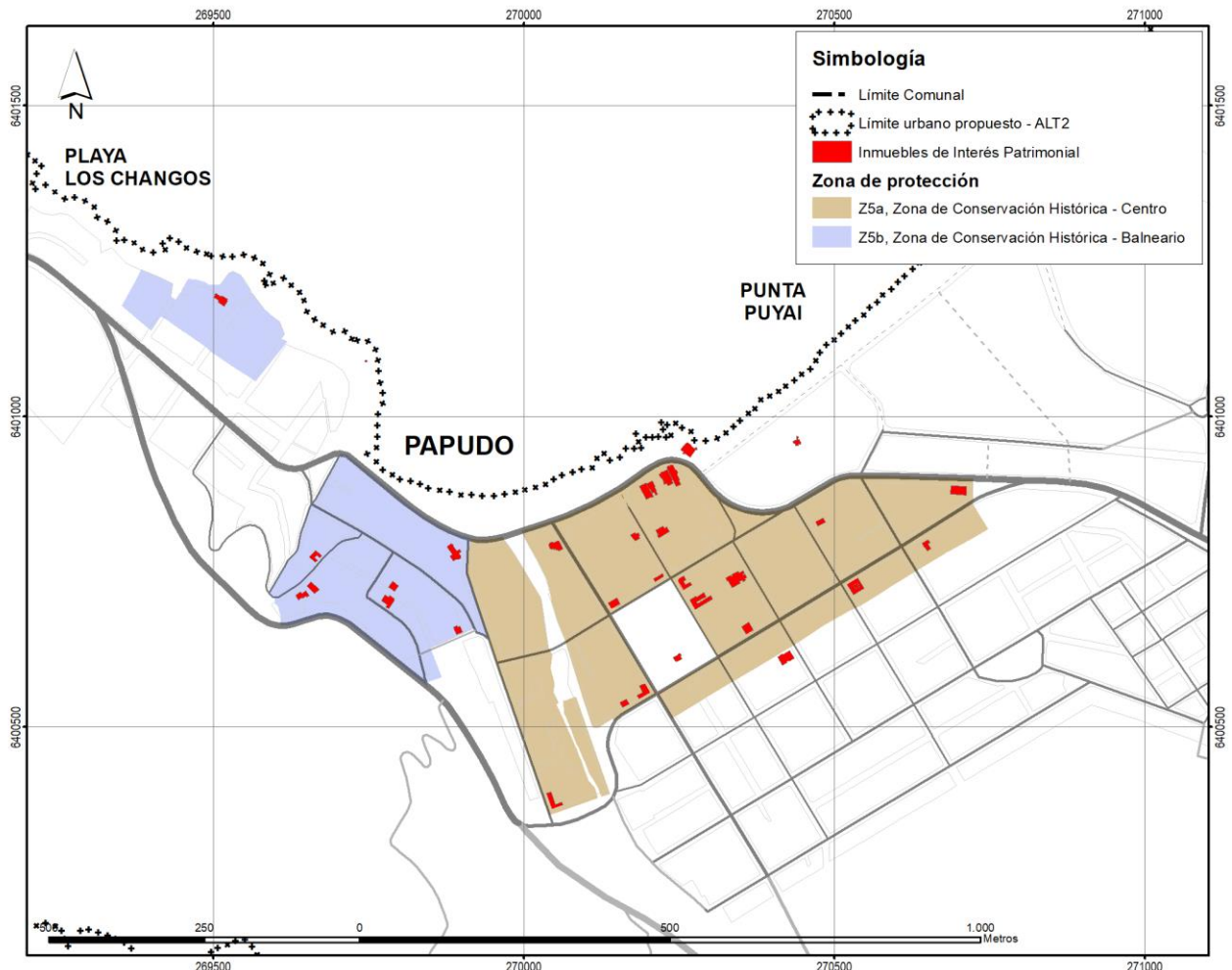
Entre las áreas verdes definidas en el destaca la ampliación de las áreas verdes en torno a la Av. Víctor Fazio Rigazzi, dando un carácter menos construido de este eje que en la alternativa 1. Por otra parte, destaca el área verde del bosque Los Lilenes, que en esta alternativa si se considera como una afectación de área verde que incorpora la voluntad que tiene buena parte de la población sobre ese terreno. En términos generales, esta alternativa considera dos áreas verdes de tamaño considerable que estructuran la red en sus extremos, la quebrada del Francés y el bosque los Lilenes.

d) Conservación Histórica

Por último, el reconocimiento de elementos de interés patrimonial más representativos para esta alternativa tiene una mayor extensión, aprovechando la situación de una mayor extensión urbana que disminuye la presión inmobiliaria sobre el área consolidada.

En esta alternativa no solo se incluye la playa chica en una zona de conservación histórica, sino buena parte de los inmuebles de interés patrimonial que son parte del presente estudio.

Ilustración 4.3-16 Definición de Zona de Conservación Alternativa 2 Papudo



Zonas de Conservación Histórica	Z5a	Z5b
Superficie de zonas	20,1	9,2

Fuente: elaboración propia

4.3.3 Alternativa 1 Pullally: Densificación del asentamiento histórico

Por su parte, para la localidad de Pullally, en su etapa más reciente, ha pasado por un tránsito hacia una condición urbana. Si bien, la dinámica no se compara con el crecimiento de Papudo, existe un proceso de subdivisión y densificación de los terrenos generados en tiempos de la reforma urbana. La alternativa 1 de Pullally de densificación del asentamiento histórico adopta esta tendencia, regularizando las condiciones de densificación y definiendo las debidas cesiones de suelo para espacios públicos. La densificación en este caso se propone en torno al asentamiento histórico, reforzando la concentración de equipamientos y zonas mixtas en torno a la Av. Las Salinas.

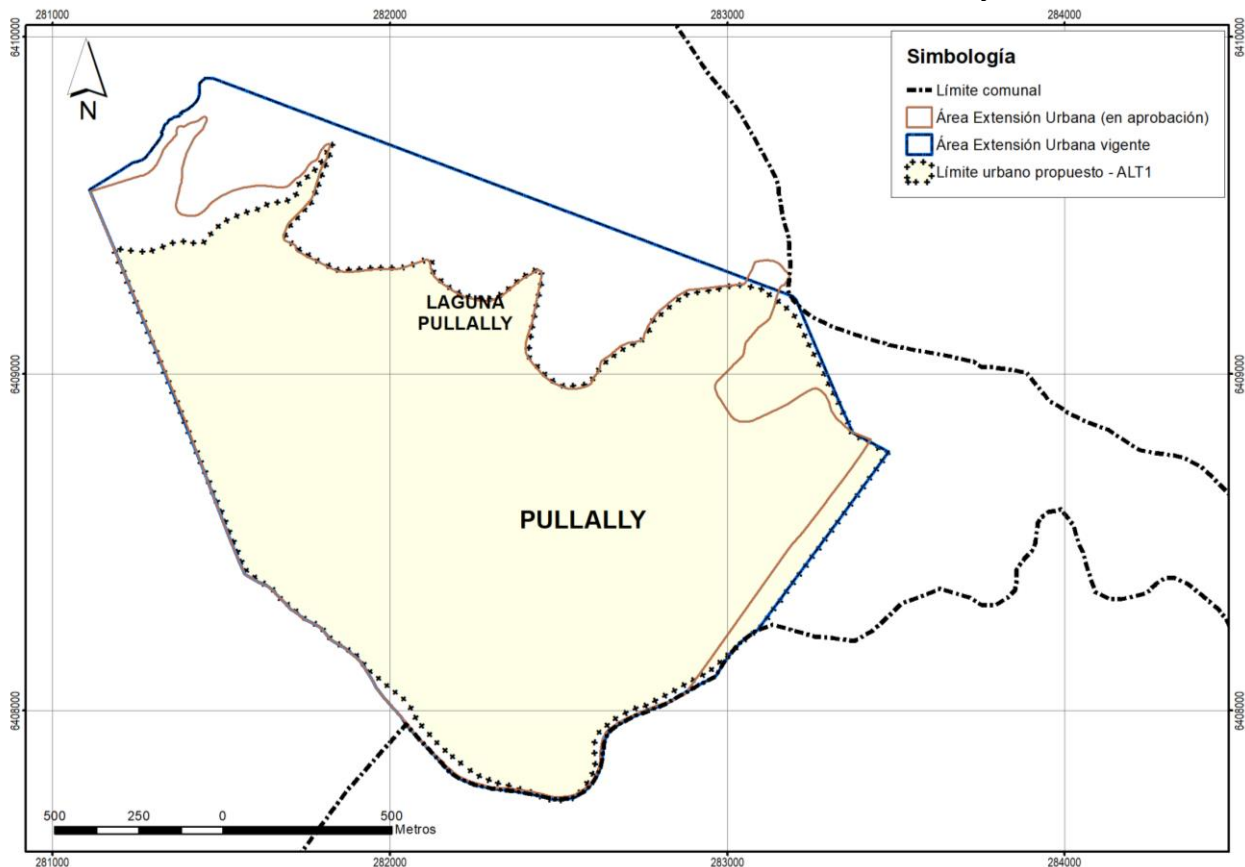
a) Estrategia de ocupación

La Alternativa 1 de densificación del asentamiento histórico, propone desarrollar una ocupación compacta del asentamiento, desarrollando la configuración histórica y aprovechando la infraestructura existente.

i) Límite Urbano

La alternativa 1 define entonces un área urbana acotada al área consolidada y su potencial extensión al interior del área de extensión urbana del instrumento que se encuentra actualmente en aprobación.

Ilustración 4.3-17 Definición del Límite Urbano Alternativa 1 Pullally



Instrumento	Área de Extensión Urbana PRIV _ SBCN (1996)	Límite Urbano Alternativa 1
Superficie Área Urbana (ha)		223

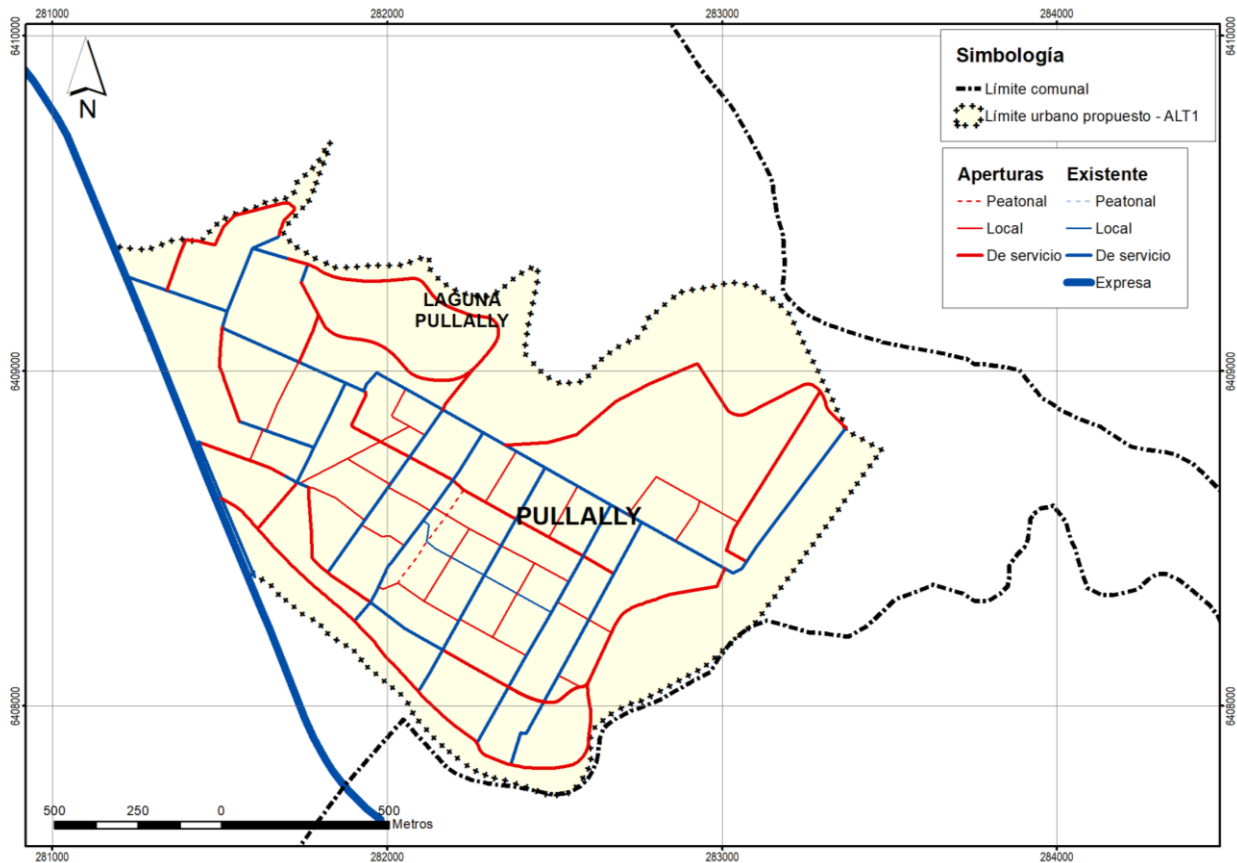
Fuente: elaboración propia

ii) Red Vial Estructurante

Por su parte, en términos de vialidad estructurante, la Alternativa 1 genera un sistema vial que se articula a partir del área consolidada del villorrio de Pullally.

Esta vialidad se compone de nuevas aperturas en sentido oriente poniente y una vialidad de borde río que genera el remate de borde de la localidad. De manera complementaria se articula la vialidad básica para el desarrollo de los sectores de acceso Ruta 5, en torno a Laguna Pullally y nororiente.

Ilustración 4.3-18 Definición del Vialidad Estructurante por categoría y aperturas Alternativa 1 Pullally



Fuente: elaboración propia

Entre las vías de mayor jerarquía al interior del villorrio destacan la vía de borde río y una segunda vía de borde interior que da continuidad al actual pasaje el Rincón. Una segunda vía importante corresponde a la paralela de la Av. Las Salinas que se extendería por el fondo de la escuela.

En síntesis, esta alternativa desarrolla la vialidad en torno al eje de equipamientos y mixto de la Av. Las Salinas y su desarrollo hacia el sur del villorrio, posibilitando una densificación adecuada.

b) Intensidad y uso del suelo

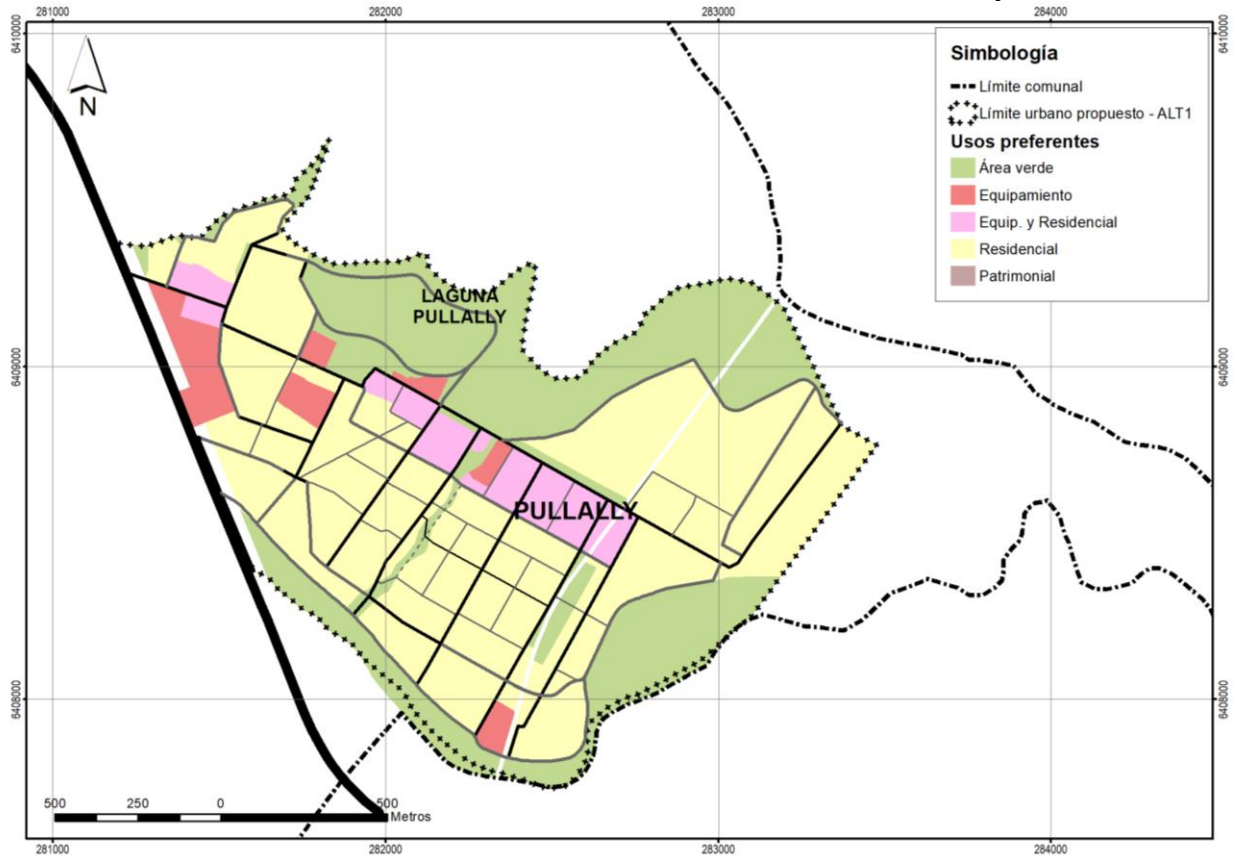
La Alternativa 1 propone una consolidación de un eje de concentración de equipamientos mixtos e intensificación de usos en torno a la Av. Las Salinas entre la línea del tren y la ex casona patronal.

i) Usos de suelos exclusivos y preferentes

En esta zona se reconocen los equipamientos existentes, y se promueve la articulación de un eje de equipamientos confinado entre la Av. Las Salinas y una vía de servicio proyectada al sur de esta última, densificando la oferta de equipamientos y la capacidad de accesibilidad.

Complementariamente, otro sector de desarrollo de equipamientos se localiza en proximidad a la Ruta 5, en el acceso a la localidad. En este sector se localiza una zona de servicio en ruta y un área donde se promueven los usos mixtos para aprovechar las oportunidades que significa la cercanía de la Ruta 5.

Ilustración 4.3-19 Definición del Usos Preferentes Alternativa 1 Pullally



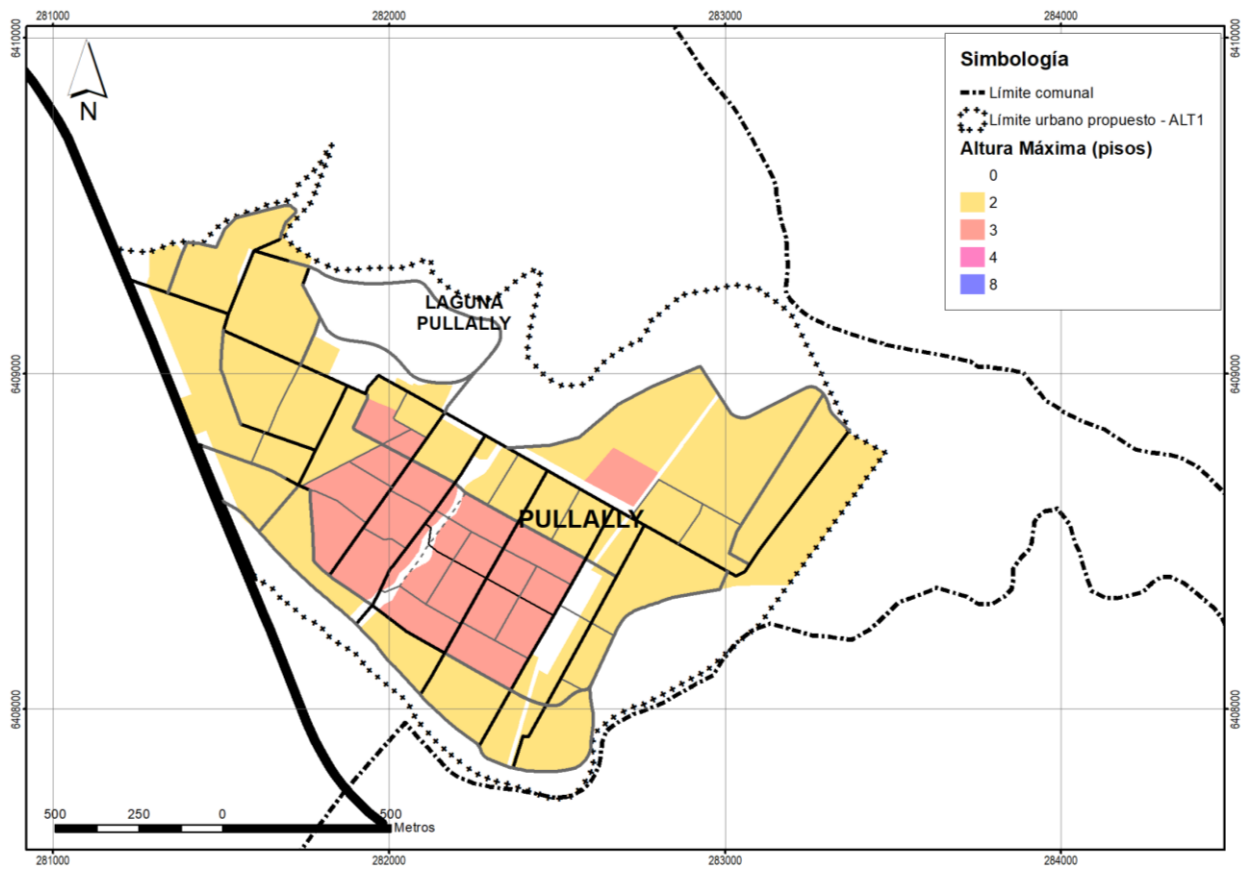
Fuente: elaboración propia

En síntesis, se sectorizan los usos preferentes de la localidad, de acuerdo al desarrollo de un eje de equipamientos concentrado y un acceso volcado a los servicios a la Ruta 5.

ii) Altura máxima de Edificación

En alturas máximas de edificación, la situación propuesta de desarrollo concentrado de la Alternativa 1 promueve una intensificación controlada de las alturas en el sector tradicional del villorrio. Esto se traduce en el aumento de alturas de hasta la altura máxima de tres pisos. En otras palabras, se propone mantener las condiciones actuales, elevando levemente las posibilidades de ocupación en el sector de mayor densidad de vialidad.

Ilustración 4.3-20 Definición del Altura máximas Alternativa 1 Pullally



Fuente: elaboración propia

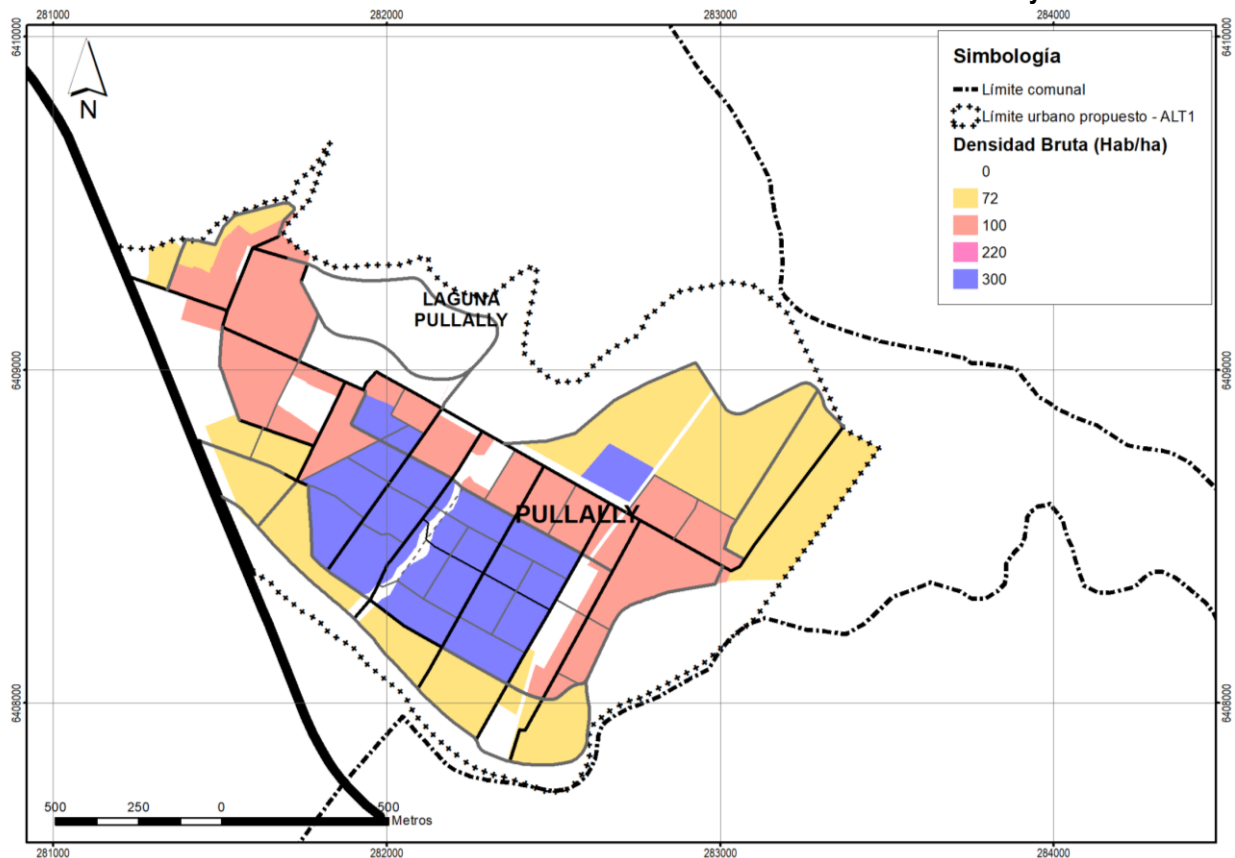
En síntesis, las alturas máximas se concentran en un área de desarrollo preferentemente residencial al sur del eje principal de equipamientos. Las áreas nuevas de extensión se establecen como áreas de baja altura.

iv) Densidad bruta

Concordante con la propuesta de alturas máximas, las densidades brutas máximas dispuestas consideran regular a niveles medios y bajos de densidad, los cuales se disponen en el sector de intensificación preferentemente residencial, al sur del eje de equipamiento mixto. Esta área concentraría la apertura de vías para sustentar una ocupación más intensiva del territorio.

En una segunda categoría, se encontraría el eje de equipamiento mixto, considerando una densidad mayor para promover el carácter mixto del desarrollo urbano de esta zona. Se suma a este eje la proyección del mismo eje hacia el oriente y poniente, generando zonas de densidad media baja. En tercera categoría se encontraría las zonas periféricas cuya densidad correspondería a 72 hab/ha, es decir un leve aumento respecto a la densidad actual del área de extensión urbana en aprobación (60 hab/ha).

Ilustración 4.3-21 Definición de Densidad Bruta máxima Alternativa 1 Pullally



Fuente: elaboración propia

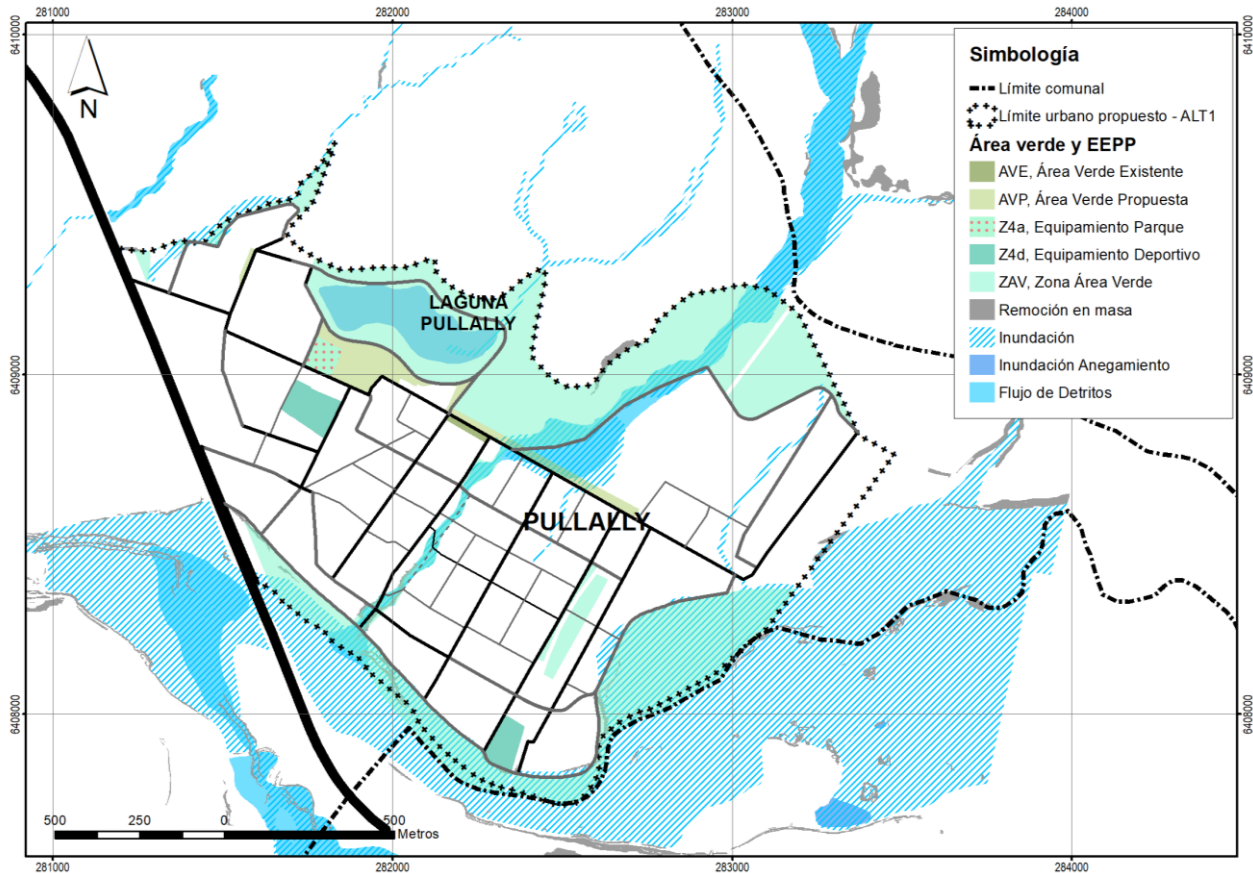
En síntesis, se dispone una gradiente concéntrica de densidades, cuyo centro se localiza en las áreas residenciales al sur de la Av. Las Salinas.

c) **Sistema de Áreas Verdes**

En cuanto al sistema de áreas verdes, la Alternativa 1 dispone de una estrategia general que reconoce las áreas verdes consolidadas existentes, los elementos naturales y los equipamientos deportivos, además de considerar como área verde o similar las zonas de área restringidas al desarrollo por amenazas de alta y muy alta susceptibilidad al riesgo físico de inundación, flujo de detritos y remoción en masa.

Al ser la alternativa 1 la que propone una menor extensión del área urbana, lo que supone una menor superficie de áreas verdes en términos absolutos. Se considera que esta alternativa genere afectaciones de BNUP área verde (Art. 59 LGUC) en los sectores más significativos, y zonificaciones de área verde (Art. 2.1.31 OGUC) en áreas de resguardo por riesgo. Entre las primeras destaca el área verde propuesta al sur de la Laguna Pullally la cual recoge la disposición de elementos de interés patrimonial de la Casona Patronal y su potencial de ser un espacio público articulador para la localidad.

Ilustración 4.3-22 Definición del sistema de áreas verdes Alternativa 1 Pullally



Fuente: elaboración propia

En síntesis, las áreas verdes de afectación de bienes nacionales de uso público son menores que las zonas de áreas verdes (ZAV), en función de un desarrollo concentrado en torno al eje de equipamientos en Av. Las Salinas.

4.3.4 Alternativa 2 Pullally: Crecimiento de áreas nuevas

Por su parte, la alternativa 2 de Pullally plantea un crecimiento centrado en el desarrollo de las áreas nuevas, que se han ido incorporando al área consolidada de la localidad.

a) Estrategia de ocupación

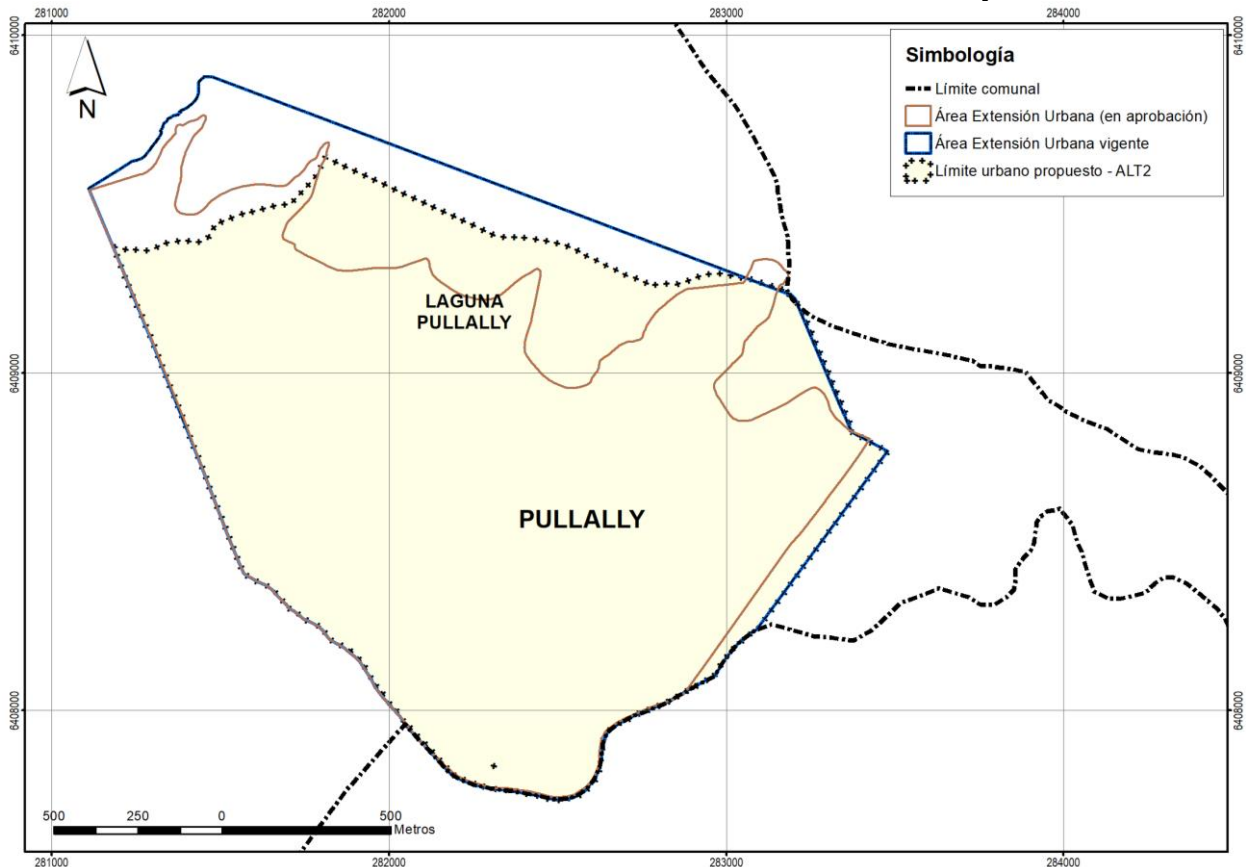
En este sentido la Alternativa 2 propone una estrategia de ocupación más extensiva que la alternativa anterior, considerando una red vial extensiva con un menor número de aperturas en el área onsolidada.

i) Límite Urbano

A diferencia de la alternativa anterior, la Alternativa 2 propone un límite urbano que considera la mayor parte del área de extensión urbana vigente, considerando una expansión hacia el norte del área consolidada.

En este sentido el límite norte queda definido en un primer tramo por la quebrada norponiente de la localidad, que coincide con los fondos de sitio de los predios de la calle seis oriente, y en un segundo tramo por la huella existente al norte de la Laguna de Pullally.

Ilustración 4.3-23 Definición del Límite Urbano Alternativa 2 Pullally



Instrumento	Área de Extensión Urbana PRIV _ SBCN (1996)	Límite Urbano Alternativa 2
Superficie Área Urbana (ha)		250

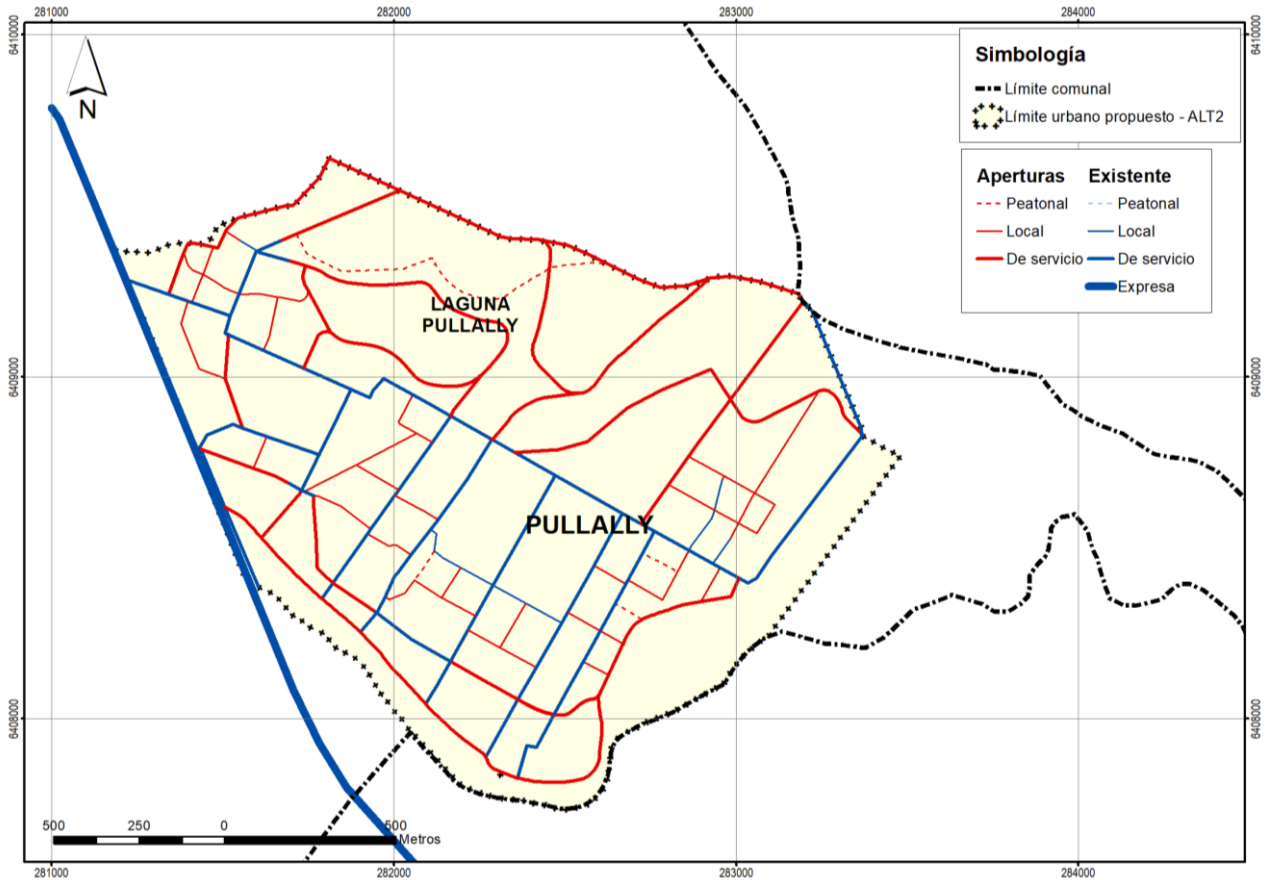
Fuente: elaboración propia

ii) Red Vial Estructurante

Por su parte, en términos de vialidad estructurante, la alternativa 2 genera un sistema extensivo de vialidad. Esto quiere decir, que desarrolla una vialidad que se basa en una mayor extensión de vías al interior del área urbana y de categorías de menor jerarquía en el área consolidada.

Al ser una red más extensa que incorpora nuevas áreas urbanas al norte de la localidad, se disponen de vías de jerarquía media (de servicio) en el sector norte, que constituyen una red de aperturas.

Ilustración 4.3-24 Definición del Vialidad Estructurante por categoría y aperturas Alternativa 2 Pullally



Fuente: elaboración propia

En síntesis, se dispone de una red vial que se basa en la extensión de la red vial existente más que una densificación de la red vial existente. Se densifican específicamente las áreas de borde del área consolidada, apostando una mayor intensidad de ocupación.

b) Intensidad y uso del suelo

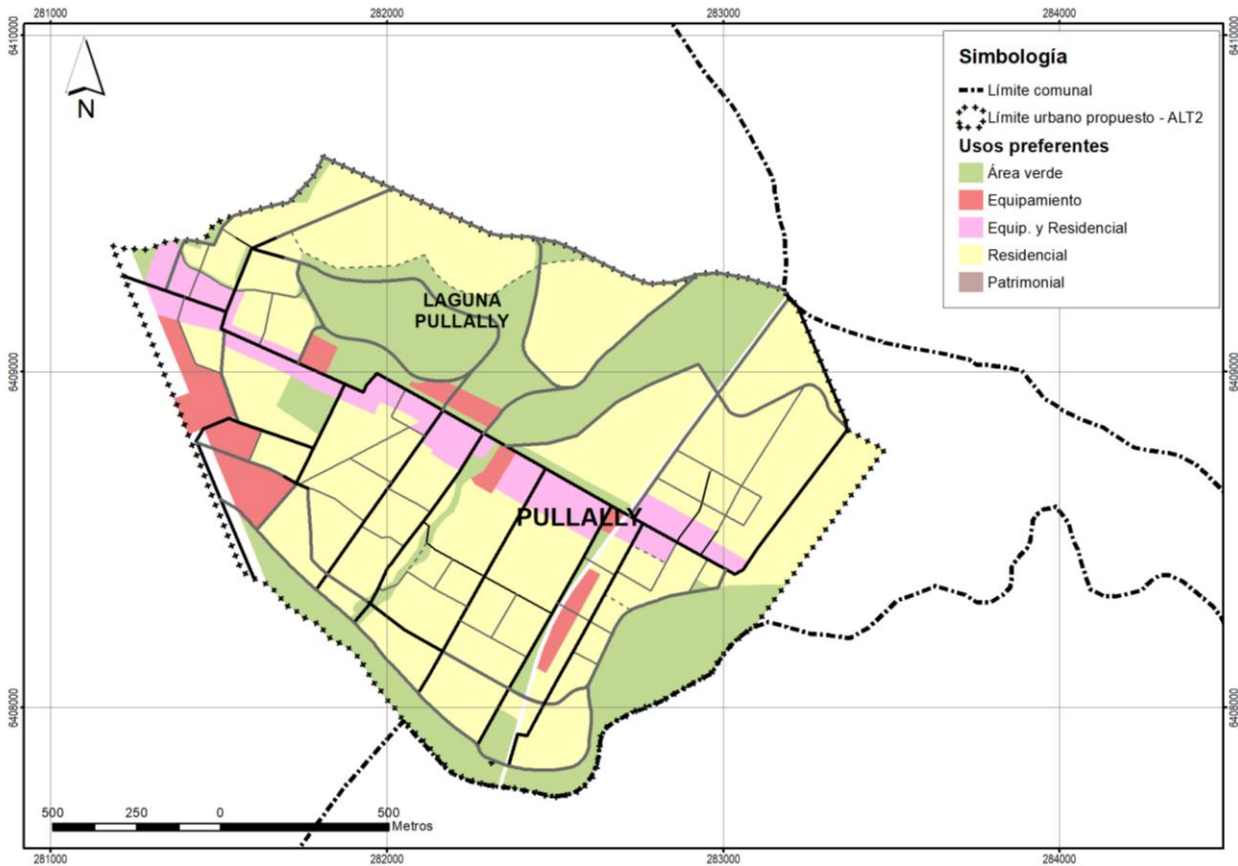
La Alternativa 2 propone un desarrollo de la intensidad de ocupación en los bordes. Consecuente con esta estrategia se disponen usos de suelo distribuido.

i) Usos de suelos exclusivos y preferentes

En términos específicos de usos de suelo, esta alternativa extiende el eje de equipamientos y mixtos de Pullally en torno a la Av. Las Salinas con una extensión mayor desde el acceso a la Ruta 5 y el remate de la Av. Las Salinas en su tramo en sentido oriente poniente. No obstante, este eje de equipamientos solo dispone de acceso por Av. Las Salinas, lo cual disminuye la posibilidad de densificación de equipamientos en el sector, siendo una opción estratégica más distribuido.

Complementariamente, esta alternativa considera un eje de servicios a la ruta en el sector surponiente y un sector de equipamientos en el borde suroriente que surta de equipamientos el sector oriente, separe el sector residencial de la línea del tren y sirva de activación de un entorno que sirve de acceso a la localidad de quienes acceden de forma peatonal a través del puente ferroviario.

Ilustración 4.3-25 Definición del Usos Preferentes Alternativa 2 Pullally

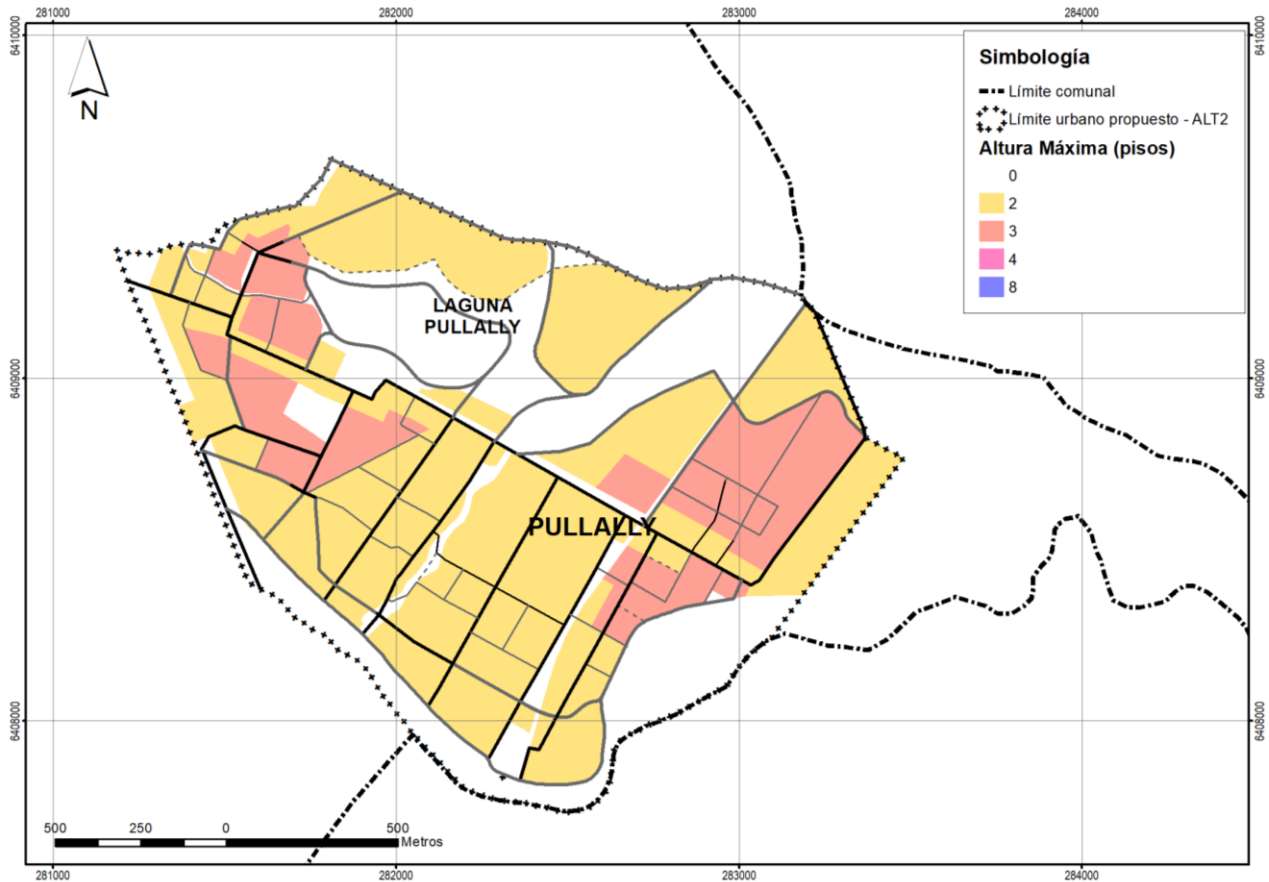


Fuente: elaboración propia

ii) Altura máxima de Edificación

En alturas máximas de edificación, la situación propuesta de desarrollo concentrado de la Alternativa 2 promueve una intensificación controlada de las alturas en los sectores nuevos de la localidad, suponiendo que estos permitirían generar mayores cesiones en área de nuevo desarrollo. Esto se traduce en el aumento de alturas de hasta la altura máxima de tres pisos en los bordes, elevando levemente las posibilidades de ocupación en el sector donde se generan la mayor afectación de vialidad.

Ilustración 4.3-26 Definición del Altura máximas Alternativa 2 Pullally



Fuente: elaboración propia

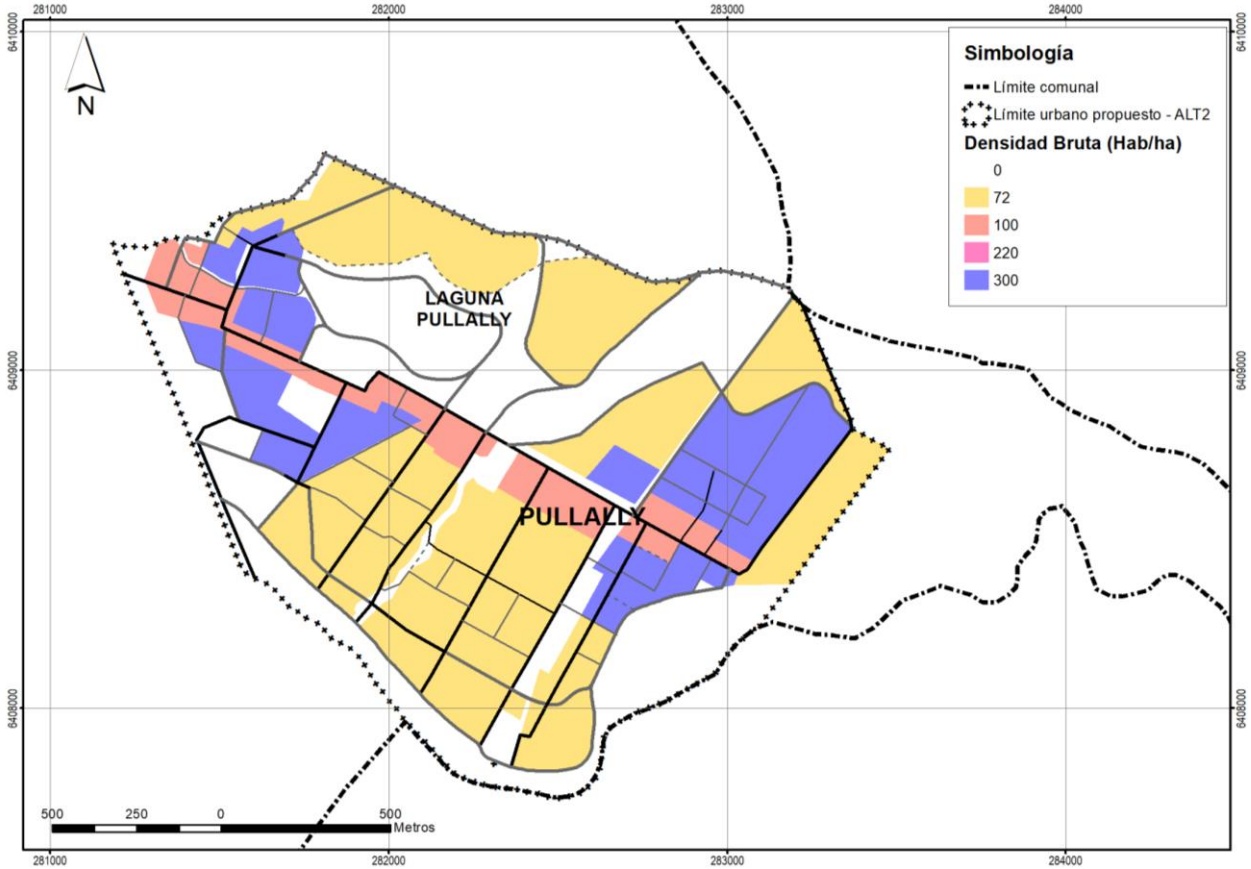
En síntesis, las alturas máximas se concentran en un área de desarrollo preferentemente residencial de dos sectores específicos que se encuentran en proceso de densificación más reciente, entre la calle oriente 6 y la Av. Las Salinas en sentido norte-sur. El resto de las zonas se proponen en una altura máxima de 2 pisos.

iii) Densidad bruta

Concordante con la propuesta de alturas máximas, las densidades brutas máximas dispuestas consideran regular a niveles medios y bajos de densidad. De esta forma las mayores densidades se colocan selectivamente en los sectores de crecimiento más reciente en torno a la calle oriente 6 y av. Las Salinas en sentido norte sur. Donde se promovería una mayor densidad selectiva del uso residencial.

En una segunda categoría, se dispone un eje de mayor densidad al sur de la Av. Las Salinas, la cual se extiende entre la Ruta 5 y el remate de la Av. Las Salinas en sentido oriente-poniente. Este último eje tendría una vocación mixta por lo que la densidad considera un potencial uso de equipamientos que se compatibiliza con el uso residencial.

Ilustración 4.3-27 Definición de Densidad Bruta máxima Alternativa 2 Pullally



Fuente: elaboración propia

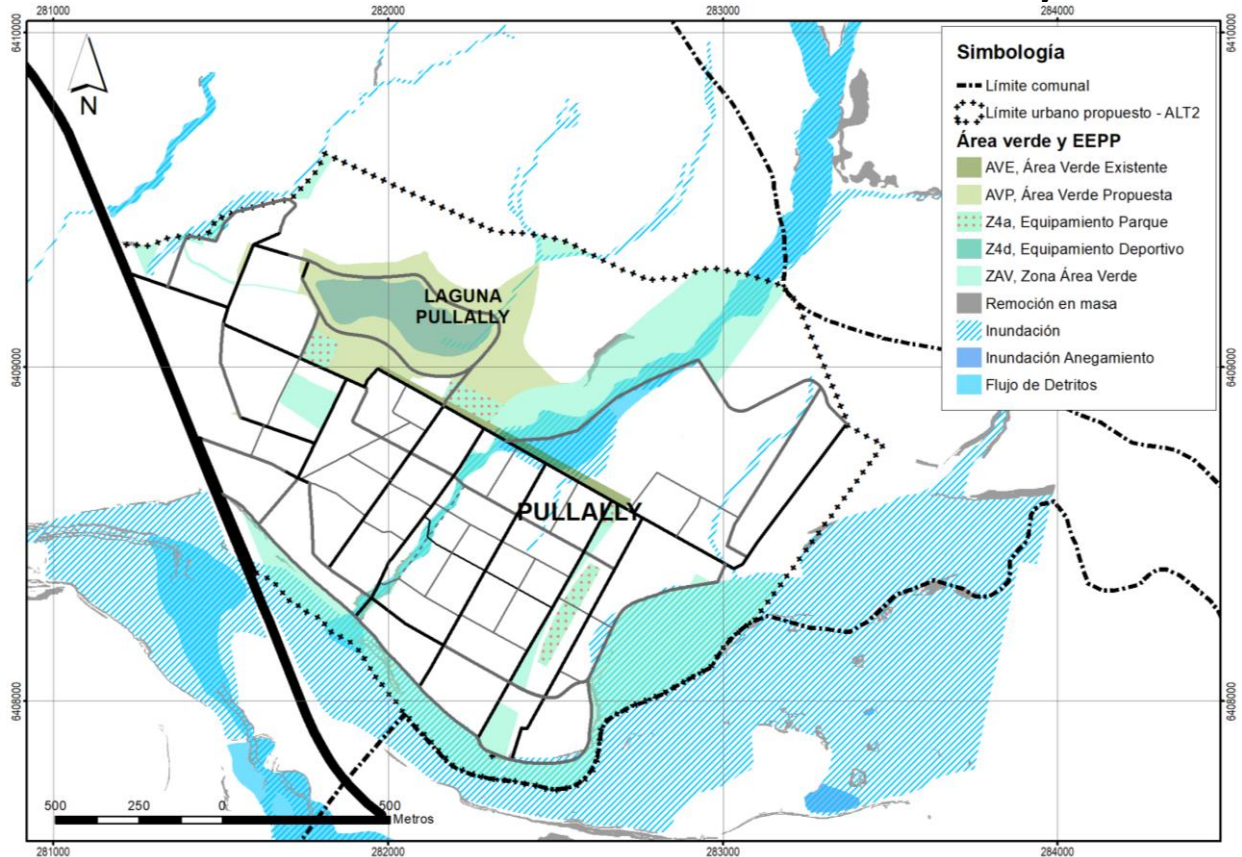
En síntesis, las densidades máximas refuerzan los procesos de densificación más reciente, manteniendo las condiciones urbanas existentes en el sector tradicional de la localidad y disponiendo una densidad baja para las áreas de crecimiento residencial al norte de la laguna de Pullally.

c) Sistema de Áreas Verdes

En cuanto al sistema de áreas verdes, la Alternativa 2 dispone de una estrategia general que reconoce las áreas verdes consolidadas existentes, los elementos naturales y los equipamientos deportivos, además de considerar como área verde o similar las zonas de área restringidas al desarrollo por amenazas de alta y muy alta susceptibilidad al riesgo físico de inundación, flujo de detritos y remoción en masa.

A diferencia de la alternativa anterior, esta alternativa supone que la disponibilidad de mayores condiciones de ocupación al norte de la localidad permitiría generar una afectación mayor de área verdes en torno a la laguna de Pullally, constituyendo un parque público, con un área de influencia que permita dotar de áreas verdes a gran parte de la localidad con niveles adecuados de accesibilidad.

Ilustración 4.3-28 Definición del sistema de áreas verdes Alternativa 2 Pullally



Fuente: elaboración propia

Las otras áreas verdes reconocidas corresponden al borde río, la quebrada de los bueyes y su sector aledaño (donde se localiza la media luna). Estos corresponden a zonas de área verde (Art. 2.1.31 OGUC). El resto de las áreas se encuentran distribuidas y tienen un carácter de áreas verdes con equipamiento.

4.4 ALTERNATIVA RECOMENDADA

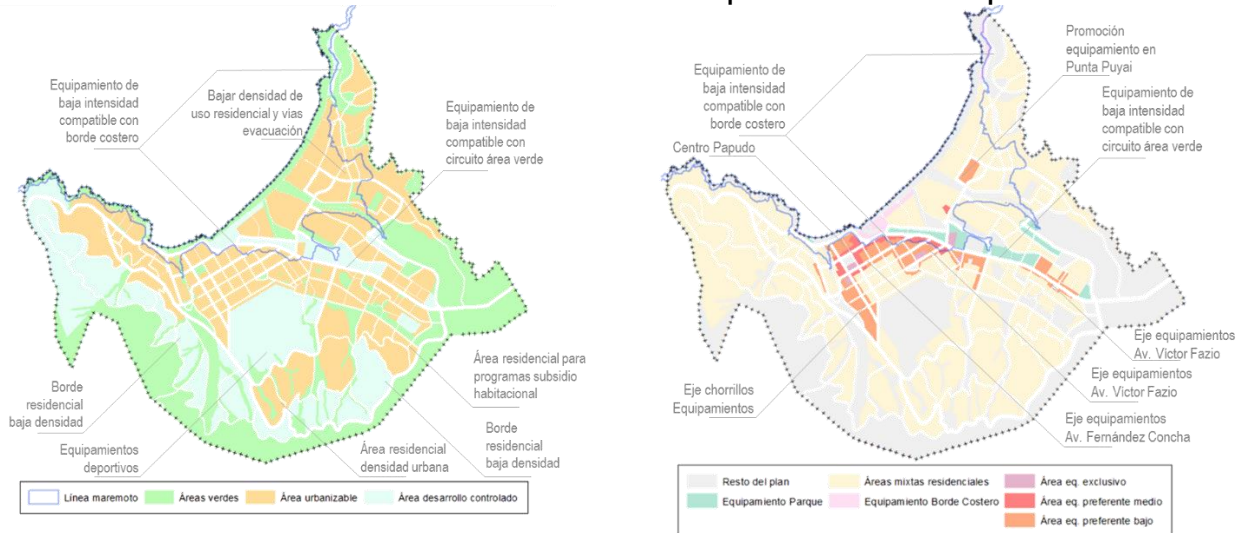
Considerando la evaluación de alternativas realizada y las acotaciones incorporadas desde el proceso de participación, se promueve la alternativa 3 de consenso para la localidad de Papudo, a ser sancionadas para el anteproyecto del Plan. Esta tercera opción estratégica define una gradiente de áreas urbanizables que distingue: a) área urbanizable como las zonas de equipamiento preferente y residencial preferente; b) área de desarrollo controlado, como las zonas de equipamiento preferente de baja ocupación de suelo y las zonas residenciales de baja densidad; y c) las áreas verdes públicas y zonas de área verde. Esta gradiente es representada por la estrategia de ocupación de la ilustración siguiente.

4.4.1 Alternativa 3 de Consenso para Papudo

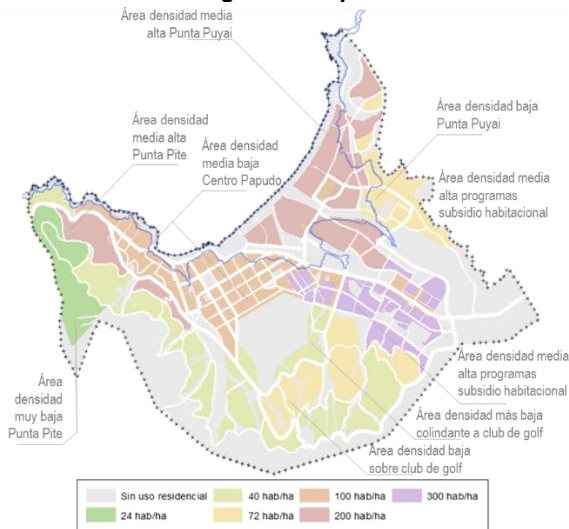
En términos de centralidad, la alternativa 3 genera una estrategia de promoción de centralidades con mayor énfasis que la alternativa 1 y 2. En primer lugar, se encuentra la centralidad consolidada del Centro de Papudo, en torno a la plaza, la cual se promueve expandir a través de calle chorrillos, Av. Fernández Concha, y Av. Irrázaval, para empalmar con un eje de equipamientos en torno a Av. Víctor Fazio y equipamientos en el borde costero. El eje de equipamientos de Av. Víctor Fazio se promueve como un área para el desarrollo de equipamientos y espacios públicos que permitan la integración entre Papudo y Punta Puyai. En el borde costero se contemplan dos áreas de equipamiento de baja intensidad, en torno al Parque Municipal y a Playa Lilén, para el desarrollo comercio, restaurantes, etc.

En tanto, en densidad habitacional, se dispone de una distribución de densidades que establece una menor densidad en áreas de urbanización controlada, mayor densidad en el sector de Punta Puyai. Particularmente en el sector del centro de Papudo se acordó disminuir la intensidad edificación y densidad considerando la condición patrimonial, no obstante, sin contemplar decretar Zona Conservación Histórica; y en el sector entre las Villa Marina y Población Irrarázaval se considera una mayor densidad para acoger programas de subsidio habitacional.

Ilustración 4.4-1 Desarrollo de lineamientos para Alternativa 3 de Papudo

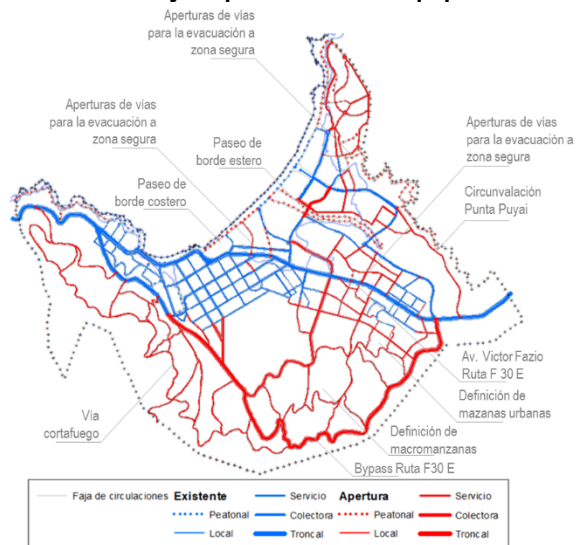


Estrategia de ocupación



Densidad habitacional

Centralidad y disponibilidad de equipamientos



Vialidad estructurante y circulaciones

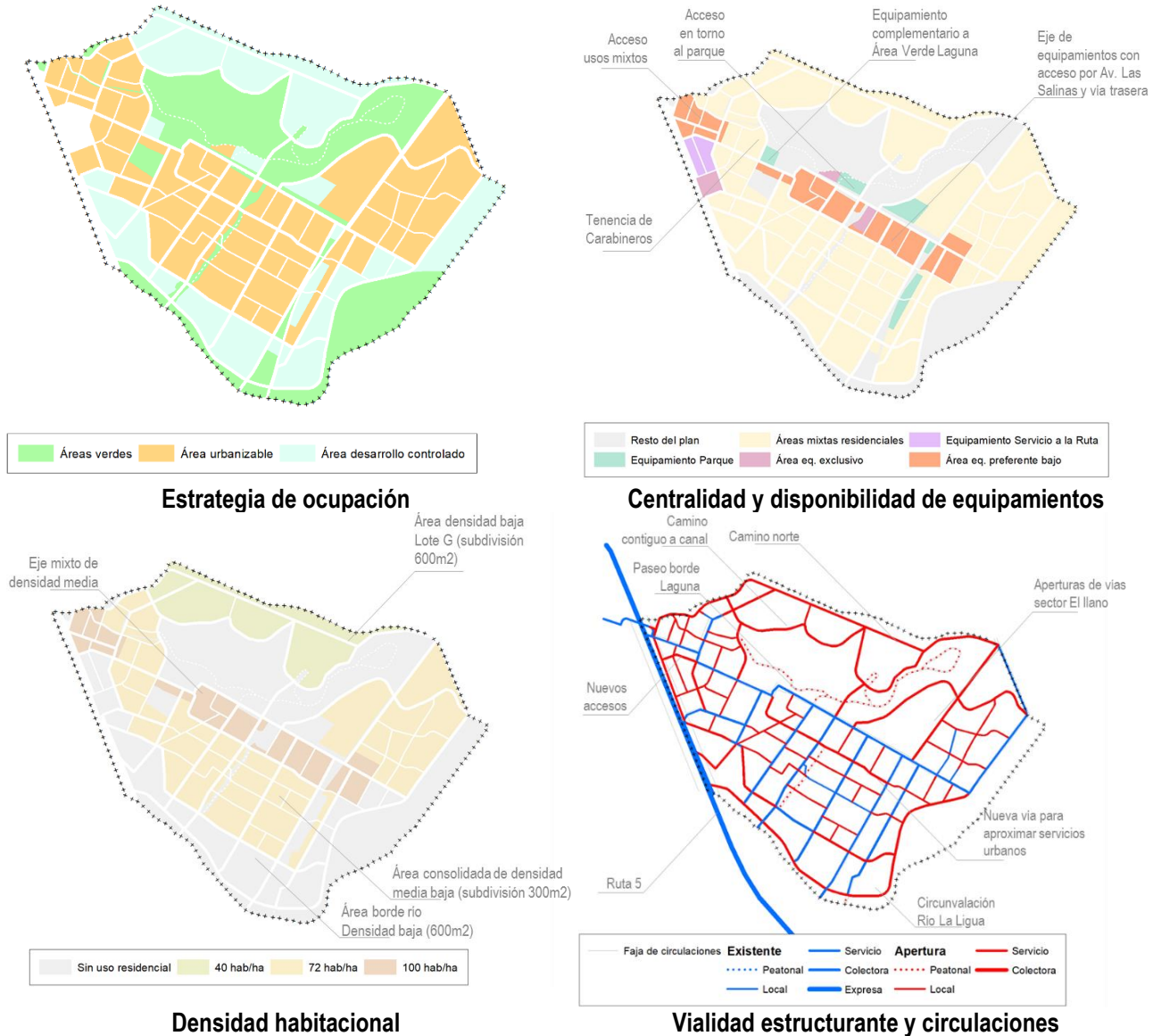
Fuente: elaboración propia

Por último, en términos de vialidad, se densifica la vialidad estructurante en zonas altas y en áreas de bordes, procurando mejorar la conectividad respecto a las vías de evacuación ante maremoto, y asegurar la vialidad para evitar replicar situaciones en que se edifica una sucesión de condominios residenciales sin vías en perpendicular. De esta manera, la alternativa 3 considera una mayor cantidad de vías respecto a las dos anteriores.

4.4.2 Alternativa 3 de Consenso para Pullally

Considerando la evaluación de alternativas realizada y las acotaciones incorporadas desde el proceso de participación, se promueve la alternativa 3 de consenso para la localidad de Pullally, a ser sancionadas para el anteproyecto del Plan. Esta tercera opción estratégica define un área urbanizable que coincide con el área de mayor consolidación, sector que se encontraría en un tránsito de rural a urbano.

Ilustración 4.4-2 Desarrollo de lineamientos para Alternativa 3 de Pullally



Fuente: elaboración propia

En términos de centralidad, la alternativa 3 acoge la estrategia de eje de centralidad de la alternativa 1, que multiplica los frentes prediales de una zona de equipamiento preferente, que coincide con el área de mayor densidad habitacional, la cual sigue siendo controlada de manera de no alterar de forma disruptiva las condiciones actuales de la localidad.

De esta manera, en términos de intensidad de la edificación y densidad, se fija una altura máxima de dos pisos (7 metros), y una densidad predominante de 72 hab/ha, acogiendo a las inquietudes expresadas por la comunidad durante las jornadas de participación.

Por último, en términos de vialidad, la comunidad asistente expresó la importancia de promover la necesaria apertura de vías, aumentando la densidad vial de los diferentes sectores. La alternativa 3 considera una mayor cantidad de vialidad, respecto a la alternativa 1 en el sector de mayor consolidación.

4.4.1 Sanción de anteproyecto y ajustes solicitados

De acuerdo a lo señalado, la presentación del Resumen Ejecutivo con las alternativas 3 para Papudo y Pullally al Concejo fue realizada en la sesión Ord. 12 del Concejo Municipal de Papudo del día 24 de abril de 2019, a partir de la cual vino un proceso de trabajo con el concejo y la contraparte técnica municipal del estudio, y del concejo y la comunidad. Finalmente, la sanción de selección de alternativa y anteproyecto del Plan fue realizada en la sesión Ord. 17 del día 19 de junio de 2019 (Certificado de la Secretaria Municipal de Papudo N°095/2019).

Corresponde en esta etapa evaluar ambientalmente las alternativas elaboradas en relación a los efectos ambientales y el grado de coherencia con los criterios de desarrollo sustentable, objetivos ambientales/planificación y factores críticos para la decisión. De acuerdo con lo señalado en la “Guía de orientación para el uso de la evaluación ambiental estratégica en Chile”¹¹, las opciones de desarrollo se evalúan en términos de los riesgos y oportunidades para el ambiente y la sustentabilidad inherentes a cada opción de desarrollo, sobre la base de los Factores Críticos de Decisión. Se busca de esta forma identificar la opción preferente para el proceso de decisión que se está evaluando.

4.4.2 Metodología de evaluación de Alternativas

Se propone una metodología de evaluación ambiental mediante la cual se descompone cada Factor Crítico de Decisión en Criterios e Indicadores de Evaluación. En el primer caso (Criterios) se establecen los temas relevantes y/o Prioritarios de cada FCD, mientras que los Indicadores de Evaluación actúan como métrica para contrastar los atributos o propuestas de cada Opción de Desarrollo respecto del Criterio previamente establecido. (siguiente Cuadro).

¹¹Ministerio del Medio Ambiente. 2015. Guía de orientación para el uso de la evaluación ambiental estratégica en Chile.

Cuadro 4.4-1 Criterios e Indicadores de Evaluación Opciones de Desarrollo de Papudo

Factores Críticos de Decisión	Criterio	Indicador
FCD 1 Sobrecarga de la infraestructura y equipamientos urbanos	Cobertura sanitaria	Porcentaje del área urbana fuera del Territorio Operacional (%)
		Porcentaje de la cabida de población fuera de Territorio Operacional (%)
	Congestión vial y problemas de movilidad	Extensión Total de la Red Vial estructurante por superficie de área urbana (m lineales /ha)
		Extensión de vías en categorías altas (hasta servicio) por superficie de área urbana (m lineales/ha)
		Porcentaje de vías en categorías altas (hasta servicio) en el total de la red vial (%)
		Porcentaje de vialidad existente reconocida en vialidad estructurante (%)
Disponibilidad de Equipamientos	Porcentaje de Población en área de influencia de zonas destinadas a equipamiento (%)	
	Superficie promedio de polígonos destinados a zonas de equipamiento (ha)	
FCD 2 Crecimiento por densificación	Intensificación de la ocupación	Porcentaje del área urbana destinado a zonas con altura máxima de 4 pisos o más (%)
		Porcentaje del área urbana destinado a zonas habitacionales con ocupación de suelo $\geq 0,5$ (%)
	Control de la extensión de la mancha urbana en baja densidad	Densidad promedio del área urbana (hab/ha)
		Porcentaje de área urbana residencial de densidad urbana ≥ 72 hab/ha respecto al total (%)
FCD 3 Componentes de valor paisajístico e identidad local	Potencial pérdida del patrimonio inmueble	Densidad promedio de las áreas de extensión urbana incorporadas (hab/ha)
		Porcentaje del área urbana destinado a Zonas de Conservación Histórica (%)
		Índice de ICH dentro de ZCH (n ICH/ ha ZCH)
	Potencial deterioro del valor natural-paisajístico	Altura promedio (número de pisos) propuesta en el área de influencia de la Zona de Interés Patrimonial
		Densidad Promedio propuesta en áreas sensibles- cerros y borde costero (hab/ha)
		Superficie de área vegetal comprometida en zonas de uso residencial (ha)
FCD 4 Integración social y espacial de la población	Falta de conectividad	Porcentaje del área urbana destinada a área verde (%)
		Densidad de Intersecciones viales de a lo menos 3 ejes, por superficie de área urbana (N° intersecciones /ha)
	Inequidad en acceso a bienes urbanos	Superficie promedio de las macromanzanas conformadas por la vialidad estructurante (ha)
		Porcentaje del área urbana destinada a zonas habitacionales con densidad media alta (300 hab/ha y altura 3 pisos) (%)
		Superficie de áreas verdes públicas próximas áreas que concentran sectores vulnerables (ha)
		Superficie de área verde por habitante (m ² /hab)
FCD 5 Adopción de riesgo físico y antrópico	Población en áreas de riesgo	Costo asociado a la materialización de área verde públicas propuestas (UF)
		Superficie de zonas habitacionales con densidad media alta (300 hab/ha y altura 3 pisos) incluido dentro del área de influencia de zonas de equipamiento (ha)
	Control del riesgo en nuevas áreas urbanas	Cabida de población propuesta en área de riesgo alto y muy alto de maremoto, inundación y remoción (hab)
		Porcentaje de la cabida de población en área de riesgo sobre la cabida en el total de área urbana
		Densidad promedio de las áreas residenciales no consolidadas con riesgo (hab/ha)
		metros lineales por habitante de vías propuestas (aperturas) destinadas a la evacuación de tsunami (m lineal)
Cabida de población propuesta en área susceptible a incendio y proximidades (hab)		
Densidad Promedio de las Zonas Habitacionales localizadas de alta susceptibilidad de riesgo de incendio (hab) (hab/ha)		

Fuente: elaboración propia

Cuadro 4.4-2 Criterios e Indicadores de Evaluación Opciones de Desarrollo de Pullally

Factores Críticos de Decisión	Criterio	Indicador
FCD 1 Sobrecarga de la infraestructura y equipamientos urbanos	Cobertura sanitaria	Porcentaje del área urbana fuera del Territorio Operacional (%)
		Porcentaje de la cabida de población fuera del Territorio Operacional (%)
FCD 2 Crecimiento por densificación	Intensificación de la ocupación	Densidad Promedio propuesta en áreas de capacidad de suelo II (hab/ha) Porcentaje del área urbana destinado a zonas con ocupación de suelo bajo (%)
	Extensión de la mancha urbana en baja densidad	Densidad promedio del área urbana (hab/ha)
		Porcentaje del área de extensión urbana incorporada al Limite Urbano (%)
FCD 3 Componentes de valor paisajístico e identidad local	Potencial pérdida del patrimonio inmueble	Porcentaje del área de influencia del área de interés patrimonial destinado a zonas de equipamiento preferente (%)
		Porcentaje del área de influencia de área de Interés Patrimonial destinada área verde pública AVE o AVP (%)
		Porcentaje del área de influencia de área de Interés Patrimonial con densidad media alta (300 hab/ha) (%)
	Potencial deterioro del valor natural-paisajístico	Densidad Promedio propuesta en áreas sensibles - Río La Ligua y Quebrada Los Bueyes (hab/ha)
		Densidad Promedio propuesta en áreas sensibles - Laguna Pullally (hab/ha)
		Porcentaje del área urbana destinado a área verde (%)
FCD 4 Integración social y espacial de la población	Falta de conectividad	Extensión Total de la Red Vial estructurante por superficie de área urbana (m lineales /ha)
		Extensión de aperturas viales por superficie de área urbana (m lineales/ha)
		Superficie promedio de las macromanzanas conformadas por la vialidad estructurante (ha)
	Inequidad en acceso a bienes urbanos	Porcentaje del área urbana destinada a zonas habitacionales con densidad media alta (300 hab/ha) (%)
		Porcentaje de área urbana destinada a área verde pública Superficie de áreas verdes AVE y AVP per cápita (m2/hab)
FCD 5 Adopción de riesgo físico y antrópico	Población en áreas de riesgo	Cabida de población propuesta en área de riesgo alto y muy alto
		Porcentaje de la cabida de población en área de riesgo sobre la cabida en el total de área urbana
	Control del riesgo en nuevas áreas urbanas	Densidad promedio de las áreas no consolidadas con riesgo (hab/ha)
		Cabida de población propuesta en área susceptible a incendio y proximidades (hab)
		Densidad Promedio de las Zonas Habitacionales localizadas de alta susceptibilidad de riesgo de incendio (hab) (hab/ha)

Fuente: elaboración propia

La valoración de los indicadores previamente presentados se realiza mediante una escala que combina números binarios (-1, 0, 1) y colores semáforo según los siguientes criterios:

Ilustración 4.4-3 Escala de Valoración de los indicadores

-1	0	1
El atributo de la OD presenta el peor comportamiento en relación al criterio de evaluación planteado para el FCD	El atributo de la OD presenta un comportamiento neutral en relación al criterio de evaluación planteado para el FCD	El atributo de la OD presenta el mejor comportamiento en relación al criterio de evaluación planteado para el FCD

Fuente: elaboración propia

Se busca establecer una prelación o prioridad entre los atributos evaluados para lo cual se define el riesgo o peor comportamiento de un atributo según su valor comparado entre las opciones de desarrollo evaluadas.

Cuadro 4.4-3 Evaluación Ambiental Opciones de Desarrollo de Papudo

FCD	Criterio de Evaluación	Indicador	Riesgo	Atributos Opciones de Desarrollo Papudo			Evaluación		
				OD1	OD2	OD3	OD1	OD2	OD3
FCD 1 Sobrecarga de la infraestructura y equipamientos urbanos	Cobertura sanitaria	Porcentaje del área urbana fuera de TO (%)	Mayor	49,46%	66,03%	63,53%	1	-1	0
		Porcentaje de la cabida de población fuera de TO (%)	Mayor	61,81%	69,83%	39,39%	0	-1	1
	Congestión vial y problemas de movilidad	Extensión Total de la Red Vial estructurante por superficie de área urbana (m lineales /ha)	Menor	84,7	63,1	96,6	0	-1	1
		Extensión de vías en categorías altas (hasta servicio) por superficie de área urbana (m lineales/ha)	Menor	57,3	46,6	74,7	0	-1	1
		Porcentaje de vías en categorías altas (hasta servicio) en el total de la red vial (%)	Menor	67,7%	73,8%	77,3%	-1	0	1
		Porcentaje de vialidad existente reconocida en vialidad estructurante (%)	Menor	60,6%	52,3%	36,3%	1	0	-1
	Disponibilidad de Equipamientos	Porcentaje de Población en área de influencia de zonas destinadas a equipamiento (%)	Menor	55,6%	53,6%	62,3%	0	-1	1
Superficie promedio de polígonos destinados a zonas de equipamiento (ha)		Mayor	1,16	1,26	0,8	0	-1	1	
FCD 2 Crecimiento por densificación	Intensificación de la ocupación	Porcentaje del área urbana destinado a zonas con altura máxima de 4 pisos o más (%)	Menor	57%	19%	49%	1	-1	0
		Porcentaje del área urbana destinado a zonas habitacionales con ocupación de suelo $\geq 0,5$ (%)	Menor	14%	10%	12%	1	-1	0
	Control de la extensión de la mancha urbana en baja densidad	Densidad promedio del área urbana (hab/ha)	Menor	36,5	23,2	25,0	1	-1	0
		Porcentaje de área urbana residencial de densidad urbana > 80 hab/ha respecto al total (%)	Menor	46,1%	21,5%	29,7%	1	-1	0
		Densidad promedio de las áreas de extensión urbana incorporadas (hab/ha)	Mayor	71,9	49,3	43,4	-1	0	1
FCD 3 Componentes de valor paisajístico e identidad local	Potencial pérdida del patrimonio inmueble	Porcentaje del área urbana destinado a Zonas de Conservación Histórica (%)	Menor	1,3%	3,4%	0,0%	0	1	-1
		Altura promedio (número de pisos) propuesta en el área de influencia de la Zona de Interés Patrimonial	Mayor	2,37	2,00	2,25	-1	1	0
	Potencial deterioro del valor natural-paisajístico	Densidad Promedio propuesta en áreas sensibles- cerros y borde costero (hab/ha)	Mayor	53,51	40,91	43,42	-1	1	0
		Superficie de área vegetal comprometida en zonas de uso residencial (ha)	Mayor	53,07	55,39	64,67	1	0	-1
		Porcentaje del área urbana destinada a área verde pública (%)	Menor	13,9%	31,1%	18,6%	-1	1	0
FCD 4 Integración social y espacial de la población	Falta de conectividad	Densidad de Intersecciones viales de a lo menos 3 ejes, por superficie de área urbana (N° intersecciones /ha)	Menor	0,19	0,17	0,23	0	-1	1
		Superficie promedio de las macromanzanas conformadas por la vialidad estructurante (ha)	Mayor	7,4	8,0	5,0	0	-1	1
	Inequidad en acceso a bienes urbanos	Porcentaje del área urbana destinada a zonas habitacionales con densidad media alta (300 hab/ha y altura 3 pisos) (%)	Menor	7,4%	5,5%	6,4%	1	-1	0
		Superficie de áreas verdes públicas próximas áreas que concentran sectores vulnerables (ha)	Menor	18,99	18,72	17,42	1	0	-1
		Superficie de área verde por habitante (m2/hab)	Menor	6,67	18,52	6,97	-1	1	0
		Superficie de área verde proyectada por habitante asociada nuevas habilitaciones (ha)	Mayor	9,34	32,60	8,33	0	-1	1
		Superficie de zonas de equipamiento preferente próximas áreas que concentran sectores vulnerables (ha)	Menor	22,17	12,29	25,17	0	-1	1
FCD 5 Adopción de riesgo físico y antrópico	Población en áreas de riesgo	Cabida de población propuesta en área de riesgo alto y muy alto de inundación litoral y quebradas (hab)	Mayor	2.823	1.758	2.601	-1	1	0
		Cabida de población propuesta en área de riesgo alto y muy alto de remoción en masa (hab)	Mayor	1.114	1.780	1.352	1	-1	0
		Porcentaje de la cabida de población en área de riesgo sobre la cabida en el total de area urbana	Mayor	18,8%	17,6%	19,4%	0	1	-1
	Control del riesgo	Densidad promedio de las áreas residenciales no consolidadas con riesgo (hab/ha)	Mayor	29,4	28,8	18,2	-1	0	1
		Vías propuestas (aperturas) destinadas a la evacuación de tsunamis conectando a puntos de encuentros en área de seguridad (cant.)	Menor	13	8	18	0	-1	1
		Cabida de población propuesta en área de riesgo muy alto de incendio (hab)	Mayor	1.699	1.530	2.216	0	1	-1
							2	-9	7

Fuente: elaboración propia

Cuadro 4.4-4 Evaluación Ambiental Opciones de Desarrollo de Pullally

FCD	Criterio de Evaluación	Indicador	Atributos Opciones de Desarrollo Pullally				Evaluación		
			Riesgo	OD1	OD2	OD3	OD1	OD2	OD3
FCD 1 Sobrecarga de la infraestructura y equipamientos urbanos	Cobertura sanitaria	Porcentaje del área urbana fuera de TO (%)	Mayor	63,5%	67,5%	67,5%	1	-1	-1
		Porcentaje de la cabida de población fuera de TO (%)	Mayor	60,0%	87,3%	80,9%	1	-1	0
FCD 2 Crecimiento por densificación	Intensificación de la ocupación	Densidad Promedio propuesta en áreas de capacidad de suelo II (hab/ha)	Mayor	20,9	29,7	11,8	0	-1	1
		Porcentaje del área urbana destinado a zonas con ocupación de suelo bajo (%)	Menor	39,0%	34,9%	57,6%	0	-1	1
	Extensión de la mancha urbana en baja densidad	Densidad promedio del área urbana (hab/ha)	Menor	14,5	27,1	11,5	0	1	-1
		Porcentaje del área de extensión urbana incorporada al Limite Urbano (%)	Mayor	77,0%	88,0%	88,0%	1	-1	-1
FCD 3 Componentes de valor paisajístico e identidad local	Potencial pérdida del patrimonio inmueble	Porcentaje del área de influencia del área de interés patrimonial destinado a zonas de equipamiento preferente (%)	Menor	17,6%	19,3%	24,7%	-1	0	1
		Porcentaje del área de influencia de área de Interés Patrimonial destinada área verde pública AVE o AVP (%)	Menor	7,6%	38,1%	3,0%	0	1	-1
		Porcentaje del área de influencia de área de Interés Patrimonial con densidad media alta (300 hab/ha) (%)	Mayor	5,2%	17,3%	0,0%	0	-1	1
	Potencial deterioro del valor natural-paisajístico	Densidad Promedio propuesta en áreas sensibles - Quebrada Los Bueyes (hab/ha)	Mayor	13,7	8,6	5,2	-1	0	1
		Densidad Promedio propuesta en áreas sensibles - Río La Ligua (hab/ha)	Mayor	1,8	1,8	2,5	1	1	-1
		Densidad Promedio propuesta en áreas sensibles - Laguna Pullally (hab/ha)	Mayor	2,3	6,0	2,1	0	-1	1
		Porcentaje del área urbana destinado a área verde y zona área verde (%)	Menor	33,5%	29,1%	27,5%	1	0	-1
FCD 4 Integración social y espacial de la población	Falta de conectividad	Extensión Total de la Red Vial estructurante por superficie de área urbana (m lineales /ha)	Menor	100,2	122,4	131,4	-1	0	1
		Extensión de aperturas viales por superficie de área urbana (m lineales/ha)	Menor	61,5	73,4	82,3	-1	0	1
		Superficie promedio de las macromananzas conformadas por la vialidad estructurante (ha)	Mayor	3,9	3,8	3,2	-1	0	1
	Inequidad en acceso a bienes urbanos	Porcentaje del área urbana destinada a zonas habitacionales con densidad media alta (300 hab/ha) (%)	Menor	16,2%	17,0%	0,0%	0	1	-1
		Porcentaje de área urbana destinada a área verde pública	Menor	2,3%	9,8%	1,0%	0	1	-1
		Superficie de áreas verdes AVE y AVP per cápita (m2/hab)	Menor	15,7	36,0	8,8	0	1	-1
		Porcentaje de la cabida de población dentro del área de influencia de zonas de equipamiento (%)	Menor	30,1%	4,6%	29,3%	1	-1	0
FCD 5 Adopción de riesgo físico y antrópico	Población en áreas de riesgo	Cabida de población propuesta en área de riesgo alto y muy alto	Mayor	208	315	76	0	-1	1
		Porcentaje de la cabida de población en área de riesgo sobre la cabida en el total de area urbana	Mayor	6,4%	4,6%	2,6%	-1	0	1
	Control del riesgo en nuevas áreas urbanas	Densidad promedio de las áreas no consolidadas con riesgo (hab/ha)	Mayor	5,1	8,0	1,7	0	-1	1
		Cabida de población propuesta en área susceptible a incendio y proximidades (hab)	Mayor	740	2071	726	0	-1	1
		Densidad Promedio de las Zonas Habitacionales localizadas en áreas de alta susceptibilidad de riesgo de incendio (hab) (hab/ha)	Mayor	12,0	29,8	10,4	0	-1	1
						-1	-6	6	

Fuente: elaboración propia

5 DESCRIPCIÓN DEL PLAN

El presente capítulo tiene por objetivo fundamental dar cuenta de aquellos elementos descriptivos asociados a las decisiones de planificación en relación con cada uno de los elementos propios del ámbito de acción del Plan. Tal como se señala en el capítulo anterior, el plan propuesto se fundamenta en un proceso de definición de la imagen objetivo y la selección de la alternativa 3 que corresponde a la versión corregida y perfeccionada, que fue adoptada como acuerdo. Se describe a continuación los componentes técnicos que definen el plan regulador.

5.1 TERRITORIO URBANO DE PLANIFICACIÓN.

El territorio de planificación urbana comunal se encuentra compuesto por las áreas urbanas de la ciudad de Papudo con una superficie de 813,6 y la localidad de Pullally con una superficie de 255 has, ambas se encuentran inscritas al interior del límite urbano y de extensión urbana del Plan Intercomunal de Valparaíso Satélite Borde Costero Norte (Resolución Afecta N° 31 de 1996).

Cuadro 5.1-1 Cuadro superficies área urbana de la comuna de Papudo

Área urbana	Límite urbano propuesto (has)	Suelo urbano consolidado (has)	Suelo urbano con riesgo (ha)	Demanda de suelo 2047
Papudo	808,7	232	295,5	
Pullally	248,4	14,4	45,73	
Total	1057,1	246,4	341,23	136 Ha

Fuente: elaboración propia

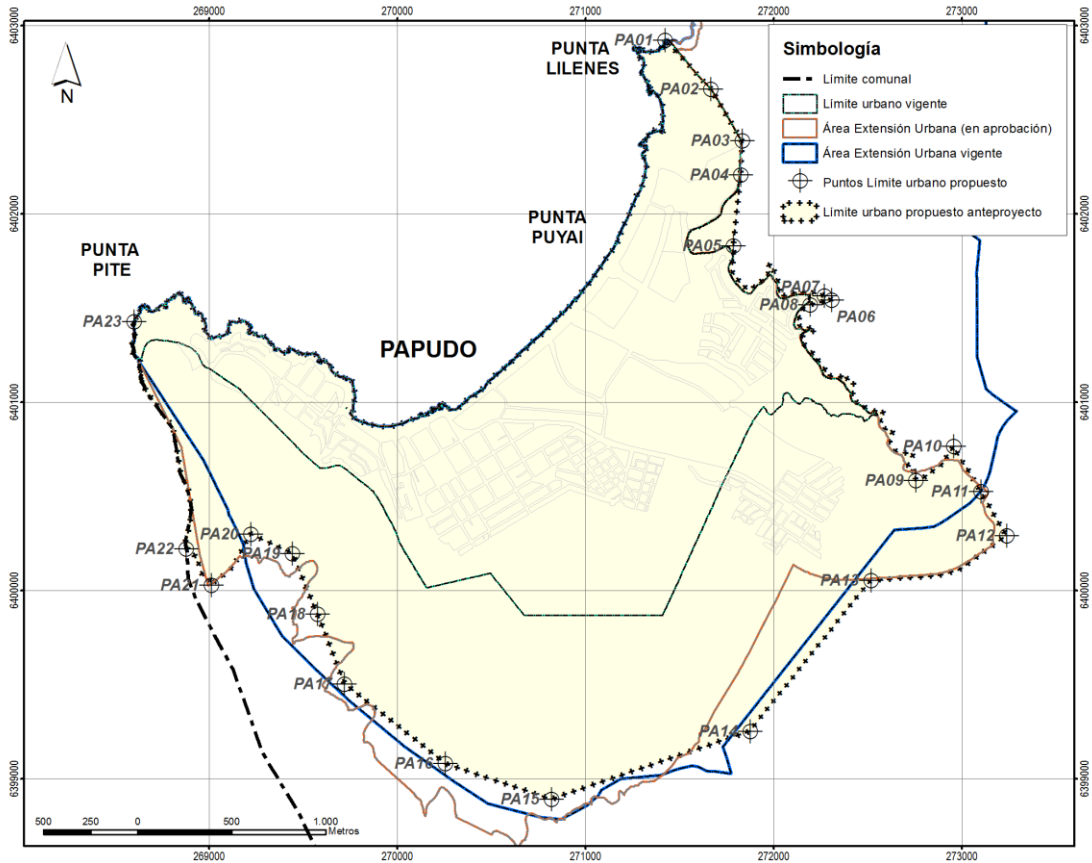
El límite urbano de Papudo se encuentra inscrito en una poligonal conformada por los siguientes tramos:

- Por el Norte, corresponde a la línea de costa descrita en la cartografía, entre el límite comunal Papudo-Zapallar y la línea paralela 835 m al nororiente del eje geométrico de Av. Marítima-Acceso Costanera.
- Por el Oriente el límite urbano comprende desde la línea paralela 835 m al nororiente del eje geométrico de Av. Marítima-Acceso Costanera y el eje geométrico de Camino a Pullally (Ruta E-30-F), alcanzando la curva de nivel 30 msnm.
- Por el Sur, el límite urbano comprende desde la línea paralela a 255 m al norponiente del eje geométrico de Camino a Pullally (Ruta E-30-F) y el límite comunal Papudo-Zapallar, emplazándose entre las curvas de nivel 150 y 320 msnm.
- Finalmente, por el Poniente el límite urbano coincide con el límite comunal Papudo-Zapallar.

Para el caso de la localidad de Pullally, el límite urbano se encuentra inscrito en el límite de extensión urbana del plan intercomunal vigente y describe una poligonal compuesta por las siguientes secciones:

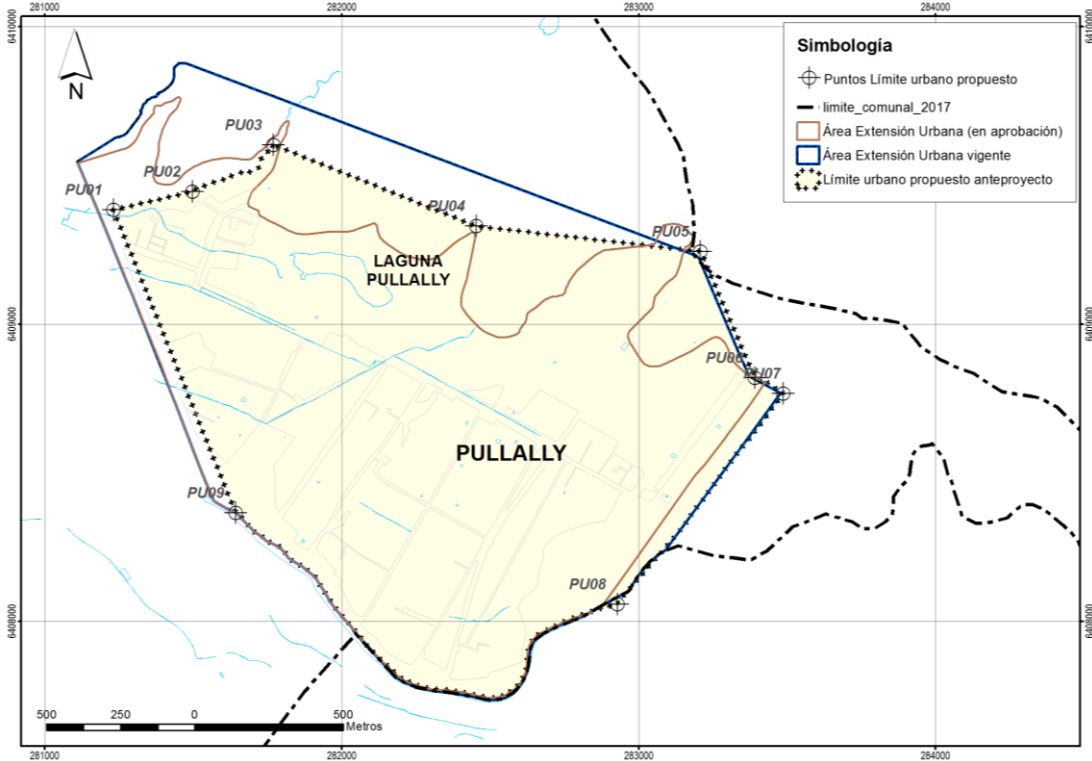
- Por el Norte, el límite urbano coincide con el eje hidráulico de la Quebrada 1 y la intersección de diversas quebradas y zanjas de regadío.
- Por el Oriente el límite urbano se encuentra descrito por la intersección del eje hidráulico del canal y una línea paralela al oriente de la línea de FFCC.
- Por el Sur, el límite urbano coincide con la ribera norte del río La Ligua.
- Por el Poniente, el límite urbano se compone tanto por la ribera norte del río La Ligua como por la faja de la Ruta 5.

Ilustración 5.1-1: Limite Urbano de la ciudad de Papudo en el contexto del nivel intercomunal de planificación



Fuente: elaboración propia

Ilustración 5.1-2: Limite Urbano de la localidad de Pullally en el contexto del nivel intercomunal de planificación



Fuente: elaboración propia

5.2 ZONIFICACIÓN Y NORMAS ESPECÍFICAS

La aplicación de las normas urbanísticas se realiza preferentemente a través de una zonificación, conformada por unidades espaciales denominadas zonas y subzonas cuando estas se desagregan en unidades inferiores aludiendo a la aplicación de precisiones en determinadas normas urbanísticas. A continuación, se detalla la zonificación y normas urbanísticas para cada una de las áreas urbanas del plan.

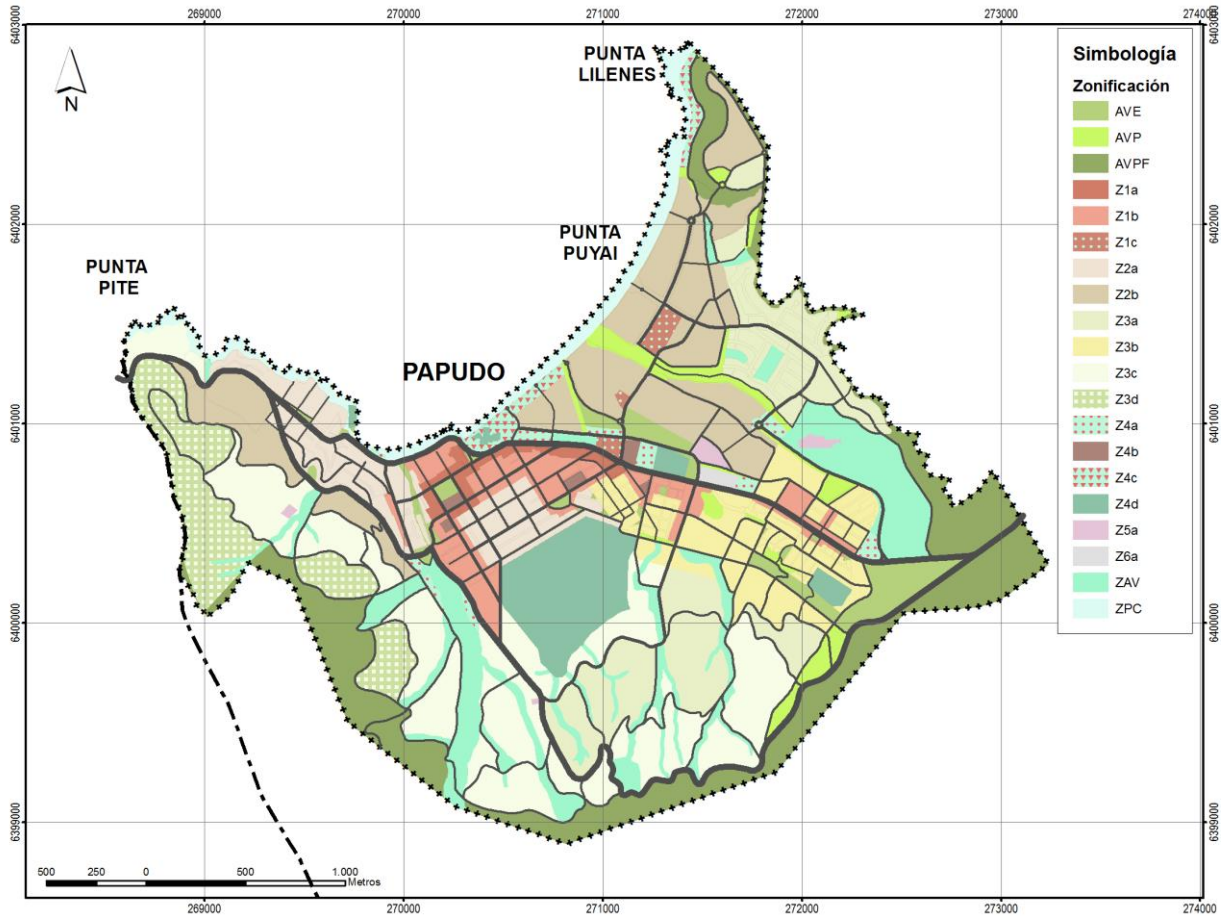
Tal como se señala precedentemente, la ciudad de Papudo establece una superficie urbana inscrita en su límite urbano de planificación de comunal de 815,54 has, cuya zonificación se distribuye en las siguientes áreas territoriales que se detallan en el cuadro siguiente junto a las zonas y su superficie de ocupación:

Cuadro 5.2-1: Zonificación Área urbana de Papudo

GLOSA	NOMBRE DE ZONAS	Superficie (Ha)	Sup. %
Área Urbanizable		490,69	60%
Z1a	Zona de Equipamiento Preferente	9,38	1%
Z1b	Zona de Equipamiento Mixto	36,00	4%
Z1c	Zona de Equipamiento Mixto en Área de Riesgo	4,47	1%
Z2a	Zona de Residencial Preferente Intensidad Baja	45,15	6%
Z2b	Zona de Residencial Preferente Intensidad Media	99,33	12%
Z3a	Zona de Residencial en Extensión Intensidad Baja	79,41	10%
Z3b	Zona de Residencial en Extensión Intensidad Media	51,83	6%
Z3c	Zona Residencial en Extensión Baja Ocupación	117,92	15%
Z3d	Zona Residencial en Extensión Muy Baja Ocupación	47,03	6%
Áreas especiales		63,69	8%
Z4a	Zona de Equipamiento Exclusivo	8,89	1%
Z4b	Zona de Equipamiento Esencial y Servicio	2,99	0%
Z4c	Zona de Equipamiento Borde Costero	7,84	1%
Z4d	Zona de Equipamiento Deportivo	39,03	5%
Z5a	Zona de Infraestructura	3,27	0%
Z6	Zona de Industria Inofensiva	1,68	0%
Parques Plazas y áreas verdes		259,16	32%
AVE	Área Verde Existente	26,34	3%
AVP	Área Verde Propuesta	22,38	3%
AVPF	Área Verde Periférica	103,51	13%
ZAV	Zona Área Verde	79,02	10%
ZPC	Zona de Protección Costera	23,10	3%
Total, general		808,57	

Fuente: elaboración propia

Ilustración 5.2-1 Zonificación área urbana de Papudo



Fuente: elaboración propia

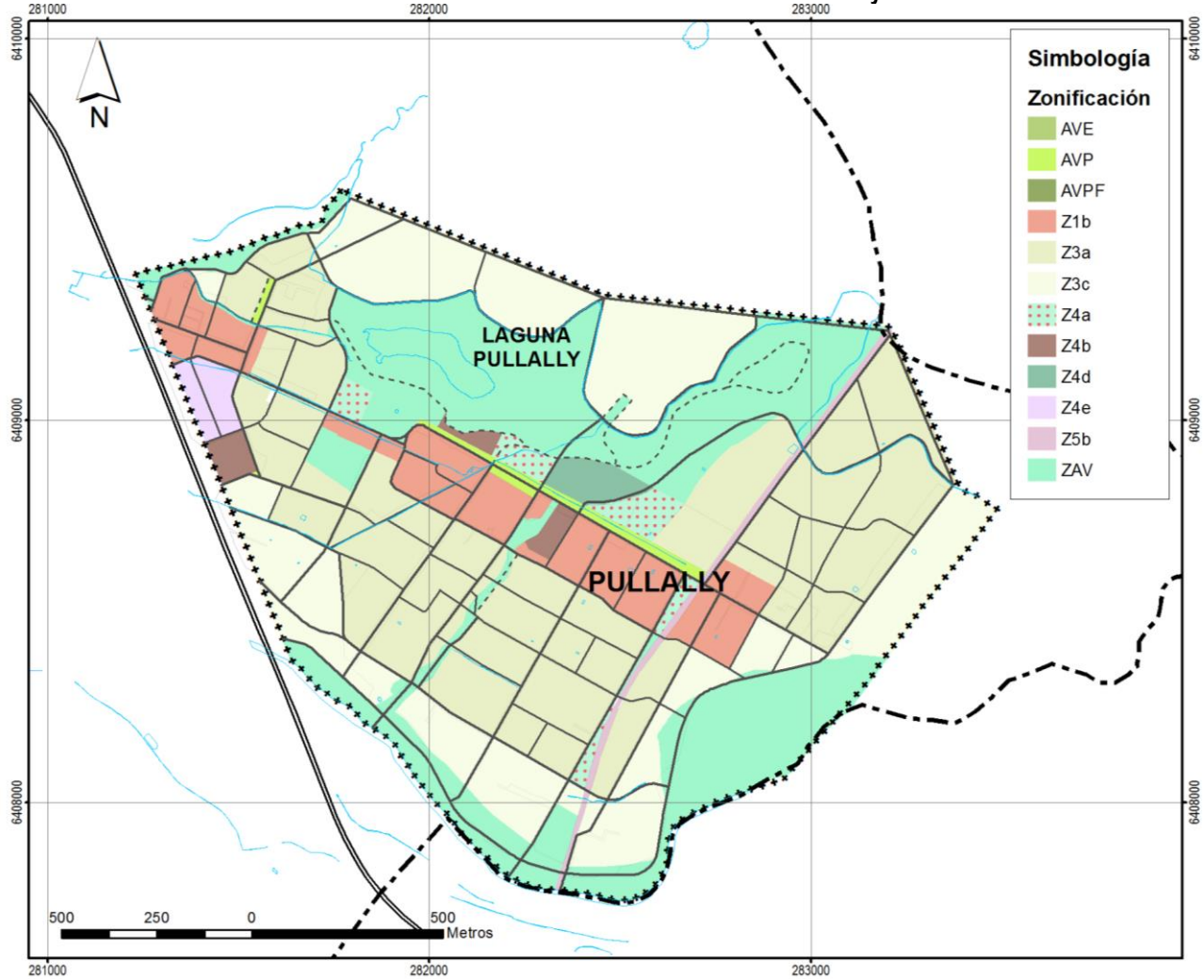
En el caso de la localidad de Pullally, su límite urbano tiene una superficie de 255, cuya zonificación se distribuye en las siguientes áreas territoriales que se detallan en el cuadro siguiente junto a las zonas y su superficie de ocupación.

Cuadro 5.2-2: Zonificación Área urbana de Pullally

GLOSA	NOM_ZONA	Suma de SUP_HA	%
Área Urbanizable		166,28	66%
Z1b	Zona de Equipamiento Mixto	21,8	9%
Z3a	Zona Residencial en Extensión Intensidad Baja	84,5	34%
Z3c	Zona Residencial en Extensión Baja Ocupación	60,0	24%
Áreas especiales		15,32	6%
Z4a	Zona de Equipamiento Exclusivo	4,8	2%
Z4b	Zona de Equipamiento Esencial y Servicio	3,3	1%
Z4d	Zona de Equipamiento Deportivo	2,3	1%
Z4e	Zona de Equipamiento Servicio a la Ruta	2,6	1%
Z5a	Zona de Infraestructura	0,1	0%
Z5b	Zona de Infraestructura Ferroviaria	2,3	1%
Parques Plazas y áreas verdes		68,83	27%
ZAV	Zona Área Verde	66,3	26%
AVP	Área Verde Propuesta	2,6	1%
Total general		250,43	

Fuente: elaboración propia

Ilustración 5.2-2.Zonificación área urbana de Pullally



Fuente: elaboración propia

5.2.1 Área Urbanizable

El área urbanizable del plan corresponde a las distintas zonas y subzonas del plan que acogen el crecimiento urbano proyectado, preferentemente destinado a usos residenciales y de equipamiento según sea la estructura de centralidades propuestas. Abarca una superficie aproximada de 490 has que equivalen aproximadamente al 60% del territorio urbano proyectado, se divide en las siguientes zonas y subzonas diferenciadas por la vocación de usos de suelo preferente y la intensidad de ocupación propuesta.

1. Z1a Zona de Equipamiento Preferente

Corresponde a la zona del plan localizada en la ciudad de Papudo, que están destinada a albergar como uso de suelo preferentemente equipamiento, conformando el sector de mayor centralidad funcional en que se concentran el comercio y servicios que se desarrollan en torno a la Plaza de Papudo y ejes de Av. Víctor Fazio y su continuidad con los frentes prediales de Calle Esmeralda.

Desde el punto de vista morfológico es un sector que tiene a conformar frente de edificación continua conservando la altura de edificación de tres pisos, lo cual es coherente con la conservación de la imagen urbana local.

2. Z1b Zona de Equipamiento Mixto

Corresponde a una zona que se desarrolla en torno al damero central de la ciudad de Papudo y su continuidad en los frentes prediales de Av. Víctor Fazio, emplaza preferentemente usos de equipamientos y residenciales con una densidad proyectada de 100 hab/ha en disposición de agrupamiento variado entre aislado y continuo, con altura de edificación máxima de 2 pisos coherente con la condición morfológica observada en la actualidad.

En el caso de la localidad de Pullaly esta zona ocupa el fragmento de mayor centralidad de la localidad en torno al eje de Av. Las Salinas, donde se emplazan los principales equipamientos de la localidad.

3. Z1c Zona de Equipamiento Mixto en área de riesgo

Corresponde a zonas preferentemente destinada a albergar núcleos de equipamientos de carácter no crítico o esencial, en la ciudad e Papudo, las que apuntan a dotar de comercio servicios urbanos de escala menor, en sectores que se encuentran expuestos a riesgos de inundaciones litorales o tsunami, lo que determina desde el punto de vista morfológico las condiciones de ocupación predial.

4. Z2a Zona Residencial Preferente de Intensidad Baja

Corresponde a los sectores preferentemente residenciales que conforman la trama consolidada de la ciudad de Papudo, en la que predominan tipologías de vivienda unifamiliar en tamaño predial de 300 m², que se concentran en el damero central y ladera sur.

Las disposiciones normativas en este sector, promueven la conservación de las condiciones morfológicas que se observan en la actualidad, con alturas de edificación de 2 pisos de altura y una densidad de 100 hab/has, la condición de agrupamiento admite disposición aislada.

5. Z2b Zona de Residencial Preferente Intensidad Media

Corresponde a los sectores que albergan las urbanizaciones relativamente recientes de mayor intensidad de ocupación del área urbana de Papudo, tales como el sector Punta Puyay y las urbanizaciones del sector Punta Pite sobre la vía de conexión con Zapallar y el eje de Av. Circunvalación.

Las condiciones normativo urbanísticas admiten alturas de edificación máxima de 4 pisos en agrupamiento aislado en relación a los predios con una densidad de 200 hab/ha, y una ocupación de suelo de un 20 %, que es coherente con la condición observada en tipo de urbanizaciones donde predominan edificaciones en altura.

6. Z3a Zona de Residencial en Extensión Intensidad Baja

Corresponde a zonas residenciales preferentes localizados en sectores no consolidados o en proceso de urbanización reciente, localizados en distintos puntos de la trama urbana de Papudo, que se caracterizan por ser sectores transición topográfica con pendientes moderadas.

Las condiciones de ocupación determinan tamaños de subdivisión predial de 300 m² y agrupamiento aislado ccon ocupación de suelo de 0,4 (40%) con una densidad proyectada de 72 hab/ha.

7. Z3b Zona de Residencial en Extensión Intensidad Media

Corresponde a las áreas residenciales consolidadas de la ciudad de Papudo, donde predomina villas de viviendas económicas unifamiliares en loteos de menor tamaño predial, que se localizan en el acceso oriente de Papudo a ambos costados de la Ruta F-30 y su continuidad con Av. Víctor Fazio.

Desde el punto de vista normativo es un área destinada a consolidar la demanda habitacional dirigida a los sectores vulnerables que admite una densidad de proyectada de 300 hab/ha que puede incrementarse a través de incentivos normativos de integración social, condicionados a la construcción de viviendas para grupos vulnerables.

8. Z3c Zona Residencial en Extensión Baja Ocupación

Corresponde a una zona residencial preferente, emplazada en sectores de ladera con pendientes que promedian los 15° - 25° y sectores colindantes al club de golf de Papudo en las cuales las condiciones de urbanización mantienen bajos niveles de ocupación por corresponder a sectores en los cuales se observa una transición topográfica y paisajística, con relieves segmentados por quebradas con presencia de vegetación autóctona.

En el caso de la localidad de Pullally, corresponde de borde contacto del límite urbano, donde destaca la presencia de predios rurales en carácter rústico.

Las condiciones normativas de urbanización y edificación determinan en este caso densidades de 40 Hab/ha y subdivisión predial de 1.000 m² y una ocupación de suelo de un 20 % que tiene como propósito mantener una proporción importante de suelo descubierto en condición rústica.

9. Z3d Zona Residencial en Extensión Muy Baja Ocupación

Al igual que en el caso anterior esta zona corresponde a relieves con pendientes acentuadas donde se observa una mayor prevalencia de las áreas de susceptibilidad de remoción en masa y proximidad a sectores de predominancia forestal donde se observan factores desencadenantes de riesgos de incendio.

Las condiciones de urbanización determinan una baja intensidad de ocupación del suelo, con una densidad proyectada de 24 hab/ha, similar a la que se observa en la actualidad como disposición normativa de nivel intercomunal.

Los parámetros de subdivisión predial de 2000 m², así como la ocupación de suelo del suelo procuran la mantención de una proporción importante de suelo desnudo que permita la mantención de masa vegetal y un control de la escorrentía.

5.2.2 Áreas Especiales.

Corresponde a las zonas urbanas exclusivamente destinadas a equipamientos, infraestructura y actividades productivas, que reconocen usos existentes o proyectados, tienen una superficie agregada de 63,69 has que equivalen al 8% del territorio urbano de la ciudad de Papudo y aproximadamente 15,32 has que equivalen al 6% del territorio urbano de Pullally, se distribuyen en las siguientes zonas:

1. Z4a Zona de Equipamiento exclusivo

Se distribuye en distintos puntos del área urbana de Papudo y Pullally, y corresponde al reconocimiento de recintos de equipamientos existentes o terrenos donde se proyecta la localización de equipamiento públicos, las disposiciones normativas establecen una subdivisión predial de 1.000 m² en agrupamiento aislado con una ocupación de un 20% de los terrenos.

2. Z4b Zona de Equipamiento Esencial y Servicio

Corresponde a zonas donde se emplazan los equipamientos públicos de carácter esencial y estratégico para el funcionamiento de las actividades institucionales de la comuna, tales como la municipalidad, establecimientos educacionales, se salud y seguridad, tanto en la ciudad de Papudo y Pullally.

Ocupan superficies variables por lo que el tamaño de subdivisión predial mínima es de 300 m² con normas de ocupación de 60% y alturas de edificación de 2 pisos.

3. Z4c Zona de Equipamiento Borde Costero

Corresponde a sectores del borde costero de la ciudad de Papudo exclusivamente destinados a la localización de equipamientos de apoyo a las actividades turísticas y de esparcimiento, que no cumplen funciones críticas o esenciales en eventos de riesgos. Admite usos de suelo tales como comercio de escala menor recintos destinados a esparcimiento y servicios artesanales.

4. Z4d Zona de Equipamiento Deportivo

Corresponde al reconocimiento de los recintos destinados a equipamiento deportivo, actualmente emplazados en la ciudad de Papudo con 39 has y la localidad de Pullally con 2,3 has que equivalen al 1% de la superficie urbana de la localidad, las normas urbanísticas establecidas en el plan consideran un tamaño predial mínimo de 1.000 m² y una ocupación de 20%.

Destaca por tamaño y centralidad urbana el club de Golf que abarca una superficie de 33 has. de área libre con un uso predominante destinado a área verde.

5. Z5a Zona de Infraestructura

Corresponde al reconocimiento de los terrenos exclusivamente destinados a la localización de infraestructura energética, tales como subestaciones y sanitaria como recintos de captación y tratamiento de agua, de la ciudad de Papudo como de la localidad de Pullally.

6. Z5a Zona de Infraestructura ferroviaria

Corresponde al reconocimiento de los terrenos exclusivamente destinados a la localización de infraestructura de transporte terrestre de tipo ferroviaria, ubicadas en la actualidad en la localidad de Pullally.

7. Z6 Zona de Industria Inofensiva

Corresponde al único recinto que alberga una industria pesquera en la ciudad de Papudo, localizada en la intersección de Av. Víctor Fazio y calle El Parque que cuenta con una superficie de 1,6 has, emplazado al borde de la cual ha quedado circunscrita en términos de calificación a actividad de carácter inofensivo.

5.2.3 Áreas Verdes de nivel comunal

El sistema de área verdes de nivel comunal comprende las áreas verdes consolidadas existentes reconocidas como bienes nacionales de uso público, las áreas verdes proyectadas o declaradas de utilidad pública, así como las zonas de área verdes que no corresponden a espacios público, de tenencia privada o fiscal y que por su especial condición tienen las características o cualidad de zonas destinadas al uso de área verdes por la presencia de elementos naturales y los equipamientos deportivos, además de considerar como área verde o similar las zonas de área restringidas al desarrollo por amenazas de alta y muy alta susceptibilidad al riesgo físico de inundación, flujo de detritos y remoción en masa.

Abarcan una superficie de 259 has en la ciudad de Papudo que equivale al 32% del territorio urbano y una superficie de 68,83 has en la localidad de Pullally, que equivale a 27% de la superficie urbana.

1. AVE Área Verde Existente

Corresponde las áreas verdes existentes que son bienes nacionales de uso de conformidad con lo señalado en el artículo 2.1.30 de la OGUC, materializadas como tales o generadas a partir de cesiones gratuitas de suelo de los loteos o proyectos inmobiliarios ciudad de Papudo, donde abarcan una superficie de 26,34 has.

2. AVP Área Verde Propuesta

Corresponde a las áreas verdes declaradas de utilidad pública de conformidad con lo prescrito en el artículo 59 de la LGUC, y comprende áreas verdes de distintas categorías y funciones entre las que destacan:

- a) Áreas verdes asociadas a elementos naturales, como el Parque Estero Agua Salada.
- b) Áreas verdes asociadas a zonas de seguridad de evacuación.
- c) Área verde que reconocen área amagadas por riesgo de anegamiento.
- d) Entre otras áreas verdes que se asocian retazos en las áreas urbanizables.

3. AVPF Área Verde Periférica

Corresponde a las zonas de área verde de conformidad con lo establecido en el artículo 2.1.31 de la OGUC, destinada a establecer un área de borde de contacto con las áreas forestadas de mayor exposición a incendio localizadas en el contorno del límite urbano de Papudo, y sector Bosque Lilén, abarcan una superficie de aproximadamente 108 has.

4. ZAV Zona Área Verde

Corresponde a las distintas zonas destinadas a áreas verdes en terrenos privados o fiscales, de conformidad con lo establecido en el artículo 2.1.31 de la OGUC, y se establecen preferentemente en relación a los siguientes criterios:

- a) Zonas de Áreas Verdes que reconocen factores de riesgos asociados a la presencia de quebradas, donde se restringe la ocupación a objeto de conservar las características rústicas del terreno, para mantener condiciones de seguridad y de conservación de parches vegetaciones con remanentes de bosque nativo. Su delimitación considera distanciamientos de 10, 15 y 30 metros dependiendo del tamaño de las quebradas, los que se aplican desde su eje geométrico.

Como criterio general, se consideró que estas áreas abarcarán la cobertura de área de riesgo de inundación de quebrada, y peligro muy alto de incendio arrojada por el estudio fundado de riesgo.

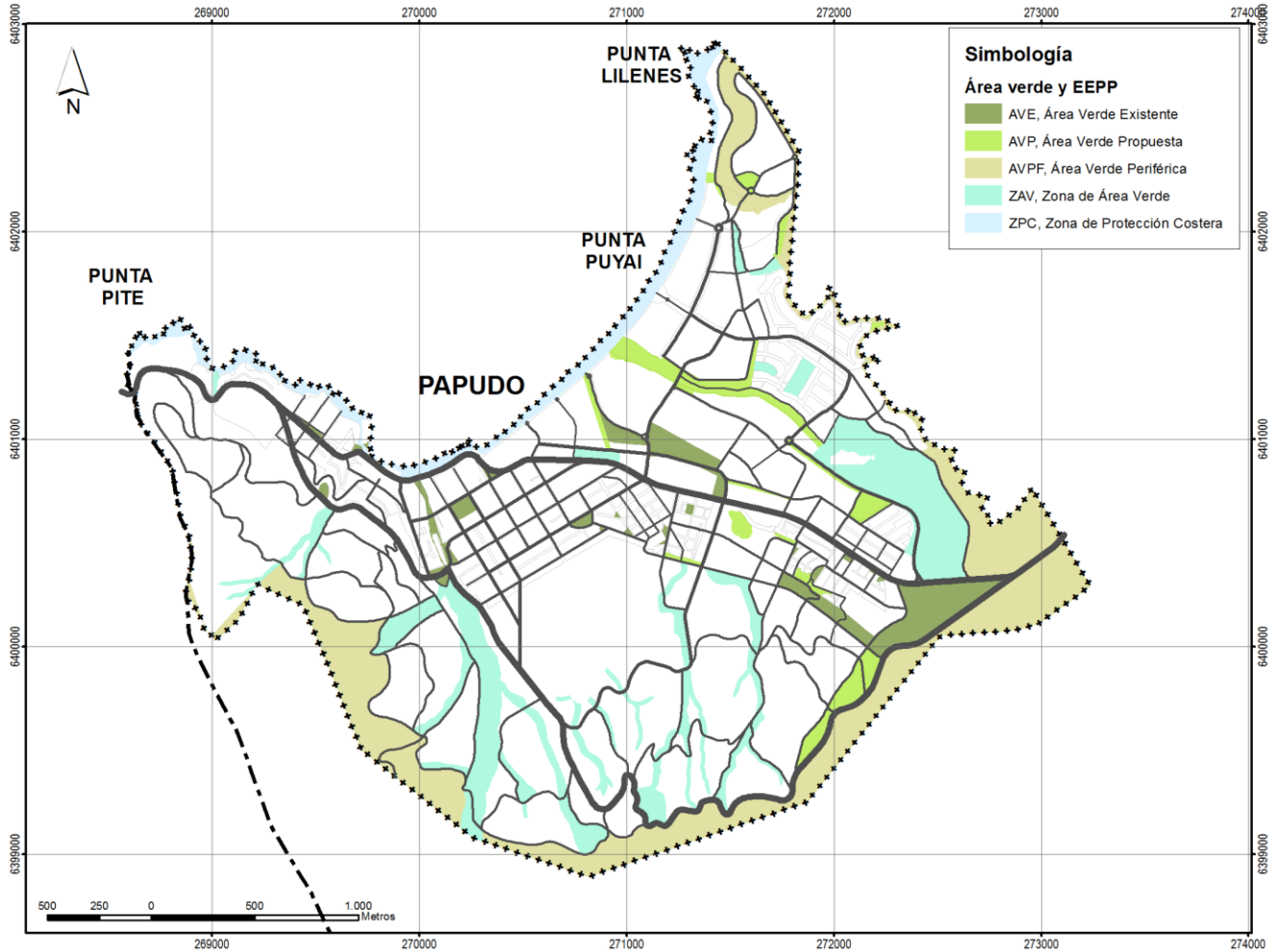
Destaca también en esta categoría área verdes asociada a la llanura inundable del Estero La Ligua en la localidad de Pullally de aproximadamente 18,9 ha;

- b) Zona de área verde comprende los terrenos aledaños a la laguna artificial Tranque de Esva de aproximadamente 24,9 ha;
- c) Zona de área verdes Parque Laguna Artificial De Pullally con una superficie de 36,7 ha; y
- d) Plazas área libres correspondientes a terrenos de distintas categorías emplazados en la ciudad de Papudo como en la localidad de Pullally.

5. ZPC Zona de Protección Costera

Corresponde a la definición establecida en el plan regulador de la zona de protección costera¹² de conformidad con lo prescrito en el artículo 1.1.2 de la OGUC comprende una franja de ancho variable medidos desde la línea de playa, donde se establecen condiciones especiales de uso de suelo. Abarca una superficie de 23,09 has. que cubre todo el frente costero de la ciudad de Papudo.

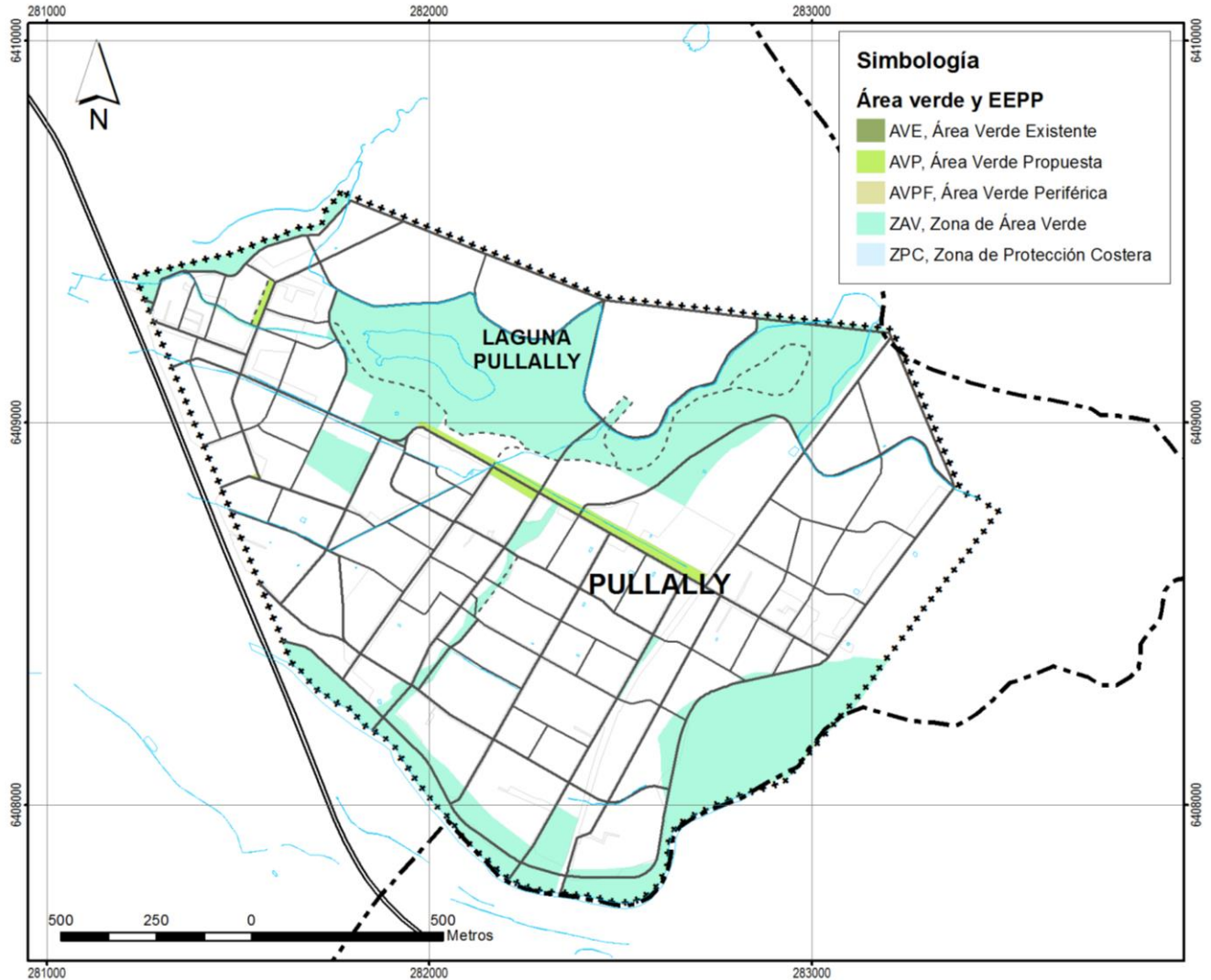
Ilustración 5.2-3: Sistema de área verdes área urbana de Papudo



Fuente: elaboración propia

¹² Artículo 1.1.2 de la OGUC: “Zona de Protección Costera”: área de tierra firme de ancho variable, de una extensión mínima de 80 metros medidos desde la línea de la playa, en la que se establecen condiciones especiales para el uso del suelo, con el objeto de asegurar el ecosistema de la zona costera y de prevenir y controlar su deterioro.

Ilustración 5.2-4: Sistema de área verdes área urbana de Pullally



Fuente: elaboración propia

5.3 ÁREAS RESTRINGIDAS AL DESARROLLO URBANO

Corresponde a los terrenos que se encuentran en distintas categorías de susceptibilidad descritas en el estudio fundado de riesgos, que acompaña a la presente memoria explicativa, los que de conformidad con lo señalado en el artículo 2.1.17 de la OGUC, corresponde a los terrenos que, por su especial naturaleza, determinan restricciones, limitaciones o condiciones a la localización de actividades, urbanización y edificación, en base a los tipos de riesgos definidos en la legislación.

Para los efectos de aplicación normativa, las áreas definidas de riesgos se superponen a la zonificación del plan, determinando en relación a los distintos niveles de susceptibilidad detectados, las disposiciones normativas aplicables cuando se corrobora la adopción de las medidas de mitigación y/o adaptación al riesgo, según sea el caso.

Cuadro 5.3-1: Áreas de riesgos ciudad de Papudo

Área	Descripción	Superficie (ha)	%
AR 1	Áreas inundables o potencialmente inundables asociadas a maremoto o tsunami	110,6	13,7%
AR 2	Áreas inundables o potencialmente inundables asociadas cauces, flujos de barro y detrito y anegamiento	70,21	9%
AR 3	Áreas propensas a remoción por deslizamientos y caídas de bloques	114,7	14,1%
Total General		295,5	

Fuente: elaboración propia

Cuadro 5.3-2 Áreas de Riesgos Localidad de Pullally

Área	Descripción	Superficie (ha)	%
AR 2	Áreas inundables o potencialmente inundables asociadas cauces, flujos de barro y detrito y anegamiento	43,9	18%
AR 3	Áreas propensas a remoción por deslizamientos y caídas de bloques	1,8	0,7%
Total General		45,73	

Fuente: elaboración propia

Los criterios para la definición de las disposiciones normativas aplicables se detallan a continuación para cada una de las áreas de riesgos señaladas en el plan:

1. **AR1:** Áreas inundables o potencialmente inundables asociadas a maremoto o tsunami.

Se incluye en esta categoría las áreas ubicadas bajo la cota de referencia de 8 m.s.n.m, expresadas en el plano de la ciudad de Papudo, coincidentes con los niveles de susceptibilidad Muy alto (bajo cota 5 m.s.n.m) y Alto (entre 5 y 8 m.s.n.m), señalados en el estudio fundado de riesgos.

Las prescripciones de uso de suelo que aplican una vez que se cumplen los requisitos establecidos en el artículo 2.1.17, considera las actividades ya emplazadas en el borde costero en el plan regulador vigente, admitiendo el usos de suelo residencial en densidad media, y se establece restricciones a la localización de equipamientos de carácter esencial o crítico, correspondiente con las clases educación, salud, seguridad y servicios públicos, los destinos asociados a hogares de acogida en aquellas sectores donde se superponga el área de riesgo AR1 .

2. **AR2:** Áreas inundables o potencialmente inundables asociadas a la proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos.
 - a) Se considera en esta categoría, las inundaciones por desborde de cauces de nivel de susceptibilidad agregada Muy alta y alta, que corresponden con:
 - Muy Alta: Cauces cuyas subcuencas aportantes tienen una capacidad de caudal de crecida (para T=100 años) superior a 3,5 m³/s y su prolongación en su dirección de máxima pendiente hasta llegar a un cauce mayor; sus terrazas de inundación de altura menor a 2 metros; y sus zonas de derrame, ya sea en su zona distal o su tramo medio en zonas de curvas cerradas. Depósitos fluviales actuales y aterrizados (1) del río La Ligua cuyo resultado en el modelo hidráulico muestra que son inundables para un período de retorno de 10 años. Depósitos aluviales actuales y recientes de la quebrada Los Bueyes, tal que son inundables para un período de retorno de 50 y 10 años respectivamente.
 - Alta: Terrazas de inundación cuya diferencia de altura es de 2 a 3 metros con respecto a los cauces de susceptibilidad muy alta y a las zonas de derrame de dicha terraza (ya sea en su zona distal o su tramo medio en zonas de curvas cerradas). Cauces cuyas subcuencas aportantes tienen un caudal de crecida (para T=100 años) entre 1,4 y 3,5 m³/s y su prolongación en su dirección de máxima pendiente hasta llegar a un cauce mayor; sus terrazas de inundación de altura menor a 2 metros; y sus zonas de derrame, ya sea en su zona distal o su tramo medio en zonas de curvas cerradas. Depósitos fluviales aterrizados (1) del río La Ligua y depósitos aluviales

recientes de la quebrada Los Bueyes, tal que de acuerdo a los resultados obtenidos del modelo hidráulico son inundables para un período de retorno de 50 años.

b) Flujos de barro y/o detritos.

- **Muy Alta:** Cauces cuyas subcuencas aportantes tienen un caudal de crecida (para T=100 años) superior a 25 m³/s; sus terrazas de inundación de altura menor a 2 metros; y sus zonas de derrame, ya sea en su zona distal o su tramo medio en zonas de curvas cerradas.
- **Alta:** Terrazas de inundación cuya diferencia de altura es de 2 a 3 metros con respecto a los cauces de susceptibilidad muy alta. Cauces cuyas subcuencas aportantes tienen un caudal de (para T=100 años) entre 4 y 25 m³/s; sus terrazas de inundación de altura menor a 2 metros; y sus zonas de derrame, ya sea en su zona distal o su tramo medio en zonas de curvas cerradas.

c) Inundaciones por anegamiento.

A los peligros anteriores se agrega los sectores expuestos a anegamiento de susceptibilidad Muy Alta y Alta que corresponde a los siguientes criterios:

- **Muy Alta:** Sectores morfológicamente muy planos, deprimidos, con mal drenaje, que ya han sido afectados por inundaciones y que en general se conectan directamente con la red hidrológica. Estos bajos topográficos tienen una diferencia de altura de 50 cm con respecto al nivel base promedio de su entorno.
- **Alta:** Sectores muy planos, deprimidos, con mal drenaje y que no se conectan directamente con la red hidrológica (es decir, existen condiciones morfológicas para la acumulación superficial de aguas lluvias). Estos bajos topográficos tienen una diferencia de altura menor a 20 cm con respecto al nivel base promedio de su entorno.

3. **AR3** Áreas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas

Corresponde a sectores expuestos a remociones en masa provocados por deslizamientos y caídas de bloques de susceptibilidad Muy Alta y Alta, que comprende sectores con ladera natural o taludes con pendientes superiores a 25°.

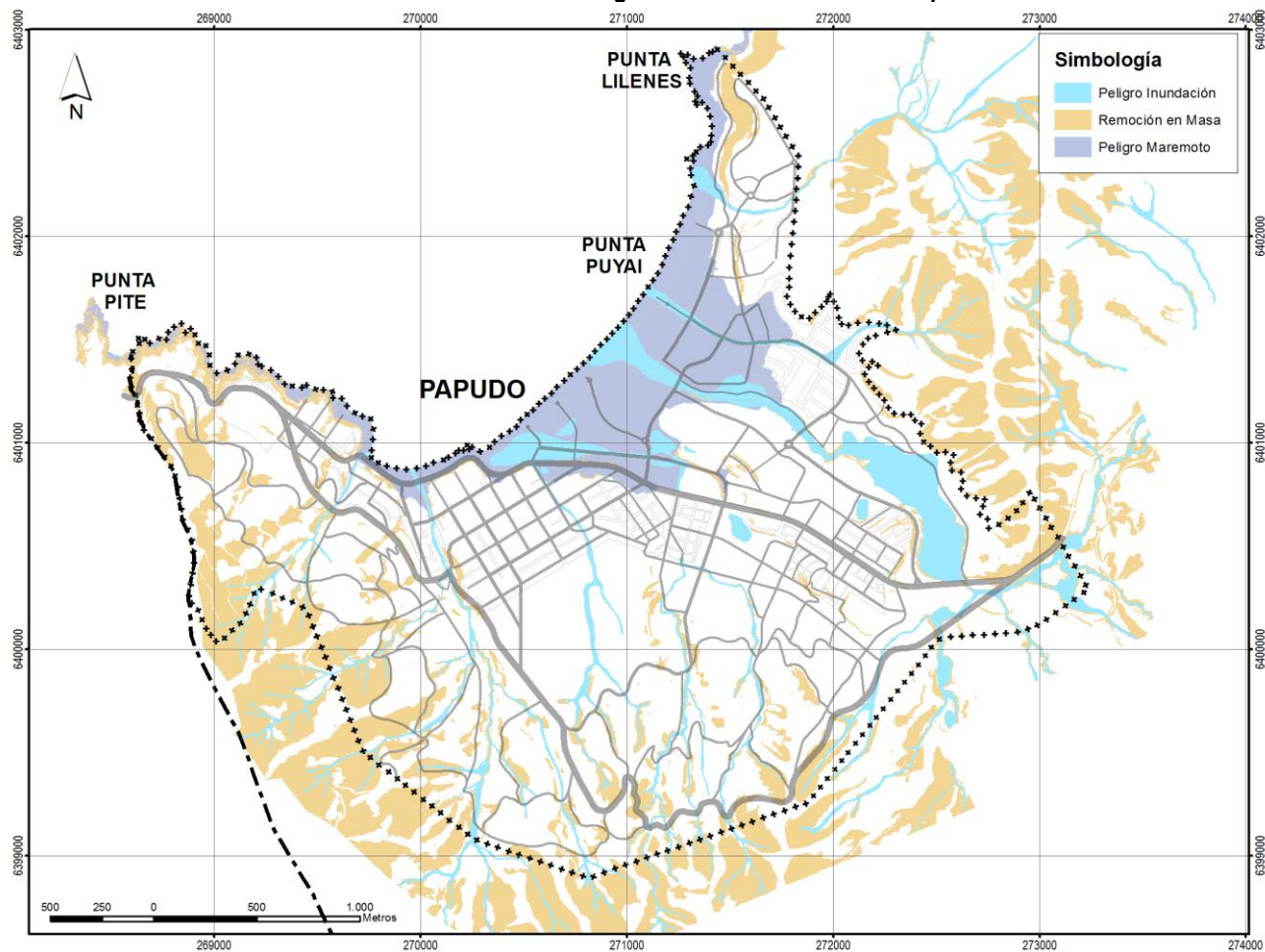
Los criterios de zonificación del plan reconocen las distintas condiciones de riesgo que aplican en el territorio urbanizable, según se puede observar en el cuadro siguiente:

Cuadro 5.3-3: Criterios para el reconocimiento de las áreas de riesgo en el plan

Áreas de Riesgo	Tipos de peligro	Susceptibilidad	Criterios de zonificación	
			Área no consolidada	Área consolidada
AR 1 Zonas inundables o potencialmente inundables asociadas a maremoto.	Inundación litoral por maremoto.	Muy alta y Alta.	Uso residencial media densidad y equipamiento no esencial o crítico. Apertura de vías de evacuación	
AR 2 Zonas inundables o potencialmente inundables asociadas a la proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos.	Inundaciones por desborde de cauces Flujo de barro y/o detrito Inundaciones por anegamiento.	Muy alta y Alta.	Área verde en fajas quebrada de 20, 30 y 50 m según área de riesgo	Mantener uso e intensidad existente 2.1.17 OGUC-
AR 3. Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.	Remoción en masa (proceso de ladera).	Muy alta.	Densidad máxima de 40 hab/ha	Uso existente con Art. 2.1.17 OGUC.
		Alta.		

