

CONSULTORÍA PM-08

PLAN MAESTRO DE EVACUACIÓN Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DEL GRAN VALPARAÍSO, V REGIÓN

RESUMEN EJECUTIVO

2002



Av. Los Castaños N° 199 – Viña del Mar
Fono (32) 2177020 – Fax (32) 2177048
e-mail: gsi@gsi.cl
web: www.gsi.cl





INDICE

1. INTRODUCCION.....	1
2. OBJETIVOS	1
2.1 Objetivo General	1
2.2 Objetivos Específicos del Estudio.....	1
2.3 Etapas desarrolladas en la Consultoría	2
3. AREA DE ESTUDIO Y CUENCAS APORTANTES.....	3
4. RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES	5
5. ESTUDIOS BÁSICOS.....	5
6. IDENTIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	9
6.1 Valparaíso	9
6.2 Sistema de Evacuación y Drenaje en Placilla, Curauma, Laguna Verde	11
7. DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS DE EVACUACION Y DRENAJE	12
8. SOLUCIONES	19
8.1 Red Básica.....	21
9. ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL.....	25
10. EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	25
10.1 Costos sociales	26
10.2 Priorización de Soluciones	27
11. DEFINICIÓN DE LA RED PRIMARIA	27
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
12.1 Conclusiones.....	34
12.2 Recomendaciones.....	35
12.2.1 Carácter Normativo del Plan Maestro	36
12.2.2 Actualizaciones del Plan Maestro	37
12.2.3 Estudios Hidrológicos y Calibración de modelos	37
12.2.4 Optimización de soluciones	37
12.2.5 Desarrollo de Proyectos Futuros	38
12.2.6 Operación y Mantenimiento.....	38
12.2.7 Medidas no Estructurales	38
12.2.8 Aspectos Ambientales	39
12.2.9 Información para evaluaciones económicas	39
12.2.10 Proposiciones Complementarias al Plan Maestro.....	39

INFORME EJECUTIVO

1. INTRODUCCION

La Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) del Ministerio de Obras Públicas ha encomendado a GSI Ingenieros Consultores Ltda. la elaboración del “**Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias del Gran Valparaíso, V Región**”, que abarca la ciudad de Valparaíso y las localidades de Placilla, Curauma y Laguna Verde.

La realización de este estudio surgió como consecuencia de la promulgación de la Ley 19.525 de Noviembre de 1997, sobre “Regulación de los Sistemas de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias” en el cual se establece que el Ministerio de Obras Públicas desarrollará los Planes Maestros que definirán las redes primarias de evacuación y drenaje de aguas lluvias y para lo cual encarga a la D.O.H. la planificación, estudio, proyección, construcción, operación, reparación, conservación y mejoramiento, de las obras de la red primaria hasta su evacuación en cauces naturales.

Basado en lo anterior y considerando los daños que se producen por problemas de evacuación de aguas lluvias en las localidades del área de estudio, es que se resolvió elaborar el Plan Maestro.

El estudio comprende la recopilación de antecedentes básicos y catastro de la infraestructura existente de aguas lluvias, la identificación de los problemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias, análisis y sistematización de los mismos, como también, la identificación, desarrollo y priorización de las soluciones viables correspondientes a cada uno de los problemas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

El objetivo general de esta consultoría fue el de formular y elaborar el Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias del Gran Valparaíso, que abarca la ciudad de Valparaíso y las localidades de Placilla, Curauma y Laguna Verde.

2.2 Objetivos Específicos del Estudio

Los objetivos del presente estudio son los siguientes:

- Estudiar el problema de evacuación y drenaje de aguas lluvias del área en estudio y proponer una solución integral.
- Proponer, simular, analizar y seleccionar alternativas de solución al problema de evacuación y drenaje para las ciudades atendidas.
- Obtener una priorización de los proyectos de inversión dentro del Plan Maestro.

- Definir la Red Primaria de los sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias de Valparaíso y las localidades circundantes en la Comuna.

2.3 Etapas desarrolladas en la Consultoría

Lo anterior se realizó en siete etapas secuenciales, las cuales se describen brevemente a continuación:

- **Etapa I - Recopilación de Antecedentes:** Se recopiló los antecedentes existentes necesarios para la preparación del Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias del área de estudio, se efectuó el análisis y la sistematización de toda la información recolectada de manera que prestase la máxima utilidad posible en la preparación del estudio.
- **Etapa II - Estudios Básicos:** Se realizó los estudios básicos que permitieron generar la escorrentía de aguas lluvias para distintas magnitudes de eventos hidrológicos. Estos estudios se refieren a hidrología de la zona, clasificación de suelos y uso actual y futuro del suelo.
- **Etapa III - Identificación de Infraestructura Existente:** Se identificó la infraestructura existente caracterizando las redes de aguas lluvias, los canales urbanos, los canales naturales que atraviesan zonas urbanas y otras infraestructuras que servían como vías de evacuación de aguas lluvias.
- **Etapa IV - Diagnóstico y Proposición de Alternativas:** Con los estudios básicos realizados, con la identificación de la infraestructura existente de la Etapa III y la escorrentía generada se realizó un diagnóstico de la situación actual de los sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias del área de estudio y se seleccionaron las áreas a sanear.
- **Etapa V - Simulación, Análisis y Selección de Alternativas:** El propósito de esta etapa fue simular y dimensionar preliminarmente las alternativas de solución a nivel de perfil para las áreas a sanear seleccionadas en la etapa anterior, determinando sus costos, definiendo el nivel de seguridad requerido y seleccionando la alternativa de solución para cada área a sanear.
- **Etapa VI - Desarrollo de las Alternativas de Solución:** Se desarrolló y verificó la viabilidad de las alternativas seleccionadas en la etapa anterior, con su correspondiente impacto ambiental, evaluación económica, priorización y definición de red primaria.
- **Etapa VII - Informe Final:** En esta etapa se elaboró el Informe Final de la Consultoría.

