



**Universidad de Concepción
Dirección de Postgrado
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía
Programa de Magíster en Análisis Geográfico**

**“Análisis del riesgo de anegamiento asociado a la red
colectores de aguas servidas de la Comuna de
Concepción, Región del Bío Bío”**

***PROYECTO FINAL PARA OPTAR AL TÍTULO
DE MAGÍSTER EN ANÁLISIS GEOGRÁFICO***

**Alumno: César Rodrigo Jiménez González
Profesora guía: Dra. Carolina Martínez Reyes
Concepción, 2015**

ÍNDICE

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1.	Introducción.....	1
1.2.	Problema de investigación.....	7
1.3.	Hipótesis de trabajo.....	12
1.4.	Objetivo.....	12
1.4.1	Objetivo específico.....	12
1.4.2	Objetivos generales.....	12

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1.	El concepto de riesgo ambiental.....	13
2.2.	Clasificación de los riesgos ambientales.....	14
2.3.	Los riesgos ambientales y la urbanización.....	15
2.4	Adaptación al cambio climático en América del Sur.....	20
2.5	Escenarios de cambio frente a inundaciones esperadas en América del Sur.....	24
2.6	Los anegamientos urbanos.....	26
2.7	Los anegamientos en la Región del Bío-Bío.....	29

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	Área de estudio.....	32
3.1.1.	Características geológicas.....	36
3.1.2.	Características geomorfológicas.....	36
3.1.3.	Características climáticas.....	37
3.1.4.	Características hidrológicas.....	37
3.1.5.	Características vegetacionales.....	38

3.1.6. Características socioeconómicas y demográficas.....	38
3.2. Metodología.....	40
3.2.1. Objetivos específicos.....	43
3.2.1.1. Objetivo específico N°1.....	43
3.2.1.2. Objetivo específico N°2.....	47
3.2.1.3. Objetivo específico N°3.....	62
3.2.1.4. Objetivo específico N°4.....	76

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.0 Resultados.....	77
4.1 Recurrencia histórica de los eventos de anegamientos por obstrucción de la red de colectores de aguas servidas en la comuna de Concepción.....	78
4.2 El peligro de anegamientos en la red de colectores de aguas servidas en la comuna de Concepción.....	92
a.- Variable acumulación de flujos.....	92
b.- Variable suelo de fundación.....	93
c.- Variable napa subterránea.....	99
d.- Síntesis de peligro.....	102
4.3. Análisis de vulnerabilidad asociado a la ciudad de Concepción.....	107
4.3.1 Vulnerabilidad física.....	107
a.- Variable tipo de vivienda.....	107
b.- Variable Materialidad de la vivienda.....	109
c.- Variable precariedad de la vivienda.....	111
d.- Síntesis de vulnerabilidad física.....	113
4.3.2 Vulnerabilidad socioeconómica.....	115
a.- Variable densidad de clientes.....	115
b.- Nivel de ingresos.....	117
c.- Distribución fuerza laboral.....	120
d.- Síntesis de vulnerabilidad socioeconómica.....	122
4.3.3 Vulnerabilidad infraestructura sanitaria.....	124
a.- Variable materialidad de colectores.....	124

b.- Variable diámetro de la red de alcantarillado.....	127
c.- Variable calidad de la red de alcantarillado.....	130
d.- Síntesis de vulnerabilidad infraestructura sanitaria.....	147
4.3.4 Síntesis de vulnerabilidad.....	149
4.4 Riesgo de anegamiento asociado a colectores de aguas servidas en la comuna de Concepción.....	151
4.5 Hipótesis de trabajo.....	153
 CAPÍTULO V. DISCUSION	
5.1.- Discusión.....	162
 CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES	
6.1.- Conclusiones.....	176
 ANEXOS	
A Definiciones técnicas.....	182
BIBLIOGRAFÍA.....	184

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1	Área de estudio.....	33
Figura N° 2	Esquema metodológico.....	42
Figura N° 3	Portal de consultas dinámicas sobre infraestructura sanitaria.....	45
Figura N° 4	Selección de fecha para consulta de discontinuidades en colectores de aguas servidas.....	45
Figura N° 5	Listado de discontinuidades en colectores de aguas servidas obtenido por sistema de consultas.....	46
Figura N° 6	Información de discontinuidades exportadas a formato Excel 97- 2003.....	46
Figura N° 7	Cuadrícula de selección de imágenes AsterGdem.....	48

Figura N° 8	Cuadrícula de selección de imágenes AsterGdem.....	48
Figura N° 9	Registro de precipitaciones Estación Concepción DGA.....	50
Figura N° 10	Registro de precipitaciones Estación Andalien.	51
Figura N° 11	Registro de precipitaciones Estación Estero Nonguen frente UBB..	51
Figura N° 12	Ejemplo de calle anegada por acumulación de lluvias.....	51
Figura N° 13	Ejemplo de calle anegada por acumulación de lluvias.....	52
Figura N° 14	Colector y cámaras de aguas servidas bajo influencia de napas....	60
Figura N° 15	Combinaciones de variables.....	75
Figura N° 16	Discontinuidades año 2012 en la comuna de Concepción.....	78
Figura N° 17	Discontinuidades año 2013 en la comuna de Concepción.....	83
Figura N° 18	Comparativo de discontinuidades en colectores de aguas servidas año 2012-2013 en la comuna de Concepción.....	87
Figura N° 19	Comparativo de discontinuidades en uniones domiciliarias de aguas servidas año 2012-2013 en la comuna de Concepción.....	87
Figura N° 20	Problemas comunes en colectores de aguas servidas.....	88
Figura N° 21	Cámaras de aguas servidas con embancamiento y nivel.....	88
Figura N° 22	Cámaras de aguas servidas con nivel.....	89
Figura N° 23	Cámaras de aguas servidas con nivel.....	89
Figura N° 24	Cámaras de aguas servidas con nivel.....	89
Figura N° 25	Embancamiento en colector y cámara de aguas servidas.....	90
Figura N° 26	Retiro de escombros desde cámara de aguas servidas.....	90
Figura N° 27	Retiro de escombros desde cámara de aguas servidas.....	90
Figura N° 28	Inundación por lluvia intersección de calles Los Carrera con calle Pacaví.....	92
Figura N° 29	Inundación por lluvia intersección de calles Los Carrera con calle Paicaví.....	93
Figura N° 30	Colapso en colector de aguas servidas, materialidad Hormigón armado.....	131

Figura N° 31	Colapso en colector de aguas servidas, materialidad Loza.....	132
Figura N° 32	Colapso en colector de aguas servidas, materialidad Hormigón armado.....	132
Figura N° 33	Discontinuidades y clientes afectados por fallas en colectores de aguas servidas año 2012 en la comuna de Concepción.....	133
Figura N° 34	Discontinuidades y clientes afectados por fallas en colectores de aguas servidas año 2013 en la comuna de Concepción.....	133
Figura N° 35	Promedios de tiempo en norma para solución a discontinuidades en colectores de aguas servidas año 2012 en la comuna de Concepción.....	134
Figura N° 36	Discontinuidades y clientes afectados por fallas en colectores de aguas servidas año 2012 en la comuna de Concepción solucionados en tiempo dentro de norma.....	134
Figura N° 37	Promedios de tiempo fuera de norma para solución a discontinuidades en colectores de aguas servidas año 2012 en la comuna de Concepción.....	134
Figura N° 38	Discontinuidades y clientes afectados por fallas en colectores de aguas servidas año 2012 en la comuna de Concepción solucionados en tiempo fuera de norma.....	135
Figura N° 39	Promedios de tiempo en norma para solución a discontinuidades en colectores de aguas servidas año 2013 en la comuna de Concepción.....	135
Figura N° 40	Discontinuidades y clientes afectados por fallas en colectores de aguas servidas año 2013 en la comuna de Concepción solucionados en tiempo dentro de norma.....	135
Figura N° 41	Promedios de tiempo fuera de norma para solución a discontinuidades en colectores de aguas servidas año 2013 en la comuna de Concepción.....	136
Figura N° 42	Discontinuidades y clientes afectados por fallas en colectores de aguas servidas año 2013 en la comuna de Concepción solucionados en tiempo fuera de norma.....	136
Figura N° 43	Clientes afectados y afloramientos por fallas en colectores de aguas servidas año 2012 en la comuna de Concepción.....	137
Figura N° 44	Clientes afectados y afloramientos por fallas en colectores de aguas servidas año 2013 en la comuna de Concepción.....	139

Figura N° 45	Clientes afectados y afloramientos por fallas en colectores de aguas servidas periodo 2012 - 2013 en la comuna de Concepción.....	140
Figura N° 46	Indicador de obstrucción por km de red vs empresas sanitarias....	153
Figura N° 47	Disminución de discontinuidades en sectores intervenidos.....	154
Figura N° 48	Reparación de colector fisurado, mediante método CIPP. Aplicación de resina epóxica.....	158
Figura N° 49	Reparación de colector fisurado, mediante método CIPP. Preparación de parche.....	158
Figura N° 50	Reparación de colector, mediante método CIPP. Ingreso de parche a colector.....	159
Figura N° 51	Reparación de colector, mediante método CIPP. Funcionamiento del proceso.....	159
Figura N° 52	Incrustación en colector de elemento desde unión domiciliaria.....	160
Figura N° 53	Incrustación en colector de unión domiciliaria penetrante.....	160
Figura N° 54	Incrustación en colector de elementos desde unión domiciliaria.....	161
Figura N° 55	Incrustación en colector de elementos desde unión domiciliaria.....	161
Figura N° 56	Colapso en planta elevadora de aguas servidas.....	163
Figura N° 57	Afloramiento de aguas servidas en vía pública.....	164
Figura N° 58	Ingreso de aguas servidas a interior de vivienda en la comuna de Concepción.....	164
Figura N° 59	Ingreso de aguas servidas a interior de vivienda en la comuna de Concepción.....	165
Figura N° 60	Ingreso de aguas servidas a interior de vivienda en la comuna de Concepción.....	165
Figura N° 61	Infiltración en cámara de aguas servidas.....	166
Figura N° 62	Reparación de infiltración en cámara de aguas servidas.....	166
Figura N° 63	Infiltración en colector de aguas servidas.....	167
Figura N° 64	Falla por fatiga de material en impulsión de aguas servidas.....	167

Figura N° 65	Rotura por colapso de material en colector de aguas servidas.....	168
Figura N° 66	Limpieza de colector obstruido, mediante camión combinado.....	170
Figura N° 67	Reparación de colector fisurado, mediante método CIPP.....	170
Figura N° 68	Equipo de inspección robótica.....	170

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1	Proyecciones de población según Provincia y Comuna.....	39
Tabla N° 2	Densidad poblacional comuna de Concepción.....	39
Tabla N° 3	Grados de vulnerabilidad por tipo de vivienda.....	65
Tabla N° 4	Grados de vulnerabilidad según materialidad de vivienda.....	65
Tabla N° 5	Grados de vulnerabilidad según precariedad de la vivienda.....	66
Tabla N° 6	Matriz de vulnerabilidad física.....	66
Tabla N° 7	Grados de vulnerabilidad según densidad de clientes.....	67
Tabla N° 8	Grados de vulnerabilidad según nivel de ingresos.....	67
Tabla N° 9	Grados de vulnerabilidad según distribución de fuerza laboral.....	68
Tabla N° 10	Matriz de vulnerabilidad socioeconómica.....	68
Tabla N° 11	Motivos de obstrucciones y afloramientos de aguas servidas.....	73
Tabla N° 12	Matriz de vulnerabilidad infraestructura sanitaria.....	74
Tabla N° 13	Discontinuidades año 2012 en la comuna de Concepción.....	78
Tabla N° 14	Discontinuidades año 2013 en la comuna de Concepción.....	83
Tabla N° 15	Grados de peligro comuna de Concepción.....	96
Tabla N° 16	Colectores y cámaras de aguas servidas bajo influencia de napas.	99
Tabla N° 17	Materialidad de redes de aguas servidas bajo influencia de napas.	101
Tabla N° 18	Diámetros de redes de aguas servidas bajo influencia de napas....	101

Tabla N° 19	Síntesis de peligro comuna de Concepción.....	102
Tabla N° 20	Grados de vulnerabilidad variable tipo de vivienda comuna de Concepción.....	107
Tabla N° 21	Grados de vulnerabilidad variable materialidad de la vivienda comuna de Concepción.....	109
Tabla N° 22	Grados de vulnerabilidad variable precariedad de la vivienda comuna de Concepción.....	111
Tabla N° 23	Síntesis de vulnerabilidad física comuna de Concepción.....	113
Tabla N° 24	Vulnerabilidad socioeconómica, variable densidad de clientes comuna de Concepción.....	115
Tabla N° 25	Vulnerabilidad socioeconómica, nivel de ingreso asociado a manzanas censales en comuna de Concepción.....	117
Tabla N° 26	Síntesis de vulnerabilidad socioeconómica, distribución de fuerza laboral comuna de Concepción.....	120
Tabla N° 27	Síntesis de vulnerabilidad socioeconómica comuna de Concepción.....	122
Tabla N° 28	Grados de vulnerabilidad variable materialidad de colectores de aguas servidas de la comuna de Concepción.....	124
Tabla N° 29	Grados de vulnerabilidad variable diámetro de alcantarillado de aguas servidas de la comuna de Concepción.....	127
Tabla N° 30	Identificación del daño en colectores.....	132
Tabla N° 31	Causantes generales de afloramientos por fallas en colectores de aguas servidas año 2012 en la comuna de Concepción.....	138
Tabla N° 32	Causantes generales de afloramientos por fallas en colectores de aguas servidas año 2013 en la comuna de Concepción.....	140
Tabla N° 33	Síntesis de vulnerabilidad infraestructura sanitaria comuna de Concepción.....	147
Tabla N° 34	Síntesis de vulnerabilidad total asociado a manzanas censales en la comuna de Concepción.....	149

Tabla N° 35	Riesgo de anegamiento asociado a colectores de aguas servidas en la comuna de Concepción.....	151
-------------	---	-----

INDICE DE CARTAS

Carta N° 1	Área de estudio en comuna de Concepción.	18
Carta N° 2	Sectores y Poblaciones de la comuna de Concepción.....	20
Carta N° 3	Distribución de clientes de aguas servidas en la comuna de Concepción año 2012.....	20
Carta N° 4	Zonas de acumulación de flujos en la comuna de Concepción año 2013.....	26
Carta N° 5	Suelo de fundación Galli ciudad de Concepción año 2013.....	27
Carta N° 6	Estudio suelo de fundación, datos Essbio año 2010.....	35
Carta N° 7	Presencia de napas subterránea en área de estudio, comuna de Concepción año 2013.....	42
Carta N° 8	Distribución de Manzanas Censales según área en la comuna de Concepción.....	42
Carta N° 9	Dímetros de la red de Alcantarillado en la comuna de Concepción.	43
Carta N° 10	Plano de díametros de la red de Alcantarillado en la comuna de Concepción.....	44
Carta N° 11	Discontinuidades en Colectores en la comuna de Concepción año 2012.....	44
Carta N° 12	Discontinuidades en uniones domiciliarias en la comuna de Concepción año 2012.....	44
Tabla N° 13	Discontinuidades en colectores en la comuna de Concepción año 2013.....	45
Carta N°14	Discontinuidades en uniones domiciliarias en la comuna de Concepción año 2013.....	47
Carta N° 15	Recurrencia histórica de fallas en colectores en la comuna de Concepción año 2013.....	78

Carta N° 16	Peligro de acumulación de flujos en la comuna de Concepción año 2013.....	83
Carta N° 17	Variable suelo de fundación. Peligro por suelo de fundación en la comuna de Concepción.....	87
Carta N° 18	Variable suelo de fundación. Peligro por suelo de fundación asociado a manzanas censales de la comuna de Concepción.....	87
Carta N° 19	Red de aguas servidas bajo influencia de Napas subterráneas en la comuna de Concepción.....	88
Carta N° 20	Peligro red de aguas servidas bajo influencia de Napas subterráneas en la comuna de Concepción.....	88
Carta N° 21	Peligro red de aguas servidas bajo influencia de Napas subterráneas asociado a manzanas censales en la comuna de Concepción.....	89
Carta N° 22	Síntesis de Peligro asociado a manzanas censales en la comuna de Concepción.....	89
Carta N° 23	Vulnerabilidad física, variable tipo de vivienda.....	89
Carta N° 24	Vulnerabilidad física, variable materialidad de la vivienda.....	90
Carta N° 25	Vulnerabilidad física, variable precariedad de la vivienda.....	90
Carta N° 26	Síntesis de Vulnerabilidad física ciudad de Concepción.....	90
Carta N° 27	Vulnerabilidad socioeconómica. Variable densidad de clientes comuna de Concepción.....	92
Carta N° 28	Vulnerabilidad socioeconómica, distribución de ingresos clientes red de Alcantarillado de Concepción.....	93
Carta N° 29	Vulnerabilidad Socioeconómica, variable de ingreso, clientes red de Alcantarillado de Concepción asociado a manzanas censales...	131
Carta N° 30	Vulnerabilidad Socioeconómica, variable distribución de fuerza laboral en la comuna de Concepción.....	132

Carta N° 31	Síntesis de Vulnerabilidad Socioeconómica en la comuna de Concepción.....	132
Carta N° 32	Vulnerabilidad Infraestructura sanitaria, variable materialidad de la red de Alcantarillado de Concepción.....	133
Carta N° 33	Vulnerabilidad Infraestructura sanitaria, variable materialidad de la red de Alcantarillado de Concepción asociado a manzanas Censales.....	133
Carta N° 34	Vulnerabilidad infraestructura sanitaria, variable diámetros de la red de Alcantarillado de Concepción.....	134
Carta N° 35	Vulnerabilidad Infraestructura sanitaria, variable diámetro de la red de Alcantarillado de Concepción asociado a manzanas Censales.....	134
Carta N° 36	Afloramientos de aguas servidas en la comuna de Concepción año 2012.....	134
Carta N° 37	Afloramientos de aguas servidas en la comuna de Concepción año 2013.....	135
Carta N° 38	Afectados por Afloramientos de aguas servidas en la comuna de Concepción año 2012.....	135
Carta N° 39	Afectados por Afloramientos de aguas servidas en la comuna de Concepción año 2013.....	135
Carta N° 40	Vulnerabilidad infraestructura sanitaria, variable calidad de la red..	136
Carta N° 41	Síntesis de vulnerabilidad infraestructura sanitaria en la comuna de Concepción.....	136
Carta N° 42	Síntesis de vulnerabilidad total asociado a manzanas censales en la comuna de Concepción.....	150
Carta N° 43	Zonificación del riesgo de anegamiento asociado a colectores de aguas servidas en la comuna de Concepción.....	137

RESUMEN

Se evaluó el riesgo de anegamiento asociado a colectores de aguas servidas en la ciudad de Concepción, comuna de Concepción, Región del Bío Bío. A partir de variables asociadas a la amenaza y vulnerabilidad, se establecieron las principales características de falla en la red de colectores de aguas servidas y la recurrencia de estos eventos causantes de una operación deficiente del proceso de recolección de aguas servidas, cuantificando a los clientes afectados y los problemas de rebases en vía pública que estas discontinuidades produjeron. Estas variables fueron obtenidas a partir de informes técnicos, bases de datos de eventos de fallas y geodatabase de infraestructura sanitaria, disponibles y pertenecientes a Essbio S.A. Se utilizaron también datos a nivel manzana censal extraídos mediante el programa Redatam+SP, y trabajo en terreno. La información obtenida se consolidó mediante la utilización de técnicas de evaluación multicriterio y análisis espacial en plataforma Arcgis 9.3.1.

Se estableció que las discontinuidades y el estado deficiente de la red de alcantarillado son las principales causas de afloramiento de aguas servidas a la superficie. Se estableció que la criticidad de la red está relacionada a las características de riesgo de la ciudad de Concepción, principalmente por el alto número de eventos de falla suscitados en la comuna, distribuidos uniformemente, de forma tal que abarcan prácticamente la totalidad de la superficie de la comuna. Durante el periodo 2012 – 2013, se registró un total de 1.669 discontinuidades en colectores de aguas servidas y un total de 3.577 discontinuidades en uniones domiciliarias, las que influyeron directamente en los 81.044 clientes de la comuna.

El riesgo de anegamiento asociado a colectores de aguas servidas en la comuna de Concepción determinó que un total de 1.801 manzanas, presentó un riesgo alto, correspondiente a un 90,87%, en ellas ocurrió un total de 1.649 discontinuidades correspondientes al periodo 2012 – 2013, que representaron un 98,8%. En cuanto a las redes de aguas servidas, el riesgo alto se relaciona con un total de 464.719 metros, correspondiente a un 95% de la infraestructura, abarcando a un total de 78.451 clientes que representan un 97% del total de la comuna. Un total de 160 manzanas, presento un riesgo medio, correspondiente a un 8,07%; en ellas se presentó un total de 20 discontinuidades correspondientes al periodo 2012 – 2013, representando un 1,2%. En

cuanto a las redes de aguas servidas, el riesgo alto se relaciona con un total de 25.045 metros, correspondiente a un 5% de la infraestructura, abarcando a un total de 2.593 clientes que representan un 3% del total de la comuna. Un total de 21 manzanas, presento un riesgo bajo, correspondiente a un 1,06%; ellas no presentaron discontinuidades correspondientes al periodo 2012 – 2013, al no tener asociadas redes de alcantarillado, ni clientes.

La zonificación del riesgo de anegamiento influenciado por colectores de aguas servidas entregó una visión global del estado de las redes de alcantarillado en conjunto a las variables estudiadas en la comuna de Concepción. Con ello se pretende demostrar la importancia que estas tramas de infraestructura urbana tienen para el desarrollo y construcción de la ciudad, las que deben ser monitoreadas frecuentemente para realizar una correcta gestión de redes que involucre el menor impacto hacia la población.

Palabras claves: colectores, aguas servidas, alcantarillado, discontinuidades, anegamiento, Arcgis.

SUMMARY

Sanitary sewer overflows risks was evaluated in the city of Concepción, Bío Bío state. Based on variables associated with risks and vulnerability, the main characteristics of failure from sewage collection and disposal system and recurrence of this events, that caused a poor function of waste-water recollection process were established. Customers that were affected and damages were overtaken by this events on the public streets were quantified. This variables were taken from technical reports, data bases of failure events and sanitary infrastructure geodata bases, available and belonging to ESSBIO S.A. Also data from census block level were used, that were extracted using Redatam+SP software, and fieldwork. This information was evaluated with multicriteria techniques and spacial analysis using Arcgis 9.3.1.Platform.

The deficient condition of the sewer system and this discontinuities are the main causes of sanitary sewer overflows. Critical levels of sewer collection system conditions are associated with risk characteristic in city of Concepción, the result concluded. Due to

high frequency of overflow events occurred in the region, evenly distributed, covering almost the entire surface of the region.

During the period of time 2012-2013, a total of 1.669 sewage collection and disposal system discontinuities were registered, and 3.577 sewer services connections to houses discontinuities, all that directly affected to 81.044 customers in the community.

Sanitary sewer overflows (SSO) risks in Concepción established that a total of 1.801 street blocks presented a high level of risk, about 90,87 percent, in that area a total of 1.649 discontinuities occurred in the period of 2012-2013, all that represented a 98,8 percent. In regard to sewer lines events, the high level risk is related to a total of 464.719 meters, corresponding to 95 percent of the infrastructure, which include a total of 78.451 customers, that represent a 97 percent from the total of the community. A total of 160 street blocks presented a moderate level of risk, about 8,07 percent; in that area a total of 20 discontinuities were presented in the period 2012-2013, all that represent a 1,2 percent. About sewer lines events, a moderate level of risk is related to a total of 25.045 meters, corresponding to 5 percent of the infrastructure, that represent a 3 percent from the total of the community. A total of 21 street blocks presented a low level of risk, corresponding to 1,06 percent; they did not represent discontinuities in the period 2012-2013, because they haven't sanitary sewer or customers associated.

The zoning of sanitary sewer overflows risks associated by sewer system failure and all variables studied in the city of Concepción, allow a global vision of waste water collection system conditions. That prove the importance of this urban infrastructures have in development and construction of the city, for that reason they must be frequently monitored for a proper sewer collection system management that reduce the impact to the population.

Key words: sanitary sewer, sewage collection, sewer lines, sanitary sewer overflows, discontinuities, Arcgis.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

Las inundaciones son uno de los riesgos más frecuentes en el mundo provocadas por fenómenos naturales a los que la población está expuesta producto del desenfrenado crecimiento de las ciudades altamente urbanizadas, cuyos diseños y políticas de crecimiento fomentado por los capitales inmobiliarios, emplazan asentamientos con potencialidades de riesgo enormes. Si bien es cierto, que la urbanización es generalizada, dentro de ella se produce una segmentación social que es posible visualizar en las distribuciones de los sectores socioeconómicos frente al riesgo, donde los más afectados son los grupos de menores ingresos, que serán establecidos en zonas de mayor exposición. Producto de esta densificación, los problemas son crecientes y los anegamientos más frecuentes, causantes de considerables daños a la propiedad y las personas.

Chile no está ajeno al efecto de las inundaciones. En el periodo comprendido entre 1960-1991, se registraron 23 eventos de inundaciones y sequías, de ellas el 64% corresponde a inundaciones y un 36% a sequías. Espacialmente, los eventos de inundaciones estuvieron distribuidos desde la Región de Tarapacá hasta la Región de los Lagos, sin embargo la mayor concentración de ellos se produjo entre la Región de Valparaíso y la Región de Los Lagos (Rojas, 2009).

En el año 1982 se presenta en Chile una de las peores inundaciones, los efectos se sintieron con fuerza entre la Región de Coquimbo y del Maule, sólo en la Región Metropolitana dos días después de la tragedia, se contabilizaban 12.000 damnificados, 2.000 viviendas destruidas, 16 muertos y una completa catástrofe en obras públicas (24 horas, TVN, 2007). El saldo a nivel nacional fue aún mayor: 18.000 damnificados, 3.161 viviendas dañadas, 29 puentes destruidos, 22 caminos cortados, 18 muertos y 805 heridos (Rodríguez, 1999).

El año 1986, corresponde a un evento El Niño, el saldo de daños fue mayor al evento de 1982: 80.000 damnificados, 5.538 viviendas dañadas, 39 puentes destruidos, 31 caminos cortados, 18 muertos y 9 heridos (Rodríguez, 1999). Otro episodio grave, se

vivió durante el otoño-invierno del año 1997, donde se produjeron inundaciones en gran parte de la zona central de Chile.

El mes de Junio del año 2000, 22.255 personas resultaron damnificadas y cerca de 4.000 albergadas, los daños se concentraron principalmente en la Región del Maule, en segundo lugar la Región Metropolitana y por último la Región de Valparaíso. El año 2002, las lluvias de la zona central del país, dejaron a 199.511 personas afectadas, 49.311 damnificadas, 7.685 albergadas, 11 fallecidas y una persona desaparecida, los efectos se sintieron entre las regiones de Coquimbo a la del Maule, concentrándose en la Región Metropolitana (OPS, 2009).

En el año 2006 un fuerte temporal afectó desde la Región de Valparaíso hasta la Región de la Araucanía, en el mes de Julio. El saldo del temporal fue: 73.000 personas afectadas, 28.177 damnificados, 15 muertos y dos personas desaparecidas. El MINSAL, informo que las zonas afectadas fueron afectadas por problemas de aguas servidas y colapso de alcantarillados, las Regiones del Bío-Bío y de la Araucanía fueron declaradas zonas de catástrofe (OPS, 2009).

Inundaciones provocadas por actividad antrópica se registran desde la región de Antofagasta a la del Biobío, reportándose al menos 10 eventos durante el último siglo. Inundaciones causadas por rotura de estructuras hidráulicas se han reportado en las regiones del Biobío y Maule, esta última concentra un 80% de los eventos a nivel nacional. Por mal manejo de dichas estructuras se han generado inundaciones en las regiones de Antofagasta, Valparaíso, Metropolitana y Maule. Este tipo de inundaciones se registran en cualquier época del año; sin embargo en las últimas dos décadas se concentran en el período de primavera a verano. (Rojas *et al.*, 2014).

Actualmente existe un amplio consenso científico respecto a que el Cambio Climático es un hecho inequívoco, y que sus impactos negativos, tanto actuales como futuros, requieren medidas de adaptación para asegurar el progreso socio-económico de un país, y proteger los sectores vulnerables. En ese contexto, Chile es un país altamente sensible, al menos así lo demuestran los estudios del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), investigaciones nacionales, y los estudios científicos llevados a cabo durante los últimos 15 años. Para hacer frente a esto, el Gobierno de Chile lanzó el

2006 la Estrategia de Cambio Climático y publicó el 2008 el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC) que identifica tres líneas estratégicas para responder con iniciativas concretas a los cambios del clima. Estos ejes principales corresponden a la adaptación, a la mitigación, a través de la reducción de las emisiones de los gases del efecto invernadero (GEI), y a la generación y fomento de capacidades para enfrentar dicho fenómeno¹ (Plan de adaptación al cambio climático del sector silvoagropecuario, 2013).

La Planificación Territorial en Chile se debe hacer sobre sistemas de cuencas, la sociedad debe comprender y exigir que se respeten los espacios que garanticen la capacidad de resiliencia de los territorios ante las variaciones regulares y azarosas de la naturaleza, así como frente a las incertidumbres que explican y caracterizan su dinamismo. La capacidad de resiliencia territorial significa disponer de los espacios necesarios para soportar adecuadamente eventos extremos, desarrollados en forma natural o debido a perturbaciones antrópicas, tales como lluvias intensas, elevadas temperaturas, erosión de suelos, transporte de sedimentos, sin que se produzcan degradaciones del sistema ambiental. Los esperados procesos de cambio climático deberían exacerbar las fluctuaciones y variabilidades climáticas, exigiendo consideraciones especiales respecto a la localización, tamaño y distribución espacial de las ciudades, los usos del suelo, y particularmente disponer de espacios suficientes para poder soportar las lluvias intensas y el aumento súbito de los escurrimientos o la saturación de los suelos, el ascenso de los mantos freáticos y los anegamientos, también se deberían privilegiar las asignaciones de usos y coberturas de los suelos y los diseños urbanos que aseguren la infiltración profunda de las aguas de lluvia (lo que supone incrementar el factor de intercepción de los follajes vegetales y los lentos escurrimientos fustales mediante los cuales las aguas de lluvia ingresan lentamente y son almacenados en los suelos, cuya capacidad debe ser a su vez mantenida y aumentada, evitando su compactación y pavimentación (Vidal y Romero, 2010). En las regiones Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Biobío, las precipitaciones asociadas al frente polar son la causa más frecuente de inundaciones; secundariamente, se presentan desbordes de cauces por intervenciones antrópicas, procesos de fusión nival y deslizamientos (Rojas *et al.*, 2014).

¹ Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario. Propuesta Ministerial elaborada en el marco del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008 – 2012. Publicación realizada en conjunto entre el Ministerio de Medio Ambiente de Chile y la Cooperación Alemana a través de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Impreso en Santiago de Chile en Octubre de 2013.

Las funciones y servicios ambientales de las áreas verdes pasan a ser inmediatamente más relevantes que sus significados estéticos. Entre éstos se cuentan en especial el servir como áreas de infiltración profunda y almacenamiento de las aguas de lluvia, y consecuentemente, de control del escurrimiento superficial y de las inundaciones. Se requiere una planificación urbana-territorial que asegure la existencia de los espacios suficientes y necesarios para el cumplimiento de los procesos asociados al ciclo hidrológico (evaporación y evapotranspiración; condensación y precipitación; escurrimiento profundo, subsuperficial y superficial; almacenamiento del agua en los suelos y cuerpos de agua como ríos, esteros, lagos, lagunas, humedales). También se deben asegurar los espacios para el cumplimiento del ciclo de erosión o de los sedimentos, lo que implica la existencia de áreas de degradación o adquisición de sedimentos, vías de transporte y áreas de deposición de los mismos, en cuyo caso, la distribución espacial, longitud, geometría y densidad de los drenes naturales son de fundamental importancia (Romero *et al.*, 2005; Hermelin, 2003).

Las ciudades desempeñan un papel central en el proceso de desarrollo, siendo lugares productivos que realizan un aporte importante al crecimiento económico de una nación. Sin embargo, este desarrollo y su proceso de crecimiento urbano trae consigo un deterioro de las condiciones ambientales. Como consecuencia del crecimiento demográfico y actividad comercial e industrial, las ciudades concentran el uso de energía, recursos y generación de desperdicios, sobrecargando las capacidades de manejo de los sistemas naturales y artificiales.

Los daños o costos ambientales resultantes ponen en peligro la futura productividad de las ciudades, la salud y calidad de vida de sus ciudadanos. Es así como las ciudades se han convertido en los principales focos ambientales que requieren de forma urgente de una mirada especial que permita tomar todos los resguardos necesarios en las evaluaciones ambientales, desarrollo de proyectos, planificación y administración.

Los sistemas y servicios urbanos, como son los servicios de agua potable, saneamiento, transporte público y caminos, se ven colapsados con mayor frecuencia debido al incremento demográfico, comercial e industrial; sumado a una mala administración urbana, con visión cortoplacista. Los escasos recursos naturales vitales para el desarrollo sustentable de las ciudades y de futuras generaciones, se pierden o

malgastan mediante políticas urbanas inapropiadas. El radio de impacto de las ciudades sobre los recursos, habitantes e infraestructura aumenta constantemente, debido a esto las áreas urbanas se encuentran inundadas por sus propios desechos y asfixiadas por sus propias emisiones.

Las inundaciones generadas por acción antrópica directa también aumentan en las últimas tres décadas, especialmente entre 2000-2012. El incremento coincide con el aumento de construcciones de canales, obras de riego, centrales hidroeléctricas; obras de relave, sumado a condiciones de mantención y operación inadecuadas (Rojas *et al.*, 2014). La ocurrencia y alta variabilidad de estos fenómenos en el territorio nacional, es lo suficientemente elevada para considerarla en la planificación y ordenamiento del territorio. El manejo adecuado de las zonas ribereñas y/o terrazas fluviales, ante el incremento de la expansión urbana hacia esas áreas, puede disminuir el impacto de las inundaciones frecuentes. Solo una evaluación correcta de factores condicionantes y detonantes de procesos de inundación fluvial podrán contribuir en la reducción de los desastres asociados a estos fenómenos considerando la dinámica del Cambio Ambiental Global y los incipientes sistemas de alerta temprana a nivel nacional para estos peligros (Rojas *et al.*, 2014).

Con frecuencia, las ciudades se ven expuestas a lluvias y tormentas, y en el caso de la ciudad de Concepción, producto de estos frentes, sus habitantes deben convivir con anegamientos en sus hogares, comercios y sistemas de vida. Dichos eventos no solo son causa de condiciones climáticas, sino que son causa de infraestructura mal localizada y gestión deficiente, los que generalmente se producen por falta de limpieza y estado de los sumideros, redes de alcantarillado y plantas elevadoras de aguas servidas. Debido a esto, se produce el agravante al problema, ya que estos flujos de agua lluvia se introducen en la red de colectores de aguas servidas provocando el colapso de estos y su inevitable rebalse. Al mismo tiempo el uso que la población da a la infraestructura sanitaria, genera una suma de problemáticas que derivan en un funcionamiento anómalo de las redes de recolección de aguas servidas, los malos hábitos de utilizar el alcantarillado como un basurero, repercute directamente en ellos, formando zonas de acumulación de aguas servidas hasta el rebase superficial. Estos anegamientos se traducen en un riesgo ambiental, que sumados al daño no visible provocado por el

terremoto del 27 de febrero de 2010, son una amenaza latente que se puede presentar en cualquier momento.

De ahí que resulte de primera necesidad proponer alternativas para el monitoreo y control de la infraestructura sanitaria, considerando que ésta ha absorbido el acelerado crecimiento urbano a través de los cambios y transformaciones que la ciudad ha experimentado. Esto se traduce en redes de alcantarillado de larga data de construcción, cuyas materialidades han superado las expectativas de diseño. Por ello las metodologías utilizadas en el presente trabajo definirán los sectores en que se conjugan las condiciones para la ocurrencia del riesgo ambiental, identificándolos para establecer la detección temprana de las discontinuidades en la red de colectores de aguas servidas de la ciudad de Concepción, para crear una cultura de desarrollo sostenible de infraestructura urbana como parte de las necesidades y desafíos que una ciudad en desarrollo necesita. De esta forma se pretende a futuro contar con toda la información y tecnologías necesarias para lograr un manejo predictivo en la gestión de redes de alcantarillado de aguas servidas.

1.2 El problema

La ciudad de Concepción, situada en la Región del Bío-Bío, es una de las áreas urbanas más afectadas por variados tipos de riesgos naturales. Es considerada de acuerdo a su demografía como el segundo conglomerado urbano de Chile, su configuración metropolitana comienza a mediados de 1950, cuando un proceso de industrialización tardío trajo consigo una importante migración campo-ciudad. Esta hizo crecer de manera significativa las principales áreas urbanas, intensificando los procesos de interacción y conurbación que hasta esa fecha eran incipientes (Pérez y Salinas, 2007).

La planificación de la ciudad es regulada a través de la Ley General de Construcciones y Urbanización y el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo (MINVU), cuya planificación a nivel comunal corresponde a la Dirección de Obras de la Municipalidad, mediante un Plan Regulador comunal que tiene como finalidad ordenar el crecimiento de la ciudad y fijar las normas de urbanización.

Sin embargo, la tendencia es a seguir generando presiones sobre el suelo urbano, el cual ha presentado acelerados ritmos de crecimiento que conllevan a un aumento de la densidad de población, crecimiento que se expande y desborda hacia áreas expuestas a fuertes índices de peligrosidad natural; aumentando con ello la probabilidad de ocurrencia de anegamientos. Este crecimiento que debe ser acompañado por toda la infraestructura urbana necesaria, tanto en transporte, electricidad y servicios sanitarios.

Las consecuencias urbanas, sociales y ambientales de estos procesos de crecimiento han sido analizadas en otras ciudades de América Latina y Chile (Taschner y Bógus, 2001; Cariola y Lacabana, 2003; Janoschka, 2002; Hidalgo, 2007; Romero *et al.*, 2009); y específicamente en las llamadas ciudades intermedias de Chile central (Azócar *et al.*, 2003; Azócar *et al.*, 2007), identificándose una clara relación entre el crecimiento de ciudades con intensificación de los procesos económicos de despliegue de inversiones en las regiones y procesos sociales de diferenciación según segmentos de población, exclusión y segregación urbanas, especialmente para los usos residenciales e industriales (Azócar *et al.*, 2008; Borsdorf, 2000; Rovira, 2000).

Los sistemas de alcantarillado público, administrados por empresas sanitarias, tienen como finalidad recibir las aguas servidas domésticas así como residuos industriales líquidos lícitos, para transportarlas al sistema de tratamiento y su posterior disposición como aguas depuradas no contaminantes. Sin embargo, la experiencia demuestra que ingresan al sistema aguas provenientes de napa subterránea, aguas lluvia o descargas clandestinas, cuya magnitud casi siempre es mayor a los valores considerados en el diseño.

La empresa de Servicios Sanitarios del Bío-Bío (Essbio S.A.) posee una cobertura desde la Región del Libertador Bernardo O'Higgins hasta la Región del Bío-Bío, abarcando un total de 120 localidades urbanas. De este total, un número de 22 localidades concentra el 83% de los eventos de discontinuidad, de ellas 13 localidades corresponden a la Región del Bío-Bío, donde destaca la ciudad de Concepción como una de las principales con un alto nivel de eventos.

La Región del Bío-Bío posee una longitud de redes de alcantarillado de aguas servidas de 4.224.055,38 metros y la longitud de redes de Concepción es de 504.122,82 metros, representando el 11,9% de la red de colectores de la Región. La configuración de los trazados está definido por los colectores principales y secundarios, que se encuentran ubicados en las vías públicas, y están dispuestos principalmente en función de las características topográficas del terreno. Dentro de la ciudad se crean sectores llamados zonas de influencia, originados cuando los sentidos de escurrimiento no permiten una solución de evacuación gravitacional, por lo que, para solucionar estas acumulaciones se instalan plantas elevadoras de aguas servidas (PEAS) que permiten impulsar o elevar estos flujos hacia otras subcuencas y colectores que conducen a la planta de tratamiento de aguas servidas y a la disposición final de las aguas. Estas redes deben ser lo suficientemente impermeables para evitar la contaminación de las aguas subterráneas o de los cursos de agua adyacentes.

La obstrucción de colectores de aguas servidas es la causante de un problema ambiental en la ciudad, que corresponde al afloramiento de aguas servidas a la superficie, afectando la salud pública y la calidad de vida de la población.

El elemento detonante de los anegamientos en la ciudad son las lluvias, causantes del rebalse de cursos artificiales como canales y sistemas de alcantarillado. Según Peña (1993), intensidades de precipitación diaria superior a 80mm y acumulación de lluvia en 3 días consecutivos superior a 140mm, producen graves procesos de anegamientos en la ciudad de Concepción. Al menos una vez al año ocurren lluvias con montos superiores a 60mm en 24 horas.

Los eventos de anegamientos y rebalses de aguas servidas aumentan con los crecimientos de la población, estando directamente relacionado con la forma de desarrollo de la ciudad, el cómo se traza, se distribuye y crece la trama urbana. Este factor relevante de crecimiento, que busca la optimización de los espacios incorporando más personas por metro cuadrado y que a la vez se expande en terrenos propensos a riesgos genera alteraciones y causa problemáticas. Según Mix (2013) la densificación urbana de las ciudades, más que acumulación habitacional, es una promiscuidad habitacional.

UNESCO (1987) ejemplifica a través de algunas situaciones el impacto que la urbanización produce:

- 0,1 ha de área rural se convierte en urbana per cápita de incremento poblacional;
- Un aumento de la impermeabilidad de 40% produce una disminución del 50% en los tiempos de distribución del escurrimiento y un aumento del 90% del caudal máximo de las crecidas;
- Cuando la densidad poblacional pasa de 0,4 hab./ha. a 50 hab./ha. los tiempos de distribución de los escurrimientos se reducen a la décima parte y los volúmenes escurridos aumentan diez veces;
- La evapotranspiración se reduce en un 38%;
- El escurrimiento superficial aumenta en un 88%.

La literatura especializada cita algunos valores que permiten dimensionar la magnitud de este impacto. Para una cuenca de 260 ha. Leopold (1968) estimó que su urbanización total junto a la ejecución de conductos de drenaje puede aumentar el caudal máximo hasta seis veces con relación a la situación natural. Cabe consignar que en algunos casos el impacto hidrológico ha superado estos porcentajes. Desbordes (1989) indica que a causa de obras derivadas de la urbanización, algunas cuencas francesas han visto su tiempo de respuesta dividido por un factor del orden de 5 a 15 y, en consecuencia, la

multiplicación del caudal de punta específico ha sido afectado por un factor variando entre 5 y 50. Tucci (1994) analizó la variación del coeficiente de escurrimiento entre áreas rurales y urbanas, concluyendo que para sectores con urbanización media esta variación puede llegar a valores del orden del 200%. Para la ciudad de Rafaela en Argentina, Bertoni (2001) determinó, a partir de datos hidrológicos y de urbanización, que un crecimiento del 15 % en el porcentaje de urbanización representó 140% de reducción del tiempo de concentración y 100% de aumento del caudal de punta específico.

El impacto del crecimiento urbano influye en la infraestructura sanitaria, que busca incorporar clientes y minimizar la inversión. Estos crecimientos muchas veces requieren de obras de envergadura para que las redes puedan absorber los acelerados incrementos. Si los diseños de urbanización no prevén los elementos de infraestructura necesarios, los problemas se presentan en un corto plazo, los que también se agudizan debido a los comportamientos de la población sobre la utilización de diferentes elementos de infraestructura urbana. La ciudad recibe un alto número de residuos sólidos y basuras causantes de un mal funcionamiento que se relaciona con los diseños de las urbanizaciones y los colapsos producto de lluvias en gran volumen que se introducen en los colectores, provocando una sobrepresión que busca salida por los puntos sin tapa hermética. Pero mayoritariamente, los eventos de discontinuidades son producto del mal uso que realizan las personas, esto sumado a un conjunto de otros detonantes que entregan las condiciones propicias para producir colapsos en las redes de alcantarillado.

Durante la época de lluvias es cuando más se requiere que los colectores estén en óptimas condiciones, siendo el periodo de invierno la temporada crítica, donde la suma de eventos es exponencial. En estos periodos, ingresan grandes cantidades de aguas lluvias producto de que algunas personas abren las tapas del alcantarillado para descargar el agua de ciertos sectores donde se producen acumulaciones de ésta. A esto se suman las descargas de aguas lluvia que un número indeterminado de viviendas realiza al alcantarillado.

La configuración de redes de alcantarillado de Concepción se ha concretado utilizando diferentes materialidades a través del paso del tiempo. Muchas de estas redes han cumplido su ciclo de vida útil. A pesar de que se han realizado reemplazos de aquellos tramos de redes cuya materialidad esta fuera de uso, como rocalit o fierro

fundido. Los colectores de hormigón que presentan fallas por roturas provocan serios problemas de embancamiento por el ingreso de tierra y piedras por el punto de rotura. Al mismo tiempo que las aguas que salen del colector terminan contaminando el suelo y las aguas freáticas.

El mal uso de los clientes es una de las principales causas, producto de esto la acumulación de basura y elementos extraños provoca malos olores; el estancamiento de las aguas residuales provoca la descomposición de la materia orgánica que contiene, generando grandes cantidades de gases que emanan a la superficie; estos anegamientos exponen a las viviendas cercanas y en algunas ocasiones provocan cortes de tránsito, por lo que es necesario crear conciencia sobre las consecuencias del incorrecto uso de este servicio, que genera problemas a los mismos habitantes de los sectores afectados. Al utilizar los colectores como basureros, el colapso y riesgo sanitario ambiental es inminente.

El paso del tiempo también deja una huella en las redes. Estas se ven afectadas por la acumulación de grasa proveniente de las descargas realizadas por los clientes, sean estos domiciliarios, industriales o comerciales. A esto se suma la infiltración de napas subterráneas que ingresan por las uniones o por fisuras de los ductos y la acumulación de raíces de la vegetación cercana a las redes.

Por los motivos expuestos anteriormente el propósito de este trabajo consiste en la evaluación de riesgo de anegamiento en la zona urbana de la comuna de Concepción, producto de la interacción de factores antrópicos y naturales. Estos anegamientos se focalizaron en la infraestructura de servicios sanitarios, específicamente a las redes de recolección urbana de aguas servidas. Para ello, se identificaron los diversos tipos de eventos existentes en las redes de recolección que generan el problema en la trama urbana. La investigación busca la individualización de los problemas para la optimización de los procesos de mantención de infraestructura sanitaria, mediante la incorporación de tecnologías para la identificación puntual de las discontinuidades, accediendo a la detección temprana y control de estos eventos, evitando así, zonas anegadas con altos riesgos sanitarios producto del contagio de enfermedades causadas por virus o bacterias.

1.3 Hipótesis de trabajo

- A mayor hacinamiento se espera que el número de discontinuidades aumente.
- Mayor número de discontinuidades en sectores con napa freática superficial.
- Existencia de un mayor número de discontinuidades donde la red está constituida por materiales en desuso que han superado la proyección de diseño.
- Aumento de discontinuidades en sectores no considerados en la planificación del mantenimiento preventivo de redes.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar el riesgo de anegamiento por obstrucción de las redes de colectores de aguas servidas en la comuna de Concepción, Región del Bío Bío, con el propósito de contribuir al manejo de este tipo de emergencia.

1.4.2 Objetivo específico

1. Localizar los eventos de anegamientos por obstrucción de la red de colectores de aguas servidas para el periodo 2012 – 2013 en la ciudad de Concepción.
2. Analizar el peligro de anegamiento en el área de estudio.
3. Analizar la vulnerabilidad asociada a los eventos de anegamiento en el área de estudio.
4. Zonificar el riesgo de anegamiento de acuerdo jerarquizados del riesgo.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 El concepto de Riesgo Ambiental

La ONU define Riesgo Natural (Ayala-Carcedo, 1993) como la probabilidad de ocurrencia en un lugar dado y en un momento determinado, de un fenómeno natural potencialmente peligroso para la comunidad y susceptible de causar daño a las personas y a sus bienes. Específicamente, lo define como el producto de la probabilidad de ocurrencia de una amenaza o peligro natural, por la vulnerabilidad en tanto por uno y la exposición.

El elemento de análisis comprende un fenómeno natural, elementos antrópicos y población expuesta. Por lo que este riesgo natural que influye y se conjuga dramáticamente en los efectos hacia las personas, pasa a transformarse en un riesgo ambiental.

Paepu (2012), denomina riesgo ambiental a la posibilidad de que se produzca un daño o catástrofe en el medio ambiente, debido a un fenómeno natural o a una acción humana, es decir, la existencia de condiciones de riesgo que posibilitan que esto ocurra.

“En el medio ambiente existen los ecosistemas que son las comunidades de organismos que interactúan en este, pero cuando estos ecosistemas son deteriorados se ocasionan los desequilibrios ecológicos, traducándose en una amenaza para la población, convirtiéndose en un riesgo ambiental, el cual se define como la probabilidad de daños o pérdidas; este es un concepto fundamental que supone la existencia de dos factores: amenazas y vulnerabilidades. La idea de amenaza se refiere a la probabilidad de la ocurrencia de un evento físico dañino para la sociedad; la vulnerabilidad se refiere a la propensidad de una sociedad o elemento de la sociedad de sufrir daño. El riesgo se crea en la interrelación o intersección de estos dos tipos de factores, cuyas características y especificidades son sumamente heterogéneas” (Lavell, 1996).

2.2 Clasificación de los Riesgos Ambientales

Una situación de riesgo ambiental es el resultado de la existencia de una amenaza y de una población vulnerable a ella. Una amenaza es la probabilidad de que un fenómeno físico o antrópico, capaz de hacer daño (a personas, viviendas, infraestructuras, campos de cultivo, bosques, etc.), se produzca en determinado momento y lugar. Una manera de clasificar estas amenazas, según su origen, es como riesgos naturales, y riesgos antropogénicos (Paepu, 2012).

Según el origen natural, son aquellas resultantes de la dinámica propia de la naturaleza. De acuerdo a la ubicación geográfica del fenómeno, por lo que se pueden agrupar en:

Origen hidrometeorológico. En este grupo se incluyen los fenómenos que se originan o desarrollan en la hidrosfera (conjunto de aguas saladas y dulces de la superficie terrestre) y la atmósfera: inundaciones, huracanes, granizadas, sequías, agotamiento de acuíferos, etc.

Origen geológico. Se trata de los fenómenos que se originan en el interior de la Tierra (procesos endógenos) y en la superficie de la corteza terrestre: terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos, erosión, etc.

Origen biológico. Considera los brotes de enfermedades epidémicas y el contagio generalizado de plantas o animales.

Según el origen antropogénico. Son aquellos fenómenos que resultan de las actividades humanas, especialmente de la aplicación de tecnologías. En este grupo se incluyen, por ejemplo, la contaminación por derrame, los incendios, la destrucción de construcciones por explosión.

Según el origen antrópico-naturales. Las actividades humanas que deterioran el ambiente desencadenan amenazas naturales. Por ejemplo, la pérdida de cobertura vegetal favorece la degradación del suelo y lo hace más propenso a deslizamientos de tierra, inundaciones o anegamientos. Estos, aunque son debidos a causas climáticas

naturales, suelen ser riesgos dependientes de la presencia y calidad de infraestructuras que agravan sus consecuencias. En las áreas urbanas estas se presentan en zonas cuyos diseños no han previsto estos riesgos.

2.3 Los riesgos ambientales y la urbanización

Se ha creado la impresión de una mayor ocurrencia de eventos excepcionales, cuando es el incremento de la exposición de las poblaciones a los peligros naturales. Los umbrales de tolerancia ante los riesgos de la naturaleza han disminuido por el propio crecimiento de la población mundial y la ocupación intensiva del territorio. Se invaden espacios con riesgos bajo la premisa del desarrollo colectivo permitiendo que los grupos sociales tornen vulnerables a la más mínima manifestación de las fuerzas de la naturaleza (Ayala-Carcedo, 1993).

La urbanización, característica definitoria del crecimiento demográfico mundial, contribuye al riesgo de inundaciones y anegamientos. En el año 2008, por primera vez en la historia de la humanidad la mitad de la población mundial vivía en áreas urbanas; de ella, dos tercios están en países de ingresos bajos y medios. Se espera que la proporción llegue al 60% en el año 2030 y al 70% en el 2050, lo cual significará un total de 6200 millones de personas, o el doble de la población rural proyectada. Conforme la mayoría de la población mundial sea urbana, las inundaciones y anegamientos en ciudades significarán una proporción cada vez más importante (Jha, Bloch y Lamond, 2011).

La urbanización mal planificada y manejada contribuye como creciente amenaza, debido al inadecuado cambio en el uso del suelo, lo que sin duda aumenta la gran expansión que sufren las ciudades, que con frecuencia lleva a asentamientos no planificados en llanuras y áreas inundables en las costas. Una gran porción del crecimiento y la expansión urbana tiene lugar en asentamientos informales densamente poblados localizados en los centros como en la periferia de las ciudades, y con frecuencia son los más afectados. A esta expansión se suma el incremento de pavimentación y superficies impermeables; la superpoblación, mayor densidad y congestión; drenajes, infraestructura de saneamiento, antiguos o mal mantenidos; sobre extracción de aguas subterráneas, que ocasiona hundimientos; y la ausencia de manejo del riesgo de inundaciones y anegamientos.

Los fenómenos naturales dejan huellas visibles durante sus periodos de recurrencia, debido al crecimiento de las ciudades. Las zonas donde antiguamente estos fenómenos eran inofensivos, ahora están ocupadas por viviendas o infraestructura urbana, los que se ven afectados por daños causados por estos fenómenos, que provocan altos costos sociales y económicos. Debido a esto, es necesario un ordenamiento y un marco regulatorio territorial que evite la pérdida de vidas humanas. Las zonas urbanas sufren de inundaciones por tsunamis, marejadas costeras, desborde de ríos, flujos de aguas pluviales, fluviales y fallos de sistemas artificiales, sin embargo, con frecuencia ocurren como resultado de las actividades humanas.

El efecto de los Tsunamis erosiona las costas, provoca inundaciones en grandes extensiones de terreno y daños en todo tipo de infraestructura. La magnitud de fuerza con que el agua se mueve destroza todo a su paso, formando una gran maza de diversos elementos que son depositados a cientos de metros de sus ubicaciones originales.

Las inundaciones costeras producto de mareas de tormenta son generadas por fuertes vientos en la superficie del mar. A raíz de estas condiciones las costas chilenas reportan un sin número de viviendas anegadas y cientos de damnificados. A su vez las inundaciones por desbordes de ríos se asocian a eventos climáticos severos, los que afectan a asentamientos emplazados en terrazas fluviales.

Las lluvias causantes de desbordes de ríos ocasionan a su vez graves anegamientos en la ciudad transformando el paisaje urbano. Las precipitaciones son capaces de saturar el terreno, cuando esto sucede el suelo no puede absorber más agua de lluvia y esta comienza a escurrir o a acumularse. Cuando estas lluvias se presentan de forma repentina y con intensidad en cuestión de minutos son capaces de causar graves anegamientos como consecuencia de la “cubierta impermeable” formada artificialmente por los edificios y calles. Debido a ello, el agua no puede infiltrarse y prácticamente todo el volumen precipitado se convierte en una zona de anegamiento.

El desarrollo urbano se ha acelerado con gran concentración de población en pequeños espacios, impactando el ecosistema terrestre y acuático, además de afectar a la población a través de anegamientos, enfermedades y la consecuente pérdida de

calidad de vida. Proceso que se origina por la falta de control de los espacios urbanos, que producen efectos directos sobre la infraestructura de los sistemas sanitarios.

Las inundaciones derivadas de diferentes orígenes son uno de los riesgos ambientales más frecuentes en el mundo. Sus efectos en las ciudades densamente urbanizadas son un desafío grave y creciente. Teniendo como telón de fondo el crecimiento demográfico, las tendencias de la urbanización y los cambios climáticos, las causas de las inundaciones están cambiando y sus impactos se están acelerando. Este gran desafío en evolución significa que los tomadores de decisión deben hacer mucho más para comprender y manejar mejor y más efectivamente los riesgos actuales y futuros (Jha, Bloch y Lamond, 2011).

Las inundaciones en ciudades plantean un grave desafío para el desarrollo y la vida de sus habitantes, en particular los residentes de pueblos y ciudades en expansión en países en desarrollo. Es por ello que los planificadores deben tener el conocimiento de la recurrencia histórica de los fenómenos naturales para poder enfrentar situaciones adversas ante eventos extraordinarios para que de esta forma, puedan tomar las medidas necesarias para mitigar los efectos.

Es importante distinguir entre la probabilidad de ocurrencia de un evento climático y la probabilidad de ocurrencia de una inundación. La inundación es básicamente causada por fenómenos meteorológicos que pueden ser difíciles de predecir. Por esta razón las predicciones de amenaza de inundaciones se expresan como probabilidades, calculadas utilizando datos históricos del área de interés. El valor de la inferencia basada en observaciones históricas depende naturalmente de la disponibilidad y calidad de los datos (Jha, Bloch y Lamond, 2011).

Además de conocimientos sobre la disponibilidad de datos sobre observaciones históricas es relevante que el crecimiento de las ciudades se realice tomando en consideración estos factores. Que las políticas de crecimiento restrinjan estas zonas a la urbanización, optando por fortalecer la riqueza natural de sectores susceptibles a inundaciones.

Los anegamientos urbanos, por lo general, provienen de una combinación de causas, como resultado de extremos meteorológicos, cuyas precipitaciones provocan escorrentías extremas. Un anegamiento es la acumulación de un volumen de agua lluvia sobre la superficie del suelo. Este proceso obedece a una serie de factores naturales y antrópicos entre los que destacan las características pluviométricas (intensidad de la lluvia diaria), las características físicas del suelo y subsuelo (presencia de sedimentos impermeables que limitan la capacidad del suelo para infiltrar con la debida velocidad el agua lluvia y sectores morfológicamente deprimidos con pendientes débiles o nulas). Gran importancia se atribuye también a las intervenciones antrópicas tales como rellenos artificiales y construcciones que obstruyan el drenaje natural o artificial (Mardones y Vidal, 2001).

A escala global, las ciudades se están expandiendo en casi todas las localidades, pronosticándose que la población humana que reside en zonas urbanas aumentará en más de un tercio durante los próximos 30 años (McKinney, 2006). Así como se expande la población urbana, también lo hace el paisaje urbano, el cual es considerado como una de las principales causas de cambio ambiental a múltiples escalas (McKinney, 2006; Pauchard *et al.*, 2006; Grimm *et al.*, 2008; Dearborn y Kart, 2009). Lo anterior, se debe a que la demanda por materiales de construcción y consumo humano altera el uso y cubierta del suelo, la biodiversidad y los sistemas hídricos a escala regional. A la vez, la generación y descarga de residuos urbanos afectan los ciclos biogeoquímicos y climáticos tanto locales como globales (Grimm *et al.*, 2008).

América del Sur no escapa a la tendencia mundial de la urbanización del paisaje, observándose una sustitución de zonas rurales-naturales por zonas urbanas en expansión (Ryder y Brown, 2000; Azócar *et al.*, 2003; Romero y Órdenes, 2004; Pauchard *et al.*, 2006). Este proceso tiene importantes consecuencias debido a la alta densidad poblacional de las ciudades de América del Sur, junto al auge de desarrollo económico de algunos países, lo que está generando nuevas presiones para la expansión de las ciudades y el desarrollo de los barrios suburbanos (Leao *et al.*, 2004; Qadeer, 2004).

El modelo predominante en las ciudades latinoamericanas es el de ciudad fragmentada, caracterizada por paisajes urbanos cada vez más complejos y heterogéneos, donde la distancia física entre los espacios ocupados por los distintos

grupos socioeconómicos -como representación de la distancia social- se ha reducido en los últimos años, adoptando nuevos símbolos y significados. Se advierte en la región un cambio en la escala de segregación socio-espacial, siendo cada vez más frecuente encontrar barrios de todos los niveles socioeconómicos en una misma comuna (Hidalgo, 2004; Borsdorf *et al.*, 2006). Estas nuevas formas y magnitudes de segregación social y espacial tienen su mayor expresión en estas escalas locales de análisis (Borsdorf *et al.*, 2006).

Por otra parte, el desarrollo de las ciudades en Latinoamérica no ha considerado adecuadamente la degradación ambiental y ha construido infraestructuras sin considerar criterios suficientes de seguridad contra las amenazas, riesgos e incertidumbres naturales, que, debido a procesos como el cambio climático, generan escenarios completamente diferentes a los actuales. Ha existido un proceso inadecuado de apropiación de la naturaleza, una alta vulnerabilidad de la población pobre y gran inequidad en la distribución del ingreso (Lavell, 1999). Por ello, no parece extraño que un 90% de las víctimas de desastres naturales viva en países en desarrollo, bajo condiciones de alto riesgo (Vargas, 2002).