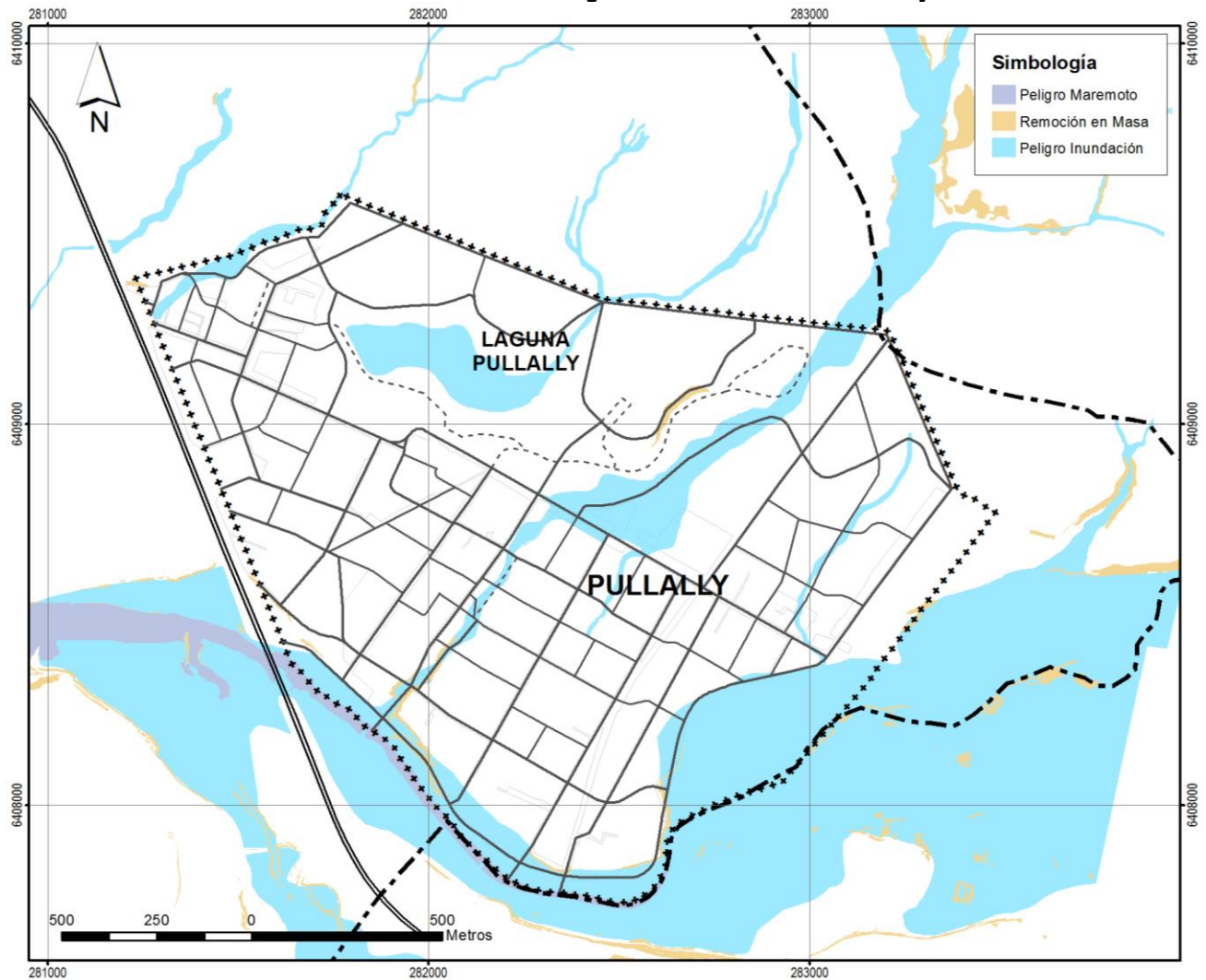
Fuente: elaboración propia

Ilustración 5.3-1: Áreas restringidas al desarrollo urbano Papudo



Fuente: elaboración propia

Ilustración 5.3-2: Áreas restringidas al desarrollo urbano Pullally



Fuente: elaboración propia

5.4 PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO INMUEBLE

Se describe a continuación los elementos de patrimonio inmueble sujetos a protección y/o conservación, en el caso de los Inmuebles de Conservación Histórica (ICH), el Plan propuesto contempla la identificación, evaluación y registro técnico de 18 inmuebles, cuyas fichas de valoración se presentan en el Anexo Patrimonio Inmueble.

5.4.1 Monumentos nacionales

De conformidad con lo establecido en la Ley 17.288, en la ciudad de Papudo se identifica una Declaratoria de Monumento Nacional en la categoría de Monumento Histórico, correspondiente a la *IGLESIA NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES*, **MH-01** ubicada en calle Irarrázaval esquina con calle Latorre, Comuna de Papudo, Provincia de Petorca, Región de Valparaíso, mediante el **Decreto 532 de 20.09.1995 del Consejo de Monumentos Nacionales**.

Ilustración 5.4-1 Monumento Histórico Iglesia Nuestra Señora De Las Mercedes








Fuente: elaboración propia y Consejo de Monumentos Nacionales.

5.4.2 Inmuebles de Conservación Histórica

Los Planes Reguladores Comunales tienen la facultad de declarar Inmuebles (ICH), tal como lo señala el artículo 60°, inciso segundo, de la Ley General de Urbanismo y Construcciones. Se determinan los siguientes inmuebles como de Conservación histórica con el objetivo de que no puedan ser demolidos o refaccionados sin previa autorización de la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo, además del municipio de Papudo.

Cuadro 5.4-1 Inmuebles de Conservación Histórica

Identificación	Fotografía	Identificación	Fotografía
Código: ICH 1 Identificación: CHALET RECART Dirección: Chorrillos 9 Rol: 35-2		Código: ICH 2 Identificación: LA CASONA PDI Dirección: Blanco 275 Rol: 49-4	
Código: ICH 3 Identificación: CASA BOYD Dirección: Irrazabal 391 Rol: 37-5		Código: ICH 4 Identificación: HOTEL BOYD Dirección: Irrazabal 253 Rol: 37-4	
Código: ICH 5 Identificación: CASA ANDRIGHETTI Dirección: Comandante Ramírez L 3 Rol 23-9		Código: ICH 6 Identificación: CASA IGLESIS Dirección: Irrazaval 339 Rol 37-2	
Código: ICH 7 Identificación: RESTAURANTE LA MAISON DES FOUS Dirección: Blanco 151 Rol 42-6		Código: ICH 8 Identificación: EX ESTACIÓN PAPUDO Dirección: Fernández Concha S/N° Lt B Rol 46-5	
Código: ICH 9 Identificación: EX HOTEL MELA Dirección: Irrazaval 339 Rol 37-9		Código: ICH 10 Identificación: CASA ROWLINGS Dirección: Condell N°15 Rol 1-8	
Código: ICH 11 Identificación: EDIFICIO CONSISTORIAL Dirección: Fernández Concha S/N° Rol 41-1		Código: ICH 12 Identificación: RESTAURANTE BARCO ROJO Dirección: Irrazaval 300 Rol 89-6	

<p>Código: ICH 13 Identificación: CUARTEL 2ª COMPAÑÍA BOMBEROS PAPUDO Dirección: Av. Las Salinas S/N° (Pullally). Rol: 901-651</p>		<p>Código: ICH 14 Identificación: CASA CID Dirección: Arica N°88 Rol: 27-1</p>	
<p>Código: ICH 15 Identificación: CASA SIRI Dirección: Matta N°130. Rol 26-12</p>		<p>Código: ICH 16 Identificación: CASA SANTOS Dirección: Matta N°105 Rol 24-1</p>	
<p>Código: ICH 17 Identificación: CASA JAIF Dirección: Fernández Concha S/N° Rol 52-2</p>		<p>Código: ICH 18 Identificación: CASA PEREZ Dirección: Miraflores 19 Rol 36-20</p>	
<p>Código ICH 19 Identificación: Corral Pullally Dirección: Av. Las Salinas S/N° Rol 101-108</p>			

Fuente: elaboración propia

5.5 INTENSIDAD DE OCUPACIÓN DE SUELO

El anteproyecto del plan considera una distribución gradual de la intensidad de ocupación del suelo, la que reconoce las distintas condicionantes físicas y de infraestructura, y que se expresa a nivel de zonas de la siguiente forma:

Ilustración 5.5-1: Densidades proyectadas por Zonas área urbana de Papudo

GLOSA	NOM_ZONAS	DENSIDAD PROY	SUP_HA
Z1a	Equipamiento Preferente	100	9,4
Z1b	Equipamiento Mixto	100	36,0
Z2a	Residencial Preferente Intensidad Baja	100	45,2
Z2b	Residencial Preferente Intensidad Media	200	99,3
Z3a	Residencial en Extensión Intensidad Baja a	72	79,4
Z3b	Residencial en Extensión Intensidad Media b	300	51,8
Z3c	Residencial en Extensión Intensidad Baja c	40	118,1
Z3d	Residencial en Extensión Intensidad Baja d	24	47,0
Total, área urbanizable residencial			486,2

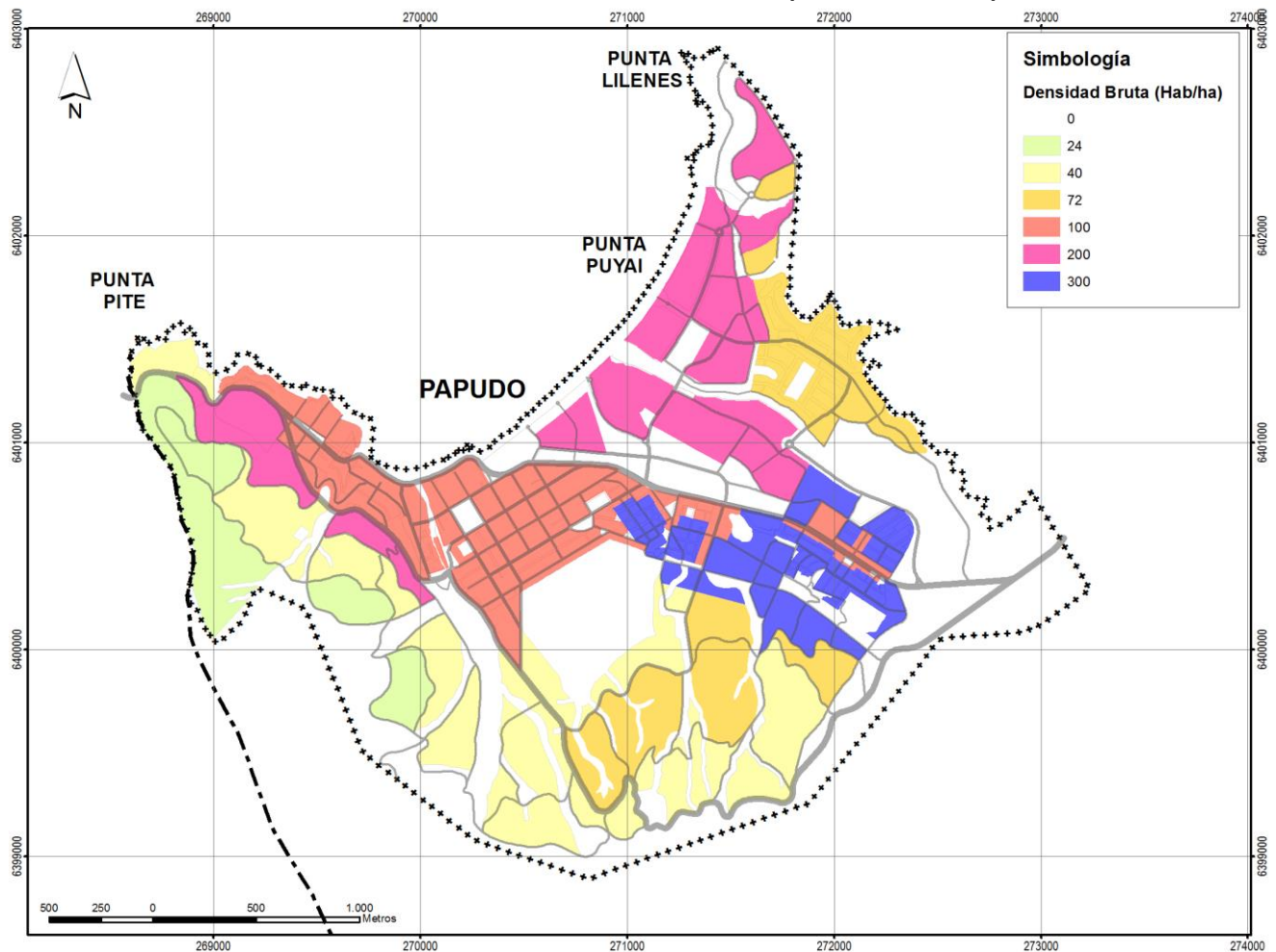
Ilustración 5.5-2: Densidades proyectadas por Zonas área urbana de Pullally

GLOSA	NOM_ZONA	Densidad	SUP_HA
Z1b	Equipamiento Mixto	100	21,8
Z3a	Residencial en Extensión Intensidad Baja	72	84,5
Z3c	Residencial en Extensión Intensidad Baja 2	40	60,0
Total, área urbanizable residencial			166,3ha

Fuente: elaboración propia

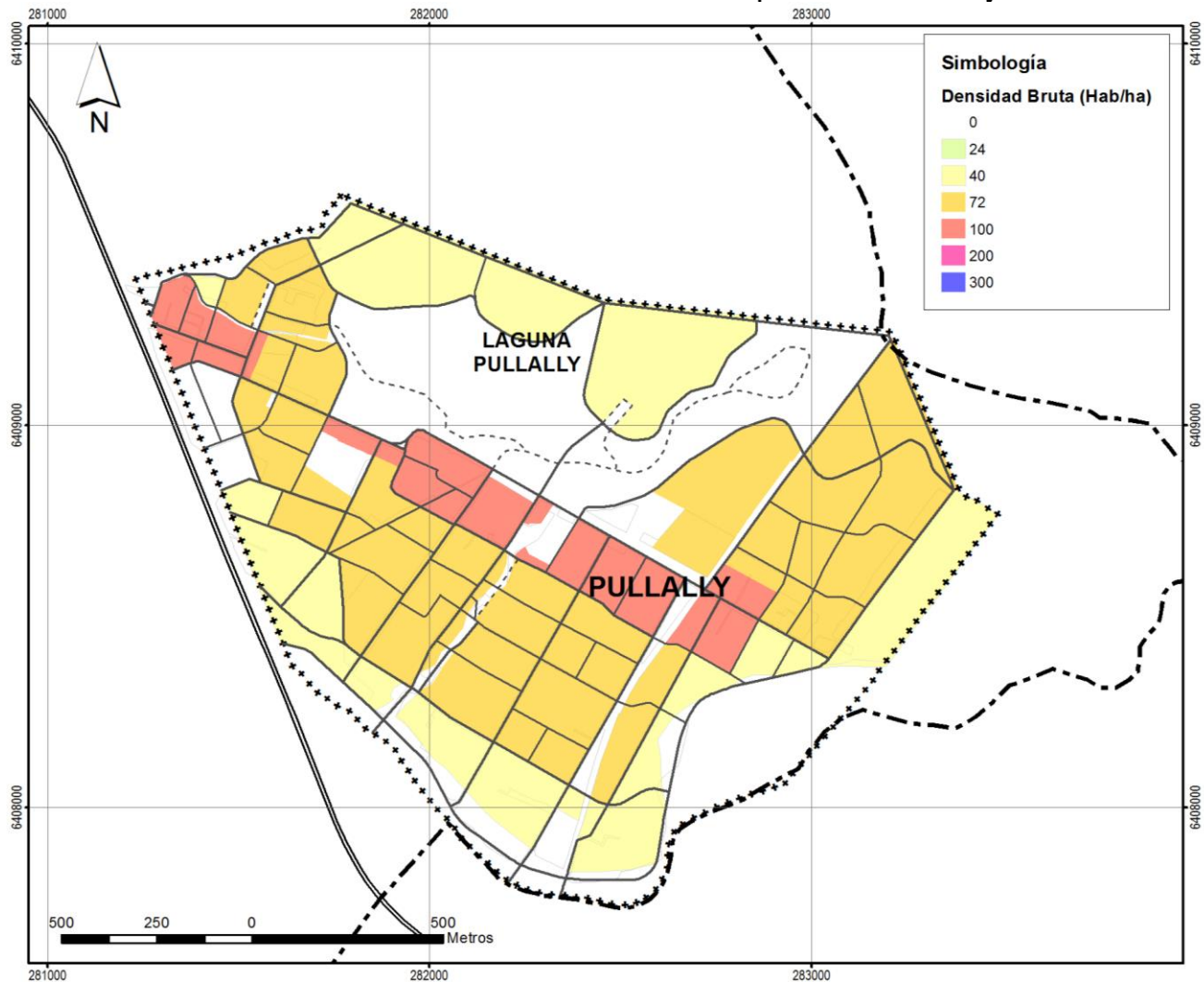
El plan regulador intercomunal vigente no establece exigencias de densidad promedio a ser aplicadas por los Instrumento de planificación urbana, al momento de actualización.

Ilustración 5.5-3: Distribución de la intensidad de ocupación de suelo Papudo



Fuente: elaboración propia

Ilustración 5.5-4: Distribución de la intensidad de ocupación de suelo Pullally



Fuente: elaboración propia

5.6 RED VIAL

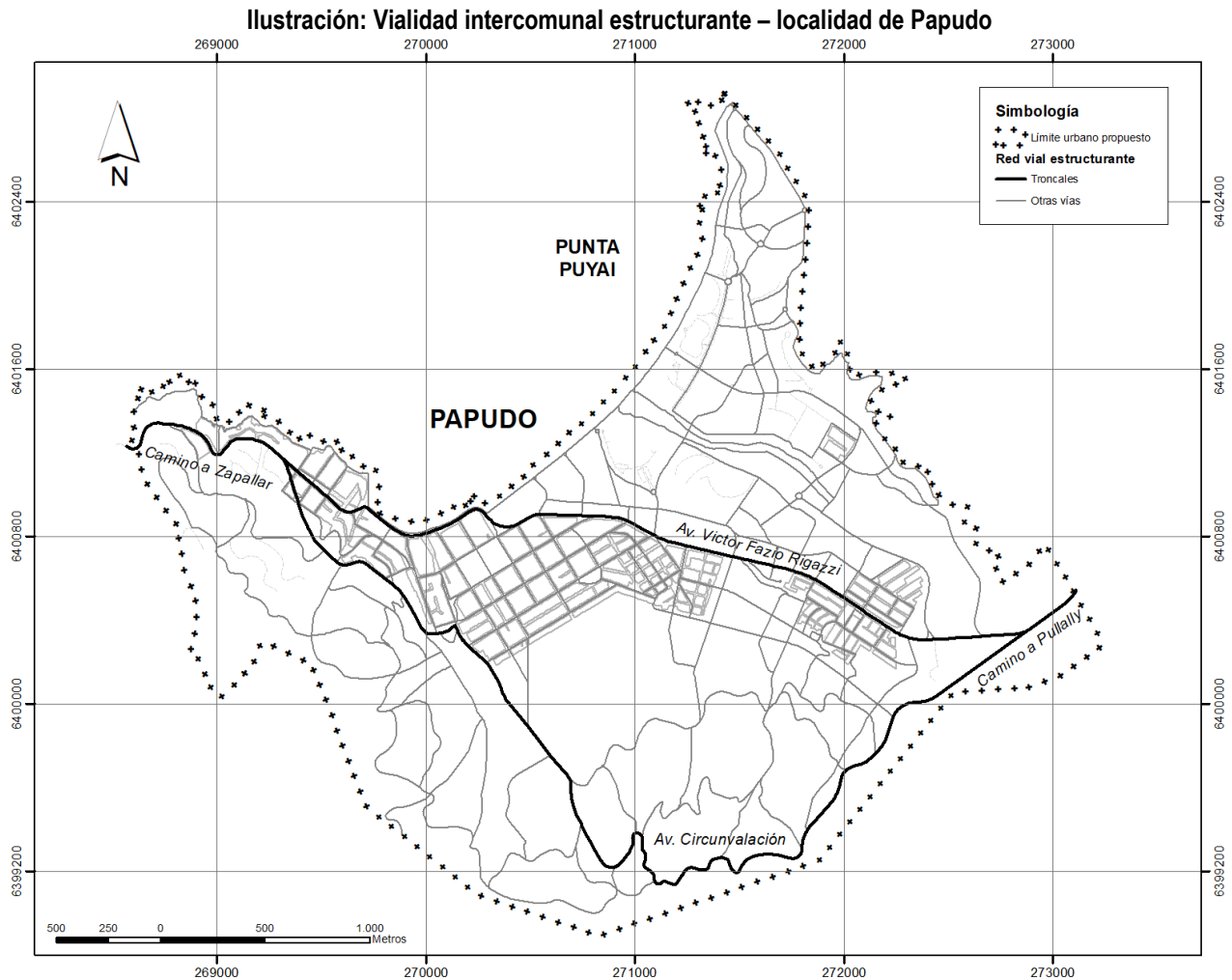
La red vial del plan propuesto se encuentra reportado a continuación a partir de la red vial estructurante, con la descripción de las vías y su categorización correspondiente, y, de manera indicativa, el sistema de circulación relacionado a red de ciclovías y las vías asociadas

5.6.1 Red vial estructurante

A continuación, se describe la distribución del sistema vial estructurante planteado en el Plan propuesto para las localidades en cuestión. Al respecto, se advierte que este se estructura a partir de un sistema jerarquizado de vías que conforman cuadrantes o macro manzanas destacándose las siguientes vías de acuerdo a su clasificación definida en el artículo 2.3.2 de la OGUC.

a) Vías intercomunales Troncales

El sistema vial intercomunal se encuentra supeditado a la vialidad estructurante que el Plan Intercomunal de Valparaíso Satélite Borde Costero Norte (PIV-SBCN) define para la comuna de Papudo. En función de ello, se identifican dos vías troncales dentro del área urbana de la localidad de Papudo:



- Vía troncal integrada por las siguientes vías en su paso por el área urbana de Papudo: Camino a Zapallar, Irrarázabal y Av. Víctor Fazio Rigazzi. En total suma una longitud de 5 km y conecta al poniente con la comuna de Zapallar y al oriente con la Ruta 5 y la localidad de Pullally.
- Av. Circunvalación, correspondiente a una vía troncal parcialmente materializada (tramo Camino a Zapallar-Domingo Fernández Concha), que constituye un bypass a la actual Ruta E-30-F (rol MOP) desviando el flujo vehicular por el sur de la localidad. En total suma una longitud de 5,7 km, de la cuál restan por materializar 4,4 km (77%) y cuyo trazado comprende desde Camino a Zapallar, al poniente, hasta Camino a Pullally, al oriente.

En el caso de Pullally, el sistema vial intercomunal se encuentra supeditado a la vialidad estructurante que el Plan Intercomunal de Valparaíso Satélite Borde Costero Norte (PIV-SBCN) que define las vías intercomunales (Ruta 5 y E-39), las cuales quedan fuera del límite urbano propuesto.

b) Vías colectoras

El sistema colector de vialidad proyectado por el Plan, exclusivamente para la localidad de Papudo, se encuentra conformado por 11 km de vías, de las cuales el 72% se encuentran materializadas (8 km). Éstas tienen como rol principal servir de corredores de distribución entre las áreas residenciales y los centros de empleo y servicios; y de igual forma repartir y/o captar flujo hacia y desde la trama vial de nivel interior de acuerdo a lo señalado en el artículo 2.3.2 de la OGUC. Entre éstas, destacan las siguientes:

Ejes de conexión Norte-Sur:

- Latorre
- Chorrillos – Nva. Chorrillos
- Miraflores – Nva. Miraflores
- Av. Marítima
- Del Estero – Nva. Del Estero
- Los Parques

Ejes de conexión Poniente-Oriente:

- Esmeralda
- Domingo Fernández Concha
- Serrano
- Lilén
- Paseo Punta Puyai – Acceso Punta Puyai

c) Vías de servicio

El sistema de vías de servicio proyectado por el Plan se encuentra presente en Papudo y Pullally. En Papudo, se encuentra conformado por 40 km de vías de las cuales el 80% (33 km) corresponde a aperturas viales, que tienen como rol principal permitir la accesibilidad a los servicios y al comercio emplazado en sus márgenes de acuerdo a lo señalado en el artículo 2.3.2 de la OGUC. La mayor proporción de dichas vías corresponden a aperturas emplazadas en el sector sur de la localidad y entre éstas, destacan las siguientes:

Ejes de conexión Norte-Sur:

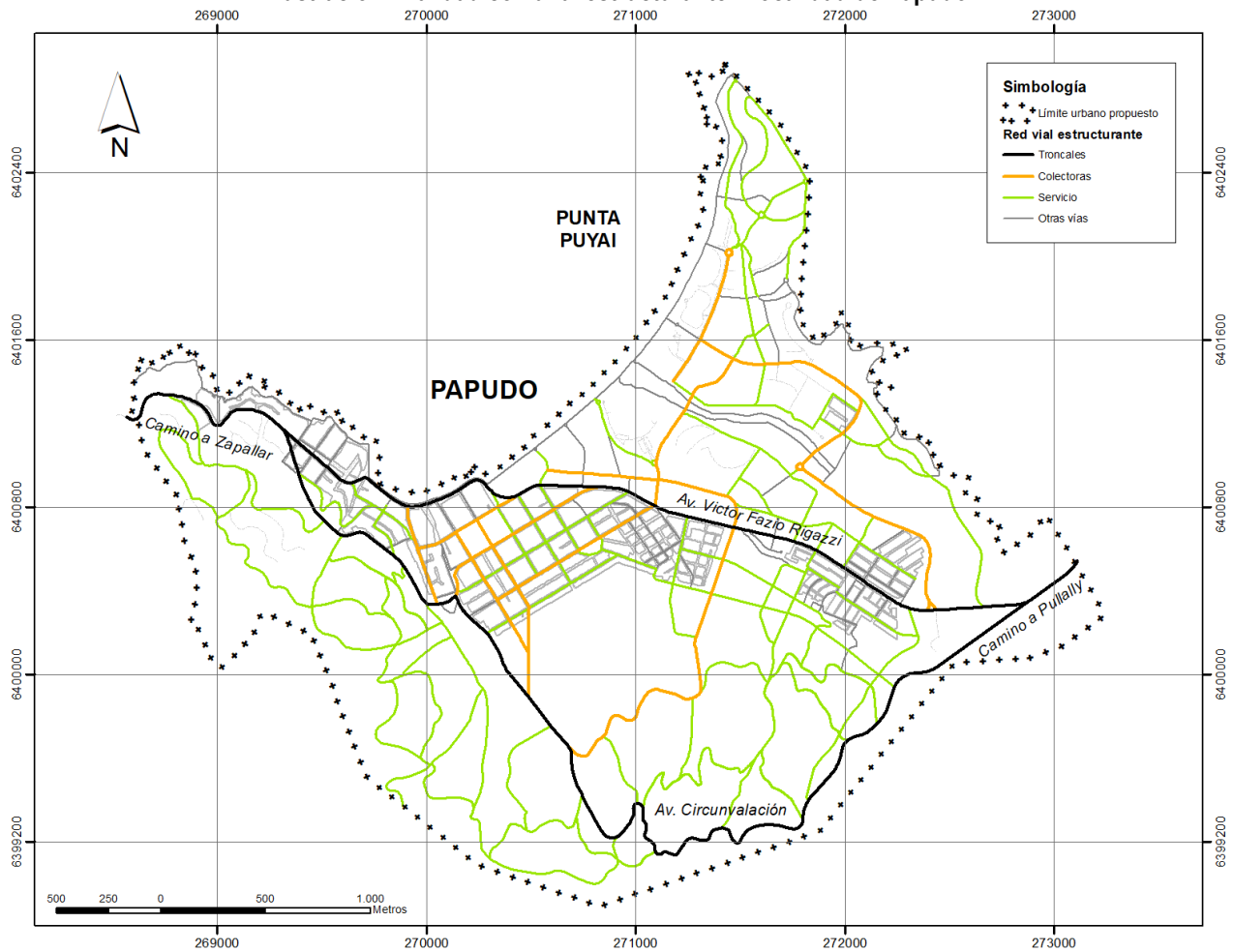
- Av. Pta. Pite

- Qda. El Francés
- Cochrane
- Los Parques
- Nva. Las Medusas
- Interior Los Faldeos
- Nueva 3

Ejes de conexión Poniente-Oriente:

- Nva. Las Docas
- Riquelme
- Iquique-Nva. Iquique
- Calle I
- El Quillay-Nva. El Quillay
- Lomas de Puyai-Nva. Lomas de Puyai

Ilustración: Vialidad comunal estructurante – localidad de Papudo



Fuente: Elaboración propia (2019)

En el caso de la localidad de Pullally, la totalidad de las vías que conforman su red vial estructurante corresponden a vías proyectadas o aperturas viales en razón de que los caminos rurales existentes no están constituidos como bien nacional de uso público (BNUP) de tipo calle, sino únicamente servidumbres de paso por constituir un villorrio establecido en la

Reforma Agraria. En función de ello, la red vial se estructura en torno a vías de servicio cuyo rol de conectividad es complementado por vías locales (8,3 km) y pasajes peatonales (2,6 km).

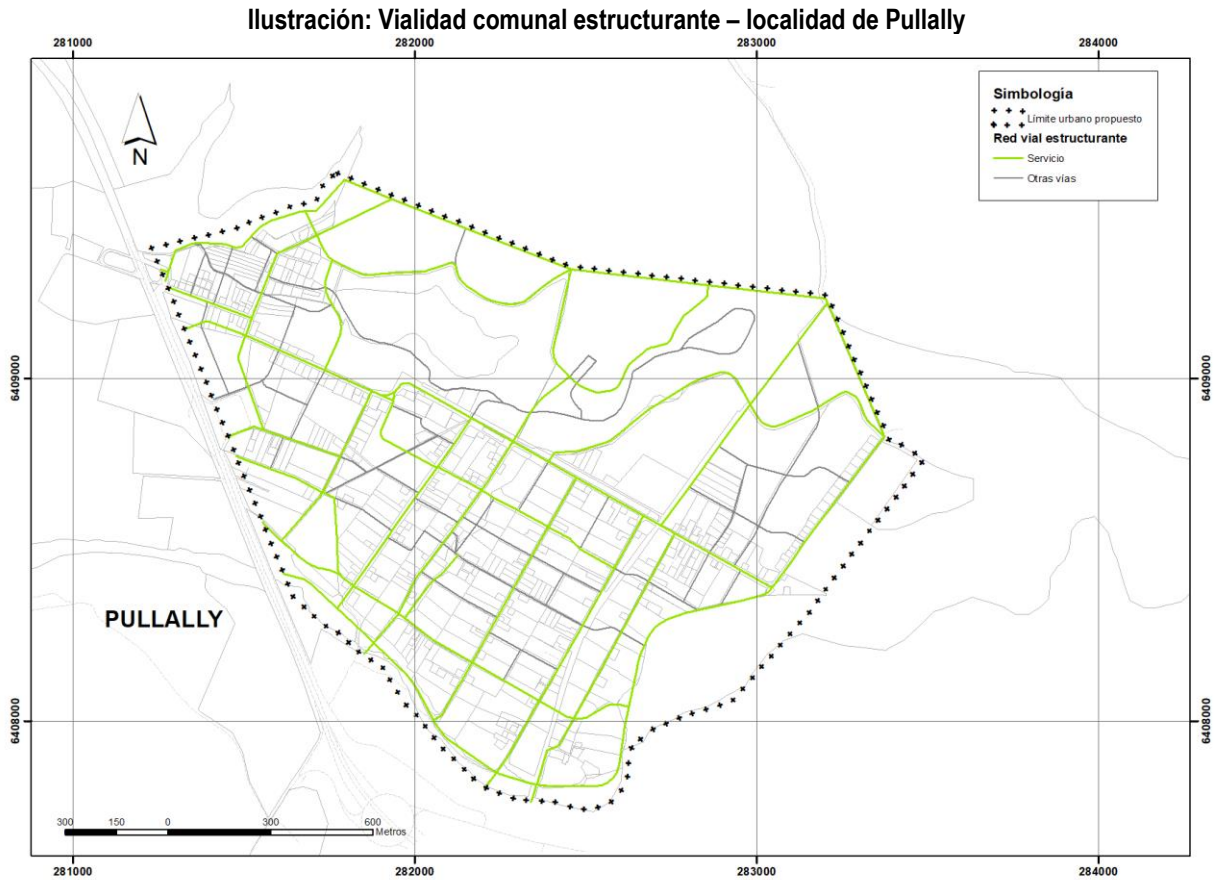
El sistema vial proyectado por el Plan se encuentra conformado por 21 km de vías de servicio, que representan el 65% de la vialidad proyectada, y tienen como rol principal permitir la accesibilidad a los servicios y al comercio emplazado en sus márgenes de acuerdo a lo señalado en el artículo 2.3.2 de la OGUC. Entre éstas destacan las siguientes:

Ejes de conexión Norte-Sur:

- 6 Oriente
- 5 Oriente Papudo
- 4 Oriente Santa Rosa
- 3 Oriente San Isidro
- 2 Oriente Illapel
- 1 Oriente Edo. Frei Montalva
- Ferrocarril

Ejes de conexión Poniente-Oriente:

- Circunvalación Norte
- Av. Las Salinas
- Río La Ligua



5.6.2 Red de Ciclovías (Indicativo)

La Política Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU) señala como parte de sus lineamientos y objetivos impulsar desde distintos ámbitos de la planificación de las ciudades; la incorporación de una nueva mirada respecto de la movilidad sustentable, que da un importante impulso a la utilización de modos no motorizados de circulación; y un esfuerzo importante por incorporar en el espacio público los dispositivos multimodales de circulación.

En este contexto el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, a través de la División de Desarrollo Urbano, publica en el año 2015, **Vol. 1 Vialidad Ciclo-inclusiva: Recomendaciones de Diseño que junto al Manual de Construcción de Ciclovías Vol. 2: Estándar técnico constructivo para ciclovías** editado por la División Técnica de Fomento Habitacional, constituyen un importante avance en términos de definir las características físicas y operacionales que debe cumplir la infraestructura de bicicletas en área urbanas.

Desde un punto de vista legal la definición de ciclovía en lo que compete a legislación urbana, refiere a lo establecido en el inciso Octavo del artículo 2° de la Ley de Tránsito N°18.290, que para estos efectos define que ciclovía o ciclista corresponde al **"Espacio destinado al uso exclusivo de bicicletas y otros ciclos, que puede estar segregada física o visualmente, según las características y clasificaciones que se definan mediante reglamento."** Esto considerando las modificaciones realizadas mediante Ley 21.088 publicada el 10 de mayo de 2018 y con entrada en vigencia el 11 de noviembre de 2018, en relación a la incorporación de disposiciones sobre convivencia de los distintos medios de transporte en la Ley de Tránsito vigente.

Para los efectos de diseño de una red de vialidad estructurante que considere una red ciclista, el Manual de Ciclovías Inclusivas define seis principios orientadores para una ruta de ciclovía:

1. **Conexa:** Una ruta debe permitir la vinculación entre otras rutas del sistema vial o bien unir de manera efectiva orígenes y destinos potenciales. Rutas aisladas dentro de la ciudad o sin salida no serán usadas.
2. **Coherencia:** La coherencia es el estado de continuidad y consistencia entre las cosas. Para que una ruta sea coherente, sus elementos más relevantes son aquellos que definen el camino con claridad.
3. **Directa:** Todos los factores que influyen en el tiempo de viaje son parte del concepto de rutas directas; la infraestructura ciclo-inclusiva debe propiciar rutas lo más directas posibles y con pocas detenciones.
4. **Segura:** La clave está en evitar los encuentros con tránsito motorizado de alta velocidad, ya sea disminuyendo la velocidad de los vehículos con motor o creando una separación física entre estos y las bicicletas, poniendo especial atención en los cruces.
5. **Cómoda:** Que el viaje en bicicleta sea una experiencia placentera y cómoda ayuda a potenciar su uso. Parte de los elementos que ayudan a configurar el logro de ese objetivo tiene que ver con la provisión de pavimentos adecuados, geometría correcta, y la minimización de detenciones y posibles conflictos con otros usuarios. Una ruta que demanda niveles elevados de atención al estado de la misma y sus condiciones, aporta estrés a la experiencia de viaje.
6. **Atractiva:** Es un aspecto cualitativo, especialmente porque cada usuario tiene perspectivas distintas en cuanto a qué elementos configuran una experiencia atractiva. Sin embargo, es posible definir que una ruta atractiva debe tener un ambiente seguro y amable en cuanto a la estética arquitectónica y a un entorno atractivo, desde los aspectos de paisaje a la oferta de puntos de acceso y actividades posibles de desarrollar. La ruta en sí, por sus características, ofrece una experiencia más completa. Si el viaje es atractivo para el usuario, disminuyen los costos percibidos y se convierte en una experiencia de mayor beneficio.

Desde el punto de vista de circulación y características físicas y operacionales, se establecen tres categorías:

- **Compartida:** Se relaciona con el uso compartido con los modos motorizados de circulación, respecto de los cuales se deben establecer medidas de gestión destinadas a la reducción de la velocidad de circulación vehicular de manera tal que no supere los 30 km/h y en vías cuyo flujo vehicular no supere los 2000 Ven/día.
- **Segregada:** Desde un punto de vista operacional corresponde a lo que legalmente se reconoce como ciclovía en la legislación, y refiere a una calzada destinada a uso exclusivo de circulación de bicicletas, dependiendo de las características de flujo observado en las vías de circulación de vehículos motorizados, las ciclovías pueden presentar

distintos niveles de segregación. Por ejemplo, cuando la velocidad de circulación de vehículos supera los 30 km/h y el flujo supera los 2000 ven/día es posible establecer segregación física en base a elementos visuales como pinturas reflectantes; cuando las velocidades observadas superan los 50 km/h se demanda la utilización de elementos segregadores físicos de un ancho mínimo de 50 cm.

- **Segregada Independiente:** Corresponde a las vías cuyo trazado sirve exclusivamente a las necesidades de los usuarios de bicicleta o caminata. En este caso la ciclovía no comparte uso con el espacio vial urbano, ocupando espacio de los parques urbanos y parques lineales; sus bordes lineales presentan escasa fricción lateral, lo que permite desarrollar mayores velocidades de circulación a excepción de los casos en los cuales se comparte el espacio de circulación con peatones el modo caminata.

De manera complementaria, la legislación urbana establece en el artículo 2.3.2 y 2.3.2 bis de la OGUC los casos en los cuales de acuerdo a la clasificación de la red vial urbana es posible incorporar ciclovías.

Cuadro 5.6-1 Artículo referido a ciclovías

Artículo 2.3.2. bis	Las ciclovías se definirán considerando las siguientes características:
1.	Deben formar parte de la calzada de una vía. Excepcionalmente, cuando se requiera conectar ciclovías, podrán ubicarse en la mediana o en un bandejón, o como parte de la acera, sin afectar la vereda.
2.	Deberán contemplar elementos de segregación según la velocidad de diseño de la vía en que se emplazan, de acuerdo al siguiente detalle:
a)	En vías con velocidades de diseño mayores a 50 km/h la ciclovía requerirá segregación física, que consistirá en una franja demarcada de seguridad de mínimo 50 cm de ancho, en cuyo eje se dispondrán elementos separadores que impidan su invasión lateral por vehículos motorizados, pero que permitan su atraveso a los vehículos a energía humana que transitan por la ciclovía. Los separadores deberán inscribirse en una envolvente definida por ángulos de 45° aplicados en los bordes de la franja de seguridad y un plano paralelo al pavimento de la calzada a 50 cm de altura; deberán tener características geométricas y de materialidad que minimicen los efectos sobre los usuarios de la ciclovía en caso de caídas y deberán tener elementos reflectantes y ser preferentemente desmontables, para permitir la mantención de la calzada.
b)	En vías con velocidades de diseño entre 30 y 50 km/h la ciclovía requerirá sólo una segregación visual, que consistirá en una franja demarcada de seguridad de entre 30 y 50 cm de ancho, en cuyo eje se dispondrán tachas o tachones viales reflectantes a una distancia no mayor a 1 m entre sí.
c)	Las vías con velocidad de diseño inferior a 30 km/h no requerirán ciclovías segregadas. ¹

Fuente: OGUC (2016)

La terminología común para facilitar la comprensión entre técnicos y usuarios, según los conceptos utilizados sobre las infraestructuras ciclistas es la siguiente:

- **Bicicleta:** ciclo de dos ruedas cuyos pedales transmiten el movimiento a la rueda trasera, generalmente por medio de un plato, un piñón y una cadena (Ley 21.088 – 10.05.2018)
- **Ciclo:** vehículo no motorizado de una o más ruedas, propulsado exclusivamente por una o más personas situadas en él, tales como bicicletas y triciclos... (Ley 21.088 – 10.05.2018)
- **Red Ciclista:** Conjunto sistemáticos de itinerarios para bicicletas
- **Vía Ciclista:** Lugar especializado para bicicleta, para circular de un lugar a otro.
- **Ruta Ciclista:** Itinerario, conjunto articulado de vías e intersecciones para bicicletas que relacionan espacialmente dos puntos de origen- destino
- **Carril-bici:** Espacio de la calzada que se dedica exclusivamente para la circulación de bicicletas, mediante señalización vertical y/u horizontal según corresponda. Será protegido cuando se separe por resaltes o bordillos, con el fin de disuadir la invasión del carril – bici por parte de los vehículos a motor.

- **Pista-bici:** Terreno allanado y preparado convenientemente para el tránsito de bicicletas, segregado tanto del tránsito vehicular como peatonal.
- **Acera-bici:** Parte del acerado de una calle que se dedica exclusivamente al tránsito de bicicletas mediante señalización vertical como horizontal según corresponda.
- **Senda Peatonal y Ciclista:** Vía para peatones y ciclista que discurre por espacios abiertos, segregados de vehículos motorizados, tales como parques, bandejones de áreas verdes y jardines. Puede no tener separación entre peatones y bicis, o tener mediante señalización horizontal y vertical.

5.6.3 Red de Ciclovías localidad de Papudo

De forma complementaria a los componentes normativos del plan, y de manera **INDICATIVA**, se ha propuesto el diseño de una red de ciclovías con una longitud aproximada de 15 km, de los cuales 11 km se emplazan en vías materializadas y 4 km en vías proyectadas. Para el diseño de dicha red se ha tomado como antecedente principal el Plan de Movilidad Sostenible Papudo elaborado por el Consorcio de Adelanto de Papudo, en el cual se define una propuesta de ciclovías (6,5 km), ciclobandas (4,1 km) y vías verdes (6,4 km), que fueron consideradas a efectos de definir el trazado final y diseño de la red de ciclovías.

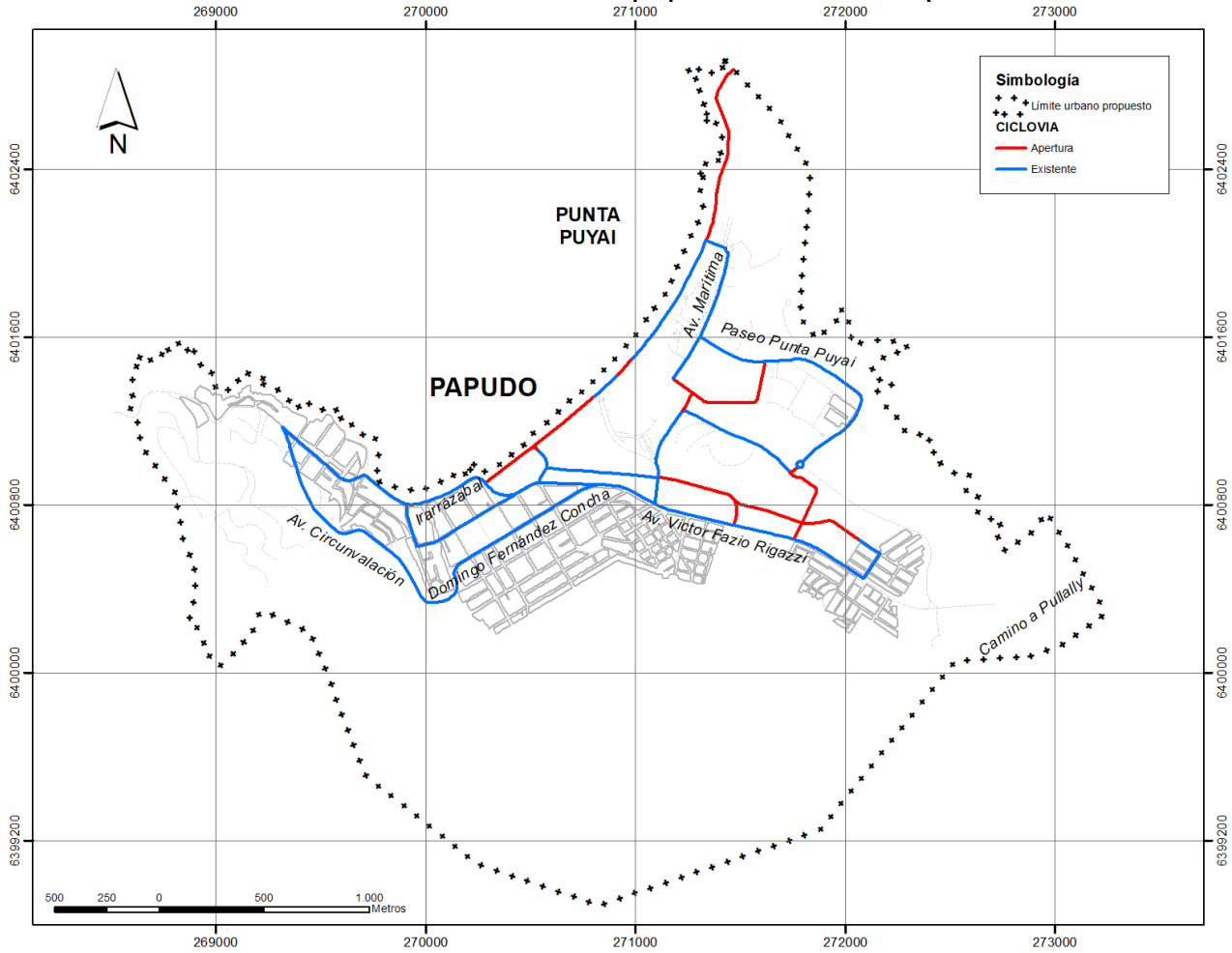
En el cuadro siguiente, se detallan las vías que componen dicha red, con sus respectivos tramos y longitudes:

Cuadro 5.6-2 Red de ciclovías propuesta para Papudo

Nombre Vía	Categoría Vía	Tramo	Longitud (m)
Alonso de Ercilla	Local	General Bernales – Los Acacios	143
Av. Circunvalación	Colectora – Troncal	Camino a Zapallar – Domingo Fernández Concha	1470
Av. Del Mar	Pasaje	Irarrázabal – Límite urbano norte	2459
Av. Marítima	Local - Colectora	Av. Del Mar – Nva. Las Docas	793
Av. Víctor Fazio Rigazzi	Troncal	Baquadano – Alonso de Ercilla	1637
Baquadano-Nva. Baquadano	Local	Av. Del Mar - Av. Víctor Fazio Rigazzi	237
Camino a Zapallar	Troncal	Av. Circunvalación – 21 de Mayo	489
Del Estero – Nva. Del Estero	Colectora	Nva. Las Docas - Av. Víctor Fazio Rigazzi	587
Domingo Fernández Concha	Colectora	Domingo Fernández Concha – Av. Circunvalación	759
Esmeralda	Colectora	Esmeralda - Latorre	538
General Bernales – Nva. Gral. Bernales	Servicio	Los Parques – Alonso de Ercilla	770
Irarrázabal	Troncal	21 de Mayo - Baquadano	952
Latorre	Colectora	Irarrázabal – Av. Circunvalación	209
Lilén	Colectora	Baquadano – Del Estero	531
Lomas de Puyai – Nva. Lomas de Puyai	Servicio	Del Estero – Av. Víctor Fazio Rigazzi	1020
Los Parques	Colectora	Del Estero – Av. Circunvalación	507
Nueva 9	Servicio	Interior Los Faldeos – Las Docas	209
Paseo Punta Puyai – Nva. Paseo Punta Puyai	Colectora - Servicio	Lomas de Puyai – Av. Marítima	1434
Nva. Las Docas	Servicio	Av. Marítima – Nueva 9	420
TOTAL			15.164 m

Fuente: Elaboración propia (2019)

Ilustración 5.6-1 Red de ciclovías propuesta – localidad de Papudo



Fuente: Elaboración propia (2019)

5.6.4 Red de Ciclovías localidad de Pullally

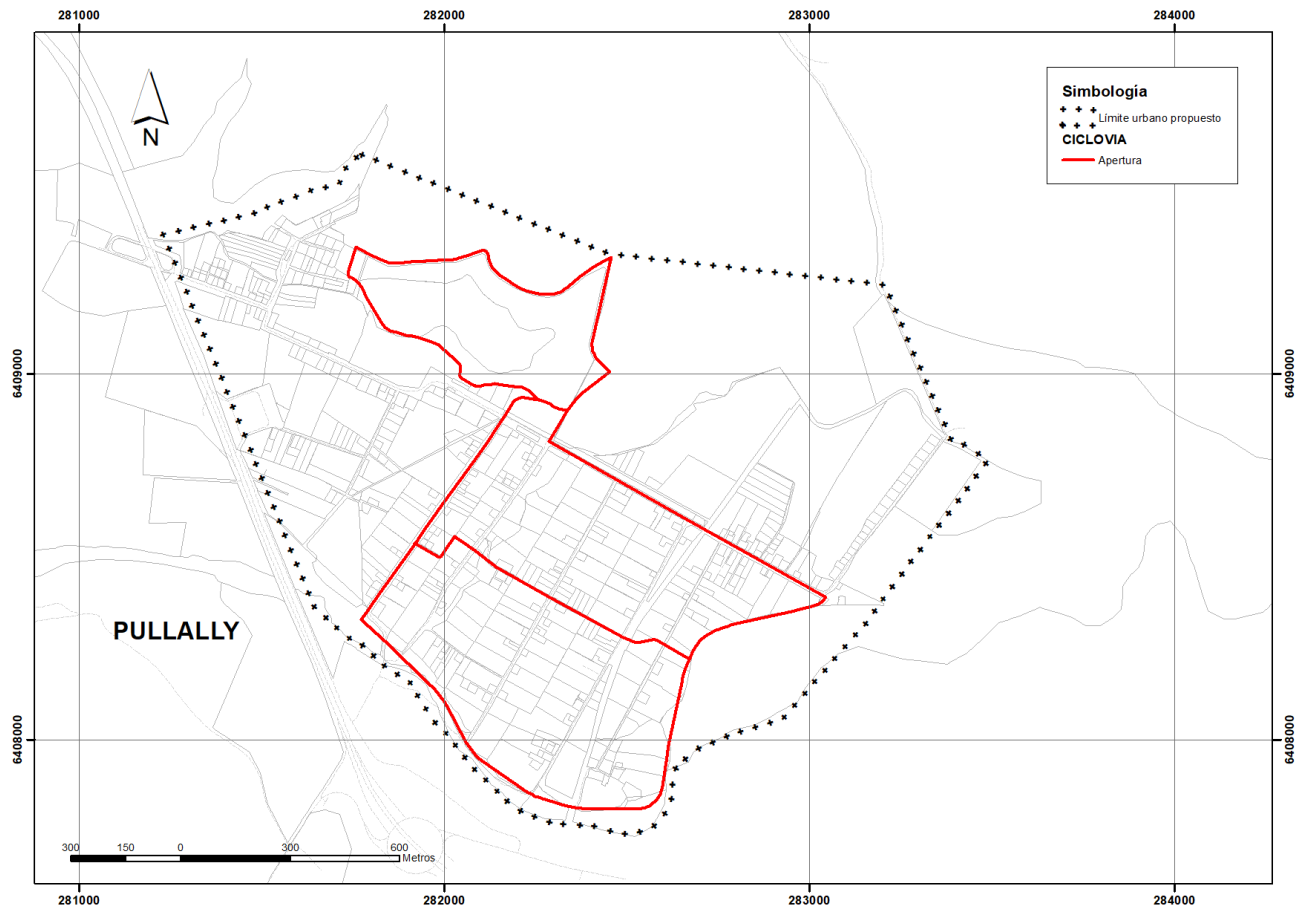
De forma complementaria a los componentes normativos del plan, y de manera **INDICATIVA**, se ha propuesto el diseño de una red de ciclovías con una longitud aproximada de 7 km emplazada en vías proyectadas. En el cuadro siguiente, se detallan las vías que componen dicha red, con sus respectivos tramos y longitudes:

Cuadro 5.6-3 Red de ciclovías propuesta para Pullally

Nombre Vía	Categoría Vía	Tramo	Longitud (m)
Río La Ligua	Servicio	Límite urbano poniente – Av. Las Salinas	1859
Pje. Laguna de Pullally	Pasaje	Nueva 4 – Paseo Parque Pullally	679
Paseo Parque Pullally	Pasaje	Av. Las Salinas – Av. Las Salinas	205
Nueva 4	Servicio	Canal Illalolén – Av. Las Salinas	85
Nueva 14	Local	5 Oriente Papudo – Nueva 7	257
Canal Illalolén	Servicio	Circunvalación Norte – Circunvalación Norte	1134
Callejón El Estero	Local	4 Oriente Santa Rosa – Río La Ligua	627
Av. Las Salinas	Servicio	Límite urbano poniente – Circunvalación Norte	871
5 Oriente Papudo	Servicio	Av. Las Salinas – Río La Ligua	681
4 Oriente Santa Rosa	Servicio	Canal Illalolén – Límite urbano sur	256
TOTAL			6.654 m

Fuente: Elaboración propia (2019)

Ilustración 5.6-2 Red de ciclovías propuesta – localidad de Pullally



Fuente: Elaboración propia (2019)

5.7 PLAN DE EVACUACIÓN

Como parte de la generación de mejores condiciones para enfrentar los factores de amenaza potenciales, tales como la susceptibilidad alta y muy alta a la inundación por maremoto o tsunami, se consideraron dentro de las materias indicativas del Plan Regulador, "vías de evacuación" y "puntos de encuentro", posibles de acoger temporalmente a la población en caso de ocurrencia de eventos de este tipo, las cuales integran este Plan de Evacuación que entrega lineamientos para constituir un Plan de Emergencia Municipal.

Para los efectos de implementación del presente Plan de Evacuación de contingencia se define a nivel preliminar el "área a evacuar" para la localidad de Papudo, la que corresponde con la poligonal que cubre todas las manzanas y zonas sin desarrollo que sean afectadas por las áreas de susceptibilidad y amenaza en los niveles altos y muy altos identificados en la cartografía presente en el Estudio Fundado de Riesgos, los cuales son correspondientes a su vez con el área de riesgo AR1 Áreas Inundables y Potencialmente Inundables por Maremoto definidos en el Plan Regulador.

Mientras, para definir las "vías de evacuación" se usó la red de vías estructurantes de la localidad en cuestión, que permitieran la debida evacuación de personas hacia zonas seguras usando el criterio de que el punto más desfavorable a evacuar se ubique a menos de 300 metros de una vía de evacuación. Asimismo, dentro de las zonas seguras y como punto final de las "vías de evacuación", se definieron "puntos de encuentro" en espacios públicos que coincidieran con áreas verdes existentes o propuestas por el Plan, o equipamientos de gran envergadura como establecimientos educacionales, que permitieran la reunión de un número considerable de personas.

Además de los anteriores elementos, un Plan de evacuación o de emergencias definitivo debe considerar:

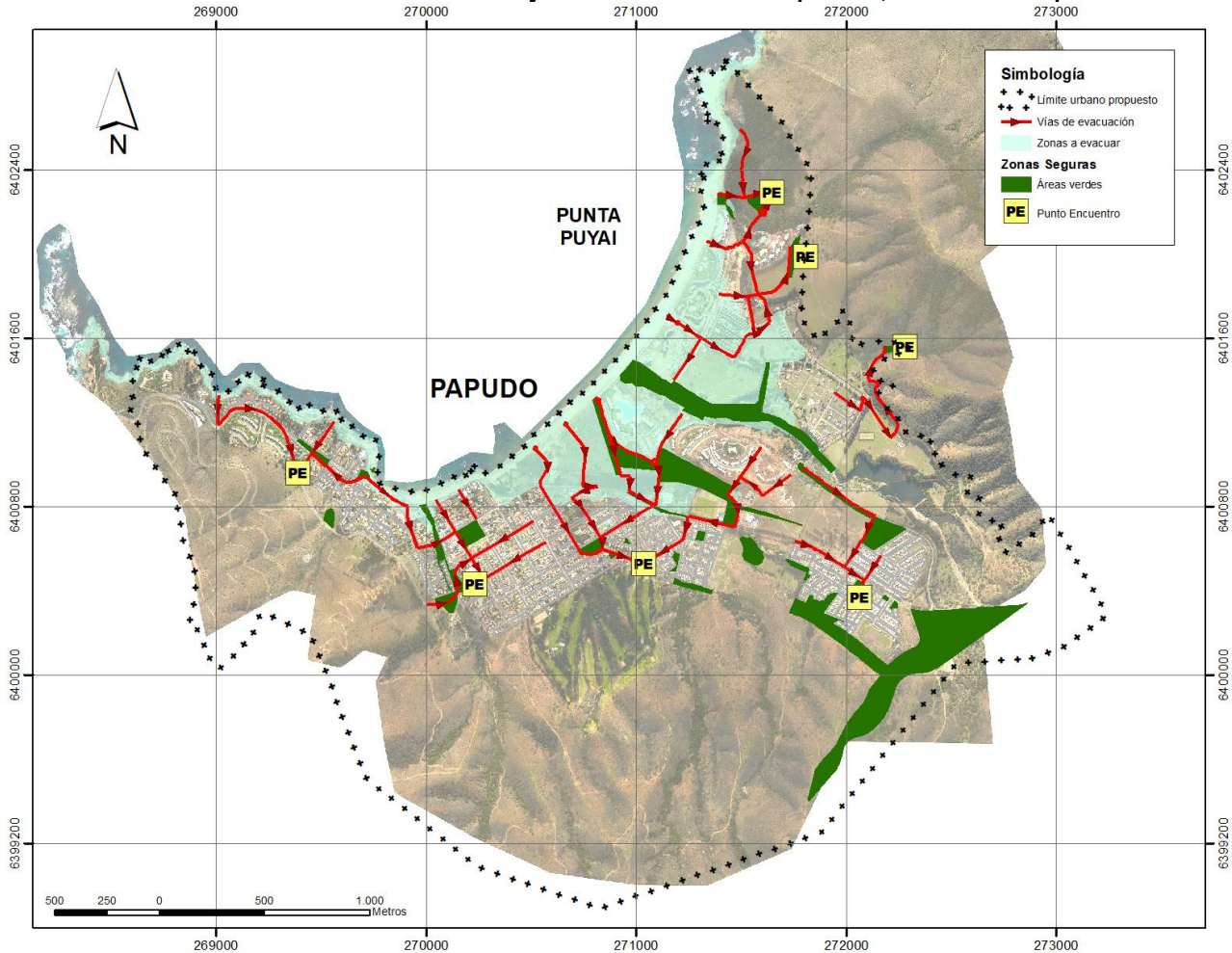
- Procedimientos para el retiro preventivo de vehículos de emergencia, para lo cual las instituciones asociadas a equipamientos de salud y seguridad deberán contar con estacionamientos alternativos localizados en zonas seguras donde aparcar vehículos durante el periodo que dure la emergencia.
- Procedimientos para evacuación eficaz de establecimientos de salud y educacionales, entre otros donde se encuentren personas que necesiten apoyo para evacuar, como niños y adultos mayores.
- Identificación mediante señalética adecuada a las condiciones establecidas por los organismos de emergencia, tanto para las vías de evacuación como para los puntos de encuentro.

A continuación, se describen las vías de evacuación y los puntos de encuentro del Plan.

a) Puntos de encuentro y Vialidad de Evacuación Papudo

El contexto de las amenazas en la localidad de Papudo tiene relación con las zonas de riesgo por inundación de tsunami o maremoto, de inundación por desborde del estero Agua Salada, y de remoción en masa en la zona sur-oriente y surponiente de la localidad. Sin embargo, debido a que las áreas urbanizadas se encuentran afectas principalmente por la amenaza de inundación de tsunami o maremoto, el presente Plan de Evacuación se centra en la puesta en resguardo de la población ante la ocurrencia de un tsunami o maremoto.

Ilustración 5.7-1 Puntos de encuentro y Vías de Evacuación Propuestas, localidad de Papudo



Fuente: Elaboración propia (2019)

Por lo anterior, los puntos de encuentro propuestos han sido definidos en sectores por encima de la curva de nivel 30 msnm. En la ilustración anterior se muestra la distribución de estos puntos en la localidad y grafican las vías de evacuación a través de los cuales se accede a estos puntos. Finalmente, el Plan de evacuación contiene las siguientes pautas de evacuación.

Cuadro 5.7-1 Puntos de encuentro y Vías de Evacuación Propuestas, localidad de Papudo

Punto de Encuentro	Recorrido de evacuación	Ubicación
Quebrada Los Canelos	Pasaje Marítimo / Camino a Zapallar / Av. Circunvalación	Av. Circunvalación esquina Condell
	Condell	
	Camino a Zapallar	
Liceo Técnico Profesional de Papudo	Irrrazabal / Latorre / Esmeralda / Chorrillos	Chorrillos N° 279
	Chorrillos	
	Domingo Fernández Concha / Chorrillos	
	Riveros / Chorrillos	
	Av. Circunvalación / Chorrillos	
Plaza del Pescador	Miraflores / atraveso diagonal por Plaza de Armas / Chorrillos	Diagonal Baquedano esquina Yungay
	Baquedano / Diagonal Baquedano	
	Nueva 1 / Av. Víctor Fazio Rigazzi / Domingo Fernández Concha / Nva. Chacabuco / Chacabuco / Diagonal Baquedano	
	Los Parques / Nva. Los Parques / Lilén / Nva. Los Parques / Av. Víctor Fazio Rigazzi / Serrano / Chacabuco / Diagonal Baquedano	
	Los Parques / Del Estero / Serrano / Chacabuco / Diagonal Baquedano	
	Del Estero / Serrano / Chacabuco / Diagonal Baquedano	
Villa Los Aromos	Nva. Paseo Punta Puyai / Nueva 2 / Lomas de Papudo / Los Parques / Av. Víctor Fazio Rigazzi / El Maitén / Sargento Aldea	Los Almendros esquina Los Acacios
	Acceso Punta Puyai / Nueva 15 / Av. Víctor Fazio Rigazzi	
Quebrada El Belloto	Alonso de Ercilla	Explanada Quebrada El Belloto
	Nueva 12	
Cerro Lilén	Av. Marítima / Paseo Punta Puyai / Interior Los Faldeos / Nueva 6	Explanada Cerro Lilén
	Av. Marítima / Paseo Punta Puyai / Nva. Los Faldeos / Pje. Las Violetas / Camino ecuestre / Nueva 6	
	Nueva 6	
	Av. Marítima / Nueva 8 / Nueva 10 / Nueva 6	
Bosque Lilén	Av. Marítima / Nueva 8	Explanada Bosque Lilén
	Nueva 7	
	Nueva 4 / Nueva 5 / Nueva 7	

Fuente: Elaboración propia en base a “Plano evacuación ante amenaza de tsunami, I. Municipalidad de Papudo, Agosto 2016” (2019)

ORDENANZA

PLAN REGULADOR COMUNAL DE PAPUDO

Edición 1, Enero 2019

Preparado por:



HABITERRA Ltda. CONSULTORES

Dir: Príncipe de Gales N° 5921 Of. 1009 La Reina | Santiago | CHILE
Tel +56-226352768 | 26359620 | 26657344
E mail: PGUZMAN@HABITERRA.CL | IZAPATA@HABITERRA.CL |
RECEPCION@HABITERRA.CL
Web: WWW.HABITERRA.CL

Preparado para:



ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE PAPUDO

Dir: Chorrillos N°9
| PAPUDO | CHILE
Tel +56 33 2 325100

ÍNDICE

TITULO I DISPOSICIONES GENERALES	3
CAPÍTULO 1 NORMAS DE COMPETENCIA Y DELIMITACIÓN DEL TERRITORIO	3
ARTÍCULO 1 IDENTIFICACIÓN DEL INSTRUMENTO DE PLANIFICACIÓN	3
ARTÍCULO 2 COMPONENTES	3
ARTÍCULO 3 DESCRIPCIÓN DEL LÍMITE URBANO	3
ARTÍCULO 4 IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS, ZONAS Y SUBZONAS QUE INTEGRAN EL PLAN	6
CAPÍTULO 2 NORMAS DE APLICACIÓN GENERAL	7
ARTÍCULO 5 PROPORCIÓN ENTRE FRENTE Y FONDO EN SUPERFICIES A CEDER PARA ÁREAS VERDES	7
ARTÍCULO 6 SOBRE INSTALACIONES DE PUBLICIDAD	7
ARTÍCULO 7 INFRAESTRUCTURA	7
ARTÍCULO 8 CUERPOS SALIENTES	7
ARTÍCULO 9 EXIGENCIA DE PLANTACIONES Y OBRAS DE ORNATO EN ÁREAS AFECTAS A UTILIDAD PÚBLICA	7
ARTÍCULO 10 DOTACIÓN MÍNIMA DE ESTACIONAMIENTOS	7
TITULO III DISPOSICIONES ESPECÍFICAS	9
CAPÍTULO 1 ZONIFICACIÓN Y NORMAS URBANÍSTICAS	9
ARTÍCULO 11 ÁREA URBANIZABLE	9
ARTÍCULO 12 ÁREAS ESPECIALES.	18
ARTÍCULO 13 PLAZAS, PARQUES Y ÁREAS VERDES	20
CAPÍTULO 2 ÁREAS RESTRINGIDAS AL DESARROLLO URBANO	20
ARTÍCULO 14 ÁREAS DE RIESGOS	20
CAPÍTULO 3 ÁREAS DE PROTECCIÓN	21
ARTÍCULO 15 MH: MONUMENTOS HISTÓRICOS	21
ARTÍCULO 16 ZPC. ZONA DE PROTECCIÓN COSTERA	21
CAPÍTULO 4 RED VIAL ESTRUCTURANTE	22
ARTÍCULO 17 GENERALIDADES	22
ARTÍCULO 18 RED VIAL ESTRUCTURANTE	22
ARTÍCULO 20 RED VIAL ESTRUCTURANTE INTERCOMUNAL	27
ARTÍCULO 21 TERRENOS DESTINADOS A CIRCULACIONES	27

TITULO I DISPOSICIONES GENERALES

CAPÍTULO 1 Normas de competencia y delimitación del territorio

Artículo 1 Identificación del instrumento de planificación

El Plan Regulador de la comuna de Papudo, en adelante el Plan, es un instrumento de planificación territorial que orienta el proceso de desarrollo físico y funcional de las áreas urbanas de la comuna de Papudo, localidades de Papudo y Pullally, y se encuentra compuesto por la presente Ordenanza, Memoria Explicativa, Estudio de Factibilidad de Agua Potable y Alcantarillado, y Planos, los que constituyen un solo cuerpo legal, de acuerdo con lo dispuesto por la Ley General de Urbanismo y Construcciones, y su Ordenanza General.

Artículo 2 Componentes

La presente ordenanza establece las normas urbanísticas que deberán cumplirse dentro del área territorial del Plan, conforme a lo dispuesto en este documento, graficado en los planos cuya nomenclatura se señala en el cuadro 1 y fundamentado en la Memoria Explicativa del Plan.

Cuadro 1 Nomenclatura de Planos

Centro poblado	Denominación - Código	Escala
PAPUDO	PLANO PRC- ZUS – PAP 1-1	1: 5.000
PULLALLY	PLANO PRC- ZUS – PULL 1-1	1: 5.000

Artículo 3 Descripción del límite urbano

El área territorial del Plan queda determinada por dos áreas continuas correspondientes a la localidad de Papudo y a la localidad de Pullally. El límite urbano de la localidad de Papudo se constituye por una línea poligonal cerrada identificada por los puntos PA01, PA02, PA03, PA04, PA05, PA06, PA07, PA08, PA09, PA10, PA11, PA12, PA13, PA14, PA15, PA16, PA17, PA18, PA19, PA20, PA21, PA22 y PA23 – PA01 de acuerdo con la descripción a continuación:

Cuadro 2 Límite urbano localidad de Papudo

Punto	Coordenadas		Descripción del Punto	Tramos	Descripción del Tramo
	Norte	Este			
PA01	6402925,191	271422,346	Intersección de línea de costa (límite comunal), y línea paralela a 835 m al nororiente del eje geométrico de Av. Marítima – Acceso Costanera		
PA02	6402664,761	271664,199	Intersección de línea paralela a 85 m al suroriente de proyección al norte de eje geométrico de Av. Marítima, y línea paralela a 681 m al nororiente del eje geométrico de Av. Marítima – Acceso Costanera	PA01-PA02	Línea recta que une los puntos PA01 y PA02
PA03	6402389,631	271830,544	Intersección de línea paralela a 303 m al suroriente de proyección al norte de eje geométrico de Av. Marítima, y línea paralela a 485 m al nororiente de proyección al suroriente del eje geométrico de Av. Marítima – Acceso Costanera	PA02-PA03	Línea recta que une los puntos PA02 y PA03
PA04	6402207,614	271822,441	Intersección de eje hidráulico de quebrada El Maqui, y línea paralela a 312 m al nororiente de proyección al suroriente del eje geométrico de Av. Marítima – Acceso Costanera	PA03-PA04	Línea recta que une los puntos PA03 y PA04
PA05	6401830,457	271785,127	Intersección de curva de nivel 30 msnm, y línea paralela a 53 m al surponiente de	PA04-PA05	Línea recta que une los puntos PA04 y PA05

Punto	Coordenadas		Descripción del Punto	Tramos	Descripción del Tramo
	Norte	Este			
			proyección al suroriente del eje geométrico de Av. Marítima – Acceso Costanera		
PA06	6401566,569	272268,311	Intersección de curva de nivel 30 msnm, y eje hidráulico de quebrada El Belloto.	PA05-PA06	Línea sinuosa correspondiente a la curva de nivel 30 msnm, que une los puntos PA05 y PA06.
PA07	6401543,691	272307,128	Intersección de proyección al nororiente del eje geométrico de Paseo Punta Puyai, tramo Las Violetas-Las Verbenas, y eje hidráulico de quebrada El Belloto.	PA06-PA07	Línea recta que une los puntos PA06 y PA07
PA08	6401518,884	272192,264	Intersección de línea paralela a 15 m al suroriente de proyección al nororiente del eje geométrico de Paseo Punta Puyai, tramo Las Violetas-Las Verbenas, y curva de nivel 30 msnm	PA07-PA08	Línea recta que une los puntos PA07 y PA08
PA09	6400585,126	272754,994	Intersección de curva de nivel 30 msnm, y eje hidráulico de quebrada N° 3.	PA08-PA09	Línea sinuosa correspondiente a la curva de nivel 30 msnm, que une los puntos PA08 y PA09.
PA10	6400765,553	272954,485	Intersección de curva de nivel 112 msnm, y línea paralela a 255 m al norponiente del eje geométrico de Camino a Pullally (Ruta E-30-F)	PA09-PA10	Línea correspondiente a línea paralela a 255 m al norponiente del eje geométrico de Camino a Pullally (Ruta E-30-F), que une los puntos PA09 y PA10
PA11	6400526,876	273099,328	Intersección de línea paralela a 500 m al nororiente de eje hidráulico de Estero Agua Salada, y el eje geométrico de Camino a Pullally (Ruta E-30-F)	PA10-PA11	Línea recta que une los puntos PA10 y PA11
PA12	6400291,197	273237,326	Intersección de arco de radio 600 m con centro en la intersección entre el eje geométrico de Camino a Pullally (Ruta E-30-F) y el eje hidráulico de Estero Agua Salada; y línea paralela a 260 m al suroriente del eje geométrico de Camino a Pullally (Ruta E-30-F)	PA11-PA12	Línea recta que une los puntos PA11 y PA12
PA13	6400054,435	272517,789	Intersección de línea paralela a 25 m al nororiente de proyección al suroriente del eje geométrico de calle El Coral; y línea paralela a 260 m al suroriente del eje geométrico de Camino a Pullally (Ruta E-30-F)	PA12-PA13	Línea correspondiente a línea paralela a 260 m al suroriente del eje geométrico de Camino a Pullally (Ruta E-30-F), que une los puntos PA12 y PA13
PA14	6399251,497	271872,384	Intersección de curva de nivel 175 msnm, y línea paralela a 1000 m al surponiente de proyección al suroriente del eje geométrico de calle El Coral.	PA13-PA14	Línea recta que une los puntos PA13 y PA14
PA15	6398890,215	270818,089	Intersección de curva de nivel 150 msnm, y eje hidráulico de quebrada Charahueilla.	PA14-PA15	Línea recta que une los puntos PA14 y PA15
PA16	6399080,041	270252,734	Intersección de curva de nivel 70 msnm, y eje hidráulico de quebrada El Francés.	PA15-PA16	Línea recta que une los puntos PA15 y PA16
PA17	6399504,613	269716,383	Intersección de curva de nivel 156 msnm, y eje hidráulico de quebrada La Zanja	PA16-PA17	Línea recta que une los puntos PA16 y PA17
PA18	6399874,115	269572,989	Intersección de curva de nivel 150 msnm, y eje hidráulico de quebrada Chorrillos	PA17-PA18	Línea recta que une los puntos PA17 y PA18
PA19	6400195,443	269440,516	Intersección de curva de nivel 150 msnm, y eje hidráulico de Afluente Número 1 de quebrada 21 de Mayo	PA18-PA19	Línea recta que une los puntos PA18 y PA19

Punto	Coordenadas		Descripción del Punto	Tramos	Descripción del Tramo
	Norte	Este			
PA20	6400299,259	269218,375	Intersección de curva de nivel 150 msnm, y eje hidráulico de quebrada 21 de Mayo	PA19-PA20	Línea recta que une los puntos PA19 y PA20
PA21	6400029,457	269009,137	Intersección de curva de nivel 320 msnm, y eje hidráulico de quebrada 21 de Mayo	PA20-PA21	Línea sinuosa correspondiente al eje hidráulico de quebrada 21 de Mayo, que une los puntos PA20 y PA21
PA22	6400221,370	268876,233	Intersección de curva de nivel 320 msnm, y límite comunal de Papudo	PA21-PA22	Línea sinuosa correspondiente a curva de nivel 320 msnm, que une los puntos PA21 y PA22
PA23	6401429,104	268597,054	Intersección de línea de costa (límite comunal), y límite comunal de Papudo	PA22-PA23	Línea correspondiente al límite comunal de Papudo, que une los puntos PA22 y PA23
				PA23-PA01	Línea correspondiente a la línea de costa (límite comunal), que une los puntos PA23 y PA01

El límite urbano de la localidad de Pullally se constituye por una línea poligonal cerrada identificada por los puntos PU01, PU02, PU03, PU04, PU05, PU06, PU07, PU08 y PU09-PU01 de acuerdo con la descripción a continuación:

Cuadro 2 Límite urbano localidad de Pullally

Punto	Coordenadas		Descripción del Punto	Tramos	Descripción del Tramo
	Norte	Este			
PU01	6409384,057	281231,045	Intersección de línea paralela 50 m al nororiente de eje geométrico de Ruta 5, y línea paralela a 95 m al nororiente del eje geométrico de Av. Las Salinas		
PU02	6409445,426	281496,443	Intersección de línea paralela 320 m al nororiente de eje geométrico de Ruta 5, y eje hidráulico de Quebrada 1	PU01-PU02	Línea recta que une los puntos PU01 y PU02
PU03	6409602,459	281770,303	Intersección de línea paralela a 485 m al nororiente del eje geométrico de Av. Las Salinas, y eje hidráulico de Quebrada 1	PU02-PU03	Línea sinuosa correspondiente al eje hidráulico de Quebrada 1, que une los puntos PU02 y PU03
PU04	6409329,166	282453,297	Intersección de línea paralela a 525 m al nororiente del eje geométrico de Av. Las Salinas, y eje hidráulico de Quebrada 2	PU03-PU04	Línea recta que une los puntos PU03 y PU04
PU05	6409244,553	283207,884	Intersección de línea paralela a 835 m al nororiente del eje geométrico de Av. Las Salinas, y línea FFCC	PU04-PU05	Línea recta que une los puntos PU04 y PU05
PU06	6408819,643	283390,525	Intersección de línea paralela a 400 m al suroriente de línea FFCC, y eje hidráulico de Canal Illalolén	PU05-PU06	Línea recta que une los puntos PU05 y PU06
PU07	6408767,877	283489,667	Intersección de línea paralela a 510 m al suroriente de línea FFCC, y eje hidráulico de Canal Illalolén	PU06-PU07	Línea sinuosa correspondiente al eje hidráulico de Canal Illalolén, que une los puntos PU06 y PU07
PU08	6408236,199	283097,389	Intersección de línea paralela a 510 m al suroriente de línea FFCC, y ribera norte de Río La Ligua	PU07-PU08	Línea recta que une los puntos PU07 y PU08
PU09	6408369,753	281637,273	Intersección de línea paralela 50 m al nororiente de eje geométrico de Ruta 5, y ribera norte de Río La Ligua	PU08-PU09	Línea sinuosa correspondiente a la ribera norte de Río La Ligua, que une los puntos PU08 y PU09
				PU09-PU01	Línea recta que une los puntos PU09 y PU01

Artículo 4 Identificación de las áreas, zonas y subzonas que integran el Plan

El territorio del Plan comprende las siguientes áreas, zonas y subzonas:

Área urbanizable. Son las áreas urbanas que cuentan con urbanización y las áreas capaces de recibir el crecimiento previsto, y son:

- Z1. Zonas de Equipamiento Preferente
 - Z1a. Zona Equipamiento Preferente
 - Z1b. Zona Equipamiento Mixto
 - Z1c. Zona Equipamiento mixto en área de riesgo
- Z2. Zona Residencial Preferente
 - Z2a. Zona Residencial Preferente Intensidad Baja
 - Z2b. Zona Residencial Preferente Intensidad Media
- Z3. Zona Residencial en Extensión
 - Z3a. Zona Residencial en Extensión Intensidad Baja
 - Z3b. Zona Residencial en Extensión Intensidad Media
 - Z3c. Zona Residencial en Extensión Baja Ocupación
 - Z3d. Zona Residencial en Extensión Muy Baja Ocupación

Áreas especiales. Son las áreas urbanas destinadas preferentemente al equipamiento, actividades productivas y/o áreas de infraestructura eléctrica, y son:

- Z4. Zonas de Equipamiento exclusivo
 - Z4a. Subzona de Equipamiento exclusivo
 - Z4b. Subzona de Equipamiento esencial y servicios
 - Z4c. Subzona de Equipamiento Borde Costero
 - Z4d. Subzona de Equipamiento Deportivo
- Z5. Zona de Infraestructura
- Z6. Zona Industria inofensiva

Plazas, parques y áreas verdes. En esta categoría se incluyen tres tipos de zonas, que son:

- AVE. Área Verde Existente
- AVP. Área Verde Propuesta
- AVI. Área Verde Intercomunal
- AVPF. Área Verde Periférica
- ZAV. Zona de Área Verde
- ZPC. Zona de Protección Costera

Áreas restringidas al desarrollo urbano. Son las áreas planificadas que, debido a su especial destino o naturaleza, están sujetas a restricciones de diverso grado en cuanto a su urbanización y edificación, y son:

a) Áreas de riesgos, las cuales son:

- AR1. Áreas inundables y potencialmente inundables por maremoto
- AR2. Áreas inundables y potencialmente inundables por desborde de cauce y flujo de detritos
- AR3. Áreas propensas a avalanchas, rodados, o erosiones acentuadas

b) Áreas de protección de recursos de valor patrimonial cultural.

Corresponde a los monumentos nacionales definidos de conformidad a la Ley 17.288 y que el Plan reconoce:

- MH. Monumentos Históricos

CAPÍTULO 2 Normas de aplicación general

Artículo 5 Proporción entre frente y fondo en superficies a ceder para áreas verdes

Tratándose de superficies a ceder para áreas verdes conforme a lo dispuesto en la LGUC y OGUC, que se dispongan en sentido transversal con respecto al espacio público y que tengan sólo un frente hacia la vía pública, deberán cumplir con una proporción no superior a 1:3 entre frente y fondo.

Artículo 6 Sobre instalaciones de publicidad

De conformidad con lo señalado en el artículo 2.7.10 de la O.G.U.C., la publicidad en la vía pública o que pueda ser vista desde la vía pública, deberá cumplir con las siguientes condiciones:

- a) Cumplir con las normas urbanísticas de la zona o subzona en que se emplace.
- b) Se prohíbe la instalación de carteles publicitarios en inmuebles de propiedad privada que se emplacen en las siguientes zonas:
 - Z3c. Zona Residencial en Extensión Baja Ocupación
 - Z3d. Zona Residencial en Extensión Muy Baja Ocupación

Artículo 7 Infraestructura

Las disposiciones contenidas en el inciso tercero del artículo 2.1.28 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, referidas al emplazamiento de las instalaciones o edificaciones destinadas a infraestructura cuando el instrumento de planificación territorial permite la actividad de industria, no serán aplicables dentro del territorio normado por el Plan.

Artículo 8 Cuerpos Salientes

Tratándose de edificaciones asociadas al uso residencial o equipamiento, se establecen las siguientes disposiciones aplicables a cuerpos salientes:

1. A partir de la altura de 3,00 m se permitirán cuerpos salientes que sobresalgan del plano vertical levantado sobre la línea oficial hasta de un ancho de 1,50 m.
2. A partir de la altura de 2,5 m se permitirán cuerpos salientes que sobresalgan del plano vertical de la línea de edificación sobre el antejardín hasta de un ancho de 1,50 m.

Artículo 9 Exigencia de plantaciones y obras de ornato en áreas afectas a utilidad pública

En las áreas afectas a utilidad pública de conformidad a lo dispuesto en el artículo 59 de la LGUC, se deberán cumplir las exigencias de plantaciones y obras de ornato que se detallan a continuación:

- En las esquinas de todo tipo de vías, se considerará la plantación de árboles a no menos de 5 m de distancia de la prolongación de la línea oficial de la vía perpendicular.
- Para las vías troncales, se deberá considerar la plantación de árboles que tengan un distanciamiento mínimo de 2m de la calzada vehicular, de especies que alcancen una altura máxima de 20m, y cuya distancia entre ellos esté entre los 8m y los 15m.
- Para las vías colectoras y de servicio, se deberá considerar la plantación de árboles que tengan un distanciamiento mínimo de 1 m de la calzada vehicular, de especies que tengan una altura aproximada de 15 m, y cuya distancia entre ellos esté entre los 8 m y los 15 m.
- Se deberá considerar mobiliario urbano (bancas, escaños o basureros) que tengan un distanciamiento mínimo de 1 m de la calzada vehicular, y cuya distancia entre ellos esté entre los 8 m y los 15 m.

Artículo 10 Dotación mínima de estacionamientos

Los proyectos de obras nuevas, ampliaciones y los cambios de destino parcial o total de edificaciones existentes deberán cumplir con la dotación mínima de estacionamientos indicada en el cuadro siguiente, además de lo establecido por el Título 2, Capítulo 4 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Cuadro 3 Dotación mínima de Estacionamientos

USO DE SUELO	DESTINOS Y ACTIVIDADES	Nº ESTACIONAMIENTOS VEHICULARES	Nº ESTACIONAMIENTOS BICICLETAS
RESIDENCIAL	Vivienda unifamiliar		
	Viviendas hasta 140 m ² superficie edificada	1 por vivienda	No se exige
	Viviendas de más de 140 m ² superficie edificada	2 por vivienda	No se exige
	Vivienda en condominio, Ley de Copropiedad		
	Condominios de vivienda social	1 cada 2 viviendas	No se exige
	Otros Condominios	1 por vivienda	1 cada 1 de vehículos
	Hogares de acogida	1 cada 200 m ² sup. edificada	1 cada 2 de vehículos
Hospedaje	1 cada 100 m ² sup. edificada	1 cada 2 de vehículos	
EQUIPAMIENTO	Científico		
	Todas las actividades	1 cada 150 m ² sup. edificada	1 cada 2 de vehículos
	Comercio		
	Centros y locales comerciales	1 cada 120 m ² sup. edificada	1 cada 2 de vehículos
	Grandes tiendas, supermercados, mercados	1 cada 50 m ² sup. edificada	1 cada 2 de vehículos
	Estaciones o centros de servicio automotor	1 cada 50 m ² sup. edificada	1 cada 2 de vehículos
	Restaurantes, fuentes de soda, bares, discotecas	1 cada 100 m ² sup. edificada	1 cada 2 de vehículos
	Culto y cultura		
	Actividades de culto	1 cada 90 m ² sup. edificada	1 cada 1 de vehículos
	Actividades de cultura	1 cada 90 m ² sup. edificada	1 cada 1 de vehículos
	Deporte		
	Estadios	1 cada 100 asientos fijos	1 cada 1 de vehículos
	Otras actividades	1 cada 100 m ² sup. edificada	1 cada 1 de vehículos
	Educación		
	Todas las actividades	1 cada 200 m ² sup. edificada	2 cada 1 de vehículos
	Esparcimiento		
	Todas las actividades	1 cada 500 m ² sup. predial	2 cada 1 de vehículos
	Salud		
	Hospitales y clínicas	1 cada 150 m ² sup. edificada	1 cada 1 de vehículos
	Policlínicos, consultorios, postas	1 cada 200 m ² sup. edificada	1 cada 2 de vehículos
	Seguridad		
	Todas las actividades	1 cada 100 m ² sup. edificada	No se exige
	Servicios		
	Servicios Públicos y Privados, y Profesionales	1 cada 100 m ² sup. edificada	1 cada 1 de vehículos
	Servicios artesanales	1 cada 500 m ² sup. edificada	No se exige
	Social		
	Todas las actividades	1 cada 90 m ² sup. edificada	2 cada 1 de vehículos
ACT. PRODUCTIVAS	Todos los destinos	1 cada 200 m ² sup. edificada	2 cada 1 de vehículos
INFRAESTRUCTURA	Todos los destinos	1 cada 200 m ² sup. edificada	No se exige
ESPACIO PUBLICO	Parques, plazas y áreas verdes públicas	1 cada 200 m ² sup.	4 cada 1 de vehículos
ÁREA VERDE	Parques, plazas y áreas verdes públicas	1 cada 200 m ² sup.	4 cada 1 de vehículos

(*) El cálculo de número de personas, corresponde a la carga de ocupación conforme al artículo 4.2.4 de la OGUC.

Tratándose de edificaciones colectivas con destino vivienda, estén o no acogidas al régimen de copropiedad, como así también de edificaciones de uso equipamiento de clase servicios profesionales se exigirá un 15% adicional de estacionamientos para uso de visitas.

Para los proyectos que consulten dos o más destinos, el número de estacionamientos que se exija serán el que resulte de sumar la aplicación los estándares correspondientes a cada uno de los destinos.

TITULO III DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

CAPÍTULO 1 ZONIFICACIÓN Y NORMAS URBANÍSTICAS

Las disposiciones del presente artículo se refieren a zonificación, y demás condiciones técnico-urbanísticas para la edificación, urbanización y subdivisión, aplicables a las distintas zonas del Plan conforme a los límites graficados en los planos de zonificación PRC – ZUS – PAPUDO y PRC – ZUS – PULLALLY.

Artículo 11 Área Urbanizable

(a) Zona de Equipamiento Preferente

(i) Z1a. Zona de Equipamiento Preferente

USOS DE SUELO			
Tipo de uso de suelo	Clases o destinos	Destinos o actividades (1)(2)	
		Permitidas	Prohibidas
Residencial	Vivienda	Todos	Ninguna
	Hospedaje	Todos	Ninguno
	Hogares de acogida	Todos	Ninguno
Equipamiento	Científico		Todos
	Comercio (S)	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Centros comerciales, Grandes tiendas, Supermercados, Estaciones o centro de servicio Automotor, y discotecas.
	Culto y cultura	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Salas de concierto o espectáculos, cines, teatros, auditorios.
	Deporte	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Estadios, autódromos, y piscinas.
	Educación	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Centros de orientación o rehabilitación conductual.
	Esparcimiento	Ninguno	Todos
	Salud	Consultorios, postas	Hospitales, Cementerios y crematorios
	Seguridad	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Cárceles o centros de detención
	Servicios	Todos	Ninguno
Social	Todos	Ninguno	
Actividades Productivas	Industria	Ninguno	Todas
	Talleres, almacenamiento y bodegaje	Talleres calificados como inofensivos.	Talleres Calificados como molestos, contaminantes o insalubres y peligrosas, todo tipo de almacenamiento y bodegaje.
Infraestructura	Transporte	Ninguno	Todos
	Sanitaria	Ninguno	Todos
	Energética	Ninguno	Todos
Espacio Público	-	Todos	Ninguno
Áreas Verdes	-	Todos	Ninguno
NORMAS URBANÍSTICAS DE SUBDIVISIÓN Y/O EDIFICACIÓN			
Superficie de Subdivisión Predial Mínima (m ²)		300 m2	
Altura máxima de edificación (m)		10,5 m - 3 pisos	
Sistema de Agrupamiento		Continuo	
Altura máxima de edificación continua (m)		10,5 m - 3 pisos	
Profundidad máxima de edificación continua (m)		80% del deslinde común	
Coeficiente de ocupación de suelo		1	
Coeficiente de constructibilidad		2,5	
Adosamiento		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Rasantes		60%	
Distanciamiento		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Distanciamiento de construcciones subterráneas		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Ochavo		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Cierros		Los cierros de sitios eriazos o propiedades abandonadas que enfrenten espacios públicos, deberán tener una altura no inferior a 3m, y mínimo un 80% de transparencia.	

Los usos de suelo de espacio público y área verde, se regirán por lo dispuesto en los artículos 2.1.30 y 2.1.31 de la OGUC)

(ii) **Z1b. Subzona Equipamiento Mixto**

USOS DE SUELO			
Tipo de uso de suelo	Clases o destinos	Destinos o actividades (1)(2)	
		Permitidas	Prohibidas
Residencial	Vivienda	Todos	Ninguno
	Hospedaje	Todos	Ninguno
	Hogares de acogida	Todos	Ninguno
Equipamiento	Científico	Todos	Ninguno
	Comercio (S)	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Centros comerciales, Grandes tiendas, mercados y Supermercados, Estaciones o centro de servicio Automotor, y discotecas.
	Culto y cultura	Todos	Ninguno.
	Deporte	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Estadios, autódromos.
	Educación	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Centros de orientación o rehabilitación conductual.
	Esparcimiento	Ninguno	Todos
	Salud	Consultorios, postas	Hospitales, Cementerios y crematorios
	Seguridad	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Cárceles o centros de detención
	Servicios	Todos	Ninguno
	Social	Todos	Ninguno
Actividades Productivas	Industria	Ninguno	Todas
	Talleres, almacenamiento y bodegaje	Talleres calificados como inofensivos.	Talleres Calificados como molestos, contaminantes o insalubres y peligrosas, todo tipo de almacenamiento y bodegaje.
Infraestructura	Transporte	Ninguno	Todos
	Sanitaria	Ninguno	Todos
	Energética	Ninguno	Todos
Espacio Público	-	Todos	Ninguno
Áreas Verdes	-	Todos	Ninguno
NORMAS URBANÍSTICAS DE SUBDIVISIÓN Y/O EDIFICACIÓN			
Superficie de Subdivisión Predial Mínima (m²)		200 m ²	
Altura máxima de edificación (m)		7m – 2 pisos	
Agrupamiento		Continuo y aislado.	
Altura máxima de edificación continua (m)		3,5 m – 1 piso	
Profundidad máxima de edificación continua (m)		100% del deslinde (en el caso de permitirse la edificación continua)	
Densidad Bruta Máxima (hab/ha)		100 hab/ha	
Coefficiente de ocupación de suelo		0,8	
Coefficiente de constructibilidad		1,5	
Adosamiento		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Rasantes		60%	
Distanciamiento		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Distanciamiento de construcciones subterráneas		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Ochavo		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Cierros		Los cierros de sitios eriazos o propiedades abandonadas que enfrenen espacios públicos, deberán tener una altura no inferior a 3m, y mínimo un 80% de transparencia.	
Antejardín		No se exige	

(iii) Z1c.Zona Equipamiento Mixto en área de riesgo

USOS DE SUELO			
Tipo de uso de suelo	Clases o destinos	Destinos o actividades (1)(2)	
		Permitidas	Prohibidas
Residencial	Vivienda	Todos	Ninguno
	Hospedaje	Todos	Ninguno
	Hogares de acogida	Todos	Ninguno
Equipamiento	Científico	Todos	Ninguno
	Comercio (S)	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Grandes tiendas, mercados y Supermercados, Estaciones o centro de servicio Automotor, y discotecas.
	Culto y cultura	Todos	Ninguno.
	Deporte	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Estadios, autódromos.
	Educación	Ninguno	Todos.
	Esparcimiento	Ninguno	Todos
	Salud	Ninguno	Todos
	Seguridad	Ninguno	Todos
	Servicios	Todos	Ninguno
	Social	Todos	Ninguno
Actividades Productivas	Industria	Ninguno	Todas
	Talleres, almacenamiento y bodegaje	Ninguno	Todas
Infraestructura	Transporte	Ninguno	Todos
	Sanitaria	Ninguno	Todos
	Energética	Ninguno	Todos
Espacio Público	-	Todos	Ninguno
Áreas Verdes	-	Todos	Ninguno
NORMAS URBANÍSTICAS DE SUBDIVISIÓN Y/O EDIFICACIÓN			
Superficie de Subdivisión Predial Mínima (m²)		300 m2	
Altura máxima de edificación (m)		7m – 2 pisos	
Agrupamiento		Aislado.	
Coefficiente de ocupación de suelo		0,6	
Coefficiente de constructibilidad		1,5	
Adosamiento		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Rasantes		60%	
Distanciamiento		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Distanciamiento de construcciones subterráneas		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Ochavo		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Cierros		Los cierros de sitios eriazos o propiedades abandonadas que enfrenten espacios públicos, deberán tener una altura no inferior a 3m, y mínimo un 80% de transparencia.	
Antejardín		3m	

(b) Z2. Zona Residencial Preferente

(i) Z2a. Zona Residencial Preferente Intensidad Baja

USOS DE SUELO			
Tipo de uso de suelo	Clases o destinos	Destinos o actividades (1)(2)	
		Permitidas	Prohibidas
Residencial	Vivienda	Todos	Ninguno
	Hospedaje	Todos	Ninguno
	Hogares de acogida	Todos	Ninguno
Equipamiento	Científico	Todos	Ninguno
	Comercio (S)	Centros y locales comerciales, restaurantes, bares y fuentes de soda.	Grandes tiendas, mercados y Supermercados, Estaciones o centro de servicio Automotor, y discotecas.
	Culto y cultura	Todos excepto los señalados como prohibidos	Salas de concierto o espectáculos, cines, teatros, auditorios.
	Deporte	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Estadios, autódromos.
	Educación	Establecimientos de enseñanza media, básica, básica especial y prebásica	Centros de orientación o rehabilitación conductual.
	Esparcimiento	Ninguno	Todos
	Salud	Consultorios, postas	Hospitales, Cementerios y crematorios
	Seguridad	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Cárceles o centros de detención
	Servicios	Todos	Ninguno
	Social	Todos	Ninguno
Actividades Productivas	Industria	Ninguno	Todas
	Talleres, almacenamiento y bodegaje	Ninguno	Todos
Infraestructura	Transporte	Ninguno	Todos
	Sanitaria	Ninguno	Todos
	Energética	Ninguno	Todos
Espacio Público	-	Todos	Ninguno
Áreas Verdes	-	Todos	Ninguno
NORMAS URBANÍSTICAS DE SUBDIVISIÓN Y/O EDIFICACIÓN			
Superficie de Subdivisión Predial Mínima (m²)		300	
Altura máxima de edificación (m)		7m – 2 pisos	
Agrupamiento		Continuo, aislado sobre continuo	
Altura máxima de edificación continua (m)		3,5 m – 1 piso	
Profundidad máxima de edificación continua (m)		40% del deslinde (en el caso de permitirse la edificación continua)	
Densidad Bruta Máxima (hab/ha)		100 hab/ha	
Coefficiente de ocupación de suelo		0,6	
Coefficiente de constructibilidad		1	
Adosamiento		60%	
Rasantes		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Distanciamiento		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Ochavo		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Cierros		Los cierros de sitios eriazos o propiedades abandonadas que enfrenten espacios públicos, deberán tener una altura no inferior a 3m, y mínimo un 80% de transparencia.	
Antejardín		3 m	

(ii) **Z2b. Zona Residencial Preferente Intensidad Media**

USOS DE SUELO			
Tipo de uso de suelo	Clases o destinos	Destinos o actividades (1)(2)	
		Permitidas	Prohibidas
Residencial	Vivienda	Todos	Ninguno
	Hospedaje	Todos	Ninguno
	Hogares de acogida	Todos	Ninguno
Equipamiento	Científico	Todos	Ninguno
	Comercio (S)	Centros y locales comerciales, restaurantes, bares y fuentes de soda.	Grandes tiendas, mercados y Supermercados, Estaciones o centro de servicio Automotor, y discotecas.
	Culto y cultura	Todos excepto los señalados como prohibidos	Salas de concierto o espectáculos, cines, teatros, auditorios.
	Deporte	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Estadios, autódromos.
	Educación	Establecimientos de enseñanza media, básica, básica especial y prebásica	Centros de orientación o rehabilitación conductual.
	Esparcimiento	Ninguno	Todos
	Salud	Consultorios, postas	Hospitales, Cementerios y crematorios
	Seguridad	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Cárceles o centros de detención
	Servicios	Todos	Ninguno
	Social	Todos	Ninguno
Actividades Productivas	Industria	Ninguno	Todas
	Talleres, almacenamiento y bodegaje	Ninguno	Todos
Infraestructura	Transporte	Ninguno	Todos
	Sanitaria	Ninguno	Todos
	Energética	Ninguno	Todos
Espacio Público	-	Todos	Ninguno
Áreas Verdes	-	Todos	Ninguno
NORMAS URBANÍSTICAS DE SUBDIVISIÓN Y/O EDIFICACIÓN			
Superficie de Subdivisión Predial Mínima (m²)		200m ²	
Altura máxima de edificación (m)		14m – 4 pisos	
Agrupamiento		Continuo, Aislado sobre continuo	
Altura máxima de edificación continua (m)		3,5 m – 1 piso	
Profundidad máxima de edificación continua (m)		40% del deslinde (en el caso de permitirse la edificación continua)	
Densidad Bruta Máxima (hab/ha)		220 hab/ha	
Coefficiente de ocupación de suelo		0,4	
Coefficiente de constructibilidad		2	
Adosamiento		60%	
Rasantes		60°	
Distanciamiento		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Ochavo		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Cierros		Los cierros de sitios eriazos o propiedades abandonadas que enfrenten espacios públicos, deberán tener una altura no inferior a 3m, y mínimo un 80% de transparencia.	
Antejardín		5 m	

(c) Z3. Zona Residencial en Extensión**(i) Z3a. Subzona Residencial en Extensión Intensidad Baja**

USOS DE SUELO			
Tipo de uso de suelo	Clases o destinos	Destinos o actividades (1)(2)	
		Permitidas	Prohibidas
Residencial	Vivienda	Todos	Ninguno
	Hospedaje	Ninguno	Todos
	Hogares de acogida	Ninguno	Todos
Equipamiento	Científico	Ninguno	Todos
	Comercio (S)	Locales comerciales.	Todos los no señalados como permitidos.
	Culto y cultura	Ninguno	Todos
	Deporte	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Estadios, autódromos.
	Educación	Establecimientos de enseñanza media, básica, básica especial y prebásica	Centros de orientación o rehabilitación conductual.
	Esparcimiento	Ninguno	Todos
	Salud	Consultorios y postas	Hospitales, Cementerios y crematorios
	Seguridad	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Cárceles o centros de detención
	Servicios	Todos	Ninguno
	Social	Todos	Ninguno
Actividades Productivas	Industria	Ninguno	Todas
	Talleres, almacenamiento y bodegaje	Ninguno	Todos
Infraestructura	Transporte	Ninguno	Todos
	Sanitaria	Ninguno	Todos
	Energética	Ninguno	Todos
Espacio Público	-	Todos	Ninguno
Áreas Verdes	-	Todos	Ninguno
NORMAS URBANÍSTICAS DE SUBDIVISIÓN Y/O EDIFICACIÓN			
Superficie de Subdivisión Predial Mínima (m²)		300m ²	
Altura máxima de edificación (m)		7m – 2 pisos	
Agrupamiento		Aislado	
Densidad Bruta Máxima (hab/ha)		72 hab/ha	
Coefficiente de ocupación de suelo		0,4	
Coefficiente de constructibilidad		1	
Adosamiento		60%	
Rasantes		60°	
Distanciamiento		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Ochavo		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Cierros		Los cierros de sitios eriazos o propiedades abandonadas que enfrenten espacios públicos, deberán tener una altura no inferior a 3m, y mínimo un 80% de transparencia.	
Antejardín		5 m	

(ii) **Z3b. Subzona Residencial en Extensión Intensidad Baja**

USOS DE SUELO			
Tipo de uso de suelo	Clases o destinos	Destinos o actividades (1)(2)	
		Permitidas	Prohibidas
Residencial	Vivienda	Todos	Ninguno
	Hospedaje	Todos	Ninguno
	Hogares de acogida	Todos	Ninguno
Equipamiento	Científico	Todos	Ninguno
	Comercio (S)	Centros y locales comerciales, restaurantes, bares y fuentes de soda.	Grandes tiendas, mercados y Supermercados, Estaciones o centro de servicio Automotor, y discotecas.
	Culto y cultura	Todos excepto los señalados como prohibidos	Salas de concierto o espectáculos, cines, teatros, auditorios.
	Deporte	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Estadios, autódromos.
	Educación	Establecimientos de enseñanza media, básica, básica especial y prebásica	Centros de orientación o rehabilitación conductual.
	Esparcimiento	Ninguno	Todos
	Salud	Consultorios, postas	Hospitales, Cementerios y crematorios
	Seguridad	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Cárceles o centros de detención
	Servicios	Todos	Ninguno
	Social	Todos	Ninguno
Actividades Productivas	Industria	Ninguno	Todas
	Talleres, almacenamiento y bodegaje	Ninguno	Todos
Infraestructura	Transporte	Ninguno	Todos
	Sanitaria	Ninguno	Todos
	Energética	Ninguno	Todos
Espacio Público	-	Todos	Ninguno
Áreas Verdes	-	Todos	Ninguno
NORMAS URBANÍSTICAS DE SUBDIVISIÓN Y/O EDIFICACIÓN			
Superficie de Subdivisión Predial Mínima (m²)		200m ²	
Altura máxima de edificación (m)		10.5m – 3 pisos	
Agrupamiento		Aislado, pareado y continuo	
Densidad Bruta Máxima (hab/ha)		320 hab/ha	
Coefficiente de ocupación de suelo		0,6	
Coefficiente de constructibilidad		2	
Adosamiento		60% del deslinde	
Rasantes		60°	
Distanciamiento		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Ochavo		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Cierros		Los cierros de sitios eriazos o propiedades abandonadas que enfrenten espacios públicos, deberán tener una altura no inferior a 3m, y mínimo un 80% de transparencia.	
Antejardín		3 m	

(iii) **Z3c. Subzona Residencial en Extensión Baja Ocupación**

USOS DE SUELO			
Tipo de uso de suelo	Clases o destinos	Destinos o actividades (1)(2)	
		Permitidas	Prohibidas
Residencial	Vivienda	Todos	Ninguno
	Hospedaje	Todos	Ninguno
	Hogares de acogida	Todos	Ninguno
Equipamiento	Científico	Todos	Ninguno
	Comercio (S)	Centros y locales comerciales, restaurantes, bares y fuentes de soda.	Grandes tiendas, mercados y Supermercados, Estaciones o centro de servicio Automotor, y discotecas.
	Culto y cultura	Todos excepto los señalados como prohibidos	Salas de concierto o espectáculos, cines, teatros, auditorios.
	Deporte	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Estadios, autódromos.
	Educación	Establecimientos de enseñanza media, básica, básica especial y prebásica	Centros de orientación o rehabilitación conductual.
	Esparcimiento	Ninguno	Todos
	Salud	Consultorios, postas	Hospitales, Cementerios y crematorios
	Seguridad	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Cárceles o centros de detención
	Servicios	Todos	Ninguno
	Social	Todos	Ninguno
Actividades Productivas	Industria	Ninguno	Todas
	Talleres, almacenamiento y bodegaje	Ninguno	Todos
Infraestructura	Transporte	Ninguno	Todos
	Sanitaria	Ninguno	Todos
	Energética	Ninguno	Todos
Espacio Público	-	Todos	Ninguno
Áreas Verdes	-	Todos	Ninguno
NORMAS URBANÍSTICAS DE SUBDIVISIÓN Y/O EDIFICACIÓN			
Superficie de Subdivisión Predial Mínima (m²)		1.000 m ²	
Altura máxima de edificación (m)		7m. - 2 pisos	
Agrupamiento		Aislado	
Densidad Bruta Máxima (hab/ha)		40 hab/ha	
Coefficiente de ocupación de suelo		0,2	
Coefficiente de constructibilidad		0,8	
Adosamiento		20% del deslinde	
Rasantes		60°	
Distanciamiento		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Ochavo		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Cierros		Los cierros de sitios eriazos o propiedades abandonadas que enfrenten espacios públicos, deberán tener una altura no inferior a 3m, y mínimo un 80% de transparencia.	
Antejardín		5 m	

(iv) Z3d. Subzona Residencial en Extensión Muy Baja Ocupación

USOS DE SUELO			
Tipo de uso de suelo	Clases o destinos	Destinos o actividades (1)(2)	
		Permitidas	Prohibidas
Residencial	Vivienda	Todos	Ninguno
	Hospedaje	Todos	Ninguno
	Hogares de acogida	Todos	Ninguno
Equipamiento	Científico	Todos	Ninguno
	Comercio (S)	Centros y locales comerciales, restaurantes, bares y fuentes de soda.	Grandes tiendas, mercados y Supermercados, Estaciones o centro de servicio Automotor, y discotecas.
	Culto y cultura	Todos excepto los señalados como prohibidos	Salas de concierto o espectáculos, cines, teatros, auditorios.
	Deporte	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Estadios, autódromos.
	Educación	Ninguno	Todos
	Esparcimiento	Ninguno	Todos
	Salud	Ninguno	Todos
	Seguridad	Todos, excepto los señalados como prohibidos	Cárceles o centros de detención
	Servicios	Todos	Ninguno
	Social	Todos	Ninguno
Actividades Productivas	Industria	Ninguno	Todas
	Talleres, almacenamiento y bodegaje	Ninguno	Todos
Infraestructura	Transporte	Ninguno	Todos
	Sanitaria	Ninguno	Todos
	Energética	Ninguno	Todos
Espacio Público	-	Todos	Ninguno
Áreas Verdes	-	Todos	Ninguno
NORMAS URBANÍSTICAS DE SUBDIVISIÓN Y/O EDIFICACIÓN			
Superficie de Subdivisión Predial Mínima (m ²)		2.000 m ²	
Altura máxima de edificación (m)		7m. – 2 pisos	
Agrupamiento		Aislado	
Densidad Bruta Máxima (hab/ha)		24 hab/ha	
Coeficiente de ocupación de suelo		0,2	
Coeficiente de constructibilidad		0,6	
Adosamiento		20% del deslinde	
Rasantes		60°	
Distanciamiento		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Ochavo		Según lo dispuesto en la O.G.U.C.	
Cierros		Los cierros de sitios eriazos o propiedades abandonadas que enfrenten espacios públicos, deberán tener una altura no inferior a 3m, y mínimo un 80% de transparencia.	
Antejardín		5 m	

Artículo 12 Áreas Especiales.**(d) Z4. Zonas de Equipamiento exclusivo****(i) Z4a. Zona de Equipamiento exclusivo**

1. Usos de suelo permitidos:
 - Equipamiento de clase: científico, educación, salud, esparcimiento, culto y cultura, social y seguridad
 - Área verde
 - Espacio público
2. Usos de suelo prohibidos: todos los no señalados como permitidos.
3. Normas de subdivisión y/o edificación:
 - a. Superficie de subdivisión predial mínima : 1.000 m²
 - b. Sistema de agrupamiento : Aislado
 - c. Coef. ocupación de suelo : 0,2
 - d. Coef. constructibilidad : 0,5
 - e. Altura máxima de edificación : 7 metros o 2 pisos
 - f. Antejardín: : 5 m

(ii) Z4b. Zona de Equipamiento esencial y servicios

1. Usos de suelo permitidos:
 - Equipamiento de clase: educación, salud, seguridad y servicios
 - Área verde
 - Espacio público
2. Usos de suelo prohibidos: todos los no señalados como permitidos.
3. Normas de subdivisión y/o edificación:
 - a. Superficie de subdivisión predial mínima : 300 m²
 - b. Sistema de agrupamiento : Aislado
 - c. Coef. ocupación de suelo : 0,6
 - d. Coef. constructibilidad : 1
 - e. Altura máxima de edificación : 7 metros o 2 pisos
 - f. Antejardín: : 3 m

(iii) Z4c Zona de Equipamiento Borde Costero

1. Usos de suelo permitidos:
 - Equipamiento de clase: Científico, comercio, esparcimiento y servicios
 - Área verde
 - Espacio público
2. Usos de suelo prohibidos: todos los no señalados como permitidos.
3. Normas de subdivisión y/o edificación:
 - a. Superficie de subdivisión predial mínima : 300 m²
 - b. Sistema de agrupamiento : Aislado
 - c. Coef. ocupación de suelo : 0,4
 - d. Coef. constructibilidad : 1
 - e. Altura máxima de edificación : 7 metros o 2 pisos
 - f. Antejardín: : 3 m

(iv) Z4d Zona de Equipamiento Deportivo

1. Usos de suelo permitidos:
 - Equipamiento de clase: Deporte.
 - Área verde
 - Espacio público
2. Usos de suelo prohibidos: todos los no señalados como permitidos.
3. Normas de subdivisión y/o edificación:
 - a. Superficie de subdivisión predial mínima : 1.000 m²
 - b. Sistema de agrupamiento : Aislado
 - c. Coef. ocupación de suelo : 0,2

- d. Coef. constructibilidad : 0,5
- e. Altura máxima de edificación : 7 metros o 2 pisos
- f. Antejardín: : 5 m

Los usos de suelo de espacio público y área verde, se regirán por lo dispuesto en los artículos 2.1.30 y 2.1.31 de la OGUC)

(e) Z5. Zona de Infraestructura

1. Usos de suelo permitidos:
 - Equipamiento de clase: Científico.
 - Infraestructura: Sanitaria
 - Área verde
 - Espacio público
2. Usos de suelo prohibidos: todos los no señalados como permitidos.
3. Normas de subdivisión y/o edificación:
 - a. Superficie de subdivisión predial mínima : 2.000 m²
 - b. Sistema de agrupamiento : Aislado
 - c. Coef. ocupación de suelo : 0,2
 - d. Coef. constructibilidad : 0,2
 - e. Altura máxima de edificación : 7 m - 2 piso
 - f. Antejardín: : 7 m

(f) Z6 Zona Industria inofensiva

1. Usos de suelo permitidos:
 - Equipamiento de clase: Científico, servicios.
 - Actividad Productiva: Industria y talleres inofensivos.
 - Área verde
 - Espacio público
2. Usos de suelo prohibidos: todos los no señalados como permitidos.
3. Normas de subdivisión y/o edificación:
 - a. Superficie de subdivisión predial mínima : 2.000 m²
 - b. Sistema de agrupamiento : Aislado
 - c. Coef. ocupación de suelo : 0,2
 - d. Coef. constructibilidad : 0,2
 - e. Altura máxima de edificación : 3,5 m - 1 piso
 - f. Antejardín: : 7 m

Artículo 13 Plazas, parques y áreas verdes

(g) AVE. Áreas Verdes Existentes

Plazas, parques y áreas verdes públicas existentes, en su calidad de bienes nacionales de uso público, las se rigen por lo dispuesto en el artículo 2.1.30 de la OGUC.

(h) AVP. Áreas Verdes Propuestas

Terrenos consultados para parques y plazas propuestas, en su calidad de bienes nacionales de uso público, las se rigen por lo dispuesto en el artículo 59 de la LGUC.

(i) AVI. Áreas Verdes Intercomunal

Corresponden a las áreas planificadas por el Plan Regulador Intercomunal de Valparaíso (PRIV), destinadas para áreas libres, plazas y parques, además de las áreas destinadas a resguardar elementos de valor natural, todas destinadas al uso de suelo de área verde y regidas en conformidad a lo establecido en el artículo 2.1.31 de la OGUC.

(j) ZAV. Zonas de Áreas Verdes

Corresponden a las áreas planificadas destinadas para áreas libres, plazas y parques, además de las áreas destinadas a resguardar elementos de valor natural como cerros, quebradas, etc., todas destinadas al uso de suelo de área verde y regidas en conformidad a lo establecido en el artículo 2.1.31 de la OGUC.

CAPÍTULO 2 ÁREAS RESTRINGIDAS AL DESARROLLO URBANO

Artículo 14 Áreas de Riesgos

Las áreas de riesgos normadas por el presente Plan corresponden a:

(k) AR1. Áreas inundables y potencialmente inundables por maremoto

Se identifican como AR1 aquellos territorios litorales potencialmente inundables debido a maremoto asociados al territorio ubicado bajo la cota 8 m.s.n.m.

(l) AR2. Áreas inundables y potencialmente inundables por desborde de cauce y flujo de detritos

Se identifican como AR2 aquellos territorios inundables o potencialmente inundables asociados a los siguientes cauces:

- Estero Agua Salada
- Quebrada El Maqui
- Quebrada Belloto
- Quebrada de Los Apestados
- Quebrada Paso del Cultivo
- Quebrada Club de Golf
- Quebrada Charahuella
- Quebrada del Francés
- Quebrada La Zanja
- Quebrada Chorrillos

- Quebrada 21 de Mayo

(m) AR3. Áreas propensas a avalanchas, rodados, o erosiones acentuadas

Se identifican como AR3 aquellos territorios con relieve de alta pendiente o escarpados.

CAPÍTULO 3 ÁREAS DE PROTECCIÓN

Artículo 15 MH: Monumentos Históricos

Conforme a la Ley N° 17.288 de Monumentos Nacionales y de acuerdo con los Decretos que se señalan en cada caso, los Monumentos Históricos dentro del territorio urbano se enumeran en el Cuadro siguiente:

Cuadro 4 Monumentos Históricos Nacionales

Cod.	Nombre	Protección	Decreto	Dirección
MH - 1	Iglesia Nuestra Señora de las Mercedes de Papudo	Monumento Histórico	DS N° 532 de 20.09.1995 del Ministerio de Educación	Irrázaval esq. Latorre

Las normas urbanísticas aplicables a las ampliaciones, reparaciones, alteraciones u obras menores que se realicen en las edificaciones existentes, así como las aplicables a las nuevas edificaciones que se ejecuten en estos inmuebles, serán las de la zona en la cual se localizan, con excepción del sistema de agrupamiento, distanciamiento y altura, las que deberán ajustarse a las de la edificación existente.

Artículo 16 ZPC. Zona de Protección Costera

Corresponden a las áreas de protección de recursos de valor natural son todas aquéllas en que existan zonas o elementos naturales protegidos por el ordenamiento jurídico vigente, tales como bordes costeros marítimos, lacustres o fluviales, parques nacionales, reservas nacionales y monumentos naturales, en conformidad a lo establecido en el artículo 2.1.18 de la OGUC.

CAPÍTULO 4 RED VIAL ESTRUCTURANTE

Artículo 17 Generalidades

Las avenidas, calles, pasajes y en general todas las vías públicas del presente Plan Regulador Comunal, son las actualmente existentes, manteniendo sus anchos entre líneas oficiales, salvo aquellos casos en que expresamente se dispongan ensanches de vías existentes o aperturas de nuevas vías.

Artículo 18 Red vial estructurante

La Vialidad Estructurante del presente Plan Regulador Comunal está constituida por las vías graficadas en los Planos PLANO ZONIFICACION PRC- ZUS - PAPUDO y PLANO ZONIFICACION PRC - ZUS - PULLALLY, cuya descripción y características se señalan a continuación.

Cuadro 5 Vialidad Estructurante de Papudo

NOMBRE	TRAMO		CATEGORIA	E/P	ANCHO (m)		OBS
	DESDE	HASTA			EXIST	PROY	
Av. Pta. Pite	Camino a Zapallar (Ruta E-30-F)	Calle B	S	P	-	15	Apertura
Calle A	Av. Pta. Pite	Calle G	S	P	-	15	Apertura
Calle B	Av. Pta. Pite	Calle A	S	P	-	15	Apertura
Calle C	Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	Qda. El Francés	S	P	-	15	Apertura
Llodra	27 m al nororiente de L.O norte de calle Pisagua	Ramsay	S	E	Variable entre 7 y 11	-	Asimilada
Ramsay	Llodra	Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	S	E	8	-	Asimilada
Calle E	Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	Calle D	S	P	-	15	Asimilada
Calle G	Calle D	Calle I	S	P	-	15	Apertura
Calle I	Calle D	Av. Circunvalación (Bypass Ruta E-30-F)	S	P	-	15	Apertura
Calle J	Qda. El Francés	Límite urbano sur	S	P	-	15	Apertura
Qda. El Francés	Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	Calle I	S	P	-	15	Apertura
Latorre	Irarrázabal (ex-Ruta E-30-F)	Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	S	E	Variable entre 13 y 15	-	Asimilada
Chorrillos	Esmeralda	Riquelme	C	E	Variable entre 15 y 20	-	Par vial con Miraflores
Nva. Chorrillos	Riquelme	Nva. Miraflores	C	P	-	15	Apertura. Par vial con Miraflores
Miraflores	Esmeralda	Riquelme	C	E	15	-	Par vial con Chorrillos
Nva. Miraflores	Riquelme	Nva. Chorrillos	C	P	15	-	Apertura. Par vial con Chorrillos
Nva. Miraflores	Nva. Chorrillos	Av. Circunvalación (Bypass Ruta E-30-F)	C	P	20	-	Apertura
Calle K	Av. Circunvalación (Bypass Ruta E-30-F)	Calle L	S	P	15	-	Apertura
Calle L	Av. Circunvalación (Bypass Ruta E-30-F)	Calle I	S	P	15	-	Apertura
Calle M	Calle L	Av. Circunvalación (Bypass Ruta E-30-F)	S	P	15	-	Apertura
Blanco	Irarrázabal (ex-Ruta E-30-F)	Serrano	S	E	Variable entre 15 y 29	-	-

Cochrane	Irrázabal (ex-Ruta E-30-F)	Riquelme	S	E	15	-	-
Calle N	Los Parques	Av. Circunvalación (Bypass Ruta E-30-F)	S	E	15	-	-
Nva. Baquedano	Av. del Mar	16 m al suroriente de L.O sur de pasaje Av. Del Mar	S	P	Variable entre 11 y 32	-	Apertura
Baquedano	16 m al suroriente de L.O sur de pasaje Av. Del Mar	Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta E-30-F)	S	E	Variable entre 11 y 20	-	Asimilada
	Av. Víctor Fazio Rigazzi (ex-Ruta E-30-F)	Diagonal Baquedano	S	E	Variable entre 10 y 18	-	Asimilada
Chacabuco	Riveros	Diagonal Baquedano	S	E	Variable entre 10 y 22	-	Asimilada
Diagonal Baquedano	Baquedano	Iquique	S	E	12	-	Asimilada
Los Parques	Av. Del Mar	Del Estero	S	E	Variable entre 20 y 30	-	-
Nueva 3	Nueva 6	Av. Marítima	S	P	-	20	Apertura
Av. Marítima	Rotonda 1	Nva. Las Docas	C	E	Variable entre 33 y 52	-	-
Nueva 5	Nueva 6	Nueva 5	S	P	-	15	Apertura
Nueva 8	Nueva 6	Nueva 3	S	P	-	15	Apertura
Nva. Los Faldeos	Nueva 8	Nueva 6	S	P	-	15	Apertura
Interior Los Faldeos	Nueva 6	Paseo Punta Puyai	S	E	Variable entre 15 y 30	-	-
Nva. Del Estero	Paseo Punta Puyai	Nva. Las Docas	C	P	-	30	Apertura
Puente Punta Puyai	Nva. Las Docas	Lomas de Puyai	C	P	-	30	Apertura
Del Estero	Lomas de Puyai	Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta E-30-F)	C	E	20	-	-
Nueva 9	Interior Los Faldeos	Las Docas	S	P	-	Variable entre 15 y 30	Apertura
Nueva 10	Nueva 8	Nueva 6	S	P	-	15	Apertura
Nueva 6	Nueva 5	Nueva 10	S	P	-	15	Apertura
Los Lirios	Las Verbenas	Las Docas	S	P	-	15	Apertura
Lomas de Papudo	Lomas de Puyai	Los Parques	S	P	-	Variable entre 15 y 24	Apertura
El Maitén	Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta E-30-F)	18 m al sur de eje geométrico de calle El Canelo	S	E	Variable entre 15 y 22	-	-
Nva. El Maitén	18 m al sur de eje geométrico de calle El Canelo	Los Parques	C	P	-	15	Apertura
Qda. Paso del Cultivo	Los Parques	Calle O	S	P	-	15	Apertura
El Peumo	Nva. Gral. Bernales	El Almendral	P	P	-	Variable entre 8 y 11	Apertura. Peatonal
Nva. Rosario Pérez	Nva. Gral. Bernales	Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta E-30-F)	S	P	-	15	Apertura
Rosario Pérez	Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta E-30-F)	Los Pescadores	S	E	10	-	Asimilada
Nva. Las Medusas	Los Pescadores	Calle Q	S	P	-	Variable entre 15 y 20	Apertura

Nva. Los Pescadores	Nva. Las Medusas	Nva. Las Medusas	S	P	-	15	Apertura
Calle Q	Av. Circunvalación (Bypass Ruta E-30-F)	Av. Circunvalación (Bypass Ruta E-30-F)	S	P	-	15	Apertura
Calle R	Calle Q	Av. Circunvalación (Bypass Ruta E-30-F)	S	P	-	15	Apertura
Nueva 15	Acceso Punta Puyai	Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta E-30-F)	S	P	-	15	Apertura
Calle S	Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta E-30-F)	Av. Circunvalación (Bypass Ruta E-30-F)	S	P	-	15	Apertura
Covadonga	Camino a Zapallar (ex-Ruta E-30-F)	21 de Mayo	S	E	Variable entre 10 y 22	-	Asimilada
Pisagua	21 de Mayo	Latorre	S	E	Variable entre 9 y 12	-	Asimilada
10 de Julio	Condell	Av. Matta	S	E	11	-	Asimilada
Av. Matta	10 de Julio	Pisagua	S	E	Variable entre 9 y 12	-	Asimilada
Calle F	Calle B	Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	S	P	-	15	Apertura
Calle D	Calle C	Calle C	S	P	-	15	Apertura
Calle H	Calle I	Qda. El Francés	S	P	-	15	Apertura
Esmeralda	Latorre	Irarrázabal (ex-Ruta E-30-F)	C	E	Variable entre 14 y 20	-	Asimilada
Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	Av. Circunvalación (Bypass Ruta E-30-F)	Domingo Fernández Concha	C	E	20	-	-
Domingo Fernández Concha (Ruta E-30-F)	Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta E-30-F)	C	E	Variable entre 14 y 20	-	Asimilada. Parcial con Serrano
Riveros	Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	90 m al surponiente de L.O poniente de calle Chorrillos	S	P	-	Variable entre 15 y 20	-
Riveros	90 m al surponiente de L.O poniente de calle Chorrillos	Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta E-30-F)	S	E	Variable entre 14 y 15	-	Asimilada
Serrano	Chorrillos	Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta E-30-F)	C	E	15	-	Asimilada. Parcial con Domingo Fernández Concha (Ruta E-30-F)
Riquelme	Av. Circunvalación (Bypass Ruta E-30-F)	Diagonal Baquedano	S	E	Variable entre 13 y 14	-	Asimilada
El Quillay	El Maitén	153 m al oriente de L.O oriente de calle El Maitén	S	E	10	-	Asimilada
Nva. El Quillay	153 m al oriente de L.O oriente de calle El Maitén	Calle Q	S	P	-	15	Apertura
Nva. Iquique	Diagonal Baquedano	Av. Circunvalación (Bypass Ruta E-30-F)	S	P	-	15	Apertura
Los Pescadores	Rosario Pérez	Los Diaguitas	S	E	12	-	Asimilada
El Coral	Los Diaguitas	116 m al oriente de L.O oriente de Av. Del Mar	S	E	12	-	Asimilada
Nva. El Coral	116 m al oriente de L.O oriente de Av. Del Mar	Calle S	S	P	-	15	Apertura
Lilén	Baquedano	Del Estero	C	E	20	-	-
Los Parques	Del Estero	Av. Circunvalación (Bypass Ruta E-30-F)	C	P	-	20	Apertura
Calle P	Los Parques	Calle Q	S	P	-	15	Apertura

Calle T	Calle Q	Av. Circunvalación (Bypass Ruta E-30-F)	S	P	-	15	Apertura
Calle O	Av. Circunvalación (Bypass Ruta E-30-F)	Calle Q	S	P	-	15	Apertura
Nva. Los Faldeos	Interior Los Faldeos	Nva. Las Violetas	S	P	-	15	Apertura
Paseo Punta Puyai	Av. Marítima	Nueva 12	C	E	Variable entre 30 y 35	-	-
	Nueva 12	Acceso Punta Puyai	C	E	20	-	-
Acceso Punta Puyai	Paseo Punta Puyai	Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta F-30-E)	C	E	20	-	-
Nueva 12	Paseo Punta Puyai	Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta F-30-E)	S	P	-	15	Apertura
Las Verbenas	Los Lirios	Paseo Punta Puyai	S	P	-	20	Apertura
Los Suspiros	Los Lirios	Nueva 12	S	P	-	15	Apertura
Nueva 13	Los Suspiros	Nueva 12	S	P	-	15	Apertura
Nva. Las Docas	Av. Marítima	Nueva 9	S	P	-	20	Apertura
Las Docas	Nueva 9	Los Lirios	S	P	-	15	Apertura
Lomas de Puyai	Del Estero	Nva. Paseo Punta Puyai	S	E	15	-	-
Nva. Lomas de Puyai	Nva. Paseo Punta Puyai	Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta F-30-E)	S	P	-	Variable entre 15 y 25	Apertura
Nva. Paseo Punta Puyai	Acceso Punta Puyai	Lomas de Puyai	S	P	-	15	Apertura
Nueva 2	Lomas de Papudo	Nva. Gral. Bernales	S	P	-	15	Apertura
Nva. Gral. Bernales	Los Parques	Nueva 15	S	P	-	15	Apertura
General Bernales	Nueva 15	Nueva 16	S	E	Variable entre 12 y 15	-	Asimilada

Cuadro 6 Vialidad Estructurante de Pullally

NOMBRE	TRAMO		CATEGORIA	E/P	ANCHO (m)		OBS
	DESDE	HASTA			EXIST	PROY	
Circunvalación Norte	Límite urbano poniente	Av. Las Salinas	S	P	-	15	-
6 Oriente	Circunvalación Norte	Av. Las Salinas	S	P	-	15	-
6 Oriente	Av. Las Salinas	Calle 11	S	P	-	15	-
Canal Illalolén	Circunvalación Norte	Circunvalación Norte	S	P	-	15	-
Nueva 4	Canal Illalolén	Av. Las Salinas	S	P	-	15	-
Pje. Algarrobo	Av. Las Salinas	Pje. El Rincón	S	P	-	15	-
Canal Los Ranchos	Pje. Algarrobo	Límite urbano poniente	S	P	-	15	-
Nueva 6	Pje. Algarrobo	Pje. El Rincón	S	P	-	15	-
5 Oriente Papudo	Av. Las Salinas	Río La Ligua	S	P	-	15	-
4 Oriente Santa Rosa	Canal Illalolén	Límite urbano sur	S	P	-	15	-
Nueva 7	Callejón El Estero	Pje. El Rincón	S	P	-	15	-
Qda. Los Bueyes	Circunvalación Norte	Av. Las Salinas	S	P	-	15	-
3 Oriente San Isidro	Av. Las Salinas	Río La Ligua	S	P	-	15	-
2 Oriente Illapel	Av. Las Salinas	Límite urbano sur	S	P	-	15	-
Ferrocarril	Circunvalación Norte	Av. Las Salinas	S	P	-	15	-
1 Oriente Edo. Frei Montalva	Av. Las Salinas	Límite urbano sur	S	P	-	15	-
Av. Las Salinas	Límite urbano poniente	Circunvalación Norte	S	P	-	Variable entre 15 y 26	-
Calle Las Salinas	Límite urbano poniente	6 Oriente	S	P	-	15	-
Nueva 13	Av. Las Salinas	2 Oriente Illapel	S	P	-	15	-
Calle 11	Límite urbano poniente	Pje. Algarrobo	S	P	-	15	-
Pje. El Rincón	Límite urbano poniente	Río La Ligua	S	P	-	15	-
Río La Ligua	Límite urbano poniente	Av. Las Salinas	S	P	-	15	-

Artículo 20 Red vial estructurante intercomunal

La Vialidad Estructurante del Plan Intercomunal de Valparaíso Satélite Borde Costero Norte (PIV-SBCN) define para la comuna de Papudo las vías graficadas en el Plano PLANO ZONIFICACION PRC- ZUS - PAPUDO, cuya descripción y características se señalan a continuación:

Cuadro 7 Vialidad intercomunal de Papudo

NOMBRE	TRAMO		CATEGORIA	E/P	ANCHO (m)		OBS
	DESDE	HASTA			EXIST	PROY	
Camino a Zapallar (Ruta E-30-F)	Límite urbano poniente	Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	T	E	30	-	-
Camino a Zapallar (ex-Ruta E-30-F)	Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	21 de Mayo	T	E	Variable entre 10 y 20	-	Asimilada
Irrázaval (ex-Ruta F-30-E)	21 de Mayo	Baquedano	T	E	Variable entre 20 y 30	-	Asimilada
Av. Víctor Fazio Rigazzi (ex-Ruta E-30-F)	Baquedano	Domingo Fernández Concha	T	E	30	-	-
Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta E-30-F)	Domingo Fernández Concha	Av. Circunvalación (Bypass Ruta E-30-F)	T	E	Variable entre 30 y 35	-	-
Camino a Pullally (Ruta E-30-F)	Av. Circunvalación (Bypass Ruta E-30-F)	Límite urbano oriente	T	E	30	-	-
Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	Camino a Zapallar (Ruta E-30-F)	Condell	T	E	20	30	Ensanche a ambos costados del eje geométrico de la vía.
Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	Condell	Av. Circunvalación (Bypass Ruta E-30-F)	T	E	Variable entre 30 y 33	-	-
Av. Circunvalación (Bypass Ruta E-30-F)	Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	Camino a Pullally (Ruta E-30-F)	T	P	-	30	Apertura

Artículo 21 Terrenos destinados a circulaciones

Los terrenos destinados a circulaciones definidos para la comuna de Papudo se encuentran asociados a las vías graficadas en los Planos PLANO ZONIFICACION PRC- ZUS - PAPUDO y PLANO ZONIFICACION PRC - ZUS - PULLALLY, cuya descripción y características se señalan a continuación.

Cuadro 8 Terrenos destinados a circulaciones Papudo

NOMBRE	TRAMO		CATEGORIA	E/P	ANCHO (m)		OBS
	DESDE	HASTA			EXIST	PROY	
Pasaje Marítimo	Paseo Av. Del Mar	Camino a Zapallar (Ruta E-30-F)	P	P	-	4	Peatonal
Orella	Paseo Av. Del Mar	Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	L	E	11	-	-
Condell	Paseo Av. Del Mar	Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	L	E	Variable entre 11 y 13	-	-
Concepción	Av. Del Mar	10 de Julio	L	E	Variable entre 11 y 13	-	-
Pasaje 21 de Mayo	Av. Matta	Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	P	E	8	-	Peatonal
Llodra	Irrázabal (exRuta E-30-F)	27 m al nororiente de L.O norte de calle Pisagua	P	E	Variable entre 10 y 12	-	Peatonal
Riveros	Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	Av. Circunvalación (Bypass Ruta E-30-F)	L	E	15	-	-

NOMBRE	TRAMO		CATEGORIA	E/P	ANCHO (m)		OBS
	DESDE	HASTA			EXIST	PROY	
Arturo Prat Poniente	Arturo Prat Oriente	Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	P	E	8	-	Peatonal
Arturo Prat Oriente	Esmeralda	Domingo Fernández Concha	P	E	8	-	Peatonal
Chorrillos	Irarrázabal (ex-Ruta E-30-F)	Esmeralda	L	E	15	-	-
Pje. Miraflores	Irarrázabal (ex-Ruta E-30-F)	13 m al suroriente de L.O sur de calle Irarrázabal (ex-Ruta E-30-F)	P	E	16	-	Peatonal
Miraflores	13 m al suroriente de L.O sur de calle Irarrázabal (ex-Ruta E-30-F)	Esmeralda	L	E	15	-	-
Nueva 1	Av. del Mar	Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta E-30-F)	L	P	Variable entre 20 y 30	-	Apertura
Nva. Chacabuco	Domingo Fernández Concha	Riveros	P	P	-	15	Apertura
Nva. Los Parques	Los Parques	Lilén	P	P	-	11	Apertura. Peatonal.
	Lilén	Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta E-30-F)	P	P	-	11	Apertura. Peatonal.
Maipú	Riveros	Iquique	L	E	Variable entre 11 y 14	-	-
Williams Rebolledo	Serrano	Iquique	L	E	17	-	-
Maipu	Riveros	Iquique	L	E	Variable entre 10 y 14	-	Asimilada
Av. Del Mar	Límite urbano norte	Av. Marítima	P	E	-	11	Apertura. Peatonal.
	Av. Marítima	Estero Agua Salada Norte	P	E	11	-	Peatonal
	Estero Agua Salada Norte	Estero Agua Salada Sur	P	P	-	11	Apertura. Peatonal
	Estero Agua Salada Sur	Los Parques	P	E	11	-	Peatonal
	Los Parques	Irarrázabal (ex-Ruta E-30-F)	P	P	-	11	Apertura. Peatonal
Nueva 4	Nueva 3	Nueva 5	P	P	-	8	Apertura. Peatonal
La Capilla	Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta E-30-F)	Sargento Aldea	L	E	11	-	-
Camino ecuestre	Nueva 6	Nueva 12	P	P	-	8	Apertura. Peatonal
Pje. Las Violetas	Camino ecuestre	Nva. Los Faldeos	P	P	-	5	Apertura. Peatonal
Nva. Las Violetas	Nva. Los Faldeos	Paseo Punta Puyai	L	P	-	11	Apertura
Nueva 6	Av. Del Mar	Nueva 5	P	P	-	8	Apertura. Peatonal
Nueva 6	Nueva 10	Av. Marítima	L	P	-	11	Apertura
Nueva 11	Nueva 6	Camino ecuestre	P	P	-	8	Apertura. Peatonal
Nueva 14	Los Suspiros	Estero Agua Salada Norte	L	P	-	11	Apertura
Nueva 14	Estero Agua Salada Norte	Acceso Punta Puyai	P	P	-	8	Apertura. Peatonal
El Coirón	El Maitén	Nva. Iquique	L	E	Variable entre 11 y 15	-	-
Pje. Las Loberas	Los Pescadores	Nva. El Quillay	L	E	10	-	Asimilada
Los Diaguitas	Los Pescadores	El Coral	L	E	10	-	Asimilada
El Peñón	Los Diaguitas	Nva. El Quillay	L	E	11	-	-
Pje. Lautaro	Acceso Punta Puyai	General Bernales	L	E	15	-	-

NOMBRE	TRAMO		CATEGORIA	E/P	ANCHO (m)		OBS
	DESDE	HASTA			EXIST	PROY	
Alonso de Ercilla	General Bernales	Los Acacios	L	E	15	-	-
Los Almendros	Alonso de Ercilla	El Coral	L	E	11	-	-
Los Acacios	Alonso de Ercilla	El Coral	L	E	11	-	-
Ignacio Carrera Pinto	General Bernales	Caupolicán	L	E	Variable entre 11 y 15	-	-
Av. Del Mar	Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta E-30-F)	El Coral	L	E	Variable entre 13 y 14	-	-
Estadio	Los Arrecifes	Calle Q	L	P	-	11	Apertura
Nueva 16	General Bernales	Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta E-30-F)	L	P	-	11	Apertura
Paseo Av. Del Mar	Límite urbano poniente	Orella	P	P	-	8	Apertura. Peatonal
	Orella	Concepción	P	E	11	-	Peatonal
Pje. El Conquistador	Concepción	Irrázabal (ex-Ruta E-30-F)	P	E	Variable entre 12 y 33	-	Peatonal
Covadonga	Orella	Concepción	L	E	11	-	-
Av. Del Mar	Pisagua	Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	P	E	8	-	Peatonal
Pje. Riveros	Latorre	Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	P	E	8	-	Peatonal
Pje. Serrano	Av. Circunvalación (Ruta E-30-F)	112 m al surponiente de L.O poniente de calle Chorrillos	P	E	16	-	-
Serrano	112 m al surponiente de L.O poniente de calle Chorrillos	Chorrillos	L	E	Variable entre 15 y 16	-	-
Sargento Aldea	Diagonal Baquedano	El Maitén	L	E	Variable entre 9 y 11	-	Asimilada
El Almendral	Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta E-30-F)	160 m desde Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta E-30-F)	P	P	-	11	Apertura. Peatonal
Lagunilla	Av. Víctor Fazio Rigazzi (Ruta E-30-F)	Nva. Los Pescadores	P	P	-	8	Apertura. Peatonal
Iquique	Diagonal Baquedano	Maipú	L	E	Variable entre 9 y 11	-	Asimilada
Nva. Los Arrecifes	Nva. El Quillay	El Peñón	L	P	-	11	Apertura
Los Arrecifes	El Peñón	Estadio	L	E	9	-	Asimilada
Nueva 7	Av. Del Mar	Nueva 5	P	P	-	8	Apertura. Peatonal
Nueva 7	Nueva 5	Nueva 8	L	P	-	11	-
Av. Marítima – Acceso Costanera	Av. Del Mar	Rotonda 1	L	E	13	-	-
Costa Puyai 2	Nueva 10	Nueva 6	P	P	-	8	Apertura. Peatonal
Paseo Punta Puyai	Av. Del Mar	Av. Marítima	L	E	Variable entre 48 y 90	-	-
Nva. Los Suspiros	Nueva 12	Camino ecuestre	L	P	-	11	Apertura
Estero Agua Salada Norte	Av. Del Mar	Paseo Punta Puyai	P	P	-	8	Apertura. Peatonal
Estero Agua Salada Norte	Paseo Punta Puyai	Nueva 14	P	P	-	15	Apertura
Estero Agua Salada Sur	Av. Del Mar	Nueva 14	P	P	-	8	Apertura. Peatonal
Nva. Paseo Punta Puyai	Lomas de Puyai	Nueva 2	L	P	-	11	Apertura

NOMBRE	TRAMO		CATEGORIA	E/P	ANCHO (m)		OBS
	DESDE	HASTA			EXIST	PROY	
Caupolicán	Nueva 15	Nueva 16	L	E	Variable entre 9 y 11	-	Asimilada

Cuadro 9 Terrenos destinados a circulaciones Pullally

NOMBRE	TRAMO		CATEGORIA	E/P	ANCHO (m)		OBS
	DESDE	HASTA			EXIST	PROY	
Nueva 1	Canal Viña Vieja	Av. Las Salinas	L	P	-	11	-
Nueva 2	Circunvalación Norte	Av. Las Salinas	L	P	-	11	-
Nueva 2	Av. Las Salinas	Nueva 3	L	P	-	11	-
Pje. 6 Oriente	6 Oriente Interior	Canal Viña Vieja	P	P	-	8	-
Nueva 3	Canal Viña Vieja	Límite urbano poniente	L	P	-	11	-
Nueva 4	Av. Las Salinas	Calle 11	L	P	-	11	-
Nueva 4	Calle 11	Canal Los Ranchos	L	P	-	11	-
Nueva 5	Circunvalación Norte	Canal Illalolén	L	P	-	11	-
Canal Los Ranchos	Nueva 12	Nueva 6	L	P	-	11	-
Pje. Medialuna	Canal Illalolén	Paseo Parque Pullally	P	P	-	8	-
Nueva 7	Nueva 13	Callejón El Estero	P	P	-	8	-
Paseo Parque Pullally	Av. Las Salinas	Av. Las Salinas	P	P	-	8	-
Qda. Los Bueyes	Av. Las Salinas	Nueva 13	L	P	-	11	-
Nueva 8	Av. Las Salinas	Nueva 13	L	P	-	11	-
Nueva 8	Calle 11	Callejón El Estero	L	P	-	11	-
Nueva 8	Nueva 16	Pje. El Rincón	L	P	-	11	-
Nueva 9	Nueva 17	Nueva 13	L	P	-	11	-
Nueva 10	Ferrocarril	Av. Las Salinas	L	P	-	11	-
Nueva 10	Av. Las Salinas	Río La Ligua	L	P	-	11	-
6 Oriente Interior	Circunvalación Norte	6 Oriente	L	P	-	11	-
Laguna de Pullally	6 Oriente	Nueva 4	L	P	-	11	-
Pje. Laguna de Pullally	Nueva 4	Paseo Parque Pullally	P	P	-	8	-
Canal Viña Vieja	Circunvalación Norte	Nueva 4	L	P	-	11	-
Nueva 11	Nueva 3	Nueva 4	L	P	-	11	-
Nueva 12	Nueva 13	5 Oriente Papudo	L	P	-	11	-
Nueva 13	2 Oriente Illapel	Río La Ligua	L	P	-	11	-
Calle 11	Pje. Algarrobo	Canal Los Ranchos	L	P	-	11	-
Calle 11	Canal Los Ranchos	5 Oriente Papudo	L	P	-	11	-
Calle 11	5 Oriente Papudo	4 Oriente Santa Rosa	L	P	-	11	-
Calle 11	4 Oriente Santa Rosa	2 Oriente Illapel	L	P	-	11	-
Nueva 14	Nueva 6	5 Oriente Papudo	L	P	-	11	-
Nueva 14	5 Oriente Papudo	Nueva 7	L	P	-	11	-
Callejón El Estero	4 Oriente Santa Rosa	Río La Ligua	L	P	-	11	-
Nueva 15	4 Oriente Santa Rosa	3 Oriente San Isidro	L	P	-	11	-
Nueva 16	3 Oriente San Isidro	2 Oriente Illapel	L	P	-	11	-
Nueva 17	Ferrocarril	Av. Las Salinas	L	P	-	11	-
Nueva 18	Ferrocarril	Av. Las Salinas	L	P	-	11	-

ETAPA 4: ANTEPROYECTO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD SANITARIA

ESTUDIO: “ACTUALIZACIÓN DEL PLAN REGULADOR COMUNAL DE PAPUDO”

Enero de 2019

Preparado por:



HABITERRA Ltda. CONSULTORES

Dir: Príncipe de Gales N° 5921 Of. 1009 La Reina | Santiago | CHILE

Tel +56-2 26352768 | 26359620

E mail: pguzman@habitterra.cl | izapata@habitterra.cl | recepcion@habitterra.cl

Web: www.habitterra.cl

Preparado para:



SECRETARIA REGIONAL MINISTERIAL DE VIVIENDA Y URBANISMO REGIÓN DE VALPARAISO

Dir: Arturo Prat 874 Piso 7 | Valparaíso | CHILE

Tel +56-32 22186837

EQUIPO TÉCNICO PERMANENTE

Cargo	Descripción del cargo	Nombre completo
Arquitecto: Jefe de Proyecto	Especialidad en Planificación Urbana Comunal	Pablo Guzmán
Arquitecto o similar	Especialidad en Planificación Urbana Comunal	Daniel Meza
		Arturo Rinaldi
Ingeniero Civil	Especialidad Infraestructura y transporte Vial Urbano	Ismael Becerra
Cartógrafo	Encargado SIG / Planificación	Fabián Garrido
Sociólogo o similar	Encargado Participación	Bernardita Arnello
Ingeniero Civil	Proyectos de Ingeniería Sanitaria y Redes Públicas (5 años)	Roberto Lara
Bióloga	Encargado Medio Ambiente EAE	Angélica Gutiérrez
Dibujante	Experiencia SIG en Planificación	Hernán Orozco

EQUIPO TÉCNICO ESPECIALISTA

Cargo	Descripción del cargo	Nombre completo
Geólogo	Encargado de Riesgos en IPT (5 años)	Rodrigo Rauld
Ingeniero Civil	Encargado de Riesgos zonas inundables (Experiencia en Hidráulica o Hidrología 5 años)	Macarena Facuse M.
		Isabel Zapata
Arquitecto o similar	Experiencia en Estudio histórico y patrimonial de nivel urbano comunal	Alejandro Álvarez
		Franco Cabello
Ing. Comercial	Experiencia en análisis y desarrollo de proyectos económicos locales y regionales	

EQUIPO DE APOYO AL EQUIPO PERMANENTE

Cargo	Descripción del cargo	Nombre completo
Arquitecto	Patrimonio	Alejandro Álvarez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	4
2	OBJETIVOS	4
3	COBERTURA DE SERVICIOS SANITARIOS	4
3.1	SERVICIO DE AGUA POTABLE	4
3.2	SERVICIO DE ALCANTARILLADO	6
3.3	DIAGNÓSTICO SISTEMA DE ABASTECIMIENTO AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	7
3.3.1	Balance Oferta-Demanda de Agua Potable.....	7
3.4	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	8
3.4.1	Población Futura	8
3.5	FACTIBILIDAD DE DOTACIÓN AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	9
3.5.1	Requerimientos para la Dotación de Servicios	9
3.5.2	Estudio de Demandas de Agua Potable Futura.....	9
3.5.3	Proyección de la Demanda de Alcantarillado de Aguas Servidas	13
3.6	ESTIMACIÓN DE INFRAESTRUCTURA REQUERIDA	15
3.6.1	Sistema de Agua Potable.....	15
3.6.2	Sistema de aguas servidas	15
4	SISTEMA DE EVACUACIÓN Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE PAPUDO	15
5	Descripción de la infraestructura sanitaria, localidad de Pullally	16
6	CONCLUSIONES	20
7	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	20

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1-1	Localidad de Papudo Caudales de Producción de Agua Potable.....	5
Cuadro.-3.1-2	Dotación Actual: Año 2016	5
Cuadro 3.1-3	Cobertura de los Servicios de Agua Potable de Papudo Año 2016.....	6
Cuadro 3.2-1	Caudales de Aguas Servidas Actuales y Futuros	6
Cuadro.-3.2-2	Cobertura de los Servicios de Alcantarillado de Papudo Año 2016.....	7
Cuadro 3.4-1:	Proyecciones de Población y Viviendas principales Año 2017 al 2037,	8
Cuadro 3.5-1	Dotaciones y nivel de pérdidas esperadas (l/hab/día)	10
Cuadro 3.5-2:	Números de Grifos de Incendio en Uso Simultáneo	12
Cuadro 3.5-3:	Proyección de Caudales de Agua Potable, Papudo	12
Cuadro 3.5-4:	Proyección de Caudales de Aguas Servidas, Papudo.....	14
Cuadro 3.6-1	Caudales de Producción Localidad: Placilla de La Ligua.....	16
Cuadro.-3.6-2	Dotación: Año 2016	17
Cuadro 3.6-3	Cobertura de los Servicios de Agua Potable de Placilla de La Ligua Año 2017	17
Cuadro.-3.6-4	Cobertura de los Servicios de Alcantarillado de Placilla de La Ligua Año 2017	18
Cuadro 3.6-5	Territorio operacional interconectado Sistema Pullally-Quinquimo-La Ligua.....	19

1 INTRODUCCIÓN

En términos de planificación, la comuna de Papudo cuenta con un Plan Regulador Comunal que define el uso del suelo y el límite urbano, publicado en julio del año 1969, modificado en el año 1996 (Seccional Punta Puyai).