3. AREA DE ESTUDIO Y CUENCAS APORTANTES

El área de estudio comprende toda la zona urbana, tanto actual como sus zonas de expansión, de la ciudad de Valparaíso y de las localidades de Placilla, Laguna Verde y Curauma, determinada en el Plan Regulador Comunal vigente y sus Seccionales.

El área de estudio es entonces el territorio comprendido por el límite exterior de las zonas urbanas actualmente establecidas y reconocidas, más sus zonas de expansión proyectadas hasta el año 2030, para lo cual se ha considerado los antecedentes y criterios de crecimiento de población y otros, planteados por el municipio y el MINVU V Región.

Adicionalmente, para efectos de este estudio, se incluyen todas las cuencas aportantes de escorrentía, que afectan directa o indirectamente el área de estudio o sus soluciones.

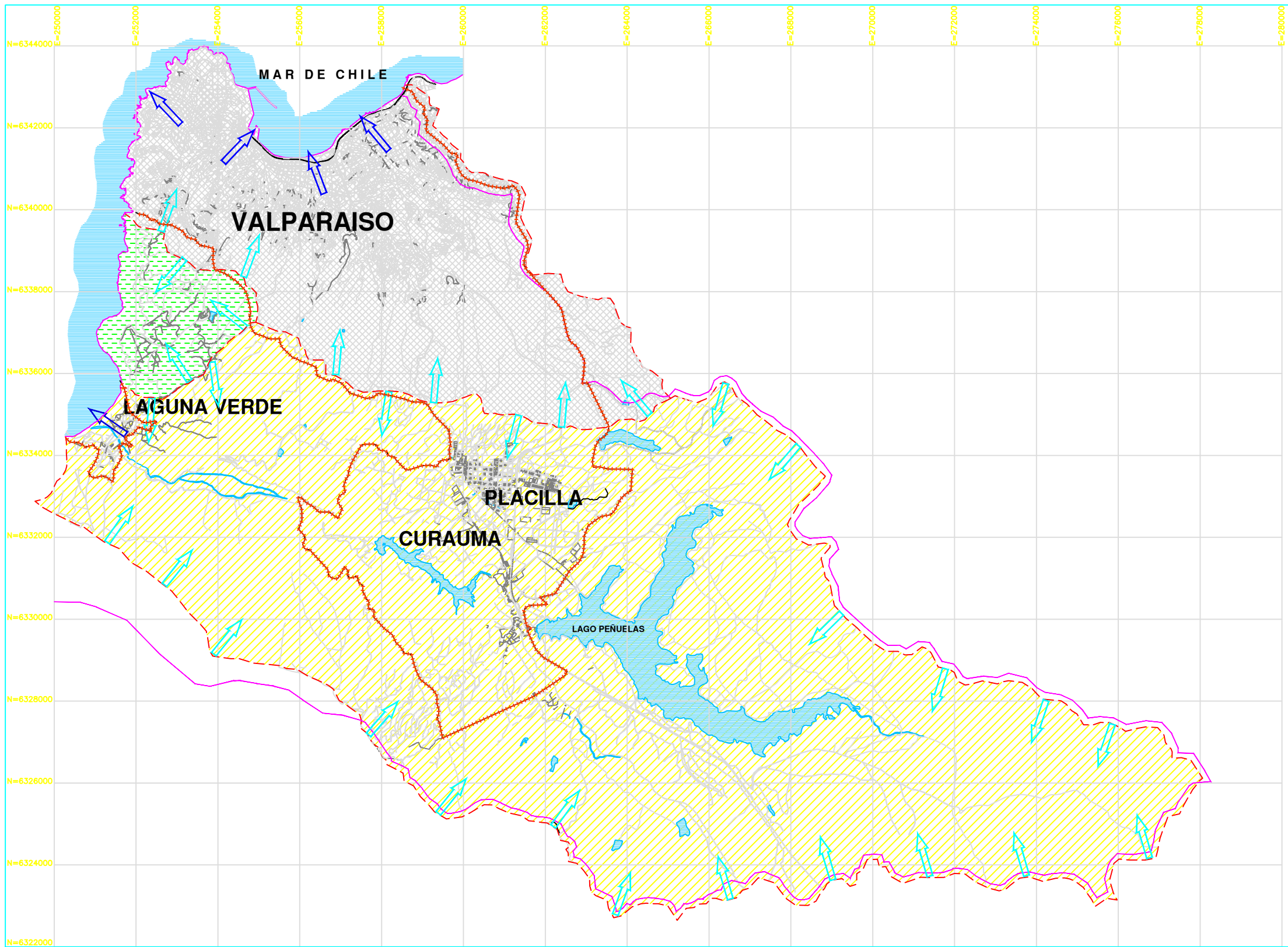
A continuación se entrega algunos datos básicos de las superficies territoriales:

Cuadro Nº 1
Superficies Territoriales










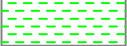
Territorios	Superficie (Km2)
Valparaíso, área urbana	31,50
Placilla, área urbana	9,13
Curauma, área urbana	6,79
Laguna Verde, área urbana	1,45
Superficie cuencas aportantes a Valparaíso	77,90
Superficie cuencas aportantes al estero El Sauce	190,10
Superficie del área de las cuencas	268,00
Superficie del área de estudio	93,30

La proposición de soluciones se ha delimitado al área de estudio, sin embargo, se consideran soluciones integrales, consecuentes con la planificación de toda la cuenca.