En las últimas décadas, Chile se ha convertido en un país predominantemente urbano con más del 87% de sus 15 millones de habitantes viviendo en ciudades (INE, 2005), siguiendo el patrón evidenciado a nivel mundial, en el cual el tamaño de la población humana que vive en zonas urbanas aumenta de forma exponencial, mientras que la población rural decrece (Cohen, 2003; Grimm *et al.*, 2008). Lo anterior, evidencia que la urbanización de los paisajes naturales aumenta continuamente, tornándose cada vez más necesario evaluar los potenciales impactos que genera la rápida e incontrolada expansión urbana sobre los diversos y valiosos ecosistemas que aún existen en el sur de Chile.

Los mecanismos del mercado, aceptados y aplicados sin restricciones en países como Chile, estarían acentuando una apropiación, modificación y privatización cada vez más exclusiva de los espacios más valorizados dentro de las ciudades (Romero y Vásquez, 2005). En este sentido, se asume que la distribución de la población en los espacios urbanos -y por lo tanto su accesibilidad a medios ambientes de calidad y mayor seguridad ante los riesgos- se encuentra cada vez más fuertemente condicionada por el

nivel de ingreso de cada grupo social. Por lo tanto, grupos de menores ingresos terminan accediendo a las zonas ambientalmente más degradadas, más contaminadas y que presentan mayores amenazas de la ciudad y, por tanto, se configuran asentamientos que concentran mayores grados de vulnerabilidad frente a amenazas ambientales o peores efectos sobre la salud de las personas y de los ecosistemas (Vásquez *et al.*, 2008).

2.4 Adaptación al cambio climático en América del Sur

Entre los temas que cobraron relevancia hacia fines del siglo pasado, sin duda se cuentan las problemáticas relativas al medio ambiente. La contaminación en sus múltiples formas, la disminución y pérdida de biodiversidad, la tala indiscriminada de los bosques, la degradación de tierras y el calentamiento global traducen una especie de “estado de alerta” que impregna a la sociedad (Abraham y Torres, 2007). De la mano de estas problemáticas, la preocupación por los procesos de desertificación gana la esfera internacional en los años 90, cuando se comprueba que el fenómeno alcanza niveles planetarios y se advierten las pérdidas económicas que reporta que grandes extensiones de tierras secas pierdan sus capacidades productivas, se degraden y, sobre sus espaldas, se amplifiquen las situaciones de pobreza (Abraham, 1995, 2003; Matallo, 2001; Enne, 2004).

En América Latina se estima que los mayores impactos del cambio climático se abatirán especialmente sobre la agricultura, la pesca y el acceso al agua potable, perjudicando sobre todo a las comunidades campesinas e indígenas, a los pequeños y medianos productores (F. de la Cuadra, 2013).

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), describe explícitamente para nuestro país una serie de impactos presentes y futuros asociados al cambio climático. Por ejemplo, en lo referente a cambios en patrones de precipitación, indicando que en los últimos años, se ha identificado una tendencia a la declinación de las precipitaciones en el sur de Chile. Para la agricultura se proyectan disminuciones futuras en las cosechas para un número de cultivos, como el maíz y el trigo, y que en las zonas más áridas, como el norte y zona central de Chile, el cambio climático puede llevar a la salinización y desertificación de tierras agrícolas (Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008 -2012).

Los problemas de la desertificación afectan las bases productivas y sociales de todos los países implicados y, aun aceptando que cada uno de ellos presenta distintas realidades, los procesos detectados demuestran el común denominador de agravarse con el correr del tiempo. A la complejidad que se desprende de este panorama se suman los efectos de las catástrofes naturales, entre los que se encuentran las sequías periódicas y sostenidas, la presencia y recurrencia de huracanes, los terremotos y erupciones volcánicas destructivas, las inundaciones y los flujos de remoción en masa, las pronunciadas oscilaciones climáticas en las zonas semiáridas y subhúmedas secas y su fuerte incidencia en la agricultura, los fenómenos del El Niño y La Niña y su influencia en las áreas costeras e interiores, las retracciones de los glaciares y sus consecuencias en el abastecimiento de agua, en especial para las zonas piedemontes en la zona andina y área de influencia (Abraham y Torres, 2007). Además de estos riesgos naturales, los factores asociados a la presión humana provocan algunos de los principales problemas de la desertificación. Entre estos la tala masiva de bosque natural, la acelerada pérdida de la biodiversidad, la pérdida de productividad de sabanas, pastizales y montes, y los procesos de salinización a alcalinización y revenimientos de las napas freáticas en tierras de cultivo bajo riego, los efectos críticos sobre la calidad y cantidad de los recursos hídricos subterráneos, la degradación y destrucción de suelos, la sostenida extracción de recursos naturales no renovables, los acelerados procesos de migración urbana – rural, el abandono de tierras productivas y el aumento de los niveles de pobreza (Abraham y Torres, 2007)

En cuanto a los recursos hídricos, se espera una alta vulnerabilidad a eventos extremos. En particular, se espera un alto impacto en la disponibilidad energética del país por anomalías asociadas a El Niño y La Niña, y restricciones a la disponibilidad hídrica y demandas de irrigación en Chile Central, por los mismos fenómenos. Por otro lado estudios recientes señalan el daño potencial en la disponibilidad de agua y servicios sanitarios en ciudades costeras, y contaminación de acuíferos subterráneos, por intrusión salina. En relación a los glaciares, se indica una disminución dramática de su volumen en décadas pasadas, siendo el sur de nuestro país una de las zonas más afectadas (Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008 -2012).

La precipitación en la zona centro - sur de Chile está relacionada con los sistemas frontales provenientes del Océano Pacífico, lo que a su vez son regulados por la dinámica

anual del Anticiclón del Pacífico y la variabilidad interanual asociada a El Niño Oscilación del Sur (Aceituno, 1988). La fase cálida de ENOS conocida como El Niño se manifiesta, principalmente, por un aumento de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) y una disminución de los vientos alisios en el lado este del océano Pacífico. Estas condiciones anómalas generan fuertes precipitaciones y cambios notables en el clima (Maturana *et al*, 2004). Por su parte, en la zona sur – austral de Chile y del hemisferio sur, la variabilidad de las precipitaciones estaría relacionada mayormente con diferencias en la presión atmosférica entre latitudes medias y altas, forzante conocido como Oscilación Antártica (AAO) o Modo Anular del Sur (SAM) (Thomson y Wallace, 2000).

Para la salud humana, se ha informado específicamente para Chile, entre otros países del mundo, el aumento en brotes del síndrome pulmonar provocado por el virus hanta luego de sequías prolongadas. Probablemente, esto se deba a las intensas lluvias e inundaciones que ocurren luego de las sequías, lo cual hace aumentar la disponibilidad de alimentos para roedores domésticos (Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008 -2012). Siendo el clima un componente importante de numerosos ecosistemas, cualquier variación que este experimente afectara a los demás componentes, entre los cuales se incluyen microorganismos, vectores insectarios, reservorios animales y seres humanos susceptibles, generando un cambio en la incidencia y distribución de numerosas patologías, mayoritariamente infecciosas (J.Cerda *et al.*, 2008)

Los albores del siglo XX estuvieron marcados por el surgimiento de agentes infecciosos y el resurgimiento de otros considerados controlados, eventos ambos posiblemente conectados con alteraciones ecológicas que condujeron al reconocimiento de un notorio cambio climático, del cual apenas comenzamos a ver los efectos. Entre todas las variedades de agentes infecciosos considerados nuevos, los virus sobresalen en número no sólo por su capacidad de proliferación, sino también por su versatilidad genética, lo que los hace más diestros para evolucionar y adaptarse a nuevas circunstancias. Uno de los agentes virales más ubicuos y populares de las Américas en los últimos tiempos, son los transmitidos por roedores silvestres y urbanos, y entre estos, están los hantavirus causantes de un conocido síndrome pulmonar humano (Londoño *et al.*, 2011).

En América, el primer hantavirus asociado con enfermedades en humanos fue reconocido por primera vez en mayo de 1993, en Four Corners, región de Estados Unidos, donde confluyen los estados de Nuevo México, Arizona, Colorado y Utah, donde se registró un brote de una enfermedad respiratoria grave con una letalidad de 52%; a esta nueva entidad clínica se le denominó síndrome pulmonar por hantavirus. El agente etiológico de este síndrome se denominó virus Sin Nombre. Investigaciones epidemiológicas posteriores revelaron que el reservorio del virus Sin Nombre era el ratón ciervo (*Peromyscus maniculatus*) y que probablemente, el brote ocurrió como resultado de cambio climáticos (aumento de la pluviosidad), que favorecieron la disponibilidad de alimento y, por ende, el aumento en la población de estos roedores y su contacto con humanos (Londoño *et al.*, 2011). Desde 1993 hasta la fecha, se ha reconocido la enfermedad y se han caracterizado genéticamente diferentes hantavirus en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay, Uruguay y Panamá (Londoño *et al.*, 2011).

Un análisis de las tendencias en los regímenes de temperaturas extremas diarias (máxima – mínima), a partir de 1960, sugiere que el régimen térmico superficial se ha mantenido relativamente estacionario durante las décadas más recientes, con excepción de la región comprendida entre Santiago y Concepción, donde se aprecian aumentos decadales de 0,05°C en los promedios anuales de temperatura máxima y mínima, respectivamente (Plan de adaptación al cambio climático del sector silvoagropecuario, 2013).

En cuanto a la condición futura de los climas, un elemento relevante sería el alza de la isoterma cero, especialmente hacia la segunda mitad del siglo XXI, que ascendería entre 300 y 500 metros respecto de la condición actual, incidiendo tanto en una menor acumulación de nieve como en un mayor escurrimiento invernal en detrimento del estival. También, hacia mediados del presente siglo, se pronostica un desplazamiento significativo hacia el sur (salvo en verano) de subsidencia tropical conocida como la celda de Hadley, lo cual es coherente con un alza de la presión superficial (Plan de adaptación al cambio climático del sector silvoagropecuario, 2013).

Los escenarios predictores de temperaturas globales no son alentadores, existiendo numerosa evidencia que apunta hacia un aumento de las emisiones de gases

con efecto invernadero durante las próximas décadas, incrementando el calentamiento global e induciendo cambios en el sistema climático planetario (J.Cerda *et al.*, 2008)

Los modelos de circulación global, pronostican una mayor extensión de la Zona de Convergencia del Pacífico Sur, caracterizada por incrementos de lluvias tropicales, principalmente en otoño; hacia el ecuador de su eje y como resultado de esta expansión al sur, se generaría una región con menor precipitación. Durante la estación invernal, esta región de menos precipitación alcanzaría la costa central de Chile, con indicios de similar naturaleza en otoño; el Centro-Sur del país también tendría un aumento de las precipitaciones de otoño (Plan de adaptación al cambio climático del sector silvoagropecuario, 2013).

Sobre estos antecedentes, se puede estimar que como consecuencia de la creciente concentración de la población mundial en zonas vulnerables, los denominados desastres naturales tales como inundaciones, tormentas severas, huracanes, tornados, ondas de calor, sequías o aluviones serán, en los próximos años, cada vez más frecuentes, intensos y onerosos (F. de la Cuadra, 2013).

2.5 Escenarios de cambio frente a inundaciones esperadas en América del Sur

La mayor parte de los países muestra una gran variedad de ecosistemas, climas y regiones que determinan un abanico muy amplio de potenciales impactos que presentan diferentes trayectorias temporales, intensidades y magnitudes. Argentina, Bolivia, Brasil, Chile y Paraguay, presentan zonas áridas y semiáridas que pueden sufrir importantes impactos relacionados con situaciones de estrés hídrico y que pueden volverse más áridas. A la vez, esos países también muestran zonas en las cuales se espera que las precipitaciones sigan aumentando, continuando con una tendencia observada en los últimos años. Uruguay, en cambio, presenta mayor homogeneidad en términos de los impactos esperados por cambios en temperaturas y precipitaciones a lo largo de su territorio (Conosur Sustentable, 2007).

Todos los modelos climáticos utilizados para predecir el clima futuro muestran tendencias claras de aumentos de temperatura en toda la región, principalmente de las temperaturas medias mínimas. Algunos modelos muestran mayores aumentos de temperatura en los meses húmedos, pero en general, lo que se espera es que los inviernos sean más cálidos y esto, para algunos sistemas como el Chaco Seco, cuya época seca es la invernal, puede conducir a situaciones críticas de estrés hídrico (Conosur Sustentable, 2007).

Chile ha sido evaluado como un país vulnerable al cambio climático global. Estudios nacionales proyectados a la mitad y hacia fines del siglo 21, indican una intensificación de la aridez en la zona norte y avance del desierto hacia el sur, así como reducción hídrica en zona central del país. Globalmente hay evidencias de una mayor incidencia de eventos climáticos extremos, agravando fenómenos como la sequía la cual se proyecta igualmente para el país (L. Meza, 2012).

Los resultados en cambio son dispares respecto de lo que puede suceder con las precipitaciones. En el caso de Chile, por ejemplo, los modelos dan variaciones de hasta un 30% en las precipitaciones anuales en algunas regiones del país. Otras zonas, como el Sur de Brasil, el territorio de Uruguay y las Llanuras Chaqueñas y Pampeanas vienen experimentando un sostenido y significativo aumento en las precipitaciones desde mediados del siglo pasado. Para otras regiones como la Zona Central de Chile y los Oasis Andinos de San Juan y Mendoza, en la Argentina, las previsiones son de mayores condiciones de sequedad por una caída en las precipitaciones y en las nevadas en los Andes altos, la principal fuente de agua superficial y subterránea de la región. No obstante, se nota claramente un aumento en la variabilidad interanual de las precipitaciones y una tendencia hacia una mayor ocurrencia de lluvias torrenciales (Conosur Sustentable, 2007).

En cuanto a los caudales de los ríos, las tendencias muestran en la mayoría de los casos movimientos similares a los que se presentan las precipitaciones, por lo que los impactos son diferentes según la zona. En el caso de los Ríos de la Región del Comahue y de Cuyo, en la Argentina, los caudales vienen cayendo significativamente desde mediados del siglo pasado. En la Cuenca del Río Paraná, en cambio, los caudales han aumentado en los últimos años y se espera que lo sigan haciendo en el futuro inmediato,

aunque hay cierto grado de incertidumbre del comportamiento a mediano plazo si los aumentos en la temperatura más que compensan las mayores precipitaciones, provocando un aumento en la evaporación, lo que podría llevar a que incluso se redujeran los caudales a pesar que aumenten las precipitaciones (Conosur Sustentable, 2007).

El proceso de cambio climático se perfila como el problema ambiental global más relevante de nuestro siglo, en función de sus impactos previsibles sobre los recursos hídricos, los ecosistemas, la biodiversidad, los procesos productivos, la infraestructura, la salud pública y en general, sobre los diversos componentes que configuran el proceso de desarrollo (Olmos-Martínez *et al.*, 2013).

La capacidad de adaptación a los nuevos escenarios proyectados, y por tanto, la reducción de la vulnerabilidad a los cambios, depende en gran medida del nivel de desarrollo social y económico de los países. Capacidad que, como bien sabemos, está distribuida desigualmente entre las distintas regiones y países del mundo, y al interior de los mismos países. Aunque todavía se conocen poco los costos y beneficios a nivel global de la adaptación -de hecho, muchos defienden la posición de no hacer nada debido a los elevadísimos costos- existen un número creciente de estudios a nivel regional, así como de proyectos concretos en sectores como agricultura, energía o gestión de recursos hídricos, que demuestran la viabilidad de opciones de adaptación a bajo costo y/o con una relación favorable costo-beneficio. La evidencia indica además que la aplicación de medidas de adaptación temprana permite mejores relaciones costo-beneficio que las medidas de respuesta tardía.

2.6 Los anegamientos urbanos

En las ciudades Latinoamericanas, los riesgos naturales se distribuyen también de acuerdo a los patrones geográficos de segregación socioambiental de los habitantes urbanos (Romero y Fuentes, 2010) y por ello, la gravedad y frecuencia de sus ocurrencias se relacionan directamente con las características de los espacios construidos, por ejemplo, en términos de densidades habitacionales, infraestructuras de mitigación y control de inundaciones, superficies cubiertas por áreas verdes, calidad de los equipamientos urbanos. La planificación de los territorios, medio ambiente y espacios

urbanos- o más bien su carencia o escaso poder normativo- no ha sido capaz de incorporar los riesgos en forma clara y explícita en los planes de ordenamiento territorial ni mucho menos de contemplar efectivamente la instalación de las poblaciones más vulnerables en sitios realmente seguros, de distribuir socialmente las amenazas y riesgos y de generar zonas de protección, refugio y alivio frente a la ocurrencia de eventos climáticos extremos (Romero y Mendoça, 2010).

Hay zonas de mayor o menor riesgo que pueden conocerse perfectamente. Sin embargo, por desconocimiento se ha venido autorizando las construcciones de numerosas infraestructuras en zonas inundables, creando riesgos para las vidas y bienes (Ayala y Olcina, 2002).

Existen evidencias que en diversas ciudades los efectos medioambientales negativos causados, por ejemplo, por los depósitos de residuos tóxicos no se distribuyen de manera homogénea en la población, sino más bien se aprecia una sobrecarga de estos problemas en sectores habitados por comunidades de bajos ingresos o pertenecientes a alguna minoría étnica (EPA, 2002; Walker y Bulkeley, 2006; Krieg y Faber, 2004; Fisher *et al.*, 2006). Adicionalmente, existen antecedentes para pensar que al igual que los efectos ambientales negativos, las funciones ambientales favorables, como las otorgadas por la vegetación, también se distribuyen de manera asimétrica en la población (Pedlowski *et al.*, 2002; Iverson y Cook, 2000; De la Maza *et al.*, 2002; Escobedo *et al.*, 2006), siendo más escasas en los sectores pobres, que al mismo tiempo son los más deteriorados por impactos ambientales acumulativos. Entre los servicios ambientales prestados por la vegetación en las ciudades, se encuentra regular el clima, mejorar la calidad del aire, proporcionar hábitat a especies biológicas, elevar la calidad estética y favorecer la infiltración de las aguas lluvias en el suelo, disminuyendo los volúmenes de escurrimiento superficial y las inundaciones (Pedlowski *et al.*, 2002). Todas estas funciones han demostrado ser eficaces en la disminución de la vulnerabilidad de los habitantes de las ciudades frente a amenazas ambientales tales como calor extremo, inundación y anegamiento (Vasquez y Salgado, 2009)

Es indudable el hecho de la existencia de fuertes presiones por parte de corporaciones inmobiliarias que a través de distintos mecanismo buscan edificar en todo tipo de terreno y entorno; al mismo tiempo es observable que la autoridad o los

mecanismos institucionales encargados de la regulación, se tornen permisivos y poco rigurosos en la toma de decisiones sobre aprobaciones de proyectos inmobiliarios, primando el mercado sobre la alternativa de una ciudad armónica y en equilibrio con el territorio social y natural donde se emplaza. En este punto las presiones de tipo políticas para el otorgamiento de permisos de edificación y modificaciones de planes reguladores en beneficio del mercado inmobiliario demuestran la estrecha relación de negocios existente entre el mundo político y las corporaciones inmobiliarias.

Las consecuencias de la urbanización de zonas inundables crea nefastos efectos cada invierno, amplificando las consecuencias de lluvias que no son causales de anegamientos. Es así, como la autoridad valiéndose de la manipulación de los medios de comunicación desvían el tema central relativo al mal emplazamiento de las viviendas, a crear todo un aparataje cinematográfico sobre algún evento de características extraordinarias que afectó a un determinado lugar, para así eludir su responsabilidad sobre las políticas públicas de edificación social que han subestimado el riesgo real.

Las inundaciones de mayor magnitud, y normalmente con mayores consecuencias, se deben al desborde de cauces naturales importantes que atraviesan sectores urbanos. Estos ríos escurren como conos aluvionales que atraviesan las ciudades, situación que se puede observar en varias ciudades ubicadas en el Valle Central.

A la vulnerabilidad existente entre las poblaciones más pobres del planeta, se suman ahora las fragilidades que poseen estas comunidades para enfrentar las catástrofes climáticas. Esta vulnerabilidad se encuentra asociada a condiciones de desigualdad y exclusión que coloca a grupos sociales particulares en una situación de mayor riesgo con respecto a otros (F. de la Cuadra, 2013).

Los efectos ambientales de las inundaciones acaecidas en Chile, se traducen en costos millonarios para el Estado y en un deterioro de la calidad y nivel de vida de la población. El efecto más común corresponde a daños en la vivienda; se produce en promedio en un 66% de los casos de inundaciones analizadas en el período 1574-2012, su alta prevalencia, es coherente con el emplazamiento de la población en áreas aledañas a los cauces fluviales (Rojas *et al.*, 2014). En la zona central, más densamente

poblada, donde las precipitaciones vinculadas al frente polar detonan las grandes crecidas, los efectos más relevantes son la destrucción de viviendas, caminos y puentes (Rojas *et al.*, 2014).

2.7 Los anegamientos en la Región del Bío-Bío

Las principales ciudades de la Región que poseen mayor concentración de personas con frecuencia son mencionadas por algún tipo de anegamiento producto de las tendencias de urbanización que presentan y por la intensidad de frentes de viento y lluvia que con periodicidad afectan a gran parte de nuestro país. Según Alarcón (1995) en la comuna de Concepción los anegamientos representan un 56,6% del área metropolitana para el periodo comprendido entre 1960 y 1990.

Las causas de inundaciones y anegamientos en la Región del Bío-Bío, han sido generadas por los distintos procesos de cambios de usos de los suelos y de planificación territorial, que ha permitido edificaciones en zonas vulnerables a efectos de crecidas fluviales y marejadas. Planificación territorial que ha ocasionado la impermeabilización de los suelos y la pérdida de capa vegetal que cumplía la función de retener los milímetros de precipitaciones. Según Devynck (1970) y Romero (1985) se reconoce en el área un clima templado mediterráneo, con una estación invernal lluviosa y una estación estival seca y cálida. Siendo estas condiciones pluviométricas el principal detonante de las condiciones mencionadas anteriormente.

En la ciudad de Concepción las inundaciones fluviales ocurren entre los límites naturales de ésta, asociadas a los cauces del Río Bío-Bío y el río Andalién, debido a la edificación en terrazas de inundación o peleocauces. Entre los factores que explican la ocurrencia de inundaciones, se distinguen: la topografía y morfometría de pendientes, características geomorfológicas y sedimentológicas del entorno del lecho que sufre la crecida, influencia antrópica en las riberas del río y factores externos, como intensidad de lluvia, características hidrológicas y estado del suelo y de la vegetación de la cuenca de drenaje (Mardones y Vidal, 2001). Isla *et al.*, (2012) identifican antiguos paleocauces del Bío-Bío en periodo Holoceno, mediante dataciones radiocarbónicas de capas de conchas muestreadas en Coronel y el Golfo de Arauco.

En cuanto a la topografía estarían expuestos a riesgos de inundación, todas las áreas ribereñas cuya altitud es inferior a 8 m.s.n.m., cota que corresponde a la altitud máxima alcanzada por el borde del cauce. La morfología ribereña puede facilitar el encauzamiento del flujo desbordado; los modelados de mayor exposición a este tipo de riesgo son: las llanuras aluviales, los lechos mayores episódicos y estacionales de los ríos y los paleocauces (Mardones y Vidal, 2001).

Los anegamientos provocados por la elevación del nivel del agua subterránea, están ligadas a zonas bajas de las ciudades, con acuíferos libres a baja profundidad, en general en terrenos planos, en los cuales las inundaciones están asociadas a periodos prolongados de precipitaciones. Estos terrenos tienen un drenaje pobre, cuyos efectos se ven además incrementados por la urbanización. Estas zonas requerirán un tratamiento especial de drenaje para deprimir el nivel del agua subterránea. Situaciones como esta se pueden encontrar en diferentes partes de la ciudad de Concepción. Existen innumerables situaciones en las cuales las inundaciones de sectores urbanos son provocados por la eliminación de la red de drenaje natural con motivo de la urbanización, sin existir un medio de reemplazo alternativo de las aguas lluvias, encontrando sectores sin ninguna posibilidad de drenaje superficial por la construcción de calles ciegas y en contrapendiente.

En la comuna de Concepción los sectores con mayor ocurrencia de anegamientos para el periodo comprendido entre 1960 y 1990, son Barrio Universitario con un 23,4% y Puchacay-Nonguén con un 19,6%, los sectores de Costanera Norte con un 12,1%; Barrio Norte con un 6%, y las calles y sectores céntricos de Concepción un 26,5% del total comunal (Alarcón, 1995).

Desde el punto de vista de infraestructura sanitaria los anegamientos en los periodos pluviales, se acrecientan producto del estado en que estos se encuentran, sumando el flujo de agua lluvia que ingresa en ellos. Así como las precipitaciones provocan estas anomalías, se evidencia otro antecedente en los periodos de operación normal, que tiene estrecha relación con la población y los comportamientos de ésta sobre la evacuación de desechos en la red sanitaria, causantes de obstrucciones que provocan afloramientos de aguas servidas en la vía pública que con frecuencia afecta a los usuarios.

La pérdida de espacios naturales y particularmente de zonas vegetadas produjo no solo una reducción en la capacidad de la regulación de las temperaturas atmosféricas en la ciudad, sino que también disminuyó la capacidad de intercepción de las lluvias, de infiltración de las aguas en el suelo y, consiguientemente, produjo un aumento en los coeficientes de esorrentía y con ello de los riesgos de inundación (Romero y Mendoça, 2010).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de Estudio

La ciudad de Concepción del Nuevo Extremo fue fundada en 1550 por Pedro de Valdivia, aprovechando las condiciones de abrigo portuario del litoral del actual sector de Penco, con lo cual se pretendía que el avance conquistador hacia el sur pudiera mantener un contacto fluido con el Perú, entonces principal centro administrativo de la Colonia en Sudamérica. Este asentamiento fue fuertemente resistido por el pueblo mapuche, siendo destruido en tres oportunidades en el lapso de sólo 5 años. Después del gran levantamiento indígena de 1598 que significó el abandono de las ciudades al sur del río Biobío, Concepción se consolidó como centro urbano, principalmente a raíz de su función como establecimiento de un contingente militar para la defensa de la línea fronteriza con el territorio mapuche. En los siglos siguientes el incipiente centro urbano fue devastado en repetidas veces por terremotos y maremotos, siendo de especial relevancia el de 1751, tras el cual se relocizó la ciudad en el sitio que actualmente ocupa, en una terraza de borde fluvial del Biobío (Plan de Obras Públicas para el Gran Concepción, MOP, 2005).

El área de estudio comprende a la comuna de Concepción², ubicada a 36° 46' 22" S de latitud y 73° 03' 47" O de longitud, con una elevación promedio de 12 msnm, en el Valle de la Mocha entre las planicies litorales y la Cordillera de la Costa. Según datos entregados por el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile, obtenidos por el censo realizado el año 2002, posee una población de 216.061 habitantes, distribuidos en una superficie de 221,6 km². Los habitantes de la comuna de Concepción representan el 11,61% de la población total de la Región del Biobío. De los 216.061 habitantes que pueblan la ciudad de Concepción, 103.860 son hombres y 112.201 mujeres, de los cuales 212.003 personas (98,12%) corresponden a la población urbana de la ciudad, mientras que 4.058 (1,88%) corresponden a la población rural.

La comuna es colindada geográficamente por dos importantes ríos, el Bío-Bío al oeste y el Andalién al norte (Carta N°1). Estos demarcan geográficamente a la ciudad, la que además es cruzada por el Estero Nonguén. En Concepción hay además seis lagunas

² Los polígonos que demarcan el área de estudio comprenden la zona de cobertura de aguas servidas Essbio S.A. Para efecto de resultados se utilizó como unidad las manzanas CENSALES INE 2002.

urbanas, Lo Méndez (5,2 hectáreas), Lo Custodio, Lo Galindo, Las Tres Pascualas (5,9 hectáreas), Laguna Redonda (4,1 hectáreas) y Laguna Lo Pineda (10,5 hectáreas).

Sin duda, Concepción concentra una población mayoritariamente urbana, pero también existen localidades rurales principalmente ubicadas en las afueras de la ciudad, hacia la comuna de Florida, tales como, Chaimávida, Villa San Jorge, Agua de la Gloria y Los Puentes.

Por otra parte, la ciudad posee varios sectores, villas y poblaciones (Carta N° 2). La población urbana se concentra en su Norte desde las carreteras (camino a Penco - Aeropuerto Carriel Sur), así como también en el Oeste desde los límites comunales con Talcahuano y Hualpén (Avenida Jorge Alessandri), en el Este desde sector Palomares - Nonguén, desde el Sureste por Camino a Chiguayante - Pedro de Valdivia y desde el Sur por el mismo río Bío-Bío (límite con San Pedro de la Paz). La comuna de Concepción posee un importante desarrollo económico y demográfico, teniendo desde su fundación una gran relevancia histórica, social y cultural en el país. Ha llegado a ser considerada como uno de los núcleos urbanos, demográfico, administrativo, financiero y comercial más relevantes de Chile, junto a Santiago y Valparaíso.

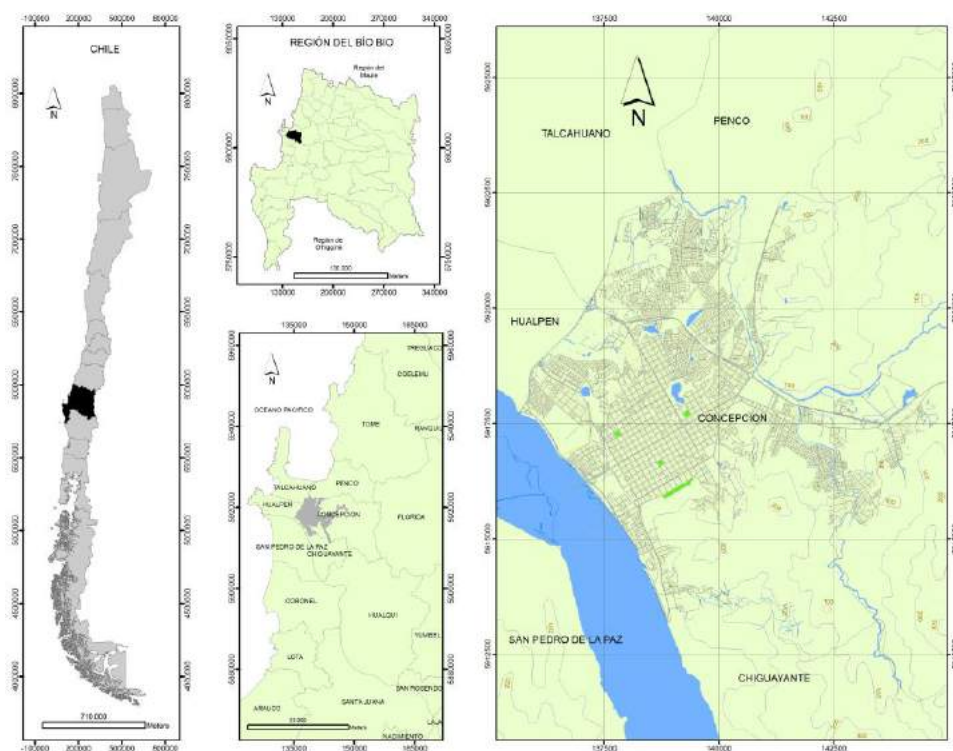
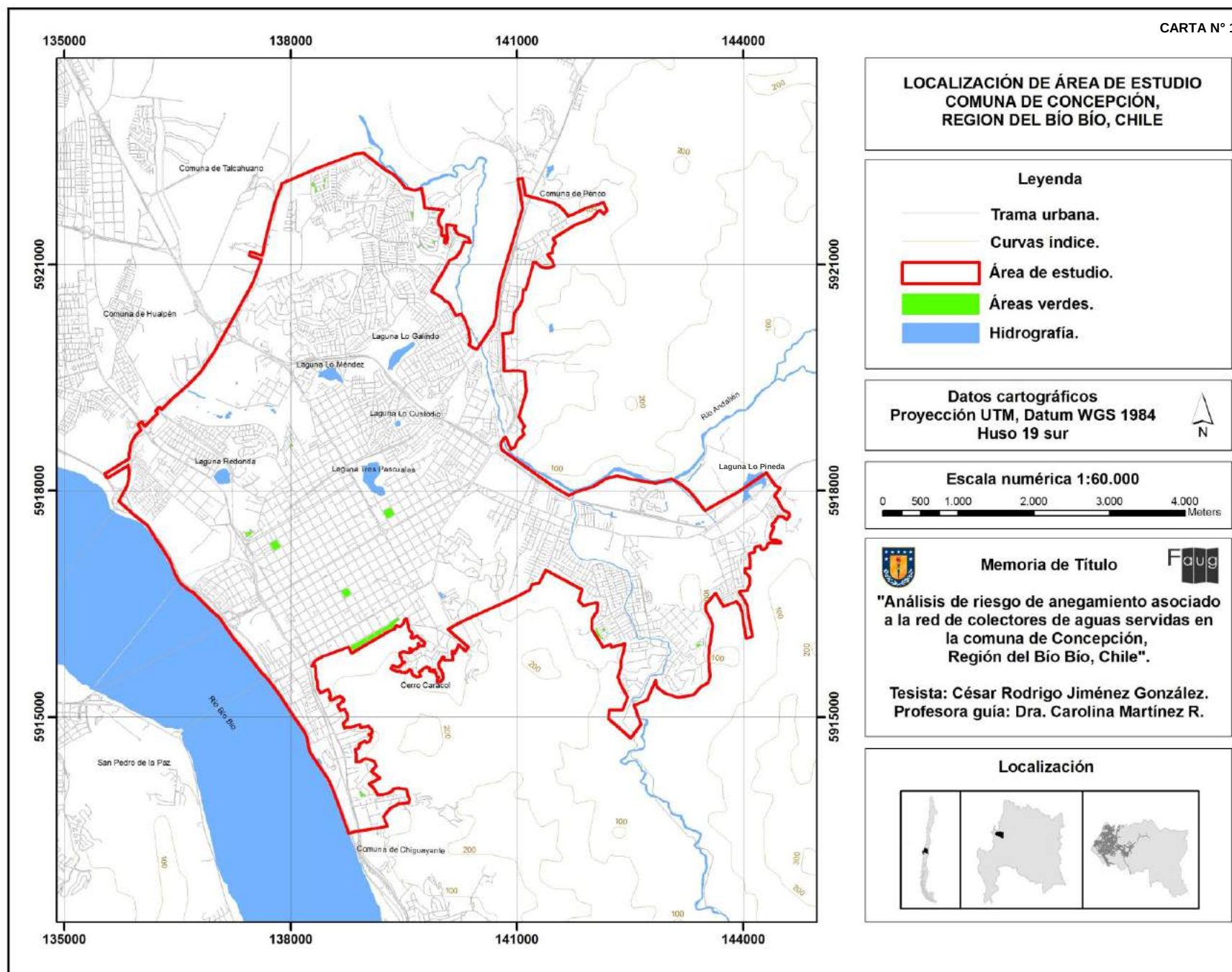
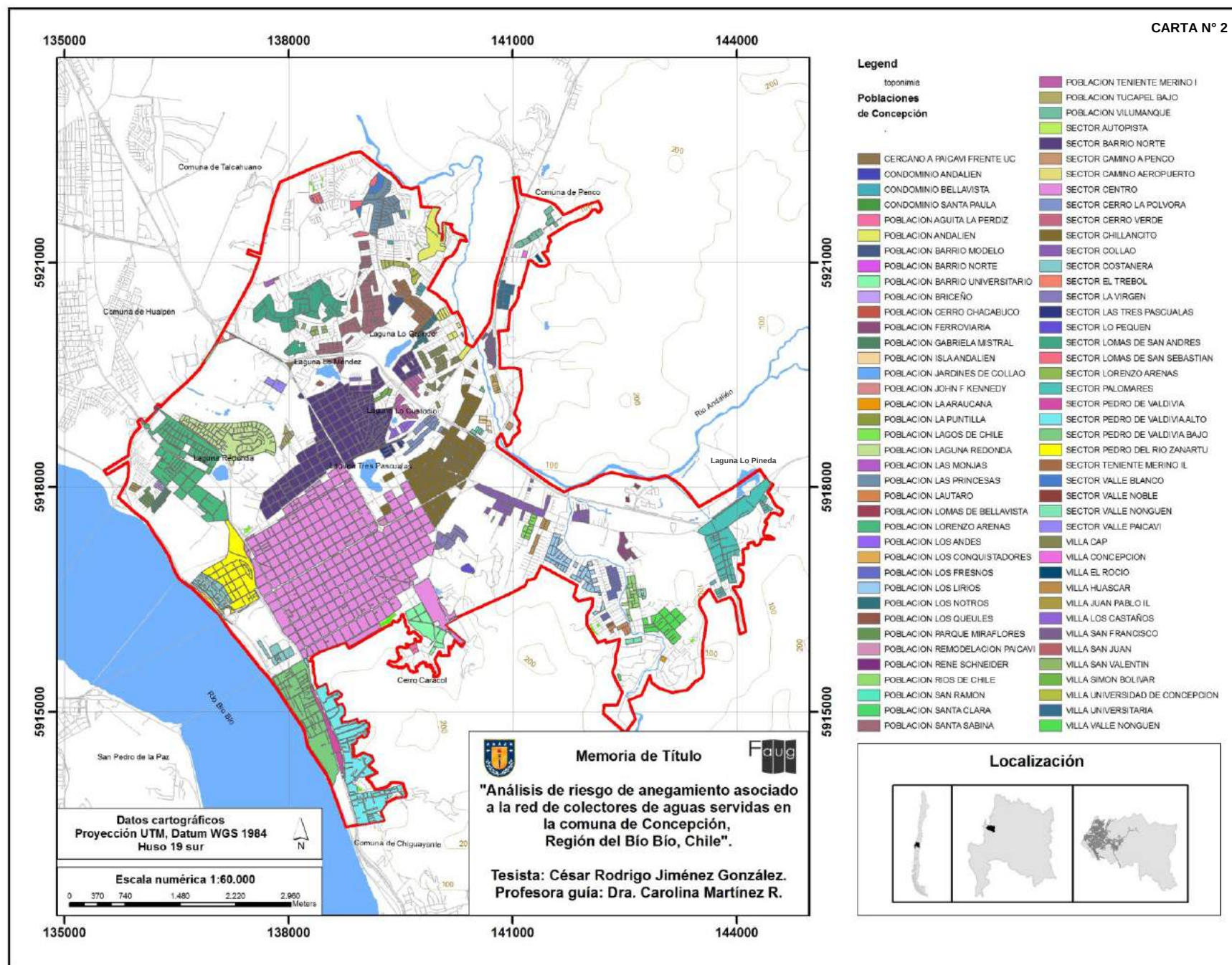


Figura N°1. Área de estudio en comuna de Concepción



Carta N°1. Area de estudio en comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.



Carta N°2. Sectores y poblaciones de la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

3.1.1. Características Geológicas

Variados afloramientos geológicos configuran el relieve de la Costa de Concepción. Rocas Metamórficas de edad Paleozoica se observan en los horst del borde occidental de la Cordillera de la Costera, al sur del Bío-Bío. Pero la mayor parte del relieve de la Cordillera de la Costa, se desarrolla en rocas graníticas Paleozoicas profundamente meteorizadas (Alarcón, 1995).

En la llanura de Concepción, hay extensos afloramientos de rocas Terciarias de origen sedimentario detrítico. Las rocas más antiguas de esta serie corresponden a rocas sedimentarias marinas de edad Cretácica, las que subyacen los cerros Terciarios que emergen en la llanura de Concepción. Sobre estas se encuentran rocas sedimentarias (lutitas y areniscas) de edad Eocénica, de origen marino continental, las que se distribuye en la franja costera y cerros islas. Las rocas más recientes corresponden a conglomerados del Plioceno Superior (Veyl Oñat, 1961). Los sedimentos que rellenan las llanuras están conformados por arenas basálticas negras de origen volcánico-andino, depositadas en el Cuaternario Superior a Reciente (Alarcón, 1995).

Desde el punto de vista estructural este conjunto litológico costero constituye un sistema de bloques fallados, que en Concepción presenta dos accidentes mayores, que son “la falla de Concepción y San Vicente”, las que conforman un graben o fosa tectónica, entre la cual se asientan las ciudades de Concepción y Talcahuano. En el interior del graben se encuentran fallas menores que delimitan los sectores de Cerro Chepe, La Polvora, Chacabuco, Lo Pequen. Son estos bloques fallados y basculados los que conforman los cerros islas situados en la llanura costera (Alarcón, 1995).

3.1.2. Características Geomorfológicas

El área metropolitana de Concepción, lugar donde se aglomera la mayor cantidad de población, corresponde a un graben o fosa tectónica sobre la cual se ha desarrollado una llanura deltaica, rellena por aportes de materiales de origen andino, transportados por el Río Bío-Bío desde fines de la penúltima Glaciación hasta el Tardi o Post Glaciar (Mardones, 1995).

En el sector estudiado también se encuentran cerros islas que son bloques afectados por la tectónica a fines del Plioceno, correspondiendo a una plataforma

Terciaria sometida a hundimientos, sollevamientos y basculamientos. Estos cerros constituyen bloques monoclinales cuyos frentes corresponden a escarpes de fallas (Alarcón, 1995).

Dentro de la geomorfología de llanura destacan los pantanos y paleocauces. Los sectores pantanosos se ubican en los márgenes de las bahías de Concepción y San Vicente (Ilabaca, 1989).

3.1.3. Características Climáticas

Esta zona posee un tipo de clima templado cálido con fuertes contrastes de precipitación y moderados contrastes de temperatura entre invierno y verano. Las temperaturas medias del mes de Julio relativamente moderadas, varían entre 9° y 10°, y las medias de Enero varían entre los 15° a 17°C. La pluviometría muestra una gran variedad espacial dependiendo de la exposición a los vientos húmedos y de la cercanía de la Cordillera de la Costa. La humedad se acrecienta mientras mayor es la influencia del factor orográfico; es así, como las precipitaciones aumentan de 1.330mm. en Concepción a 1.686mm. en Nonguén, concentrando el periodo de lluvias desde Mayo a Agosto (CIER-SERPLAC, 1977).

Respecto a las temperaturas medias en los meses de verano, estas son más altas en los lugares alejados de la influencia oceánica. En las temperaturas medias de Julio, se hace presente la continentalidad del interior de la región, en comparación al litoral (Alarcón, 1995).

Devynck (1970) clasifica el clima de Concepción como tipo mediterráneo marítimo, con precipitaciones concentradas en los meses de invierno y un largo verano seco.

3.1.4. Características Hidrológicas

Los drenes costeros más importantes son los ríos Andalién y Bío-Bío. El río Andalién corresponde a un curso de agua de carácter local que nace en la cordillera de la costa, en los alrededores de la localidad de Florida, drenando una hoya de 600 km². Su régimen de alimentación es pluvial, que genera un caudal variable que alcanza los 10

m³/s. en el periodo estival y en las crecidas de invierno 300 m³/s., pudiendo sobrepasar los 800 m³/s. en crecidas excepcionales (Alarcón, 1995).

El río de mayor importancia es el Bío-Bío, de régimen pluvionival, cuya hoya de origen andino tiene 24.262 km², alcanzando caudales medios de 700m³/s. a 1300m³/s. en su desembocadura. Este río ha sido causante de diversas inundaciones en el área metropolitana de Concepción (Alarcón, 1995).

3.1.5. Características Vegetacionales

La intensa ocupación que se ha hecho del espacio físico del área de Concepción ha transformado el paisaje natural de este sector, perteneciente al dominio del bosque esclerófilo mediterráneo, el cual ha sido tempranamente devastado. En la actualidad el bosque nativo solo se observa marginado a algunos sectores de la meseta de Hualpén y en la reserva Nonguén. En la zona predominan los bosques de coníferas y eucaliptus, los que configuran un paisaje monótono en gran parte de nuestro País (Alarcón, 1995).

3.1.6. Características Socioeconómicas y Demográficas

Según el Censo del año 2002, el área metropolitana de Concepción concentra una población de 912.889 habitantes equivalentes a un 49,04% de la población regional y a un 6,039% del total nacional. Esta área conforma el segundo centro urbano e industrial del país, siendo la comuna más poblada Concepción con un 40,4% del total poblacional del área metropolitana, con una densidad de población de 821,8 hab/km² (Alarcón, 1995).

La comuna de Concepción concentra una población de 216.061 habitantes equivalentes a un 23,67% de la población del área metropolitana, un 11,61% de la población regional y un 1,43% del total nacional. De acuerdo a las proyecciones del INE, la población de la comuna de Concepción al año 2012 debiera ser 229.684 habitantes.

A este sobrepoblamiento se agrega que gran parte de su población vive en condiciones de pobreza. Concepción tiene una población pobre que bordea el 35,5% del total comunal. La mayor parte de la población que vive en condiciones de pobreza se asienta en áreas expuestas a riesgos naturales, debido a la ocupación de sectores como terrazas fluviales expuestas a inundaciones y anegamientos (Alarcón, 1995).

Territorio	1992	2002	2011	2015	2020
Región del Bío Bío	1.734.305	1.861.562	2.048.998	2.099.096	2.154.389
Comuna de Concepción	206.839	216.061	229.138	231.233	231.690
Relación Comuna-Región	11,93	11,61	11,18	11,02	10,75

Tabla N°1: Proyecciones de población según Provincia y Comuna.
Fuente: Elaboración propia con datos INE.

Territorio	Superficie km ²	Densidad poblacional año 1992 (hab./km ²)	Densidad poblacional año 2002 (hab./km ²)	Densidad poblacional año 2011 (hab./km ²)	Densidad poblacional año 2015 (hab./km ²)	Densidad poblacional año 2020 (hab./km ²)
Región del Bío Bío	37068,7	47	50	55	57	58
Comuna de Concepción	221,6	826	975	1034	1043	1046

Tabla N°2: Densidad poblacional comuna de Concepción.
Fuente: Elaboración propia con datos INE.

Se observa el incremento del número de habitantes por km² a través de los años, lo que indica una proyección de tendencia al aumento del número de habitantes. La mayor densidad de la comuna de Concepción respecto a la de la región del Biobío, demuestra el grado de urbanización de la ciudad, indicando la fuerte concentración de población respecto al resto de la región.

Los distritos que crecieron a nivel alto (entre 4% y 6% anual) en el periodo 1992-2002 se localizan en la comuna de Concepción, en su expansión en torno al río Andalién en el distrito Palomares, y principalmente en su expansión hacia el norte en el distrito La Toma. Este último es un sector de gran heterogeneidad económica, ya que incluye el sector de Lomas de San Andrés, con viviendas para estratos medios y altos, y también villas focalizadas a sectores más pobres, próximas al río Andalién. Su valor promedio del suelo ha ido en relativo descenso, desde 4,2 UF/m² en 1995, cuando este sector concentraba el 18% de la oferta inmobiliaria del Gran Concepción, hasta cercano a 3 UF/m² en 2006, cuando representa sólo el 5% de la oferta metropolitana (Plan de Obras Públicas para el Gran Concepción, 2006).

Actualmente, la comuna de Concepción sigue captando demanda habitacional en su área de expansión norte, específicamente en los barrios de Lomas de San Sebastián y Lomas de Bellavista, con viviendas de 2.000 a 2.500 UF en el sector de la Avenida Jorge Alessandri hacia el Aeropuerto Carriel Sur. Esta área es vecina al dinámico subcentro metropolitano que se ha consolidado entre las comunas de Concepción y Talcahuano (Plan de Obras Públicas para el Gran Concepción, 2006).

3.2 Metodología

Para el logro de los objetivos específicos de la investigación, se realizaron las actividades metodológicas que se detallan a continuación.

Se utilizó el modelo de riesgo de Rojas y Martínez (2011) que considera la recurrencia histórica como elemento validador del riesgo.

La metodología presentada (Figura 1), se dividió en cuatro etapas, la primera corresponde al análisis de recurrencia, con el cual se identificaron los eventos de discontinuidades que han afectado a la ciudad de Concepción durante el periodo comprendido entre los años 2012 – 2013, además de la identificación y clasificación las principales causas de obstrucciones en colectores de aguas servidas, así como la identificación de los sectores en los que estas obstrucciones produjeron afloramientos superficiales.

La segunda etapa correspondió al análisis de los factores de peligro involucrados en el desarrollo de los anegamientos y que inciden en el normal funcionamiento de las redes de colectores de aguas servidas y en la forma en que se ha conformado la ciudad, los que sumados a condiciones desfavorables desde el punto de vista operacional mencionadas anteriormente, provocaron fallas en los procesos de calidad de servicio, desencadenados en efectos ambientales en la ciudad.

La tercera etapa correspondió a la vulnerabilidad asociada a eventos de anegamiento. Para esto, la vulnerabilidad, será entendida como “las características de una persona o una colectividad relacionadas con la capacidad para anticipar, afrontar, resistir y recuperarse de los efectos de una amenaza natural. Implica una serie de factores que determinan el grado de peligro a que una persona o unos bienes se ven expuestos por la acción de un fenómeno en la naturaleza o en la sociedad” (Blaikie et al., 1994).

La cuarta etapa correspondió a la especialización de las variables de riesgo de anegamientos asociado a colectores a de aguas servidas en la ciudad de Concepción. Dando forma a la síntesis de peligro y la síntesis de vulnerabilidad, mediante la utilización del software Arcgis 9.3.

Como resultado final se obtuvo la carta escala 1:60.000 de riesgo por anegamiento asociado a colectores de aguas servidas en la comuna de Concepción.

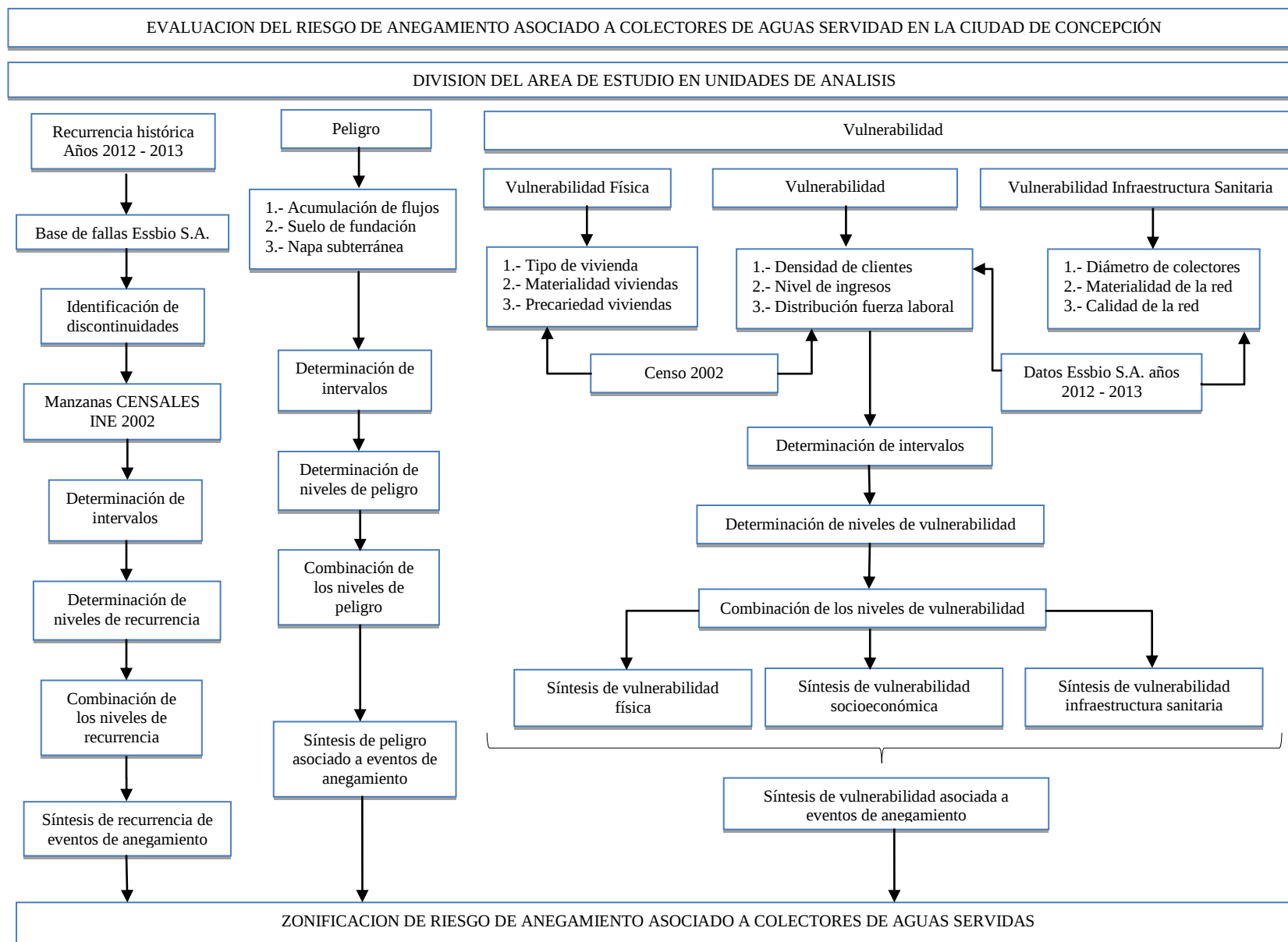


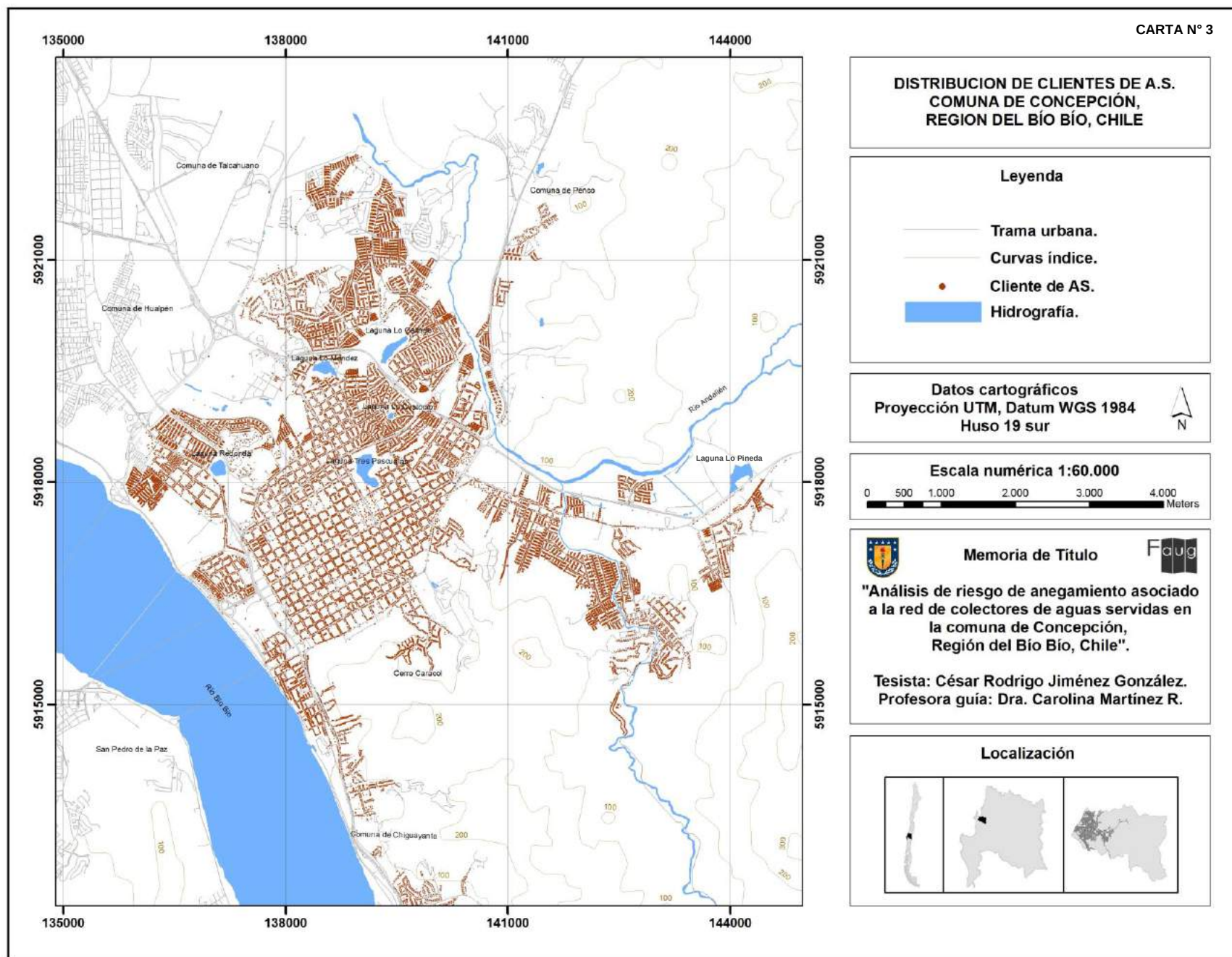
Figura 2. Esquema metodológico. Elaboración propia

3.2.1 Objetivos Específicos

3.2.1.1 Objetivo Especifico N°1

“Recurrencia histórica de los eventos de anegamientos por obstrucción de la red de colectores de aguas servidas en la comuna de Concepción”.

La localización de eventos de anegamientos por obstrucción de la red de colectores de aguas servidas, fue asociada a los clientes de aguas servidas existentes en la comuna de Concepción. Esta distribución de clientes se representó en la (Carta N°3), siendo ellos un factor importante para la obtención de las discontinuidades. Para ello se utilizaron datos pertenecientes a Essbio S.A. del periodo 2012 – 2013; estos fueron usados como datos de catastro para identificación de recurrencia y distribución espacial de las discontinuidades. La obtención de estos datos fue efectuada mediante el traspaso de información realizada por los ITO'S de terreno (inspectores técnicos de obra) encargados de responder a los llamados de emergencia y mal funcionamiento de la red de colectores de aguas servidas. Esta información fue transmitida y canalizada desde una laptop con la cartografía de la ciudad, sobre la cual el inspector realizó la identificación de la discontinuidad, agregando las características visualizadas in situ, que posteriormente fueron compiladas en una base de datos, desde la cual se obtuvieron todas las características que individualizan la anomalía. De esta forma se configuró un archivo mensual que contiene las discontinuidades que ocurrieron en los colectores de aguas servidas y en las uniones domiciliarias, además de obtener todas las características de infraestructura sanitaria, dato que se utilizó para obtener la recurrencia y la distribución de estas interrupciones en el servicio (Figura 3).



Carta N° 3. Distribución de clientes de aguas servidas en la comuna de Concepción año 2012. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A

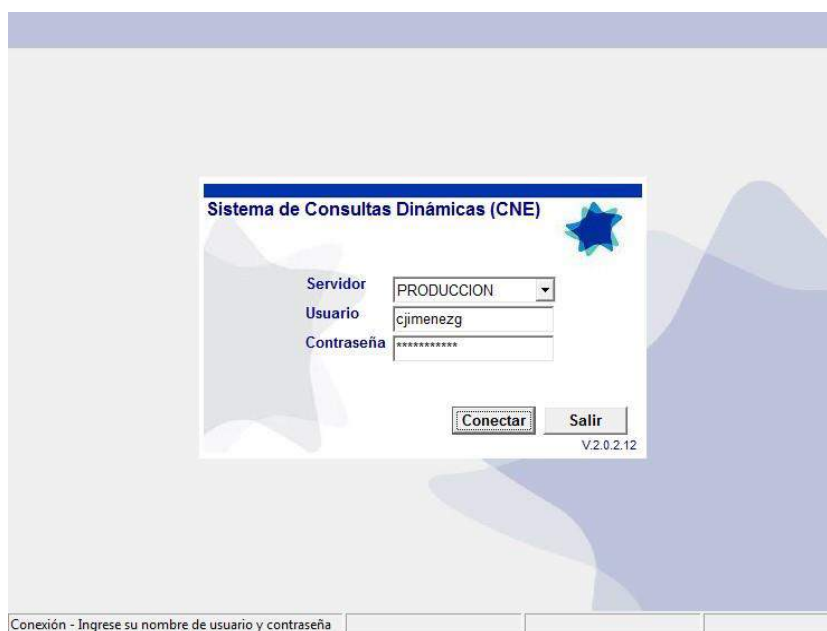


Figura 3. Portal de Consultas dinamicas sobre infraestructura sanitaria.
Fuente: Essbio S.A.