En atención a las modificaciones que en materia de planificación se incorporaron en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, se hace necesario abordar nuevamente la Formulación del Plan Regulador Comunal, para la localidad enunciada precedentemente. En ese sentido se requiere reevaluar y ajustar dicha propuesta de planificación a la normativa vigente sobre la materia, incorporando la variable medioambiental en los términos señalados en la Ley 20.417, sobre la Evaluación Ambiental Estratégica de los Instrumentos de Planificación Territorial, para así contar en el corto plazo, con el Plan Regulador Comunal de Papudo aprobado.

2 OBJETIVOS

El objetivo del informe que se entrega seguidamente tiene por finalidad analizar la factibilidad de ampliación o dotación de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Servidas en la localidad de Papudo, comuna de Papudo, Región de Valparaíso.

Primeramente el informe entrega una descripción y diagnóstico de la infraestructura sanitaria con que cuenta la comuna de Papudo en el marco de la "Actualización Plan Regulador Comunal de Papudo". En él se describe de una manera general el funcionamiento de los sistemas de producción y distribución de agua potable, y de recolección y disposición final de aguas servidas, para la localidad en cuestión.

La información principal utilizada y analizada en este informe, se encuentra en el documento "Actualización Plan de Desarrollo 2015. Servicio de Agua Potable y Servicio de Alcantarillado, Sistema Papudo", proporcionado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), el cual satisface las normas exigidas por la SISS y cumple con el objetivo de planificar las inversiones que se deben realizar en el contexto del régimen tarifario vigente.

Las restricciones técnicas al crecimiento de la localidad provienen principalmente de la existencia o no de redes de infraestructura, del soporte de éstas a nuevas demandas y de las posibilidades de dotación de mayores recursos tanto para las áreas consolidadas como para las áreas de extensión.

El Plan Regulador en estudio, ha tomado como base los lineamientos generales y las densidades poblacionales que postulan hacia una mayor densificación y ordenamiento de las áreas consolidadas.

3 COBERTURA DE SERVICIOS SANITARIOS

A continuación, se entrega una síntesis de los principales aspectos de la cobertura de servicios sanitarios que realiza la empresa ESVAL S.A. en la localidad de Papudo

3.1 SERVICIO DE AGUA POTABLE

La localidad de Papudo es abastecida de agua potable por la Empresa de Servicios Sanitarios ESVAL S.A. que tiene la concesión de los servicios. El área operativa de la empresa coincide en su mayor parte con la zona urbana de la localidad.

- Producción

De acuerdo a lo indicado en el documento "Actualización Plan de Desarrollo 2015 Servicio de Agua Potable y Servicio de Alcantarillado, Sistema Papudo ESVAL 2015" proporcionado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), el sistema de producción de la localidad de Papudo se encuentra de la localidad de La Laguna, que funciona abasteciéndose desde la planta de Concón, por medio de la conducción Litoral Norte. Además de lo anterior tiene fuentes propias que corresponden a drenes presentes en la planta Tranque Papudo. Por otra parte existen las captaciones superficiales Vertiente el Tigre y Tranque Papudo, ubicadas en la planta Tranque Papudo.

A la producción de la planta de captación se le aplica un tratamiento químico que consiste en adicionar cloro y flúor. Además de lo anterior, existen filtros en presión en la planta El Tranque Papudo.

Cuadro 3.1-1 Localidad de Papudo Caudales de Producción de Agua Potable

Caudal l/s	2016	2020	2030
Medio anual	27,7	31,6	41,4
Máximo diario	66.0	75.3	98.8

Fuente: ESVAL Ficha de Antecedentes Técnicos (FAT).- Sistema Papudo

- Distribución y Regulación

A nivel de distribución se encuentra el estanque Papudo que es el encargado de regular y abastecer la localidad del mismo nombre con un volumen de regulación de 2.000 m³.

La red de distribución consiste en aproximadamente 26 km de tuberías que cubren el territorio operacional.

- Dotación

La dotación de consumos está en función de la población permanente y el consumo anual, en tanto el Vol Max Mes se determina en función del volumen facturado (anual), el número de clientes y del coeficiente del mes de máximo consumo.

Cuadro.-3.1-2 Dotación Actual: Año 2016

Localidad	Superficie (ha)	Población (hab)	Dotación (l/hab/día)	Vol. Max Mes por Cliente (m ³ /cl/mes)
Papudo	284,8	5.162	308.4	26,7

Fuente: ESVAL Ficha de Antecedentes Técnicos (FAT).- Sistema Papudo

- Cobertura

De acuerdo a la información proporcionada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS, en el Informe Anual de Coberturas Urbanas de Servicios Sanitarios correspondiente al año 2016, la cobertura urbana de agua potable para esta localidad es de un 100 %, lo que se traduce en 4.486 inmuebles conectados con una población urbana estimada de 6.359 habitantes. No obstante lo anterior, según los datos entregados por ESVAL S.A. en su Plan de Desarrollo 2015, la población total en el territorio operacional (T.O.) es de 5.162 habitantes.

La cobertura del servicio de agua potable a la población referida al año 2016, es la que se entrega en el cuadro siguiente:

Cuadro 3.1-3 Cobertura de los Servicios de Agua Potable de Papudo Año 2016

Empresa	Localidad	Cientes residenciales de agua potable	Total de inmuebles residenciales AP	Población urbana estimada	Población urbana abastecida AP	Cobertura de agua potable
ESVAL S.A.	PAPUDO	4.486	4.486	6.359	6.359	100%

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios SISS. Informe Anual de Coberturas de Servicios Sanitarios 2016

3.2 SERVICIO DE ALCANTARILLADO

El servicio de alcantarillado de aguas servidas que cubre la localidad de Papudo también es administrado por la Empresa de Servicios Sanitarios ESVAL S.A. El Sistema está dividido en plantas de impulsión independientes que llevan las aguas servidas hacia una planta de tratamiento del tipo lodos activados ubicada en el sector Punta Puyai de Papudo Después que las aguas son tratadas, son descargadas por medio de un emisario en el Estero de Agua Salada. Es de hacer notar que gran parte de las aguas tratadas son utilizadas para el riego en áreas verdes y campos deportivos.

- Recolección

El sistema de recolección de aguas servidas de la localidad de está conformado por una red de aproximadamente 16 km que recoge los efluentes del territorio operacional.

- Caudales

En el cuadro siguiente el Caudal Medio Anual de Aguas Servidas considera el coeficiente de recuperación. El caudal Medio Anual Total considera el Coeficiente de Recuperación y los caudales de infiltración y aguas lluvias, en tanto el Máximo Horario a Tratar, por ser la PTAS del tipo Lodos Activados, se considera como caudal a tratar el Caudal Máximo Horario, el cual considera el Coeficiente de Recuperación y los caudales de infiltración y aguas lluvias.

Cuadro 3.2-1 Caudales de Aguas Servidas Actuales y Futuros

Caudal (l/s)	2016	2020	2030
Medio Anual AS	16.2	199	28,4
Medio Anual Total	21.1	24.8	33,4
Máximo Horario a Tratar	50,4	59,3	79.0

Fuente: ESVAL Ficha de Antecedentes Técnicos (FAT).- Sistema Papudo

- Tratamiento

La planta de tratamiento que sirve a la localidad de Papudo se ubica en Punta Pullay y es del tipo lodos activados como se dijo anteriormente. Actualmente la planta tiene una capacidad de tratamiento máxima horaria de 21.1 l/s, con capacidad de tratar un caudal máximo horario de 79 l/s,

- Disposición

La planta de tratamiento recibe las aguas servidas de Papudo y las descarga por medio de un emisario en el estero Agua Salada, que a su vez las descarga en el Océano Pacífico; no obstante lo anterior, esta descarga en el océano es eventual o por infiltración ya que no existe un caudal constante. De acuerdo a informaciones recabadas, es importante anotar que parte de las condiciones naturales que se conservan en el estero Agua Salada se relacionan con el aporte hídrico proveniente de la descarga del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (ESVAL), lo que ha permitido que el estero mantenga un espejo de agua prácticamente permanente, aun en periodos de sequía.

Cuadro.-3.2-2 Cobertura de los Servicios de Alcantarillado de Papudo Año 2016

Empresa	Localidad	Clientes residenciales de alcantarillado	Inmuebles residenciales no conectados a la red de alcantarillado	Total de inmuebles residenciales	Población urbana saneada ALC	Cobertura de alcantarillado
			Total			
ESVAL S.A.	PAPUDO	3.938	548	4.486	5.582	87.8%

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios SISS. Informe anual de Coberturas de Servicios Sanitarios. 2016

3.3 DIAGNÓSTICO SISTEMA DE ABASTECIMIENTO AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Según el "Plan de Desarrollo 2015 Servicio de Agua Potable y Servicio de Alcantarillado Sistema Papudo", el balance oferta-demanda realizado presenta déficit en el período de previsión del Plan (2016-2030). El déficit se determinó como la diferencia entre la capacidad de las instalaciones y la capacidad requerida para satisfacer la demanda.

3.3.1 Balance Oferta-Demanda de Agua Potable

De acuerdo al Plan de Desarrollo 2015 del Sistema Papudo, elaborado por ESVAL, el balance oferta-demanda realizado presenta déficit en el período de previsión del Plan (2016-2030). El déficit se determinó como la diferencia entre la capacidad de las instalaciones y la capacidad requerida para satisfacer la demanda.

i) Balance Oferta-Demanda de Agua Potable.

De acuerdo con el balance oferta-demanda realizado por ESVAL a nivel de la infraestructura de agua potable, se entrega a continuación un resumen de la infraestructura que presenta déficit en el período de previsión:

- Producción: De acuerdo a los balances de oferta-demanda, el sistema presenta déficit, por lo cual, se requieren de inversiones en nuevas obras, tanto PEAP como en macro-conducciones.
- Distribución; De acuerdo a los balances oferta-demanda, se concluye que es necesario reforzar la red de distribución existente en distintos puntos de la localidad.

ii) Balance Oferta-Demanda de Aguas Servidas.

De acuerdo con el balance oferta-demanda realizado a nivel de la infraestructura de aguas servidas, se entrega un resumen de la infraestructura que presenta déficit en el período de previsión.

- Recolección: De acuerdo a los balances de oferta-demanda se concluye que no es necesario reforzar la red de recolección existente.
- Disposición: De acuerdo a los balances de oferta-demanda el sistema presenta déficit, por lo cual, se requieren inversiones en nuevas obras.

3.4 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

3.4.1 Población Futura

La factibilidad de servicios para las áreas delimitadas por los instrumentos de planificación, deben cotejar la información de población residente en las distintas zonas tributarias de los sistemas, con las proyecciones de expansión esperadas. En este contexto interesa determinar cuál es la población esperada en el área propuesta, y el nivel de cobertura existente y proyectada para satisfacer las necesidades de dicha población.

Se ha propuesto un escenario optimista de crecimiento de la localidad, por lo que se considera como población máxima esperada la población propuesta en las estimaciones realizadas en los capítulos precedentes de este Plan Regulador. Se indica la proyección de población según el escenario optimista escogido por períodos determinado por este estudio. La proyección realizada con motivo de este estudio supone la densificación total de las superficies disponibles.

Es de hacer notar que la población estimada en el presente informe incluye a la población de la localidad de Pullally.

Cuadro 3.4-1: Proyecciones de Población y Viviendas principales Año 2017 al 2037,

Año	Población		Viviendas
	Permanente	Flotante	
2017	5.408	13.788	3.447
2018	5.492	14.516	3.629
2019	5.583	15.260	3.816
2020	5.680	16.019	4.005
2021	5.785	16.791	4.198
2022	5.899	17.575	4.394
2023	6.022	18.368	4.592
2024	6.156	19.170	4.793
2025	6.301	19.978	4.994
2026	6.457	20.790	5.197
2027	6.624	21.604	5.401
2028	6.794	22.418	5.605
2029	6.969	23.229	5.807
2030	7.147	24.035	6.009
2031	7.329	24.834	6.208
2032	7.514	25.623	6.406
2033	7.705	26.399	6.600
2034	7.899	27.160	6.790
2035	8.097	27.904	6.976
2036	8.300	28.627	7.157
2037	8.507	29.326	7.332

Fuente: Elaboración propia en base a Censo 2017 INE

La población permanente de la localidad alcanzaría los 8.507 habitantes en el horizonte de previsión del Proyecto de Factibilidad de Agua Potable y Alcantarillado al año 2037.

3.5 FACTIBILIDAD DE DOTACIÓN AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Los estudios de factibilidad de agua potable y alcantarillado de aguas servidas son uno de los componentes técnicos a evaluar dentro del proyecto del Plan Regulador. Su objetivo principal se basa en el análisis de la situación actual y su proyección respecto a las proposiciones que entregue el Plan Regulador. En una primera etapa se ha abordado la tarea de requerir de las empresas de servicios existentes la información referente a los antecedentes actualizados de los sistemas en operación del área comprendida en el estudio.

En la presente etapa se consulta oficialmente la factibilidad de dotación de Servicios Básicos en función de las densidades habitacionales y poblacionales proyectadas en el Plan Regulador, considerando la situación definida. Se incluye a la población de la localidad de Pullally.

3.5.1 Requerimientos para la Dotación de Servicios

a) Cálculo de caudales de agua potable

Para dimensionar las obras y cubrir las variaciones de consumo a lo largo de un período de 20 años, período de validez del PRC; se estimarán los consumos, gastos medios y gastos máximos en el año de inicio del estudio, esto es 2017, para luego proyectarlos.

b) Determinación de la dotación de consumo situación base

Para la estimación de las dotaciones actuales de agua potable, se aplicará la metodología y supuestos que permitan caracterizar la localidad utilizando valores conservadores de características similares en lo relativo al grado de urbanización, características de desarrollo y su potencial respecto a otras localidades.

Con respecto a las pérdidas, se cuenta con antecedentes relativos al sistema Papudo que entrega ESVAL S.A. en su Plan de Desarrollo 2015 que sitúa esta cifra en 33.4%. También se cuenta con antecedentes de pérdidas del sistema Placilla-La Ligua que abastece de agua potable a la localidad de Pullally, equivalente a 24.3%.

En el presente informe se utilizará un nivel de pérdidas algo inferior, equivalente a un 30%, dado que se estima mejoras en la distribución y la producción del sistema.

3.5.2 Estudio de Demandas de Agua Potable Futura

a) Dotaciones Futuras Adoptadas

Las proyecciones futuras de la dotación de consumo se efectuarán considerando los efectos combinados de las políticas tarifarias, el nivel de ingreso de los usuarios, calidad del agua, mejoramiento del servicio y la existencia del servicio de alcantarillado. Se han considerado como representativos de la situación base de proyección, los valores presentados en el Cuadro N° 3.4-1.

Para efectos del presente estudio se ha adoptado una dotación media de consumo de agua potable de 300 l/hab/día hasta el año 2037, final del período de aplicación del Plan Regulador, considerando la localidad de Pullally en el estudio de demanda. Esta dotación es menor a la estimada por ESVAL en su Plan de Desarrollo del Sistema Papudo (325 l/hab/día en promedio); pero tomando en cuenta la dotación para las localidades del Sistema Placilla-La Ligua (175 l/hab/día en promedio) y de los problemas causados por la sequía y consecuentemente la disminución del recurso hídrico, hemos utilizado en los cálculos conservadoramente una dotación menor. De acuerdo a los criterios anteriormente señalados hemos tomado como dotación base para el año 2017, 300 l/hab/día. El Cuadro N° 3.5-1 señala, para cada año, el consumo por habitante esperado.

La proyección realizada con motivo de este estudio supone mantener la tendencia de la proyección lineal con una dotación máxima de consumo, en la situación con proyecto, de 300 l/hab/día en el año 2037. La dotación a nivel de producción se calcula de la siguiente manera:

Dotación de Producción = Dotación de Consumo / (1- %Pérdidas)

Cuadro 3.5-1 Dotaciones y nivel de pérdidas esperadas (l/hab/día)

Año	Proyecciones		
	Nivel de Pérdidas	Situación con proyecto	
		Dotación de consumo (l/hab/día)	Dotación de producción (l/hab/día)
2017	30.0	300	390
2018	30.0	300	390
2019	30.0	300	390
2020	30.0	300	390
2021	30.0	300	390
2022	30.0	300	390
2023	30.0	300	390
2024	30.0	300	390
2025	30.0	300	390
2026	30.0	300	390
2027	30.0	300	390
2028	30.0	300	390
2029	30.0	300	390
2030	30.0	300	390
2031	30.0	300	390
2032	30.0	300	390
2033	30.0	300	390
2034	30.0	300	390
2035	30.0	300	390
2036	30.0	300	390
2037	30.0	300	390

Fuente: Elaboración propia (2017)

b) Coeficientes de gastos máximo diario y horario

Para la estimación de los caudales máximos de agua potable se consideró un factor de modulación de 2.38 (FDMC) y 1.50 (FHMC), de acuerdo a los antecedentes de ESVAL S.A. La situación para el año 2037, para el caudal medio de agua potable será:

i) Gasto medio

$$Q_{med} AP = \frac{Pobl * Dot * C}{86400} (l/s)$$

donde:

Pobl. : Población

Dot. : Dotación de consumo (l/hab/día)

Dotación de producción : $Dot/(1-\% \text{ pérdidas})$

C : Cobertura en %.

ii)

iii) Gasto máximo diario

$$Q_{\max} \text{ Diario} = 2.28 * Q_{\text{med}} AP(l/s)$$

iv)

v) Gasto máximo horario

$$Q_{\max} \text{ Horario} = 1.5 * Q_{\max} \text{ Diario}$$

Los cálculos señalados a continuación corresponden a la situación futura. Se considera una población permanente al año 2037 de 8.507 hab. Con respecto a la población flotante, en el cálculo del gasto medio se consideró que ésta situación se presenta solamente en los meses de enero y febrero, donde la dotación baja a un nivel de aproximadamente 140 l/hab/día.

De acuerdo a lo expresado anteriormente, se adopta una dotación de consumo máxima esperada al año 2037, de 300 l/hab/día, equivalente a una dotación de producción de 390 l/hab/día, estabilizando el nivel de pérdidas en un 30%, a partir del año 2017.

c) Proyección de dotaciones y coeficientes de gastos

Se analizará a continuación la oferta y demanda a futuro, del sistema de agua potable de Papudo atendido por ESVAL S.A. considerando la normativa que regula los sistemas concesionados. De esta manera, se obtendrán los futuros requerimientos globales de capacidad y demanda para el período en estudio del Plan Regulador.

Al no contar con antecedentes que permitan definir la necesidad en lo relativo al porcentaje de regulación requerido y teniendo en consideración que este Plan Regulador es un instrumento de planificación a nivel de perfil, se adoptará un valor conservador entre un 15% - 20 % del consumo máximo diario, más un grifo funcionando durante dos horas. Es así como, al no contar con antecedentes de las fluctuaciones horarias, en el día de máximo consumo, se adopta como volumen de regulación el 15% del consumo máximo diario.

Además la norma establece que junto con el volumen de regulación y el de incendio, los estanques deben tener una capacidad suficiente para mantener una reserva en caso de emergencias. Por lo tanto y debido a la baja ocurrencia de un corte en la alimentación simultánea con los supuestos incendio, se estima un volumen de reserva equivalente al 10% del caudal máx. diario. Finalmente, se adopta como volumen de regulación el 15% Q. máx. diario, más el máximo valor entre el volumen de incendio y el volumen de reserva.

El volumen de incendio se determina de acuerdo con la demanda y duración del siniestro (Norma NCH 691). Para los efectos de cálculo, debe considerarse a lo menos 2 h de siniestro, con un caudal de 16 l/s en cada grifo de 100 mm de diámetro, según NCh 1646, y el número de grifos en uso simultáneo que indica el cuadro siguiente.

Cuadro 3.5-2: Números de Grifos de Incendio en Uso Simultáneo

Área servida, población en miles de habitantes	Número de grifos en uso simultáneo	Volumen de incendio, mínimo en m ³
Hasta 6	1	115
> 6 – 25	2	230
> 25 – 60	3	346
> 60 – 150	5	576
> 150	6	690

Fuente: Elaboración propia en base a Sistema de Información Geográfico de Bomberos de Chile (2017) y Norma Chilena N° NCh 1646

Cuadro 3.5-3: Proyección de Caudales de Agua Potable, Papudo

PROYECCIÓN DE CAUDALES DE AGUA POTABLE													
AÑO	POBLACION			Dotación consumo (l/hab/día)	Pérdidas %	Dotación producción (l/hab/día)	Caudales de producción (l/s)			Volumen de regulación (m3)			
	Total	Cobertura %	Población Abastecida				Qmed	Qmax. D	Qmax. H	Consumo	Incendio	Reserva	Total
2018	5492	100	5492	300	30.0	390	24.79	59.00	88.50	765	115	510	880
2019	5583	100	5583	300	30.0	390	25.20	59.98	89.97	777	115	518	892
2020	5680	100	5680	300	30.0	390	25.64	61.02	91.53	791	115	527	906
2021	5785	100	5785	300	30.0	390	26.11	62.15	93.22	805	115	537	920
2022	5899	100	5899	300	30.0	390	26.63	63.37	95.06	821	115	548	936
2023	6022	100	6022	300	30.0	390	27.18	64.69	97.04	838	230	559	1068
2024	6156	100	6156	300	30.0	390	27.79	66.13	99.20	857	230	571	1087
2025	6301	100	6301	300	30.0	390	28.44	67.69	101.54	877	230	585	1107
2026	6457	100	6457	300	30.0	390	29.15	69.37	104.05	899	230	599	1129
2027	6624	100	6624	300	30.0	390	29.90	71.16	106.74	922	230	615	1152
2028	6794	100	6794	300	30.0	390	30.67	72.99	109.48	946	230	631	1176
2029	6969	100	6969	300	30.0	390	31.46	74.87	112.30	970	230	647	1200
2030	7147	100	7147	300	30.0	390	32.26	76.78	115.17	995	230	663	1225
2031	7329	100	7329	300	30.0	390	33.08	78.74	118.10	1020	230	680	1250
2032	7514	100	7514	300	30.0	390	33.92	80.72	121.08	1046	230	697	1276
2033	7705	100	7705	300	30.0	390	34.78	82.78	124.16	1073	230	715	1303
2034	7899	100	7899	300	30.0	390	35.66	84.86	127.29	1100	230	733	1330
2035	8097	100	8097	300	30.0	390	36.55	86.99	130.48	1127	230	752	1357
2036	8300	100	8300	300	30.0	390	37.47	89.17	133.75	1156	230	770	1386
2037	8507	100	8507	300	30.0	390	38.40	91.39	137.09	1184	230	790	1414

Fuente: Elaboración propia

Es de hacer notar que los datos de proyección de la población de Papudo adoptados por ESVAL S.A., difieren de las proyecciones elaboradas en el presente estudio.

No obstante; lo anterior, considerando que el presente es un estudio de factibilidad, que tiene un horizonte de aplicabilidad de 20 años, los valores aquí obtenidos nos dan una visión bastante aproximada a los valores obtenidos en el Plan de Desarrollo. Sin embargo, la demanda está sujeta a factores imponderables como son por ejemplo el cambio climático, el aumento o disminución de la población, el agotamiento de las fuentes de abastecimiento, etc.; por lo tanto, los resultados obtenidos deben tomarse sólo como una guía tentativa para un desarrollo urbano de Papudo

3.5.3 Proyección de la Demanda de Alcantarillado de Aguas Servidas

Los caudales de aguas servidas se determinaron considerando los parámetros definidos en el Cuadro N° 3.5-3. Estos caudales sirvieron para determinar los requerimientos de infraestructura de alcantarillado de aguas servidas para la localidad de Papudo

Las redes han sido estudiadas de acuerdo a la dotación futura de agua potable, resumiéndose a continuación la variación de los caudales que portearán las redes de alcantarillado propuestas.

a) Bases de cálculo

Para la estimación de la cobertura se ha supuesto que la empresa concesionaria del servicio atenderá el 95% de la población a partir del año 2025 hasta el final del período de validez del presente PRC. Los caudales fueron estimados de acuerdo a la dotación de consumo futura de agua potable.

Para el cálculo de los caudales se ocuparon las fórmulas de uso habitual.

i) Caudal medio de aguas servidas

$$Q_{med} AS = Q_{med} AP * R$$

Donde:

Dotación de agua potable : 300 l/hab/día

Cobertura red de aguas servidas : Var.

Población asociada (P) : Var.

Coefficiente de recuperación medio (R) : 0.8

ii) Caudales máximos instantáneos

$$Q_{max} AS = H * Q_{med} AS$$

Donde:

H : Coeficiente de Harmon

$$H = 1 + \frac{14}{(4 + \sqrt{P/1000})}$$

En el cuadro adjunto se muestra el cálculo de caudales de aguas servidas para la localidad de Papudo, proyectado año a año.

Cuadro 3.5-4: Proyección de Caudales de Aguas Servidas, Papudo

PROYECCIÓN DE CAUDALES DE AGUAS SERVIDAS											
AÑO	POBLACION			Dotación consumo l/hab/día	Pérdidas %	Caudales de consumo AP (l/s)			Caudales de Aguas Servidas (l/s)		
	Total	Cobertu ra %	Población Abastecida			Qmed	Qmax. D	Qmax. H	Qmed	Harmon	Qmax. Ins
2018	5492	87.7	4816	300	30.0	17.35	26.03	39.04	12.2	3.26	39.69
2019	5583	88.7	4952	300	30.0	17.64	26.46	39.69	12.5	3.25	40.67
2020	5680	89.8	5101	300	30.0	17.95	26.92	40.38	12.9	3.24	41.74
2021	5785	90.8	5253	300	30.0	18.28	27.42	41.13	13.3	3.23	42.82
2022	5899	91.9	5421	300	30.0	18.64	27.96	41.94	13.7	3.21	44.02
2023	6022	92.9	5594	300	30.0	19.03	28.54	42.81	14.1	3.20	45.24
2024	6156	94.0	5787	300	30.0	19.45	29.18	43.77	14.6	3.19	46.60
2025	6301	95.0	5986	300	30.0	19.91	29.86	44.80	15.1	3.17	47.99
2026	6457	95.0	6134	300	30.0	20.40	30.60	45.91	15.5	3.16	49.02
2027	6624	95.0	6293	300	30.0	20.93	31.40	47.09	15.9	3.15	50.12
2028	6794	95.0	6454	300	30.0	21.47	32.20	48.30	16.3	3.14	51.24
2029	6969	95.0	6621	300	30.0	22.02	33.03	49.55	16.7	3.13	52.38
2030	7147	95.0	6790	300	30.0	22.58	33.87	50.81	17.2	3.12	53.54
2031	7329	95.0	6963	300	30.0	23.16	34.74	52.10	17.6	3.11	54.72
2032	7514	95.0	7138	300	30.0	23.74	35.61	53.42	18.0	3.10	55.91
2033	7705	95.0	7320	300	30.0	24.35	36.52	54.78	18.5	3.09	57.13
2034	7899	95.0	7504	300	30.0	24.96	37.44	56.16	19.0	3.08	58.37
2035	8097	95.0	7692	300	30.0	25.58	38.38	57.56	19.4	3.07	59.63
2036	8300	95.0	7885	300	30.0	26.23	39.34	59.01	19.9	3.06	60.92
2037	8507	95.0	8082	300	30.0	26.88	40.32	60.48	20.4	3.05	62.22

Fuente: Elaboración propia (2017)

3.7 ESTIMACIÓN DE INFRAESTRUCTURA REQUERIDA

3.7.1 Sistema de Agua Potable

El análisis de la infraestructura requerida se realizará a nivel global, para la producción, para la red de distribución y para la regulación.

a) Etapa de producción

De acuerdo al balance oferta-demanda, en la etapa de producción ESVAL S.A. se determinó que es necesario la construcción de un sondaje y la instalación de nuevos grupos electrógenos.

b) Etapa de distribución

En esta etapa la concesionaria tiene planificado dentro de su Plan de Desarrollo, cuyo horizonte de aplicación es hasta el año 2030, reforzar y mejorar la red de distribución existente en distintos puntos de la localidad.

c) Etapa de regulación

De acuerdo al balance oferta-demanda se observa que es necesario la construcción de un nuevo estanque elevado de 750 m³ en el recinto San Diego.

3.7.2 Sistema de aguas servidas

En lo que respecta a aguas servidas, de acuerdo con el balance oferta-demanda que se entrega en el Plan de Desarrollo de ESVAL S.A., realizado a nivel de infraestructura de aguas servidas, el sistema presenta déficit en el período de previsión.

a) Etapa de recolección:

De acuerdo a los balances oferta-demanda realizados por la empresa, se concluye que no es necesario reforzar la red existente

b) Etapa de disposición

De acuerdo al balance oferta-demanda, se requieren obras a nivel de disposición en PEAS (Planta Elevadora de Aguas Servidas) Limache. El sistema depende solamente de nuevas inversiones; por lo tanto, siempre existe factibilidad de servicios. En el marco del presente estudio de factibilidad se considera que la inversión en infraestructura que desarrollará ESVAL S.A. es suficiente para atender las necesidades de la población hasta el año 2037.

4 SISTEMA DE EVACUACIÓN Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE PAPUDO

De acuerdo a lo establecido en la Ley 19.525, que regula los Sistemas de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias, la elaboración de los Planes Maestros es de responsabilidad del Ministerio de Obras Públicas. En particular, la Ley N° 19.525 señala que "la planificación, estudio, construcción, reparación, mantención y mejoramiento de la red primaria de sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias le corresponderá al Ministerio de Obras Públicas". Por exclusión, esta ley entrega al Ministerio de Vivienda y Urbanismo, la tuición sobre las redes secundarias de las ciudades.

El principal instrumento de planificación a nivel urbano es el Plan Maestro de Aguas Lluvias, estudio que lleva a cabo la DOH, donde se desarrolla un diagnóstico de la infraestructura de evacuación de aguas lluvias existente en las ciudades y se planifican soluciones para evitar inundaciones en ellas. Su objetivo fundamental es elaborar una herramienta de planificación del sistema de evacuación de aguas lluvias de las ciudades de más de 50.000 habitantes, considerando una expansión urbana a 30 años según las regulaciones del año en que dichos planes fueron elaborados. **La comuna de Papudo, dada su baja población, no cuenta con un Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias y tampoco se encuentra en los planes de la Dirección de Obras Hidráulicas su estudio.**

5 DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA SANITARIA, LOCALIDAD DE PULLALLY

De acuerdo a los requerimientos de la localidad de Papudo, como parte integrante de la Actualización del PRC de Papudo se ha incorporado la localidad de Pullally.

La localidad de Pullally corresponde a un sector en área de extensión urbana, de carácter urbano-rural, ubicado aproximadamente a 13 kilómetros al noreste de la localidad de Papudo Tiene una población estimada en 2000 personas y una superficie aproximada de 718 hectáreas destinadas fundamentalmente a la producción agrícola. Pullally se encuentra en el valle del Ligua (Provincia de Petorca, Región de Valparaíso), más cerca de La Ligua que de Papudo

i) Sistema de abastecimiento de agua potable

La localidad cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable que es administrado por ESVAL S.A y forma parte de la concesión de ESVAL denominada "Placilla de La Ligua", que incluye los sectores de Quinquimo, Pullally, Placilla de La Ligua y La Chimba, según delimitación incluida en plano de área de concesión del Anexo XI del Plan de Desarrollo de dicha concesión.

- Producción

El sistema de producción de la localidad de Placilla de La Ligua está conformado por las plantas de captación subterránea Aguas Claras, Goenechea y Quinquimo I, además de las fuentes antes mencionadas, el sistema es apoyado por aportes desde la Planta de Concón por medio de la conducción Litoral Norte, la cual en su trazado además abastece a las localidades de; Quintero, Puchuncavi, Cachagua, Zapallar, La Laguna, Papudo y La Ligua.

Cuadro 3.7-1 Caudales de Producción Localidad: Placilla de La Ligua

Caudal l/s ⁽¹⁾	2016	2020	2030
Medio anual	8,8	9,2	10,2
Máximo diario	12,6	13,1	14,5

A la producción de la planta de captación se le aplica un tratamiento químico que consiste en adicionar cloro y flúor. Además la producción de la planta Quinquimo I, cuenta con un filtro en presión diseñado para abatir Mn y Fe.

A nivel de distribución la localidad de Placilla de La Ligua es regulada y abastecida desde los estanques El Rayado (2.000 m³) y Quinquimo (300 m³).

La red de distribución consiste en aproximadamente 84,38 km de tuberías que cubren el territorio operacional (incluye la red de La Ligua).

En el año 2014 se inauguró la ampliación del abastecimiento de agua potable a los sectores de El Llano y Lecherías de esta localidad, lo que benefició a una población estimada de 1100 habitantes con una dotación de 150 l/hab/día.

- Dotación

La dotación de consumos está en función de la población permanente y el consumo anual, en tanto el Vol Max Mes se determina en función del volumen facturado (anual), el número de clientes y del coeficiente del mes de máximo consumo.

Cuadro.-3.7-2 Dotación: Año 2016

Localidad	Superficie (ha)	Población (hab)	Dotación (l/hab/día)	Vol. Max Mes por Cliente (m3/cl/mes)
Placilla de La Ligua	142.9	3.409	169.6	18.05

Fuente: ESVAL Ficha de Antecedentes Técnicos (FAT).- Sistema Placilla de La Ligua. ESVAL 2015

- Cobertura

De acuerdo a la información proporcionada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS, en el Informe Anual de Coberturas Urbanas de Servicios Sanitarios correspondiente al año 2017, la cobertura urbana de agua potable para esta localidad es de un 100 %, lo que se traduce en 1.210 inmuebles conectados con una población urbana estimada de 2.505 habitantes. No obstante lo anterior, según los datos entregados por ESVAL S.A. en su Plan de Desarrollo 2015, la población total en el territorio operacional (T.O.) es de 3.409 hab.

La cobertura del servicio de agua potable a la población referida al año 2017, es la que se entrega en el cuadro siguiente:

Cuadro 3.7-3 Cobertura de los Servicios de Agua Potable de Placilla de La Ligua Año 2017

Empresa	Localidad	Clientes residenciales de agua potable	Total de inmuebles residenciales AP	Población urbana estimada	Población urbana abastecida AP	Cobertura de agua potable
ESVAL S.A.	Placilla de La Ligua	1.210	1.210	2.515	2.515	100%

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios SISS. Informe Anual de Coberturas de Servicios Sanitarios 2017

Evacuación de aguas servidas.

El alcantarillado de aguas servidas de la localidad de Pullally se realiza mediante un sistema inaugurado a fines del año 2014 financiado por la Subsecretaría de Desarrollo Regional (SUBDERE), vía Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR). El proyecto beneficia a una población estimada de 2.500 personas de esta localidad perteneciente a la comuna de Papudo e implicó una inversión superior a los 1.500 millones de pesos

El Proyecto de alcantarillado contemplaba originalmente la instalación de 439 UD y la unión de 71 fosas a UD. En la actualidad el sistema supera las 600 UD, de acuerdo a informaciones proporcionadas por la SEPLAN de Papudo

El sistema está conectado a la planta de tratamiento Los Maitenes que sirve a las localidades de Pullally, Quinquimo y La Ligua. Esta planta es del tipo lodos activados, ubicada en el sector norte de La Ligua, lugar donde se encuentran las instalaciones de ESVAL. Los efluentes de la PTAS son descargados al río La Ligua.

El sistema de evacuación de aguas servidas cubre las necesidades de aproximadamente el 50%, según la fuente citada anteriormente.

De acuerdo a informaciones extraídas del Plan de Desarrollo ESVAL para el Sistema Placilla de La Ligua. el sistema de recolección de la localidad de Placilla de La Ligua está conformado por una red de aproximadamente 51,55 km que recoge las aguas servidas del territorio operacional (incluye la red de La Ligua).

A nivel de disposición se cuenta con la planta de tratamiento llamada Los Maitenes, con capacidad de tratar un caudal máximo horario de 118 L/s, desde donde las aguas tratadas son descargadas finalmente en el río La Ligua.

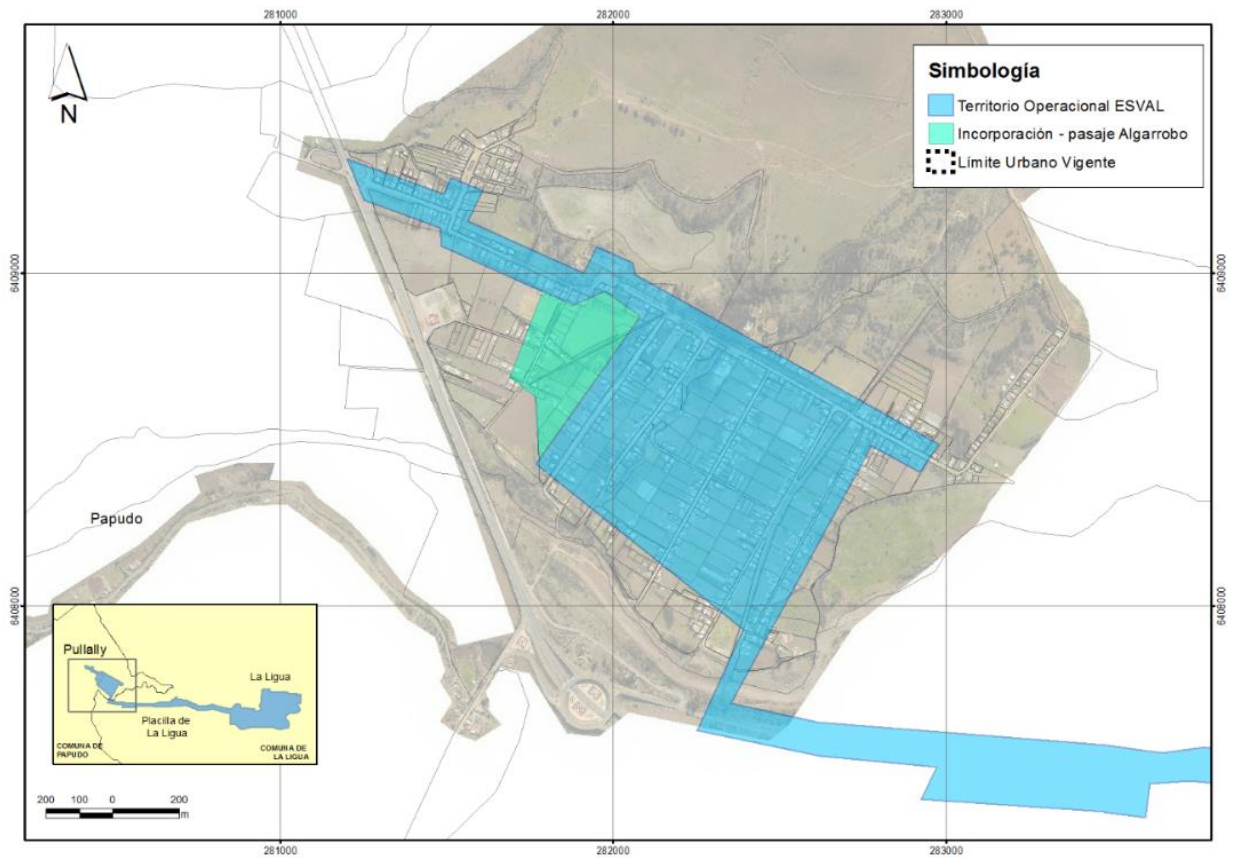
Cuadro.-3.7-4 Cobertura de los Servicios de Alcantarillado de Placilla de La Ligua Año 2017

Empresa	Localidad	Clientes residenciales de alcantarillado	Inmuebles residenciales no conectados a la red de alcantarillado	Total de inmuebles residenciales	Población urbana saneada ALC	Cobertura de alcantarillado
			Total			
ESVAL S.A.	Placilla de La Ligua	547	663	1.210	1.137	45.2%

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios SISS. Informe anual de Coberturas de Servicios Sanitarios. 2017

A continuación se presenta el plano del área operacional del servicio de abastecimiento de agua potable y alcantarillado de aguas servidas del sistema Pullally-Quinquimo-La Ligua. de acuerdo al Sistema de Información Territorial SISS. Se incluye en el plano el pasaje Algarrobo que no está contemplado en el plano anterior pero que es servido por ESVAL

Cuadro 3.7-5 Territorio operacional interconectado Sistema Pullally-Quinquimo-La Ligua



Fuente: Elaboración propia según antecedentes planimétricos ESVAL

6 CONCLUSIONES

En síntesis, las proyecciones de población de la comuna de Papudo, sumando las localidades de papudo y Pullally, estarían cubiertas de acuerdo al Plan de Desarrollo de los Sistemas de Papudo y el Sistema interconectado de Pullally, Quinquimo y La Ligua. No obstante, cabe destacar que estas proyecciones entregadas por la empresa sanitaria se realizan en función de un horizonte a 2030.

7 BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Actualización Plan de Desarrollo 2015. Servicio de Agua Potable y Servicio de Alcantarillado. Sistema Papudo ESVAL S.A.,
- Actualización Plan de Desarrollo 2015. Sistema Placilla de La Ligua. Servicio de Agua Potable y Servicio de Alcantarillado.. ESVAL S.A.,
- Informe de Gestión del Sector Sanitario 2016. Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS),
- Coberturas. Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS),

ETAPA 2: DIAGNÓSTICO
ANEXO: ESTUDIO DE CAPACIDAD VIAL
VERSIÓN 01
ESTUDIO
PLAN REGULADOR COMUNAL DE PAPUDO

Octubre de 2018



HABITERRA Ltda. CONSULTORES Príncipe de Gales 5921 Of. 1009, La Reina | Santiago | CHILE. | Tel. +56 2 2632768 | 2 6357344 | 2 6359620 | E-mail pguzman@habiterrra.cl | repcion@habiterrra.cl | Web www.habiterrra.cl | www.habiterrraconsulting.com

Habiterrra Ltda. Consultores | Ismael Becerra, Ingeniero Civil

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	METODOLOGÍA DE ESTUDIOS DE CAPACIDAD VIAL	4
3	CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE ACTUAL	5
4	ZONIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL ECV	6
5	MEDICIONES REQUERIDAS DEMANDA Y OFERTA	7
5.1	MEDICIONES DE FLUJO VEHICULAR	7
5.1.1	MEDICIONES CONTINUAS DE FLUJO VEHICULAR	7
5.1.2	PERIODIZACIÓN DEL ECV	8
5.2	MEDICIONES DE VELOCIDAD	13
5.3	ENCUESTAS ORIGEN DESTINO DE VIAJES, USUARIOS DE LA RED VIAL	14
5.3.1	MATRIZ A PRIORI ORIGEN DESTINO DE VIAJES, ÉPOCA NORMAL AÑO 2017 Y VERANO AÑO 2018	16
5.3.2	MATRIZ DEFINITIVA ORIGEN DESTINO DE VIAJES, MATRIZ ESTIMADA AÑO 2017, PERIODO PT	19
5.4	CATASTRO DE TRANSPORTE PÚBLICO Y DE CARGA	24
5.5	CATASTRO DE LA RED VIAL	28
6	CARACTERIZACIÓN USO SUELO COMUNAL	30
7	PREDICCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE	33
7.1	FLUJOS VEHICULARES PUNTA TARDE AÑO 2017 Y PUNTA TARDE VERANO 2018. CALIBRACIÓN RED BUFFER MODELO SATURN	33
7.1.1	CALIBRACIÓN RUTAS FIJAS	33
7.1.2	CALIBRACIÓN FLUJO ASIGNABLE	36
7.1.3	MATRIZ ESTIMADA PUNTA TARDE NORMAL AÑO 2017 Y PUNTA TARDE VERANO AÑO 2018	37
7.1.4	RESULTADOS DE ASIGNACIÓN DE FLUJOS VEHICULARES, MODELO SATURN CALIBRADO PUNTA TARDE NORMAL AÑO 2017	37
7.1.5	RESULTADOS DE ASIGNACIÓN DE FLUJOS VEHICULARES, MODELO SATURN CALIBRADO PUNTA TARDE VERANO AÑO 2018	40
7.2	DIAGNÓSTICO. RESULTADOS ASIGNACIÓN RED VIAL PERIODO PUNTA TARDE NORMAL AÑO 2017 Y PUNTA TARDE VERANO AÑO 2018	43
7.2.1	RED VIAL ACTUAL PUNTA TARDE NORMAL AÑO 2017 Y PUNTA TARDE VERANO AÑO 2018	43
7.2.2	RESULTADOS ASIGNACIÓN MATRIZ DE VIAJES ESTIMADA PUNTA TARDE NORMAL 2017 EN RED VIAL ACTUAL AÑO 2017	46
7.2.3	VELOCIDADES DE OPERACIÓN PUNTA TARDE NORMAL 2017 EN RED VIAL ACTUAL AÑO 2017, Y PUNTA TARDE VERANO 2018	49
8	ANEXOS USOS DE SUELO	54

1 INTRODUCCIÓN

La metodología que se presenta para el desarrollo del Estudio de Capacidad Vial, en adelante ECV, contempla un enfoque que centra el análisis en el área urbana definida por las Bases de Licitación para el estudio "Plan Regulador de Papudo", analizando el impacto en el sistema de transporte urbano, respecto de las modificaciones de este nuevo Plan Regulador Comunal (PRC), de tal forma de cuantificar la capacidad de transporte de la red vial estructurante que se proponga para este nuevo plan, y verificar que ésta sea capaz de satisfacer adecuadamente las demandas de viaje futuras. Este estudio es requisito para la aprobación de este nuevo Plan Regulador de Papudo por parte del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) Región de Valparaíso.

El análisis de capacidad vial se realiza en concordancia con las indicaciones estipuladas en el documento Capacidad Vial de los Planes Reguladores - Metodología de Cálculo, de 1997, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo para el área urbana consolidada y de crecimiento de la comuna de Papudo.

El objetivo del desarrollo de este ECV es analizar la capacidad de la red vial estructurante, específicamente verificar el nivel de servicio de transporte en la red vial de incidencia en la modificación del PRC de Papudo, lo cual surge como resultado de la demanda de viaje que generan las condiciones urbanísticas de los usos de suelo contempladas por el PRC sobre el sistema de transporte y analizando el impacto sobre la vialidad en análisis.

En este sentido, se considera estimar los niveles de demanda de transporte para un escenario futuro considerado a 15 años (año 2033), según proyecciones de crecimiento, y por otra parte estimar la oferta de transporte según los proyectos de infraestructura vial para los próximos años.

Para lograr lo anterior, se realizaron mediciones en terreno, específicamente información de flujos vehiculares, velocidades de circulación, e información de encuestas de viajes a usuarios de la red vial. De esta forma, se obtiene los viajes Origen Destino en la ciudad, en el periodo de mayor demanda (punta tarde), tanto en época normal como época estival, debido al fuerte aumento de los flujos vehiculares en verano. Finalmente, se obtiene la información de los escenarios de desarrollo urbano desarrollados para la comuna de Papudo y el modelo de transporte que se utiliza (el modelo de asignación de viajes denominado SATURN), se calibra específicamente para este estudio ECV, esto significa que se ajustan los parámetros de dicho modelo SATURN para que sea capaz de replicar los viajes Origen Destino y los flujos vehiculares medidos en terreno.

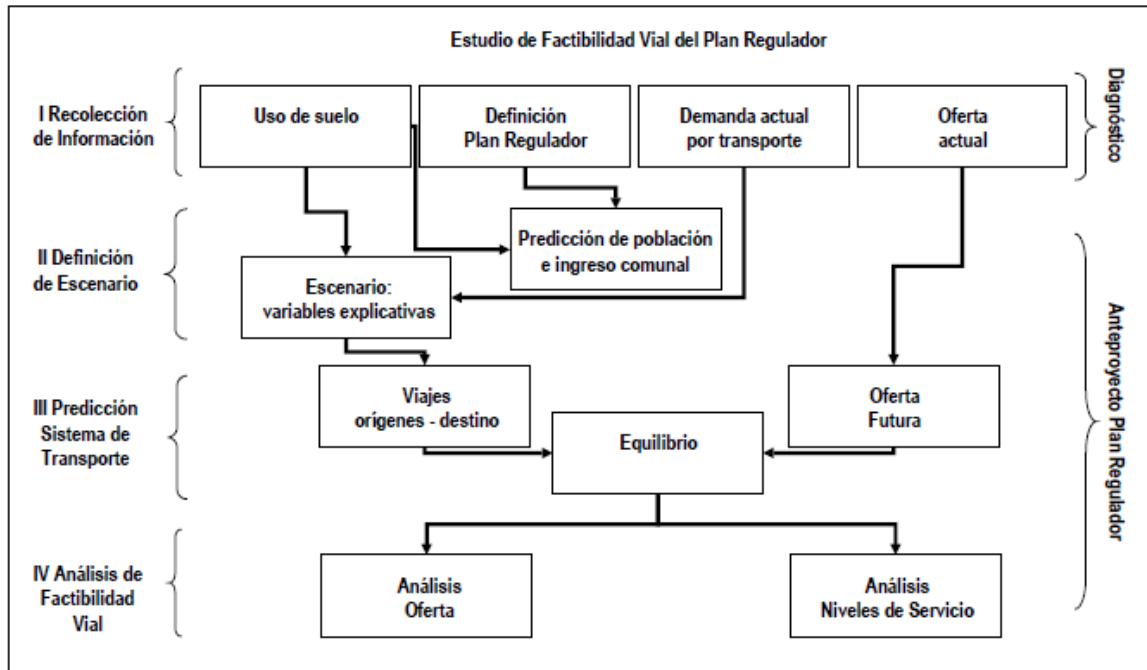
En esta Etapa de diagnóstico, se aborda en el presente Estudio de Capacidad Vial, (en adelante, ECV), la capacidad del modelo de transportes de replicar las condiciones de tráfico actuales (año 2017 época normal y año 2018 verano) de Papudo, para el periodo punta tarde (el de mayor demanda diaria). Este proceso se denomina calibración del modelo de transportes. Para esta etapa de diagnóstico, se realizaron mediciones de flujos vehiculares durante el año 2017 en época normal y durante el verano del año 2018, que permitirán determinar el nivel de flujos vehiculares de la red vial a analizar. Los análisis abordados determinan la relación entre demanda (usos de suelo actuales) y oferta (vialidad existente), analizando parámetros establecidos en la metodología de ECV (MINVU 1997), relativos a niveles de congestión en la red vial, tiempos de viajes y velocidades de circulación.

2 METODOLOGÍA DE ESTUDIOS DE CAPACIDAD VIAL

Para elaborar el presente Estudio de Capacidad Vial se utilizó la metodología contenida en el texto Capacidad Vial de los Planes Reguladores - Metodología de Cálculo, de 1997, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Dicha metodología está centrada básicamente en la determinación de la factibilidad vial de la Modificación del Plan Regulador Comunal propuesto, y se estructura en cuatro etapas, de acuerdo a lo esquematizado en la figura siguiente:

Figura 1. Esquema de Etapas para el Desarrollo de un Estudio de Capacidad Vial



Fuente: "Metodología contenida en el texto Capacidad Vial de los Planes Reguladores - Metodología de Cálculo"

A continuación, se describen a modo de resumen, las principales características de cada Etapa:

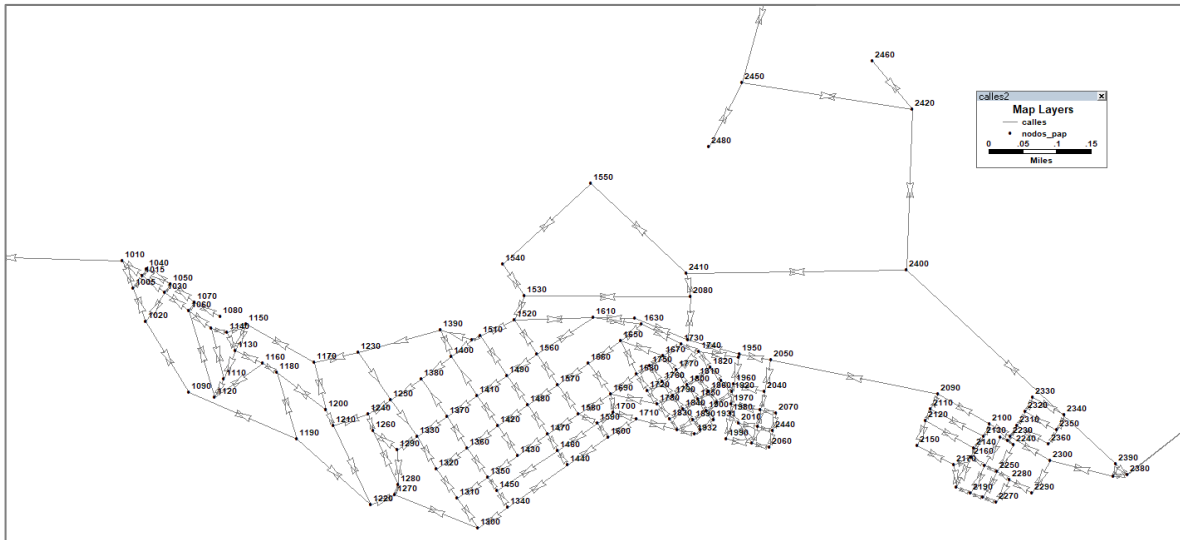
- I) Recolección de Información: Esta etapa incluye recolectar información sobre el uso de suelo actual, la definición del Plan Regulador Comunal sobre localización de actividades y densidades demográficas proyectadas, incluye además, un diagnóstico del sistema de transporte en cuanto a demanda y oferta.
- II) Definición del Escenario de Desarrollo Urbano: Esta etapa incluye la estimación y localización de las actividades atractoras y generadoras de viajes y variables explicativas de los mismos.
- III) Predicción del Sistema de Transporte: Esta etapa incluye el cálculo de la demanda de viajes futura (año 15 futuro, esto es 2033); una estimación de la oferta de transporte para el año de predicción incluyendo transporte público, y vialidad para uso del transporte privado.
- IV) Análisis de Factibilidad Vial: con los datos resultantes de la asignación de viajes utilizando la modelación SATURN, se determina el estado de equilibrio, en esta etapa se realiza un análisis de la oferta y demanda, básicamente a través de los niveles y localización de congestión en las redes.

El alcance de este segundo informe contempla la etapa I y la II, indicadas anteriormente. Para el resto de las Etapas identificadas, se presenta la Metodología que se utilizará en Informes siguientes.

3 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE ACTUAL

Para desarrollar el ECV se realizó un completo levantamiento catastral de la red vial indicada en la ilustración siguiente, lo cual se respaldó con fotografías contenidas en Anexo digital (directorio Fotografías). Como se aprecia de la ilustración, cada intersección de la red vial relevante se representa con un nodo con numeración única. Es así como se tiene fotografías para cada nodo identificado en la siguiente ilustración:

Figura 2. Red Vial relevante Papudo



Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth 2018 y Transcad

La red vial de Papudo, presenta en su mayoría calles de calzadas simples, con sentido de tránsito unidireccional y bidireccional, no existen dobles calzadas bidireccionales, a excepción de algunas vías en el sector norte, pero que no tienen continuidad. Las vías principales son la E-30F que atraviesa la comuna, la

Av. Irrarrázaval (costanera), Av. Circunvalación, El Peumo, Domingo Fernández Concha y las vías que conectan hacia los condominios de la zona norte como Av. Punta Puyai.

En general, el flujo vehicular presenta niveles medios a bajos de flujos vehiculares (menos de 400 veq/hr en periodo punta tarde normal), destacando las vías E-30F, El Peumo e Irrarrázaval con valores un poco mayores a 300 veq/hr. El tipo de pavimento es mayoritariamente hormigón en regular estado, existiendo sectores de vías que no se encuentran pavimentadas.

Como modos de transporte público existen líneas de taxiscolectivos (en adelante txc), con algunas variantes principalmente en verano (se considera en la modelación en total 7 líneas-variantes, en época normal y verano, sentido ida y vuelta) y 7 líneas de buses con servicios interurbanos y algunas variantes (se considera en la modelación en total 7 líneas-variantes, en época normal y 6 líneas variantes en verano, sentido ida y vuelta).

De la operación de la red vial, cabe destacar la diferencia que existe entre el periodo punta tarde, medido en época normal al periodo punta tarde medido en verano. En efecto, de los resultados de las mediciones de flujos vehiculares y de la modelación de transportes realizada, se puede comprobar que el flujo vehicular aumenta un 388% en verano respecto de época normal (6155 Viajes-hr en verano vs 1586 Viajes-hr en época normal), afectando principalmente las vías por donde circula transporte público (Ruta E-30F, Irrarrázaval, El Peumo).

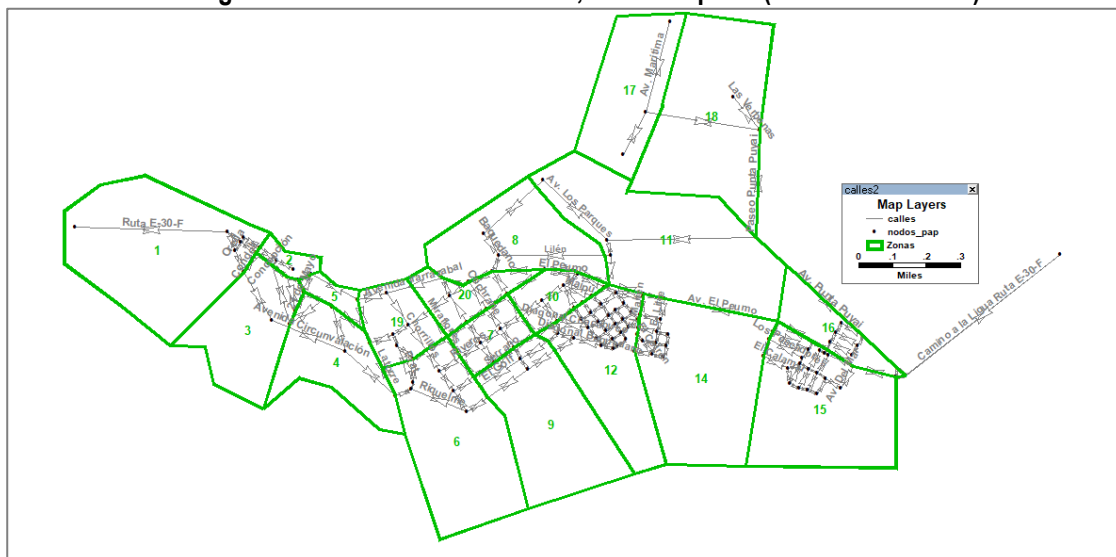
4 ZONIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL ECV

Para desarrollar el ECV es necesario realizar una zonificación, que corresponde a definir sectores que representan características homogéneas tanto de usos de suelos como de aspectos de transporte (hitos o sectores de alta demanda de viajes). Es así como para el presente ECV, se definió un total de 24 zonas, 19 de las cuales corresponden a la zona urbana de Papudo, y los 5 restantes corresponden a zonas externas.

Cabe mencionar que la zonificación definida se utiliza, además, para la codificación de los viajes de la encuesta Origen Destino realizada a usuarios de la red vial.

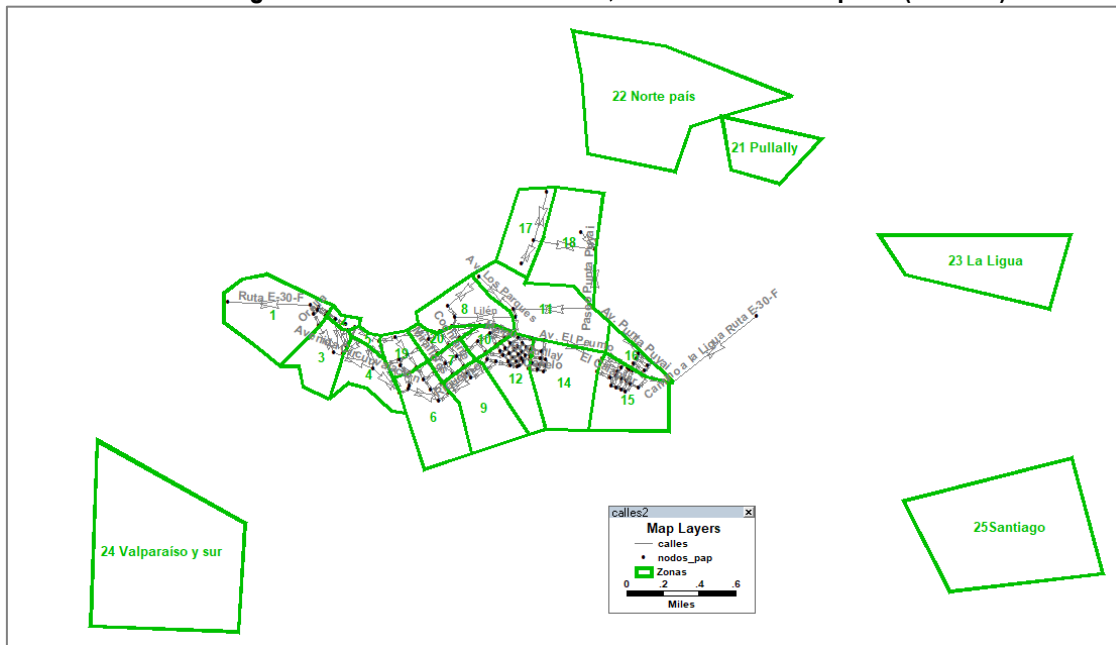
El detalle de la zonificación es el siguiente:

Figura 3. Zonificación del ECV, Zonas Papudo (19 zonas internas)



Fuente: Elaboración propia en base a Transcad

Figura 4. Zonificación del ECV, Zonas Externas Papudo (5 zonas)



Fuente: Elaboración propia en base a Transcad

Cuadro 1. Zonas Externas

Zona Estudio	Descripción
21	Pullally
22	Norte de Chile
23	La Ligua
24	Valparaíso y Sur de Chile
25	Región Metropolitana

Fuente: Elaboración propia

5 MEDICIONES REQUERIDAS DEMANDA Y OFERTA

5.1 MEDICIONES DE FLUJO VEHICULAR

Para la información de demanda de viajes se consideró la realización de mediciones de flujos vehiculares con el fin de determinar la demanda y actual operación al interior del área de influencia del presente estudio y como apoyo para calibrar el modelo de transporte. Lo anterior, considerando principalmente intersecciones relevantes dentro de la red estructurante de la ciudad de Papudo. Para lo anterior, se desarrollaron mediciones de flujos vehiculares continuas en 3 Puntos de Control (PC), lo cual permitió generar la periodización, determinando el horario de mayor flujo vehicular, que definió el periodo a utilizar en el ECV y la realización del resto de mediciones periódicas en 12 PC.

5.1.1 Mediciones Continuas de Flujo Vehicular

Las mediciones continuas de flujos vehiculares se realizaron en 3 PC, desagregadas cada 15 minutos, considerando por separado todos los movimientos identificados para cada PC, contemplando la siguiente tipología de vehículos con sus respectivos vehículos equivalentes.

Cuadro 2. Tipología de Vehículos y Factores de Equivalencia

Tipo Vehículo	Factor de Equivalencia (Veq/Veh)
Vehículos Livianos	1.00
Taxis Colectivos	1.25
Taxibus Urbano	1.65
Buses	2.00
Camiones 2 ejes	2.00
Camiones + 2 ejes	2.50

Fuente: Manual de Diseño y Evaluación Social de Proyectos de Vialidad Urbana

Se propuso que las mediciones continuas consideraran medir 4 hrs en la mañana y 4 hrs en la tarde, con el fin de generar una periodización que establezca cual sería el periodo más cargado, Punta Mañana o Punta tarde, para posteriormente realizar las mediciones periódicas en un periodo de 1,5 hrs.

A continuación se indica el detalle de los PC donde se realizaron las mediciones continuas de flujo vehicular.

Cuadro 3. Identificación de Puntos de Control e Intersecciones

Punto De Control	Intersección	Tipo de Medición	Horario Medición
PC 1	Av. Punta Puyai / Ruta E-30-F	Continua	7:00 a 11:00 hrs / 16:00 a 20:00 hrs
PC 9	Chorrillos / Avenida Circunvalación	Continua	7:00 a 11:00 hrs / 16:00 a 20:00 hrs
PC 10	Ruta E-30-F / Latorre	Continua	7:00 a 11:00 hrs / 16:00 a 20:00 hrs

Fuente: Elaboración propia

5.1.2 Periodización del ECV

De acuerdo con la metodología de Estudios de Capacidad Vial, se considera la modelación del periodo punta más cargado, que corresponde a la hora de mayor flujo durante el día, y que permite detectar las situaciones de mayor conflicto sobre la red de transporte.

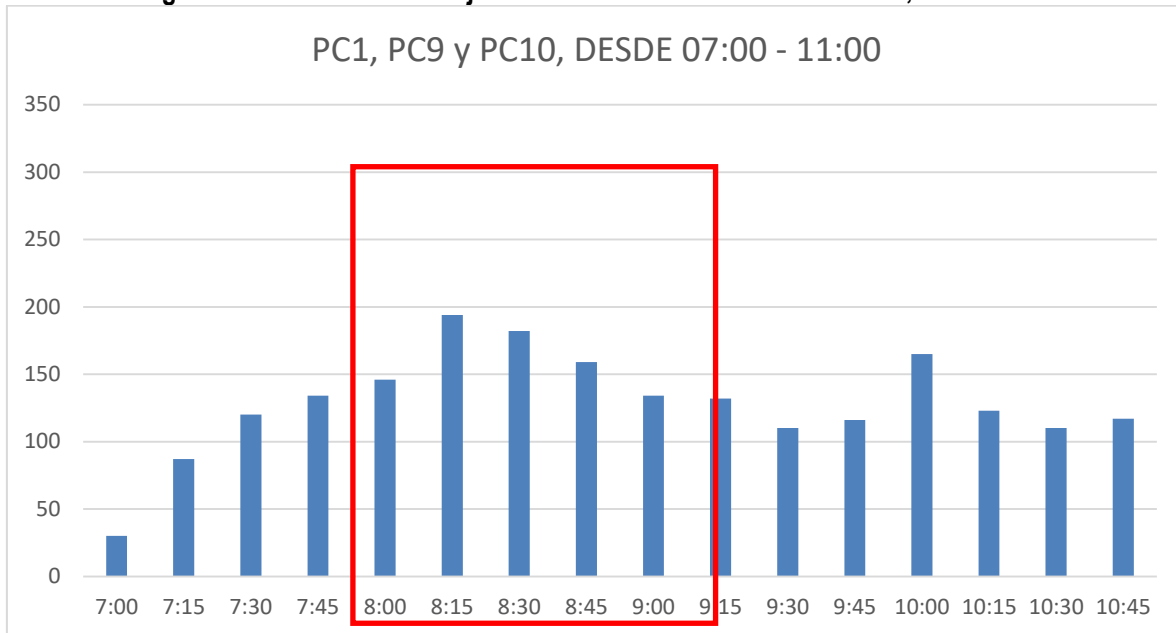
En este sentido, para el presente estudio, tal como se indicó anteriormente, se consideró medir durante 4 hrs continuas en la mañana y 4 hrs continuas en la tarde, en las siguientes intersecciones y horarios.

- Horarios: 07:00 a 11:00 hrs y 16:00 a 20:00 hrs
- PC N°1, PC N°9 y PC N°10.

Con la información anterior se realizó la periodización, determinando el horario de mayor flujo vehicular, estableciendo el periodo a utilizar en el ECV, para posteriormente realizar las mediciones periódicas en los otros PC.

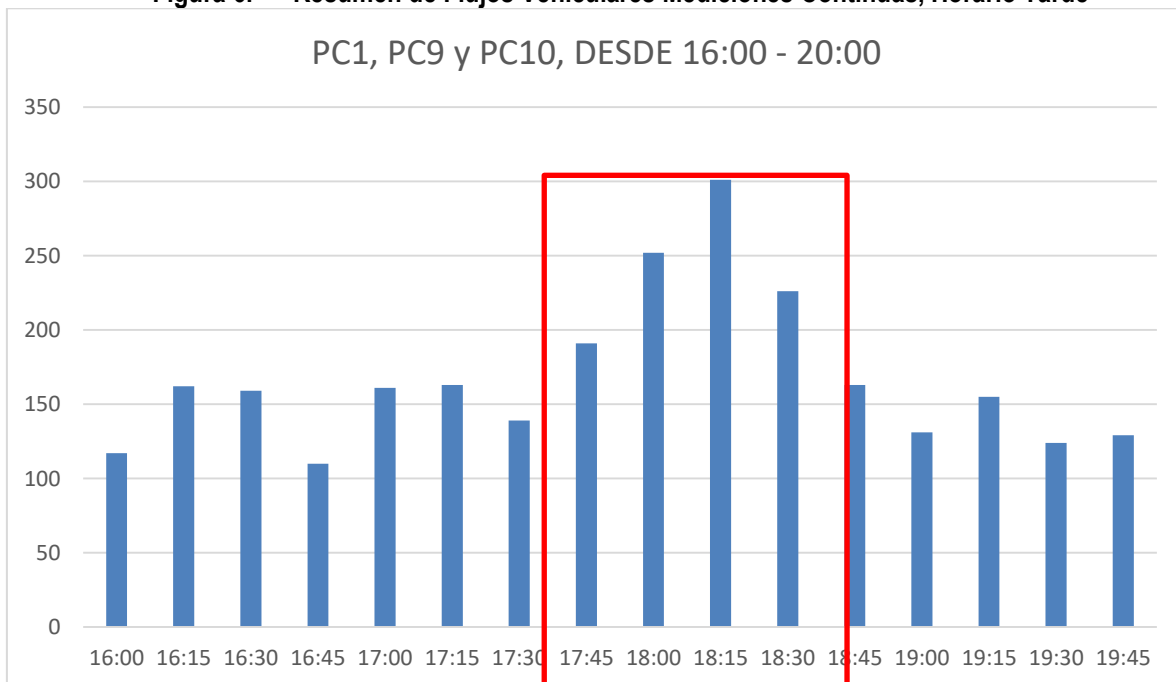
En base a los resultados de las mediciones realizadas en los PC 1, 9 y 10, se tiene el siguiente resumen de flujos vehiculares totales (ver archivo BBDD_Continuas_Papudo.xls):

Figura 5. Resumen de Flujos Vehiculares Mediciones Continuas, Horario Mañana



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Resumen de Flujos Vehiculares Mediciones Continuas, Horario Tarde



Fuente: Elaboración propia

En base a las figuras anteriores, se aprecia que el periodo punta tarde (entre las 17:45-18:45 hrs) es más cargado que el periodo punta mañana (08:00-09:00 hrs). Por tal razón se decide realizar el resto de mediciones periódicas en el periodo **punta tarde**. Como se propuso medir 1,5 hr para las mediciones periódicas, el horario de realización de dichas mediciones fue desde las 17:30 a las 19:00 hrs, siendo la hora representativa entre las **17:45 a las 18:45 hrs**.

Cabe destacar que con el fin de obtener una mejor caracterización respecto al comportamiento de la demanda actual dentro del área de estudio, se determinó realizar una segunda instancia de mediciones vehiculares en época de verano, para lo cual se consideró repetir las mediciones vehiculares periodicas, en el mismo horario de la época normal, en 6 PC representativos dentro de la ciudad.

A continuación se indica un listado resumen de los PC donde se realizaron las distintas mediciones de flujo vehicular, tanto en época normal (noviembre) y época verano (febrero).

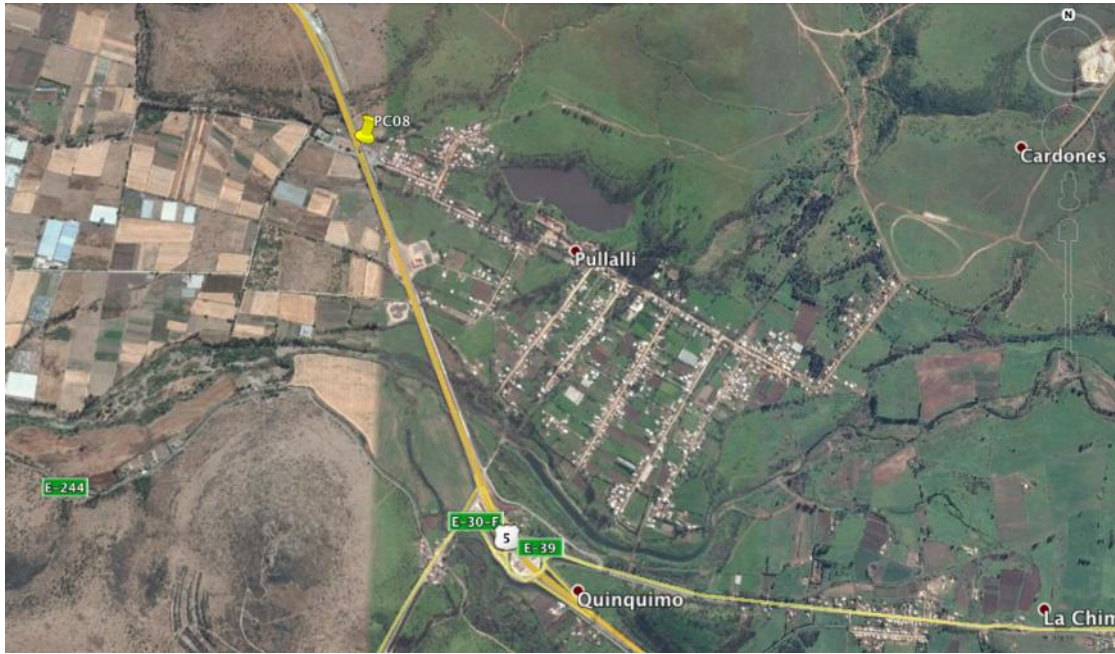
Cuadro 4. Identificación de Puntos de Control e Intersecciones

Punto De Control	Intersección	Tipo de Medición	Epoca Medición
PC 1	Av. Punta Puyai / Ruta E-30-F	Continua	Normal
PC 2	Alonso de Ercilla /Ruta E-30-F	Periódica	Normal - Verano
PC 3	Pasaje El Litre / Avenida El Peumo (Ruta E-30-F)	Periódica	Normal - Verano
PC 4	Altura Serrano / Avenida El Peumo	Periódica	Normal - Verano
PC 5	Domingo Fernández Concha / Avenida El Peumo	Periódica	Normal
PC 6	Blanco / Domingo Fernández Concha	Periódica	Normal
PC 7	Avenida Circunvalación / Ruta E-30-F	Periódica	Normal
PC 8	Ruta 5 Norte (Paso Superior Pullalli. Ingreso a Papudo)	Periódica	Normal
PC 9	Chorrillos / Avenida Circunvalación	Continua	Normal - Verano
PC 10	Ruta E-30-F / Latorre	Continua	Normal - Verano
PC 11	Miraflores / Serrano	Periódica	Normal - Verano
PC 12	Chacabuco / Serrano	Periódica	Normal
PC 13	Avenida el Peumo / Esmeralda	Periódica	Normal
PC14	Rotonda central Av. Marítima	Periódica	Normal
PC15	Esmeralda / Miraflores	Periódica	Normal

En las siguientes figuras se muestra la ubicación geográfica de los puntos de control donde se realizaron las mediciones de flujos vehiculares continuos y periódicos.

Figura 7. Ubicación Puntos de Control Mediciones Vehiculares Continuas y Periódicas comuna de Papudo

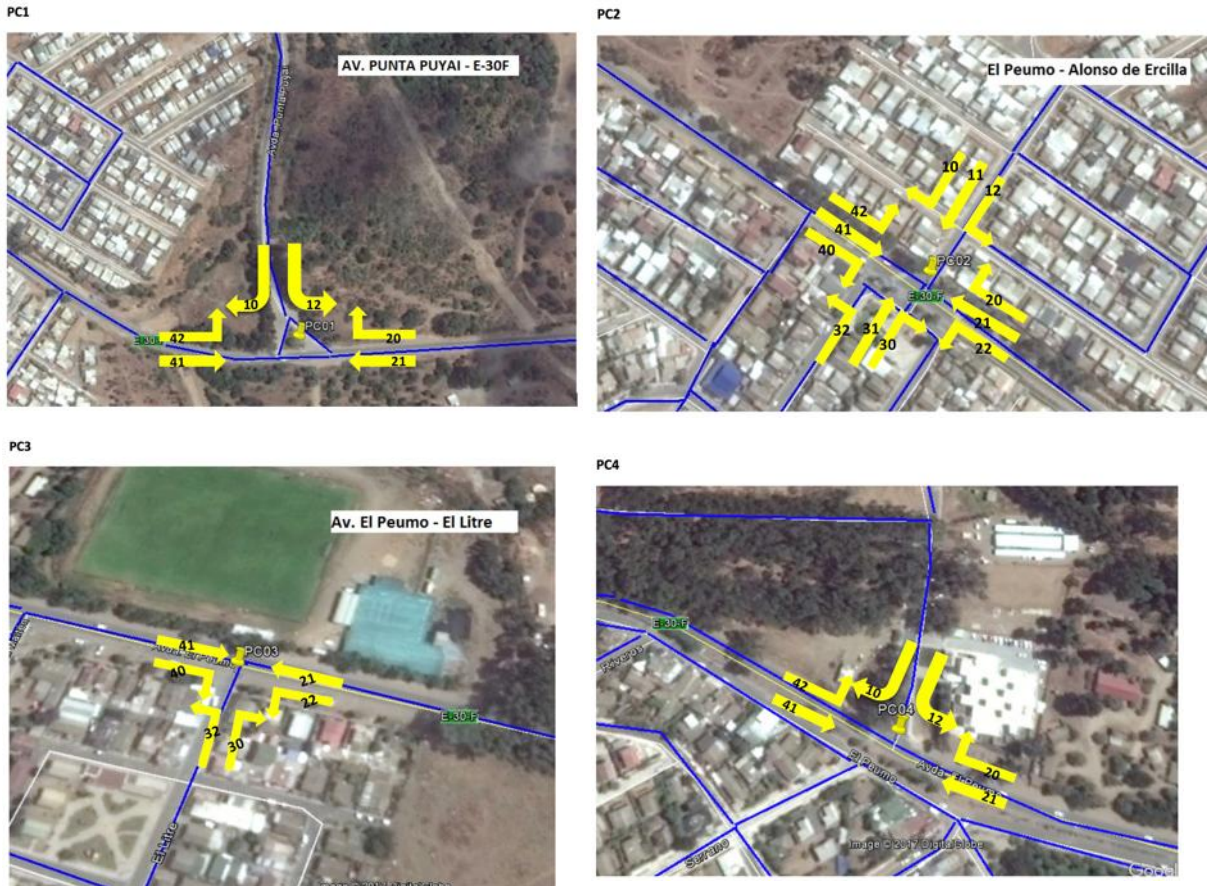




Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2017

Los puntos de control y sus movimientos medidos se muestran en las siguientes figuras:

Figura 8. Puntos de Control y Movimiento Medidos



PC5



PC6



PC7



PC8



PC9



PC10



PC11



PC12



PC13



PC14



PC15



Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2017

Los resultados obtenidos en las mediciones de flujos, clasificadas por tipo de vehículo se detallan en el archivo "BBDD_Papudo.xlsx", incluido como parte del Anexo Digital.

A modo de resumen se puede indicar que los flujos presentan niveles medios a bajos de flujos vehiculares (menos de 400 veq/hr en periodo punta tarde normal), destacando las vías E-30F, El Peumo e Irrarázaval con valores un poco mayores a 300 veq/hr.

5.2 MEDICIONES DE VELOCIDAD

Para la información de velocidades en los principales ejes de la comuna, se consideró la realización de mediciones de tiempos de viaje en el periodo de mayor demanda en 6 ejes relevantes dentro de la comuna.

La ubicación de las mediciones se presenta en la siguiente figura:

El propósito de estas mediciones es obtener información para la calibración de las redes que se utilizarán en las modelaciones. Tales mediciones se realizaron en 10,7 km de eje (equivalentes a 10,7 km unidireccionales) al interior del Área de Estudio.

Las mediciones de tiempos de viaje se realizaron en un día laboral normal, y fueron repetidas tres veces en el periodo de análisis.

Finalmente, y a partir de las mediciones de tiempo de viaje, se calcularon las velocidades promedio en los ejes medidos, para el período de análisis.

A continuación se identifican los ejes donde se realizaron las mediciones de tiempos de viaje dentro del área de estudio de la comuna de Papudo.

Cuadro 5. Identificación de Ejes para Mediciones de Tiempos de Viaje

Ruta	Eje	Día	Nº Pasadas	Distancia (Km)
1	Av. Irarrazaval / Av. El Peumo	Laboral	3	1,985
2	Av. El Peumo / E-30-F	Laboral	3	2,930
3	Circunvalación / Diego Fernandez Concha	Laboral	3	2,170
4	Chorrillos	Laboral	3	0,430
5	Punta Puyai	Laboral	3	2,300
6	Serrano	Laboral	3	0,965

Figura 9. Ubicación Mediciones de Tiempo de Viajes



Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2017

5.3 ENCUESTAS ORIGEN DESTINO DE VIAJES, USUARIOS DE LA RED VIAL

Al no existir información de Encuestas Origen Destino, se consideró la realización de Encuestas OD para usuarios de la red vial. En este sentido, se propuso realizar encuestas en 6 puntos (arcos de la red vial), en el periodo más cargado (punta tarde), obtenido como parte de la periodización. Uno de dichos puntos se ha propuesto en el acceso a la localidad de Pullali, de manera de contar con información respecto a la relación con la comuna de Papudo.

Los puntos donde se propone realizar las mediciones de encuesta OD, son los siguientes:

Figura 10. Ubicación de Mediciones de Encuesta Origen-Destino



Fuente: Elaboración Propia

Cabe mencionar que para realizar la expansión de las encuestas, se consideró medir adicionalmente el flujo vehicular total que pasa por cada arco de medición.

Con la información anterior, se determinó la matriz de viajes a priori año 2017 para el periodo más cargado de viajes de Papudo, información que es utilizada para calibrar el modelo de asignación SATURN.

5.3.1 Matriz a Priori Origen Destino de Viajes, época normal año 2017 y verano año 2018

A partir de la información de las EOD realizadas, se obtiene las matrices a priori a priori para el periodo punta tarde época normal año 2017 y punta tarde verano año 2018. El detalle del cálculo de las matrices, se presenta en el archivo matriz_2017.xls, donde en la hoja Viajes se calcula los viajes de la matriz a priori entre pares OD, a partir de la Información de las encuestas realizadas (archivo BBDD_EOD.xls).

Por lo tanto, la matriz a priori contiene los viajes medidos en la EOD realizada a los usuarios de la red vial, tanto en el periodo punta tarde normal como verano.

El resumen de viajes para cada par OD es el siguiente:

Cuadro 6. Matriz Viajes priori - Hr por Zona, Periodo Punta Tarde Normal, año 2017, Papudo (PTN)

O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Total	
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	1.1	2.7	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	3.9	2.7	0.0	0.0	18.4	
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	2.6	0.0	0.0	2.6	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	2.7	3.9	10.4	0.0	0.0	32.7	
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	0.0	2.7	2.7	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0	3.9	0.0	11.6	10.0	0.0	54.0	
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	6.5	2.6	0.0	0.0	2.7	0.0	3.8	0.0	13.0	6.1	10.4	6.1	6.5	60.4	
8	0.0	0.0	2.6	2.6	0.0	0.0	3.7	0.0	7.7	7.7	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	15.4	0.0	0.0	0.0	2.6	4.8	0.0	49.6	
9	0.0	0.0	3.8	3.8	1.9	0.0	2.7	0.0	5.3	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	13.9	0.0	1.7	0.0	23.2	3.9	0.0	66.7	
10	0.0	0.0	1.9	1.9	0.0	0.0	4.6	0.0	1.9	2.7	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	5.3	0.0	17.1	0.0	1.7	0.0	11.6	10.3	0.0	61.7	
12	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	3.9	0.0	15.8	
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	3.9	7.7	0.0	0.0	18.1	
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	3.9	0.0	0.0	13.0	
15	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	11.9	
17	0.0	0.0	2.6	0.0	3.8	1.9	2.6	0.0	1.1	0.0	0.0	2.7	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	0.0	0.0	0.0	7.5	10.1	0.0	42.7	
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	2.6	0.0	0.0	2.7	0.0	20.9	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	4.4	0.0	7.9	3.9	0.0	54.6	
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	1.1	0.0	7.6	
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	7.1	1.6	0.0	1.2	0.0	3.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	13.1	0.0	13.3	0.0	14.7	23.8	1.6	83.5	
22	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	3.0	3.0	0.0	3.0	0.0	1.1	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	5.5	1.2	25.7	
23	0.0	0.0	0.0	4.1	3.9	0.0	10.9	0.0	0.0	6.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	9.0	0.0	16.4	0.0	0.0	17.2	0.0	73.5	
24	0.0	0.0	9.8	15.2	1.2	3.5	59.7	0.0	44.6	23.7	13.6	19.5	14.5	3.4	0.0	15.6	0.0	108.6	6.4	79.1	17.8	65.5	78.9	25.7	606.4	
25	0.0	0.0	0.0	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	23.6	
Tot	0.0	0.0	20.7	42.6	13.4	27.4	103.2	7.0	72.6	53.8	21.1	80.4	28.4	3.4	0.0	34.6	0.0	220.7	6.4	146.6	35.5	190.0	185.0	35.0	1328.0	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 7. Matriz Viajes priori-Hr por Zona, Periodo Punta Tarde Verano, año 2018, Papudo (PTV)

O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Total	
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	4.9	1.7	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	1.8	6.4	1.7	3.4	0.0	27.1	
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	3.7	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	0.0	3.7	0.0	1.7	6.4	14.5	3.7	0.0	49.3	
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.9	
6	0.0	0.0	0.0	0.0	16.9	14.2	0.0	1.7	3.4	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	33.6	0.0	10.5	1.7	38.5	23.0	0.0	152.7	
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	0.0	6.8	3.7	0.0	0.0	6.6	5.3	0.0	7.1	0.0	23.0	0.0	22.9	7.1	48.9	60.2	20.5	221.6	
8	0.0	0.0	3.7	12.4	0.0	0.0	12.4	0.0	18.6	29.8	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	67.1	0.0	0.0	0.0	7.5	34.5	0.0	189.7	
9	0.0	0.0	3.6	3.6	3.6	0.0	3.5	0.0	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	35.7	0.0	11.9	6.4	96.2	25.6	0.0	198.6	
10	0.0	0.0	1.8	1.8	0.0	0.0	5.3	0.0	1.8	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	17.6	0.0	14.6	1.7	25.6	24.9	0.0	100.3	
12	0.0	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	5.3	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	12.8	12.8	0.0	52.7	
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	6.4	6.4	19.2	0.0	0.0	35.5	
14	0.0	0.0	1.8	1.8	1.8	0.0	3.5	0.0	0.0	1.8	0.0	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.4	0.0	0.0	0.0	25.6	19.2	0.0	77.4	
15	0.0	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0	1.7	18.4	
17	0.0	0.0	7.3	6.7	7.2	5.4	14.1	0.0	4.9	7.5	0.0	0.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	34.2	0.0	13.3	0.0	20.5	69.2	0.0	195.1	
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
19	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	5.2	5.4	0.0	1.7	7.2	0.0	11.5	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	8.7	0.0	7.2	11.3	0.0	77.8	
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	12.8	4.9	1.7	29.3	
21	0.0	0.0	5.4	4.9	0.0	6.7	17.4	2.0	0.0	4.1	5.8	0.0	4.9	0.0	0.0	23.1	0.0	48.0	0.0	66.2	0.0	41.5	164.2	2.0	396.0	
22	0.0	0.0	5.8	9.5	3.7	11.6	23.2	0.0	5.8	0.0	16.5	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	9.4	0.0	11.8	59.4	4.1	173.9	
23	0.0	0.0	0.0	22.3	6.4	5.8	42.3	0.0	0.0	11.6	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	17.4	0.0	53.8	0.0	32.9	0.0	8.6	68.5	0.0	275.3	
24	0.0	0.0	54.4	44.8	16.2	34.1	220.5	1.7	110.3	65.2	50.0	14.1	58.3	5.3	0.0	114.6	0.0	540.6	11.1	365.8	47.9	213.1	300.4	95.7	2364.1	
25	0.0	0.0	0.0	20.9	0.0	4.1	5.3	0.0	14.3	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	34.4	0.0	0.0	0.0	4.9	39.6	0.0	127.6	
Tot	0.0	0.0	83.8	149.5	55.8	95.4	378.7	7.1	176.6	148.9	83.4	50.7	94.6	10.7	0.0	177.5	0.0	932.5	11.1	571.6	84.1	620.9	924.9	125.7	4783.2	

Fuente: Elaboración propia

De los cuadros anteriores, se aprecia que los viajes en época verano son 3,6 veces los viajes en época normal.

5.3.2 Matriz definitiva Origen Destino de Viajes, matriz estimada año 2017, periodo PT

A partir de la información de la matriz a priori año 2017 periodo PTN y 2018 periodo PTV, estimada en el punto anterior, se utilizó el Módulo SATME 2 de SATURN para poder estimar la matriz definitiva (matriz estimada) al año 2017 y 2018 (verano), que permitiera, reproducir los flujos vehiculares medidos en la red de Papudo. Este proceso, se explica en el punto de calibración del modelo SATURN, más adelante.

El resumen de viajes en la matriz para cada par OD es el siguiente:

Cuadro 8. Matriz Viajes Hr por Zona, Periodo Punta Tarde Normal, Papudo (PTN)

O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Total
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.0	0.3	0.6	0.2	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	4.8
2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.0	0.3	0.6	0.2	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	4.9
3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.8	1.2	0.6	0.1	0.0	0.3	0.6	0.2	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	11.4	0.0	16.7
4	0.1	0.0	2.6	0.0	0.0	4.3	0.0	3.3	3.8	2.5	1.8	0.1	1.3	7.4	0.9	0.0	0.1	0.2	0.0	0.2	0.2	0.7	17.7	1.1	48.0
5	0.0	0.4	0.4	0.0	0.0	0.2	0.8	0.8	1.5	0.8	0.4	0.0	0.8	1.5	0.5	0.1	0.0	0.8	0.8	0.1	0.3	0.4	0.6	0.1	11.5
6	0.1	0.8	0.9	2.5	1.7	8.7	0.0	0.1	1.9	0.0	0.0	2.7	0.0	4.2	1.5	0.8	0.7	7.7	1.4	0.9	0.9	0.3	3.1	0.3	40.9
7	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	3.7	2.7	4.6	0.0	21.0	2.7	4.2	1.5	1.1	0.7	0.2	1.3	2.0	0.9	3.1	2.0	0.3	52.1
8	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.5	0.1	0.0	6.0	0.2	6.0	0.0	13.1	25.4	9.0	0.6	0.0	0.1	0.0	2.8	1.7	1.7	0.0	1.7	69.3
9	0.0	0.2	0.0	0.0	1.4	7.4	2.7	7.7	5.3	1.9	0.1	21.0	0.0	0.4	0.1	0.0	0.1	0.5	1.3	0.0	0.1	0.0	12.6	0.0	63.0
10	0.0	0.3	0.3	0.9	0.6	4.6	0.0	7.7	6.0	2.7	2.2	21.0	7.0	9.1	8.6	0.9	1.4	1.7	235.5	0.7	0.6	3.7	7.7	0.6	323.8
12	0.1	1.3	1.6	1.6	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	13.7	2.2	4.2	1.5	0.4	0.7	2.9	1.8	0.3	0.3	0.9	20.7	0.3	60.7
13	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.6	0.0	17.7	0.4	18.1	0.0	1.6	28.1	9.9	7.3	4.4	1.1	0.1	5.7	5.7	1.9	0.6	4.9	108.5
14	0.0	0.3	0.0	0.0	0.6	2.8	2.6	0.0	0.0	0.0	2.8	1.4	0.0	14.5	5.1	1.5	2.3	2.3	4.3	1.1	1.0	1.0	4.7	1.0	49.4
15	0.2	3.0	3.7	3.7	6.7	2.3	2.3	0.0	2.3	2.3	2.3	10.1	6.1	0.0	3.1	0.8	1.4	6.7	4.1	0.6	0.6	0.6	11.9	0.6	75.4
16	0.1	2.2	2.7	2.7	4.9	1.7	1.7	0.0	1.7	1.7	1.7	7.4	4.4	6.3	0.0	0.6	1.0	4.9	3.0	0.4	0.4	0.4	2.5	0.4	52.8
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.9	1.7	0.3	0.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.5	0.5	1.5	0.1	0.5	8.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.2	0.1	0.0	1.2	1.2	1.2	0.0	3.2	0.1	0.1	0.6	0.0	0.1	0.0	1.9	1.9	1.9	0.0	1.9	16.7
19	0.0	0.1	0.0	0.0	0.8	1.7	0.0	19.8	2.5	0.1	1.2	0.1	9.8	5.0	4.7	0.7	0.1	3.8	0.0	4.4	0.3	3.0	16.8	2.7	77.7
20	0.0	0.7	0.9	0.9	1.6	3.9	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.0	1.0	1.9	0.7	0.0	0.0	1.6	0.0	0.1	0.1	0.1	5.3	0.1	23.5
21	0.0	0.6	1.2	1.9	1.2	1.6	5.6	0.0	0.7	0.7	0.7	7.2	1.1	0.0	0.0	1.0	1.5	5.5	0.8	13.3	3.3	16.4	51.3	0.0	115.6
22	0.0	0.6	2.7	2.7	1.2	0.4	2.6	0.0	0.4	0.4	0.4	7.2	1.1	0.0	0.0	1.0	1.5	1.2	0.8	0.0	0.0	0.0	11.5	0.0	36.0
23	0.0	0.6	1.9	7.2	1.2	4.9	4.4	0.0	9.9	4.9	0.4	14.5	4.3	0.0	0.2	7.2	1.5	9.8	2.9	14.7	0.0	0.0	42.5	0.0	133.3
24	0.0	4.2	0.6	4.2	4.2	12.3	7.9	6.2	5.0	13.4	2.3	0.1	1.3	2.5	0.9	0.4	0.1	5.1	1.5	4.0	0.9	2.9	78.9	1.0	159.7
25	0.0	0.6	0.7	0.7	1.2	0.4	2.8	0.0	0.4	0.4	0.4	1.9	1.1	0.0	0.0	1.0	1.5	1.2	0.8	1.6	1.2	0.0	16.7	0.0	34.8
Tot	1.0	15.9	20.5	29.2	30.5	60.2	36.2	51.8	72.8	42.1	46.6	129.7	63.8	116.8	49.0	26.0	19.2	58.4	261.1	55.5	21.0	40.8	321.2	17.6	1586.9

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 9. Matriz Viajes Hr por Zona, Periodo Punta Tarde Verano, Papudo (PTV)

O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Total
1	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	24.1	15.1	0.0	0.4	0.4	4.2	0.4	6.2	14.4	14.4	0.0	0.4	35.1	35.1	6.4	6.4	6.4	1.2	6.4	186.3
2	0.2	0.0	0.0	0.0	9.2	24.1	15.1	0.0	0.4	0.4	4.2	0.4	6.2	14.4	14.4	0.0	0.4	35.1	35.1	6.4	6.4	6.4	1.2	6.4	186.6
3	0.2	0.0	0.0	0.0	9.2	0.0	0.7	3.7	1.5	0.7	4.2	0.4	11.1	14.4	14.4	0.3	0.4	35.1	35.1	34.5	37.1	6.4	67.0	6.4	282.9
4	0.1	0.0	3.7	0.0	1.3	0.0	0.7	12.4	3.6	0.1	3.4	0.1	1.5	11.4	2.0	0.0	0.1	26.6	2.7	4.3	8.4	19.6	18.1	18.4	138.2
5	0.1	0.4	0.5	0.4	0.0	44.2	1.6	0.0	0.2	0.0	0.5	0.0	1.2	1.6	1.6	0.0	0.0	3.8	3.8	0.7	2.6	4.5	8.6	0.7	77.1
6	0.0	0.5	0.0	6.6	1.3	14.2	0.0	0.0	15.2	0.0	9.1	2.7	1.1	2.7	2.7	1.4	2.7	91.0	79.4	8.0	13.8	6.9	7.9	4.8	271.9
7	0.0	0.0	0.5	0.4	0.2	0.0	9.4	12.4	53.2	5.3	36.8	2.7	4.0	2.7	2.7	3.6	2.7	0.2	0.5	20.7	27.6	50.5	6.5	6.4	249.0
8	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	1.7	0.0	7.1
9	0.0	0.6	0.0	0.0	5.6	5.5	11.0	18.6	5.1	7.8	0.2	95.0	0.0	2.3	2.3	44.0	95.0	1.2	17.4	1.0	6.0	1.0	11.4	14.9	346.2
10	0.2	0.8	5.6	12.1	1.8	7.6	3.7	29.8	20.5	1.7	0.1	0.3	0.2	0.3	1.1	0.2	0.3	5.9	2.5	0.6	0.1	1.6	57.0	0.1	154.1
12	0.0	2.5	0.8	0.8	6.6	4.7	4.7	0.0	0.8	11.1	5.3	0.0	0.0	2.3	2.3	0.0	0.0	3.0	155.8	6.0	17.1	6.0	10.3	1.0	241.5
13	0.2	1.0	4.5	4.5	2.4	19.3	40.6	0.0	1.8	25.0	21.3	0.0	21.3	7.7	7.7	0.1	0.0	13.1	392.9	3.4	20.0	3.4	17.0	3.4	610.7
14	0.1	0.5	2.0	2.0	4.1	0.4	122.2	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	2.3	0.0	0.0	3.4	0.0	5.1	1.0	1.0	31.7	4.2	186.4
15	0.1	0.5	2.1	2.1	1.1	0.4	101.1	0.0	2.4	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	2.1	21.9	0.5	0.0	1.7	1.7	1.7	3.0	1.7	146.3
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7	0.0	5.7	60.7	0.0	0.0	4.8	4.8	4.8	0.0	4.8	96.8
17	0.0	0.0	0.2	0.9	0.1	1.3	11.5	0.0	0.3	3.4	0.1	0.1	0.1	1.2	1.2	0.0	0.0	0.0	2.5	1.9	0.1	1.4	5.5	0.1	32.1
18	0.2	1.0	4.5	4.5	2.4	19.3	40.6	0.0	1.8	25.0	3.3	0.0	3.3	31.1	31.1	0.1	0.0	1.1	61.3	2.1	2.1	2.1	1.2	2.1	240.2
19	0.2	0.9	1.5	3.4	8.1	43.0	15.0	67.1	0.4	0.2	0.1	0.0	2.7	0.4	1.4	0.0	0.0	7.5	4.6	8.8	1.4	9.8	601.5	6.3	784.2
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	2.5
21	0.0	0.1	1.0	0.9	0.3	1.1	112.7	0.0	7.3	0.2	1.5	0.0	0.3	14.5	14.5	15.3	12.1	1.2	0.0	66.2	9.4	32.9	53.3	0.0	344.7
22	0.0	0.1	3.5	3.5	0.3	0.2	34.8	0.0	3.9	0.0	0.3	0.0	0.3	14.5	14.5	1.1	12.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	96.2
23	0.0	0.1	0.9	7.9	0.3	4.0	240.9	7.5	59.1	0.3	3.4	0.1	6.9	14.5	142.3	23.5	12.1	1.0	0.1	41.5	11.8	8.6	31.1	4.9	622.8
24	0.0	0.1	0.8	0.3	0.7	42.8	70.2	34.5	0.8	0.8	4.2	0.0	9.1	1.1	1.1	0.2	0.0	30.7	13.3	81.2	29.4	33.9	300.4	19.6	675.2
25	0.0	0.1	0.5	0.5	0.3	0.1	101.1	0.0	0.6	0.0	0.3	0.0	0.3	14.5	24.8	1.1	12.1	0.1	0.0	2.0	4.1	0.0	13.9	0.0	176.5
Tot	2.0	9.4	34.4	51.0	64.5	258.1	953.1	189.7	179.6	82.6	103.7	102.3	77.0	179.4	299.1	99.0	233.4	295.8	841.9	309.5	211.4	209.2	1256.6	112.9	6155.6

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la matriz estimada, se muestran en el archivo matriz_2017 del anexo magnético, hoja Matrices_est, cuyo resumen es el siguiente:

Cuadro 10. Viajes / Hr Matriz a priori vs matriz estimada año 2017, Comuna de Papudo, periodo Punta Tarde (PT)

Año	Matriz a priori	Matriz Estimada	% Diferencia
Punta Tarde normal (PTN), 2017	1328.0	1586.9	16.3%
Punta Tarde verano (PTV), 2018	4783.2	6155.6	22.3%

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia del cuadro anterior, que la estimación de la matriz a priori año 2017 y 2018 es menor que la matriz definitiva de viajes en un 16,3 y 22,3% respectivamente. Lo anterior se debe a que las encuestas se desarrollan sólo en algunos sectores representativos, no obstante la información de flujos vehiculares abarca áreas diferentes, por lo cual, es modelo agrega viajes en pares OD para poder reproducir la información de flujos vehiculares medidos.

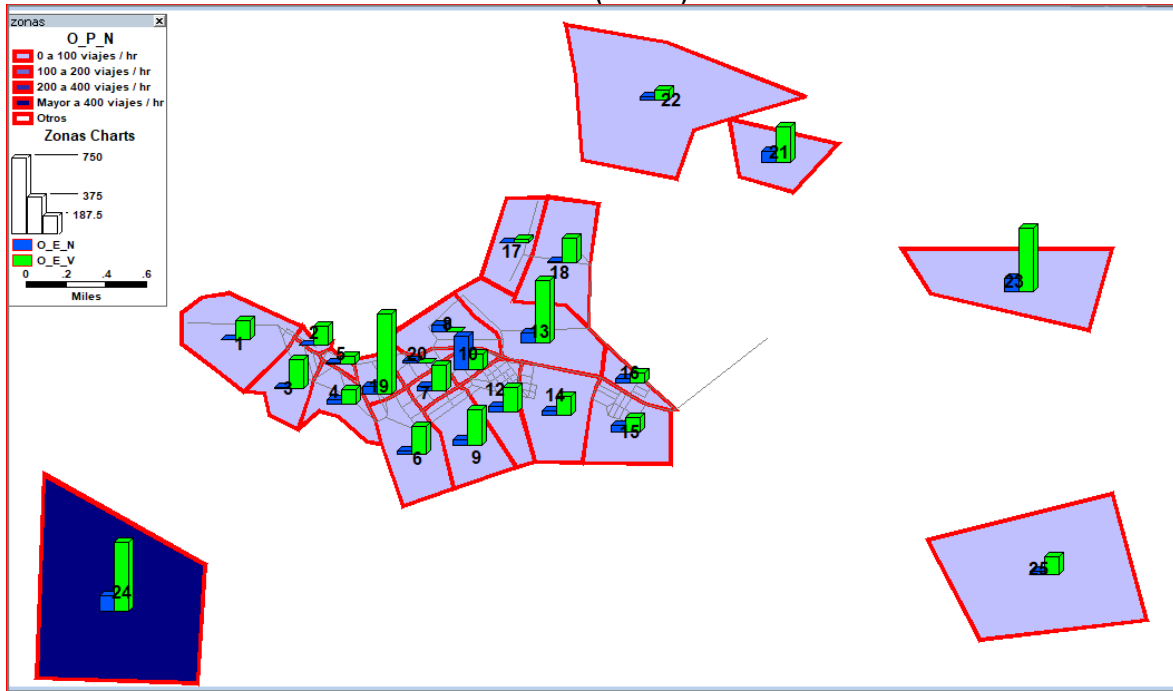
En el siguiente cuadro, se muestra a nivel de zonas, cuál es la variación total de viajes con Origen y Destino, entre la matriz a priori y la matriz estimada:

Cuadro 11. Viajes Origen / Destino por Zona

Zona	Punta Tarde Época Normal				Punta Tarde Época Verano			
	ORI_PRIO	ORI_ES	DEST_PRIO	DEST_ES	ORI_PRIO	ORI_ES	DEST_PRIO	DEST_ES
1	0.0	4.8	0.0	1.0	0.0	186.3	0.0	2.0
2	0.0	4.9	0.0	15.9	0.0	186.6	0.0	9.4
3	18.4	16.7	20.7	20.5	27.1	282.9	83.8	34.4
4	32.7	48.0	42.6	29.2	49.3	138.2	149.5	51.0
5	5.1	11.5	13.4	30.5	14.9	77.1	55.8	64.5
6	54.0	40.9	27.4	60.2	152.7	271.9	95.4	258.1
7	60.4	52.1	103.2	36.2	221.6	249.0	378.7	953.1
8	49.6	69.3	7.0	51.8	189.7	7.1	7.1	189.7
9	66.7	63.0	72.6	72.8	198.6	346.2	176.6	179.6
10	61.7	323.8	53.8	42.1	100.3	154.1	148.9	82.6
12	15.8	60.7	21.1	46.6	52.7	241.5	83.4	103.7
13	18.1	108.5	80.4	129.7	35.5	610.7	50.7	102.3
14	13.0	49.4	28.4	63.8	77.4	186.4	94.6	77.0
15	3.0	75.4	3.4	116.8	5.8	146.3	10.7	179.4
16	11.9	52.8	0.0	49.0	18.4	96.8	0.0	299.1
17	42.7	8.0	34.6	26.0	195.1	32.1	177.5	99.0
18	0.0	16.7	0.0	19.2	0.0	240.2	0.0	233.4
19	54.6	77.7	220.7	58.4	77.8	784.2	932.5	295.8
20	7.6	23.5	6.4	261.1	29.3	2.5	11.1	841.9
21	83.5	115.6	146.6	55.5	396.0	344.7	571.6	309.5
22	25.7	36.0	35.5	21.0	173.9	96.2	84.1	211.4
23	73.5	133.3	190.0	40.8	275.3	622.8	620.9	209.2
24	606.4	159.7	185.0	321.2	2364.1	675.2	924.9	1256.6
25	23.6	34.8	35.0	17.6	127.6	176.5	125.7	112.9
Total	1328.0	1586.9	1328.0	1586.9	4783.2	6155.6	4783.2	6155.6

Nota: ORI, DEST = Viajes Origen, y Viaje Destino, respectivamente
PRIO, ES: matriz a Priori y Matriz Estimada, respectivamente.

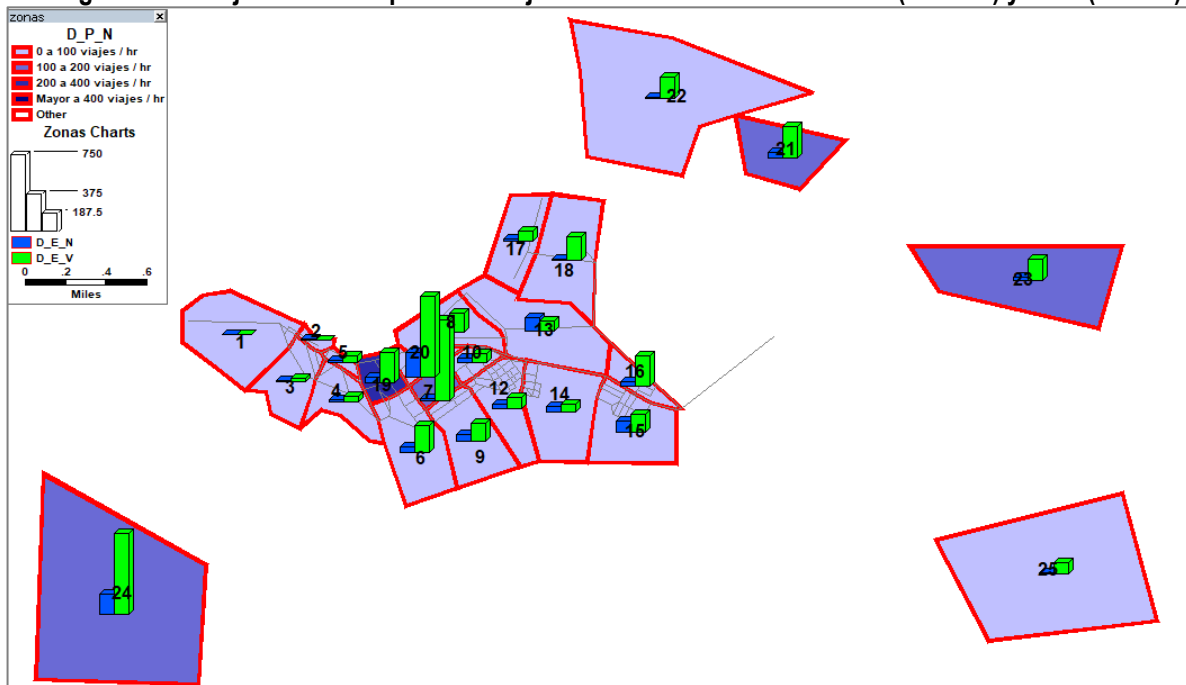
Figura 11. Viajes Originados a priori vs Viajes Originados estimados año 2017 (normal) y 2018 (verano)



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se puede apreciar en colores de cada zona, la cantidad de viajes según la matriz a priori 2017 (obtenida del proceso de mediciones de encuestas EOD). Se incluye, además, en barras, la información comparativa entre los viajes originados por el modelo SATURN para el periodo PT en época normal (azul) y verano (verde). Se aprecia que las zonas que tienen mayor aumento de viajes origen en el periodo PT verano, corresponden a las zonas 19 (borde costero, playa), 13 (Punta Pullay) y las zonas externas 24 (Valpo) y 23 (La Ligua).

Figura 12. Viajes Destino a priori vs Viajes Destino estimados año 2017 (normal) y 2018 (verano)



Fuente: Elaboración propia

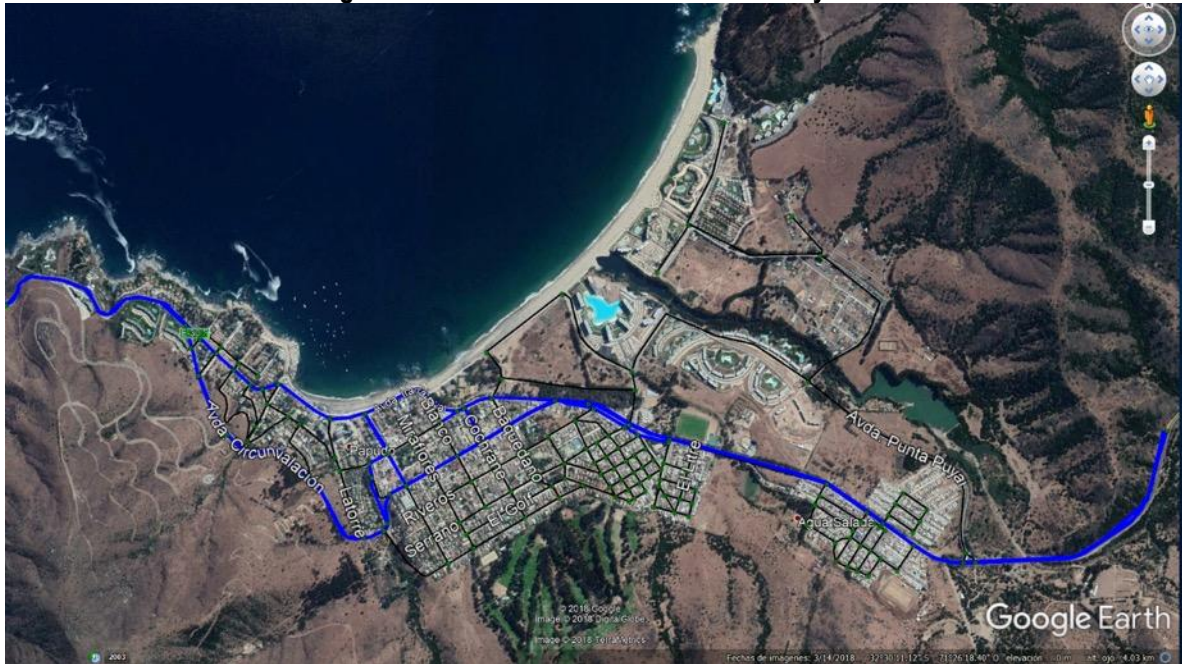
En la figura anterior se puede apreciar en colores de cada zona, la cantidad de viajes según la matriz a priori 2017 (obtenida del proceso de mediciones de encuestas EOD). Se incluye, además, en barras, la información comparativa entre los viajes destino según el modelo SATURN para el periodo PT en época normal (azul) y verano (verde). Se aprecia que las zonas que tienen mayor aumento de viajes destino en el periodo PT verano, corresponden a las zonas 7 (centro), 20 (borde costero, playa) y la zona externa 24 (Valpo).

5.4 CATASTRO DE TRANSPORTE PÚBLICO Y DE CARGA

Como se mencionó anteriormente, Papudo presenta 3 tipos de transporte público, buses rurales, buses interurbanos y líneas de taxis colectivos (urbanos y rurales).

Un esquema con las vías que tienen servicio de transporte de buses interurbanos y rurales en la comuna de Papudo y sus localidades, se puede ver en la siguientes figuras:

Figura 13. Cobertura Buses Interurbanos y Rurales



Nota: En color azul se muestra cobertura buses para periodo PT normal y verano
Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2017.

Figura 14. Cobertura Taxicolectivos Urbanos y Rurales



Nota: En color azul se muestra la cobertura de Taxicolectivos urbanos y rurales en periodo PT normal y en color rojo para PT verano (vías adicionales)

Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2017

Como se aprecia de las ilustraciones anteriores, el trazado de los buses y taxicolectivos presenta una cobertura sólo en vías principales de la red de Papudo. Además, como se aprecia en el caso de los taxicolectivos, la cobertura aumenta a más del doble en periodo punta tarde estival.

En Anexos digitales, se incluye en archivo .kmz los trazados individuales de cada línea-variante considerada en la modelación de la red de Papudo, para los periodos PT normal y PT verano. Cabe mencionar que las diferentes líneas incluidas en la modelación e indicadas en las figuras anteriores, se complementaron a partir de las mediciones de flujos vehiculares realizadas en PT normal y PT verano.

TRANSPORTE DE CARGA

Finalmente, respecto de las rutas de carga en la comuna de Papudo, se tiene las siguientes coberturas, las cuales corresponden a las principales vías por donde circulan, de acuerdo con las mediciones de flujos vehiculares realizados:

Figura 15. Cobertura Camiones 2 ejes



Nota: En color azul se muestra la cobertura de Camiones 2 Ejes en periodo PT normal y en color rojo para PT verano (vías adicionales)

Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2017

Figura 16. Cobertura Camiones más de 2 Ejes



Nota: En color azul se muestra la cobertura de Camiones 2 Ejes en periodo PT normal y en color rojo para PT verano (vías adicionales)

Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2017

Se aprecia de las ilustraciones anteriores, que la cobertura de camiones (2 y más de 2 ejes) es principalmente por las vías principales Ruta E30F e Irarrázaval (PT verano), El Peumo y Domingo Fernández Concha.

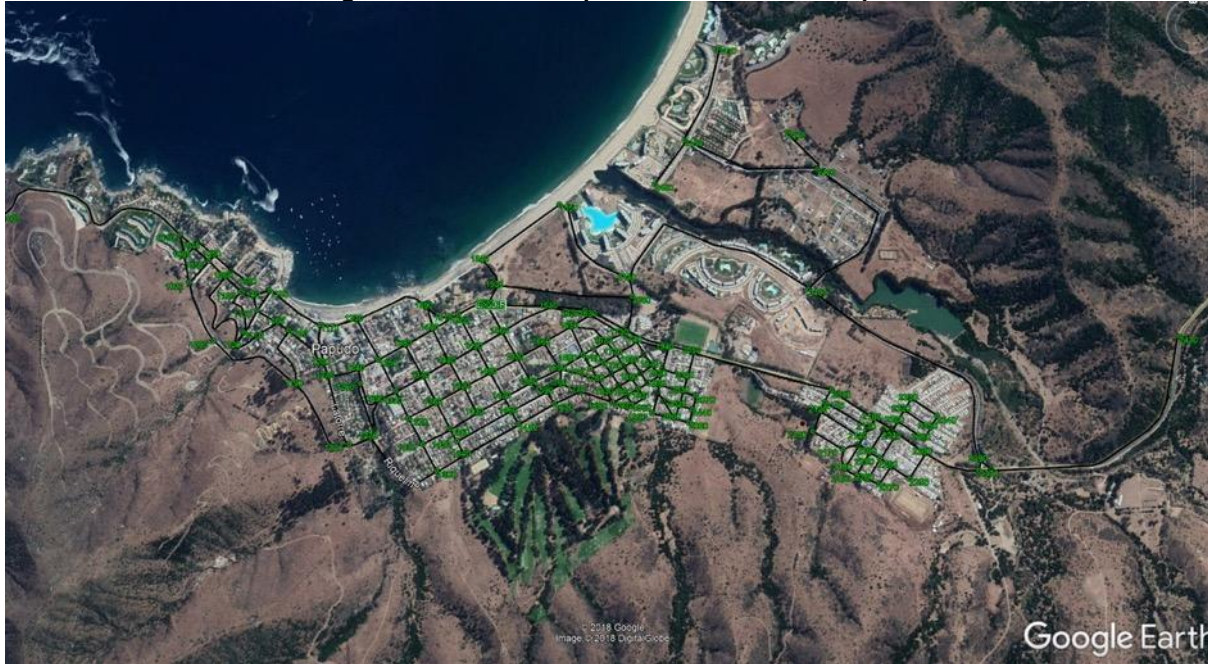
En Anexos digitales, se incluye en archivo .kmz los trazados individuales de cada línea-variante considerada en la modelación de la red de Papudo.

5.5 CATASTRO DE LA RED VIAL

Como se mencionó anteriormente, en general las calles son unidireccionales o bidireccionales, y con perfiles de 7 m de calzada, son escasas las vías con doble calzada. Respecto de las intersecciones semaforizadas, éstas no existen en la red de Papudo.

Se realizó el catastro completo de las características de la red de Papudo (número de pistas, longitud de vías, prioridad, tipo de pavimento, etc.). El catastro se realizó sobre las vías e intersecciones indicadas en la siguiente figura:

Figura 17. Catastro Operativo de la Red de Papudo



Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth

En términos de conectividad e importancia, se podría decir que los ejes más relevantes de Papudo son: Ruta E30F, Domingo Fernández Concha, Av. El Peumo, Irrázaval, Av Circunvalación, que permiten la conectividad oriente- poniente, Chorrillos, Miraflores y Av. Punta Puyai en sentido norte-sur. Estas vías conectan interiormente la localidad de Papudo.

Un resumen del catastro realizado en las calles de la red de mayor jerarquía en Papudo, se puede ver en el siguiente cuadro (todos los detalles se incluyen en archivo Tajr3_Sat.xls incluido en medios digitales).

Adicionalmente, se presenta en medios digitales el catastro fotográfico de todas las intersecciones relevantes de la ciudad (directorio fotografías):

Cuadro 12. Extracto de Catastro Vial Papudo

NODO A	NODO B	VEL MAX	TIPOVIA	VEL MIN	CAPACIDAD	DIST (m)	NOMBRE
1000	1010	40	1	30	1800	899	Ruta E-30-F
1010	1000	31	1	30	1800	899	Ruta E-30-F
1005	1010	23	3	18	1800	88	Avenida Circunvalación
1010	1005	23	3	18	1800	88	Avenida Circunvalación
1015	1010	28	2	25	1800	77	Ruta E-30-F
1010	1015	28	2	25	1800	77	Ruta E-30-F
1005	1015	23	3	18	1800	46	Orella
1015	1005	23	3	18	1800	46	Orella
1015	1040	23	3	18	1800	23	Orella
1040	1015	23	3	18	1800	23	Orella
1050	1040	10	5	5	1800	86	Vicuña Mackena
1040	1050	10	5	5	1800	86	Vicuña Mackena
1030	1050	10	5	5	1800	29	Condell
1050	1030	10	5	5	1800	29	Condell
1050	1070	10	5	5	1800	95	Vicuña Mackenna
1070	1050	10	5	5	1800	95	Vicuña Mackena
1070	1080	10	5	5	1800	89	Vicuña Mackena
1080	1070	10	5	5	1800	89	Vicuña Mackena
1015	1030	28	2	25	1800	86	Ruta E-30-F
1030	1015	28	2	25	1800	86	Ruta E-30-F
1030	1060	28	2	25	1800	94	Ruta E-30-F
1060	1030	28	2	25	1800	94	Ruta E-30-F
1060	1100	28	2	25	1800	90	Ruta E-30-F
1100	1060	28	2	25	1800	90	Ruta E-30-F
1070	1060	23	3	18	1800	34	Concepción
1060	1070	23	3	18	1800	34	Concepción
1060	1120	10	5	5	1800	443	Concepción
1120	1060	10	5	5	1800	443	Concepción
1030	1020	10	5	5	1800	109	Condell
1020	1030	10	5	5	1800	109	Condell
1005	1020	23	3	18	1800	112	Avenida Circunvalación
1020	1005	23	3	18	1800	112	Avenida Circunvalación
1090	1020	23	3	18	1800	262	Avenida Circunvalación

Nota: Tipo de vía Ruta E30F =1, calle principal=2, calle normal =3, pasaje =4, calle tierra = 5

Vel_max = velocidad máxima y Vel_min = velocidad mínima

Capacidad: 1800 = 1 pista, 3600 = 2 pistas

Fuente: Elaboración propia, 2017

6 CARACTERIZACIÓN USO SUELO COMUNAL

Puesto que en el período punta tarde, la mayoría de los viajes que se realiza tiene origen en el hogar, para explicar y luego predecir la cantidad de viajes que se originará en cada zona de la comuna, es necesario conocer la distribución y características de la población existente. Es decir, como Escenario de Desarrollo Urbano, interesa conocer la información de población de la comuna de Papudo. En este sentido, las variables explicativas a analizar corresponden a: número de hogares por categoría de ingresos, m² usos de suelo y número de matrículas.

Cabe mencionar que la construcción de la Situación Actual se efectúa con el único propósito de construir una base para proyectar las variables explicativas del Escenario de Desarrollo Urbano al horizonte de análisis del ECV, es decir 15 años hacia adelante.

Los datos que se presentan a continuación se obtienen de la información de Grupos Socio Económicos (GSE), según la proyección de la Encuesta Casen del año 2014 para la comuna, donde se identifica el estrato social de los hogares, desagregados en las categorías bajo, medio y alto, los cuales se han agregado de manera de tenerlos por zonas de modelación EOD.

Es importante destacar que se decidió actualizar la información de usos de suelo, número de hogares y matrículas al año 2017, por medio del uso de la información de la base de datos del SII, INE y Consejo Nacional de Educación (CNED) al año 2017.

Dicha información, al igual que los datos entregados para m² de usos de suelo y matrículas, serán proyectados en la etapa siguiente al año base actual 2017, para posteriormente construir la situación base futura a 15 años, es decir al año 2032.

A continuación, se indica la información de número de hogares por categoría de ingreso (bajo, medio y alto) m² de usos de suelo (comercio, educación, residencial, servicios, industria y otros) y número de matrículas (básica, media y superior), agregados por zonas de modelación EOD, actualizados al año 2017.

Cuadro 13. Distribución de Hogares por Categoría de Ingresos, comuna de Papudo, año 2017

Zona EOD	N° Hogares			
	Bajo	Medio	Alto	Total
1	0	3	411	414
2	0	2	72	74
3	0	2	36	38
4	0	9	72	81
5	0	3	214	217
6	15	53	119	187
7	3	72	80	155
8	0	23	9	32
9	2	77	55	134
10	0	46	19	65
12	27	152	36	215
13 (11)	0	0	952	952
14	8	155	7	170
15	25	275	33	333
16	0	230	0	230

17	0	0	817	817
18	0	4	511	515
19	0	119	212	331
20	0	24	106	130
21	347	238	8	593
22	0	0	0	0
23	0	0	0	0
24	0	0	0	0
25	0	0	0	0
Total	427	1487	3769	5683

Fuente: Elaboración propia, 2017

A continuación, se indica la información de m2 de usos de suelo, agregados por zonas de modelación EOD, actualizados al año 2017.

Cuadro 14. Distribución de m2 Usos de Suelo, comuna de Papudo, año 2017

Zona EOD	m2 Suelo					
	Comercio	Educación	Habitación	Servicios	Industria	Otro
1	0	0	28331	0	342	2441
2	769	0	8477	95	3	650
3	0	0	4061	105	34	0
4	0	0	8872	0	6	58
5	0	0	9915	1349	164	705
6	428	0	16567	0	267	30
7	1006	0	17135	0	212	56
8	874	0	2271	1100	25	0
9	0	0	10855	132	205	0
10	52	1066	5008	0	216	27
12	437	0	14407	340	480	41
13 (11)	0	0	23018	0	2053	2169
14	227	0	11711	28	45	0
15	183	0	9312	0	0	0
16	0	0	14625	0	0	0
17	0	0	86231	0	2407	20122
18	0	0	3615	0	38	5559
19	3678	345	20198	170	694	0
20	1558	0	17053	489	1002	394
21	341	1200	21741	575	155	48
22	0	0	2885	415	59	0
23	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0
Total	9553	2611	336288	4798	8407	32300

Fuente: Elaboración propia, 2017

A continuación, se indica la información de Número de Matrículas, agregados por zonas de modelación EOD, actualizados al año 2017.

Cuadro 15. Distribución Número Matrículas, comuna de Papudo, año 2017

Zona EOD	Nº Matrícula		
	Básica	Media	Superior
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	173	0
7	0	0	0
8	0	0	0
9	0	0	0
10	192	0	0
12	0	0	0
13 (11)	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0
18	0	0	0
19	142	73	0
20	0	0	0
21	129	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0
24	0	0	0
25	0	0	0
Total	463	246	0

Fuente: Elaboración propia, 2017

7 PREDICCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

La predicción del Sistema de transporte dice relación con poder estimar a futuro (año 2032), la demanda y la oferta del Sistema de transporte de Papudo. Para ello, se debe conocer primero la demanda actual (punta tarde año 2017 y punta tarde verano 2018) y sobre ella aplicar las tasas de crecimiento anteriormente calculadas para estimar la demanda futura. En cuanto a la oferta vial, se necesita conocer cuál será la red vial al año 2032, a partir de la red catastrada y calibrada al año 2017.

7.1 FLUJOS VEHICULARES PUNTA TARDE AÑO 2017 Y PUNTA TARDE VERANO 2018. CALIBRACIÓN RED BUFFER MODELO SATURN

Utilizando el modelo SATURN, se obtiene los flujos vehiculares, para lo cual se requiere de una matriz de viajes, una red de modelación y datos de mediciones de flujos vehiculares, las cuales ya fueron presentadas anteriormente. La información de flujos vehiculares que se requiere debe ser desagregada por tipo de vehículos.

Es así como la modelación SATURN, se realiza en 2 etapas, primero para las Rutas Fijas (buses, taxis, camiones de 2 y camiones de más de 2 ejes) y posteriormente los flujos asignables (vehículos particulares).

En este punto se presentan los resultados de la calibración realizada para los 2 periodos analizados, punta tarde normal y punta tarde verano

7.1.1 Calibración Rutas Fijas

A partir de la información del catastro de transporte público obtenido en los estudios de base, se construyeron los itinerarios correspondientes al transporte público: taxis colectivos y buses, como un conjunto de arcos representados por una secuencia de nodos de acuerdo a la red de modelación considerada en el presente estudio.

Para los camiones de 2 y más de 2 ejes, se realizó un proceso de generación de los itinerarios de transporte de carga de acuerdo a las mediciones de flujo, como un conjunto de arcos representados por una secuencia de nodos, que representan las rutas de los camiones de dos y de más de dos ejes dentro de los ejes de la red vial de Papudo.

La codificación SATURN de las distintas rutas fijas se presenta a continuación (la cobertura de cada modo, ya fue presentado en puntos anteriores):

- 4010 – 4070: Buses
- 5010 – 5070: Taxis
- 6010 – 6080: Camiones de 2 Ejes
- 7010 – 7060: Camiones de más de 2 Ejes

Respecto de la metodología para calibrar Rutas Fijas, cabe señalar, que las frecuencias fueron ajustadas para reproducir los conteos de flujos vehiculares observados en terreno, en los distintos puntos de control mediante un procedimiento automatizado que utiliza un método de optimización tendiente a reducir la diferencia entre los flujos observados y modelados. Para lo anterior se utilizó el módulo SOLVER del programa EXCEL. Para analizar los resultados se utiliza el indicador de ajuste, que corresponde al R^2 .

Para el caso de los camiones (dos ejes y más de dos ejes) se ajustaron las frecuencias de acuerdo a los conteos registrados en las mediciones de flujos vehiculares.

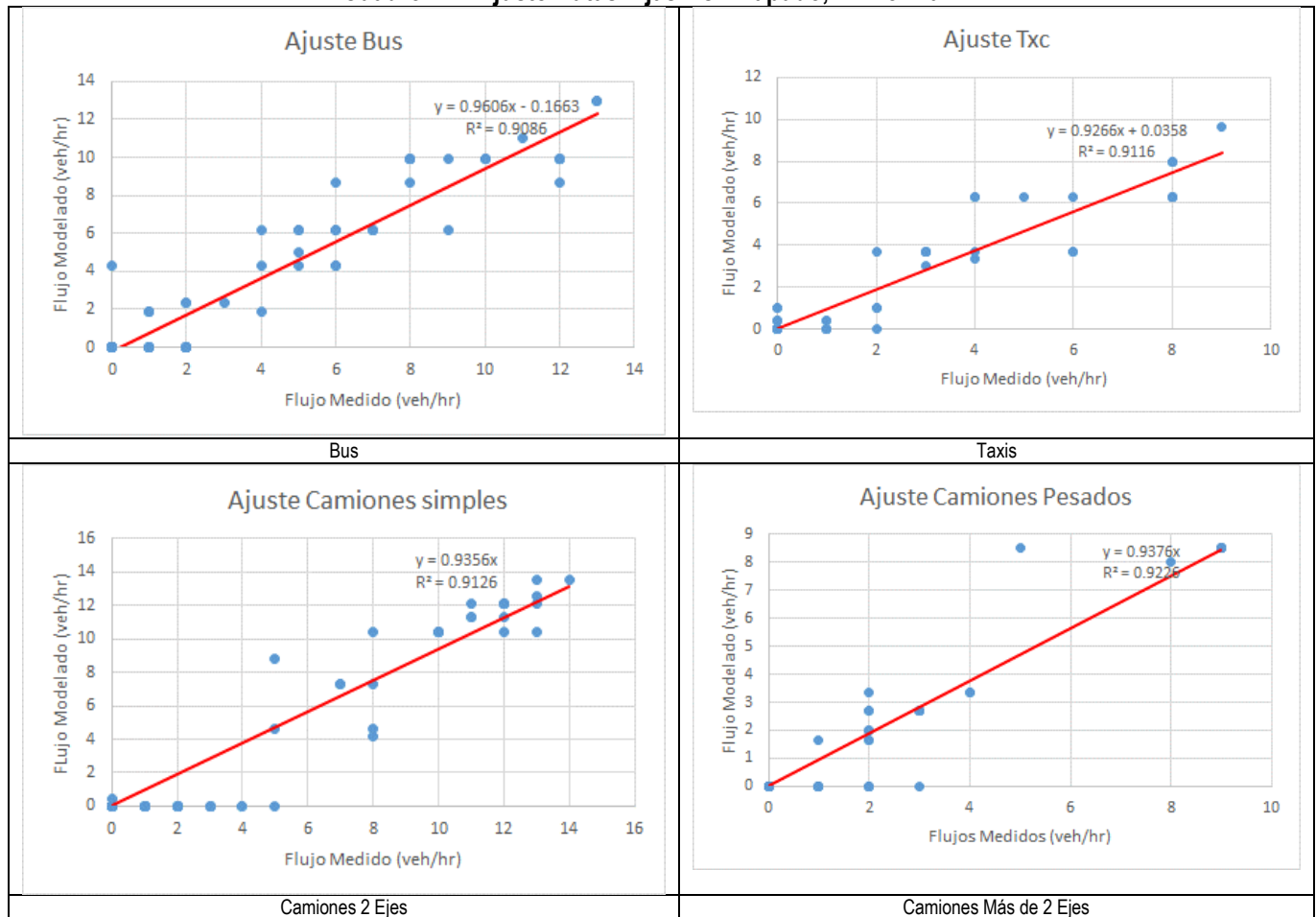
El resumen de la calibración se presenta en el siguiente cuadro y gráficos. El detalle de los cálculos y valores se reporta en archivo magnético denominado Ajuste RF xls (PT Normal) y Ajuste RF_V xls (PT Verano):

Cuadro 16. Resumen Ajuste de Rutas Fijas ECV Papudo

Modo	R2 (PT Normal)	R2 (PT Verano)
Bus	90.9%	98.5%
Txc	91.2%	91.5%
Camiones 2 Ejes	92.2%	95.6%
Camiones más de 2 Ejes	92.4%	97.4%

Fuente: Elaboración propia en base a Calibración de Rutas Fijas

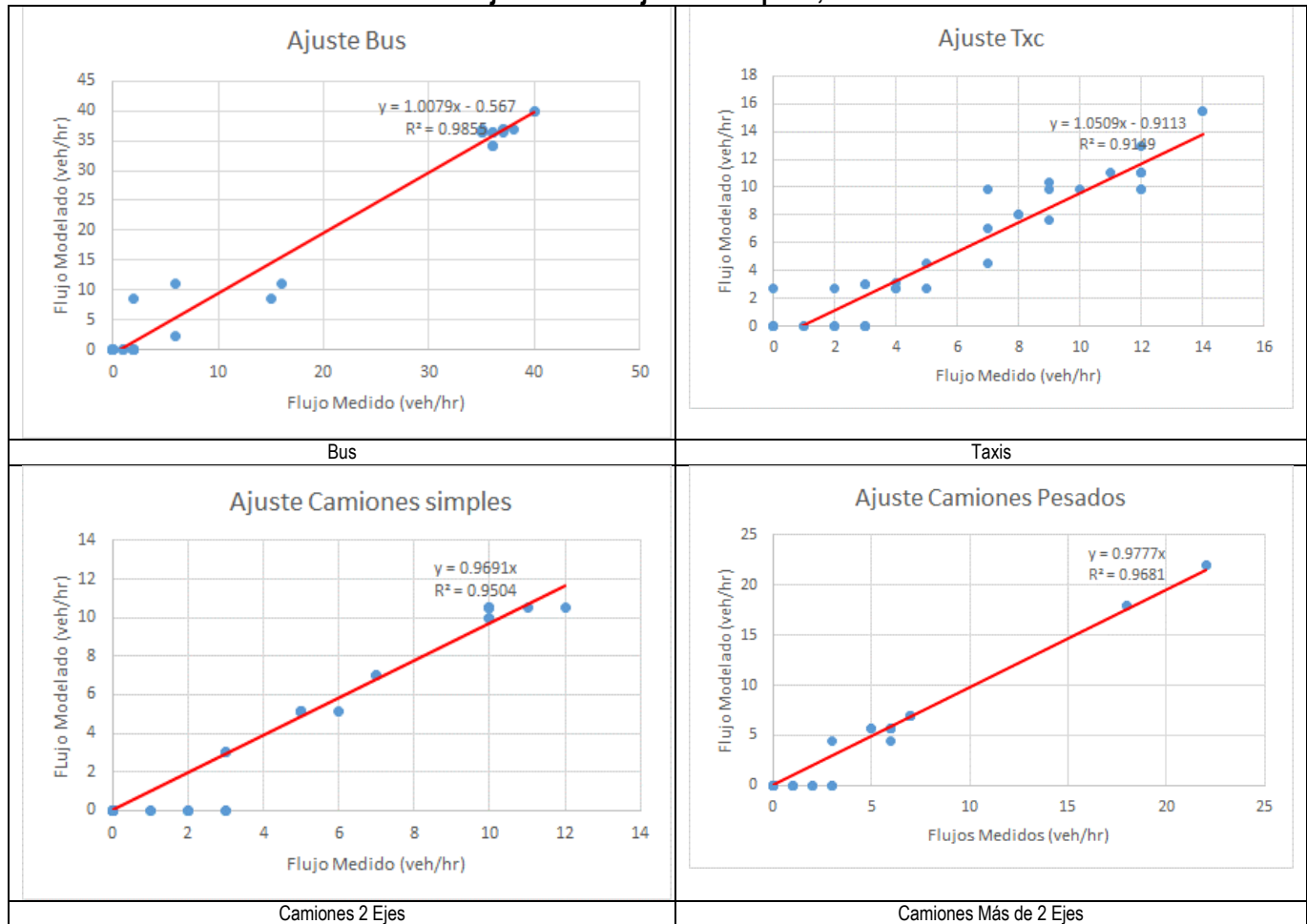
Cuadro 17. Ajuste Rutas Fijas ECV Papudo, PT normal



Se aprecia del cuadro e ilustraciones anteriores, que el modelo SATURN reproduce adecuadamente las Rutas fijas definidas. En efecto, se logra indicadores de ajuste de flujos (R2) mayores a 90% para todos los modos, por lo cual se considera aceptable la calibración de rutas fijas, para el periodo punta tarde época normal.