En la Figura Nº 1 se puede observar el área de estudio, la cual comprende toda la zona urbana, tanto actual como sus zonas de expansión proyectadas hasta el año 2030.



SIMBOLOGIA

-  LIMITE COMUNAL
-  LIMITE DE CUENCA
-  AREA EN ESTUDIO
-  SENTIDO DE ESCURRIMIENTO
-  SENTIDO DE ESCURRIMIENTO AL MAR
-  EMBALSE
-  ESTERO
-  CUENCAS QUEBRADAS DE VALPARAISO
-  CUENCA APORTANTES AL ESTERO EL SAUCE
-  AREA INTERCUENCA EXCLUIDA

GSI GSI INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

FIGURA N° 1
AREA DE ESTUDIO Y
CUENCAS APORTANTES



4. RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES

Se recopiló los antecedentes existentes necesarios para la preparación del Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias del área de estudio. Además, se realizó el análisis y la sistematización de toda la información recolectada de manera que preste la máxima utilidad posible en la elaboración del Plan Maestro.

La recopilación de información incluyó antecedentes cartográficos y aerofotogramétricos, hidrológicos, hidráulicos y mecánico fluviales de cauces naturales, de redes de colectores de aguas lluvias servidas, antecedentes históricos sobre temporales e inundaciones, de daños experimentados por inundaciones.

Asimismo, con el propósito de obtener información actualizada, se sostuvieron reuniones con autoridades y representantes de diversos organismos locales, tales como: las Direcciones Regionales de Obras Hidráulicas, de Agua y de Vialidad del MOP; la Dirección de Obras Municipales de la I. Municipalidad de Valparaíso; la División de Desarrollo Urbano y el SERVIU del MINVU; la ONEMI y ESVAL S.A.

5. ESTUDIOS BÁSICOS

Los estudios básicos permiten determinar la esorrentía de aguas lluvias para distintas magnitudes de eventos hidrológicos.

El estudio hidrológico tuvo como objetivo determinar los caudales de crecida asociados a las áreas aportantes a los colectores de aguas lluvias y a los cauces receptores que conformarán el sistema global de drenaje y evacuación de dichas aguas, sistema destinado a evitar o minimizar los problemas de inundación o anegamiento del área de estudio.

Se recopiló y analizó las estadísticas de precipitaciones máximas y medias diarias disponibles y adecuadas a las necesidades del estudio.

Se efectuó el relleno de la estadística de precipitaciones máximas y su análisis de frecuencia para 24, 48 y 72 horas, determinándose las precipitaciones máximas anuales de diseño para una duración de 1, 2 y 3 días, para períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años. A continuación en el cuadro siguiente se entrega, por su mayor relevancia, las precipitaciones máximas anuales de 1 día de duración.

Recurrencia Anual de Lluvias:

- Análisis de recurrencia anual Estación USM (longitud estadística: 37 años. Número de días de lluvias: 1.190): Lluve en promedio 32 días al año.
- Análisis de recurrencia anual Estación Punta Angeles (longitud estadística: 37 años. Número de días de lluvias: 1.221): Lluve en promedio 33 días al año.

Cuadro N° 2
Precipitaciones máximas anuales 1 día (mm)

ESTACION	Período de retorno en años					
	2	5	10	25	50	100
Casablanca	55.0	78.1	93.9	114.1	129.5	145.0
Marga-Marga Emb.	70.9	100.2	119.5	143.7	161.5	179.2
Quilpué	68.2	101.5	123.5	151.3	171.9	192.4
USM	57.4	86.6	108.7	140.0	165.8	193.7
Pta. Curaumilla	43.2	62.7	76.2	93.8	107.3	121.0
Rodelillo	78.4	124.8	155.4	194.2	223.0	251.5
Lago Peñuelas	88.4	128.7	155.9	190.7	216.8	243.0
Pta Angeles	51.7	72.0	85.6	102.9	115.9	129.0
Jardín Botánico	75.0	109.9	133.1	161.9	182.9	203.5
Villa Alemana	66.7	91.2	105.8	122.4	133.6	144.1
El Belloto	75.2	107.5	128.9	156.0	176.0	195.9

A continuación, se efectuó la determinación de curvas de isoyetas y la determinación de curvas de intensidad-duración-frecuencia, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$I_t^T = C * P_{24}^T * Cd_t/t$$

Donde:

I_t^T = Intensidad para el período de retorno T en la duración t (mm/hr)

P_{24}^T = Precipitación máxima diaria para el período de retorno T (mm)

Cd_t = Coeficiente de duración para el tiempo t

Coeficientes de duración para lluvias de menos de 1 hora

Duración (min)	Cd_t
5	0.043
10	0.064
15	0.078
20	0.090
30	0.106
40	0.120
50	0.132
60	0.140

t = Duración en el tiempo t (hrs)

C = Coeficiente que transforma las precipitaciones máximas diarias a máximas en 24 hrs = 1.13

Después se efectuó un estudio de la recurrencia anual de las lluvias determinándose para rangos determinados de precipitaciones, los días con lluvia en el año, en promedio.