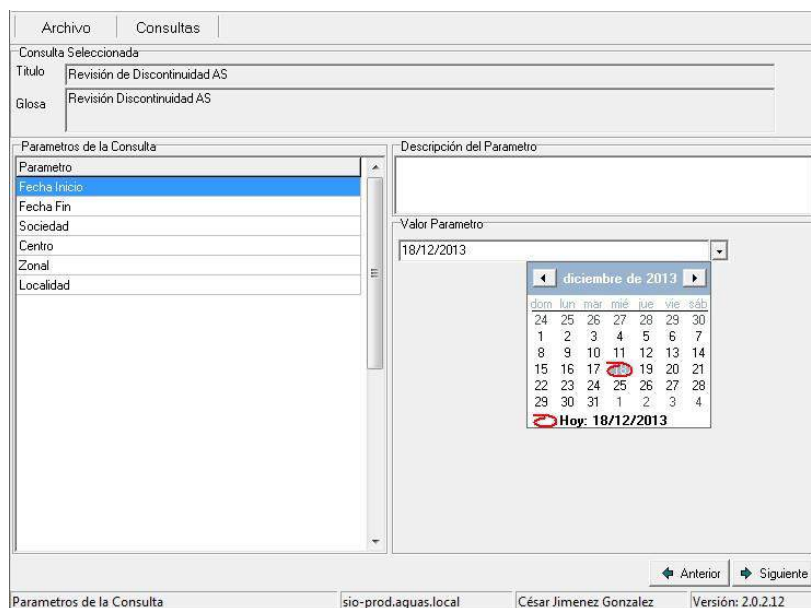


Figura 4. Selección de fecha para consulta de disoncotinuidades en colectores de aguas servidas.
Fuente: Essbio S.A.

Archivo	Consultas	Operaciones				
Consulta Seleccionada						
Título	Revisión de Discontinuidad AS					
Glosa	Revisión Discontinuidad AS					
Resultado						
☒	DESC_SOCIEDAD	DESC_ZONAL	DESC_LOCALIDAD	ID_ORDEN	COD_SECTOR	UBICACION
☒	Essbio S.A.	G.P. Redes Z CoTal	CONCEPCION	100537228	46	CALLE 2 # 1669
☐	Essbio S.A.	G.P. Redes Z CoTal	CONCEPCION	100537248	340	MAIPU # 930
☐	Essbio S.A.	G.P. Redes Z CoTal	CONCEPCION	100537369	362	EXETER 540- C
☐	Essbio S.A.	G.P. Redes Z CoTal	CONCEPCION	100537650	44	AV NONGUEN S/N
☐	Essbio S.A.	G.P. Redes Z CoTal	CONCEPCION	100537890	363	ONGOLMO # 1569
☐	Essbio S.A.	G.P. Redes Z CoTal	CONCEPCION	100538016	0	CHACABUCO 485
☐	Essbio S.A.	G.P. Redes Z CoTal	CONCEPCION	100538231	362	FREIRE 171
☐	Essbio S.A.	G.P. Redes Z CoTal	CONCEPCION	100538350	328	ARRAU MENDEZ N° 427
☐	Essbio S.A.	G.P. Redes Z CoTal	CONCEPCION	100538457	340	BARROS ARANA 857
☐	Essbio S.A.	G.P. Redes Z CoTal	CONCEPCION	100538535	366	RENGO 865
☐	Essbio S.A.	G.P. Redes Z CoTal	CONCEPCION	100538549	363	AV ARGENTINA 1147
☐	Essbio S.A.	G.P. Redes Z CoTal	CONCEPCION	100538591	342	ONGOLMO 2315
☐	Essbio S.A.	G.P. Redes Z CoTal	CONCEPCION	100538662	341	alonso de ovalle 15
☐	Essbio S.A.	G.P. Redes Z CoTal	CONCEPCION	100538663	344	LIENTUR N° 1002
☐	Essbio S.A.	G.P. Redes Z CoTal	CONCEPCION	100538682	345	BULNES 1271
☐	Essbio S.A.	G.P. Redes Z CoTal	CONCEPCION	100538837	345	TUCAPEL 1228
209/865						
Exportar Ordenar Anterior Cerrar						
Resultado de la Consulta		sio-prod.aguas.local		César Jimenez Gonzalez		Versión: 2.0.2.12

Figura 5. Listado de disoncotinuidades en colectores de aguas servidas obtenido por sistema de consultas. dinamicas. Fuente: Essbio S.A.

Los datos fueron exportados a un archivo de texto, desde el servidor de consultas dinámicas de infraestructura sanitaria (Figura 4). Para un fácil ordenamiento se utilizó Excel, el que posteriormente fue leído mediante el software Arcgis 9.3, a través de las coordenadas de cada discontinuidad, para ello se utilizó la proyección WGS84 Huso 19 sur. La representación espacial permitió la creación de un archivo shape de puntos para obtener la distribución catastral.

AI24												f6	
#	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB		
1	RESPONSABLE	REF. CALLE	ESTADO	FC_INGRESO	UD	DESC MOTIVO	UTM_NORTE	UTM_ESTE	COD_CLAS MOTIVO	DESC CLAS	DO SUBCLAS		
2	RESP EMPRESA	355	2	26/05/2011 14:49	NO	OBSTRUCCIÓN DE COLECTOR	5918521,54	139904,92	3	Obstrucción de colector	1		
3	RESP EMPRESA	CENTRO	2	19/05/2011 11:38	SI	OTROS	5917079,22	139719,67	4	Obstrucción de UD	1		
4	RESP EMPRESA	LZO ARENAS	2	29/05/2011 23:17	SI	OBSTRUCCIÓN POR GRASAS	5918441,77	137012,50	4	Obstrucción de UD	1		
5	RESP EMPRESA	1149	2	26/05/2011 15:04	NO	OBSTRUCCIÓN DE COLECTOR	5918041,06	138666,58	3	Obstrucción de colector	1		
6	RESP EMPRESA	LZO ARENAS	2	29/05/2011 23:20	SI	OBSTRUCCIÓN POR EMBANQUE	5918588,72	136794,29	4	Obstrucción de UD	1		
7	RESP EMPRESA	B NORTE	2	11/05/2011 11:38	NO	OBSTRUCCIÓN DE COLECTOR	5918258,58	138646,17	3	Obstrucción de colector	1		
8	RESP EMPRESA	BARRIO NORTE	2	06/06/2011 11:09	NO	OBSTRUCCIÓN DE COLECTOR	5918124,05	137919,95	3	Obstrucción de colector	1		
9	RESP EMPRESA	SECTOR BARRIO NORTE	2	04/06/2011 19:05	NO	OBSTRUCCIÓN DE COLECTOR	5918124,05	137919,95	3	Obstrucción de colector	1		
10	RESP EMPRESA	1002	2	26/05/2011 17:43	SI	OTROS	5918028,82	139638,90	4	Obstrucción de UD	1		
11	RESP EMPRESA	B NORTE	2	29/05/2011 23:23	SI	OBSTRUCCIÓN POR EMBANQUE	5919235,34	138737,50	4	Obstrucción de UD	1		
12	RESP EMPRESA	732	2	26/05/2011 17:46	SI	OTROS	5916635,10	138871,54	4	Obstrucción de UD	1		
13	RESP EMPRESA	763	2	26/05/2011 17:50	NO	OBSTRUCCIÓN DE COLECTOR	5916997,32	138687,65	3	Obstrucción de colector	1		
14	RESP EMPRESA	POBLACION FERROVIARI	2	13/05/2011 09:24	SI	OBSTRUCCIÓN POR EMBANQUE	5917363,55	142485,99	4	Obstrucción de UD	1		
15	RESP EMPRESA	Izo arenas	2	06/06/2011 10:53	NO	OBSTRUCCIÓN DE COLECTOR	5928424,72	131754,49	3	Obstrucción de colector	1		
16	RESP EMPRESA	PEDRO DE VALDIVIA	2	30/05/2011 22:45	SI	FALLA TUBO	5914846,63	138567,58	1	Falla de la UD (fatiga de ma	1		
17	RESP EMPRESA	P. DE VALD. BAJO	2	19/05/2011 11:48	SI	OTROS	5914789,13	138904,05	4	Obstrucción de UD	1		
18	RESP EMPRESA	CHILLANCITO	2	29/05/2011 22:25	SI	OBSTRUCCIÓN POR EMBANQUE	5918155,38	139932,29	4	Obstrucción de UD	1		
19	RESP EMPRESA	TTE MERINO 2	2	29/05/2011 23:45	SI	OBSTRUCCIÓN POR EMBANQUE	5920667,13	139462,07	4	Obstrucción de UD	1		
20	RESP EMPRESA	SECTOR TENIENTE MERI	2	04/06/2011 19:11	NO	OBSTRUCCIÓN POR EMBANQUE	5920667,13	139462,07	3	Obstrucción de colector	1		
21	RESP EMPRESA	LZO ARENAS	2	29/05/2011 23:49	SI	OBSTRUCCIÓN POR EMBANQUE	5917673,64	137009,96	4	Obstrucción de UD	1		
22	RESP EMPRESA	barrio universitario	2	04/06/2011 21:44	NO	OBSTRUCCIÓN DE COLECTOR	5916553,39	139695,07	3	Obstrucción de colector	1		
23	RESP EMPRESA	CENTRO	2	02/06/2011 23:34	SI	OTROS	5917052,49	139034,62	4	Obstrucción de UD	1		
24	RESP EMPRESA	PEDRO DE VALDIVIA	2	30/05/2011 22:55	SI	OBSTRUCCIÓN POR EMBANQUE	5915247,95	138169,00	4	Obstrucción de UD	1		
25	RESP EMPRESA	COLLAO	2	21/05/2011 12:03	SI	OTROS	5917767,52	141200,72	4	Obstrucción de UD	1		
26	RESP EMPRESA	LA VIRGEN	2	30/05/2011 23:27	SI	OBSTRUCCIÓN POR EMBANQUE	5917247,07	140006,22	4	Obstrucción de UD	1		
27	RESP EMPRESA	POB. LOS URIOS	2	30/05/2011 23:31	SI	OBSTRUCCIÓN POR EMBANQUE	5916902,85	141794,12	4	Obstrucción de UD	1		

Figura 6. Información de discontinuidades exporadas a formato Excel 97-2003. Fuente: Essbio S.A.

Una vez obtenida la distribución espacial de los eventos, el paso siguiente consistió en analizar estas discontinuidades, con lo que fue posible establecer la causa de ellas y analizar los efectos ambientales que podrían originarse producto del mal funcionamiento de la red de colectores.

3.2.1.2. Objetivo Especifico N°2

“El peligro de anegamiento en la red de colectores de aguas servidas de la ciudad de Concepción”

a) Variable Acumulación de flujos

Para la identificación de sectores vulnerables se realizó el planteamiento de visualización de la ciudad de Concepción como una cuenca hidrográfica, lo cual permitió la realización del análisis que entrego como resultado las zonas que presentan un potencial riesgo de inundación (Carta N° 4), que sumado a la infraestructura de colectores de aguas servidas, se transformaron en puntos de riesgo ambiental.

En estos puntos se conjugan las inundaciones pluviales, como la acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar o área geográfica, sin que ese fenómeno coincida necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial. Este tipo de inundación se genera tras un régimen de precipitaciones intensas o persistentes, es decir, por la concentración de un elevado volumen de lluvia en un intervalo de tiempo muy breve o por la incidencia de una precipitación moderada y persistente durante un amplio período de tiempo sobre un suelo poco permeable. También son producto de una operación incorrecta de obras de infraestructura hidráulica, como la rotura de un colector o una matriz, por pequeña que ésta sea, puede llegar a causar una serie de estragos no sólo a la población sino también a sus bienes, a las infraestructuras y al medioambiente. La propagación de la onda de agua en ese caso resultará tanto más dañina cuanto mayor sea el caudal circulante, menor sea el tiempo de propagación y más importante sean los elementos existentes

en la zona de afectación (infraestructuras de servicios esenciales para la comunidad, núcleos de población, espacios naturales protegidos, explotaciones agropecuarias, etc.) Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, 2005.

La percepción remota facilitó la colección de datos y obtención de información mediante imágenes digitales, para ello se utilizaron datos AsterGdem (ASTER Global Digital Elevation Model) que recoge las imágenes del espectro visible y también las regiones de longitud de onda de las radiaciones térmicas infrarrojas, con resoluciones espaciales desde unos 15 a 90 metros, con puntos de elevación del terreno medidos cada 30 metros (Figura 6).



Figura 7. Cuadrícula de selección de imágenes AsterGdem.
Fuente: web AsterGdem. <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/>

Selected tiles for downloading	location
☒ ASTGTM2_S37W074.zip	S37 - S36, W074 - W073
☒ ASTGTM2_S38W074.zip	S38 - S37, W074 - W073
☒ ASTGTM2_S37W073.zip	S37 - S36, W073 - W072
☒ ASTGTM2_S38W073.zip	S38 - S37, W073 - W072

Figura 8. Cuadrícula de selección de imágenes AsterGdem.
Fuente: web AsterGdem. <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/>

Mediante la utilización del Software Argis 10.1 se creó un mosaico del área donde se encuentra emplazada la ciudad de Concepción. Para ello se utilizaron imágenes AsterGdem, señaladas anteriormente. Este mosaico es exportado a formato Geotiff para su posterior lectura en Arcgis.

Obtenidas las cuadrículas de imágenes Ráster individuales que contienen a la ciudad de Concepción, se procedió a la configuración del mosaico utilizando la herramienta ArcCatalog de Arcgis 10.1, que entregó como resultado un solo ráster con las mismas características. Para ello, se creó una PersonalGeodatabase que incluyó un nuevo Mosaic Dataset para albergar las imágenes Aster, el que se proyectó en WGS84 Huso19S; lo anterior se efectuó para obtener la estructura a través de la tabla de contenidos. Posteriormente desde ArcCatalog se accedió a la PersonalGeodatabase dando click con el botón secundario al Mosaic Dataset para ingresar la opción Add Ráster que desplegó un cuadro de dialogo en que se indicó el Mosaic Dataset al cual se agregaron los archivos ráster, que fueron tomados por defecto; a la vez que solicitó información sobre qué tipo de ráster se incorporó. En este punto fue posible indicar que tipo de imágenes se estaban utilizando. En el caso de esta metodología con la utilización de un modelo digital de elevación, el campo se seleccionó como Ráster Dataset de forma genérica para proceder a la incorporación de los datos AsterGdem descargados (Figura 8) como paso final de la creación del mosaico. Finalizado este procedimiento se exportó a formato Geotiff, indicando el tamaño de las celdas, que corresponden a 30X30.

Para eliminar los errores debido a la resolución de datos, los sumideros fueron rellenados para lograr una representación correcta de las cuencas y evitar una red de drenaje discontinua. Para ello se utilizó la herramienta “fill” de Spatial Analyst Tools de Arcgis, que utiliza varias herramientas, como flujo focalizado, dirección de flujo, sumidero, cuenca hidrográfica y relleno zonal, para ubicar y rellenar sumideros, internado para rellenar datos erróneos, logrando que las divisorias y depresiones sean reales. Posteriormente se utilizó la herramienta “flow direction” de Spatial Analyst Tools de Arcgis, para determinar la dirección de flujo desde cada celda en el ráster, toma una superficie como entrada y proporciona como salida un ráster que muestra la dirección del flujo, existiendo ocho direcciones de salida válidas que se relacionan con las ocho celdas

adyacentes hacia donde puede ir el flujo. Este enfoque comúnmente se denomina el modelo de flujo de ocho direcciones (D8) y sigue un acercamiento presentado en Jenson and Domingue (1988). El proceso concluye con la utilización de la herramienta “flow accumulation” de Spatial Analyst Tools de Arcgis, que calcula el flujo acumulado en las pendientes de cada celda del ráster de salida, realizando la identificación de canales y alturas topográficas. La aplicación de este procedimiento al área de estudio proporcionó información respecto a las zonas susceptibles a eventos de anegamientos ocasionados por lluvia sumado a las condiciones de la red de alcantarillado del sector en sí.

Las precipitaciones jugaron un rol importante en el aumento de los caudales recolectados, ya que en temporada de lluvia las plantas de tratamiento recolectaron un mayor caudal comparado a un día normal de operación sin precipitaciones, esto se debe en un gran porcentaje a sumideros de aguas lluvias conectados a las redes de aguas servidas. Así como también un número indeterminado de descargas de aguas lluvias de viviendas habitacionales conectadas a las cámaras de inspección domiciliarias. Los datos de las precipitaciones fueron obtenidos de la Dirección General de Aguas (D.G.A.) indican las variabilidades ocurridas durante el periodo 2012 – 2013.

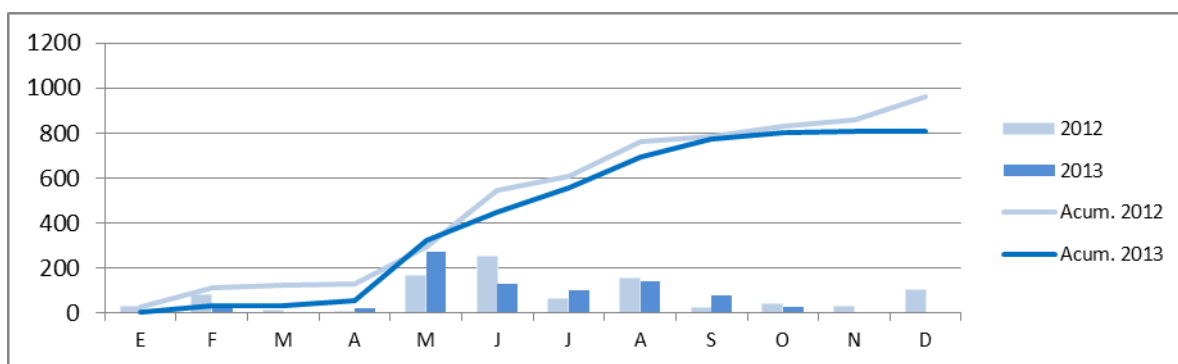


Figura 9. Registro de precipitaciones Estación Concepción DGA.
Fuente: Elaboración propia con datos DGA.

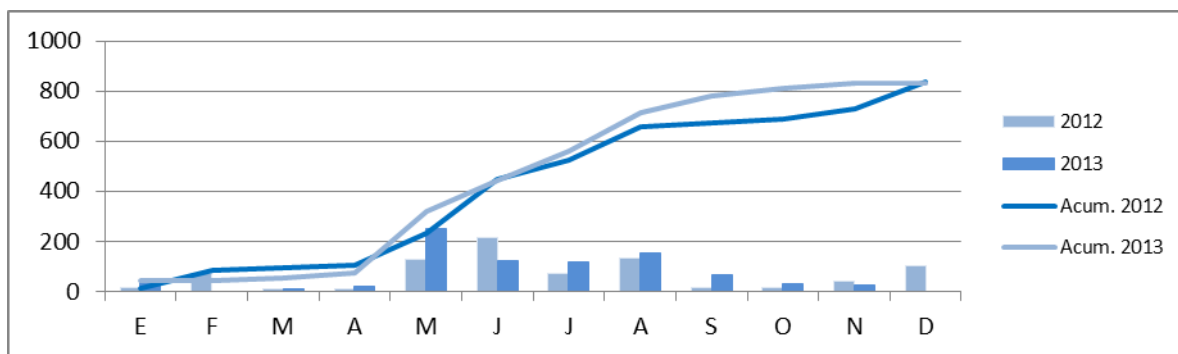


Figura 10. Registro de precipitaciones Estación Andalien.
Fuente: Elaboración propia con datos DGA.

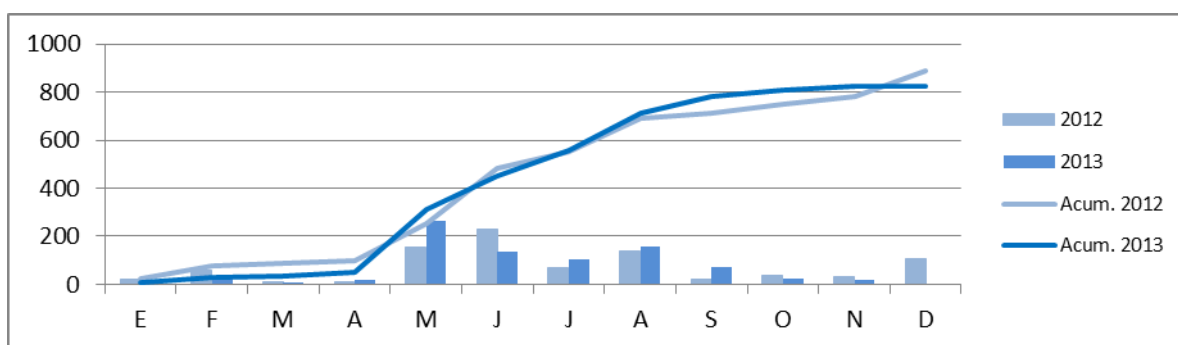


Figura 11. Registro de precipitaciones Estación Estero Nonguen frente UBB.
Fuente: Elaboración propia con datos DGA.

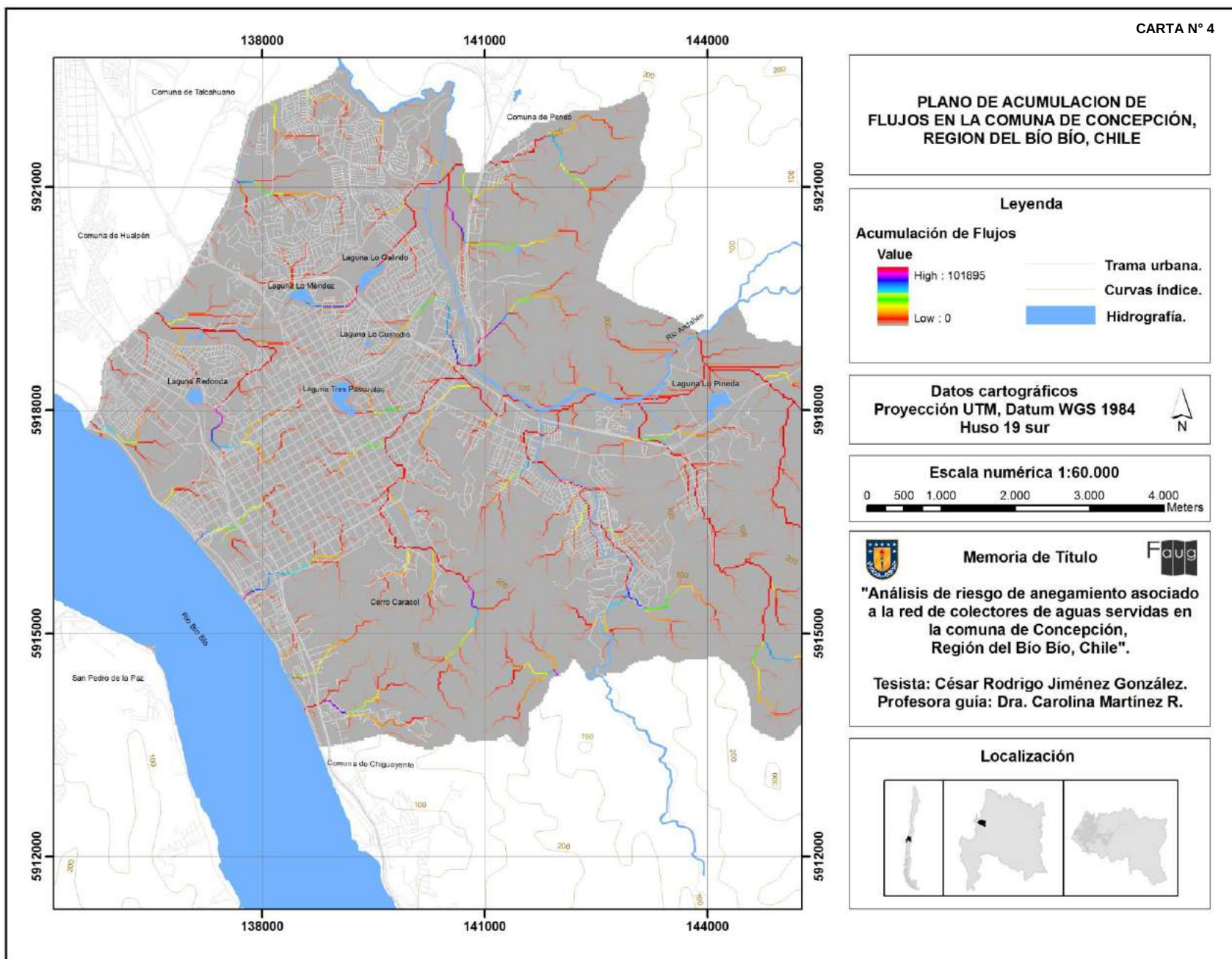


Figura 12. Ejemplo de calle anegada por acumulación de lluvias. Fuente: Essbio S.A.



Figura 13. Ejemplo de calle anegada por acumulación de lluvias. Fuente: Essbio S.A.

La actividad humana y los medios de subsistencia llevan a la población a localizarse en áreas rurales y urbanas que son propensas a inundaciones y el número de personas vulnerables se aumenta a medida que la población crece y la falta de lugares alternativos de asentamientos ubica a mucha gente en terrenos aluviales. De modo que la vulnerabilidad a las inundaciones es en parte un producto de ambientes creados por el hombre, aunque los riesgos se experimentan en varios grados entre diferentes grupos de personas. Los sistemas sociales y económicos asignan los recursos de las sociedades en detrimento de algunos grupos y en beneficio de otros y esto afecta la capacidad de la población para resistir inundaciones y también la expone a riesgos de inundaciones de manera desigual (Blaikie, *et al.*, 1996)



Carta N° 4. Zonas de acumulación de flujos en la comuna de Concepción año 2013. Fuente: Elaboración propia.

b) Variable Suelo de fundación

Para el análisis de las variables físico naturales, se utilizó el Software Arcgis 9.3.1, con el que se crearon capas, basadas en información extraída del Mapa de suelo de fundación de Concepción, (Carta N°5), efectuado por Carlos Galli Oliver y el Instituto de Investigación Geológica entre los años 1961-1965, que a su vez se contrastó con información de mapas de clasificación de suelos, correspondientes a estudio Causse año 2011 (Essbio S.A.) de la comuna de Concepción, (Carta N°6). Con ello se identificaron las zonas en que la infraestructura emplazada se expuesto al peligro. Posteriormente fueron asociadas a las manzanas censales para unificar las variables en una síntesis de peligro.

El estudio de Valenzuela (2010) establece acuerdo a sondeos que el subsuelo esta conformado mayoritariamente por sedimentos fluviales del rio Bio Bio, donde predomina estratificaciones alternadas de arenas limpias, limosas y limos arenosos, a veces con lentes de arcilla en partes con materia organica con abundancia de fósiles. La tendencia según el registro estudiado de sondeos marca predominancia de limos en profundidades entre los 10 y 12 metros, luego entre los 25 y 27 metros; y lentes arcillosos esperados entre 55 y 60 metros; las estratificaciones limosas cuando se presentan muy blandas rara vez pasan los 80 cm. de espesor. Al predominar una compacidad alta en los limos, es decir poca tendencia a la compresibilidad, se les puede vincular hasta 2 metros o un poco más de espesor. En el caso de las arcillas se crea una depositacion en estratos profundos debido al tipo de material transportado por la accion del delta, probablemente meteorizacion de roca granitica de la época, su presencia es más preponderante en localidades aledañas a cerros meteorizables sobretodo cuando existen este tipo de estratificaciones más en subsuelo cercano a la superficie (Valenzuela, 2010).

A modo de generalizacion los aspectos de fundacion en le area de Concepción, es posible agrupar tres unidades geologicas fundamentales:

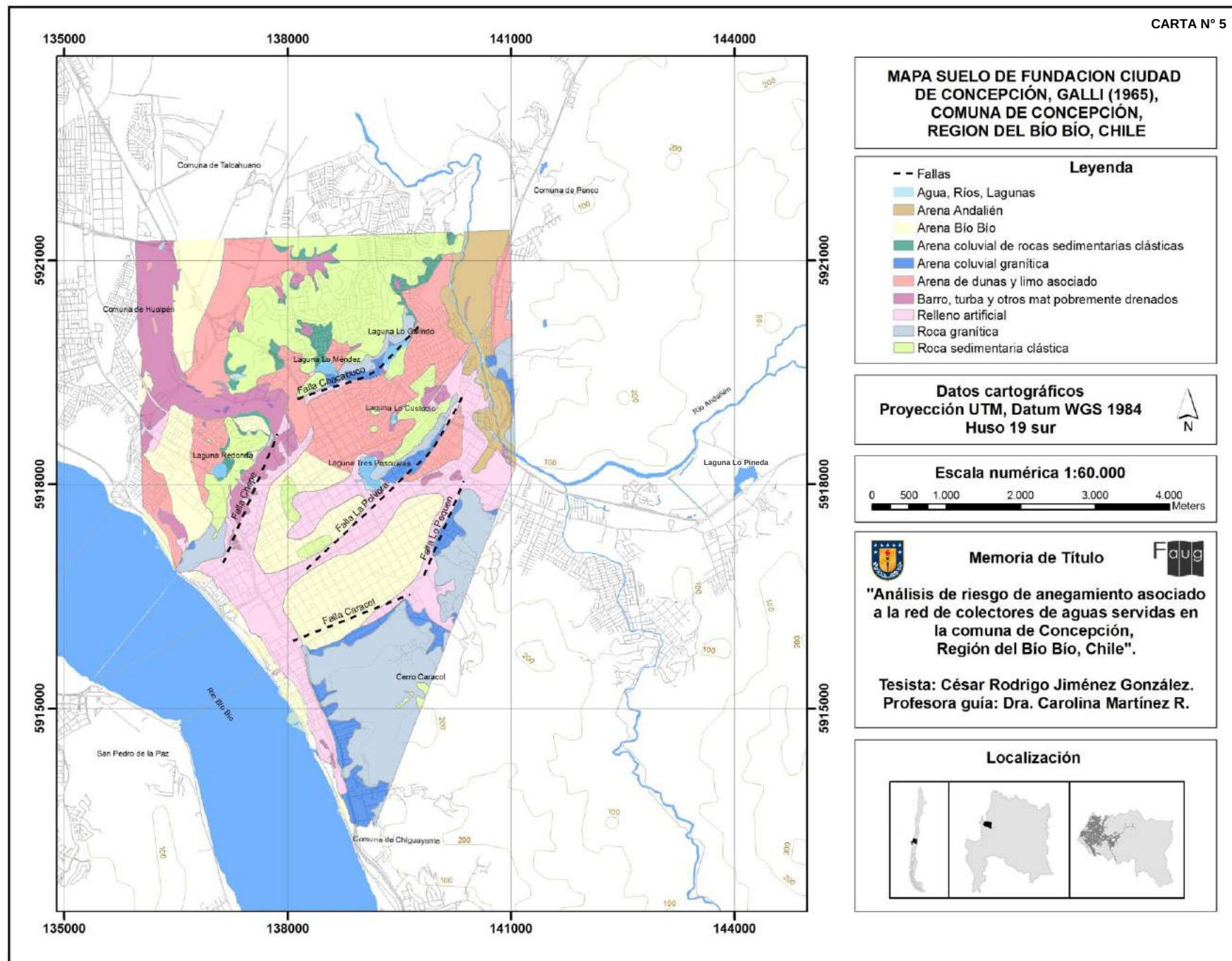
Roca granitica: presenta una distribucion continua en los alrededores de Concepción (cerros caracol y lo pequén) y en afloramientos aislados (cerros la

polvora, chepe, chacabuco y lo galindo), normalmente se encuentra cubierto por un manto muy meteorizado que da origen a un material muy poco cohesivo y sensible a la acción erosiva de las aguas lluvias, al cual se le conoce como maicillo granítico. El espesor de este manto es variable y en ocasiones puede presentar espesores superiores a los 30 metros.

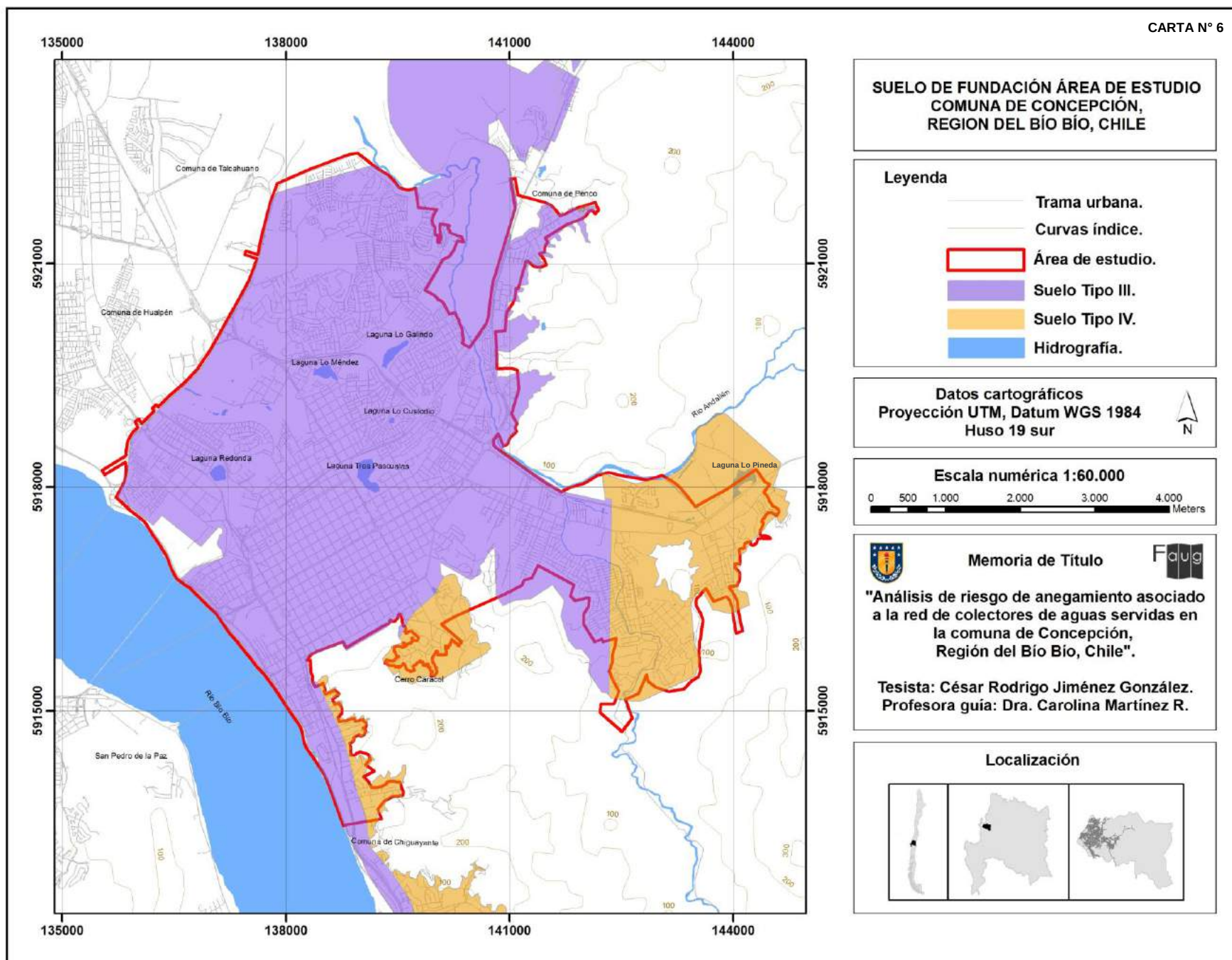
Roca sedimentaria clástica: de edad cretácica superior o más reciente yace sobre las unidades anteriores. Estas se depositaron en distintos ambientes que van desde marino hasta continental, consisten principalmente en arenisca, lutita y conglomerado que aflora en los cerros lo galindo, la polvora, chepe y amarillo. Superficialmente se encuentra meteorizado formando un manto arcilloso de color naranja con tonalidad en algunas ocasiones castaña oscura o rojiza, esta capa presenta inestabilidad ante excavaciones no controladas.

Relleno sedimentario: es la designación para toda la serie de depósitos recientes que constituyen la llanura aluvial sobre la que se edificó gran parte de la ciudad de Concepción. La mayor parte de la formación de estos depósitos corresponde a los sedimentos fluviales del río Bio Bio, incluyendo también otras depositaciones superficiales como arena de dunas, arenas coluviales de roca granítica y sedimentaria clástica. También, arenas depositadas por el río Andalien, barro, turba, rellenos artificiales y otros materiales pobremente drenados. La arena del río Bio Bio tiene procedencia de los fragmentos de la cordillera de los Andes y en menor medida de las unidades atravesadas por el río Bio Bio en el valle central y cordillera de la costa, su textura y forma granulométrica viene dada en parte por la acción abrasiva del clima junto a la acción marítima. Se caracteriza por el color gris oscuro y su composición está dada por granos de basalto, fragmentos cristalinos de plagioclasa y magnetita, su densidad es relativamente alta.

Basamento rocoso: se caracteriza por ser constituido por rocas metamórficas de edad precámbrica, con reducidos afloramientos y rocas intrusivas que forman parte de un gran batolito de edad paleozoica, la roca más distribuida de este batolito es el granito.



Carta N° 5. Suelo de fundacion Galli comuna de Concepción año 2013. Fuente: Elaboración propia.



Carta N° 6. Estudio suelo de fundación comuna de Concepción, datos Essbio año 2010. Fuente: Elaboración propia con datos Essbio.

c) *Variable Napas subterráneas*

El nivel de la profundidad de la napa en verano es aproximadamente entre 2-11m según las localidades, estas diferencias están estrictamente asociadas a la topografía. La temperatura del agua subterránea es de 15°C durante todo el año. Entre las características de la arena Bío Bío como suelo de fundación se encuentra una buena capacidad de soporte, compresibilidad normal, grado de compactación mediana a densa y es probable que las arenas bajo 15 a 20m tengan un bajo potencial de licuación, no así las arenas superficiales. Posee una baja estabilidad en los taludes (Galli, 1967).

En acuerdo de los estudios del IDIEM y la gran información de sondajes del laboratorio de la Universidad de Concepción la napa freática se encontraría en profundidades de 0 a 6 metros, lo que depende principalmente de la topografía y las fallas superficiales existentes, la cota de la napa en el centro de la ciudad es siempre más alta que el nivel del río por lo que el drenaje es hacia este en toda época del año, la fluctuación de la napa está afectada exclusivamente con las aguas lluvias incluyendo el drenaje de los cerros cercanos, y estaría poco influenciada por el régimen de crecidas del río Bío Bío. La fluctuación según Valenzuela (1996), se estima que no supera 1,20m., y las zonas de napa excepcionalmente altas serían el barrio universitario, avenida Collao, Valle Andalien, Pajonal Chepe, pajonales del sector Ferbio, sectores aledaños a la laguna Price, sector Peñuelas, y en general todos los sectores de baja cota topográfica (Valenzuela, 2010).

La infiltración de origen freático es la que ha recogido la normativa de diseño para los sistemas de alcantarillado de aguas residuales. En el caso de la norma chilena NCh 1105 de Diseño y Cálculo de Redes de Alcantarillado de Aguas Residuales, señala que la infiltración de aguas subterráneas se debe determinar cuando corresponda; no entrega recomendaciones o valores, tal vez porque la magnitud de infiltración es un tema propio de cada sistema que no se puede generalizar. No obstante que, sin duda la infiltración depende de las condiciones locales (nivel freático, permeabilidad del suelo, material de las tuberías y tipo de uniones, así como de la calidad o perfección constructiva), es un hecho que los

sistemas de recolección en zonas de suelo saturado presentan infiltración y por lo tanto siempre que exista condición de redes bajo napa se debe considerar infiltración. También es un hecho que a lo largo de la vida útil de estos sistemas de recolección, la infiltración puede aumentar por el natural deterioro estructural.

falta de especificidad de la norma ha llevado a que se confunda el uso de tuberías de material impermeable con sistemas de recolección estancos. Es común en la práctica de diseño que el uso de tuberías de PVC con uniones de goma u otro material plástico se considere equivalente a infiltración nula. En la práctica normal de construcción de redes de alcantarillado se exige realizar pruebas en obra para verificar la impermeabilidad del sistema. Estas pruebas son la aplicación (o extrapolaciones) de la norma Nch 1362 cR 2007 Alcantarillado – Ensayo de estanqueidad. Habría que decir que la norma Nch 1362 en su versión 1978 (Alcantarillado – Prueba de impermeabilidad) se definió para probar sistemas de alcantarillado compuestos por tuberías de mortero de cemento comprimido y/o asbesto cemento (de o mezcla con hormigón) y ahora la versión actualizada 2007 (en consulta) acota la norma a ensayo de estanqueidad en obra para sistemas de alcantarillado compuestos por conductos prefabricados de hormigón.

El ensayo según la versión en consulta de la norma, es una prueba de conjunto cámara colector que se puede hacer a zanja abierta o zanja rellenada, en la cual se llena un tramo colector-cámara (no superior a 213 m) hasta una carga de “columna de agua en la cámara de inspección de aguas arriba como mínimo de 0,6 m por sobre la clave de la tubería o 0,6 m por sobre el nivel de la napa freática, según que columna sea mayor”. La norma establece un tiempo para impregnación del hormigón entre un mínimo de 4 horas y un máximo de 72 horas, y luego un tiempo para medir el posible descenso del nivel de agua, tiempo que puede variar entre un mínimo de 15 minutos y un máximo de 24 h. El ensayo se considera satisfactorio si la infiltración obtenida es menor a la tolerada que se determina según la formula de cálculo que entrega la norma.

Sistemas de alcantarillado con tuberías de otros materiales no están normados a la estanqueidad, por lo que se podría inferir que si se utilizan tuberías

de material impermeable, el sistema resultante sería también impermeable o estanco y no se requeriría de pruebas en obra para verificarlo.

La variación de los niveles de napa freática³ es consecuencia de numerosos y complejos factores (Carta N° 7). Algunas de las variables que intervienen están asociadas a causas naturales, mientras otras se relacionadas a la actividad del hombre. Una de características de la napa freática es que se ve afectada directamente por lo que ocurre en la superficie del terreno. Así es que la lluvia caída redundará en una variación ascendente o descendente de los niveles hidráulicos dentro del acuífero.

En la imagen siguiente, se puede visualizar como se presenta la napa en las localidades que tienen alto niveles de precipitaciones en los meses de Junio, Julio, Agosto, Septiembre.

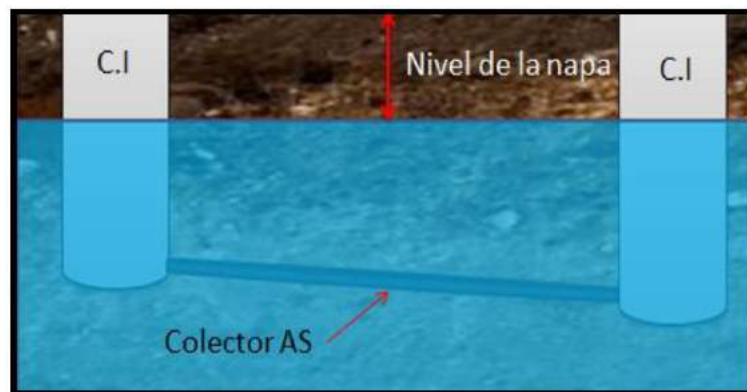
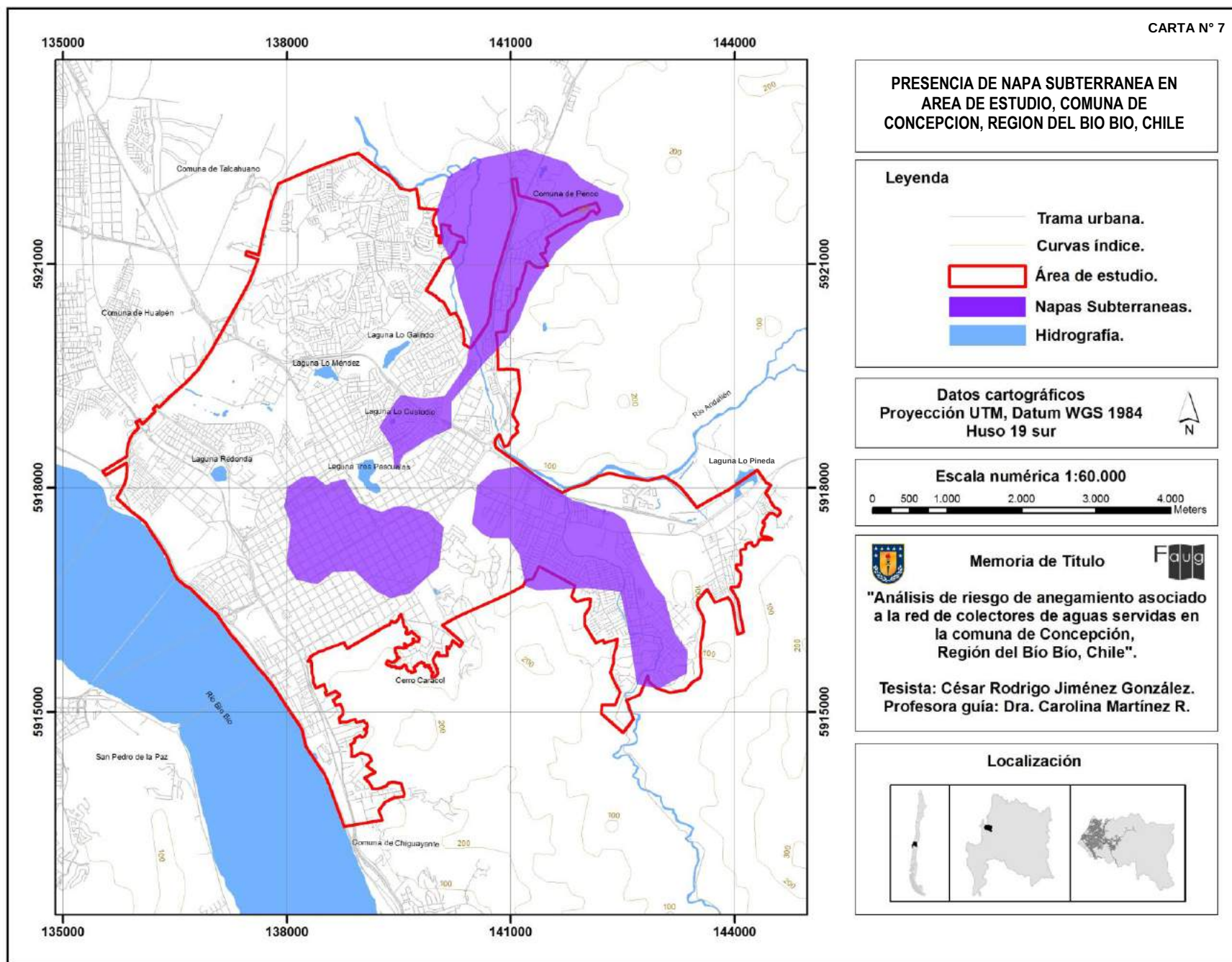


Figura 14. Colector y cámaras de aguas servidas bajo influencia de napas.
Fuente: Unidad de infiltración, Essbio S.A.

³ Carta N°7 presenta existencia de cuerpos en diversos sectores de la comuna, los cuales se presentan a una profundidad de 1,20 – 1,70 metros.

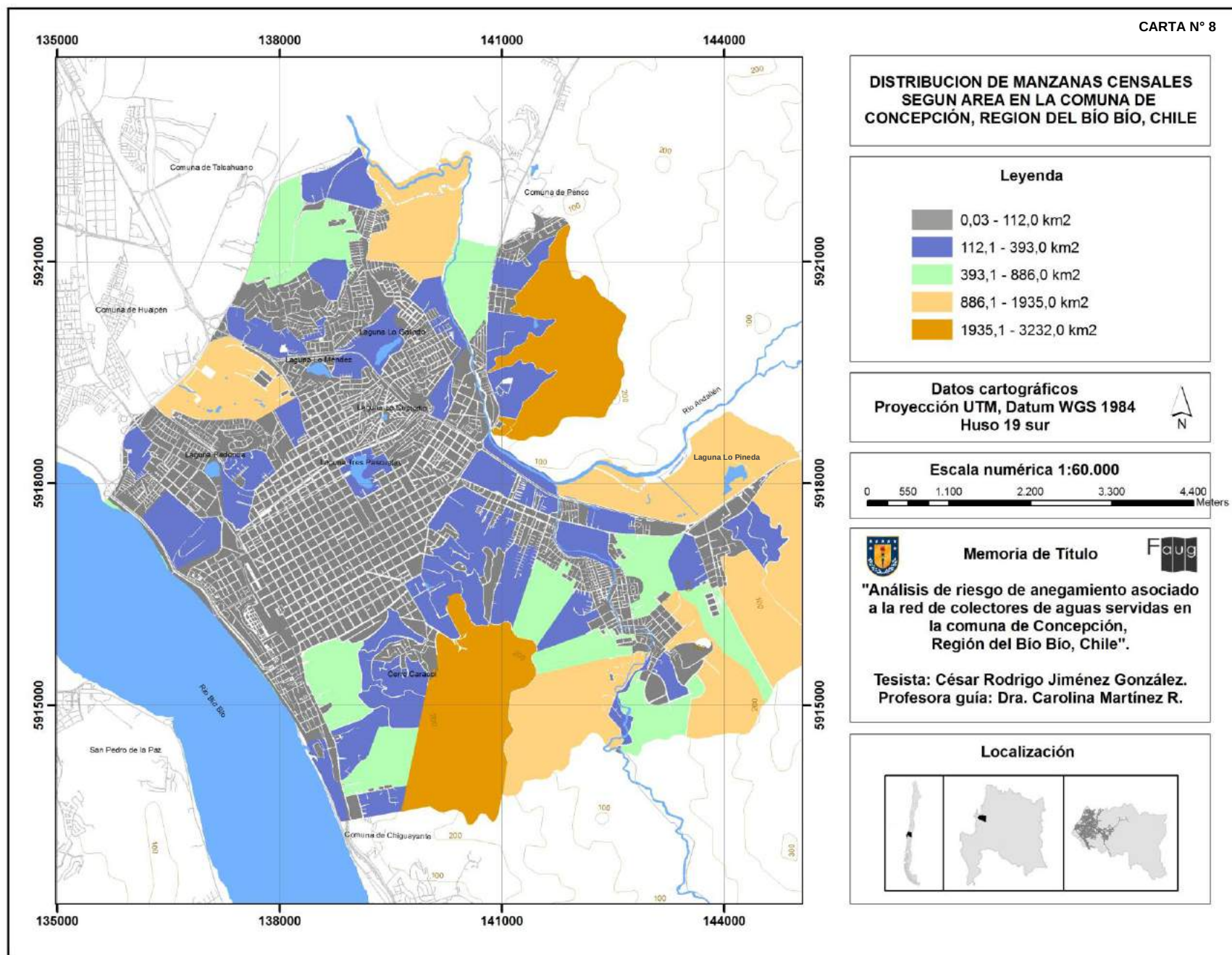


Carta N° 7. Napas subterráneas en la comuna de Concepción año 2013. Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.3. Objetivo Especifico N°3

“Analizar la vulnerabilidad asociada a eventos de anegamiento en la ciudad de Concepción”

Para realizar el análisis de la vulnerabilidad de la comuna de Concepción se utilizó la concordancia de tres vulnerabilidades específicas: vulnerabilidad física, vulnerabilidad socioeconómica y vulnerabilidad de infraestructura sanitaria, para cada una de ellas se definieron tres variables, para las que se definieron tres intervalos a los cuales se les asignó un determinado nivel de vulnerabilidad, jerarquizada en alta, media y baja. , para ello se extrajeron datos del censo 2002 (INE, 2002) mediante la utilización del Software Redatam, cuya información fue tabulada a través de Microsoft Excel 2010, para el posterior ingreso al software ArcGis 9.3.1 (Carta N° 8) que permitió la especialización sobre las manzanas censales, generando cartas de cada variable, vulnerabilidad específica (física, socio-económica e infraestructura sanitaria) y de vulnerabilidad total, lo cual permitió, visualizar la distribución espacial que adoptan las distintas variables y vulnerabilidades en el área de estudio. Para complementar lo anterior, se elaboró una matriz para cada vulnerabilidad específica, donde la primera columna corresponde a las variables seleccionadas y la primera fila corresponde a los niveles de vulnerabilidad. La intersección de columna y fila corresponde al criterio utilizado para cada nivel de vulnerabilidad.



Carta N° 8. Distribución de manzanas censales según área comuna de Concepción. Fuente: Elaboración Propia con datos Redatam.

Las variables consideradas fueron las siguientes:

a). Vulnerabilidad Física:

- a1.- Tipo de vivienda,
- a2.- Material de la vivienda,
- a3.- Precariedad de la vivienda,

b). Vulnerabilidad Socioeconómica

- b1 - Densidad de clientes,
- b2.- Nivel de ingresos,
- b3.- Distribución fuerza laboral,

c). Vulnerabilidad Infraestructura Sanitaria

- c1.- Diámetro de colectores,
- c2.- Materialidad de colectores,
- c3.- Calidad de la red

a) Vulnerabilidad Física

a.1. Variable tipo de vivienda

La variable del tipo de vivienda, fue utilizada según el censo 2002 (INE, 2002) lo que permitió determinar las viviendas que corresponden a casas, departamentos en edificios, mediaguas y otro tipo de vivienda, donde la vulnerabilidad mayor se asoció desde mediaguas hacia abajo, en el nivel medio aquellas viviendas que son casas o conventillos, y un nivel bajo para las viviendas agrupadas en departamentos en edificios (Tabla N° 4) grados de vulnerabilidad por tipo vivienda según INE (2002):

- 1.- casa
- 2.- departamento en edificio
- 3.- piezas en casa antigua o conventillo
- 4.- mediagua
- 5.-rancho, choza
- 6.- otro tipo de vivienda
- 7.- residencial, hotel, hospital, etc.

Valor	Tipo de vivienda	Grado de vulnerabilidad
1	Departamentos en edificios	Bajo
2	Casa, casa antigua o conventillo	Medio
3	Mediagua, rancho, choza, móvil, residencial, otro tipo	Alto

Tabla N° 3: Grados de vulnerabilidad por tipo de vivienda.
Fuente: Elaboración propia

a.2. Variable materialidad de la vivienda

La segunda variable de la vulnerabilidad se relacionó con el material de la vivienda, los criterios para definirla fueron: el hormigón armado, ladrillo, paneles estructurales, madera, adobe entre otros. Se describió con una mayor vulnerabilidad a aquellas construcciones de material ligero, así como en caso opuesto a un nivel bajo se relacionó aquellas edificaciones consistentes en material resistente, y el nivel medio correspondió a las viviendas de material mixto (Tabla N° 5) Grados de vulnerabilidad según materialidad de vivienda.

- 1.- Hormigón armado, piedra.
- 2.- Ladrillo.
- 3.- paneles estructurados, bloque.
- 4.- madera.
- 5.- internit.
- 6.- adobe.
- 7.- desechos.

Valor	Materialidad de la vivienda	Grado de vulnerabilidad
1	Hormigón, ladrillo	Bajo
2	Paneles estructurados	Medio
3	Madera, internit, adobe, desechos	Alto

Tabla N° 4: Grados de vulnerabilidad según materialidad de vivienda.
Fuente: Elaboración propia

a.3. Variable precariedad de la vivienda

La última variable para determinar la vulnerabilidad física se entiende por viviendas precarias aquellas que reúnen a: mediagua, rancho, ruca, choza y otro tipo de vivienda particular (Tabla N° 6).

Valor	Precariedad de la vivienda	Grado de vulnerabilidad
1	Mediagua	Bajo
2	Rancho, choza	Medio
3	Otro tipo de vivienda	Alto

Tabla N° 5: Grados de vulnerabilidad según precariedad de la vivienda
Fuente: Elaboración propia

Variable	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta
Tipo de vivienda	Manzanas donde existan viviendas de tipo Departamentos en edificios	Manzanas donde se presentan viviendas de tipo: Casa, casa antigua o conventillo	Manzanas que poseen mediaguas, ranchos, chozas, móvil, residencial otro tipo.
Material de la vivienda	El nivel bajo corresponde a las viviendas construidas con hormigón y ladrillo	Este grado la tienen las viviendas formadas con paneles estructurados, madera	Las viviendas que poseen internit, adobe, desechos; se les asociara un nivel mayor debido a la resistencia del material
Precariedad de la vivienda	El menor grado de precariedad de la vivienda serán ligadas a las mediaguas	Las viviendas de tipo rancho y choza, formaran parte de un nivel medio de vulnerabilidad	Aquellas viviendas denominadas como otro tipo, formaran parte de este grado

Tabla N° 6: Matriz de vulnerabilidad física.
Fuente: Elaboración propia.

La vulnerabilidad física de la comuna de Concepción, se definió a partir de la acción conjunta de los niveles de vulnerabilidad asociado a las tres variables analizadas, determinadas en la siguiente fórmula:

$$V.F. = C [(0,33 \times V1) + (0,33 \times V2) + (0,33 \times V3)]$$

Dónde:

VF: Vulnerabilidad física

C: Combinación

V1: Tipo de vivienda por manzana

V2: Material de la vivienda por manzana

V3: Porcentaje de la precariedad de la vivienda

b) Vulnerabilidad Socioeconómica

b.1. Variable densidad de Clientes

Para definir la variable de densidad de clientes se utilizaron las manzanas del censo 2002, las que fueron contrastadas con los clientes de la comuna de Concepción. Con ello se logró establecer las manzanas que contienen una mayor cantidad de clientes, por ende un mayor flujo de descargas de aguas servidas.

Valor	Densidad de clientes	Grado de vulnerabilidad
1	0,001 a 3,99 clientes/km ²	Bajo
2	4,00 a 9,99 clientes/km ²	Medio
3	10,00 a 636 clientes/km ²	Alto

Tabla N° 7: Grados de vulnerabilidad según densidad de clientes.
Fuente: Elaboración propia

b.2. Variable nivel de ingresos

Para definir la variable sobre el nivel de ingresos, se utilizó información del Maestro de clientes Essbio S.A. que posee datos referentes a la condición social, comportamientos de consumos y comportamientos de pago a la utilización del servicio.

Valor	Nivel de ingresos	Grado de vulnerabilidad
1	Ingresos Altos	Bajo
2	Ingresos Medios	Medio
3	Ingresos Bajos	Alto

Tabla N° 8: Grados de vulnerabilidad según nivel de ingresos.
Fuente: Elaboración propia

b.3. Variable distribución de fuerza laboral

Para definir la variable de distribución de fuerza laboral se obtuvieron datos del CENSO (2002), referentes a la ocupación laboral, posteriormente estos diferentes grupos fueron clasificados en profesionales, tecno profesionales y no profesionales, los cuales fueron distribuidos por manzanas censales

Valor	Tipo de fuerza laboral	Grado de vulnerabilidad
1	Profesional	Bajo
2	Técnico profesional	Medio
3	No profesional	Alto

Tabla N° 9: Grados de vulnerabilidad según distribución de fuerza laboral.
Fuente: Elaboración propia

Variable	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta
Densidad de clientes	Manzanas donde existan 0,001 a 3,99 clientes/km ²	Manzanas donde existan 4,00 a 9,99 clientes/km ²	Manzanas donde existan 10,00 a 636 clientes/km ²
Nivel de ingresos	corresponde a manzanas que presentan niveles de ingresos altos	corresponde a manzanas que presentan niveles de ingresos medios	corresponde a manzanas que presentan niveles de ingresos bajos
Distribución de fuerza laboral	Manzanas donde existan fuerza laboral profesional	Manzanas donde existan fuerza laboral técnica	Manzanas donde existan fuerza laboral no profesional

Tabla N° 10: Matriz de vulnerabilidad socioeconómica.
Fuente: Elaboración propia.