En el archivo Ajuste_RF xls ubicado en medios magnéticos se incluye en la hoja resumen, los valores de frecuencias calibrados para cada línea-variante por modo, la cual se modela posteriormente en la Tarjeta 6 de SATURN.

Cuadro 18. Ajuste Rutas Fijas ECV Papudo, PT Verano



Se aprecia del cuadro e ilustraciones anteriores, que el modelo SATURN reproduce adecuadamente las Rutas fijas definidas. En efecto, se logra indicadores de ajuste de flujos (R2) mayores a 90% para todos los modos, por lo cual se considera aceptable la calibración de rutas fijas, para el periodo punta tarde verano.

En el archivo Ajuste_RF_v.xls ubicado en medios magnéticos se incluye en la hoja resumen, los valores de frecuencias calibrados para cada línea-variante por modo en el periodo punta tarde verano, la cual se modela posteriormente en la Tarjeta 6 de SATURN.

A continuación, se presenta en el siguiente cuadro las frecuencias de buses y taxis colectivos modelados para el periodo punta tarde normal (PTN) año 2017 y punta tarde verano (PTV) año 2018:

Cuadro 19. Frecuencias calibradas buses y taxis colectivos (Txc), ECV Papudo, Punta Tarde Normal

Bus		Txc		Cam Simples		Camiones Pesados	
N° línea	Frec. cal	N° línea	Frec. cal	N° línea	Frec. cal	N° línea	Frec. cal
4010	4	5010	4	6010	10	7010	8
4020	9	5020	6	6020	12	7020	3
4030	10	5030	0	6030	7	7030	2
4040	2	5040	8	6040	11	7040	2
4050	2	5050	3	6050	0	7050	3
4060	13	5060	1	6060	5	7060	8

Bus		Txc		Cam Simples		Camiones Pesados	
N° línea	Frec. cal	N° línea	Frec. cal	N° línea	Frec. cal	N° línea	Frec. cal
4070	5	5070	3	6070	13		
				6080	4		

Fuente: Elaboración propia en base a archivo Ajuste_RF

Cuadro 20. Frecuencias calibradas buses y taxicolectivos (Txc), ECV Papudo, Punta Tarde Verano

Bus		Txc		Cam Simples		Camiones Pesados	
N° línea	Frec. cal	N° línea	Frec. cal	N° línea	Frec. cal	N° línea	Frec. cal
4010	34	5010	11	6010	10	7010	6
4020	9	5020	10	6020	5	7020	7
4030	37	5030	8	6030	4	7030	9
4040	2	5040	8	6040	10	7040	18
4050	40	5050	3	6050	7	7050	22
4060	11	5060	3	6060	3	7060	18
		5070	4	6070	13	7070	4
				6080	3		

Fuente: Elaboración propia en base a archivo Ajuste_RF_V

Se aprecia de los cuadros anteriores que las frecuencias aumentan en el periodo punta tarde verano, respecto del periodo punta tarde normal, principalmente en los modos: bus, camiones simples y camiones pedados.

7.1.2 Calibración Flujo Asignable

El siguiente paso en la calibración del modelo de asignación considera principalmente el ajuste de la red de modelación y de las matrices de viajes, a objeto de reproducir los conteos de flujos vehiculares disponibles en diversos arcos de la red. Para tales efectos, la metodología adoptada se basa en el método de Estimación de Matrices mediante Máxima Entropía (ME2), que consiste en realizar el ajuste de las matrices de viaje preliminares a los flujos observados de vehículos en diversos arcos de la red de modelación (Willumsen, 1989).

La aplicación de este principio, se encuentra implementado en el modelo desarrollado por el equipo consultor y permite realizar en forma secuencial el proceso de consolidación y el método ME2 para el ajuste de las matrices para múltiples clases de usuarios (por ejemplo, usuarios de vehículos livianos de distintos estratos de ingreso), empleando un conteo de flujo que no distinga entre estos tipos de usuarios.

El método ME2 puede ser presentado de la siguiente manera:

- El método ME2, básicamente, consiste en determinar una matriz de viajes por tipo de usuario, cuyas celdas (T_{ij}^u), permitan reproducir los flujos observados. Ello puede ser formalizado a través de la siguiente expresión:

$$V_a = \sum_u \sum_{ij} T_{ij}^u \cdot P_{ij}^{au}$$

Donde, P_{ij}^{au} representa la proporción de viajes del usuario tipo u que utiliza el arco a, al viajar entre las zonas i y j. Dicha proporción, puede ser estimada a partir del modelo de asignación que se esté empleando.

- De esta manera, el problema de la estimación de la matriz {T_{ij}^u}, que satisfaga la ecuación anterior, a partir de una matriz a priori {t_{ij}^u} (obtenida de la consolidación de matrices), puede ser formulado como un problema de programación matemática, lo cual permite probar la unicidad y convergencia del problema e identificar las condiciones que se deben cumplir para su solución. La formulación general del problema puede ser expresada de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & \text{Min} \sum_u \sum_{ij} (T_{ij}^u \cdot \ln \left(\frac{T_{ij}^u}{t_{ij}^u} \right) - T_{ij}^u + t_{ij}^u) \\ & \text{s.a.} \quad \sum_u \sum_{ij} T_{ij}^u \cdot P_{ij}^{au} - V_a = 0 \\ & \quad \quad \quad T_{ij}^u \geq 0 \end{aligned}$$

- La función objetivo se puede interpretar como la entropía de la matriz o bien como la distancia entre la matriz a priori y la matriz ajustada. De esta forma, la solución al problema indicado corresponde a la matriz más probable (y que se parece más a la matriz a priori) que satisface los flujos observados.
- La solución al problema puede representarse mediante la siguiente expresión:

$$T_{ij}^u = t_{ij}^u \cdot \prod_a X_a^{P_{ij}^{au}}$$

Donde, X_a son factores de corrección asociados al flujo observado en el arco de la red a y que deben ser aplicados a las matrices por tipo de usuario $\{t_{ij}^u\}$.

A partir de la red codificada, de la matriz a priori y de los datos de los puntos de conteo, se realizó el proceso de calibración para los distintos períodos. En ésta, en una primera etapa se busca reproducir la estructura de flujo actualmente existente mediante ajustes gruesos en la matriz (incorporación o eliminación de arcos de la red, corrección de arcos de acceso, etc) y en una segunda etapa se produce el proceso de calibración propiamente tal y de actualización de la matriz.

Esta segunda etapa consiste, fundamentalmente, en una serie de iteraciones, en cada una de las cuales se corren los programas SATASS (con la opción pijas) y SATME2, obteniéndose cada vez una nueva matriz estimada.

Para la matriz actualizada se debe posteriormente simular la red interna a través de sucesivas iteraciones entre los módulos SATASS y SATSIM, obteniendo en cada iteración para cada sector de flujo asignado nuevas curvas flujo-demora que entran como parámetros en SATASS.

Finalizado este proceso de simulación de la red interna, se analiza la consistencia entre los flujos modelados y observados.

7.1.3 Matriz Estimada punta tarde normal año 2017 y punta tarde verano año 2018

Las matrices resultantes del proceso de ajuste de los viajes a los flujos vehiculares medidos año 2017 y 2018, se presentaron en el punto 8.1 (ver detalles archivo matriz_2017.xls).

7.1.4 Resultados de Asignación de Flujos vehiculares, Modelo SATURN Calibrado punta tarde normal año 2017

Para validar la matriz de viajes estimada en periodo punta tarde normal año 2017, se realizó una corrida preliminar del modelo SATURN red buffer, con la cual se reprodujeron en forma bastante cercana los flujos observados en los conteos vehiculares. Los resultados se presentan en el siguiente cuadro y los detalles se encuentran en el archivo Ajuste Asignables.xls ubicado en anexo magnético:

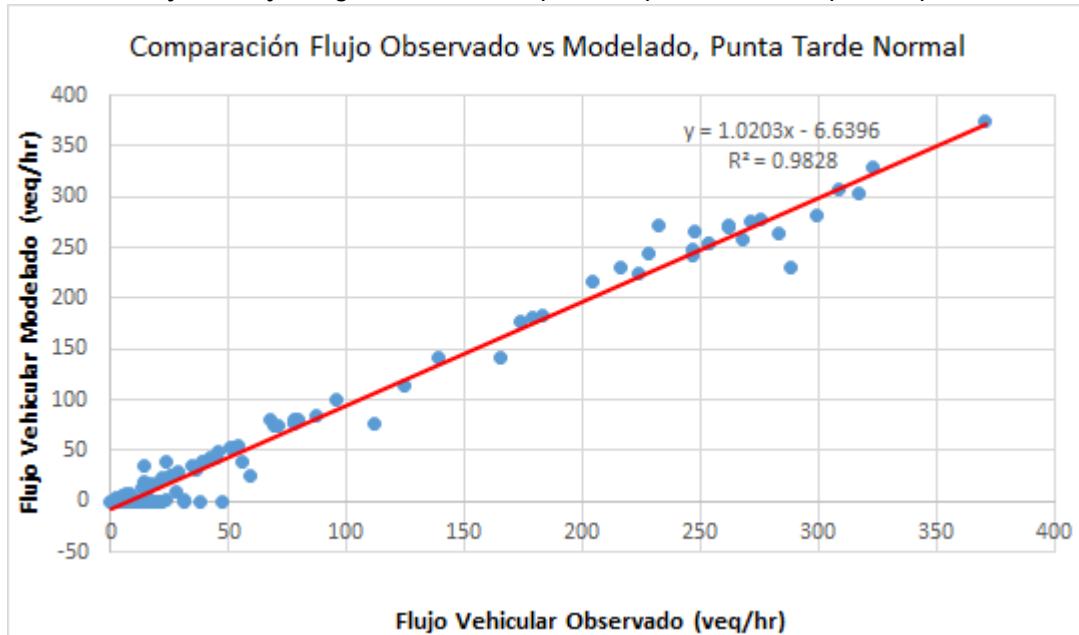
Cuadro 21. Ajuste Flujos Vehiculares Medidos vs Estimada por SATURN, punta tarde normal año 2017, ECV Papudo

PC	Movimiento		Flujo Vehicular (veh/hr)		Diferencias		GEH
	NODO A	NODO B	Observado	Modelado	Veg/hr	%	
1	2400	2390	45	42	-2.9	-6.4	0.44
1	2390	2400	22	23	0.9	4.0	0.18
1	2430	2380	87	84	-2.6	-3.0	0.29
1	2380	2430	262	269	7.2	2.7	0.44
1	2300	2370	248	265	17.2	6.9	1.07
1	2370	2300	96	100	3.6	3.8	0.37
2	2310	2230	46	49	2.6	5.6	0.37
2	2230	2310	51	53	1.8	3.4	0.24
2	2300	2230	204	216	12.1	6.0	0.84
2	2230	2300	283	264	-18.5	-6.6	1.12
2	2220	2230	31	0	-31.0	-100.0	7.87
2	2230	2220	71	75	4.4	6.1	0.51
2	2100	2230	371	375	4.4	1.2	0.23
2	2230	2100	247	248	0.5	0.2	0.03
3	2090	2050	179	181	2.0	1.1	0.15
3	2050	2090	323	329	5.6	1.7	0.31
3	2040	2050	54	54	0.1	0.3	0.02
3	2050	2040	36	32	-4.4	-12.1	0.75
3	1950	2050	309	308	-1.3	-0.4	0.07
3	2050	1950	183	183	-0.4	-0.2	0.03
4	2080	1640	68	81	13.4	19.6	1.54
4	1640	2080	40	40	-0.3	-0.8	0.05
4	1950	1640	174	177	3.2	1.9	0.24
4	1640	1950	299	281	-18.1	-6.1	1.06
4	1620	1640	262	272	9.7	3.7	0.59
4	1640	1620	165	141	-24.0	-14.6	1.94
5	1520	1610	14	19	4.6	32.5	1.13
5	1610	1520	42	43	1.2	2.9	0.18
5	1620	1610	139	141	2.0	1.4	0.17
5	1610	1620	232	272	39.7	17.1	2.50
5	1630	1610	19	0	-19.0	-100.0	6.16
5	1610	1630	59	25	-33.6	-57.0	5.17
5	1560	1610	268	257	-10.5	-3.9	0.65
5	1610	1560	112	77	-35.2	-31.5	3.63
6	1400	1410	4	4	0.1	3.3	0.06
6	1410	1400	11	0	-11.0	-100.0	4.69
6	1490	1410	35	35	-0.2	-0.4	0.03
6	1410	1490	271	276	5.1	1.9	0.31
6	1420	1410	11	2	-8.5	-77.5	3.29
6	1410	1420	5	5	0.0	1.0	0.02
6	1370	1410	276	278	2.5	0.9	0.15
6	1410	1370	39	39	-0.2	-0.5	0.03
7	1015	1010	79	80	1.2	1.5	0.13
7	1010	1015	228	243	15.3	6.7	1.00
7	1005	1010	0	1	0.6	0.0	1.05
7	1010	1005	20	0	-20.0	-100.0	6.32
7	1000	1010	247	242	-4.7	-1.9	0.30
7	1010	1000	78	81	2.8	3.5	0.31
9	1250	1330	288	231	-57.2	-19.8	3.55
9	1370	1330	14	35	20.6	147.4	4.18
9	1330	1370	317	304	-13.4	-4.2	0.76
9	1320	1330	6	6	0.0	0.0	0.00
9	1330	1320	17	17	-0.3	-1.9	0.08

PC	Movimiento		Flujo Vehicular (veh/hr)		Diferencias		GEH
	NODO A	NODO B	Observado	Modelado	Veg/hr	%	
9	1290	1330	42	42	0.0	0.0	0.00
9	1330	1290	16	4	-11.7	-73.1	3.67
10	1230	1170	78	77	-0.8	-1.1	0.10
10	1170	1230	216	231	14.9	6.9	0.99
10	1200	1170	13	13	-0.2	-1.2	0.04
10	1170	1200	19	18	-1.0	-5.4	0.24
10	1150	1170	224	224	-0.2	-0.1	0.01
10	1170	1150	80	80	0.0	0.0	0.00
11	1310	1350	28	10	-17.8	-63.6	4.08
11	1350	1310	14	0	-14.0	-100.0	5.29
11	1450	1350	31	2	-29.1	-93.8	7.17
11	1350	1450	25	25	0.0	0.0	0.00
11	1430	1350	7	0	-7.0	-100.0	3.74
11	1350	1430	20	0	-20.0	-100.0	6.32
11	1360	1350	17	15	-2.2	-12.9	0.55
11	1350	1360	24	2	-22.1	-92.0	6.14
12	1660	1690	5	2	-3.1	-61.6	1.66
12	1690	1660	22	0	-22.0	-100.0	6.63
12	1680	1690	29	29	-0.3	-1.1	0.06
12	1690	1680	38	0	-38.0	-100.0	8.72
12	1700	1690	6	6	0.0	0.0	0.00
12	1690	1700	2	3	0.8	37.5	0.49
12	1580	1690	47	0	-47.0	-100.0	9.70
12	1690	1580	17	0	-17.0	-100.0	5.83
12	1780	1690	7	7	0.0	0.0	0.00
12	1690	1780	15	0	-15.0	-100.0	5.48
13	1500	1390	69	75	6.5	9.4	0.76
13	1510	1500	125	115	-10.3	-8.3	0.94
13	1500	1510	254	254	-0.1	0.0	0.01
13	1400	1500	254	254	-0.1	0.0	0.01
13	1500	1400	56	39	-16.8	-30.0	2.44
14	2470	2450	12	0	-12.0	-100.0	4.90
14	2450	2470	9	0	-9.0	-100.0	4.24
14	2420	2450	8	8	0.0	0.0	0.00
14	2450	2420	26	26	0.0	0.0	0.00
14	2480	2450	19	0	-19.0	-100.0	6.16
14	2450	2480	4	0	-4.0	-100.0	2.83
15	1400	1380	24	39	15.1	62.8	2.68
15	1370	1380	28	28	0.1	0.5	0.02
15	1380	1250	52	52	0.3	0.6	0.05

Fuente: Elaboración propia en base a SATME 2, archivo Pap_pt_17.lpa

Cuadro 22. Ajuste Flujo Asignable Modelado (SATURN) vs Observado (medido), Punta tarde 2017



Fuente: Elaboración propia

Se aprecia del cuadro y gráficos anteriores que el modelo SATURN reproduce adecuadamente los flujos vehiculares medidos en la punta tarde año 2017, logrando un ajuste de $R^2 = 98,3\%$, considerándose aceptable $R^2 \geq 90\%$.

En virtud de lo anterior, se considera calibrada la red y la matriz punta tarde año 2017 presentada en la sección anterior. Dicha matriz calibrada es la mejor que se dispone con los datos recopilados, y será el punto de partida para las proyecciones futuras. De igual forma, se validan las redes de la situación actual, las cuales serán la base de las redes en el corte temporal futuro.

7.1.5 Resultados de Asignación de Flujos vehiculares, Modelo SATURN Calibrado punta tarde verano año 2018

Para validar la matriz de viajes estimada en periodo punta tarde verano año 2018, se realizó una corrida preliminar del modelo SATURN red buffer, con la cual se reprodujeron en forma bastante cercana los flujos observados en los conteos vehiculares. Los resultados se presentan en el siguiente cuadro y los detalles se encuentran en el archivo Ajuste Asignables xls ubicado en anexo magnético:

Cuadro 23. Ajuste Flujos Vehiculares Medidos vs Estimada por SATURN, punta tarde verano año 2018, ECV Papudo

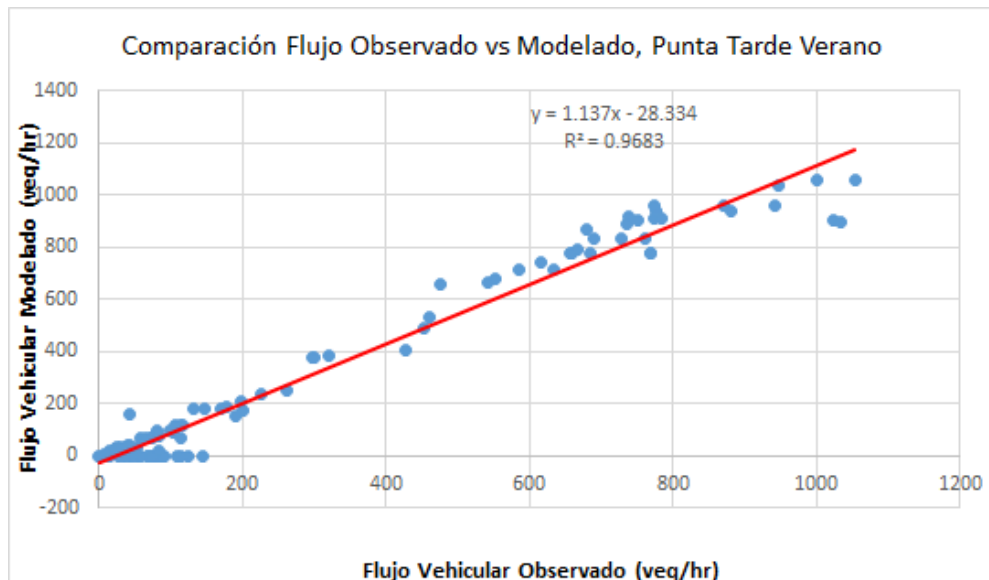
PC	Movimiento		Flujo Vehicular (veh/hr)		Diferencias		
	NODO A	NODO B	Observado	Modelado	Veq/hr	%	GEH
1	2400	2390	172	180	8	5	0.6
1	2390	2400	84	76	-7	-9	0.8
1	2430	2380	542	662	119	22	4.9
1	2380	2430	1000	1059	59	6	1.8
1	2300	2370	947	1034	87	9	2.8
1	2370	2300	616	740	124	20	4.8
2	2310	2230	114	71	-43	-38	4.5
2	2230	2310	81	97	16	20	1.7
2	2300	2230	585	709	124	21	4.9

PC	Movimiento		Flujo Vehicular (veh/hr)		Diferencias		GEH
	NODO A	NODO B	Observado	Modelado	Veg/hr	%	
2	2230	2300	635	715	80	13	3.1
2	2220	2230	104	89	-15	-14	1.5
2	2230	2220	117	115	-2	-1	0.1
2	2100	2230	690	831	141	20	5.1
2	2230	2100	660	773	113	17	4.2
3	2090	2050	686	773	87	13	3.2
3	2050	2090	761	831	70	9	2.5
3	2040	2050	75	0	-75	-100	12.2
3	2050	2040	70	0	-70	-100	11.8
3	1950	2050	727	831	104	14	3.7
3	2050	1950	657	773	116	18	4.3
4	2080	1640	261	251	-10	-4	0.6
4	1640	2080	190	153	-37	-20	2.9
4	1950	1640	668	791	123	18	4.6
4	1640	1950	738	913	175	24	6.1
4	1620	1640	775	912	137	18	4.7
4	1640	1620	776	938	162	21	5.5
5	1520	1610	53	3	-51	-95	9.6
5	1610	1520	460	532	71	15	3.2
5	1620	1610	881	938	57	7	1.9
5	1610	1620	785	912	128	16	4.4
5	1630	1610	73	0	-73	-100	12.0
5	1610	1630	125	0	-125	-100	15.8
5	1560	1610	1023	901	-122	-12	3.9
5	1610	1560	428	404	-23	-5	1.1
6	1400	1410	15	18	3	17	0.6
6	1410	1400	42	161	119	282	11.8
6	1490	1410	134	183	49	37	3.9
6	1410	1490	1034	895	-140	-14	4.5
6	1420	1410	42	0	-42	-100	9.2
6	1410	1420	19	17	-2	-9	0.4
6	1370	1410	1054	1055	2	0	0.1
6	1410	1370	149	183	34	23	2.7
7	1015	1010	302	374	72	24	3.9
7	1010	1015	870	958	88	10	2.9
7	1005	1010	0	1	1	0	1.3
7	1010	1005	76	0	-76	-100	12.4
7	1000	1010	943	956	13	1	0.4
7	1010	1000	298	375	77	26	4.2
9	1250	1330	452	486	34	8	1.6
9	1330	1250	40	43	3	8	0.5
9	1370	1330	82	0	-82	-100	12.8
9	1330	1370	322	382	60	19	3.2
9	1320	1330	43	43	0	0	0.0
9	1330	1320	202	170	-32	-16	2.3
9	1290	1330	73	66	-7	-9	0.8
9	1330	1290	86	0	-86	-100	13.1
10	1230	1170	679	868	189	28	6.8
10	1170	1230	752	901	149	20	5.2
10	1200	1170	226	237	11	5	0.7
10	1170	1200	114	119	5	5	0.5
10	1150	1170	735	885	150	20	5.3
10	1170	1150	774	959	185	24	6.3
11	1310	1350	68	0	-68	-100	11.7
11	1350	1310	53	0	-53	-100	10.3

PC	Movimiento		Flujo Vehicular (veh/hr)		Diferencias		GEH
	NODO A	NODO B	Observado	Modelado	Veq/hr	%	
11	1450	1350	73	68	-5	-6	0.5
11	1350	1450	53	35	-18	-33	2.7
11	1430	1350	69	0	-69	-100	11.7
11	1350	1430	71	0	-71	-100	11.9
11	1360	1350	26	35	9	36	1.7
11	1350	1360	59	68	9	16	1.2
12	1660	1690	19	19	0	-1	0.0
12	1690	1660	84	21	-63	-76	8.8
12	1680	1690	111	0	-111	-100	14.9
12	1690	1680	145	0	-145	-100	17.0
12	1700	1690	23	23	0	0	0.0
12	1690	1700	8	8	0	5	0.1
12	1580	1690	179	188	8	5	0.6
12	1690	1580	65	67	2	3	0.2
12	1780	1690	27	0	-27	-100	7.3
12	1690	1780	57	0	-57	-100	10.7
13	1500	1390	553	680	127	23	5.1
13	1510	1500	477	660	183	38	7.7
13	1500	1510	770	776	6	1	0.2
13	1400	1500	770	776	6	1	0.2
13	1500	1400	114	0	-114	-100	15.1
14	2470	2450	46	0	-46	-100	9.6
14	2450	2470	34	0	-34	-100	8.3
14	2420	2450	31	32	2	5	0.3
14	2450	2420	99	99	0	0	0.0
14	2480	2450	73	0	-73	-100	12.0
14	2450	2480	15	0	-15	-100	5.5
15	1400	1380	92	0	-92	-100	13.5
15	1370	1380	107	119	12	11	1.1

Fuente: Elaboración propia en base a SATME 2, archivo Pap_pt_17.lpa

Cuadro 24. Ajuste Flujo Asignable Modelado (SATURN) vs Observado (medido), Punta tarde verano 2018



Fuente: Elaboración propia

Se aprecia del cuadro y gráficos anteriores que el modelo SATURN reproduce adecuadamente los flujos vehiculares medidos en la punta tarde verano año 2018, logrando un ajuste de $R^2 = 96,8\%$, considerándose aceptable $R^2 \geq 90\%$.

En virtud de lo anterior, se considera calibrada la red y la matriz punta tarde verano año 2018 presentada en la sección anterior. Dicha matriz calibrada es la mejor que se dispone con los datos recopilados, y será el punto de partida para las proyecciones futuras. De igual forma, se validan las redes de la situación actual, las cuales serán la base de las redes en el corte temporal futuro.

7.2 DIAGNÓSTICO. RESULTADOS ASIGNACIÓN RED VIAL PERIODO PUNRA TARDE NORMAL AÑO 2017 Y PUNTA TARDE VERANO AÑO 2018

7.2.1 Red Vial actual Punta Tarde Normal año 2017 y Punta Tarde Verano año 2018

Para analizar las capacidades vehiculares futuras de la comuna, se definirá una red vial estructurante (o relevante, identificada en cuadro anterior), constituida por las principales vías e intersecciones de Papudo. En ella operan también los servicios de transporte público.

A cada arco de la red vial que se defina se le asocia una categoría, y cada categoría tiene asociada una función de costo, conocida como curva flujo-velocidad, cuyos parámetros dependen de las características físicas y operativas de cada arco:

$$tv_a = t_{0a} + \alpha(f_a / C_a)^n$$

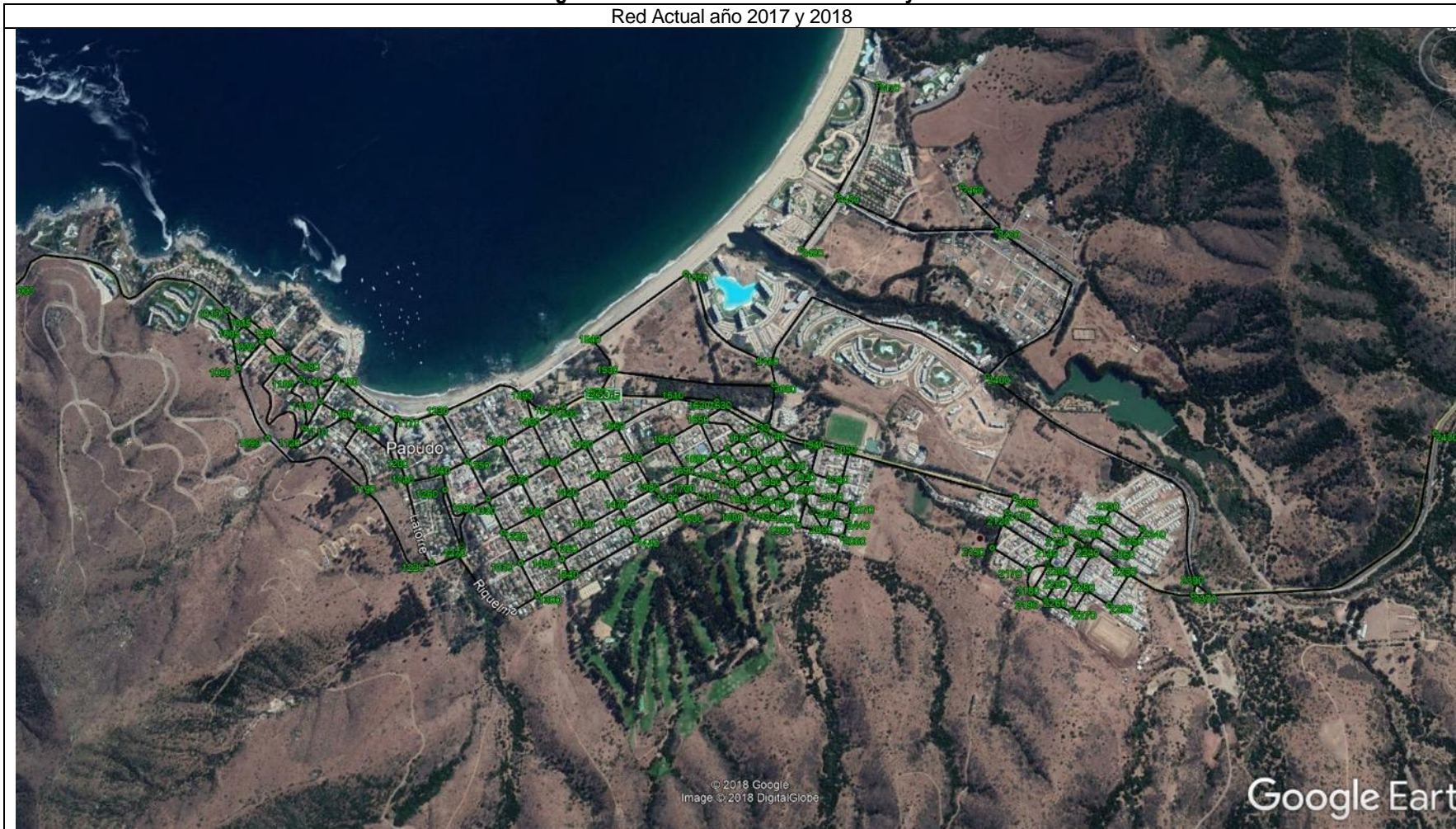
donde tv_a corresponde al tiempo de viaje en el arco a , t_{0a} al tiempo de viaje a flujo libre en el arco a , f_a al flujo en el arco, C_a a la capacidad del arco y α, n a parámetros que deben ser calibrados.

También es posible asignarles a los arcos categorías con curvas flujo-velocidad calibradas para arcos de otras comunas, que presenten características operacionales similares. Estas características dependerán del tipo de vía, del ancho de pistas o capacidad, de la señalización, etc.

La red vial punta tarde normal año 2017 y punta tarde verano año 2018, se presenta en el siguiente cuadro, cuyas características de modelación, corresponden a aquellas identificadas en el catastro de la red vial, presentado anteriormente:

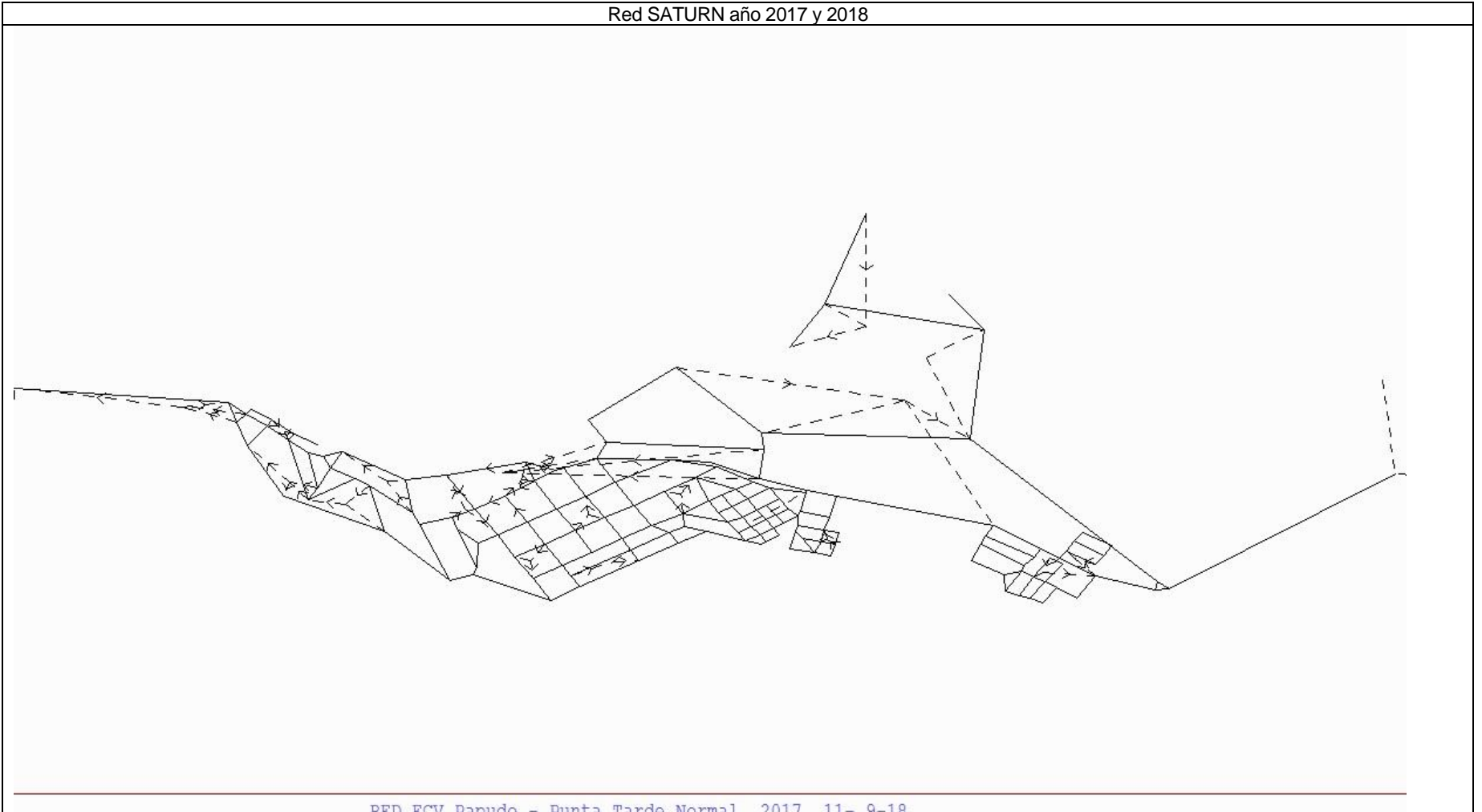
Figura 18. Red Modelación Año 2017 y 2018

Red Actual año 2017 y 2018



Fuente: Elaboración propia, 2017 y 2018

Red SATURN año 2017 y 2018



RED ECV Papudo - Punta Tarde Normal 2017 11- 9-18

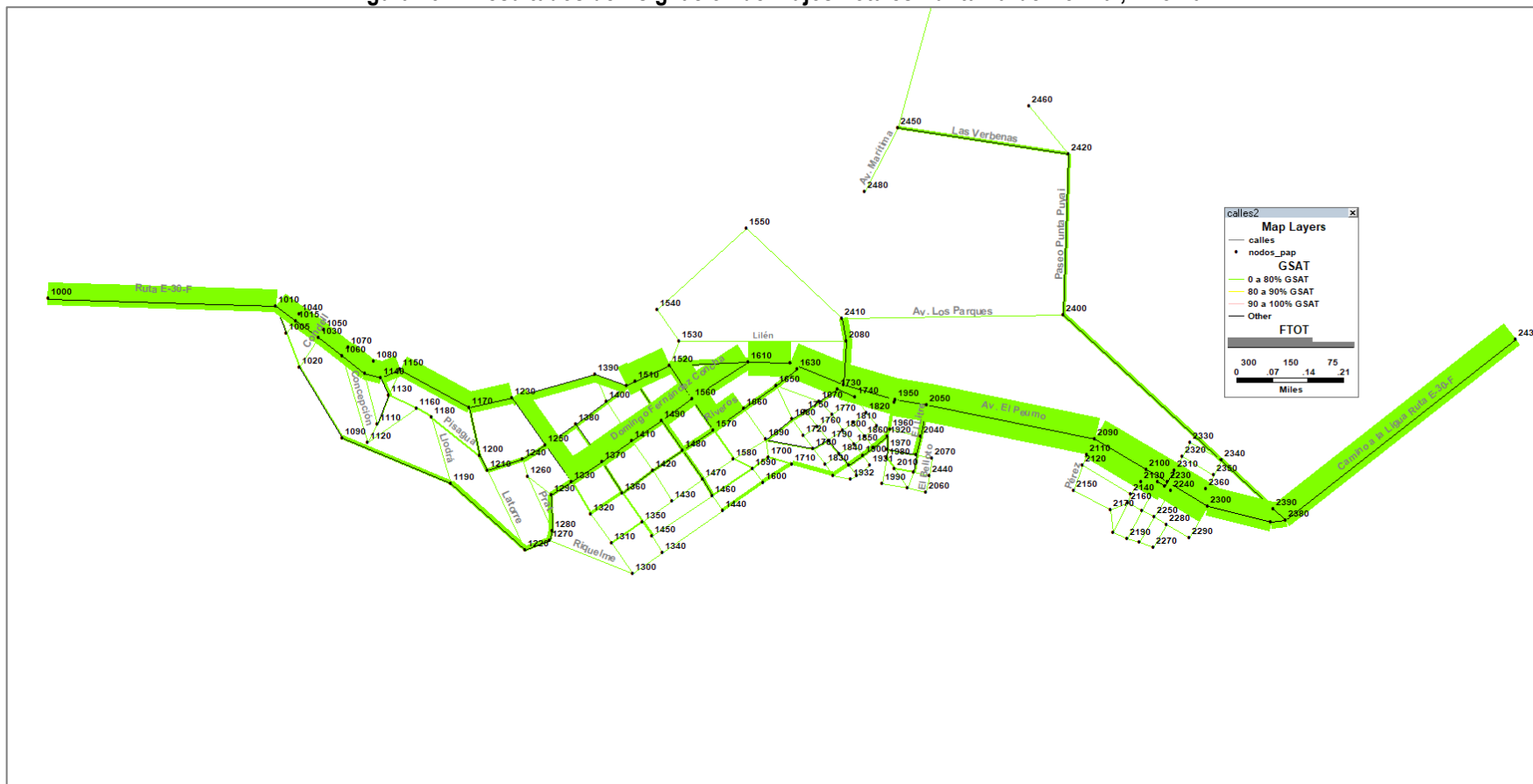
7.2.2 Resultados asignación matriz de viajes estimada punta tarde normal 2017 en red Vial actual año 2017

A partir de la matriz estimada y la red vial modelada para el periodo punta tarde año 2017, es posible determinar los niveles de servicio de la red vial actual, analizando las vías principales, velocidades de operación, grados de saturación y principales zonas generadoras y atractoras de viajes. En este punto se presentan los resultados:

Resultados de Asignación de flujos en la Red Vial:

En las siguientes figuras, se presenta los resultados de asignación de flujos vehiculares totales en la red vial de Papudo:

Figura 19. Resultados de Asignación de Flujos Totales Punta Tarde Normal, Año 2017



Nota: En colores verde, amarillo y rojo, se presenta Grado de saturación (ver leyenda)

De la figura anterior, se aprecia que los flujos principales de Papudo se dan en las Rutas E30F, Av El Peumo y Domingo Fernández Concha, donde los niveles de flujos vehicular son mayores a 300 veq/hr en el periodo punta tarde normal. Por otro lado vías como Irrrázaval, Chorrillos, Baquedano, Riveros, presentan flujos mayores a 200 veq/ hr. Las otras vías, presentan flujos menores a 200 veq/ hr, lo cual es un flujo menor, para una pista de circulación que tiene una capacidad en torno a los 1200 veq/hr.

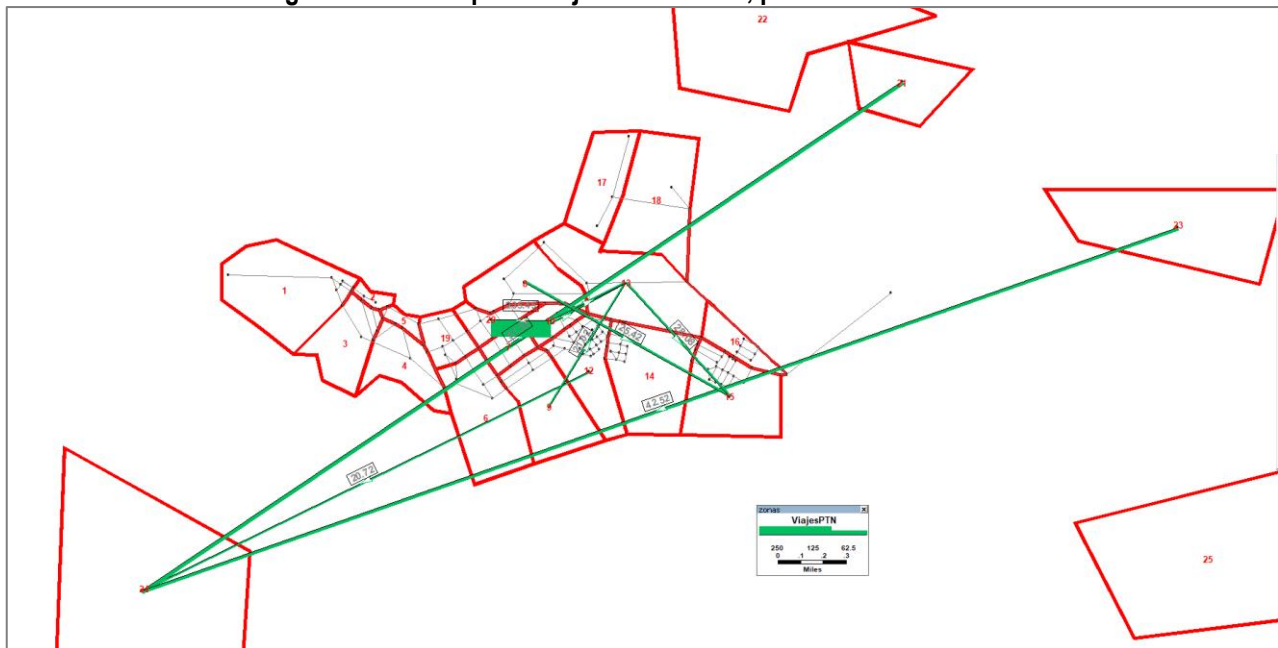
Respecto de la congestión vial, medida en el Grado de saturación, se considera saturada una vía cuando el Grado de saturación es mayor a 90% (color rojo en la figura anterior), o un nivel de congestión media con valores entre 80% y 90% (color amarillo en la figura), sin embargo, tal como se aprecia en la figura no se presentan problemas de congestión en el periodo punta tarde para la época normal.

En efecto, no se presenta problemas de congestión en el periodo punta tarde normal, dado los niveles de flujos vehiculares actuales. No obstante, hay que mencionar que los análisis a realizar como parte de este ECV consideran proyecciones de flujos vehiculares al año 2032, por lo que se estima a priori que la red vial actual (2017) no permitirá absorber la demanda futura, por lo que se hará necesario aumentar la oferta vial. Estos análisis se realizarán en la etapa siguiente del ECV.

Resultados de Viajes matriz Estimada punta tarde normal, año 2017

En las siguientes figuras, se muestra los resultados de las principales zonas atractoras y generadoras de viajes en el año 2017, destacando los principales pares de viajes OD de la comuna:

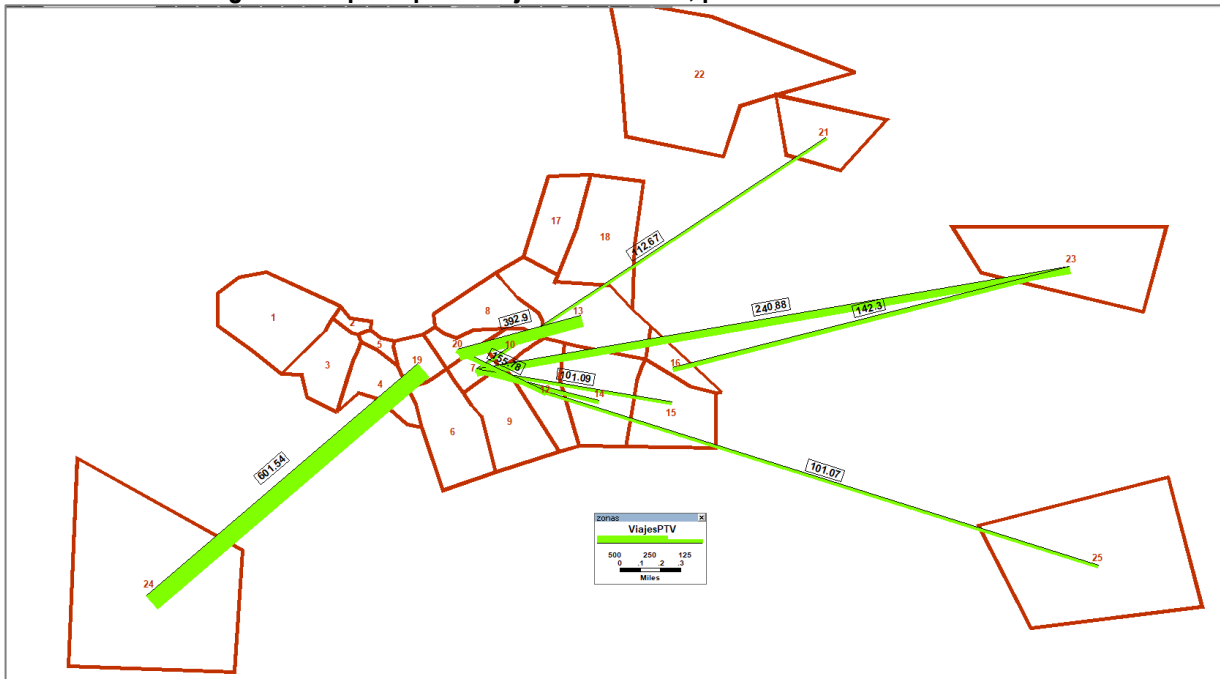
Figura 20. Principales viajes entre zonas, punta tarde normal año 2017



Fuente: Elaboración propia

De la figura anterior, se aprecia que las principales pares OD de viajes son zonas internas 10 y 20 (zonas céntricas y de borde costero). También tienen relevancia, zonas externas como Valparaíso (24) y Pullalli (21) y La Ligua (23).

Figura 21. principales viajes entre zonas, punta tarde verano año 2018



Fuente: Elaboración propia

De la figura anterior, se aprecia que las principales pares OD de viajes en verano, son zonas internas 7 (zona céntrica), 14, 15, 16 (zonas residenciales), zona 20 (borde costero) y zona 13 (Punta Puyai). También tienen relevancia, zonas externas como Valparaíso (24) y Pullalí (21), La Ligua (23) y Santiago (25).

7.2.3 Velocidades de Operación punta tarde normal 2017 en red Vial actual año 2017, y punta tarde verano 2018

Un aspecto importante en la calibración de la red, tiene relación con la capacidad del modelo para reproducir de los tiempos de viaje que experimentan los usuarios al viajar por ciertos tramos de ella. En este sentido, para los circuitos donde se realizaron las mediciones de tiempos de viaje se realiza la validación entre los tiempos de viaje medidos y los modelados.

Dado que SATURN maneja una sola velocidad por arco, la calibración se centró en el transporte privado, que es el modo que está afectado por las reasignaciones, ya que el transporte público y los camiones tienen su codificación asociada a rutas fijas. Como resultado de este proceso, en el siguiente cuadro se reporta los resultados de la calibración según período, utilizando los resultados de la asignación del modelo SATURN.

Los resultados se presentan en el archivo BB_Velocidades.xls incluido en anexo calibración:

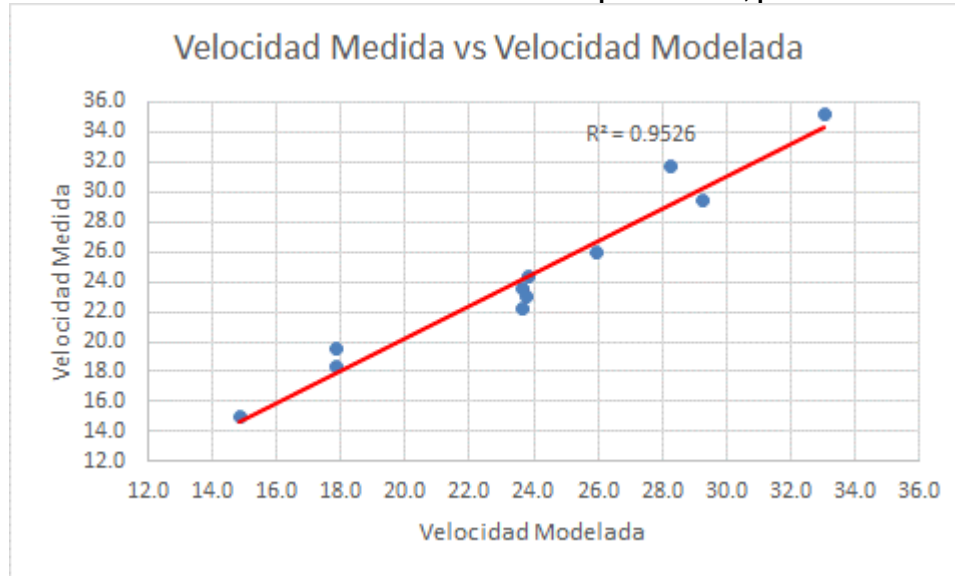
Cuadro 25. Ajuste Velocidades Medidas versus Modeladas por SATURN, punta tarde normal 2017

Circuito	Sent	Veloc. Mod	Veloc. Med	Dif (%)
1	P-O	33.0	35.2	6.1%
1	O-P	29.2	29.4	0.5%
2	P-O	25.9	25.9	-0.2%
2	O-P	28.3	31.7	10.7%
3	P-O	23.6	22.2	-6.3%
3	O-P	23.8	23.0	-3.4%
4	N-S	14.9	14.9	0.6%
5	P-O	23.9	24.3	1.9%

Circuito	Sent	Veloc. Mod	Veloc. Med	Dif (%)
5	O-P	23.7	23.5	-0.7%
6	P-O	17.8	18.3	2.7%
6	O-P	17.8	19.5	8.4%

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación *Ipa

Cuadro 26. Velocidades Medidas versus Modeladas por SATURN, punta tarde normal 2017

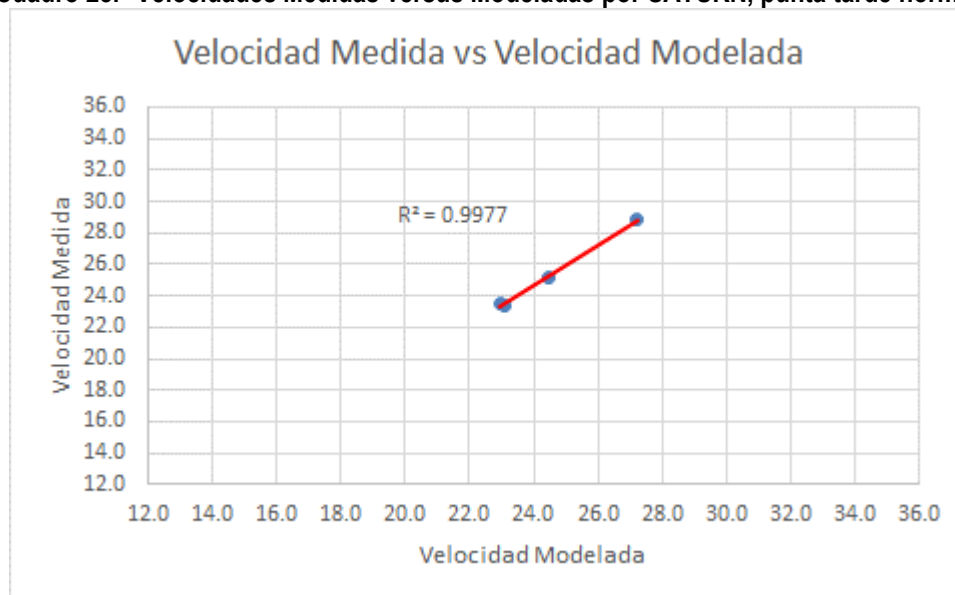


Cuadro 27. Ajuste Velocidades Medidas versus Modeladas por SATURN, punta tarde verano 2018

Circuito	Sent	Veloc. Mod	Veloc. Med	Dif (%)
1	P-O	27.2	28.9	5.8%
1	O-P	23.1	23.4	1.2%
5	P-O	24.5	25.2	2.8%
5	O-P	23.0	23.4	2.1%

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación *Ipa

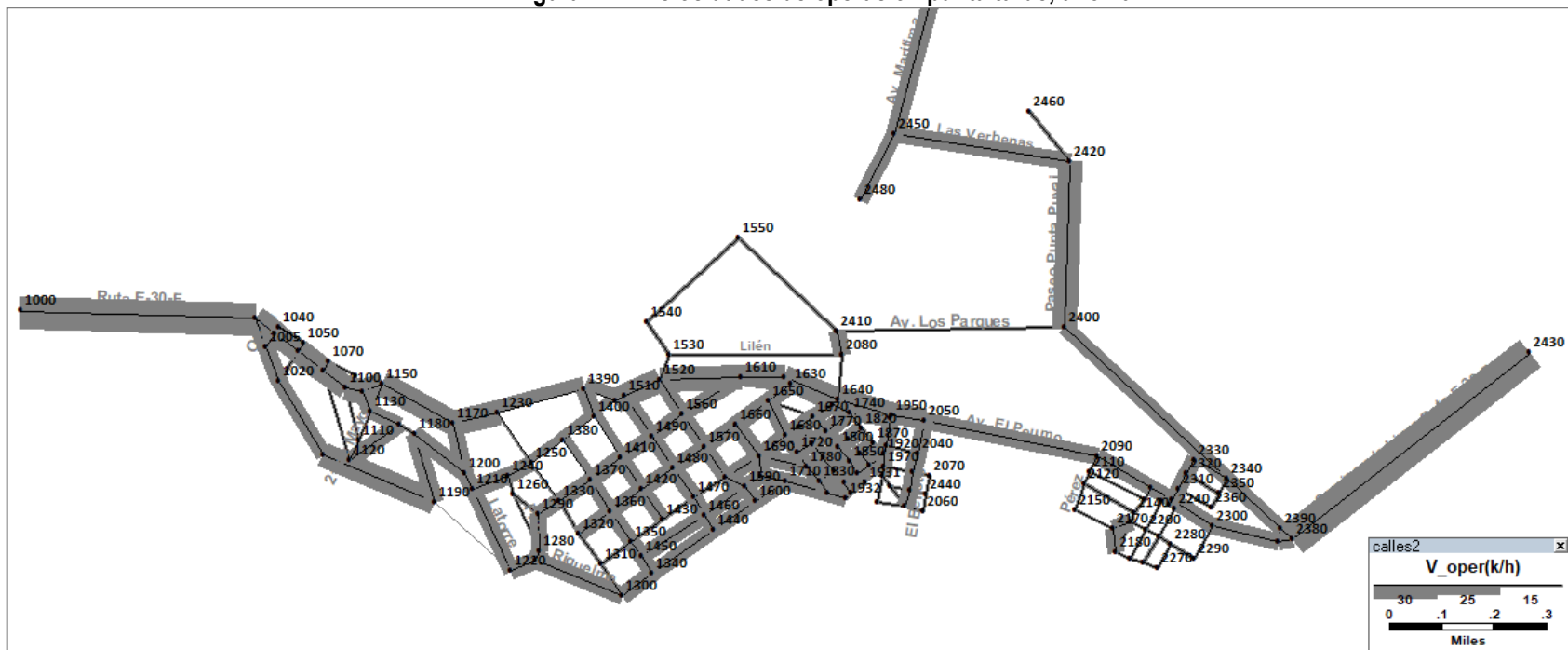
Cuadro 28. Velocidades Medidas versus Modeladas por SATURN, punta tarde normal 2017



De los resultados anteriores, se aprecia que las velocidades modeladas vs las medidas, se ajustan satisfactoriamente, con lo cual se puede asegurar que el modelo reproduce apropiadamente los tiempos de viaje medidos en los arcos de la red vial de Papudo, tanto en época normal, como de verano.

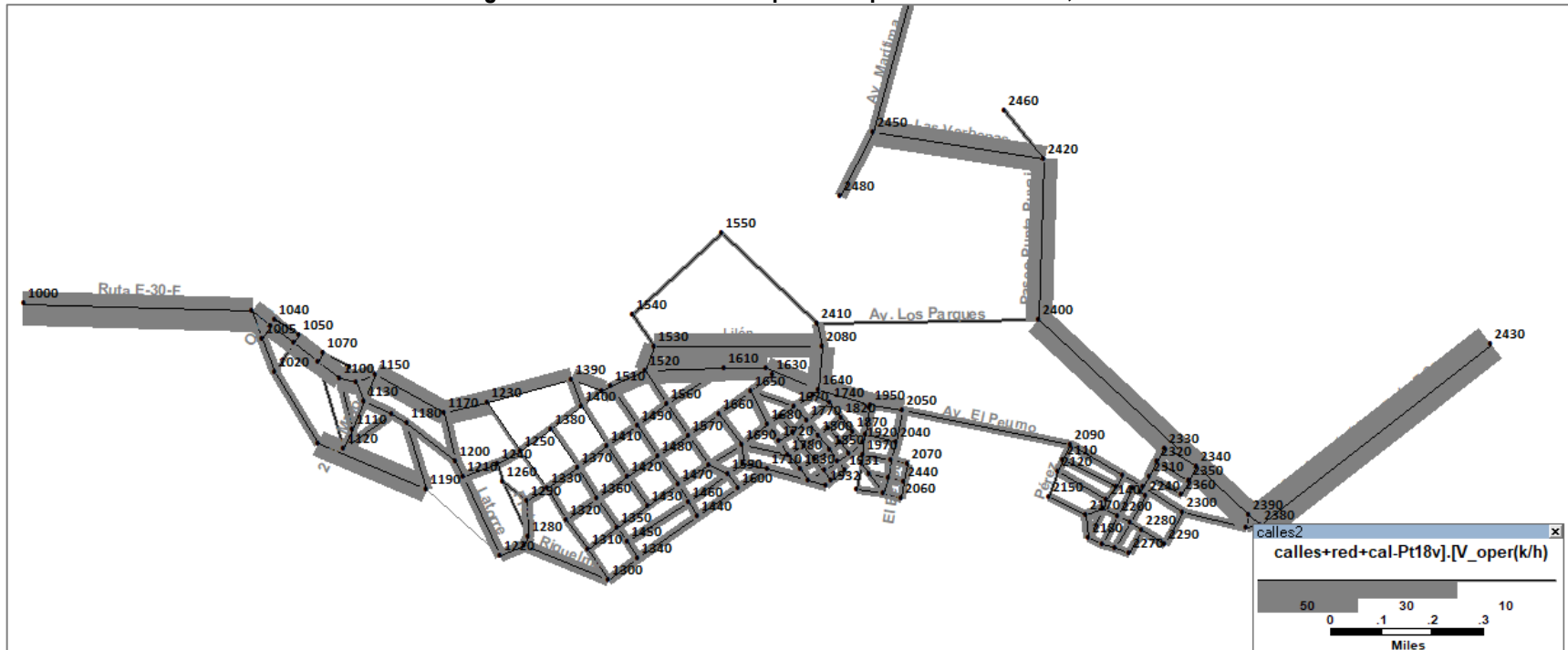
En las siguientes figuras, se puede apreciar que las velocidades de operación, tal como se desprende de los cuadros anteriores, son en general bajas, entre 18 y 35 km/hr, a excepción de la Ruta E30F, donde las velocidades sobrepasan los 40 o 50 km/hr

Figura 22. Velocidades de operación punta tarde, año 2017



Fuente: Elaboración propia

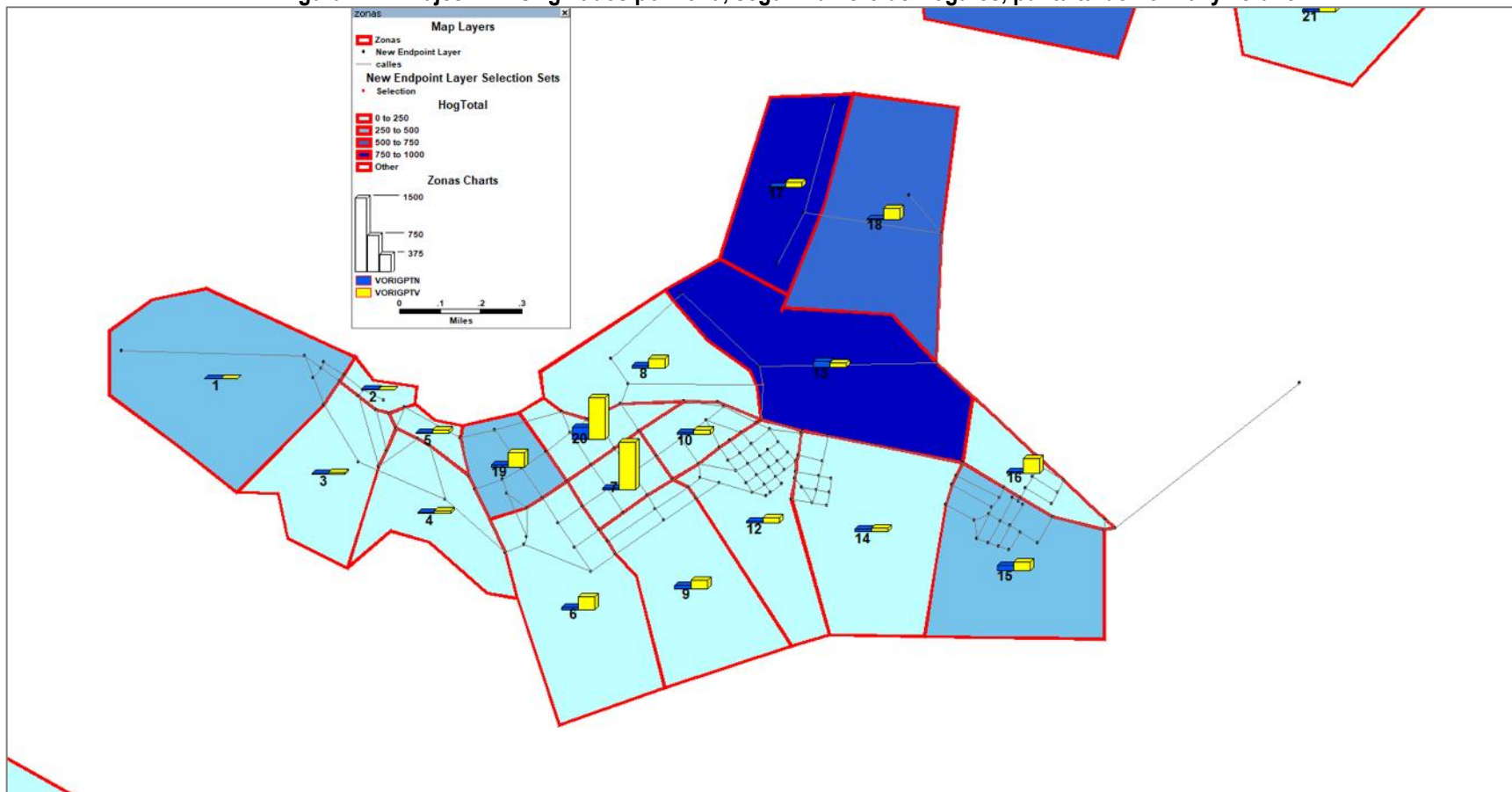
Figura 23. Velocidades de operación punta tarde verano, año 2018



Fuente: Elaboración propia

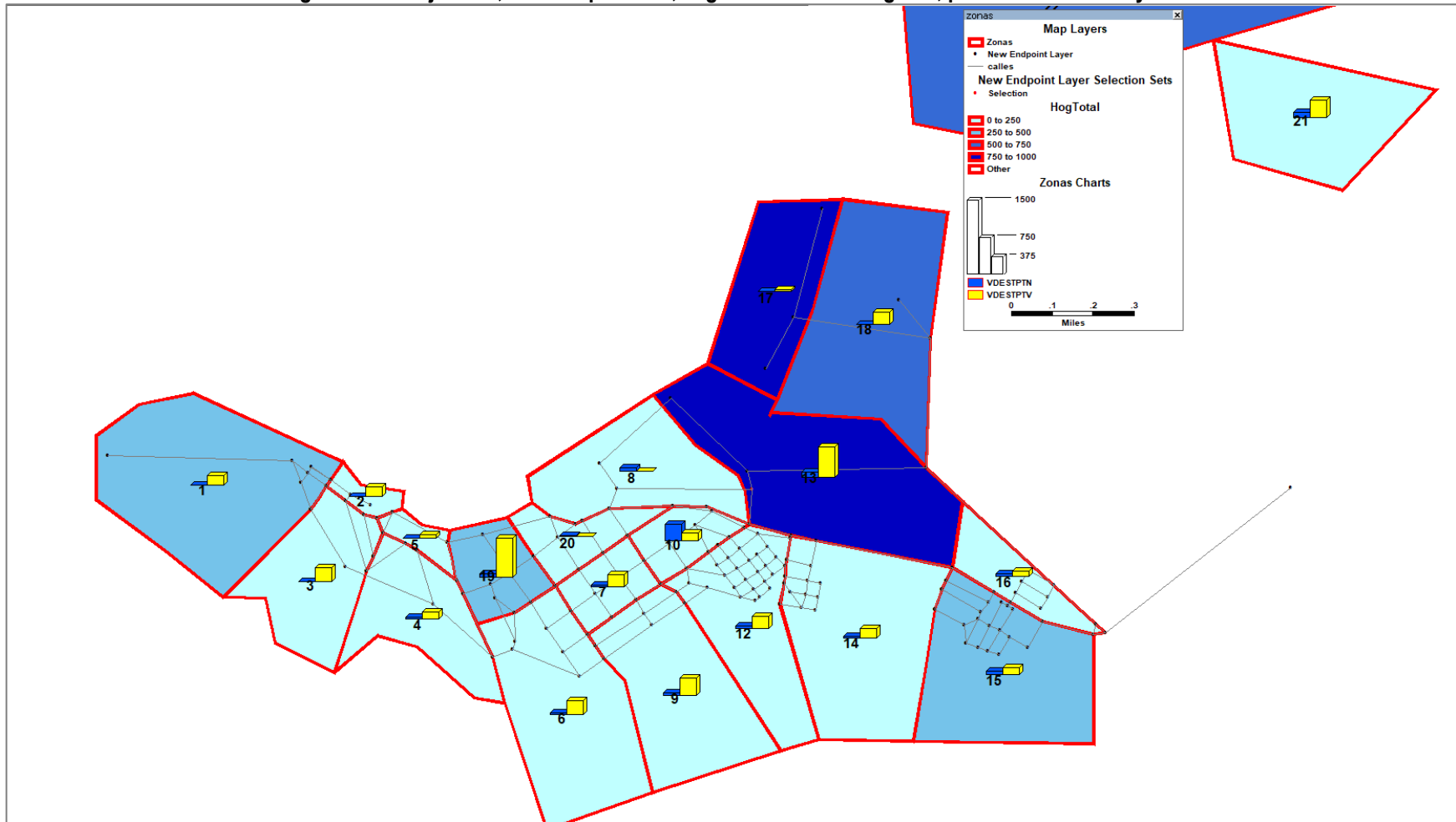
8 ANEXOS USOS DE SUELO

Figura 24. Viajes – Hr Originados por zona, según número de Hogares, punta tarde normal y verano



Fuente: Elaboración propia

Figura 25. Viajes - Hr, Destino por zona, según número de Hogares, punta tarde normal y verano



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 1: RIESGOS Y PROTECCIÓN AMBIENTAL

ANEXO 1.1 RIESGO FÍSICO NATURAL

ESTUDIO: “ACTUALIZACION PLAN REGULADOR COMUNAL DE PAPUDO”

Julio de 2019

Preparado por:



HABITERRA Ltda. CONSULTORES

Dir: Príncipe de Gales N° 5921 Of. 1009 La Reina | Santiago | CHILE
Tel +56-2 26352768 | 26359620 | 26657344
E mail: pguzman@habiterr.cl | izapata@habiterr.cl |
recepcion@habiterr.cl
Web: www.habiterr.cl

Preparado para:



ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE PAPUDO

Dir: Chorrillos N°9
| PAPUDO | CHILE
Tel +56 33 2 325100

EQUIPO TÉCNICO ESPECIALISTA

Cargo	Descripción del cargo	Nombre completo
Geólogo	Encargado del Estudio Fundado de Riesgos en IPT	Rodrigo Rauld P.
Ingeniero Civil	Encargado de Riesgos Zonas Inundables	Macarena Facuse M.

EQUIPO DE APOYO AL EQUIPO ESPECIALISTA

Cargo	Descripción del cargo	Nombre completo
Geólogo	Evaluación del Estudio Fundado de Riesgos	Felipe García Huidobro
Geóloga	Evaluación del Estudio Fundado de Riesgos	Valeska Farías S.
Geólogo	Evaluación del Estudio Fundado de Riesgos	Vicente Letelier C.
Geóloga	Evaluación del Estudio Fundado de Riesgos	Katherine Pinochet O.
Ingeniera Civil	Evaluación Riesgos Zonas Inundables	Paulina Rodríguez

INDICE DE CONTENIDOS

1.1	Ubicación del área de estudio	9
1.2	Objetivos	9
1.3	Definición de áreas de estudio y escalas de trabajo	11
1.4	Alcance y limitaciones	11
1.5	Marco jurídico	11
2.1	Línea de Base	14
2.2	Caracterización hidrológica e hidráulica	15
2.2.1	Caracterización hidrológica.....	15
2.2.2	Caracterización hidráulica.....	17
2.3	Catastro de peligros geológicos	19
2.4	Zonificación de los peligros analizados	20
3.1	Marco geodinámico	21
3.2	Marco geomorfológico	23
3.2.1	Caracterización regional.....	23
3.2.2	Formas reconocidas localmente.....	25
3.2.3	Parámetros morfométricos.....	26
3.2.4	Geología del área de estudio.....	31
3.2.5	Estructuras.....	35
4.1	Caracterización hidrológica de las cuencas	36
4.1.1	Clima.....	36
4.1.2	Información Hidrometeorológica.....	36
4.1.3	Delimitación y caracterización de cuencas.....	39
4.1.4	Definición de caudales de crecida.....	44
4.2	Caracterización hidrológica de las Subcuencas	55
4.2.1	Delimitación y caracterización de las subcuencas.....	55
4.2.2	Definición de caudales de crecida de las subcuencas.....	55
4.3	Caracterización hidráulica	63
4.3.1	Construcción del modelo hidráulico.....	63
4.3.2	Análisis de Resultados.....	70
5.1	Catastro de inundaciones terrestres	75
5.2	Catastro de remociones en masa	79
5.3	Catastro de sismicidad	84
5.4	Inundaciones litorales por maremoto	85
6.1	Peligros zonificables	87
6.1.1	Inundaciones por desborde de cauce.....	87
6.1.2	Inundaciones por anegamiento.....	95
6.1.3	Inundaciones litorales.....	98
6.1.4	Remociones en masa.....	101
6.2	Peligros no zonificables	111
6.2.1	Peligro sísmico.....	111
6.2.2	Peligro volcánico.....	111
7.1	Otras recomendaciones	112
8.1	ANEXO 1 Definiciones de peligro y riesgo usadas en este informe	113
8.2	ANEXO 2 Descripción de peligros geológicos analizados	116
8.2.1	Procesos internos o endógenos de la Tierra.....	116
8.2.2	Procesos Exógenos o Externos de la Tierra.....	126
8.2.3	Zonas de dunas activas.....	139
8.3	ANEXO 3 Hidrología	140

8.3.1	Metodologías utilizadas para la definición de caudales de crecidas en cuencas sin control fluviométrico.....	140
8.3.2	Revisión de antecedentes.....	146
8.3.3	Caudales Máximos Instantáneos.....	151
8.3.5	Precipitaciones Máximas en 24 horas.....	152
8.4	ANEXO 4 Visita Terreno.....	155
8.5	ANEXO 5 Complemento Amenaza de Inundación.....	189
8.5.1	Perfiles Modelos Hidráulicos.....	189
8.5.2	Resultados estimación Coeficiente de Manning.....	191
8.5.3	Resultados Modelo HEC-RAS: río La Ligua.....	199
8.5.4	Resultados Modelo HEC-RAS: Quebrada Los Bueyes.....	199
8.6	ANEXO 6 Catastros de peligros geológicos.....	200
8.6.1	Fuentes de información consultadas.....	200
8.6.2	Catastro de inundaciones terrestres.....	201
8.6.3	Catastro de remociones en masa.....	205
8.6.4	Catastro de peligros locales.....	207
8.6.5	Catastro de sismicidad.....	209

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.2-1 Ubicación área de estudio	10
Ilustración 3.1-1 Dibujo esquemático subducción a la latitud de la comuna de Papudo.....	21
Ilustración 3.1-2 Esquema de la segmentación andina.	22
Ilustración 3.2-1 Unidades Geomorfológicas	24
Ilustración 3.2-2 Carta de elevaciones del sector de Papudo.....	27
Ilustración 3.2-3 Carta de elevaciones del sector de Pullally.....	28
Ilustración 3.2-4 Carta de pendientes del sector de Papudo.	29
Ilustración 3.2-5 Carta de pendientes del sector de Pullally.	30
Ilustración 3.2-6 Unidades geológicas del área de Papudo.....	33
Ilustración 3.2-7 Unidades geológicas del área de Pullally.....	34
Ilustración 3.2-8 Estructuras del entorno del área de estudio.....	35
Ilustración 4.1-1 Ubicación estaciones meteorológicas y fluviométricas.....	36
Ilustración 4.1-2 Cuencas de estudio sector Pullally.....	40
Ilustración 4.1-3 Cuencas de estudio sector Papudo.....	40
Ilustración 4.1-4 Polígonos de Thiessen utilizados en la estimación de precipitaciones.	50
Ilustración 4.2-1 Subcuencas del área de Papudo.	61
Ilustración 4.2-2 Subcuencas del área de Pullally.	62
Ilustración 4.3-1 Extensión topografía.	64
Ilustración 4.3-2 Posición puentes y obras de atraveso en la localidad de Pullally.....	65
Ilustración 4.3-3 Representación Puente FFCC en modelo HEC-RAS (Vistas desde aguas arriba y desde aguas abajo)	66
Ilustración 4.3-4 Representación combinada Puente Pullally y Puente Pullally Calle de Servicio en modelo HEC-RAS (Vistas desde aguas arriba y desde aguas abajo).....	67
Ilustración 4.3-5 Representación obra de atraveso quebrada Los Bueyes en Av. Las Salinas, localidad de Pullally en modelo HEC-RAS (Vistas desde aguas arriba y desde aguas abajo).....	68
Ilustración 4.3-6 Resultados Modelo Inundación T=100 años.....	73
Ilustración 4.3-7: Resultados Modelo Inundación T=10 años	74
Ilustración 5.1-1 Cauce principal del Río La Ligua en sector cercano a la desembocadura y su llanura de inundación.....	77
Ilustración 5.1-2 Inundación invierno 2016 por desborde de río Ligua en sector de calle 4 Oriente.....	77
Ilustración 5.2-1 Escarpe y cárcavas en cabecera de quebrada perpendicular a la Ruta E-244. No se observa cauce de salida de la quebrada.	80
Ilustración 5.2-2 Escarpe en talud camino a La Ligua (Ruta E-30_F).....	81
Ilustración 5.2-3 Ubicación referencial de los eventos de inundación y remociones en masa que han afectado el sector de Pullally durante las últimas décadas.....	82
Ilustración 5.2-4 Ubicación referencial de los eventos de inundación y remociones en masa que han afectado el sector de Papudo durante las últimas décadas.....	83
Ilustración 5.3-1 Terremotos de subducción históricos con magnitud estimada y calculada mayor a 7.2, y sus áreas de ruptura.....	85
Ilustración 6.1-1 Mapa de susceptibilidad de inundaciones por desborde de cauce en el área de Papudo.	93
Ilustración 6.1-2 Mapa de susceptibilidad de inundaciones por desborde de cauce en el área de Pullally.	94
Ilustración 6.1-3 Mapa de susceptibilidad de inundaciones por anegamiento en el área de Papudo.....	96
Ilustración 6.1-4 Mapa de susceptibilidad de inundaciones por anegamiento en el área de Pullally.....	97
Ilustración 6.1-5 Mapa de susceptibilidad de inundaciones litorales en el área de Papudo.	99
Ilustración 6.1-6 Mapa de susceptibilidad de inundaciones litorales en el área de Pullally.	100
Ilustración 6.1-7 Mapa de susceptibilidad a flujos de detritos y/o barro en el área de Papudo.	105
Fuente: Elaboración propia. Ilustración 6.1-8 Mapa de susceptibilidad a flujos de detritos y/o barro en el área de Pullally.....	105
Ilustración 6.1-9 Frecuencia de deslizamientos en función de la pendiente del terreno.....	107

Ilustración 6.1-10 Mapa de susceptibilidad de deslizamientos y caídas de bloques en el área de Papudo.	109
Ilustración 6.1-11 Mapa de susceptibilidad de deslizamientos y caídas de bloques en el área de Pullally.	110
Ilustración 8.1-1 Etapas de la evaluación de un evento geológico peligroso.....	115
Ilustración 8.2-1 Sismicidad mundial entre los años 1980 y 1990, se representan en puntos rojos los epicentros con magnitud >5. Nótese como la sismicidad “ilumina” los límites de las placas tectónicas, dibujados en amarillo	116
Ilustración 8.2-2: Contexto geodinámico y margen de subducción de Chile.....	117
Ilustración 8.2-3: Tipos de sismos que ocurren en un margen de subducción (explicación en el texto).....	118
Ilustración 8.2-4: Tipos de Falla y esfuerzos asociados	118
Ilustración 8.2-5: Tipos de ondas sísmicas.....	119
Ilustración 8.2-6: Amplificación de la vibración generada por un terremoto.....	120
Ilustración 8.2-7: Peligros volcánicos asociados a la erupción de un volcán.....	123
Ilustración 8.2-8: Clasificación de los tipos de inundaciones	126
Ilustración 8.2-9 Mecanismo de formación de un maremoto asociado a un terremoto cuyo epicentro es submarino. A. Sismo genera un pulso vertical que mueve las aguas superficiales. B. Corresponde al momento en que arriba la onda a las costas	129
Ilustración 8.2-10 Comparación entre olas generadas por el viento y el frente de olas de un maremoto.....	129
Ilustración 8.2-11 Mecanismo de generación de maremotos por erupciones volcánicas submarinas.....	129
Ilustración 8.2-12: Mecanismo de generación de maremotos asociado a deslizamientos	131
Ilustración 8.2-13 Elementos básicos considerados en la escala de Magnitud Inamura-lida definida por Wiegel	132
Ilustración 8.2-14: Clasificación de tipos de remoción en masa en relación al movimiento que lo origina y el material constituyente de la ladera	134
Ilustración 8.2-15: Ejemplos de deslizamientos. A. Deslizamiento Rotacional, B. Deslizamiento traslacional	138
Ilustración 8.2-16: Ejemplo de erosión por retroceso de terrazas, aplicado al desarrollo de planicies de abrasión	138
Ilustración 8.3-1 Diagrama método DGA-AC.....	140
Ilustración 8.3-2 Definición Zonas Homogéneas Pluviales, método DGA-AC	141
Ilustración 8.3-3 Puente Pullally Calle de Servicio.....	150
Ilustración 8.3-4 Puente Pullally.....	150
Ilustración 8.4-1 Vista en planta de Papudo	156
Ilustración 8.4-2 Quebrada 21 de Mayo (1)	157
Ilustración 8.4-3 Quebrada 21 de Mayo (2)	157
Ilustración 8.4-4 Quebrada 21 de Mayo (3)	158
Ilustración 8.4-5 Quebrada 21 de Mayo (4)	158
Ilustración 8.4-6 Quebrada El Francés en Punto 2 (1).....	160
Ilustración 8.4-7 Quebrada El Francés en Punto 2 (2).....	161
Ilustración 8.4-8 Quebrada El Francés en Punto 3 (1).....	161
Ilustración 8.4-9 Quebrada El Francés en Punto 3 (2).....	162
Ilustración 8.4-10 Quebrada El Francés en Punto 3 (3).....	162
Ilustración 8.4-11 Quebrada Club de Golf en Punto 4 (1).....	163
Ilustración 8.4-12 Quebrada Club de Golf en Punto 5 (1).....	164
Ilustración 8.4-13 Quebrada Club de Golf en Punto 5 (2).....	164
Ilustración 8.4-14 Quebrada Club de Golf en Punto 6 (1).....	165
Ilustración 8.4-15 Quebrada Club de Golf en Punto 6 (2).....	165
Ilustración 8.4-16 Quebrada Club de Golf en Punto 6 (3).....	166
Ilustración 8.4-17 Quebrada Club de Golf en Punto 6 (4).....	166
Ilustración 8.4-18 Quebrada Club de Golf en Punto 6 (5).....	167
Ilustración 8.4-19 Quebrada Club de Golf en Punto 6 (6).....	167
Ilustración 8.4-20 Quebrada Club de Golf en Punto 7 (1).....	168
Ilustración 8.4-21 Quebrada Club de Golf en Punto 7 (2).....	168

Ilustración 8.4-22 Quebrada Club de Golf en Punto 7 (3).....	169
Ilustración 8.4-23 Quebrada Club de Golf en Punto 7 (4).....	169
Ilustración 8.4-24 Quebrada Club de Golf en Punto 7 (5).....	170
Ilustración 8.4-25 Quebrada Paso del Cultivo en Punto 8 (1).....	171
Ilustración 8.4-26 Quebrada Paso del Cultivo en Punto 9 (1).....	171
Ilustración 8.4-27 Quebrada N°2 en Punto 10 (1).....	172
Ilustración 8.4-28 Quebrada N°2 en Punto 10 (2).....	172
Ilustración 8.4-29 Quebrada N°2 en Punto 10 (3).....	173
Ilustración 8.4-30 Quebrada N°2 en Punto 10 (4).....	173
Ilustración 8.4-31 Quebrada N°2 en Punto 10 (5).....	174
Ilustración 8.4-32 Quebrada N°2 en Punto 11 (1).....	174
Ilustración 8.4-33 Quebrada N°2 en Punto 11 (2).....	175
Ilustración 8.4-34 Estero Agua Salada o El Lilén – Tranque ESVAL (1).....	176
Ilustración 8.4-35 Estero Agua Salada o El Lilén – Tranque ESVAL (2).....	176
Ilustración 8.4-36 Estero Agua Salada o El Lilén – Tranque ESVAL (3).....	177
Ilustración 8.4-37 Estero Agua Salada o El Lilén – Tranque ESVAL (4).....	177
Ilustración 8.4-38 Estero Agua Salada o El Lilén – Humedal Artificial (1).....	178
Ilustración 8.4-39 Estero Agua Salada o El Lilén – Humedal Artificial (2).....	178
Ilustración 8.4-40 Estero Agua Salada o El Lilén – Humedal Artificial (3).....	179
Ilustración 8.4-41 Río La Ligua en Punto 1 (1).....	180
Ilustración 8.4-42 Río La Ligua en Punto 2 (1).....	180
Ilustración 8.4-43 Río La Ligua en Punto 2 (2).....	181
Ilustración 8.4-44 Río La Ligua en Punto 2 (3).....	181
Ilustración 8.4-45 Río La Ligua en Punto 3 (1).....	182
Ilustración 8.4-46 Río La Ligua en Punto 4 (1).....	182
Ilustración 8.4-47 Río La Ligua en Punto 4 (2).....	183
Ilustración 8.4-48 Río La Ligua en Punto 4 (3).....	183
Ilustración 8.4-49 Quebrada los Bueyes en Punto 5 (1).....	184
Ilustración 8.4-50 Quebrada los Bueyes en Punto 5 (2).....	185
Ilustración 8.4-51 Quebrada los Bueyes en Punto 5 (3).....	185
Ilustración 8.4-52 Quebrada los Bueyes en Punto 5 (4).....	186
Ilustración 8.4-53 Quebrada los Bueyes en Punto 6 (1).....	186
Ilustración 8.4-54 Quebrada los Bueyes en Punto 6 (2).....	187
Ilustración 8.4-55 Quebrada los Bueyes en Punto 7 (1).....	187
Ilustración 8.4-56 Quebrada los Bueyes en Punto 7 (2).....	188
Ilustración 8.4-57 Quebrada los Bueyes en Punto 8 (1).....	188
Ilustración 8.5-1: Perfiles Modelos Hidráulicos.....	190
Ilustración 8.5-2: Vistas sector río La Ligua sector aguas arriba del Puente FFCC.....	191
Ilustración 8.5-3: Vistas sector Puente FFCC.....	191
Ilustración 8.5-4: Sector descarga quebrada Los Bueyes.....	193
Ilustración 8.5-5: Sector Puente Pullally.....	194
Ilustración 8.5-6: Quebrada Los Bueyes en cruce Av. Las Salinas, Pullally.....	195
Ilustración 8.5-7: Quebrada Pullally sector medio Pullally.....	196
Ilustración 8.5-8: Quebrada Pullally sector bajo Pullally.....	197
Ilustración 8.6-1 Sismos registrados por la red sismológica mundial entre enero de 1973 y febrero de 2017.	210

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.5-1 Cuadro de homologación “áreas de riesgo” según el artículo 2.1.17 del OGUC.	13
Cuadro 4.1-1 Información disponible en estaciones meteorológicas.	37
Cuadro 4.1-2 Información disponible en estaciones fluviométricas.	38
Cuadro 4.1-3 Superficie de cuencas de estudio.	39
Cuadro 4.1-4 Caudales de crecida Río La Ligua en Quinquimo.	45
Cuadro 4.1-5 Caudales de crecida Cuenca Río La Ligua en Pullally.	46
Cuadro 4.1-6 Características morfológicas de las cuencas.	46
Cuadro 4.1-7 Tiempo de concentración cuencas.	47
Cuadro 4.1-8 Cálculo del coeficiente de escorrentía para la Fórmula Racional – Manual de Carreteras.	47
Cuadro 4.1-9 Caudales de crecida [m ³ /s] estimados a partir de métodos Verni-King.	48
Cuadro 4.1-10 Resultados Análisis de Frecuencia.	49
Cuadro 4.1-11 Precipitaciones máximas en 24 hrs [mm] estimados por Polígonos de Thiessen.	50
Cuadro 4.1-12 Cálculo intensidad de precipitaciones para el tiempo de concentración.	51
Cuadro 4.1-13 Curva de Frecuencia Regional Caudales Medios Diarios Máximos Zona Homogénea Op y Np Pluvial.	51
Cuadro 4.1-14 Caudales de crecida [m ³ /s] estimados a partir de métodos DGA-AC.	52
Cuadro 4.1-15 Caudales de crecida [m ³ /s] estimados a partir de métodos Verni-King.	52
Cuadro 4.1-16 Caudales de crecida [m ³ /s] estimados a partir de Fórmula Racional DGA.	52
Cuadro 4.1-17 Caudales de crecida [m ³ /s] estimados a partir del método del Hidrograma Unitario.	53
Cuadro 4.1-18 Caudales de crecida [m ³ /s] estimados a partir de Fórmula Racional Manual de Carreteras. ...	53
Cuadro 4.1-19 Caudales de crecida [m ³ /s] estimados a partir de métodos precipitación escorrentía.	54
Cuadro 4.1-20 Caudales Seleccionados.	55
Cuadro 4.2-1 Cálculo de caudales de crecida [m ³ /s] para las 48 subcuencas del sector de Papudo, estimados a partir de la Fórmula Racional DGA.	57
Cuadro 4.2-2 Cálculo de caudales de crecida [m ³ /s] para las 44 subcuencas del sector de Pullally, estimados a partir de la Fórmula Racional DGA.	59
Cuadro 4.3-1 Estimación del coeficiente de Manning utilizando el método de Cowan, para los distintos grupos de perfiles en cada modelo.	69
Cuadro 4.3-2 Condiciones de Borde [m ³ /s].	70
Cuadro 4.3-3 Caudales de modelación [m ³ /s].	70
Cuadro 5.1-1 Catastro de sectores afectados por inundación por desborde de cauce.	77
Cuadro 5.1-2 Catastro de sectores afectados por inundación por anegamiento.	78
Cuadro 5.1-3 Catastro de calles propensas a inundación por recolección de aguas lluvia.	78
Cuadro 5.2-1 Catastro de zonas en las que se han identificado caídas de rocas o deslizamientos.	81
Cuadro 5.3-1 Datos de terremotos históricos de magnitud superior a 7.5 ocurridos en la zona.	84
Cuadro 5.4-1 Sismos de Ms ≥ 7,0 en la región central del país y su relación con maremotos.	86
Cuadro 6.1-1 Resumen de criterios generales para la asignación de rangos de Susceptibilidad de inundación por desborde de cauce.	91
Cuadro 6.1-2: Definición preliminar de criterios de zonificación con base en las unidades geológicas y los resultados del modelo numérico (río la Ligua).	91
Cuadro 6.1-3: Definición preliminar de los criterios de zonificación con base en las unidades geológicas y los resultados del modelo numérico (quebrada Los Bueyes).	91
Cuadro 6.1-4 Resumen de criterios generales para la asignación de rangos de Susceptibilidad de flujos de detritos y/o barro.	103
Cuadro 8.2-1: Peligros asociados al volcanismo.	125
Cuadro 8.2-2 Escala de grados de maremotos según Inamura (1942, 1949).	131
Cuadro 8.2-3 Escala de grados de maremoto según lida (1963).	132
Cuadro 8.2-4 Escala de grados de maremoto según Inamura e lida; transcrita por Wiegel (1970).	132

Cuadro 8.3-1 Curva de frecuencia de coeficiente empírico V Región para aplicación de Verni y King modificado	142
Cuadro 8.3-2 Coeficientes de Distribución para el Hidrograma Unitario Sintético	144
Cuadro 8.3-3 Coeficientes de escorrentía (C) para T = 10 años	146
Cuadro 8.3-4 Zonas de protección para quebradas ZRQ1	148
Cuadro 8.3-5 Zonas de protección para quebradas ZRQ2	148
Cuadro 8.3-6 Caudal Máximo Instantáneo estación Río Ligua en Quinquimo	151
Cuadro 8.3-7 Precipitaciones Máximas Anuales en 24 horas (1)	152
Cuadro 8.3-8 Precipitaciones Máximas Anuales en 24 horas (2)	153
Cuadro 8.3-9 Precipitaciones Máximas Anuales en 24 horas (3)	154
Cuadro 8.5-1: Estimación de rangos del coeficiente de Manning utilizando el método de Cowan	198
Cuadro 8.5-2: Estimación del coeficiente de Manning utilizando el método de Cowan, para los distintos perfiles	198
Cuadro 8.6-1: Publicaciones científicas y libros consultados para la elaboración del catastro de peligros geológicos que han afectado a la comuna de Papudo.	200
Cuadro 8.6-2: Artículos de prensa consultados para la elaboración del catastro de peligros geológicos que han afectado a la comuna de Papudo.	200
Cuadro 8.6-3: Sitios web consultados para la elaboración del catastro de peligros geológicos que han afectado a la comuna de Papudo.	200
Cuadro 8.6-4: Escala de intensidad de daños para inundaciones terrestres	201
Cuadro 8.6-5 Catastro de Inundaciones que han afectado a la comuna de Papudo y sus alrededores	202
Cuadro 8.6-6: Escala de intensidad de daños para remociones en masa	205
Cuadro 8.6-7 Catastro de Remociones en masa que han afectado a la comuna de Papudo y sus alrededores	206
Cuadro 8.6-8 Catastro de sectores afectados por algún peligro geológico.	207
Cuadro 8.6-9 Escala modificada de Mercalli de intensidades de sismos	211
Cuadro 8.6-10 Terremotos que han afectado los alrededores del área de estudio.	213

1 INTRODUCCIÓN

Este documento corresponde al Estudio Fundado de Riesgos para el “Estudio Actualización Plan Regulador Comunal de Papudo” en la Subetapa 2.1 Diagnóstico Integrado, que forma parte de la Etapa II “Diagnóstico Integrado y Formulación y evaluación de Alternativas de Estructuración Territorial”. Incluye la metodología a utilizar durante el estudio, líneas de base geomorfológica, geológica, hidrológica y climática, un catastro de los peligros que han afectado a la comuna y sus alrededores, un diagnóstico de los peligros geológicos reconocidos, la zonificación de cada uno de los peligros geológicos identificados y, por último, se entrega una serie de recomendaciones acerca de planificación dadas acorde a las condiciones y peligros presentados en la comuna de Papudo.

Los resultados corresponden a la identificación y zonificación de las áreas susceptibles a ser afectada por un peligro natural de acuerdo a las definiciones expuestas en el Sección 8.1 “ANEXOS

ANEXO 1 Definiciones de peligro y riesgo usadas en este informe”. Los resultados se presentan en forma de mapas de susceptibilidad y cuadros resumen, según la nomenclatura propuesta por la OGUC¹. La zonificación aquí presentada sirve de base para definir las áreas de riesgo y zonas no edificables para la formulación de los respectivos instrumentos de planificación territorial (IPT).

1.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a la comuna de Papudo, ubicada en la Provincia y Región de Valparaíso. La comuna de Papudo tiene una superficie de 165,6 km², y limita al norte y al este con la comuna de La Ligua, al sur con la comuna de Zapallar y al oeste con el Océano Pacífico (Ilustración 1.2-1).

La delimitación y definición de las áreas de estudio, tanto como las escalas de trabajo utilizadas, se detallan en la Sección 1.3.

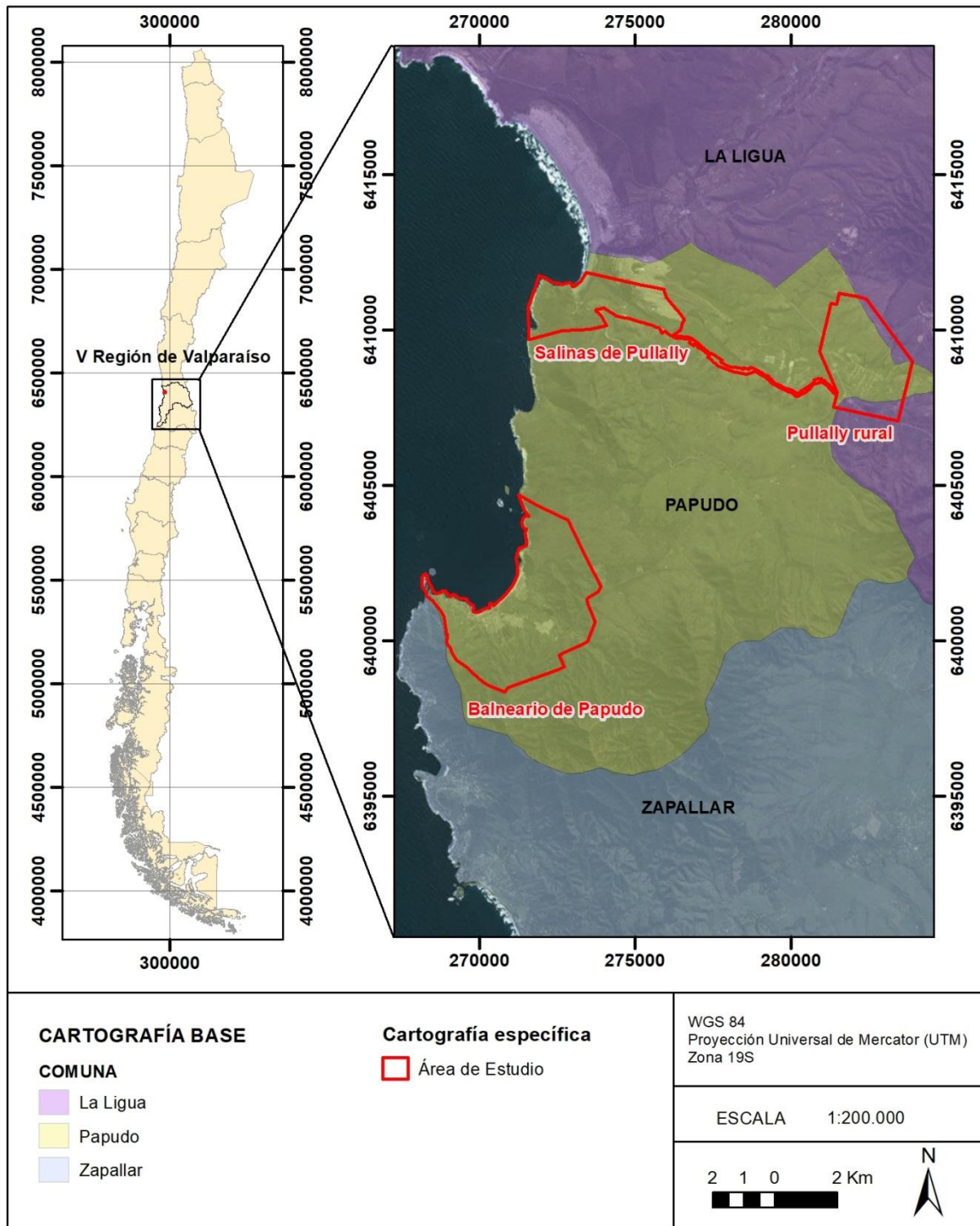
1.2 OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es elaborar un estudio fundado de riesgos geológicos que acompañe y entregue criterios para el desarrollo del estudio “Actualización del Plan Regulador Comunal de Papudo”.

Como objetivo particular se requiere reconocer y delimitar las áreas de riesgos, de acuerdo a los criterios y definiciones expuestos en el artículo 2.1.17 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, que han de ser incorporadas y/o adecuadas en el desarrollo de la Actualización del Plan Regulador Comunal de Papudo.

¹ Versión 4 Marzo 2016.

Ilustración 1.2-1 Ubicación área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

1.3 DEFINICIÓN DE ÁREAS DE ESTUDIO Y ESCALAS DE TRABAJO

El área de estudio, ocupa una extensión de 324,6 km², distribuidos en tres sectores: el balneario de Papudo, la localidad rural de Pullally y el sector de las salinas de Pullally (Ilustración 1.2-1). Para el desarrollo de este estudio se cuenta con una restitución a escala 1:1.000, por lo cual tanto la línea de base como los mapas de susceptibilidad para cada peligro geológico han sido caracterizados a escala 1:5.000.

1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES

En este estudio se analizan los peligros geológicos relacionados a factores desencadenantes y condicionantes de orden físico natural, por ejemplo: la ocurrencia de un deslizamiento en el sustrato inestable de una ladera escarpada, originado por la agitación de fuerte sismo. Sin embargo, existen situaciones en las que las condiciones naturales (factores condicionantes) han sido modificadas debido a la intervención antrópica; tales como taludes o cortes de terrenos realizados para la edificación. Estas alteraciones se ven reflejadas en el modelo de pendientes, y su regulación se encuentra sujeta a estudios de ingeniería específicos.

Se identificaron y evaluaron los factores condicionantes para cada uno de los peligros geológicos analizados (sismos, remociones en masa e inundaciones por desborde de cauces y canales). Con lo cual es posible zonificar las áreas susceptibles a ser afectadas por alguno de estos peligros geológicos, de acuerdo a las definiciones presentadas en el Sección 8.1.

La zonificación se llevó a cabo para el área de estudio a una escala 1:5.000; considerando que la restitución está disponible a escala 1:1.000, y teniendo en cuenta que la mayor parte de la información geológica está a una escala mayor a 1:250.000. Se debe destacar que los resultados de este trabajo no deberían ser utilizados a una escala más detallada que la de referencia.

Como parte del diagnóstico de riesgos del territorio urbano y de extensión urbana, con énfasis en los riesgos por inundaciones terrestres (por desborde de cauces naturales y anegamiento) y los fenómenos de remoción en masa (flujos de barro, caída de bloques y deslizamientos), se presentan como resultado tanto mapas de catastro de peligros como mapas de factores condicionantes (geológicos y morfométricos). A partir del análisis de estos antecedentes, se generaron mapas de susceptibilidad a escala 1:5.000 para los peligros de flujo, de remoción en masa, de inundaciones por desborde de cauce, inundaciones por anegamiento e inundaciones litorales.

1.5 MARCO JURÍDICO

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), en su apartado 2.1.17 "Disposiciones complementarias" indica que: "En los planes reguladores podrán definirse áreas restringidas al desarrollo urbano, por constituir un riesgo potencial para los asentamientos humanos. Dichas áreas, se denominarán "zonas no edificables" o bien, "áreas de riesgo", según sea el caso, como se indica a continuación:

- Por "zonas no edificables", se entenderán aquéllas que por su especial naturaleza y ubicación no son susceptibles de edificación, en virtud de lo preceptuado en el inciso primero del artículo 60° de la Ley General de Urbanismo y Construcciones. En estas áreas sólo se aceptará la ubicación de actividades transitorias.
- Por "áreas de riesgo", se entenderán aquellos territorios en los cuales, previo estudio fundado, se limite determinado tipo de construcciones por razones de seguridad contra desastres naturales u otros semejantes, que requieran para su utilización la incorporación de obras de ingeniería o de otra índole, suficientes para subsanar o mitigar tales efectos.

En el marco de este informe, las “áreas de riesgo” son definidas como las zonas susceptibles a ser afectadas por un peligro geológico, puesto que la zonificación fue realizada a partir de mapas de susceptibilidad y de factores condicionantes (ver las definiciones presentadas en la Sección 8.1 “ANEXO 1 Definiciones de peligro y riesgo usadas en este informe”).

En el Cuadro 1.5-1 se presentan los peligros naturales identificados por el artículo 2.1.17 de la OGUC y la homologación con la nomenclatura internacional utilizada por este informe². A continuación, se desglosan los anexos donde se definen estos peligros geológicos y los criterios de zonificación a utilizar.

- Apartado 1 del artículo 2.1.17 de la OGUC: Zonas inundables o potencialmente inundables, debido entre otras causas a maremotos o tsunamis, a la proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos.

De acuerdo a las definiciones utilizadas en este informe, el Apartado 1 del artículo 2.1.17 de la OGUC corresponde a los peligros geológicos de inundaciones terrestres, ya sea por desborde de cauces naturales o por anegamiento.

Este tópico que se explica conceptualmente en la Sección 8.2.2a) “Inundaciones Terrestres y Litorales”. La zonificación de susceptibilidad de estos peligros en las áreas de estudio general y específica se presenta en la Sección 6.1.2 (“Inundaciones por anegamiento”) y Sección 6.1.3 (“Inundaciones litorales”).

- Apartado 2 del artículo 2.1.17 de la OGUC: Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.

El Apartado 2 del artículo 2.1.17 de la OGUC corresponde a los peligros geológicos de remociones en masa (caída de bloques, deslizamientos y flujos de barro y detritos) y los procesos litorales de erosión acentuada. Estos se explican conceptualmente en la Sección 8.2.2b) “Procesos de Remoción en Masa”. La zonificación de susceptibilidad de estos peligros en el área de estudio general y específica se presenta en la Sección 6.1.4 (“Remociones en masa”).

- Apartado 3 del artículo 2.1.17 de la OGUC: Zonas con riesgo de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas.

Dentro de este apartado definido por la OGUC se analizan conceptualmente los procesos endógenos internos de la tierra, descritos en la Sección 8.2.1a) “Sismicidad” y Sección 8.2.1b) “Volcanismo”. El área de estudio no se encuentra expuesta al peligro de volcanismo (ver Sección 6.2). Por otro lado el peligro sísmico se considera no zonificable por los motivos que se presentan en la Sección 6.2.

² La nomenclatura utilizada en este informe se basa en las definiciones propuesta por la ONU, UNESCO y SERNAGEOMIN, entre otros, y que se tomaron de Varnes (1984), ONU/EIRD (2004), PMA-GAC (2007) JTC-1 (2008).

Cuadro 1.5-1 Cuadro de homologación “áreas de riesgo” según el artículo 2.1.17 del OGUC.

“Áreas de riesgo” según artículo 2.1.17 de la OGUC	Peligros Geológicos estudiados en este informe		Sección de este informe
1. Zonas inundables o potencialmente inundables, debido entre otras causas a maremotos o tsunamis, a la proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos	Inundaciones terrestres	Por desborde de cauce	0
		Anegamiento	6.1.2
	Inundaciones litorales	Maremoto	6.1.3
2. Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas	Remociones en masa	Flujo de detritos y/o barro.	6.1.4
		Procesos de ladera (deslizamientos y caídas de bloques)	
3. Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas	Sismicidad	-	6.2.1
	Volcanismo	Flujos de piroclastos	No aplica
		Caída de piroclastos	
Coladas de lava			

Fuente: Elaboración propia en base a la normativa 2.1.17.

2 METODOLOGÍA

El estudio fundado de riesgos busca reconocer y delimitar las áreas que pueden ser afectadas por los distintos peligros existentes en la comuna en base a criterios objetivos. Para lograr lo anterior, la metodología de trabajo debe incluir las actividades, que se enumeran a continuación.

- Caracterización del área de estudio, mediante las líneas de base de geología y geomorfología y los estudios de inundación (hidrológico e hidráulico), que buscan describir los factores que inciden en la ocurrencia de los peligros existentes en el área.
- Catastro de peligros geológicos que han afectado el área, para conocer las zonas que han sido afectadas por los distintos peligros geológicos. Para lo cual se realizó una recopilación bibliográfica de los antecedentes históricos disponibles en la literatura (libros, publicaciones científicas y prensa).
- Diagnóstico de los peligros que pudieran afectar al área, para conocer las zonas que presentan condiciones favorables para la ocurrencia de los peligros existentes.
- Zonificación de los peligros, mediante mapas.

La escala de análisis a utilizar debe ser la misma que se propuso al inicio del trabajo, es decir, 1:5.000 para toda el área de estudio.

2.1 LÍNEA DE BASE

La caracterización de la geología y la geomorfología tiene como objetivo caracterizar las unidades de rocas, los depósitos, las estructuras geológicas y las formas presentes en la comuna y particularmente en el área de estudio, para identificar las zonas que han sido afectadas por los distintos peligros de origen geológico y reconocer las zonas que presentan condiciones favorables para la ocurrencia de éstos.

En este contexto, se construyeron las líneas de base de geología y geomorfología a partir de antecedentes bibliográficos, que se complementaron con información topográfica de detalle, el análisis e interpretación de imágenes satelitales (fotointerpretación) y observaciones realizadas en las visitas a terreno.

Los antecedentes bibliográficos utilizados como base para construir la línea de base de geología y geomorfología son:

- Rivano et al. 1993. Hojas Quillota y Portillo. Carta Geológica de Chile N° 73. Escala 1:250.000. Sernageomin.
- Mapa geológico de Chile, escala 1:1.000.000 (SERNAGEOMIN, 2003).

Los estudios antes mencionados presentan algunos problemas que dificultan su utilización de manera directa. La primera de estas dificultades tiene que ver con las escalas a las que se generaron los resultados en estos antecedentes, que son mucho menores que las escalas de análisis propuestas para este estudio. La segunda es que no se diferencian las unidades de depósitos no consolidados son un nivel de detalle suficiente. Para solucionar esto, se refinó la geología en base a los levantamientos topográficos y a imágenes satelitales, y posteriormente se verificaron los resultados obtenidos en terreno.

Los levantamientos topográficos utilizados fueron realizados por DIGIMAPAS Ltda., a una escala 1:1000 en el área de estudio.

Por otra parte, las imágenes satelitales utilizadas para la fotointerpretación, corresponden a las empleadas como base para la construcción de la topografía, la cual se complementó con imágenes de dominio público (Google Earth y Bing Maps).

Por último, el equipo especialista realizó una visita a terreno durante los días 12 y 13 de septiembre del 2017, con los objetivos de reconocer las zonas que han sido afectadas por los peligros existentes en la comuna, y por otro lado de verificar y refinar el mapeo geológico.

En base a la información anterior se construyeron los mapas geológicos según las escalas definidas, para lo cual se diferenciaron las unidades de roca consolidada y los depósitos sedimentarios presentes en la zona analizada. Las unidades de roca se diferenciaron por litología y edad, de acuerdo a la información disponible en los antecedentes recopilados. Las unidades de depósitos no consolidados se diferenciaron y caracterizaron según edad, y ambiente de depositación, diferenciando depósitos fluviales, aluviales, coluviales, de remoción en masa, lacustres y fluvio-aluviales antiguos. Además, se elaboró, a escala regional, una cartografía de las estructuras geológicas reconocidas.

La caracterización geomorfológica se realizó a dos escalas, una regional, a partir de recopilación bibliográfica, y otra local, en base en la interpretación de imágenes satelitales y de mapas de elevación y parámetros morfométricos del área de estudio (pendiente, relieve local, entre otros) que permitieron identificar las principales formas del terreno. Los mapas morfométricos resultantes se presentan como figura dentro del texto del Informe y no se presentan en formato papel como plano fuera de texto, ya que para efectos del estudio, sólo tiene interés el dato generado en cada cuadro de la retícula del DEM.

2.2 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA

Las caracterizaciones hidrológica e hidráulica se llevan a cabo con la finalidad de identificar y modelar el comportamiento de los caudales más importantes y de este modo identificar las zonas más propensas a sufrir inundaciones.

2.2.1 Caracterización hidrológica

a) Revisión de Antecedentes

Se realizó una revisión de antecedentes que aportaran información relacionada a la hidrología de la zona y fundamentalmente a la determinación de eventos máximos. Esta revisión incluye la estadística hidrológica de las estaciones hidrométricas cercanas a la zona, considerando datos fluviométricos y meteorológicos, desde la base de datos de la DGA o de estudios anteriores, de los siguientes parámetros:

- Precipitaciones máximas en 24 horas
- Caudales instantáneos máximos anuales

Adicionalmente, se contempló la revisión de antecedentes que aporten información relacionada con la determinación de eventos máximos, proveniente de organismos públicos, centros de estudio, tesis, etc. Los estudios analizados fueron los siguientes:

- Plan Regulador Comunal de Papudo (Vigente), Dirección de Obras Municipales, Municipalidad de Papudo (1969, 1992, 1995)
- Proyecto de Actualización Plan Regulador Comunal de Papudo (No finalizado), Consultora Cecilia Vidal (2000, 2006)
- Actualización y Reformulación del Plan Intercomunal de Valparaíso, Satélite Borde Costero Norte - V Región de Valparaíso, URBE Arquitectos, diseño y gestión urbana (1996, 2012)

- Descripción General puente Pullally y Puente Pullally Calle de Servicio, Dirección de Vialidad - Unidad de Ingeniería - Área de Puentes y Estructuras (2004)

En la Sección 8.3.2 se presenta la información relevante de cada estudio.

b) Visita a Terreno

Se realizó una visita a la zona de estudio para visualizar en terreno las características de la morfología de las cuencas, las coberturas, los tipos de suelo, y la revisión e identificación de los cauces que atraviesan las zonas en estudio, y sus principales características respecto a rugosidades, tipo de lecho, granulometría, entre otros.

c) Delimitación de Cuencas

Se trazaron los límites de las cuencas y la red de drenaje y se definieron parámetros morfológicos de las cuencas asociadas a los cauces a caracterizar, utilizando información SIG imágenes satelitales y modelos de elevación digital. Se revisó la delimitación propuesta en los estudios precedentes, y se realizaron las modificaciones correspondientes en caso de existir nuevos antecedentes.

d) Definición de caudales de crecida

Para la definición de caudales de crecida, se analizaron las estadísticas extremas de la pluviometría, y fluviometría asociadas a los cauces que atraviesan la zona en estudio. En función de las características de los datos recopilados, se definió si deben ser rellenados y la metodología a utilizar.

En el caso de cuencas con control fluviométrico, a partir de un análisis estadístico se definieron caudales de crecida para períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años en las estaciones seleccionadas, y posteriormente en puntos característicos de cada zona de estudio, utilizando el método de transposición de caudales. Este método queda definido por:

$$Q_2 = \frac{Q_1}{A_1} \cdot A_2 \quad \text{Ecuación 1}$$

donde:

- Q_1 : Caudal estimado en estación base (m^3/s)
- Q_2 : Caudal en punto a caracterizar (m^3/s)
- A_1 : Área cuenca aportante a la estación base (m^2)
- A_2 : Área cuenca aportante al punto a caracterizar (m^2)

En el caso que las precipitaciones medias presenten importantes diferencias, la relación anterior se puede modificar por un coeficiente que pondere los diferentes valores de lluvia en las cuencas.

$$Q_2 = \frac{Q_1}{A_1} \cdot A_2 \cdot \frac{Pp_2}{Pp_1} \quad \text{Ecuación 2}$$

donde:

- Pp_1 : Precipitación media en cuenca aportante a estación base (mm)
 Pp_2 : Precipitación media en cuenca aportante a punto a caracterizar (mm)

Estos caudales fueron utilizados, posteriormente, para los análisis hidráulicos.

En el caso de las cuencas sin control fluviométrico se utilizaron relaciones de precipitación esorrentía, a partir de las precipitaciones máximas en 24 horas, de acuerdo a la distribución espacial de las estaciones en la cuenca. Para ello se estimaron las precipitaciones máximas en 24 horas para periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años mediante análisis de frecuencia. Posteriormente, se aplicaron las metodologías definidas en el "Manual de Cálculo y Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin información fluviométrica" (DGA, 1995), en que se plantea básicamente la aplicación de tres fórmulas empíricas para el cálculo de crecidas en cuencas pluviales a partir de la información pluviométrica y las características morfológicas de cada cuenca, en que se aplican parámetros relativos a cada región. Los métodos utilizados son DGA-AC, Verni y King modificado, Fórmula Racional DGA e Hidrograma Unitario. Adicionalmente se ha considerado la Fórmula Racional definida de acuerdo al Manual de Carreteras Volumen N°3 Instrucciones y Criterios de Diseño. La metodología específica de cada uno de los métodos se detalla en la Sección 8.3.1.

2.2.2 Caracterización hidráulica

La modelación hidráulica se desarrolló utilizando el software HEC-RAS en una dimensión. Dadas las características de las cuencas estudiadas, un modelo en una dimensión permite establecer los límites de la inundación provocada por las crecidas de los cauces estudiados.

a) Topografía

La modelación hidráulica requiere de perfiles topobatimétricos que representen las distintas secciones del cauce. Para ello y a partir de un levantamiento aerofotogramétrico realizado con anterioridad a este estudio (vuelo del 4 de agosto de 2015, en escala 1:1000) se generaron perfiles cada 50 metros o menos, en función de las singularidades del cauce. De manera adicional, en zonas particulares como puentes o sectores irregulares del cauce, se incorporó su topografía en función de información contenida en estudios anteriores toda vez que dicha información no fue levantada para el presente estudio. Los tramos intermedios de los cauces fueron interpolados mediante las herramientas disponibles en el software HEC-RAS. Cabe destacar que el levantamiento aerofotogramétrico considera la altura del espejo de agua en los cuerpos de agua, sin embargo, y de acuerdo a la fotografía tomada el mismo día del vuelo, el río y las quebradas se encontraban secas cuando este fue realizado.

b) Coeficiente de Rugosidad

Para caracterizar la rugosidad se utilizó el coeficiente de Manning, presentado por el ingeniero irlandés Robert Manning, según el cual la ecuación de flujo está dada por:

$$\frac{Q \cdot n}{\sqrt{i}} = A \cdot R_h^{\frac{2}{3}}$$

donde:

Q	:	Caudal (m ³ /s)
n	:	Coefficiente de Manning
i	:	Pendiente (m/m)
A	:	Área (m ²)
R_h	:	Radio Hidráulico

Existen diversos factores que afectan al coeficiente de rugosidad de Manning, entre los que destacan la rugosidad superficial (el tamaño y la forma de los granos), la presencia de vegetación, las irregularidades, el alineamiento, el tamaño y la forma del canal, la sedimentación y la socavación, las obstrucciones, el cambio estacional, etc. No existe un método exacto que permita determinar el coeficiente de Manning, pero si distintas metodologías entre las cuales se encuentran las dos utilizadas a continuación.

En primer lugar, se tienen en la literatura valores tabulados de coeficientes de Manning para distintos ríos o tipos de lechos (Ven te Chow (1959) y Harry Barnes (1967)). Dichas tablas incluyen descripciones y fotografías que permiten comparar los antecedentes con los lechos observados y determinar de esa forma el coeficiente que mejor representa a cada sección.

En segundo lugar, Cowan (1956) desarrolló un procedimiento para estimar el valor del coeficiente de Manning, el cual queda dado por:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m_5$$

donde:

n	:	Coefficiente de Manning
n_0	:	Valor básico de n para un canal recto, uniforme y liso en los materiales naturales involucrados
n_1	:	Corrección por efecto de las rugosidades superficiales
n_1	:	Corrección por la variación de forma y tamaño de la sección transversal
n_3	:	Corrección debido a las obstrucciones
n_4	:	Corrección por presencia de vegetación
m_5	:	Consideración del efecto de los meandros

La determinación del Manning se realizó a partir de los antecedentes recopilados durante la visita a terreno, de los valores utilizados en los estudios anteriores y utilizando imágenes satelitales.

c) Condiciones de Borde y Régimen de Flujo

Debido a que se desconoce a priori el régimen de flujo de los distintos cauces en el área de estudio, el modelo permite simular un régimen mixto, determinado la condición durante el proceso. Para ello es necesario incorporar condiciones de borde tanto aguas arriba como aguas abajo. Se tomaron como condiciones de borde la altura normal, para lo que se consideran las pendientes de terreno determinadas, o la altura de agua de otros cauces que condicionen el escurrimiento del cauce estudiado, según correspondía.

d) Condiciones de flujo

Se utilizaron los caudales definidos en el estudio hidrológico, considerando el caudal total en el punto de inicio del cauce modelado.

e) Construcción del Modelo

Utilizando los antecedentes recopilados se construyeron los modelos para la quebrada de Bueyes y para el río La Ligua. Se utilizó por una parte los perfiles provenientes del levantamiento topográfico y los perfiles intermedios de los cauces fueron interpolados mediante las herramientas disponibles en el software HEC-RAS, disponiendo además de la pendiente del terreno proveniente de la cartografía.

f) Análisis de Resultados

El modelo HEC-RAS entrega como resultado la altura y velocidad de flujo, así como el ancho superficial. Con esta información, fue posible determinar los límites de inundación para los distintos cauces por sector. Además, fue posible analizar el tipo de régimen y la influencia de las singularidades en los cauces.

2.3 CATASTRO DE PELIGROS GEOLÓGICOS

El hecho que un sector en particular haya sido afectado en el pasado por algún peligro geológico en particular es un indicativo de que dicho sector puede ser afectado por una situación similar. Por esta razón se construyó un catastro de los peligros geológicos que han afectado a la comuna o a sectores cercanos a ella en base a antecedentes provenientes de diversas fuentes, lo que fue complementado con la información entregada por el encargado de emergencias de Papudo.

Las fuentes utilizadas para la construcción del catastro fueron:

- Publicaciones científicas, estudios técnicos y trabajos de recopilación histórica
- Artículos periodísticos.
- Páginas web
- Información entregada por el encargado de emergencia de la municipalidad durante visita a terreno realizada el 12 y 13 de septiembre del 2017.

El catastro recopila, para cada evento, información acerca de la fecha de ocurrencia, tipo de peligro, descripción del evento, intensidad y zonas afectadas. En nivel de detalle de la información depende del grado de información existente y, por lo general, para los eventos más recientes se tienen descripciones más detalladas y más exactas. De esta manera, los peligros catastrados son:

1. Inundaciones terrestres: se consideraron los eventos generados por temporales o deshielos cordilleranos que generaron inundaciones y que tuvieron efectos directos en las comunidades.
2. Remociones en masa: se consideraron los eventos generados por temporales que originaron inundaciones y/o algún tipo de remoción en masa dentro de la misma comuna de Papudo y/o sus alrededores y que tuvieron efectos directos en las comunidades.
3. Sismos históricos: se consideraron los sismos, obtenidos a partir de información bibliográfica, cuyos epicentros se ubicaron cercanos a la costa de la V región, o cuyos efectos afectaron directamente la zona.

Cabe aclarar que este catastro contiene eventos desde el 1570 hasta la actualidad. Sin embargo el registro histórico es notoriamente menor para los siglos pasados; por lo tanto se han incluido en el catastro la descripción de eventos ocurridos fuera del área de estudio, sobre todo para los años previos a la fundación (1857).

Los antecedentes recopilados se sistematizaron en tablas y/o mapas, y se presentan en el Capítulo 4.3.

2.4 ZONIFICACIÓN DE LOS PELIGROS ANALIZADOS

A partir de la integración de la información contenida en la caracterización del área de estudio (líneas de base de geología y geomorfología y estudio hidrológico), el catastro de peligros geológicos, y los resultados del modelo hidráulico (para el caso de inundaciones por desborde de cauce), fue posible identificar las características físicas que controlan la ocurrencia de peligros geológicos en el área de estudio.

El conocimiento de tales características (factores condicionantes y desencadenantes) permitió establecer criterios para la zonificación y categorización de distintos grados de susceptibilidad (moderado, alto o muy alto) de cada uno de los peligros geológicos zonificables a los que está expuesta el área de estudio.

Finalmente, se construyeron mapas de zonificación de la susceptibilidad para cada uno de los peligros analizados (inundaciones por desborde de cauce, inundaciones por anegamiento, remociones en masa, flujo de barro y detritos, deslizamientos y caída de bloques, y tsunamis).

3 LÍNEA DE BASE

3.1 MARCO GEODINÁMICO

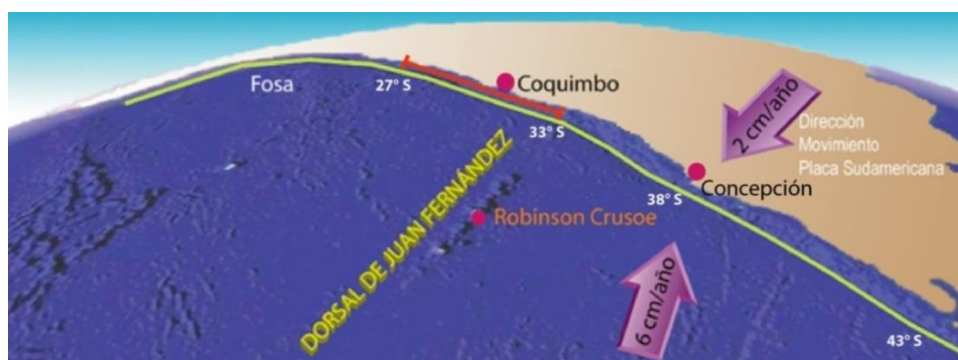
Chile se ubica en un margen convergente de placas tipo océano-continente (Ilustración 3.1-1), donde la Placa Oceánica de Nazca subducta a la Placa Continental Sudamericana bajo su margen occidental. Esta subducción, cuya tasa actual de convergencia se estima en 8 cm/año (DeMets, Gordon, Argus, & Stein, 1994), se reconoce activa desde, al menos, el Jurásico (Ramos, et al. (1986), Mpodozis y Ramos (1989)) y ha tenido variaciones en la tasa de convergencia durante el Eoceno – Mioceno que van desde 5 a 15 cm/año (Somoza, 1998).

La región entre los 27°S y los 33°S (aproximadamente) corresponde a la zona de subducción plana, debido a los efectos que produce la subducción del Ridge de Juan Fernández. Esta característica controla la morfología, magmatismo y tectónica de esta latitud (Charrier, Pinto, & Rodríguez, 2007). El área de estudio se encuentra alrededor de los 32°27' S, es decir estaría enmarcada dentro del esquema de segmentación andina en el límite entre una zona de subducción plana y una zona de subducción normal hacia el sur (PMA-GCA, 2007). En este contexto se destacan las siguientes características:

- La costa oeste de la placa Sudamericana tiene, al norte de los 33°S, un rumbo aproximado NS, mientras que hacia el sur tiene un rumbo aproximado N20°E.
- En el segmento entre los 27°S y los 33°S no hay desarrollo de una Depresión Central, ni registro de volcanismo cuaternario en la Cordillera Principal.
- En Argentina al norte de los 32°S se desarrollan las Sierras Pampeanas, que están asociadas a una intensa sismicidad cortical superficial en Argentina y al ensanchamiento del orógeno.
- En la zona de subducción plana la placa de Nazca se dispone en un ángulo bajo (~10°) entre los 100 y 150 km de profundidad (Isaacks, 1988; Ramos, Cristallini, & Pérez, 2002; PMA-GCA, 2007). Mientras que en las zonas de subducción normal se encuentra más inclinada (~30°E).

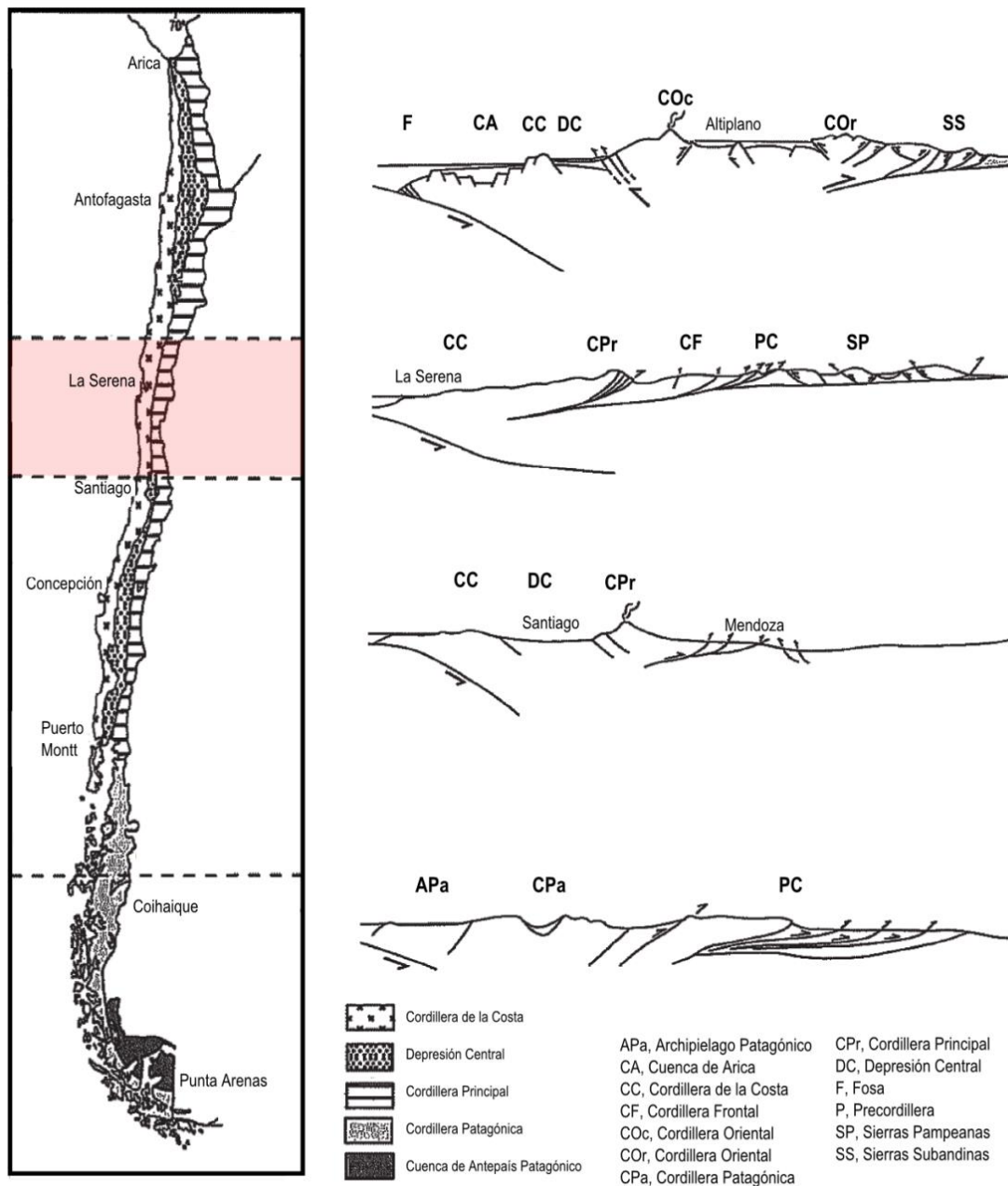
La dinámica que ocurre entre la placa subductada y la placa continental, trae consigo una serie de efectos directos e indirectos sobre el margen chileno, tales como: terremotos de gran magnitud, estructuras tectónicas de gran escala, generación de un arco volcánico activo, entre otros (Barrientos S. , 1980; 1997). En la Ilustración 3.1-2 se destaca la configuración dada para la latitud en la zona de Papudo.

Ilustración 3.1-1 Dibujo esquemático subducción a la latitud de la comuna de Papudo



Fuente: Elaboración propia (2017). Se aprecia la Dorsal de Juan Fernández, y el lugar donde es subductada frente a los 33° S. La línea amarilla señala la fosa (lugar donde subducta la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana), la línea roja indica la ubicación del segmento de subducción plana (entre los 27° y 33° S) y las flechas muestran las direcciones y velocidades de convergencia entre ambas placas.

Ilustración 3.1-2 Esquema de la segmentación andina.



Fuente: Modificado de Charrier *et al.* (2007). La franja coloreada representa la zona de subducción plana y la ausencia de volcanismo activo reciente. El área de estudio se ubica en el margen inferior de esta franja.

3.2 MARCO GEOMORFOLÓGICO

3.2.1 Caracterización regional

El segmento entre los 27°S y los 33°S, llamado zona de valles transversales, no se desarrolla la unidad geomorfológica de Depresión Central (la cual se reconoce en el resto de Chile) y, por lo tanto, no es posible diferenciar entre la Cordillera de la Costa y la Cordillera Principal (Charrier, Pinto, & Rodríguez, 2007).

Por lo tanto, el área de estudio, localizada entre los 32°24'S y los 32°31'S, se encuentra dentro de una zona de transición geomorfológica entre la zona de valles transversales, y la región al sur del Cordón de Chacabuco, donde comienza a desarrollarse la Depresión Central.

Para el segmento comprendido entre los 30° S y 33° S, Paskoff (1970) describe cuatro grandes unidades de relieve (Ilustración 3.2-1):

- **Franja Litoral:** Unidad de altura y ancho variable, fluctuando este último parámetro entre algunos centenares de metros y decenas de kilómetros. Se caracteriza por la presencia de una serie de terrazas marinas (generalmente tres), labradas sobre rocas de diversos tipos (metamórficas, granitos y areniscas recientes poco consolidadas).
- **Cordillera de la Costa:** Cadena montañosa más próxima al mar, compuesta por cerros que rara vez sobrepasan los 2.000 m s. n. m. Se conforma por unidades volcánicas, volcано - sedimentarias e intrusivas cuyas edades van desde el Triásico hasta el Cretácico Inferior, presentando un relieve de suaves lomajes labrados, sobre los cuales se depositó la Formación Confluencia durante el Neógeno.
- **Media Montaña:** Cadena discontinua con cumbres que alcanzan alturas variables entre los 1000 y 3000 m s. n. m. Se desarrolla aproximadamente hasta los 70°45' W, dando paso a la Alta Cordillera hacia el este. Se conforma principalmente por unidades volcано-sedimentarias y pórfidos del Cretácico.
- **Alta Cordillera o Cordillera Principal:** cadena elevada y maciza, cuyas cumbres sobrepasan los 4000 m s. n. m., con alturas máximas que superan los 6000 m s. n. m. En esta unidad se observan vestigios de la acción reciente de glaciares y es donde se identifican las mayores pendientes. Se conforma por intrusivos cretácicos a cenozoicos, y unidades volcánicas y sedimentarias cenozoicas.

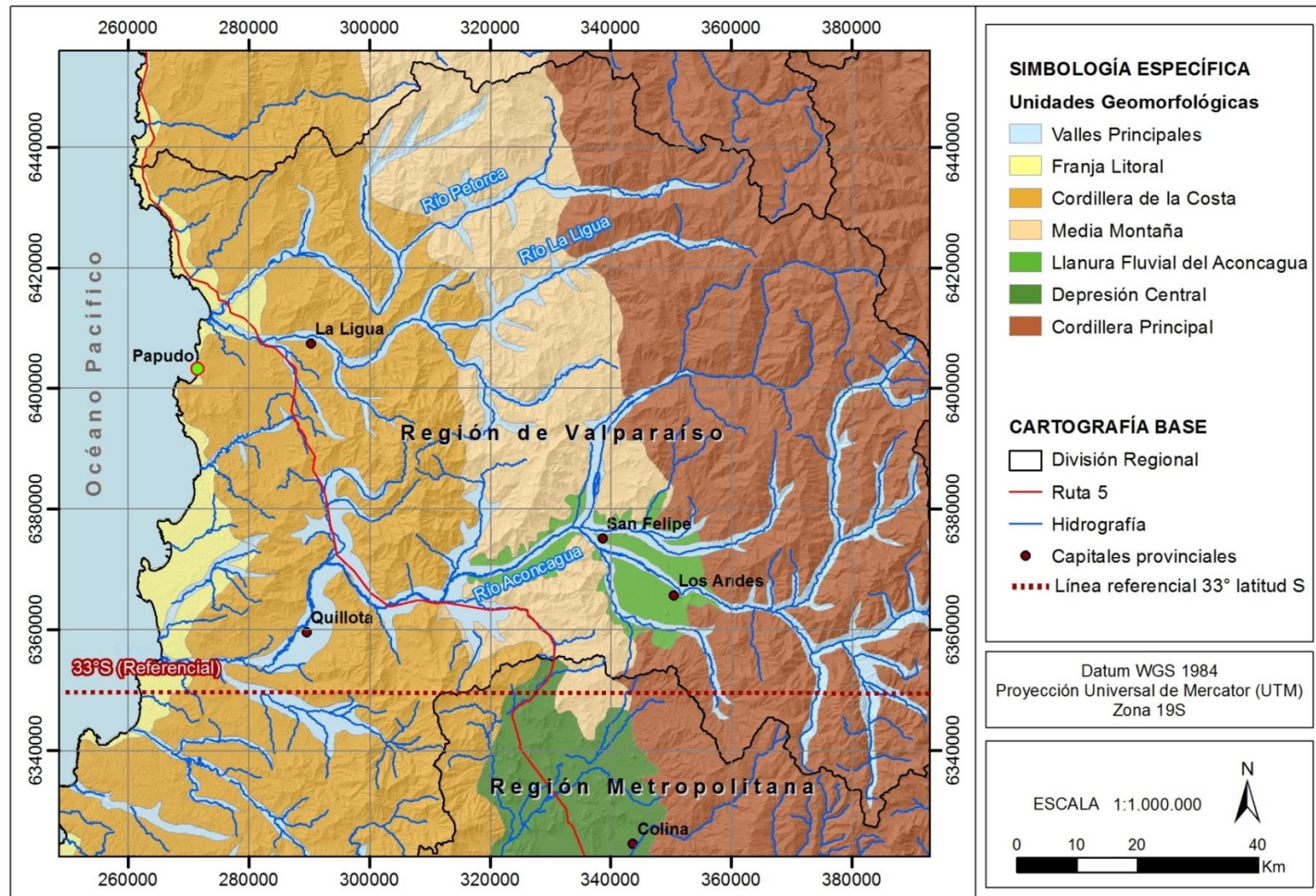
Como se observa en la Ilustración 3.2-1, en este segmento el paso de la Cordillera de la Costa hacia la Cordillera Principal se da de forma gradual a través de la Media Montaña, sin poder identificarse claramente la **Depresión Central**, a diferencia de lo que ocurre al sur de los 33° S.

Además, se desarrollan morfologías aquí denominadas "**Valles Principales**" o conocidas regionalmente como Valles Transversales. Corresponden a valles fluviales que en sus cursos inferiores escurren aproximadamente de este a oeste y aguas arriba se ramifican formando una red con tributarios dendríticos que escurren en varias direcciones (Ilustración 3.2-1).

A veces, en sus cursos medios los valles principales presentan mayor desarrollo, formando pequeñas cuencas interiores que en este trabajo son denominadas "llanuras fluviales", tal como ocurre en el valle del río Aconcagua o "**Llanura fluvial del Aconcagua**" (Ilustración 3.2-1). En su curso inferior los ríos se caracterizan por la existencia de un sistema de terrazas fluviales (generalmente constituido por tres niveles) que en las proximidades del litoral engranan con plataformas costeras.

A nivel regional, el área de estudio se encuentra inmersa en el sector litoral incorporando tanto un sector de la Cordillera de la Costa como una playa perteneciente a la Franja Litoral.

Ilustración 3.2-1 Unidades Geomorfológicas



Fuente: Elaboración propia a partir de modelo de elevación digital AsterGDEM.

3.2.2 Formas reconocidas localmente

Los procesos geomorfológicos que construyen las distintas geoformas del área de estudio dan origen a distintos depósitos no consolidados que se describen más adelante, en la Sección 3.2.4c) “Depósitos no consolidados” y la cartografía de estas unidades morfo-geológicas se presenta en la Ilustración 3.3 1.

El sector rural de Pullally se desarrolla en la ribera norte del río La Ligua, en una zona de transición entre la Cordillera de la Costa y la Franja Litoral. El sector llamado Salinas de Pullally se ubica al pie de una ladera de la Cordillera de la costa, frente a la confluencia y desembocadura los ríos La Ligua y Petorca y del estero Las Salinas, en el sector de playa Las Salinas. Por otro lado, el balneario de Papudo se ubica en una zona entre montañas de la Cordillera de la Costa, en la cual se desarrolla una pequeña una pequeña playa, principalmente modelada por la interacción marino - aluvial desarrollada en la desembocadura del estero Agua Salada (o Lilén).