- Suelos de la Cuenca

El análisis se ha efectuado, desglosando la hoya completa del sistema que incide en el área en estudio, esto es, las cuencas pertenecientes a la zona de Valparaíso urbano y de las ubicadas al Sur de la ciudad misma y que desembocan en el estero El Sauce, esto es, las cuencas aportantes al Lago Peñuelas, La Luz, Las Cenizas, El Peral, Salto del Agua, el Sauce y desembocadura, que afectan directamente a las localidades de Placilla, Curauma y Laguna Verde. Se comienza dicho análisis desde aguas arriba de los cursos receptores hacia aguas abajo.

El trabajo geológico desarrollado en las cuencas que afectan el área de estudio, tuvo como objetivo básico definir una clasificación de los suelos de las cuencas aportantes, desde el punto de vista de su capacidad de retención, infiltración y potencial de generación de escorrentía actual y futura y secundariamente, determinar las áreas sensibles a la ocurrencia de fenómenos relevantes de remoción de masas.

En el caso de Valparaíso, el drenaje de las aguas lluvias se basa en un escurrimiento directo al mar de los cauces colectores (Figuras N° 2, 3 y 4). Este escurrimiento se realiza fundamentalmente de sur a norte, ya que el plan de la ciudad y en general la mayor parte de los cerros pertenecientes al área urbana posee dicha disposición espacial. Caso aparte son los cauces ubicados en las quebradas del cerro Playa Ancha, en donde los escurrimientos poseen diversos sentidos.

Las cuencas asociadas a las quebradas y los cauces pertenecientes a esta área de estudio, en la mayoría de los casos son de pequeña superficie, pero se hayan ubicadas en zonas densamente pobladas y de relieve en algunos casos muy pronunciado.

El análisis fofointerpretativo permite apreciar gráficamente que la vegetación de las cuencas que afectan el área de estudio se caracteriza por presentar una marcada alteración en la estructura, composición y estado de conservación de las especies nativas que la constituyen. Las condiciones de fragilidad natural de algunos ambientes y situaciones de fuerte presión antrópica por obtener diferentes recursos, entre los cuales se menciona al pastoreo, obtención de leña, carbón, expansión urbana, etc., han generado áreas de deforestación y empobrecimiento del suelo a un nivel que hace difícil revertir el problema. La consecuencia principal de este proceso, son las condiciones de subsistencia de la población aledaña y una erosión acentuada que se hace sentir aguas abajo.

Por condiciones de humedad, la vegetación de la reserva del Lago Peñuelas y alrededores, corresponde a un bosque esclerófilo costero se encuentra en general menos deteriorada.

En diversas áreas de la cuenca y principalmente en aquellos sectores más aledaños a los centros poblados, se presentan serios problemas de erosión producto de la

deforestación y el uso de suelos por encima de su capacidad. Esta situación se presenta generalmente asociada a la pequeña propiedad y a situaciones de pobreza rural, lo que obliga a estos a una sobreexplotación de los recursos, con lo cual se agrava el problema.

Por las peculiaridades del clima, con una temporada seca prolongada, es muy difícil la regeneración natural de la capa arbórea, teniendo la reforestación un alto costo y lenta recuperación, todo lo cual agudiza el problema.

La erosión, además produce un aumento en el arrastre de sedimentos a los cauces, los que inciden en el embancamiento de los mismos, con lo cual disminuye su capacidad para evacuar los caudales de crecidas.

Un factor altamente incidente en el proceso de erosión y deforestación, es la ocurrencia de incendios forestales, especialmente durante la época de verano, temporada seca. Las concentraciones urbanas cercanas a zonas forestales o con cubierta vegetal importante, producen un aumento en los riesgos de incendio y un agravamiento de sus consecuencias. Estos tienen en la zona, en su totalidad causas antrópicas.

- Ocupación del Suelo Urbano

El análisis de la ocupación del suelo urbano ha sido caracterizada desglosándola para permitir una estimación del escurrimiento actual y futuro que cada zona genera ante la ocurrencia de precipitaciones. La caracterización de cada zona homogénea fue realizada, midiendo a las manzanas representativas, las superficies de suelo según su cubierta, de acuerdo a las siguientes categorías: Edificada, Pavimentada, con cobertura Vegetal y Suelo descubierto.

La información corresponde al plan regulador vigente de Valparaíso, aprobado por D.S. Nº 26, MINVU, de fecha 05/02/1984 y sus modificaciones y el Plan Intercomunal de Valparaíso, D.S. Nº 30, MOP, del 12/01/1965 y sus modificaciones.

El material recopilado sobre los planes reguladores contiene los planos con la zonificación establecida y vialidad estructurante y también las ordenanzas locales, cuyo contenido se refiere a disposiciones generales, definición del área territorial, zonificación, usos del suelo, condiciones de subdivisión, edificación, urbanización y vialidad.