La vulnerabilidad socioeconómica de la localidad ciudad de Concepción, se determinó en base a la combinación de los niveles de vulnerabilidad de las tres variables, lo cual se expresa a través de la siguiente fórmula:

$$V.S. = C [(0,33 \times V1) + (0,33 \times V2) + (0,33 \times V3)]$$

Dónde:

VS: Vulnerabilidad socioeconómica

C: Combinación

V1: Densidad de clientes

V2: Nivel de ingresos

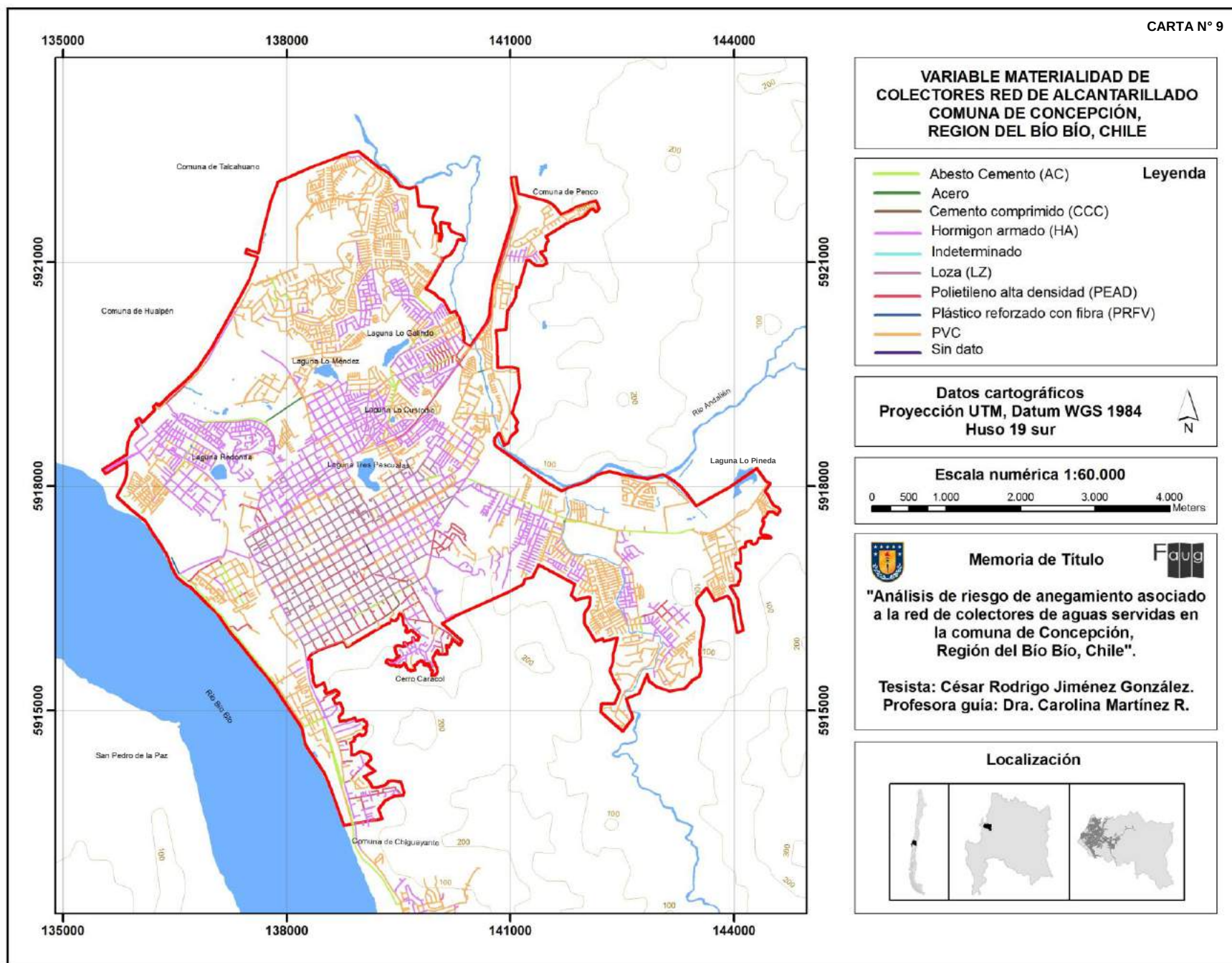
V3: Distribución de fuerza laboral

c) Vulnerabilidad Infraestructura Sanitaria

Se relaciona directamente con las características de la infraestructura sanitaria, evaluando la materialidad de los colectores, diámetro de colectores y calidad general de la red. El sistema de alcantarillado público, administrado por empresas sanitarias, tiene como finalidad recibir las aguas servidas domésticas, así como residuos industriales líquidos lícitos, para transportarlas al sistema de tratamiento y su posterior disposición como aguas depuradas no contaminantes. Sin embargo, la experiencia demuestra que ingresan al sistema aguas provenientes de napa subterránea, aguas lluvia o descargas clandestinas, cuya magnitud no ha sido considerada en diseño o las consideraciones tomadas en la etapa de diseño han sido insuficientes.

c.1. Variable Materialidad de la Red de Alcantarillado

Las redes de alcantarillado de la ciudad de Concepción, (Carta N° 9). Diámetros de la red de alcantarillado de la comuna de Concepción, permiten la recolección y evacuación de aguas residuales desde distintos puntos de la ciudad. Para una óptima operación el recorrido de las descargas debe efectuarse con una velocidad que permita el auto lavado del colector. Las redes de alcantarillado están conformadas por distintas tipologías de materiales a través del paso del tiempo y del crecimiento que ha experimentado la ciudad. En las redes de Concepción se encuentran materiales como Loza, Asbesto Cemento, Cemento comprimido, Hormigón armado, Cloruro de polivinilo (PVC), Polietileno expandido de alta densidad (HDPE) y Polietileno recubierto con fibra de vidrio (PRFV).



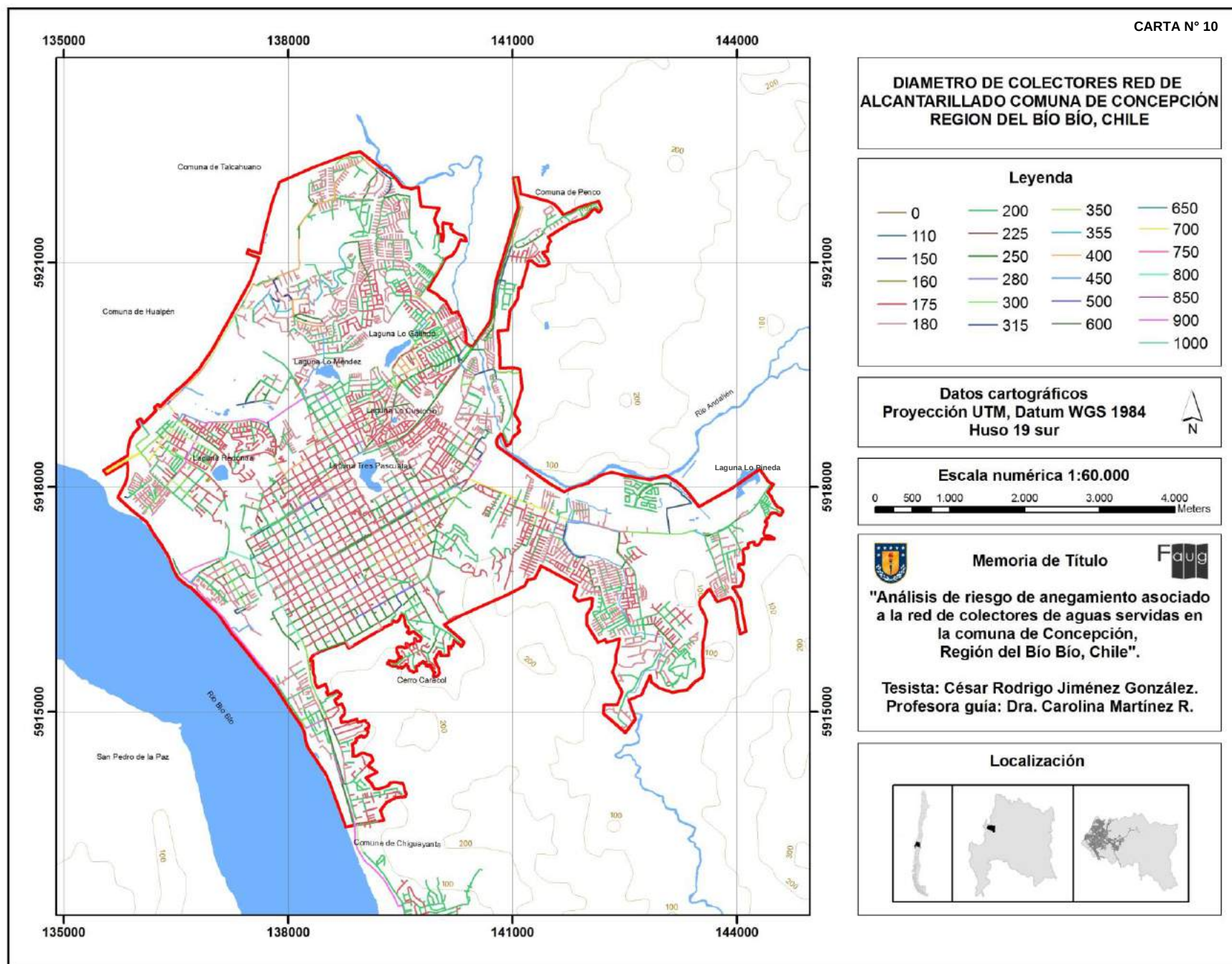
Carta N° 9. Diámetros de la red de alcantarillado de la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con datos Essbio S.A.

c.2. Variable Diámetro de Colectores

De acuerdo a la normativa vigente, es necesario invertir en regularizar los diámetros que sean inferiores a 200 mm, salvo la situación de casos especiales que permiten la instalación de diámetros de 175 mm, que corresponde a lo permitido por la legislación sanitaria, esto significa el reemplazo de redes que no cumplan con lo indicado anteriormente.

Este aspecto es fundamental que sea considerado ya que según la Norma Chilena NCh1105 establece un diámetro nominal mínimo de acuerdo a lo siguiente: El diámetro nominal mínimo a utilizar en tuberías laterales y cañerías debe ser 200 mm, salvo en casos especiales de pasajes o calles sin posibilidades de conexión de futuras extensiones de red, con tramos que sumados no superen los 200m, en cuyo caso se podrá utilizar el diámetro nominal de 175mm. Lo anterior se interpreta, que la concesionaria tiene la obligación de realizar acciones para cumplir con la norma, relativo a inversiones en redes de aguas servidas, a nivel de subcuenca, localidad y empresa.

Los diferentes diámetros existentes en las redes de aguas servidas están registrados en el catastro de infraestructura de Essbio S.A., los que constantemente son actualizados con información de terreno para abordar la problemática de los diámetros inferiores a 175mm. y 200mm. respectivamente (Carta N° 10) Plano de diámetros de la red de alcantarillado de la comuna de Concepción. La Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) regula el cumplimiento de estas normas, exigiendo el cumplimiento de las condiciones técnicas. Debido a lo anterior, se realiza un análisis de los diámetros utilizando el catastro de infraestructura de redes de aguas servidas de la compañía.



Carta N° 10. Plano de diámetros de la red de alcantarillado de la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con datos Essbio S.A.

c.3. Variable Calidad de la Red de Alcantarillado

Para el análisis de la calidad de la red de colectores de aguas servidas se utilizó la información obtenida desde el “sistema de consultas dinámicas (CNE), pertenecientes a Essbio S.A., cuyo resultado indicó en uno de sus campos cuál fue el motivo que generó la obstrucción del colector y la acumulación de aguas servidas en las cámaras de inspección. Con la información que se extrajo de este sistema de consultas, los datos fueron clasificados identificando las diferentes causalidades y el efecto directo que estas provocaron en la población producto de afloramientos de aguas servidas. Estos afloramientos fueron individualizados en una carta a escala 1:60.000.

MOTIVOS DE AFLORAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS
BASURA EN CÁMARA
COLAPSO POR AGUAS LLUVIAS
EMBANQUE
FALLA EN PEAS
OBSTRUCCION DE COLECTOR
OBSTRUCCION DE UD
OBSTRUCCION POR GRASAS
ROTURA EN COLECTOR

Tabla N° 11: Motivos de obstrucciones y afloramientos de aguas servidas
Fuente: Elaboración propia con datos Essbio S.A.

Lo anterior permitió una espacialización de los diferentes motivos causantes de discontinuidades, con ello fue posible relacionar los efectos de fallas a los estados de conservación de la red de colectores en la ciudad de Concepción, al mismo tiempo que se lograron establecer las tendencias de uso que la población realiza de la infraestructura sanitaria.

Variable	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta
Materialidad de colectores	corresponde a manzanas con materiales de polietileno de alta densidad, plástico reforzado y PVC	corresponde a manzanas con materiales de acero y hormigón	manzanas con materiales de asbesto cemento, cemento comprimido, loza, indeterminado y red sin datos
Diámetro de colectores	corresponde a manzanas con diámetros entre 350 y 1000 milímetros	corresponde a manzanas con diámetros entre 200 y 315 milímetros	corresponde a manzanas con diámetros entre 0 y 180 milímetros
Calidad de la red	Subcuencas de aguas servidas 0 – 3 fallas	Subcuencas de aguas servidas con 4 fallas	Subcuencas de aguas servidas con fallas > 4

Tabla N° 12: Matriz de vulnerabilidad infraestructura sanitaria.
Fuente: Elaboración propia.

La vulnerabilidad de infraestructura sanitaria de la comuna de Concepción, se definió a partir de la acción conjunta de los niveles de vulnerabilidad asociado a las tres variables analizadas, determinadas en la siguiente fórmula:

$$V.INF = C [(0,33 \times V1) + (0,33 \times V2) + (0,33 \times V3)]$$

Dónde:

V.INF: Vulnerabilidad infraestructura sanitaria

C: Combinación

V1: Materialidad de colector

V2: Diámetro de colector

V3: Calidad de la red

Para zonificar la vulnerabilidad en la comuna de Concepción, cada una de sus variables se asoció a un nivel de vulnerabilidad, que mediante combinaciones dieron como resultado cada factor de la vulnerabilidad total. De esta forma cada una de las variables obtuvo tres alternativas de vulnerabilidad: Alta (A), Media (M), y Baja (B), donde a partir del cruce de las variables se pueden obtener 27 combinaciones posibles. De acuerdo a lo anterior cada variable presentó una ponderación equivalente a un 33,3% (0,333) para cada una como se aprecia en la imagen siguiente.

Variable 1	Variable 2	Variable 3	Combinaciones			Total
A	A	A	A	A	A	A
		M	A	A	M	A
		B	A	A	B	A
	M	A	A	M	A	A
		M	A	M	M	A
		B	A	M	B	A
	B	A	A	B	A	A
		M	A	B	M	A
		B	A	B	B	M
M	A	A	M	A	A	A
		M	M	A	M	A
		B	M	A	B	A
	M	A	M	M	A	A
		M	M	M	M	A
		B	M	M	B	M
	B	A	M	B	A	A
		M	M	B	M	M
		B	M	B	B	M
B	A	A	B	A	A	A
		M	B	A	M	A
		B	B	A	B	M
	M	A	B	M	A	A
		M	B	M	M	M
		B	B	M	B	M
	B	A	B	B	A	M
		M	B	B	M	M
		B	B	B	B	B

Figura 15. Combinaciones de variables.
Fuente: Jocelyn Venegas, 2012

Las combinaciones que contengan al mismo nivel de vulnerabilidad (AAA, MMM y BBB), tendrán una Vulnerabilidad Alta, Media y Baja, respectivamente, debido a la igual existente entre los tres niveles. En cuanto a las combinaciones con los tres niveles de vulnerabilidad (AMB, ABM, MAB, MBA, BAM, BMA), correspondió a un nivel de vulnerabilidad Medio, debido a que en posición intermedia se sitúa este nivel, entre el alto y bajo. Para las combinaciones de dos A (AAM, AMA, MAA, AAB), el nivel de vulnerabilidad respectivo que se les asigna es el alto. Para un nivel de vulnerabilidad

Medio se determinaron a las combinaciones con dos M (MMA, MAM, AMM, BMM, MMB, MBM). Las combinaciones con dos B (BBM, MBB, BMB), se les asoció un nivel de vulnerabilidad bajo, y si se acompañada por A (BBA, BAB, ABB) la vulnerabilidad es Media, por ser el opuesto (J. Venegas, 2012).

Por lo tanto, la vulnerabilidad total de la ciudad de Concepción, se determinó bajo esta misma lógica, donde las variables corresponden a las tres vulnerabilidades específicas, ponderadas igualmente de manera homogénea:

$$VT = C [(0,333 \times VF) + (0,333 \times VS) + (0,333 \times VIS)]$$

Dónde:

VT: Vulnerabilidad total

C: Combinación

VF: Vulnerabilidad física

VS: Vulnerabilidad socioeconómica

VIS: Vulnerabilidad infraestructura sanitaria

3.2.1.4. Objetivo Especifico N°4

“Riesgo de anegamiento asociado a colectores de aguas servidas en la comuna de Concepción”.

Para el cumplimiento de este objetivo se utilizó el resultado de las variables antes expuestas, es decir se integró la recurrencia histórica, síntesis peligro y síntesis vulnerabilidad, siendo la combinación de ellas la zonificación de riesgo de anegamiento asociado a colectores de aguas servidas en la comuna de concepción. De esta forma se representaron las zonas que abarcan la totalidad de la red de alcantarillado, constituidas por un total de 142 subcuencas definidas por criterios hidráulicos de sectorización en relación al sentido del flujo desde aguas arriba hacia aguas abajo, correspondientes a una longitud total de 487.845,87 metros

4.0. RESULTADOS

Los resultados presentados son producto del análisis de diversos tipos de características de la ciudad de Concepción, así como de la infraestructura sanitaria existente en ella, la conjunción de estas tipologías permitieron la identificación espacial de zonas con mayor o menor grado de susceptibilidad a anegamientos asociados a la red de colectores de aguas servidas, los que fueron representados y expresados en mapas de la ciudad. Así mismo se integraron con datos aportados por gráficos que entregan información sobre las fallas que se suscitan en las distintas áreas de la extensión de la ciudad.

Inicialmente se muestra la localización de la distribución de los anegamientos por obstrucción de la red de colectores de aguas servidas para el periodo 2012 – 2013 en la ciudad de Concepción. Posteriormente se relacionaron los eventos de anegamientos y los efectos ambientales que estos provocan. Con ellos se analizó la peligrosidad asociada a los mencionados eventos de anegamientos. Finalmente se muestra el análisis de vulnerabilidad asociado a la ciudad de Concepción.

El resultado de la localización de los eventos de anegamientos por obstrucción de la red de colectores de aguas servidas para el periodo 2012 -2013 en la ciudad de Concepción, demuestra la dispersión de la ocurrencia de fallas en las redes de la ciudad, al mismo tiempo en que se puede apreciar la recurrencia de estas, siendo posible la identificación de zonas de críticas.

Estas fallas en los colectores son producto de las diversos tipos de obstrucciones que habitualmente se presentan en los ductos, provocando interferencias en los sistemas de alcantarillado, los que no operan en forma correcta y generalmente se encuentran trabajando en carga hidráulica.

4.1. “Recurrencia histórica de los eventos de anegamientos por obstrucción de la red de colectores de aguas servidas en la ciudad de Concepción”.

La ciudad de Concepción está compuesta por 81.044 clientes, de este total existe un numero de 501 clientes que no están conectados a la red de alcantarillado, por lo tanto la cantidad de clientes conectados a la red de alcantarillado es de 80.543 clientes. Ellos con sus distintas características, comportamientos y costumbres condicionaron las tipologías y recurrencias de algunas de las fallas en colectores de aguas servidas.

De acuerdo a la disconformidad de los clientes respecto a algunos aspectos de la prestacion de servicios, la empresa sanitaria Essbio S.A. acogio los reclamos presentados por sus usuarios. Es así como el registro de fallas clasificó estos eventos en disconcontinuidades ocurridas en el colector de aguas servidas y en discontinuidades ocurridas en la unión domiciliaria, que es el tramo de tubería existente entre el colector de aguas servidas y la cámara de aguas servidas al interior de la propiedad que enfrenta el colector.

DISCONTINUIDADES 2012													
TIPO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
COLECTOR	80	97	77	63	68	92	91	87	64	66	58	65	908
UD	143	120	153	163	164	176	143	168	151	136	138	157	1812

Tabla N° 13. Discontinuidades año 2012 en la comuna de Concepción.
Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

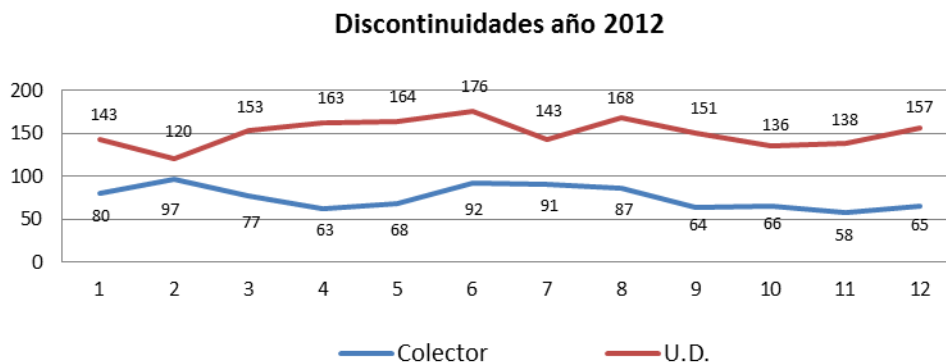
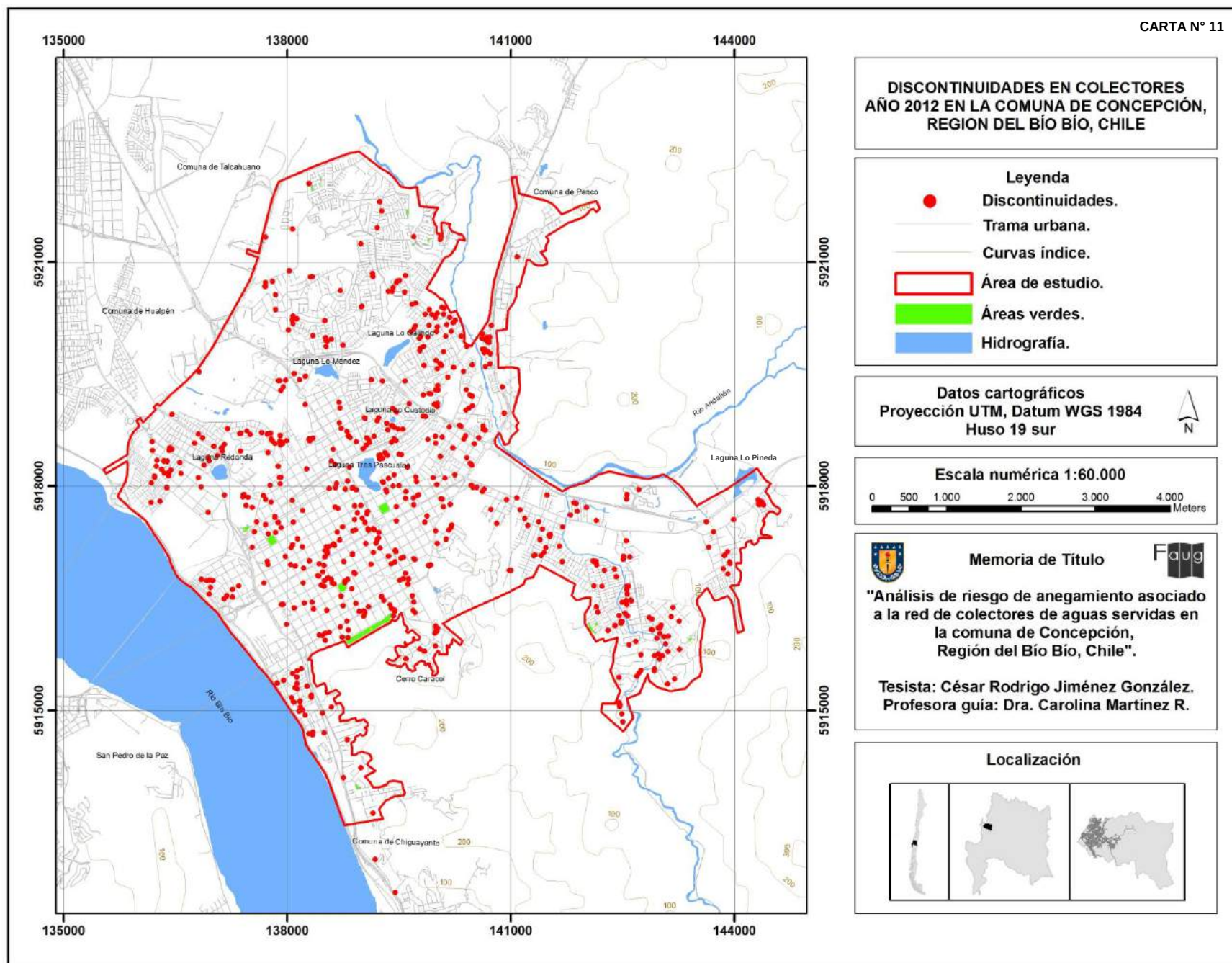


Figura 16. Discontinuidades año 2012 en la comuna de Concepción.
Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

La Figura anterior representa el comportamiento mensual de las discontinuidades ocurridas durante el año 2012 para colectores y uniones domiciliarias.

Durante el año 2012, la mayor cantidad de discontinuidades en colectores de aguas servidas se produjo en el mes de Febrero con un total de 97 eventos; le siguen los meses de Junio, Julio, Agosto, Enero; con 92, 91, 87 y 80 eventos. Así mismo, el mes que presentó la menor cantidad de discontinuidades fue el mes de Noviembre con un total de 58 eventos, seguido por los meses de Abril, Septiembre, Diciembre, Octubre, Mayo y Marzo con valores de 63, 64, 65, 66, 68 y 70 eventos. Es así como desde enero a Febrero existió una tendencia al alza comenzado en 80 eventos hasta un máximo de 97 eventos en el mes de Febrero, posteriormente desde el mes de Febrero la tendencia es a la baja, llegando a 63 eventos en el mes Abril, luego en el mes Mayo este número comienza a incrementar, llegando al mes de Junio con 92 eventos y desde este mes existió una leve tendencia a la baja llegando al mes de agosto con 87 eventos; para el mes de Septiembre se presenta una baja notoria llegando a 64 eventos, para el mes de Octubre existió una leve alza llegando a 66 eventos, para el mes de noviembre se registró el valor más bajo del año, llegando a un total de 58 eventos, para finalmente culminar en diciembre con un total de 65 eventos. El promedio de discontinuidades en colectores para el año 2012 corresponde a un total de 76 discontinuidades.

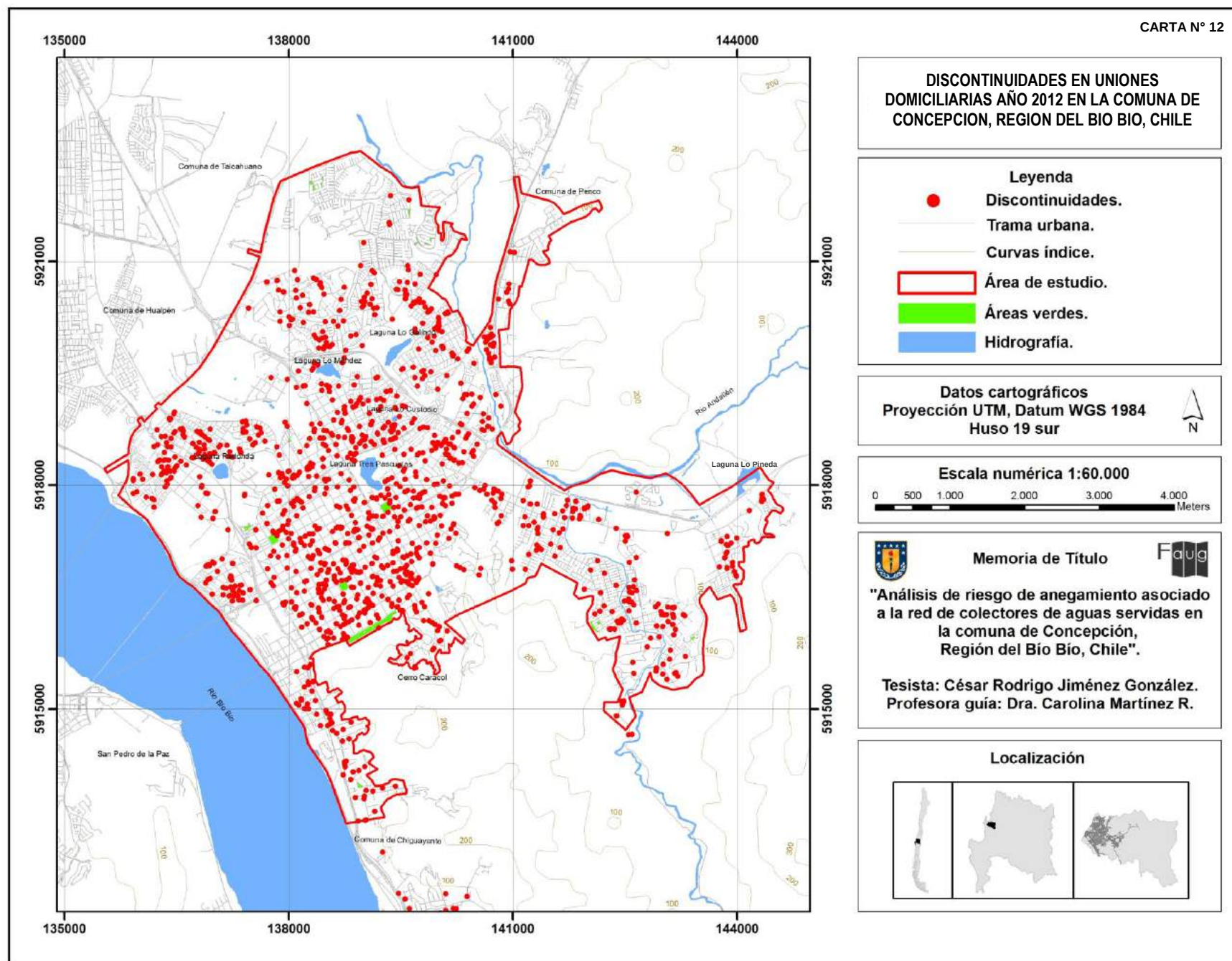
Lo anterior se muestra en los resultados del mapeo de los datos de discontinuidades ocurridas en colectores durante el año 2012, desplegando un total de 908 eventos que representan un 33% del total de 2.720 discontinuidades ocurridas en la ciudad (Carta N° 11) Discontinuidades en colectores en la comuna de Concepción año 2012.



Carta N° 11. Discontinuidades en colectores en la comuna de Concepción año 2012. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

En el caso de las discontinuidades en uniones domiciliarias la mayor cantidad de discontinuidades se produjo en el mes de Junio con un total de 176 eventos de discontinuidades; le siguen los meses de Agosto, Mayo, Abril, Diciembre, Marzo; con 168, 164, 163, 157, 153 eventos. Así mismo, el mes que presentó la menor cantidad de discontinuidades fue el mes de Febrero con 120 eventos, seguido por los meses de Octubre, Noviembre, Enero, Julio, Septiembre, Marzo; con 136, 138, 143, 143, 151 y 153 eventos. De esta forma el transcurso del año se describe con un comienzo en 143 discontinuidades en el mes de Enero; con una tendencia a la baja a 120 eventos en el mes de Febrero, siendo este el registro más bajo del año; de aquí en adelante se evidencian notorias alzas desde el mes de Marzo con 153 eventos, llegando al mes de Junio con 176 eventos, siendo este el registro de discontinuidades más elevado del año; desde el mes de Junio a Julio se experimentó una baja llegando a 143 eventos, seguidos de un alza en el mes de Agosto de 168 eventos, luego se presentó una baja que termina en el mes de Octubre con 136 eventos; posteriormente se presenta un alza para el mes de Noviembre en 138 eventos para finalizar con un alza en el mes de Diciembre con 157 eventos. El promedio de discontinuidades en uniones domiciliarias para el año 2012 corresponde a un total de 151 eventos.

Lo anterior se muestra en los resultados del mapeo de los datos de discontinuidades ocurridas en uniones domiciliarias durante el año 2012, desplegando un total de 1.812 eventos que representan un 66% del total de 2.720 discontinuidades ocurridas en la ciudad (Carta N° 12) Discontinuidades en Uniones Domiciliarias en la comuna de Concepción año 2012.



Carta N° 12. Discontinuidades en Uniones Domiciliarias en la comuna de Concepción año 2012. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

Para el año 2013 la cantidad de discontinuidades se representaron en la siguiente Tabla, el que indico su variabilidad mensual.

DISCONTINUIDADES 2013													
TIPO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
COLECTOR	60	59	62	61	86	81	89	86	48	48	43	38	761
UD	139	130	152	149	150	181	167	171	143	166	134	83	1765

Tabla N° 14. Discontinuidades año 2013 en la comuna de Concepción.
Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

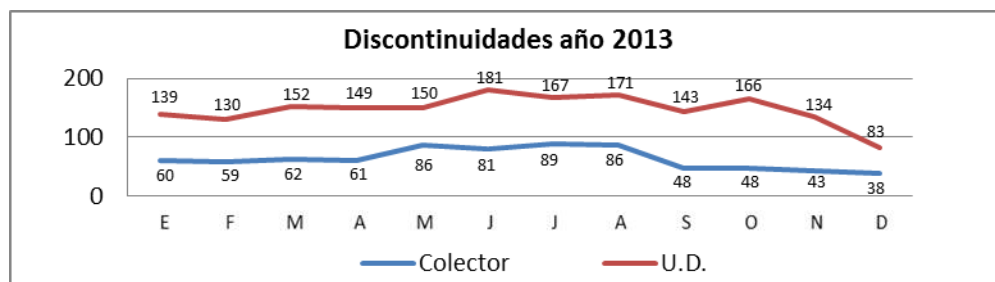


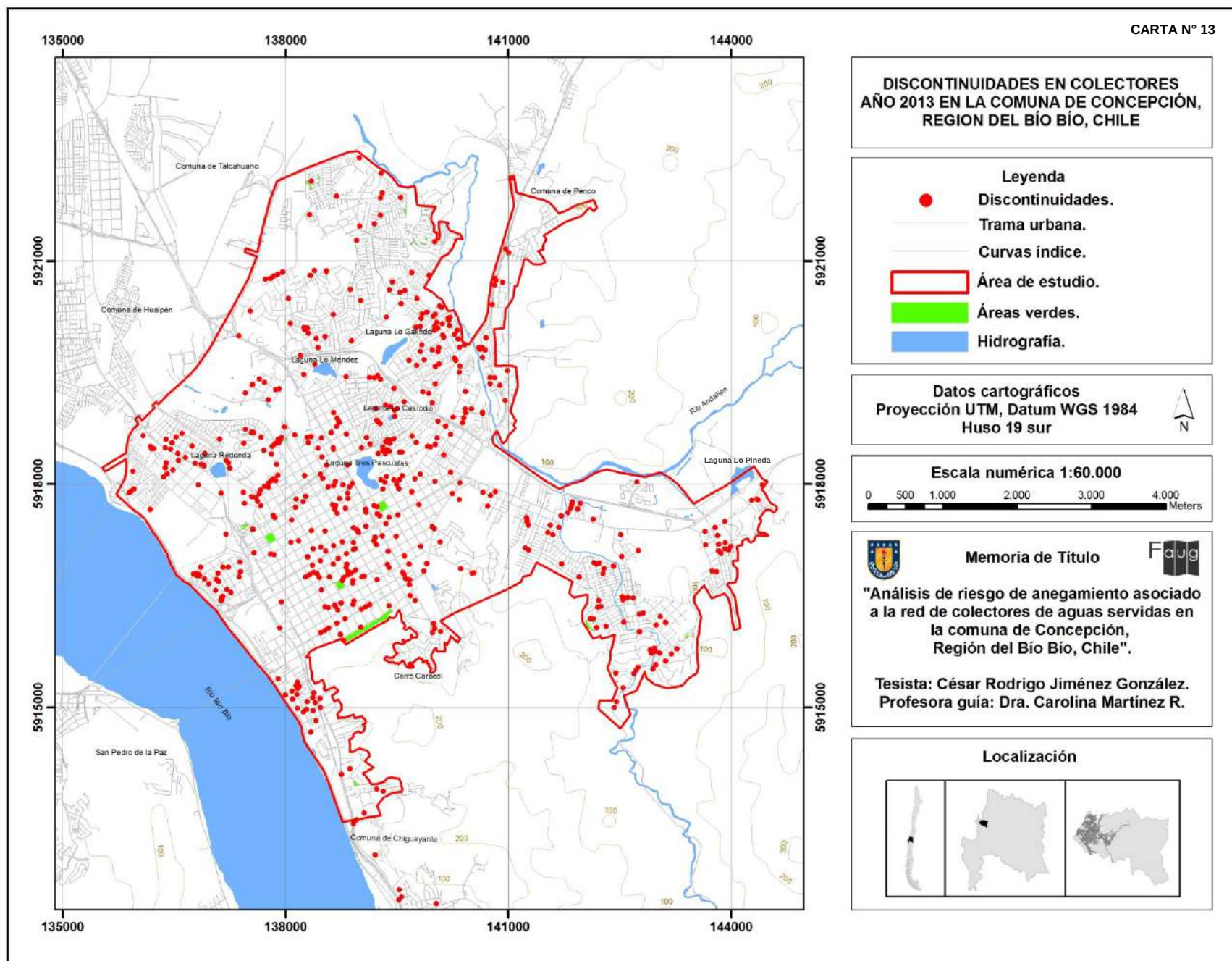
Figura 17. Discontinuidades año 2013 en la comuna de Concepción.
Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

Durante el año 2013, la mayor cantidad de discontinuidades en colectores de aguas servidas se produjo en el mes de Julio con un total de 89 eventos; le siguen los meses de Mayo, Agosto y Junio; con 86, 86, y 81 eventos. Así mismo, el mes que presento la menor cantidad de discontinuidades fue el mes de Diciembre con un total de 38 eventos, seguido por los meses de Noviembre, Octubre, y Agosto con valores de 43, 48 y 48 eventos. Como una zona intermedia de discontinuidades se encuentran los meses de Febrero, Enero, Abril, Marzo, con valores de discontinuidades de 59, 60, 61 y 62 discontinuidades. Es así como desde Enero a Abril existió una leve diferencia de eventos con una tendencia al alza comenzado en 60 eventos hasta un número de 61 eventos en el mes de Abril, posteriormente desde el mes de Abril es notorio un quiebre en la tendencia registrada en los meses anteriores, que se mantuvieron prácticamente lineales, apreciando un alza que llegó a 86 eventos en el mes de Mayo. Desde el mes de Mayo en adelante este incremento de eventos se mantiene con una leve baja en el mes de Junio con 81 eventos. Desde el mes de Junio al mes de Julio se produjo un alza en los eventos registrando el número más alto del año con 89 discontinuidades. Luego en el mes de Agosto se registra una leve baja con 86 eventos. En el mes de Septiembre se aprecia un quiebre con una notoria baja en el comportamiento de los eventos de

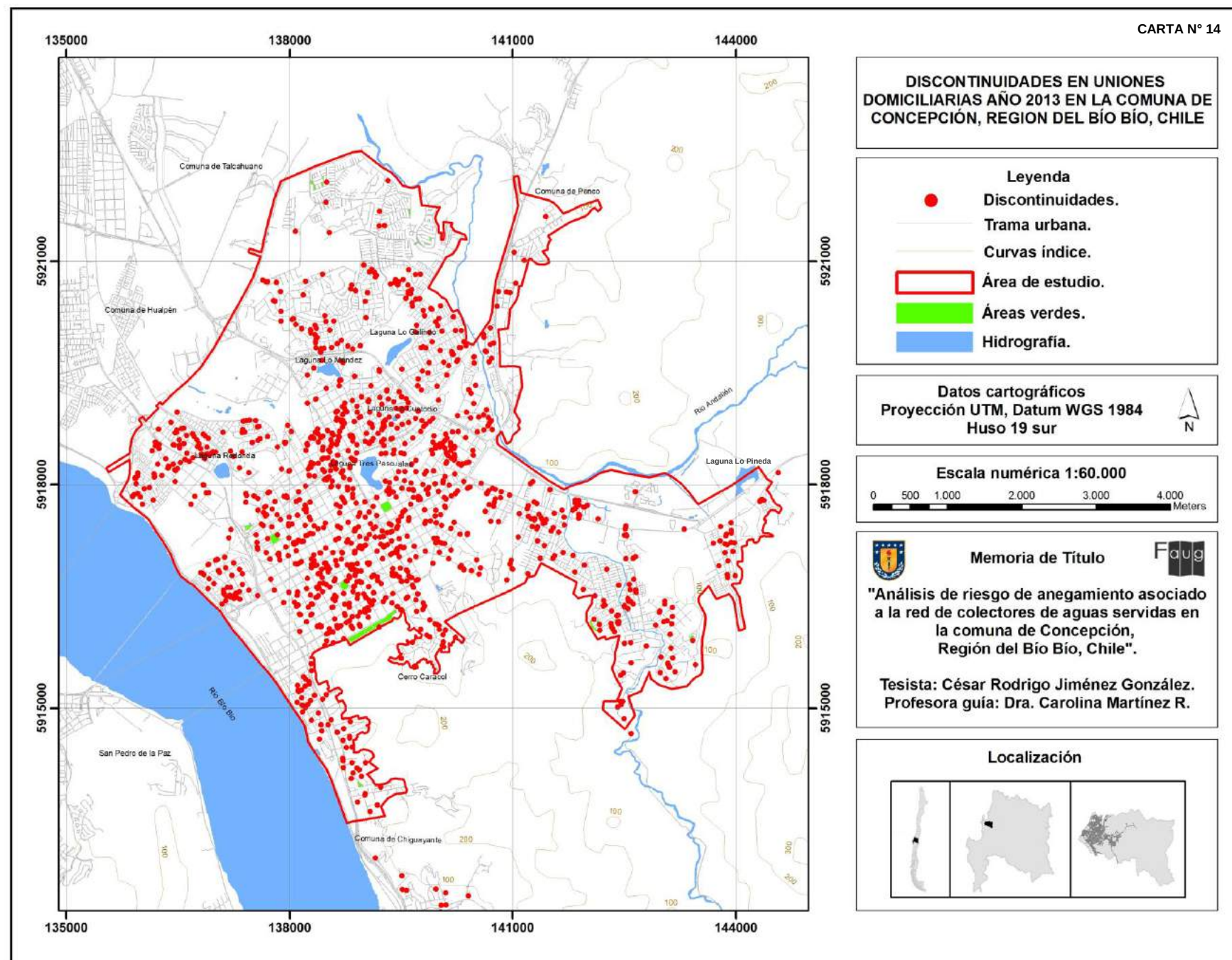
discontinuidades que registraron un numero de 48 eventos. Desde el mes de Septiembre al mes de Octubre las fallas en los colectores se estabilizaron y se volvió a registrar un valor de 48 eventos. Durante el mes Noviembre se registró una tendencia a la baja con 43 eventos; finalmente en el mes de Diciembre se registró la menor cantidad de eventos con un total de 38 discontinuidades. Se destacó el periodo comprendido entre los meses de Septiembre a Diciembre donde es notorio el quiebre de la tendencia de valores altos por fallas en colectores de aguas servidas, este periodo registró los valores más bajos del año. Así mismo el periodo comprendido entre los meses de Mayo al mes de Agosto, registró los valores más altos de fallas en colectores de aguas servidas, las cuales están relacionadas a las lluvias, siendo este periodo el que concentra la mayor cantidad de precipitaciones. Durante el año 2013 se registró un promedio de fallas en colectores de aguas servidas correspondiente a un total de 63,4 discontinuidades.

La (Carta N° 13). Discontinuidades en colectores en la comuna de Concepción año 2013, muestra los resultados del mapeo de datos de discontinuidades ocurridas en colectores durante el año 2013, desplegando un total de 761 eventos que representan un 30% del total de 2.526 discontinuidades ocurridas en la ciudad.

Asi mismo, la (Carta N° 14). Discontinuidades en uniones domiciliarias en la comuna de Concepción año 2013, muestra los resultados del mapeo de los datos de discontinuidades ocurridas en uniones domiciliarias durante el año 2013, desplegando un total de 1.765 eventos que representan un 70% del total 2.526 discontinuidades ocurridas en la ciudad.



Carta N° 13. Discontinuidades en colectores en la comuna de Concepción año 2013. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A



Carta N° 14. Discontinuidades en uniones domiciliarias en la comuna de Concepción año 2013. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

Las cantidades de discontinuidades en colectores son menores a las ocasionadas en uniones domiciliarias, pero el análisis que busca resolver a la problemática se relaciona a la información de fallas obtenidas en colectores, es este el dato utilizado para la toma de decisiones en la búsqueda de soluciones definitivas a las problemáticas.

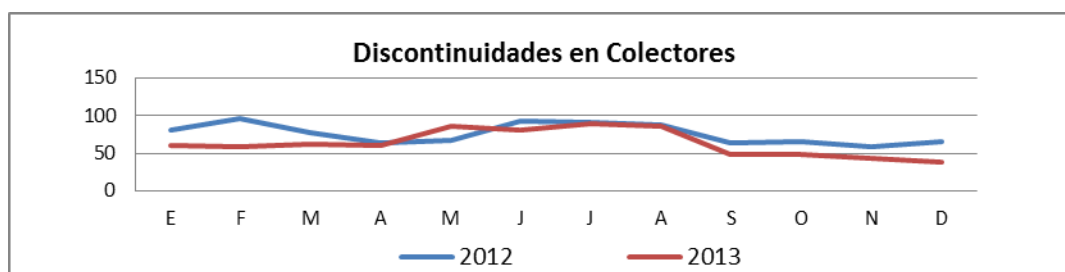


Figura 18. Comparativo de discontinuidades en colectores de aguas servidas año 2012-2013 en la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

La comparación de los dos años vistos en la figura anterior indico los diferentes escenarios de fallas ocurridas en los colectores de aguas servidas; en ellos se observó la diferencia presente entre los periodos, destacando una baja en las discontinuidades durante el primer trimestre. Durante el segundo trimestre las tendencias son similares, coincidiendo con los periodos de lluvias, verificando que las discontinuidades aumentan a medida que se acerca la estación invernal. La disminución más considerable corresponde al tercer trimestre del año 2013, alcanzando diferencias notorias al mismo periodo del año 2012.

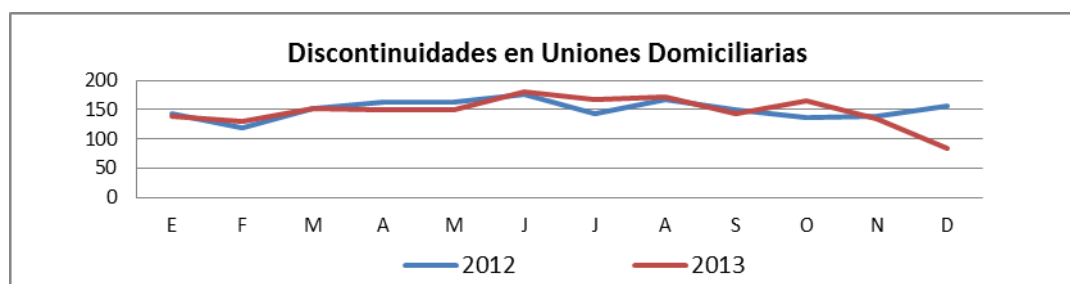


Figura 19. Comparativo de discontinuidades en uniones domiciliarias de aguas servidas año 2012-2013 en la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

En cuanto a la comparación de los periodos 2012 – 2013 correspondiente a uniones domiciliarias estas presentan características similares durante el primer trimestre

en ambos años; durante el segundo trimestre se las discontinuidades se incrementaron para durante el año 2013, para finalizar con el tercer trimestre prácticamente compensado entre altas y bajas en las discontinuidades durante ambos periodos. En concreto, se determinó que la tendencia de discontinuidades en las uniones domiciliarias seguirá en alza, lo que corresponde directamente a los comportamientos de los habitantes de la ciudad respecto a la infraestructura sanitaria.

La disminución de los eventos de discontinuidades que se produjeron entre el año 2012 y 2013 son inherentes a la incorporación del “plan de mantenimiento preventivo de redes de alcantarillado de aguas servidas” que realizó una limpieza de 63 subcuencas de un total de 142 existentes en la ciudad. El número de subcuencas mencionado anteriormente se seleccionó posterior al análisis del total de subcuencas versus la cantidad de discontinuidades, obteniendo las subcuencas más críticas con un mayor número de eventos de falla. Estas fueron incluidas en el plan de mantenimiento preventivo que realiza un trabajo de limpieza desde aguas arriba siguiendo los flujos de las redes.



Figura 20. Problemas comunes en colectores de aguas servidas. Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes Essbio S.A.



Figura 21. Cámaras de aguas servidas con embancamiento y nivel. Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes Essbio S.A.



Figura 22. Cámaras de aguas servidas con nivel. Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes Essbio S.A..



Figura 23. Cámaras de aguas servidas con nivel. Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes Essbio S.A..



Figura 24. Afloramiento de aguas servidas en via pública. Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes Essbio S.A.



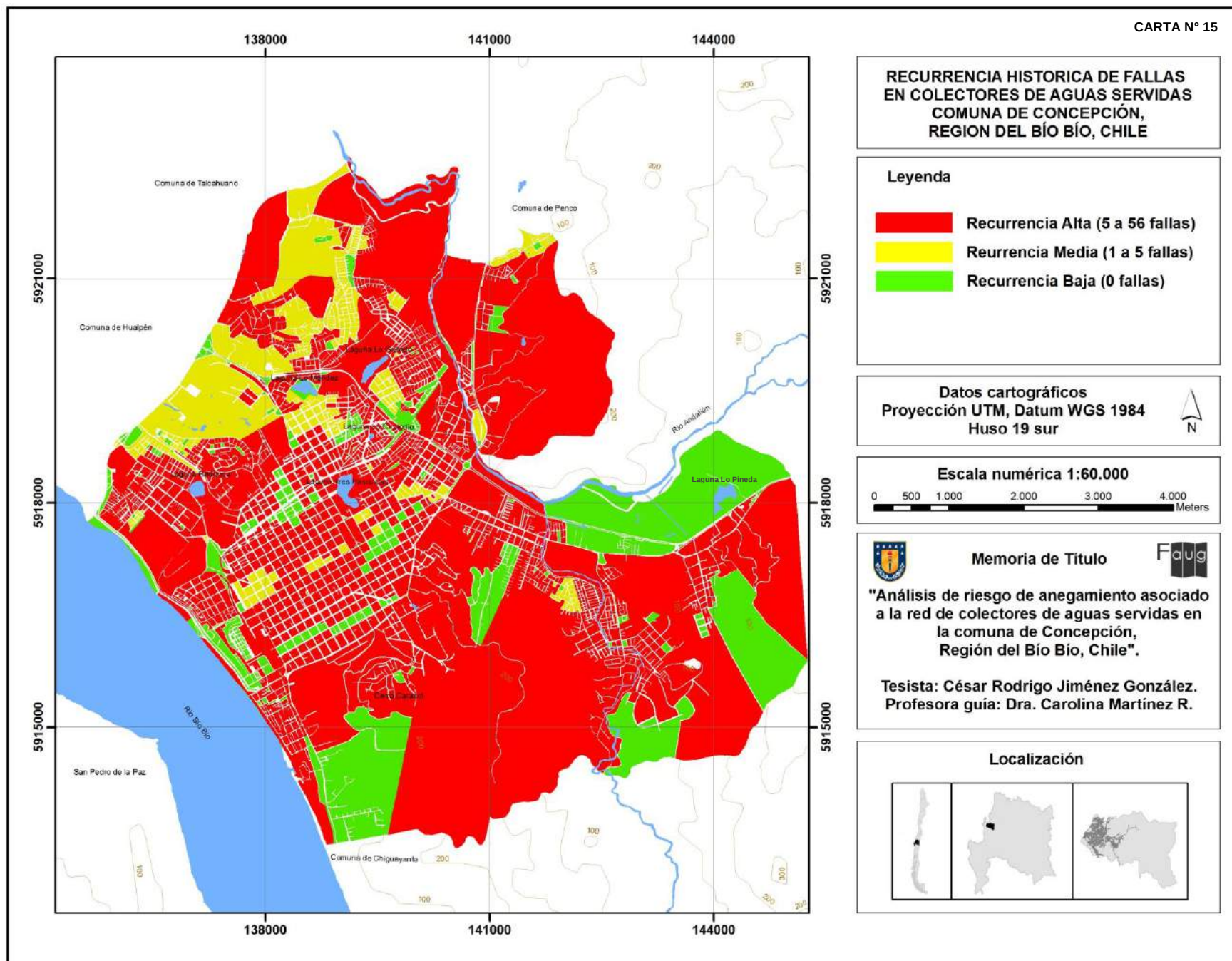
Figura 25. Embancamiento en colector y cámara de aguas servidas. Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes Essbio S.A.



Figura 26. Retiro de escombros desde cámara de aguas servidas. Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes Essbio S.A.



Figura 27. Retiro de escombros desde cámara de aguas servidas. Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes Essbio S.A.



Carta N° 15. Recurrencia histórica de fallas en colectores en la comuna de Concepción año 2013. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

4.2 “El peligro de anegamiento en la red de colectores de aguas servidas de la ciudad de Concepción”

a) *Variable acumulación de flujos*

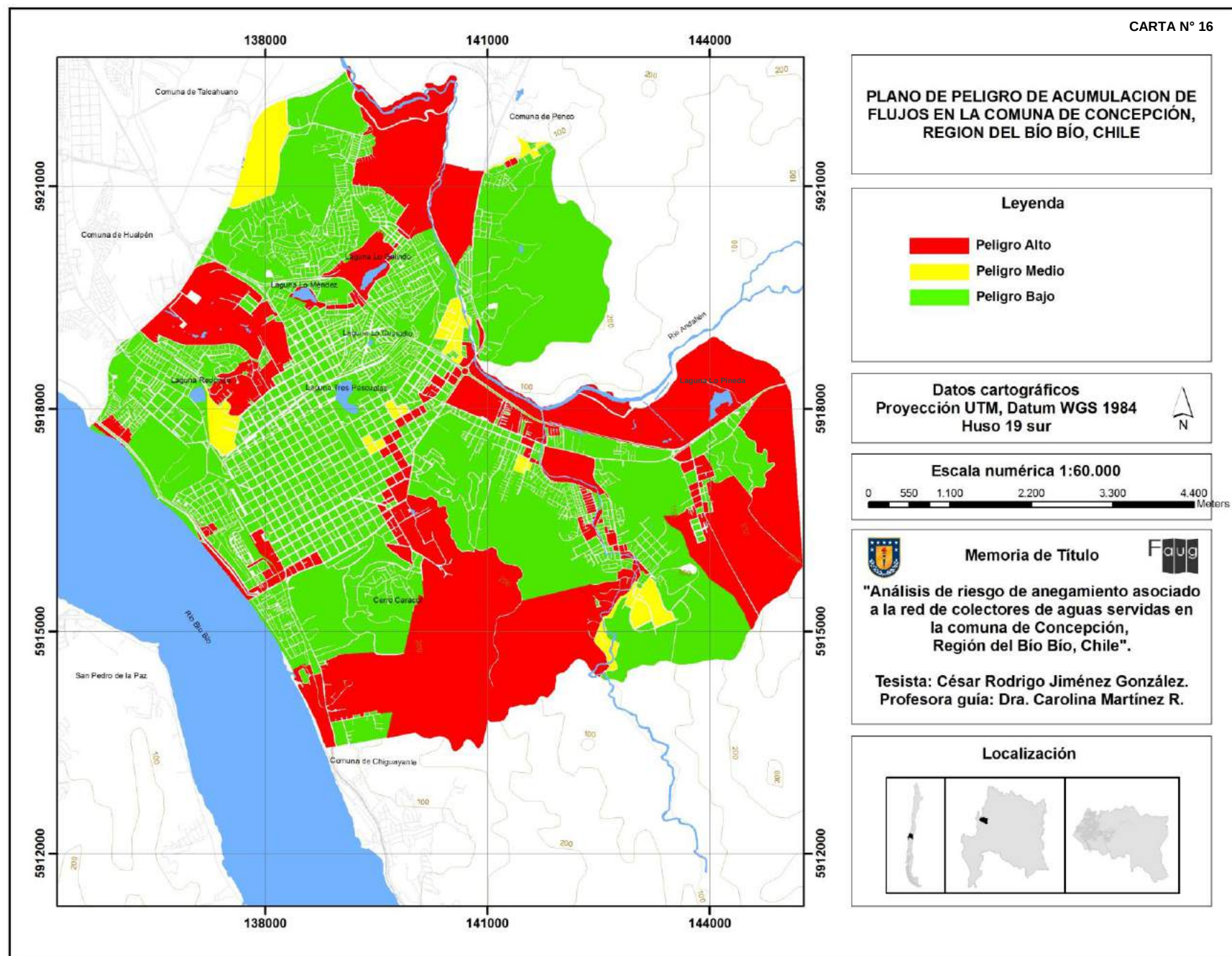
La variable acumulación de flujos permitió establecer los niveles de peligro para toda el área de estudio asociado a las manzanas censales. De acuerdo a ello se estableció que las redes aguas servidas de la comuna de Concepción están influenciadas por la cantidad de agua de escorrentía acumulada producto de la impermeabilización de la superficie de la ciudad. La distribución de estas zonas asociadas a manzanas censales se muestra en la (Carta N° 16). Peligro de acumulación de flujos en la comuna de Concepción año 2013. Las que consideran un potencial daño ambiental intrínseco debido a la considerable carga de contaminantes que estos flujos arrastran.



Figura 28. Inundación por lluvia intersección de calles carrera con paivai Fuente: www.soychile.cl



Figura 29. Inundacion por lluvia interseccin de calles Los Carrera con calle Paivai.
Fuente: www.soychile.cl



Carta N° 16. Peligro de acumulación de flujos en la comuna de Concepción año 2013. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

b) Variable suelo de fundación

Se realizó el cruce de la red de alcantarillado y las discontinuidades de los años 2012 - 2013, con la (Carta N° 17). Variable suelo de fundación, peligro por suelo de fundación en la comuna de Concepción. Respecto a la red, el resultado arroja que de un total de 487.845,87 metros de redes de alcantarillado, un número de 367.313,3 metros fue posibles de identificar con el cruce, equivalente a un 75,29%. De este valor, un total de 194.948,6 metros, fueron clasificados con un peligro alto, correspondiente a un 53, 07%; un total de 156.086,27 metros, fueron clasificados con un peligro medio, correspondiente a un 42,49%; un total de 16.278,47 metros, fueron clasificados con peligro bajo, correspondiente a un 4,43%.

Respecto a las discontinuidades del año 2012, el resultado arroja que de un total de 908 eventos de falla, un total de 650 eventos fue posible identificar con el cruce, equivalente a un 71,6%. De este valor, un total de 394 eventos, fueron clasificados con un peligro alto, correspondiente a un 60,6%; un total de 240 eventos, fueron clasificados con un peligro medio, correspondiente a un 36,9%; un total de 16 eventos, fueron clasificados con peligro bajo, correspondiente a un 2,46%.

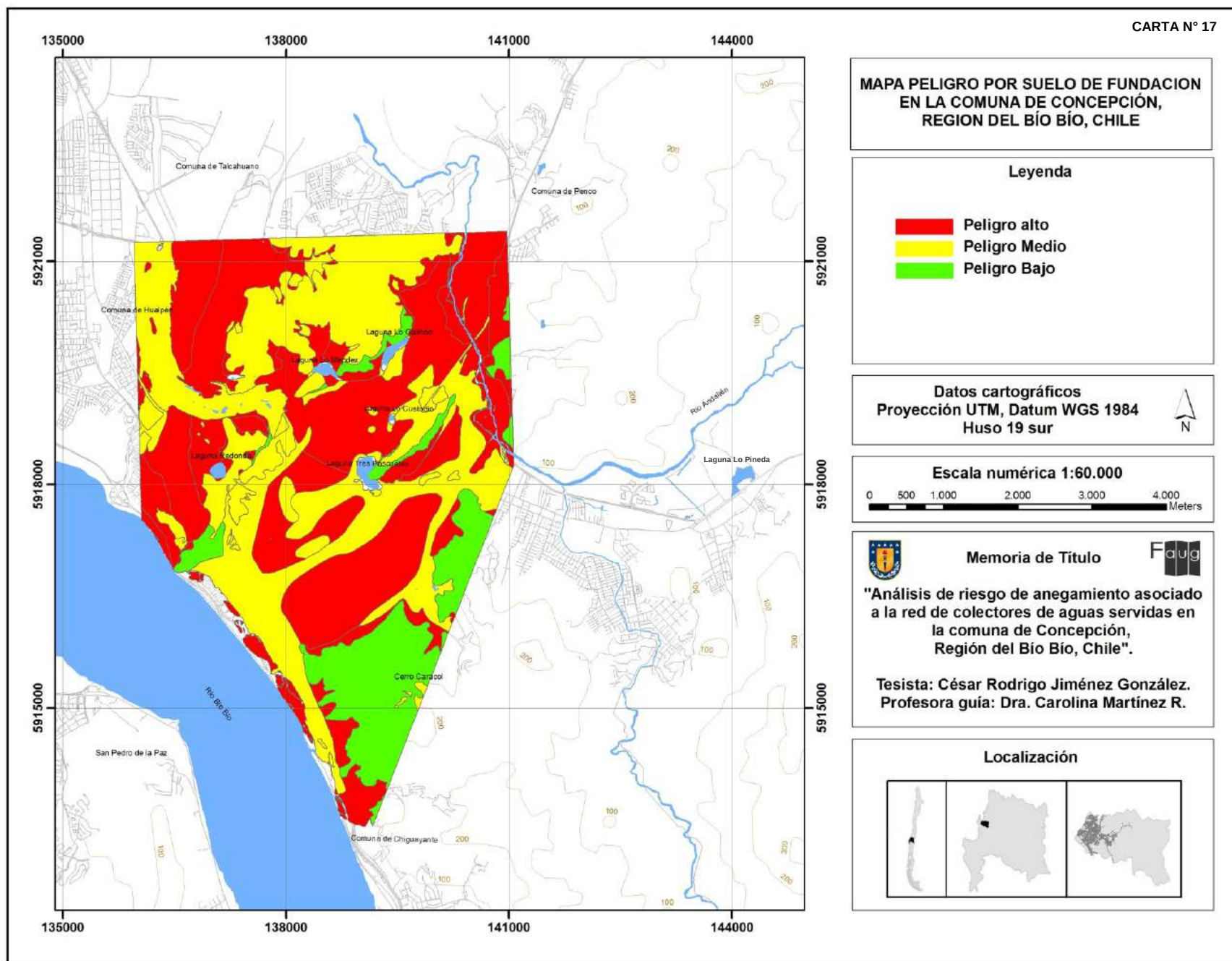
Respecto a las discontinuidades del año 2013, el resultado arroja que de un total de 761 eventos de falla, un total de 593 eventos fue posible identificar con el cruce, equivalente a un 77,9%. De este valor, un total de 364 eventos, fueron clasificados con un peligro alto, correspondiente a un 61,4%; un total de 223 eventos, fueron clasificados con un peligro medio, correspondiente a un 37,6%; un total de 6 eventos, fueron clasificados con peligro bajo, correspondiente a un 1%.