Tanto el estero Agua Salada como el río La Ligua, desarrollan dos niveles de terraza (T1 y T2), diferenciados por escarpes de al menos 2 metros entre ellos en Pullally y 1 metro en Papudo, siendo la T1 la más reciente y próxima al cauce actual, y la T2 la más antigua y alta. Hacia el estero Agua Salada, confluyen las aguas provenientes de la quebrada del Tigre, en la cual se presentan los mismos niveles de terrazas que en el estero Agua Salada. En el estero Las Salinas sólo de desarrolla la T1.

La unidad geomorfológica que representa el cauce actual del río La Ligua y del estero Las Salinas (y su llanura de inundación) está caracterizada en los depósitos fluviales actuales; en el sector de Pullally. Esta unidad se dispone como una franja de ancho variable (menor a 130 m) que se extiende por más de 15 km aprox., siendo desviado su cauce por vastos depósitos eólicos. Por otro lado, el estero Agua Salada, se presenta más encajonado, de a lo más 40 m de ancho, y en el sector central del área de estudio (de Papudo) desarrolló una laguna. Ambos drenajes se encuentran encajonados en la unidad de depósitos fluviales aterrizados, que ocasionalmente corta a los abanicos aluviales que descienden desde las quebradas tributarias.

Al pie de las laderas se acumulan abanicos aluviales actuales (y recientes) cuyo tamaño depende directamente (aunque no únicamente) del tamaño de la hoya hidrográfica aportante; estos toman una forma semi-cónica, debido a que se van depositando gradualmente debido al desconfinamiento y al cambio de pendiente que sufren al llegar al pie de las laderas. Los depósitos aluviales recientes se pueden presentar como abanicos de baja pendiente y gran extensión horizontal, o bien como terrazas sedimentarias que se disponen encajonando a los depósitos aluviales actuales a lo largo de los cauces intermitentes de las quebradas.

En general los abanicos aluviales pueden estar ligados a procesos de remociones en masa que han sido encauzados por la quebrada, tales como: flujos de detritos o barro, deslizamientos, caídas de rocas, corrimientos de tierra, etc.; los que a su vez pueden ser gatillados por sismos o lluvias. Por otro lado, la forma más plana y extensa de los depósitos aluviales aterrizados, está relacionada con la interacción de procesos asociados a transgresiones y regresiones marinas.

El desarrollo de la franja litoral a lo largo de la ladera occidental de la Cordillera de la Costa, debe su origen a la erosión proporcionada por medio de la erosión fluvial en conjunto con la erosión marina, cuya interacción ha dejado planicies litorales emergidas, exponiendo depósitos litorales antiguos y actuales tanto en el balneario de Papudo como en Salinas de Pullally.

En medio de la Cordillera de la Costa destaca una morfología asociada a antiguas terrazas aluviales, que se elevan por sobre el relieve de las terrazas fluviales por hasta 10 metros en Papudo y hasta 50 metros en Pullally. Estos depósitos se relacionan a la Formación Confluencia (Rivano & Sepúlveda, 1991).

Sobre las unidades de roca se generan procesos de ladera (ej. de meteorización, erosivos o gravitacionales), que dan origen al material de relleno que conforma las geoformas descritas anteriormente. Las laderas del sector de Papudo son más altas y alcanzan mayores pendientes que las del sector norte (Pullally).

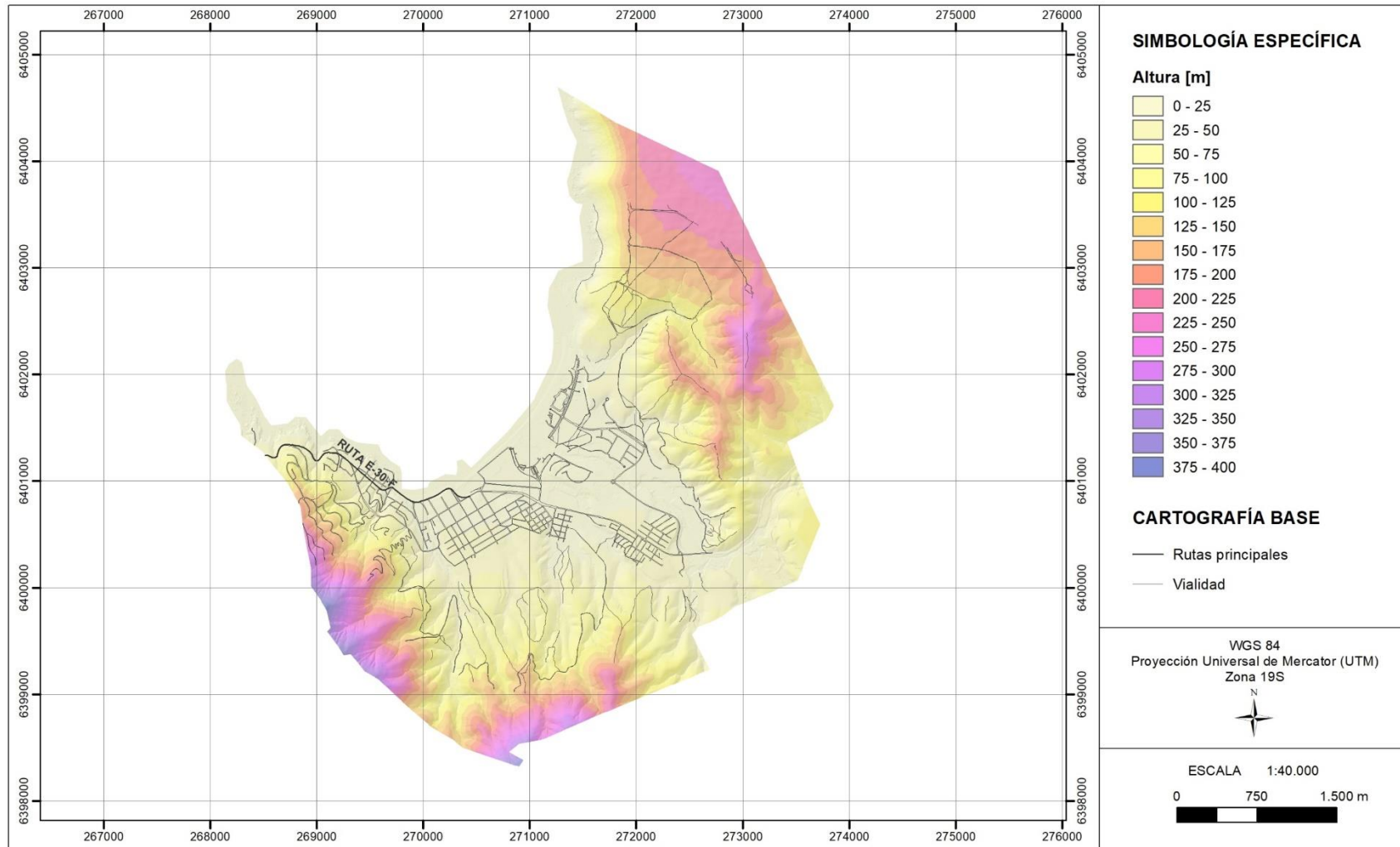
3.2.3 Parámetros morfométricos

El área de estudio se emplaza en el sector costero, en medio de un ambiente de estuario encajonado por la Cordillera de la Costa, presentando suaves relieves y elevaciones que fluctúan entre los 0 y los 305 m s. n. m.

El área de estudio de Pullally se encuentra inmersa en la geomorfología labrada por el valle del Río La Ligua, por lo cual es más llano, y alcanza alturas inferiores a 125 m s. n. m. Mientras que Papudo involucra sectores más altos de la Cordillera de la Costa. Esta información se ve reflejada en las cartas de elevaciones de Pullally y Papudo (Ilustración 3.2-3 e Ilustración 3.2-2), generadas a partir de las curvas de nivel disponibles para la zona de estudio.

Por otro lado se observa que las pendientes más altas (mayores a 35°) se encuentran en el Acantilado Costero así como también en quebradas secundarias del sector Papudo (Ilustración 3.2-4 e Ilustración 3.2-5).

Ilustración 3.2-2 Carta de elevaciones del sector de Papudo.



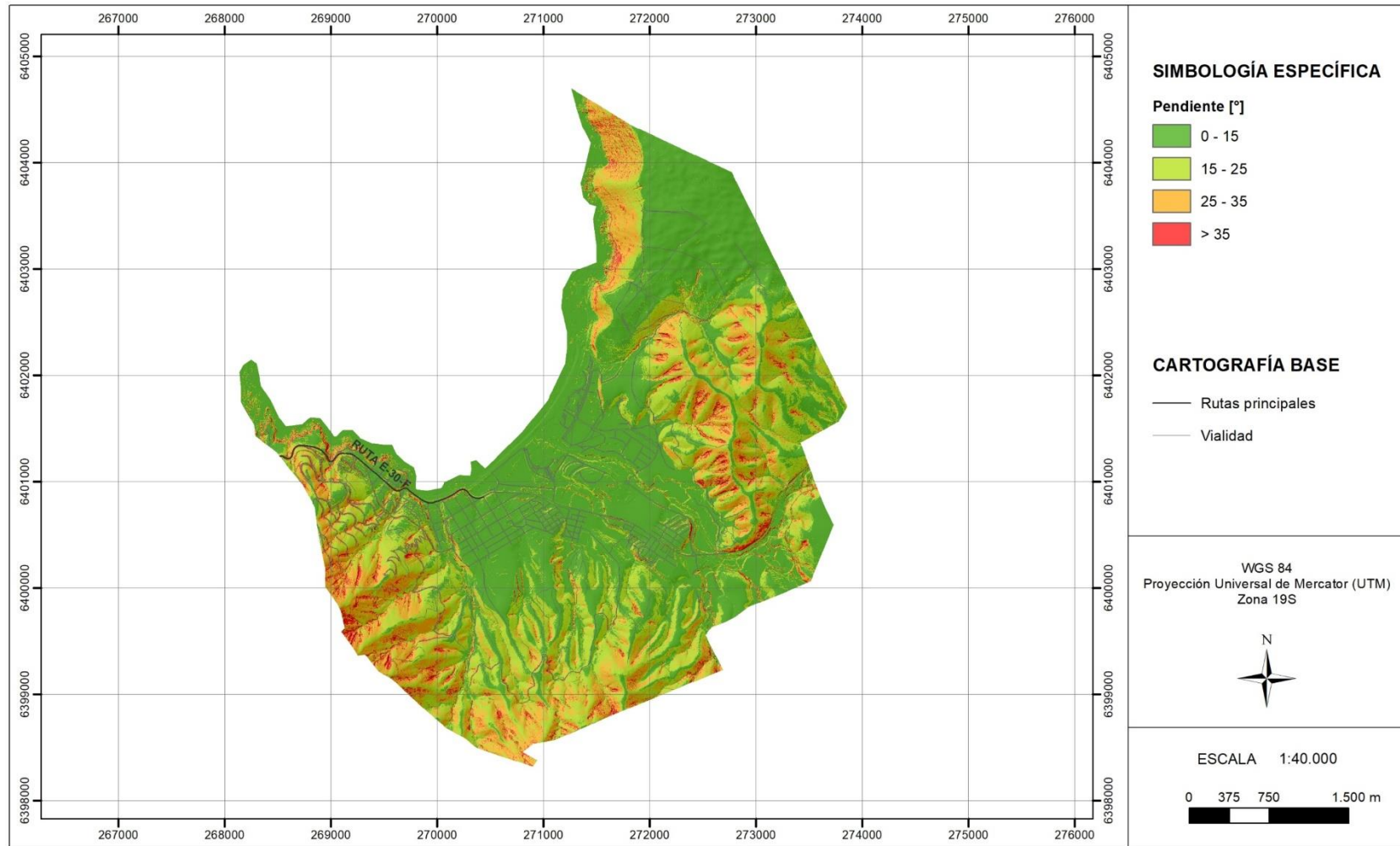
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 3.2-3 Carta de elevaciones del sector de Pullally.



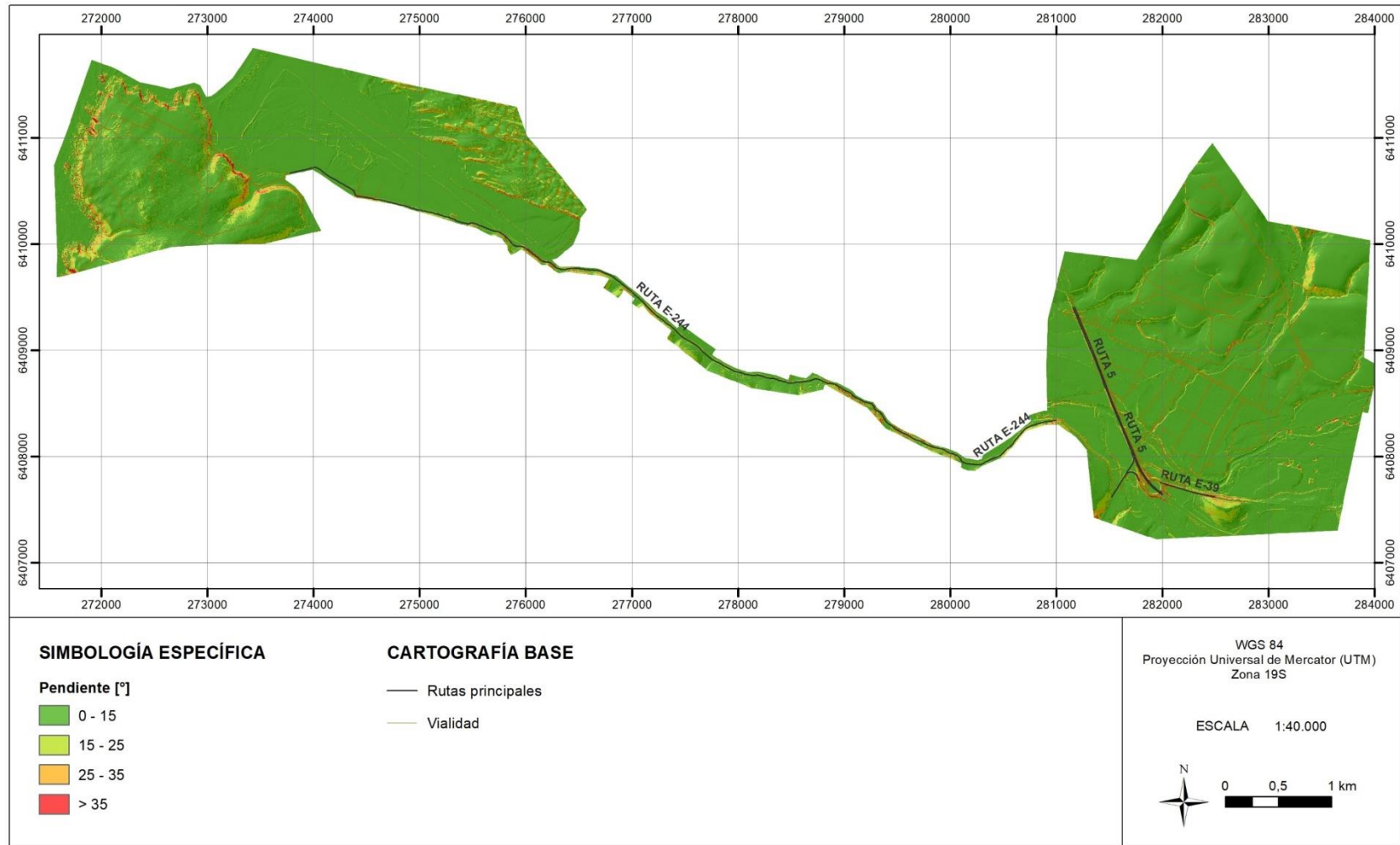
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 3.2-4 Carta de pendientes del sector de Papudo.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 3.2-5 Carta de pendientes del sector de Pullally.



Fuente: Elaboración propia.

3.2.4 Geología del área de estudio

En las Ilustración 3.2-6 e Ilustración 3.2-7 se presentan los mapas geológicos del área de estudio, a modo referencial, a escala 1:40.000, para los sectores de Papudo y Pullally respectivamente. Fuera de texto, se presentan a escala 1:10.000, en los planos 1 y 2, respectivamente.

a) Unidades de rocas

Superunidad Mincha (Rivano, Sepulveda, Boric, & Espiñeira, 1993)

La Superunidad Mincha se extiende de norte a sur por toda la zona litoral de la IV y V regiones. Localmente, los afloramientos de la Cordillera de la Costa pertenecen a la Unidad Cavilovén tanto en Papudo como Pullally, y a la Unidad Puerto Oscuro en Pullally. La Unidad Cavilovén está conformada por granodioritas y tonalitas de biotita y hornblenda de color gris claro de edad jurásica media a superior (144 a 170 Ma.); mientras que la unidad Puerto Oscuro, de color gris verdoso a gris oscuro, se compone de dioritas a monzodioritas cuarcíferas del Jurásico Inferior y Medio (187 a 171 Ma.).

b) Depósitos semi-consolidados

Formación Confluencia (Rivano & Sepúlveda, Hoja Illapel, Región de Coquimbo, 1991)

Corresponde a una unidad de gravas, arenas y limos, semiconsolidados, continentales, de origen fluvio aluvial, de edad miocena a pliocena. Se expone en los valles principales cubriendo discordantemente las unidades rocosas más antiguas de la Cordillera de la Costa y Media Montaña. En el área de estudio se presenta en el valle del río La Ligua, en el sector de Pullally, y en el sector central del área de estudio de Papudo.

c) Depósitos no consolidados (Pleistoceno-Holoceno)

Se reconocen en este tramo depósitos fluviales, aluviales, eólicos, litorales y lacustres.

i) Depósitos fluviales:

Corresponde a los sedimentos que se concentran principalmente en el cauce del río La Ligua, estero Las Salinas y estero Jaururo en Pullally, y al estero Agua Salada en Papudo. De acuerdo con sus rasgos morfológicos, se identificaron 2 unidades:

Depósitos fluviales aterrazados: Unidad de sedimentos aterrazados a lo largo de los márgenes de la unidad de depósitos fluviales actuales de los esteros Agua Salada, Las Salinas, Jaururo y del río La Ligua. Se identifican al menos dos niveles de terraza (depósitos fluviales aterrazados 1 y 2), que se caracterizan por la presencia de gravas, arenas y limos. La terraza 1 se dispone entre alturas aproximadas de 2 y 4 metros con respecto al cauce principal (Depósitos fluviales aterrazados 1), mientras que la terraza 2 lo hace entre alturas de 3 y 6 metros (Depósitos fluviales aterrazados 2). Los depósitos aluviales que descienden desde las quebradas laterales, tienden a engranar con esta unidad, o bien la sobreyacen.

Depósitos fluviales actuales: Corresponden a sedimentos no consolidados que rellenan el fondo de los valles principales, cuya depositación ha estado controlada por la actividad de sus cauces fluviales. Esta unidad se compone de gravas, arenas y limos, ubicados tanto en el curso actual del río La Ligua, estero Las Salinas, Jaururo y Agua Salada, como en sus llanuras de inundación. El canal que contiene a estos depósitos, no suele superar los 2 metros de altura con respecto al cauce principal.

ii) Depósitos aluviales:

Depósitos aluviales recientes: Corresponde a los sedimentos que rellenan el fondo de las quebradas que tributan hacia las llanuras (valles de los ríos principales y planicies litorales), y cuya depositación ha estado controlada por la actividad de sus cauces. Estos depósitos tienden a formar abanicos aluviales en aquellos sectores donde las quebradas desembocan hacia dichas llanuras, debido al cambio de pendiente de los cursos de agua (lugar donde los flujos tienden a perder energía de transporte y derramar su material aluvial). En general, para la zona de estudio, estos depósitos engranan tanto con la unidad de depósitos litorales actuales y antiguos, como con los depósitos fluviales aterrizados.

Esta unidad se presenta como abanicos aluviales bien formados, de relieve suave, que tienen hasta 140 m en su eje transversal, o bien como amplias y extensas llanuras aluviales de morfología aterrizada, de hasta más de 500 metros de largo en su eje transversal.

Depósitos aluviales actuales: Esta unidad geológica conforma el cuerpo de los abanicos aluviales que descienden desde las quebradas tributarias (generalmente esporádicas) hacia las llanuras, y suele presentarse encajada en la unidad de depósitos aluviales recientes, o en la de depósitos fluviales aterrizados. Corresponde a sedimentos provenientes de la erosión de las quebradas por medio de procesos hídricos, mecánicos y gravitacionales. Los depósitos más representativos de esta unidad conforman pequeños abanicos aluviales de hasta ca.40 m en su eje transversal, llegando a ser mucho mayores los de las quebradas que desembocan hacia la planicie litoral (hasta ca.100 m).

iii) Depósitos eólicos

Corresponden depósitos sedimentarios, cuyo tamaño va desde limo hasta arena gruesa, que son transportados por el viento y se encuentran conformando dunas. Se encuentran cubriendo la ladera occidental del acantilado labrado sobre las unidades rocosas de la cordillera de la costa.

iv) Depósitos litorales

Corresponden a sedimentos, principalmente de tamaño arena, cuya depositación fue controlada por las corrientes costeras, relleno de las partes más bajas del ambiente estuarial. De acuerdo a su edad y distancia a la línea de costa actual, se separaron en dos tipos:

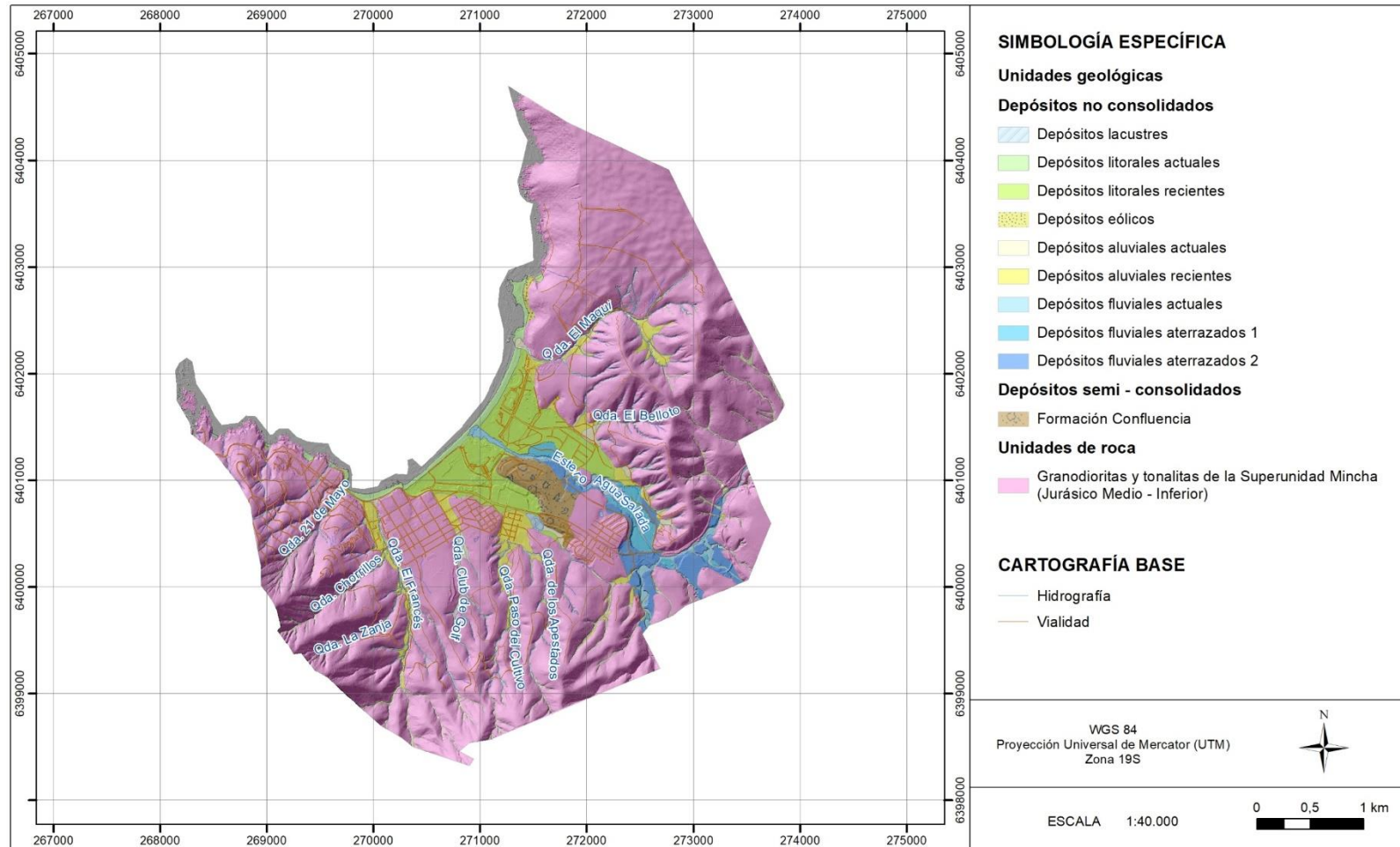
Depósitos litorales recientes: corresponden a los sedimentos que se disponen en el entorno del ambiente estuarial dado por la desembocadura de del río La Ligua y del estero Agua Salada.

Depósitos litorales actuales: Se disponen en una franja paralela a la línea de costa actual, conformando el sustrato de las planicies litorales de la zona.

v) Depósitos lacustres

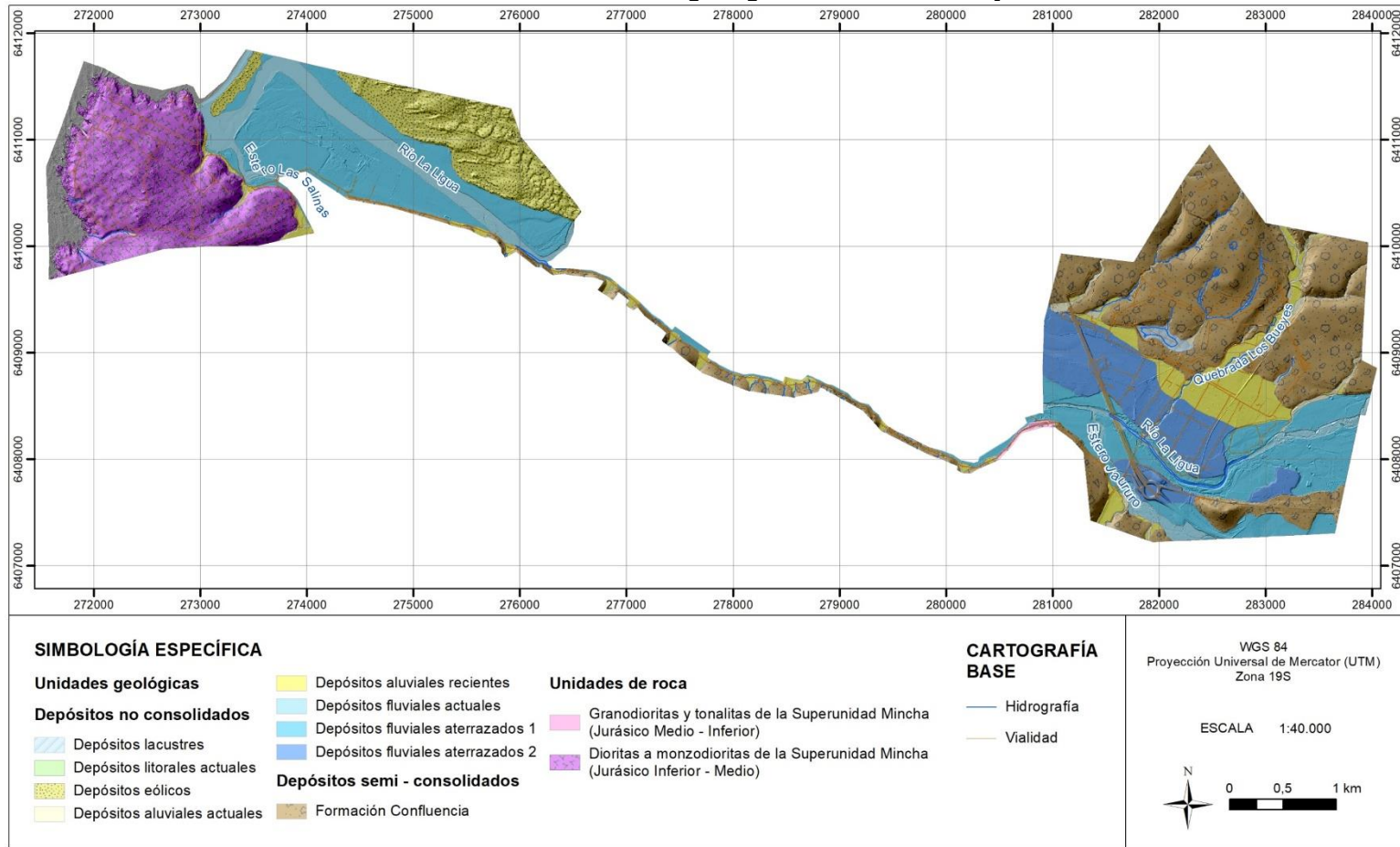
Corresponden a sedimentos de grano fino (arcillas y limos) que se disponen en sectores de lagunas (tanto en Pullally como Papudo), y también en el sector del Tranque Agua Salada (en Papudo).

Ilustración 3.2-6 Unidades geológicas del área de Papudo



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 3.2-7 Unidades geológicas del área de Pullally

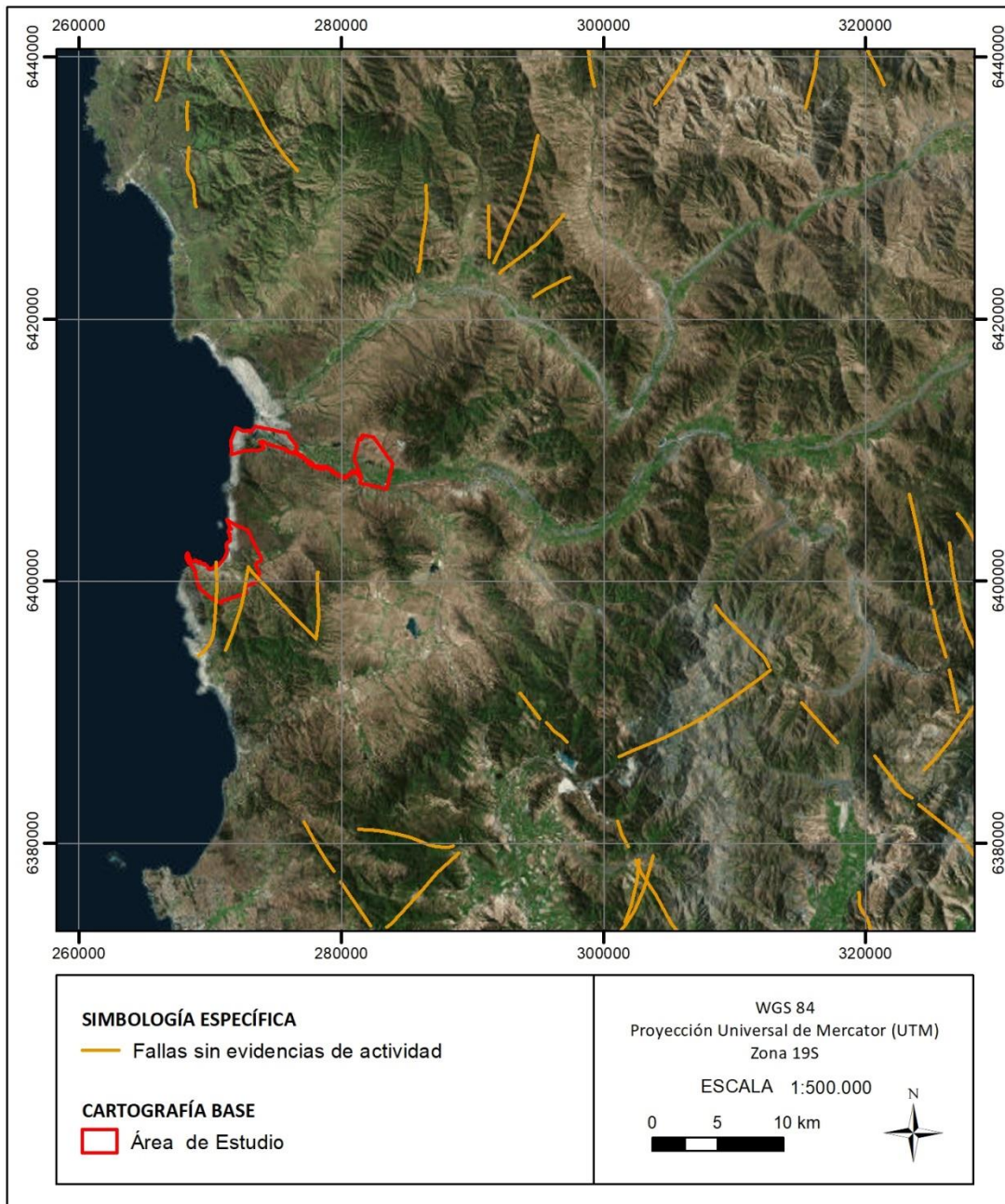


Fuente: Elaboración propia.

3.2.5 Estructuras

Dentro del área de estudio no se describen estructuras geológicas activas que puedan afectar a la zona con sismos corticales u otros peligros asociados a ellos, tal como muestra la Ilustración 3.2-8.

Ilustración 3.2-8 Estructuras del entorno del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

4 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA

4.1 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LAS CUENCAS

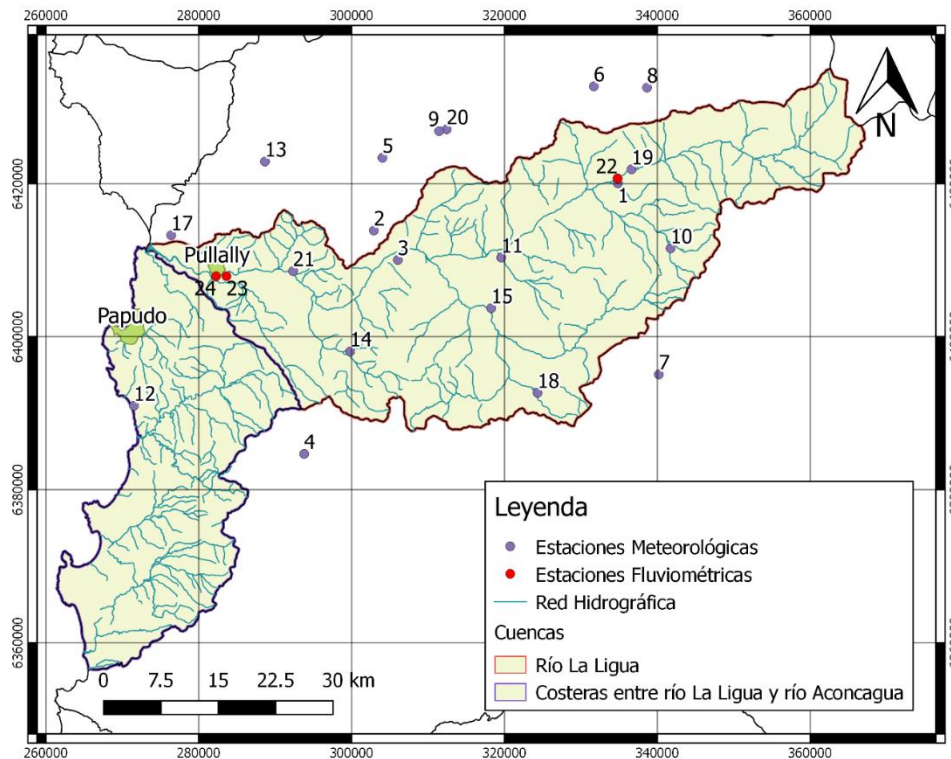
4.1.1 Clima

El clima en la comuna de Papudo se clasifica como Templado cálido con estación seca prolongada de 8 a 7 meses y gran nubosidad. El régimen pluviométrico es básicamente frontal, con precipitaciones que acumulan, en promedio, del orden de 270 mm al año, manifestándose mayormente en los meses de mayo a agosto, cuando precipita entre el 80% y el 90% del total anual.

4.1.2 Información Hidrometeorológica

Se recopiló la información meteorológica y fluviométrica de la red de estaciones de monitoreo de la Dirección General de Aguas (DGA). En la Ilustración 4.1-1 se presenta la ubicación de todas las estaciones meteorológica y fluviométrica de la red de estaciones de monitoreo de la Dirección General de Aguas (DGA), mientras que la extensión del registro, así como el número de meses con información en cada estación se presenta en el Cuadro 4.1-1 para las estaciones meteorológicas y en el Cuadro 4.1-2 para las estaciones fluviométricas. La información recopilada corresponde, en el caso de las precipitaciones, a valores diarios, valores máximos anuales en 24 horas y valores mensuales. En el caso de las estaciones fluviométricas se consideraron valores diarios instantáneos y máximos instantáneos, así como valores mensuales.

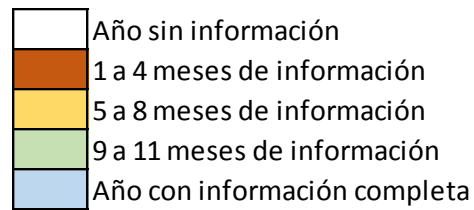
Ilustración 4.1-1 Ubicación estaciones meteorológicas y fluviométricas.



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.1-2 Información disponible en estaciones fluviométricas.

NUM	ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA	1970 - 1979					1980 - 1989					1990 - 1999					2000 - 2009					2010 - 2017									
22	RÍO ALICAHUE EN COLLIGUAY																														
23	RÍO LIGUA EN PLACILLA																														
24	RÍO LIGUA EN QUINQUIMO																														



Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Delimitación y caracterización de cuencas

Como fue mencionado en la Sección 1.3, son tres los sectores que forman parte del área de estudio, cada uno de los cuales se relaciona a una cuenca hidrográfica diferente; según la división administrativa de la DGA (1) el balneario de Papudo, se desarrolla dentro de las cuencas Costeras entre río La Ligua y río Aconcagua; (2) la localidad rural de Pullally se desarrolla por completo en la cuenca perteneciente al río La Ligua; y (3) el sector de las salinas de Pullally pertenece a la cuenca del río La Ligua. En particular, en la localidad de Pullally se identifican las cuencas menores estero Jaururo y la quebrada Los Bueyes.

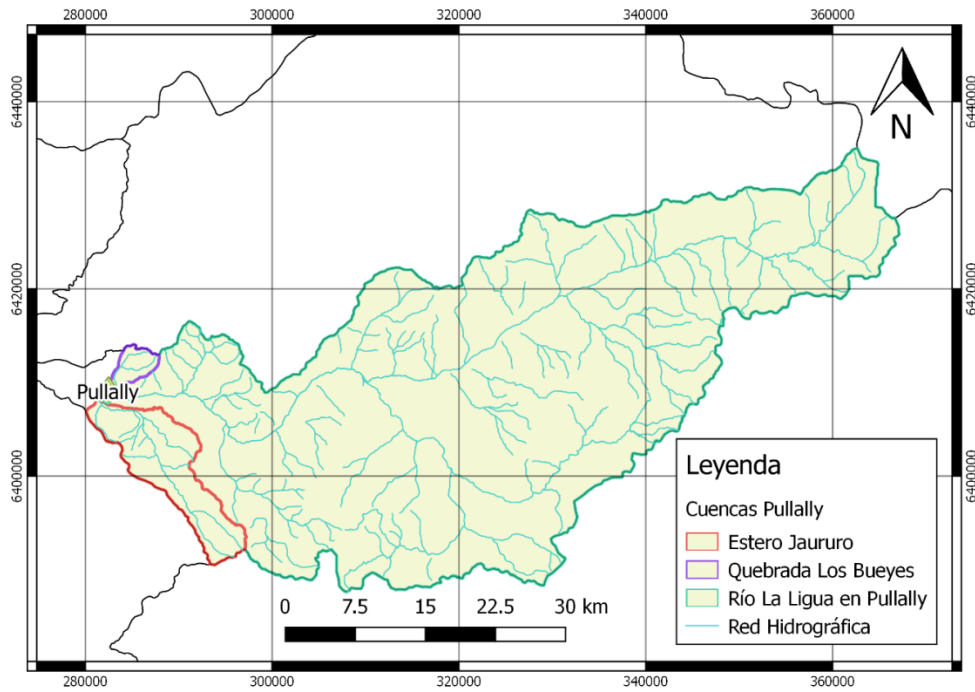
La red hidrográfica de Pullally considera el área aportante de la cuenca del río La Ligua hasta Pullally, y las descargas del estero y la quebrada en el río que se producen en el área de estudio. Por su parte, para el sector de Papudo está formada por el estero Agua Salada o El Lilén, la quebrada El Francés, y otras quebradas menores. El escurrimiento del estero El Lilén está condicionado por la existencia del Tranque Agua Salada, mientras que las quebradas atraviesan la localidad en forma natural o bien por medio de canales. Algunas características geomorfológicas de cada cuenca se incluyen en el Cuadro 4.1-3, mientras que su ubicación se presenta en la Ilustración 4.1 2 (cuencas sector Pullally) y en la Ilustración 4.1-3 (cuencas sector Papudo).

Cuadro 4.1-3 Superficie de cuencas de estudio.

Cuenca	Sector	Área [km ²]	Pendiente media [%]	Altura media [m s. n. m.]	Desnivel máximo [m]
Río La Ligua en Pullally	Pullally	1.837,0	35,3	1.206	3.956
Esteros Jaururo o Los Mayos		105,1	20,2	281	1.449
Quebrada Los Bueyes		15,6	23,6	356	994
Quebrada El Maqui	Papudo	2,3	16,6	167,2	300
Esteros Agua Salada o El Lilén		42,0	22,3	282	785
Quebrada Paso del Cultivo		2,7	15,4	131	540
Quebrada Club de Golf		0,9	8,3	80	199
Quebrada El Francés		5,0	32,0	273	702
Quebrada 21 de Mayo		0,7	30,8	178	441
Quebradas Menores		0,9	23,6	89	257

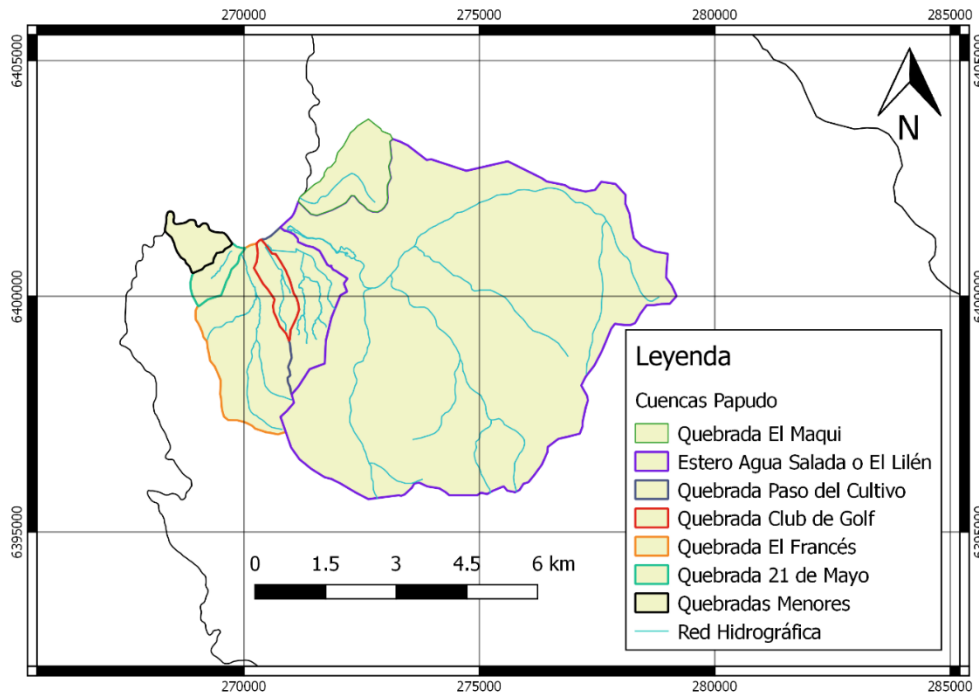
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 4.1-2 Cuencas de estudio sector Pullally



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 4.1-3 Cuencas de estudio sector Papudo.



Fuente: Elaboración propia.

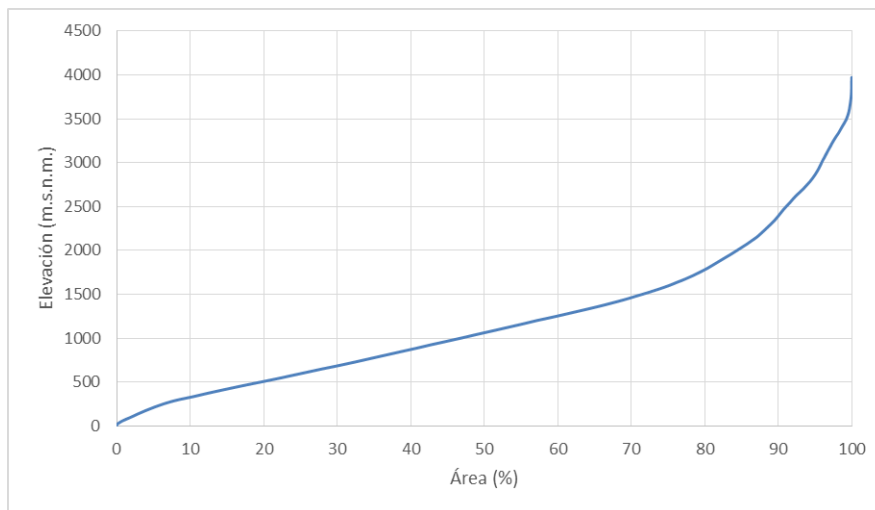
En la Sección 8.3, informe de la visita a terreno realizada, se presentan las conclusiones y un catastro de áreas de inundación de la localidad de Papudo, según lo planteado por el Encargado de Emergencias de la Municipalidad.

Cuenca Río La Ligua en Pullally

La cuenca del río La Ligua en Pullally tiene un área total de 1.837 km², y su altura máxima supera los 3.900 m s. n. m. De acuerdo a la latitud del centro de la gravedad de la cuenca, la línea de nieves se establece entre los 2.700 y 2.800 m s. n. m. (Peña y Vidal, 1993), por lo que el área nival de la cuenca corresponde a un 6%. De esta forma, el área pluvial de la cuenca es de 1.726 km². En el Gráfico 4.1-1 se presenta la curva hipsométrica de la cuenca.

Con respecto a mediciones fluviométricas, la cuenca del río La Ligua cuenta con 6 estaciones DGA, de las cuales sólo 2 están actualmente vigentes. La primera corresponde a la estación Río Alicahue en Colliguay, ubicada en la parte alta de la cuenca, y la segunda a Río Ligua en Quinquimo ubicada en la zona de estudio. Adicionalmente en la zona se encuentra la estación Río Ligua en Placilla, suspendida desde 1983. Las otras 3 estaciones no han sido consideradas en el análisis ya que no presentan datos disponibles. Sin embargo, es necesario destacar que de acuerdo a lo señalado en el documento “Análisis Crítico de las redes hidrométricas, regiones V a VII y región Metropolitana” (KRAL Consultores Limitada, 2016) la estación río Ligua en Quinquimo presenta una sección hidráulicamente inadecuada además de que existen obras, extracciones o actividades que alteran el eje hidráulico y/o la calidad de la estación.

Gráfico 4.1-1 Curva Hipsométrica Cuenca Río La Ligua en Pullally.

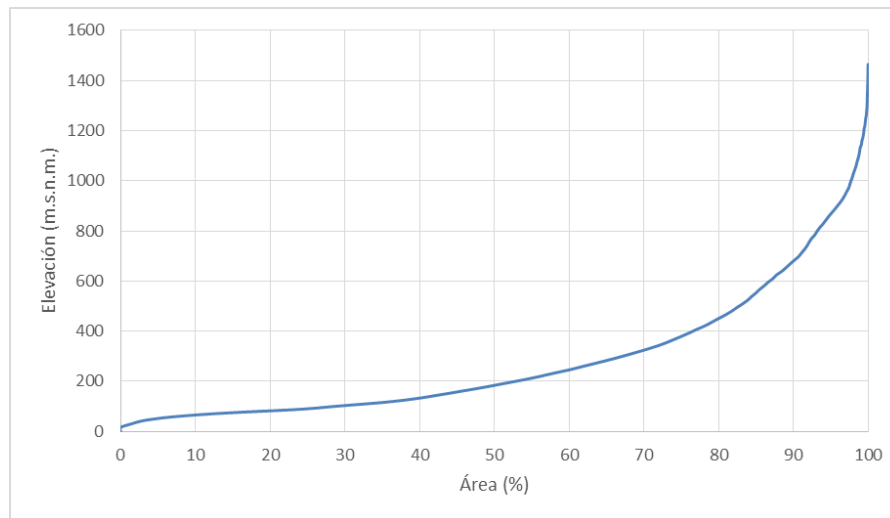


Fuente: Elaboración propia.

Cuenca Estero Jaururo

La cuenca del estero Jaururo tiene un área total de 105 km², y su altura máxima alcanza los 1400 m.s.n.m, considerándose por lo tanto toda el área de la cuenca como pluvial, dado que se encuentra bajo la línea de nieves (Peña y Vidal, 1993). En el

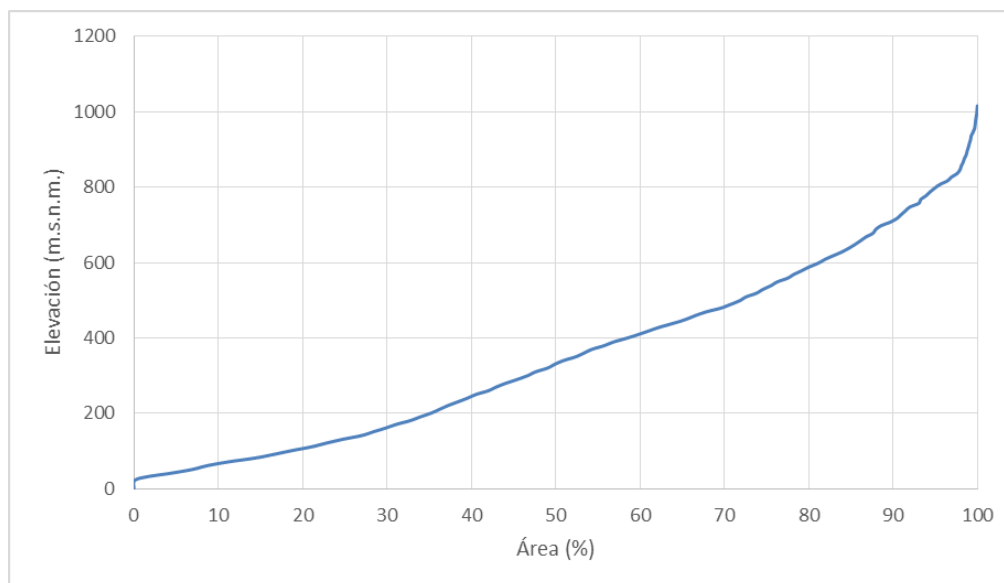
Gráfico 4.1-2 se presenta la curva hipsométrica de la cuenca. El estero Jaururo descarga sus aguas al río La Ligua, aguas abajo de la localidad de Pullally, luego del puente Pullally.

Gráfico 4.1-2 Curva Hipsométrica Cuenca Estero Jaururo.

Fuente: Elaboración propia.

Cuenca Quebrada Los Bueyes

La cuenca de la quebrada Los Bueyes tiene un área total de 15,6 km², y una altura máxima cercana a los 1000 m.s.n.m, considerándose por lo tanto toda el área de la cuenca como pluvial, dado que se encuentra bajo la línea de nieves (Peña y Vidal, 1993). En el Gráfico 4.1-3 se presenta la curva hipsométrica de la cuenca. La quebrada Los Bueyes cruza la localidad de Pullally, y descarga sus aguas al río La Ligua, dentro de la zona de planificación de este estudio.

Gráfico 4.1-3 Curva Hipsométrica Cuenca Quebrada Los Bueyes.

Fuente: Elaboración propia.

Cuenca Estero Agua Salada o El Lilén

La cuenca del estero Agua Salada es la cuenca de mayor área aportante hacia la localidad de Papudo y se forma de la unión entre las quebradas Cruz de Piedra, Ceniza y el Tigre. De acuerdo a los antecedentes, y según pudo ser confirmado durante la visita a terreno realizada, esta cuenca se encuentra intervenida, dada la presencia de un tranque, propiedad de la empresa de aguas ESVAL. Algunas fotografías, así como un mayor descripción de dicho tranque se presentan en la sección 8.3. Se destaca la presencia de un conjunto de compuertas móviles (ver

Ilustración 8.4-36) que permiten operar el tranque y vaciarlo parcialmente al finalizar el verano con el objetivo de no sobreexponerse a las crecidas de invierno. Aguas abajo del tranque existe un humedal, formado artificialmente producto de las descargas de agua tratada desde la planta de tratamiento de aguas servidas de Papudo (ver Ilustración 8.4-38) y gracias a que la marea genera una barrera de arena que impide la salida del agua de la quebrada (ver

Ilustración 8.4-40).

Otras Quebradas en Papudo

De acuerdo a lo identificado en terreno, y según se presenta en la Ilustración 4.1-3, existen 5 quebradas en la localidad de Papudo, además de otras quebradas menores y del Estero Agua Salada. Estas quebradas presentan áreas que van entre 1 y 5 km², y un flujo intermitente asociado a eventos intensos de precipitaciones. Se presenta a continuación una descripción de cada una de ellas, mientras que mayores antecedentes se encuentran en la Sección 8.3.

En primer lugar se encuentra la quebrada El Maqui, que se encuentra ubicada en la zona norte de Papudo. Se caracteriza por llevar caudal en eventos meteorológicos de gran envergadura. Se han producido inundaciones en edificios aledaños a esta quebrada en eventos que llevan consigo arrastre de sedimentos.

En segundo lugar se tiene el sistema de quebradas que se denominará por simplicidad como Paso del Cultivo, ubicado inmediatamente al sur del estero Agua Salada. En este sistema se agrupa la quebrada N°2 que llega del sector de la Villa Marina con aquellas que descargan al colector Litre-Maitén, ubicado junto a las calles El Maitén y luego El Litre, que corresponden a las quebradas Paso del Cultivo y De los Apestandos. Este colector corresponde más bien a un canal abovedado de aproximadamente 2 m de ancho por 1.7 m de alto, renovado con posterioridad al gran evento de precipitaciones de 1997 y que no ha presentado problemas de desbordes hasta la fecha. Ambas quebradas se juntan finalmente en el sector de la calle El Lilén, generando importantes problemas de anegamiento, dada la topografía y a que no existen obras que posibiliten la descarga directa al mar. Cabe indicar que en el sector El Peumo se produce acumulación de agua lluvia, produciéndose una laguna natural en el invierno en un sector no poblado, cuyas aguas descargan bajo la calle hacia la calle Lilén. Por otra parte, en el sector bajo de Villa Marina se han producido inundaciones (sector planta de elevadora de aguas servidas de empresa sanitaria).

En tercer lugar está la quebrada Club de Golf, que debe su nombre al Club de Golf de Papudo construido en parte de la quebrada. Esta quebrada ingresa al área urbana y continúa por la calle Baquedano y por un canal paralelo a la calle. Debido a que este canal no se desarrolla de manera continua, se producen problemas de inundación por acumulación de agua en ciertos puntos bajos, sin llegar a afectar a viviendas. La mayor parte del flujo continúa por un tramo de canal subterráneo que descarga sus aguas a la calle El Lilén en el sector del gimnasio municipal. Estas aguas se juntan con las del sistema anterior, y debido a la pendiente de la calle El Lilén y a que no existen obras apropiadas, el agua inunda distintos puntos del parque municipal ya que no existe una salida directa al mar. Adicionalmente, se destaca la inundación en sector de canchas de tenis debido a la descarga de las calles Baquedano, Esmeralda, Cochrane, Fernández Concha y Calle Blanco, que llegan al colector que desemboca al mar en el sector Playa Grande Sur, el cual no cuenta con capacidad suficiente para el caudal asociado.

En cuarto lugar se tiene la quebrada El Francés, que se desarrolla por la calle paralela a la calle Arturo Prat. El lecho de la quebrada ha permanecido mayormente en su estado natural, y las construcciones han respetado sus dimensiones, por lo que históricamente no ha presentado problemas, pese a ser una de las de mayor área aportante. Los atravesos de la quebrada se han hecho a través de puentes de importantes dimensiones y existe una obra de descarga ubicada bajo la carretera que permite la llegada de la quebrada al mar, siendo la Municipalidad quien se encarga de mantenerla limpia y despejada de la arena que se acumula producto de la marea.

En quinto lugar se encuentra la Quebrada 21 de Mayo, que ingresa al sector urbano y cuyo flujo descarga a la calle 21 de Mayo hacia el mar. Esta calle fue recientemente pavimentada (año 2014), dado que anteriormente se producían problemas por el transporte de barro. La calle descarga en una serie de sumideros ubicados justo

antes de la costanera peatonal, los cuales podrían no ser suficientes para evacuar toda el agua provocando que el agua sobrepase el nivel de la vereda.

Finalmente existen una serie de quebradas menores, cuya área en conjunto es menor a 1 km², por lo que no han sido consideradas en este análisis.

4.1.4 Definición de caudales de crecida

A continuación se definen los caudales de crecida asociados a las cuencas del río La Ligua en Pullally, estero Jaururo y quebrada Los Bueyes, los cuales serán utilizados para realizar la modelación hidráulica y posterior zonificación por riesgo de inundación. Para ello se cuenta por una parte con los datos medidos en la estación de la DGA Río Ligua en Quinquimo, y por otra, con los valores de precipitación máxima en 24 horas en diferentes estaciones ubicadas en el área o cercanas a las cuencas, a partir de las cuales se podrán establecer relaciones de precipitación escorrentía, de acuerdo a la validez de distintos métodos.

a) Caudales estimados a partir de información fluviométrica

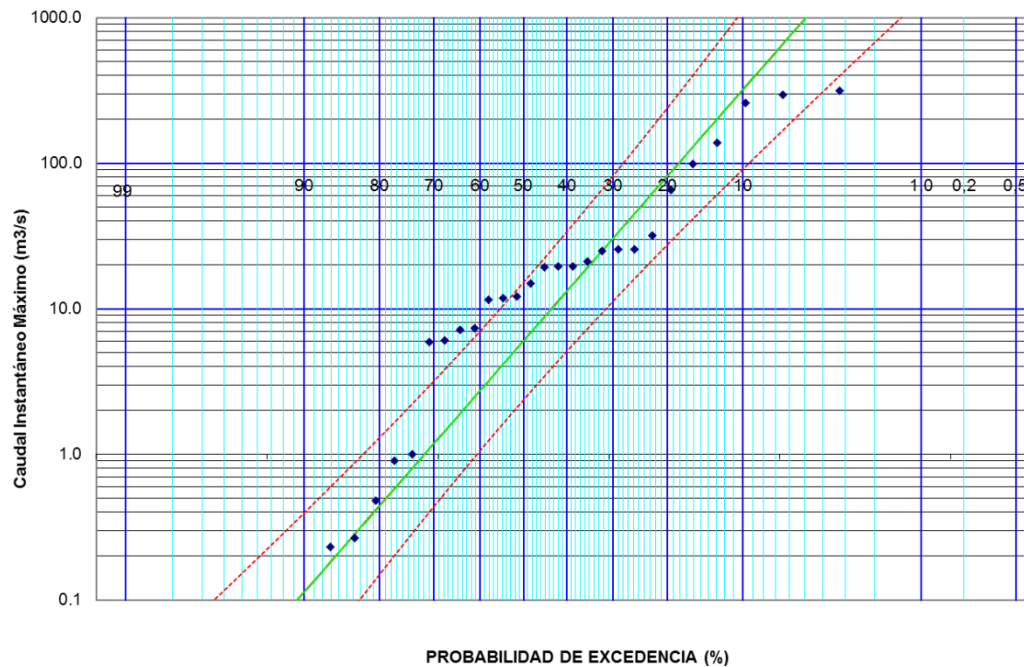
A partir de los caudales instantáneos de la estación Río Ligua en Quinquimo se buscó establecer el caudal instantáneo máximo para periodos de retorno entre 2 y 100 años. Los datos se incluyen en la Sección 8.3.3. Los resultados del análisis de frecuencia se presentan en el

Cuadro 4.1-4, donde se muestra que de las 5 distribuciones de frecuencia utilizadas, la única que aprueba el test de bondad de ajuste chi-cuadrado es la distribución log-normal. El análisis gráfico de la distribución log-normal se presenta en el Gráfico 4.1-4, en el que la línea verde corresponde a la distribución lo-normal y las líneas punteadas rojas representan el intervalo de confianza para una seguridad del 90%. Es posible notar que para probabilidades de excedencia menores al 10%, lo que corresponde a periodos de retorno superiores a 10 años, los valores parecieran estar sobreestimados, considerando además la ubicación de la cuenca y el área aportante.

Cuadro 4.1-4 Caudales de crecida Río La Ligua en Quinquimo.

Período de Retorno [años]	Caudal máximo anual en 24 hrs [m ³ /s]				
	Normal	Log-Normal	Pearson	Log-Pearson	Gumbel
2	48	6	19	11	34,3
5	122	82	95	79	124,1
10	161	319	157	161	183,5
20	193	985	222	253	240,5
50	229	3.497	311	369	314,3
100	253	8.139	380	446	369,6
χ^2 (calculado)	34,38	0,67	6,43	11,06	9,07
χ^2 (0.05)	5,99	5,99	3,84	3,84	5,99
Test	Rechazado	Aceptado	Rechazado	Rechazado	Rechazado

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4.1-4 Análisis de frecuencia – Distribución Log-Normal (Caudal Instantáneo Máximo Río La Ligua en Quinquimo 1986-2015).

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo siempre presente la sobreestimación que se puede producir al utilizar los valores obtenidos, se calcularon los valores de caudal en la cuenca Río Ligua en Pullally mediante el método de trasposición de áreas, sin considerar el efecto de las precipitaciones, debido a que no hay diferencias importantes entre ambas cuencas. Utilizando los valores correspondientes a la distribución log-normal, se obtienen los resultados indicados en el Cuadro 4.1-5. Es importante destacar que los valores en ambos casos son prácticamente iguales, dado que la diferencia de área entre ambas cuencas es de alrededor de 1 km². Por otra parte, no se utilizó esta información para las otras dos cuencas en análisis, debido a que la caracterización previa indica importantes diferencias en las precipitaciones, así como en el área total y el área nival, entre otros, por lo que se considera no se dan las condiciones de similitud de cuencas necesarias para aplicar el mismo método.

Cuadro 4.1-5 Caudales de crecida Cuenca Río La Ligua en Pullally

Período de Retorno [años]	Caudal máximo anual en 24 hrs [m ³ /s]
2	6
5	82
10	319
20	986
50	3.499
100	8.143

Fuente: Elaboración propia.

b) Caudales estimados a partir de información meteorológica

Tal como se señaló en el capítulo sobre la metodología, la DGA cuenta con un manual de estimación de crecidas en cuencas sin control fluviométrico. Las diferentes metodologías presentadas en el manual fueron calibradas para cuencas de ciertos rangos de área, lo cual será tomado en cuenta en el siguiente análisis. Las metodologías DGA en la Fórmula Racional DGA, Verni-King Modificado y DGA-AC para crecidas pluviales fueron calibradas para cuencas entre 20 y 20 000 km², mientras que el Hidrograma Unitario lo fue para cuencas entre 10 y 4.000 km². Conocidas las áreas de las cuencas estudiadas (ver Cuadro 4.1-6) es posible aplicar las tres primeras fórmulas para las cuencas de mayor área, mientras que para la cuenca de la quebrada Los Bueyes se aplicará adicionalmente el HU, dado que se encuentra justo bajo el rango. Además, se comparará este resultado con el obtenido de la fórmula racional presentada en el Manual de Carreteras, válida para cuencas menores a 25 km². En el Cuadro 4.1-6 se presentan con mayor detalle las características morfológicas de las cuencas necesarias para la estimación de caudal.

Cuadro 4.1-6 Características morfológicas de las cuencas.

Parámetro	Cuencas		
	Estero Jaururo	Quebrada Los Bueyes	Río La Ligua en Pullally
Área [km ²]	105	16	1837
Altura Línea de Nieve [m s. n. m.]	2749	2779	2773
Área Pluvial [%]	100	100	94
Área Pluvial [km ²]	105	16	1727
Altura Mínima [m s. n. m.]	16	22	16
Altura Máxima [m s. n. m.]	1465	1016	3972
Altura Media [m s. n. m.]	281,9	356,8	1.206,2
Desnivel Máximo [m]	1449	994	3956
Pendiente [%]	20	24	35
Largo Cauce Principal [km]	26,2	8,4	108,1
Largo al Centro de Gravedad [km]	13,4	5,1	51,9

Fuente: Elaboración propia.

Tiempo de Concentración

A partir de los antecedentes morfológicos y utilizando distintas relaciones, se ha estimado el tiempo de concentración de las cuencas. El valor para los distintos métodos así como el valor seleccionado, tomando el aproximado con respecto al más desfavorable que corresponde al estimado a través del método de California Culverts, se incluyen en el Cuadro 4.1-7.

Cuadro 4.1-7 Tiempo de concentración cuencas.

Cuenca	Tiempo de Concentración [hr]			
	California Culverts Practice (1942)	Giandotti	Norma Española	Seleccionado
Río La Ligua en Pullally	8,8	12,1 (*)	12,8	9,0
Estero Jaururo	2,5	6,2 (*)	4,9	2,5
Quebrada Los Bueyes	0,8	1,9 (*)	2,0	1,0

(*) Valores fuera de rango

Fuente: Elaboración propia

Curva Número

La utilización del método del hidrograma unitario requiere definir un valor para la curva número. De acuerdo a lo establecido en el libro "Hidrología Aplicada" (Chow, 1959), es posible estimar dicho valor luego de definir el tipo de suelo (Categorías A, B, C y D) y el tipo de cobertura. De acuerdo a los antecedentes y a lo observado en terreno en la quebrada Los Bueyes, se considerará un suelo Tipo A, y como cobertura pastizales o bosques de troncos delgados, cubierta pobre y sin hierbas, asignándole así un valor de 50.

Coefficiente de Escorrentía

La utilización del método de la fórmula racional, según lo establecido en el Manual de Carreteras, requiere de definir un valor para el coeficiente de escorrentía de la cuenca. El valor del coeficiente se construye a partir de lo indicado en el

Cuadro 8.3-3 de la Sección 8.3.1. Debido a la incertidumbre de algunos de los parámetros, se estimó un rango, según se muestra en el Cuadro 4.1-8.

Cuadro 4.1-8 Cálculo del coeficiente de escorrentía para la Fórmula Racional – Manual de Carreteras.

Parámetro	Mínimo	Máximo
Relieve	0,20	0,24
Infiltración	0,04	0,08
Cobertura Vegetal	0,06	0,08
Almacenamiento Superficial	0,04	0,08
Coefficiente de Escorrentía (C)	0,34	0,48

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, en el libro “Hidrología Aplicada” (Chow, 1959) se definen los coeficientes de escorrentía para ser usados en la fórmula racional, dentro de los que se incluyen, para zonas no desarrolladas, los valores de 0,53 y 0,52 para pastizales y bosques de pendiente mayor al 7%, respectivamente, y para un periodo de retorno de 100 años. En el Cuadro 4.1-9 se presentan los valores para los otros periodos de retorno. Dado que el rango de variación de valores es similar considerando ambas fuentes, se tomarán los mayores valores obtenidos, que corresponden a pastizales.

Cuadro 4.1-9 Caudales de crecida [m³/s] estimados a partir de métodos Verni-King

Característica de la Superficie	Periodo de Retorno [años]					
	2	5	10	20	50	100
Áreas no desarrolladas						
- Bosques: Pendiente, superior 7%	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52
- Pastizales: Pendiente, superior 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53

Fuente: Extraído de “Hidrología Aplicada” (Chow, 1959)

Precipitaciones Máximas en 24 horas

Para determinar las precipitaciones máximas en 24 horas, para el periodo de retorno de 10 años, se utilizaron las series de precipitaciones máximas diarias que definen las precipitaciones máximas en 24 horas para un periodo de retorno de 10 años en las estaciones meteorológicas de la zona desde el año 1980 en adelante, según disponibilidad. En la Sección 8.3.4 se presentan los datos obtenidos desde la información en línea de la red hidrometeorológica de la DGA. Cabe destacar que el registro de precipitaciones fue rellenado y/o corregido en aquellos años sin información fluviométrica, o en aquellos casos en que faltaran datos en los meses de mayor precipitación, de acuerdo a una comparación con las estaciones vecinas, completando el registro entre 1980 y 2016. Para ello se utilizaron correlaciones lineales con aquellas estaciones que presentaron un mejor valor del coeficiente de correlación y del coeficiente R². Cabe destacar que no se rellenaron las estaciones Río Alicahue en Colliguay ni Río Petorca en Hierro Viejo, debido a que el número de años sin información era superior al número de años con información, de acuerdo al periodo seleccionado (1980 – 2016).

A partir de tales datos se realizaron análisis de frecuencia y se determinaron las precipitaciones máximas en 24 hrs para periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años. Los resultados se incluyen en el

Cuadro 4.1-10.

Cuadro 4.1-10 Resultados Análisis de Frecuencia.

Periodo de Retorno [años]	Alicahue Hacienda	Artificio	Chacrilla	El Cobre	El Salvador	El Sobrante Hacienda	El Tártaro
	Log-Normal	Log-Normal	Log-Normal	Log-Normal	Log-Normal	Log-Normal	Log-Normal
2	43,1	46,5	44,9	53,1	41,8	34,5	41,4
5	60,4	70,6	67,9	75,4	61,6	49,9	61,5
10	72,1	87,9	84,3	90,6	75,5	60,5	75,7
20	83,5	105,4	100,8	105,4	89,2	71,0	89,8
50	98,4	129,2	123,3	125,0	107,7	84,9	108,9
100	109,8	147,9	141,0	140,0	122,1	95,6	123,8

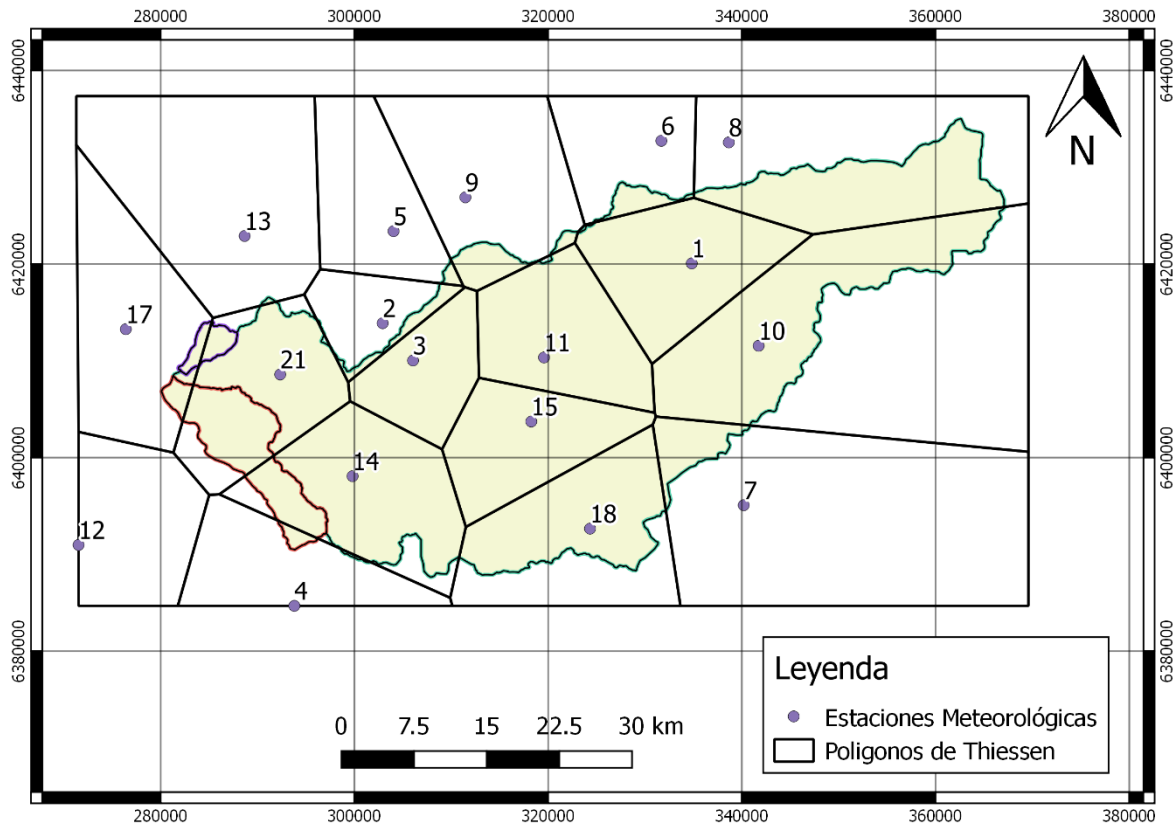
Periodo de Retorno [años]	El Trapiche	Hierro Viejo	La Mostaza	La Viña	Las Colmenas	Las Pataguas	Las Puertas
	Gumbel	Log-Normal	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel
2	40,3	36,5	48,5	44,1	45,9	53,8	45,1
5	61,4	61,6	68,1	63,6	71,2	81,0	68,3
10	75,4	81,0	81,1	76,5	87,9	98,9	83,7
20	88,8	101,5	93,5	88,9	104,0	116,2	98,4
50	106,1	130,9	109,6	105,0	124,8	138,6	117,4
100	119,1	155,1	121,7	117,0	140,3	155,3	131,7

Periodo de Retorno [años]	Longotoma	Mina Cerro Negro	Río Alicahue en Colliguay	Río Petorca en Hierro Viejo	Valle Hermoso
	Log-Normal	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Log-Normal
2	44,9	51,7	35,4	29,2	49,7
5	68,7	80,6	60,4	44,3	70,7
10	85,8	99,8	76,9	54,3	85,1
20	103,0	118,1	92,8	63,8	99,1
50	126,6	141,9	113,3	76,2	117,6
100	145,3	159,7	128,7	85,5	131,8

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, para determinar las precipitaciones máximas en 24 horas en cada una de las 3 cuencas estudiadas, se utilizó el método de los Polígonos de Thiessen, que estima precipitación media de una superficie, considerando lo simple de su aplicación, así como el número de estaciones meteorológicas disponibles en la zona y su distribución geográfica. En la Ilustración 4.1 4 se presentan las estaciones utilizadas y los polígonos obtenidos. Para este procedimiento no se utilizaron las estaciones Río Alicahue en Colliguay y Río Petorca en Hierro Viejo, debido a que no presentaban un registro completo, y adicionalmente a que existían otras estaciones cercanas que permitieron prescindir de dicha información.

Ilustración 4.1-4 Polígonos de Thiessen utilizados en la estimación de precipitaciones.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos para las 3 cuencas se incluyen en el Cuadro 4.1-11.

Cuadro 4.1-11 Precipitaciones máximas en 24 hrs [mm] estimados por Polígonos de Thiessen.

Cuenca	Periodo de Retorno [años]					
	2	5	10	20	50	100
Río La Ligua en Pullally	46,5	68,6	83,4	97,8	116,6	130,9
Estero Jaururo	50,8	74,0	89,7	104,9	125,1	140,4
Quebrada Los Bueyes	47,7	69,9	85,4	100,7	121,4	137,5

Fuente: Elaboración propia.

Se estima luego la intensidad asociada al tiempo de concentración de la cuenca mediante el método de Grunsky. Los valores utilizados y resultados obtenidos se incluyen en el Cuadro 4.1 12.

Cuadro 4.1-12 Cálculo intensidad de precipitaciones para el tiempo de concentración.

Cuenca	Pp_{24}^{10} [mm]	tc [hr]	i_{tc} [mm/hr]
Río La Ligua en Pullally	83,4	9,0	5,7
Estero Jaururo	89,7	2,5	11,6
Quebrada Los Bueyes	85,4	1,0	17,4

Fuente: Elaboración propia.

Estimación de caudal mediante método DGA-AC

Para utilizar la relación precipitación escurrentía mediante el método DGA-AC se requiere definir la zona homogénea asociada a las tres cuencas. Según lo indicado en la Ilustración 8.3-2 (Sección 8.3.1a), y dado que la precipitación anual en las cuencas es menor a 600 (mm), que la precipitación máxima en 24 horas para 10 años de periodo de retorno es mayor a 80 (mm) y a que el área es mayor a 145 (km²) en el caso de la cuenca Río La Ligua en Pullally, mientras que es menor para las otras dos, las zonas corresponden a la Op y a la Np, respectivamente. Para estas zonas se tienen las curvas de frecuencias de caudal medio diario regional adimensionalizadas con el valor de período de retorno de 10 años indicadas en el Cuadro 4.1-13.

Cuadro 4.1-13 Curva de Frecuencia Regional Caudales Medios Diarios Máximos Zona Homogénea Op y Np Pluvial.

Zona Op				Zona Np			
T [años]	Media	Max	Min	T [años]	Media	Max	Min
2	0,46	0,3	0,21	2	0,2	0,18	0,16
5	0,72	0,64	0,59	5	0,57	0,56	0,54
10	1,00	1,00	1,00	10	1,00	1,00	1,00
20	1,55	1,48	1,39	20	1,67	1,61	1,59
50	1,76	1,67	1,55	50	1,94	1,86	1,81
100	2,53	2,35	2,16	100	2,98	2,77	2,66

Fuente: Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluviométrica (DGA-MOP, 1995).

Por último, y de acuerdo a lo señalado en el mismo manual, el factor de conversión desde caudal medio diario máximo a caudal instantáneo máximo es de 1,87 en la zona Np y de 1,76 en la zona Op. Aplicando la Ecuación 3, Sección 8.3.1a), se estiman los caudales en las cuencas para distintos periodos de retorno, resultados que se incluyen en el Cuadro 4.1 14.

Cuadro 4.1-14 Caudales de crecida [m³/s] estimados a partir de métodos DGA-AC.

Cuenca	Método	Periodo de Retorno [años]						
		2	5	10	20	50	100	
Río La Ligua en Pullally	DGA-AC	Mínimo	72,0	202,3	342,9	476,7	740,7	1028,7
		Medio	102,9	219,5	342,9	507,5	805,8	1111,0
		Máximo	157,7	246,9	342,9	531,5	867,6	1203,6
Estero Jaururo	DGA-AC	Mínimo	5,8	19,5	36,0	57,3	95,9	135,5
		Medio	6,5	20,2	36,0	58,0	99,9	143,1
		Máximo	7,2	20,5	36,0	60,2	107,4	157,9
Quebrada Los Bueyes	DGA-AC	Mínimo	0,8	2,9	5,3	8,4	14,1	20,0
		Medio	1,0	3,0	5,3	8,5	14,7	21,1
		Máximo	1,1	3,0	5,3	8,9	15,8	23,3

Fuente: Elaboración propia.

Estimación de caudal mediante método Verni-King

A partir de la Ecuación 4 de la Sección 8.3.1b) se estima el caudal instantáneo máximo para los distintos periodos de retorno. Para ello se utiliza el coeficiente empírico de frecuencia que para periodo de retorno de 10 años para la V Región es de 0,29 y la curva de frecuencia indicada en el Cuadro 8.3-1. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 4.1-15.

Cuadro 4.1-15 Caudales de crecida [m³/s] estimados a partir de métodos Verni-King

Cuenca	Método	Periodo de Retorno [años]					
		2	5	10	20	50	100
Río La Ligua en Pullally	Verni-King	56,2	201,0	305,1	427,4	638,0	863,4
Estero Jaururo	Verni-King	5,3	18,8	28,4	39,7	59,3	78,8
Quebrada Los Bueyes	Verni-King	0,9	3,3	5,0	7,0	10,6	14,3

Fuente: Elaboración propia.

Estimación de caudal mediante Fórmula Racional DGA

A partir de la Ecuación 5 de la Sección 8.3.1c) se estiman los caudales de crecida, utilizando para ello el coeficiente empírico de frecuencia que para periodo de retorno de 10 años para la V Región es de 0,09 y la curva de frecuencia indicada en el Cuadro 8.3-1. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 4.1-16.

Cuadro 4.1-16 Caudales de crecida [m³/s] estimados a partir de Fórmula Racional DGA.

Cuenca	Método	Periodo de Retorno [años]					
		2	5	10	20	50	100
Río La Ligua en Pullally	Fórmula Racional	46,1	150,4	217,8	293,6	420,2	543,4
Estero Jaururo	Fórmula Racional	5,8	18,7	27,0	36,4	52,0	67,3
Quebrada Los Bueyes	Fórmula Racional	1,3	4,1	6,0	8,2	11,8	15,4

Fuente: Elaboración propia.

Estimación de caudal mediante Hidrograma Unitario

En el caso de la Quebrada Los Bueyes, y debido a que su área es menor a 20 km², valor límite establecido para la calibración de los tres métodos anteriores, se estimaron los caudales de crecida a partir del método del hidrograma unitario, de acuerdo a las ecuaciones indicadas en la Sección 8.3.1d). Considerando el valor de la curva número indicado anteriormente, y las precipitaciones máximas en 24 hrs para los distintos periodos de retorno, se estimaron los caudales, los que se incluyen en el Cuadro 4.1-17.

Cuadro 4.1-17 Caudales de crecida [m³/s] estimados a partir del método del Hidrograma Unitario.

Cuenca	Método	Periodo de Retorno [años]					
		2	5	10	20	50	100
Quebrada Los Bueyes	Hidrograma Unitario	-	3,7	10,8	19,5	34,7	48,3

Fuente: Elaboración propia.

Estimación de caudal mediante Fórmula Racional – Manual de Carreteras

La última fórmula aplicada para obtener el caudal en la cuenca de la Quebrada Los Bueyes fue la Fórmula Racional de acuerdo a lo señalado en el Manual de Carreteras, dado que se trata de una cuenca pequeña. Para ello se consideraron los valores de coeficiente de frecuencia estimados anteriormente. El resultado obtenido para el caudal de 100 años de periodo de retorno es de 54 (m³/s) y los resultados completos se incluyen en el Cuadro 4.1-18.

Cuadro 4.1-18 Caudales de crecida [m³/s] estimados a partir de Fórmula Racional Manual de Carreteras.

Cuenca	Método	Periodo de Retorno [años]					
		2	5	10	20	50	100
Quebrada Los Bueyes	Fórmula Racional – Manual de Carreteras	17,5	26,1	31,7	38,7	46,1	53,4

Fuente: Elaboración propia.

Resumen estimación de caudales y caudales seleccionados

En el Cuadro 4.1 19 se resumen los caudales obtenidos mediante los diferentes métodos.

Cuadro 4.1-19 Caudales de crecida [m³/s] estimados a partir de métodos precipitación escorrentía.

Cuenca	Método		Periodo de Retorno [años]					
			2	5	10	20	50	100
Río La Ligua en Pullally	DGA-AC	Mínimo	72,0	202,3	342,9	476,7	740,7	1028,7
		Medio	102,9	219,5	342,9	507,5	805,8	1111,0
		Máximo	157,7	246,9	342,9	531,5	867,6	1203,6
	Verni-King		56,2	201,0	305,1	427,4	638,0	863,4
	Racional		46,1	150,4	217,8	293,6	420,2	543,4
	Trasposición		6	82	319	986	1368	3499
Estero Jaururo	DGA-AC	Mínimo	5,8	19,5	36,0	57,3	95,9	135,5
		Medio	6,5	20,2	36,0	58,0	99,9	143,1
		Máximo	7,2	20,5	36,0	60,2	107,4	157,9
	Verni-King		5,3	18,8	28,4	39,7	59,3	78,8
	Racional		5,8	18,7	27,0	36,4	52,0	67,3
Quebrada Los Bueyes	DGA-AC	Mínimo	0,8	2,9	5,3	8,4	14,1	20,0
		Medio	1,0	3,0	5,3	8,5	14,7	21,1
		Máximo	1,1	3,0	5,3	8,9	15,8	23,3
	Verni-King		0,9	3,3	5,0	7,0	10,6	14,3
	Racional		1,3	4,1	6,0	8,2	11,8	15,4
	HU		-	3,7	10,8	19,5	34,7	48,3
	Racional MC		17,5	26,1	31,7	38,7	46,1	53,4

Fuente: Elaboración propia.

A partir de lo anterior, y considerando los criterios detallados a continuación, los caudales seleccionados se incluyen en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

- Río La Ligua en Pullally: En general todos los métodos precipitación – escorrentía presentan valores de igual orden de magnitud para el caudal de crecida de 10 años de periodo de retorno. Sin embargo, para periodo de retorno de 100 años el método Racional entrega valores que son la mitad de los entregados por el método DGA-AC. Adicionalmente se presenta el valor obtenido por trasposición de caudales a partir de los datos fluviométricos, sólo a modo referencial dado que los datos no presentaban un buen ajuste. Es posible notar que para un periodo de retorno de 10 años los caudales nuevamente son de igual orden de magnitud, pero este valor se aleja de los rangos obtenidos para periodos de retorno mayores. Por lo tanto, y considerando un criterio conservador, se tomarán los valores máximos del método DGA-AC.
- Estero Jaururo: En general todos los métodos precipitación – escorrentía presentan valores de igual orden de magnitud para el caudal de crecida de 10 años de periodo de retorno. Sin embargo, para periodo de retorno de 100 años el método Racional entrega valores que son la mitad de los entregados por el método DGA-AC. Por lo tanto, y considerando un criterio conservador, se tomarán los valores máximos del método DGA-AC.
- Quebrada Los Bueyes: Considerando que esta cuenca tiene menos de 20 km² los caudales se estimaron con las tres metodologías usadas en los casos anteriores y adicionalmente utilizando el hidrograma unitario y la fórmula racional con los parámetros del Manual de Carreteras (MOP - Dirección de Vialidad, 2002) y del libro “Hidrología Aplicada” (Chow, 1959). Al comparar todos los métodos es posible notar que los valores entregados por la fórmula DGA-AC, Racional Modificada y Verni-King son mucho menores a aquellos entregados por el Hidrograma Unitario y la Fórmula Racional. Este hecho puede explicarse en que el primer conjunto de metodologías, al no estar calibrado para cuencas menores de 20 km² esté subestimando los caudales máximos, mientras que los otros métodos podrían estar sobreestimando los valores, fundamentalmente basado en la alta

incertidumbre asociada a la estimación del coeficiente de escorrentía y la curva número. Por lo tanto, y considerando nuevamente un criterio conservador para el periodo de retorno de 100 años, se adoptarán los valores obtenidos mediante el Hidrograma Unitario. Para periodos de retorno menores se tomarán igualmente los valores del Hidrograma Unitario, ya que pese a ser menores a los de la Fórmula Racional, representan de mejor manera el rendimiento de la cuenca, al compararlos con los valores obtenidos para la cuenca del estero Jaururo. Sin embargo, y dado que el caudal estimado para el periodo de retorno de 2 años es 0, se consideró utilizar un caudal mayor, con el objeto de poder analizar una crecida menor a $T = 5$ años para estimar el área de inundación. Para esto, se utilizó el valor entregado por el método Racional DGA puesto a que, pese a haber sido descartado preliminarmente, las estimaciones para periodos de retorno menores son del mismo orden de magnitud del estimado por el Hidrograma Unitario.

Cuadro 4.1-20 Caudales Seleccionados

Cuenca	Periodo de Retorno					
	2	5	10	20	50	100
Río La Ligua en Pullally	157,7	246,9	342,9	531,5	867,6	1203,6
Esteros Jaururo	7,2	20,5	36,0	60,2	107,4	157,9
Quebrada Los Bueyes	1,3	3,7	10,8	19,5	34,7	48,3

Fuente: Elaboración propia.

4.2 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LAS SUBCUENCAS

Con el fin de complementar el análisis anterior, se estudiaron las subcuencas del área de estudio, obteniendo sus parámetros morfométricos principales y calculando sus caudales de crecidas. Desde ahora en adelante, este informe se refiere a las “subcuencas” como una subdivisión geomorfológica de las cuencas mayores presentadas en la Sección 4.1.

4.2.1 Delimitación y caracterización de las subcuencas

Para delimitar las subcuencas, se eligieron todos aquellos puntos de los cauces en que estos emergen al llano principal de Papudo o Pullally, los cuales, en general, corresponden a los sectores donde se ubican los asentamientos poblados en ambas localidades. Las subcuencas fueron numeradas para cada localidad según sus tamaños, siendo la número 1 la de mayor área. En la Ilustración 4.2-1 e Ilustración 4.2-2 se presenta la ubicación de las subcuencas, y en el Cuadro 4.2-1 y Cuadro 4.2-2 los parámetros morfométricos calculados (área, pendiente, largo, altura mínima, altura promedio, etc), así como también el caudal de crecidas, para Papudo y Pullally respectivamente.

4.2.2 Definición de caudales de crecida de las subcuencas

El cálculo del caudal de crecidas fue realizado para un periodo de retorno de 100 años, y tuvo como objetivo obtener un valor referencial que permitiera comparar las distintas subcuencas en cuanto a su potencial para generar y conducir la escorrentía superficial a lo largo de su cauce principal. Este valor fue utilizado posteriormente para la zonificación de inundaciones por desborde de cauce y flujos de detritos.

La metodología utilizada para el cálculo de los caudales de crecida corresponde a la Fórmula Racional presentada en el Manual de Carreteras (8.3.1c)), válida para cuencas menores a 25 km². Estos cálculos son similares a los realizados en la Sección 4.1.4b). El tiempo de concentración fue calculado por medio de tres métodos, eligiendo el más apropiado o su promedio, según cada caso particular. Para los casos en que el

tiempo de concentración resultó menor a 10 minutos, se utilizaba el valor mínimo recomendado (10 minutos, equivalente a 0,17 horas).

Para las cuencas de mayor tamaños ($>25 \text{ km}^2$), se utilizaron los valores de caudal de crecida ya presentados en la Sección 4.1.4 o estimaciones. Estas cuencas corresponden a Qda. de Bueyes ($49 \text{ m}^3/\text{s}$), Estero Jaruro ($164,1 \text{ m}^3/\text{s}$) y Río La Ligua ($1223,4 \text{ m}^3/\text{s}$). Finalmente, los valores de los caudales de crecida del, Estero Las Salinas y Río Petorca se estiman en $\sim 100 \text{ m}^3/\text{s}$ y $\sim 1400 \text{ m}^3/\text{s}$, de manera referencial.

Es importante destacar que el cálculo de estos caudales de crecida se utiliza de manera referencial, y no corresponden a cálculos exactos. Pero sí son indicativos acerca del tamaño de las cuencas aportantes y por lo tanto de utilidad para la evaluación de algunos peligros geológicos (inundaciones por desborde de cauce y flujos de barro y/o detritos).

Cuadro 4.2-1 Cálculo de caudales de crecida [m³/s] para las 48 subcuencas del sector de Papudo, estimados a partir de la Fórmula Racional DGA.

Subcuenc a	A [km ²]	L [km]	H [m]	H min [m]	Pendient e (%)	Altura (promedio)	tc [h] - Californi a Culverts Practice (1942)	tc [h] - Giandott i	lim_in f	lim_su p	tc [h] - Norma español a	tc promedi o	i Grunsk y	C	P10	Q10	Q100
1	16,98	8,77	680	62,00	22,72	263,42	0,95	2,61	OK	OK	2,07	1,88	12,78	0,42	85,8	25,33	51,94
2	11,03	5,78	743	60,00	33,43	362,84	0,57	1,58	NOT	OK	1,40	0,98	17,67	0,42	85,8	22,74	46,62
3	6,45	3,88	640	77,00	36,79	395,45	0,38	1,12	OK	OK	1,02	0,84	19,13	0,42	85,8	14,39	29,51
4	3,99	3,48	646	58,00	38,71	302,48	0,33	1,06	OK	OK	0,93	0,77	19,93	0,42	85,8	9,27	19,01
5	1,96	1,87	249	51,00	20,81	183,50	0,23	0,91	OK	OK	0,65	0,60	22,62	0,42	85,8	5,18	10,63
6	1,71	3,23	547	66,00	28,68	240,71	0,32	0,95	OK	OK	0,93	0,73	20,44	0,42	85,8	4,07	8,34
7	0,82	2,31	475	50,00	28,84	213,74	0,23	0,69	OK	OK	0,72	0,55	23,68	0,42	85,8	2,26	4,63
8	0,55	1,62	203	67,00	19,43	137,25	0,21	0,80	OK	OK	0,59	0,54	23,91	0,42	85,8	1,53	3,13
9	0,52	1,81	309	55,00	28,42	175,77	0,21	0,64	OK	OK	0,60	0,48	25,27	0,42	85,8	1,53	3,13
10	0,49	1,40	435	53,00	42,27	253,84	0,14	0,43	OK	OK	0,46	0,34	29,97	0,42	85,8	1,73	3,54
11	0,43	1,31	120	72,00	14,94	101,10	0,21	1,06	OK	OK	0,53	0,60	22,62	0,42	85,8	1,13	2,31
12	0,42	1,31	402	41,00	39,53	230,25	0,13	0,42	OK	OK	0,44	0,33	30,56	0,42	85,8	1,51	3,09
13	0,37	2,07	186	68,00	15,77	163,95	0,30	0,71	OK	OK	0,74	0,58	22,96	0,42	85,8	1,00	2,04
14	0,33	0,83	176	50,00	32,97	133,72	0,11	0,48	OK	OK	0,32	0,30	31,79	0,42	85,8	1,22	2,49
15	0,30	1,46	296	118,00	27,91	231,46	0,16	0,52	OK	OK	0,51	0,40	27,80	0,42	85,8	0,99	2,03
16	0,27	0,88	143	71,00	27,82	139,11	0,12	0,51	OK	OK	0,35	0,33	30,60	0,42	85,8	0,96	1,97
17	0,27	1,20	182	97,00	22,67	177,84	0,16	0,54	OK	OK	0,46	0,38	28,27	0,42	85,8	0,88	1,81
18	0,26	1,14	159	94,00	23,75	168,67	0,16	0,54	OK	OK	0,44	0,38	28,50	0,42	85,8	0,85	1,75
19	0,23	1,04	171	64,00	20,44	115,34	0,14	0,61	OK	OK	0,42	0,39	28,15	0,42	85,8	0,77	1,58
20	0,21	1,04	182	64,00	25,39	146,07	0,13	0,47	OK	OK	0,40	0,33	30,32	0,42	85,8	0,73	1,49
21	0,15	0,83	223	64,00	30,60	155,31	0,10	0,37	OK	OK	0,33	0,26	34,22	0,42	85,8	0,60	1,23
22	0,15	1,06	294	44,00	30,49	159,48	0,11	0,36	OK	OK	0,39	0,29	32,48	0,42	85,8	0,55	1,13
23	0,13	0,65	105	59,00	18,66	102,17	0,10	0,46	OK	OK	0,30	0,29	32,80	0,42	85,8	0,51	1,05
24	0,13	0,73	138	126,00	27,96	188,41	0,10	0,40	OK	OK	0,30	0,27	33,88	0,42	85,8	0,51	1,05
25	0,11	0,84	180	48,00	28,03	140,96	0,11	0,34	OK	OK	0,33	0,26	34,36	0,42	85,8	0,46	0,94
26	0,10	0,68	173	55,00	29,66	124,61	0,08	0,34	OK	OK	0,28	0,23	36,23	0,42	85,8	0,40	0,83
27	0,09	0,54	163	49,00	32,85	132,40	0,07	0,28	OK	OK	0,23	0,19	39,95	0,42	85,8	0,44	0,90
28	0,09	0,61	114	94,00	20,49	142,54	0,09	0,38	OK	OK	0,28	0,25	35,21	0,42	85,8	0,37	0,77
29	0,08	0,57	171	55,00	35,72	135,48	0,07	0,28	OK	OK	0,24	0,19	39,71	0,42	85,8	0,38	0,78
30	0,07	0,49	59	63,00	15,16	89,34	0,09	0,45	OK	OK	0,25	0,26	34,28	0,42	85,8	0,30	0,61
31	0,06	0,42	64	71,00	15,83	119,18	0,07	0,30	OK	OK	0,22	0,20	39,56	0,42	85,8	0,29	0,60
32	0,06	0,40	112	50,00	29,32	105,93	0,05	0,27	OK	OK	0,19	0,17	42,45	0,42	85,8	0,30	0,62
33	0,06	0,38	152	62,00	38,34	142,22	0,04	0,21	OK	OK	0,17	0,17	42,90	0,42	85,8	0,29	0,60
34	0,05	0,43	53	53,00	15,12	77,98	0,08	0,38	OK	OK	0,23	0,23	36,75	0,42	85,8	0,20	0,41
35	0,04	0,37	69	53,00	23,18	85,76	0,06	0,29	OK	OK	0,19	0,18	41,58	0,42	85,8	0,18	0,37
36	0,04	0,31	140	64,00	36,40	117,62	0,04	0,21	OK	OK	0,15	0,17	42,90	0,42	85,8	0,18	0,38

Subcuencia	A [km2]	L [km]	H [m]	H min [m]	Pendiente (%)	Altura (promedio)	tc [h] - California Culverts Practice (1942)	tc [h] - Giandotti	lim_inf	lim_sup	tc [h] - Norma española	tc promedio	i Grunsky	C	P10	Q10	Q100
37	0,04	0,31	117	61,00	37,68	113,99	0,04	0,21	OK	OK	0,15	0,17	42,90	0,42	85,8	0,18	0,37
38	0,04	0,28	80	68,00	30,25	113,11	0,04	0,22	OK	OK	0,14	0,17	42,90	0,42	85,8	0,18	0,36
39	0,03	0,28	86	62,00	31,97	111,45	0,04	0,20	OK	OK	0,14	0,17	42,90	0,42	85,8	0,15	0,32
40	0,03	0,26	33	41,00	14,50	60,85	0,05	0,30	OK	OK	0,16	0,17	42,72	0,42	85,8	0,14	0,28
41	0,02	0,26	87	64,00	32,01	113,39	0,04	0,18	OK	OK	0,13	0,17	42,90	0,42	85,8	0,12	0,25
42	0,02	0,22	72	71,00	28,72	113,53	0,03	0,18	OK	OK	0,12	0,17	42,90	0,42	85,8	0,11	0,23
43	0,02	0,24	55	78,00	21,18	115,59	0,04	0,20	OK	OK	0,14	0,17	42,90	0,42	85,8	0,11	0,23
44	0,02	0,13	48	77,00	25,26	103,10	0,02	0,17	OK	OK	0,08	0,17	42,90	0,42	85,8	0,08	0,16
45	0,02	0,26	36	51,00	15,55	66,94	0,05	0,28	OK	OK	0,15	0,17	42,90	0,42	85,8	0,08	0,15
46	0,01	0,23	69	65,00	32,73	107,00	0,03	0,16	OK	OK	0,12	0,17	42,90	0,42	85,8	0,07	0,15
47	0,01	0,23	34	51,00	16,71	70,36	0,05	0,23	OK	OK	0,14	0,17	42,90	0,42	85,8	0,07	0,14
48	0,01	0,15	27	50,00	21,56	62,75	0,03	0,19	OK	OK	0,09	0,17	42,90	0,42	85,8	0,03	0,07

Fuente: Elaboración propia.

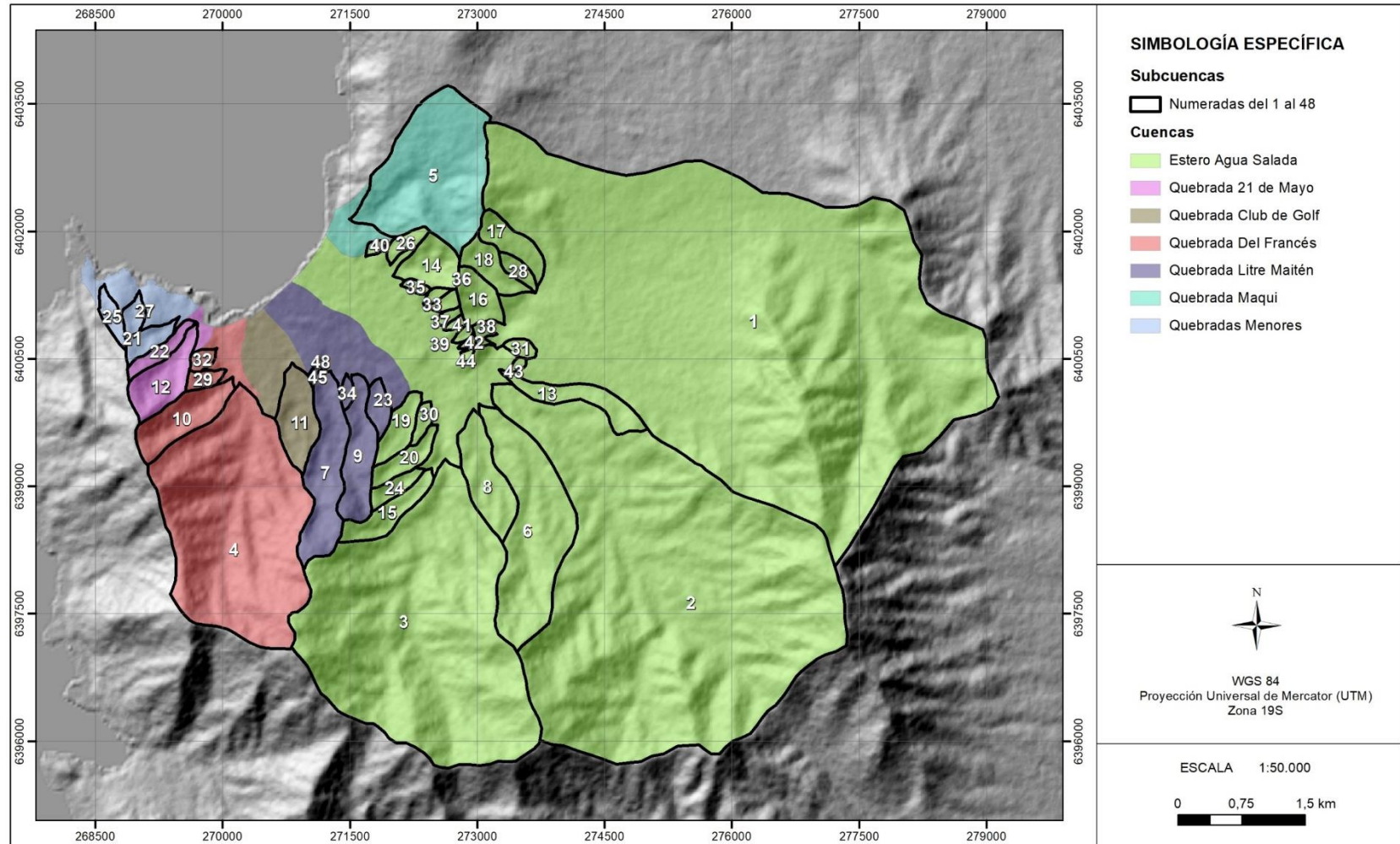
Cuadro 4.2-2 Cálculo de caudales de crecida [m³/s] para las 44 subcuencas del sector de Pullally, estimados a partir de la Fórmula Racional DGA..

Subcuena	A [km ²]	L [km]	H [m]	H min [m]	Pendiente (%)	Altura (promedio)	tc [h] - California Culverts Practice (1942)	tc [h] - Giandotti	lim_inf	lim_sup	tc [h] - Norma española	tc promedio	i Grunsky	C	P10	Q10	Q100
1	1990,10	123,33	1991	50	30,25	465,52	13,27	22,29	NOT	OK	14,62	13,94	4,7	0,4	85,8	1089,0	-
2	1825,56	108,10	2323	39	40,82	300,42	10,74	25,75	NOT	OK	12,50	11,62	5,1	0,4	85,8	1094,4	-
3	92,82	26,20	1568	30	26,18	195,32	2,43	7,57	OK	OK	4,63	4,88	7,9	0,4	85,8	85,9	-
4	58,94	16,13	529	32	13,99	149,71	2,11	6,33	OK	NOT	3,61	2,86	10,4	0,4	85,8	71,2	-
5	14,14	8,40	1006	31	29,57	408,74	0,77	1,78	NOT	OK	1,91	1,34	15,1	0,4	85,8	25,0	51,17
6	5,19	5,42	426	44	19,99	174,15	0,65	1,89	OK	OK	1,47	1,34	15,1	0,4	85,8	9,2	18,80
7	1,22	2,30	97	71	7,63	89,76	0,43	2,27	OK	NOT	0,92	0,68	21,3	0,4	85,8	3,0	6,24
8	1,09	2,26	368	43	22,43	172,67	0,25	0,83	OK	OK	0,74	0,61	22,5	0,4	85,8	2,9	5,86
9	0,82	2,21	86	44	8,59	88,83	0,43	1,29	OK	OK	0,87	0,86	18,8	0,4	85,8	1,8	3,68
10	0,68	2,37	342	44	17,91	138,74	0,27	0,88	OK	OK	0,80	0,65	21,7	0,4	85,8	1,7	3,53
11	0,58	1,84	69	43	8,01	83,07	0,38	1,15	OK	OK	0,77	0,76	20,0	0,4	85,8	1,4	2,77
12	0,48	1,23	81	44	9,71	108,68	0,22	0,72	OK	OK	0,55	0,50	24,9	0,4	85,8	1,4	2,84
13	0,43	1,06	146	44	15,59	100,57	0,15	0,70	OK	OK	0,45	0,43	26,6	0,4	85,8	1,3	2,75
14	0,43	0,64	82	43	17,64	95,86	0,10	0,61	OK	OK	0,30	0,34	30,1	0,4	85,8	1,5	3,07
15	0,40	0,98	77	43	19,49	97,91	0,17	0,68	OK	OK	0,40	0,42	27,1	0,4	85,8	1,3	2,61
16	0,28	0,56	97	43	15,05	101,24	0,08	0,48	OK	OK	0,28	0,28	33,0	0,4	85,8	1,1	2,22
17	0,24	0,83	128	41	15,60	108,53	0,12	0,49	OK	OK	0,37	0,32	30,8	0,4	85,8	0,9	1,76
18	0,23	0,59	35	39	6,56	66,53	0,13	0,66	OK	OK	0,34	0,38	28,5	0,4	85,8	0,8	1,55
19	0,22	0,32	89	41	11,41	101,35	0,05	0,38	OK	OK	0,19	0,21	38,6	0,4	85,8	1,0	2,02
20	0,21	0,78	76	43	21,97	94,00	0,13	0,52	OK	OK	0,33	0,33	30,5	0,4	85,8	0,7	1,52
21	0,19	0,63	79	42	23,43	88,28	0,10	0,50	OK	OK	0,28	0,29	32,3	0,4	85,8	0,7	1,49
22	0,18	0,42	152	35	22,45	101,95	0,05	0,36	OK	OK	0,21	0,20	38,7	0,4	85,8	0,8	1,71
23	0,18	0,62	73	42	20,66	91,31	0,11	0,46	OK	OK	0,28	0,28	32,8	0,4	85,8	0,7	1,38
24	0,17	0,64	83	37	24,10	90,40	0,10	0,45	OK	OK	0,28	0,28	33,3	0,4	85,8	0,7	1,37
25	0,16	0,61	88	35	24,25	86,13	0,10	0,44	OK	OK	0,27	0,27	33,8	0,4	85,8	0,6	1,31
26	0,15	0,62	82	35	23,88	78,97	0,10	0,47	OK	OK	0,27	0,28	33,1	0,4	85,8	0,6	1,20
27	0,14	0,53	78	35	22,48	85,92	0,08	0,40	OK	OK	0,24	0,24	35,6	0,4	85,8	0,6	1,17
28	0,12	0,51	77	32	20,46	76,63	0,08	0,40	OK	OK	0,24	0,24	35,6	0,4	85,8	0,5	1,01
29	0,11	0,45	36	36	6,65	66,25	0,10	0,46	OK	OK	0,27	0,28	33,3	0,4	85,8	0,4	0,90
30	0,11	0,52	75	37	23,73	94,26	0,08	0,35	OK	OK	0,24	0,22	37,0	0,4	85,8	0,5	1,00
31	0,11	0,31	94	32	13,65	91,21	0,04	0,29	OK	OK	0,18	0,17	42,4	0,4	85,8	0,6	1,13
32	0,11	0,51	78	36	20,08	80,98	0,08	0,39	OK	OK	0,24	0,24	35,9	0,4	85,8	0,5	0,92
33	0,08	0,20	90	22	17,69	80,94	0,03	0,23	OK	OK	0,12	0,17	42,9	0,4	85,8	0,4	0,83
34	0,07	0,34	77	42	19,71	84,73	0,05	0,30	OK	OK	0,18	0,18	41,4	0,4	85,8	0,4	0,73
35	0,07	0,44	72	46	20,16	82,12	0,07	0,36	OK	OK	0,22	0,21	37,8	0,4	85,8	0,3	0,64
36	0,07	0,51	73	46	20,76	83,75	0,08	0,37	OK	OK	0,24	0,23	36,3	0,4	85,8	0,3	0,60
37	0,07	0,39	68	45	21,53	77,70	0,06	0,36	OK	OK	0,20	0,21	38,7	0,4	85,8	0,3	0,63
38	0,06	0,36	69	43	21,37	77,98	0,06	0,33	OK	OK	0,19	0,19	40,2	0,4	85,8	0,3	0,60

Subcuenca	A [km2]	L [km]	H [m]	H min [m]	Pendiente (%)	Altura (promedio)	tc [h] - California Culverts Practice (1942)	tc [h] - Giandotti	lim_inf	lim_sup	tc [h] - Norma española	tc promedio	i Grunsky	C	P10	Q10	Q100
39	0,05	0,19	62	41	13,89	68,44	0,03	0,29	OK	OK	0,12	0,17	42,9	0,4	85,8	0,3	0,54
40	0,05	0,24	74	51	21,39	82,47	0,03	0,27	OK	OK	0,13	0,17	42,9	0,4	85,8	0,2	0,49
41	0,05	0,37	76	45	23,25	91,50	0,06	0,26	OK	OK	0,19	0,17	42,9	0,4	85,8	0,2	0,46
42	0,04	0,30	55	51	19,74	71,24	0,05	0,34	OK	OK	0,16	0,18	40,7	0,4	85,8	0,2	0,37
43	0,04	0,24	60	50	25,51	69,35	0,04	0,32	OK	OK	0,13	0,17	42,9	0,4	85,8	0,2	0,37
44	0,03	0,28	65	51	22,93	88,05	0,17	0,22	OK	OK	0,15	0,18	41,3	0,4	85,8	0,1	0,26

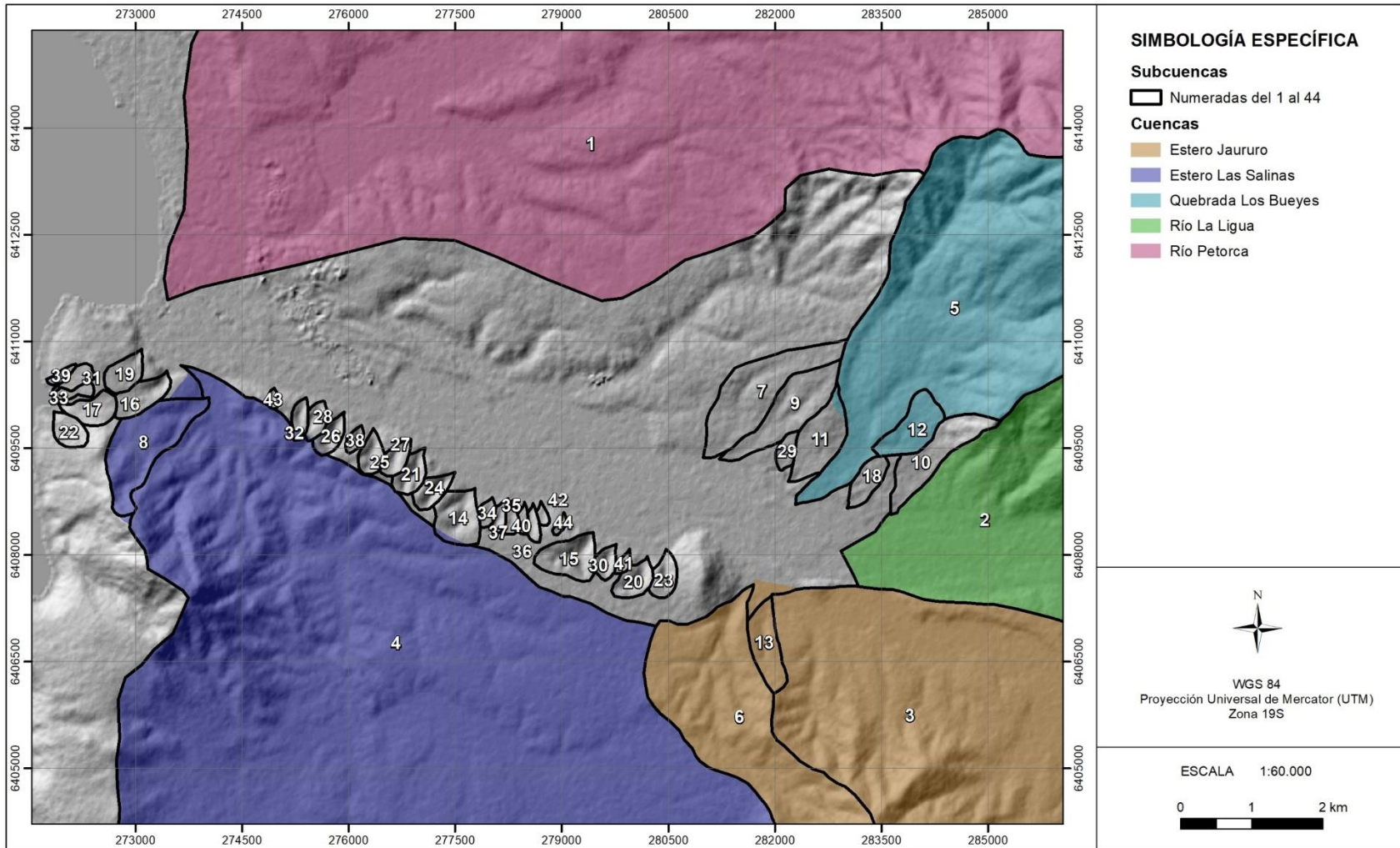
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 4.2-1 Subcuencas del área de Papudo.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 4.2-2 Subcuencas del área de Pullally.



Fuente: Elaboración propia.

4.3 CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA

4.3.1 Construcción del modelo hidráulico

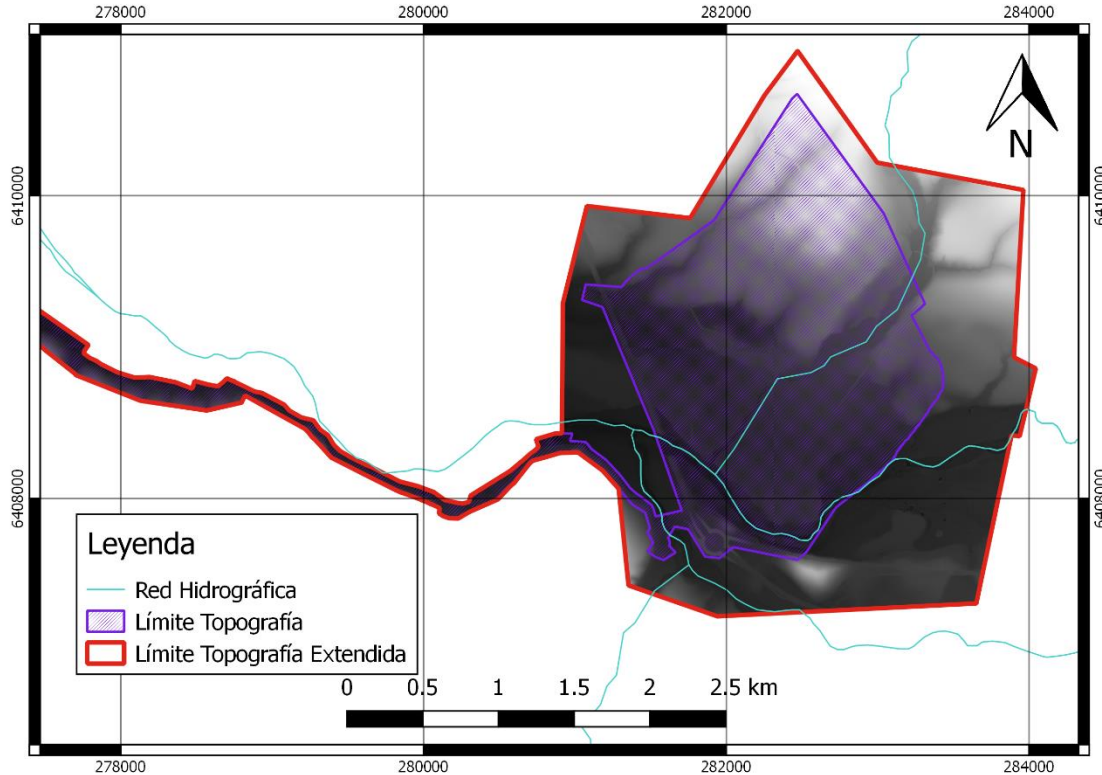
Con el objetivo de determinar las áreas bajo amenaza de inundación, se construyeron dos modelos hidráulicos utilizando el software HEC-RAS, el primero para el río La Ligua en el sector de Pullally, y el segundo en la quebrada Los Bueyes, del sector Pullally. Se consideraron únicamente estos dos cauces debido a su ubicación respecto del área de estudio, y no así el estero Jaururo, dado que no se encuentra directamente en el área de detalle estudiado, sino que al sur, descargando sus aguas al río La Ligua, aguas abajo del Puente Pullally. El modelo del río La Ligua considerará dicho aporte de caudal. Cabe destacar que debido al alto grado de intervención que presentan las cuencas en el sector de Papudo, y a que las condiciones de la urbanización generan múltiples zonas de escurrimiento que dificultarían cualquier modelación en una dimensión, no se realizará modelación hidráulica y se utilizarán otros criterios para definir la zonificación.

a) Topografía

Como parte del desarrollo de este proyecto se cuenta con un levantamiento aerofotogramétrico de la zona de estudio, realizado el 4 de agosto de 2015, que permitió la construcción de curvas de nivel cada 1 [m]. La extensión del levantamiento se muestra en la Ilustración 4.3 1. Debido a que el levantamiento inicial entregado se ajustaba al límite comunal, el cual no incluye el cauce completo del río La Ligua, se hicieron las gestiones necesarias con la empresa Digimapas, a cargo de este levantamiento, para conseguir ampliar los límites de la topografía, en función de los límites reales del levantamiento realizado por la empresa. Con todo esto, se obtuvo finalmente el modelo de elevación digital del terreno, para el área, según se muestra en la Ilustración 4.3 1. Cabe destacar que durante la fecha del levantamiento tanto el río como la quebrada estaban secos, por lo que se tiene una correcta representación de ambos cauces, debido a que en otras condiciones el levantamiento habría medido el espejo de agua.

Debido a que el modelo de elevación digital entrega mayor detalle que aquel entregado por las curvas de nivel, se optó por generar a partir de él una superficie y con esta los perfiles transversales para el modelo del río La Ligua y de la quebrada Los Bueyes. Estos perfiles se trazaron cada 50 [m], añadiendo perfiles en aquellos puntos singulares, como la presencia de puentes o curvas pronunciadas, de acuerdo a los requerimientos del modelo. La posición de los perfiles para ambos modelos se incluye en la Sección 8.4, Ilustración 8.5-1. Adicionalmente, y para permitir un mejor cálculo de las ecuaciones del modelo, se interpolaron perfiles cada 10 metros utilizando una herramienta disponible en el software HEC-RAS, en aquellos casos en que fue necesario.

Ilustración 4.3-1 Extensión topografía.



Fuente: Elaboración propia.

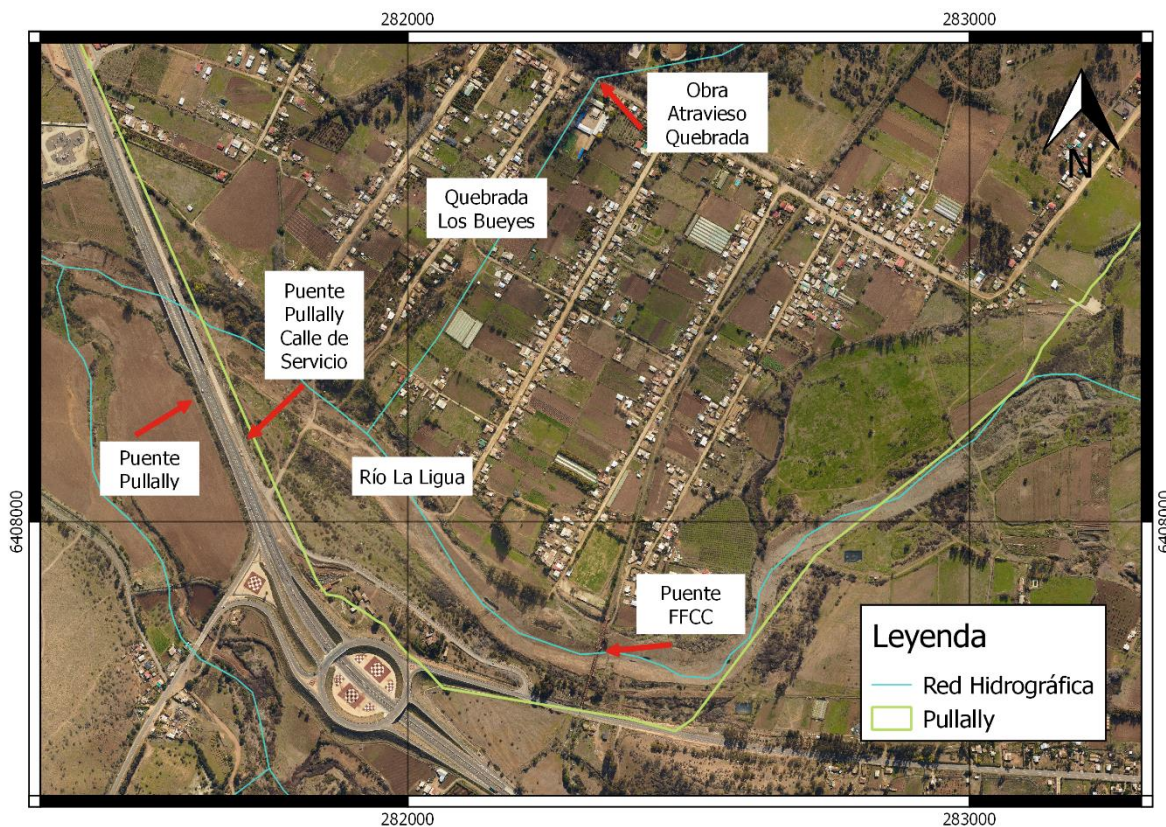
El río La Ligua en el tramo estudiado presenta un cauce bien definido y amplias planicies de inundación que están siendo actualmente utilizadas como terrenos cultivables. Cuando el río va por el límite sur de la localidad de Pullally, su caja se angosta, observándose la presencia tanto de la localidad por el norte como de las Ruta 5 Norte y E-39 por el sur. Existen en este tramo el río 3 puentes, ubicados según se muestra en la Ilustración 4.3-2. El primero corresponde a un antiguo puente ferroviario (Puente FFCC) utilizado actualmente como cruce peatonal, mientras que los otros dos son los puentes de la Ruta 5 Norte y la vía local, llamados Puente Pullally y Puente Pullally Calle de Servicio, respectivamente. No se cuenta con información respecto al diseño del Puente FCCC, por lo que sus dimensiones fueron estimadas a partir de lo observado en terreno, del levantamiento aerofotogramétrico y de imágenes satelitales. El esquema representativo en el modelo hidráulico se presenta en la Ilustración 4.3-3. En el caso de los otros puentes, la información fue obtenida a través de la Dirección de Coordinación de Concesiones de Obras Públicas, solicitada por Ley de Transparencia, y se presentan en la Sección 8.3.2, en el documento “Descripción General puente Pullally y Puente Pullally Calle de Servicio”. Debido a que los puentes se ubican uno al lado del otro se consideró para la modelación una simplificación, utilizando un único puente con un total de cepas igual a la suma de las cepas de ambos puentes, ubicadas de acuerdo a su distribución original en los puentes independientes, sumando así el efecto de las dos estructuras. El esquema representativo en el modelo hidráulico se presenta en la Ilustración 4.3.4.

La quebrada Los Bueyes atraviesa la localidad de Pullally en dirección norte sur, desembocando finalmente en el río La Ligua. Esta quebrada se encuentra en estado natural, siendo la única intervención importante una obra de atraveso en el cruce con la Av. Las Salinas, según se indica en la Ilustración 4.3-2. Dado que históricamente este punto ha sufrido problemas de inundaciones producto de las crecidas en la quebrada, se construyó una obra utilizando 4 tuberías de aproximadamente 1.5 m de diámetro, ubicadas según se indica en

el esquema representativo del modelo hidráulico presentado en la Ilustración 4.3 4. Cabe destacar que no se contó con el diseño de esta obra, por lo que sus dimensiones y pendiente fueron estimadas a partir de lo observado en terreno y al levantamiento topográfico.

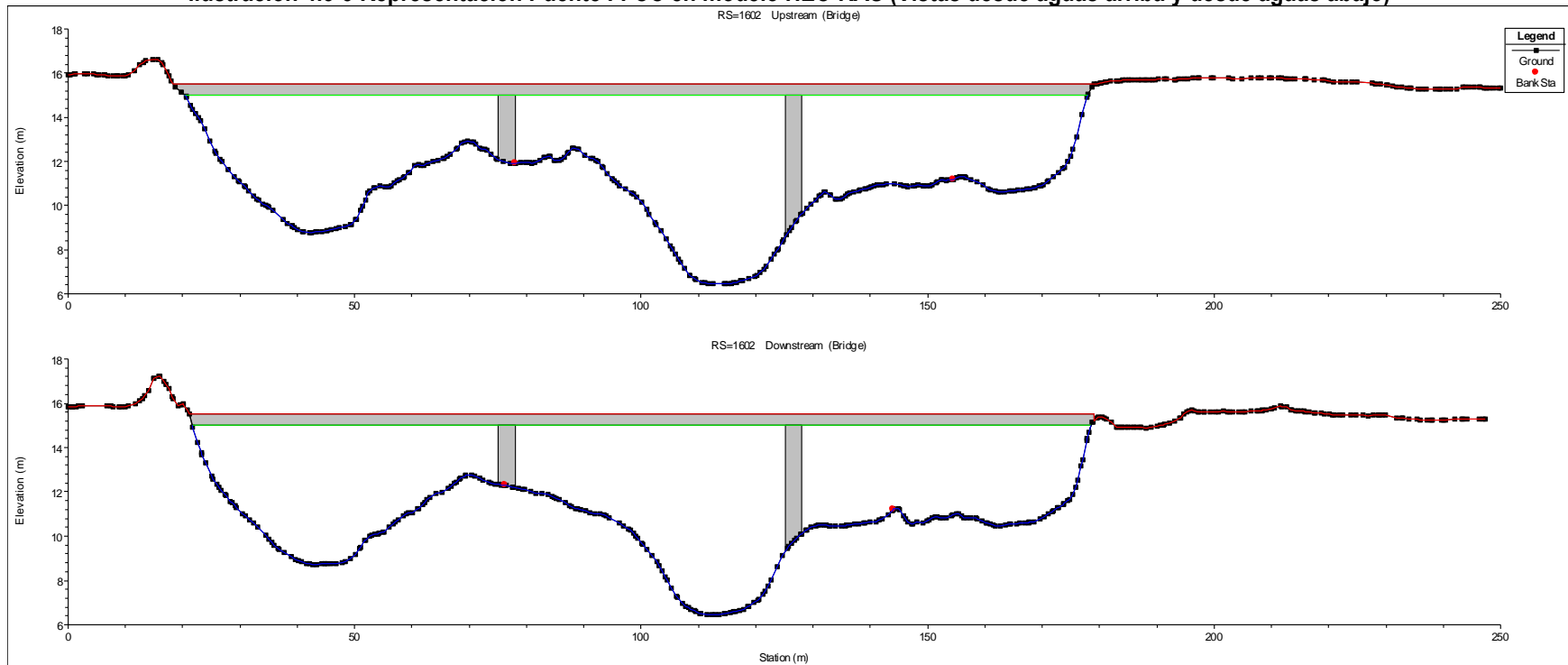
De esta forma, se construyeron los modelos de ambos cauces considerando la presencia de todas las obras hidráulicas mencionadas anteriormente. Adicionalmente, en ambos modelos, se utilizaron los elementos denominados Levees de HEC-RAS, para definir el cauce en aquellos puntos en que la planicie de inundación presenta diferencias de nivel que no permiten diferenciar el área de escurrimiento. La utilización de estos elementos se definió de manera dinámica, es decir, modificándola luego de cada simulación hasta encontrar la mejor representación del flujo. Es por este motivo que la presencia de dichos elementos varía entre los modelos generados para los distintos caudales asociados a los periodos de retorno.

Ilustración 4.3-2 Posición puentes y obras de atraveso en la localidad de Pullally



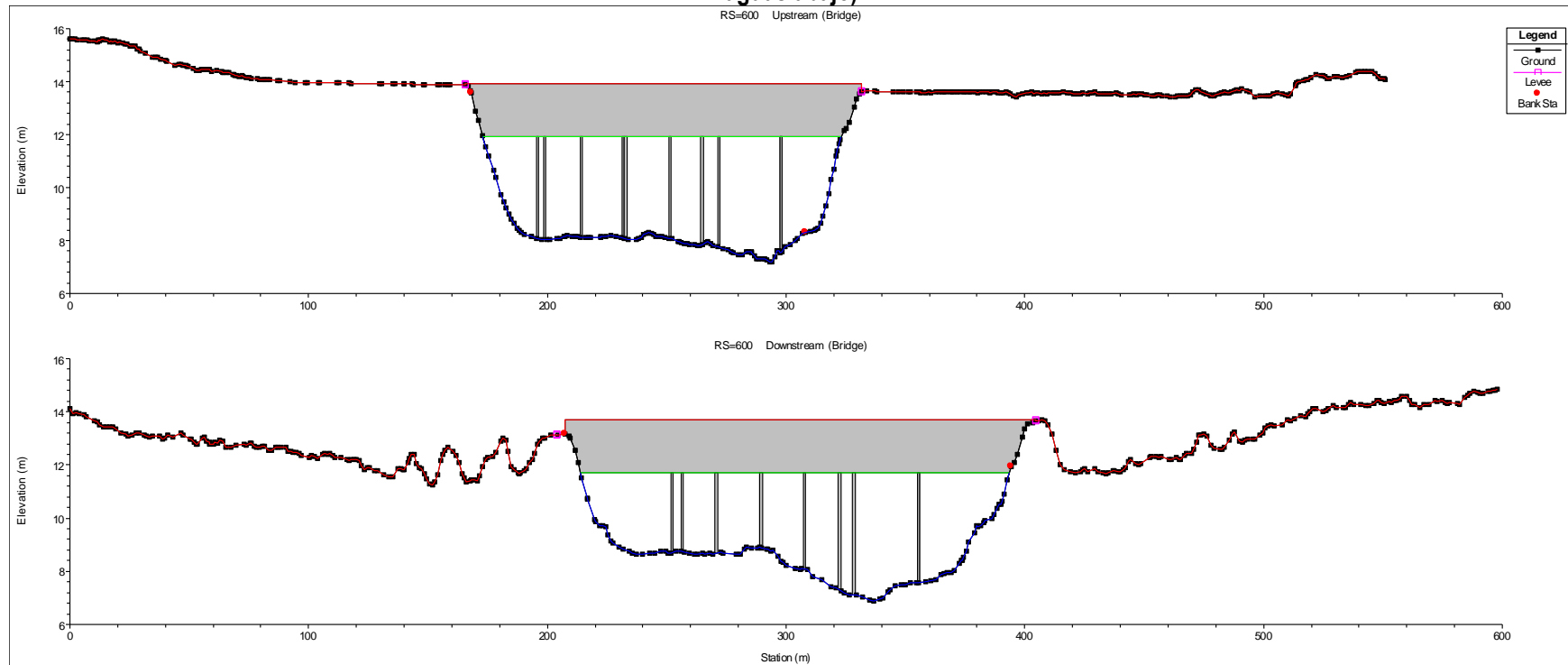
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 4.3-3 Representación Puente FFCC en modelo HEC-RAS (Vistas desde aguas arriba y desde aguas abajo)



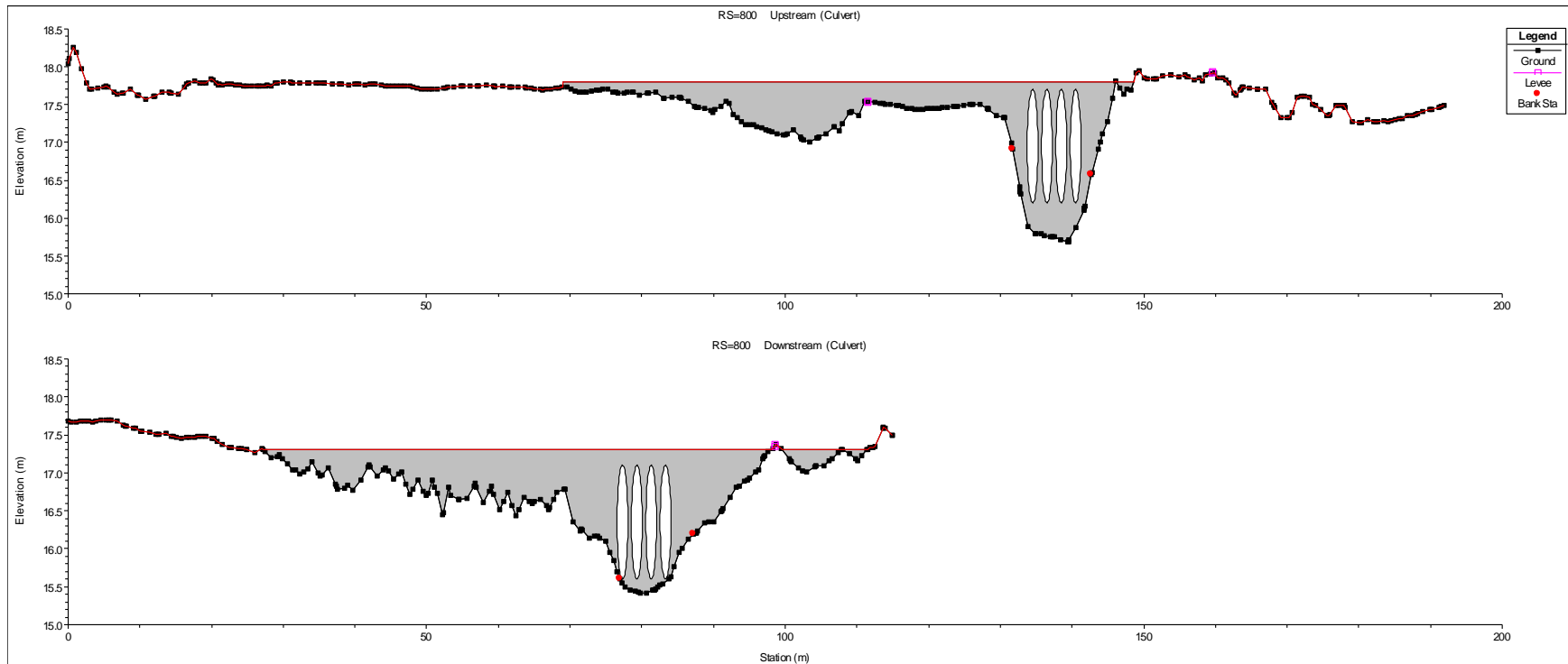
Fuente: Elaboración propia en software HEC-RAS.

Ilustración 4.3-4 Representación combinada Puente Pullally y Puente Pullally Calle de Servicio en modelo HEC-RAS (Vistas desde aguas arriba y desde aguas abajo)



Fuente: Elaboración propia en software HEC-RAS.

Ilustración 4.3-5 Representación obra de atravesio quebrada Los Bueyes en Av. Las Salinas, localidad de Pullally en modelo HEC-RAS (Vistas desde aguas arriba y desde aguas abajo)



Fuente: Elaboración propia en software HEC-RAS.

b) Coeficiente de Rugosidad

Para determinar el valor del coeficiente de Manning, tanto para el modelo del río La Ligua como de la quebrada Los Bueyes se consideró lo observado durante la visita a terreno realizada en septiembre de 2017 y la fotografía aérea tomada el 5 de noviembre de 2015, fecha del levantamiento aerofotogramétrico. Los valores se ajustaron considerando tramos homogéneos tanto de la caja principal del cauce respectivo como de las planicies de inundación. Para ello se consideró la mayor o menor presencia de vegetación y construcciones, así como su tamaño con respecto a las alturas de flujo. Los valores fueron estimados utilizando la fórmula de Cowan, y los valores propuestos en "Roughness Characteristics of Natural Channels" (Barnes, 1967). Los resultados obtenidos para cada grupo de perfiles de cada modelo se presentan en el Cuadro 4.3-1, y el detalle de la metodología utilizada se incluye en la Sección 8.4.

Cuadro 4.3-1 Estimación del coeficiente de Manning utilizando el método de Cowan, para los distintos grupos de perfiles en cada modelo.

Modelo	Perfiles	Coeficiente de Manning		
		Planicie Izquierda	Caja Principal	Planicie Derecha
Río La Ligua en Pullally	3.349 - 1.350	0,04	0,032	0,04
	1.300 - 1.050	0,045	0,032	0,045
	1000 - 561	0,05	0,032	0,045
	550 - 450	0,05	0,032	0,04
	400 - 0	0,04	0,032	0,04
Quebrada Los Bueyes	1.850 - 1.274	0,03	0,03	0,03
	1.250-1.100	0,04	0,03	0,045
	1.076-1.026	0,03	0,03	0,03
	1.000 - 812	0,04	0,03	0,03
	796 - 718	0,055	0,03	0,055
	700 - 622	0,03	0,03	0,03
	600 - 250	0,03	0,03	0,055
	209 - 0	0,03	0,03	0,03

Fuente: Elaboración propia.

c) Condiciones de Borde y Régimen de Flujo

Debido a que no se conoce a priori el régimen de flujo, se realizaron los modelos considerando un régimen mixto, disponible entre las opciones de modelación del software HEC-RAS. Una vez realizada la modelación se analizará el comportamiento de cada cauce. Por otra parte, las condiciones de borde se incluyen en el Cuadro 4.3 2.

En el caso del modelo del río La Ligua se consideró condición de borde de altura normal hacia aguas arriba y hacia aguas abajo, tomando en cuenta que se posee una topografía que se extiende fuera del área de estudio de detalle. En el caso del modelo de la quebrada Los Bueyes, se consideró igualmente altura normal hacia aguas arriba, mientras que hacia aguas abajo se consideró la altura producto de la crecida del río La Ligua para los distintos periodos de retorno, debido a que el río podría estar afectando el escurrimiento de la quebrada hacia aguas arriba.

Cuadro 4.3-2 Condiciones de Borde [m³/s]

Modelo	Condición de Borde		
	Aguas Arriba	Aguas Abajo	
Río La Ligua en Pullally	Altura Normal	Altura Normal	
	Pendiente = 0,01	Pendiente = 0,01	
Quebrada Los Bueyes	Altura Normal Pendiente = 0,002	Altura Modelo Río La Ligua	
		T (años)	Altura (m s. n. m.)
		2	9,74
		5	10,28
		10	10,73
		20	11,27
		50	11,96
100	12,51		

Fuente: Elaboración propia.

d) Condiciones de flujo

Los caudales utilizados en cada modelo se presentan en el Cuadro 4.3-3. Para el modelo de la quebrada Los Bueyes se utilizó directamente el caudal obtenido a través de las relaciones precipitación escorrentía en la cuenca respectiva, mientras que para el modelo del río La Ligua se consideró como caudal inicial el asociado a la cuenca del río La Ligua en Pullally, y agregando luego hacia aguas abajo las descargas de la quebrada Los Bueyes (perfil 950) y estero Jaururo (perfil 400), de acuerdo a los puntos identificados en la fotografía del levantamiento aerofotogramétrico.

Cuadro 4.3-3 Caudales de modelación [m³/s]

Modelo	Perfil	Descripción	Periodo de Retorno [años]					
			2	5	10	20	50	100
Río La Ligua en Pullally	3349,42	Entrada río La Ligua en el para de estudio	158	247	343	532	868	1204
	950	Río La Ligua bajo descarga quebrada Los Bueyes	160	251	354	552	903	1252
	400	Río La Ligua bajo descarga estero Jaururo	167	272	390	612	1010	1410
Quebrada Los Bueyes	1850	Entrada quebrada Los Bueyes en el área de estudio	2	4	11	20	35	49

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Análisis de Resultados

Se presentan a continuación los resultados obtenidos para la modelación de 10 y 100 años de periodo de retorno. Se destaca que la modelación fue realizada considerando las condiciones actuales de cobertura del suelo, por lo que es necesario mantener dichas condiciones y evitar utilizar las riberas como depósitos de basura. Se acompañan a este informe los resultados del modelo HEC-RAS de los perfiles longitudinales y

transversales para períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años, en formato pdf y fuera de texto, en la Sección 8.4.