Actualmente, el área urbana de Valparaíso, presenta la gran heterogeneidad propia de las ciudades que son producto de un largo período de consolidación, concentrando un gran número de actividades, tanto económicas como funcionales, a lo cual se debe agregar la variada topografía de su territorio y los distintos niveles de inversión destinados a la urbanización de dicha área.

La ciudad de Valparaíso tiene un patrón topográfico particular, en el que un numeroso conjunto de cerros converge alrededor de un llano o plan muy reducido, que equivale al 6% de la superficie del territorio urbano comunal. Lo anterior permite afirmar que

Valparaíso es una ciudad construida en la pendiente, en los cerros que suman el 94% del territorio urbano.

Se puede agregar que el sector plano se ha formado en el transcurso del tiempo, con el material arrastrado por los cursos esporádicos de las aguas lluvias y vertientes y la disposición de rellenos artificiales con material proveniente del terremoto de 1906, en las quebradas intermedias.

El área urbana de Valparaíso se encuentra ubicada en el extremo norte de la Comuna y emplazada alrededor de la bahía de Valparaíso, ocupando la parte inferior del territorio de la cuenca hidrográfica conformada por el conjunto de quebradas que drenan justamente hacia la bahía. En dirección al sur, en el sector alto de Placilla y también junto a la playa en la localidad de Laguna Verde, se encuentran incipientes áreas urbanas en proceso de consolidación.

Cabe destacar que el crecimiento histórico de la ciudad de Valparaíso, se desarrolló desde la zona plana hacia los cerros.

En relación con aquellos asentamientos urbanos separados del área urbana de Valparaíso cabe señalar lo siguiente: la localidad de Placilla que se encuentra en una etapa incipiente de consolidación urbana, presenta en la actualidad las siguientes dos características definitorias: la primera se relaciona con su proceso espontáneo de consolidación, el cual muestra como en los últimos años el asentamiento inicial suburbano de quintas se ha ido transformando en un sector periférico de Valparaíso con asentamientos precarios destinados a vivienda, industria y equipamiento, destacándose lo relacionado con el estacionamiento de camiones derivados de la actividad portuaria y el almacenamiento de containers; y la segunda característica se refiere al proyecto en ejecución denominado “Curauma”, el cual se encuentra vecino a la localidad y comprende la urbanización y edificación de conjuntos habitacionales y equipamiento, el cual deberá absorber en el futuro inmediato parte del crecimiento urbano proyectado para el Gran Valparaíso.

Finalmente, cabe destacar respecto del asentamiento de Laguna Verde que éste, a pesar de contar desde el año 1946 con plano de loteo aprobado, denominado “Plano de Ciudad – Balneario Laguna Verde” y desde el año 1952 con límite urbano fijado por decreto supremo, se encuentra hasta el día de hoy en un estado de consolidación incipiente y sin muestras de cambiar dicha situación dentro de un plazo previsible.

6. IDENTIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

6.1 Valparaíso

Se efectuó un completo catastro de las zonas críticas de la ciudad identificando tanto los puntos de desborde de cauces naturales como las zonas de acumulación de aguas lluvias.

El sistema de drenaje de Valparaíso está constituido fundamentalmente por una red de cauces colectores que sobrepasan la veintena y que datan de 1906. Los principales caudales del sector los generan, en orden decreciente, las hoyas hidrográficas de Av. Argentina, Uruguay, Av. Francia, Bellavista, José Tomás Ramos y San Francisco.

Dado que en las zonas planas bajas se ubican actualmente los servicios públicos y privados de Valparaíso nivel comunal e intercomunal, en ellas se emplazan las actividades económicas principales de la comuna. Por ello, la red de colectores de aguas lluvias presenta una mayor densidad en el sector céntrico, dado que fue donde primero y con más urgencia se le necesitó.

El sistema de evacuación de aguas lluvia que presenta Valparaíso fue establecido por los numerosos cauces o quebradas de las diversas cuencas del sector, los cuales presentaban diversos ramales que convergían hacia los cauces principales con descarga directa e independiente al mar. Con el tiempo, el desarrollo de la ciudad materializó el abovedamiento de los cauces dando origen a colectores de gran tamaño en el plan de la ciudad. Estos se han ido extendiendo y ramificando hacia los cerros en la medida que se consolidan tales sectores, de modo que en los puntos más altos aún existen cauces naturales. De este modo la red de colectores ha respetado, por lo general, el antiguo patrón de drenaje natural de la zona.

La propiedad de las obras del sistema de evacuación de aguas lluvias corresponde principalmente al municipio. Las obras efectuadas por urbanizadores privados, de acuerdo a la normativa vigente, se entregan a la administración municipal como parte de los bienes nacionales de uso público que el urbanizador debe preservar, construir o donar a la comunidad obligatoriamente. Serviu por su parte, declara no haber tenido participación histórica en la materialización de los colectores existentes.

En lo que respecta a una posible participación de las empresas sanitarias, el sistema de alcantarillado de aguas servidas corresponde a uno del tipo separado en Valparaíso, por lo tanto, los organismos encargados de este servicio no han tenido participación en el desarrollo de la red de aguas lluvias, en los últimos 50 años.