Respecto a las manzanas censales, se obtuvo la (Carta N° 18). Variable suelo de fundación. Peligro por suelo de fundación asociado a manzanas censales de la comuna de Concepción. Se efectuó el cruce a 1589 manzanas de un total de 1982 manzanas, representando un 80,2%. De ellas, el 24,9% de las manzanas censales (397) presentó peligro alto. Estas están asociadas al 53,07% de la red en condición de peligro (194.948,6m.) emplazadas en sectores planos donde predominan depósitos arenosos y limo asociado. El 51,5% de las manzanas censales (818) presento un nivel medio de peligro, asociado al 42,49% de la red en condición de peligro (156.086,27m.), emplazadas

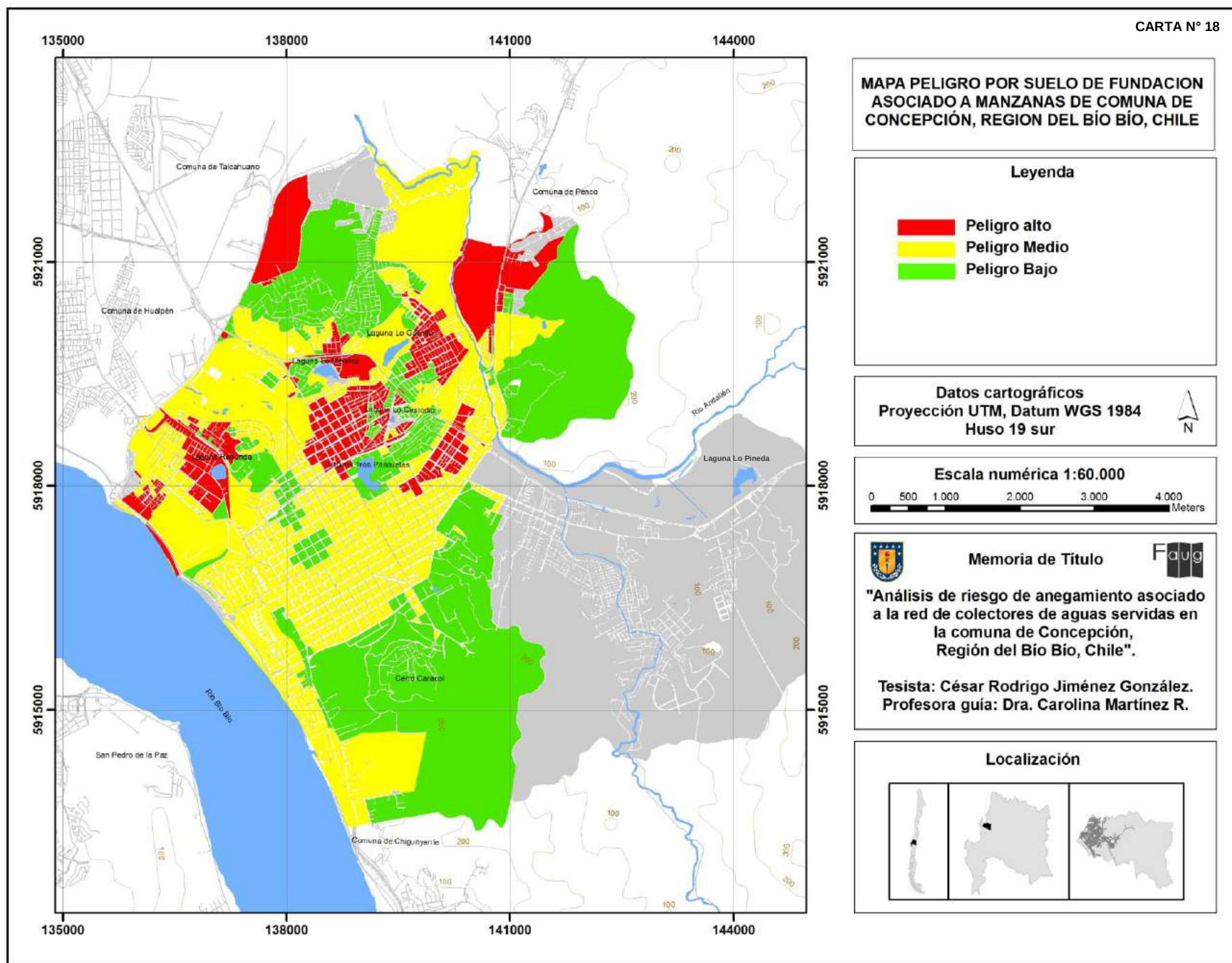
en zonas arenosas, rellenos artificiales, barro, turba y otros materiales pobremente drenados; y un 23,5% de las manzanas censales (374) presentó un nivel bajo de vulnerabilidad asociado al 4,43% de la red en condición de peligro (16.278,47m), emplazadas en zonas con presencia de roca granítica y rocas sedimentarias clásticas.

Grado de Peligro	N° de Manzanas	% de manzanas	Red	% de Red
Bajo	375	23,50	16.278,47	4,43
Medio	818	51,50	156.086,27	42,49
Alto	397	24,90	194.948,6	53,07
Total	1.296	100	367.313,34	100

Tabla N° 15: Grados de peligro comuna de Concepción.
Fuente: Elaboración propia con datos Redatam.



Carta N° 17. Variable suelo de fundación. Peligro por suelo de fundación en la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia.



Carta N° 18. Variable suelo de fundación. Peligro por suelo de fundación asociado a manzanas censales de la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia.

c) Variable napa subterránea

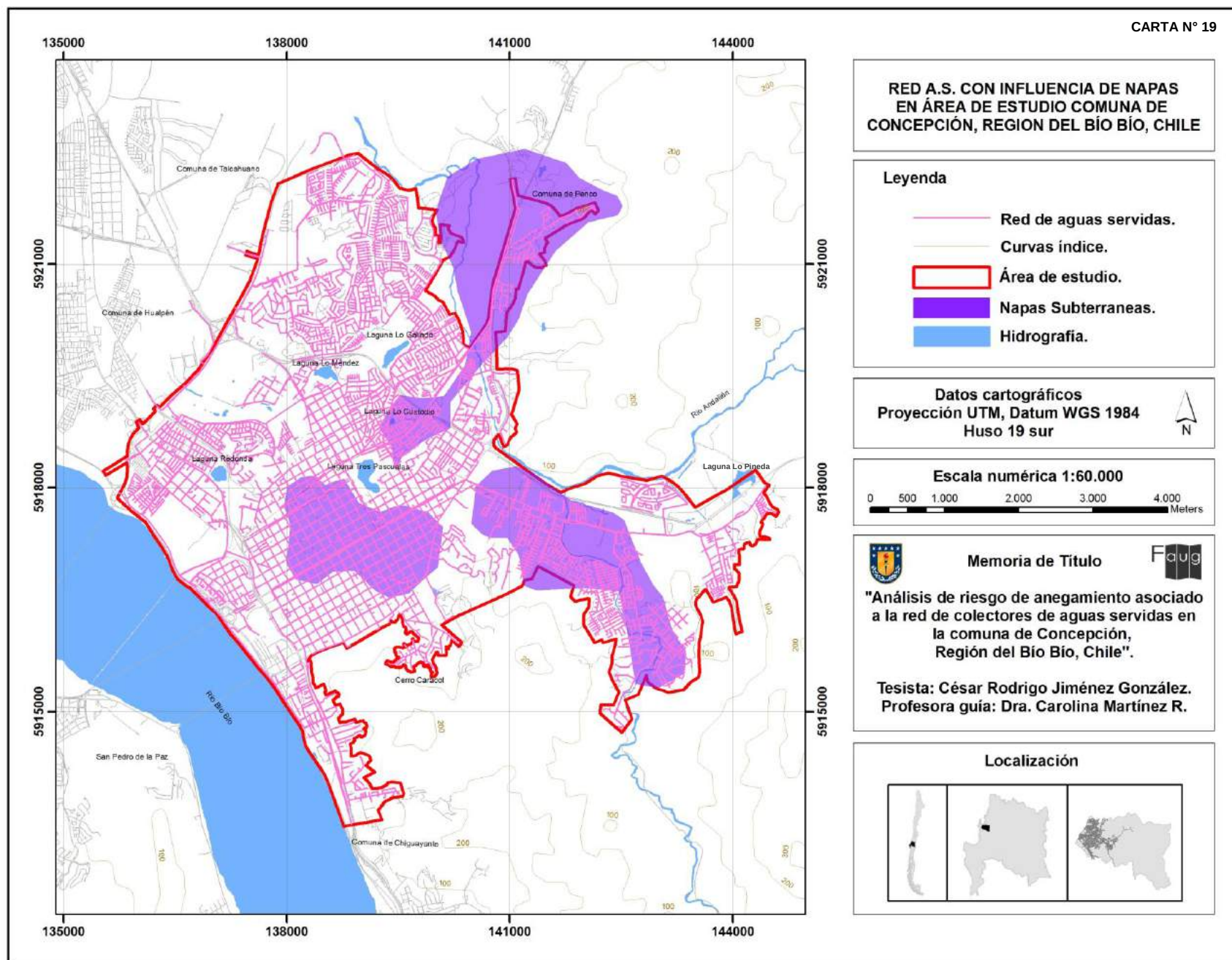
Se efectuó el cruce de la red de alcantarillado de la comuna de Concepción con la información de napas presentada en la (Carta N° 19) Red de aguas servidas bajo influencia de Napas subterráneas en la comuna de Concepción. El resultado arroja que de un total de 487.845,87 metros de redes de alcantarillado, un número de 134.523,12 metros está bajo influencia directa de napas subterráneas. Lo que equivale a un 27,57%. Mismo ejercicio se realizó con las cámaras de alcantarillado; actualmente existe un total de 7.823 cámaras; de este total un número de 1.965 cámaras se encuentran bajo influencia de napas subterráneas, lo que representa un 25,11%

Infraestructura	total global	total bajo napa	% bajo napa	% sin napa
Red AS	487.845,87	134.523,12	27,57	72,43
Cámaras AS	7.823,00	1.965,00	25,12	74,88

Tabla N°16: Colectores y cámaras de aguas servidas bajo influencia de napas .

Fuente: Elaboración propia con datos Essbio S.A.

Se realizó una diferenciación por material afectado, los diferentes tipos corresponden a PVC con una longitud de 55.882,5m., correspondiente a un 11,45%; Hormigón Armado (HA) con una longitud de 46.175m., correspondiente a un 9,47%; Loza (LZ) con una longitud de 17.729m., correspondiente a un 4,04%; Polietileno expandido de alta densidad (PEAD) con una longitud de 8.162 m. correspondiente a un 1,67%; Asbesto cemento (AC) con una longitud de 4.367 m. correspondiente a un 0,9%; Acero con una longitud de 52,3m, correspondiente a un 0,01%; Cemento comprimido (CCC) con una longitud de 27,56m., correspondiente a un 0,01% y Material indeterminado con una longitud de 128m. correspondiente a un 0,03%.



Material	longitud	%
PVC	55.882,50	11,45
HA	46.174,78	9,47
LZ	19.728,77	4,04
PEAD	8.162,28	1,67
AC	4.366,91	0,90
Indeterminado	128,00	0,03
ACERO	52,33	0,01
CCC	27,56	0,01

Tabla N° 17: Materialidad de redes de aguas servidas bajo influencia de napas .
Fuente: Elaboración propia con datos Essbio S.A.

Respecto a los diámetros bajo influencia de napas se obtuvieron los siguientes resultados. Para efecto de construcción de la síntesis de peligro, la infraestructura bajo influencia de napas recibe un valor de peligro alto. (Carta N° 20) Peligro red de aguas servidas bajo influencia de Napas subterráneas en la comuna de Concepción

Diámetro	longitud	%
175	50.116,10	10,273
180	32.228,92	6,606
200	24.215,14	4,964
250	10.382,57	2,128
600	3.184,12	0,653
400	2.493,46	0,511
315	2.260,71	0,463
300	1.873,53	0,384
450	1.714,46	0,351
500	1.376,23	0,282
700	1.263,05	0,259
850	1.092,47	0,224
800	689,22	0,141
650	528,07	0,108
350	444,17	0,091
355	309,99	0,064
160	187,67	0,038
225	138,99	0,028
110	24,26	0,005
Total	134.523,13	27,575

Tabla N° 18: Diametros de redes de aguas servidas bajo influencia de napas .
Fuente: Elaboración propia con datos Essbio S.A.

Respecto a las manzanas censales se obtuvo la (Carta N° 21) Peligro red de aguas servidas bajo influencia de napas subterráneas asociado a manzanas censales en la comuna de Concepción. Se efectuó el cruce a 1694 manzanas de un total de 1982 manzanas, representando un 85,5%. De ellas, el 45,3% de las manzanas censales (508) presentó peligro alto. Estas están asociadas al 23,57% de la red bajo influencia de napas (134.523,12m.). El 54,7% de las manzanas censales (1.186) presento un nivel medio de peligro, asociado al 72,43% de la red en condición de peligro (353.322,75m.). Asociado a la red de alcantarillado, se encuentra un total de 7.823 cámaras de aguas servidas, de ellas 1.965 cámaras que representan el 25,1%, están directamente asociadas a un peligro alto, y un número de 5.858 cámaras que representan un 74,9% están asociadas a un peligro medio.

d) Síntesis de peligro

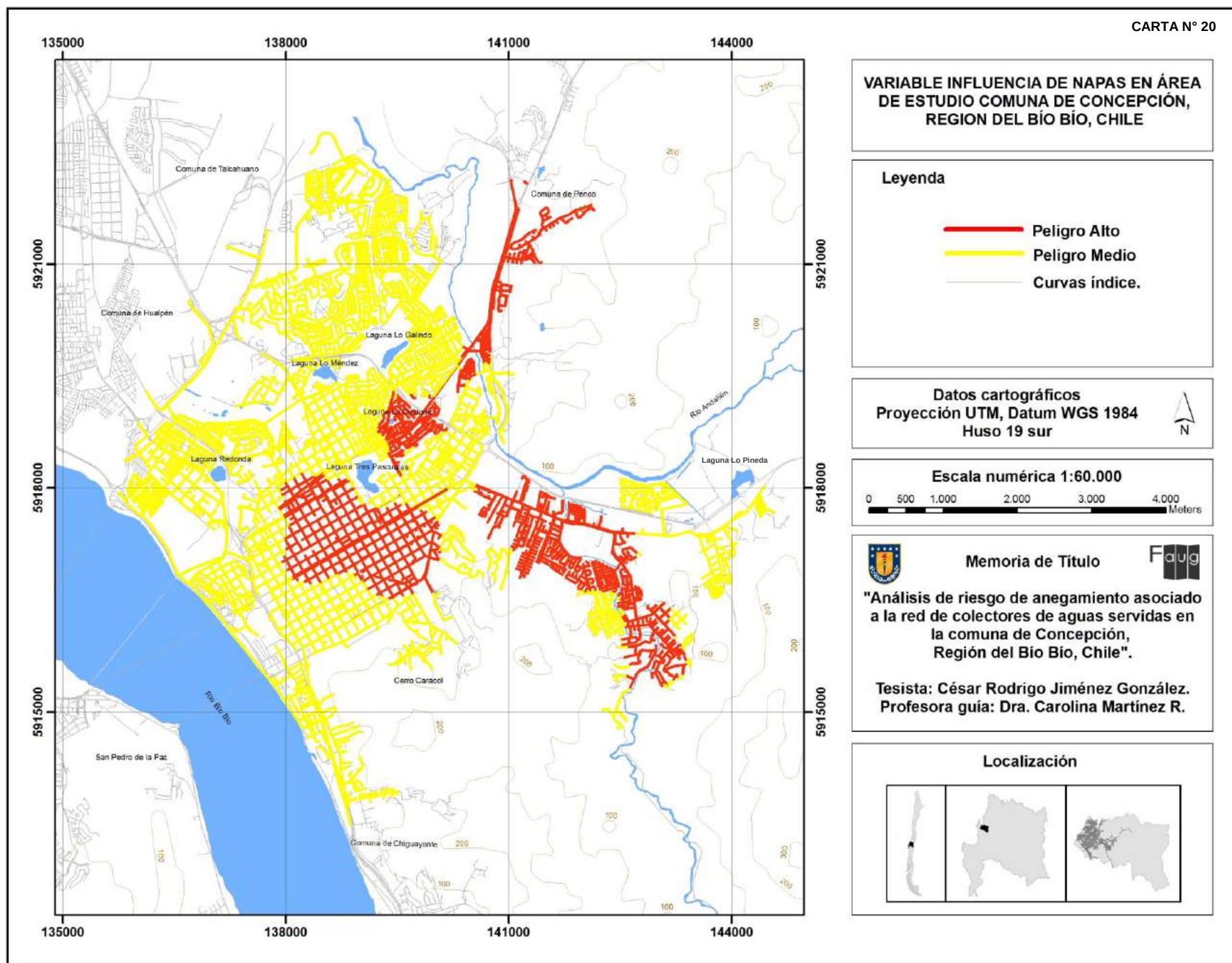
Para determinar la síntesis de peligro se combinaron a nivel de manzanas censales los resultados de las variables acumulación de flujos, suelo de fundación y napa subterránea. Producto de la combinación, se obtuvo el resultado expuesto en la (Tabla N°19),

Grado de peligro	N° de Manzanas	% de manzanas	Discontinuidades 2012 - 2013	% de discontinuidades
Bajo	159	8,0	146	8,75
Medio	919	46,4	732	43,86
Alto	904	45,6	791	47,39
Total	1.982	100	1.669	100

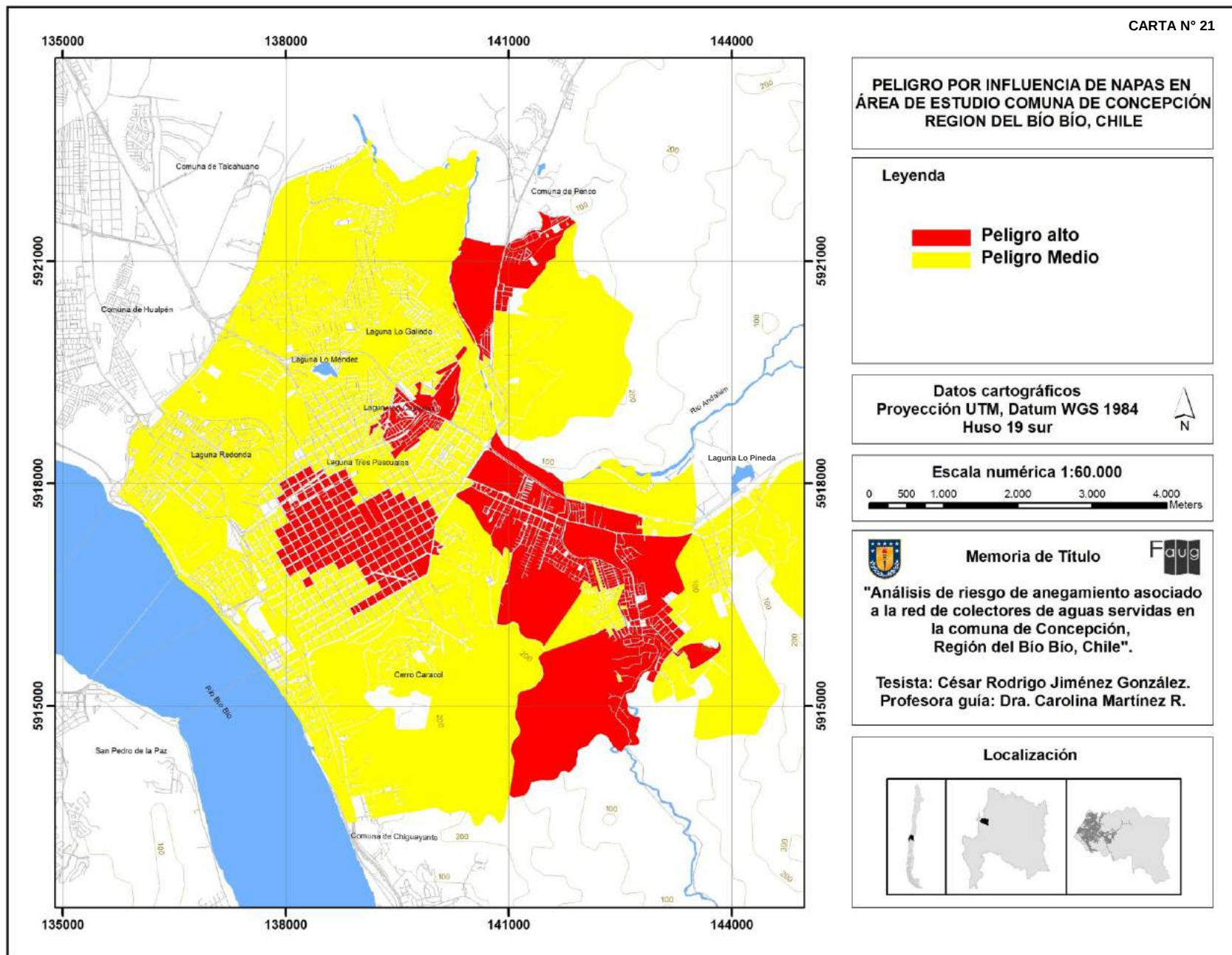
Tabla N° 19: Síntesis de peligro comuna de Concepción
Fuente: Elaboración propia con datos Redatam.

El resultado del peligro se representó en la (Carta N° 22). Síntesis de peligro asociado a manzanas censales en la comuna de Concepción. Determinó que un total de 904 manzanas, presentó un peligro alto, correspondiente a un 45,6%, a ellas está asociado un total de 791 discontinuidades correspondientes al periodo 2012 – 2013,

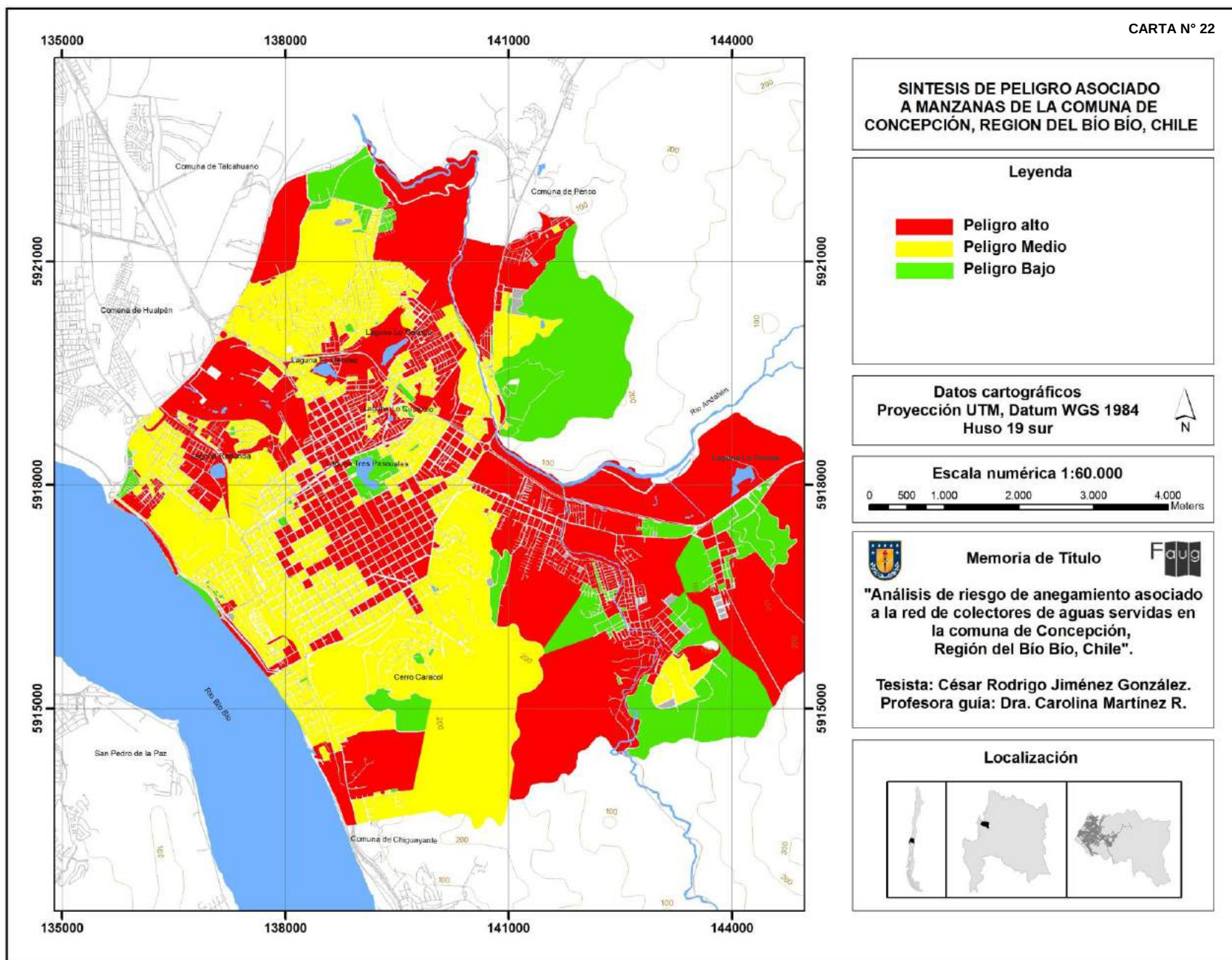
representando un 47,39% Un total de 919 manzanas, presento un peligro medio, correspondiente a un 46,4%; a ellas está asociado un total de 732 discontinuidades correspondientes al periodo 2012 – 2013, representando un 43,86%. Un total de 159 manzanas, presento un peligro bajo, correspondiente a un 8,0%; a ellas está asociado un total de 146 discontinuidades correspondientes al periodo 2012 – 2013, representando un 8,75%.



Carta N° 20. Peligro red de aguas servidas bajo influencia de Napas subterráneas en la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia



Carta N° 21. Peligro red de aguas servidas bajo influencia de napas subterráneas asociado a manzanas censales en la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia



4.3 “Análisis de Vulnerabilidad asociado a la comuna de Concepción”

4.3.1 Vulnerabilidad física

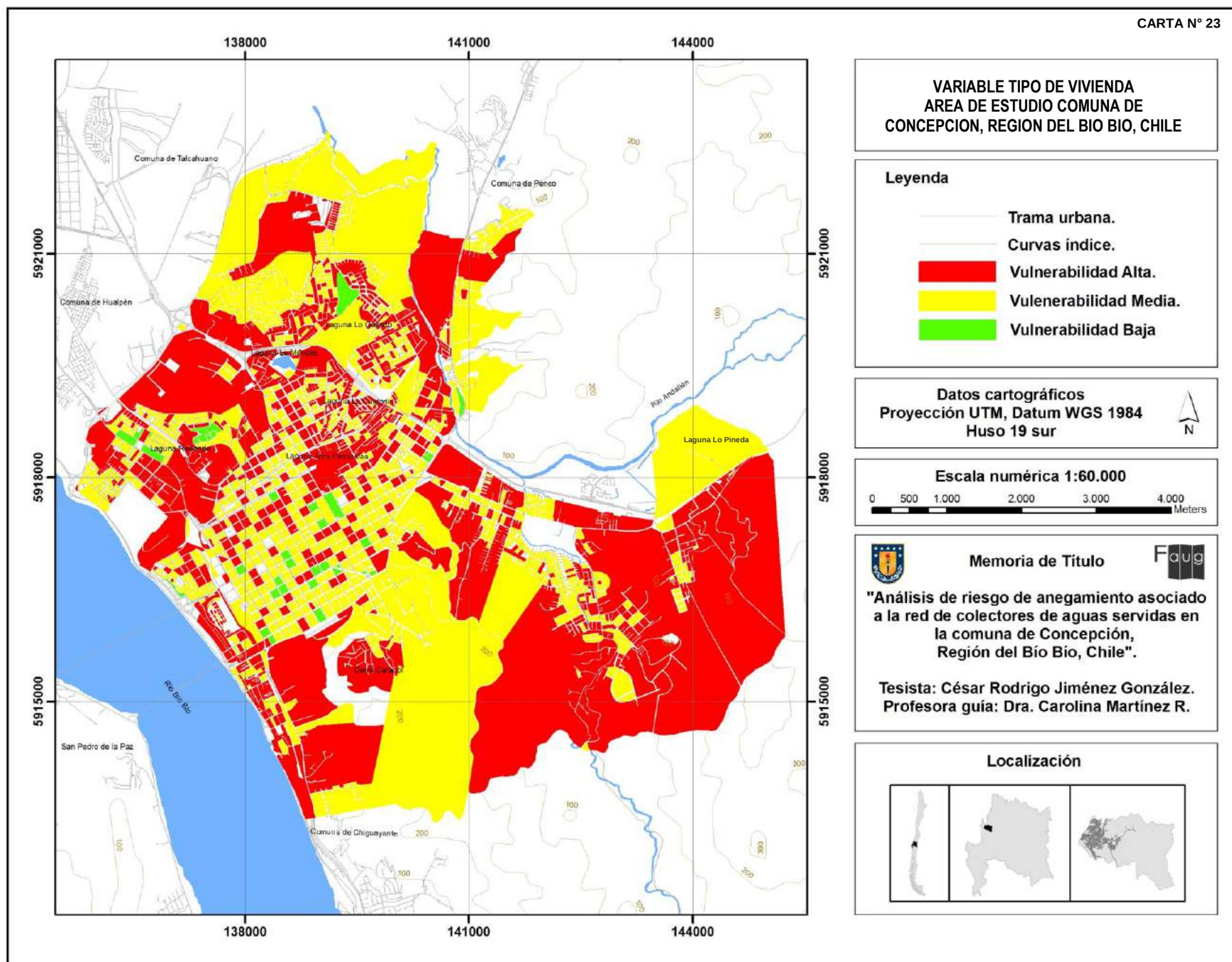
Según los datos extraídos del Censo (2002), en función de los datos de vivienda, a nivel de manzana censal se obtuvieron los siguientes resultados para vulnerabilidad física en la comuna de Concepción.

a) Variable tipo de vivienda

Tipo de vivienda	grado de vulnerabilidad	número de manzanas	% de manzanas	viviendas	% de viviendas
Departamentos en edificios	Baja	41	2,53	2.473	4,26
Casa, pieza en casa antigua o conventillo	Media	994	61,43	27.453	47,32
Móvil, residencial, otro tipo	Alta	583	36,03	28.095	48,42
Totales		1.618	100	58.021	100

Tabla N° 20: Grados de vulnerabilidad variable tipo de vivienda comuna de Concepción.
Fuente: Elaboración propia con datos Redatam.

El 36,6% de las manzanas censales (583) presentó una alta vulnerabilidad. Esta estuvo asociada al 48,42% de las viviendas (28.095). El 61,43% de las manzanas censales (994) presento un nivel medio de vulnerabilidad, asociado al 47,32% de las viviendas (27.453); y un 2,53% de las manzanas censales (41) presentó un nivel bajo de vulnerabilidad asociado al 4,26% de las viviendas (2.473). (Carta N° 23) Vulnerabilidad física, variable tipo de vivienda en la comuna de Concepción.



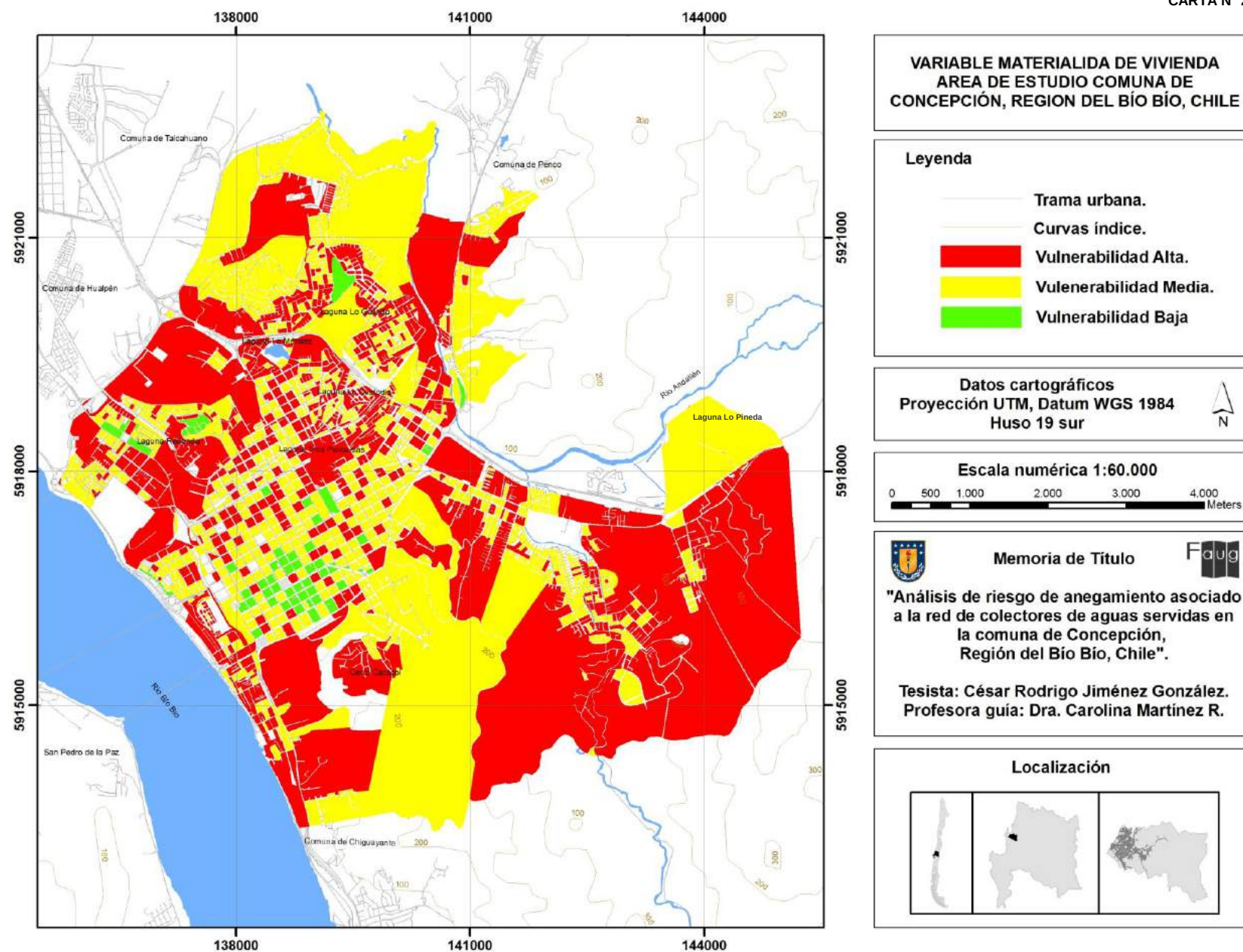
Carta N° 23. Vulnerabilidad física, variable tipo de vivienda en la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con datos Redatam.

b) Variable Materialidad de la vivienda

El 35,79% de las manzanas censales (578) presentó una alta vulnerabilidad. Esta estuvo asociada al 48,54% de las viviendas (28.164). El 60% de las manzanas censales (969) presento un nivel medio de vulnerabilidad, asociado al 45,44% de las viviendas (26.367); y un 4,21% presento un nivel bajo de vulnerabilidad asociado al 6,02% de las viviendas (3.490). (Carta N° 24) Vulnerabilidad física, variable materialidad de la vivienda en la comuna de Concepción.

Materialidad de vivienda	Grado de vulnerabilidad	N° manzanas	% de manzanas	Viviendas	% de viviendas
Hormigón, ladrillo,	bajo	68	4,21	3.490	6,02
Paneles estructurados	medio	969	60,00	26.367	45,44
Madera, internit, adobe, desechos	alto	578	35,79	28.164	48,54
Total		1.615	100,0	58.021	100,0

Tabla N° 21: Grados de vulnerabilidad variable materialidad de la vivienda comuna de Concepción.
Fuente: Elaboración propia con datos Redatam.



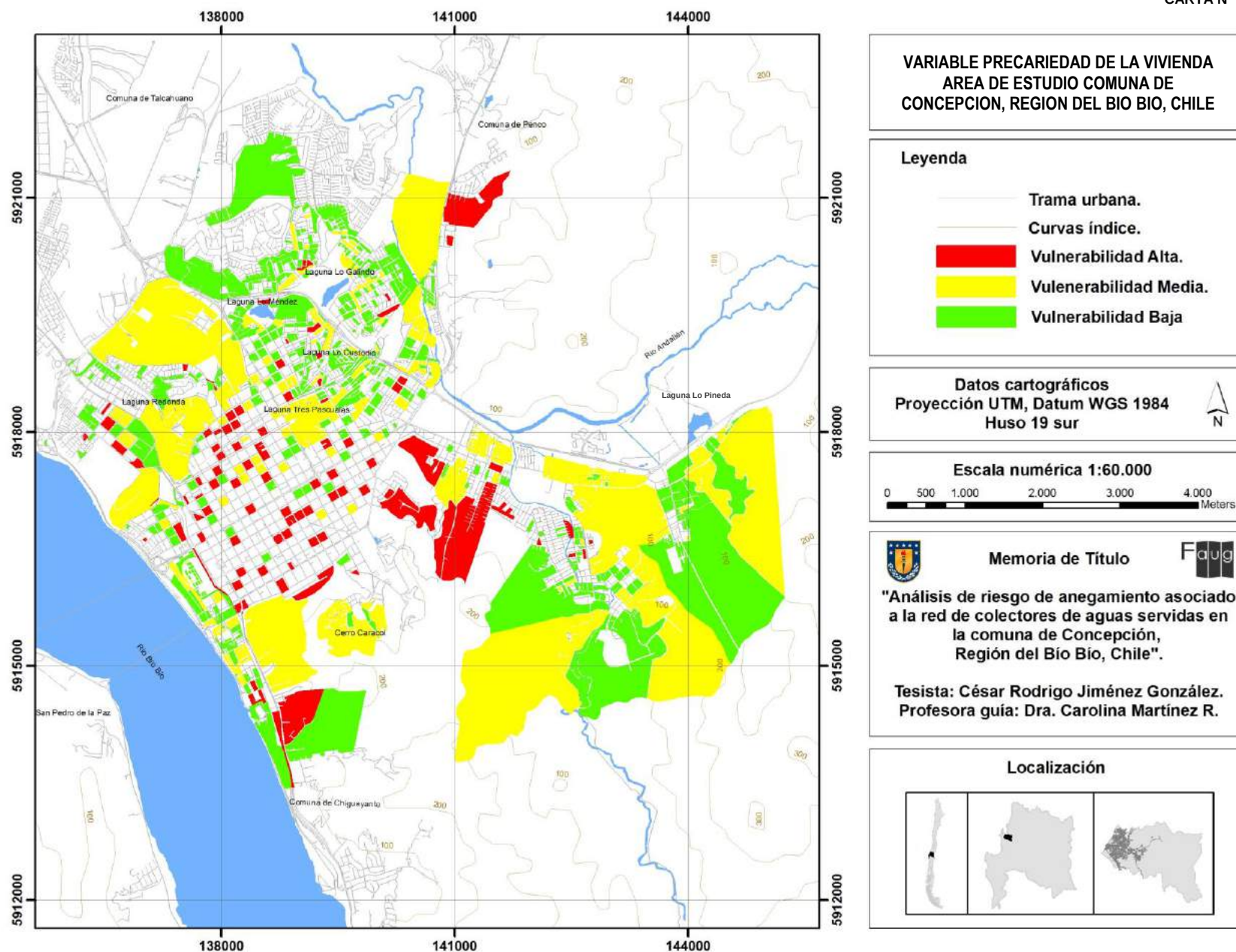
Carta N° 24. Vulnerabilidad física, variable materialidad de la vivienda en la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con datos Redatam.

c) Variable Precariedad de la vivienda

Para la variable precariedad de la vivienda se determinó que el 22 % de las manzanas (133), presentó una vulnerabilidad alta, en la cual se sitúa el 4,7 % de las viviendas (97). El grado de vulnerabilidad media se encontró en el 18,6 % de las unidades de análisis, con una cantidad de viviendas del 45 % del total (940). En el caso de la vulnerabilidad baja, la cantidad de manzanas fueron 59,4% (360), donde se encontró el 50,3 % de las viviendas (1052). (Carta N° 25) Vulnerabilidad física, variable precariedad de la vivienda en la comuna de Concepción.

Precariedad de la vivienda	Grado de vulnerabilidad	N° manzanas	% de manzanas	Viviendas	% de viviendas
Mediagua	bajo	360	59,4	1.052	50,3
Rancho, Chozas	medio	113	18,6	940	45,0
Otro tipo de vivienda	alto	133	22,0	97	4,7
Total		606	100,0	2.089	100,0

Tabla N° 22: Grados de vulnerabilidad variable precariedad de la vivienda comuna de Concepción.
Fuente: Elaboración propia con datos Redatam.



Carta N° 25. Vulnerabilidad física, variable precariedad de la vivienda en la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con datos Redatam.

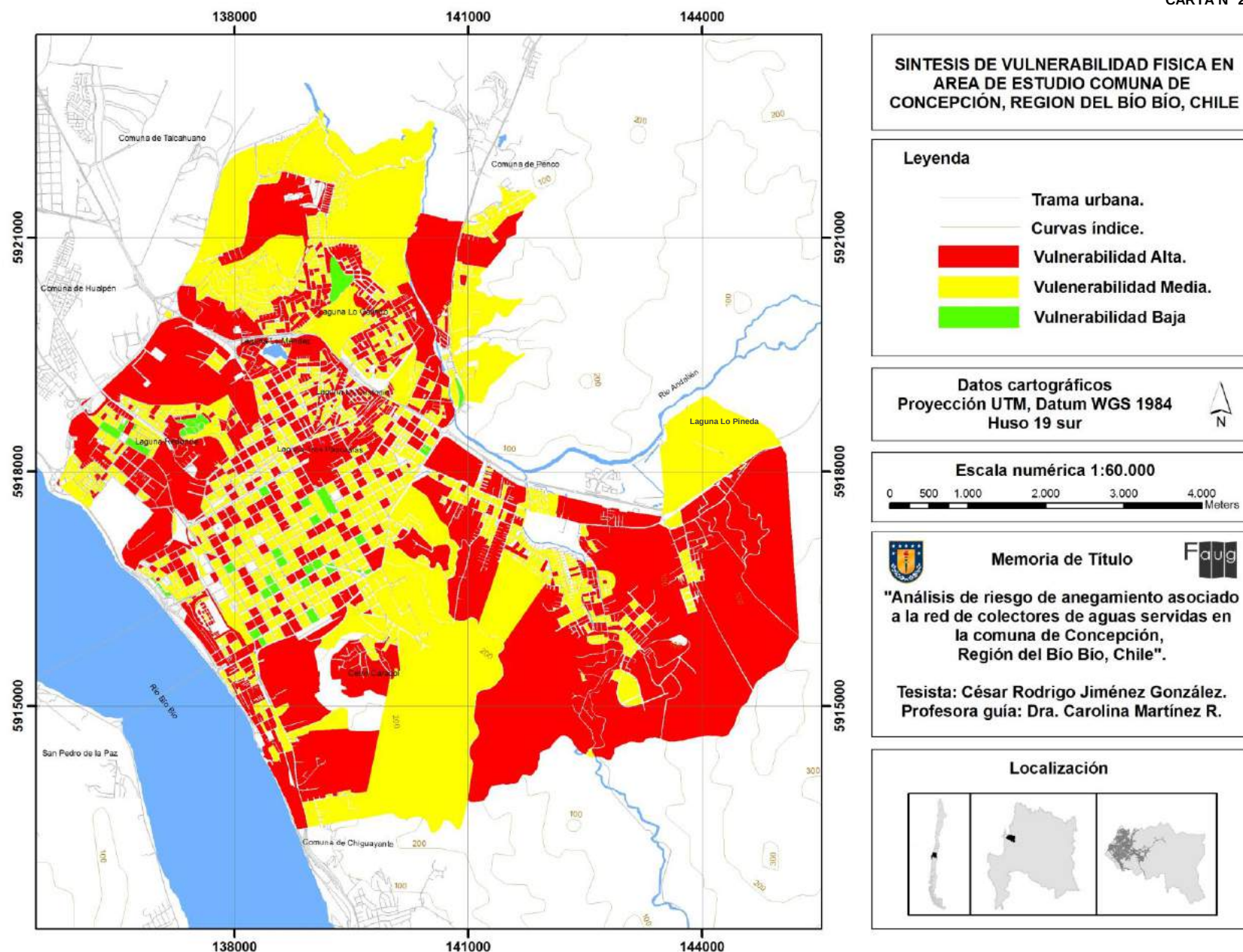
d) Síntesis de Vulnerabilidad Física

Para determinar la vulnerabilidad física total se combinaron las tres variables realizadas anteriormente (tipo de vivienda, materialidad de la vivienda y precariedad de la vivienda), a nivel de manzanas censales, la vulnerabilidad física correspondió a los resultados expuestos en el siguiente cuadro

Grado de Vulnerabilidad	N° de Manzanas	% de manzanas	Viviendas	% de viviendas
Bajo	41	2,53	2.473	4,26
Medio	982	60,70	26.754	46,11
Alto	595	36,77	28.794	49,63
Total	1.618	100	58.021	100

Tabla N° 23: Síntesis de vulnerabilidad física comuna de Concepción.
Fuente: Elaboración propia con datos Redatam.

La síntesis de vulnerabilidad física determinó que el 36,77% de las manzanas (595), presentó una vulnerabilidad física alta, en la cual se sitúa el 49,63 % de las viviendas (28.794). El grado de vulnerabilidad física media se encontró en el 60,70 % de las unidades de análisis (982), con una cantidad de viviendas del 46,11 % del total (26.754). En el caso de la vulnerabilidad física baja, la cantidad de manzanas fueron 2,53 % (41), donde se encontró el 4,26 % de las viviendas (2.473). (Carta N° 26) Síntesis de Vulnerabilidad física comuna de Concepción



Carta N° 26. Síntesis de Vulnerabilidad física comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con datos Redatam.

4.3.2 Vulnerabilidad socioeconómica

a) Variable densidad de clientes

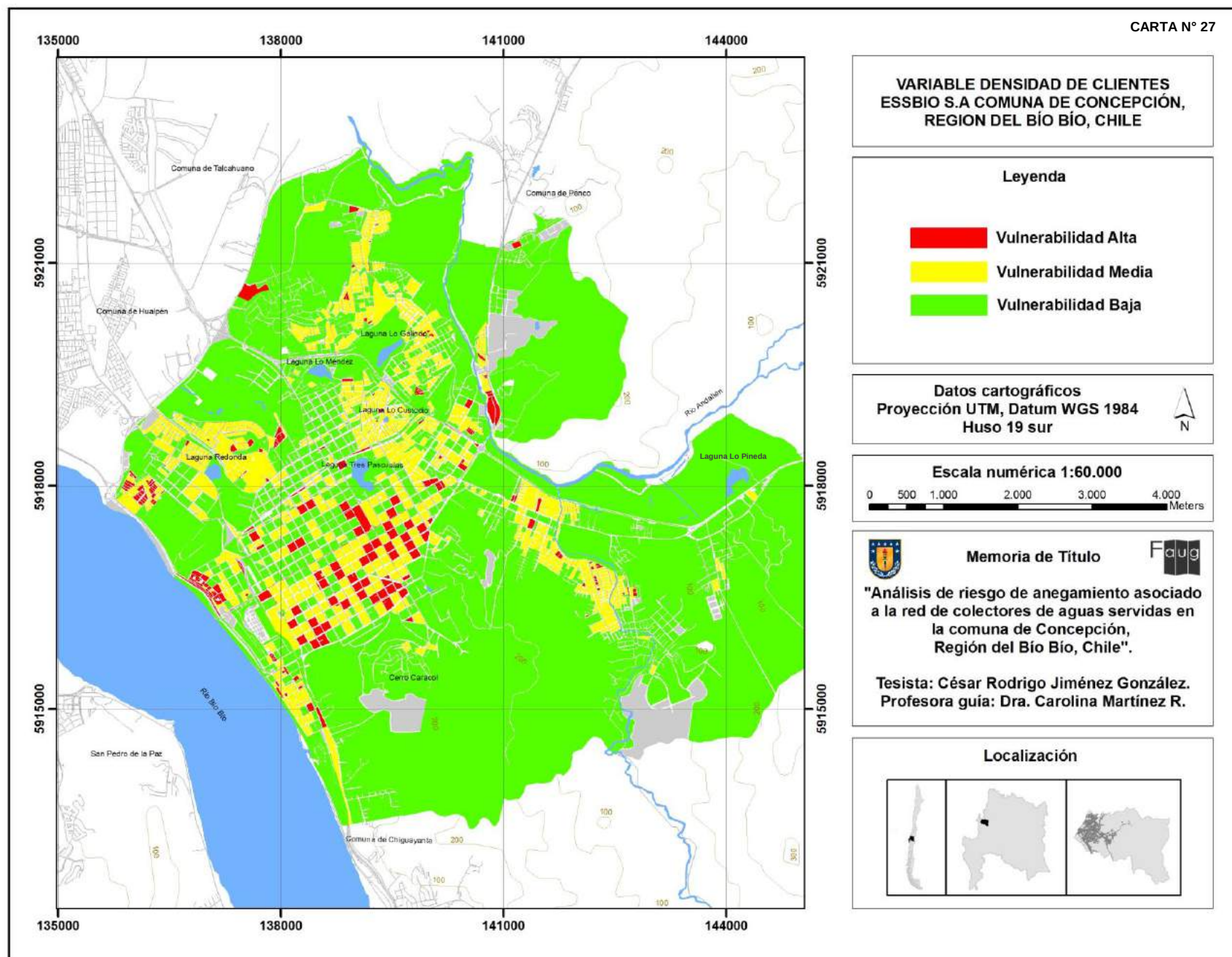
Del total un 37,94% de las manzanas (257 unidades), poseen niveles altos de densidad de clientes, es decir, la cantidad de clientes en dichas manzanas es superior a 10 clientes./km² y alcanza un total de 636 clientes/km², que corresponde al valor de la manzana con la mayor densidad. Dado que existe una relación directa entre la densidad de clientes y la vulnerabilidad, es decir, a mayor densidad, mayor vulnerabilidad, las manzanas que pertenecen a este nivel de densidad poseen una vulnerabilidad socioeconómica alta. Dicha vulnerabilidad afecta a 30.805 clientes que representan un 38,01% de ellos.

El 39,56% de las manzanas (784 unidades), posee niveles medios de densidad, es decir, la densidad de clientes de dichas manzanas varía entre 4,00 a 9,99 clientes/km². Este nivel está asociado a una vulnerabilidad socio-económica media y afecta a 29.516 clientes que representan un 36,42%.

El 12,97% de las manzanas (752 unidades), posee bajo nivel de densidad de clientes, es decir, la cantidad de clientes en dichas manzanas es inferior 3,99 clientes/km². Este nivel de densidad está asociado a una vulnerabilidad socio-económica baja y afecta a 20.723 clientes que representan al 25,57% de ellos. Así mismo, un número de 189 manzanas, que representa un 9,54% no posee densidad de clientes. (Carta N° 27) Vulnerabilidad socioeconómica. Variable densidad de clientes comuna de Concepción

Grado de Vulnerabilidad	N° de Manzanas	% de manzanas	Clientes	% de clientes
Sin clientes	189	9,54	0	0
Bajo	752	12,97	20.723	25,57
Medio	784	39,56	29.516	36,42
Alto	257	37,94	30.805	38,01
Total	1.982	100	81.044	100

Tabla N° 24: Vulnerabilidad socioeconómica, variable densidad de clientes comuna de Concepción
Fuente: Elaboración propia con datos Essbio y Redatam.



Carta N° 27. Vulnerabilidad socioeconómica. Variable densidad de clientes comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con datos Essbio y Redatam.

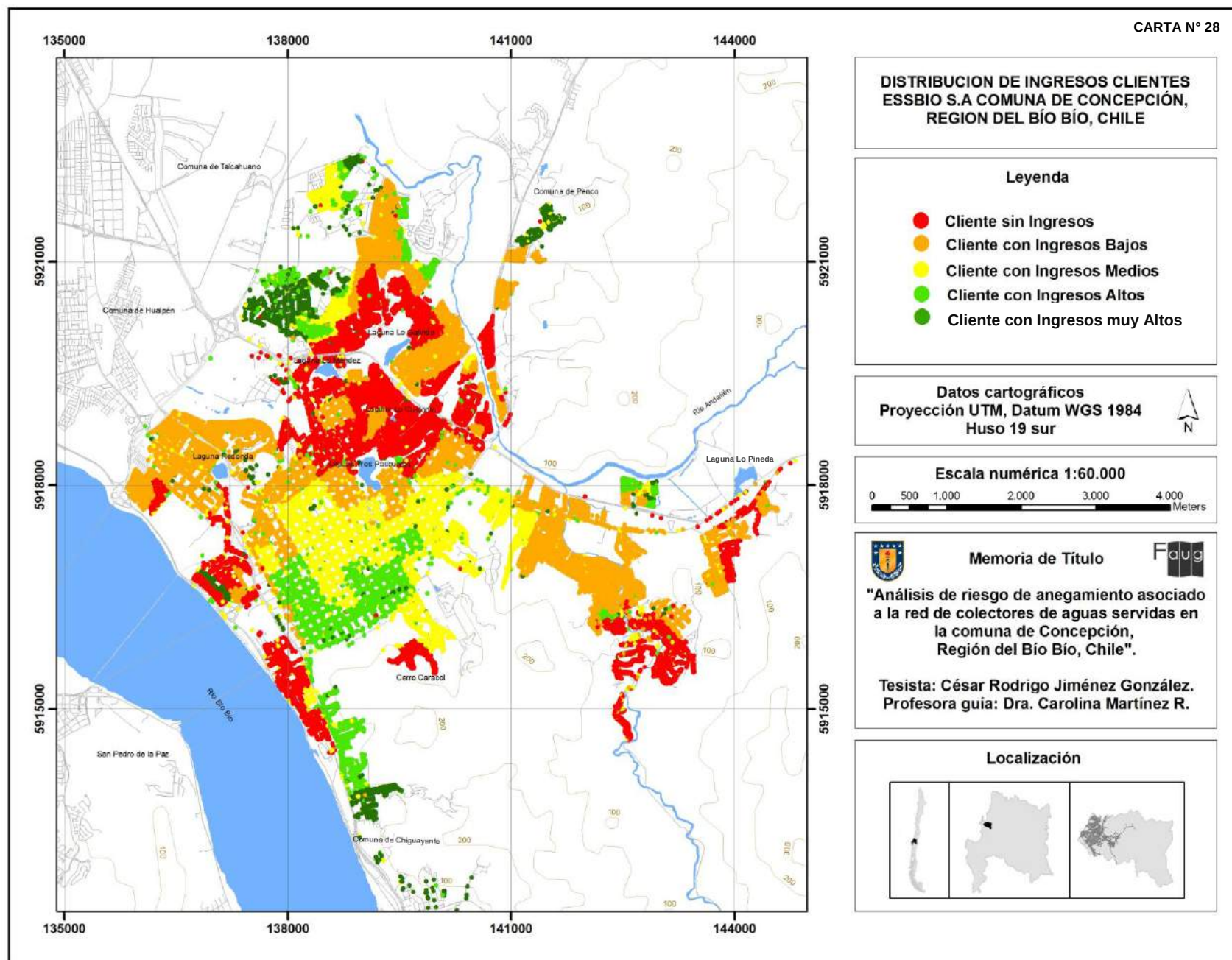
b) Variable nivel de ingreso

El nivel de ingreso se obtuvo de información representada en la (Carta N° 28). Vulnerabilidad Socioeconómica, distribución de ingresos clientes red de Alcantarillado de Concepción. Que entregó la distribución espacial de los ingresos de los clientes de la comuna, individualizados en clientes sin ingresos, clientes con ingresos bajos, clientes con ingresos medios, clientes con ingresos altos y clientes con ingresos muy altos. Posteriormente la distribución de ingresos se clasificó en vulnerabilidad alta, media y baja; y se asociaron estas características a la manzanas censales, representadas en la (Carta N° 29) Vulnerabilidad Socioeconómica, variable nivel de ingreso, clientes red de alcantarillado de Concepción asociado a manzanas censales.

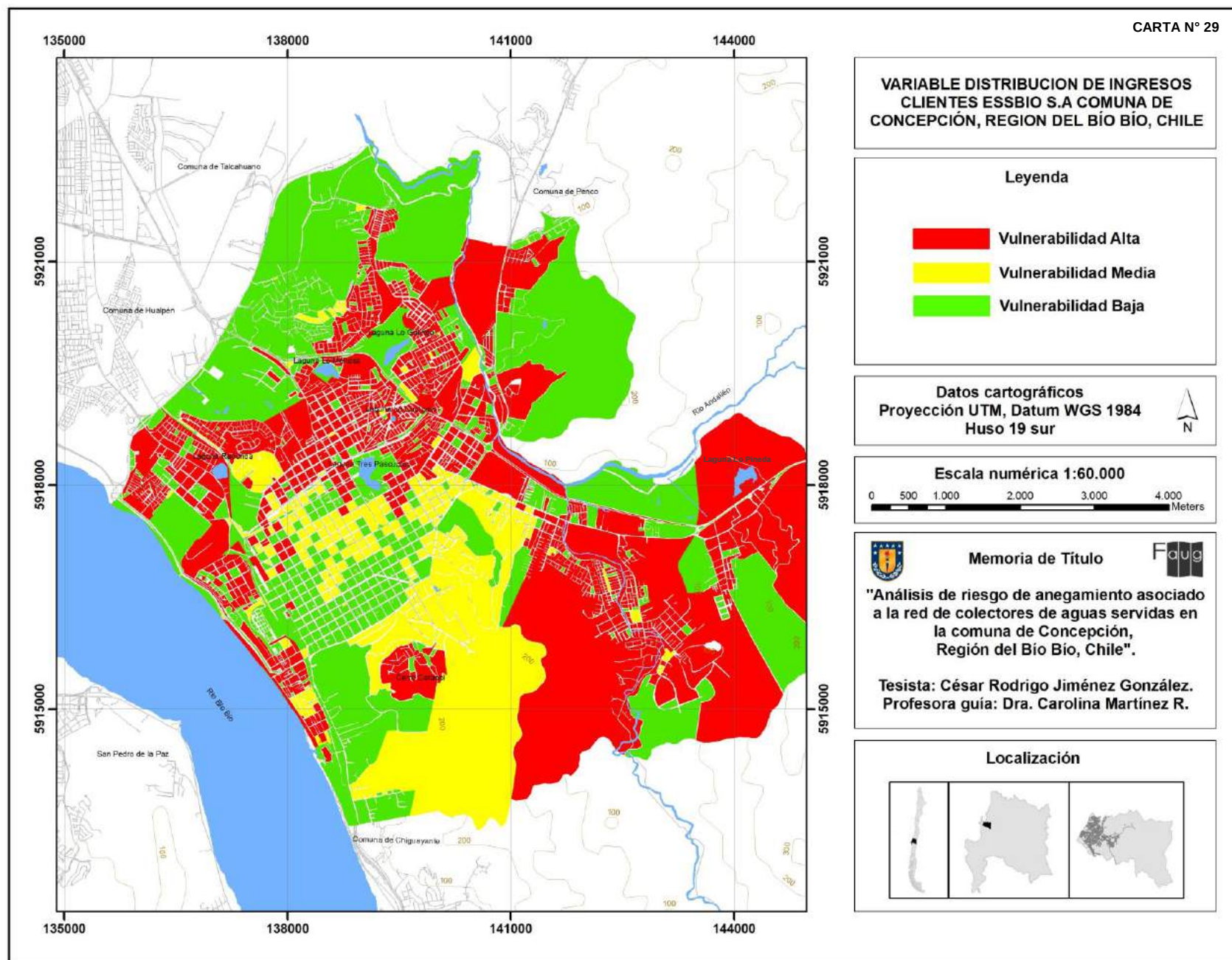
Grado de Vulnerabilidad	N° de Manzanas	% de manzanas	clientes	% de clientes
Bajo	676	34,11	32.636	40,27
Medio	230	11,60	13.309	16,42
Alto	1.076	54,29	35.099	43,31
Total	1.982	100	81.044	100

Tabla N° 25: Vulnerabilidad socioeconómica, nivel de ingreso asociado a manzanas censales en comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con datos Essbio y Redatam.