En la Ilustración 4.3-6, se presentan los resultados obtenidos para un periodo de retorno de 100 años (en rojo) y la franja de inundación obtenida a partir de la interpretación de los resultados del modelo (línea roja y negra punteada), mientras que en la Ilustración 4.3-7 se presentan los resultados obtenidos para un periodo de retorno de 10 años (en verde) y la franja de inundación obtenida a partir de la interpretación de los resultados del modelo (línea verde y negra punteada). Adicionalmente se incluyen en la Sección 8.4, los resultados en formato shp para los otros periodos de retorno. En todos los casos las interpretaciones se han realizado de acuerdo a los resultados y singularidades presentados a continuación:

Crecidas en río La Ligua

Comenzando con la situación más desfavorable, vale decir para un caudal de crecida de 100 años, el río La Ligua ocupa completamente la caja disponible, la cual varía su ancho de manera importante debido a las condiciones topográficas, sin ser esto causante de desbordes u otros problemas. Tanto el Puente FFCC como aquel considerado para representar al Puente Pullally y al Puente Pullally en Calle de Servicio tienen la capacidad suficiente para el caudal de 100 años de periodo de retorno, y no generan alteraciones en el flujo, salvo por los angostamientos producto de las secciones definidas. El río presenta régimen de río a lo largo de todo el cauce, es decir, el escurrimiento está controlado desde aguas abajo. El único problema se observa en el límite noreste de la localidad, donde algunas casas ubicadas al sur de la Av. Las Salinas quedan dentro de la zona de inundación del río. Por otra parte, las casas ubicadas en el límite sur de la localidad quedan ubicadas justo en el límite de la zona de inundación, lo que coincide con los antecedentes disponibles de crecidas en años precedentes. En cuanto a los efectos de la crecida del río La Ligua sobre la quebrada Los Bueyes y el estero Jaururo, en ambos casos una crecida del río generaría inundación, la cual quedaría contenida en los cauces de cada uno de dichos cursos de agua, debido a las condiciones topográficas, sin generar problemas para la población.

Para crecidas de periodos de retorno menores el flujo se restringe parcialmente, y solo se observan diferencias significativas al observar las crecidas de periodo de retorno 10, 5 y 2 años, en donde el ancho del cauce disminuye notoriamente en la parte más occidental del área de estudios, aguas arriba del Puente FFCC. Para dichos periodos de retorno menores, una gran parte de la caja del río queda liberada, terrenos que se condicen con el actual uso como áreas de cultivo que hoy en día se observan. A diferencia de lo anterior, toda la zona que se encuentra entre dicho punto y el Puente Pullally mantiene un ancho de inundación similar para todos los periodos de retorno, observándose en este caso diferencias en la altura de los flujos. En el sector aguas abajo del Puente Pullally hay igualmente diferencias en los anchos de inundación, pero cabe destacar que esta zona se ve igualmente afectada por las crecidas del estero Jaururo.

Crecidas Quebrada Los Bueyes

El comportamiento de la quebrada Los Bueyes tiene dos etapas bastante bien marcadas. Aguas arriba de la obra de arte de cruce de Av. Las Salinas, la quebrada se desarrolla en terreno natural, sin estar mayormente influenciada por la presencia de construcciones ni obstrucciones, y cuya topografía es mucho más plana, razón por la cual se tiene un flujo de poca altura, pero de grandes anchos de inundación para los periodos de retorno de 100 y 50 años. En este sector se provocan importantes cambios en los anchos de escurrimiento, los cuales pueden no estar bien representados por el modelo, debido a que se observan constantes cambios en el régimen de flujo. Debido a lo anterior, la interpretación de los resultados entrega, para el periodo de retorno de 100 años, un ancho de inundación tomando en cuenta los mayores valores obtenidos y la topografía representada por las curvas de nivel en la zona. En el caso de las crecidas de periodo de retorno 100 y 50 años se observan derrames hacia el sector oriente de la quebrada, los cuales, dada la topografía de la zona, podrían continuar hasta el

muro del canal de riego ubicado en dicho sector. Por otra parte, como el terreno sigue bajando en dirección norte – sur hacia el sector más urbanizado, los derrames seguirían hasta llegar al sector de un nuevo canal de riego que cruza la zona en dirección oriente-poniente, y que se cruza con la quebrada en el sector de la obra de arte antes mencionada. En esta zona no existe un número importante de viviendas que se vean afectadas.

La obra de arte construida en el atraveso de la quebrada no tiene la capacidad suficiente para las crecidas de periodo de retorno 20, 50 y 100 años, provocando por una parte una acumulación del agua hacia aguas arriba, que provoca inundaciones en dicha zona de la quebrada y una influencia sobre su escurrimiento, y un posible efecto sobre las construcciones ubicadas aguas abajo, inmediatamente colindantes con la Av. Las Salinas, toda vez que una vez que el flujo sobrepase el camino, las afectará directamente. Parte del flujo volverá a encausarse por el lecho de la quebrada, sin embargo la presencia de la obra de arte podría provocar este tipo de efectos, dada la topografía del camino. Para periodos de retorno de 10, 5 y 2 años la obra funciona sin problemas, y el flujo continúa hacia aguas abajo. Debido a las características de este camino, y por ende a las exigencias normativas sobre las obras arte de atravesos, es posible que esta obra haya sido diseñada para crecidas de periodo de retorno menores, sin embargo no se cuenta con la información del diseño de la obra que permita verificar esta situación. Cabe indicar que el funcionamiento de la obra de arte fue verificado según lo indicado en el Manual de Carreteras, observándose los mismos resultados que los entregados por el modelo numérico.

El flujo aguas abajo de la obra de arte queda contenido por la formación natural de la quebrada, afectando levemente a algunas casas. Sin embargo, de acuerdo a lo observado en terreno, la mayor parte de las casas construidas en el sector aledaño a la quebrada lo están hechas en sistema de palafitos, por lo que no deberían existir viviendas afectadas. Esta situación dificulta definir un área de inundación. Para periodos de retorno de 20 años o menos no se observa afectación de casas aguas debajo de la obra de atraveso, el ancho del cauce disminuye levemente y las mayores diferencias se dan en las alturas del flujo, debido a la forma encajonada que presenta el flujo en este sector. La descarga al río La Ligua está completamente influenciada por las crecidas de este último, manteniéndose inundado hasta la cota 12,5 para periodo de retorno de 100 años, lo cual significa una distancia de 200 metros desde el punto de descarga hacia aguas arriba en la quebrada.

Ilustración 4.3-6 Resultados Modelo Inundación T=100 años



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 4.3-7: Resultados Modelo Inundación T=10 años



Fuente: Elaboración propia.

5 CATASTROS DE PELIGROS GEOLÓGICOS

Mediante recopilación bibliográfica, y complementando con la información proporcionada por el encargado de emergencias de municipalidad de Papudo, Fernando Vera, se realizó un catastro histórico de peligros geológicos acontecidos en el área de estudio.

El catastro recopila, para cada evento, información acerca de la fecha de ocurrencia, tipo de peligro, descripción del evento, intensidad y zonas afectadas. El nivel de detalle de la información depende del grado de información existente y, por lo general, para los eventos más recientes se tienen descripciones más detalladas y más exactas. De esta manera, los peligros catastrados son:

1. Inundaciones terrestres: se consideraron los eventos generados por temporales que generaron inundaciones y que tuvieron efectos directos en las comunidades.
2. Remociones en masa. Se consideraron los eventos generados por temporales que originaron inundaciones y/o algún tipo de remoción en masa dentro de la misma comuna de Papudo y/o sus alrededores y que tuvieron efectos directos en las comunidades.
3. Sismos históricos: se consideraron los sismos, obtenidos a partir de información bibliográfica, cuyos epicentros se ubicaron ya sea en la comuna de Papudo, o bien, en la misma región, o cuyos efectos afectaron directamente la zona.
4. Inundaciones litorales por maremotos: se consideran maremotos que hayan sido generados ya sea por terremotos cuyos epicentros ocurrieron frente a la costa, y también aquellos con origen en zonas lejanas llegaron atenuados a nuestro litoral.

La comuna de Papudo se encuentra a una latitud en la que no hay volcanes activos (flat slab), ubicada entre la Zona Volcánica Central de los Andes, que se desarrolla desde el sur de Perú hasta la latitud de Copiapó (27°S), y la Zona Volcánica Sur de los Andes, ubicada al Sur de Santiago. El volcán activo más próximo el Tupungatito, que se ubica a más de 180 Km al sureste de Papudo, y no se conecta a esta comuna por medio de redes de drenaje. Por lo tanto, no se incluye una zonificación del peligro volcánico.

Los antecedentes recopilados acerca de eventos asociados a peligros geológicos ocurridos a escala regional se sistematizaron en tablas y/o mapas, y se presenta en la Sección 8.3. En este capítulo se detallan los antecedentes específicos de remociones en masa e inundaciones ocurridos las localidades de Pullally y Papudo, recopilados durante una reunión llevada a cabo con el encargado de emergencias de la municipalidad, quien proporcionó un catastro de zonas afectadas por eventos meteorológicos o sísmicos (Cuadro 8.6-8).

5.1 CATASTRO DE INUNDACIONES TERRESTRES

Las inundaciones terrestres, en el sentido de “tierra adentro”, son aquellas en las que aguas dulces anegan territorios al interior de los continentes. Se reconocen dos tipos de inundaciones terrestres: (1) las inundaciones por desborde de cauce y (2) las inundaciones por anegamientos. Como su nombre lo indica, las **inundaciones por desborde de cauce** ocurren cuando ríos o esteros desbordan su cauce natural anegando las terrazas fluviales laterales o adyacentes, debido a la ocurrencia de caudales extremos. Por otra parte, las **inundaciones por anegamientos** se producen en zonas deprimidas, de baja permeabilidad, con niveles freáticos someros y deficiente drenaje del terreno. Estas inundaciones se asocian a la zona de desembocadura de algunas quebradas, las que son “embalsadas” por caminos y obstrucciones antrópicas.

Los procesos de inundación pueden originarse por varios factores, tales como lluvias intensas y/o prolongadas en el tiempo durante temporales, pero también pueden originarse por colapso o desbordamiento de represas y canales, o como afloramiento de aguas subterráneas en zonas pantanosas. Los valores que pueden alcanzar

los caudales, así como el tamaño del cauce, dependen también de otros factores como del área de la cuenca correspondiente, su forma, la diferencia de cota, la presencia de rocas o sedimentos permeables, etc.

Estos peligros de inundaciones terrestres se describen en detalle en la Sección 8.5.3. En el Cuadro 8.6-5 del mismo anexo, se presenta un catastro detallado de las inundaciones terrestres que han afectado a la comuna de Papudo y sus alrededores, desde 1827 hasta 2017. De acuerdo a la información recopilada, las inundaciones terrestres más significativas de los últimos 40 años que han afectado a la comuna de Papudo ocurrieron en los años 1899, 1965, 1997.

En los Cuadro 5.1-1 y Cuadro 5.1-2 se presenta el catastro de peligros de inundaciones por desborde de cauce y por anegamiento elaborados para la localidad de Papudo y Pullally; mientras el

Cuadro 5.1-3 detalla las calles que suelen recolectar el agua lluvia y por tanto sufrir inundaciones. Este catastro se basa en principalmente en la información proporcionada por el encargado de emergencias, pero fue complementada con observaciones de terreno.

La información de este catastro es vertida en los mapas inventario elaborados para las localidades de Pullally y Papudo (Ilustración 5.2-3 e Ilustración 5.2-4). Lo cual permite representar gráficamente las zonas más problemáticas y/o riesgosas, y señalar la ubicación referencial de los eventos de inundaciones de los que se tiene antecedentes.

De los mapas inventario de Pullally y Papudo (Ilustración 5.2-3 e Ilustración 5.2-4), se extrae, que los peligros de la localidad de Pullally están caracterizados por la ocurrencia de inundaciones por desborde de cauce, tanto de quebradas intermitentes como de canales artificiales; mientras que en el sector de Papudo son predominantes las inundaciones por anegamiento.

En Pullally rural se disponen pequeñas quebradas intermitentes de orientación NE, algunas de las cuales se activan durante las precipitaciones intensas, generando inundaciones locales en el entorno de las viviendas que allí se ubican. De acuerdo al catastro, algunas de estas quebradas son propicias a inundaciones por desborde de cauce, tanto en el sector de Viña Vieja (Puntos 1 y 2) como en quebrada de Bueyes (Punto 3), sobre todo en su desembocadura hacia el río La Ligua (Ilustración 5.1-2). Estas quebradas son atravesadas perpendicularmente por el canal Illalolén (de dominio privado), cuya capacidad también puede ser superada durante estas lluvias, y por tanto aumentar el caudal que naturalmente llevarían estas quebradas.

Los peligros en el sector de Playa Las Salinas están caracterizados por la desembocadura del río La Ligua y Las Salinas, el cual condiciona el terreno a inundaciones por desborde de cauce y por anegamiento; y además a inundaciones litorales por encontrarse en una zona costera de baja pendiente (ver Sección 5.4). La llanura de inundación de la ribera sur del río La Ligua está potencialmente expuesta a inundaciones por anegamiento (debido a su relieve deprimido, casi al nivel del río), efecto que se ve amplificado en el sector del Punto 6 (Ilustración 5.1-1 e Ilustración 5.2-3) por el aporte de agua proveniente de la desembocadura de una quebrada intermitente sin nombre.

Las mayores inundaciones en el balneario de Papudo ocurrieron durante los años 1997, 2002 y 2015, sobre las unidades geológicas de depósitos aluviales recientes y depósitos aluviales actuales del sector sur de Papudo. Estas ocurrieron en las quebradas provenientes de las cuencas de mayor tamaño, las cuales se caracterizan por no tener un canal de salida claro, si no que su morfología es bastante plana en su desembocadura por lo que se inundan las calles de salida. Los mayores caudales corresponden a los que bajan desde la quebrada El Francés (Punto 17), desde el afluyente club de golf (Punto 9), y desde las cuencas de las quebradas “paso de cultivo” que llega a la calle El Maitén (Punto 15) y “de los apestados” (Punto 7). En general el agua proveniente de las quebradas del sector sur se canaliza por la avenida El Peumo.

Ilustración 5.1-1 Cauce principal del Río La Ligua en sector cercano a la desembocadura y su llanura de inundación.



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017). Corresponde a Punto 6 en catastro.

Ilustración 5.1-2 Inundación invierno 2016 por desborde de río Ligua en sector de calle 4 Oriente.



Fuente: Extraído de Ilustre Municipalidad de Papudo (2017). Corresponde a Punto 3 en catastro.

Cuadro 5.1-1 Catastro de sectores afectados por inundación por desborde de cauce.

Punto	Descripción
1	Las casas de este sector se inundan debido al desborde del canal Illalolen (canal privado).
2	Bajada de agua por quebrada, se desborda dependiendo de cuánta agua se suma del canal que la cruza perpendicularmente.
3	El cauce toma mucha fuerza, el 2015 la fuerza del agua arrastró el puente.
4	El agua que proviene de la quebrada rompe el camino, dejando usualmente aislado a este sector. Por otra parte, aquí mismo se produce el ingreso del mar (marejadas) que también destruyen el camino. Este proceso es frecuente durante cada invierno, la última vez que ocurrió fue el 2017.
5	En 1997 bajó un aluvión que se llevó el puente, arrastró sedimentos y árboles. Se inundó parte baja.

Fuente: Comunicación directa con encargado de emergencias (2017).

Cuadro 5.1-2 Catastro de sectores afectados por inundación por anegamiento.

Punto	Descripción
6(*)	Inundación debido a la acumulación de agua que proviene de la quebrada vecina sin nombre. En terreno se observa un sector inundable con una pequeña laguna de agua estancada.
7	Inundación 1997.
8	Ducto subterráneo que permite el paso del agua (proveniente de la crecida de la laguna esporádica) por debajo de las calles. Sin embargo es pequeño, se tapa y se rebalsa el agua, inundando hacia arriba y hacia la calle.
9	Inundación. El agua aquí se separa, baja por calle Baquedano y entre los terrenos privados. Desemboca hacia el sector del gimnasio municipal.
10	Alto de arena no permite paso de agua. Inundaciones frecuentes por el agua que baja por la quebrada.
11	Inundación a ambos lados de la desembocadura del río. Se forma una pared de arena natural en sector de Playa Grande que impide la salida del agua, provocando su desborde hacia los lados.
12	Inundación a ambos lados de la desembocadura del río. Se forma una pared de arena natural en sector de Playa Grande que impide la salida del agua, provocando su desborde hacia los lados.
13	El agua de las calles Esmeralda, Cochrane, Fernández Concha y Blanco, es recolectada por un colector que es insuficiente. Se inundan las canchas de tenis. El colector desemboca hacia playa grande.
14	Durante las lluvias intensas se acumula agua bajo el sector villa marina (pasaje La Medusa). Se inunda la planta de elevación de aguas servidas de empresa sanitaria. Por acá baja el agua de quebrada alledaña.

Fuente: Comunicación directa con encargado de emergencias (2017). (*) Complementado con observaciones de terreno.

Cuadro 5.1-3 Catastro de calles propensas a inundación por recolección de aguas lluvia.

Punto	Descripción
15	Inundación en calles 1997. En ese entonces el agua que inundaba a la población Nueva Irrarázaval seguía el curso de las calles: por dos vías, calle El Litre, o bien El Coirón para continuar por El

	Maitén, toda esta agua llegaba al sector del estadio del club deportivo independiente, y continuaba su curso hasta calle Lilén. Actualmente hay un canal subterráneo (Punto 9) que pasa bajo las calles El Litre, El Coirón, El Maitén y desagua hacia canal artificial.
16	Calle Lilén recolecta el agua proveniente de las dos quebradas arriba (puntos 9, 10 y 16). Cada invierno se inunda.
17	El agua proveniente de la quebrada El Francés se canaliza por calle Prat. Desembocadura hacia "Playa Chica".

Fuente: Comunicación directa con encargado de emergencias (2017).

5.2 CATASTRO DE REMOCIONES EN MASA

El término "remoción en masa" incluye una amplia variedad de procesos que generan el movimiento aguas abajo de los materiales que constituyen las laderas, incluyendo roca, suelo, relleno artificial o una combinación de las anteriores. El movimiento de estos materiales puede ser por caída, volcamiento, deslizamiento, propagación lateral o flujo (PMA-GCA, 2008). Cada uno de ellos se describe detalladamente en la Sección 8.2.2b) "Procesos de Remoción en Masa".

Al igual que las inundaciones terrestres, el factor desencadenante principal para la generación remociones en masa corresponde a lluvias intensas y/o prolongadas. En consecuencia, muchas veces ocurren ambos peligros de manera simultánea y, generalmente, la información es insuficiente para diferenciar entre inundaciones y algunos tipos de remociones en masa (específicamente, flujos de barro y/o detritos).

La totalidad del registro de remociones en masa se distribuye en el sector de Papudo, y se caracterizan por ocurrir como deslizamientos del suelo (que tienden a aluviones) en presencia de lluvias, o como caídas de rocas o desprendimientos durante sismos. Sin embargo estas remociones en masa también pueden ocurrir sin un desencadenante particular. El Cuadro 5.2-1 señala los sectores que típicamente se ven afectados por caídas de rocas o deslizamientos, y esta información se representa gráficamente en las Ilustración 5.2-3 e Ilustración 5.2-4.

Al igual que el anterior, este catastro se basa en la información proporcionada por el encargado de emergencias de la municipalidad.

De acuerdo a lo conversado con el encargado de emergencias de Papudo, en el sector de Pullally no se cuenta con registro de remociones en masa de ningún tipo. Sin embargo, en el sector de Pullally rural se observó un cerro en cuya cima y laderas había material disponible para caídas de rocas hacia el camino, o acarreo de estas durante precipitaciones intensas. Y por otro lado, se encontraron escarpes en las cabeceras de algunas quebradas menores perpendiculares a la Ruta E-244 (Ilustración 5.2-1), las cuales son evidencia de procesos de ladera (como retrocesos o remociones en masa).

En el sector de Papudo la Unidad de granodioritas y dioritas de la Superunidad Mincha, ha presentado diversos tipos de procesos de ladera. En el sector nororiente (Puntos D y E de la Ilustración 5.2-3) se observaron tres grandes escarpes de aproximadamente 3 metros de largo, separados por ~30 metros entre sí (Ilustración 5.2-2); estos escarpes son evidencia de que en dicho talud (menores a 20 metros de altura) hubo deslizamientos de tierra. Esta ladera se encuentra actualmente activa, ya que el encargado de emergencias reportó la caída de rocas gatillada por sismo o lluvia en tales escarpes. Por otro lado, en el sector sur del área de Papudo, se observa que la unidad de roca se encuentra notoriamente fracturada y meteorizada, y se han reportado caídas de rocas y deslizamientos en los cortes de camino (Puntos G, H, I, unidad en sector J en general, en Ilustración 5.2-4), los cuales, al igual que en el sector norte, se activan tanto con lluvia como precipitaciones.

Se han reportado dos quebradas con flujos de barro y detritos, correspondientes a los del estero Agua Salada (Punto K) y quebrada EL Maqui (Punto L).

Ilustración 5.2-1 Escarpe y cárcavas en cabecera de quebrada perpendicular a la Ruta E-244. No se observa cauce de salida de la quebrada.



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017). Corresponde a Punto B en catastro.

Ilustración 5.2-2 Escarpe en talud camino a La Ligua (Ruta E-30_F).

Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017). Corresponde a Punto D en catastro

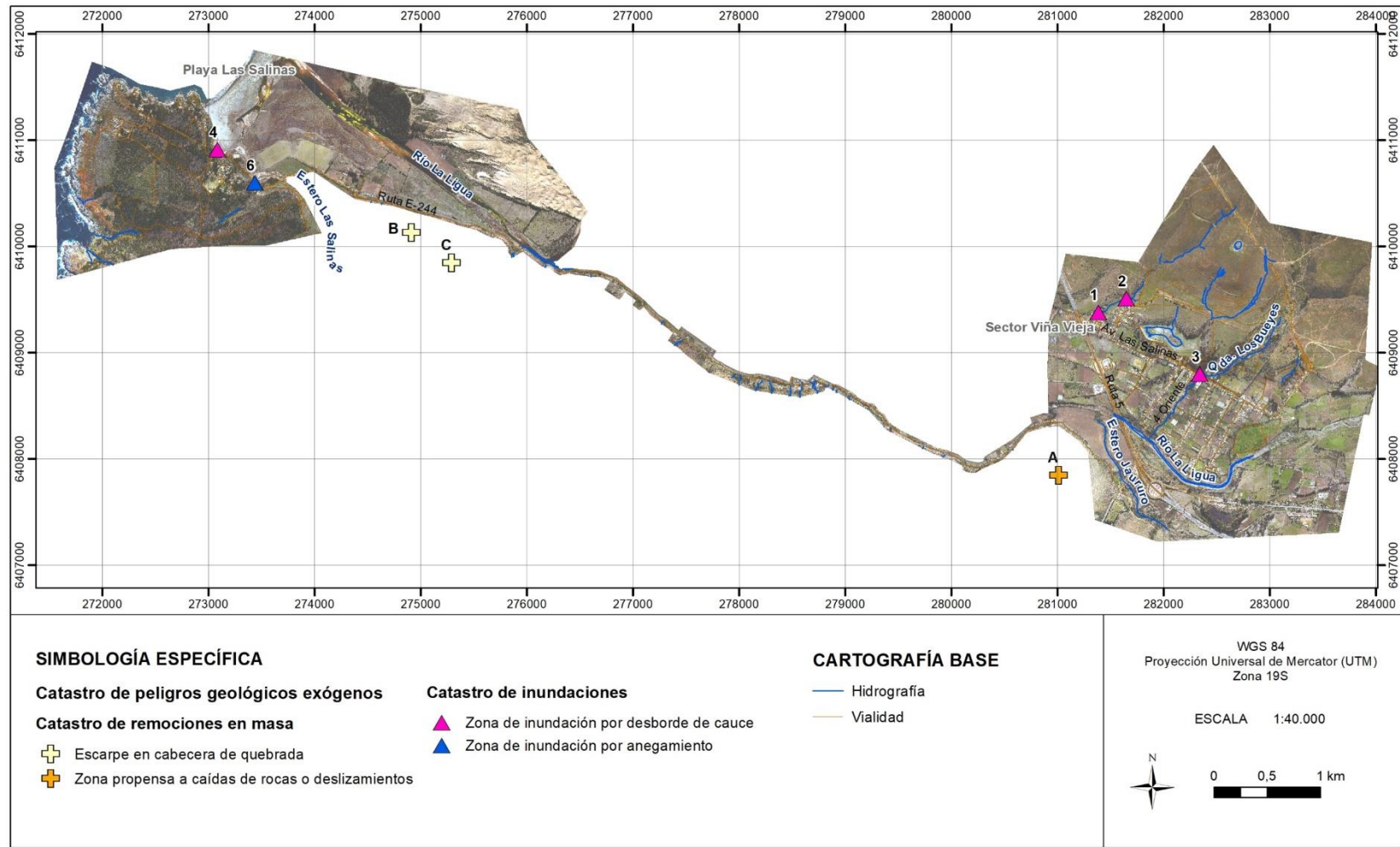
Cuadro 5.2-1 Catastro de zonas en las que se han identificado caídas de rocas o deslizamientos.

Punto	Descripción
A*	Zona de acumulación de rocas, desde donde eventualmente podrían ocurrir caídas de rocas.
B*	Escarpe de cabecera de la quebrada con cárcavas, indicativo de probable retroceso de ladera.
C*	Escarpe de cabecera de la quebrada con cárcavas, indicativo de probable retroceso de ladera.
D	Talud propenso a deslizamientos de suelo y roca (con lluvia) y caídas de roca (todo el año). Tres escarpes y respectivos depósitos separados por 20 m. En afloramiento intrusivo muy meteorizado y fácilmente disgregable con la mano. Talud paralelo a Ruta E-30-F, camino hacia La Ligua.
E	Deslizamientos y caídas de rocas a ambos lados en corte de camino. Se producen tanto por lluvia como por sismo.
F	Desprendimientos y derrumbes en talud. Hay malla (buen estado) en talud norte.
G	Caída de rocas con sismo, deslizamientos de tierra con lluvia. Toda esta unidad presenta problema en este lado en corte con caminos.
H	Deslizamiento de suelo con humedad, desprendimientos en seco. Todo cae hacia el camino.
I	Caída de roca con sismo o deslizamientos en invierno.
J	En general el sector sur-occidental de la unidad granítica presenta condiciones para la ocurrencia de remociones en masa en sectores de cortes de camino.
K	Hubo un aluvión en 1997. Se colmató de agua del Tranque Agua Salada (empresa sanitaria Esva) por lo que tuvieron que abrir las compuertas. Bajó un gran flujo que arrastró cargado de sedimentos que arrastró árboles.
L	Aluvión proveniente de la quebrada el 2015. Se inundó el primer piso y el subterráneo del edificio vecino con agua y barro (arena).

Fuente: Comunicación directa con encargado de emergencias (2017).

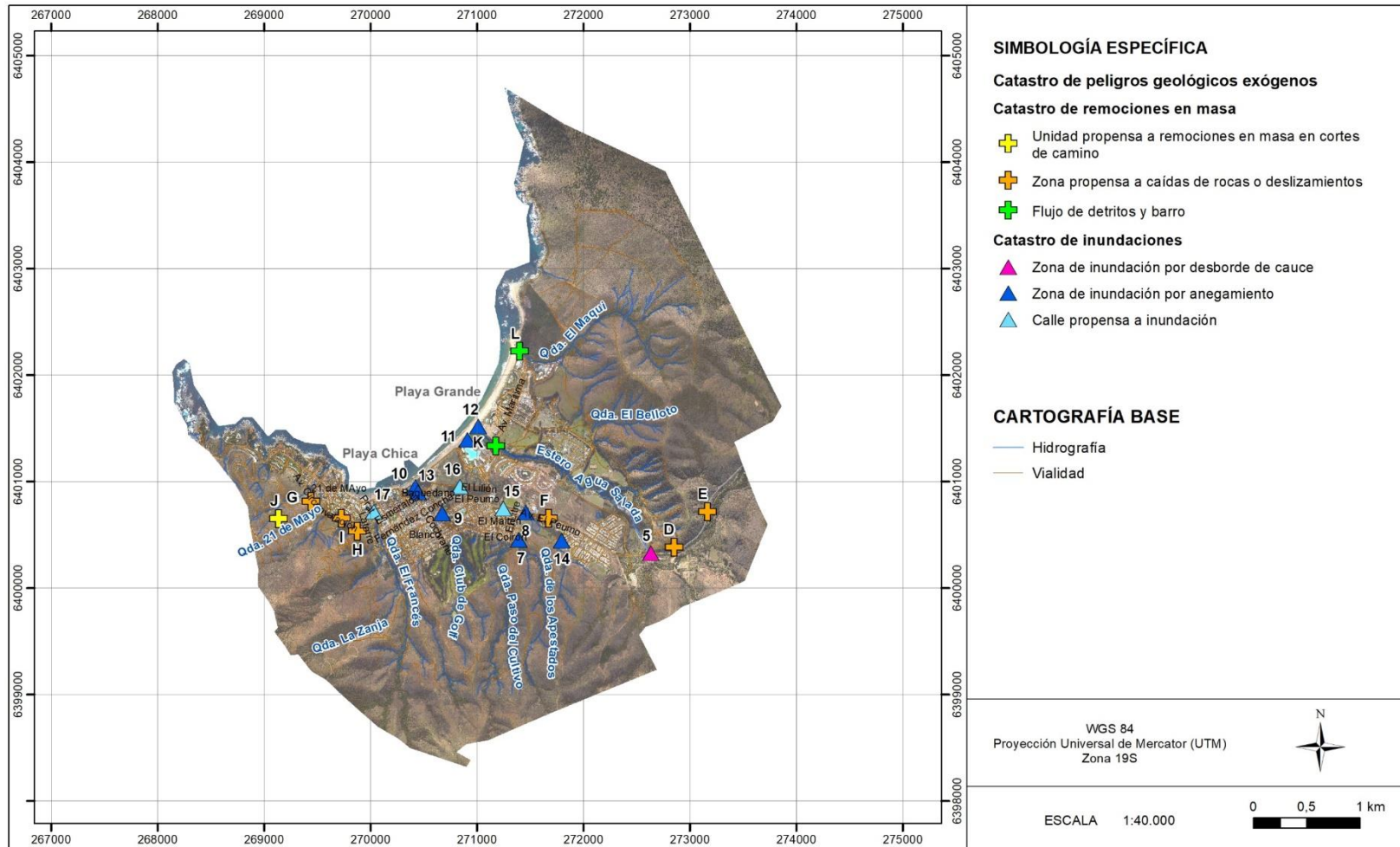
(*) Basado en observaciones de terreno.

Ilustración 5.2-3 Ubicación referencial de los eventos de inundación y remociones en masa que han afectado el sector de Pullally durante las últimas décadas.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 5.2-4 Ubicación referencial de los eventos de inundación y remociones en masa que han afectado el sector de Papudo durante las últimas décadas.



Fuente: Elaboración propia.

5.3 CATASTRO DE SISMICIDAD

La costa de Chile históricamente ha sido afectada por grandes terremotos, varios acompañados de maremotos destructivos. En la Sección 8.2.1a) "Sismicidad", se explica la sismicidad que caracteriza al territorio chileno; y en la Sección 8.6.5, se compilan los sismos registrados por la red sismológica mundial y se describen en detalle los sismos históricos que han afectado a la comuna de Papudo y sus alrededores.

En la Ilustración 5.3 1, se grafican los sismos de subducción más importantes que han afectado al territorio de Chile continental en el período histórico. El área de estudio presenta antecedentes históricos que indican que ha sido afectada por grandes terremotos intraplaca de profundidad intermedia (ver, Sección 8.6.5, Cuadro 8.6-10), tales como los de 1965 y 1971, y terremotos interplaca tipo Thrust, por ejemplo, los terremotos 1647, 1730, 1873, 1906 y 1985 (Lara & Rauld, 2003). Los terremotos ocurridos en Chile previamente al año 1960 no fueron registrados mediante sismómetros modernos, por lo que no poseen información instrumental que permita determinar sus características. Por lo tanto, las áreas de ruptura de los terremotos previos a dicha fecha han sido estimados en otros estudios utilizando los datos históricos de intensidad de daño mediante la metodología propuesta por (Kausel, 1992).

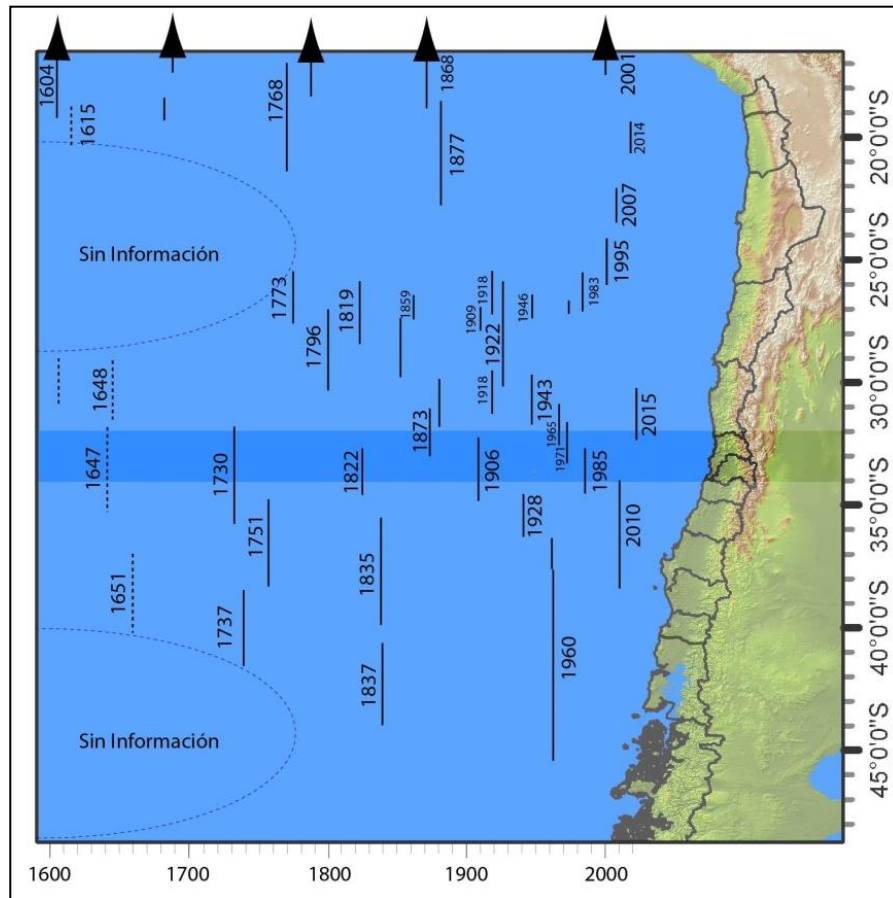
En el Cuadro 5.3-1, se enumeran los terremotos más significativos (magnitud sobre 7,5) que han afectado a los alrededores de la comuna de Papudo desde el siglo XVII, donde destacan los terremotos de 1730 y 1906.

Cuadro 5.3-1 Datos de terremotos históricos de magnitud superior a 7.5 ocurridos en la zona.

Latitud (°)	Longitud (°)	Profundidad	Magnitud Aprox.	Año	Mes	Día
-33,05	-71,63	-	8,9	1730	07	07
-33 aprox.	-	25	8,2	1906	08	16
-32,01	-71,17	50 a 60 km	7,6	1965	3	28
-32,45	-71,57	60	7,7	1971	07	08
-33,24	-72,04	33	7,7	1985	03	03

Fuente: Elaboración propia en base a Catálogo NEIC

Ilustración 5.3-1 Terremotos de subducción históricos con magnitud estimada y calculada mayor a 7.2, y sus áreas de ruptura.



Fuente: Elaboración propia. En línea continua las zonas de ruptura bien identificadas, en línea discontinua las zonas de ruptura inferidas a partir de datos históricos.

5.4 INUNDACIONES LITORALES POR MAREMOTO

En general, los datos a nivel nacional y regional sobre la recurrencia histórica de maremotos, provienen de referencias desde la Conquista Española, aumentando el conocimiento de estos eventos a medida que el país se fue poblando.

Las costas de Papudo han sido afectadas por al menos cinco maremotos generados por terremotos de gran magnitud de momento ($M_w \sim 8$); los más importantes corresponden a los registrados el 13 de mayo de 1647, 8 de julio de 1730, 19 de noviembre de 1822, 16 de agosto de 1906 y 3 de marzo de 1985 (SHOA, Noviembre, 2003). El Cuadro 5.4 1 muestra un resumen de terremotos tsunamigénicos históricos ocurridos en la costa de Chile central.

Cuadro 5.4-1 Sismos de $M_s \geq 7,0$ en la región central del país y su relación con maremotos.

Fecha	Hora	LAT	LONG	M_s	Prof	M_w	Efec. Sec
08-02-1570	9:00	-36,8	-73,0	8,3			TD
13-05-1647	22:30	-35,0	-72,0	8,5			-
15-03-1657	1930	-36,8	-73,0	8,0			TD
08-07-1730	4:45	-33,1	-71,6	8,7	-	-	TD
25-05-1751	1:00	-36,8	-73,0	8,5			TD
11-04-1819	10:00	-27,4	-70,4	8,3	-	-	TD
19-11-1822	22:30	-33,1	-71,6	8,5	-	-	TM
20-02-1835	11:30	-36,8	-73,0	8,5			TD
17-12-1849	6:00	-30,0	-71,4	7,5	-	-	TM
05-10-1859	8:00	-27,4	-70,4	7,6	-	-	TM
16-08-1906	19:48	-33,0	-72,0	7,9	25	8.2	TM
04-12-1918	7:47	-26,0	-71,0	8,2	60	-	TM
10-11-1922	23:53	-28,5	-70,0	8,4	25	8.5	TM
06-04-1943	12:07	-30,8	-72,0	8,3	55	8.2	T
19-04-1955	16:24	-30,0	-72,0	7,1	-	-	T
22-06-1960	15:11	-39,5	-74,5	8,5	-	9,5	TD
08-07-1971	23:03	-32,5	-71,2	7,5	40	-	TM
03-03-1985	19:46	-33,2	-71,9	7,8	33	8.0	T
27-02-2010	3:34	-36,3	-73,2	-	30	8.8	TD
15-09-2015	19:54	-31,6	-71,7		23,3	8,4	TD

Fuente: Modificado del Servicio Sismológico de la Universidad de Chile. www.sismologia.cl. T: tsunami menor; TM: tsunami moderado; TD: tsunami destructor y mayor.

6 ZONIFICACIÓN DE LOS PELIGROS ANALIZADOS

En base al análisis del catastro y de las condiciones geológicas y geomorfológicas del área de estudio, es posible identificar las principales características de los factores condicionantes y desencadenantes para cada uno de los peligros geológicos a los cuales se encuentra expuesta el área de estudio (Sección 8.2). Y con estos antecedentes es posible definir los criterios que serán utilizados para la zonificación de la susceptibilidad asociada a cada uno de dichos peligros.

Los peligros reconocidos en la zona de estudio se pueden diferenciar en dos grupos:

- Peligros zonificables a escala comunal (escala de trabajo mayor a 1:25.000): casos en los que se puede categorizar la susceptibilidad y, por lo tanto, determinar una zonificación de la misma.
- Peligros no zonificables a escala comunal (escala de trabajo menor a 1:50.000): casos en los que no se pueden zonificar a escala urbana o que requerirían estudios de mayor detalle para poder determinar una zonificación de la susceptibilidad.

6.1 PELIGROS ZONIFICABLES

A continuación se describe la metodología utilizada para zonificar cada uno de los peligros aquí evaluados, cuyo resultado principal es presentado a escala 1:5.000 en los planos de síntesis 3 y 4, fuera de texto.

6.1.1 Inundaciones por desborde de cauce

En general, las zonas expuestas a conducir y acumular la escorrentía superficial de aguas, corresponden a los ejes hidráulicos de los ríos, esteros y quebradas. En términos geológicos, y en el contexto de este estudio, dichos ejes se asocian a los *depósitos fluviales actuales* y a los *depósitos aluviales actuales*. Por lo tanto, en cada río, estero y quebrada, estos depósitos restringen los sectores que presentan condiciones para ser afectados por inundaciones.

Los niveles de terrazas indican las máximas alturas de crecida que ha habido en el pasado; por lo cual representan zonas que pueden ser inundadas durante las crecidas. En determinados casos, los *depósitos fluviales actuales*, o bien los *depósitos aluviales actuales*, tienden a presentar terrazas adyacentes, que oscilan entre los 2 y 4 metros de altura con respecto al cauce principal. Estas terrazas componen la unidad de *depósitos fluviales aterrazados 1*, o bien la unidad de *depósitos aluviales recientes*.

Sin embargo, si una terraza alta (aún mayor a 4 metros con respecto a su cauce principal) se encuentra conectada aguas arriba con el cauce principal por una zona más llana, es posible que esta terraza también se inunde. Un ejemplo de esto se observa en el estero Agua Salada, aguas abajo del tranque de ESVL, en la ribera norte (que aguas arriba mantiene una terraza menor a 3 m de diferencia). Esta exposición al desborde del cauce es particularmente marcada en los sectores aguas abajo de sitios en los cuales los cauces presentan curvas cerradas.

Los cauces en general, al transitar por sus zonas distales y llanas, tienden a presentarse cada vez más “desencausados” o dispersos, es decir, sin un canal profundo que los conduzca. Pese a esto, la escorrentía superficial de aguas tiende a seguir la dirección de máxima pendiente.

En el ápice del abanico aluvial de la quebrada Paso del Cultivo hay una obra de arte (colector Maitén – El Litre), que fue construida con la finalidad de minimizar o mitigar los potenciales daños de inundación sobre una villa ubicada justamente en el abanico aluvial (Villa Nueva Irrarázaval). Por su parte la quebrada de Los Apestados,

tiene una canalización informal hacia la quebrada Paso del Cultivo, y un resalto topográfico menor a 0,5 m a la salida de la quebrada (montículo). Estas características modifican el curso natural del escurrimiento superficial de agua, por lo que se deben considerar de manera excepcional en la metodología de zonificación.

La potencialidad a generar inundaciones por desborde de cauce, depende en gran medida de características geomorfológicas de las cuencas tales como: el tamaño, el desnivel entre su punto máximo y mínimo, y la pendiente. La existencia de este tipo de condiciones geomorfológicas, favorables para la ocurrencia de inundaciones, pueden ser representadas por medio del caudal de crecida (ver sección “Definición de caudales de crecida de subcuencas”). Este parámetro se estima teóricamente y corresponde al máximo caudal esperado en una sección del cauce, en una unidad de tiempo, y para un período de retorno específico. Se asume entonces que a mayor caudal de crecida, se tendrá una mayor capacidad para generar inundaciones, por lo cual este factor permite jerarquizar la potencialidad de generar inundaciones de las subcuencas.

Para los cauces fluviales de mayor caudal, Río La Ligua y quebrada Los Bueyes, se realizaron modelos hidráulicos, cuyos resultados se utilizaron como un insumo más para la delimitación de las zonas susceptibles a inundación. Los resultados del modelo hidráulico aplicado en el río La Ligua, para un período de retorno de 10 años, muestran que la unidad geológica de los *depósitos fluviales actuales* se inundan completamente, mientras que los *depósitos fluviales aterrazados 1* sólo se inundan de forma parcial (aproximadamente hasta los 3 metros de altura con respecto al cauce principal); para un período de retorno de 50 años, los *depósitos fluviales aterrazados 1* se inundan prácticamente por completo, dejando libres de inundación sectores muy específicos. En la quebrada Los Bueyes, para un periodo de retorno de 10 años se inunda por completo la unidad de *depósitos aluviales actuales*, desbordándose hacia los *depósitos aluviales recientes* en sectores específicos; para un periodo de retorno de 50 años se inundan los sectores adyacentes al cauce principal, afectado las partes más bajas de los *depósitos aluviales recientes*; para un periodo de retorno de 100 años, aguas arriba del puente de Pullally, se tiende a inundar por completo los *depósitos aluviales recientes*, mientras que aguas abajo del mismo, la inundación tiende a encajonarse al interior del cauce.

a) Criterios de zonificación

En base a este diagnóstico se establecen los criterios de zonificación para la susceptibilidad de inundaciones por desborde de cauce, considerando distintos insumos: las características geológicas y geomorfológicas del área de estudio, el catastro de inundaciones, el caudal de crecida (que depende de los parámetros morfométricos de las subcuencas y del registro de precipitaciones), y los resultados del modelo hidráulico numérico en el caso de las redes hidrográficas mayores (Río La Ligua y quebrada Los Bueyes).

Por lo tanto para la mayoría de las subcuencas, la metodología de zonificación se basa en un análisis geomorfológico y un modelo hidrológico; mientras que para el Río La Ligua y la quebrada Los Bueyes se basa en un análisis geomorfológico y un modelo hidráulico. Estos criterios se detallan a continuación.

i) Análisis Geomorfológico

Las unidades geológicas que se encuentran mayormente expuestas a conducir escorrentía corresponden a los cauces principales, es decir las unidades geológicas de *depósitos fluviales actuales* y a los *depósitos aluviales actuales*. Y su susceptibilidad máxima queda definida por el caudal de crecida de su subcuenca, como se verá más adelante.

Las terrazas adyacentes que se encuentran expuestas a inundación se caracterizan por los *depósitos fluviales aterrazados 1* y *depósitos aluviales reciente* hasta una altura máxima de 4 metros con respecto al cauce principal, de acuerdo con los siguientes criterios:

- Si el cauce principal presenta una susceptibilidad Muy Alta, entonces a la terraza adyacente se le asignó una susceptibilidad Alta hasta los 3 m de altura máximo, y Moderada hasta los 4 m;
- Si el cauce principal presenta una susceptibilidad Alta, entonces a la terraza adyacente se le asignó una susceptibilidad Moderada hasta los 3 m de altura máximo.

En aquellos sectores donde los niveles aterrizados (lecho principal o terraza de inundación) a los que se les asignó algún grado de susceptibilidad presentan anchos muy extensos, se asumió que el área de la sección de paso es tan grande que la altura de escurrimiento del agua es menor a las establecidas como criterio general. Por lo tanto, no se considera que sus terrazas adyacentes estén expuestas a algún grado de susceptibilidad. Por ejemplo, en la quebrada El Francés o en el estero Agua Salada en Papudo, no se considera un sector expuesto a susceptibilidad Alta y Moderada, respectivamente.

Cabe considerar, que la delimitación de las áreas de inundación marcadas por estos niveles de terraza, se realiza desde el punto en que se cumplen las condiciones anteriores hacia aguas abajo y por toda la extensión de la terraza. Esta condición permite además resguardar zonas aguas debajo de curvas muy cerradas en las cuales la exposición a desbordes de cauce es particularmente marcada.

Para las zonas más distales de los cauces, se asume que la escorrentía superficial de aguas tiende a seguir la dirección de máxima pendiente, por lo que la geomorfología del cauce se proyecta a lo largo de la dirección de máxima pendiente hasta llegar a un curso de agua principal, el mar, o hasta alcanzar un obstáculo importante. Y en general, el grado de susceptibilidad de dicho cauce está dado por el grado de susceptibilidad de la subcuenca de mayor jerarquía que pertenezca a la misma red hidrográfica aguas arriba.

Por otro lado, en algunos casos particulares los lechos de las quebradas tienden a ser bastante amplios y llanos, sobre todo en sus zonas más distales, y no es posible determinar una única proyección del canal de salida. Para estos casos, se permitieron dos 2 niveles distintos de susceptibilidad. Algunos de estos casos son las quebradas Club de Golf, y la quebrada que desemboca en el rodeo de Papudo. A la primera, se le dio continuidad a la calle Baquedano con susceptibilidad Alta (que corresponde al sector por donde se canaliza la mayor cantidad de agua), mientras que al resto del cauce se le asignó una susceptibilidad Moderada. En el caso de la quebrada que desemboca en el rodeo, la susceptibilidad Alta fue determinada según la línea de máxima pendiente, y al resto se le asignó susceptibilidad moderada.

En algunas zonas particulares (abanico de las quebradas Paso del Cultivo y Los Apestados) existen obras de arte que fueron construidas con la finalidad de minimizar el daño que podrían producir futuras inundaciones. Sin embargo, la capacidad de estas obras de arte es desconocida, por lo cual el abanico aluvial natural en el que está emplazada la Villa Nueva Irrarázaval fue delimitado con susceptibilidad Moderada.

Otro caso particular se da en la quebrada que desemboca hacia el canal Illalolén, en el sector de Viña Vieja. Aquí el lecho del río se presenta bastante amplio y llano, por lo que se definieron dos grados de susceptibilidad. Además, este desemboca hacia un canal que en el pasado ha colapsado, inundando el sector de Viña Vieja. Por lo que aguas abajo de este canal se determinó una susceptibilidad Alta (un grado menor a la que traía el cauce aguas arriba).

ii) Modelo Hidrológico

Como se mencionó anteriormente, el caudal de crecida para un período de retorno de 100 años de cada subcuenca fue establecido como un valor referencial que se utiliza para jerarquizar la capacidad o potencial de generar inundaciones por desborde de cauce de cada subcuenca. Esta jerarquización se realiza por medio de la integración del catastro de inundaciones históricas, puesto que éste permite identificar cuáles son las

subcuencas que se han activado durante precipitaciones intensas y además conocer las características de tales inundaciones.

Es decir, el catastro se utiliza como evidencia para calibrar los valores límite (máximo y mínimo) que puede tener el caudal de crecida que define cada rango de susceptibilidad (Muy Alta, Alta y Moderada). Si bien, la información contenida en dicho catastro puede ser parcial (no hay registro en zonas despobladas y se basa principalmente en lo ocurrido las últimas dos décadas), la jerarquización de las subcuencas a través del caudal de crecida, al ser un parámetro cuantitativo y objetivo, permite generar cierta predictibilidad para las subcuencas en las que no se dispone de antecedentes históricos. Por otra parte, cabe mencionar que el uso simplificado de este parámetro, deja de lado algunas características que pueden ser condicionantes para la generación de inundaciones, tal como la forma del cauce por ejemplo.

Las clases de susceptibilidad Muy Alta, Alta y Moderada, se definieron de acuerdo a 3 rangos de valores de los caudales de crecidas. Para establecer estos rangos de valores, fueron analizadas las evidencias del catastro de inundaciones, de tal manera que:

- Los cauces que tuvieran registros de inundaciones de gran magnitud (como es el caso de la quebrada Paso del Cultivo, en Papudo, o quebrada Los Bueyes, en Pullally), se les asignó una susceptibilidad Muy Alta (así como también a todos los cauces cuyas subcuencas aportantes tuvieran los mismos (o mayores) valores de caudales de crecidas);
- Los cauces que tuvieran registros de inundaciones leves (como es el caso de las quebradas 21 de Mayo o Club de Golf), se les asignó una susceptibilidad Alta (así como también a todos los cauces cuyas subcuencas aportantes tuvieran los mismos (o mayores) valores de caudales de crecidas);
- Los cauces que, teniendo registro histórico de larga data, no contaran con registro de inundaciones (como es el caso de las quebradas El Canelo o Vicuña Mackena), se les asignó una susceptibilidad Moderada (así como también a todos los cauces cuyas subcuencas aportantes tuvieran los mismos (o menores) valores de caudales de crecidas).

De esta manera, la evidencia del catastro fue utilizada para acotar los valores límite de los caudales de crecida (para un período de retorno de 100 años) que definen cada rango de susceptibilidad, del modo que se presenta a continuación

- Caudal de crecida de subcuenca aportante entre 0 y 1,4 m³/s: cauce con susceptibilidad Moderada.
- Caudal de crecida de subcuenca aportante entre 1,4 y 3,5 m³/s: cauce con susceptibilidad Alta.
- Caudal de crecida de subcuenca aportante > 3,5 m³/s: cauce con susceptibilidad Muy Alta.

Por lo tanto, el grado de susceptibilidad de un cauce (sin modelo hidráulico) y de sus terrazas de inundación, se asocia al caudal de crecida estimado para un período de retorno de 100 años de su subcuenca aportante, del modo que muestra el Cuadro 6.1-1.

Cuadro 6.1-1 Resumen de criterios generales para la asignación de rangos de Susceptibilidad de inundación por desborde de cauce.

Cauces cuyas subcuencas tengan un Caudal de crecida (T=100 años) [m ³ /s]	Terrazas de inundación con diferencia de cota [m] (con respecto al cauce principal)			
	0 – 2 m	2 – 3 m	3 – 4 m	> 4 m
Q < 1,4	Moderada	--	--	--
Q = 1,4 – 3,5	Alta	Moderada	--	--
Q > 3,5	Muy Alta	Alta	Moderada	--

Fuente: Elaboración propia.

iii) Modelo Hidráulico

En base a los resultados obtenidos en el modelo hidráulico, se elaboró un cuadro que considera, simultáneamente, las unidades geológicas y los resultados del modelo numérico, tanto para el río La Ligua (Cuadro 6.1-2) como para la quebrada Los Bueyes (Cuadro 6.1-3). Dichos cuadros sintetizan los criterios utilizados para la zonificación del peligro de inundación por desborde de cauce solo en aquellos sectores donde se cuenta con resultados del modelo hidráulico.

Cuadro 6.1-2: Definición preliminar de criterios de zonificación con base en las unidades geológicas y los resultados del modelo numérico (río la Ligua).

Unidades Geológicas	Resultado del modelo numérico		
	Inundación para T = 100 años	Inundación para T = 50 años	Inundación para T = 10 años
Depósitos fluviales actuales	-	-	Muy Alta
Depósitos fluviales aterrazados 1	Moderada	Alta	Muy Alta

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 6.1-3: Definición preliminar de los criterios de zonificación con base en las unidades geológicas y los resultados del modelo numérico (quebrada Los Bueyes).

Unidades Geológicas	Resultado del modelo numérico		
	Inundación para T = 100 años	Inundación para T = 50 años	Inundación para T = 10 años
Depósitos aluviales actuales	-	Muy Alta	Muy Alta
Depósitos aluviales recientes	Moderada	Alta	Muy Alta

Fuente: Elaboración propia.

b) **Síntesis de criterios de zonificación**

Primero que todo es necesario considerar las siguientes excepciones ya expuestas a lo largo del Ítem "Análisis Geomorfológico":

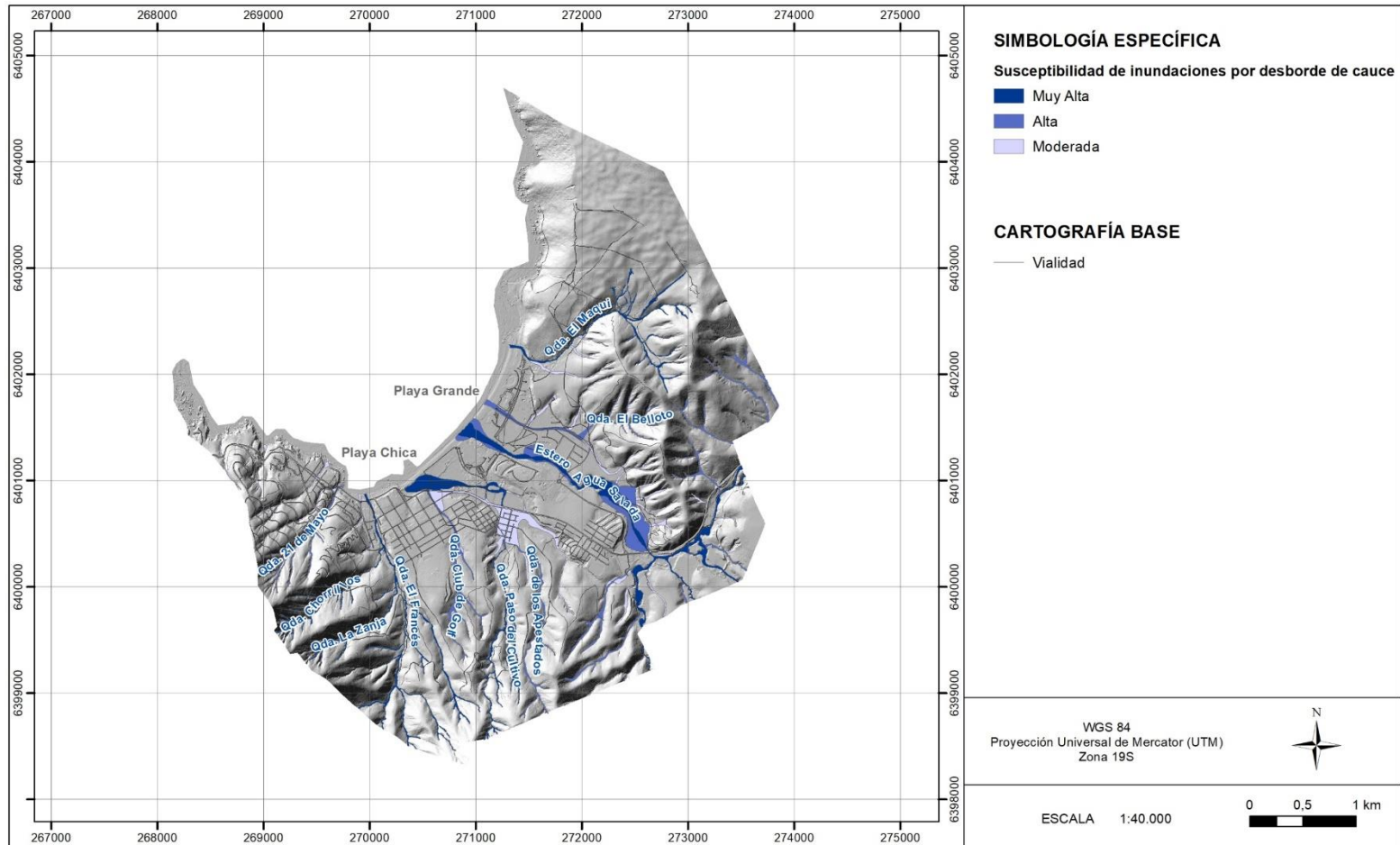
- Existen zonas de derrame que pueden corresponder a: (1) la parte media de los cauces, ya que pueden presentar curvas cerradas que provocan el sobrepaso del fluido aguas abajo; o bien (2) a la zona más distal de los cauces, en donde se produce el cambio de pendiente hacia una menor.
- Terrazas excepcionalmente anchas, tal que el área de la sección de paso es tan grande que la altura de escurrimiento del agua es menor a la establecida de manera general. En este caso se acotó el área de influencia de un flujo de acuerdo al criterio del equipo consultor.
- La presencia de una obra de arte en la zona distal de la quebrada Paso del Cultivo, cuya función es contener y canalizar la mayor parte del caudal proveniente de dicha quebrada, y de un montículo en la quebrada de Los Apestados, permite el cambio de susceptibilidad alta a moderada.

Luego, los criterios generales para la zonificación de susceptibilidad de inundación por desborde de cauce son los siguientes:

- **Susceptibilidad Muy Alta:** Corresponden a los cauces cuyas subcuencas aportantes tienen una capacidad de caudal de crecida (para T=100 años) superior a 3,5 m³/s y su prolongación en su dirección de máxima pendiente hasta llegar a un cauce mayor; sus terrazas de inundación de altura menor a 2 metros; y sus zonas de derrame, ya sea en su zona distal o su tramo medio en zonas de curvas cerradas. Los depósitos fluviales actuales y aterrazados (1) del río La Ligua cuyo resultado en el modelo hidráulico muestra que son inundables para un período de retorno de 10 años. Los depósitos aluviales actuales y recientes de la quebrada Los Bueyes, tal que son inundables para un período de retorno de 50 y 10 años respectivamente.
- **Susceptibilidad Alta:** Corresponden a las terrazas de inundación cuya diferencia de altura es de 2 a 3 metros con respecto a los cauces de susceptibilidad muy alta y a las zonas de derrame de dicha terraza (ya sea en su zona distal o su tramo medio en zonas de curvas cerradas). Los cauces cuyas subcuencas aportantes tienen un caudal de crecida (para T=100 años) entre 1,4 y 3,5 m³/s y su prolongación en su dirección de máxima pendiente hasta llegar a un cauce mayor; sus terrazas de inundación de altura menor a 2 metros; y sus zonas de derrame, ya sea en su zona distal o su tramo medio en zonas de curvas cerradas. Los depósitos fluviales aterrazados (1) del río La Ligua y los depósitos aluviales recientes de la quebrada Los Bueyes, tal que de acuerdo a los resultados obtenidos del modelo hidráulico son inundables para un período de retorno de 50 años.
- **Susceptibilidad Moderada:** Corresponden a las terrazas de inundación cuya diferencia de altura es de 3 a 4 metros con respecto a los cauces de susceptibilidad muy alta, y a sus zonas de derrames (ya sea en su zona distal o su tramo medio en zonas de curvas cerradas). A las terrazas de inundación cuya diferencia de altura es de 2 a 3 metros con respecto a los cauces de susceptibilidad alta, y a las zonas de derrame de dichas terrazas (ya sea en su zona distal o su tramo medio en zonas de curvas cerradas). Los cauces cuyas subcuencas aportantes tienen un caudal de crecida (para T=100 años) mayores a 3,5 m³/s y su prolongación en su dirección de máxima pendiente hasta llegar a un cauce mayor; y sus zonas de derrame, ya sea en su zona distal o su tramo medio en zonas cerradas y curvas. Los depósitos fluviales aterrazados (1) del río La Ligua y los depósitos aluviales recientes de la quebrada Los Bueyes, tal que son inundables para un período de retorno de 100 años de acuerdo al modelo hidráulico.

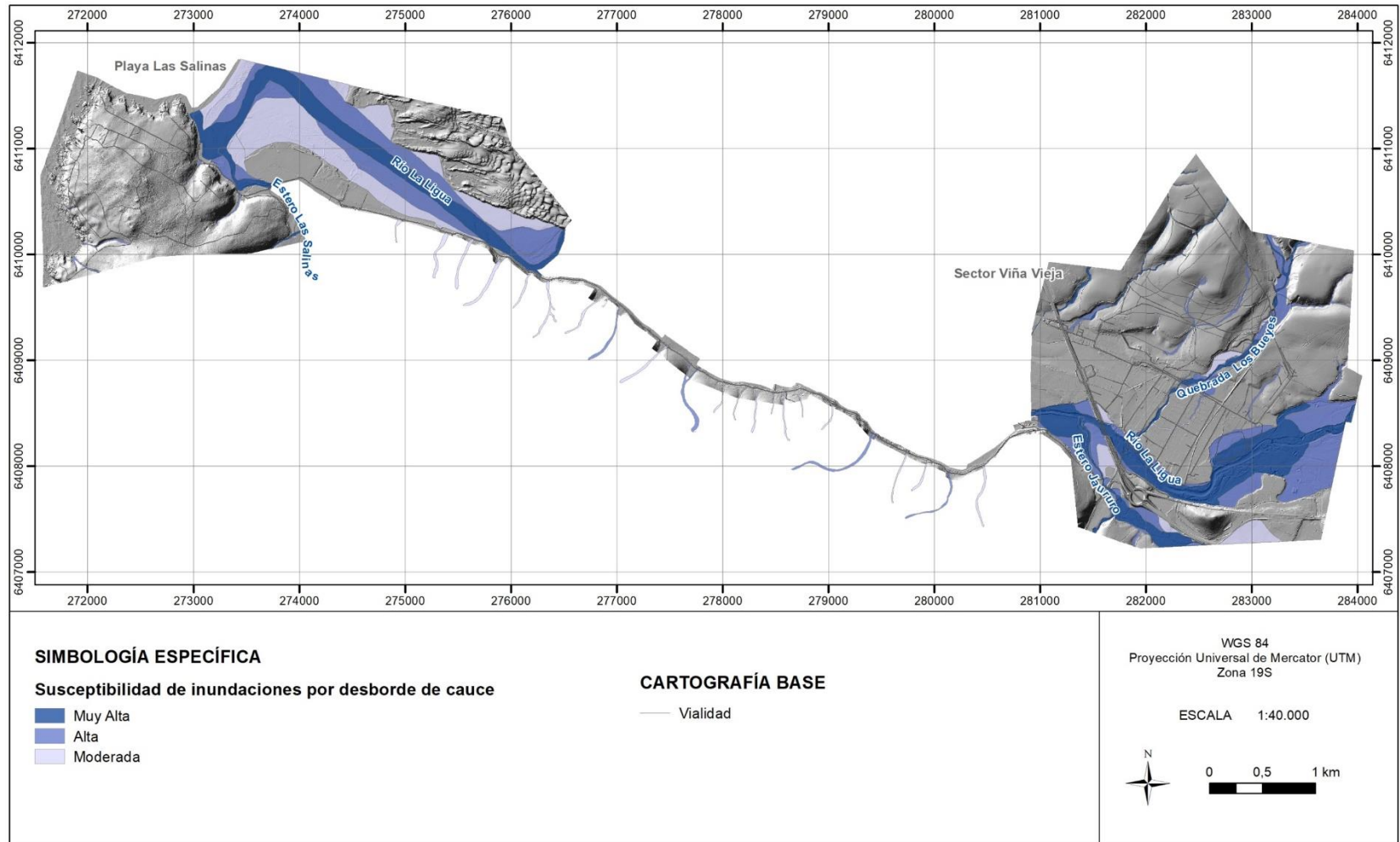
Los mapas de susceptibilidad de inundaciones por desborde de cauce se presentan, a modo referencial, dentro del informe a escala 1:40.000, en la Ilustración 6.1-2 e Ilustración 6.1-2, para los sectores de Papudo y Pullally, respectivamente. Fuera de texto, se presentan a escala 1:10.000 en los planos 5 y 6, respectivamente.

Ilustración 6.1-1 Mapa de susceptibilidad de inundaciones por desborde de cauce en el área de Papudo.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 6.1-2 Mapa de susceptibilidad de inundaciones por desborde de cauce en el área de Pullally.



Fuente: Elaboración propia.

6.1.2 Inundaciones por anegamiento

Este tipo de inundaciones se producen en zonas deprimidas, de baja permeabilidad, con niveles freáticos someros y/o deficiente drenaje del terreno, frecuentemente inundadas debido a lluvias intensas y/o prolongadas. Se describe con mayor detalle en el Anexo 8.2.2a)ii) "Inundación por Acumulación de Aguas Lluvias en Zonas Llanas, o Anegamiento". Los criterios de zonificación de la susceptibilidad de inundación por anegamiento fueron elaborados con base en dos insumos diferentes: el catastro de inundaciones y las características morfológicas del área de estudio.

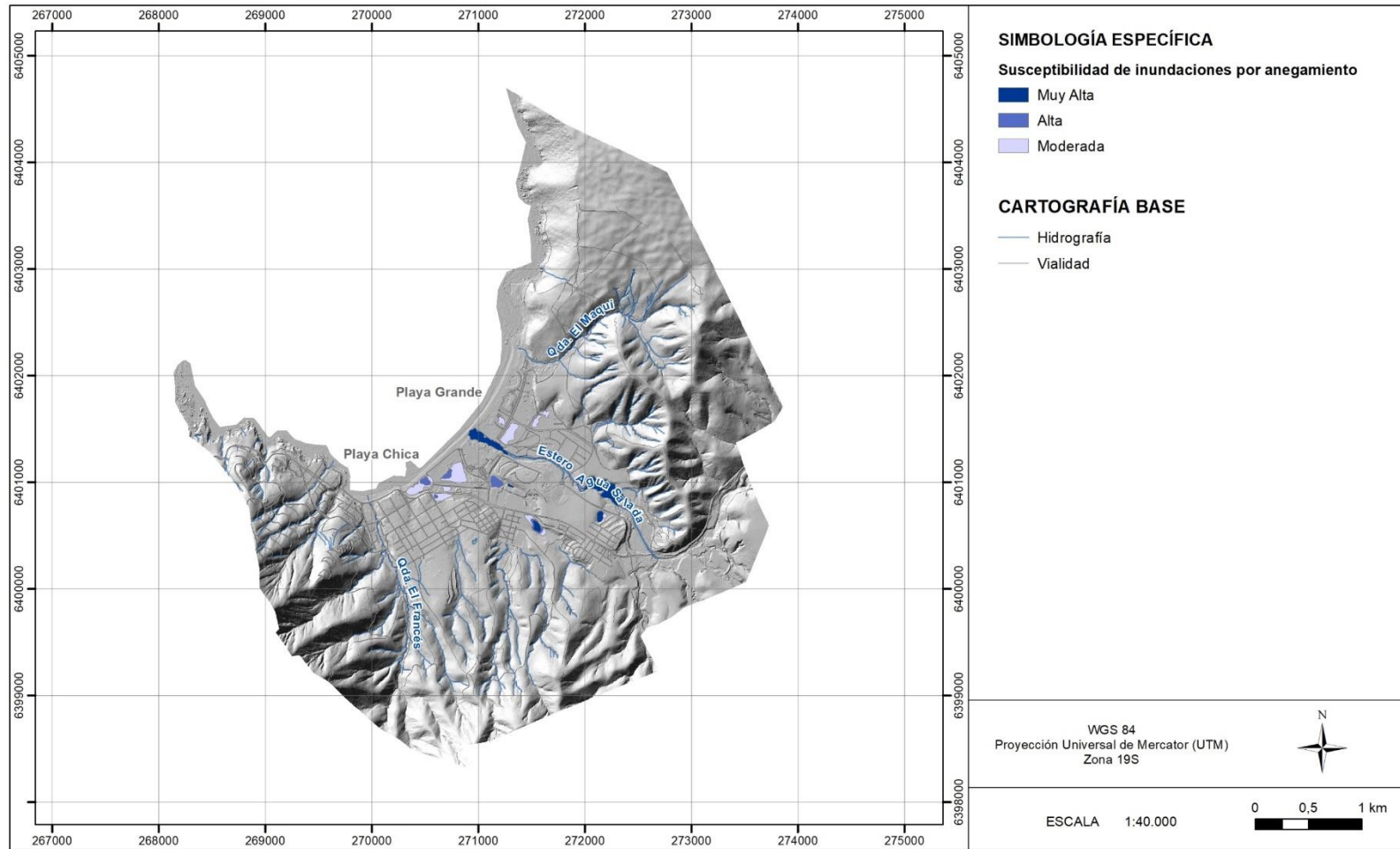
De acuerdo con el catastro (ver Ilustración 5.2-4), las zonas que se han anegado anteriormente en Papudo corresponden a los puntos 8 (ubicado aguas abajo de la población Villa Marina, y aguas arriba de la obra de arte que cruza la avenida El Peumo), 10 (en el sector del Club de Tenis de Papudo, debido a una barrera de arena natural que se forma en la playa de ese sector y que bloquea la red de drenaje), 11 y 12 (en la desembocadura del estero Agua Salada, también debido a una barrera de arena natural). En Pullally, por su parte, el punto 6 de la Ilustración 5.2-3 indica que el sector con registro de anegamientos corresponde a la desembocadura de una quebrada en el estero Las Salinas. Adicionalmente, tanto en Papudo como en Pullally, se observan algunos pocos cuerpos de agua.

Las características morfológicas del área de estudio, muestran que las zonas expuestas a anegamientos corresponden a zonas muy planas, deprimidas (bajos topográficos) y con mal drenaje. Estas zonas tienen la posibilidad de estar (o no estar) conectadas directamente con una red hidrológica primaria, lo cual se consideró como determinante de su grado de susceptibilidad. De esta manera, los criterios de zonificación son los siguientes:

- **Susceptibilidad Muy Alta:** Corresponde a sectores morfológicamente muy planos, deprimidos, con mal drenaje, que según el catastro han sido afectados previamente por inundaciones y que en general se conectan directamente con la red hidrológica. Estos bajos topográficos tienen una diferencia de altura de 50 cm con respecto al nivel base promedio de su entorno.
- **Susceptibilidad Alta:** Corresponde a sectores muy planos, deprimidos, con mal drenaje y que no se conectan directamente con la red hidrológica (es decir, existen condiciones morfológicas para la acumulación superficial de aguas lluvias). Estos bajos topográficos tienen una diferencia de altura de entre 20 y 50 cm con respecto al nivel base promedio de su entorno.
- **Susceptibilidad Moderada:** Corresponde a sectores muy planos, deprimidos, con mal drenaje y que no se conectan directamente con la red hidrológica (es decir, existen condiciones morfológicas para la acumulación superficial de aguas lluvias). Estos bajos topográficos tienen una diferencia de altura menor a 20 cm con respecto al nivel base promedio de su entorno.

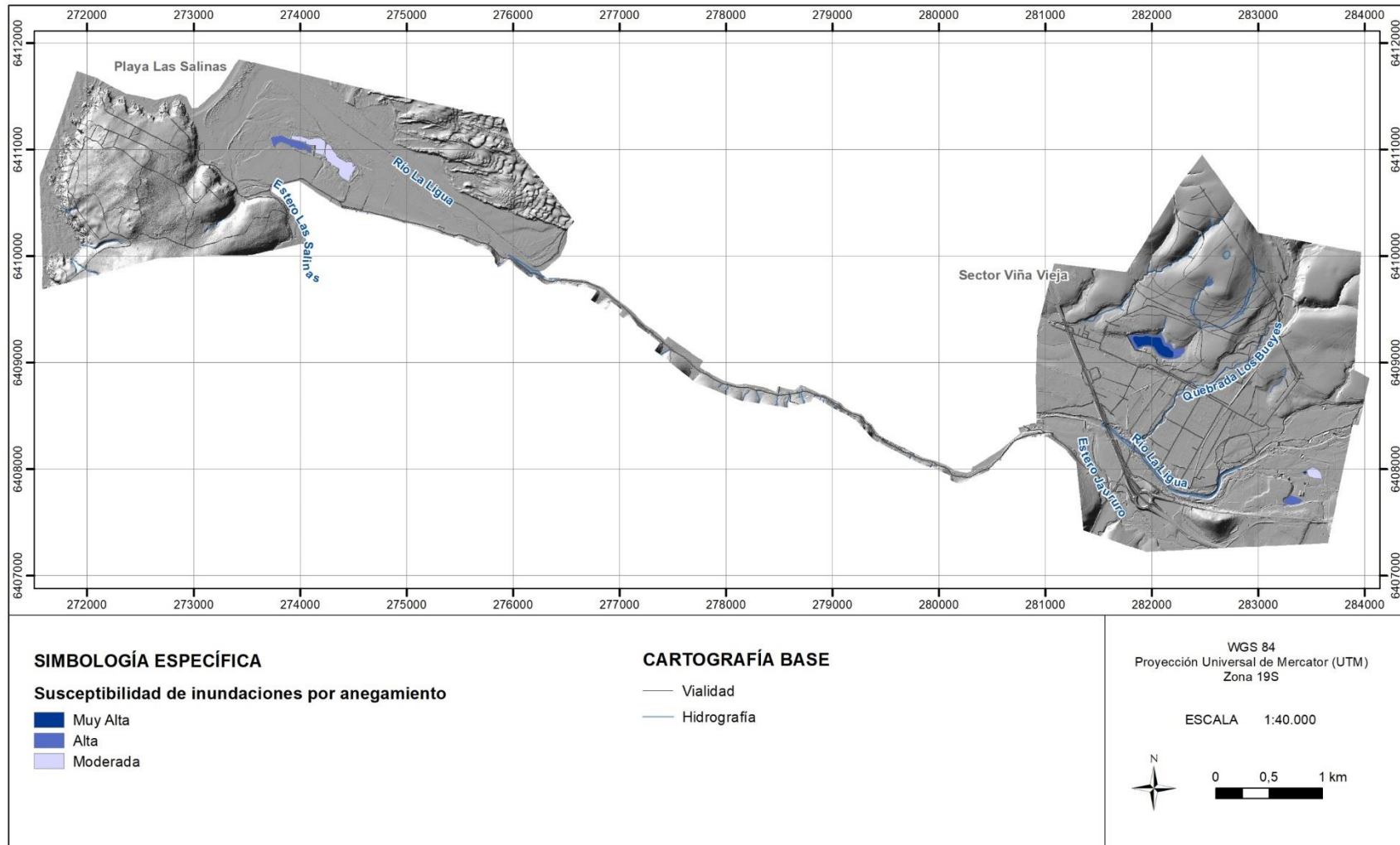
Los mapas de susceptibilidad de inundaciones por anegamiento se presentan, a modo referencial, dentro del informe a escala 1:40.000, en la Ilustración 6.1-4 e Ilustración 6.1-3, para los sectores de Papudo y Pullally respectivamente. Fuera de texto, se presentan a escala 1:10.000, en los planos 7 y 8, respectivamente.

Ilustración 6.1-3 Mapa de susceptibilidad de inundaciones por anegamiento en el área de Papudo.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 6.1-4 Mapa de susceptibilidad de inundaciones por anegamiento en el área de Pullally.



Fuente: Elaboración propia.

6.1.3 Inundaciones litorales

La susceptibilidad de inundaciones por maremotos generados por sismos mayores fue zonificada tomando en cuenta la carta de inundación por tsunami para el puerto de Papudo” (Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, Ed.2003), que no incluye la localidad de Pullally, y las condiciones geomorfológicas.

La “Carta de inundación por tsunami para el puerto de Papudo” muestra la máxima cota de inundación alcanzada por el tsunami de 1906, que corresponde al evento más extremo con registros documentados para la zona. En esta carta se presenta un ingreso de 100 a 200 m en Papudo, sin que la red hidrográfica local condicione el alcance modelado. Adicionalmente, se tienen antecedentes de que ha habido maremotos de mayor alcance en la zona central, por ejemplo el generado por el terremoto de 1730 (Carvajal M., 2017), por lo que es posible que en el futuro ocurran eventos de este tipo (Lomnitz, 1970).

Otro factor a considerar en la elaboración de una carta de inundaciones es que las inundaciones producidas por maremotos generalmente no presentan un patrón coincidente con alguna curva de nivel en particular, ya que la altura de inundación depende de muchos otros factores distintos de la topografía, que se relacionan con singularidades locales en el terreno y con características propias de cada evento de inundación. Pese a lo anterior, la utilización de una cota constituye una buena aproximación de las zonas potencialmente inundadas en caso de ocurrir un maremoto.

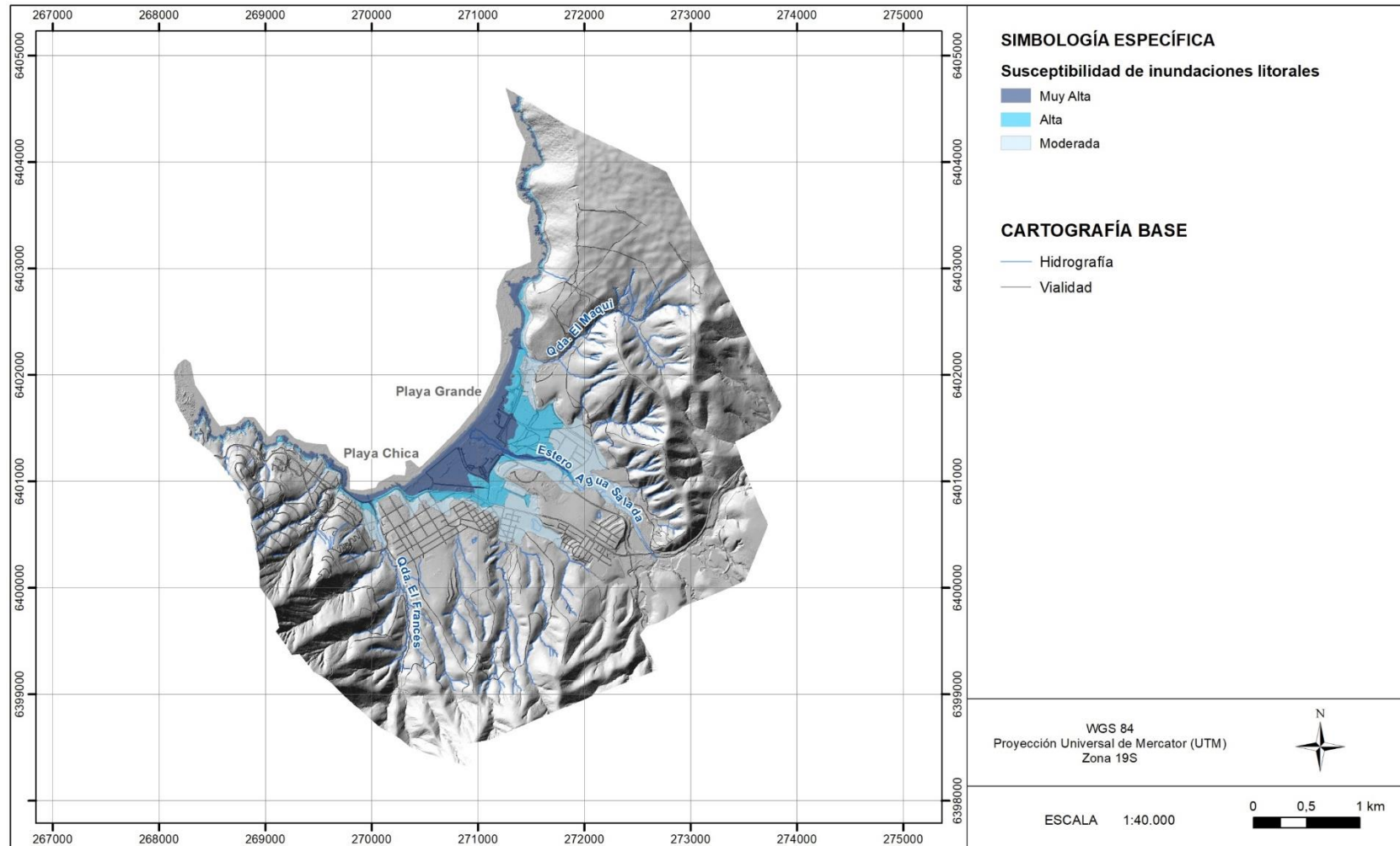
Dado que el terremoto de 1906 no corresponde al más grande que se puede esperar en la zona y que la zona de ruptura probablemente estuvo al sur de Papudo, se consideró que la “Carta de inundación por tsunami para el puerto de Papudo” debe representar las zonas de susceptibilidad muy alta, la cual se representó mediante la cota 5 m s. n. m. A la cota anterior se le sumaron 3 m para obtener una altura que pudiera asociarse a la susceptibilidad alta. Finalmente, se revisaron las cartas de inundación elaboradas por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada que consideraran en la modelación el terremoto de 1730 u otro evento extremo, de donde se obtenían cotas máximas entre 10 y 20 m s. n. m. Por esta razón, el área de susceptibilidad moderada se extendió hasta la cota 15 m s. n. m.

En resumen, las categorías de susceptibilidad para inundación por maremoto se definen de la siguiente forma:

- **Susceptibilidad muy alta:** Corresponde a las zonas ubicadas por debajo de la cota 5 m s. n. m. tanto en el sector de Pullally como en Papudo.
- **Susceptibilidad alta:** Corresponde a las zonas ubicadas entre las cotas 5 y 8 m s. n. m. tanto en el sector de Pullally como en Papudo.
- **Susceptibilidad moderada:** Corresponde a las zonas ubicadas entre las cotas 8 y 15 m s. n. m. tanto en el sector de Pullally como en Papudo.

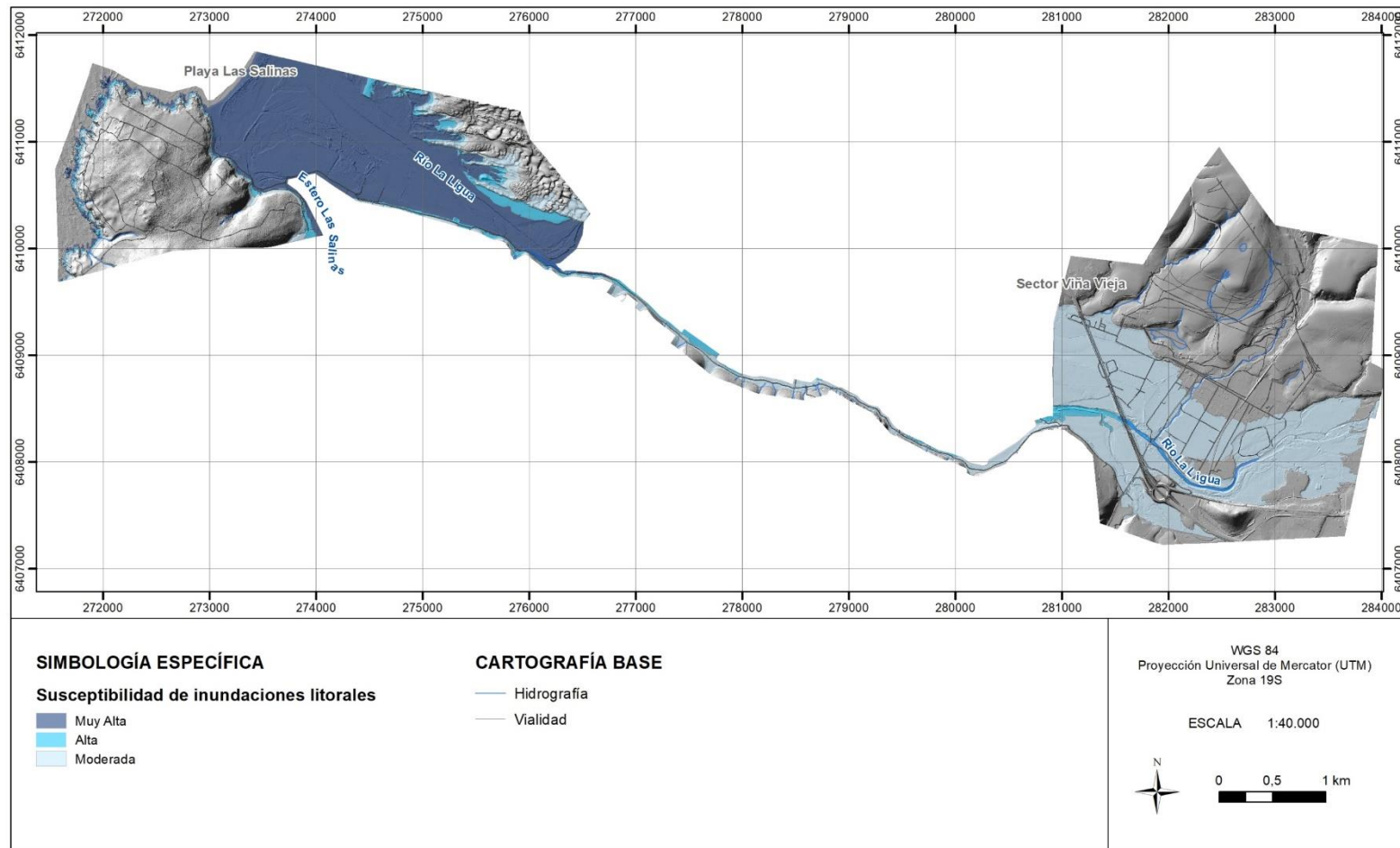
Los mapas de susceptibilidad de inundaciones litorales se presentan, a modo referencial, dentro del informe a escala 1:40.000, en la Ilustración 6.1-6 e Ilustración 6.1-5, para los sectores de Papudo y Pullally, respectivamente. Fuera de texto, se presentan a escala 1:10.000, en los planos 9 y 10, respectivamente.

Ilustración 6.1-5 Mapa de susceptibilidad de inundaciones litorales en el área de Papudo.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 6.1-6 Mapa de susceptibilidad de inundaciones litorales en el área de Pullally.



Fuente: Elaboración propia.

6.1.4 Remociones en masa

Para la zonificación de susceptibilidad de remociones en masa se analizaron los procesos de flujos de barro o detritos, deslizamientos y caídas de rocas. El análisis y la zonificación de susceptibilidad asociados a cada proceso son descritos a continuación.

a) Flujo de detritos y/o barro

Los flujos, una vez que se han desencadenado, se confinan a través de los cauces fluviales y aluviales, siendo capaces de afectar las terrazas adyacentes inferiores. Posteriormente, en los sectores bajos y llanos, los flujos se dispersan, pierde su energía de transporte, y depositan el material generando zonas de derrame.

En general, los factores geológicos/geomorfológicos que condicionan la ocurrencia de flujos de detritos y/o barro, corresponden al tamaño de la cuenca aportante, pendiente de las laderas y disponibilidad de material para ser transportado (Blair & McPherson., 2009). Dado que en terreno se observó cierta homogeneidad en cuanto al contenido de sedimentos en las quebradas, es posible considerar que la disponibilidad de material es constante en toda el área de estudio. Y por lo tanto, de la misma forma que para las inundaciones, el caudal de crecidas es un buen parámetro para representar las características generales de las subcuencas y de este modo jerarquizarlas de acuerdo a los antecedentes de flujos de detritos y o barro con que se cuente en el catastro.

Debido a esta dinámica de transporte, la zonificación de flujos de detritos y/o barro se llevó a cabo mediante la integración de una serie de criterios; y la metodología de zonificación depende principalmente del análisis geomorfológico y del modelo hidrológico realizado a partir de la estimación de caudales de crecida. Estos criterios se detallan a continuación.

i) Análisis Geomorfológico

Las unidades geológicas que se encuentran mayormente expuestas a conducir y generar flujos de barro y o detritos corresponden a los cauces principales, es decir las unidades geológicas de *depósitos fluviales actuales* y a los *depósitos aluviales actuales*. Y su susceptibilidad máxima queda definida por el caudal de crecida de su subcuenca, como se verá más adelante.

Las terrazas adyacentes que se encuentran expuestas a flujos se caracterizan por los *depósitos fluviales aterrazados 1* y *depósitos aluviales reciente* hasta una altura máxima de 4 metros con respecto al cauce principal, de acuerdo con los siguientes criterios:

- Si el cauce principal presenta una susceptibilidad Muy Alta, entonces a la terraza adyacente se le asignó una susceptibilidad Alta hasta los 3 m de altura máximo, y Moderada hasta los 4 m;
- Si el cauce principal presenta una susceptibilidad Alta, entonces a la terraza adyacente se le asignó una susceptibilidad Moderada hasta los 3 m de altura máximo.

Adicionalmente, una terraza de baja altura bien podría permitir el paso de un flujo a lo largo de la misma terraza (aguas abajo), quedando expuestos sectores cuyas alturas con respecto al cauce principal podrían ser bastante mayores (incluso mayores a los 4 m). Un ejemplo de esto se observa en la quebrada El Francés, aguas arriba de la calle Av. Circunvalación, en la ribera sur: una terraza fluvial de más de 4 m de altura con respecto a su cauce, presenta una susceptibilidad de inundación Moderada, ya que, justo aguas arriba de ese punto, existe una zona en la que la terraza tienen una altura de 2,2 m, lo que bien podría provocar el derrame del flujo “a lo largo de la terraza”. Esta exposición al derrame del material detrítico es particularmente marcada en los sectores donde los cauces presentan curvas cerradas.

Los cauces en general, al transitar por sus zonas distales y llanas, tienden a presentarse cada vez más dispersos, es decir, sin un canal profundo que los conduzca. Esta característica se exagera en los cambios de pendiente del pie de las laderas, es decir, en donde se “des-confina” el material que trae la quebrada y se deposita formando un abanico. Por lo tanto, si un flujo de detritos y/o barro emerge desde el cauce hacia esta zona de “des-confinamiento”, tenderá a depositar su material en una amplia zona de derrame. Y, en general, el grado de susceptibilidad de esta zona de derrame es el mismo que el que trae por el canal alimentador aguas arriba.

Es decir, si un cauce de susceptibilidad Muy Alta atraviesa una zona llana y distal en la que deja de estar encausado, entonces el cauce fue prolongado delimitando una zona de derrame con susceptibilidad Muy Alta. Lo mismo para la susceptibilidad Alta (como es el caso de la quebrada El Belloto) y para la Moderada (como las quebradas adyacentes a la quebrada El Belloto). Adicionalmente, las zonas de derrame con susceptibilidad Alta cuentan con una franja externa de seguridad de susceptibilidad Moderada, mientras que las zonas de derrame con susceptibilidad Muy Alta cuentan con una franja externa de seguridad de susceptibilidad Alta. En general, las zonas de derrame fueron establecidas hasta sectores planos (como es el caso de la quebrada El Belloto, en Papudo).

En la obra de arte de las quebradas Paso del Cultivo y Los Apestados, se determinó suponer que, en el peor de los casos, las quebradas podrían superar la capacidad de la obra, o bien la quebrada Los Apestados podría superar el sobresalto de tierra que la separa de la cancha de fútbol. En este sentido, el abanico aluvial natural en el que está emplazada la Villa Nueva Irarrázaval fue delimitado con susceptibilidad Moderada.

ii) Modelo Hidrológico

Del mismo modo que para el análisis de inundaciones por desborde de cauce, el caudal de crecida para un período de retorno de 100 años de cada subcuenca fue establecido como un valor referencial que se utiliza para jerarquizar la capacidad o potencial de generar flujos de barro y o detritos de cada subcuenca. Esta jerarquización se realiza por medio de la integración del catastro de inundaciones históricas, puesto que éste permite identificar cuáles son las subcuencas que se han activado durante precipitaciones intensas y además conocer las características de tales inundaciones.

Es decir, el catastro se utiliza como evidencia para calibrar los valores límite (máximo y mínimo) que puede tener el caudal de crecida que define cada rango de susceptibilidad (Muy Alta, Alta y Moderada). Si bien, la información contenida en dicho catastro puede ser parcial (no hay registro en zonas despobladas y se basa principalmente en lo ocurrido las últimas dos décadas), la jerarquización de las subcuencas a través del caudal de crecida, al ser un parámetro cuantitativo y objetivo, permite generar cierta predictibilidad para las subcuencas en las que no se dispone de antecedentes históricos. Por otra parte, cabe mencionar que el uso simplificado de este parámetro, deja de lado algunas características que pueden ser condicionantes para la generación de flujos, tales como la forma del cauce o su contenido de sedimentos aguas arriba.

Para establecer estos rangos de valores, fueron analizadas las evidencias del catastro de flujos, de tal manera que:

- Los cauces que tuvieran registros de flujos de gran magnitud (como es el caso del estero Agua Salada, en Papudo), se les asignó una susceptibilidad Muy Alta (así como también a todos los cauces cuyas subcuencas aportantes tuvieran los mismos (o mayores) valores de caudales de crecidas);

- Los cauces que tuvieran registros de flujos leves (como es el caso de la quebrada El Maqui, en Papudo), se les asignó una susceptibilidad Alta (así como también a todos los cauces cuyas subcuencas aportantes tuvieran los mismos (o mayores) valores de caudales de crecidas)³;
- Los cauces que, a pesar de no tener registros históricos de flujos, tuvieran registros de inundaciones con características similares a flujos (como es el caso de la quebrada Los Apestados), se les asignó una susceptibilidad Moderada (así como también a todos los cauces cuyas subcuencas aportantes tuvieran los mismos (o mayores) valores de caudales de crecidas)⁴.

De esta manera, la evidencia del catastro fue utilizada para acotar los valores límite de los caudales de crecida (para un período de retorno de 100 años) que definen cada rango de susceptibilidad, del modo que se presenta a continuación:

- Caudal de crecida de subcuenca aportante entre 2,4 y 4 m³/s: cauce con susceptibilidad Moderada.
- Caudal de crecida de subcuenca aportante entre 4 y 25 m³/s: cauce con susceptibilidad Alta.
- Caudal de crecida de subcuenca aportante > 25 m³/s: cauce con susceptibilidad Muy Alta.

Por lo tanto, el grado de susceptibilidad de un cauce y de sus terrazas de inundación, se asocia al caudal de crecida estimado para un período de retorno de 100 años de su subcuenca aportante, del modo que muestra del Cuadro 6.1-4:

Cuadro 6.1-4 Resumen de criterios generales para la asignación de rangos de Susceptibilidad de flujos de detritos y/o barro.

Cauces cuyas subcuencas tengan un Caudal de crecida (T=100 años) [m ³ /s]	Terrazas de inundación con diferencia de cota [m] (con respecto al cauce principal)			
	0 – 2 m	2 – 3 m	3 – 4 m	> 4 m
Q = 0 – 2,4	--	--	--	--
Q = 2,4 - 4	Moderada	--	--	--
Q = 4 – 25	Alta	Moderada	--	--
Q > 25	Muy Alta	Alta	Moderada	--

Fuente: Elaboración propia.

b) Síntesis de criterios de zonificación

Primero que todo es necesario considerar las siguientes excepciones ya expuestas a lo largo del Ítem “Análisis Geomorfológico”:

³ Si bien la quebrada Paso del Cultivo no cuenta con registros históricos de flujo de detritos y/o barro, y solo cuenta con registro de inundaciones, el equipo consultor optó por considerarla como una quebrada que sí reúne las condiciones para generar flujos, pero de menores magnitudes que los que podrían generar las quebradas del tipo estero Agua Salada. Por lo mismo, el límite inferior para el rango de valores que determinan la susceptibilidad Alta de flujos, está dado por la quebrada Paso del Cultivo, y no por la quebrada El Maqui.

⁴ Si bien la quebrada El Belloto no cuenta con registros históricos de flujo de detritos y/o barro ni de inundaciones, el equipo consultor optó por considerarla como una quebrada que sí reúne las condiciones para generar flujos, pero de menores magnitudes que los que podrían generar las quebradas del tipo Paso del Cultivo. Por lo mismo, el límite inferior para el rango de valores que determinan la susceptibilidad Moderada de flujos, está dado por la quebrada El Belloto, y no por la quebrada Los Apestados.

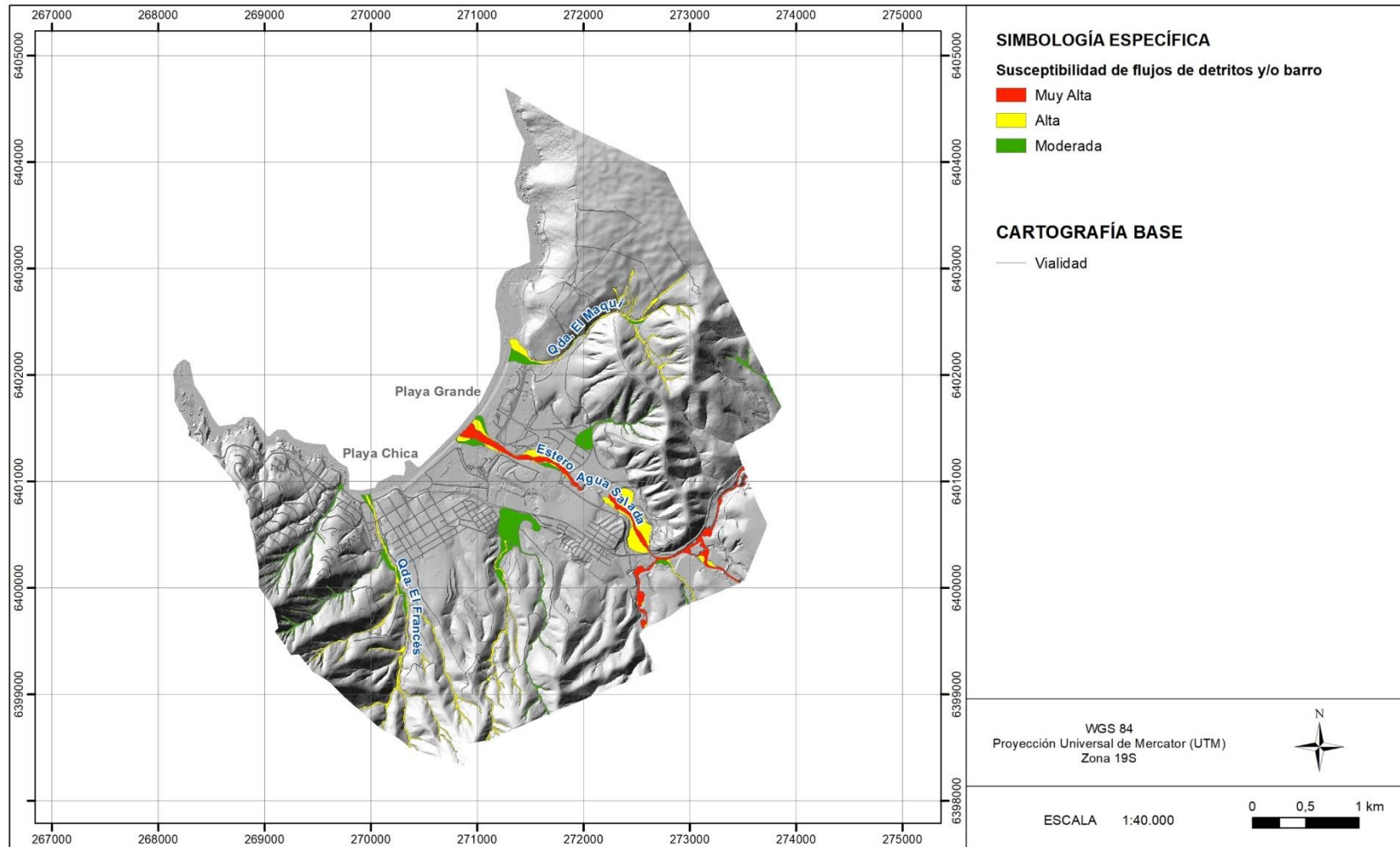
- Existen zonas de derrame que pueden corresponder a: (1) la parte media de los cauces, ya que pueden presentar curvas cerradas que provocan el sobrepaso de material aguas abajo; o bien (2) a la zona más distal de los cauces, en donde se produce el cambio de pendiente hacia una menor.
- La presencia de una obra de arte en la zona distal de la quebrada Paso del Cultivo, cuya función es contener y canalizar la mayor parte del caudal proveniente de dicha quebrada, y de un montículo en la quebrada de los apestados, permite el cambio de susceptibilidad alta a moderada.

Luego, los criterios para la zonificación de susceptibilidad de inundación por flujo de barro y/o detritos se describen a continuación:

- **Susceptibilidad Muy Alta:** Corresponden a los cauces cuyas subcuencas aportantes tienen un caudal de crecida (para T=100 años) superior a 25 m³/s; sus terrazas de inundación de altura menor a 2 metros; y sus zonas de derrame, ya sea en su zona distal o su tramo medio en zonas de curvas cerradas.
- **Susceptibilidad Alta:** Corresponden a las terrazas de inundación cuya diferencia de altura es de 2 a 3 metros con respecto a los cauces de susceptibilidad muy alta. Los cauces cuyas subcuencas aportantes tienen un caudal de (para T=100 años) entre 4 y 25 m³/s; sus terrazas de inundación de altura menor a 2 metros; y sus zonas de derrame, ya sea en su zona distal o su tramo medio en zonas de curvas cerradas.
- **Susceptibilidad Moderada:** Corresponden a las terrazas de inundación cuya diferencia de altura es de 3 a 4 metros con respecto a los cauces de susceptibilidad muy alta. A las terrazas de inundación cuya diferencia de altura es de 2 a 3 metros con respecto a los cauces de susceptibilidad alta. Los cauces cuyas subcuencas aportantes tienen un caudal de crecida (para T=100 años) entre 2,4 y 4 m³/s; y sus zonas de derrame, ya sea en su zona distal o su tramo medio en zonas de curvas cerradas.

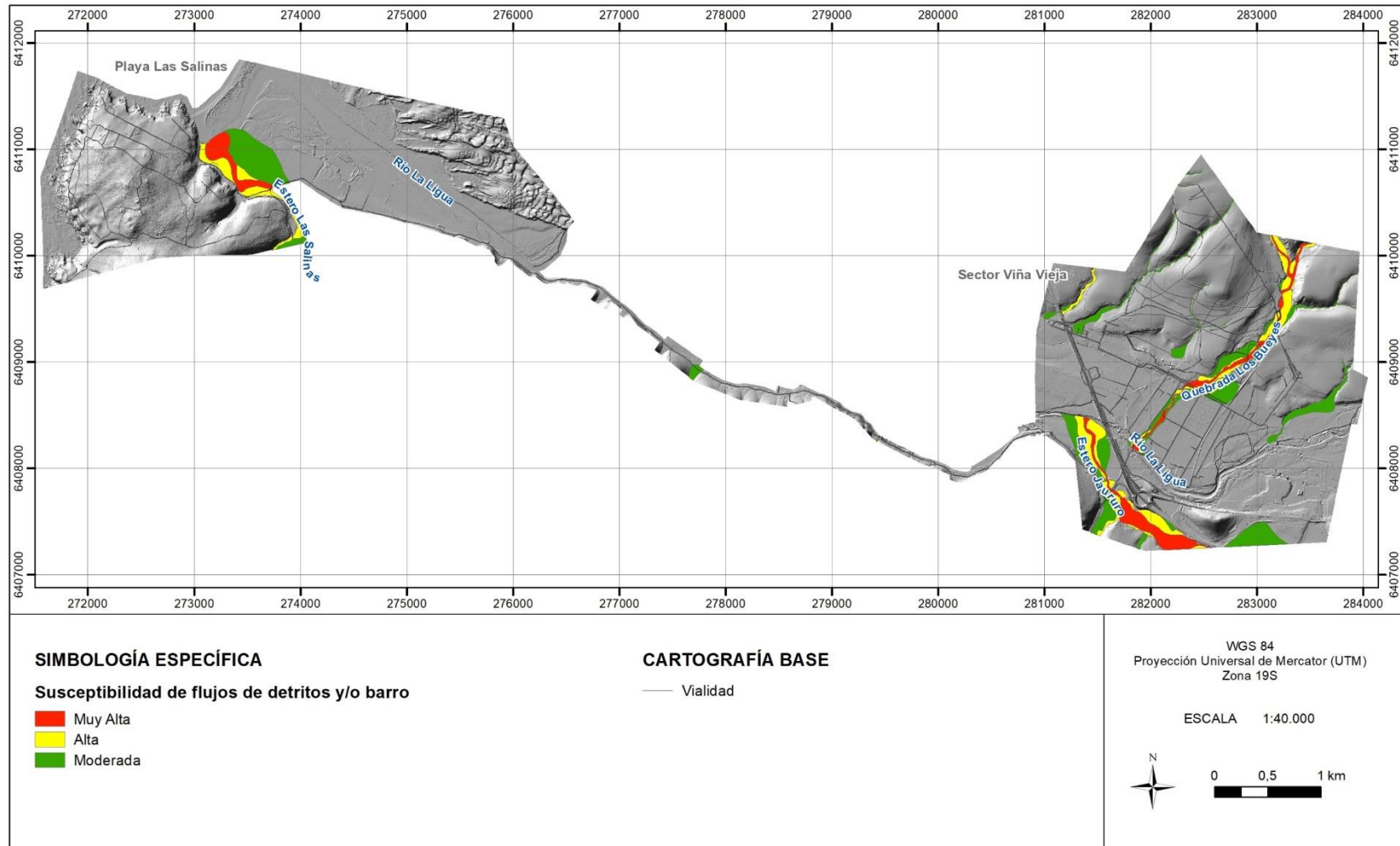
Los mapas de susceptibilidad de flujos de detrito y/o barro se presentan, a modo referencial, dentro del informe a escala 1:40.000, en la Ilustración 6.1-8 e Ilustración 6.1-7, para los sectores de Papudo y Pullally, respectivamente. Fuera de texto, se presentan a escala 1:10.000, en los planos 11 y 12, respectivamente.

Ilustración 6.1-7 Mapa de susceptibilidad a flujos de detritos y/o barro en el área de Papudo.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 6.1-8 Mapa de susceptibilidad a flujos de detritos y/o barro en el área de Pullally.



Fuente: Elaboración propia.

c) Procesos de ladera (deslizamientos y caídas de bloques)

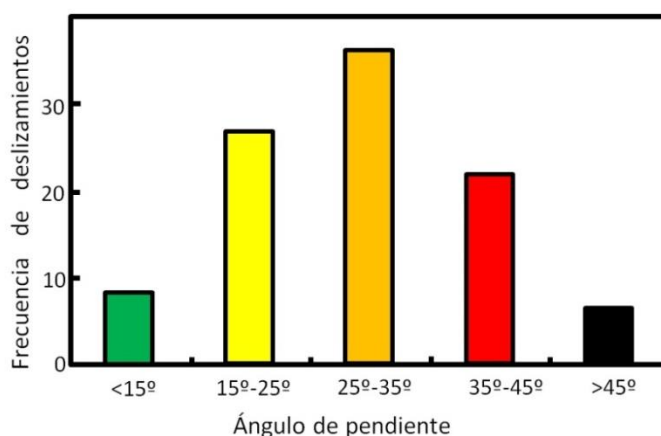
La generación de caída de bloques requiere de 2 componentes: (1) la exposición de rocas en superficie (ya sea directamente en afloramientos rocosos, o bien en depósitos no consolidados que contengan bloques), y (2) laderas de altas pendientes para que los fragmentos de roca puedan caer ladera abajo. Por su parte, para la ocurrencia de un deslizamiento, es necesaria la condición de inestabilidad, la cual está fuertemente determinada por la pendiente de la ladera, así como del material que la compone.

En general, los peligros de deslizamientos y caída de bloques reconocidos en el área de estudio se encuentran ubicados principalmente en zonas de taludes artificiales (debido a cortes de caminos) o naturales, de pendientes mayores a 25°; los cuales se activan durante precipitaciones intensas y/o sismos (Sección 5.2). Estos se distribuyen en afloramientos rocosos altamente meteorizados, pertenecientes a dioritas y granodioritas de la Superunidad Mincha, o bien en los depósitos semi-consolidados de la Formación Confluencia (Ilustración 5.2-3 e Ilustración 5.2-4).

El análisis de catastros de nivel mundial, ha demostrado que uno de los factores condicionantes más importantes para la ocurrencia de remociones en masa es la pendiente. Por lo cual, tanto caídas de rocas como deslizamientos, se analizarán de manera conjunta y por medio de este elemento indicativo.

Esaki et al. (2005) y Giraud y Shaw (2007) señalan que la mayor frecuencia de ocurrencia de remociones en masa ocurre para taludes y laderas de pendientes entre 25° y 35° (Ilustración 6.1-9).

Ilustración 6.1-9 Frecuencia de deslizamientos en función de la pendiente del terreno



Fuente: Esaki et al. (2005)

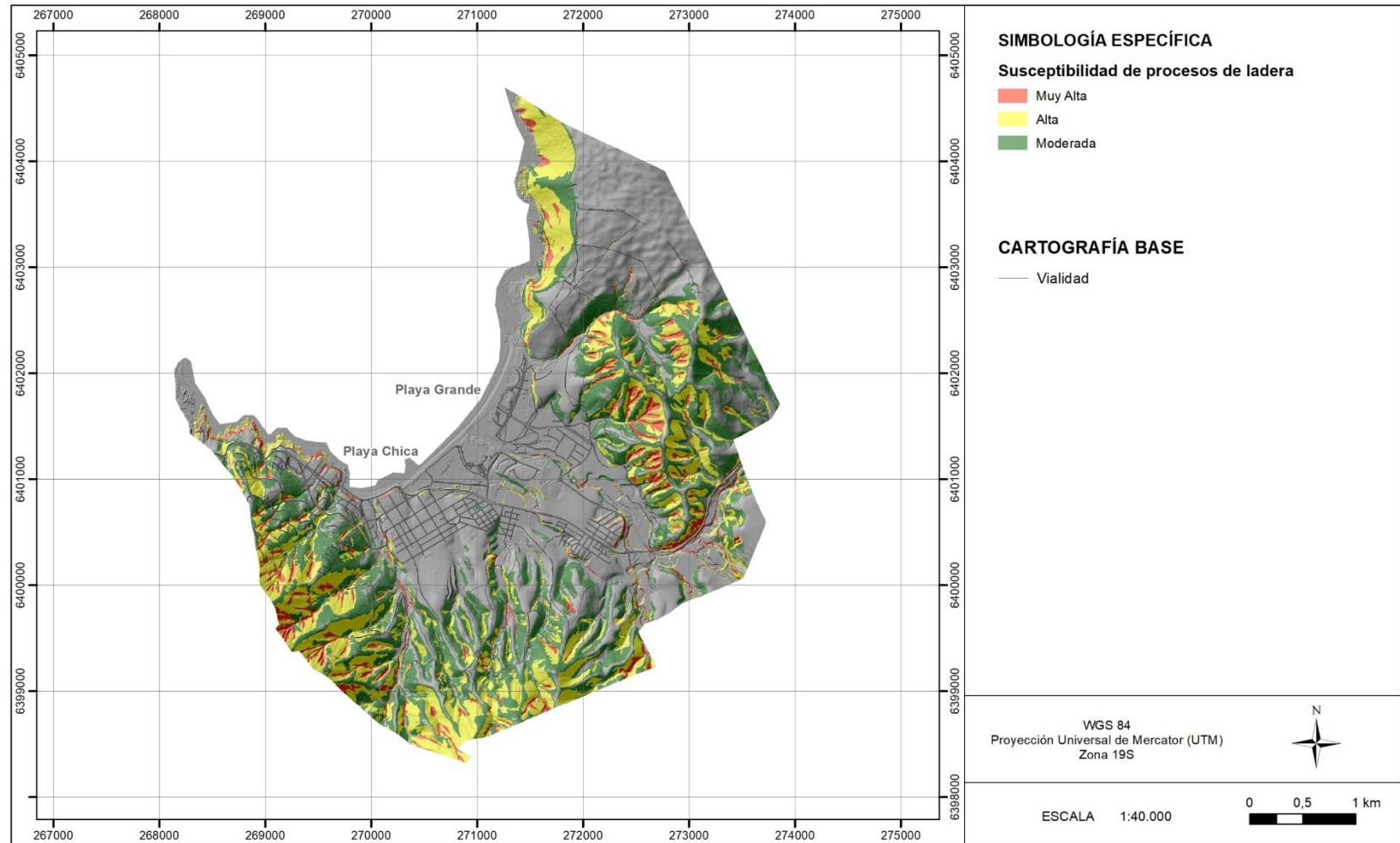
Por otro lado, en el área de Pullally, al norte de la desembocadura del río La Ligua, se encuentra un amplio campo de dunas (de aproximadamente 2,19 km²). Las dunas se caracterizan por presentar procesos de transporte activos y el aumento de sus pendientes debido a la erosión acentuada; por lo cual son susceptibles a deslizamientos por colapsos de material (Reckendorf, 1998, Sección 8.2.2b)). Debido a esta condición, la litología asociada a “depósitos eólicos” en este amplio sector se considera como altamente susceptible a remociones en masa.

Finalmente, considerando tanto los rangos de pendiente ya mencionados, como las condiciones de la naturaleza geológica de las unidades, determinaron las siguientes categorías de susceptibilidad:

- **Susceptibilidad Muy Alta:** Corresponde a sectores de ladera natural o taludes de pendiente sobre 35° .
- **Susceptibilidad Alta:** Corresponde a sectores de ladera natural o taludes cuya pendiente es de entre 25° y 35° .
- **Susceptibilidad Moderada:** Corresponde a sectores de ladera natural o taludes cuya pendiente es de entre 15° y 25° . Además se considera susceptibilidad moderada en el campo de dunas que se ubica al norte del río la Ligua en el sector Salinas de Pullally.

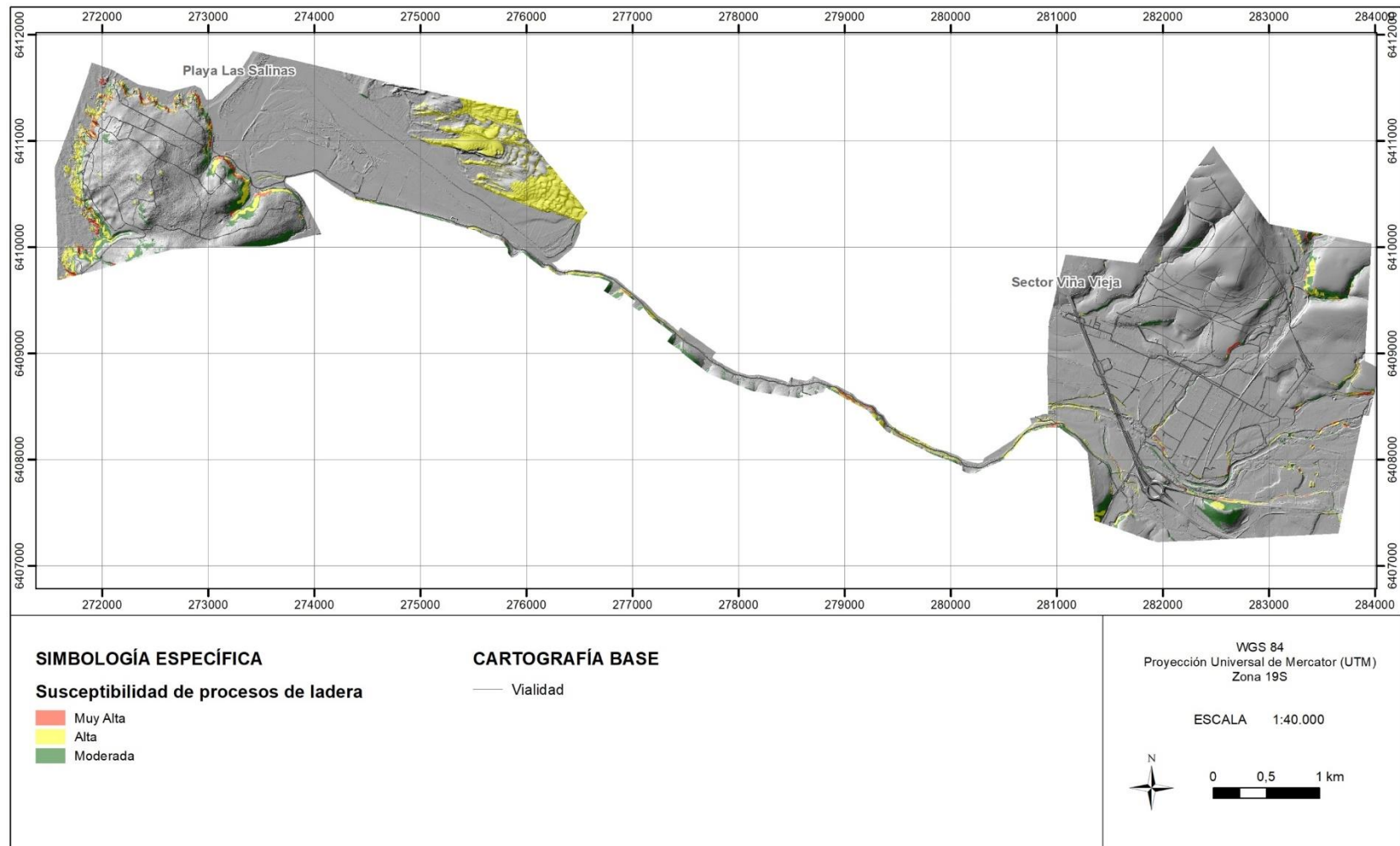
Los mapas de susceptibilidad a procesos de ladera para las áreas de Papudo y Pullally se presentan a modo referencial en la Ilustración 6.1-11 e Ilustración 6.1-10 (a escala 1:40.000) respectivamente. Fuera de texto, se presenta el mapa de susceptibilidad de deslizamientos y caída de bloques del área de estudio general, a escala 1:10.000, en los planos 13 y 14, respectivamente.

Ilustración 6.1-10 Mapa de susceptibilidad de deslizamientos y caídas de bloques en el área de Papudo.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 6.1-11 Mapa de susceptibilidad de deslizamientos y caídas de bloques en el área de Pullally.



Fuente: Elaboración propia.

6.2 PELIGROS NO ZONIFICABLES

6.2.1 Peligro sísmico

Como se presentó en el Catastro (Sección 5.3), el área de estudio ha sido afectada por sismos de magnitud importante, al igual como ocurre en casi todo el territorio de Chile. Dado que estos fenómenos son recurrentes y propios de la dinámica de subducción en que se encuentra Chile, no debe descartarse la ocurrencia de grandes sismos en la planificación a mediano y largo plazo.

Dentro del área de estudio no se describen estructuras geológicas activas ni tampoco hay sismicidad cortical actual registrada.

Por su parte, si bien los sismos de profundidad intermedia se registran en todo el país, la mayor parte corresponde a eventos de magnitud pequeña. Sin embargo, sismos de este tipo y de gran magnitud, aunque escasos, también existen, y sus características y recurrencias son poco conocidas. Por lo mismo, se concluye que el área de análisis de detalle sí puede ser afectada por sismos de profundidad intermedia de magnitud importante, aunque tampoco se justifica una zonificación.

A modo de conclusión, la susceptibilidad al peligro sísmico en el área de estudio (tanto Pullally como Papudo) debe considerarse alta, pero uniforme, y por lo mismo, no se justifica zonificarlo.

6.2.2 Peligro volcánico

El volcán activo más cercano al área de estudio se sitúa a más de 170 kilómetros aproximadamente (volcán Tupungatito), y sin conexión hidrográfica con las cuencas del área de estudio. Por lo anterior, se considera que las áreas de estudio general y específica no serían afectadas por coladas de lava, flujos piroclásticos o lahares; y en el caso de caída de tefra sólo serían afectadas si fuese resultado de una erupción volcánica de grandes proporciones ocurridas en algún centro volcánico lejano.

7 RECOMENDACIONES DE PLANIFICACIÓN

Una vez identificados los peligros, definidos los grados de susceptibilidad y el alcance territorial de ellos, es necesario incorporar estos resultados en la zonificación urbana. Esto debe realizarse a través de la aplicación del artículo 2.1.17 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) y/o tomando otras medidas de planificación acordes a las atribuciones que otorga la LGUC y la OGUC al Plan Regulador Comunal, como por ejemplo, la diferenciación de usos de suelo y regulación de la forma e intensidad de su ocupación.

Para poder definir los criterios que permitan incorporar los peligros naturales dentro de la zonificación urbana, es necesario tener claros los criterios utilizados para la definición de las diferentes categorías de susceptibilidad y la zonificación resultante. Es muy relevante comprender que la categorización de susceptibilidad se relaciona con la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno dado en un área determinada, pero corresponde a una categorización cualitativa, de carácter relativo, y no cuantitativa. Pese a que el concepto de susceptibilidad no contempla la cuantificación de períodos de retorno, ni probabilidades de ocurrencia, sí estipula niveles que indican de manera relativa si existe mayor o menor exposición frente a un cierto fenómeno. En este sentido, las zonas de 'muy alta' susceptibilidad son aquellas que muy probablemente serán afectadas en caso de ocurrir algún evento del peligro analizado, las zonas de 'alta' susceptibilidad serán aquellas afectadas por eventos extremos (en muchos casos son los más grandes de los que se tengan registros históricos) y las de 'moderada' susceptibilidad se asocian a eventos excepcionales, de magnitud mucho mayor que las dos anteriores, que por lo mismo suelen afectar superficies mucho mayores, pero que son poco frecuentes, y por lo mismo, muchas veces no existen registros históricos. En términos prácticos, se recomienda que, mientras mayor sea la susceptibilidad de un área específica, mayores sean las restricciones y/o condicionantes para su utilización.

Desde esta perspectiva, y con el fin de homologar las categorías de susceptibilidad al lenguaje de la OGUC, se propone aplicar el artículo 2.1.17 y evitar que se construya en las zonas de 'muy alta' y 'alta' susceptibilidad, mientras que para la zona de 'moderada' susceptibilidad, se recomienda aplicar normas urbanísticas que regulen la forma e intensidad de su ocupación y, en el caso de las áreas no consolidadas, excluir el equipamiento crítico (educación, salud y seguridad), como se muestra en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** En esta misma zona (es decir, 'moderada' susceptibilidad) no se recomienda aplicar el artículo 2.1.17, debido a que esta categoría de susceptibilidad está asociada a eventos excepcionales de un peligro dado.

Se ha observado la ocurrencia de remociones en masa de alcance local producto de cortes realizados en laderas de cerros, principalmente asociados a caminos en el sector de Papudo. Para evitar que éstas afecten a casas, se propone que en las laderas de cerros, donde se ha identificado el problema, se limite la densidad de población.

7.1 OTRAS RECOMENDACIONES

Para mitigar los riesgos asociados a remociones en masa e inundaciones, se recomienda construir obras destinadas a controlar los peligros geológicos. En el caso de las inundaciones, estas obras debieran tener como objetivo interceptar, conducir y descargar de manera controlada las aguas superficiales; por lo que es necesario mantener las obras ya existentes libres de escombros (ductos y obras de arte). Para las remociones en masa, contener o desviar los materiales removidos. Las medidas de mitigación que se propongan escapan a los objetivos y alcances de este estudio, y deben ser diseñadas y ejecutadas mediante una asesoría técnica-profesional apropiada, tal como lo indica la OGUC.

Finalmente, se recomienda realizar capacitaciones a la población con respecto a los peligros geológicos, considerando sus causas y consecuencias, en las que además se informe adecuadamente acerca de las medidas a adoptar frente a situaciones de emergencia (sistemas de alerta, vías de evacuación, zonas seguras), con el objetivo de promover el autocuidado. En caso de que la autoridad no pueda dar una alerta oportuna, la educación y conocimiento acerca de los diferentes peligros y riesgos geológicos pueden salvar vidas, ya que condiciona una reacción correcta y autónoma por parte de la población.

8 ANEXOS

8.1 ANEXO 1 DEFINICIONES DE PELIGRO Y RIESGO USADAS EN ESTE INFORME

Los procesos geodinámicos producen modificaciones de diversas magnitudes en la superficie terrestre que constituyen peligros geológicos que afectan de forma directa o indirecta las actividades humanas. Se entiende como **Peligro Natural** a cualquier fenómeno de origen natural que puede tener efectos negativos en el territorio (personas, infraestructura, medio ambiente, etc.). Los peligros naturales pueden subdividirse en distintas categorías: geológicos, hidrológicos, climáticos, incendios, etc.

Asociados a los peligros naturales se reconocen cuatro conceptos principales: **susceptibilidad**, **vulnerabilidad**, **amenaza** o peligrosidad (hazard) y **riesgo** (risk).

La **susceptibilidad** corresponde a una estimación cualitativa o cuantitativa de la distribución espacial de un fenómeno dado que existe o que potencialmente podría ocurrir en un área. Aunque se espera que un cierto fenómeno peligroso ocurra con mayor frecuencia en las áreas de mayor susceptibilidad, debe tenerse en cuenta que el análisis de susceptibilidad no considera el período de retorno de los eventos, es decir, el factor tiempo (JTC-1, 2008). La susceptibilidad depende directamente de los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos, como la geomorfología o factores intrínsecos de los materiales geológicos, y de factores externos que pueden actuar como desencadenantes (por ejemplo precipitaciones intensas, sismos, etc.). Para la construcción de mapas de susceptibilidad se utilizan los mapas de catastro, en los que se identifican las áreas que han sido afectadas por determinados procesos, y mapas de factores condicionantes que favorecen o entorpecen el desarrollo de estos procesos. Además, los mapas de susceptibilidad apuntan a cubrir el peor escenario posible en el área de estudio.

El concepto de **amenaza** o **peligrosidad** (hazard*) corresponde a la probabilidad de ocurrencia de un proceso, con una magnitud determinada dentro de cierto período de tiempo y en un área específica (Varnes, 1984). La estimación de la amenaza o peligrosidad implica necesariamente una consideración de la variable temporal, es decir, el período de recurrencia de un evento (período de retorno). Por otro lado, la amenaza para períodos de retorno infinitos tiende a ser similar que la susceptibilidad. Por lo anterior, cuando no se cuenta con datos suficientes para estimar períodos de retorno, resultan útiles los mapas de susceptibilidad, que consideran solo las variables intrínsecas del material para la zonificación de peligros geológicos.

Los **elementos expuestos** pueden ser personas, bienes, propiedades, infraestructuras, servicios, actividades económicas, etc., que pueden sufrir las consecuencias directas o indirectas de un proceso geológico en una determinada zona (Gonzalez de Vallejo, Ferre, Ortuño, & Oteo, 2002).

La **vulnerabilidad** corresponde al grado de pérdidas o daños potenciales de un elemento o conjunto de elementos dados, como consecuencia de la ocurrencia de un fenómeno de magnitud determinada. Se expresa en una escala de 0 (sin daños) a 1 (pérdida o destrucción total del elemento) o entre 0% y 100% de daños (Varnes, (1984); González de Vallejo et al., (2002); JTC1, (2008)).

Por otro lado, el concepto de **riesgo** (risk) incorpora consideraciones socio-económicas, y se define como las potenciales pérdidas debidas a un fenómeno natural determinado, por ejemplo vidas humanas, pérdidas

* La traducción literal corresponde a peligro, pero de acuerdo a la ONEMI y al proyecto Multinacional de Geociencias Andino (MAP-GAC) para evitar confusiones se utiliza Amenaza o Peligrosidad

económicas directas o indirectas, daños en infraestructura, etc. (Gonzalez de Vallejo, Ferre, Ortuño, & Oteo, 2002).

Según Varnes (1984), se denomina riesgo específico al grado de pérdidas esperado durante un período de tiempo dado, como consecuencia de la ocurrencia de un determinado proceso, expresado en términos de probabilidad. Puede ser expresado como el producto $A \times V$, donde A corresponde a la amenaza y V a la vulnerabilidad. En este caso no es posible obtener una evaluación cuantitativa de las pérdidas (Gonzalez de Vallejo, Ferre, Ortuño, & Oteo, 2002).

De acuerdo a las definiciones de la UNESCO (Varnes, 1984) el riesgo total corresponde al número esperado de vidas, personas heridas, daños a la propiedad, o a las actividades económicas debido a un fenómeno natural específico y se expresa como el producto del riesgo específico y los elementos expuestos, esto es:

$$R_t = R_e \times E = A \times V \times E$$

Donde R_t corresponde al riesgo total, R_e al riesgo específico y E a los elementos expuestos considerados. La Ilustración 8.1-1 muestra la relación entre el conocimiento y la estimación de la susceptibilidad, amenaza y riesgo.

La definición de riesgo, o áreas de riesgo, utilizadas internacionalmente difieren a la nomenclatura propuesta por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción en su artículo 2.1.17. En la OGUC, el concepto utilizado de riesgo corresponde a la definición de "Peligro Natural" definida internacionalmente.

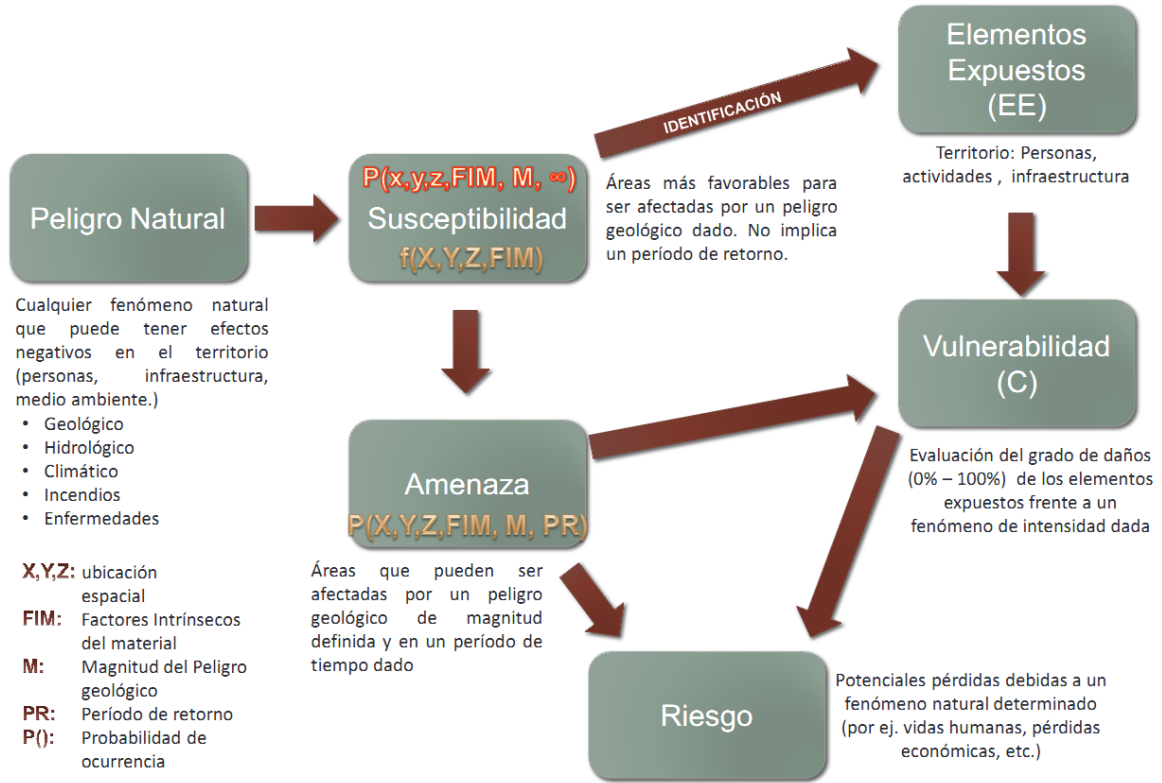
En resumen, los peligros geológicos pueden analizarse desde el punto de vista de las condiciones intrínsecas del material (estudios de susceptibilidad o determinísticos) y desde el punto de vista de los factores desencadenantes de un fenómeno (estudios de amenaza o probabilísticos). Considerando que para un estudio probabilístico es necesario contar con set de datos históricos de los procesos desencadenantes, los que normalmente no se encuentran registrados de manera adecuada, y que para períodos de retornos infinitos los mapas de amenaza tienden a ser similares a los mapas susceptibilidad, se considera que los mapas de susceptibilidad corresponden al escenario más conservador y adecuado para ser aplicado en la Planificación Territorial.

Finalmente, la reducción y mitigación de los riesgos vinculados a los diversos peligros geológicos presenta igual o mayor importancia que el manejo de las emergencias y la respuesta posterior al evento catastrófico. El desarrollo sustentable de la urbanización está directamente asociado a la reducción y mitigación de estos riesgos. La generación de conciencia a partir del conocimiento de los peligros y riesgos geológicos es fundamental para reducir y mitigar las consecuencias de estos eventos sobre la población (ONU/EIRD, 2004).

Es importante destacar que las definiciones previamente presentadas corresponden a una terminología aceptada y utilizada a nivel internacional, tanto en el ámbito científico (ver por ejemplo JTC-1, (2008)) como en instituciones públicas de diversos países. Estas definiciones son usadas por la Estrategia Internacional para la reducción de Desastres de la ONU (ONU/EIRD, 2004), por UNESCO (ver por ejemplo Varnes, (1984)) y por los servicios geológicos de diversos países (ver por ejemplo USGS, (2008) y PMA-GCA (2007)). A nivel nacional, estas definiciones han sido adoptadas por la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo en la "Guía Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial" (SUBDERE, 2011) y por el Servicio Nacional de Geología y Minería (ver por ejemplo PMA-GCA (2007)).

Se recomienda incorporar esta terminología en el ejercicio de los instrumentos de planificación territorial, lo que permitirá que exista concordancia en la terminología y las metodologías adoptadas, tanto a nivel nacional, entre los diferentes servicios públicos relacionados, como a nivel internacional.

Ilustración 8.1-1 Etapas de la evaluación de un evento geológico peligroso



Fuente: Elaboración propia basado en Varnes (1984)

8.2 ANEXO 2 DESCRIPCIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS ANALIZADOS

En este capítulo se detallan los peligros geológicos que potencialmente podrían afectar o han afectado al área de estudio, constituyendo un riesgo de catástrofe permanente o potencial, amenazando el emplazamiento de población.

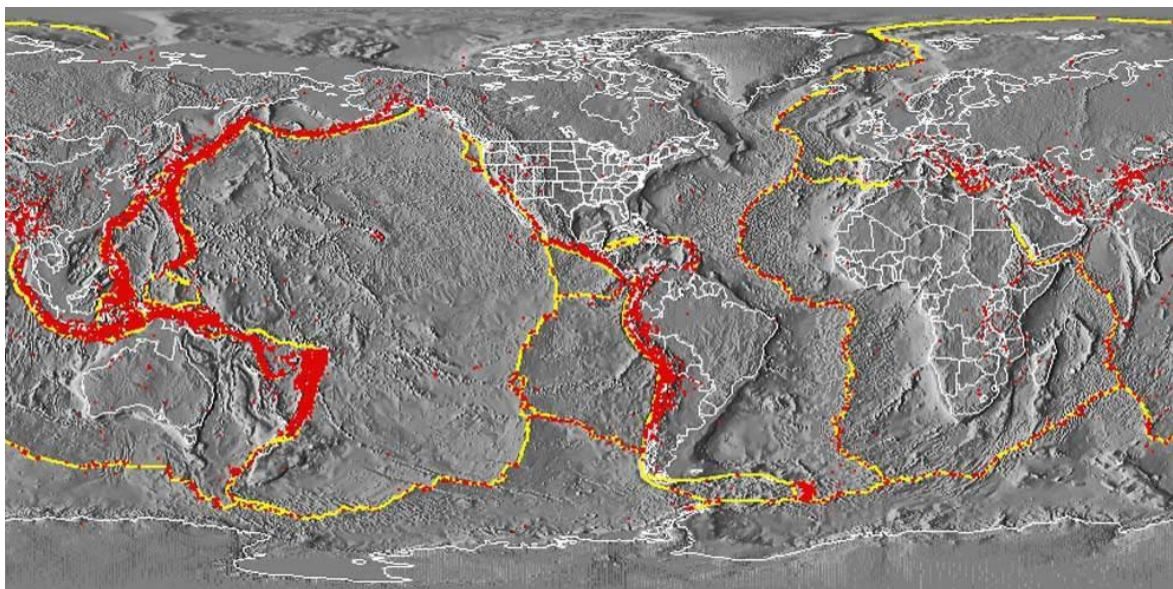
Para cada peligro, se describe en qué consiste, cuáles son sus factores condicionantes, y los principales efectos para la población y sus actividades. El análisis se realiza dividiendo los peligros geológicos en dos grupos, procesos internos o endógenos de la tierra (peligro sísmico y volcánico), y los procesos externos o exógenos (remociones en masa, inundaciones).

8.2.1 Procesos internos o endógenos de la Tierra

a) Sismicidad

La costa Oeste de Sudamérica está delineada por el borde occidental de la placa Sudamericana y se caracteriza por una intensa sismicidad debido a su convergencia con la placa de Nazca (Ilustración 8.2-1). En planta se aprecia una banda sísmica activa muy angosta (100-150 km) y de profundidad variable (~5-200 km) entre el cordón montañoso de los Andes y la fosa Perú-Chile. La muestra la sismicidad mundial que resalta los márgenes de las placas tectónicas y muestra además, cómo Chile se encuentra en un ambiente de gran producción sísmica.

Ilustración 8.2-1 Sismicidad mundial entre los años 1980 y 1990, se representan en puntos rojos los epicentros con magnitud >5. Nótese como la sismicidad “ilumina” los límites de las placas tectónicas, dibujados en amarillo

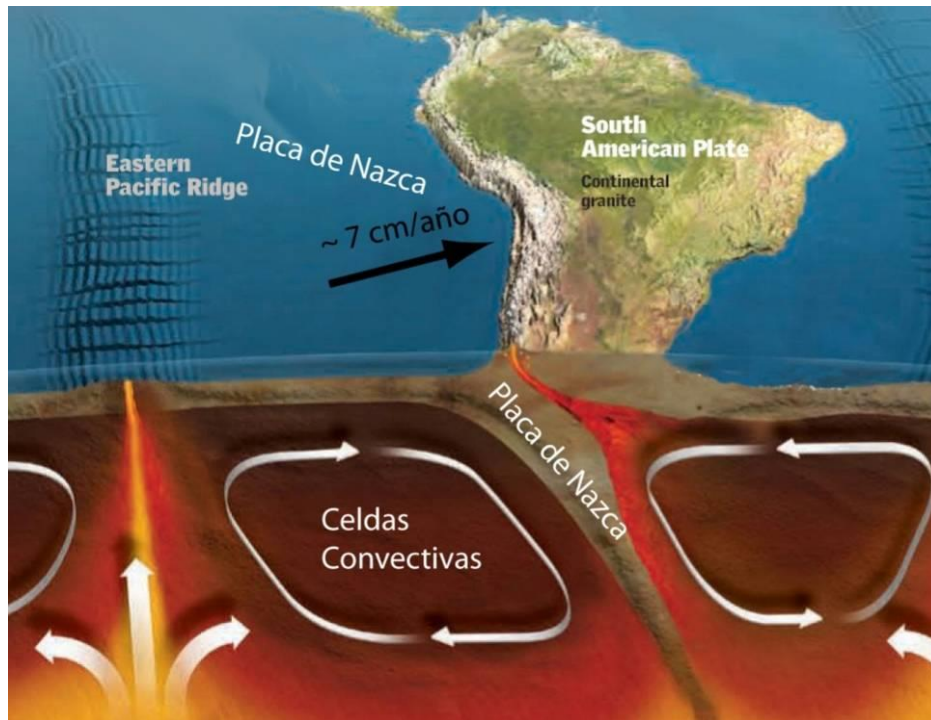


Fuente: Modificado de Enciclopedia Britannica (2008).