En cuanto a los organismos históricamente encargados del diseño, construcción y mantenimiento, del sistema de evacuación, se tiene:

- por estar situados los cauces normalmente en bienes nacionales de uso público (calles, fondos de Quebradas) las obras han quedado bajo la administración del municipio.
- el principal rol asumido por el municipio en la materia, lo constituye el velar por la mantención del sistema, labor que ha abordado ante la ausencia de una definición de funciones en la legislación al respecto.
- el diseño y construcción de sistemas de conducción ha contado con la participación de:

- los privados, a través de las nuevas urbanizaciones (Serviu o de particulares, aprobadas por las D.O.M. correspondientes) o de modo informal, interviniendo directamente en forma no regulada, construyendo obras según la necesidad del momento.
- el SERVIU, que diseña y construye obras de evacuación, como complemento de la pavimentación de nuevas vías, las que usualmente son obras menores, no diseñadas con una visión de conjunto del sistema evacuador, sino como una solución local (históricamente no ha participado de su mantención).
- el municipio, que acude en forma subsidiaria a atender las necesidades de la población, diseñando y construyendo obras.

La comuna cuenta con un programa anual de acción municipal, denominado Plan Municipal de Operación Invierno, cuyo encargado es el Departamento de Operaciones, que comprende:

- Obras de mantención del sistema, con anterioridad al período invernal
- Obras físicas de Infraestructura, tales como ampliación de cauces, reparaciones, diseños de ingeniería
- Obras de emergencia, tales como reparaciones urgentes, desembanques o desobstrucciones
- Acciones de emergencia como atención a damnificados,
- Labores de coordinación con instituciones y del equipo municipal de emergencias

Dado que corresponde al rol del municipio el velar por el bien común y el bienestar de los habitantes de la comuna, el plan de invierno ha sido una actividad permanente del municipio, subsidiando la falta de presencia institucional al respecto.

6.2 Sistema de Evacuación y Drenaje en Placilla, Curauma, Laguna Verde

En el caso de Laguna Verde, Curauma y Placilla, el estero El Sauce y Las Tablas constituyen las principales vías de desagüe de sus respectivas subcuencas y constituyen, junto con el mar, los puntos de disposición final de las aguas lluvias.

En estas localidades el sistema de aguas lluvias lo constituye la red de drenaje natural, formada por quebradas y esteros que drenan hacia el sector de Laguna Verde. Dada la expansión y el crecimiento urbano que ha presentado Placilla a través del tiempo, un porcentaje de las quebradas naturales ha sido ocupado por el casco urbano, por lo cual, se han realizado obras tanto de abovedamiento como de revestimiento de algunos de estos cauces naturales, permaneciendo sin embargo, la mayor parte de este sistema de drenaje hoy en día en su forma natural.

La cuenca del Estero El Sauce, cuya desembocadura al mar se ubica en la longitud 71°40' Oeste y en la latitud 33°06' Sur, es la última y principal, de oriente a poniente, de una serie de cuencas que generan la escorrentía en la parte sur del área en estudio, la cual abarca las localidades de Placilla, Curauma y Laguna Verde. Incluye las cuencas

aportantes al Lago Pañuelas, La Luz, Las Cenizas, Salto de Agua, el Sauce y la desembocadura fundamentalmente. Todos estos cursos se desarrollan en los faldeos occidentales de la Cordillera de la Costa. La orientación principal de la zona en conjunto, es en el sentido Este-Oeste mostrando una tendencia a desviarse hacia el Nor-Oeste.

Las obras de abovedamiento y revestimiento de los cauces naturales de drenaje de la ciudad se realizaron, sin la participación de algún ente fiscal planificador y fiscalizador del sistema de aguas lluvias, correspondiéndole la responsabilidad de ejecutar estos proyectos a los propios particulares a medida que ocupaban el cauce natural, realizando estas obras con el fin de evitar anegamientos en sus terrenos, basándose tanto en el criterio como en su experiencia, en lo referente a las alturas de agua y caudal que alcanzaban los escurrimientos en el paso por sus terrenos.

En todo caso, el Municipio es el que ha intervenido en mayor medida en lo que respecta en la delimitación y encauzamiento de estos cauces.

En el "Catastro de redes", se entrega la información catastral obtenida tanto de las labores catastrales efectuadas para este estudio, como de estudios anteriores. Se describe la información extraída de catastros existentes y se entregan los antecedentes geométricos de los elementos ahora catastrados, ordenados por localidad, cauce y secuencia del elemento en el cauce.

7. DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS DE EVACUACION Y DRENAJE

El diagnóstico de la situación actual de los sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias permitió definir las áreas a sanear.

Se determinaron los caudales máximos instantáneos de diseño tanto para secciones de esteros como para cauces y colectores existentes en sus puntos de captación, utilizando los métodos clásicos conocidos y vastamente utilizados dentro de la hidrología nacional.

En la modelación, se empleó el programa Visual Hydro / SWMM de la Caice Corporation, bajo las solicitaciones generadas por precipitaciones de períodos de retorno de 2, 5, y 10 años han permitido determinar zonas de inundación teóricas.