Se determinó que un total de 1.076 manzanas, presentó una vulnerabilidad alta, correspondiente a un 54,29%, a ellas está asociado un total de 35.099 clientes, representando un 43,31%. Un total de 230 manzanas, presento una vulnerabilidad media, correspondiente a un 11,60%; a ellas está asociado un total de 13.309 clientes, representando un 16,42%. Un total de 676 manzanas, presento una vulnerabilidad baja, correspondiente a un 34,11%; a ellas está asociado un total de 32.636 clientes, representando un 40,26%.



Carta N° 28. Vulnerabilidad Socioeconómica, distribución de ingresos clientes red de Alcantarillado de Concepción.
Fuente: Elaboración propia con datos Essbio S.A



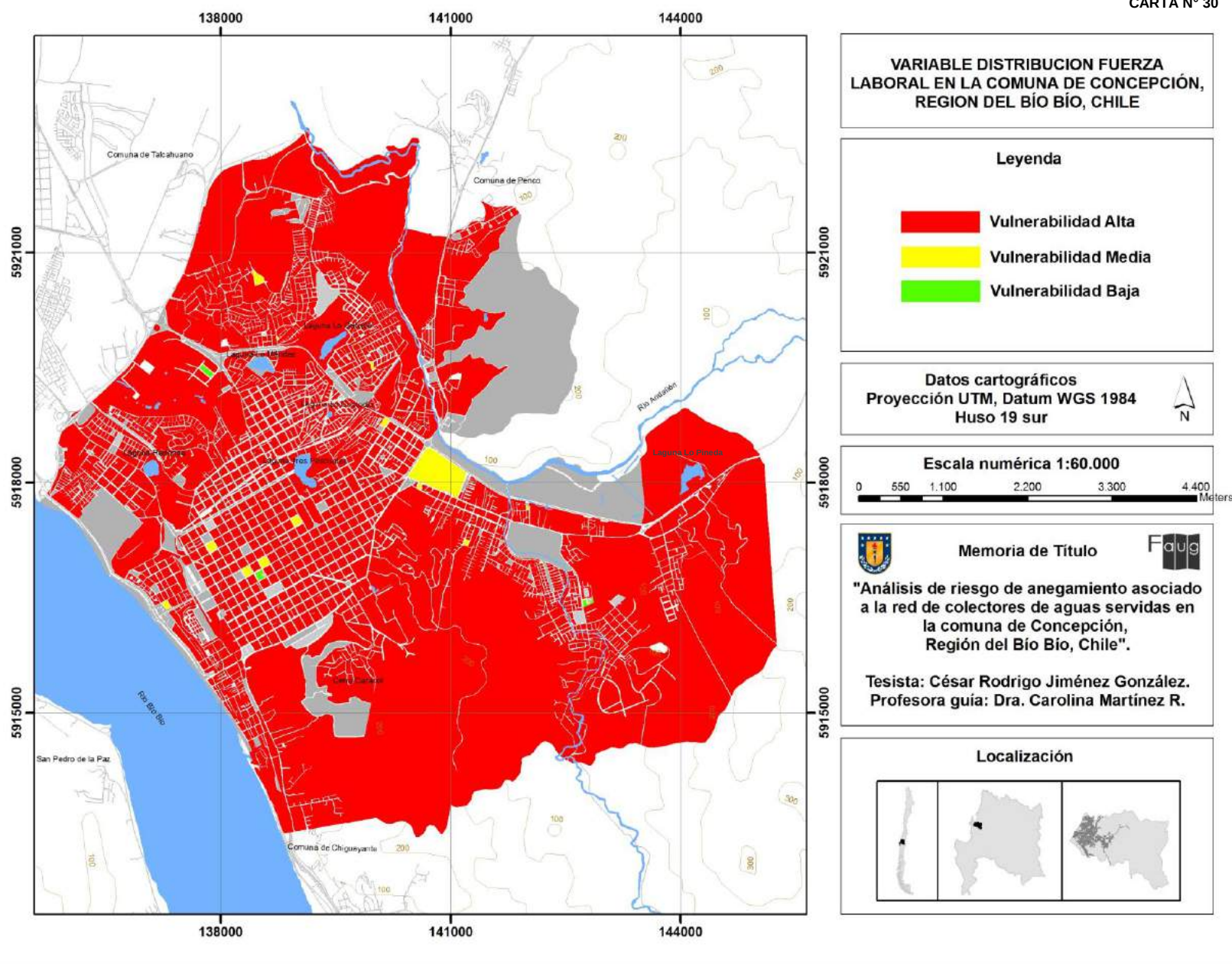
Carta N° 29. Vulnerabilidad Socioeconómica, variable nivel de ingresos clientes red de alcantarillado de Concepción asociado a manzanas censales.
Fuente: Elaboración propia con datos Essbio S.A

c) Variable distribución de fuerza laboral

Se determinó que un total de 1.575 manzanas, presentó una vulnerabilidad alta, correspondiente a un 79,47%, a ellas está asociado un total de 75.730 trabajadores que representan un 99,74%, distribuidos en 17.468 trabajadores profesionales, 17.665 trabajadores técnicos y 39.398 trabajadores no profesionales. Un total de 15 manzanas, presento una vulnerabilidad media, correspondiente a un 0,75%, a ellas está asociado un total de 192 trabajadores que representan un 0,253%, distribuidos en 75 trabajadores profesionales y 117 trabajadores técnicos. Un total de 3 manzanas presentó una vulnerabilidad baja, correspondiente a un 0,009%, distribuidos en 7 trabajadores profesionales. Asimismo un total de 389 manzanas no presentaron vulnerabilidad asociada a trabajadores, correspondientes a un 19,63%. (Carta N° 30) Vulnerabilidad socioeconómica, variable distribución de fuerza laboral en la comuna de Concepción

Grado de Vulnerabilidad	N° de Manzanas	% de manzanas	trabajadores	% de trabajadores
Sin vulnerabilidad	389	19,63	0	0
Bajo	3	0,15	7	0,009
Medio	15	0,75	192	0,253
Alto	1.575	79,47	75.531	99,737
Total	1.982	100	75.730	100

Tabla N° 26: Síntesis de vulnerabilidad socioeconómica, distribución de fuerza laboral comuna de Concepción.
Fuente: Elaboración propia con datos Redatam.



Carta N° 30. Vulnerabilidad socioeconómica, variable distribución de fuerza laboral en la comuna de Concepción.
Fuente: Elaboración propia con datos Essbio S.A

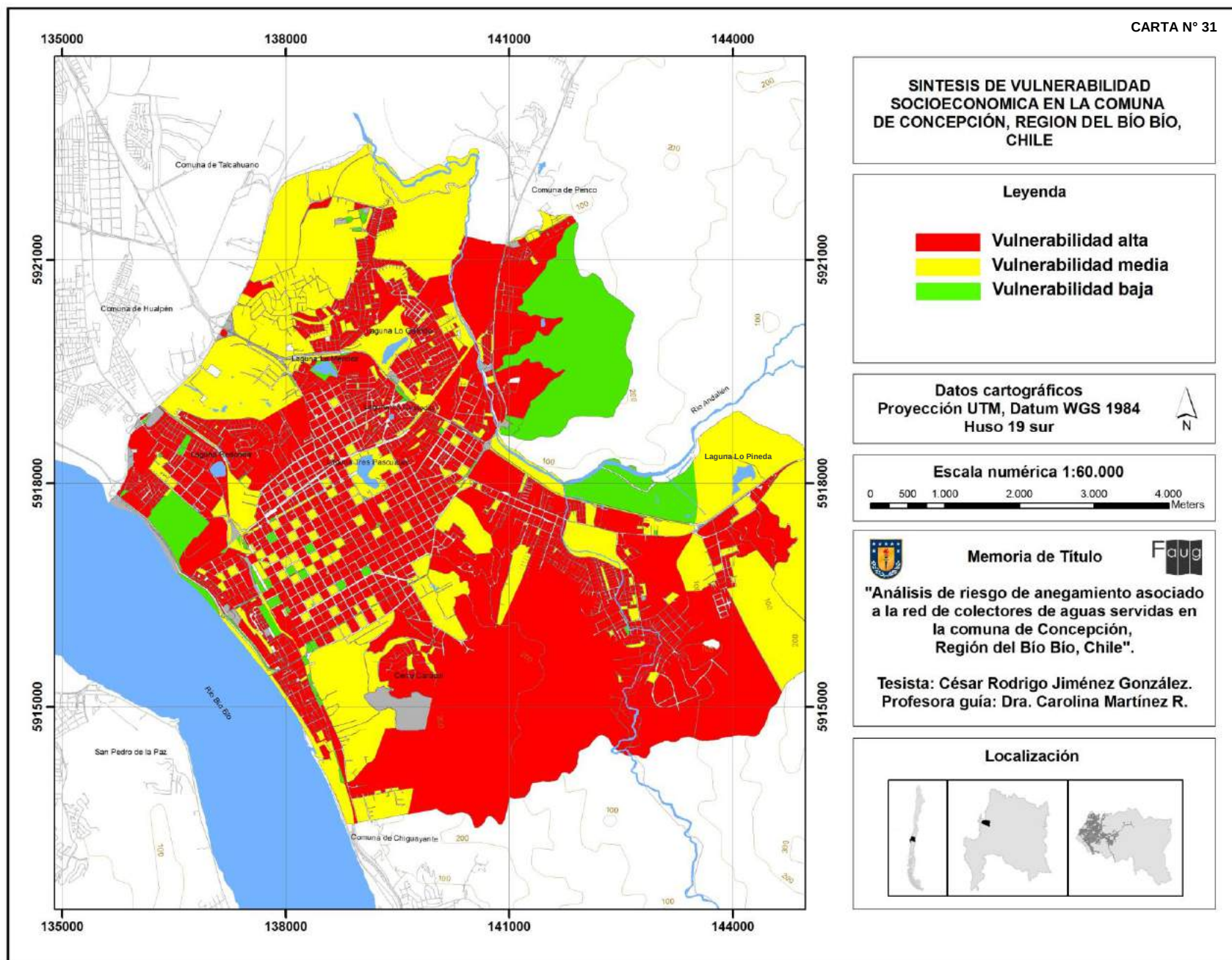
d) Síntesis de vulnerabilidad socioeconómica

De acuerdo a la combinación de los niveles de vulnerabilidad en cada manzana de las tres variables expuestas anteriormente, los resultados de la vulnerabilidad socioeconómica son representados en la (Carta N° 31) Síntesis de vulnerabilidad socioeconómica en la comuna de Concepción. En ella se mixturan las variables densidad de clientes, nivel de ingreso, distribución de fuerza laboral, ya mencionadas, cuyas diversas relaciones de interacción analizo las diferencias, las heterogeneidades, el mayor o menor nivel o grado de fragilidad y de riesgo de las unidades familiares, en síntesis el resultado se expone en el siguiente cuadro.

Grado de Vulnerabilidad	N° de Manzanas	% de manzanas	Discontinuidades 2012 - 2013	% de discontinuidades
Sin vulnerabilidad	130	6,56	0	0
Bajo	68	3,43	20	1,20
Medio	287	14,48	389	23,30
Alto	1497	75,53	1260	75,50
Total	1.982	100	1.669	100

Tabla N° 27: Síntesis de vulnerabilidad socioeconómica comuna de Concepción.
Fuente: Elaboración propia con datos Redatam y datos Essbio S.A.

Se determinó que un total de 1.497 manzanas, presentó una vulnerabilidad alta, correspondiente a un 75,53%, a ellas está asociado un total de 1.260 discontinuidades correspondientes al periodo 2012 – 2013, representando un 75,50% Un total de 287 manzanas, presento una vulnerabilidad media, correspondiente a un 14,48 %; a ellas está asociado un total de 389 discontinuidades correspondientes al periodo 2012 – 2013, representando un 23,30%. Un total de 68 manzanas, presento una vulnerabilidad baja, correspondiente a un 3,43%; a ellas está asociado un total de 20 discontinuidades correspondientes al periodo 2012 – 2013, representando un 1,20%. Asimismo un total de 130 manzanas no presentaron vulnerabilidad, correspondientes a un 6,56%.



Carta N° 31. Síntesis de vulnerabilidad socioeconómica en la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con datos Essbio S.A

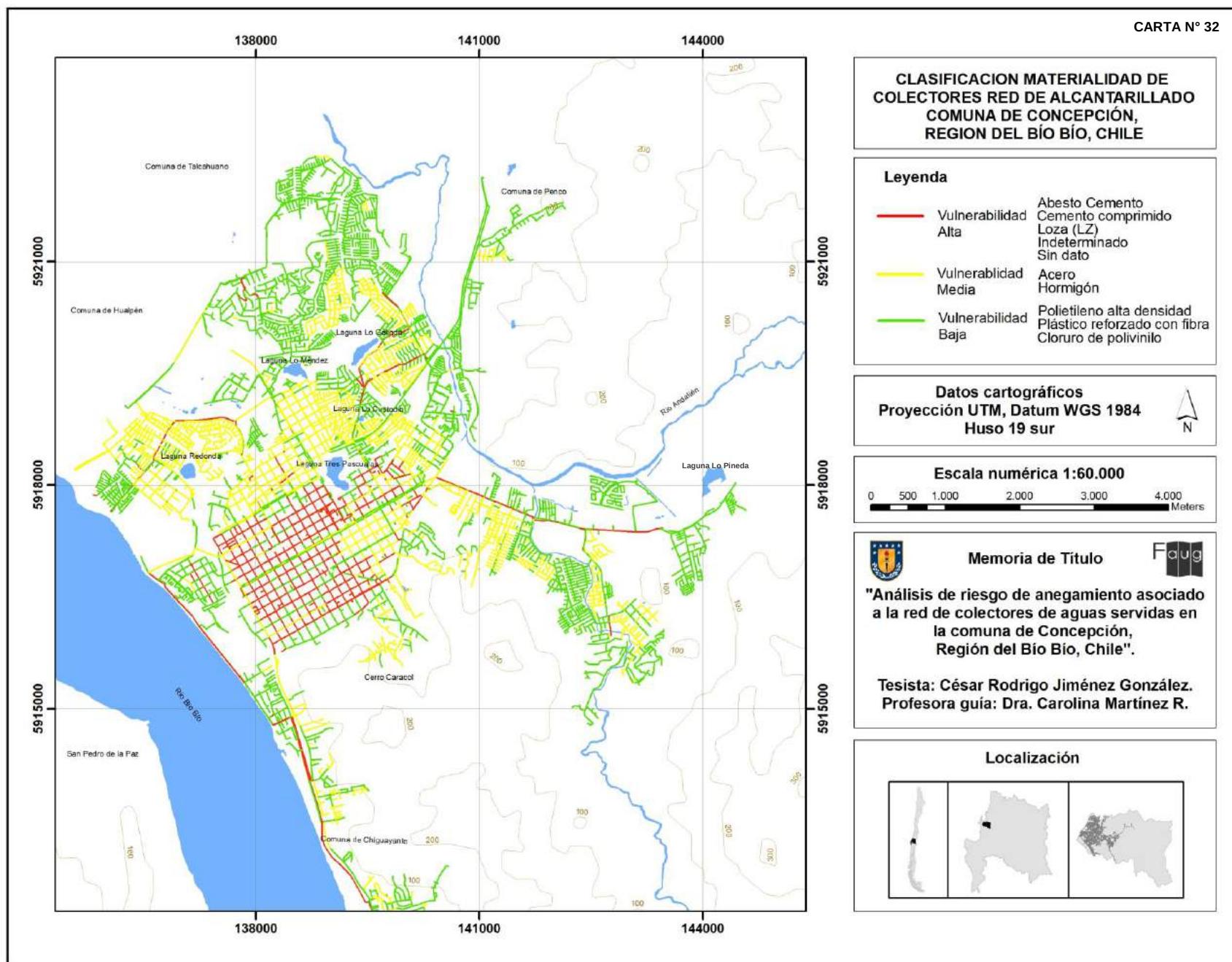
4.3.3 Vulnerabilidad infraestructura sanitaria

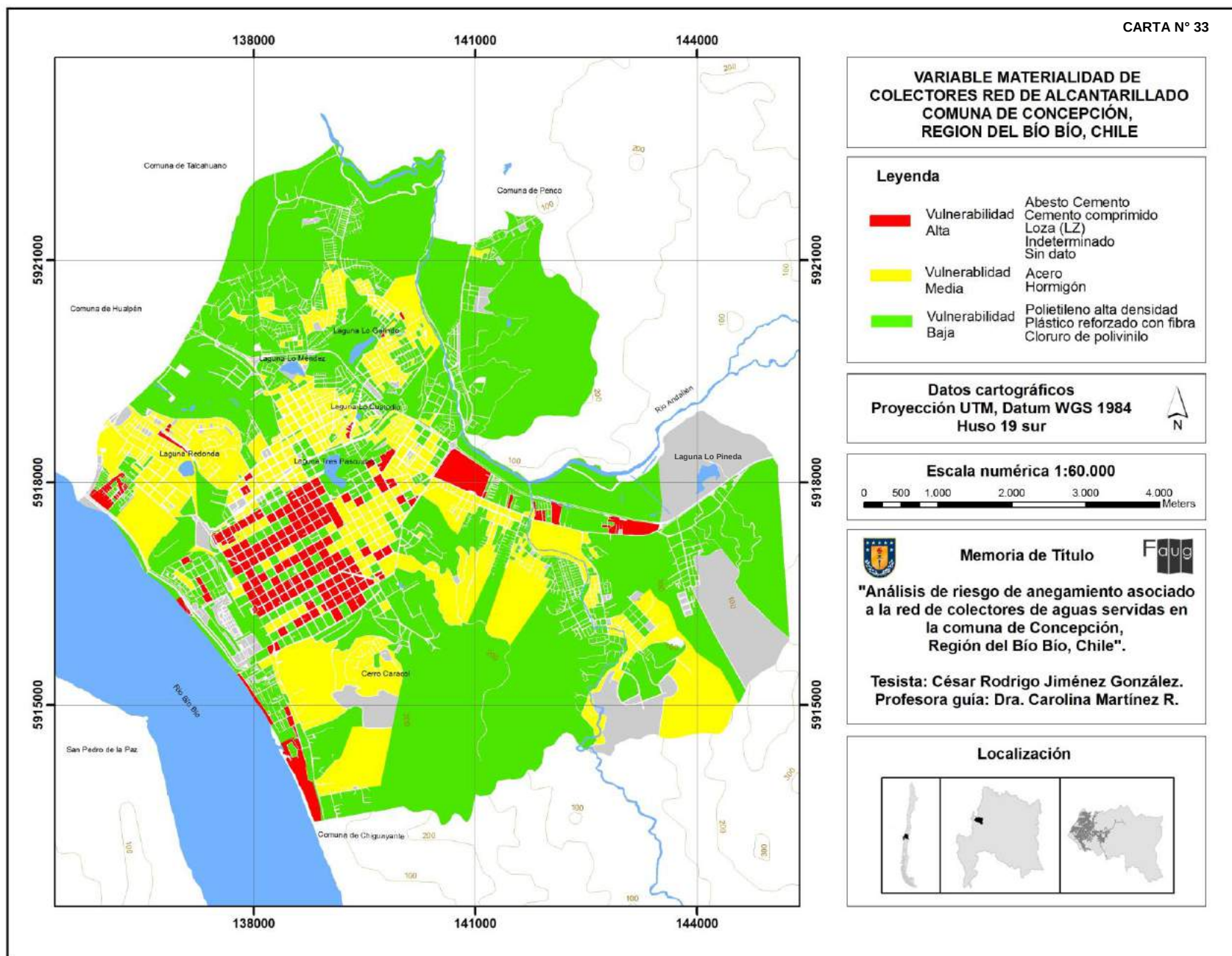
a) Variable Materialidad de colectores

Para la variable materialidad de colectores (Carta N° 32) Vulnerabilidad Infraestructura sanitaria, clasificación materialidad de la red de Alcantarillado de Concepción. Se determinó que un total de 64.836,28 metros presentó una vulnerabilidad alta, en el cual se situaron las materialidades de asbesto cemento, cemento comprimido, loza, material indeterminado y tramos de red sin dato; los que representaron un total de 197 manzanas censales, correspondientes al 15,20%. El grado de vulnerabilidad media alcanzó un total de 164.765,8 metros en el cual se situaron las materialidades de Acero y Hormigón; los que representaron un total de 419 manzanas censales, correspondientes al 32,33%. El grado de vulnerabilidad baja adquirió un total de 273.918,52 metros en el cual se situaron las materialidades de HDPE (polietileno expandido de alta densidad), PRFV (plástico reforzado con fibra de vidrio) y PVC; los que representaron un total de 680 manzanas censales, correspondientes al 52,46%. (Carta N° 33) Vulnerabilidad Infraestructura sanitaria, variable materialidad de la red de Alcantarillado de Concepción asociado a manzanas Censales

Grado de Vulnerabilidad	N° de Manzanas	% de manzanas	Red	% de Red
Bajo	680	52,46	64.836,28	12,88
Medio	419	32,33	164.765,8	32,72
Alto	197	15,20	273.918,52	54,40
Total	1.296	100	503.520,61	100

Tabla N° 28: Grados de vulnerabilidad variable materialidad de colectores de aguas servidas de la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con datos Essbio S.A.



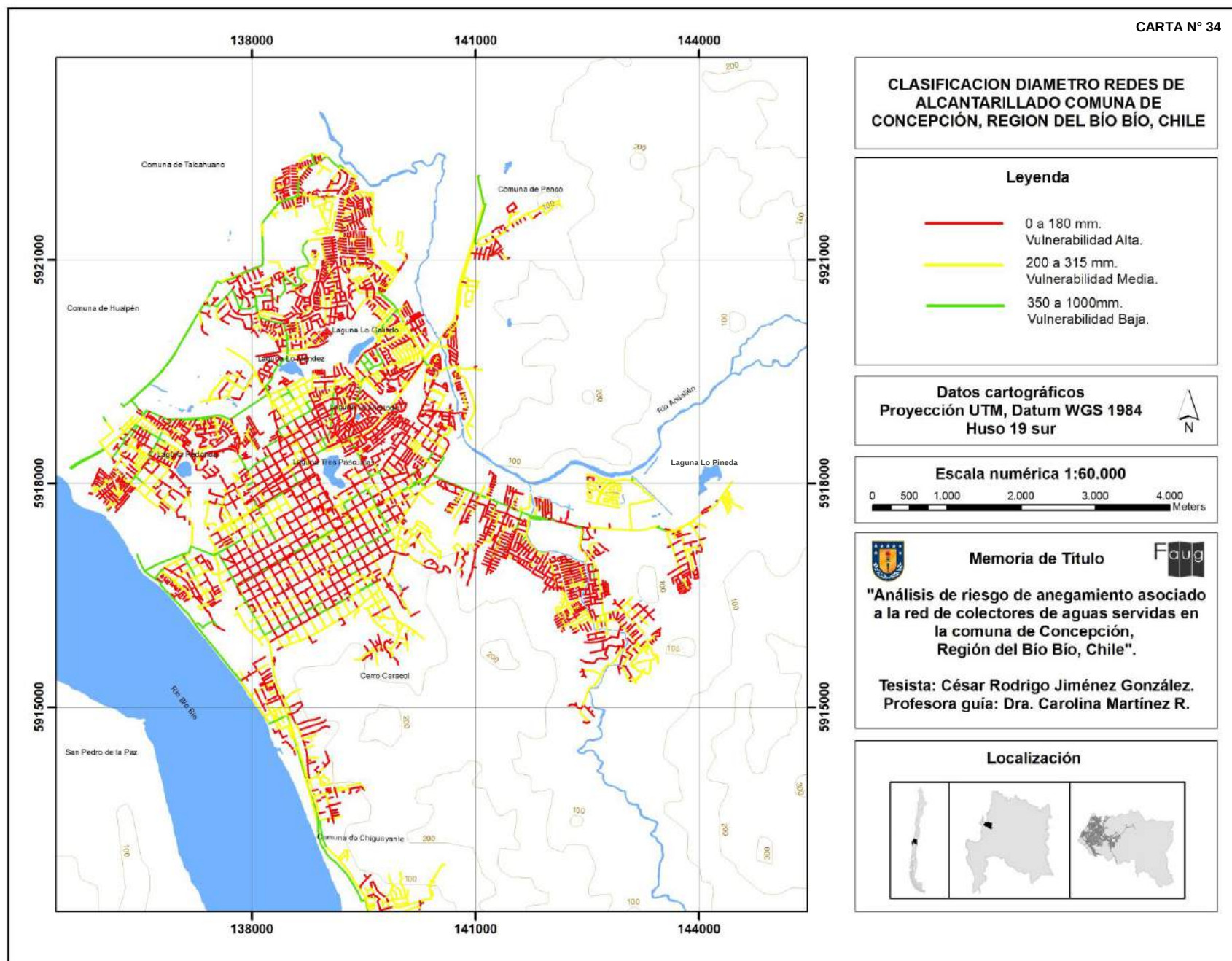


b) Variable diámetro de la red de alcantarillado

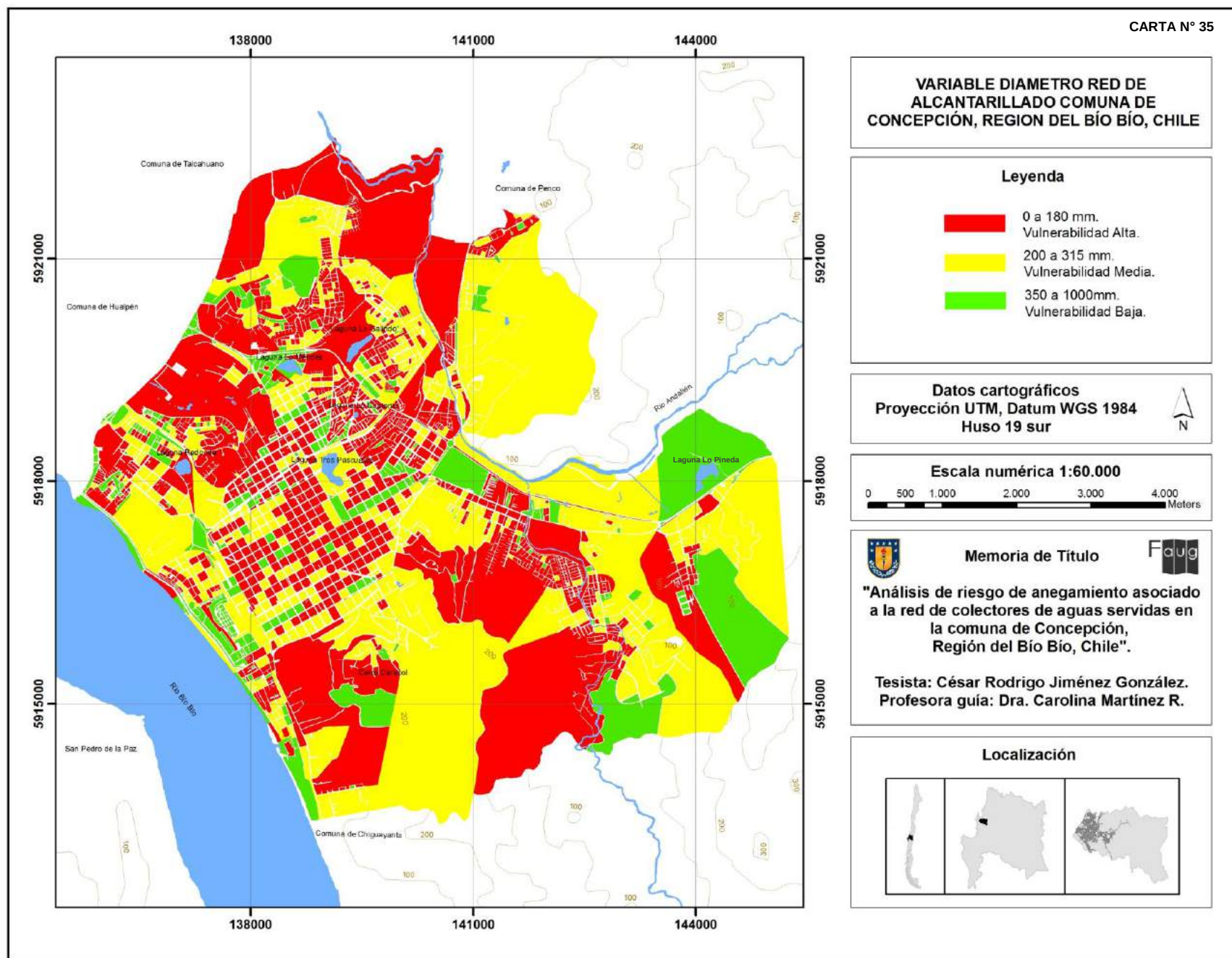
Para la variable diámetro de la red de alcantarillado, (Carta N° 34) Vulnerabilidad infraestructura sanitaria, clasificación de diámetros de la red de Alcantarillado de la comuna de Concepción. Se determinó que un total de 258.379,18 metros presentó una vulnerabilidad alta, en el cual se situaron los diámetros menores e iguales a 180 mm; los que representaron un total de 674 manzanas censales, correspondientes al 52,01%. El grado de vulnerabilidad media alcanzó un total de 185.507 metros en el cual se situaron los diámetros entre 200mm. y 315mm.; los que representaron un total de 481 manzanas censales, correspondientes al 37,11%. El grado de vulnerabilidad baja adquirió un total de 59.634,42 metros en el cual se situaron los diámetros entre 350mm y 1000mm.; los que representaron un total de 141 manzanas censales, correspondientes al 10,88%. (Carta N° 35) Vulnerabilidad Infraestructura sanitaria, variable diámetro de la red de Alcantarillado de Concepción asociado a manzanas Censales.

Grado de Vulnerabilidad	N° de Manzanas	% de manzanas	Red	% de Red
Bajo	141	10,88	59.634,42	12,88
Medio	481	37,11	185.507,00	32,72
Alto	674	52,01	258.379,18	54,40
Total	1.296	100	503.520,61	100

Tabla N° 29: Grados de vulnerabilidad variable diámetro de alcantarillado de aguas servidas de la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con datos Essbio S.A.



Carta N° 34. Vulnerabilidad infraestructura sanitaria, Clasificacion de diámetros de la red de Alcantarillado de la comuna de Concepción.
Fuente: Elaboración propia con datos Essbio S.A.



Carta N° 35. Vulnerabilidad Infraestructura sanitaria, variable diámetro de la red de Alcantarillado de Concepción asociado a manzanas Censales.
Fuente: Elaboración propia con datos Essbio S.A

c) Variable calidad de la red de alcantarillado

Con motivo del terremoto y posterior tsunami del 27 de Febrero de 2010 la infraestructura operativa de la compañía, sus plantas de producción, redes de distribución y recolección y plantas de tratamiento, sufrieron daños de consideración, muchos de los cuales fueron evidenciados a horas o días de ocurrida la catástrofe. Estos daños visibles fueron corregidos o mitigados con la implementación de obras provisionales en los días posteriores. Para reestablecer la continuidad de servicio se reconoció y observó la infraestructura en la medida que surgieron daños y estos se hicieron visibles, utilizando el análisis de diferentes variables o mediciones.

En los sistemas de recolección de aguas servidas, se repararon las roturas de colectores o al menos identificado y restituido por vía alternativa la evacuación, que constituyen el Daño Visible sin embargo, se observó una variación en los caudales tratados, con importantes variaciones en éstos por el daño que permanece oculto en la red, pérdida de estanqueidad o deterioro estructural considerable, daños no visibles que en algunos sectores ha ocasionado un aumento de caudal tratado por ingreso de agua de napa a los sistemas mediante infiltración y en otros casos ha generado obstrucciones que estarían provocando desvíos de flujos mediante descargas a cuerpos receptores, los que finalmente repercutirían en una disminución del caudal tratado en los sistemas. Así mismo en la plantas de tratamiento con infraestructura sobre la superficie, se registraron fisuras en las plantas elevadoras de aguas servidas, reactores y sedimentadores, lo que constituyeron daño visible como no visible.

Mucha infraestructura sufrió roturas, fisuras o quedó en estado de fragilidad, que ante cualquier problema de presión o movimiento provocado por las múltiples réplicas del terremoto no resistieron y colapsaron, muchas de éstas con un daño llamado No Visible, redes bajo la superficie terrestre que no presentaban signos evidentes de roturas, y que además son de difícil acceso e identificación, en las cuales tras transcurrido el tiempo estas fallas se manifestaron a través de filtraciones, infiltraciones, y daño hidráulico.

El daño en infraestructura de aguas servidas se clasificó en Daño Visible y Daño No Visible. El Daño Visible corresponde al deterioro de todas aquellas instalaciones que se encuentran sobre la superficie terrestre y que son de fácil acceso e identificación, tales como daño en edificio de plantas elevadoras de aguas servidas (proceso de recolección)

y la Inclinación peinetas estanque clarificador; grietas murallas de edificios; sala de dosificación de cloro con grietas en paredes (en etapa de tratamiento). Así mismo el Daño No visible considera aquella infraestructura de que se encuentran bajo la superficie terrestre y que son de difícil acceso e identificación, y se encuentran distribuidos en las redes aguas servidas, ejemplos de éstos se pueden mencionar los siguientes: red de recolección, cámaras de alcantarillado, uniones domiciliarias (Etapa de Recolección); plantas elevadoras bajo tierras, reactores, sedimentadores (Etapa de Tratamiento).



Figura 30. Colapso en colector de aguas servidas, materialidad Hormigón armado. Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes Essbio S.A.

Los Daños No Visibles corresponden a aquellos que sólo se pueden identificar mediante una revisión de indicadores o acciones de inspección televisiva con las cuales se evidencia un cambio respecto a su estado anterior al terremoto 27/F y que claramente afectan las instalaciones de agua potable y aguas servidas.



Figura 31. Colapso en colector de aguas servidas, materialidad Loza. Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes Essbio S.A.



Figura 32. Colapso en colector de aguas servidas, materialidad Hormigon armado. Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes Essbio S.A.

El indicador fuente de información con la cual se evaluó cada uno de los daños no visibles se presentan en el siguiente cuadro:

Localización del Daño	Identificación técnica
Daño estructural e hidráulico en redes de recolección de aguas servidas	Diagnóstico, inspección e identificación de fallas en redes de recolección de aguas servidas

Tabla N° 30: Identificación del daño en colectores.
Fuente: Elaboración propia.

Es así, como del análisis de la información de discontinuidades se obtuvieron los siguientes datos para el periodo 2012 – 2013, que demostró los efectos del daño no visible en la red de alcantarillado de la comuna de Concepción, así como el número de clientes afectados.

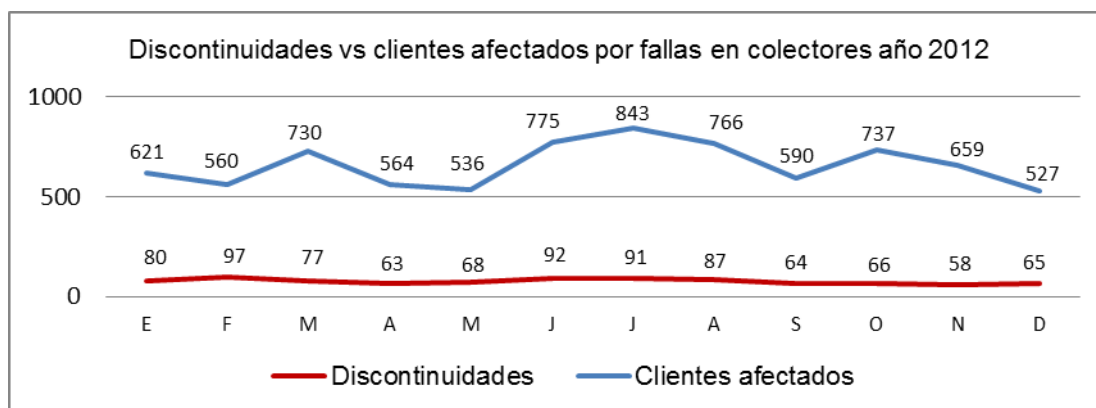


Figura 33. Discontinuidades y clientes afectados por fallas en colectores de aguas servidas año 2012 en la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

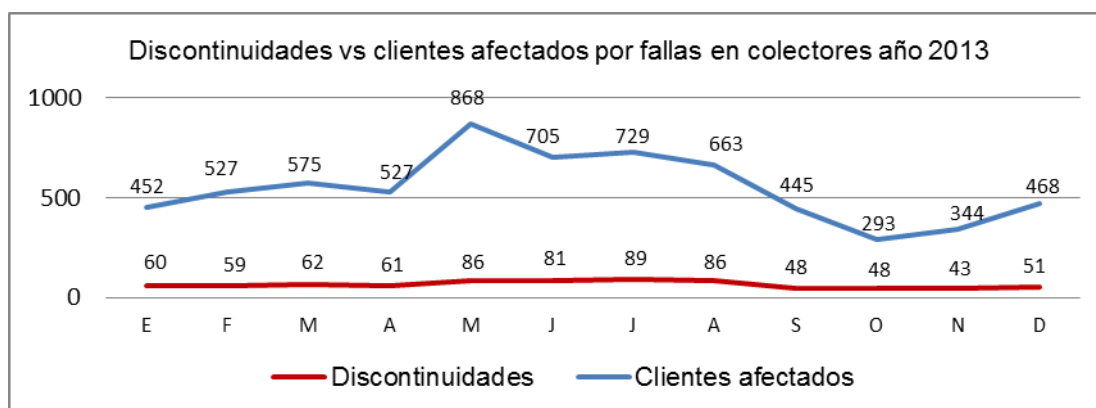


Figura 34. Discontinuidades y clientes afectados por fallas en colectores de aguas servidas año 2013 en la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

Los eventos de discontinuidades presentados anteriormente al ser informados a la sanitaria, continuaron al procedimiento de solución al problema. Una cantidad de ellos se solución en un periodo de tiempo dentro de la norma y otra cantidad fuera de norma. Es así, como a continuación se presenta la gráfica de los tiempos de solución a la continuidad del servicio, indicando la cantidad de clientes afectados para el periodo 2012, así como para el periodo 2013.

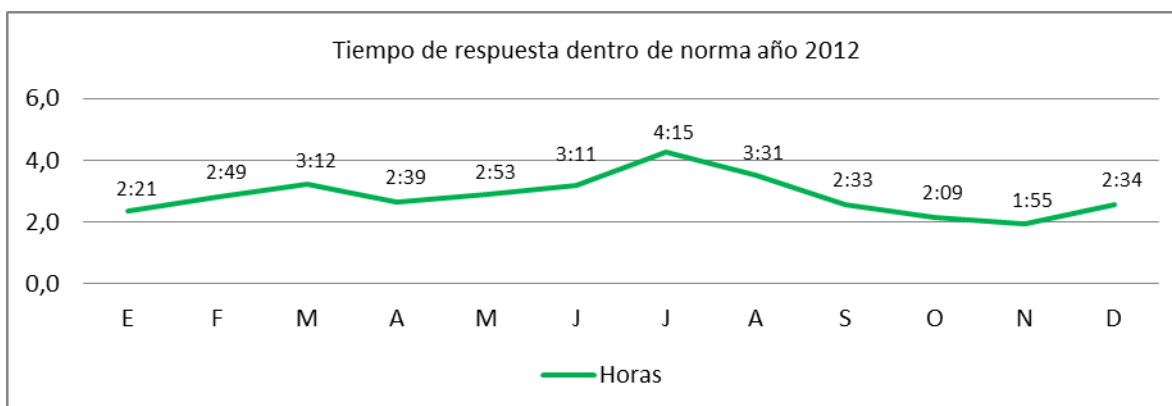


Figura 35. Promedios de tiempo en norma para solución a discontinuidades en colectores de aguas servidas año 2012 en la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

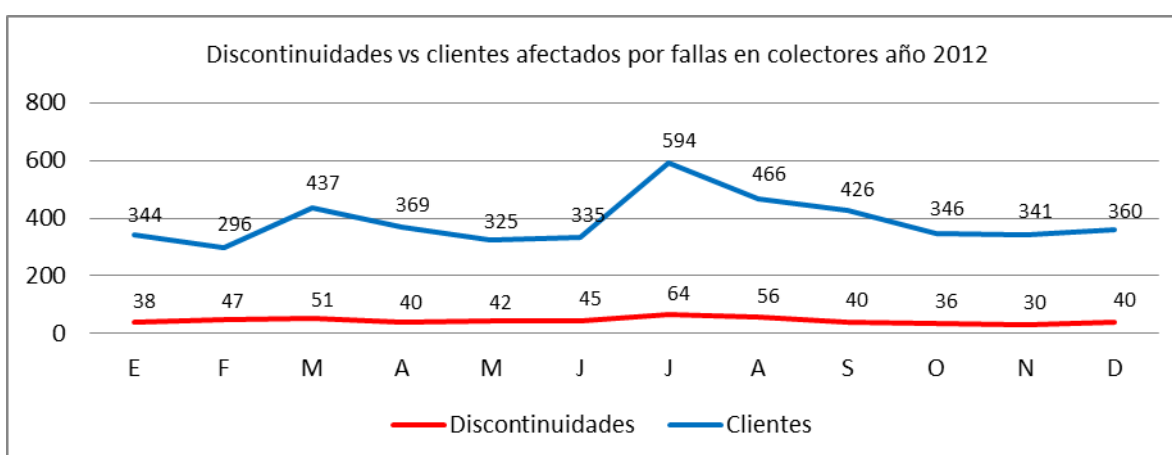


Figura 36. Discontinuidades y clientes afectados por fallas en colectores de aguas servidas año 2012 en la comuna de Concepción solucionados en tiempo dentro de norma. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

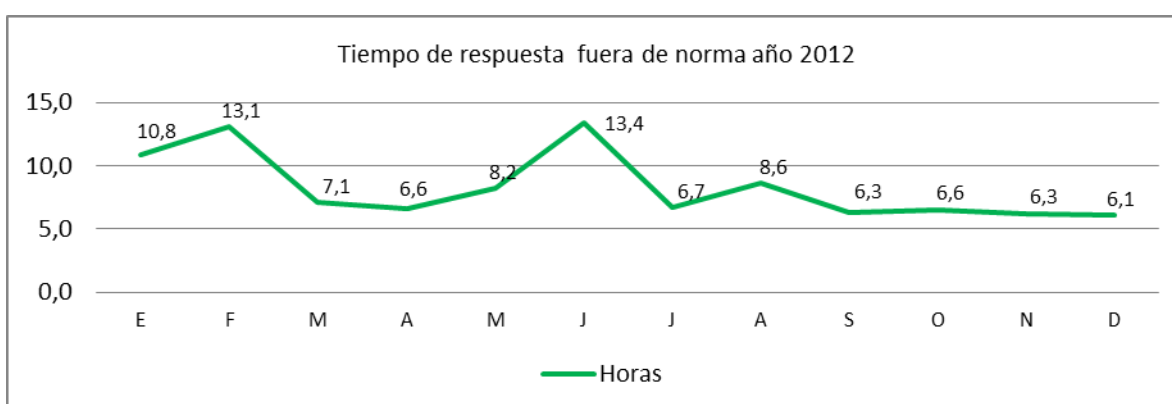


Figura 37. Promedios de tiempo fuera de norma para solución a discontinuidades en colectores de aguas servidas año 2012 en la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

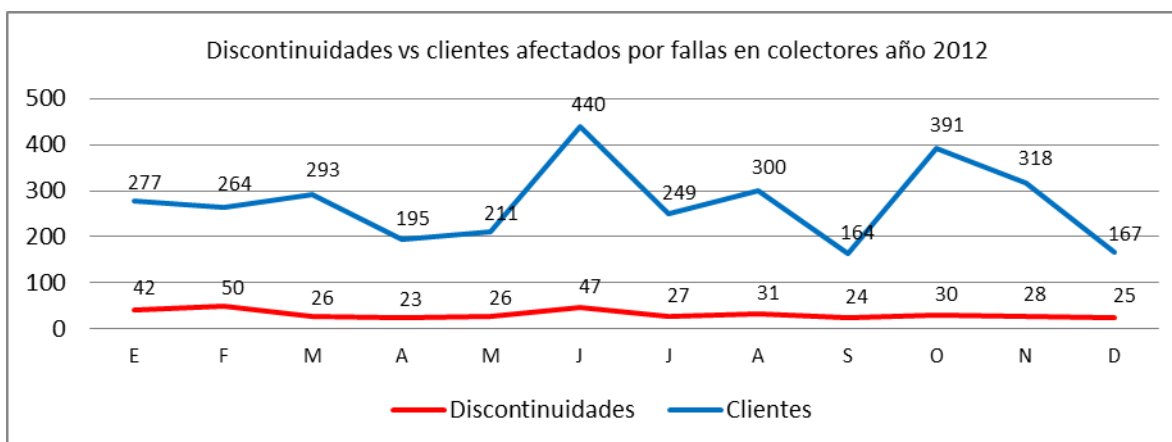


Figura 38. Discontinuidades y clientes afectados por fallas en colectores de aguas servidas año 2012 en la comuna de Concepción solucionados en tiempo fuera de norma. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

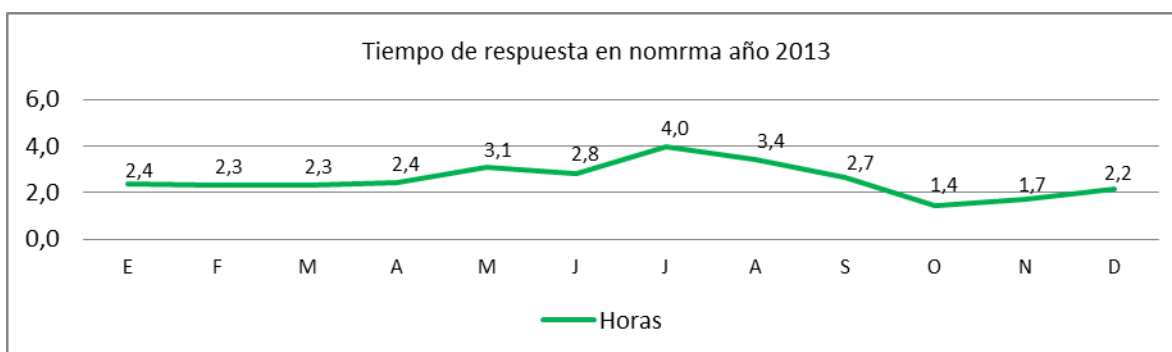


Figura 39. Promedios de tiempo en norma para solución a discontinuidades en colectores de aguas servidas año 2013 en la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

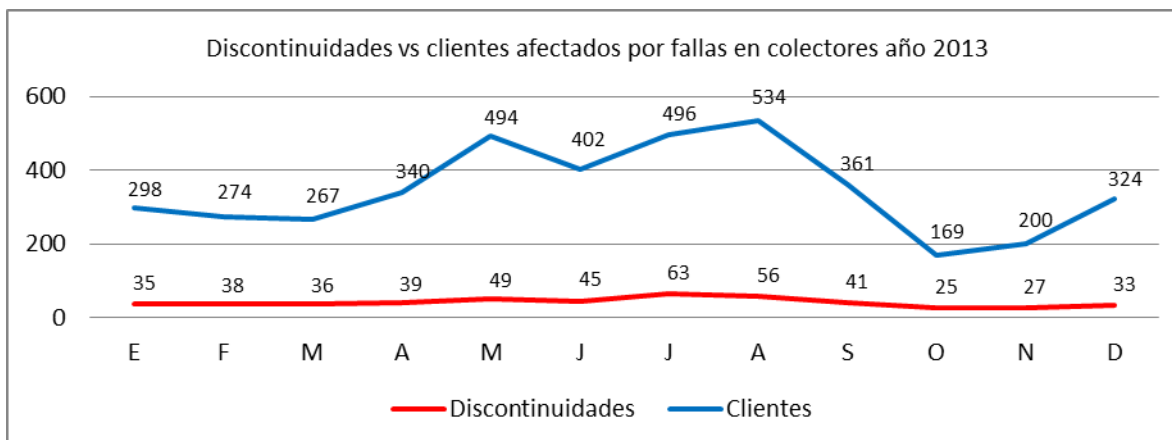


Figura 40. Discontinuidades y clientes afectados por fallas en colectores de aguas servidas año 2013 en la comuna de Concepción solucionados en tiempo dentro de norma. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

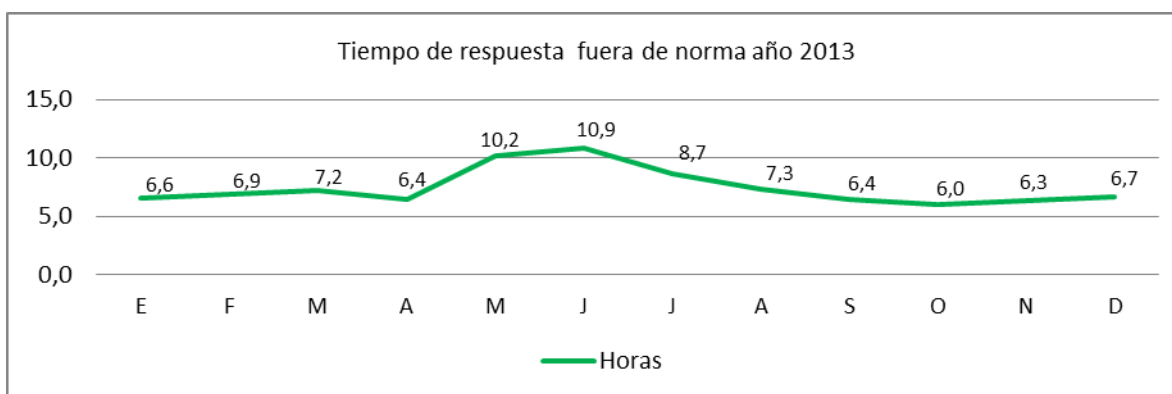


Figura 41. Promedios de tiempo fuera de norma para solución a discontinuidades en colectores de aguas servidas año 2013 en la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

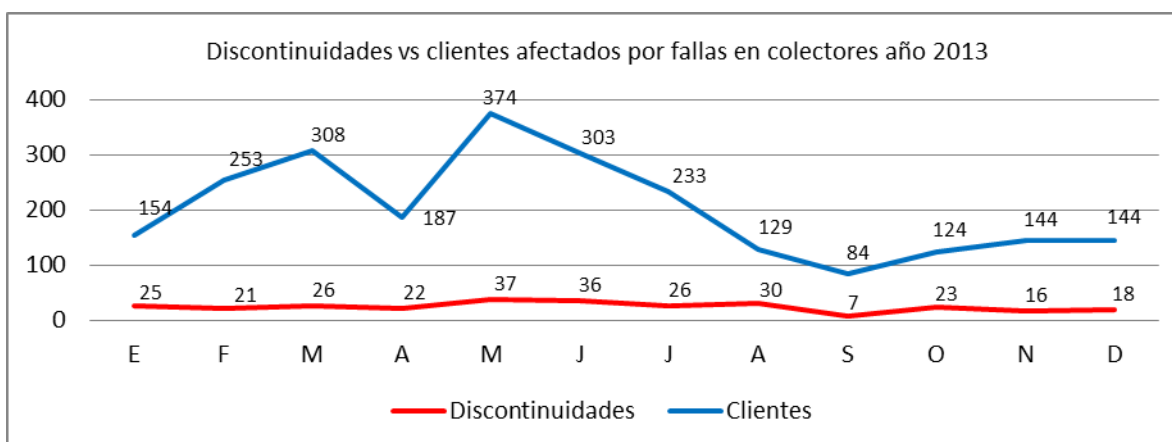


Figura 42. Discontinuidades y clientes afectados por fallas en colectores de aguas servidas año 2013 en la comuna de Concepción solucionados en tiempo fuera de norma. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

El afloramiento de aguas servidas en vía pública, es una situación de preocupación, producto del uso inadecuado del sistema de alcantarillado por parte de terceros, puesto que no es una condición normal el que escurran superficialmente, lo que produce olores nauseabundos desagradables para la población, causando la molestia de los vecinos, y un daño grave a su calidad de vida, que al mismo tiempo se traduce en una pérdida de la plusvalía de sus viviendas. El afloramiento de aguas servidas es un problema sanitario, cuya responsabilidad recae directamente en la empresa de servicios sanitarios, que es la responsable de su traslado hasta la planta de tratamiento.

En la siguiente figura, se muestra la cantidad mensual de discontinuidades que causaron eventos de afloramientos en la vía pública, asociados a colectores de aguas

servidas; además de contener información relacionada a los clientes afectados producto de este mal funcionamiento de la operatividad de la red de colectores de aguas servidas.

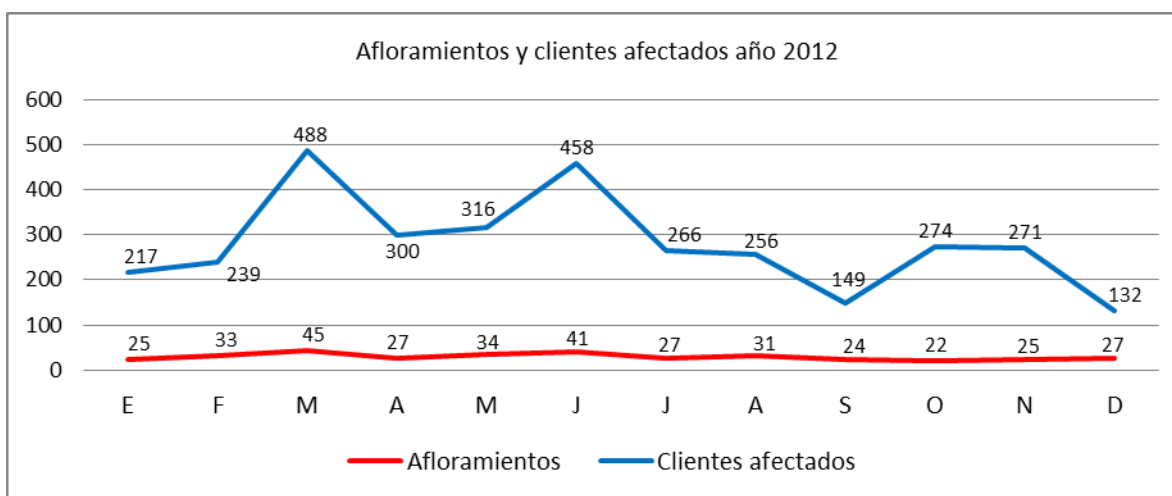


Figura 43. Clientes afectados y afloramientos por fallas en colectores de aguas servidas año 2012 en la Concepción de Concepción. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

En la Figura 43 de afloramientos y clientes afectados año 2012, destacan los meses de Marzo y Junio con los índices más altos en cantidad de eventos de afloramientos en la vía pública (45 y 41), lo que se traduce al mismo tiempo en los números más altos de clientes afectados, 488 para el mes de Marzo y 458 para el mes de Julio. Esta cantidad de discontinuidades y clientes afectados están relacionados en el mes de marzo al aumento de la población flotante de la ciudad de Concepción producto del comienzo del año académico; así como en el mes de julio los eventos de falla y los clientes afectados están relacionadas a las lluvias del periodo. La menor cantidad de eventos de afloramiento se produjeron en los meses de Enero, Octubre y Noviembre, con 25, 22 y 25 eventos respectivamente. El promedio de eventos de afloramientos para el año 2012 corresponde a 30 eventos; encontrándose bajo este promedio los meses de Enero, Abril, Julio, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre. Así como los meses que se encuentran sobre el promedio de afloramientos son Febrero, Marzo, Mayo, Junio y Agosto. En cuanto a los clientes afectados el promedio corresponde a 281 clientes; encontrándose bajo el promedio los meses de Enero, Febrero, Julio, Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre. Sobre el promedio se encuentran los meses de Marzo, Abril, Mayo y Junio. Los antecedentes anteriores indicaron una homogeneidad en las fallas que se distribuyen por toda la ciudad, que presentaron un deterioro o mal

funcionamiento generalizado de la red de colectores de aguas servidas de la comuna de Concepción (Carta N° 38).

El año 2012 se produjo un total de 907 discontinuidades, de aquel total de discontinuidades un número de 361 eventos provocaron afloramientos en la vía publica afectando a las cantidades de clientes señalados en la figura anterior (Carta N° 36). Las causales de estos afloramientos se aprecian en el cuadro siguiente.

AFLORAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS AÑO 2012			
MOTIVO	SI	NO	TOTAL
BASURA EN CÁMARA	0	1	1
COLAPSO POR AGUAS LLUVIAS	4	0	4
EMBANQUE	145	164	309
FALLA EN PEAS	6	0	6
OBSTRUCCION DE COLECTOR	199	360	559
OBSTRUCCION DE UD	2	13	15
OBSTRUCCION POR GRASAS	1	2	3
ROTURA EN COLECTOR	4	7	11
TOTAL	361	546	907

Tabla N°31. Causantes generales de afloramientos por fallas en colectores de aguas servidas año 2012 en la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

Durante el año 2012 los causantes de afloramientos por fallas en colectores de aguas servidas son los expuestos en el cuadro anterior. Es así como la mayor cantidad de eventos de discontinuidades fueron ocasionados por la obstrucción de colector con un total de 199 registros y embancamiento del colector con 145 registros. Los demás conceptos de falla presentaron menores registros que los mencionados anteriormente. Pero al mismo tiempo existen relaciones entre las causantes como lo es el embancamiento el cual pudo ser generado por acumulación de grasas y basura de forma progresiva que en temporada estival colapso al recibir el aporte de lluvias, pero la raíz de la falla es el embancamiento.

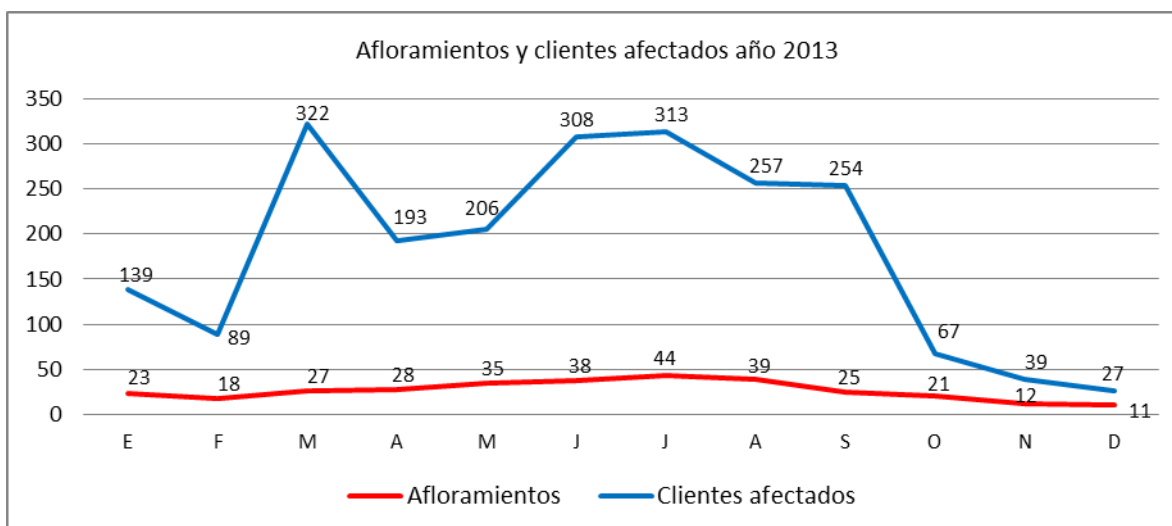


Figura 44. Clientes afectados y afloramientos por fallas en colectores de aguas servidas año 2013 en la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

En la Figura 44, de afloramientos y clientes afectados año 2013, destacan los meses de Junio, Julio y Agosto con los índices más altos en cantidad de eventos de afloramientos en la vía pública (38, 44 y 39), los que al mismo tiempo presentan algunos los números más altos de clientes afectados. Esta cantidad de discontinuidades y clientes afectados están relacionados en el mes de marzo al aumento de la población flotante de la ciudad de Concepción producto del comienzo del año académico; así como en el mes de julio los eventos de falla y los clientes afectados están relacionadas a las lluvias del periodo. La menor cantidad de eventos de afloramiento se produjeron en los meses de Enero, Octubre y Noviembre, con 25, 22 y 25 eventos respectivamente. El promedio de eventos de afloramientos para el año 2012 corresponde a 30 eventos; encontrándose bajo este promedio los meses de Enero, Abril, Julio, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre. Así como los meses que se encuentran sobre el promedio de afloramientos son Febrero, Marzo, Mayo, Junio y Agosto. En cuanto a los clientes afectados el promedio corresponde a 281 clientes; encontrándose bajo el promedio los meses de Enero, Febrero, Julio, Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre. Sobre el promedio se encuentran los meses de Marzo, Abril, Mayo y Junio. Los antecedentes anteriores indicaron una homogeneidad en las fallas que se distribuyen por toda la ciudad, que presentaron un deterioro o mal funcionamiento generalizado de la red de colectores de aguas servidas de la comuna de Concepción (Carta N° 39).

El año 2013 se produjo un total de 761 discontinuidades, de aquel total de discontinuidades un número de 321 eventos provocaron afloramientos en la vía pública afectando a las cantidades de clientes señalados en la figura anterior (Carta N° 37). Las causales de estos afloramientos se aprecian en el cuadro siguiente.

AFLORAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS AÑO 2013			
MOTIVO	SI	NO	TOTAL
BASURA EN CÁMARA	2	0	2
COLAPSO POR AGUAS LLUVIAS	39	1	40
EMBANQUE	136	143	279
FALLA EN PEAS	6	0	6
OBSTRUCCION DE COLECTOR	130	291	421
OBSTRUCCION DE UD	2	0	2
OBSTRUCCION POR GRASAS	2	2	4
ROTURA EN COLECTOR	4	3	7
TOTAL	321	440	761

Tabla N° 32. Causantes generales de afloramientos por fallas en colectores de aguas servidas año 2013 en la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

Durante el año 2013 los causantes de afloramientos por fallas en colectores de aguas servidas son los expuestos en el cuadro anterior. Es así como la mayor cantidad de eventos de discontinuidades fueron ocasionados por la obstrucción de colector con un total de 130 registros seguido por el embancamiento del colector con un total de 136 registros, en tercer lugar sigue el colapso por aguas lluvias con un total de 39 registros. El principal causante es la obstrucción del colector, el cual es estrangulado por algún elemento extraño a la red y los flujos que normalmente transporta

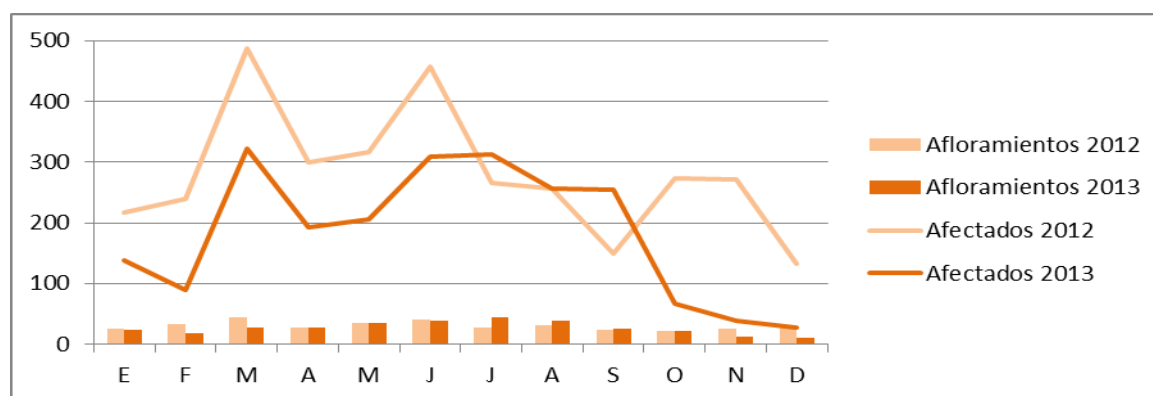
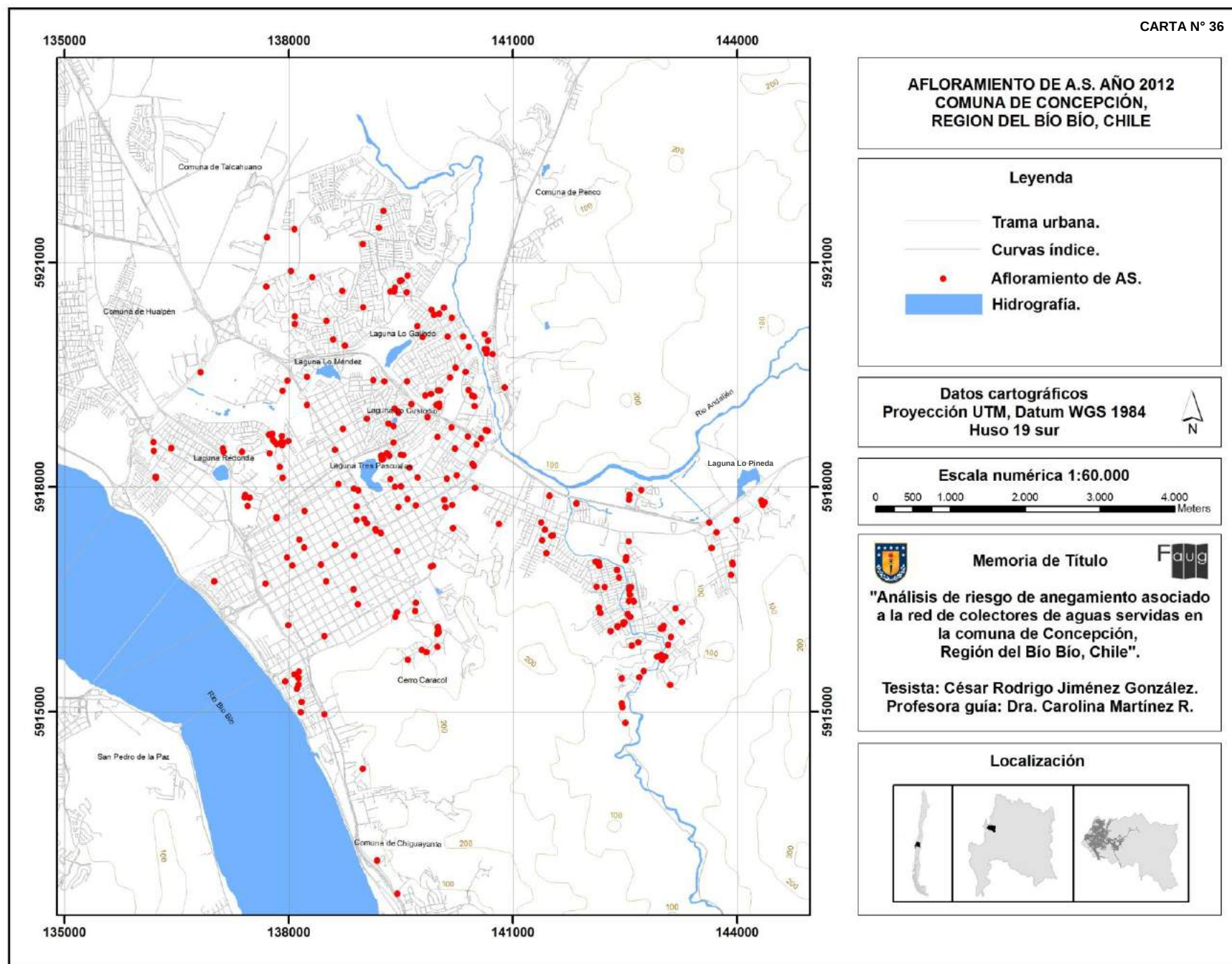
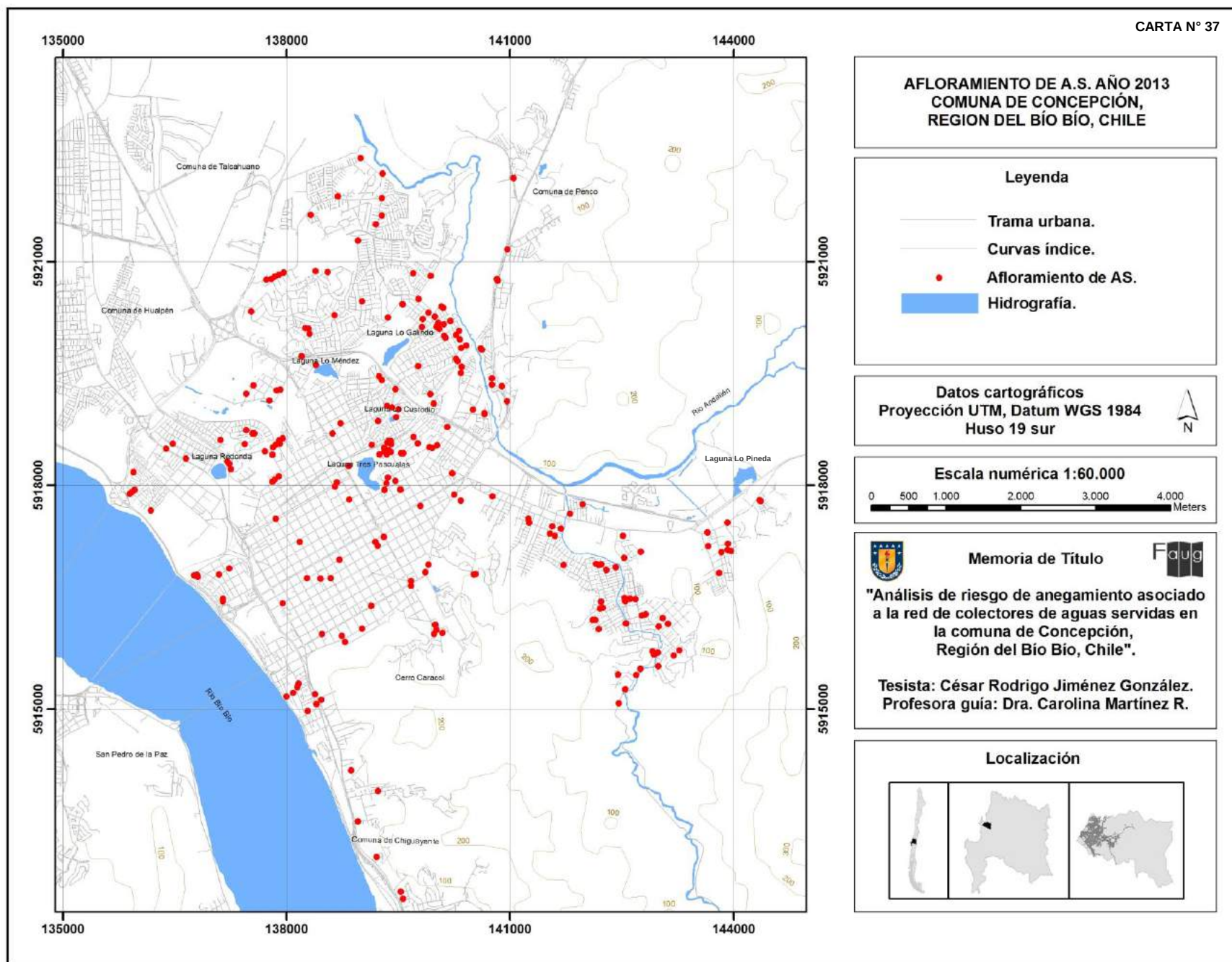


Figura 45. Clientes afectados y afloramientos por fallas en colectores de aguas servidas periodo 2012 - 2013 en la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.

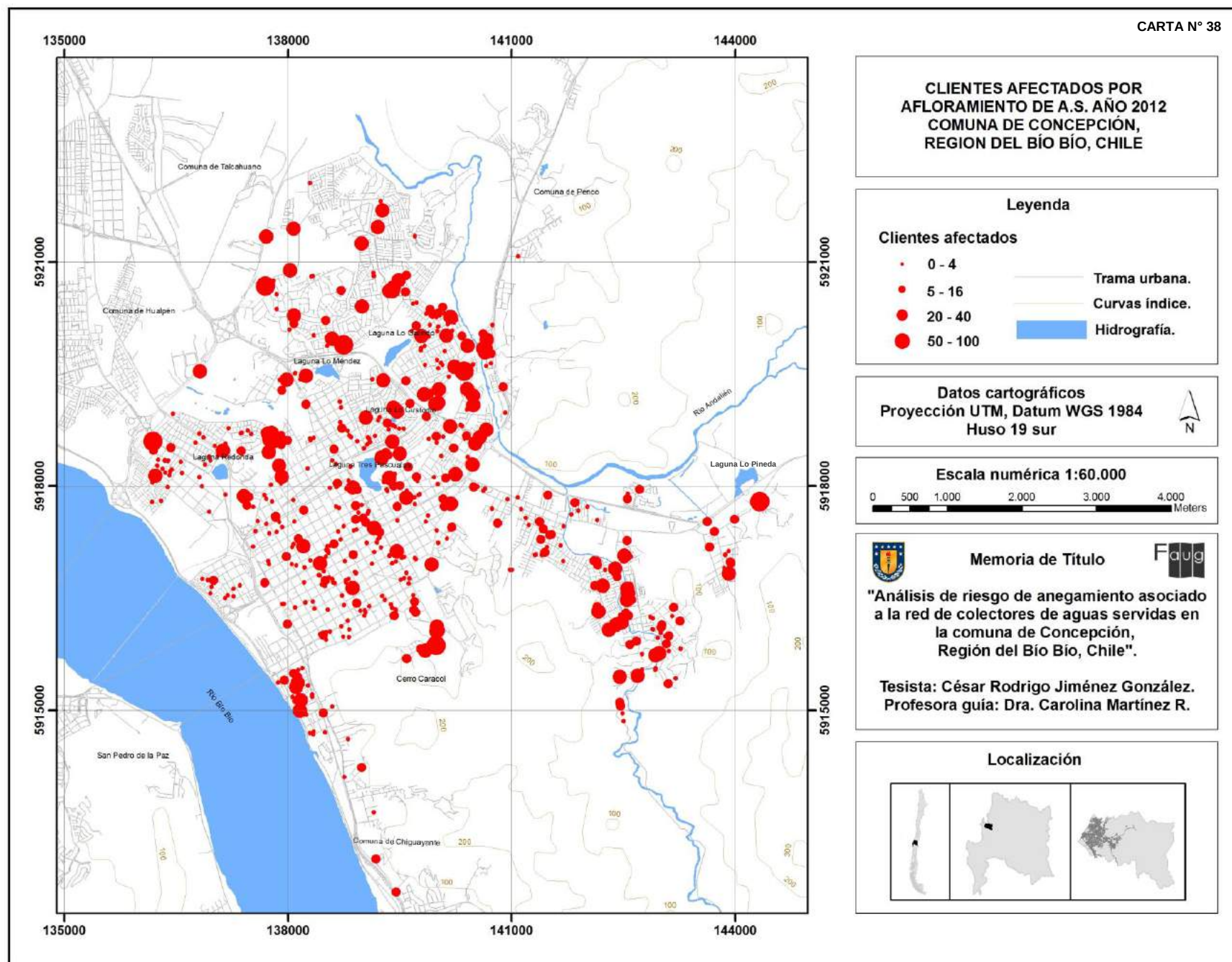
Los afloramientos en vía pública han ocurrido producto de colectores que han sobrepasado sus capacidades, presentando una condición al interior de ellos impide que el normal desplazamiento de las aguas. Estas discontinuidades de afloramiento han ocasionado problemas a la población los que se reflejan en los números de clientes afectados que indicaron los gráficos anteriores. La comparativa entre los gráficos del periodo 2012 – 2013 muestra una similitud en los números de eventos sucedidos en cada año, como resultado esto corresponde fallas que persisten en las redes de aguas servidas. Al revisar la comparativa de clientes afectados, existe una diferencia considerable entre un periodo y otro, con bajas considerables en los meses de Enero a Junio, con alzas en el mes de Julio, manteniéndose en el mes Agosto y volviendo a aumentar en el mes de Septiembre. Desde Octubre a Diciembre la baja en clientes afectados es muy notoria. Estos resultados se traducen como reflejo de los trabajos programados de limpieza de colectores de aguas servidas, que atacaron los puntos conflictivos del año 2012, a la vez que se dio solución a diversos sectores de la ciudad, nuevos focos aparecieron en otros puntos, pero en zonas más dispersas con una menor cantidad de clientes afectados. El problema se ha erradicado de ciertos sectores, pero la raíz de ellos sigue presente en los colectores de aguas servidas, con ello la vulnerabilidad de la infraestructura sanitaria (Carta N° 40). A la fecha el plan de mantenimiento preventivo de redes es un gran avance para optimizar la mantención de la infraestructura sanitaria, pero los beneficios de ello tendrá resultados en un mínimo de cinco años.



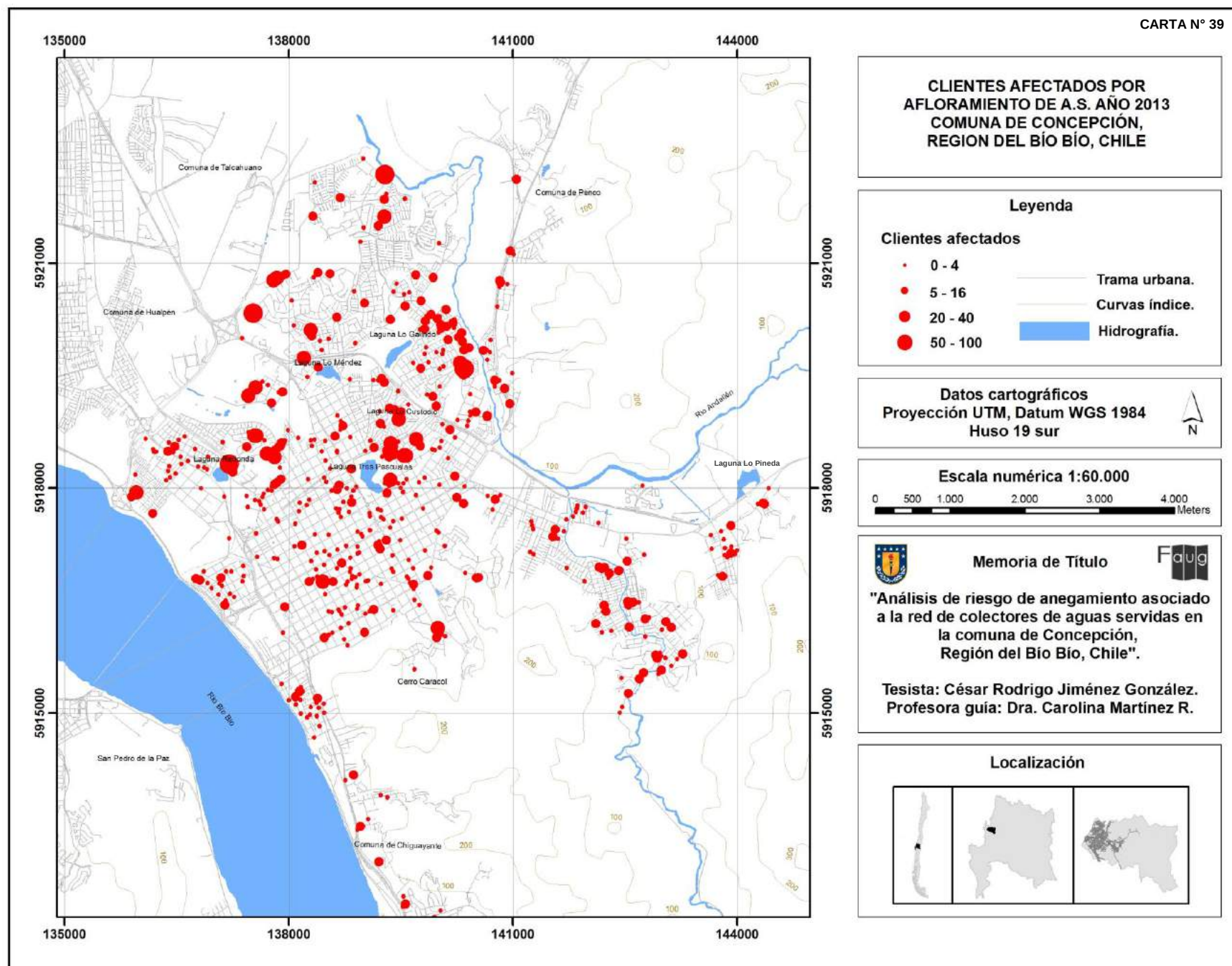
Carta N° 36. Afloramientos de aguas servidas en la comuna de Concepción año 2012. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.



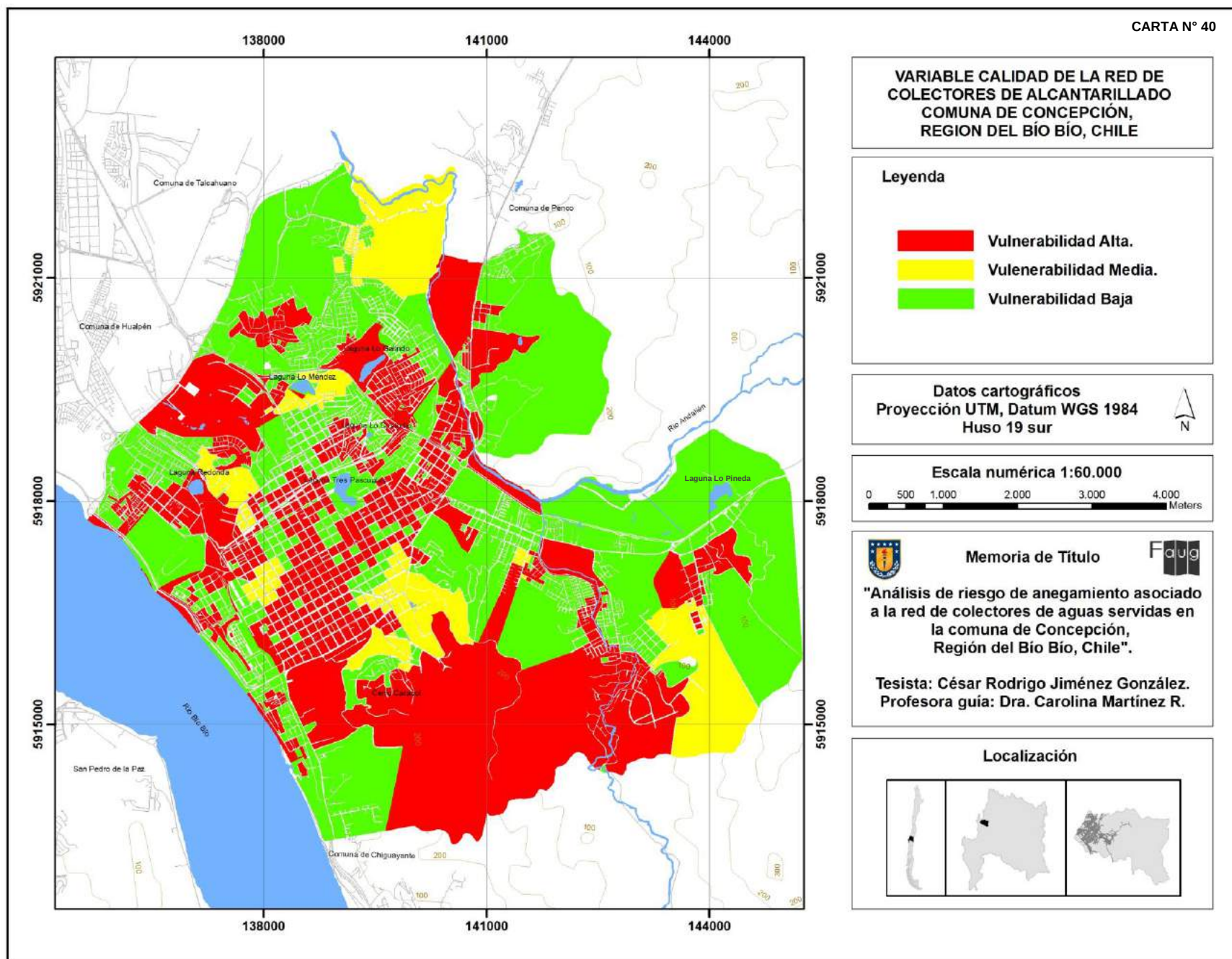
Carta N° 37. Afloramientos de aguas servidas en la comuna de Concepción año 2013. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.



Carta N° 38. Afectados por afloramientos de aguas servidas en la comuna de Concepción año 2012. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.



Carta N° 39. Afectados por afloramientos de aguas servidas en la comuna de Concepción año 2013. Fuente: Elaboración propia con información de Essbio S.A.



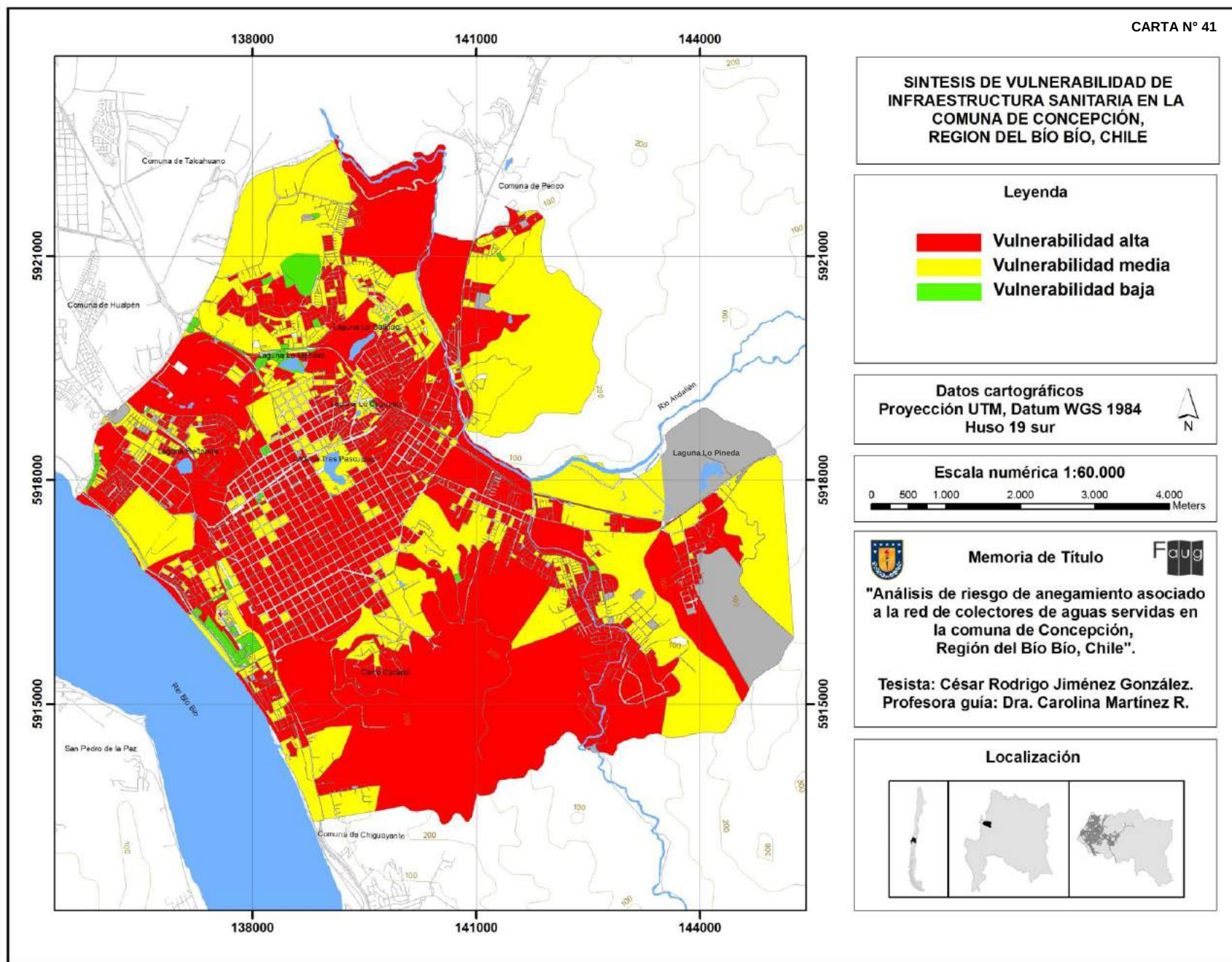
d) Síntesis vulnerabilidad infraestructura sanitaria

De acuerdo a la combinación de los niveles de vulnerabilidad en cada manzana de las tres variables expuestas anteriormente, los resultados de la vulnerabilidad de infraestructura sanitaria son representados en la (Carta N° 41) Síntesis de vulnerabilidad infraestructura sanitaria en la comuna de Concepción. En ella se conjugaron las variables diámetro de colectores, materialidad de la red y calidad de la red, mencionadas anteriormente, cuyas relaciones de interacción analizo las diferencias, las heterogeneidades, el mayor o menor nivel o grado de fragilidad y de riesgo de las redes de aguas servidas de la comuna de Concepción. En síntesis el resultado se expone de la siguiente forma.

Grado de Vulnerabilidad	N° de Manzanas	% de manzanas	Discontinuidades 2012 - 2013	% de discontinuidades
Sin vulnerabilidad	137	6,91	0	0
Bajo	60	3,03	8	0,50
Medio	516	26,03	552	33,05
Alto	1269	64,03	1.109	66,45
Total	1.982	100	1.669	100

Tabla N° 33: Síntesis de vulnerabilidad infraestructura sanitaria comuna de Concepción.
Fuente: Elaboración propia con datos Redatam y datos Essbio S.A.

Se determinó que un total de 1.269 manzanas, presentó una vulnerabilidad alta, correspondiente a un 64,03%, a ellas está asociado un total de 1.109 discontinuidades correspondientes al periodo 2012 – 2013, representando un 66,45%. Un total de 516 manzanas, presento una vulnerabilidad media, correspondiente a un 26,03 %; a ellas está asociado un total de 552 discontinuidades correspondientes al periodo 2012 – 2013, representando un 33,05%. Un total de 60 manzanas, presento una vulnerabilidad baja, correspondiente a un 3,03%; a ellas está asociado un total de 8 discontinuidades correspondientes al periodo 2012 – 2013, representando un 0,50%. Asimismo un total de 137 manzanas no presentaron vulnerabilidad, correspondientes a un 6,91%.



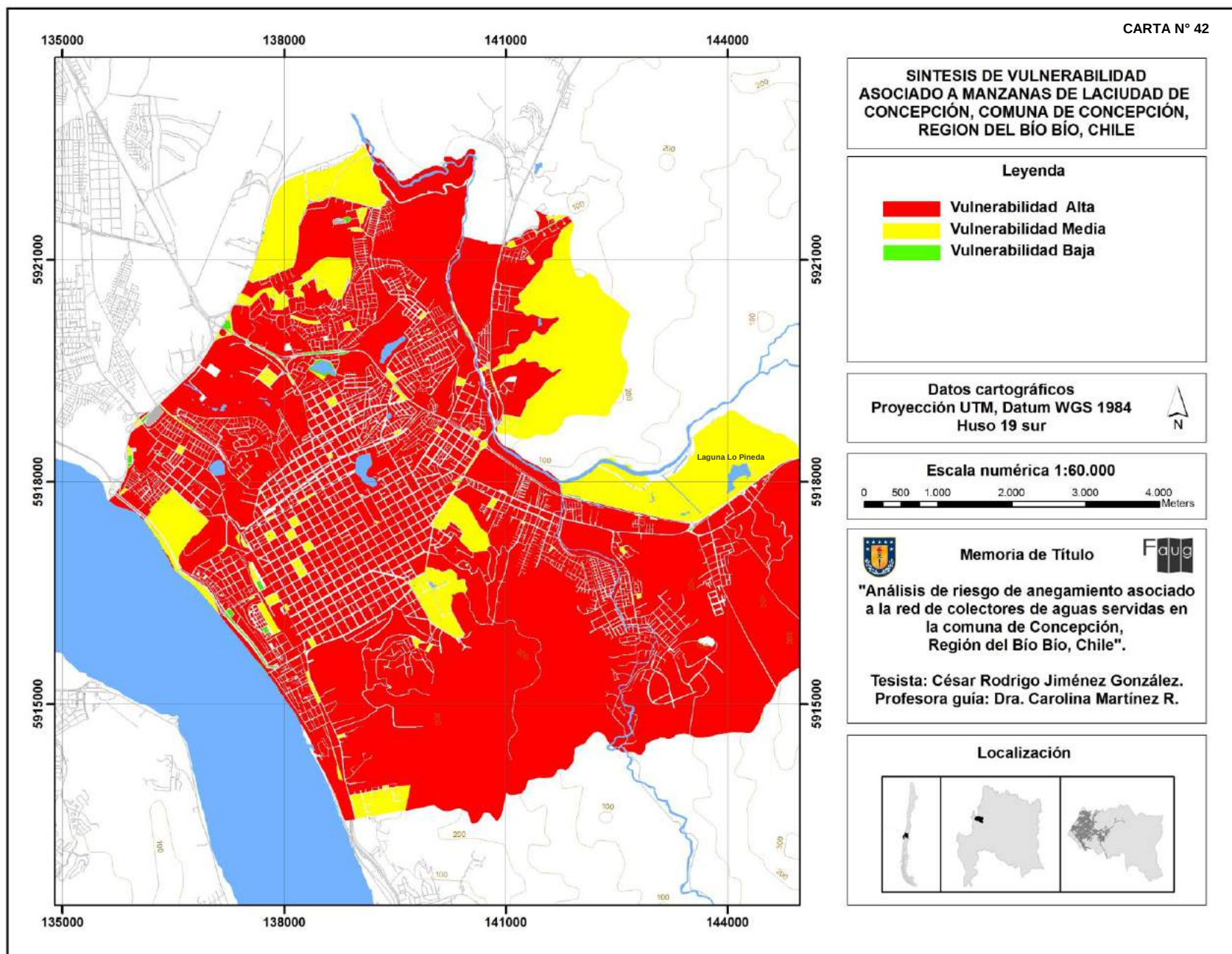
4.3.4 Síntesis de Vulnerabilidad total

De acuerdo a la combinación de los resultados de niveles de vulnerabilidad en expuestos anteriormente, los resultados de la síntesis de vulnerabilidad total son representados en la (Carta N° 42) Síntesis de vulnerabilidad total en la comuna de Concepción. En ella se conjugaron las síntesis de vulnerabilidad física, síntesis de vulnerabilidad socioeconómica y síntesis de vulnerabilidad de infraestructura sanitaria, representadas en las cartas anteriores. El resultado se expone de la siguiente forma.

Grado de Vulnerabilidad	N° de Manzanas	% de manzanas
Baja	69	3,48
Media	136	6,82
Alta	1.777	89,66
Total	1.982	100

Tabla N° 34: Síntesis de vulnerabilidad total asociado a manzanas censales en la comuna de Concepción.
Fuente: Elaboración propia con datos Redatam y datos Essbio S.A.

Se determinó que un total de 1.777 manzanas, presentó una vulnerabilidad alta, correspondiente a un 89,66%. Un total de 136 manzanas, presento una vulnerabilidad media, correspondiente a un 6,82%. Un total de 69 manzanas, presento una vulnerabilidad baja, correspondiente a un 3,38%.



Carta N° 42. Síntesis de vulnerabilidad total asociado a manzanas censales en la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con datos Essbio S.A.

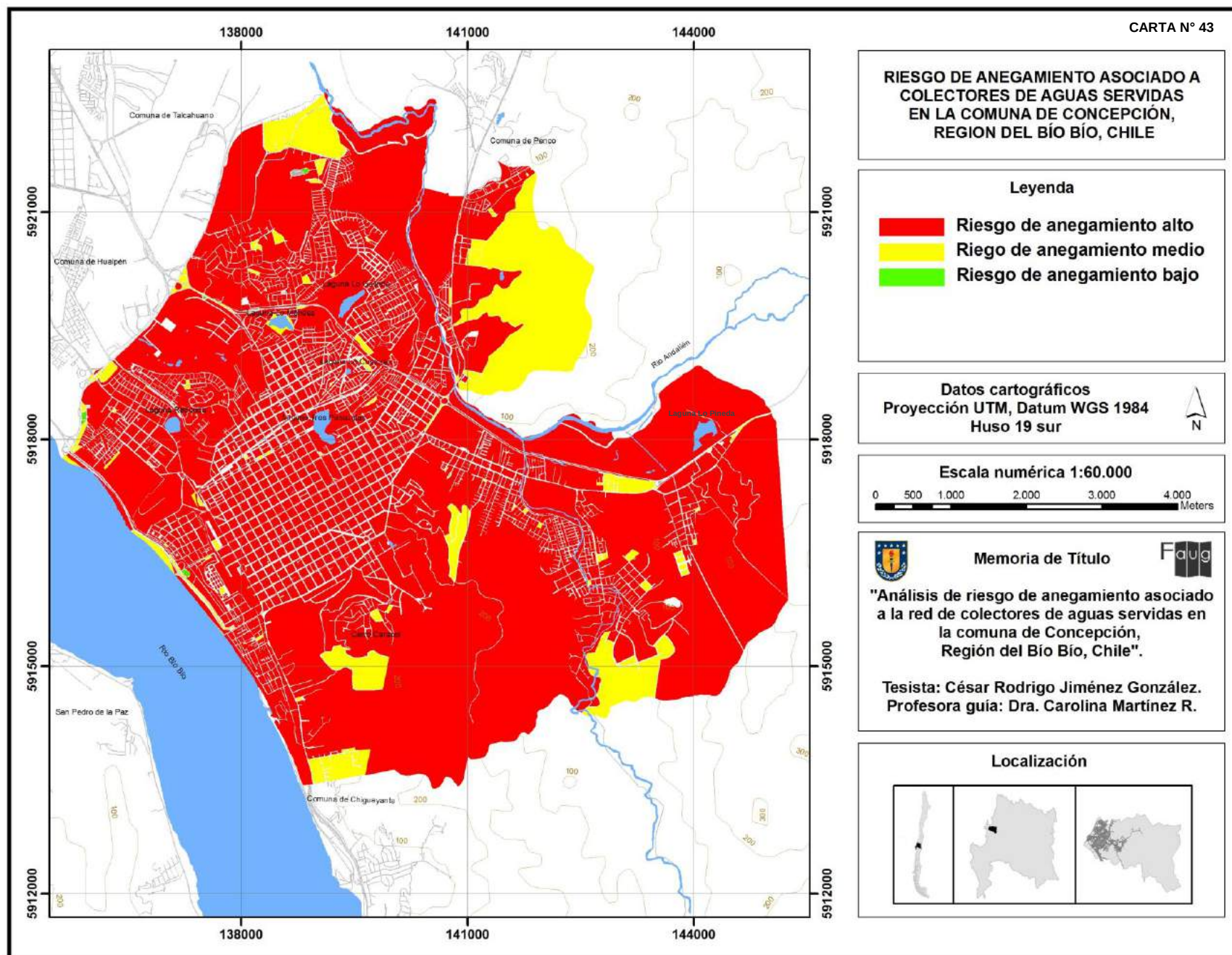
4.4. Riesgo de anegamiento asociado a colectores de aguas servidas en la comuna de Concepción”.

El resultado del riesgo de anegamiento asociado a colectores de aguas servidas en la comuna de Concepción se representó en la (Carta N°43) En ella se expresó la combinación de síntesis de recurrencia de eventos de anegamientos, síntesis de peligro asociado a eventos de anegamientos y síntesis de vulnerabilidad asociada a eventos de anegamiento, mixturando los resultados de las variables expuestas anteriormente, exponiendo los niveles de riesgo presentes en la comuna de Concepción. En síntesis el resultado se expone de la siguiente forma.

Grado de Riesgo	N° de manzanas	% de manzanas	Eventos 2012 - 2013	% de Eventos	Red AS	% Red AS	Clientes	% Clientes
Bajo	21	1,06	0	0	0	0	0	0
Medio	160	8,07	20	1,20	25.045	5	2.593	3
Alto	1801	90,87	1.649	98,80	464.719	95	78.451	97
Total	1.982	100	1.669	100	489.764	100	81.044	100

Tabla N° 35: Riesgo de anegamiento asociado a colectores de aguas servidas en la comuna de Concepción.
Fuente: Elaboración propia con datos Redatam y datos Essbio S.A.

El riesgo de anegamiento asociado a colectores de aguas servidas en la comuna de Concepción determinó que un total de 1.801 manzanas, presentó un riesgo alto, correspondiente a un 90,87%, a ellas está asociado un total de 1.649 discontinuidades correspondientes al periodo 2012 – 2013, que representaron un 98,8%. En cuanto a las redes de aguas servidas, el riesgo alto se relaciona con un total de 464.719 metros, correspondiente a un 95% de la infraestructura, abarcando a un total de 78.451 clientes que representan un 97%. Un total de 160 manzanas, presento un riesgo medio, correspondiente a un 8,07%; a ellas está asociado un total de 20 discontinuidades correspondientes al periodo 2012 – 2013, representando un 1,2%. En cuanto a las redes de aguas servidas, el riesgo alto se relaciona con un total de 25.045 metros, correspondiente a un 5% de la infraestructura, abarcando a un total de 2.593 clientes que representan un 3%. Un total de 21 manzanas, presento un riesgo bajo, correspondiente a un 1,06%; ellas no presentaron discontinuidades correspondientes al periodo 2012 – 2013, al no tener asociadas redes de alcantarillado ni clientes.



Carta N° 43 . Riesgo de anegamiento asociado a colectores de aguas servidad en la comuna de Concepción. Fuente: Elaboración propia con datos Essbio S.A.

La empresa Sanitaria Essbio S.A. ha realizado fuertes inversiones en reparaciones y reemplazos de colectores para dar solución a los problemas acaecidos en la red de alcantarillado de la comuna de Concepción, para evitar interferencias en la continuidad de servicio de recolección de aguas servidas. Sin embargo, las obras ejecutadas de intervención a las redes no obtuvieron los resultados esperados de disminución de eventos de discontinuidades y los efectos asociados a estas fallas, como son las emanaciones de olores y los rebases superficiales. Paradójicamente el impacto de la inversión en infraestructura de redes produjo un efecto negativo al registrarse un incremento en el número de discontinuidades asociadas a colectores de aguas servidas. Bajo ese escenario el año 2011 la empresa de servicios sanitarios del Bío Bío, Essbio S.A., se transformó en una de las empresas sanitarias con el peor indicador de desempeño en infraestructura de redes de aguas servidas, cuantificado en 2,79 discontinuidades por km de red (Figura 58), paulatinamente el indicador aumentó, llegando en el año 2013 a un total de 3,09 discontinuidades por kilómetro de red a nivel compañía.

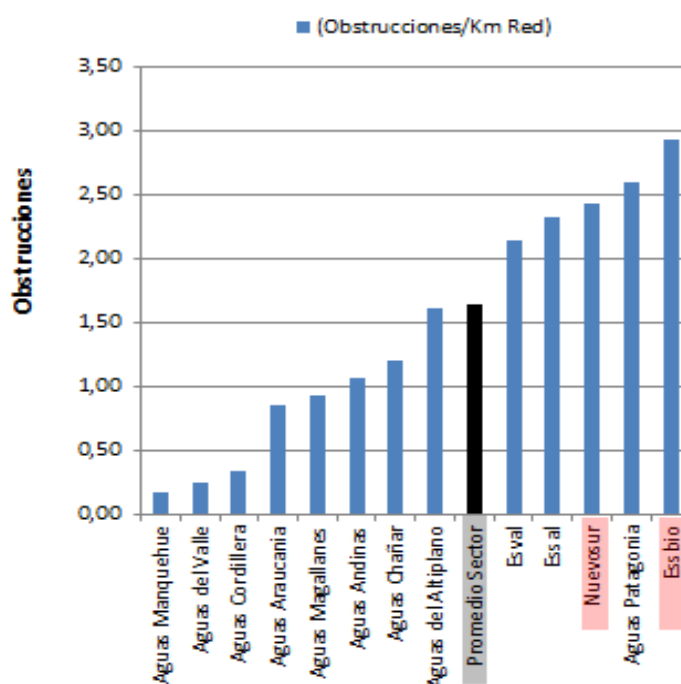


Figura 46. Indicador de obstrucción por km de red vs empresas sanitarias Fuente: Reporte Andess, 2011

De acuerdo a los indicadores anteriores, la comuna de Concepción durante el año 2012 obtuvo un total de 2,1 discontinuidades por kilómetro de red y para el año

2013 el indicador obtuvo una baja situándose en 1,77 discontinuidades por kilómetro de red. Baja en el indicador asociado a la disminución de discontinuidades en colectores de aguas servidas producto de la acción del Plan de Mantenimiento Preventivo de colectores, que enfrento la problemática de las subcuencas con mayor criticidad. Del número total de 142 subcuencas de aguas servidas de la ciudad de Concepción; el plan de mantenimiento preventivo intervino un total de 30 subcuencas, representando el 21% de la red de aguas servidas. El total de 30 subcuencas representó una longitud de red de 102.257 metros, equivalentes al 24,23% de la red, que exhibió un total de 639 discontinuidades para el año 2012 y 458 discontinuidades para el año 2013, correspondientes a un 71,3% y a un 60,5% respectivamente

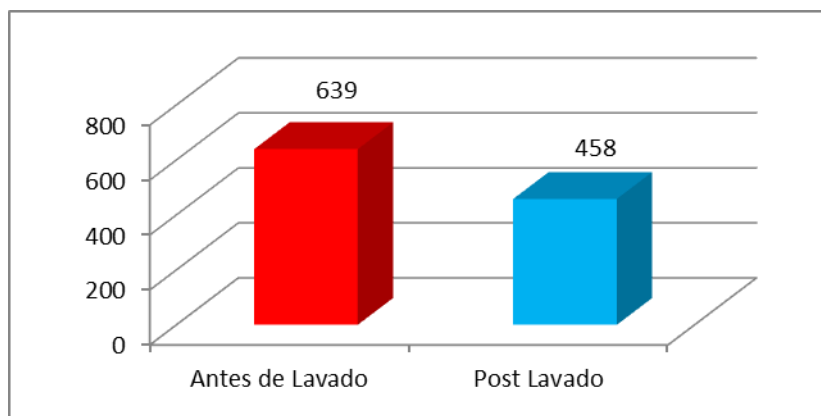


Figura 47. Disminución de discontinuidades en sectores intervenidos.
Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes, Essbio S.A.

De esta forma el indicador de obstrucción por kilómetro de red para la ciudad de concepción correspondió a un 2,12 para el año 2012 y de un 1,79 para el año 2013. Al realizar el mismo análisis a las 30 subcuencas abordadas se obtiene un indicador de 6,26 discontinuidades por kilómetro de red para el año 2012 y de 4,49 discontinuidades por kilómetro de red para el año 2013, evidenciando una baja de un 28% entre el año 2012 y 2013, la cual está asociada a los trabajos ejecutados por el plan de mantenimiento preventivo. Efectivamente la intervención en las redes logró una disminución en el número de discontinuidades, pero a pesar de ello estas zonas siguen en un estado de criticidad, el cual se relaciona con los resultados obtenidos del cruce de variables para obtener el riesgo de anegamiento asociado a colectores de aguas servidas.

Como un Plan estratégico que abordó la problemática expuesta, la sanitaria Essbio S.A. creó la Unidad de Mantenimiento Preventivo, perteneciente a la Subgerencia de Gestión de Redes, que implementó el proyecto de mantenimiento preventivo de colectores con el objetivo de realizar inversiones eficientes en la red; con ello redujo el gasto en mantención correctiva, redireccionó las tendencias de mejoras e inversión de infraestructura en la red de alcantarillado, precisando los lugares donde efectivamente se suscitaron los problemas, que trajo consigo una mejora en los indicadores de calidad de servicio en aguas servidas.

Se realizó el análisis de las discontinuidades en las redes aguas servidas para diagnosticar el estado de las redes de acuerdo a su criticidad. Para ello se identificó origen de las discontinuidades, mediante métodos como inspección televisiva y análisis causal. Junto a lo mencionado anteriormente, se implementaron soluciones efectivas, reparando o reemplazando redes de colectores, en el caso que efectivamente lo ameritó, mediante contratos de servicio limpieza hidráulica y mecánica, inspección televisiva, Reparaciones no invasivas y reemplazo de colectores. Así mismo, se logró planificar el trabajo para los próximos años, dando inicio en los sectores más críticos.

A nivel general las tuberías de alcantarillado presentaron una serie de problemáticas durante su periodo vida útil los cuales son descritos a continuación:

Obstrucciones: Generalmente se presentaron a consecuencia de desechos como grasas, trapos, plásticos, vidrios, arenas y piedras los cuales fueron transportados a través de la tubería hasta formar un cuerpo que obstruyó la circulación del agua.

Grasas: Zonas aledañas a mercados y restaurantes presentaron una mayor incidencia de obstrucciones debido a esta causante. Las grasas al ingresar a la red de alcantarillado se acumularon en las paredes del colector y endurecieron progresivamente formando capas que disminuyeron la sección del colector, formando puntos que obstruyeron las tuberías. Este tipo de problemas se presentó con mayor incidencia en tramos de baja pendiente y en tuberías rugosas como las de concreto. Desde el punto de vista de la innovación Essbio en conjunto con la UTFSM SC, desarrolló el Proyecto Biodiesel, cuyo objetivo fue producir biocombustible a partir del

Aceite Vegetal Residual de Fritura (AVRF), con el fin de utilizarlo en las camionetas de la compañía. Es así, como se instauró una planta piloto para la producción de Biodiesel, que contempla la utilización de un 2% de Biodiesel, de acuerdo al DS 11. Lo anterior tuvo un beneficio directo sobre las subcuencas que abarcan las zonas de recolección de AVRF, con ello se evitó que estos fuesen depositados y sedimentados en los colectores de aguas servidas, al mismo tiempo que mejoro la calidad de efluente de las PTAS, por disminuir el ingreso de aceite a las plantas.

Trapos, plástico y vidrios: Estos materiales se encontraron a menudo obstruyendo las tuberías y su incidencia fue mayor en aquellas zonas donde hacen mal uso del servicio de alcantarillado, es decir viviendas donde sus moradores arrojan todo tipo de desecho al WC o en la calle donde vierten la basura, que en muchos casos fue encontrada en las cámaras de inspección.

Raíces: Estas obstrucciones se presentaron con mayor ocurrencia en zonas donde las redes de alcantarillado están ubicadas cercanas a áreas verdes, parques u avenidas con árboles. Las raíces penetraron por las juntas y roturas de las tuberías llegando a causar obstrucciones complejas.

Arenas y piedras: Estos materiales penetraron a la red debido a calles con superficie de tierra, en las que existen cámaras de aguas servidas sin tapa. El ingreso de tierra en la red también fue producto de tramos de red colapsados o con. También se formó arena sedimento en tramos con muy poca pendiente debido a la descomposición que sufre la materia orgánica

Disminución de la capacidad hidráulica: Generalmente fue producto de la formación de una capa de sedimentos en la tubería dada en tramos de baja pendiente o en tramos de baja velocidad del flujo por un bajo caudal de aguas servidas.

Roturas: Las roturas y fallas que se presentaron en las redes de alcantarillado frecuentemente fueron el resultado de alguna de las siguientes causas:

Soporte inapropiado de la tubería: Se debió a tuberías de alcantarillado instaladas en una zanja de fondo rocoso, o con piedras en el fondo; cuya instalación defectuosa produjo la falla en la tubería por falta de uniformidad en la cama de apoyo.

Fallas debidas a cargas vivas: Ocurrió en tuberías instaladas con un inapropiado recubrimiento que provoca el colapso debido a la sobrecarga a la que está sometida, sobre todo si está ubicada en una zona de tráfico pesado.

Movimiento del suelo: Se presentó durante el terremoto del 27 de Febrero de 2010 lo que implicó la reconstrucción total del tramo fallado.

Daños causados por otras instituciones: Ocurrió cuando se realizaron Reparaciones de calles u otras empresas de servicio trabajaron en su infraestructura, trabajos que frecuentemente provocaron daños a las tuberías de alcantarillado.

Considerando los problemas anteriormente expuestos, cuando alguno de ellos se presentó en una tubería de alcantarillado existente, fue necesario proceder a recuperar el tramo de red dañado, para no provocar inundaciones, enfermedades o corte del servicio de alcantarillado, que hubiese desencadenado una problemática mayor. La edad de los alcantarillados sumada al incremento de la población fue un factor detonante, ya que muchas redes de alcantarillado actualmente en uso fueron diseñadas y construidas antes de establecer los estándares y criterios que actualmente son considerados como deseables, lo que produjo una reducción de su capacidad hidráulica, estructural y de su función de confiabilidad y continuidad.

Posterior a la limpieza y a las inspecciones televisivas, se realizó la etapa de Reparaciones. Para estos efectos se efectuaron trabajos con el menor impacto e interferencia hacia el cliente y la vía pública. Estos trabajos puntuales, corresponden a las llamadas Reparaciones Cipp, compuestas de un parche de resina epóxica que se introdujo al interior del colector hasta el punto de rotura o fisura, expandido mediante aire a presión para lograr la adherencia de este a las paredes del colector, que formo una película de poco espesor que permitió al colector volver a su normal operación en un lapso de una hora.



Figura 48. Reparación de colector fisurado, mediante método CIPP. Aplicación de resina epóxica
Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes, Essbio S.A.



Figura 49. Reparación de colector fisurado, mediante método CIPP. Preparación de parche.
Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes, Essbio S.A.



Figura 50. Reparación de colector, mediante método CIPP. Ingreso de parche a colector.
Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes, Essbio S.A.

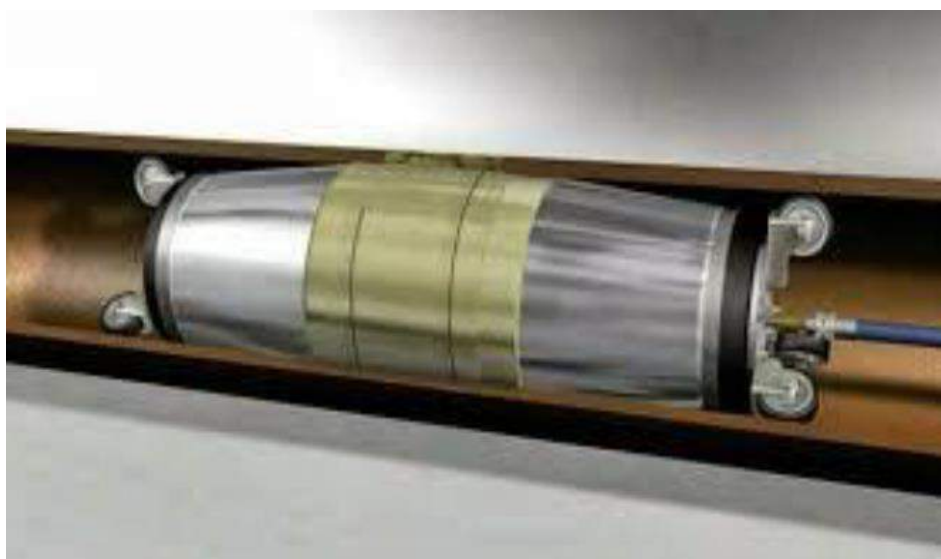


Figura 51. Reparación de colector, mediante método CIPP. Funcionamiento del proceso.
Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes, Essbio S.A.

Posterior a la limpieza, la inspección televisiva se utilizó para verificar el estado de los colectores de aguas servidas. Con ello se verificó que en muchas ocasiones las problemáticas que afectaron el correcto funcionamiento hidráulico, estuvieron dadas por la existencia de uniones domiciliarias penetrantes, lo que significó que la o las tuberías de descarga que van desde el domicilio al colector, se encontrasen dentro de este, causando obstrucción y el colapso. El problema se solucionó sin realizar intervenciones que

significase trabajos de excavaciones, para lo cual se introdujo al colector de aguas servidas una sierra de copa del mismo diámetro del colector, que cumplió la función de realizar un corte perfecto, con ello se eliminó la sección de la tubería de unión domiciliaria que generó los problemas de obstrucción.



Figura 52. Incrustación en colector de elemento desde unión domiciliaria.
Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes, Essbio S.A.



Figura 53. Incrustación en colector de unión domiciliaria penetrante.
Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes, Essbio S.A.

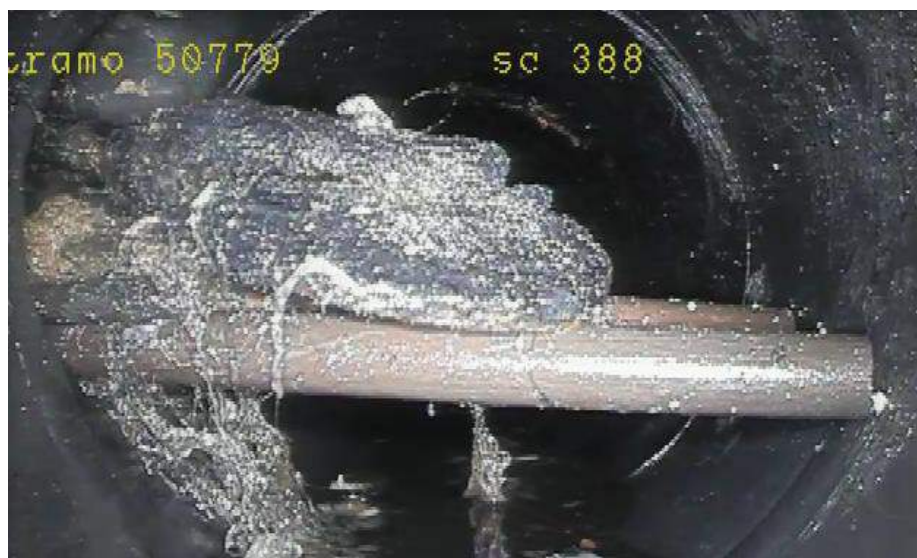


Figura 54. Incrustación en colector de elementos desde unión domiciliaria.
Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes, Essbio S.A.



Figura 55. Incrustación en colector de elemento desde unión domiciliaria.
Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes, Essbio S.A.

4.5 Hipótesis de trabajo

- 4.5.1 A mayor hacinamiento se espera que el número de discontinuidades aumente.
- 4.5.2. Mayor número de discontinuidades en sectores con napa freática superficial.
- 4.5.3. Existencia de un mayor número de discontinuidades donde la red está constituida por materiales en desuso que han superado la proyección de diseño.
- 4.5.4. Aumento de discontinuidades en sectores no considerados en la planificación del mantenimiento preventivo de redes.

Respecto al punto 4.5.1 A mayor hacinamiento se espera que el número de discontinuidades aumente. Al final del siglo XX casi la mitad de la humanidad vive en zonas urbanas. Desde mediados de esa centuria la población urbana ha crecido significativamente, sobre todo en los países en vías de desarrollo, debido tanto al crecimiento vegetativo como a la emigración campo-ciudad. Esto último se ha debido en parte a que las ciudades brindan por lo general mayores posibilidades de empleo, acceso a servicios básicos y mejora del nivel de vida. Sin embargo, el acelerado crecimiento de muchas ciudades ha dado lugar a que buena parte de su población sufra situaciones como la pobreza, el hacinamiento, la insalubridad y numerosos problemas sanitarios derivados de todo ello (J. Rapaport, 2006). El acceso al agua potable y al saneamiento adecuado son los recursos más importantes de la salud pública para prevenir las enfermedades infecciosas y proteger la salud de las personas, además de ser esenciales para el desarrollo (J. Rapaport, 2006).

Los graves problemas, entre otros sanitarios, que afectan a las ciudades de hoy ponen de relieve el hecho de que éstas son el centro del crecimiento demográfico más acelerado que se haya registrado en la historia de la humanidad. Aunque cada ciudad, independientemente del país o del continente, es un medio heterogéneo donde conviven diferentes clases sociales, los problemas sanitarios de las clases no privilegiadas son similares en las grandes ciudades del mundo en desarrollo (J. Rapaport, 2006).

La comuna de Concepción no es ajena a los crecimientos urbanos y expansión de las ciudades, incrementos que traen consigo problemáticas ambientales debido al hacinamiento, precariedad, dificultad de acceso a la vivienda, reducción de áreas verdes y

espacios públicos, manejo de residuos, la congestión vehicular, marginalidad urbana, contaminación e inundaciones. Atendiendo el crecimiento de esta, la comuna debe contar con la infraestructura necesaria para el acceso a los servicios básicos de todos sus habitantes. Esto trae consigo aumentos de clientes cuyos aportes a la red de alcantarillado pueden ocasionar que diversos sectores de la comuna operen a sus capacidades límite, motivo por el cual todo tipo de desvío en la operación normal será causante de problemáticas. Además a corto plazo será necesario realizar análisis de reemplazo de colectores y aumentos de capacidades en plantas elevadoras de aguas servidas que permitan soportar las nuevas demandas ya que estas pueden ver sobrepasadas sus capacidades de diseño originales. Sobre lo señalado anteriormente es de gran importancia una óptima operación de la infraestructura de servicios sanitarios, así como la infraestructura pública para poder afrontar el desafío del crecimiento de la población urbana.



Figura 56. Colapso en planta elevadora de aguas servidas.
Fuente: Departamento de redes, Essbio S.A.



Figura 57. Afloramiento de aguas servidas en vía pública.
Fuente: Departamento de redes, Essbio S.A.



Figura 58. Ingreso de aguas servidas a interior de vivienda en la comuna de Concepción.
Fuente: Unidad de mantenimiento preventivo, Essbio S.A.



Figura 59. Ingreso de aguas servidas a interior de vivienda en la comuna de Concepción.
Fuente: Unidad de mantenimiento preventivo, Essbio S.A.



Figura 60. Ingreso de aguas servidas a interior de vivienda en la comuna de Concepción.
Fuente: Unidad de mantenimiento preventivo, Essbio S.A.