El margen de subducción donde se ubica Chile está caracterizado por una convergencia del orden de 8 cm/año (DeMets, Gordon, Argus, & Stein, 1994). Una serie de fuerzas actúan sobre la Placa de Nazca, como por ejemplo el flujo convectivo de material del manto, que “mueve” a la placa en dirección al este generando la convergencia, o el mismo peso de la placa oceánica que “tira hacia abajo” esta placa, favoreciendo la subducción (Ilustración 8.2-2). Debido a sus distintas composiciones, la placa oceánica que es

comparativamente más densa (de composición basáltica) tiende a introducirse bajo la corteza continental menos densa (de composición granítica). Las fuerzas que actúan sobre la interface entre ambas placas así como las de interacción entre las placas y el manto generan el llamado acoplamiento sísmico interplaca, el que puede entenderse como la resistencia al deslizamiento en la zona de contacto entre ambas. A mayor acoplamiento interplaca la capacidad de generar terremotos de gran magnitud aumenta (Scholz, 1990).

Ilustración 8.2-2: Contexto geodinámico y margen de subducción de Chile



Fuente: Modificado de Enciclopedia Britannica (2008).

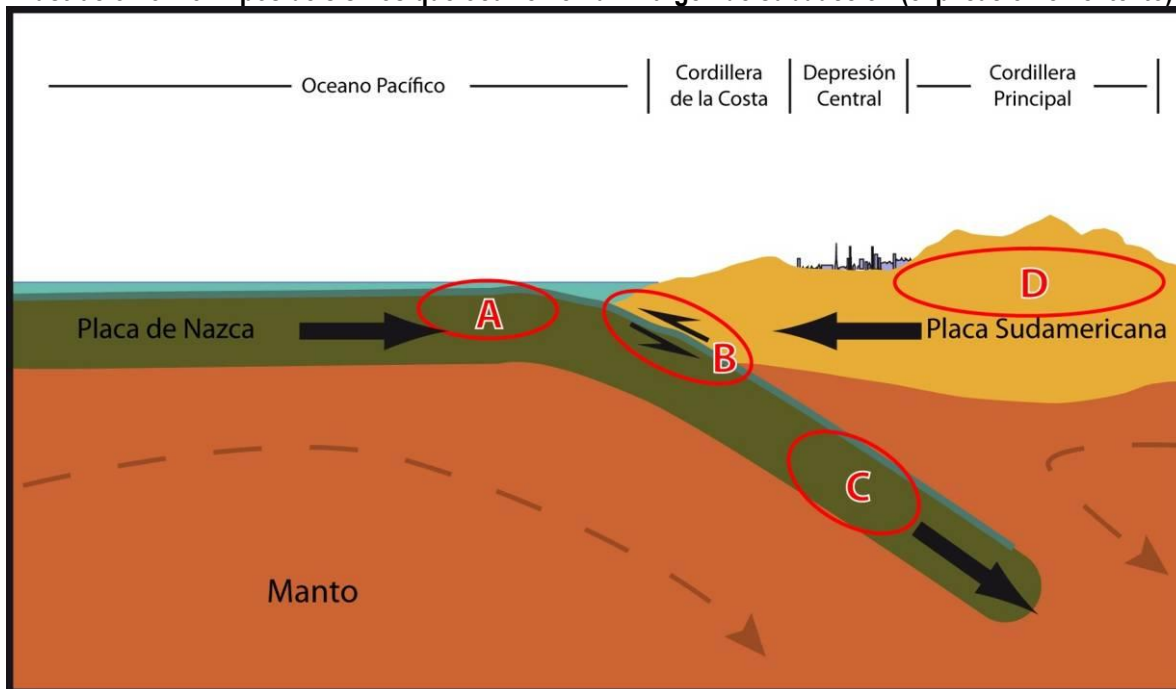
i) Tipos de sismos en Chile

El sistema de subducción, además de acumular energía que se libera por sismos de interplaca, genera campos de esfuerzos en la placa continental, en la oceánica y en la zona de acople entre ambas. El método para descargar la energía acumulada es a través de diferentes tipos de sismos, ejemplificados en la Ilustración 8.2-3, que corresponde a:

- **Zona A:** Sismos “Costa afuera”, que se producen por los esfuerzos extensivos por abombamiento en la placa subductante antes de la zona de contacto. A pesar de llegar a tener magnitudes cercanas a $M_w = 6$, prácticamente no causan efectos significativos en áreas pobladas debido a su ocurrencia en zonas mar adentro.
- **Zona B:** Sismos asociados al contacto interplaca, como los ocurridos en Antofagasta 1995, Chile Central 1985, Mejillones 2005 y Constitución-Concepción en el 2010. Estos son producto de la liberación de energía acumulada por la convergencia de placas.
- **Zona C:** Sismos intraplaca de profundidad intermedia, como los sismos de Punitaqui 1997, Copiapó 2002, Calama 1950, Tarapacá 2005 y Chillán 1939. Se producen por el fracturamiento tensional de la placa de Nazca (la placa se quiebra por su propio peso).

- **Zona D:** Sismos superficiales intraplaca, cómo los sismos de Las Melosas en 1958, Aroma en 2001, Curicó en 2004 y Aysén, 2007. Son producto del esfuerzo intraplaca inducido por la subducción, que a la vez contribuye a la generación de relieve. En general, los sismos superficiales intraplaca se encuentran asociados a fallas superficiales que pueden tener movimientos normales, inversos y de rumbo, que responden a campos de esfuerzos compresivos o extensivos.

Ilustración 8.2-3: Tipos de sismos que ocurren en un margen de subducción (explicación en el texto)

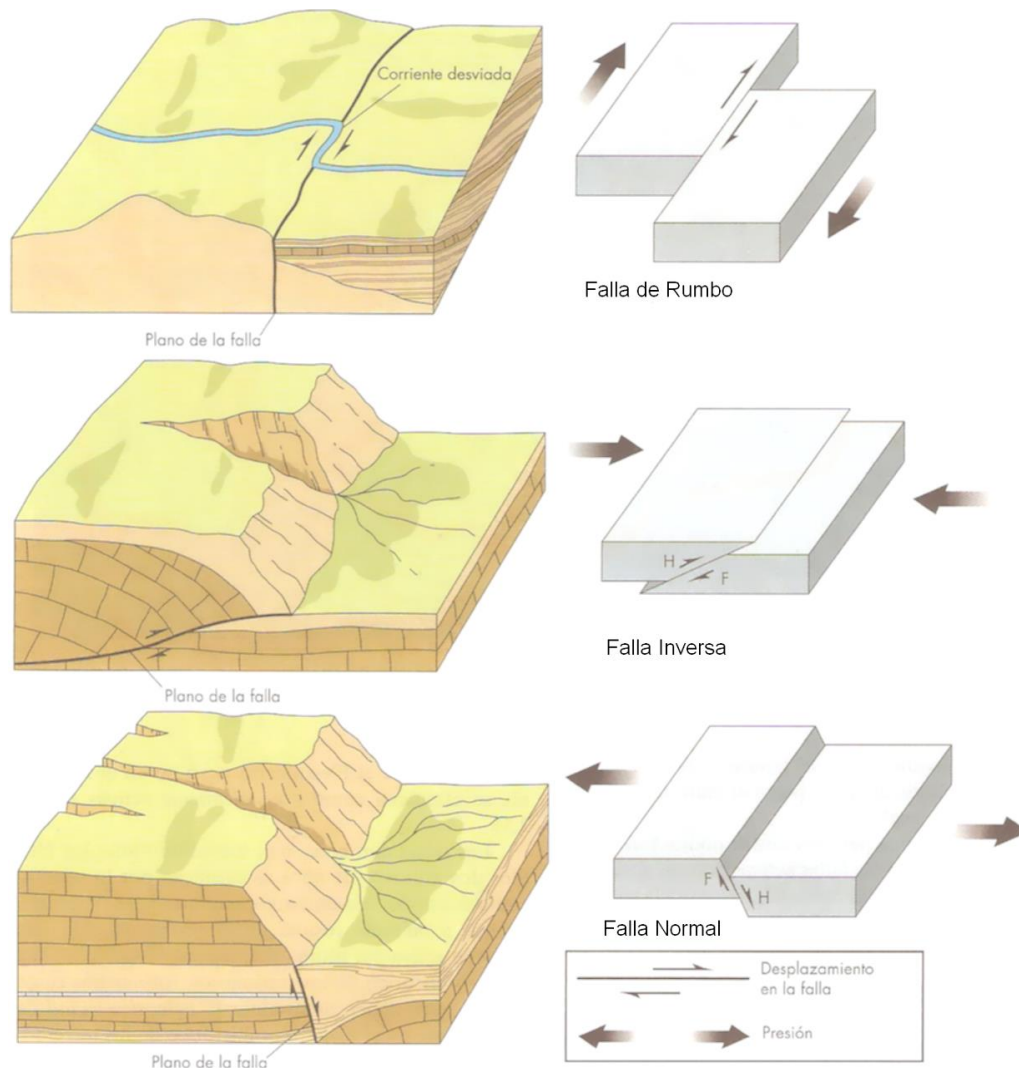


Fuente: Elaboración propia (2017).

Independientemente de la ubicación particular de uno u otro sismo, todos ellos corresponden a un desplazamiento violento paralelo al plano de falla que libera la energía acumulada en la interfaz. La energía que se acumula producto de la convergencia de placas, tanto en el contacto interplaca como en la corteza, en algún momento supera la resistencia de las rocas. En dicho instante se produce una ruptura que se propaga a través de un plano de falla, el que, de acuerdo a su geometría, generará diferentes tipos de movimientos (Ilustración 8.2-4). A su vez, esta ruptura conlleva una liberación de energía que se propaga por medio de ondas sísmicas.

Las ondas que transmiten la energía sísmica se agrupan en dos tipos principales: ondas de cuerpo y ondas de superficie. Las primeras se dividen en ondas P (compresivas) y ondas S (ondas de corte o de cizalle), mientras que las segundas se dividen en ondas Rayleigh y Love (Ilustración 8.2-5). En las ondas P el movimiento de partículas se produce en forma paralela al de la propagación de la onda y en las ondas S es en dirección perpendicular a la dirección de propagación de la onda. Las ondas Rayleigh tienen un movimiento oscilatorio elíptico y las ondas Love tienen un movimiento oscilatorio horizontal. Con respecto a su impacto en superficie, debido a que las ondas S transportan la mayor cantidad de energía y a que las ondas superficiales tienden a tener movimientos de mayor frecuencia, ambos tipos corresponden a los de carácter más destructivo del movimiento sísmico. Aun así, a medida que las ondas se alejan de la fuente van perdiendo o disipando energía, siendo cada vez menos destructivas, fenómeno que se conoce como atenuación.

Ilustración 8.2-4: Tipos de Falla y esfuerzos asociados

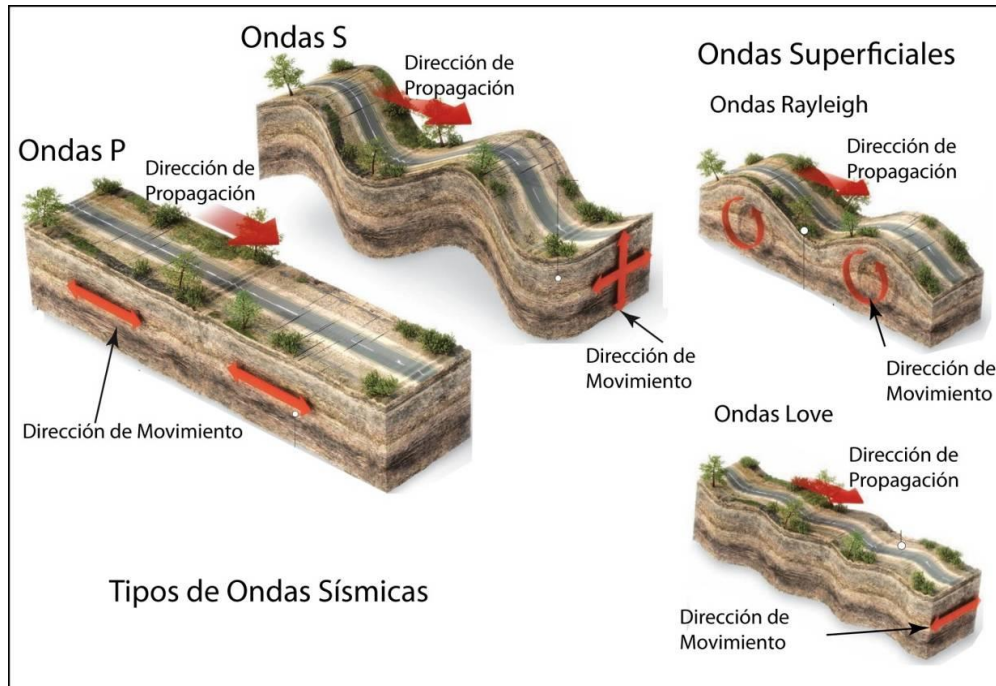


Fuente: Keller y Blodgett (2004).

Para medir los sismos se utilizan, principalmente, dos escalas: *magnitud* e *intensidad*. La *magnitud* es una medida única y objetiva, que normalmente se relaciona con la escala de RICHTER (M_s). Actualmente para grandes sismos se utiliza la escala de magnitud de momento (M_w) que se calcula a partir del tamaño de la zona de ruptura y el desplazamiento medido para un sismo ocurrido, y da cuenta de la energía total liberada por el evento. La *intensidad* es una medida subjetiva del impacto de un sismo sobre la población, en términos de percepción humana del evento y sus efectos en la infraestructura. Este parámetro se mide en la escala de MERCALLI-CANCANI, denominada también como Modificada de Mercalli (M.M.).

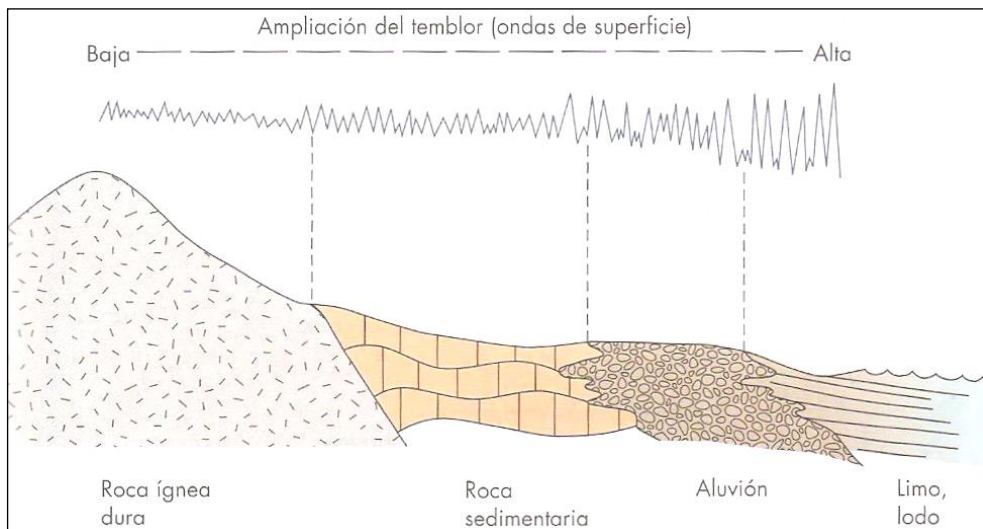
Finalmente, debe destacarse el llamado “efecto sitio”, que indica un condicionamiento de carácter local bajo el cual para un mismo terremoto y dependiendo del tipo de terreno donde uno se encuentra ubicado, las ondas sísmicas pueden amplificarse durante el desarrollo del terremoto (Ilustración 8.2-5).

Ilustración 8.2-5: Tipos de ondas sísmicas



Fuente: Modificado de Enciclopedia Britannica (2008).

Ilustración 8.2-6: Amplificación de la vibración generada por un terremoto



Fuente: : Keller y Blodgett (2004).

ii) Mecanismos de daño asociado a los sismos

El principal efecto asociado a la ocurrencia de sismos son fuertes movimientos del terreno, que originan un peligro directo sobre las estructuras y sobre las personas, debido a las fuertes aceleraciones generadas por las ondas sísmicas. Sumado a lo anterior, la ocurrencia de estos fenómenos es generalmente sin previo aviso, por lo que la única manera de mitigar el riesgo es con campañas de educación y estrictas normas de construcción. Muchos de estos fenómenos son acompañados por asentamientos en las superficies, normalmente irregulares, dañando construcciones, infraestructura y cañerías. Esto implica en una alta vulnerabilidad estructural, económica y social. Particularmente con respecto a esta última se deben mencionar las potenciales pérdidas de vidas humanas y heridos por el derrumbe de estructuras, además de la vulnerabilidad a enfermedades gastrointestinales y epidemias por el colapso de los sistemas sanitarios y de conectividad, entre los innumerable efectos adversos para la sociedad que provocan este tipo de fenómenos.

Más allá de los efectos directos mencionados anteriormente, los sismos pueden también inducir la ocurrencia de otros fenómenos, como es el caso de procesos de remoción en masa (caídas de bloques y deslizamientos), maremotos y licuefacción.

Los deslizamientos y derrumbes se dan en diversos tipos de suelos y bajo variadas condiciones sismotectónicas, incluso se han detectado en sismos de grado $M_w = 4.0$. La cantidad y severidad de estos están en directa relación con la cercanía al epicentro y la magnitud del evento causante Keeper (1984); Sepúlveda, et al. (2005); (2010). Sea cual sea su origen, los deslizamientos y derrumbes están asociados principalmente a tres factores: las pendientes del terreno, la resistencia mecánica de los materiales involucrados y antecedentes de eventos anteriores (Centeno, et al. (1994); Sancho (1997)). Para más detalle acerca de estos procesos ver el Sección 8.2.2b) "Procesos de Remoción en Masa".

Los maremotos o tsunamis corresponden a una ola o un grupo de olas de gran energía y tamaño que se producen cuando algún fenómeno extraordinario desplaza verticalmente una gran masa de agua y en aproximadamente un 90% de los casos, estos fenómenos son provocados por terremotos. La energía de un maremoto depende de su altura (amplitud de la onda) y de su velocidad, y estará asociada a la magnitud del evento que lo generó.

Otro proceso que se asocia comúnmente a la actividad sísmica es la licuefacción del terreno, que corresponde al fenómeno donde un material sólido saturado en agua se comporta como líquido a causa de la intensa vibración. Las ondas sísmicas hacen aumentar la presión de agua presente en el sedimento, de forma que los granos de arena o limo pierden el contacto entre ellos causando una pérdida de resistencia del sólido y permitiendo que el depósito pueda fluir. Bajo estas condiciones, el suelo puede perder su capacidad de soporte de estructuras, producir deslizamientos (incluso en superficies con muy bajas pendientes) y formar volcanes de arena. Muchos de estos fenómenos son acompañados por asentamientos en las superficies, normalmente irregulares, dañando construcciones, infraestructura y cañerías.

Para la ocurrencia de licuefacción se requiere de tres factores (Martin & Lew, 1999):

- Depósitos o suelos, granulares poco consolidados (suelos y no cementados) de tamaño fino a medio (limo a arena, aunque en algunos casos se ha presentado en arcillas y en gravas). Típicamente pueden ser rellenos artificiales, especialmente aquellos creados por relleno hidráulico (ej. puertos y tranques de relaves), depósitos eólicos (dunas), depósitos de playas o de cursos de agua lo suficientemente jóvenes para estar sueltos. Los suelos con partículas de diferentes tamaños son menos propensos a sufrir licuefacción, debido a que las partículas menores tienden a rellenar los espacios entre las mayores, reduciendo así la tendencia a densificación del suelo y evitando los efectos del aumento de

presión de agua. También influye la forma de las partículas que conforman el suelo, siendo un depósito de partículas redondeadas más susceptible de sufrir licuefacción.

- Saturación de los depósitos por aguas subterráneas, el agua debe rellenar los espacios entre los granos de limo o arena. Puede producirse en zonas donde el nivel de agua subterránea es somero como en desembocadura de cursos de agua, humedales, pantanos, vegas y zonas costeras.
- Fuertes movimientos sísmicos, durante los cuales las ondas sísmicas aumentan la presión del agua contenida en los depósitos. Cabe destacar, que todo Chile, en especial desde la península de Taitao al norte, tiene el potencial de ser afectado por grandes terremotos.

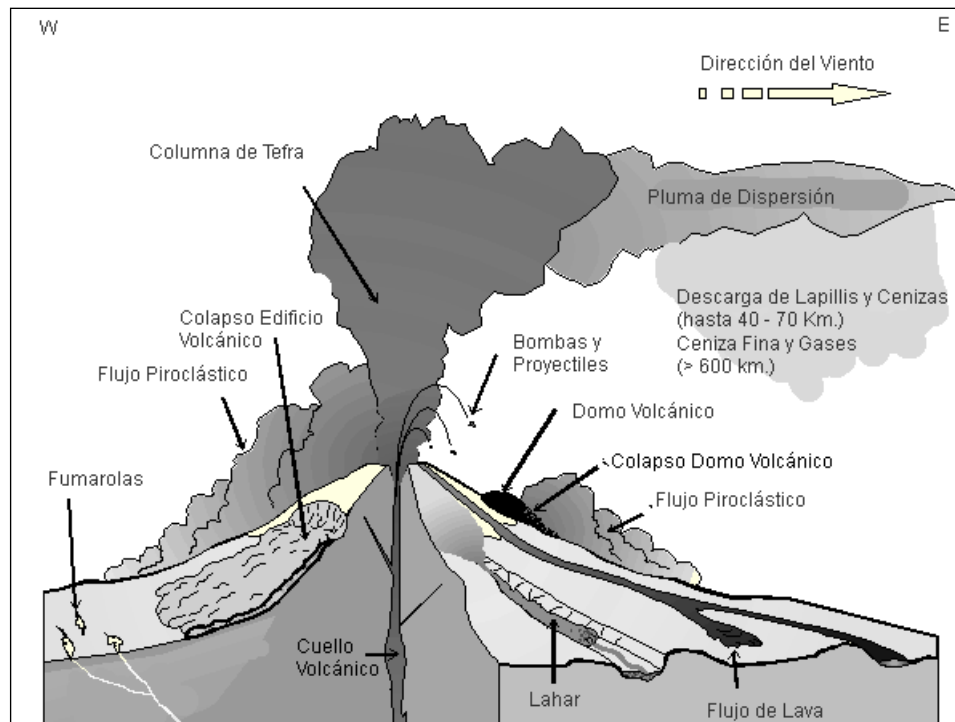
b) Volcanismo

El peligro volcánico deriva de los procesos asociados a la erupción de un volcán. En Chile el volcanismo activo se distribuye a lo largo de la Cordillera de los Andes, pero de forma discontinua. En la zona entre los 18° y 27°S y aquella al sur de los 33°S se ubica el volcanismo activo, mientras que entre los 27°-33°S está ausente. Los principales peligros asociados a una erupción volcánica se resumen en la

Ilustración 8.2-7 y en el Cuadro 8.2-1.

La lluvia de ceniza y tefra se produce durante erupciones explosivas en las que una gran cantidad de material volcánico se inyecta en la atmósfera a gran altura, generando columnas de tefra, compuestas por piroclastos y gases. Estas columnas, ascienden velozmente alcanzando en pocos minutos alturas estratosféricas, siendo dispersadas por el viento y esparcidas las cenizas y piroclastos alrededor de una gran área. En caso de colapso de esta columna se producen flujos y oleadas piroclásticas que pueden alcanzar centenares de kilómetros, en función de la altura de la columna de tefra (energía potencial transformada en energía cinética) y la dirección del viento, generando grandes depósitos de ceniza y piroclastos incandescentes. Adicionalmente, es común que se produzca contaminación de aguas superficiales en todo el sector afectado por la caída de cenizas, así como también de los acuíferos en los alrededores del volcán por la inyección de aguas hidrotermales, además del envenenamiento por dispersión de gases tóxicos hacia la atmósfera.

Ilustración 8.2-7: Peligros volcánicos asociados a la erupción de un volcán



Fuente: Myers y Brantley (1995).

Los flujos de lava se producen cuando material magmático se desplaza aguas abajo del centro de emisión. El alcance que tendrán estos flujos está determinado por la tasa de efusión (emisión del centro volcánico), la pendiente del terreno sobre el cual la lava escurre y la viscosidad de la lava. Además, en las cercanías del centro de emisión se producen comúnmente temblores de magnitud inferior a 6 en la escala de Richter (M_w), pero a poca profundidad (entre 1 y 20 km), los que están asociados a intensidades mayores a VI en las cercanías del epicentro. Estos sismos provienen de diversos procesos, tales como ascenso del magma y fracturamiento de la corteza, explosiones volcánicas y esfuerzos tectónicos compresivos y expansivos asociados al ciclo eruptivo (González Ferrán, 1995).

Los procesos de remoción en masa asociados a una erupción volcánica se pueden clasificar en tres grandes grupos: lahares, colapso parcial o total del edificio volcánico y deslizamientos de laderas (González Ferrán, 1995). Los lahares se producen por el brusco derretimiento de hielos y nieve durante una erupción volcánica. Corresponden a una mezcla de rocas fragmentadas preexistentes en las laderas de un volcán con materiales efusivos frescos y una gran cantidad de agua. Esta mezcla desciende aguas abajo a altas velocidades y de manera turbulenta, arrasando e incorporando a su flujo todo lo que encuentra en su trayecto (árboles, casas, etc.). Reportes históricos describen que las velocidades que alcanzan estos flujos van desde los 1,3 m/s hasta los 40 m/s, recorriendo decenas de kilómetros aguas abajo del valle, y en casos en que la velocidad sea mayor a 150 Km/h pueden remontar barreras topográficas.

El colapso, total o parcial, del edificio volcánico puede producirse como consecuencia de una gran cantidad de energía liberada durante la erupción. Este proceso puede provocar tsunamis si ocurre en la cercanía de lagos o embalses, ya que puede producir el desplazamiento de volúmenes importantes de agua en pocos minutos generando olas destructivas de gran energía. Finalmente, asociado a la sismicidad producida por la erupción,

pueden generarse deslizamientos de terreno en la cercanía del centro eruptivo, lo que puede dar paso a flujos de barro y/o detritos aguas abajo.

El impacto en la población y sus actividades es muy alto en las cercanías de los centros volcánicos, ya que los procesos asociados a una erupción (caída de ceniza, flujos piroclásticos, contaminación de aguas superficiales), pueden generar grandes catástrofes en la vida diaria e infraestructura de las comunidades. Los efectos más directos para la población, aunque la erupción se encuentre a distancia, son:

- Pérdida de tierras cultivables
- Colapso de techos y obras civiles
- Pérdidas de vidas humanas y forraje
- Contaminación de aguas y problemas sanitarios derivados.

Se debe destacar que, la duración de una catástrofe por actividad volcánica puede ser considerable dado que un ciclo eruptivo puede extenderse por meses o años (por ejemplo, el ciclo eruptivo del volcán Chaitén), y pueden afectar grandes áreas de terreno, como por ejemplo la erupción del volcán Quizapú en el año 1932, cuya pluma de ceniza alcanzó la ciudad de Johannesburgo, Sudáfrica o la erupción del Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Caulle, cuya pluma de ceniza dio la vuelta al mundo.

Cuadro 8.2-1: Peligros asociados al volcanismo

Peligro	Factores de Peligro	Tipo de Daño	Alcance	Condicionantes
Lluvia de Tefra y Proyectiles Balísticos	Proyección de Bombas y Escorias Incandescentes	Daños por impacto, incendios.	Alrededores del volcán (<10 km)	Tamaño de proyectiles. Mayor tamaño, menor alcance; menor tamaño, mayor alcance
	Caída de Piroclastos y Dispersión de Cenizas	Recubrimiento de cenizas, colapso de estructuras, daños a la agricultura, daños a instalaciones industriales y viviendas, problemas de tráfico aéreo, falta de visibilidad, contaminación de aguas.	Centenares de kilómetros	Dirección del viento
	Flujos y Oleadas Piroclásticas	Daños a estructuras, incendios, recubrimiento por cenizas.	Decenas a centenares de kilómetros*	Dirección del viento y hacia donde colapsa la columna de tefra
	Gases	Envenenamiento, contaminación aire y agua.	Decenas a centenares de kilómetros	Dirección del viento y hacia donde colapsa la columna de tefra
	Inyección de Aerosoles a la Estratósfera	Impacto en el clima, efecto a largo plazo y/o a distancia.		Dirección del viento
Lavas y Edificio Volcánico	Lavas y Domos	Daño a estructuras, incendios, recubrimiento por lavas.	Alrededores del volcán (<10 km)	
	Deformación del Terreno	Fallas, daños a estructuras.	Alrededores del volcán (<10 km), puede ser de cientos de kilómetros	
	Terremotos y Temblores Volcánicos	Colapso del edificio volcánico, remociones en masa, daños a estructuras.	Alrededores del volcán (<10 km), puede ser de cientos de kilómetros	Geomorfología
Remociones en masa	Lahares	Daños a estructuras, arrastres de materiales, recubrimiento por barro.	Decenas a centenares de kilómetros	Red de drenaje
	Colapso Parcial o Total del Edificio volcánico	Daños estructuras, recubrimiento por detritos, avalanchas, tsunami inducido.	Alrededores del volcán (<10 km), puede ser de cientos de kilómetros	Geomorfología y cuerpos de agua cercanos
	Deslizamiento de Laderas	Arrastre de materiales, recubrimiento por detritos, daños a estructuras.	Alrededores del volcán (<10 km), puede ser de cientos de kilómetros	Geomorfología y cuerpos de agua cercanos
Otros	Ondas de Choque	Rotura de cristales y paneles.	Decenas de kilómetros	Dirección del viento y geomorfología
	Variaciones en el Sistema Geotérmico de Acuíferos	Cambios de temperatura y calidad del agua.	Alrededores del volcán (<10 km), puede ser de cientos de kilómetros	Red de drenaje

Fuente: Elaboración propia a partir de González-Ferrán (1995), Myers y Brantley (1995) y Sruoga (2002). (*) El peligro de Flujos y Oleadas Piroclásticas, si bien presenta un alcance de hasta centenares de kilómetros, este se restringe únicamente a las hoyas hidrográficas que drenan cada aparato volcánico.

8.2.2 Procesos Exógenos o Externos de la Tierra

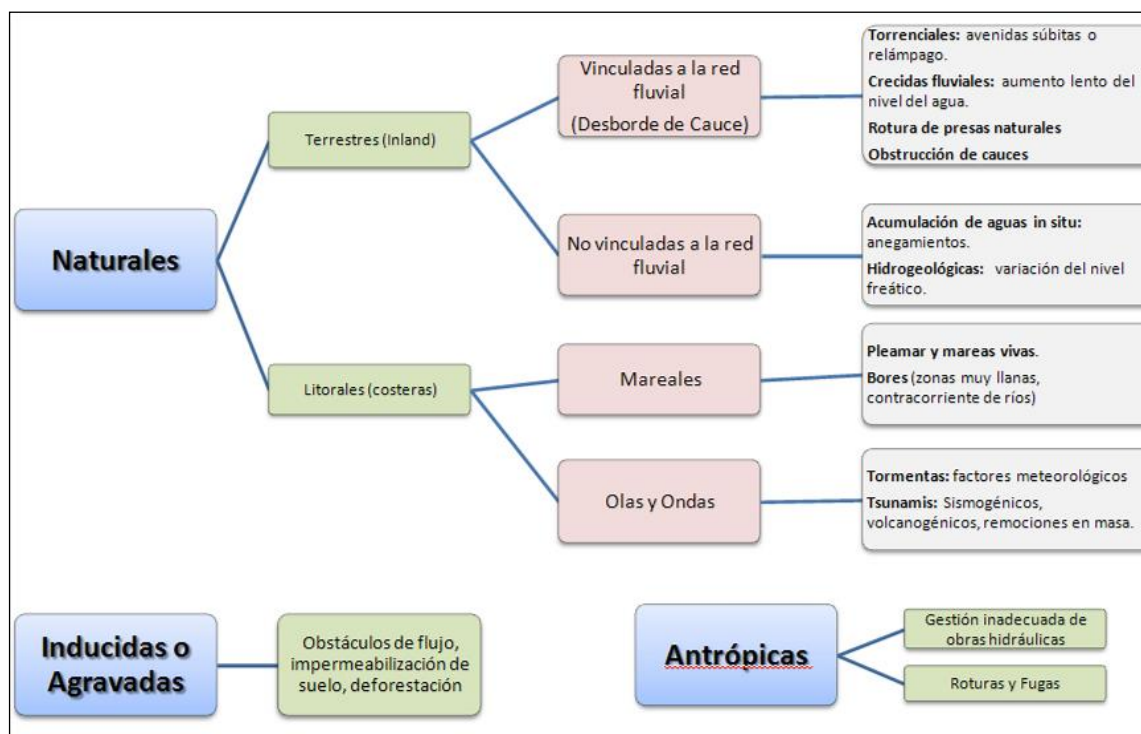
a) Inundaciones Terrestres y Litorales

Las inundaciones, sin considerar aquellas generadas por causas antrópicas, pueden ser de dos tipos (Ilustración 8.2-8): (1) terrestres, en el sentido de “tierra adentro”, en las que aguas dulces anegan territorios al interior de los continentes, y (2) litorales o costeras, en las que aguas marinas o lacustres-palustres invaden los sectores limítrofes con el dominio terrestre. Los procesos de inundación pueden originarse por varios factores, tales como lluvias intensas durante temporales, pero también pueden originarse por colapso o desbordamiento de represas y canales, marejadas en zonas costeras, o como afloramiento de aguas subterráneas en zonas pantanosas.

Cabe notar que existe una estrecha relación entre los fenómenos pluviométricos estacionales y los fenómenos de avalanchas, rodados, aluviones o erosiones. Los últimos se ven acentuados por el aumento de la capacidad de arrastre de material, por inundación y por desborde de cauces, todos ellos asociados a la activación de quebradas por lluvias ocasionales y que ponen en riesgo a la población en los alrededores.

A continuación se presenta una breve descripción de los distintos tipos de inundaciones.

Ilustración 8.2-8: Clasificación de los tipos de inundaciones



Fuente: Modificado de Díez-Herrero, et al. (2008).

i) Inundación por Desborde de Cauces

Como su nombre lo indica, estos tipos de fenómenos ocurren cuando ríos o esteros desbordan su cauce natural anegando las terrazas fluviales laterales o adyacentes, debido a la ocurrencia de caudales extremos. Estos fenómenos se producen generalmente debido a eventos de precipitaciones líquidas intensas y/o prolongadas

en el tiempo. Los valores que pueden alcanzar los caudales, así como el tamaño del cauce, dependen también de otros factores como del área de la cuenca correspondiente, su forma, la diferencia de cota, la presencia de rocas o sedimentos permeables, etc.

Para este tipo de inundaciones, se pueden identificar dos tipos principales de cauces:

- Perennes: ríos o esteros con cuencas que abarcan grandes áreas y que tienen sus cabeceras en zonas cordilleranas. Aunque no presenten necesariamente una escorrentía superficial continua, se consideran como perennes dado que la mayoría del flujo escurre en el acuífero ubicado bajo la superficie. Estos presentan cauces de gran extensión, bien definidos, con diferentes niveles de terrazas fluviales, y fácilmente identificables a partir del análisis estereoscópico de fotos aéreas. Las terrazas más altas generalmente están ocupadas por actividades agrícolas o asentamientos humanos.
- Intermitentes: Esteros y quebradas de escurrimiento temporal como consecuencia directa de precipitaciones intensas. En general, algunas de estas quebradas pueden presentar amenaza por fenómenos de remociones en masa del tipo flujos de detritos, existiendo una estrecha relación entre estos fenómenos e inundaciones por escorrentía torrencial de gran velocidad. Como se explicará posteriormente, los flujos de detritos, al perder su carga sólida, van transformándose paulatinamente en inundaciones torrenciales. Normalmente no existen estaciones fluviométricas en estos cauces, por lo que la estimación de caudales máximos se debe hacer con modelos matemáticos y estadísticas de precipitaciones máximas de gran intensidad.

Los efectos que se pueden generar como consecuencia de una inundación estarán dados por varios factores. Naturalmente, los efectos dependen de la intensidad de la inundación, sin embargo, se deben diferenciar los efectos sobre los edificios, que se correlacionan mejor con la altura de inundación, de la afectación a la infraestructura vial, que se correlaciona mejor con la velocidad de escurrimiento (Kreibich, y otros, 2009), aunque, se debe tener en consideración que existe una buena correlación entre ambas variables. Por otra parte, existen otras variables que inciden en el nivel de daño que generan las inundaciones (Merz, Kreibich, & Lall, 2013; Hasanzadeh Nafari, Ngo, & Mendis, 2016):

- Superficie de las construcciones (que se correlaciona con la densidad de población y con el nivel socioeconómico de los habitantes), valor de las propiedades y calidad de la construcción.
- Medidas preventivas, asociadas a la construcción.

ii) Inundación por Acumulación de Aguas Lluvias en Zonas Llanas, o Anegamiento

Este tipo de inundaciones se producen en zonas deprimidas, de baja permeabilidad, con niveles freáticos someros y deficiente drenaje del terreno, frecuentemente inundadas debido a lluvias intensas y/o prolongadas. Este tipo de inundaciones se asocia a la zona de desembocadura de algunas quebradas, las que son “embalsadas” por caminos y obstrucciones antrópicas. Estas barreras no permiten que el río escurra fácilmente hacia el mar, sino solo de forma subterránea, provocando el ascenso de los niveles freáticos y la formación de zonas pantanosas y humedales. Solo en eventos de pluviosidades extremas, el caudal transportado por las quebradas tiene la suficiente fuerza para romper esta barrera, atravesándola y provocando inundaciones por desborde de cauces.

En las zonas urbanas consolidadas, las acumulaciones de aguas lluvia ocurren especialmente en cruces viales, donde la evacuación de las aguas lluvias es insuficiente, ya sea por el colapso de los sistemas de colección, acumulación de basuras que obstruyen los desagües, la no existencia de redes de evacuación y vialidad pavimentada, por la diferencia de nivel de las carpetas de rodado en las intersecciones de las calles existentes, o por diseñar las obras de mitigación para un período de retorno no adecuado.

iii) Inundaciones costeras asociadas a maremotos

Los tsunamis o maremotos corresponden a una ola o un grupo de olas de gran energía y tamaño que se producen cuando algún fenómeno extraordinario desplaza verticalmente una gran masa de agua. Se conocen tres orígenes posibles:

Maremotos generados producto de un sismo mayor: durante un terremoto se genera una rápida elevación o hundimiento del fondo marino, provocando un gran movimiento vertical de agua que es propagado en forma de olas que se alejan radialmente desde la zona de ruptura, movimiento que puede considerarse lineal (Ilustración 8.2-9). A diferencia de las olas generadas por el viento, en las cuales las partículas tienen un movimiento circular ondulante, las olas generadas por un maremoto fluyen en línea recta hacia adelante (Ilustración 8.2-10).

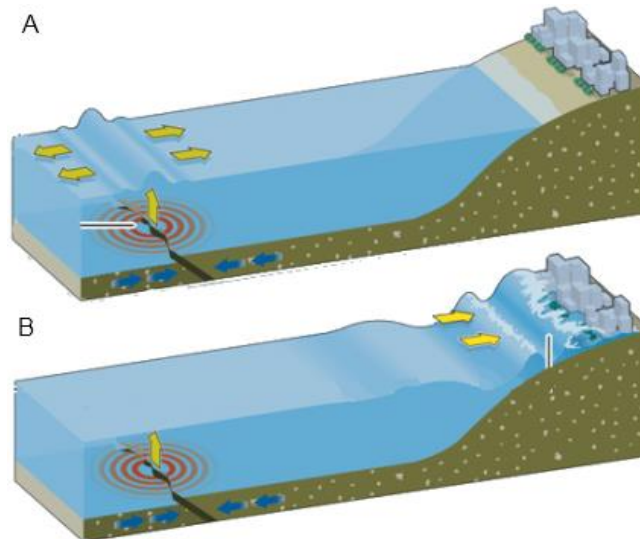
Se pueden definir dos tipos de maremotos: (1) los de “origen cercano”, donde la población siente el terremoto que generará el maremoto, y (2) los de “origen lejano”, donde la población no es alertada por un movimiento sísmico previo al arribo del maremoto. Se debe recalcar que, aun cuando los maremotos están generalmente relacionados a sismos de magnitud mayor a 8.0° con un epicentro bajo la superficie marina ésta no es la única forma de generación de este tipo de fenómenos.

Maremotos generados por erupción volcánica submarina: Se producen por erupciones volcánicas submarinas, las que generan un pulso de agua vertical que es disipado en forma de olas (Ilustración 8.2-11). Como la generación es puntual, la energía liberada es menor a la generada por sismos.

Maremotos generados por deslizamientos: Corresponden a deslizamientos submarinos o superficiales, que generan perturbaciones en el nivel del mar o en lagos (

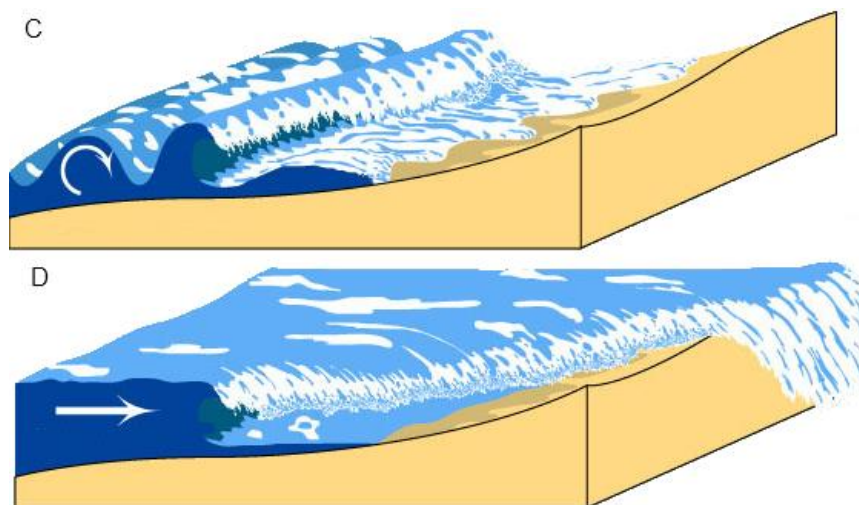
Ilustración 8.2-12). Ejemplos de este tipo se han registrado en el fiordo de Aysén asociado al ciclo sísmico desarrollado durante abril de 2007 (Sepúlveda & Serey, 2009).

Ilustración 8.2-9 Mecanismo de formación de un maremoto asociado a un terremoto cuyo epicentro es submarino. A. Sismo genera un pulso vertical que mueve las aguas superficiales. B. Corresponde al momento en que arriba la onda a las costas



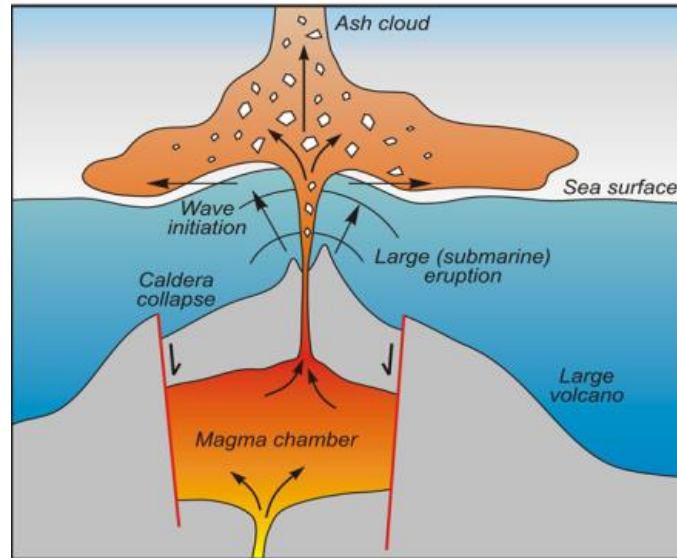
Fuente: Modificado de Keller y Blodgett, (2004)

Ilustración 8.2-10 Comparación entre olas generadas por el viento y el frente de olas de un maremoto

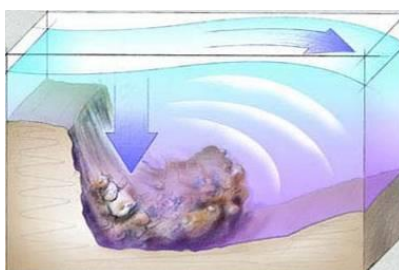


Fuente: Modificado de Department of Earth and Space Sciences, University of Washington, en <http://www.ess.washington.edu/tsunami/images/tsulg.jpg>

Ilustración 8.2-11 Mecanismo de generación de maremotos por erupciones volcánicas submarinas



Fuente: Tomado de Natural Resources of Canadá, de http://atlas.nrcan.gc.ca/auth/english/maps/environment/naturalhazards/tsunami/fig4_tsunami_volcano_eruption.jpg

Ilustración 8.2-12: Mecanismo de generación de maremotos asociado a deslizamientos

Fuente: Tomado de Universidad de Santa Cruz, California. <http://scicom.ucsc.edu/scinotes/9901/kill/images/slidesfinal.jpg>

La propagación del frente de ondas del maremoto se produce superficial y concéntricamente, similar al efecto en la superficie de un estanque de agua al lanzar una piedra. En aguas abiertas, la altura de la ola es casi imperceptible (menores a un metro) y se desplaza a velocidades que llegan a los 800 km/h, pero esta velocidad disminuye a menos de 60 km/h al acercarse las olas al continente transformando así la energía cinética (velocidad) en energía potencial (altura de ola). La altura máxima de la ola (medido sobre el nivel medio del mar) y su penetración en el continente estará condicionada por la distancia al epicentro del terremoto, así como también por la morfología, pendiente y profundidad del fondo marino, pudiendo alcanzar hasta 30 metros de elevación sobre el nivel del mar en el continente.

Aun cuando la mayoría de los maremotos son generados por sismos, su impacto e intensidad están determinados en primer lugar por la topografía submarina del sitio donde se produce el sismo (por ejemplo, profundidad y consistencia del suelo marino). De esta forma, según los estudios científicos, se sabe que ante un temblor de epicentro poco profundo y cuya intensidad sea inferior a los 6.4 grados en la escala de Richter, existen pocas probabilidades de que se genere un maremoto. Aquellos con magnitudes superiores a los 7.5 grados son los principales causantes de maremotos de alto riesgo.

Dadas estas características, es preciso señalar que los maremotos son muy frecuentes en el Océano Pacífico, pues el margen de su cuenca oceánica se distribuyen alberga en conjunto una de las zonas con mayor actividad sísmica en el planeta: el Cinturón de Fuego del Pacífico. Basta decir que por ejemplo, entre los años de 1900 y 1986, fueron registrados en esta cuenca 247 maremotos de los cuales 29% incidieron en las costas japonesas.

Se han definido diversas escalas para medir la magnitud e intensidad de los maremotos. Una de las más conocidas es la escala Inamura (1942, 1949) que en función de la altura de las olas y los daños que estas producen en la costa clasifica el impacto y la intensidad de estos fenómenos, de manera similar a la medición de la Escala de Mercalli de los eventos sísmicos (Cuadro 8.2-2).

Cuadro 8.2-2 Escala de grados de maremotos según Inamura (1942, 1949)

Grado de maremotos m	Altura de la ola H (en metros)	Descripción de los daños
0	1-2	No produce daños.
1	2-5	Casas inundadas y botes destruidos son arrastrados.
2	5-10	Hombres, barcos y casas son barridos.
3	10-20	Daños extendidos a lo largo de 400km de la costa.
4	>30	Daños extendidos sobre más de 500km a lo largo de la línea costera.

Fuente: Inamura (1942) e Inamura (1949)

Posteriormente, lida (1963) relacionó la energía liberada por un terremoto con la energía del maremoto asociado, estimando el desplazamiento vertical de agua de este último (Cuadro 8.2-3). Esta metodología en, en términos generales, análoga a la escala de Richter (que mide la magnitud del sismo) con la energía del maremoto. Por último, Wiegel (1970) combinó las escalas de Inamura e lida con lo cual logró identificar y diferenciar con mayor claridad la magnitud de un maremoto Cuadro 8.2-4.

Cuadro 8.2-3 Escala de grados de maremoto según lida (1963)

Grado de maremoto m	Energía (Erg) x 10 ²³	Máxima altura de inundación R (metros)
5.0	25.6	> 32
4.5	12.8	24 - 32
4.0	6.4	16 - 24
3.5	3.2	12 - 16
3.0	1.6	8 - 12
2.5	0.8	6 - 8
2.0	0.4	4 - 6
1.5	0.2	3 - 4
1.0	0.1	2 - 3
0.5	0.05	1.5 - 2
0.0	0.025	1 - 1.5
-0.5	0.0125	0.75 - 1
-1.0	0.006	0.50 - 0.75
-1.5	0.003	0.30 - 0.50
-2.0	0.0015	< 0.30

Fuente: lida (1963)

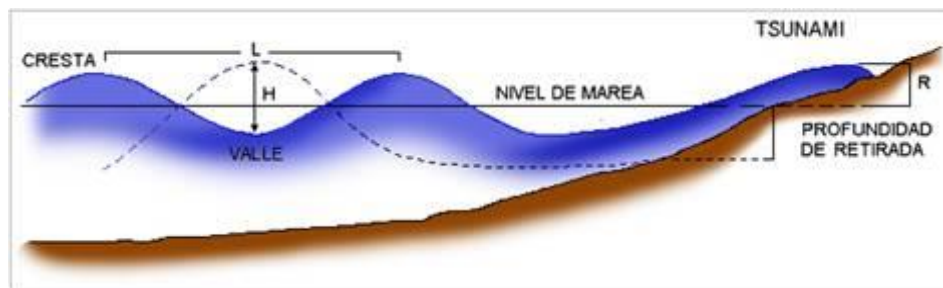
Los parámetros considerados por Wiegel (1970) son los siguientes (Ilustración 8.2-13): la altura de la ola (H) como la diferencia de nivel entre la cresta y el valle; altura máxima de inundación (R), corresponde al lugar de la costa donde los efectos del maremoto son mayores.

Cuadro 8.2-4 Escala de grados de maremoto según Inamura e lida; transcrita por Wiegel (1970)

Grado maremoto m	Altura de la ola H (metros)	Altura máxima de inundación R (metros)	Descripción de los daños.
0	1 - 2	1 - 1.15	No produce daños.
1	2 - 5	2 - 3	Casas inundadas y botes destruidos son arrastrados.
2	5 - 10	4 - 6	Hombres, barcos y casas son barridos.
3	10 - 20	8 - 12	Daños extendidos a lo largo de 400km de la costa.
4	> 30	16 - 24	Daños extendidos sobre más de 500km a lo largo de la línea costera.

Fuente: Wiegel (1970)

Ilustración 8.2-13 Elementos básicos considerados en la escala de Magnitud Inamura-lida definida por Wiegel



Fuente: Modificado de Wiegel (1970)

En resumen, los efectos de un maremoto a lo largo de una línea costera dependerán de la magnitud del sismo o manifestación que lo origina, la topografía del suelo marino a lo largo y ancho de la zona de propagación del maremoto (existencia de arrecifes, malecones, etc.), la distancia de la costa al epicentro, y la orientación y forma de la bahía afectada respecto al epicentro. Existen relaciones directas entre la magnitud del sismo y del maremoto: a mayor magnitud del sismo, mayor el tamaño de la ola. Sin embargo, de acuerdo a la morfología de la costa, la extensión de la inundación puede crecer o verse disminuida, variar en los tiempos de llegada a puerto, o simplemente perder energía y afectar a la costa con menor intensidad.

El daño en el continente será proporcional a población que habita y a la infraestructura presente en la zona afectada, y puede verse amplificado en aquellas zonas de la costa que actúan como concentradoras de la energía de maremotos, esto es, aquellos sectores con líneas de costa que presenten cañones submarinos como la desembocadura de los grandes ríos hacia el mar y en bahías.

- Tiempo de Aviso: Lamentablemente, el daño a la infraestructura es inevitable, pero puede salvarse una cantidad considerable de vidas si de alerta adecuadamente a la población.
 - o Maremoto de origen cercano: es de aproximadamente 15 minutos a una hora si el sismo fue percibido por la población, la que debe dirigirse hacia los sectores altos inmediatamente después de ocurrido el terremoto.
 - o Maremoto de origen lejano: el tiempo de aviso puede ser nulo si no se activa una alerta de maremoto de origen lejano, como el ejemplo presentado de la Península de Kamchatka o los eventos ocurridos en el océano Índico durante el 2004.
- La distancia al origen del maremoto, así como la morfología, pendiente y profundidad del fondo marino. En este sentido, científicos japoneses han determinado que a menor pendiente de la ola (relación entre altura y longitud de onda), mayor será la altura máxima de inundación. Por ello, una costa que presente una plataforma continental escalonada (como si fuera una gran escalera), reduce la energía cinética del maremoto y con ello sus potenciales riesgos; mientras que una línea costera con una plataforma continental de pendiente suave permite que la energía del maremoto sea recibida en su totalidad.
- El daño será proporcional a la población y la infraestructura presente en la zona afectada y puede verse amplificado en aquellas zonas de la costa que actúan como concentradoras de la energía de maremotos, esto es, aquellos sectores con líneas de costa que presenten cañones submarinos, como la desembocadura de los grandes ríos hacia el mar y en bahías.

El grado de daño producido por una inundación, dependerá de varios factores:


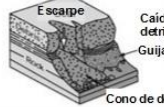


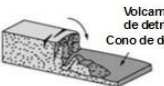
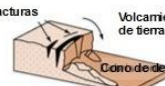

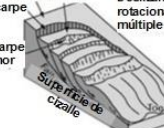
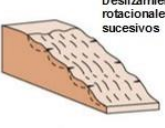




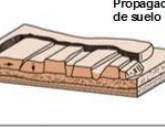
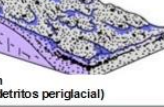




- Tiempo de aviso: Los sistemas de emergencia y aviso a la población disminuyen considerablemente la vulnerabilidad social. Por lo demás, en general los procesos de inundación son paulatinos y permiten evacuar a la población.
- La intensidad y velocidad con que ocurre el fenómeno

- Densidad de población: En caso de que la población se encuentre directamente en la zona de inundación, pueden ocurrir muertes, heridos, enfermedades, daños estructurales, etc. Si la inundación no afecta directamente a la población, puede producir cortes de camino, daños a la infraestructura sanitaria (por ejemplo, destruir captaciones de agua para el consumo humano) o un costo económico en reparaciones y medidas de mitigación.

b) Procesos de Remoción en Masa

El término “remoción en masa” incluye una amplia variedad de procesos que generan el movimiento aguas abajo de los materiales que constituyen las laderas, incluyendo roca, suelo, relleno artificial o una combinación de las anteriores (Ilustración 8.2-14). El movimiento de estos materiales puede ser por caída, volcamiento, deslizamiento, propagación lateral o flujo (PMA-GCA, 2007).

Ilustración 8.2-14: Clasificación de tipos de remoción en masa en relación al movimiento que lo origina y el material constituyente de la ladera

Material		ROCA	DETRITO	SUELO
Tipo de movimiento				
CAIDA				
	VOLCAMIENTO			
DESPLAZAMIENTO	Rotacional			
	Traslacional (planar)			
PROPAGACION				
FLUJO				
COMPLEJO				

Fuente: Clasificación utilizada por el British Geological Service, modificada de (Varnes, 1978) y (Cruden & Varnes, 1996). Disponible en: http://www.bgs.ac.uk/landslides/how_does_BGS_classify_landslides.html.

i) Flujos de Detritos y Barro

Los flujos de detritos, referidos comúnmente como 'aluviones', son remociones en masa que ocurren cuando una masa de sedimentos con mala clasificación, agitados y saturados con agua, se movilizan pendiente abajo como flujos viscosos de sedimentos concentrados (Antinao, Fernández, Naranjo, & Villarroel, 2002). Los flujos de detritos usualmente son descritos como fluidos no-newtonianos o plásticos de Bingham, donde la fracción sólida varía generalmente entre 50 a 90% en volumen (Costa, 1984). En los casos en que la granulometría del material transportado sea predominantemente fina estos flujos se conocen como flujos de barro.

Las partículas sueltas que cubren pendientes desnudas y otros depósitos detríticos no consolidados, disponibles dentro de la cuenca de recepción, son transportadas hacia el cauce principal donde continúa su movimiento. Se remueven así depósitos de gravas y arenas sueltas del lecho, hasta alcanzar el área de depositación, que corresponde al sitio de salida de dichas quebradas a zonas más llanas donde se forman abanicos aluviales. Con la disminución de la pendiente, a medida que aumenta la distancia desde su fuente, los flujos van perdiendo su carga sólida de mayor granulometría, por lo que van pasando paulatinamente a flujos de barro y finalmente a inundaciones o flujos hiperconcentrados donde la fracción sólida varía generalmente entre 1 a 25% en volumen (Pierson & Scott, 1985).

Para la ocurrencia de flujos de detritos es necesario que exista una cuenca donde se colecten los aportes de lluvia y una zona de acumulación de material donde los detritos se acopien para ser posteriormente transportados en el caso de que se cumpla alguna condición desencadenante.

En Chile, el factor desencadenante más común de flujos de detritos son las lluvias esporádicas, de corta duración y de intensidad excepcional. Por otro lado, en nuestro país existen muy pocos estudios que relacionen las intensidades de precipitaciones y este tipo de fenómenos, debido, principalmente, a los escasos registros de intensidad de precipitaciones y de flujos de detritos históricos. Solo durante las últimas décadas se han instalados pluviógrafos que miden la intensidad instantánea u horaria de precipitaciones (mm por hora). Solo se disponen de registros más sostenidos en el tiempo de precipitaciones diarias (mm en 24 horas). Esto dificulta los análisis de relación a estas variables ya que a veces basta una lluvia "corta" pero extremadamente intensa para generar un flujo de detritos.

Los flujos o "aluviones" del 18 de Junio de 1991 en Antofagasta y del 3 de Mayo de 1993 en la Quebrada de Macul en Santiago Oriente son ejemplos de eventos que han suscitado el interés nacional tanto por el alto grado de daños materiales como el costo de vidas humanas. Estos eventos han sido, por otra parte, un aporte para el conocimiento de los umbrales de intensidad de precipitaciones mínimas para la generación de flujos de detritos en Chile. En el caso de Antofagasta, en una de las zonas más secas del país, se estimaron precipitaciones mínimas de 30 mm en 24 horas para la generación de flujos de detritos (Hauser, 1997). En el caso de Santiago Oriente, se contó con datos pluviográficos más precisos, donde se registraron casi 10 mm en una sola hora (Naranjo & Varela, 1996). Anteriormente, para la Región Metropolitana se estimó un mínimo de 60 mm en 24 horas para la generación de flujos de detritos (Hauser, 1985).

Si bien los casos anteriores se encuentran fuera del área de estudio, cabe destacar que corresponden a los pocos eventos donde se ha relacionado cuantitativamente la ocurrencia de estos fenómenos y la intensidad de precipitaciones. Sin embargo, estos constituyen datos valiosos en cuanto a los umbrales de intensidad de precipitaciones en las que se podrían generar flujos de características catastróficas.

El grado de daño producido por un flujo dependerá de varios factores:

- Tiempo de aviso: Los sistemas de emergencia y alerta a la población disminuyen considerablemente la vulnerabilidad social. Si se tienen mediciones continuas de la intensidad de precipitación, será

posible alertar a la población de que existe la posibilidad de que se genere un flujo, entregando quizás minutos valiosos que podrían salvar vidas.

- Distancia al origen del fenómeno: Mientras más alejado sea el origen, y si se cuenta con sistemas de emergencia y alerta a la población, se puede disminuir la vulnerabilidad social.
- La intensidad y velocidad con que ocurre el fenómeno (tamaño del flujo): Un flujo de mayor tamaño y rápido tiene mayor capacidad de afectar a una población que uno más pequeño y lento.
- Densidad de población en la zona susceptible a ser afectada: En caso de que la población se encuentre directamente en el cauce del flujo, los daños pueden ser catastróficos, ya que pueden producirse muertes, heridos, enfermedades, daños estructurales mayores, etc., tal como ocurrió en los casos de Antofagasta (1991) y Quebrada de Macul (1993). Si el cauce no afecta directamente a la población, pueden producirse cortes de caminos y daños a la infraestructura sanitaria (por ejemplo, destrucción de captaciones de agua para el consumo humano), lo que se traduce en un costo económico en reparaciones y medidas de mitigación.

Este peligro geológico será tratado en conjunto con el peligro de inundación por desborde de cauce, ya que estos dos fenómenos comparten una serie de características comunes que permiten estudiarlos como un mismo proceso.

ii) Desprendimientos o Caída de Bloques o Rocas

Los desprendimientos o caída de bloques son remociones en masa en las cuales bloques de rocas o suelo se desprenden a partir de laderas de altas pendientes, como cornisas o acantilados rocosos, para luego desplazarse en caída libre, al menos en parte de su trayectoria (Hauser, 2000). Estos ocurren cuando existe una discontinuidad en la roca (por ejemplo, fracturas, planos de estratificación u otras estructuras propias de las características de la roca) cuya inclinación es superior a su ángulo de fricción interna, con proyección libre a la cara del talud. Entre las zonas susceptibles a sufrir desprendimientos o caídas de bloques destacan los flancos de quebradas profundas, labradas en secuencias estratificadas con niveles más duros hacia el techo, expuestas a erosión fluvial, o acantilados costeros expuestos a erosión marina.

La gravedad es el principal motor del peligro de caída de bloques. Como este es un proceso gravitacional depende de leyes de fricción y es, por consiguiente, caótico. Dentro de los factores desencadenantes destacan los grandes sismos que pueden generar numerosos desprendimientos a partir de laderas con fuerte inclinación y con condiciones geológicas y estructurales favorables.

La caída de bloques o desprendimientos, puede producir una serie de efectos en personas, desde contusiones menores hasta la muerte, dependiendo del tamaño del bloque y la fuerza con que este cae. En el caso de estructuras, por lo general los daños son casi nulos, pero puede producirse la rotura de vidrios o daños a muros en función del tamaño del bloque y la distancia recorrida por este. Además, al caer un bloque en el camino puede producirse un accidente debido a maniobras de conducción para evitarlo.

En general, este peligro presenta una vulnerabilidad social, económica y estructural menor que otros peligros geológicos. Además, afecta a escala local, pero tiene una mayor incidencia debido a que su recurrencia es alta. En este peligro, el tiempo de aviso es mínimo, pero se puede mitigar indicando que la zona es susceptible a ser afectada por caída de bloques.

iii) Deslizamientos

Los deslizamientos son remociones en masa en las cuales las masas de suelo o roca se deslizan principalmente a lo largo de superficies de ruptura, al superarse la resistencia al corte, generando el movimiento del material

en su conjunto (Hauser, 2000). Los volúmenes incluidos en estas remociones varían desde algunas decenas hasta varios millones de metros cúbicos y pueden adquirir magnitud catastrófica.

Estos fenómenos pueden ocurrir de varias formas dependiendo de las propiedades del material y las características geológicas y geomorfológicas del entorno, siendo principalmente divididos en rotacionales y traslacionales (Ilustración 8.2 15). Esto implica que las superficies de ruptura son ya sea curvas y cóncavas o a lo largo de un plano o superficie ondulada, respectivamente.

Adicionalmente, los deslizamientos que ocurren en escarpes de terrazas fluviales producto de la erosión fluvial, o el retroceso de acantilados costeros por erosión marina basal, se les denomina como “Retroceso de laderas”, y es descrito en la Sección iv) de este anexo.

Los factores condicionantes de un deslizamiento corresponden principalmente a: los factores intrínsecos del suelo y la roca, las características geológicas (litología, estructuras, grado de alteración y meteorización, etc.), los factores geomorfológicos (pendiente, aspecto, curvatura, elevación, entre otros), la cantidad y tipo de vegetación y el grado de humedad y posición del agua subterránea.

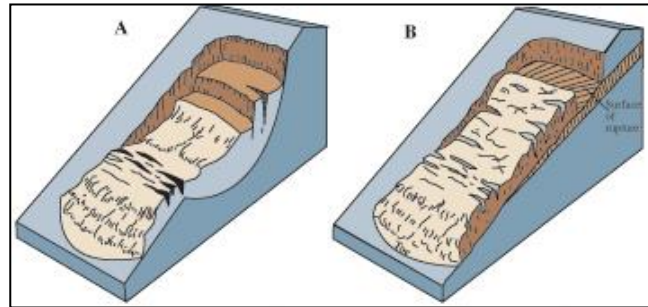
Por otro lado, estos fenómenos pueden ser generados por factores externos, denominados factores desencadenantes o gatillantes, tales como eventos hidrometeorológicos, sísmicos y actividad antrópica (excavaciones para caminos, canales, terraplenes, etc.).

Los daños en el medio antrópico producto de un deslizamiento que afecta a un área determinada, estarán dados por el volumen de material desplazado durante el proceso y la velocidad con la que se produce el deslizamiento.

El grado en que un deslizamiento afecta a la población depende de:

- Distancia al origen del fenómeno: Por lo general, los deslizamientos son procesos que afectan un área limitada (radios menores a 1 km., incluso menores a 500 m). Hay que considerar que este punto depende directamente del tamaño de volumen desplazado.
- La intensidad y velocidad con que ocurre el fenómeno: En general, dado que estos procesos son de alta velocidad los daños potenciales son altos.
- Densidad de población: A mayor densidad de población y área expuesta susceptible de ser afectada, mayores serán los daños esperados. Si la población se encuentra directamente en el área de alcance de un deslizamiento, la vulnerabilidad, estructural y económica es muy alta ya que la pérdida de vidas, viviendas y productividad son efectos típicos de este peligro geológico. Por otro lado, si un deslizamiento afecta a caminos, acueductos o líneas eléctricas puede producir aislamiento, enfermedades gastrointestinales y pérdidas económicas en general para la población.
- Tiempo de aviso: Sin estudios de detalle no hay forma de predecir este tipo de procesos. Si se realizan estudios específicos, es posible conocer el o los factores gatillantes de las remociones en masa en un área determinada. Si estos factores gatillantes pueden ser monitoreados, es posible generar sistemas de alerta. Por ejemplo, si el factor gatillante son las precipitaciones sobre un cierto nivel umbral de intensidad, es posible generar sistemas de alerta que se activen cuando se sobrepasa dicho umbral.

Ilustración 8.2-15: Ejemplos de deslizamientos. A. Deslizamiento Rotacional, B. Deslizamiento traslacional



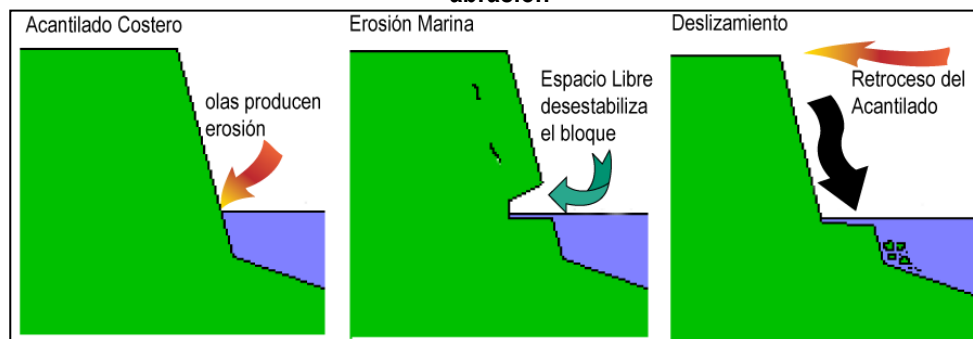
Fuente: Modificado de Landslide Types and Process, USGS. Fact Sheet 2004-3072. Disponible en: <http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/images/fig3grouping-2LG.jpg>

iv) Retroceso de laderas

Tal como se menciona en la Sección iii) de este anexo, los deslizamientos que ocurren en escarpes de terrazas fluviales producto de la erosión fluvial, o el retroceso de acantilados costeros por erosión marina basal, se les denomina como “Retroceso de laderas”.

El retroceso de laderas corresponde a la retirada del escarpe en dirección aguas arriba, sin que este sufra cambios en sus rasgos geométricos. Es decir, con posterioridad al movimiento de material, la forma del escarpe permanece constante (Pain, 1986). En el caso de los acantilados costeros, este proceso es causado por la fuerza de las olas, las que generan cavernas y desestabilizan el bloque superior, provocando que este caiga por su propio peso (Ilustración 8.2-16). Ello produce además que el acantilado costero se encuentre en constante retroceso, lo que permite definir como zona de alta susceptibilidad todas las áreas cercanas a él.

Ilustración 8.2-16: Ejemplo de erosión por retroceso de terrazas, aplicado al desarrollo de planicies de abrasión



Fuente: Elaboración propia (2017).

Por su parte, si bien el retroceso de laderas en terrazas fluviales también responde a procesos de desestabilización directa en la base de las mismas (por ejemplo, en las zonas exteriores de meandros), diversos autores han planteado que el factor más importante corresponde al aumento de la presión de poros por efecto de la infiltración de aguas (Karmaker & Dutta (2012), y referencias ahí dentro).

Las tasas de retroceso de laderas son fuertemente variables, y dependen de las características litológicas de las mismas, así como de las condiciones climáticas e hidrológicas en las que se estas se asientan. Sin embargo,

en algunos lugares del mundo se han medido promedios anuales de erosión horizontal de hasta 2 m, como es el caso del río Kordan, en Irán (Samadi, Davoudi, & Amiri-Tokaldany, 2011).

Lo anterior supone un peligro potencial para los asentamientos que se dispongan en las cercanías de zonas escarpadas. Esto ilumina la necesidad de delimitar adecuadamente la susceptibilidad asociada a este peligro, dependiendo de las características morfológicas y geológicas que presente cada caso de estudio en particular.

8.2.3 Zonas de dunas activas

Las dunas son acumulaciones de depósitos eólicos de granos de tamaño arena. En el caso de las dunas activas, los granos no presentan cohesión por lo que sobre ellos actúan los procesos activos de transporte impulsados por viento y gravedad. Las dunas activas pueden moverse, dividirse, crecer y reducirse. Las dunas tienden a movilizarse en dirección paralela a la de los vientos predominantes, y tienden a ser asimétricas de forma que la cara que enfrenta al viento tiene menor pendiente que la otra (Pye y Tsoar, 2009). La arena que se encuentra en la cara sotavento tiende a estar más compactada, al pasar a la otra cara (movilizada por el viento) comienza a dominar la acción de la gravedad y el depósito de arena en este sector de la duna es más suelto y menos resistente a la carga (Bloom, 1998). Como las dunas son depósitos no consolidados son extremadamente susceptibles a ser erosionados por algún agente externo.

Los principales peligros asociados a las dunas son el aumento de pendiente en alguna de sus caras debido a erosión, lo que puede provocar deslizamientos o colapsos de material que pueden dañar a personas o infraestructura, esto es especialmente importante en el caso de dunas costeras (Reckendorf, 1998). En las zonas de dunas activas se produce movilización de arena que puede invadir casas y caminos generando problemas a la infraestructura, como obstrucción de caminos, de sistemas colección de aguas lluvias y de alcantarillado, enterramiento de zonas de cultivos y de parques entre otros. Las dunas costeras, al interactuar con tsunamis, pueden adicionar material a la masa de agua haciéndola más densa, por lo tanto más destructiva, pero a la vez que por construcción y morfología presentan resistencia al avance del agua lo que disminuye un poco la distancia de avance del tsunami en la zona misma de las dunas (Reckendorf, 1998). Otros peligros están relacionados a la alta permeabilidad de las dunas, que permite que cualquier contaminante vertido sobre ellas llegue fácilmente a otros sectores dañando cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

La vegetación que se desarrolla en forma nativa en los sistemas dunarios tiende a cubrir la superficie e inhibe el desplazamiento de material, lo que a largo plazo aumenta la cohesión y estabiliza el sistema. Esto disminuye la velocidad de crecimiento y desplazamiento de los campos dunarios. En sentido de lo recién expresado, en estas áreas es necesario restringir el tipo de actividades que puedan generar efectos negativos sobre la vegetación nativa de los campos dunarios, como lo es la extracción de arena o el paso de vehículos todo terreno (New South Wales Government, 1990). Por ejemplo se estima que el paso de unos 50 vehículos por el mismo sector en un año es suficiente para evitar el desarrollo de vegetación. La utilización de vegetación exógena para el control de dunas ha sido aplicada, pero los resultados no han sido óptimos debido a la menor resiliencia de la vegetación introducida frente al ataque del viento, mar y otros agentes erosivos. Además, la vegetación introducida normalmente desplaza a la nativa y afecta negativamente el ecosistema asociado (New South Wales Government, 1990; Reckendorf, 1998).

Normalmente las medidas de mitigación de estos problemas, o amenazas, son más caras que prevenirlos utilizando la planificación del uso de los sectores con dunas activas, restringiendo su uso y actividades a desarrollar, con el fin de evitar lo más posible la intervención antrópica sobre los campos dunarios (New South Wales Government, 1990; Reckendorf, 1998).

8.3 ANEXO 3 HIDROLOGÍA

8.3.1 Metodologías utilizadas para la definición de caudales de crecidas en cuencas sin control fluvimétrico

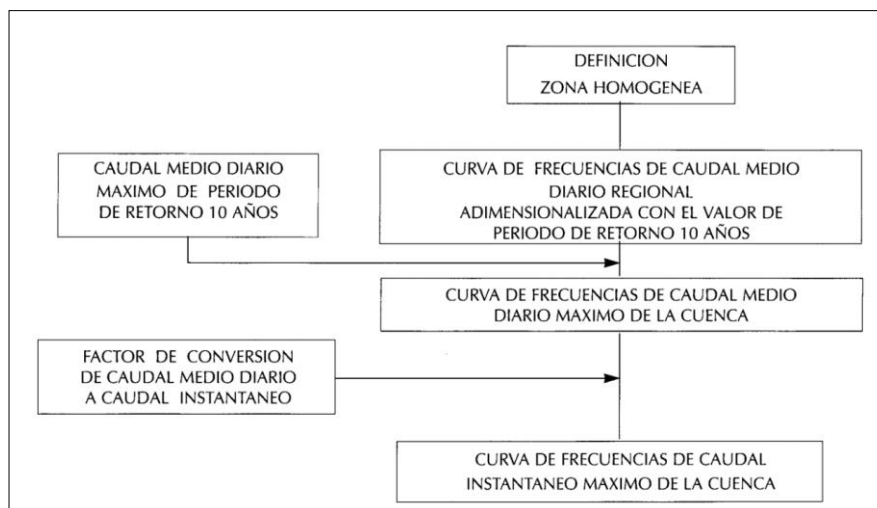
Para definir los caudales de crecidas en el caso de las cuencas sin control fluvimétrico, se utilizaron relaciones de precipitación escorrentía, a partir de las precipitaciones máximas en 24 horas, de acuerdo a la distribución espacial de las estaciones en la cuenca. Para ello se estimaron las precipitaciones máximas en 24 horas para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años mediante análisis de frecuencia. Posteriormente, se aplicaron las metodologías definidas en el “Manual de Cálculo y Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin información fluvimétrica” (DGA-MOP, 1995), en que se plantea básicamente la aplicación de tres fórmulas empíricas para el cálculo de crecidas en cuencas pluviales a partir de la información pluviométrica y las características morfológicas de cada cuenca, en que se aplican parámetros relativos a cada región. Estos métodos son DGA-AC, Verni y King modificado, la Fórmula Racional DGA y el Hidrograma Unitario. Adicionalmente se ha considerado la Fórmula Racional definida de acuerdo al Manual de Carreteras Volumen N°3 Instrucciones y Criterios de Diseño. (MOP - Dirección de Vialidad, 2002). Cada uno de los métodos se detalla a continuación.

a) Método DGA-AC

El método DGA-AC para crecidas pluviales, corresponde a un análisis regional de crecidas de origen pluvial, basado en series de máximos anuales generadas a partir de información de caudales medios diarios máximos e instantáneos máximos del período pluvial, de 234 estaciones de control fluvimétrico. Este método, que abarca estaciones desde la III a la IX Región, es válido para cuencas pluviales o pluvionivales sin información fluvimétrica y con áreas comprendidas entre 20 y 10.000 [km²]. Su uso está restringido a periodos de retorno inferiores a 100 años.

El método consiste básicamente en determinar una curva de frecuencias para el caudal instantáneo máximo de la cuenca, en base al procedimiento esquematizado en el diagrama presentado en la Ilustración 8.3-1.

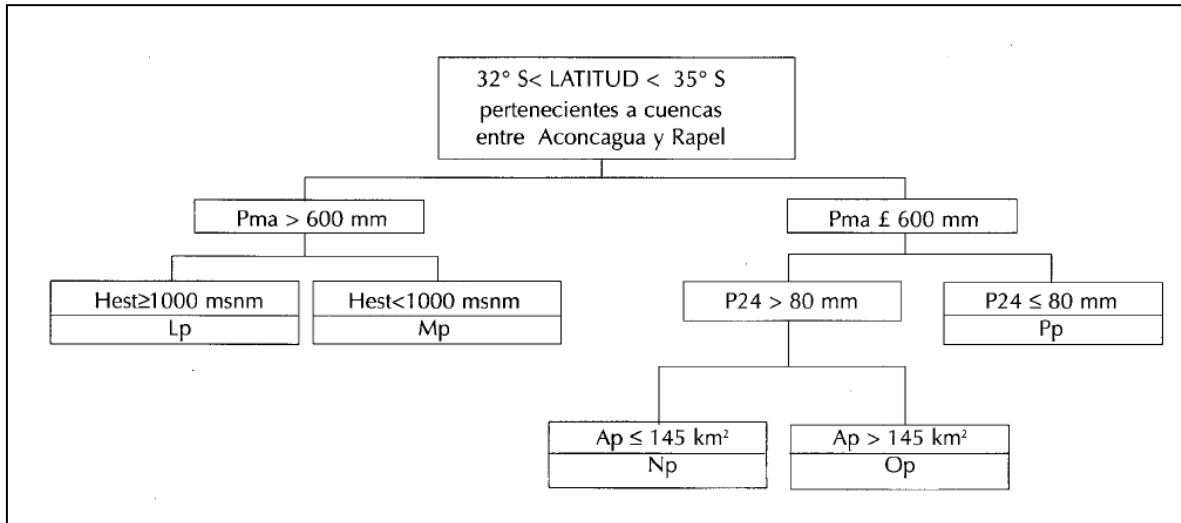
Ilustración 8.3-1 Diagrama método DGA-AC



Fuente: Manual de Cálculo y Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin información fluvimétrica (DGA-MOP, 1995)

Se definen las cuencas ubicadas entre las latitudes 32°S y 35°S, pertenecientes a las cuencas entre Aconcagua y Rapel, como Lp, Mp, Np, Op y Pp en función de las precipitaciones medias anuales (Pma), la precipitación máxima en 24 horas para periodo de retorno de 10 años (P24), las áreas pluviales (Ap) y la altura del punto de salida de la cuenca (Hest). En la Ilustración 8.3-2 se definen las zonas correspondientes.

Ilustración 8.3-2 Definición Zonas Homogéneas Pluviales, método DGA-AC



Fuente: Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin información fluviométrica (DGA-MOP, 1995)

Una vez definidas las zonas homogéneas pluviales, se define la curva de frecuencia regional de caudales medios diarios máximos para distintos periodos de retorno, según lo establecido en el Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales mínimos en Cuencas sin Información Fluviométrica (DGA-MOP, 1995).

Para la determinación de los caudales medios diarios de período de retorno de 10 años, se plantea la siguiente relación, correspondiente a la V Región:

$$Q_{10} = 5,42 \cdot 10^{-8} \cdot Ap^{0,915} \cdot (P_{24}^{10})^{3,432}$$

Ecuación 3

donde:

- Q_{10} : Caudal medio diario máximo de periodo de retorno 10 años [m³/s]
 Ap : Área pluvial de la cuenca [km²]
 P_{24}^{10} : Precipitación diaria máxima de periodo de retorno 10 años [mm]

Finalmente, a través de un factor de conversión asociado a las zonas homogéneas, se estima el caudal instantáneo máximo a partir del caudal medio diario máximo.

b) Método Verni y King modificado

Este método relaciona el caudal instantáneo máximo de una crecida con la precipitación diaria máxima y el área pluvial a través de una relación de potencias. Esta fórmula se establece para periodos de retorno mayores a 30 años. Tiene la siguiente forma:

$$Q = C(T) \cdot 0,00618 \cdot Ap^{0,88} \cdot P_{24}^{1,24}$$

Ecuación 4

donde:

- Q : Caudal instantáneo máximo de periodo de retorno T años [m³/s]
- $C(T)$: Coeficiente empírico de periodo de retorno T años
- Ap : Área pluvial de la cuenca [km²]
- P_{24} : Precipitación diaria máxima asociada al periodo de retorno T años [mm]

El coeficiente empírico para período de retorno de 10 años para la V Región es de 0,29. La curva de frecuencia del coeficiente empírico para la V región se presenta en el Cuadro 8.3-1.

Cuadro 8.3-1 Curva de frecuencia de coeficiente empírico V Región para aplicación de Verni y King modificado

T (años)	C(T) /C(T=10)
2	0,38
5	0,84
10	1,00
25	1,22
50	1,38
100	1,59

Fuente: Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluviométrica (DGA-MOP, 1995)

c) Método de la Fórmula Racional

La expresión para la determinación del caudal máximo instantáneo de período de retorno T es la siguiente.

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6}$$

Ecuación 5

donde:

- Q : Caudal instantáneo máximo de periodo de retorno T años [m³/s]
 C : Coeficiente de escorrentía asociado al periodo de retorno T años
 A_p : Área pluvial de la cuenca [km²]
 i : Intensidad media de lluvia asociada al periodo de retorno T y a una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca pluvial [mm/hr]

Los coeficientes C que se aplican son los mismos definidos para el método de Verni y King modificado (Cuadro 8.3-1).

Finalmente se aplican 3 fórmulas para determinar el tiempo de concentración de la cuenca, utilizando las características morfológicas de las cuencas, las cuales se indican a continuación.

- California Culverts Practice (1942)
$$tc = 0,95 \cdot \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$$
 Ecuación 6

- Giandotti
$$tc = \frac{4 \cdot A^{0,5} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H_m}}$$
 Ecuación 7

- Normas Españolas
$$tc = 0,72 \cdot \frac{L^{0,76}}{S^{0,19}}$$
 Ecuación 8

donde:

- tc : Tiempo de concentración [h]
 L : Longitud del cauce [km]
 S : Pendiente media de la cuenca [%]
 H : Diferencia de nivel entre las cotas extremas de la cuenca [m]
 H_m : Diferencia de nivel entre la cota media y la cota mínima de la cuenca [m]
 A : Área de la cuenca [km²]

d) Método del Hidrograma Unitario TIPO LINSLEY

El método del hidrograma unitario tipo Linsley permite generar un hidrograma unitario sintético de la crecida, y con ello conocer el caudal máximo de la crecida, a partir de un hidrograma unitario adimensional y del cálculo de los parámetros básicos del hidrograma unitario sintético. Las relaciones que permiten estimar estos parámetros en la Zona I (Regiones III a la VI) son las siguientes:

$$t_p = 0,323 \left(\frac{L \cdot L_g}{S^{0,5}}\right)^{0,422} [hr]$$
 Ecuación 9

$$t_B = 5,377 \cdot t_p^{0,805} \text{ [hr]} \quad \text{Ecuación 10}$$

$$q_p = 144,141 \cdot t_p^{-0,796} \text{ [l/s/mm/km}^2\text{]} \quad \text{Ecuación 11}$$

donde:

- t_p : Tiempo al peak [hr]
- t_B : Tiempo base [hr]
- q_p : Caudal peak [l/s/mm/km²]
- L : Longitud del cauce principal [km]
- L_g : Longitud del cauce principal hasta el centro de gravedad de la cuenca [km]
- S : Área de la cuenca [km²]

El hidrograma unitario adimensional, por su parte, queda definido según se indica en el Cuadro 8.3-2.

Cuadro 8.3-2 Coeficientes de Distribución para el Hidrograma Unitario Sintético

Razón t/t_p	Razón q/q_p
0	0
0,30	0,2
0,50	0,4
0,60	0,6
0,75	0,8
1,00	1,0
1,30	0,8
1,50	0,6
1,80	0,4
2,30	0,2
2,70	0,1

Fuente: Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluviométrica (DGA-MOP, 1995)

El hidrograma unitario se estima a partir del monto de la precipitación efectiva, el cual se obtiene, entre otras formas, a partir del método de la Curva Número, según se presenta a continuación.

$$P_{ef} = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{(P + 0,8 \cdot S)} \quad \text{Ecuación 12}$$

donde:

- P_{ef} : Precipitación efectiva [mm]
 P : Precipitación máxima en 24 hrs [mm]
 S : Retención potencial máxima

La retención potencial máxima se estima a partir del valor de la Curva Número (CN), tabulados en diferentes manuales.

$$CN = \frac{25.400}{254 + S} \quad \text{Ecuación 13}$$

e) Método de la Fórmula Racional – Manual de Carreteras

Al igual que en el caso de la fórmula racional señalada en el Manual de la DGA (DGA-MOP, 1995) la expresión para la determinación del caudal máximo instantáneo de período de retorno T es la siguiente. En este caso el coeficiente de escorrentía se estima en base a lo señalado en el

Cuadro 8.3-3.

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6}$$

Ecuación 14

donde:

- Q : Caudal instantáneo máximo de periodo de retorno T años [m^3/s]
- C : Coeficiente de escorrentía asociado al periodo de retorno T años
- Ap : Área pluvial de la cuenca [km^2]
- i : Intensidad media de lluvia asociada al periodo de retorno T y a una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca pluvial [mm/hr]

El coeficiente de escorrentía se determina en función del cuadro que se presenta a continuación:

Cuadro 8.3-3 Coeficientes de escorrentía (C) para T = 10 años

Factor	Extremo	Alto	Normal	Bajo
Relieve	0,28-0,35 Escarpado con pendientes mayores que 30%	0,20-0,28 Montañoso con pendientes entre 10 y 30%	0,14-0,20 Con cerros y pendientes entre 5 y 10%	0,08-0,14 Relativamente plano con pendientes menores al 5%
Infiltración	0,12-0,16 Suelo rocoso, o arcilloso con capacidad de infiltración despreciable	0,08-0,12 Suelos arcillosos o limosos con baja capacidad de infiltración, mal drenados	0,06-0,08 Normales, bien drenados, textura mediana, limos arenosos, suelos arenosos	0,04-0,06 Suelos profundos de arena u otros suelos bien drenados con alta capacidad de infiltración
Cobertura vegetal	0,12-0,16 Cobertura escasa, terreno sin vegetación o escasa cobertura	0,08-0,12 Poca vegetación, terrenos cultivados o naturales, menos del 20% del área con buena cobertura vegetal	0,06-0,08 Regular a buena; 50% del área con praderas o bosques, no más del 50% cultivado	0,04-0,06 Buena a excelente; 90% del área con praderas, bosques o cobertura equivalente
Almacenamiento Superficial	0,10-0,12 Despreciable, pocas depresiones superficiales, sin zonas húmedas	0,08-0,10 Baja, sistema de cauces superficiales pequeños bien definidos, sin zonas húmedas	0,06-0,08 Normal; posibilidad de almacenamiento buena, zonas húmedas, pantanos, lagunas y lagos	0,04-0,06 Capacidad alta, sistema hidrográfico poco definido, buenas planicies de inundación o gran cantidad de zonas húmedas, lagunas o pantanos.
Si T > 10 años Amplificar Resultado por: T = 25 ; C x 1,10 T = 50 ; C x 1,20 T = 100 ; C x 1,25				

Fuente: Manual de Carreteras Volumen N°3 Instrucciones y Criterios de Diseño (MOP - Dirección de Vialidad, 2002)

8.3.2 Revisión de antecedentes

Se revisaron los antecedentes y resultados de los siguientes estudios:

- Plan Regulador Comunal de Papudo (Vigente), Dirección de Obras Municipales, Municipalidad de Papudo (1969, 1992, 1995)
- Proyecto de Actualización Plan Regulador Comunal de Papudo (No finalizado), Consultora Cecilia Vidal (2000, 2006)
- Actualización y Reformulación del Plan Intercomunal de Valparaíso, Satélite Borde Costero Norte - V Región de Valparaíso, URBE Arquitectos, diseño y gestión urbana (1996, 2012)
- Descripción General puente Pullally y Puente Pullally Calle de Servicio, Dirección de Vialidad - Unidad de Ingeniería - Área de Puentes y Estructuras (2004)

A continuación se presenta un resumen de cada uno de ellos:

a) **Título:** Plan Regulador Comunal de Papudo (Vigente)

Institución: Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo V Región de Valparaíso

Fecha: 1969 - 1992 - 1995

El PRC vigente de la comuna de Papudo en su desarrollo inicial (1969) no considera zonas de restricción debido a la existencia de quebradas o esteros en la zona, tomando en cuenta que el límite urbano norte era justamente en el sector del estero El Lilén y el tranque de agua potable. En 1995 se aprobó una modificación al PRC de Papudo incorporando el seccional Punta Puyai. En esta actualización se define, entre otros puntos, el área de restricción del estero Lilén (ARE). Para ello “se establece un ancho de protección establecido por los terrenos colindantes al Estero Lilén, de 20 mts. de distancia por ambos lados respecto del eje del Estero en referencia, prohibiéndose las subdivisiones y edificaciones de cualquier naturaleza. Quedan exentas de la prohibición de construcción, aquellas obras que por su naturaleza se consideren estratégicas del punto de vista de la infraestructura sanitaria, en particular las obras concernientes a captación, procesamiento y distribución de agua potable”.

b) Título: Proyecto de Actualización Plan Regulador Comunal de Papudo (No finalizado)

Institución: Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo V Región de Valparaíso

Autor: Consultora Cecilia Vidal

Fecha: 2000 - 2006

Entre los objetivos de esta actualización se encontraban preservar el medioambiente natural del Balneario de Papudo, entre ello sus quebradas y, en la localidad de Pullally, definir áreas de protección en torno a los cursos de agua estero Los Bueyes y Canal Illalolén.

En cuanto a la red hidrográfica, esta actualización reconoce la existencia de un gran número de quebradas en la localidad de Papudo, para las cuales define anchos de protección y características de acuerdo a lo presentado a continuación. En el

Cuadro 8.3-4 se incorporan las quebradas definidas dentro de la zona ZRQ1, zona que se deberá mantener en estado natural y no se aceptará ningún tipo de construcciones otras que obras civiles destinadas a su protección. Por otra parte, en el Cuadro 8.3-5, se presentan las quebradas que corresponden a la zona ZRQ2, la que se define como áreas verdes y en la cual se permite la construcción de obras civiles (ductos de agua, muros de contención y alcantarillas), de un parque nativo (forestación y reforestación nativa) y de paseos y senderos peatonales y artesanales.

Cuadro 8.3-4 Zonas de protección para quebradas ZRQ1

Nombre de la Quebrada	Distancia al Eje [m] Medida en un plano horizontal
Caleta Pobre	7,50
Piedra de Agua	7,50
Los Canelos	5,00
Vicuña Mackenna	5,00
21 de Mayo	5,00
Latorre	10,00
Club de Golf	25,00
N°3	10,00
N°4	10,00
N°5	10,00
N°6	10,00
Las Lúcumas	10,00
N°7	10,00

Fuente: Proyecto de Actualización (No finalizado) Plan Regulador Comunal de Papudo (Consultora Cecilia Vidal, 2000, 2006)

Cuadro 8.3-5 Zonas de protección para quebradas ZRQ2

Nombre de la Quebrada	Distancia al Eje [m] Medida en un plano horizontal	Observaciones
Chorrillos	12,50	-
La Zanja	35,00	-
El Francés	25,00	-
Charahuilla	25,00	-
Paso del Cautivo	25,00 - 40,00	Variable
De los Apestados	30,00 - 70,00	Variable
El Belloto	45,00	-
El Maqui	20,00 - 65,00	Variable
N°6		10,00
Las Lúcumas		10,00

Fuente: Proyecto de Actualización (No finalizado) Plan Regulador Comunal de Papudo (Consultora Cecilia Vidal, 2000, 2006)

En cuanto a la localidad de Pullally, esta actualización consideraba tres áreas de restricción. La primera corresponde a la zona ZRE y hace referencia a la zona de restricción del Estero Los Bueyes. Dicha zona corresponde a una franja de 6,00 metros medidos a partir del eje del estero y los usos permitidos son obras civiles del tipo ductos de agua o de canalización, y vialidad peatonal. La segunda zona por su parte corresponde a la zona ZRC y hace referencia a la zona de restricción del Canal Illalolén. Esta zona corresponde a una franja de restricción a ambos lados del canal, construida con el objetivo de facilitar su mantención y limpieza, así como para mitigar los posibles efectos que pudiese provocar sobre el medio ambiente de la localidad las faenas de la explotación minera que se desarrolla en sus cercanías. Los usos permitidos son obras civiles del tipo transporte de agua de riego, ductos de agua o de canalización, áreas verdes y vialidad peatonal. Por último, se establece la zona ZRL, asociada a la zona de restricción del embalse La Laguna y que corresponde al área que ocupa el embalse al interior del parque. Se permiten en esta zona equipamientos, obras civiles como embarcaderos y áreas verdes. Adicionalmente, es necesario señalar que esta actualización del PRC consideraba el cauce del río La Ligua fuera del límite urbano de la localidad de Pullally, por lo que no se considera área de restricción asociada a él.

c) **Título: Actualización y Reformulación del Plan Intercomunal de Valparaíso, Satélite Borde Costero Norte – V Región de Valparaíso**

Institución: Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo V Región de Valparaíso

Autor: URBE Arquitectos, diseño y gestión urbana

Fecha: 1996 - 2012

El Plan Intercomunal de Valparaíso, Satélite Borde Costero Norte es el instrumento vigente más actual, disponible en la zona. Este documento data del año 1996 y posee una actualización en etapa de aprobación con informe favorable de RCA del 24 del 12 de 2012.

En el capítulo 2.1 Síntesis Ambiental se presenta el acápite de riesgos naturales, entre los que se encuentra el riesgo de inundación provocado por crecidas o desbordes de ríos y quebradas. La definición de áreas susceptibles a ser afectadas por inundaciones tomó en cuenta la posición geomorfológica y la configuración topográfica del paisaje, especialmente la altura. Además, se consideró que aquellas áreas que históricamente han sido afectadas son las más expuestas.

Las áreas de riesgo de inundación corresponden al lecho mayor periódico y al lecho mayor episódico, clasificándose como riesgo alto y moderado, respectivamente. El lecho mayor periódico corresponde a aquella área afectada por las crecidas estacionales de los ríos y esteros en la época de deshielo y/o durante la estación lluviosa. Por su parte, el lecho mayor esporádico es aquel ocupado por las aguas en periodos de retorno que pueden superar los 100 años.

Adicionalmente se consideraron en la zona sectores que pueden presentar riesgos de inundación debido a la obstaculización del cauce de las quebradas por desechos domésticos y/o la presencia de vegetación arbustiva, hecho particularmente común en las áreas urbanas o en sus alrededores. Por este motivo se definió un área de riesgo de 3 metros a ambos lados de los cursos de agua de menor jerarquía.

Por último se destaca la importancia de la impermeabilización del suelo y la extracción de áridos en cauces naturales como dos actividades antrópicas de alto impacto sobre la generación de áreas susceptibles a inundaciones, y la importancia de ser consideradas en todo análisis.

A partir de los análisis anteriores se definieron, dentro de las zonas de restricción por riesgos de origen natural (ZRN), aquellas zonas que hacen referencia al riesgo por inundaciones, denominadas Sub Zona de Restricción por Riesgo Hidrológico (ZRN-RH). Estas "Corresponden a las zonas que cubren la red del sistema hídrico en la Intercomuna, distinguiendo orillas o riberas de cursos de agua superficial permanentes (ríos y esteros) y quebradas. En el caso de las riberas, se refieren a las áreas próximas a los bordes de cauces naturales permanentes, esteros y/o canales, con riesgo de erosión o socavamiento, producido por el aumento de volumen y velocidad de caudal de agua. En el caso de las quebradas, se refieren a los cursos de agua superficial de régimen esporádico que activan la red de drenaje natural del territorio por la acción de las aguas lluvias".

En particular en lo que se refiere a la comuna de Papudo se indica lo siguiente:

- En la localidad de Papudo se destaca la presencia de una laguna estuarial asociada al Estero Aguas Saladas, que presenta un buen estado de conservación, tiene importancia ecológica y es un recurso escénico significativo para la actividad turística, aunque está poco explotado. Se define un área de restricción en torno a la laguna y al cauce que se deriva de la laguna y desemboca en el mar.

- En la localidad de Pullally se define una zona de restricción en torno al río La Ligua y al Estero Jaururo. Esto se explica en que el bajo nivel de la terraza fluvial más cercana al lecho del río La Ligua y la obstrucción del cauce por la acumulación de basuras y escombros hace que existan zonas susceptibles de inundarse ante crecidas.

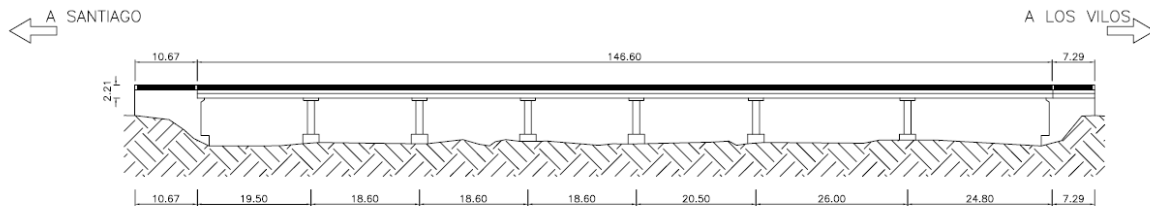
d) **Título:** Descripción General puente Pullally y Puente Pullally Calle de Servicio

Institución: Dirección de Vialidad - Unidad de Ingeniería - Área de Puentes y Estructuras

Fecha: 2004

Se dispone de la información sobre dimensiones y principales características constructivas de los dos puentes ubicados sobre el río La Ligua, justo en el límite poniente de la localidad de Pullally. El primero corresponde al puente Pullally Calle de Servicio (Ilustración 8.3-3) y está ubicado en el kilómetro 155,6 de la Autopista Santiago - Los Vilos, en la vía de servicio. Su longitud total es de 146,6 m, dividida en 7 tramos, su ancho es de 10,44 m, de los cuales 8 m corresponden a la calzada y el resto a pasillos peatonales por los costados y tiene una estructura construida sobre 2 estribos cerrados y 6 cepas distanciadas entre 18,5 m y 26,0 m.

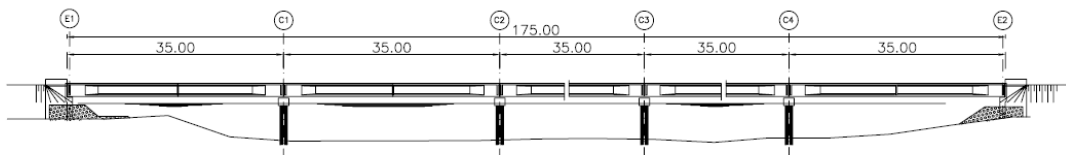
Ilustración 8.3-3 Puente Pullally Calle de Servicio



Fuente: Descripción General puente Pullally y puente Pullally Calle de Servicio (Dirección de Vialidad - Unidad de Ingeniería - Área de Puentes y Estructuras, 2004)

El segundo puente corresponde al puente Pullally (Ilustración 8.3-4) y está ubicado en el kilómetro 155,6 de la Autopista Santiago - Los Vilos. Su longitud total es de 175,0 m, dividida en 5 tramos, su ancho es de 21,4 m, de los cuales 8 m corresponden a cada una de las dos calzadas y el resto a pasillos peatonales por los costados y tiene una estructura construida sobre 2 estribos cerrados y 4 cepas distanciadas cada 35,0 m. Este puente presenta un nivel de aguas máximas en la cota 12,95m.

Ilustración 8.3-4 Puente Pullally



Fuente: Descripción General puente Pullally y puente Pullally Calle de Servicio (Dirección de Vialidad - Unidad de Ingeniería - Área de Puentes y Estructuras, 2004)

8.3.3 Caudales Máximos Instantáneos

Cuadro 8.3-6 Caudal Máximo Instantáneo estación Río Ligua en Quinquimo

Año	Caudal [m³/s]
1986	99,4
1987	25,7
1988	7,3
1989	25,7
1990	0,5
1991	31,7
1992	65,8
1993	15,0
1994	19,6
1995	1,0
1996	0,0
1997	138,2
1998	7,1
1999	21,2
2000	24,8
Año	Caudal [m³/s]
2001	296,8
2002	315,4
2003	19,4
2004	12,1
2005	11,5
2006	11,8
2007	0,2
2008	259,1
2009	5,9
2010	0,9
2011	19,3
2012	0,0
2013	0,0
2014	0,3
2015	6,1

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes DGA.

8.3.5 Precipitaciones Máximas en 24 horas

Cuadro 8.3-7 Precipitaciones Máximas Anuales en 24 horas (1)

Año	Estación						
	Alicahue Hacienda	Artificio	Chacrilla	El Cobre	El Salvador	El Sobrante Hacienda	El Tártaro
1980	54	44	42	61,4 (*)	42	33,5	40,3 (*)
1981	41,5	62	53 (*)	90,3 (*)	49	34,5	35,2 (*)
1982	66,5	68	65 (*)	55,1 (*)	60	55	55,1 (*)
1983	41	52,3	51,6	54,2 (*)	41,5	49	41,7 (*)
1984	90	96,7	98,5	63,3 (*)	64,5	70	106,9 (*)
1985	24	36,7	39,4	41,2 (*)	25,5	19,8	30,6 (*)
1986	65	112,8	92	63,3 (*)	84,8	31	91,2 (*)
1987	81,5	94,7	77,2	79,6 (*)	76,2	61,5	70,4 (*)
1988	22	17,8	18,1	35,5 (*)	17,5	17,5	19,2 (*)
1989	36,5	42,6	40,5	47,5	42,5	27,4	39,4 (*)
1990	36,5	17,4	21,5	23	26,2	25,9	20,5
1991	50	36,2	41	45,5	32,7	35	43
1992	57	49,6	62,5	72	49,5	50,2	50,5
1993	43	51,6	54,2	51	45,1	31	28,5
1994	22,5	55,4	16	84	24,5	20,5	37,3
1995	35	39,6	45,5	60	41,2	27	30
1996	40	35,4	37,1	32	43,2	48	26
1997	91	55,2	57,3	89	66,6	36,2	47
1998	20	9,5	11,1	14	10,3	14	9
1999	53	41,4	38,6	55,1 (**)	35,2	28,1	50
2000	65,5	74,2	59 (**)	114	54,2	46,6	60
2001	50	62,2	54,7	107,5	54,6	46,1	67
2002	73	114,4	125,3	108	102,3	76,7	76
2003	43	46,4	45,5	51	54,4	30,2	50
2004	54	43	47	52,5	43,3	45	55
2005	31	30	28,4	46,5	26,5	20,6	30
2006	36,5	54	68,3	53	64,2	45,1	38
2007	62,5	56,5	64,2	27	52,2	52,2	64
2008	53	60,6	59,3	58	50,1	44,3	51
2009	45	44,4	40	53,5	42,5	53,8	36
2010	34	34,6	26,2	53	36,2	31	30
2011	31,3	36	34,2	42	26,5	29,5	31
2012	28	39	40	54	34,2	12,5	42
2013	20,3	33	35,2	47	25,2	18,9	33
2014	32	34,5	38,2	48,5	27,5	30,2	28
2015	47	76	60,5	52	76,8	47	60
2016	45	58	60,2	53	52,2	50	68

(*) Datos rellenados

(**) Datos corregidos

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes DGA

Cuadro 8.3-8 Precipitaciones Máximas Anuales en 24 horas (2)

Año	Estación						
	El Trapiche	Hierro Viejo	La Mostaza	La Viña	Las Colmenas	Las Pataguas	Las Puertas
1980	50	41	39,8	43	76	67	45
1981	33,4	53	51	35	31	80,5	46
1982	60,8	67,5	70	59	55,9	89	55
1983	31	42	47	43,7	47	42	44
1984	60	72,5	66,3	94	73,4	120,2	98
1985	24,5	22	25,2	27,5	47,1	26,3	19,4
1986	37	60,5	76,4	86,3	103	102,3	101
1987	80	70,5	99,3	82	113,9	92,3	79,6
1988	28	17,5	24,7	18,5	24,2	26,3	10,5
1989	35	25,1	50,1	41,6	48	48,6	43
1990	26,5	15,3 (**)	36,8	25,2	27,8 (**)	19	24,2
1991	53	30	68,1	41,3	43,6 (**)	63,1	37
1992	45	45,5	56,5	48,9	75	64,3	62,5
1993	40,5	40,6	52,5	45,6	37	49	45,3
1994	28	29,5	38	42,5	23,3 (**)	68	29
1995	32	31	37,9	35,6	26,1	62	38,5
1996	36,5	52,5	33,8	40,4	79	36,5	35,3
1997	85	42,5	48	50	13,5	72,1	68
1998	18	4	15	20,2	36	24,5	8
1999	40	50,5	41,5	54	41,6 (**)	38,1	49
2000	62	50	59,5	78	50,5	76,5	55
2001	70	69,1	87	73	50	61,2	78
2002	120	151,3	90	84,5	130	133,5	95
2003	41,6	38	58	37	60	61,3	44
2004	40	42	58,3	47	39	51,2	42
2005	25	19	34,5	25	40	44,5	24
2006	43,7	46	58	55	65	68,5	60
2007	50,3	41	68	59	48	67,3	70,4
2008	40	49	81	49,5	31,5	55	51
2009	54,9	36	51	39,3	37,5	47	35
2010	38	23	37	24,5	27,5	26,3	24
2011	34	22	39	22,5	38,5	35	27,5
2012	12,8	18,5	31	50	38	27	69
2013	19,5	19	27	27,5	35,2	38,5	31
2014	16	27,5	35	30,7	47	19	30
2015	53,5	49,8	50	54,5	50	85	70,5
2016	45	76	63	50	32,5	55,5	56

(*) Datos rellenados

(**) Datos corregidos

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes DGA

Cuadro 8.3-9 Precipitaciones Máximas Anuales en 24 horas (3)

Año	Estación				
	Longotoma	Mina Cerro Negro	Rio Alicahue en Colliguay	Rio Petorca en Hierro Viejo	Valle Hermoso
1980	37	47,8	-	-	57,8 (**)
1981	100	40	-	-	93,1 (**)
1982	50	70,5	-	-	50
1983	45	50	-	-	48,8 (**)
1984	58	150	-	-	60
1985	21	33	-	-	33
1986	62	126	-	-	60
1987	94	94	-	-	80
1988	28,5	15,4	-	-	26
1989	32	46,5	-	-	58,5
1990	22,5	29	-	-	18
1991	40	55	-	-	60,3 (**)
1992	86	52	-	-	76
1993	32,5	32	-	-	37
1994	36,5	27,5	-	-	59
1995	37	28,8	-	-	57
1996	40	44	-	-	47,7
1997	49	73	-	-	82
1998	8	9	-	-	15
1999	41	52	-	-	50
2000	68	60	-	-	64
2001	73,8	91	-	-	78
2002	121,2	100	-	-	139
2003	62,8	54	4,6	2,6	51
2004	37,2	53,5	54,3	46,2	57
2005	34,9	38	21,9	19,1	44
2006	55	65,5	45,3	44,9	49,5
2007	55	65	77,6	37,1	56
2008	32	55	50	32,8	51
2009	44	40	45,8	25,7	44
2010	40	38	51	11,3	37
2011	22,6	31	12,3	24,6	29
2012	58,3	74	17	17,7	50
2013	68	47,5	20	19,5	45
2014	45	39	19,9	27,1	34
2015	70	87,5	68,7	46,2	49
2016	50	62	16,8	52	46,4

(*) Datos rellenados

(**) Datos corregidos

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes DGA

8.4 ANEXO 4 VISITA TERRENO

Fecha: Martes 12 de Septiembre de 2017

Objetivo: Reconocimiento de zonas de riesgo de inundaciones en la comuna

Participantes:

- Fernando Vera: Encargado de Emergencias Municipalidad de Papudo
- Macarena Facuse: Encargado de Riesgos Zonas Inundables
- Paulina Rodríguez: Evaluación de Riesgos Zonas Inundables

La visita a terreno constó de tres etapas: como primera actividad se realizó una reunión con el Encargado de Emergencias de la Municipalidad, en donde se abordaron los temas de inundación de las localidades de Papudo y Pullally. Posteriormente se realizó un recorrido en terreno con el Encargado de Emergencias en los puntos más relevantes de Papudo. Finalmente se recorrió la localidad de Pullally.

En la Ilustración 8.4-1 se presenta una vista en planta de la localidad de Papudo y los puntos visitados.

A continuación se presentan las conclusiones y un catastro de áreas de inundación de la localidad de Papudo, según lo planteado por el Encargado de Emergencias de la Municipalidad.

- La última gran inundación en la comuna ocurrió en 1997, producto de un evento de precipitaciones superior a 200 mm. La principal zona afectada correspondió a la población Nueva Irarrázaval, que contaba con un colector de aguas lluvias muy pequeño, el cual fue modificado posteriormente, ampliando sus dimensiones.
- Adicionalmente, de acuerdo a la experiencia del encargado de emergencias, se producen problemas producto de inundaciones para eventos de más de 150 mm en 12 horas.

Ilustración 8.4-1 Vista en planta de Papudo



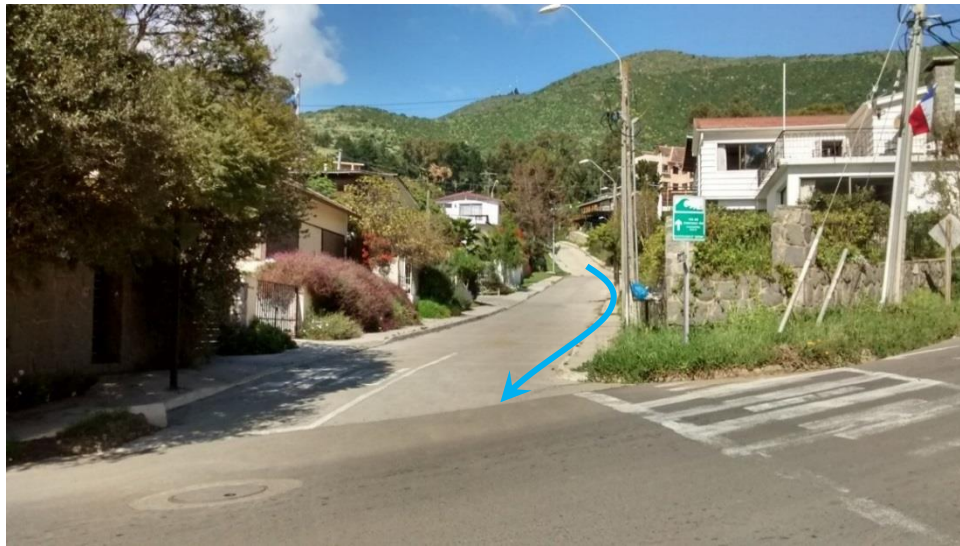
Fuente: Elaboración propia.

Quebrada 21 de Mayo (Punto 1)

La Quebrada 21 de Mayo descarga sus aguas a través de la calle 21 de Mayo hacia el mar. Esta calle fue recientemente pavimentada (año 2014) y anteriormente se producían problemas por el transporte de barro dado que la calle era de tierra (Ilustración 8.4-2). La calle descarga en una serie de sumideros ubicados justo antes de la costanera peatonal (Ilustración 8.4-3), los cuales podrían no ser suficientes para evacuar toda el agua provocando que el agua sobrepase el nivel de la vereda (Ilustración 8.4-4). El agua descarga finalmente hacia el mar (

Ilustración 8.4-5). De acuerdo a lo señalado por el encargado, no se considera una zona que genere un gran riesgo.

Ilustración 8.4-2 Quebrada 21 de Mayo (1)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-3 Quebrada 21 de Mayo (2)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-4 Quebrada 21 de Mayo (3)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-5 Quebrada 21 de Mayo (4)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Quebrada El Francés (Puntos 2 y 3)

La quebrada El Francés se desarrolla en paralelo a la calle Arturo Prat. De acuerdo a la modificación del PRC desarrollada entre 2000 y 2006 este era su nombre, pero se le conoce igualmente con el nombre de Quebrada Prat. Durante la visita a terreno se visitaron dos puntos de la quebrada, el punto 2, de acuerdo a la nomenclatura de la Ilustración 8.4-1, corresponde al cruce de la quebrada en la calle Esmeralda, mientras que el punto 3 es la zona de la desembocadura de la quebrada en el mar. Históricamente esta quebrada no ha presentado problemas, debido a que las construcciones han respetado sus dimensiones (

Ilustración 8.4-6,

Ilustración 8.4-8) y a que los cruces de las calles son mediante puentes que permiten el paso del flujo (Ilustración 8.4-7). En la zona de la descarga al mar (Punto 3) se han construido edificaciones en altura, estilo palafitos (

Ilustración 8.4-9) y obras de cruce de la calle que desembocan finalmente en la playa (Ilustración 8.4-10). En este punto la arena sube con las marejadas, hasta 1 m, siendo labor de la Municipalidad moverla y así despejar la salida.

Ilustración 8.4-6 Quebrada El Francés en Punto 2 (1)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-7 Quebrada El Francés en Punto 2 (2)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-8 Quebrada El Francés en Punto 3 (1)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-9 Quebrada El Francés en Punto 3 (2)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-10 Quebrada El Francés en Punto 3 (3)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Quebrada Club de Golf – Calle Baquedano (Puntos 4, 5, 6 y 7)

La quebrada Club de Golf debe su nombre al Club de Golf de Papudo construido en parte de la quebrada. Se visitaron 4 puntos en esta quebrada. El punto 4 corresponde a la calle Baquedano, zona en que se existe un canal en paralelo a la calle, el punto 5 es la descarga del canal a un terreno abierto en la calle Riveros y su continuación luego de forma abovedada por terrenos particulares, el punto 6 es la salida del canal en el sector del Gimnasio Municipal y su descarga hacia la calle El Lilén y el Parque Municipal, y el punto 7 en la zona de descarga de las calles Baquedano, Esmeralda, Cochrane, Fernández Concha y Calle Blanco a las canchas de Tenis.

De acuerdo a lo observado, la quebrada desemboca en la calle Baquedano, en cuyo costado existe un canal (Ilustración 8.4 11). El canal descarga sus aguas en la calle Riveros, produciendo un primer punto de anegamiento sin llegar a afectar a las casas aledañas (

Ilustración 8.4-12). Parte del flujo sigue hacia la calle Baquedano y baja hasta llegar al sector del Parque Municipal, mientras que el resto continúa por el canal que va al interior de un terreno privado en el cual se están construyendo edificaciones sobre el canal (Ilustración 8.4-13). El canal continúa subterráneo hasta el sector del Gimnasio Municipal (punto 6), en donde sale a través de dos tuberías de 1.2 m de diámetro (Ilustración 8.4-14) y continúa por un “canal” formado entre la pared del gimnasio y un muro privado (Ilustración 8.4 15).

En el muro se observa la marca que ha dejado el agua (

Ilustración 8.4-16), mientras que existen casas en la zona que están construidas en altura, por lo que no se debieran presentar problemas (Ilustración 8.4 17). El “canal” desemboca en la calle El Lilén y el flujo se divide en ambas direcciones de ella, apozándose hacia el lado izquierdo hasta media cuadra y haciendo ingreso a la zona del Parque Municipal hacia la derecha (

Ilustración 8.4-18), debido a que la pendiente de la calle El Lilén no permite una salida directa al mar (Ilustración 8.4-19).

Ilustración 8.4-11 Quebrada Club de Golf en Punto 4 (1)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-12 Quebrada Club de Golf en Punto 5 (1)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-13 Quebrada Club de Golf en Punto 5 (2)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-14 Quebrada Club de Golf en Punto 6 (1)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-15 Quebrada Club de Golf en Punto 6 (2)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-16 Quebrada Club de Golf en Punto 6 (3)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-17 Quebrada Club de Golf en Punto 6 (4)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-18 Quebrada Club de Golf en Punto 6 (5)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-19 Quebrada Club de Golf en Punto 6 (6)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

El flujo que continua por la calle Baquedano, así como el que llega por calles aledañas, llega finalmente a la ruta E-30-F, debiendo atravesar la calle y continuar por un canal construido para el transporte del flujo (Ilustración 8.4-20). Sin embargo las obras de atraveso construidas tanto para la ruta como luego para llegar al canal son demasiado pequeñas (Ilustración 8.4-21, Ilustración 8.4 22), razón por la cual parte del flujo inunda las canchas de tenis ubicadas inmediatamente más abajo (Ilustración 8.4-23). El agua que logra llegar al canal desemboca finalmente al mar sin problemas debido al tamaño de la obra (Ilustración 8.4 24).

Ilustración 8.4-20 Quebrada Club de Golf en Punto 7 (1)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-21 Quebrada Club de Golf en Punto 7 (2)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017)

Ilustración 8.4-22 Quebrada Club de Golf en Punto 7 (3)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-23 Quebrada Club de Golf en Punto 7 (4)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-24 Quebrada Club de Golf en Punto 7 (5)

Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Quebradas Paso del Cultivo, De Los Apestados y N°2, y Colector Litre Maitén (Puntos 8, 9, 10 y 11)

Las quebradas identificadas en el proyecto de actualización del PRC Papudo del 2006 con el nombre de Paso del Cultivo y De los Apestados derivan en el colector Maitén – El Litre, cuyas dimensiones fueron agrandadas luego de las inundaciones que se produjeron en la zona con el evento de 1997, que provocó daños en la Villa Nueva Irarrázaval. Durante la visita a terreno se identificaron 3 puntos de la quebrada. El punto 8 corresponde al punto de ingreso de las quebradas en la zona construida de la comuna (Ilustración 8.4-25). El punto 9 corresponde al lugar en que la quebrada se encauza a través de un colector o canal abovedado de aproximadamente 2 m de ancho por 1.7 m de alto (Ilustración 8.4-26). Este canal atraviesa la ruta E-30-F, continua por el costado del estadio y se junta con el canal natural de la quebrada “Villa Marina”. La descarga final a la calle El Litre se revisará en el siguiente punto. En el año 1997 cuando la capacidad del canal se vio sobrepasada el agua llegó a la calle El Peumo, produciéndose una inundación que, en conjunto con el agua procedente de la quebrada N°2 inundó las primeras dos cuadras de la Villa Nueva Irarrázaval.

La quebrada N°2, nombre de acuerdo a lo indicado en el proyecto de actualización del PRC Papudo del 2006, se desarrolla por terreno abierto hasta cruzar la ruta E-30-F, en lo que se identifica como el punto 10 (

Ilustración 8.4-27, Ilustración 8.4 28). Aguas arriba de dicho punto se inunda una zona, quedando de manera semi-permanente una laguna. El cruce de la ruta se hace a través de dos tuberías, que deben ser limpiadas constantemente por la Municipalidad (

Ilustración 8.4-29, Ilustración 8.4 30). Luego, el flujo continúa por un canal natural que ha sido modificado para ampliar su capacidad (

Ilustración 8.4-31). El canal termina cerca de la calle El Lilén en el punto 11 (Ilustración 8.4 32), recibiendo en el camino el flujo del Colector Litre Maitén. El flujo continúa entonces por la calle El Lilén (de tierra), sumándose a la inundación producida por las aguas de la quebrada Baquedano (

Ilustración 8.4-33). Por otra parte, cabe indicar que en el sector bajo de Villa Marina se han producido inundaciones (sector planta de elevadora de aguas servidas de empresa sanitaria).

Ilustración 8.4-25 Quebrada Paso del Cultivo en Punto 8 (1)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-26 Quebrada Paso del Cultivo en Punto 9 (1)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-27 Quebrada N°2 en Punto 10 (1)

Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-28 Quebrada N°2 en Punto 10 (2)

Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-29 Quebrada N°2 en Punto 10 (3)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-30 Quebrada N°2 en Punto 10 (4)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-31 Quebrada N°2 en Punto 10 (5)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-32 Quebrada N°2 en Punto 11 (1)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-33 Quebrada N°2 en Punto 11 (2)

Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Estero Agua Salada o El Lilén

La quebrada más importante, en cuanto a área aportante, es la correspondiente al Estero Agua Salada o El Lilén. Esta quebrada está intervenida artificialmente, en primer lugar por la construcción de un muro que genera un tranque, propiedad de la compañía ESVAL, sector representado en el punto 14 (Ilustración 8.4 34 ,Ilustración 8.4-35). De acuerdo a lo señalado por personal presente en el tranque, al finalizar el verano se bajan las compuertas (Ilustración 8.4 36) y el tranque se vacía a través de un canal (Ilustración 8.4-37), para no sobreexponerse a las crecidas de invierno.

Agua abajo del tranque existe un humedal, formado artificialmente producto de las descargas de agua tratada, desde la planta de tratamiento de aguas servidas de Papudo (Ilustración 8.4-38, Ilustración 8.4-39). La marea genera una barrera de arena que impide la salida del agua de la quebrada, permitiendo que las aguas se mantengan y se forme dicho humedal (Ilustración 8.4 40). Durante las crecidas de los últimos años se vieron afectados los nuevos proyectos aledaños la desembocadura de las quebradas, debiendo la Municipalidad o los propios vecinos romper la pared de arena de la playa para permitir la salida del agua acumulada.

Ilustración 8.4-34 Estero Agua Salada o El Lilén – Tranque ESVAL (1)

Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-35 Estero Agua Salada o El Lilén – Tranque ESVAL (2)

Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-36 Estero Agua Salada o El Lilén – Tranque ESVAl (3)

Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-37 Estero Agua Salada o El Lilén – Tranque ESVAl (4)

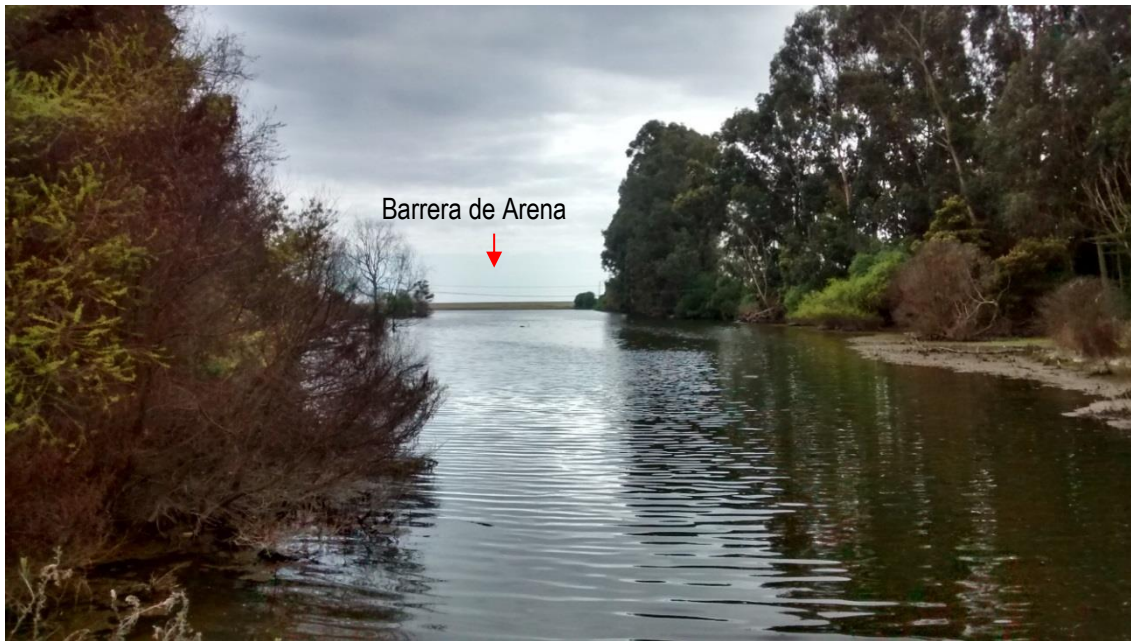
Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-38 Estero Agua Salada o El Lilén – Humedal Artificial (1)

Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-39 Estero Agua Salada o El Lilén – Humedal Artificial (2)

Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-40 Estero Agua Salada o El Lilén – Humedal Artificial (3)

Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Río La Ligua

En la localidad de Pullally se visitaron distintos puntos del cauce del río La Ligua. En primer lugar, el desde el Punto 1 se tuvo una vista general del cauce (Ilustración 8.4 41). El punto 2 corresponde al sector del puente ferroviario (Ilustración 8.4-42) el cual es hoy en día utilizado como cruce peatonal y permite tener una vista del cauce hacia aguas arriba (Ilustración 8.4 43) y aguas abajo (Ilustración 8.4-44). El tercer sitio es un punto medio entre ambos puentes y corresponde al sector de la descarga de la quebrada Los Bueyes (Ilustración 8.4-45). Por último, en el punto 4, se visitó el sector de los puentes de la Ruta 5 Norte, Puente Pullally y Puente Pullally Camino de Servicio (Ilustración 8.4-46), y el sector inmediatamente aguas arriba (Ilustración 8.4 47), notando que las dimensiones (largo y alto) del primero son mayores a las del segundo, lo que se explica en las características de cada camino (Ilustración 8.4-48).

Ilustración 8.4-41 Río La Ligua en Punto 1 (1)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-42 Río La Ligua en Punto 2 (1)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-43 Río La Ligua en Punto 2 (2)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-44 Río La Ligua en Punto 2 (3)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-45 Río La Ligua en Punto 3 (1)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-46 Río La Ligua en Punto 4 (1)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-47 Río La Ligua en Punto 4 (2)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-48 Río La Ligua en Punto 4 (3)



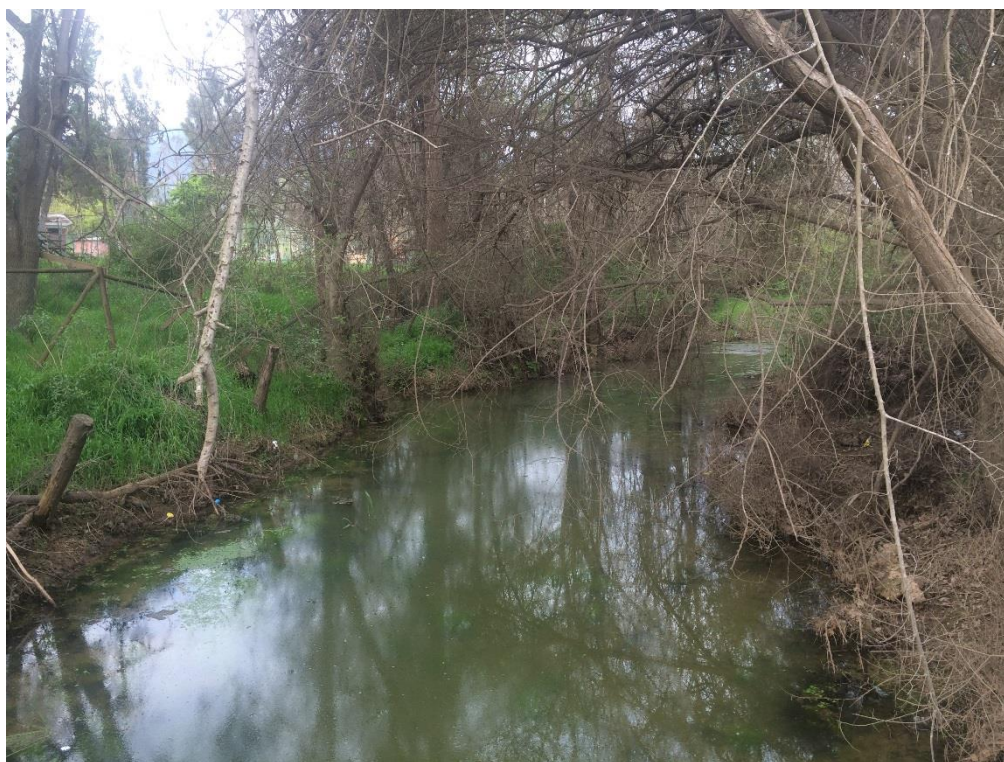
Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Quebrada Los Bueyes

El segundo cuerpo de agua visitado en la localidad de Pullally fue la Quebrada Los Bueyes, que cruza la localidad en dirección norte – sur, y descarga sus aguas en el río La Ligua. El primer punto visitado, el punto 5, es el cruce de la quebrada con la calle principal de la localidad, punto que provocó conflicto en la crecida de 1997. Debido a las condiciones topográficas el agua se forma una zona de mayor profundidad justo antes del cruce (Ilustración 8.4-49, Ilustración 8.4 50), para lo cual existe una obra que corresponde a 4 cañerías de alrededor de un metro de diámetro (Ilustración 8.4-51). La descarga de las tuberías, en el momento de la visita, era muy baja (Ilustración 8.4-52). En el punto 6 se observa la quebrada en condiciones más naturales, con construcciones que parecen haber respetado las dimensiones de la quebrada (Ilustración 8.4-53), pudiendo existir problemas por una posible acumulación de basura (Ilustración 8.4-54). En el punto 7 se observa una gran cantidad de vegetación cubriendo la quebrada, por lo que no es posible establecer correctamente sus dimensiones (Ilustración 8.4-55) y desconociendo los efectos en el camino construido paralelo a ella (Ilustración 8.4 56). Finalmente, el punto 8 corresponde a la zona de la descarga de la quebrada al río La Ligua (Ilustración 8.4-57).

Cabe indicar que en la localidad de Pullally se han construido diversos canales de riego, destacando el canal Illalolén, el cual es manejado por la comunidad, y cuya operación y limpieza afecta a la quebrada analizada y su respectiva capacidad de inundación.

Ilustración 8.4-49 Quebrada los Bueyes en Punto 5 (1)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

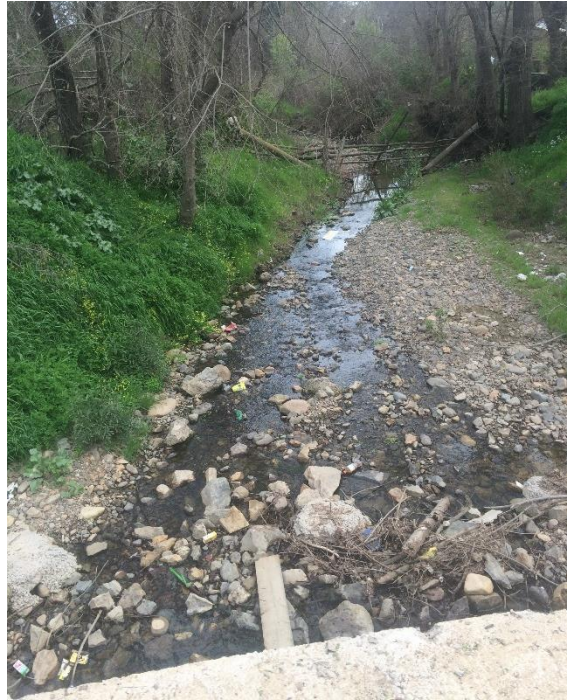
Ilustración 8.4-50 Quebrada los Bueyes en Punto 5 (2)

Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-51 Quebrada los Bueyes en Punto 5 (3)

Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-52 Quebrada los Bueyes en Punto 5 (4)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-53 Quebrada los Bueyes en Punto 6 (1)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-54 Quebrada los Bueyes en Punto 6 (2)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-55 Quebrada los Bueyes en Punto 7 (1)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-56 Quebrada los Bueyes en Punto 7 (2)



Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

Ilustración 8.4-57 Quebrada los Bueyes en Punto 8 (1)

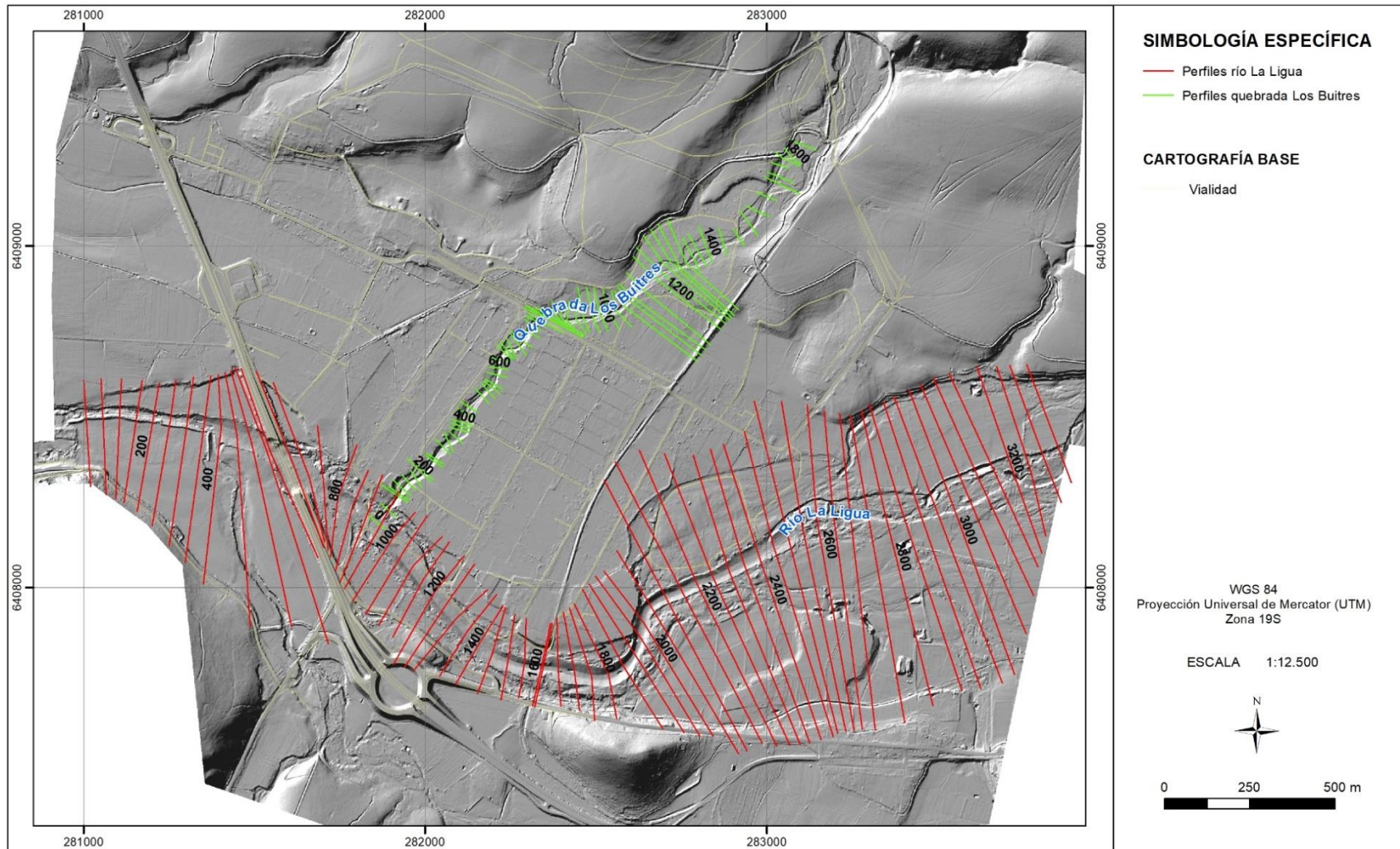


Fuente: Archivo fotográfico de terreno (2017).

8.5 ANEXO 5 COMPLEMENTO AMENAZA DE INUNDACIÓN

8.5.1 Perfiles Modelos Hidráulicos

Ilustración 8.5-1: Perfiles Modelos Hidráulicos



Fuente: Elaboración propia

8.5.2 Resultados estimación Coeficiente de Manning

Para determinar el valor del coeficiente de Manning, tanto para el modelo del río La Ligua como de la quebrada Los Bueyes se consideró lo observado durante la visita a terreno realizada en septiembre de 2017 y la fotografía aérea tomada el 5 de noviembre de 2015. Los valores se ajustaron considerando tramos homogéneos tanto de la caja principal del cauce respectivo como de las planicies de inundación. Los valores fueron estimados utilizando la fórmula de Cowan, y los valores propuestos en “Roughness Characteristics of Natural Channels” (Barnes, 1967). Se presentan a continuación algunas fotografías tomadas durante la visita a terreno realizada el día 12 de septiembre de 2017.

Ilustración 8.5-2: Vistas sector río La Ligua sector aguas arriba del Puente FFCC



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8.5-3: Vistas sector Puente FFCC



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8.5-4: Sector descarga quebrada Los Bueyes



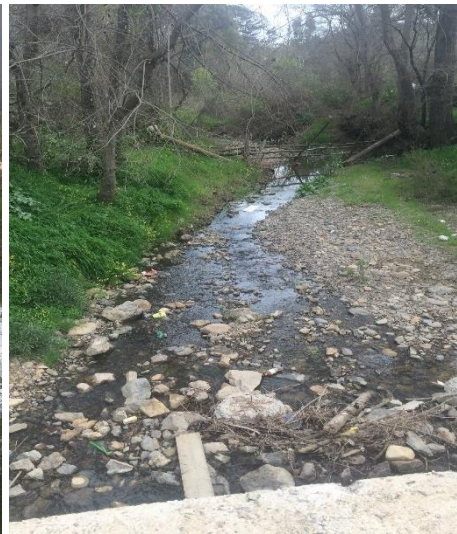
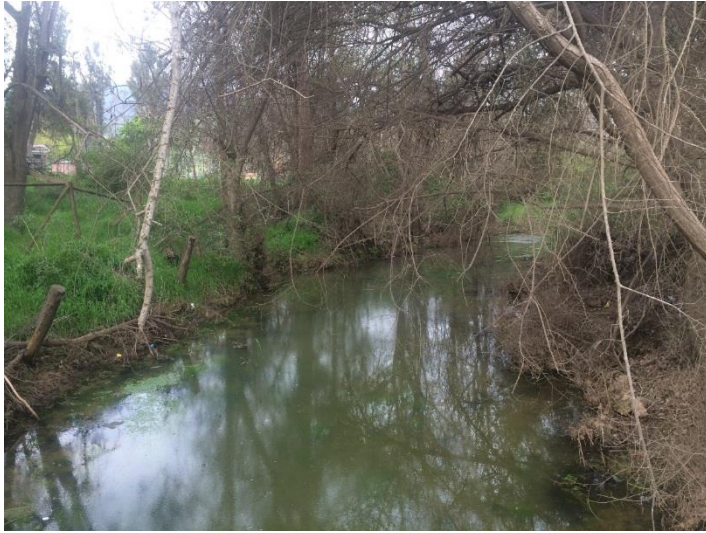
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8.5-5: Sector Puente Pullally



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8.5-6: Quebrada Los Bueyes en cruce Av. Las Salinas, Pullally



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8.5-7: Quebrada Pullally sector medio Pullally



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8.5-8: Quebrada Pullally sector bajo Pullally



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo observado en terreno y en las fotografías, y considerando además la cobertura vegetal, diferenciando entre pastizales, arbustos y árboles de mayor tamaño, así como la presencia de otras obstrucciones, como las construcciones, se determinaron valores mínimos, medios y máximos para el coeficiente de Manning en la caja principal y para las planicies de inundación en ambos cauces. Los resultados se presentan en el Cuadro 8.5-1.

Cuadro 8.5-1: Estimación de rangos del coeficiente de Manning utilizando el método de Cowan

Parámetro	Río La Ligua				Quebrada Los Bueyes			
	Caja Principal	Planicies			Caja Principal	Planicies		
	Medio	Mínimo	Medio	Máximo	Medio	Mínimo	Medio	Máximo
n0	0.022	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
n1	0	0	0	0	0	0	0	0
n2	0	0	0	0	0	0	0	0
n3	0	0	0	0.005	0	0	0	0.005
n4	0.01	0.02	0.025	0.025	0.01	0.01	0.025	0.03
m	1	1	1	1	1	1	1	1
Coef. de Manning	0.032	0.04	0.045	0.05	0.03	0.03	0.045	0.055

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se realizó una subdivisión de acuerdo a los perfiles y a lo observado en la imagen del levantamiento aerofotogramétrico, con lo que se tiene la distribución de coeficiente de Manning indicada en el Cuadro 8.5-2.