El diagnóstico de los Sistemas de Evacuación y Drenaje se efectuó con la siguiente pauta metodológica:

- i) Zona urbana con colectores de aguas lluvias existentes: Diagnóstico para períodos de retorno de 2, 5 y 10 años, se efectuó la modelación de redes sometidas a esos caudales de porteo, concluyendo con establecer si su capacidad alcanza o requiere refuerzos en condiciones de urbanización actual y futura.
- ii) Zona Urbana sin Colectores de Aguas Lluvias: A partir de los caudales excedentes generados en los puntos donde la red es insuficiente o fallan atravesos, se realizó

un análisis simplificado del escurrimiento de las aguas lluvias por calles que constituyen vías principales de evacuación, estimándose área inundada, altura y velocidad de escurrimiento.

- iii) **Cauces Receptores:** Se estudió el comportamiento de esteros como evacuadores de aguas lluvias verificando las condiciones de descarga que imponen a los colectores. Para advertir problemas en los esteros bajo exigencias más severas, se analizó además para un período de retorno de 100 años mediante el modelo de simulación. Ello permitió identificar las zonas de inundaciones potenciales más conflictivas. El conjunto de condiciones anteriores define el diagnóstico de la situación sin proyecto, en sus variantes actual y futura.

Como conclusión general del presente análisis, se puede decir que el sistema requiere de una revisión de sus condiciones actuales para definir obras de mejoramiento inmediatas y una planificación integral de su desarrollo.

Los problemas de inundación que se ha podido observar en años pasados en la ciudad, son el resultado de una combinación de fenómenos climáticos hidrológicos, morfológicos y de uso del suelo, y no son solo atribuibles a las aguas lluvias caídas directamente sobre ella. En algunos casos la alteración de los cauces que escurren por dentro de propiedades alteran su capacidad.

El aumento de las zonas urbanizadas aguas arriba de las cuencas se ha traducido en una variación de los coeficientes de escorrentía de los suelos. Esto ha dado como resultado que los caudales aportados desde las zonas altas de la ciudad hacia la red de drenaje, tanto natural como artificial, aumenten sin que se haya ajustado la capacidad de porteo de los cauces hacia aguas abajo, especialmente en los tramos finales de los colectores, cercanos a sus descargas.

El cambio de suelo natural, a suelo pavimentado puede hacer variar el valor del coeficiente de escorrentía desde un rango del orden de 0,25 a 0,35 a otro comprendido entre 0,7 y 0,95. Esta variación se puede traducir en un aumento del orden de 3 veces el valor del caudal, para una misma intensidad de precipitación y superficie de terreno.

Durante las inundaciones se presenta un fuerte arrastre de sedimentos derivado de los procesos de erosión existentes (meteorización, erosión eólica y pluvial) el que se ve agravado por la deforestación de la zona alta de la cuenca, producto de los incendios forestales y de la actividad humana (talaje, extracción de la capa vegetal, pastoreo caprino, entre otros).

Un problema evidente en la cuenca es, la falta de redes en amplios sectores, sobre todo en los de más reciente urbanización. La ausencia de redes en vastos sectores poblacionales, ocasiona que el escurrimiento no esté debidamente controlado.

Una causal importante del mal funcionamiento de los sistemas de evacuación de aguas lluvias, ya sea en cunetas, redes de colectores o cauces, lo constituye la depositación de sedimentos en los sectores bajos en los que las pendientes de los cauces disminuyen, produciéndose el embanque y deterioro de las vías de evacuación.

La mayoría de las quebradas son empleadas como botaderos de escombros, tierras o basuras, por lo cual, la exposición de los colectores a posibles obstrucciones de su sección de escurrimiento aumenta notablemente.

Como medidas correctivas, se aconseja la construcción de nuevos tranques que provean el volumen de retención necesario para suplir la insuficiente capacidad que se ha detectado, o en su defecto, se propone incentivar la forestación de las zonas que se han identificado como riesgosas, para evitar que se produzcan deslizamientos repentinos de terrenos.

En las zonas urbanas en que existen colectores (conducto cerrado) o cauces abiertos, se desarrolló el diagnóstico para los períodos de retorno de 2, 5, 10 y 25 años. En el caso de colectores, se procedió a efectuar la modelación de las tuberías sometidas a estos requerimientos de caudales de porteo, pudiendo establecer si su capacidad alcanza o requiere refuerzos para estos 4 eventos, en las condiciones de urbanización actual y futura. El diagnóstico de los cauces abiertos está enfocado a determinar si el nivel del eje hidráulico, medido en los nodos definidos en la modelación del cauce, sobrepasa la cota de las riberas que lo confinan, inundando las zonas aledañas, situación que define la extensión de la mancha de inundación.

Adicionalmente se realizó la verificación de los atravesos que forman parte de la red de drenaje de cauces naturales y que no han sido incorporados a la modelación de dicho sistema. Se analizaron las mismas condiciones anteriores y se determinará también la razón de excedencia que indica el caudal mismo de excedencia además del porcentaje de falla del atraveso.

En las zonas urbanas hay algunos sectores en que se ha detectado escurrimiento superficial de aguas lluvias, para esas zonas el diagnóstico se basa en el análisis del flujo de aguas que se produce por las calles a través de las principales vías de escurrimiento detectadas en las etapas previas del Plan Maestro. Esto se revisó para los períodos de retorno de 2, 5, 10 y 25 años, en base a cálculos simplificados de capacidad de porteo de las secciones transversales de calles, con sus pendientes longitudinales reconocidas, estimándose el área inundada, la altura y velocidad de escurrimiento en las condiciones de urbanización actual y futura.