Lo anterior valida la hipótesis sobre un aumento de discontinuidades al existir un mayor hacinamiento. Estas discontinuidades presentes en las redes de colectores de aguas servidas son producto de una tendencia a la utilización de cámaras de alcantarillado y WC como basureros, utilización que no es atribuible a niveles educacionales, ni a condición social, sino que son malas prácticas transversales adoptadas por toda clase de clientes de la sanitaria. Posiblemente estas discontinuidades puedan atribuirse a la diferencia en los tipos de urbanización con diferenciación en las clases sociales; las características de ellas serán opuestamente distintas y el acceso a ellas puede ser asociado al nivel educacional, y por ello tal vez a un nivel de ingresos más

altos que permite una libertad económica para acceder a zonas de mejores características de urbanización. El progreso y la expansión del proceso de urbanización limitan la disponibilidad de suelo urbanizable, produciendo un alza en los precios de la tierra y las viviendas en las áreas y localizaciones más demandadas. De este modo la segregación antes que ser un resultado de las preferencias y decisiones residenciales de los hogares constituye un fenómeno que se configura en relación a las restricciones que impone el mercado de tierra y vivienda, y también, las políticas públicas sectoriales (Flores, 2008).

En relación al punto 4.5.2 Mayor número de discontinuidades en sectores con napa freática superficial, esto se comprueba, debido a que la napa provoca un deterioro constante en los colectores de aguas servidas, así como provoca el ingreso de caudales no considerados en diseño, que fluyen aguas abajo y tienden a generar acumulación en colectores con obstrucción, embancamiento o provoca que estos trabajen en carga.



Figura 61. Infiltración en cámara de aguas servidas. Fuente: Unidad de infiltración, Essbio S.A.



Figura 62. Reparación de infiltración en cámara de aguas servidas. Fuente: Unidad de infiltración, Essbio S.A.

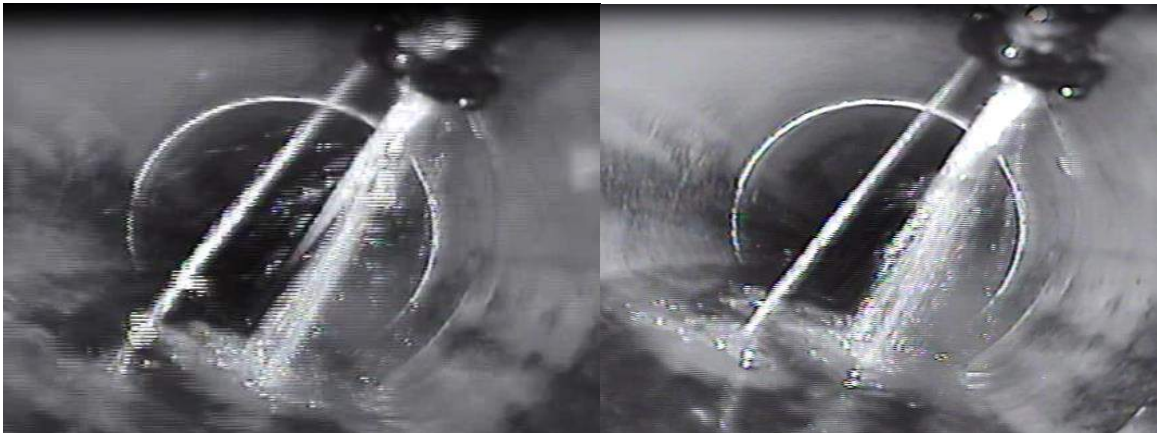


Figura 63. Infiltración en colector de aguas servidas.
Fuente: Unidad de mantenimiento preventivo, Essbio S.A.

Esto se debe al proceso de capilaridad ocasionado por las características de suelo fino existente en la comuna, que produce esfuerzos de tensión que generan compresión del suelo. Así mismo, se debe tener en cuenta también que el nivel de las aguas Freáticas (nivel Freático) varía con el tiempo, generando un proceso de carga y descarga de la presión hidrostática en la tubería, lo que podría generar colapsos en los colectores por fatiga de materiales.



Figura 64. Falla por fatiga de material en impulsión de aguas servidas.
Fuente: Departamento de redes, Essbio S.A.

En algunas ocasiones los procesos constructivos de instalación de redes de alcantarillado no se han ejecutado de forma correcta, realizado un mal drenaje e incorrecta compactación del suelo bajo la tubería, debido a esto se comienza a almacenar agua en esta zona, provocando una presión de aguas freáticas bajo el tubo, lo cual puede provocar la deformación de este. En periodos de heladas y bajas temperaturas el agua bajo una tubería tenderá a congelar, produciendo un cambio en el volumen del suelo, entrando una presión adicional que puede provocar colapsos a una tubería. Cuando se presentan expansiones por la humedad, la masa de suelo puede cambiar fácilmente de volumen, más si se trata de arcillas o limos, ya que estos suelos inducen a un cambio volumétrico al cambiar la humedad. En época de verano, el nivel freático está bajo, lo cual no genera presiones laterales por cambio volumétrico del suelo, en cambio si el nivel freático sube las presiones aumentarían provocando que el suelo se expanda por la acción de la humedad. Este cambio volumétrico, generará un ciclo de carga y descarga en el tubo, que al cabo de varios ciclos, puede ocasionar fallas por fatiga. El nivel freático es variable, encontrando que en verano, producto del aumento de temperatura, el nivel freático disminuye, por el proceso de evaporación. Así también encontramos que el nivel freático en temporada de lluvias, aumenta, llegando a niveles muy altos, es decir a muy poca profundidad, siendo un factor importante en la incidencia de presencia de eventos de discontinuidades.



Figura 65. Rotura por colapso de material en colector de aguas servidas.
Fuente: Departamento de redes, Essbio S.A.

En relación al punto 4.5.3. Existencia de un mayor número de discontinuidades donde la red está constituida por materiales en desuso que han superado la proyección de diseño. Se comprueba lo planteado en la hipótesis. Efectivamente los materiales como loza, y cemento comprimido tienen un mayor número de discontinuidades, estas están directamente relacionadas a los diámetros de estos colectores, así como a los daños producto del 27F. Actualmente se trabaja en el reemplazo de este tipo de material, y la tendencia es a la utilización de HDPE o PEAD (polietileno de alta densidad), cuyo propósito es evitar desprendimientos en las uniones evitando el ingreso de material a los colectores, así como para no contaminar las aguas subterráneas. El éxito del comportamiento a largo plazo de las tuberías de HDPE enterradas para transporte de soluciones está fuertemente asociado a que durante el proceso de instalación se cumplan las hipótesis y consideraciones de diseño, siendo las más relevantes: granulometría del material que embebe la tubería, de modo de lograr la adecuada captación de las soluciones y evitar la obstrucción de las perforaciones; un adecuado confinamiento de la tubería a objeto de disminuir las deflexiones, mantener la simetría de los rellenos que confinan las tuberías y evitar puntos duros que pudieran generar concentración de tensiones (superficie de terreno, sobretamaños, etc.) (León *et al*, 2010).

En relación al punto 4.5.4. Aumento de discontinuidades en sectores no considerados en la planificación del mantenimiento preventivo de redes. Se comprueba lo señalado en la hipótesis, ya que el plan realiza una limpieza total del colector desde aguas arriba con la utilización de camiones combinados, realizando un análisis posterior mediante la utilización de inspección televisiva que permite conocer el estado estructural de los colectores. Identificadas deficiencias en el colector se evalúan las mejores alternativas de solución, llevadas a cabo principalmente mediante tecnología CIPP (Tubería de curado in situ) consiste en la inserción de una manga al interior del colector, previamente impregnada de una resina epóxica que cuenta con las mismas dimensiones del colector a rehabilitar que permite obtener un nuevo tubo estructural de excelentes características mecánicas y de notable resistencia a los agentes químicos. Al contrario de lo que ocurre en los sectores que no han sido contemplados en el proceso de mantención de redes, los que presentan aumentos de discontinuidades en sus diversos tipos de problemáticas.



Figura 66. Limpieza de colector obstruido, mediante camion combinado.
Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes, Essbio S.A.

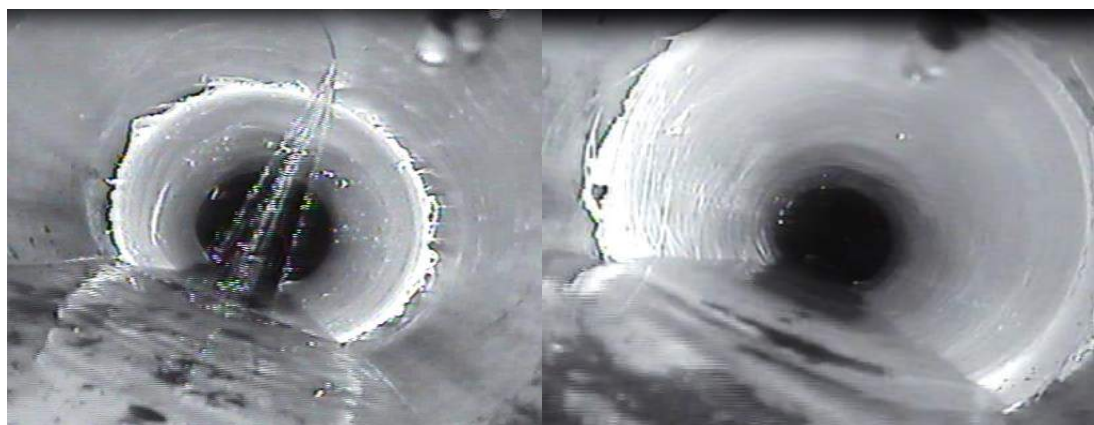


Figura 67. Reparación de colector fisurado, mediante método CIPP.
Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes, Essbio S.A.



Figura 68. Equipo de inspección robótica.
Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de redes, Essbio S.A.

CAPÍTULO V. DISCUSION

5.1 Discusión

El agua de lluvia desde que se precipita sobre la tierra sufre los procesos de filtración, acumulación subterránea, drenaje, retención, evaporación y consumo. La cubierta vegetal cumple entonces una función muy destacada al evitar el impacto directo de las gotas de agua sobre el terreno, impidiendo su erosión, al mismo tiempo que permite una mayor infiltración y dificulta el avance del agua hacia los ríos, prolongando en éstos su tiempo de concentración. Además colabora en la disminución del transporte de residuos sólidos que posteriormente afectan a los cauces. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, 2005.

En los últimos cien años las soluciones técnicas a los problemas de aguas lluvias urbanas han evolucionado dramáticamente. A principios del siglo XX no se hacía distinción entre las aguas lluvia y las aguas servidas, de manera que la solución consistía en desprenderse de ellas rápidamente, capturándolas y evacuándolas hacia aguas abajo. En muchos casos se desarrollaron soluciones combinadas, mezclando las aguas lluvia y las servidas en el mismo sistema de evacuación. Este enfoque alentó las soluciones basadas en colectores enterrados que permiten el aprovechamiento de la superficie del terreno para otros fines. Este enfoque, orientado a combatir los síntomas y no las causas, fracasó con el crecimiento de las ciudades, generando grandes problemas aguas abajo de ellas, con muchas soluciones obsoletas e incapaces de hacerse cargo del crecimiento urbano, ni de la contaminación de las aguas lluvia y dificultando el tratamiento de las aguas servidas (Fernandez et al., 2004).

Entre los problemas que genera la urbanización en relación a las aguas lluvias se destacan el incremento del volumen de escorrentía y el aumento de los caudales máximos a evacuar debido a la impermeabilización del suelo. La solución tradicional basada exclusivamente en redes de colectores de aguas lluvias incrementa ambos fenómenos. En casos en que las áreas urbanas se expanden hacia aguas arriba de los sectores que ya cuentan con un sistema de drenaje, estos van quedando obsoletos o son incapaces de operar con los mayores caudales que se generan en las nuevas zonas impermeabilizadas por la expansión de la urbanización.

El crecimiento urbano en la comuna de Concepción ha generado un cambio en el uso del suelo que se traduce en un impacto significativo en el ciclo hidrológico y el agua. Las crecidas aumentan en severidad y frecuencia y se impactan los cauces receptores de disposición final del sistema de drenaje de la ciudad. También los cauces y ríos en sus tramos urbanos se han visto reducidos en sus planicies de inundación, en oposición a las nuevas demandas provenientes del aumento de las crecidas debido al nuevo uso de suelo. La ciudad es drenada por tres cauces mayores: el río Bío Bío, el río Andalién y el Estero Nonguén, afluente al anterior. Estos son, junto con cinco lagunas naturales, los sistemas receptores de una serie de sistemas de colectores de aguas lluvias separados del sistema de alcantarillado domiciliario. Colaboran también al drenaje el entramado de calles y algunos canales. El relieve tiene bastantes variaciones de pendientes, comprendiendo diversas serranías propias de la Cordillera de la Costa y varios cerros aislados, y algunas quebradillas menores que los drenan junto con arrastrar los materiales erosionados en las laderas. En específico, las zonas más propensas a inundaciones se encuentran en los sectores bajos y ribereños tanto del río Biobío como del río Andalién, en donde se ven afectados los barrios Los Lirios, Chillancito y Camino a Penco, entre otros. Se observan principalmente problemas de drenaje como anegamientos en calles y esquinas; escurrimiento peligrosos en las calles y acumulación de piedras y barro en las calles; y el ingreso de agua a las viviendas desde las calles. Estos problemas están asociados a impactos típicos de las urbanizaciones debido al aumento de volumen e incremento de las crecidas, y asociados a erosiones localizadas en laderas de cerros y sitios desprotegidos debido tanto a las precipitaciones como a los escurrimientos superficiales. Por su parte, el anegamiento de calles y viviendas tiene habitualmente su origen debido a la urbanización de zonas correspondientes a planicies de inundación o zonas bajas, o también debido a la magnitud del problema que genera un aumento de cota del nivel de agua en la calle por sobre la cota de ingreso a las casas. En efecto, estos problemas de entrada de aguas a casas se observan principalmente en torno al Bío Bío debido a la influencia de este río sobre los colectores que desaguan a él, o bien cerca de las lagunas o asociados a problemas de anegamientos de calles (Plan de obras públicas para el gran Concepción, Mop, 2005).

Cada vez que llueve de forma intensa en algunas zonas urbanas del país, se provocan inundaciones y muchas familias son afectadas por el anegamiento de las redes de alcantarillado que deben recibir la presión de aguas para las que no están diseñadas. Dos de los principales factores por los que se origina este escenario es, en primer término, el crecimiento inorgánico de los centros poblacionales que extienden su capacidad territorial sin una debida planificación, alterando las vías naturales de drenaje y no incorporando el equipamiento para manejar las aguas lluvia; y en segundo lugar, la falta de limpieza y mantención de los sumideros, dado que en la mayoría de los casos las municipalidades no cuentan con el presupuesto suficiente para ello. A lo anterior, se suma el vacío legal en que se encuentra el tema de las aguas lluvias, debido a que no es responsabilidad de las empresas sanitarias resolver el déficit de infraestructura que presenta el país en este ámbito, tema relativamente complejo debido a que implica aspectos como el comportamiento de las precipitaciones, caudales involucrados, capacidad de las obras y el costo de inversión asociado a las mismas. Frente a esta realidad, es importante contar con una solución definitiva que solucione dicha problemática, lo que necesariamente pasa por la fijación de políticas públicas, el diseño de un marco regulatorio y la construcción de infraestructura para alcanzar definiciones de largo plazo, orientadas al diseño de planes integrales que terminen con las inundaciones. La tendencia mundial actual considera las aguas lluvia como un recurso urbano, enfoque que pretende enfrentar las causas más que los síntomas, buscando minimizar las externalidades negativas del proceso de urbanización y aplicando técnicas eficientes de gestión de aguas lluvia, como las utilizadas en Francia y Estados Unidos. De hecho, en la actualidad todas las soluciones colocan el énfasis en lo que se denomina “urbanizaciones de bajo impacto” para el diseño de las ciudades, que además contribuyen al cuidado del medioambiente. Los distintos actores involucrados (autoridades gubernamentales, organismos públicos y sector privado) deben tomar conciencia de la relevancia que tiene para el desarrollo del país la correcta planificación de las ciudades y la inversión en sistemas de drenaje, en virtud del retorno social que involucra (Pickering G., 2010).

En las zonas urbanas se busca la evacuación de las aguas lluvias mediante redes de colectores hasta disponerlas en el cauce más cercano para evitar los excesos y acumulación de esta. Pero estas prácticas o diseños de soluciones impactan en el sistema natural de drenaje aguas abajo, específicamente en los puntos de descarga, esto debido al incremento de riesgo de inundación y aumento erosión y sedimentación en los

cauces. La obstrucción de cauces naturales o artificiales debido a la acumulación de todo tipo de elementos y sedimentos, también es causante de desbordamientos que en ocasiones suelen retener los elementos flotantes obstaculizando el paso del agua y agravando el problema. Las inundaciones generan incontables daños para la vida de las personas, sus bienes e infraestructuras, pero además causan graves daños sobre el medioambiente y el suelo de las terrazas de los ríos, causando erosión y sedimentación de las fuentes de agua.

Todos estos factores son claramente observables y por consiguiente se pueden prever, aunque no son tan fáciles de controlar. La ocupación de las llanuras de inundación por parte del ser humano en su continuo intento de beneficiarse del máximo aprovechamiento de los recursos naturales y establecerse cerca de ellos ha sido determinante y colabora en el aumento de la gravedad del peligro. En los ámbitos de planificación del desarrollo urbano y planificación del uso de la tierra es importante saber cuáles son las áreas susceptibles a ser afectadas por inundaciones. Además, resulta de utilidad diferenciar las áreas de inundación en función del nivel de amenaza existente. Usualmente la información de las áreas inundadas y de los niveles de amenaza se representa en forma de mapas. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, 2005.

En las inundaciones hay un proceso físico por el cual la tierra se destruye por la capacidad erosiva de las corrientes y se vuelve a acumular en las áreas donde el barro se deposita cuando las aguas cargadas de sedimentos disminuyen. Los ríos inundados están fluyendo por definición más allá de sus riveras usuales. Su ruta a través de la naturaleza, si no es obligada por las construcciones humanas, será a través de nuevas rutas ofrecidas por la tierra más baja. Los ríos cavan nuevos canales de esta manera, a veces a kilómetros de su curso previo (Blaikie *et al.*, 1996).

Al urbanizarse una cuenca aumentan la frecuencia y la magnitud de los caudales de crecidas, como resultado de la mayor proporción de áreas impermeables y también debido a la modificación del patrón de drenaje, el que es reemplazado por una serie de elementos que evacúan el agua caída con mayor rapidez, como cunetas y colectores (Leopold, 1960). En el caso de la red de colectores de aguas lluvias de Concepción, los resultados del diagnóstico indicaron que para la situación actual, un gran porcentaje de los sistemas colectores no posee capacidad suficiente para lluvias de dos años de periodo

de retorno evaluadas. Esta situación se hace lógicamente más crítica a futuro y para períodos de retorno mayores, incrementándose el número de colectores con capacidad insuficiente, en tramos cada vez mayores. Se observa además funcionamiento en presión prácticamente en todos los colectores. Con respecto al río Bío Bío, sus crecidas provocan ahogamientos en la boca de salida de todas las descargas de aguas lluvias a este río, con la consecuente influencia en las condiciones de escurrimiento del colector respectivo hacia aguas arriba, produciéndose así reflujos y funcionamientos en presión, e impactos serios en la población debido a que incluso las viviendas son afectadas por el ingreso de las aguas. En el caso del río Andalién, las alturas de aguas máximas por crecidas, provocan ahogamientos del flujo en diversas descargas de aguas lluvias al río, con la consecuente influencia en las condiciones de escurrimiento del colector o canal respectivo. Esta situación es particularmente crítica en el sector de la descarga del canal Pocitas. En relación a la capacidad hidráulica del río, la situación puede resumirse como sigue: en un tramo de 3 km aguas arriba de su confluencia con el estero Nonguén, el río se desborda hasta alcanzar la carretera General Bonilla, para crecidas de con un periodo de retorno de 2 años; en un tramo de 4 km aguas abajo del estero Nonguén. (Plan de obras publicas para el gran Concepción, Mop, 2005).

La mayoría de las zonas de nuevo desarrollo de las ciudades siguen siendo impermeables y su red de drenaje se conecta al colector más cercano, sumando volúmenes de agua una y otra vez hasta llegar a sobrepasar las capacidades de colectores generales, tanques de tormenta y depuradoras existentes (Aguado, 1995). Así, a pesar de las importantes inversiones para mejorar los sistemas de drenaje urbano, los problemas relacionados con la cantidad de esorrentía superficial siguen produciendo importantes pérdidas económicas e incluso pérdidas humanas (Marsalek y Chocat, 2002).

La erosión de las áreas tributarias correspondientes a subcuencas naturales en las zonas de cerros del área del estudio, producen un aumento en el arrastre de sedimentos a los cauces de las quebradas respectivas, lo que puede inducir al embanque de los mismos y eventualmente de los colectores de aguas lluvias relacionados a estas áreas tributarias. (PM Aguas Lluvias Concepción, 2001).

La intensidad de los procesos erosivos depende básicamente de la intensidad de las precipitaciones, del régimen pluviométrico, de las características topográficas y de los

suelos de la cuenca, de la cobertura vegetal de los suelos y del uso de la tierra. En este último sentido, la acción antrópica es muy relevante, y en el área de estudio de la ciudad de Concepción, ello tiene una importante relación con los procesos de urbanización en áreas de cerros y con las actividades de forestación y deforestación (PM Aguas Lluvias Concepción, 2001).}

Las actividades de forestación y deforestación, y los desarrollos de loteos y urbanizaciones, inducen también variaciones en la respuesta hidrológica de las cuencas, al afectar los procesos de infiltración y retención superficial. Estos aspectos se han tenido en cuenta en las etapas pertinentes de este estudio, cuando se evaluaron los coeficientes de escorrentía en situación actual y futura, que inciden en la cuantificación de los caudales de aguas lluvias que deben controlarse (PM Aguas Lluvias Concepción, 2001).

Otro de los factores que incide significativamente en los procesos de erosión y deforestación en las subcuencas naturales correspondientes a los cerros contenidos en el área del estudio, son los incendios forestales, los que ocurren especialmente en verano y por causas antrópicas. En efecto, a consecuencia de los incendios forestales, los suelos respectivos quedan en una situación especialmente propicia para privilegiar los flujos superficiales ocasionados por las siguientes lluvias otoñales e invernales y con una capa superficial disgregada e inestable que también favorece su rápida erosión ante dichas lluvias. Los deslizamientos de tierra es otra de las anomalías que afecta al sector en estudio, especialmente en el sector de Pedro de Valdivia - Lonco. La VIII región ocupa uno de los primeros lugares en este tipo de fenómeno y donde la lluvia y el tipo y condiciones del suelo es el principal factor desencadenante, el que se acentúa especialmente cuando los suelos han sido mal manejados o bien despojados de la cubierta vegetal. Debe señalarse que toda la zona ubicada a pié de monte y las laderas de los cerros del área del estudio, son potenciales áreas de riesgo, en relación a los aspectos de incendios forestales, procesos erosivos y procesos de remoción en masa. Específicamente, estos aspectos son especialmente relevantes en los sectores poblacionales actuales de: Pedro de Valdivia; Agüita de la Perdiz y Barrio Universitario; Collao, Nonguén y Palomares. A mediano y largo plazo, de acuerdo a la evolución de las futuras urbanizaciones, estos aspectos de riesgo potencial, podrán tener relevancia en las áreas de Andalién Norte y en los cerros colindantes a la Autopista a Penco, podrán tener

relevancia en las áreas de Andalién Norte y en los cerros colindantes a la Autopista a Penco (PM Aguas lluvias Concepción, 2001).

La existencia de cerros provoca que los sedimentos se acumulen en las zonas bajas, acarreando sedimentos. Los problemas asociados a lluvias y las dificultades relacionadas a plantas elevadoras de aguas servidas impiden un óptimo proceso de limpieza que no permite realizar los cierres de los correspondientes procesos provocando una reducción en los rendimientos de los equipos de limpieza. Las diversas condicionantes provocadas por periodos de lluvias generan el inevitable ingreso de las aguas, sedimentos y materiales arrastrados en las zonas de acumulación que ingresan a la red de alcantarillado de la ciudad, causando una sobrecarga en la red, plantas elevadoras y planta de tratamiento de aguas servidas. Este ingreso de caudales ajenos a las aguas servidas que recorren normalmente la red, aumentan las probabilidades de estrés de la infraestructura sanitaria de la ciudad de Concepción, elevando los números de discontinuidades en los colectores. Para ingenieros sanitarios expertos, el estado y la antigüedad las redes constituyen una amenaza para la ciudad, la obsolescencia de las tuberías de alcantarillado puede representar riesgos de hundimientos, en particular, por la falta de un diagnóstico detallado del estado de las tuberías; si no hay un diagnóstico no es posible identificar los tramos que pueden representar una amenaza; toda tubería tiene una vida útil, después de la cual hay que hacer rehabilitación, este conocimiento real del estado de la red es de suma importancia para determinar la capacidad de la red de alcantarillado para asumir la mayor cantidad de aguas residuales que generara el crecimiento de la ciudad, considerando que en diversas zonas la red de alcantarillado se construyó para casas y cada año aparecen nuevos edificios. La ciudad está preparada para recibir una gran cantidad de clientes a la matriz de agua potable en los próximos años, pero estará preparada para recibir la cantidad de aguas servidas que ingresaran a la red de alcantarillado. Tomando estas consideraciones la planificación de limpieza identifica los tramos donde haya amenaza de colapso o de obstrucción de la red, dependiendo de la edad de la tubería y el tipo de suelo donde está, asimismo se intervino el casco antiguo de la ciudad para obtener un conocimiento real del estado de la infraestructura sanitaria.

Por ello un plan de mantenimiento de colectores como se ha comenzó a realizar en la ciudad es totalmente necesario para todas las redes de aguas servidas, de esta

forma se pueden evitar inundaciones provocadas por falta de mantenimiento de los colectores de aguas servidas, al mismo tiempo evitar que las aguas servidas afloren en viviendas o la vía pública. Por ello se enfocaron los esfuerzos a las zonas que presenten un mayor riesgo, para asegurar un pleno funcionamiento de la red.

CAPITULO VI CONCLUSIONES

6.1 Conclusiones

El presente trabajo entrega una metodología que identifica las diferentes condiciones naturales sobre las cuales se ha emplazado la ciudad de Concepción, así como al mismo tiempo evidencia las vulnerabilidades de su emplazamiento y la pérdida de los espacios naturales que han mermado su existencia a través del paso del tiempo, acompañado del desarrollo urbano gestado en las últimas décadas, situación que evidencia la impermeabilización de los suelos que conlleva a la inevitable propensión a los anegamientos asociados a las características climáticas particulares de la zona en estudio. A estos condicionantes ya mencionados anteriormente, se agrega la infraestructura de servicios de la ciudad, refiriéndose puntualmente a la infraestructura de servicios sanitarios, específicamente a la red de colectores de aguas servidas. Es así, como la conjunción de los factores ya mencionados traducen estas variables en un potencial riesgo ambiental. Bajo la ciudad existe todo un mundo de trazados y líneas de tuberías que conectan e intersectan desde los diversos puntos de la comuna, transportando y comunicando hasta los puntos exutorios de disposición.

La recurrencia histórica coincide con la percepción de los clientes-habitantes al tratarse de eventos frecuentes. Siendo causantes de la exposición a afloramientos de aguas servidas de gran parte de la población, con los cuales un número importante sufre alguna consecuencia asociada al evento de falla. El cómo las personas se adaptan a este mal funcionamiento de la red aguas servidas deja una línea abierta a futuras investigaciones sobre la percepción social del riesgo ambiental y la forma de ocupación del territorio y crecimiento urbano. Así como a la incorporación de nuevas tecnologías para enfrentar las problemáticas, de carácter no invasivas que no generen impacto visual ni interferencias en la ciudad, ni en el diario vivir de sus habitantes.

Debido a la configuración geográfica de las localidades cubiertas por la empresa de servicios sanitarios del Bío Bío, las mayores concentraciones de fallas se suscitan en la región de Bío Bío, siendo la comuna de Concepción una de las diez localidades con mayor cantidad de discontinuidades. Por este motivo, la incorporación de un real plan de mantenimiento preventivo de redes de alcantarillado que enfrente la causa raíz de los

eventos de discontinuidades y que a su vez incorpore tecnología no invasiva, paso de ser un proyecto de innovación a una parte inamovible de la gestión estratégica de la compañía, siendo pioneros en el país en la incorporación y utilización de este tipo de soluciones en la gestión de redes de alcantarillado, el que es considerado como un proceso que llegó para quedarse, potenciado por los profesionales que desarrollan los planes de acción para la disminución de eventos y puntualizan la inversión.

Para la optimización y real funcionamiento de un plan de mantenimiento preventivo de colectores de aguas servidas se requiere el compromiso de diversas áreas de la compañía tales como zonales, unidad de mantenimiento preventivo de redes y el departamento SIG; así como el área de marketing y RSE para llegar la población con campañas de diverso tipo que fortalezcan el trabajo realizado en las redes. Al analizar la situación actual desataca el trabajo que la unidad de mantenimiento preventivo de colectores realiza en la compañía, siendo un proceso imposible de no realizar, cuyos resultados han demostrado la importancia de su aplicación a nivel compañía como a nivel de satisfacción de los clientes. Los procesos de limpieza de colectores están siendo llevados a cabo en toda la distribución geográfica que abarca la compañía sanitaria, 122 localidades repartidas entre la región de O'Higgins, Maule y Bío Bío. El cual es un modelo a imitar por otras sanitarias. El exponer el caso de la comuna de Concepción en el presente trabajo está dado por ser una de las grandes urbes del país que en términos de calidad de servicio está contenida dentro de un grupo de 8 localidades con los índices más altos a nivel compañía, que abarcan el 41% de las discontinuidades; este grupo de 8 localidades está compuesto por Talcahuano, Concepción, Coronel, Lota, Chiguayante, San Pedro, Tome, Penco. Sin lugar a duda, las mejoras obtenidas en la red de colectores mediante los procesos de limpieza y rehabilitación encaminan a la sanitaria a convertirse en la compañía líder del sector, con estándares de empresa a nivel mundial. Si bien el resultado del presente estudio muestra a la comuna de Concepción con un alto porcentaje de riesgo asociado a colectores de aguas servidas, este valor decrecerá con el paso del tiempo producto de la incorporación de nuevas zonas de limpieza de limpieza hasta lograr cubrir la totalidad de la ciudad. Así mismo los efectos de los trabajos de limpieza, y reparación y reemplazos de colectores son perceptibles año siguiente finalizado el plan de mantenimiento, por lo cual los efectos de mejora en la comuna son percibidos en el año 2014. Claramente los efectos del plan de mantenimiento no han sido perceptibles al generar un análisis global de la comuna de Concepción, esto se debe a que las

tendencias al alza de discontinuidades en los sectores que han sido intervenidos, anulan las mejoras y la tendencia a la baja en discontinuidades de las zonas contenidas en el plan de limpieza del año 2013, pero al realizar el seguimiento puntual sobre los sectores abordados la reducción de eventos de falla, afloramientos superficiales y emanación de olores es francamente notorio.

A corto plazo se espera que el plan de mantenimiento preventivo incorpore en su planificación el monitoreo y seguimiento al funcionamiento y comportamiento de las diversas plantas elevadoras de aguas servidas existentes en la comuna, comenzando por un catastro del estado del arte, que permita generar una línea base sobre el estado de este tipo de infraestructura, así como dar solución mediante proyectos especiales (formato emergencia) a todo tramo de red de aguas servidas que enfrente a una planta elevadora y que este en una condición de criticidad, lo que mejorara la operación de la planta sumado a la construcción de cámaras desarenadoras que evitaran el ingreso de sedimentos. A futuro se espera que la comuna de Concepción al ser una de las ciudades más grandes e importantes de Chile, cuente con una modelación de infraestructura sanitaria, consistente en analizar el estado actual de la localidad, desde el cual se administre la infraestructura de redes y plantas elevadoras, para realizar diseños y proyecciones con la adecuada capacidad del sistema y sectores de tributación, con ello será posible indicar las ubicaciones necesarias para incorporar y/o modificar con exactitud las conducciones de aguas servidas junto con analizar las mejores soluciones técnicas y económicas para la implementación de cada uno de ellos. De la misma forma se podrán definir las especificaciones y dimensiones de los trabajos a realizar. Sumado a lo anterior los análisis deben conjugarse con el crecimiento de la ciudad y la forma en que se espera que esta crezca. Pero más que esperar que la ciudad crezca de forma vegetativa, sería de importancia al desarrollo de ésta, la aprobación de proyectos sustentables que transformen la urbe, en la cual se prevean las problemáticas expuestas en el presente trabajo, que implique un desarrollo tecnológico por parte de urbanizadores, inmobiliarias y la empresa de servicios sanitarios, y por qué no, transformar a la comuna de Concepción en una Smart city.

Anexo A: Definiciones técnicas

A continuación una breve definición de la terminología utilizada, éstas se refieren a la terminología utilizada en los procesos, infraestructura y tecnología utilizada de la compañía.

Aguas Servidas: Aguas residuales procedentes de vertidos cloacales, de instalaciones de saneamiento; son líquidos con materia orgánica, fecal y orina, que circulan por el alcantarillado. Una mezcla que contiene 99,9% de agua y un 0,1% de sólidos y está constituida por materia orgánica (suspendida y disuelta), nutrientes, compuesto químicos y microorganismos.

Colector de aguas servidas: son tuberías principales de mayor diámetro y que tienen como función transportar el agua servida desde las tuberías secundarias hasta los puntos de disposición.

Continuidad del Servicio: Indicador de calidad del servicio prestado, que evalúa la satisfacción del cliente.

Daño visible: daños que presentan todos aquellos bienes del activo fijo que se encuentran sobre la superficie terrestre y que son de fácil acceso e identificación.

Daño No visible: daños de todos aquellos bienes del activo fijo que se encuentran bajo la superficie terrestre y que son de difícil acceso e identificación, afectando las redes de agua potable y aguas servidas.

Infraestructura Sanitaria: Instalaciones, obras y construcciones que directa o indirectamente sean necesarias para emplazar, reemplazar, reparar y mantener los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y de Alcantarillado de Aguas Servidas.

Infiltraciones: Es agua precipitada sobre la superficie de la Tierra o aguas de napas subterráneas que penetran hacia el interior de las cañerías de aguas servidas.

Instalación domiciliaria de alcantarillado de aguas servidas: Las obras necesarias para evacuar las aguas servidas domésticas del inmueble, desde los artefactos hasta la última cámara domiciliaria, inclusive, o hasta los sistemas propios de disposición.

Planta de Tratamiento de Aguas Servidas – PTAS: Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales provenientes de viviendas e industrias.

Red de Recolección de Aguas Servidas: Conducción de dichas aguas desde el inmueble del usuario, hasta la entrega para su disposición.

Sistema de Alcantarillado de Aguas Servidas: Conjunto de instalaciones, infraestructura, maquinarias y equipos utilizados para la recolección, conducción, tratamiento y disposición final de las aguas residuales. Existen dos tipos de alcantarillado:

- Sistema separado: un alcantarillado de aguas residuales y otro de aguas lluvia, que recolectan en forma independiente dichas aguas en un mismo sector.
- Sistema combinado: constituido por una red de tuberías que recoge y conduce las aguas residuales y las aguas lluvia conjuntamente.

Sistema de Recolección de Aguas Servidas: Parte del Sistema de Alcantarillado de Aguas Servidas que comprende las redes de recolección y conducción y elevación de dichas aguas. Los sistemas de recolección de aguas servidas deberán cumplir con la norma chilena NCh 1105 "Alcantarillado de Aguas Residuales - Cálculo y Diseño de redes".

Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas: Conjunto de operaciones y procesos secuenciales físicos, químicos, biológicos, o combinación de ellos, natural o artificial, posible de controlar que se desarrollan en instalaciones diseñadas y construidas de acuerdo a criterios técnicos específicos para este tipo de obras, y cuyo propósito es reducir la carga contaminante de las aguas residuales para adecuarlas a las exigencias de descarga al cuerpo receptor.

Tratamiento de Aguas Residuales (o Servidas): Procedimiento para reducir a un nivel aceptable la presencia de elementos contaminantes en las aguas residuales antes

de su descarga o vertimiento en las fuentes o cuerpos receptores o para su reuso en la agricultura, sin peligro de contaminación.

Unión domiciliaria de alcantarillado: El tramo de la red pública de recolección comprendido desde su punto de empalme a la tubería de recolección, hasta la última cámara de inspección domiciliaria exclusiva.

BIBLIOGRAFÍA

Abraham E.M., Torres L. (2007). "Estado del arte en el uso de indicadores y puntos de referencia en la lucha contra la desertificación y la sequía en América Latina y El Caribe". *Interciencia*, vol. 32 N°12.

Abraham E.M., (1995) Metodología para el estudio Integrado de los Procesos de Desertificación. Aporte para el conocimiento de sus causas y evolución. V Curso sobre Desertificación y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe. FAO, PNUMA, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, México. pp. 67-80. En: Abraham E.M., Torres L. (2007). "Estado del arte en el uso de indicadores y puntos de referencia en la lucha contra la desertificación y la sequía en América Latina y El Caribe". *Interciencia*, vol. 32 N°12.

Abraham EM (2003) Desertificación: bases conceptuales y metodológicas para la planificación y gestión. Aportes a la toma de decisión. Zonas Áridas (CERZOS): 19-68. En: Abraham E.M., Torres L. (2007). "Estado del arte en el uso de indicadores y puntos de referencia en la lucha contra la desertificación y la sequía en América Latina y El Caribe". *Interciencia*, vol. 32 N°12.

Aguado, A. (1995). "Nuevas tendencias en los hormigones porosos". VII jornada del hormigon del gremi de constructors d'obres de Barcelona i Comarques. En: Rodríguez, J. (2008). "Estudio, análisis y diseño de secciones permeables de firmes para vías urbanas con un comportamiento adecuado frente a la colmatación y con la capacidad portante necesaria para soportar tráficos ligeros". Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria.

Alarcón, F. (1995). "Evaluación de los riesgos naturales en el área metropolitana de Concepción, a través de la información del Diario El Sur". Memoria para optar al título de Licenciado en Educación, Concepción: Universidad de Concepción.

Ambrosino, S. Barbeito, O. Bertoni, J. Daniele, A. Maza, J. Paoli, C. Serra, J. (2004). "Inundaciones urbanas en Argentina". Universidad Nacional de Córdoba.

Ayala-Carcedo, F.J. y Olcina, J. (2002). "Riesgos naturales". Barcelona; Editorial Ariel.

Ayala, C. (1997). "Riesgos naturales y desarrollo sostenible", Madrid; Instituto Geológico y Minero de España.

Ayala, C. (1993). "Estrategias para la reducción de desastres naturales". *Investigación y ciencia* 200: 6-13.

Azócar, G.; Henríquez, C. y Sanhueza, R. (2003). "Cambio en los patrones de crecimiento en una ciudad intermedia: el caso de Chillán en Chile Central". *EURE*, vol. XXIX, N° 87, p. 79-92. En: Salinas, E. y Pérez, L. (2011). "Procesos urbanos recientes en el Área Metropolitana de Concepción: transformaciones morfológicas y tipologías de ocupación". *Revista de geografía Norte Grande*, (49), 79-97

Azócar, G.; Romero, H.; Sanhueza, R.; Vega, C.; Aguayo, M. y Muñoz, M. (2007). "Urbanization patterns in Chilean mid-sized cities and their impacts on the social restructuring of urban space: a case study in Santa Maria de Los Angeles, Central Chile". *Land Use Policy*, vol. 24, N° 1, p. 199-211. En: Salinas, E. y Pérez, L. (2011). "Procesos

urbanos recientes en el Área Metropolitana de Concepción: transformaciones morfológicas y tipologías de ocupación”. Revista de geografía Norte Grande, (49), 79-97.

Azócar, G. Henríquez, C. Valenzuela, C. y Romero, H (2008). “Tendencias sociodemográficas y segregación socio-espacial en Los Ángeles, Chile”. Revista de geografía Norte Grande, (41), 103-128. Recuperado en 26 de julio de 2013, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071834022008000300006&lng=es&tlng=es. 10.4067/S0718-34022008000300006

Borsdorf, A. (2000). “El desarrollo urbano de Valdivia. Estudio de caso de una ciudad mediana”. Espacio y Desarrollo, Nº 12, p. 45-82. En: Salinas, E. y Pérez, L. (2011). “Procesos urbanos recientes en el Área Metropolitana de Concepción: transformaciones morfológicas y tipologías de ocupación”. Revista de geografía Norte Grande, (49), 79-97

Borsdorf, A., Hidalgo, R. y Sánchez, R. (2006). ‘Los megos diseños residenciales vallados en las periferias de las metrópolis latinoamericanas y el advenimiento de un nuevo concepto de ciudad’. Alcances en base al caso de Santiago de Chile. In H. Capel y R. Hidalgo, Construyendo la ciudad del siglo XXI. Retos y perspectivas urbanas en España y Chile, p. 323-335. Santiago: Serie GEOLibros Nº6.

Bertoni, J.C. (org.) (2001). “Inundaciones y drenaje urbano – Argentina”

Bertoni, J.C. (org.) (2004). “Inundaciones Urbanas en Argentina”. 260 p. ISBN: 987-9406-82-6. Edit. Universitas, Argentina.

Calvo, F. (1984). “La geografía de los riesgos, Barcelona. Geocrítica”. Cuadernos críticos de geografía humana.

Cariola, C. y Lacabana, M. (2003). “Globalización y desigualdades socio-territoriales: la expansión de la periferia metropolitana de Caracas”. EURE, vol. XXIX, Nº 87 p. 5-21. En: Salinas, E. y Pérez, L. (2011). “Procesos urbanos recientes en el Área Metropolitana de Concepción: transformaciones morfológicas y tipologías de ocupación”. Revista de geografía Norte Grande, (49), 79-97.

CIER-SERPLAC (1977). “Atlas regional”. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Cohen, J. (2003). “Human Population”. The Next Half Century. Science, Vol. 302, p. 1172-1175.

CONAMA (2008). “Plan de acción nacional de cambio climático 2008 – 2012”. Gobierno de Chile.

Conosur Sustentable (2007). “Conosur de América del Sur. Impactos regionales asociados al cambio climático”. Heinrich Böll Stiftung, p. 11-12.

Cursach, Jaime A., Rau, Jaime R., Tobar, Claudio N., & Ojeda, Jaime A.. (2012). “Estado actual del desarrollo de la ecología urbana en grandes ciudades del sur de Chile”. Revista de geografía Norte Grande, (52), 57-70. Recuperado en 06 de enero de 2014, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071834022012000200004&lng=es&tlng=es. 10.4067/S0718-34022012000200004.

Dearborn, D. y Kart, S. (2009): "Motivations for conserving urban biodiversity". *Conservation Biology*, Vol. 24, p. 432-440.

De la Cuadra, F (2013). "Cambio climático, movimientos sociales y políticas públicas. Una vinculación necesaria. CLACSO/ICAL, Santiago. Polis, Revista Latinoamericana, volumen 12, N°36, p. 525-532.

De la Maza, C., Hernández, J., Bown, H., Rodríguez, M. y Escobedo, F. (2002). "Vegetation diversity in the Santiago de Chile urban ecosystem". *Arboricultural Journal*, N° 26, p. 347-357.

Desbordes, M. (1989). "Principales causes d'aggravation des dommages dus aux inondations par ruissellement superficiel en milieu urbanisé". *Bulletin hydrologie urbaine*, SHF; Paris, N° 4, 2-10.

Devynck, Jean L. (1970). "Contribución al estudio de la circulación atmosférica en Chile y el clima de la VIII Región", Concepción: Universidad de Concepción.

Environmental protection agency (EPA) (2002). "Guía del ciudadano para usar las leyes ambientales federales para asegurar justicia ambiental". Washington.

Enne G (2004) MEDRAP Concerted Action: Results achieved and lessons learned. En: Abraham E.M., Torres L. (2007). "Estado del arte en el uso de indicadores y puntos de referencia en la lucha contra la desertificación y la sequía en América Latina y El Caribe". *Interciencia*, vol. 32 N°12.

Escobedo, F., Nowak, D., Wagner, J., de la Maza, C., Rodríguez, M., Crane, D. y Hernández, J. (2006). "The socioeconomics and management of Santiago de Chile's public urban forests". *Urban Forestry & Urban Greening*, N° 4, p. 105-114.

Fisher *et al.*, (2006). "Scales of environmental justice: Combining GIS and spatial analysis for air toxics in West Oakland, California". *Health & Place*, 2006, N° 12, p. 701-714.

Flores, P. (2008). En: Soldano D. *et.al.* (2014). "Ciudades latinoamericanas: desigualdad, segregación y tolerancia". Coordinado por María Mercedes Di Virgilio y Mariano Daniel Perelman. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CLACSO, 2014. E-Book. ISBN 978-987-722-019-3

Flores, P. (2011). "Análisis de vulnerabilidad por tsunami en la localidad de Arauco, región del Biobío – Chile". Tesis para optar al Título de Geógrafo.

Galli, Carlos (1967). "Geología Urbana y suelo de fundación de Concepción y Talcahuano", Concepción: Universidad de Concepción.

González, J. (s/f). "Mapas de riesgos naturales en la ordenación territorial urbanística". Madrid; Colegio oficial de Geólogos.

Gonzalez-Reyes, A., Muñoz, A. (2013). "Cambios en la precipitación de la ciudad de Valdivia (Chile) durante los últimos 150 años". *BOSQUE* 34(2): 191-200, 2013 DOI: 10.4067/S0717-92002013000200008

Guerra, P. Romero, H. (2009). "Efectos del crecimiento urbano del área metropolitana de Concepción sobre los humedales Rocuant - Andalién, Los Batros y Lengua". *Revista Geografía Norte Grande*, 43: 81-93.

Grimm, N., Faeth, S., Golubiewski, N., Redman, C., Wu, J., Bai, X. y Briggs, J. (2008). "Global change and the ecology of cities". *Science*, Vol. 319, p. 756-760.

Hermelin, M. (2003). "Urbanismo y naturaleza en América Latina: Un matrimonio Indisoluble". *Boletín del Instituto de la Vivienda*, Vol.18, Nº47, Universidad de Chile.

Hidalgo, R. (2004). "De los pequeños condominios a la ciudad vallada: las urbanizaciones cerradas y la nueva geografía social en Santiago de Chile (1990-2000)". *EURE*, 2004, vol. XXX, Nº 91, p. 29-52. En: Salinas, E. y Pérez, L. (2011): "Procesos urbanos recientes en el Área Metropolitana de Concepción: transformaciones morfológicas y tipologías de ocupación". *Revista de geografía Norte Grande*, (49), 79-97.

Hidalgo, R. (2007). "¿Se acabó el suelo en la gran ciudad?: Las nuevas periferias metropolitanas de la vivienda social en Santiago de Chile". *EURE*, vol. XXXIII, Nº 98, p. 57-75. En: Salinas, E. y Pérez, L. (2011): "Procesos urbanos recientes en el Área Metropolitana de Concepción: transformaciones morfológicas y tipologías de ocupación". *Revista de geografía Norte Grande*, (49), 79-97.

Ilabaca, P. (1989). "Evolución de la costa de Concepción: el caso de las Bahías de Concepción y San Vicente". *Biología pesquera* Nº18, p. 29-35.

Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2002). "Censo Nacional de población y vivienda". Santiago, INE, 2002.

Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2005). "Chile: ciudades, pueblos, aldeas y caseríos". Instituto Nacional de Estadísticas, Gobierno de Chile.

Isla *et al.* (2012). "The Evolution of the Bío Bío Delta and the Coastal Plains of the Arauco Gulf, Bío Bío Region: the Holocene Sea-Level Curve of Chile". *Journal of Coastal Research*, Nº28, p. 102-111.

Instituto Nicaragüense de estudios territoriales (2005). "Inundaciones fluviales". Proyecto MET-ALARN.

Iverson, I. y Cook, E. (2000). "Urban forest cover of the Chicago region and its relation to household density and income". *Urban Ecosystems*, Nº 4, p. 105-124.

Janoschka, M. (2002): "El nuevo modelo de la ciudad latinoamericana: fragmentación y privatización". *EURE*, vol. XXVIII, Nº 85, p. 11-29. En: Salinas, E. Pérez, L. (2011). "Procesos urbanos recientes en el Área Metropolitana de Concepción: transformaciones morfológicas y tipologías de ocupación". *Revista de geografía Norte Grande*, (49), 79-97.

Janoschka, M. (2006). "El modelo de ciudad latinoamericana. Privatización y fragmentación del espacio urbano de Buenos Aires: el caso del Nordelta". En: Salinas, E. y Pérez, L. (2011): "Procesos urbanos recientes en el Área Metropolitana de Concepción: transformaciones morfológicas y tipologías de ocupación". *Revista de geografía Norte Grande*, (49), 79-97.

Jenson, S. y Domingue, J. (1988). "Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis". TGS Technology, Inc., EROS Data Center, Sioux Falls, SD 57198.

Jha, A. Bloch, R. Lamond, J. (2011). "Ciudades e inundaciones"; Guía para la Gestión Integrada de Riesgos de Inundaciones para el siglo 21; Banco Mundial.

Krieg, J. y Faber, D. (2004): "Not so black and white: environmental justice and cumulative impact assessments". Environmental impact assessment review, N° 24, p. 667-694.

Lavell, A., (1996): "Degradación Ambiental, Riesgo y Desastre Urbano. Problemas y Conceptos: Hacia la Definición de Una Agenda de Investigación". En Fernández María Augusta. Ciudades en Riesgo. LA RED, USAID. Lima, Perú.

Leao, S.; Bishop, I. y Evans, D. (2004). "Simulating urban growth in a developing nation's region using a cellular automata-based model". Journal of Urban Planning and Development-Asce, Vol. 130, p. 145158.

Leopold, L.H. (1968). "Hydrology for urban land planning". Washington, U.S. Gov. Print. Off. Geological Survey circular 554.

León R. *et al* (2010). "Análisis de tuberías enterradas - depósito de gran altura". ARCADIS Chile.

Londoño, A. *et al.*, (2011). "Hantavirus como agentes emergentes de importancia en Suramérica". Revista Biomédica 2011;31:451-64.

Matallo, H. (2001). "Indicadores de desertificação histórico e perspectivas". Cuadernos UNESCO, Brasil. 126 pp.

Maturana, J. *et al.*, (2004). "Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilación del Sur". Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.

Mardones, M. *et al.*, (1995). "Zonificación y evaluación de riesgos naturales, en el área metropolitana de Concepción. Informe Final Fondecyt 92-0251.

Mardones, M. y Vidal, C. (2001). "La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción". En: Revista EURE N°81. Vol. XXVII. Septiembre 2001. Santiago Chile. p.97-122.

Marsalek J. & Chocat B. (2002). International Report: Stormwater management. Water Science and Technology, Vol No 6 pp 1-17. Environment Canadá. En: Rodríguez, J. (2008). "Estudio, análisis y diseño de secciones permeables de firmes para vías urbanas con un comportamiento adecuado frente a la colmatación y con la capacidad portante necesaria para soportar tráficos ligeros". Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria.

McKinney, M. (2006). "Urbanization as a major cause of biotic homogenization". Biological Conservation, Vol. 127, p. 247-260.

Meza L. (2012). "Modelo de gestión del riesgo a eventos climáticos extremos con impacto en la agricultura de la región de Magallanes". *Anales Instituto Patagonia (Chile)*, 40(1):77-80.

Ministerio de Medio Ambiente (2013). "Plan de acción al cambio climático del sector Silvoagropecuario". Gobierno de Chile.

Mix, H (2013). "Historia de un ermitaño de Cartagena". Programa en la Mira, Chilevisión.

NCh1105.Of1999. "Ingeniería Sanitaria – Alcantarillado de aguas residuales – Diseño y cálculo de redes.

NCh1362.cR2007. "Alcantarillado – Ensayo de estanqueidad".

Olmos-Martínez, E. *et al.*, (2013). "Percepción de la población frente al cambio climático en áreas naturales protegidas de Baja California Sur, México". Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, México.

OPS. (2009). Emergencias y desastres en Chile [en línea]. Organización Panamericana de la Salud OPS. En: Rojas, O. (2009). "Evaluación del riesgo de inundación fluvial en el curso inferior de la Cuenca del río Carampangue, comuna de Arauco, Chile". Tesis para optar al grado de licenciado en Educación, Universidad de Concepción.

Paepu (s/f). "Programa de apoyo a la Escuela pública Uruguay".

Pauchard, A., Aguayo, M., Peña, E. y Urrutia, R. (2006). "Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: The case of a fast-growing metropolitan area (Concepción, Chile)". *Biological Conservation*.

Pedlowski, M., Corabi, J. y Heynen, N. (2002): "Urban forest and environmental inequality in Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brazil". *Urban Ecosystems*, N°6, p. 9-20.

Perez L. y Salinas E. (2007). "Procesos urbanos recientes en el Área Metropolitana de Concepción: transformaciones morfológicas y tipologías de ocupación". *Revista de Geografía Norte Grande*, 49: 79-97.

Peña, F.; Tavares, C. y M. Mardones (1993). "Las condiciones climáticas como factor de riesgo en la comuna de Talcahuano", *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 38: 83-107.

Pickering G. (2010). *Revista Andess.*, Edición N°11.

Plan de adaptación al cambio climático del sector silvoagropecuario (2013). Propuesta Ministerial Elaborada en el Marco del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012. Gobierno de Chile.

Plan de acción nacional de Cambio Climático 2008 – 2012. CONAMA, Gobierno de Chile.

Qadeer, M. (2004): "Urbanization by implosion". *Hábitat Internacional*, Vol. 28, p. 1-12.

Rapaport, J (2006). "Salud urbana". Diccionario de acción humanitaria y cooperación al desarrollo. Instituto de Estudios sobre Desarrollo y Cooperación Internacional HEGOA.

Rodríguez, P. (1999). "Impacto del ENSO en Chile [versión electrónica]. I Encuentro de Universidades del Pacífico Sur, Perú, 14, 15, 16 de Octubre. En: Rojas, O. (2009). "Evaluación del riesgo de inundación fluvial en el curso inferior de la Cuenca del río Carampangue, comuna de Arauco, Chile". Tesis para optar al grado de licenciado en Educación, Universidad de Concepción.

Rojas, O. (2009). "Evaluación del riesgo de inundación fluvial en el curso inferior de la Cuenca del río Carampangue, comuna de Arauco, Chile". Tesis para optar al grado de licenciado en Educación, Universidad de Concepción.

Rojas, O. y Martínez C. (2011). "Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales". Revista Universitaria de Geografía, 20, 83-116.

Rojas, O. *et al.* (2014). "Una revisión de inundaciones fluviales en Chile, período 1574-2012: causas, recurrencia y efectos geográficos". Revista de Geografía Norte Grande, 57: 177-192

Rojas *et al.*, (2006). "Atlas social y ambiental del área metropolitana de Concepción. Transformaciones sociodemográficas y ambientales 1992 – 2002". Concepción. Editorial Universidad de Concepción.

Romero, H. (1985). "Geografía de los climas", Instituto Geográfico Militar, Colección Geografía de Chile. Tomo XI. Santiago: Instituto Geográfico Militar.

Romero, H. y Órdenes, F. (2004). "Emerging urbanization in the southern Andes - environmental impacts of urban sprawl in Santiago de Chile on the Andean Piedmont". Mountain Research and Development, Vol. 24, p. 197-201.

Romero, H. y Mendonça, M. (2010). "Análisis comparativo de los factores naturales y urbanos de las inundaciones ocurridas en las ciudades costeras de Valparaíso y Florianópolis". Boletín CF+S, 42/43, Simposio Internacional Desarrollo, ciudad y Sostenibilidad, 10 págs. (publicación electrónica < <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n42/aa-hrom.html>>).

Romero, H., Fuentes, C. y Smith, P. (2010). "Ecología política de los riesgos naturales y de la contaminación ambiental en Santiago de Chile: necesidad de justicia ambiental". Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. [En línea]. Barcelona: Universidad de Barcelona, vol. XIV, nº 331 (52). (ISI)*

Romero, H., Fuentes C. (2010). Evaluación de las medidas de mitigación ante amenazas de inundaciones y anegamientos en las áreas de expansión urbana de la cuenca de Macul. III Coloquio Chile: Del país urbano al país metropolitano. Facultad de arquitectura y urbanismo, Universidad de Chile.

Romero, H. *et al.*, (2005). "Sistemas de información geográfica para el desarrollo sustentable de las ciudades chilenas". Universidad del Bío-Bío, Chile. En: Salinas, E. y

Romero, H. y Vasquez, A. (2005). "Evaluación ambiental del proceso de urbanización de las cuencas del piedemonte andino de Santiago de Chile". *Eure*, vol. XXXI, N° 94, p. 97-117. En: Vasquez, A. y Salgado, M (2009). "Desigualdades socioeconómicas y distribución inequitativa de los riesgos ambientales en las comunas de Peñalolén y San Pedro de la Paz. Una perspectiva de justicia ambiental". *Revista de Geografía de Norte Grande*, 43: 95-110.

Rovira, A. (2000). "Puerto Montt: el paso de una ciudad menor a centro de desarrollo interregional en una ciudad del sur de Chile". *Espacio y Desarrollo*, N° 12, p. 83-102. En: Salinas, E. y Pérez, L. (2011). "Procesos urbanos recientes en el Área Metropolitana de Concepción: transformaciones morfológicas y tipologías de ocupación". *Revista de geografía Norte Grande*, (49), 79-97

Ryder, R. y Brown, L. (2000). "Urban-system evolution on the frontier of the Ecuadorian Amazon". *Geographical Review*, Vol. 90, p. 511-535.

Salinas, E. y Pérez, L. (2011). "Procesos urbanos recientes en el Área Metropolitana de Concepción: transformaciones morfológicas y tipologías de ocupación". *Revista de geografía Norte Grande*, (49), 79-97. Recuperado en 12 de enero de 2014, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071834022011000200006&lng=es&tlng=es. 10.4067/S0718-34022011000200006.

Súper Intendencia de Servicios Sanitarios SISS (s/f). "Manual de inundaciones ocasionadas por roturas de matrices de agua potable o colectores de aguas servidas". www.siss.gob.cl

Taschner, S. y Bógus, L. (2001). "São Paulo, uma metrópole desigual". *EURE*, vol. XXVII, N° 80, p. 87-120. En: Salinas, E. y Pérez, L. (2011). "Procesos urbanos recientes en el Área Metropolitana de Concepción: transformaciones morfológicas y tipologías de ocupación". *Revista de geografía Norte Grande*, (49), 79-97.

Tucci, C.E.M. (1994). "Enchentes Urbanas no Brasil". *Revista da Associação Brasileira de Recursos Hídricos*, Vol. 12/N° 1, 117-136.

Unesco (1987). "Manual on drainage in urbanizing áreas. Vol. I. Planning and design of drainage systems". *Studies and reports in hydrology*. N° 43.

Valenzuela, F. (2011). "Microzonificación sísmica del gran Concepción: aplicación norma Chilena Nch433 modificación 2010 decreto N°117. Tesis para optar al Título de Ingeniero Civil.

Vargas, J. (2002). "Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socionaturales". Santiago: CEPAL, Serie Medio Ambiente y Desarrollo N° 50. En: Vasquez, A. y Salgado, M (2009). "Desigualdades socioeconómicas y distribución inequitativa de los riesgos ambientales en las comunas de Peñalolén y San Pedro de la Paz. Una perspectiva de justicia ambiental". *Revista de Geografía de Norte Grande*, 43: 95-110.

Vasconi y Canio (2010). "Chile y el calentamiento global: Más allá de Copenhague". Fundación Terram, p. 20.

Vasquez, A. y Salgado, M (2009). "Desigualdades socioeconómicas y distribución inequitativa de los riesgos ambientales en las comunas de Peñalolén y San Pedro de la Paz. Una perspectiva de justicia ambiental". *Revista de Geografía de Norte Grande*, 43: 95-110.

Vasquez *et al.* (2008). "Socio-economic inequalities and the inequitable distribution of environmental risks in chilean metropolis local spaces: a perspective of environmental justice". São Paulo: Actas of 3rd International Seminar on Environmental Planning and Management, URBENVIRON São Paulo.

Venegas, J. (2012). "Análisis de vulnerabilidad por tsunami en la localidad de Dichato, región del Bío Bío – Chile. Tesis para optar al Título de Geógrafo.

Vergara, Ma. del C. Ellis, Edward. Cruz, Jose. Alarcón, L. del C. Moral, U. (2011). "La conceptualización de las inundaciones y la percepción del riesgo ambiental". *Política y Cultura*, núm. 36, pp. 45-69.

Veyl, C. (1961). "Contribución al conocimiento de la geología regional de la Provincia de Concepción", Concepción: Universidad de Concepción.

Vidal, C. Romero, H. (2010). "Efectos ambientales de la urbanización de las cuencas de los Ríos Bío Bío y Andalién sobre los riesgos de inundación y anegamiento de la ciudad de Concepción". Serie GEOLibros; Instituto de Geografía; Pontificia Universidad Católica de Chile.

Villafuerte, B. (2005). "Las inundaciones y la dinámica demográfica en el Estado de Veracruz". Facultad de arquitectura. Universidad Veracruzana.

Walker, G. y Bulkeley, H. (2006). "Geographies of environmental justice". *Geoforum*, N° 37, p. 655-659.