Cuadro 8.5-2: Estimación del coeficiente de Manning utilizando el método de Cowan, para los distintos perfiles

Modelo	Perfiles	Coeficiente de Manning		
		Planicie Izquierda	Caja Principal	Planicie Derecha
Río La Ligua en Pullally	3.349 - 1.350	0,04	0,032	0,04
	1.300 - 1.050	0,045	0,032	0,045
	1000 - 561	0,05	0,032	0,045
	550 - 450	0,05	0,032	0,04
	400 - 0	0,04	0,032	0,04
Quebrada Los Bueyes	1.850 - 1.274	0,03	0,03	0,03
	1.250-1.100	0,04	0,03	0,045
	1.076-1.026	0,03	0,03	0,03
	1.000 - 812	0,04	0,03	0,03
	796 - 718	0,055	0,03	0,055
	700 - 622	0,03	0,03	0,03
	600 - 250	0,03	0,03	0,055
	209 - 0	0,03	0,03	0,03

Fuente: Elaboración propia

8.5.3 Resultados Modelo HEC-RAS: río La Ligua

En la Carpeta 7.5.3 RESULTADOS MODELO HEC-RAS RÍO LA LIGUA se incluyen los resultados del modelo hidráulico del río La Ligua, para periodos de retorno 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años. Estos resultados corresponden a:

- “Resultados_HEC-RAS_RLL”: Archivo Excel con resultados característicos del programa HEC-RAS entre los que se encuentran la velocidad media del flujo, el área, el ancho superficial y el número de Froude
- “RLL_Tx_longitudinal”: Archivos formato PDF con el perfil longitudinal y la inundación para los distintos periodos de retorno Tx
- “RLL_Tx_transversales”: Archivos formato PDF con los perfiles transversales de la modelación y las alturas de inundación para cada uno de ellos, para los distintos periodos de retorno Tx
- Carpeta “SHP Modelo río La Ligua”: Incluye archivos shp con el área de inundación para cada periodo de retorno
- Carpeta “SHP Interpretación Modelo río La Ligua”: Incluye archivos shp con el área de inundación para cada periodo de retorno, interpretados considerando las condiciones topográficas

8.5.4 Resultados Modelo HEC-RAS: Quebrada Los Bueyes

En la Carpeta 7.5.4 RESULTADOS MODELO HEC-RAS QUEBRADA LOS BUEYES se incluyen los resultados del modelo hidráulico de la quebrada, para periodos de retorno 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años. Estos resultados corresponden a:

- “Resultados_HEC-RAS_QLB”: Archivo Excel con resultados característicos del programa HEC-RAS entre los que se encuentran la velocidad media del flujo, el área, el ancho superficial y el número de Froude
- “QLB_Tx_longitudinal”: Archivos formato PDF con el perfil longitudinal y la inundación para los distintos periodos de retorno Tx
- “QLB_Tx_transversales”: Archivos formato PDF con los perfiles transversales de la modelación y las alturas de inundación para cada uno de ellos, para los distintos periodos de retorno Tx
- Carpeta “SHP Modelo quebrada Los Bueyes”: Incluye archivos shp con el área de inundación para cada periodo de retorno
- Carpeta “SHP Interpretación Modelo quebrada Los Bueyes”: Incluye archivos shp con el área de inundación para cada periodo de retorno, interpretados considerando las condiciones topográficas

8.6 ANEXO 6 CATASTROS DE PELIGROS GEOLÓGICOS

8.6.1 Fuentes de información consultadas

A continuación, se presenta el detalle de las publicaciones científicas y libros (Cuadro 8.6-1), artículos de prensa (Cuadro 8.6-2) y sitios web (Cuadro 8.6-3) consultadas para la construcción del catastro de peligros geológicos:

Cuadro 8.6-1: Publicaciones científicas y libros consultados para la elaboración del catastro de peligros geológicos que han afectado a la comuna de Papudo.

Año de publicación	Autor	Título
1993	Urrutia y Lanza	Catástrofes en Chile 1541-1992
2003	Lara y Rauld	Los Desastres Naturales en Chile durante el Siglo XVI

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 8.6-2: Artículos de prensa consultados para la elaboración del catastro de peligros geológicos que han afectado a la comuna de Papudo.

Día	Me s	Año	Diario	Titular
1	12	1898	El Progreso	Los Desastres del río
8	1	1899	El Progreso	El río
15	1	1899	El Progreso	El río
22	1	1899	El Progreso	Río Aconcagua
26	2	1899	El Progreso	El río Aconcagua
11	6	1899	El Progreso	Río Aconcagua
20	8	1899	El Progreso	Espantosas ruinas por las lluvias del centro de la República
20	7	2001	La Época	S/I

Fuente: Elaboración propia. "S/I": sin información

Cuadro 8.6-3: Sitios web consultados para la elaboración del catastro de peligros geológicos que han afectado a la comuna de Papudo.

Título	Sitio Web
Datos sismológicos de Chile, del Servicio Sismológico Nacional CSN	http://www.sismología.cl
Sistema de Inventario de efectos de desastres, Chile	http://www.desinventar.org/database
Centro regional de sismología para América del Sur. CERESIS	http://www.ceresis.cl
Catálogo NEIC, National Earthquake Information Center	https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/

Fuente: Elaboración propia.

De manera complementaria, se realizó una entrevista al encargado de emergencias de la municipalidad de Papudo (Fernando Vera), quien proporcionó información detallada acerca de los sitios que usualmente se someten a algún peligro geológico que afectan a la población local (Sección 8.6.4).

8.6.2 Catastro de inundaciones terrestres

En el Cuadro 8.6-5, se presenta un catastro detallado de las inundaciones terrestres que han afectado a la comuna de Papudo y sus alrededores, desde 1748 hasta 2017. De acuerdo a este registro, las inundaciones terrestres más significativas de los últimos 40 años ocurrieron en los años 1973, 1974, 1978 y 1991.

El catastro obtenido fue ordenado de acuerdo a los siguientes datos:

- **Fecha:** día (si existe esta información), mes (si existe esta información) y año en que ocurrió el evento catastrado.
- **Tipo:** tipo de inundación terrestre. Se especifica cuando se trata de una inundación por “desborde de cauce” y/o “anegamiento”. Cuando no es posible hacer distinguirlos, se expresa sólo como “inundación”.
- **Mm de Agua:** los registros de precipitaciones en milímetros de agua caída durante el evento catastrado en las localidades señaladas. Los datos de agua caída, tanto la cantidad de agua máxima caída en 24 horas como las precipitaciones mensuales o anuales se extrajeron de los reportes meteorológicos de la Dirección Nacional de Aguas.
- **Descripción del evento:** explicación sobre el evento ocurrido enfocada a los daños ocasionados.
- **Intensidad:** interpretación de intensidad de daños. Para estimar esta intensidad, se utiliza una escala basada en la descripción obtenida a partir de las descripciones de los eventos catastrados, dándole a cada evento un valor cualitativo local (Cuadro 8.6-4). Se han definido 5 clases de intensidades, que integran fuerza, alcance y tipo de daños realizados por el evento en cuestión. Se denota con un signo de interrogación (“?”) cuando no existe suficiente información para estimar el daño.
- **Zonas afectadas:** sectores afectados por el evento catastrado (a modo general).
- **Referencias:** fuentes de la bibliografía que describen el evento.

Cuadro 8.6-4: Escala de intensidad de daños para inundaciones terrestres

Intensidad			Descripción de intensidad
0	SD	Sin Daños	Cauces de agua corren por los lugares habituales aumentando su caudal. Agua caída corre por canalizaciones naturales y artificiales. Piscinas de contención acumulan agua sin llenarse. Se generan anegamientos cerca de los terraplenes de caminos, ferrovías y viviendas.
1	B	Baja	Cauces de agua aumentan su caudal hasta desbordarse. Se inundan canales secos, calles y casas en sectores ribereños. Daños leves en construcciones ligeras. Anegamientos pueden sobrepasar caminos y ferrovías generando acumulaciones de barro.
2	M	Media	Cauces de agua y canales secos transportan barro y materiales de menor tamaño. Se generan acumulaciones de barro en calles y construcciones ligeras, daños leves en construcciones sólidas. Se socavan levemente cimientos y terraplenes de caminos y ferrovías, generando interrupciones de caminos. Menos de 1 decena de damnificados.
3	A	Alta	Cauces de agua y quebradas transportan barro, piedras y materiales de mayor tamaño. Construcciones ligeras son destruidas por los cauces, al igual que automóviles pequeños, personas o durmientes de la ferrovía, inundación parcial de sectores más alejados de cauces. Las construcciones sólidas son socavadas y tienen daños importantes. Defensas fluviales son sobrepasadas. Hay casas aisladas, decenas de damnificados, caminos inhabilitados.
4	M A	Muy Alta	Cauces de agua y quebradas transportan grandes rocas o materiales de gran tamaño. Árboles, estructuras sólidas u objetos de gran tamaño son removidos de sus cimientos y arrastrados por el cauce. Destrucción de defensas fluviales, anegación de sectores no próximos a cauces. Personas desaparecidas, fallecidos, cientos de damnificados. Poblaciones anegadas. Ferrovías son deformadas o cortadas. Evacuaciones de emergencia.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 8.6-5 Catastro de Inundaciones que han afectado a la comuna de Papudo y sus alrededores

Fecha	Tipo	Mm de agua caída	Descripción	Intensidad	Zonas Afectadas	Referencias
1748	Inundación por desborde de cauce	-	Temporal de invierno desbordó el río Aconcagua en los primeros días de mayo, llevándose puente y el material de construcción de sus orillas, obras que buscaban dar mayor auge a San Felipe y al Tráfico de los comerciantes de Cuyo y Bs. Aires.	MF	Cuenca del río Aconcagua	Urrutia & Lanza (1993)
1827	Inundación por desborde de cauce	-	Temporales de lluvia, vientos y aun nieve, azotaron desde Copiapó hasta más al sur de Curicó. El invierno fue particularmente lluvioso, especialmente desde fines de mayo y los primeros días de junio. En Quillota, el río Aconcagua se desbordó, inundando grandes extensiones de terrenos agrícolas, destruyendo las viñas, plantaciones y las viviendas de las partes bajas de la ciudad.	M	Copiapó a Curicó	Urrutia & Lanza (1993)
1835	Inundación por desborde de cauce	-	Año muy lluvioso, en Quillota hubo que construir un dique, con aporte estatal, para defender a la ciudad de las inundaciones.	SD	Copiapó a Colchagua	Urrutia & Lanza (1993)
10/03/1856	Inundación por desborde de cauce	-	Un fuerte temporal afectó a toda la zona del Norte Chico y el Valle Central. En Los Andes, se interrumpieron caminos.	M	Norte Chico y Valle Central	Urrutia & Lanza (1993)
1864	Inundación por desborde de cauce	-	Temporales provocaron el desborde de varios esteros y ríos en la zona central. Se inundaron los caminos que unían a Santiago con Quillota. El desborde del río Petorca inundó la ciudad del mismo nombre. Hacia el sur, un aluvión cortó el camino entre San Felipe y Petorca.	B	Región de Valparaíso y RM	Urrutia & Lanza (1993)
1878	Inundación*	-	Fuerte temporal de viento, lluvia y nieve afectó la zona central del país.	M	Zona central	Urrutia & Lanza (1993)
1888	Inundación por desborde de cauce	-	Temporal que causa desborde del río Aconcagua.	F	Copiapó a Concepción	Urrutia & Lanza (1993)
Invierno 1899	Inundación por desborde de cauce	-	Espantosas ruinas por las lluvias, grandes inundaciones por río Bío-Bío, Mapocho, Aconcagua entre otros.	F	Zona central	Diario El Progreso
1900	Inundación por desborde de cauce	-	Temporales en Julio azotaron desde Valparaíso hasta Valdivia.	F	Valparaíso a Valdivia	Urrutia & Lanza (1993)

Fecha	Tipo	Mm de agua caída	Descripción	Intensidad	Zonas Afectadas	Referencias
06/05/1919 07/05/1919	Inundación	-	Un fuerte temporal de lluvia con vientos huracanados azotó a la zona central del país. Ciudades, pueblos y campos quedaron inundados, se perdieron las comunicaciones telefónicas y telegráficas, se cortó la energía eléctrica y se interrumpió el tráfico.	M	Zona central	Urrutia & Lanza (1993)
Agosto de 1920	Inundación*	-	Un frente de mal tiempo con temporales de vientos, lluvia y nieve azotó a la zona central del país. En Valparaíso el temporal ocasionó la interrupción del servicio telegráfico hacia el sur.	B	Zona central	Urrutia & Lanza (1993)
Junio de 1926	Inundación por desborde de cauce	-	Temporales azotaron la zona central del país ocasionando daños en Valparaíso, Santiago y los pueblos y ciudades cercanos. Desborde de ríos.	B	Zona central	Urrutia & Lanza (1993)
Agosto de 1965	Inundación por desborde de cauce	E. Lo Rojas (09/08): 101,4 mm.	Fuerte Temporal de viento y lluvia de larga duración afectó a 22 provincias del país desde los primeros días de julio hasta mediados de agosto. En Petorca, La Ligua, Longotoma, Quillota, Los Nogales, Quilpué, Villa Alemana, Peñablanca, Limache, La Calera, La Cruz, Puchuncaví, Quintero, Casablanca los damnificados sumaron más de cinco mil personas que fueron ubicadas en estadios, escuelas, recintos policiales, de bomberos, municipales y del ejército. Los ríos y esteros se desbordaron arrasando con las poblaciones ribereñas, las pequeñas industrias caseras, crianza de aves y animales y con los caminos transversales.	F	Atacama a Aysén	Urrutia & Lanza (1993)
03/01/1973	Crecida de ríos por deshielos		Daños en sectores agropecuarios.	M	Valparaíso, Petorca, Cabildo	El mercurio, en desinventar.org
25/06/1974	Inundación por desborde de cauce		Tempestad, comunicaciones y caminos cortados. Clases suspendidas por tres días.		Valparaíso, Petorca	El mercurio, en desinventar.org
14/07/1978	Inundación*	E. Lo Rojas (19/07): 92 mm.; E. Estero Rabuco (19/07): 72,5 mm.; E. Quillota	Inundación de calles, viviendas y terrenos agrícolas. Una semana de lluvia en la zona central y 14 días en el sur, dejaron por lo menos 12 muertos y 4000 damnificados.	M*	Zona central y sur	El mercurio / desinventar.org Urrutia & Lanza (1993)

Fecha	Tipo	Mm de agua caída	Descripción	Intensidad	Zonas Afectadas	Referencias
		(13/07): 51,5 mm.				
16/08/1997	Inundación		Lluvias intensas, deja caminos cortados.		Papudo, Zapallar, Cachagua	El mercurio / desinventar.org
20/07/2001	Inundación	E. Lo Rojas (29/07): 111,5 mm.; E. El Cobre (29/07): 107,5 mm.; Estero Rabuco (18/07): 80 mm.; E. Quillota (29/07): 86 mm.	Temporal de viento y lluvia afecta la región de Valparaíso dejando destrozos en decenas de viviendas y 90 damnificados.	F	Región de Valparaíso	Diario La Epoca

Fuente: Elaboración propia a partir de referencias citadas en el cuadro.

8.6.3 Catastro de remociones en masa

En el Cuadro 8.6-7, se presenta un catastro detallado de las remociones en masa que han afectado a la comuna de Papudo y sus alrededores durante la última década. En la bibliografía consultada, se encuentran sólo 3 eventos que describen remociones en masa que han afectado a la comuna de Papudo.

Es muy probable que en Papudo hayan ocurrido más eventos de este tipo durante su historia, pero el carácter local de las remociones y su magnitud, dificulta su aparición en medios de comunicación, libros, registros científicos e inventarios realizados por organismos gubernamentales, si las consecuencias no fueron catastróficas.

El catastro obtenido fue ordenado de acuerdo a los siguientes datos:

- **Fecha:** día (si existe esta información), mes (si existe esta información) y año en que ocurrió el evento catastrado.
- **Descripción del evento:** explicación sobre el evento ocurrido enfocada a los daños ocasionados.
- **Intensidad:** interpretación de intensidad de daños. Para estimar esta intensidad, se utiliza una escala basada en la descripción obtenida a partir de las descripciones de los eventos catastrados, dándole a cada evento un valor cualitativo local (Cuadro 8.6-6). Se han definido 5 clases de intensidades, que integran fuerza, alcance y tipo de daños realizados por el evento en cuestión. Se denota con un signo de interrogación (“?”) cuando no existe suficiente información para estimar el daño.
- **Zonas afectadas:** sectores afectados por el evento catastrado (a modo general).
- **Referencias:** fuentes de la bibliografía que describen el evento.

Cuadro 8.6-6: Escala de intensidad de daños para remociones en masa

Intensidad			Descripción de intensidad
0	SD	Sin Daños	Se puede observar avance de rocas o sedimentos de unos pocos centímetros por las laderas. Gravilla o arena puede caer en caminos o casas cercanas a los cerros de alta pendiente. No se observan daños a estructuras ni a personas.
1	B	Baja	Se observa un avance de rocas o sedimentos en laderas, alcanzando los metros de distancia, pero sin intervenir caminos ni construcciones de asentamientos humanos. Sólo se registran daños leves en construcciones ligeras si es que las hay.
2	M	Media	Se registran avances de la ladera de los cerros, en algunos casos tapando parcialmente caminos o entrando a los patios de las casas cercanas a las laderas de alta pendiente. Puede registrarse avance o caída de bloques medianos.
3	A	Alta	Cauces y quebradas transportan barro, piedras y materiales de mayor tamaño. Laderas avanzan tapando caminos o socavándolos, pueden caer bloques (rocas) de gran tamaño, dañando estructuras y edificaciones. Se registran cortes de caminos y caída de postes, es riesgoso permanecer cerca de laderas de alta pendiente. Construcciones ligeras son removidas y arrastradas por los cauces, al igual que automóviles pequeños, personas o durmientes de la ferrovía. Las construcciones sólidas son socavadas y tienen daños importantes.
4	MA	Muy Alta	Cauces y quebradas transportan grandes bloques (rocas) o materiales de gran tamaño. Árboles, estructuras sólidas u objetos de gran tamaño son removidos de sus cimientos y arrastrados. Viviendas destruidas. Personas desaparecidas y/o fallecidas. Ferrovías son deformadas o cortadas. Grandes volúmenes de material desprendido de cerros o laderas y/o altas distancias recorridas por el material.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 8.6-7 Catastro de Remociones en masa que han afectado a la comuna de Papudo y sus alrededores

Fecha	Descripción	Intensidad	Sectores Afectados	Referencias
03/06/2002	Aluvión en balneario Caleta Los Molles debido a lluvias intensas. Interrupción del tránsito. Autos enseres y personas arrastrados hacia el mar. 4 muertos y 1 desaparecido. Gran cantidad de agua acumulada en el estero Los Molles.	F	Balneario Caleta Los Molles	El Mercurio en Desinventar.org
04/10/2010	Deslizamiento.	F	Mina La Carlota	Diario La Tercera, 5 de Octubre de 2010, página 11
09/12/2010	Deslizamiento debido a manipulación de explosivos.	F	Mina Farellón Delirio, Sector Patagua de Cabildo.	Diario La Tercera, 10 de Diciembre de 2010, página 30

Fuente: Elaboración propia a partir de referencias citadas en el cuadro.

8.6.4 Catastro de peligros locales

En el Cuadro 8.6-8 se presenta la el catastro información proporcionada por el encargado de emergencias de la municipalidad. Este contiene detalles acerca de las calles y poblaciones afectadas, mencionando el tipo de peligro al que se someten y bajo qué condiciones. En el texto principal se incorpora la información más relevante para los objetivos de este estudio.

Cuadro 8.6-8 Catastro de sectores afectados por algún peligro geológico.

Sector	Descripción	LAT	LONG
Av. El Peumo subida villa	Desprendimientos de piedras y deslizamientos de tierra en estaciones de invierno y verano, cuando está seco el desprendimiento es por sismos de gran intensidad.	-32,508122	-71,429728
Camino a la Ligua Agua Salada	Desprendimientos y derrumbes en invierno, peligro de derrumbes falta talud al cerro.	-32,510586	-71,417396
Sector circunvalación	Desprendimiento de material en invierno hacia la calle, rocas y tierras, por lluvias o sismos de consideración	-32,508415	-71,450079
Camino a Zapallar	Desprendimiento de material en invierno hacia la calle, rocas y tierras, por lluvias o sismos de consideración	-32,502859	-71,464749
Peligro de deslizamientos por quebrada	Peligros de deslizamientos por crecida de quebrada en invierno, la baja de sedimentos hace que pueda embancarse con arena el interior del condominio, se tiene registro que el 2015 uno de los estacionamientos subterráneos del edificio sufrió problemas de anegamiento.	-32,494395	-71,432427
Colector Calle el Maitén	Uno de los principales afluentes de agua lluvia de la población nueva Irarrázaval, comienzo en calle El Litre y recorre calle El Coirón hasta llegar a calle El Maitén, para terminar su recorrido por alrededor del estadio del club deportivo independiente y sigue su curso fluvial hasta calle Lilen.	-32,507803	-71,435302
Estero Agua Salada	Mayor tránsito de agua en invierno reúne las quebradas aledañas, y desemboca en playa grande, peligro inundación en edificio Punta Rey.	-32,501555	-71,435798
sector el Peumo	Acumulación de agua producto de lluvia, laguna natural en invierno, transporta el agua hacia calle El Peumo, luego pasa bajo calle, para transitar hacia calle Lilen por detrás del estadio.	-32,508287	-71,431784
Quebrada Arturo Prat	Una de las mayores quebradas del sector, se alimenta de quebradas del francés y diferentes quebradas aledañas, desemboca en Playa Chica.	-32,506817	-71,448112
Sector Club de Tenis	Inundación en sector de canchas de tenis debido a la descarga de las calles Esmeralda, Cochrane, Fernández concha y Calle Blanco. Llegan a colector pero no es capaz, por lo que inunda canchas de tenis, desemboca en sector playa grande sur.	-32,505553	-71,444148
Quebrada calle Baquedano	Una de las mayores quebradas de este sector, que desemboca en calle Lilen sector gimnasio municipal, por la gran carga de agua lluvia ese sector es inundado por esta quebrada.	-32,507431	-71,441194
Inundación Calle Lilen	Calle anegada por lluvias las mayores quebradas del peumo el maitén y Baquedano inundan el sector, ya que la bocatoma de playa grande tiene poca pendiente y no cuenta con colector agua lluvia.	-32,505459	-71,441638

Quebrada el Maqui	Quebrada el Maqui, se caracteriza por llevar caudal en evento meteorológicos de gran envergadura, puede que en un evento la quebrada traiga sedimento y embanque edificios aledaños a esta quebrada.	-32,494189	-71,432346
Quebrada de Bueyes	Uno de los mayores afluentes de la localidad,	-32,436341	-71,315009
Villa Marina - pasaje la medusa	Sector bajo de villa marina, inundación por acumulación de agua lluvia en sector bajo, inundación de planta de elevación de aguas servidas de empresa sanitaria, paso de quebrada aledaña sector villa marina.	-32,509879	-71,429263
Tranque	Tranque Agua Salada perteneciente a la empresa sanitaria Esval, acumulación de agua por lluvias provenientes del Estero Agua Salada.	-32,505419	-71,424765
Canal Viña vieja - Pullally	Desborde de canal en sector Viña vieja Pullally por desborde de Canal Illalolen perteneciente a la Comunidad de Bienes comunes de Pullally, el canal Viña vieja colapsa e inunda algunas viviendas del sector.	-32,431292	-71,325302
Afluente Agua Lluvia Laguna de Pullally	La Laguna de Pullally es un afluente de Agua de Riego de los Socios de la Comunidad de Aguas de Pullally.	-32,433431	-71,318395
Ruta F-30-E Camino a la Ligua	Camino a la Ligua deslizamientos de tierra por lluvias y por sismo de mayor intensidad.	-32,508185	-71,414848

Fuente: Proporcionado por el encargado de emergencias de la municipalidad de Papudo.

8.6.5 Catastro de sismicidad

a) Sismos registrados por la red sismológica

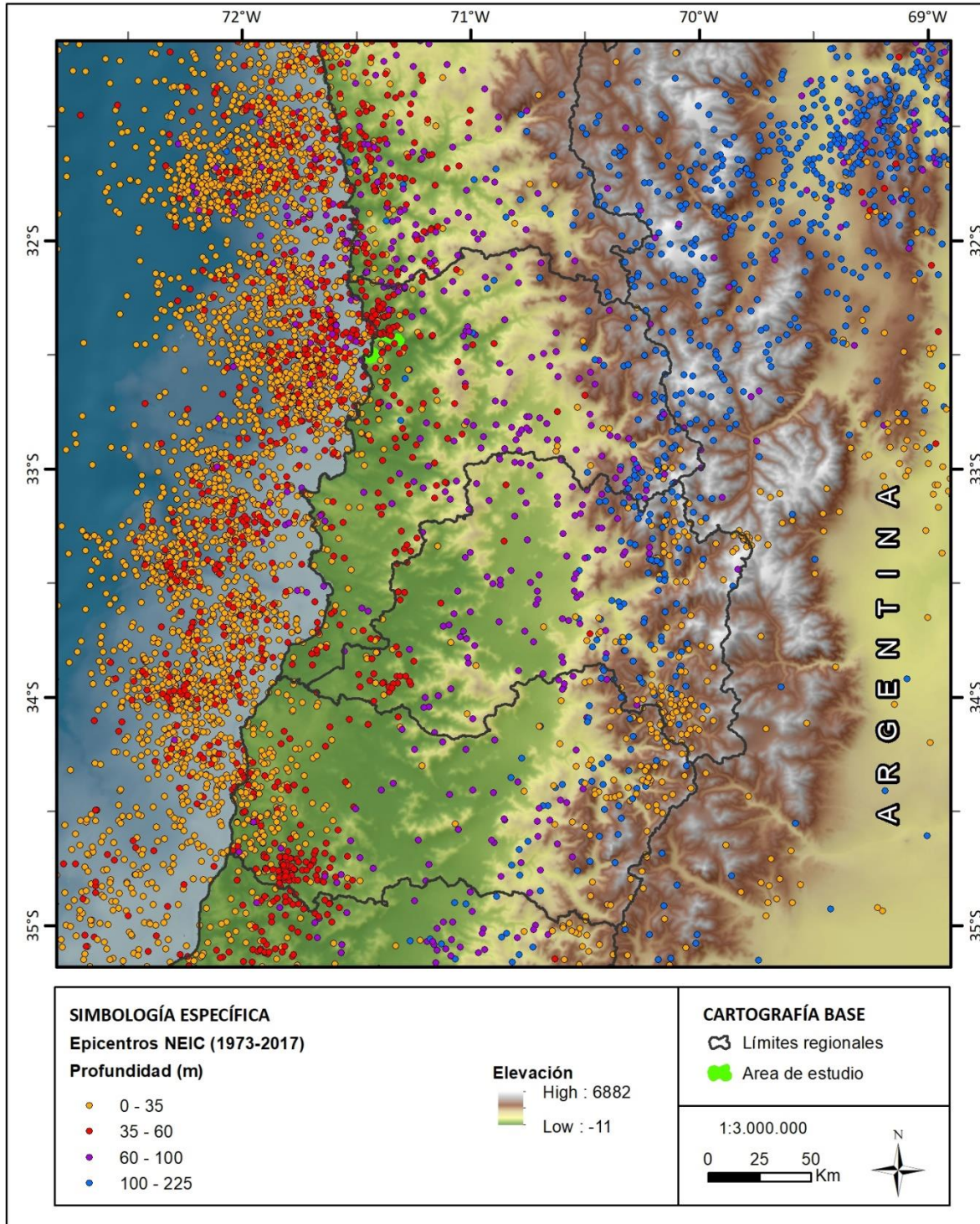
En la Ilustración 8.6 1, se presenta la sismicidad registrada por la red sismológica internacional desde enero de 1973 hasta febrero de 2017, con magnitudes superiores a 4.0. En esta figura, se aprecia que una gran cantidad de eventos se localizan próximos al contacto entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana (puntos distribuidos en el occidente en la Ilustración 8.6 1). Estos eventos sísmicos son denominados como interplaca tipo thrust (dado su bajo ángulo de manteo), y suelen alcanzar grandes magnitudes.

Además, en la Ilustración 8.2-11, se aprecia una gran cantidad de eventos que ocurren al interior de la placa de Nazca, lejos del contacto, a profundidades superiores a 50 km (puntos morados y azules); a este conjunto de eventos se les conoce como intraplaca de profundidad intermedia.

En menor medida, también es posible observar en la Ilustración 8.2-11, sismos corticales en la placa Sudamericana, cerca de la Cordillera de Los Andes. Estos eventos corresponden a sismos producidos por fallas superficiales, cuyos focos se encuentran a una profundidad menor a 30 km, y están asociados a fallas geológicas activas en superficie. De acuerdo al mapa construido en base a SERNAGEOMIN (2003) y a PMA-GCA (2008) (Ilustración 3.2-8, en la Sección 2.1), el que recopila antecedentes generales de fallas, no se observan fallas activas en la región que abarca el área de estudio. Cabe destacar que no hay un registro suficiente de este último tipo de sismicidad para proceder a estimar los parámetros necesarios, y de esta manera efectuar estudios probabilísticos.

Cabe destacar que, de acuerdo a la Ilustración 8.6-1, la comuna de Papudo ha sido afectada, principalmente, por sismos interplaca (puntos rojos y amarillos) desde el año 1973.

Ilustración 8.6-1 Sismos registrados por la red sismológica mundial entre enero de 1973 y febrero de 2017.



Fuente: Elaboración propia a partir del Catálogo NEIC (2017) (sismos sobre magnitud 4.0) del USGS.

b) Sismos históricos que han afectado a la comuna de Papudo y sus alrededores

Se construyó un catastro de los sismos históricos más significativos que han afectado a la comuna de La Papudo desde el año 1570 hasta el 2017, en base a información bibliográfica indicadas en el ANEXO 8.6.1.

El catastro obtenido (presentado en el Cuadro 8.6-10) fue ordenado de acuerdo a los siguientes datos:

- **Fecha:** día, mes y año en que ocurrió el evento catastrado.
- **Hora local:** hora local aproximada a la que habría ocurrido el sismo. Si no existe esta información, se indica como S/D (Sin Datos).
- **Lat (°):** latitud del epicentro del sismo medida en grados sexagesimales. Si no existe esta información, se indica como S/D (Sin Datos).
- **Long (°):** longitud del epicentro del sismo medida en grados sexagesimales. Si no existe esta información, se indica como S/D (Sin Datos).
- **Magnitud Ms:** magnitud del sismo según escala de Richter. Si no existe esta información, se indica como S/D (Sin Datos).
- **Magnitud Mw:** magnitud del sismo según escala de Richter. Si no existe esta información, se indica como S/D (Sin Datos).
- **Prof. (km):** profundidad medida en kilómetros del foco o hipocentro del sismo. Si no existe esta información, se indica como S/D (Sin Datos).
- **Descripción:** explicación sobre el evento ocurrido enfocada a los daños ocasionados.
- **Intensidad IMM:** la definición de las intensidades para sismos se realizan según las descripciones de la escala modificada de Mercalli, que es una escala subjetiva, que evalúa la percepción del sismo en un determinado lugar a través de los efectos y daños causados a distintas estructuras (Cuadro 8.6-9). Si no existe esta información, se indica como S/D (Sin Datos).
- **Referencias:** fuentes de la bibliografía que mencionan el evento.

Cabe destacar que las magnitudes asociadas a cada sismo descrito son aproximadas, puesto que no existía instrumental sismológico de precisión hasta la década de 1950.

Cuadro 8.6-9 Escala modificada de Mercalli de intensidades de sismos

Intensidad	Descripción de categoría de intensidad
I	No se advierte sino por unas pocas personas y en condiciones de perceptibilidad especialmente favorables.
II	Se percibe sólo por algunas personas en reposo, particularmente las ubicadas en los pisos superiores de los edificios.
III	Se percibe en los interiores de los edificios y casas. Sin embargo, muchas personas no distinguen claramente que la naturaleza del fenómeno es sísmica, por su semejanza con la vibración producida por el paso de un vehículo liviano. Es posible estimar la duración del sismo.
IV	Los objetos colgantes oscilan visiblemente. Muchas personas lo notan en el interior de los edificios aún durante el día. En el exterior, la percepción no es tan general. Se dejan oír las vibraciones de la vajilla, puertas y ventanas. Se sienten crujir algunos tabiques de madera. La sensación percibida es semejante a la que produciría el paso de un vehículo pesado. Los automóviles detenidos se mecen.
V	La mayoría de las personas lo percibe aún en el exterior. En los interiores, durante la noche, muchas despiertan. Los líquidos oscilan dentro de sus recipientes y aún pueden derramarse. Los objetos inestables se mueven o se vuelcan. Los péndulos de los relojes alteran su ritmo o se detienen. Es posible estimar la dirección principal del movimiento sísmico.
VI	La mayoría de las personas lo percibe aún en el exterior. En los interiores, durante la noche, muchas despiertan. Los líquidos oscilan dentro de sus recipientes y aún pueden derramarse. Los objetos inestables se mueven o se vuelcan. Los péndulos de los relojes alteran su ritmo o se detienen. Es posible estimar la dirección principal del movimiento sísmico.

Intensidad	Descripción de categoría de intensidad
VII	Los objetos colgantes se estremecen. Se experimenta dificultad para mantenerse en pie. El fenómeno es percibido por los conductores de automóviles en marcha. Se producen daños de consideración en estructuras de albañilería mal construidas o mal proyectadas. Sufren daños menores (grietas) las estructuras corrientes de albañilería bien construidas. Se dañan los muebles. Caen trozos de estucos, ladrillos, parapetos, cornisas y diversos elementos arquitectónicos. Las chimeneas débiles se quiebran al nivel de la techumbre. Se producen ondas en los lagos; el agua se enturbia. Los terraplenes y taludes de arena o grava experimentan pequeños deslizamientos o hundimientos. Se dañan los canales de hormigón para regadío. Tañen todas las campanas.
VIII	Se hace difícil e inseguro el manejo de vehículos. Se producen daños de consideración y aún el derrumbe parcial en estructuras de albañilería bien construidas. En estructuras de albañilería bien proyectadas y construidas sólo se producen daños leves. Caen murallas de albañilería. Caen chimeneas en casa e industrias; caen igualmente monumentos, columnas, torres y estanques elevados. Las casas de madera se desplazan y aún se salen totalmente de sus bases. Los tabiques se desprenden. Se quiebran las ramas de los árboles. Se producen cambios en las corrientes de agua y en la temperatura de vertientes y pozos. Aparecen grietas en el suelo húmedo, especialmente en la superficie de las pendientes escarpadas.
IX	Se produce pánico general. Las estructuras de albañilería mal proyectadas o mal construidas se destruyen. Las estructuras de albañilería bien construidas se dañan y a veces se derrumban totalmente. Las estructuras de albañilería bien proyectadas y bien construidas se dañan seriamente. Los cimientos se dañan. Las estructuras de madera son removidas de sus cimientos. Sufren daños considerables los depósitos de agua, gas, etc. Se quiebran las tuberías (cañerías) subterráneas. Aparecen grietas aún en suelos secos. En las regiones aluviales, pequeñas cantidades de lodo y arena son expelidas del suelo.
X	Se destruye gran parte de las estructuras de albañilería de toda especie. Se destruyen los cimientos de las estructuras de madera. Algunas estructuras de madera bien construidas, incluso puentes, se destruyen. Se producen daños en represas, diques y malecones. Se producen grandes desplazamientos del terreno en los taludes. El agua de canales, ríos, lagos, etc. sale proyectada a las riberas. Cantidades apreciables de lodo y arena se desplazan horizontalmente sobre las playas y terrenos planos. Los rieles de las vías férreas quedan ligeramente deformados.
XI	Muy pocas estructuras de albañilerías quedan en pie. Los rieles de las vías férreas quedan fuertemente deformados. Las tuberías (cañerías subterráneas) quedan totalmente fuera de servicio.
XII	El daño es casi total. Se desplazan grandes masas de roca. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.

Fuente: Sitio web del SHOA⁵.

⁵ <http://www.shoa.cl/servicios/tsunami/escalas.htm>

Cuadro 8.6-10 Terremotos que han afectado los alrededores del área de estudio.

Fecha	Hora Local	Lat (°)	Long (°)	Magnitud Ms	Magnitud Mw	Prof. [km]	Descripción	Intensidad IMM	Referencias
1570	S/D	32-34	S/D	S/D	S/D	S/D	La zona epicentral corresponde a La Ligua, afectando entre los 32°-34°	S/D	Lara & Rauld (2003)
17/03/1575	10:00	32-34	S/D	7,5	S/D	S/D	Zona epicentral con foco en La Ligua. Destrucción parcial de Santiago, desplome de murallas y casas.	VIII	Lara & Rauld (2003)
22/01/1582	S/D	32-34	S/D	S/D	S/D	S/D	Terremoto produce gran alarma y rasgaduras en los edificios de Santiago, con zona epicentral en Santiago y foco en La Ligua.	VIII	Lara & Rauld (2003)
06/09/1643	al alba	32-34	S/D	S/D	S/D	S/D	Un fuerte temblor sacudió a Santiago. Se considera el precursor del de 1647. Foco en La Ligua.	VII	Urrutia & Lanza (1993) Lara & Rauld (2003)
13/05/1647	22:30	-35	-72	8,5	S/D	S/D	Un fuerte terremoto de magnitud 8.5 con epicentro en -35.00, -72.00, y que duró entre 7 y 8 minutos; dejó la ciudad de Santiago prácticamente arruinada. Tembló ocho veces durante la noche y continuaron las réplicas los días siguientes, durando las réplicas hasta finales de junio. Durante todo el periodo pereció el 10% de la población. Se contabilizaron 570 muertos en el corregimiento de Quillota y 140 en el de Aconcagua. El río de Aconcagua quedó seco en la desembocadura, y en Quillota solo quedaron escombros.	X	Sismologia.cl Urrutia & Lanza (1993)
15/03/1657	19:30	-36,83	-73,03	8	S/D	S/D	Un fuerte terremoto de magnitud 8 y epicentro en -36.830, -73.030, asoló Concepción, debido al maremoto que se generó. El movimiento sísmico al norte se notó hasta Quillota, donde las cercas y posesiones que había en el valle quedaron asoladas.	VIII	Sismologia.cl Urrutia & Lanza (1993)
12/07/1687	2:00	-32,75	-70,73	7,3	S/D	S/D	Un fuerte terremoto de intensidad aproximada de VII. Su epicentro se ubica entre San Felipe y La Ligua, con latitud entre los 32° y 34° sur. Daños en convento en San Felipe y daños en Santiago.	VII	Sismologia.cl Lara & Rauld (2003)
12/07/1688	S/D	32-34	S/D	S/D	S/D	S/D	Temblor con foco en La Ligua, deja ruinas en Santiago y mar en Valparaíso se presentó muy agitado.	VII	Lara & Rauld (2003)
09/07/1690	S/D	32-34	S/D	S/D	S/D	S/D	Gran temblor con foco en La Ligua, daños en algunos edificios de Santiago.	VII	Lara & Rauld (2003)
24/05/1722	S/D	32-34	S/D	S/D	S/D	S/D	Fuerte temblor en Santiago y Valparaíso. En Valparaíso el fuerte defensivo del puerto se derrumbó.	S/D	Urrutia & Lanza (1993)

Fecha	Hora Local	Lat (°)	Long (°)	Magnitud Ms	Magnitud Mw	Prof. [km]	Descripción	Intensidad IMM	Referencias
24/05/1724	S/D	32-34	S/D	S/D	S/D	S/D	Temblor con foco en La ligua, provoca daños en Santiago, deando murallas derrumbadas, algunos muertos y muchos heridos.	VII	Lara & Rauld (2003)
8/07/1730	4:45	-33,05	-71,63	8,7	S/D	S/D	Fuerte terremoto de magnitud 8.7 (magnitud estimada entre 8.5 y 9) conmovió a la población entre La Serena y Valdivia. Es considerado uno de los mayores sismos que han afectado el territorio de Chile. En Quillota la iglesia y el colegio de los jesuitas quedaron en el suelo. Grandes daños en San Felipe, Tiltil y Renca. Y un maremoto que afecto la zona centro y sur de Chile.	S/D	Sismologia.cl Urrutia & Lanza (1993)
25/05/1751	1:00	-36,83	-73,03	8,5	S/D	S/D	Del 23 a 25 de mayo de 1751 se produjeron 3 sismos fuertes, el mayor fue de 8.5 con epicentro en -36.830, -73.030, cada uno más fuerte que el anterior que causaron daños entre San Felipe y Valdivia. Se cayeron gran parte de las construcciones de las ciudades y pueblos del valle central. En Quillota se desmoronaron varias iglesias y la mayoría de los tejados quedaron averiados.	Quillota 6	Sismologia.cl Urrutia & Lanza (1993) Ceresis
30/03/1796	6:45	-27,35	-70,35	7,7	S/D	S/D	Un terremoto de magnitud 7.7 y epicentro -27.350, -70.350, dejó casi en la ruina a la ciudad de Copiapó y a las villas de Huasco y Coquimbo. El movimiento se sintió hasta Santiago.	S/D	Sismologia.cl Urrutia & Lanza (1993)
19/11/1822	22:30	-33,05	-71,63	8,5	S/D	S/D	Un fuerte terremoto de magnitud 8.5 y epicentro -33.050, -71.630, se sintió entre Illapel y el archipiélago de Chiloé. Duró alrededor de 2 minutos 30 segundos. Se sintió muy fuerte en Valparaíso, Quillota y Santiago. Valparaíso quedó casi arruinada, con 66 fallecidos. En Santiago no hubo pérdidas humanas y hubo pocos derrumbes. Casablanca, Illapel, Melipilla, Aconcagua y La Ligua quedaron semidestruidas. En Quillota se derrumbaron casi todos los edificios, quedando sólo en pie 20 casas y una iglesia.	Quillota 8	Sismologia.cl Urrutia & Lanza (1993) Ceresis
26/09/1829	14:00	-33,05	-71,63	7	S/D	S/D	Temblor en Valparaíso dejó en estado ruinoso varios edificios en la región.	S/D	Sismologia.cl Urrutia & Lanza (1993)
20/02/1835	11:30	-36,83	-73,03	8,5	S/D	S/D	Fuerte Terremoto con epicentro en Concepción se sintió desde Copiapó hasta Chiloé, con un maremoto después de una hora del terremoto que termino por destruir las ciudades costeras.	S/D	Sismologia.cl Urrutia & Lanza (1993)
08/03/1847	- S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	Sismo en La Ligua y Petorca causó pánico en la población.	S/D	Urrutia & Lanza (1993)

Fecha	Hora Local	Lat (°)	Long (°)	Magnitud Ms	Magnitud Mw	Prof. [km]	Descripción	Intensidad IMM	Referencias
06/12/1850	6:52	-33,81	-70,22	7,3	S/D	S/D	Un fuerte sismo sacudió la ciudad de Santiago y sus alrededores.	S/D	Sismologia.cl Urrutia & Lanza (1993)
02/04/1851	6:48	-33,32	-71,42	7,1	S/D	S/D	Un sismo causó daños considerables en Valparaíso. En Quillota las casas particulares tuvieron daños de consideración y las iglesias de San Francisco y La Merced quedaron con los techos y murallas deterioradas.	S/D	Sismologia.cl Urrutia & Lanza (1993)
07/07/1873	pasada las 2:00	-32,77	-73,73	8,9	S/D	S/D	Un sismo estremeció la zona central del país. En Quillota hubo una víctima, más de cien casas con daños de bastante consideración y la mayoría de los techos quedaron hundidos o en el suelo. Hubo daños en la estación de ferrocarril y se destruyeron tapias y cercos. El terremoto afectó la zona central del país produciendo los mayores daños en Petorca, la Ligua y los alrededores.	S/D	Lara & Rauld (2003) Urrutia & Lanza (1993)
11/11/1876	18.00	-32,51	-71,21	7,5	S/D	S/D	Un sismo en Illapel de magnitud 7.5 y epicentro en -32.510, -71.212, derrumbo varias murallas de Los Andes, San Felipe, Santiago y Valparaíso.	S/D	Lara & Rauld (2003) Urrutia & Lanza (1993)
15/08/1880	8:48	-31,62	-71,18	7,7	S/D	S/D	Un sismo en Illapel afectó a las comunas de Petorca, Chincolco, Hierro Viejo, Ovalle, Salamanca, Chalinga, La Ligua y Llay Llay tuvieron serios daños en las edificaciones. En Quillota se arruinó la iglesia de La Matriz.	S/D	Sismologia.cl Urrutia & Lanza (1993)
16/08/1906	19:48	-33,00	-72,00	7,9	8,2	25	Un terremoto con epicentro situado frente a la costa de Valparaíso afectó en toda esa región con movimientos que fueron verticales e irradiaron en forma ondulatoria al resto del país.	S/D	Sismologia.cl Urrutia & Lanza (1993) Ceresis.org
28/04/1909	2:15	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	Un violento y largo temblor alarmó a la población de Santiago. Se agrietaron algunas murallas y desmoronamiento de casas viejas. Se sintió con la misma intensidad en Valparaíso, Viña del Mar, Limache, Quillota, Llay Llay y hasta Talca.	S/D	Urrutia & Lanza (1993)
10/11/1922	23:53	-28,50	-70,00	8,39	8,5	25	Un sismo con epicentro entre Copiapó y Coquimbo afectó a gran parte del país. Su radió de alcance fue de 1200 Km y se registró en las estaciones sismológicas de Bélgica, Italia, España, Brasil, Grecia, Argelia, Egipto y Argentina.	S/D	Sismologia.cl Urrutia & Lanza (1993)

Fecha	Hora Local	Lat (°)	Long (°)	Magnitud Ms	Magnitud Mw	Prof. [km]	Descripción	Intensidad IMM	Referencias
14/04/1927	1:41	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	Un fuerte sismo con foco en Santiago de intensidad VIII en escala Mercalli, se sintió entre Antofagasta y Valdivia, con mayor intensidad en Santiago, Valparaíso y Los Andes.	S/D	Urrutia & Lanza (1993)
29/08/1930 17/10/1930	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	Dos fuertes temblores se sintieron en Quillota y sus alrededores. El del 29 de agosto produjo daños considerables en Quillota. El 17 de octubre se produjo un sismo que dejó 2 muertos en Quillota y un total de 35 heridos.	S/D	Urrutia & Lanza (1993)
06/06/1943	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	Sismo se sintió entre Coquimbo y Talca, y produjo heridos y daños en Ovalle e Illapel.	S/D	Urrutia & Lanza (1993)
04/09/1953	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	Fuerte temblor sacudió a La Ligua. Hubo daños materiales en La Ligua y el villorrio de Placilla. Numerosas murallas de viviendas particulares y de algunos edificios públicos cayeron y otras quedaron a punto de derrumbarse, como las de la gobernación y las de la comisaría.	S/D	Urrutia & Lanza (1993)
28/03/1965	12:33	-32,42	-71,10	7,4	S/D	68	Un sismo cuyo epicentro se ubicó en las cercanías de La Ligua generó daños en Limache, Olmué, Quilpué, Casablanca, Villa Alemana, Quillota, Puchuncaví, Nogales, Hijuelas, La Calera, La Cruz, Ocoa, Quintero, Las Ventanas, Algarrobo y el Quisco, afectando a las viviendas y obligando a la población a vivir en carpas los primeros días. Cuatro excursionistas del club de la Montaña de Valparaíso fallecieron a causa del terremoto, aplastado por un rodado, mientras escalaban una ladera del cerro La Campana en Quillota. Hubo 87 muertos, centenares de heridos y doscientos desaparecidos bajo el aluvión del tranque de relave de la mina El Soldado.	S/D	Sismologia.cl Urrutia & Lanza (1993)
08/07/1971	23:03	-32,51	-71,21	7,5	S/D	40	Un terremoto afectó principalmente las zonas de Coquimbo, Aconcagua, Valparaíso y Santiago, dejando miles de viviendas destruidas.	S/D	Sismologia.cl Urrutia & Lanza (1993) Desinventar.org
16/10/1981	0:25	-33,13	-73,07	7,5	S/D	33	Sismo afecta a la V región.	S/D	Sismologia.cl El Mercurio La Red

Fecha	Hora Local	Lat (°)	Long (°)	Magnitud Ms	Magnitud Mw	Prof. [km]	Descripción	Intensidad IMM	Referencias
									(Desinventar.org)
03/03/1985	19:46	-33,24	-71,85	7,8	8	33	El movimiento se sintió desde la III y IX región. Su epicentro se ubicó en la latitud treinta y tres grados, catorce minutos y veinticinco segundos, y longitud de setenta y dos grados, dos minutos y veinticuatro segundos. Con este terremoto hubo destrucción de viviendas que causaron víctimas fatales, destrucción de pavimentos, caída de puentes.	S/D	Sismologia.cl Urrutia & Lanza (1993)
10/08/2001	17:45	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	Fuerte temblor sacudió a la región, causó alarma en la población por el fuerte ruido que acompañó a un leve movimiento ondulatorio. El sismo fue perceptible en toda la cuarta, quinta y Región Metropolitana. No se produjeron daños materiales, ni resultaron personas lesionadas.	S/D	Diario Impacto
11/03/2010	11:39	-34,30	-72,13	6,3	6,9	33,1	Un sismo de magnitud Mw 6.9 con epicentro en -34.301, -72.130, a una profundidad de 33.1 km, se sintió en Quillota con intensidad IV.	S/D	Sismologia.cl
17/04/2012	0:50	-32,79	-71,81	6,2	6,5	35	Un sismo de magnitud Mw 6.5 se produjo 54 Km al Oeste de Quillota con epicentro en -32.787, -71.812, a una profundidad de 35 km.	S/D	Sismologia.cl
23/08/2014	18:32	-32,74	-71,50	S/D	6,4	40,1	Sismo de magnitud Mw 6.4 se produjo 36 km al N de Valparaíso con epicentro en -32.737, -71.498, a 40,1 km de profundidad.	S/D	Sismologia.cl
16/09/2015	19:45	-31,55	-71,86	-	7,6	30	Sismo (8,4 Mw) afectó principalmente a la región de Coquimbo, pero también a la región de Valparaíso, con 2.442 viviendas destruidas y 2.712 con daño mayor no habitables. Tsunamigénico.	S/D	Sismologia.cl

Fuente: Elaboración propia.

9 REFERENCIAS

- Antinao, J., Fernández, J., Naranjo, J., & Villarroel, P. (2002). *Peligro de Remociones en Masa e Inundaciones en la Cuenca de Santiago*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile. Serie Geología Ambiental, No. 2, 1 mapa escala 1:100.000.
- Barnes, H. (1967). *Roughness characteristics of natural channels*. U. S. Geological Survey Water-Supply Paper 1849.
- Barrientos, S. (1980). *Regionalización sísmica de Chile MSc thesis*. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- Barrientos, S. (1997). Central Chile: An example of quasi-static crustal behaviour. *The Island Arc*, 6, 281-287.
- Blair, T., & McPherson, J. (2009). *Processes and forms of alluvial fans*. Springer Science Business Media.
- Carvajal M., C. M. (2017). *Source of the 1730 Chilean earthquake from historical records: Implications for the future tsunami hazard on the coast of Metropolitan Chile*.
- Charrier, R., Pinto, L., & Rodríguez, M. (2007). Tectonostratigraphic evolution of the Andean Orogen in Chile. En T. Moreno, & W. Gibbons (Edits.), *The Geology of Chile* (págs. 21-114). Londres: Geological Society of London.
- Chow, V. (1959). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Santafé de Bogotá, Colombia. McGRAW-HILL INTERAMERICANA S.A.
- Consultora Cecilia Vidal. (2000, 2006). *Proyecto de Actualización Plan Regulador Comunal de Papudo (No finalizado)*.
- Costa, J. (1984). Physical geomorphology of debris flows. In Developments and Applications of Geomorphology. En J. E. Costa, & P. J. Fleisher (Edits.), *Developments and Applications of Geomorphology* (págs. 268-317). Berlin: Springer-Verlag.
- Cowan, W. (1956). *Estimating hydraulic roughness coefficients*. *Agricultural Engineering*, Vol. 37, N°7, julio de 1956, pp. 473-475.
- Cruden, D., & Varnes, D. (1996). *Landslide types and processes*. Washington D.C.: Special Report 247: Landslides: Investigation and Mitigation, Transportation Research Board.
- DeMets, C., Gordon, R., Argus, D., & Stein, S. (1994). Effect of recent revisions to the geomagnetic reversal time scale on estimates of current plate motions. *Geophysical Research Letters*, 21(20), 2191-2194.
- DGA-MOP. (1995). *Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluviométrica*.
- Dirección de Vialidad - Unidad de Ingeniería - Área de Puentes y Estructuras. (2004). *Descripción General puente Pullally y Puente Pullally Calle de Servicio*.
- DOM, M. d. (1969, 1992, 1995). *Plan Regulador Comunal de Papudo (Vigente)*.
- Esaki, T., Thapa, P., Mitani, Y., & Ikemi, H. (2005). Landslide and debris flow characteristics and hazard mapping in mountain hillslope terrain using GIS, Central Nepal. Vancouver: En: Eberhardt, E., Hungr, O., Fell, R., Couture, E. (eds), *Proceedings, International Conference on Landslide Risk Management*, p. 657-669.
- Giraud, R., & Shaw, L. (2007). *Landslide Susceptibility Map of Utah*. Utah Geological Survey, 16 p.
- Gonzalez de Vallejo, L., Ferre, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica* (Segunda ed.). Madrid: Pearson Educación.
- González Ferrán, O. (1995). "Volcanes de Chile". *Instituto Geográfico Militar* (pág. 134-136).
- Hasanzadeh Nafari, R., Ngo, T., & Mendis, P. (2016). An assessment of the effectiveness of tree-based models for multi-variate flood damage assessment in Australia. *Water*, v. 8(n. 282), p. 1-18.
- Hauser, A. (1985). Flujos aluvionales de 1870 y 1896 ocurridos en la ladera norte del volcán Yates, X Región: su implicancia en la evaluación de riesgos naturales. *Revista Geológica de Chile*, 25-26, 125-133.

- Hauser, A. (1997). *Los aluviones del 18 de Junio de 1991 en Antofagasta: un análisis crítico, a 5 años del desastre*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, Boletín N° 49, 47 pág.
- Hauser, A. (2000). *Remociones en masa en Chile* (2da ed.). Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, Boletín N° 59, versión actualizada, 89 pág.
- Ilustre Municipalidad de Papudo. Oficina Comunal de Emergencia. (2017). *Evaluación de riesgos por lluvias, plan otoño - invierno. Visita inspectiva comuna de Papudo*.
- Isaacks, B. (1988). Uplift of the Central Andes plateau and bending of the Bolivian Orocline. *Journal of Geophysical Research*, 93, 3211-3231.
- JTC-1. (2008). Guidelines for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for land use planning. *Engineering Geology*, 102(3-4), 85-98.
- Karmaker, T., & Dutta, S. (2012). *Modeling seepage erosion and bank retreat in a composite river bank*.
- Kausel, E. (1992). *Relaciones entre parámetros focales y macrosísmicos de grandes terremotos chilenos*. Revista Geofísica, Volumen 37, pp. 36 - 194., 37, 36-194.
- Keller, E., & Blodgett, R. (2004). *Riesgos Naturales*. Madrid: Pearson Education S.A., 448 pág.
- KRAL Consultores Limitada. (2016). *Análisis crítico de las Redes Hidrométricas, regiones V a VII y Región Metropolitana*. Santiago.
- Kreibich, H., Piroth, K., Seifert, I., Maiwald, H., Kunert, U., Schwartz, J., y otros. (2009). Is flow velocity a significant parameter in flood damage modelling? *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*(n. 9), p. 1679-1692.
- Lara, L., & Rauld, R. (2003). *Diagnóstico de la geología ambiental de las grandes ciudades de Chile*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 182 pág.
- Lomnitz, C. (1970). *Major earthquake and tsunamis in Chile during the period 1535 to 1955*.
- Martin, G., & Lew, M. (1999). *Recommended Procedures for Implementation of DMG Special Publication 117: Guidelines for Analyzing and Mitigating Liquefaction Hazards in California*. Los Angeles: Southern California Earthquake Center, University of Southern California, 63 pág.
- Merz, B., Kreibich, H., & Lall, U. (2013). Multi-variate flood damage assessment: a tree-based data mining approach. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, v. 13, p. 53-64.
- MOP - Dirección de Vialidad. (2002). *Manual de Carreteras, Volumen N°3, Instrucciones y Criterios de Diseño*.
- Mpodozis, C., & Ramos, V. A. (1989). *The Andes of Chile and Argentina In: Ericksen, G. E.; Cañas, M. T.; Reinemund, J. A. (eds) Geology of the Andes and its Relation to Hydrocarbon and Energy Resources. Circum-Pacific Council for Energy and Hydrothermal Resources, American Association of Pet* (11 ed.). Houston, Texas: Earth Science Series.
- Myers, B., & Brantley, S. (1995). *Hazardous phenomena at volcanoes*. Vancouver, Washington.: USGS Open File Report, pág. 95-231.
- Naranjo, J., & Varela, J. (1996). *Debris and mud flows that affected the eastern area of Santiago on May 3, 1993*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería. Boletín No. 47, 42 pág.
- ONU/EIRD. (2004). *Vivir con el Riesgo, Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres, Versión en español 2004*. Nueva York: Organización de las Naciones Unidas.
- Pain, C. (1986). *Scarp Retreat and Slope Development Near Picton, New South Wales, Australia*. Braunschweig.
- Paskoff, R. (1970). *Le Chili semi-aride, recherches géomorphologiques*. Bordeaux: Biscaye Frères, 420 pp.
- Peña y Vidal. (1993). *Estimación Estadística de la Línea de Nieves durante los Eventos de Precipitación entre las latitudes 28 y 38 grados Sur*. XI Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica.
- Pierson, T., & Scott, K. (1985). Downstream dilution of Lahar: transition from debris flow to hyperconcentrated streamflow. *Water Research*, 21(10), 1511-1524.
- PMA-GCA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas*. Santiago: Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p.

- PMA-GCA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas*. Santiago: Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional No. 4, 432 p.
- PMA-GCA. (2008). *Atlas de Deformaciones Cuaternarias de Los Andes*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería.
- PMA-GCA. (2008). *Atlas de Deformaciones Cuaternarias de Los Andes*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Ramos, V. A., Cristallini, E., & Pérez, D. J. (2002). The Pampean flat-slab of the Central Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 15, 59-78.
- Ramos, V. A., Jordan, T. E., Allmendinger, C., Mpodozis, C., Kay, S. M., Cortés, J. M., y otros. (1986). Paleozoic Terranes of the Central Argentine-Chilean Andes. *Tectonics*, 855-880.
- Rivano, S., & Sepúlveda, P. (1991). *Hoja Illapel, Región de Coquimbo*. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile 69: 132 p.
- Rivano, S., Sepúlveda, P., Boric, R., & Espiñeira, D. (1993). *Hojas Quillota y Portillo, V Región. Carta Geológica de Chile No 73 (Escala 1:250.000)*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Samadi, A., Davoudi, M., & Amiri-Tokaldany, E. (2011). *Experimental Study of Cantilever Failure in the Upper Part of Cohesive Riverbanks*.
- Scholz, C. (1990). *The Mechanics of Earthquakes and Faulting*. Cambridge: Cambridge University Press, 439 pág.
- SERNAGEOMIN. (2003). *Mapa Geológico de Chile: Versión Digital. Publicación Geológica Digital, N°4*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería.
- SERNAGEOMIN. (2003). *Mapa Geológico de Chile: Versión Digital. Publicación Geológica Digital, N°4*. Santiago, Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. (Ed.2003). *CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI. Referida al evento del año 1906. Escala1: 10.000*.
- SHOA. (Noviembre, 2003). *Carta de Inundación por tsunami - Puerto Papudo, Chile (TSU-4313A). Documento explicativo*.
- Somoza, R. (1998). Updated Nazca (Farallon)- South America relative motions during the last 40 My: implication for mountain building in the central Andean region. *Journal of South American Earth Sciences*(11), 211-215.
- Sruoga, P. (2002). *El volcanismo reciente y riesgo asociado en la Provincia de Mendoza*. Mendoza: IANIGLA, 30 Años de Investigación Básica y Aplicada en Ciencias Ambientales, pág. 255-259.
- SUBDERE. (2011). *Guía Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial*. Santiago: Subsecretaría de Desarrollo Regional.
- URBE Arquitectos, diseño y gestión urbana . (1996, 2012). *Actualización y Reformulación del Plan Intercomunal de Valparaíso, Satélite Borde Costero Norte - V Región de Valparaíso*.
- USGS. (2008). *The landslide handbook—A guide to understanding landslides*. Reston, Virginia: U.S. Geological Survey Circular 1325, 129 p.
- Varnes, D. (1978). *Slope movement types and processes*. Washington, D.C.: Special report 17VI: Landslides: Analysis and Control, Transportation Research Board.
- Varnes, D. (1984). Hazard Zonation: A Review of Principal and Practice. Commission of Landslide of IAEG, UNESCO. *Natural Hazards*, 3, 1-61.

ANEXO 1: RIESGOS Y PROTECCIÓN AMBIENTAL
ANEXO 1.2 RIESGO DE INCEDIOS
ESTUDIO: “ACTUALIZACION PLAN REGULADOR COMUNAL DE PAPUDO”

Julio de 2019

Preparado por:



HABITERRA Ltda. CONSULTORES
Dir: Príncipe de Gales N° 5921 Of. 1009 La Reina |
Santiago | CHILE
Tel +56-2 26352768 | 26359620 | 26657344
E mail: pguzman@habitterra.cl | izapata@habitterra.cl |
recepcion@habitterra.cl
Web: www.habitterra.cl

Preparado para:



ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE PAPUDO
Dir: Chorrillos N°9
| PAPUDO | CHILE
Tel +56 33 2 325100

EQUIPO TÉCNICO ESPECIALISTA

Cargo	Descripción del cargo	Nombre completo
Ecólogo Paisajista	Encargado Estudio Fundado Riesgos de Incendio	Suiké Kong Espinoza

INDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción	4
1.1	Ubicación del área de estudio.....	4
1.2	Objetivos.....	5
1.3	Alcance y limitaciones.....	6
1.4	Marco jurídico.....	6
2	Metodología.....	7
3	Línea Base.....	9
3.1	Información y estudios base.....	9
3.1.1	Contexto regional, provincial y comunal de Incendios Forestales	9
3.1.2	Mapa de Probabilidad de Ignición de Incendios Forestales.....	12
5.1.1	Prioridades de Protección contra Incendios Forestales en la Región de Valparaíso	13
4	Resultados.....	14
4.1	Manejo de la información Pre existente.....	14
4.1.1	Modelo de concentración de puntos de incendios	15
4.1.2	Modelo de Definición de zonas.....	15
4.2	Concentración de puntos de incendios históricos Comunales.....	15
4.3	Riesgo asociado a incendios históricos Locales.....	17
4.4	Riesgo asociado a incendios por vegetación y vialidad	20
4.5	Zonificación Riesgo de incendios área urbana de Papudo.....	22
5	Recomendaciones	24
5.1	Recomendaciones generales.....	24
5.2	Monitoreo Continuo	25
5.3	Medidas asociadas al Plan.....	25

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1-1 Ubicación área de estudio	5
Ilustración 1.4-1 Esquema metodológico	8
Ilustración 3.1-1 Área homogénea de riesgo de incendio Papudo Conaf 2011	10
Ilustración 3.1-2 Mapa de Probabilidad de Ignición de Incendios Forestales	12
Ilustración 3.1-3 Prioridades de Protección Contra Incendios Forestales.....	14
Ilustración 4.2-1 Concentración de puntos de incendios históricos Comunales	16
Ilustración 4.3-1 Concentración de puntos de incendios históricos Locales Papudo.....	17
Ilustración 4.3-2 Concentración de puntos de incendios históricos Locales Pullalli.....	19
Ilustración 4.4-1 Riesgo asociado a incendios por vegetación y vialidad Papudo	21
Ilustración 4.4-2 Riesgo asociado a incendios por vegetación y vialidad Pullalli	22
Ilustración 4.5-1 Zonificación riesgo de incendios área urbana de Pullalli.....	24
Ilustración 5.3-1 Franjas de seguridad asociadas a vías	26

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1-1 Hectáreas consumidas por incendios 2002 al 2011 por Provincias	9
Gráfico 3.1-2 Incendios en la comuna de Papudo 1985 - 2018.....	11

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 4.3-1 Sector Quebrada 21 de Mayo	18
Fotografía 4.3-2 Parque Pullalli	18

1 INTRODUCCIÓN

Se presenta a continuación un análisis suplementario al estudio fundado de riesgos naturales y antrópicos, en el marco del “Estudio Actualización Plan Regulador Comunal de Papudo”, en adelante también definido como PRC Papudo o “el Plan”.

Este documento incluye la metodología a utilizada y aquellos antecedentes de base comunal y local, conducentes a la identificación de los peligros de incendio a partir de la base histórica de aquellos siniestros que han afectado a la comuna y sus alrededores, junto a un diagnóstico de los peligros de incendio en la interface rural y urbana, para finalmente definir una zonificación de los peligros identificados y una serie de recomendaciones para el proceso de planificación urbana acorde a las condiciones identificadas a partir del presente estudio, para el área de planificación urbana de la comuna de Papudo.

Los resultados se presentan en forma de mapas de susceptibilidad y cuadros resumen, según la nomenclatura propuesta por la OGUC¹. La zonificación aquí presentada sirve de base para definir las áreas de riesgo y zonas no edificables para la formulación de los respectivos instrumentos de planificación territorial (IPT).

Se utilizó para la elaboración análisis de riesgo de incendios, la consulta a fuentes secundarias de información. A partir de las cuales se generó una modelación en una plataforma SIG, para la determinación de los sectores de mayor afectación potencial de incendios.

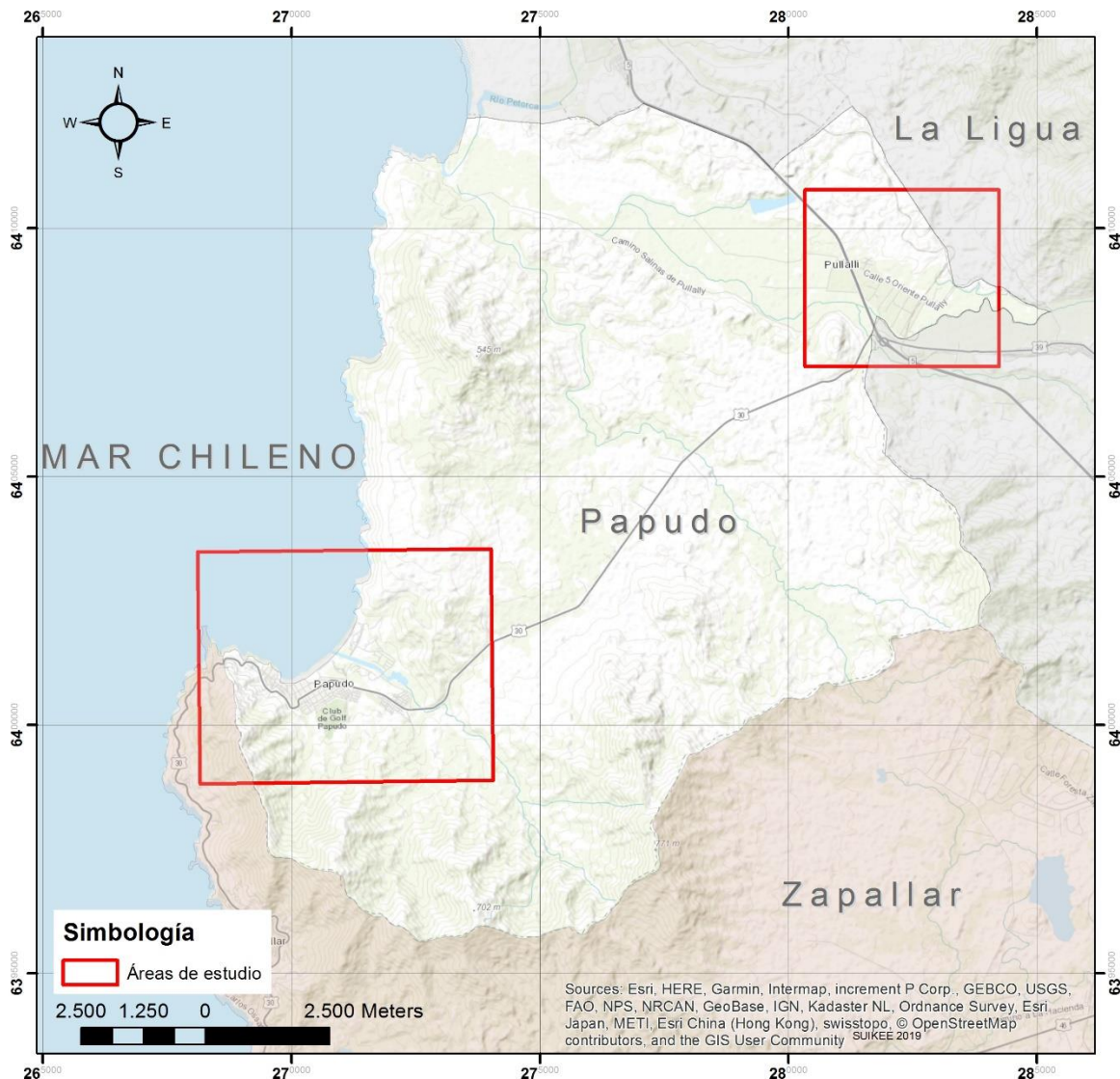
1.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a la comuna de Papudo, ubicada en la Provincia y Región de Valparaíso. La comuna de Papudo tiene una superficie de 165,6 km², y limita al norte y al este con la comuna de La Ligua, al sur con la comuna de Zapallar y al oeste con el Océano Pacífico

Se realiza un análisis de referencia a nivel comunal, que permita identificar el comportamiento de incendios a esta escala, para luego centrar un análisis de detalle en el área de estudio local, enfocada en el balneario de Papudo y la localidad de Pullalli. Véase la siguiente ilustración.

¹ Versión 4 marzo 2016.

Ilustración 1.1-1 Ubicación área de estudio



Fuente: Elaboración propia a partir de cobertura comunal de la Mapoteca de la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

1.2 OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es elaborar un estudio fundado de riesgos de incendio que entregue criterios para el desarrollo del estudio “Actualización del Plan Regulador Comunal de Papudo”.

El objetivo específico corresponde al reconocimiento y delimitación de las áreas de riesgos de incendio, de acuerdo a los criterios y definiciones expuestos en el artículo 2.1.17 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, que han de ser incorporadas y/o adecuadas en el desarrollo de la Actualización del Plan Regulador Comunal de Papudo.

1.3 ALCANCE Y LIMITACIONES

La zonificación se llevó a cabo para el área de estudio a una escala aproximada 1:10.000; considerando que la restitución está disponible a una escala 1:1.000, y teniendo en cuenta que la mayor parte de la información de referencia de incendios está a una escala mayor a 1:50.000. Se debe destacar que los resultados de este trabajo no deberían ser utilizados a una escala más detallada que la de referencia.

En el presente informe se utilizarán los conceptos utilizados por la ONEMI², entidad que describe un incendio forestal como “Un fuego que, cualquiera sea su origen, se propaga sin control en terrenos rurales o cerca de viviendas, a través de árboles, matorrales y pastizales, verdes y/o secos. En un incendio forestal, además, se pueden perder viviendas, animales, fuentes de trabajo e incluso vidas humanas. En Chile los incendios forestales son causados principalmente por las personas debido a negligencias, descuidos en el uso del fuego o mala intención.”

En este estudio se analizan los riesgos de incendios relacionados a factores desencadenantes y condicionantes de orden físico, sin embargo existen situaciones difíciles de prever, en especial debido a cambios en las condiciones naturales (factores condicionantes) por modificaciones antrópicas; tales como corta de vegetación o nuevas plantaciones forestales, así como el propio comportamiento humano, respecto a la generación de puntos de ignición en áreas que escapen a la definición de las zonas previstas en los resultados del presente estudio.

1.4 MARCO JURÍDICO

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), en su apartado 2.1.17 “Disposiciones complementarias” indica que: “En los planes reguladores podrán definirse áreas restringidas al desarrollo urbano, por constituir un riesgo potencial para los asentamientos humanos. Dichas áreas, se denominarán “zonas no edificables” o bien, “áreas de riesgo”, según sea el caso, como se indica a continuación:

- Por “zonas no edificables”, se entenderán aquellas que por su especial naturaleza y ubicación no son susceptibles de edificación, en virtud de lo preceptuado en el inciso primero del artículo 60° de la Ley General de Urbanismo y Construcciones. En estas áreas sólo se aceptará la ubicación de actividades transitorias.
- Por “áreas de riesgo”, se entenderán aquellos territorios en los cuales, previo estudio fundado, se limite determinado tipo de construcciones por razones de seguridad contra desastres naturales u otros semejantes, que requieran para su utilización la incorporación de obras de ingeniería o de otra índole, suficientes para subsanar o mitigar tales efectos.

Se hace presente que a partir de la circular DDU 269, MINVU 2014. Los planes reguladores deben incluir un estudio fundado, para la determinación en un territorio, de aquellos sectores bajo amenaza de riesgo de incendio.

² <http://repositoriodigitalonemi.cl/web/bitstream/handle/2012/1712/FORESTALES.pdf>

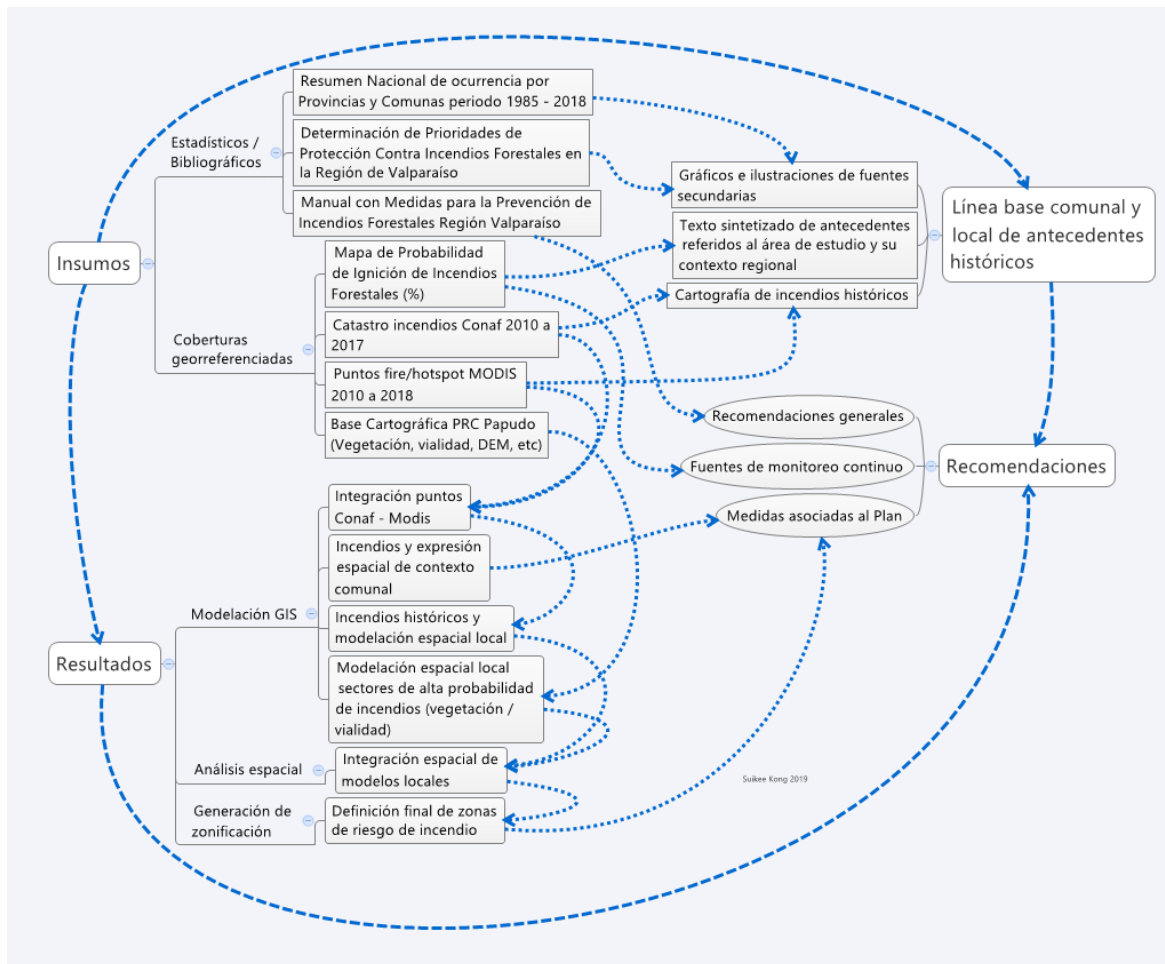
2 METODOLOGÍA

El estudio fundado de riesgos reconoce y delimita las áreas que pueden potencialmente ser afectadas, en este caso por incendios en la comuna en base a antecedentes secundarios y su modelación en una plataforma SIG. Para lograr lo anterior, la metodología de trabajo incluyó una serie de actividades, que se resumen a continuación.

- Caracterización del área de estudio, mediante estudios y antecedentes de incendios, vegetación y su relación con las áreas urbanas para describir los factores que inciden en la ocurrencia de este tipo de peligros existentes en el área.
- Catastro de incendios que han afectado el área, para conocer las zonas que han sido afectadas históricamente. Para lo cual se realizó una recopilación bibliográfica de los antecedentes históricos disponibles en la literatura (libros, publicaciones científicas y prensa). Así como la compilación de coberturas georreferenciadas y sus correspondientes bases de datos.
- Diagnóstico de los peligros que pudieran afectar al área, para conocer las zonas que presentan condiciones favorables para la ocurrencia de los peligros existentes. Esto a partir de la generación de modelos de distribución espacial, derivadas la vialidad en el margen urbano y la cobertura de vegetación derivada del levantamiento cartográfico asociada al diseño del Plan.
- Zonificación de los peligros, mediante la integración de los resultados anteriores.

La estructura metodológica general utilizada, comprende la utilización de insumos, su manejo y posterior utilización escalonada, vinculada a la generación de resultados y recomendaciones, las cuales han sido esquematizadas en la siguiente ilustración.

Ilustración 1.4-1 Esquema metodológico



Fuente: Elaboración propia.

Se ha privilegiado aquella información espacial disponible, como insumos para la modelación espacial de resultados, identificando zonas a través de herramientas de cálculo de densidad para entidades de puntos. Para lo cual se trabajó con la conversión de polígonos a puntos en los casos necesarios. De tal forma que el valor de superficie será más alto en la ubicación del punto y disminuirá a medida que aumenta la distancia desde el punto hasta alcanzar la distancia cero³. Como resultado de dicho proceso se genera una cobertura ráster que identifica la densidad de puntos, que luego es interpretada y reclasificada en zonas de riesgo de incendios, asociadas a las bases cartográficas utilizadas.

³ Densidad de Kernel

3 LÍNEA BASE

3.1 INFORMACIÓN Y ESTUDIOS BASE

La primera etapa del proceso, comprometió la consulta de fuentes bibliográficas, las cuales, en términos generales, refieren a una serie de recomendaciones de manejo y medidas preventivas respecto a los incendios en el contexto de interface urbano – rural con una escala de aproximación gruesa al territorio.

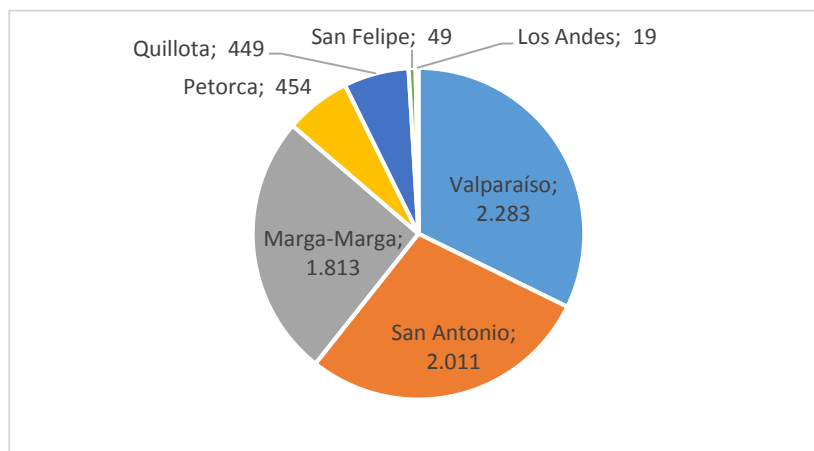
3.1.1 Contexto regional, provincial y comunal de Incendios Forestales

Entre los textos consultados, destaca por su pertinencia al área de estudio el denominado “Manual con Medidas para la Prevención de Incendios Forestales Región Valparaíso. Documento de Trabajo 567” de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) 2014

En este manual se exponen los conceptos referidos a los tipos de incendios, origen, épocas y diversos efectos, entre otros aspectos. Especificando que los espacios usualmente afectados corresponden a sectores rurales y/o de transición urbano-rural.

Como estadísticas referenciales, se menciona que en la Región de Valparaíso, para el periodo 2002 a 2011 la mayor cantidad y superficie afectada por incendios se evidenció fuera de la provincia de Petorca, siendo ésta una de las de menor afectación por este tipo de siniestros. Mientras que las Provincias de Valparaíso, San Antonio y Marga-Marga, concentran la mayor incidencia de incendios forestales, coincidentes con las mayores cantidades de habitantes de la región. Véase el siguiente gráfico.

Gráfico 3.1-1 Hectáreas consumidas por incendios 2002 al 2011 por Provincias



Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conaf 2011 (Op. Cit)

⁴ Departamento de Manejo del Fuego, Región de Valparaíso 2011

En el citado estudio de Conaf 2011, se generaron una serie de coberturas, derivadas de geo procesos en una plataforma SIG, tomado en consideración una batería de variables para la definición de áreas homogéneas de riesgo de inicio de incendio forestal.

Como resultado se obtuvieron 23 tipos de áreas homogéneas para la Región de Valparaíso, de las cuales se jerarquizan según su riesgo y condición o grupos para la aplicación de medidas. Los grupos corresponden a varias áreas homogéneas que por sus características demandan la aplicación de similares medidas para la prevención de incendios forestales.

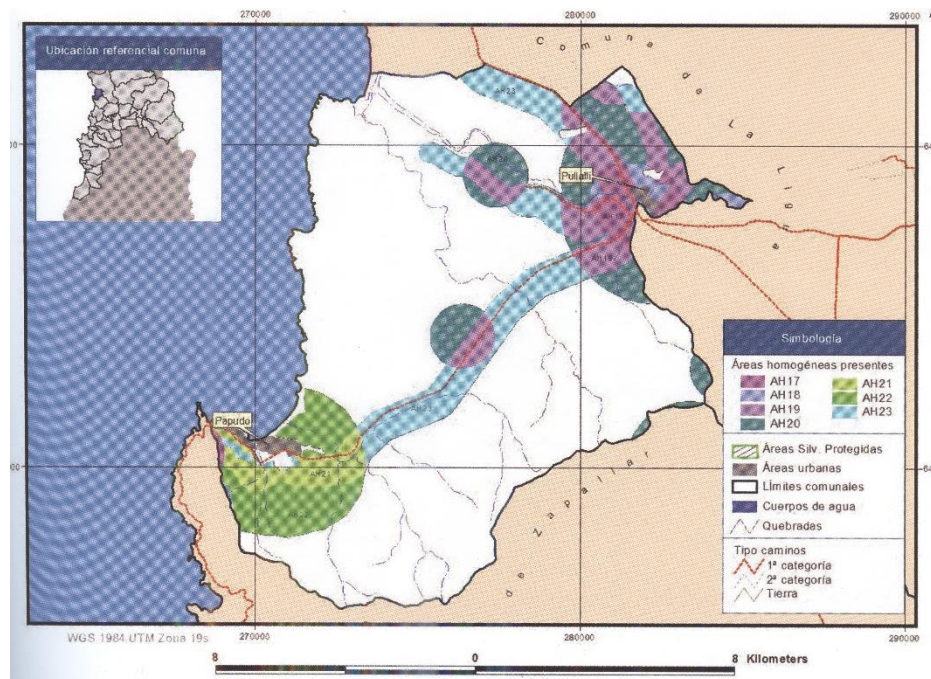
Dentro de los grupos reconocidos el correspondiente a “Sectores rurales cercanos a poblados con bosque, matorral o plantaciones” y “Sectores rurales cercanos a caminos, senderos con bosque, matorral o plantaciones”, comprenden aquellos de mayor relación con el presente ámbito de estudio.

Los resultados cartográficos expuestos en el manual, cuentan con una resolución gráfica deficiente, que no permite identificar al detalle los sectores afectados. Se expone a continuación los resultados de dicho documento para la comuna de Papudo, donde las unidades de mayor riesgo corresponden a:

- AH17 Sectores cercanos a poblados con presencia de caminos, senderos o líneas de tren, donde existe probabilidad de ocurrencia de incendios forestales
- AH18 Sectores cercanos a poblados, donde existe probabilidad de ocurrencia de incendios forestales
- AH19 Sectores cercanos a caminos, senderos o líneas de tren, donde existe probabilidad de ocurrencia de incendios forestales
- AH20 Sectores donde existe probabilidad de ocurrencia de incendios forestales

Estas áreas se localizan fuera del rango urbano de Papudo, situándose en el área rural de la comuna, en especial hacia el límite con la comuna de La Ligua. Véase la siguiente ilustración.

Ilustración 3.1-1 Área homogénea de riesgo de incendio Papudo Conaf 2011



Fuente: Conaf 2011 (Op. Cit)

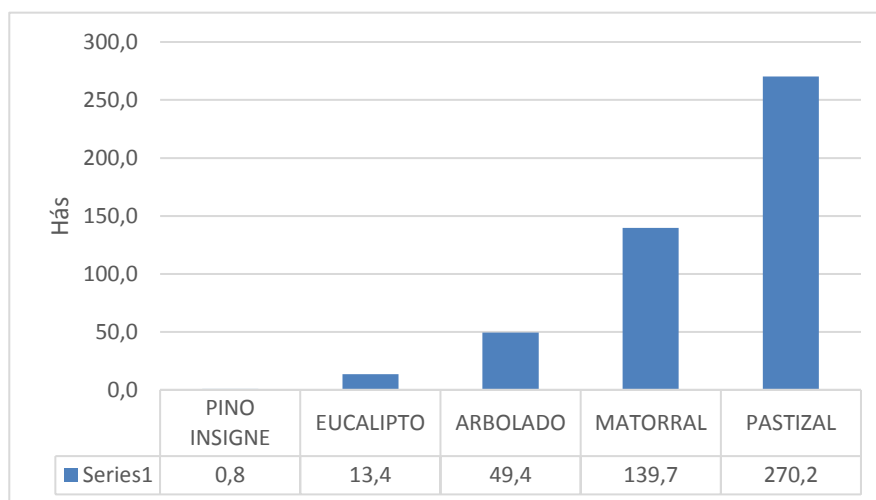
Los sectores situados en los alrededores de la capital comunal corresponden a las categorías, para las cuales no se describe mayor riesgo respecto a incendios forestales, describiendo los siguientes sectores:

- AH21 Sectores cercanos a poblados con presencia caminos, senderos o líneas de tren
- AH22 Sectores cercanos a poblados
- AH23 Sectores con presencia a caminos, senderos o líneas de tren

Cabe señalar que el documento consultado no posee una descripción metodológica de las métricas y procesos efectuados. Del mismo modo, los archivos (shapes) originales, de las coberturas no se encuentran disponibles según la autoridad regional⁵, por lo que se ha preferido utilizar información georreferenciada de los puntos de incendios para la generación de los patrones históricos de distribución de los mismos, tal como se detalla en los resultados del presente estudio.

La estadística comunal de incendios, compromete una cantidad de incendios marginal respecto a la región. Según el Resumen Nacional de ocurrencia por Provincias y Comunas periodo 1985 – 2018, Papudo concentra el 0.2% del total de incendios regionales. Contando 109 eventos en los 33 años catastrados, los cuales han abarcado una superficie total afectada de 473,5 hectáreas. El detalle del tipo de vegetación afectada puede ser consultado en el siguiente gráfico.

Gráfico 3.1-2 Incendios en la comuna de Papudo 1985 - 2018



Fuente: Elaboración propia a partir del Resumen Nacional de ocurrencia por Provincias y Comunas periodo 1985 – 2018 CONAF 2018

Se aprecia el dominio de superficies de herbáceas (57%) y matorrales (30%) afectados por los incendios históricos. Lo que tiene coherencia con los datos de puntos georreferenciados de Conaf utilizados para la generación de distribución espacial de los incendios a escala comunal y local.

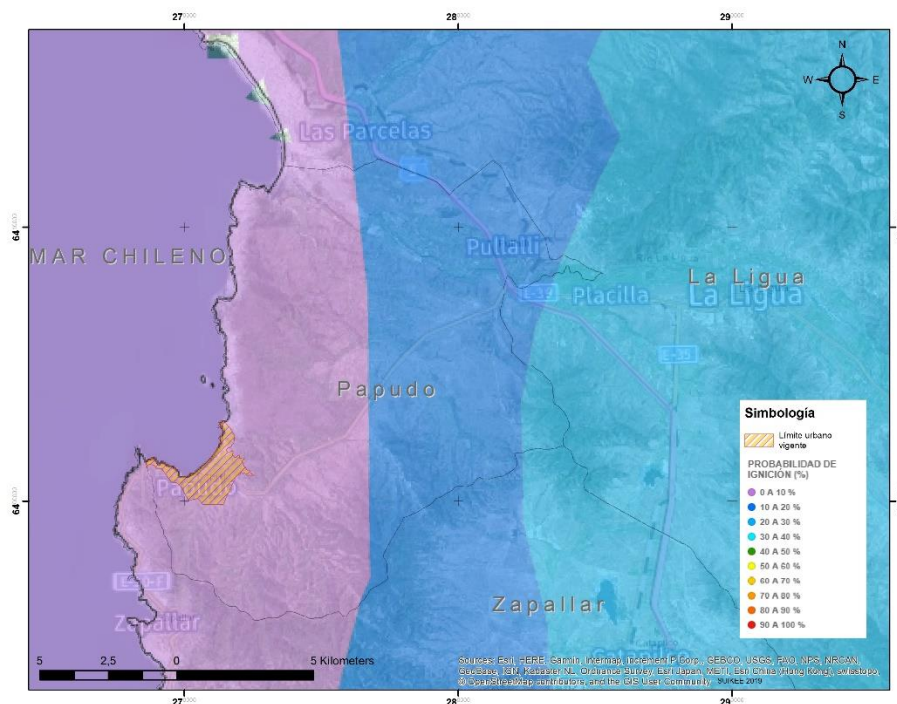
⁵ http://www.conaf.cl/cms/editorweb/transparencia/ene2018/CO_004-valparaiso.pdf

3.1.2 Mapa de Probabilidad de Ignición de Incendios Forestales

A partir de la consulta a los datos publicados por la Sección de Análisis y Predicción de Incendios Forestales (SAPIF) de la CONAF, se puede obtener una visión del denominado Índice de Probabilidad de Ignición, para todo Chile. El cual corresponde a la probabilidad de incendios. Para obtenerla se calcula primero la humedad básica del combustible fino muerto, en base a la temperatura, la humedad relativa, la hora del día y la época del año. Una vez obtenido este dato y con la temperatura ambiente se calcula la probabilidad de ignición.

La imagen expuesta a continuación corresponde al mes de febrero del año 2019, con condiciones atmosféricas estivales, que regularmente se asocian a una mayor susceptibilidad de incendios en el país. Y por ello representativas de la situación comunal en su contexto regional. Véase la siguiente ilustración.

Ilustración 3.1-2 Mapa de Probabilidad de Ignición de Incendios Forestales



Fuente: Elaboración propia a partir del sitio web SAPIF de CONAF 2019

Según la fuente consultada⁶, las áreas urbanas conforman sectores “no combustibles”, los cuales no han sido representados en la ilustración anterior, para facilitar la lectura de la simbología. Se puede apreciar que la comuna de Papudo se encontraría en la franja de menor probabilidad de ignición, la cual se va incrementando hacia el interior de la región .

⁶ El gestor web de mapas de la Sección de Análisis y Predicción de Incendios Forestales CONAF, no permite la consulta de registros históricos.

5.1.1 Prioridades de Protección contra Incendios Forestales en la Región de Valparaíso

En el documento denominado “Determinación de Prioridades de Protección Contra Incendios Forestales en la Región de Valparaíso”⁷ se genera la probabilidad de iniciación de incendios y Peligro, concluyendo en un Análisis del Daño Potencial, referido a las pérdidas e impactos que podrían generarse con la propagación del fuego. Véase la siguiente ilustración.

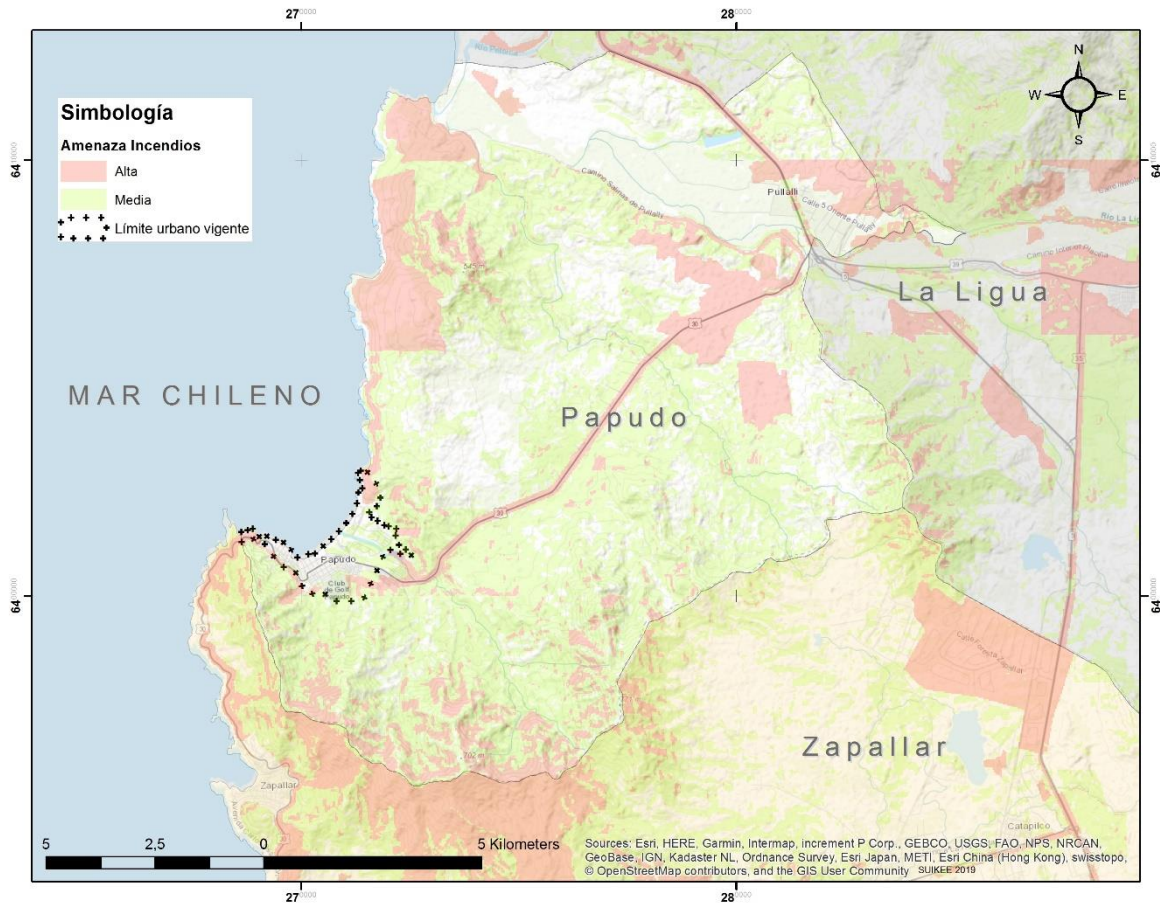
El análisis del riesgo reveló la existencia de sectores críticos de inicio de incendios (prioridad Alta) que se concentran principalmente en núcleos claramente delimitados en la zona de interfaz y de transición rural. Estos se encuentran fundamentalmente en las comunas del borde litoral más poblado, contexto en el cual Papudo se encuentra definido como de riesgo bajo.

Las zonas de prioridad media se ubican principalmente desde la mitad de la región hacia el norte, entre la Cordillera de la Costa y la Cordillera de Los Andes, con presencia en las Provincias de Quillota, Pertorca y San Felipe fundamentalmente y se caracterizan por un nivel menor de ocurrencia, sectores con pendiente elevada y una importante susceptibilidad al daño.

Para el área urbana de Papudo y sus alrededores se estimó una prioridad de protección más bien baja a excepción un pequeño sector localizado el extremo noroeste del límite urbano vigente y uno aún menor situado en las laderas de exposición norte que colindan con el límite urbano definido por la Avenida Circunvalación 9 de Junio. Mientras los sectores situados hacia el norte del borde costero y las áreas cercanas a Pullalli y La Ligua, conforman superficies importantes definidas como de una alta prioridad de protección contra incendios forestales, todas fuera del límite urbano. Resultados expuestos en la siguiente ilustración.

⁷ También llamado Documento de Trabajo N° 555, Generado por la Dirección Región de Valparaíso Departamento Manejo del Fuego CONAF y Gerencia de Proyectos Área Satelital CIREN el año 2010.

Ilustración 3.1-3 Prioridades de Protección Contra Incendios Forestales



Fuente: Modificado de CONAF CIREN 2010 (Op. Cit.)

4 RESULTADOS

Se presentan a continuación los ejercicios que permitieron obtener nuevos resultados a partir de los insumos utilizados como base de información.

4.1 MANEJO DE LA INFORMACIÓN PRE EXISTENTE

Tal como se expresa en la Ilustración “Esquema metodológico”, del presente estudio, fueron compiladas las coberturas en el sitio web de Conaf⁸ correspondientes a una serie de puntos georreferenciados por períodos de tiempo (desde al año 2010 al 2017), representando incendios regionales, los cuales fueron filtrados (también se corrigió la serie de datos del año 2016, que habían perdido su georreferencia) para trabajar solamente con aquellos coincidentes con el área de estudio.

También se integró información complementaria a los puntos de CONAF a partir de la consulta de dos fuentes de datos de puntos de calor identificados a partir de sensores remotos. La primera fuente corresponde a MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) y la segunda a VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer

⁸ <https://sit.conaf.cl/>

Suite), para el período de años del 2008 al 2018. Antecedentes compilados a partir del sitio web “Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS)” de la NASA.

Resultados que permitieron una visión integradora de los datos oficiales con aquellos registrados por los satélites de detección de incendios. A partir de la unión de estos antecedentes se pudo cotejar la cantidad de puntos o focos de incendios históricos, respecto una escala comunal y local, cuyos resultados son expuestos en la Ilustración denominada “Concentración de puntos de incendios históricos Comunales” y “Concentración de puntos de incendios históricos Locales”.

4.1.1 Modelo de concentración de puntos de incendios

Debido a que la información recopilada sólo conforma una serie de puntos, sin superficies o con mínima información sobre éstas, se procedió a generar una relación espacial de la cobertura de puntos descrita anteriormente, para así definir un modelo de densidad de incendios, según su cercanía recíproca, utilizando una técnica que permite calcular un área de magnitud por unidad a partir de entidades puntuales que se encuentran dentro una distancia de búsqueda. Lo que permite implementar la visualización y análisis de incidentes de incendios para identificar tendencias y patrones en el área de estudio.

4.1.2 Modelo de Definición de zonas

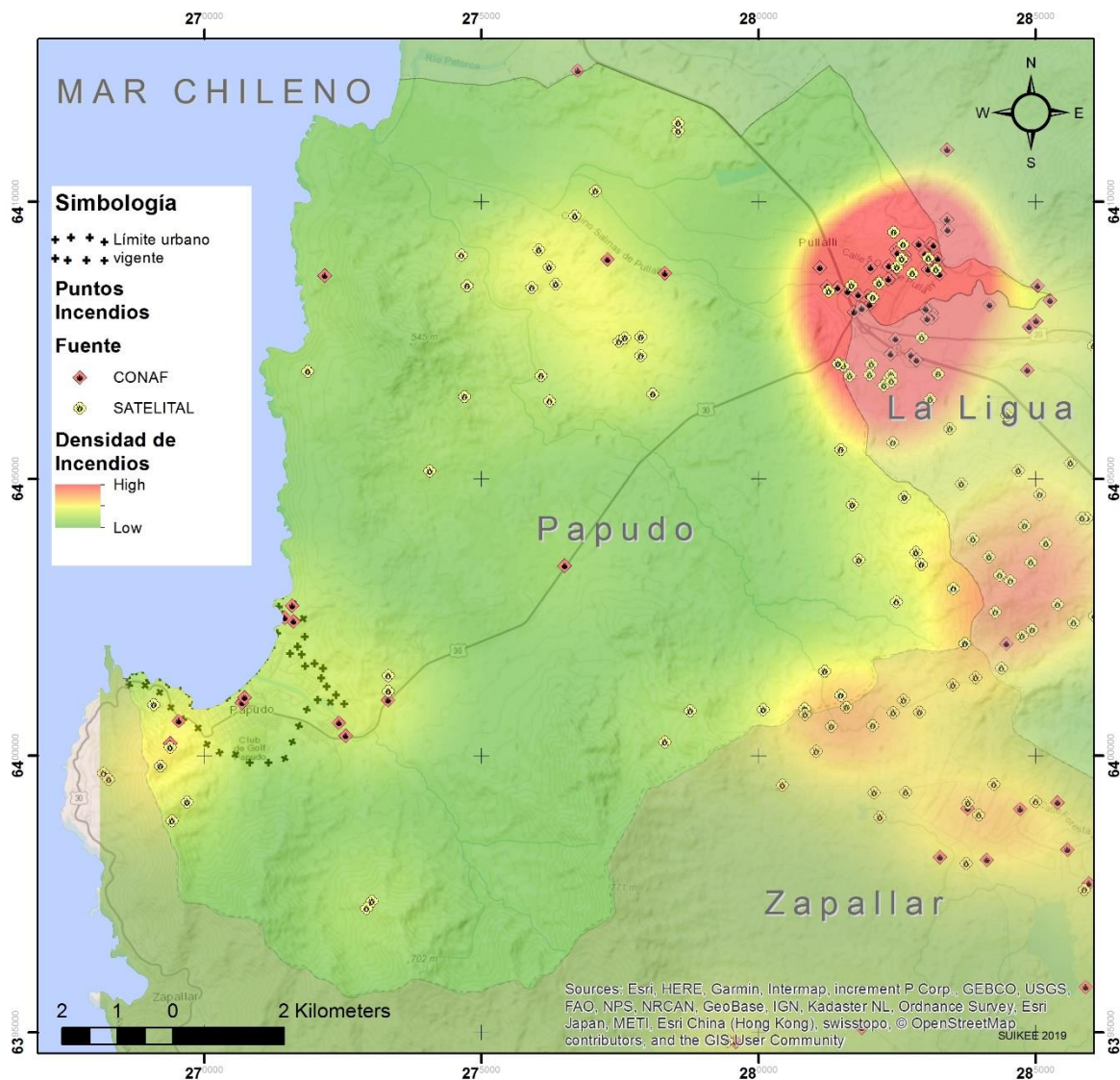
Como se podrá observar en las siguientes ilustraciones, los resultados obtenidos a partir de la modelación de concentración de puntos, posee una expresión de datos Ráster en una gradiente continua (Véase la siguiente ilustración), desde una máxima a una mínima concentración.

Para efectos de generación de zonas, estos resultados han sido reclasificados en 8 categorías y luego transformados en polígonos para facilitar la propuesta de zonas operativas para el instrumento de planificación, obteniendo con ello bandas de influencia (asociadas al modelo de concentración de puntos) las cuales han sido clasificadas en rangos tipo semáforo, desde un Bajo riesgo a uno Muy Alto.

4.2 CONCENTRACIÓN DE PUNTOS DE INCENDIOS HISTÓRICOS COMUNALES

El resultado de este ejercicio es presentado para una escala comunal en la siguiente ilustración, que facilita observar la relación entre la concentración de incendios y el contexto territorial de Papudo. Se representan también los puntos desde los cuales se generó el modelo, diferenciados según la fuente de obtención de los puntos de incendios.

Ilustración 4.2-1 Concentración de puntos de incendios históricos Comunales



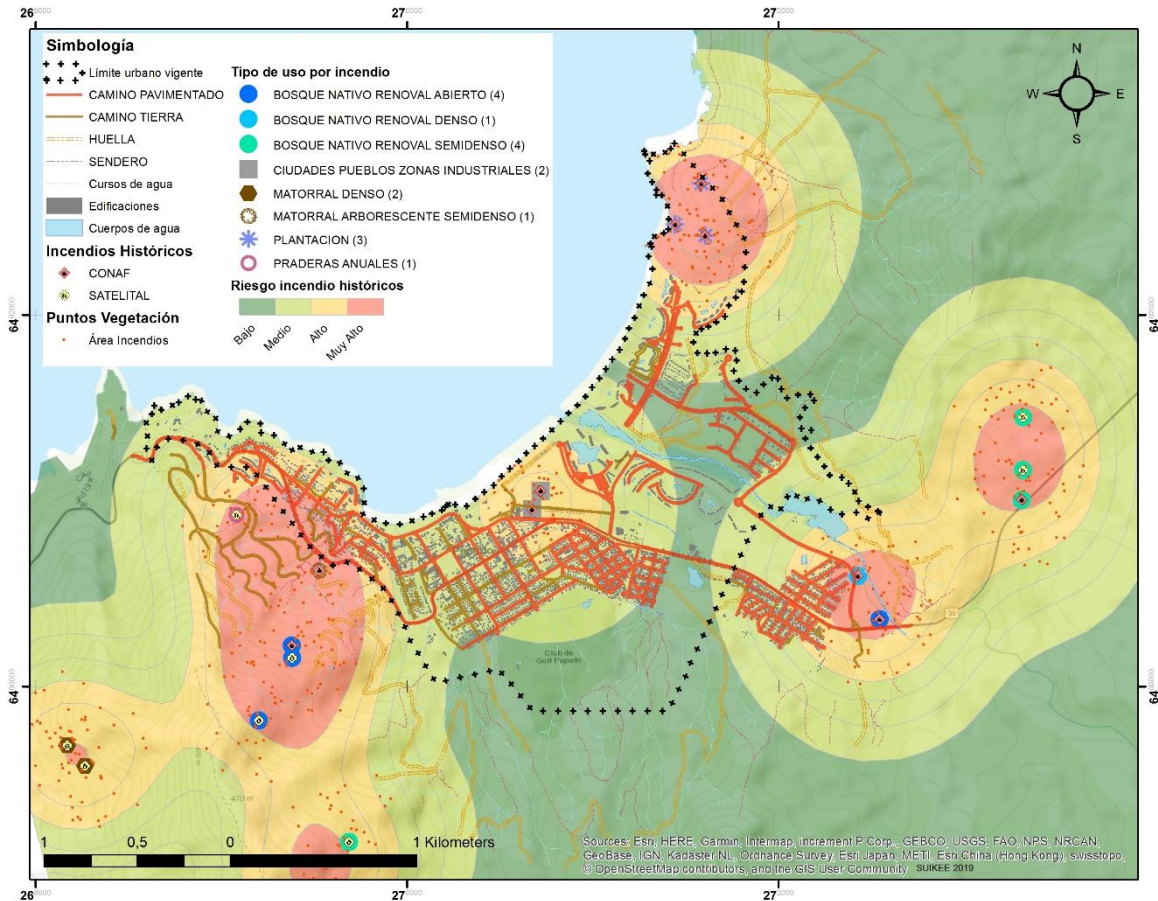
Fuente: Elaboración propia a partir de datos CONAF y NASA (Op. Cit)

Se puede apreciar cierta similitud con los resultados representados en la Ilustración “Prioridades de Protección Contra Incendios Forestales” de Conaf. Donde gran parte de los siniestros se concentran hacia el sector de Pullalli.

4.3 RIESGO ASOCIADO A INCENDIOS HISTÓRICOS LOCALES

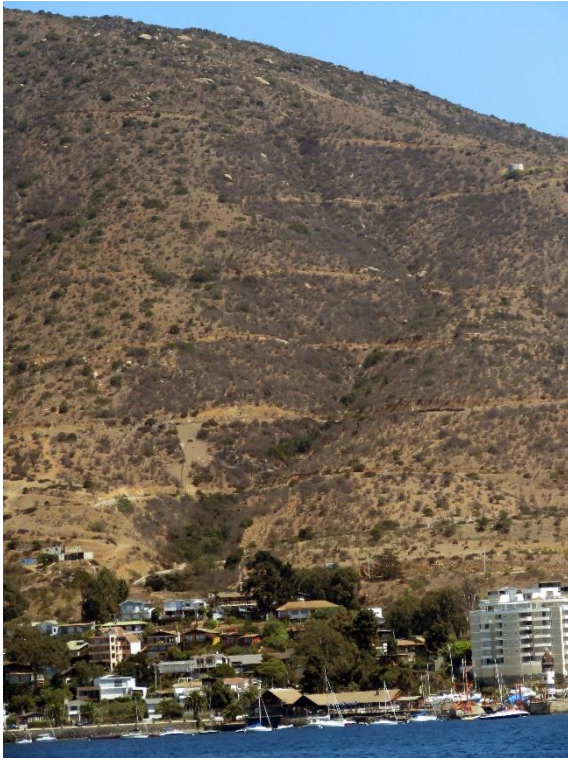
A partir de los antecedentes utilizados en la ilustración anterior y la metodología definida en los puntos “Modelo de concentración de puntos de incendios” y “Modelo de Definición de zonas” se replicó el ejercicio a escala local de Papudo y Pullalli, para lo cual se definió una cobertura de puntos vinculados al contexto inmediato de cada sector donde se reportaron incendios, con ello se generó una cobertura representada en las siguientes ilustraciones.

Ilustración 4.3-1 Concentración de puntos de incendios históricos Locales Papudo



Fuente: Elaboración propia a partir de datos CONAF (CTB) y NASA (Op. Cit)

Fotografía 4.3-1 Sector Quebrada 21 de Mayo



En el sector de la Quebrada 21 de mayo, el año 2010 (que corresponde al polígono de riesgo histórico muy alto localizado hacia el vértice inferior izquierdo de la ilustración anterior), se generó un gran incendio, según relatan personas del sector, desde unas torres de telecomunicación localizadas en la cima de los cerros que coronan dicha quebrada.

No se han registrado eventos de esa magnitud hasta el momento, sin embargo se aprecia una importante red de caminos que ascienden por la quebrada, en un área dominada por arbustos densos, que en época estival conforman una cobertura que propicia una rápida dispersión de incendios. En especial si potenciales fuentes de ignición de origen humano (como viviendas susceptibles a incendios, paso de vehículos, potenciales choques o colillas encendidas de cigarrillo y personas desequilibradas que provoquen incendios intencionales, entre otros factores), se localizan justamente en dichos sectores. Afectando en especial por su rapidez y accesibilidad de bomberos, los sectores en mayor pendiente

Fotografía 4.3-2 Parque Pullalli

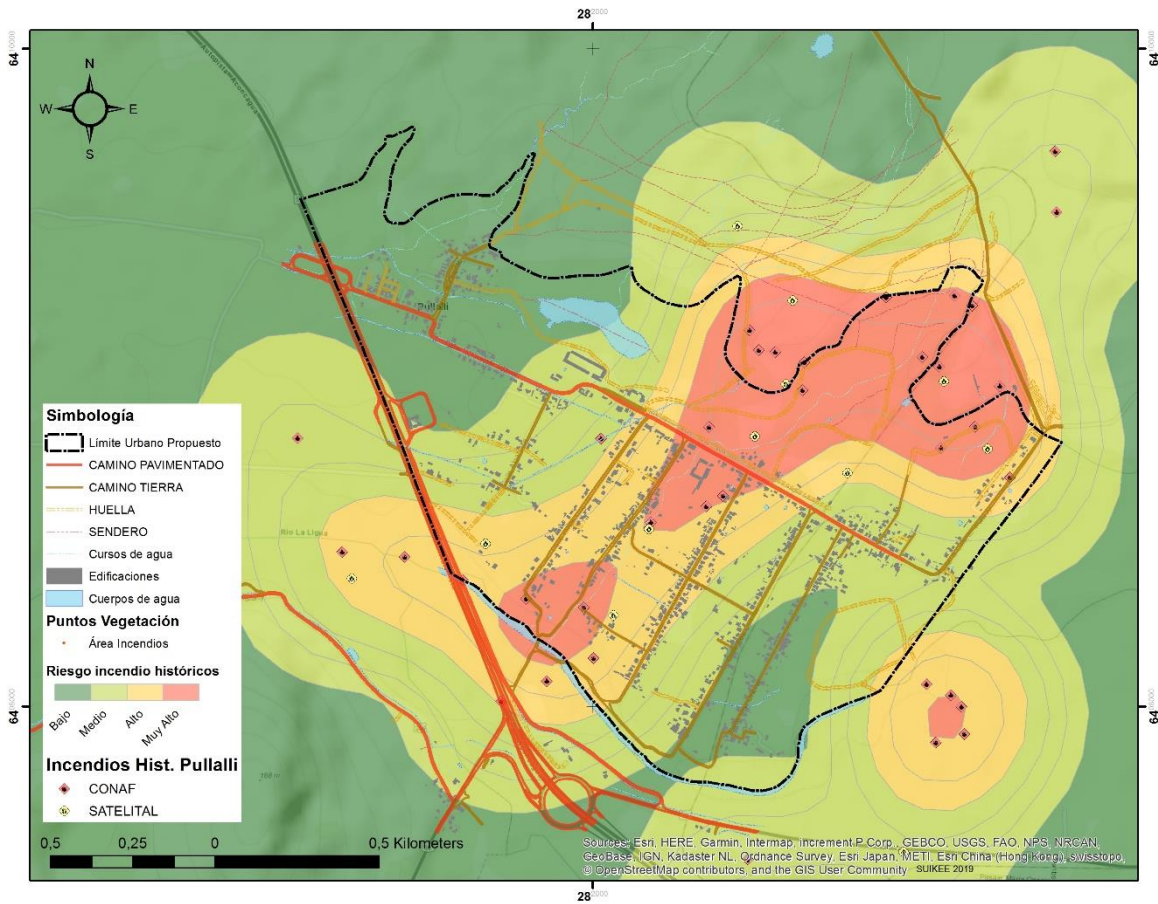
El Parque Pullalli, conforma un elemento relevante en términos recreativos y ambientales de ésta localidad. Sin embargo las actividades que implican el uso de fuego, los vientos dominantes y la presencia de forestaciones de eucaliptos, han dejado huellas de incendios que persisten en el tiempo.

Esto confirma el resultado de los modelos y propuesta de zonificación de restricción propuesta



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 4.3-2 Concentración de puntos de incendios históricos Locales Pullalli



Fuente: Elaboración propia a partir de datos CONAF (CTB) y NASA (Op. Cit)

Se ha complementado la información de los puntos de incendios, con el cruce de la cobertura del Catastro del Bosque Nativo⁹, a partir de la cual se puede identificar el tipo de cubierta afectada por los incendios. Dominando, a diferencia de lo expuesto en el Gráfico “Incendios en la comuna de Papudo 1985 – 2018”, el renoval de bosque nativo y plantaciones forestales como usos afectados por incendios, esto con la salvedad de que los puntos no cuentan con suficientes antecedentes respecto a las superficie afectadas.

Por este motivo generó una nube de puntos complementarios a los basales (Conaf Nasa) mediante el uso de herramientas SIG, para la elaboración de las franjas que definen los riesgo de incendios, desde estos antecedentes históricos.

Cabe destacar que, al igual que en el caso de la Ilustración “Concentración de puntos de incendios históricos Comunales”, éstos resultados son coherentes con los reportados por Conaf en la Ilustración “Prioridades de Protección Contra Incendios Forestales”, pero con un nivel de detalle superior, dado la escala de análisis.

⁹ Cubiertas Catastros Usos de Suelo y vegetación CONAF 2016

4.4 RIESGO ASOCIADO A INCENDIOS POR VEGETACIÓN Y VIALIDAD

Como parte del modelado de las condiciones de interface urbano rural, se trabajó con la vialidad perimetral al área urbana, en especial huellas y senderos, considerados según la bibliografía consultada, como parte de los focos habituales de incendios.

Se generó un distanciamiento de 25 metros¹⁰ de las vías seleccionadas, a partir del cual fue seleccionada la cobertura de polígonos de vegetación (del levantamiento del Plan). Tras esto se generaron puntos aleatorios al interior de estos polígonos para representar la densidad vegetacional media y así ejecutar el mismo proceso que el utilizado con los puntos de incendios históricos.

A partir del proceso descrito se obtuvieron puntos de vegetación, los cuales fueron diferenciados por localización, segregando aquellos localizados en el interior de las manzanas urbanas con un margen de 50 metros perimetral (conformando lo que en la **Ilustración 3.1-2 Mapa de Probabilidad de Ignición de Incendios Forestales** se denominó como sectores “no combustibles”, y aquellos localizados hacia el margen urbano susceptibles a incendios en esta interface urbano – rural, donde comúnmente se generan este tipo de incendios.

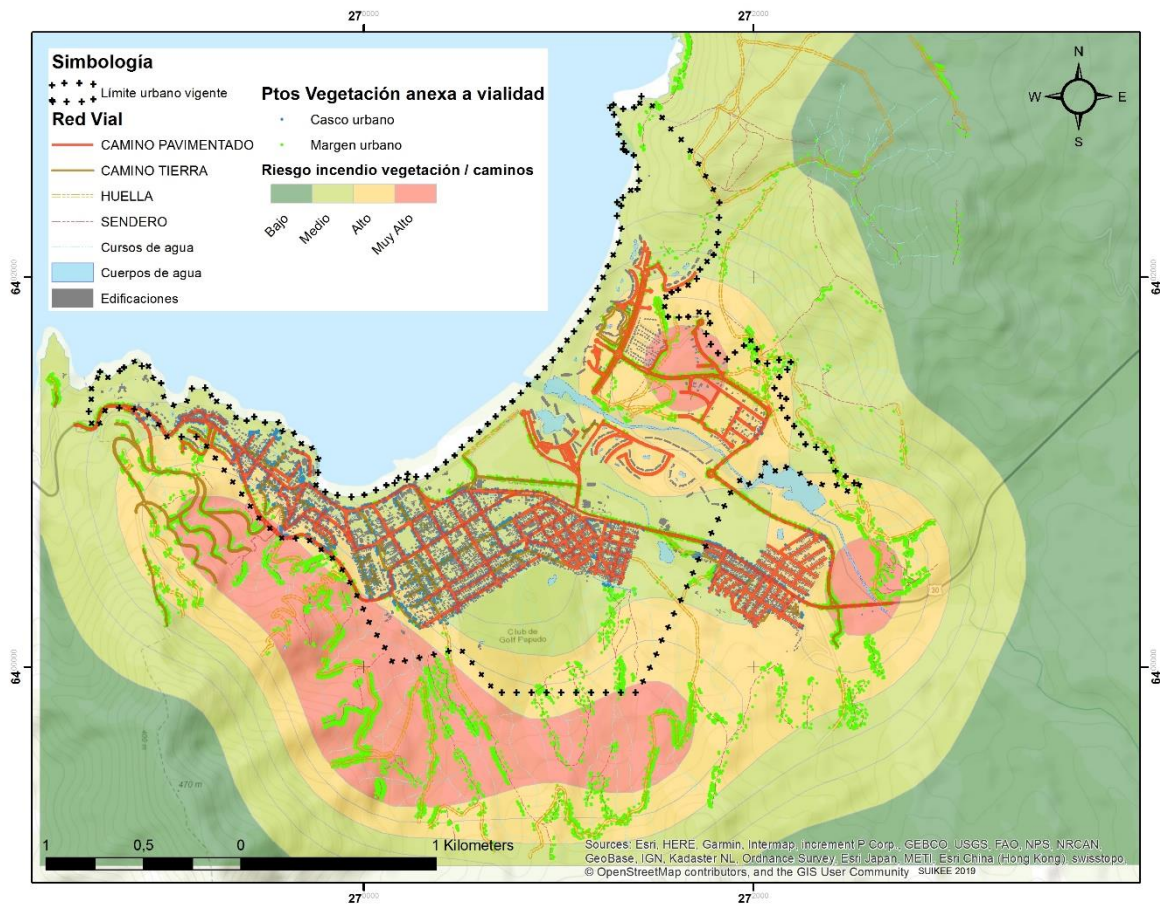
Esto considerando que los incendios en la interfaz urbano- rural comprenden áreas donde combustibles vegetales se encuentran adyacentes a vialidad, casas, poblados, granjas, y otras dependencias. La ocupación de estos espacios, suponen un desafío a los riesgos habituales de la urbanización dispersa. Ello unido a la densificación del bosque por el abandono de la explotación forestal, hace los asentamientos urbanos mucho más vulnerables a los incendios¹¹

A partir de los geo procesos efectuados se obtuvo amenazas de intensidad de vegetación potencialmente afecta a incendios, según su concentración, en relación con las vialidades seleccionadas. Véase la siguiente ilustración.

¹⁰ Modificado de los criterios del estudio “Determinación de Prioridades de Protección Contra Incendios Forestales en la Región de Valparaíso” Conaf 2010

¹¹ En BADIA, Anna; Antoni TULLA y Ana VERA. Los incendios en zonas de interface urbano forestal. La integración de nuevos elementos en el diseño de la prevención. La planificación territorial y el urbanismo desde el diálogo y la participación. Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. [En línea]. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de agosto de 2010, vol. XIV, n° 331 (60). <<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-331/sn-331-60.htm>>. [ISSN: 1138-9788].

Ilustración 4.4-1 Riesgo asociado a incendios por vegetación y vialidad Papudo



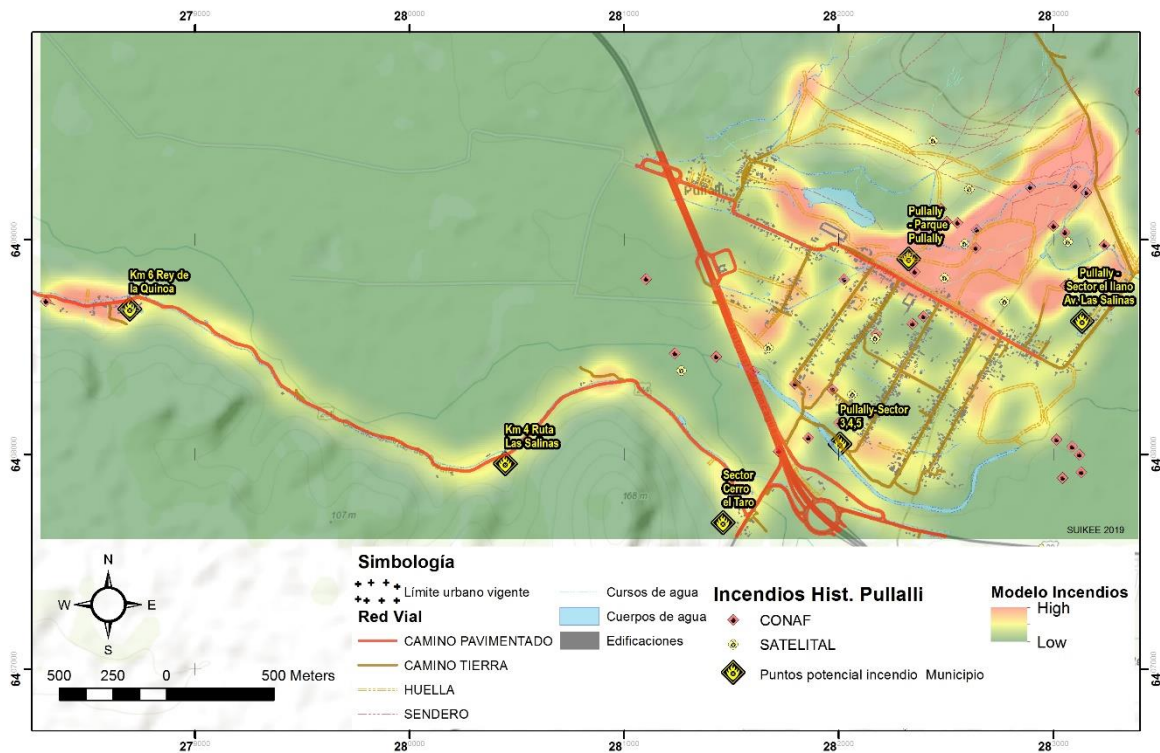
Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la ilustración anterior, se puede distinguir una franja que se despliega hacia las laderas del cerro que enmarca el límite suroeste del actual límite urbano, como los sectores de mayor riesgo de incendio. Así como sectores puntuales, destacando las inmediaciones de la Villa Los Héroes con la ruta 30 y el sector de Punta Puyai hacia el límite noreste del límite urbano actual.

En la siguiente ilustración se aprecia el mismo ejercicio, pero aplicado a la localidad de Pullalli, integrando además los puntos sensibles a incendios registrados por la unidad de emergencias de la Municipalidad de Papudo¹². Véase la siguiente ilustración.

¹² Información facilitada por el encargado de Emergencias Municipal, don Fernando Vera Figueroa

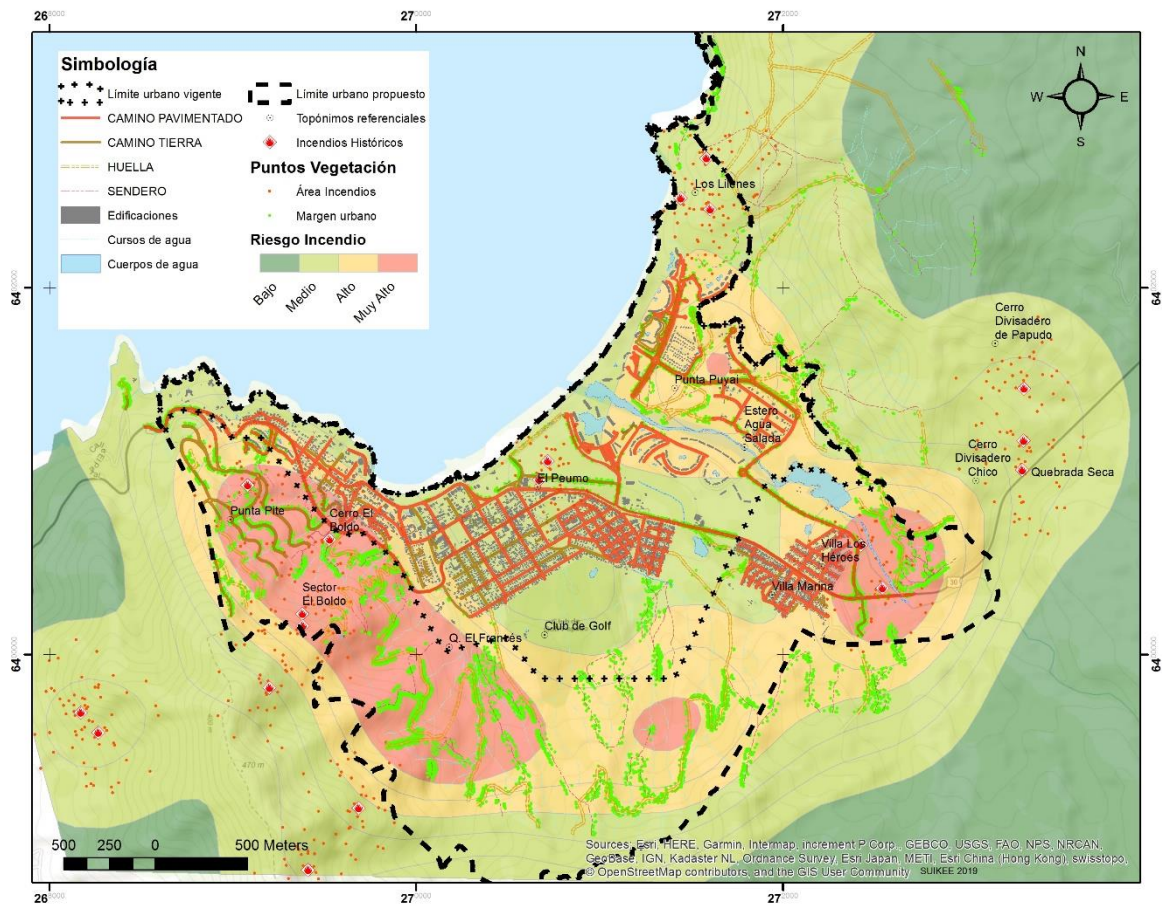
Ilustración 4.4-2 Riesgo asociado a incendios por vegetación y vialidad Pullalli



4.5 ZONIFICACIÓN RIESGO DE INCENDIOS ÁREA URBANA DE PAPUDO

Finalmente los modelos definidos en los punto Riesgo históricos y aquellos asociados a incendios por vegetación y vialidad, se fusionaron en una cobertura final, que expresa las zonas de mayor vulnerabilidad considerando las áreas históricamente afectadas (las cuales usualmente repiten los patrones de incendios) y aquellas áreas de vegetación colindante a franjas viales de mayor potencial a incendios, por la cantidad de combustible y fuentes de ignición de origen antrópico, (usualmente peatones), alejadas de las áreas de mayor control social. Véase la siguiente ilustración.

Ilustración 4.5-Zonificación riesgo de incendios área urbana de Papudo



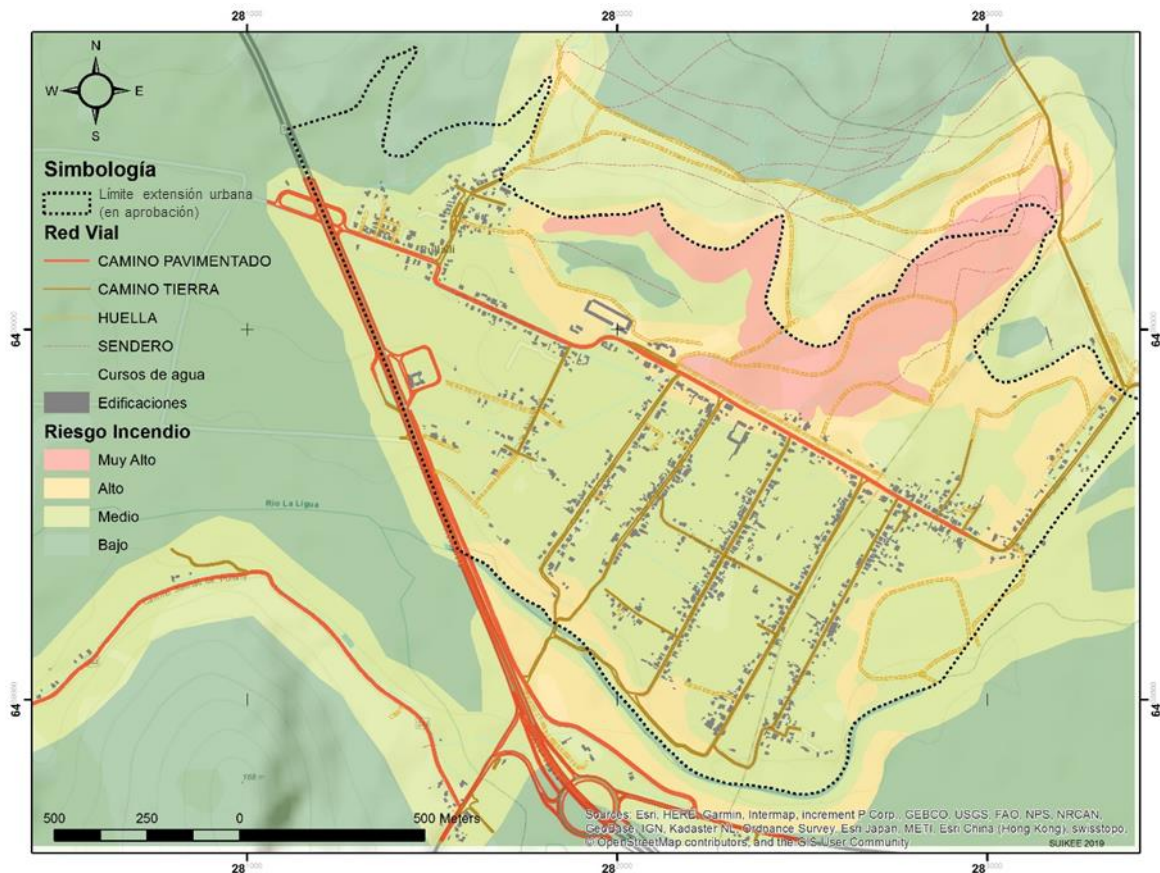
Fuente: Elaboración propia

Tal como se puede apreciar en la ilustración anterior, el resultado de la fusión de las capas retiene gran parte de lo expresado en la Ilustración "Riesgo asociado a incendios por vegetación y vialidad" ampliando ciertos sectores hacia áreas de laderas vinculadas a los incendios históricos registrados.

La concentración de riesgo de incendios hacia la franja sur de la ciudad de Papudo (en especial las laderas de exposición norte del Cerro El Bordo), se debe principalmente a la concentración de vegetación asociada a un alto grado de accesibilidad de vehículos y personas, que de manera casual o premeditada pueden provocar incendios. A esto se agrega las características orográficas de las laderas que facilitan la dispersión de incendios.

Otra consideración de interés es que si bien el modelo no relevó el sector de Los Lilienes como de alto riesgo, la presencia de plantaciones forestales, el uso del sector como camping / picnic informal y el crecimiento urbano en dichos sectores, posiblemente incrementará el riesgo de incendio. Así mismo se debe evitar ciertos usos o infraestructura crítica como equipamientos de salud, seguridad y educación en los sectores de mayor susceptibilidad de incendios.

Ilustración 4.5-1 Zonificación riesgo de incendios área urbana de Pullalli



Fuente: Elaboración propia

5 RECOMENDACIONES

Se expresan a continuación una serie de aspectos complementarios al estudio, que permiten definir medidas adicionales a la zonificación tendientes al control de riesgo de incendios para el área de estudio.

5.1 RECOMENDACIONES GENERALES

Según los antecedentes de ocurrencia de incendios a nivel mundial, donde se manifiesta que en condiciones ambientales como la presencia de vientos fuertes, alta temperatura y baja humedad relativa, junto a una base de combustible, y fuentes de ignición (especialmente asociadas a la acción humana) este combustible arderá. Por lo tanto, la mejor forma de prevenir grandes incendios, es actuar sobre el combustible, principalmente su eliminación y control de su expansión.¹³

¹³ Los incendios en zonas de interface urbano forestal. la integración de nuevos elementos en el diseño de la prevención. Scripta Nova Universidad de Barcelona. ISSN: 1138-9788. Depósito Legal: B. 21.741-98

Se debe tener en consideración que este tipo de restricciones por riesgo de incendio, se nutre de factores sumamente dinámicos, como el propio comportamiento de las personas, la presencia de material combustible, que puede variar en el tiempo, la construcción de nuevas vías y la conjunción de factores climáticos y geográficos que acrecientan la capacidad de dispersión del fuego.

La zonificación de riesgo presentada resultará inoficiosa, sin un plan que mitigue el riesgo de incendio mediante un Plan de gestión asociado al PRC. Contexto en el cual sería deseable que el municipio genere una ordenanza local asociada al manejo de pastizales, franjas cortafuegos u otras medidas tendientes a minimizar el riesgo de incendios.

5.2 MONITOREO CONTÍNUO

La definición los órganos responsables de la revisión del presente estudio, así como las medidas necesarias para el levantamiento de la restricción de zonas de riesgos de incendio, requiere de acciones que superan el accionar del Plan, y se vinculan a la modificación de cuerpos legales como la Ley de Bosques, la OGUC o LGUC. Aspectos que pueden ser abordados en el proceso de EAE, como parte del escenario legal asociado a este tipo de riesgo.

En el mismo sentido, las medidas de monitoreo y sus responsables debieran ser definidas en el documento asociado a la EAE del instrumento. Se sugiere consultar el Mapa de Probabilidad de Ignición de Incendios Forestales del Conaf, como parte de las labores de monitoreo a nivel comunal.

5.3 MEDIDAS ASOCIADAS AL PLAN

Se reporta como antecedente para los lineamientos de estructuración urbana, que en términos generales las urbanizaciones dispersas, comprometen servicios e infraestructura asociadas a la vialidad, alcantarillas, y protección contra los incendios más costosas, que en el caso de estructuras urbanas centralizadas¹⁴

Por otra parte se debe considerar que, Si bien en el ejercicio que dio origen a la zonificación de riesgo, no consideró la presencia de áreas de acopio de combustibles, se recomienda integrar como parte de la ordenanza del plan, indicaciones respecto a zonas donde se emplacen o acopien productos inflamables o susceptibles de generar incendios, de conformidad a las normas legales y reglamentarias de los organismos competentes tales como el DFL N° 323, "Ley de Servicios de Gas"; decreto N° 29, "Reglamento de Seguridad para el almacenamiento, transporte y expendio de Gas Licuado"; decreto N° 90, "Reglamento de Seguridad para el almacenamiento, refinación, transporte y expendio al público, de Combustibles Líquidos derivados del Petróleo". Al respecto, el contexto natural y plantaciones forestales localizadas en los márgenes urbanos del plan, aumenta la posibilidad de incendios¹⁵.

Esta práctica, unida al establecimiento de una franja de protección de ancho variable, constituye un manejo apropiado para reducir los riesgos de ocurrencia de incendios. Estas franjas, como se expresa en el documento de trabajo 567 de CONAF (Op. Cit), también denominadas como cortafuegos pueden ser naturales como ríos, esteros, afloramientos rocosos, etc. o bien artificiales, y pueden ser construidos antes o durante un incendio, o ser utilizados para también para otros fines, como por ejemplo un camino.

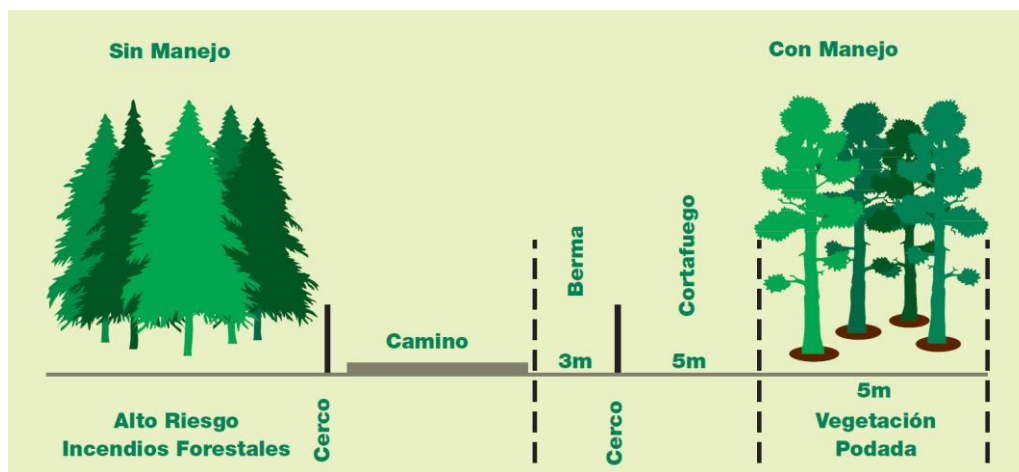
¹⁴ Crecimiento urbano desordenado, causas y consecuencias. CREI, Centre de Recerca en Economia Internacional, 2008

¹⁵ Castillo, M; Garfias, R; Julio, G; Correa, L. Incendios forestales en Chile. Análisis general de riesgos. Capítulo Libro 'Riscos: Naturais, Antrópicos e Mistos'. Faculdade de Letras. Pp.639-650. ISBN 978-989-96810-1-9.; p667-678. Universidade de Coimbra. Portugal. 2013

Para los caminos principales se recomienda implementar, a ambos lados, tres franjas de seguridad. La primera entre la carpeta de rodado y el cerco, con una franja, de a lo menos 3 metros de ancho, libre de todo material combustible, la segunda entre el cerco divisorio y la vegetación mayor, arbustos y/o árboles, con una franja cortafuego de a lo menos 5 metros, en la cual se mantenga permanentemente manejado el estrato herbáceo. Ahora si el bosque es de coníferas y existe una importante continuidad horizontal y vertical de vegetación seca, se deberá agregar una franja final de a lo menos 5 metros de ancho, en la que la vegetación debe ser podada y el material residual extraído.

En el caso de caminos secundarios y considerando que, en general, estas vías no poseen bermas laterales, lo ideal es habilitar una franja cortafuego entre el cerco divisorio y la masa boscosa, de a lo menos 6 metros de ancho, manteniendo el suelo con un estrato herbáceo con especies ignífugas. Al igual que en el caso anterior, si el bosque es de coníferas, se deberá agregar 5 metros de franja libre de vegetación. En la siguiente ilustración se presenta un esquema con los distanciamientos recomendados, respecto al manejo forestal.

Ilustración 5.3-1 Franjas de seguridad asociadas a vías



Fuente: Documento de trabajo 451 Conaf 2006 (Op. Cit)

Se recomienda consultar el Documento de trabajo 451 del Departamento Manejo del Fuego de Conaf, donde además de las medidas descritas en el párrafo anterior, define que si el terreno posee una pendiente aguda deberán ampliarse y reforzarse las medidas señaladas en la ilustración anterior.