Las cuencas interurbanas dan origen a esteros que cruzan la zona urbana y en el caso del estero El Sauce lo hace a través de más de una localidad.

Se estudió el comportamiento de los esteros como evacuadores de aguas lluvias hasta el período de retorno de 25 años, verificando las condiciones de borde que imponen a los cauces y colectores laterales de las subcuencas en sus descargas a los esteros. Para efectos de señalar o advertir los problemas que se prevén en los esteros bajo exigencias más severas, estos se analizan además, para un período de retorno de 50 y 100 años, lo que se lleva a cabo con el modelo de simulación. Lo anterior, permite identificar las zonas de inundaciones potenciales más conflictivas para que la autoridad pertinente adopte medidas.

Áreas a Sanear

El Plan Maestro considera de su competencia toda el área de estudio, sin embargo, *no toda el área de estudio requiere construcción de soluciones estructurales ya que hay zonas que no presentan problemas de aguas lluvias*, entonces con los antecedentes recopilados y los resultados del diagnóstico, se determinó las áreas con algún tipo de problemas de inundación o de escurrimiento superficial para las cuales se proponen soluciones, estas áreas se denominan “Áreas a Sanear”.

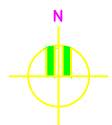
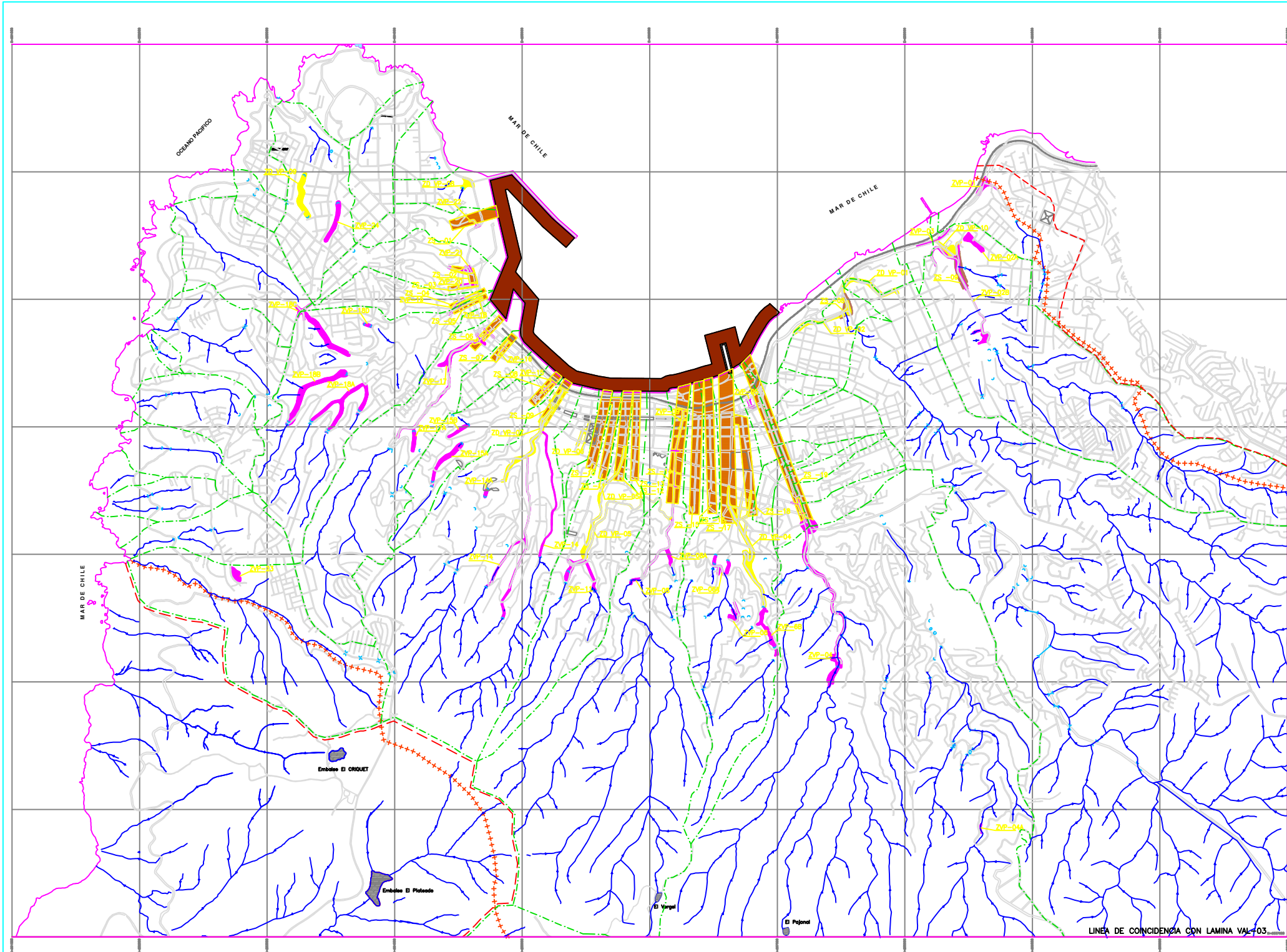
A continuación en el Cuadro N° 3 se indica la cantidad de zonas de inundación detectadas por el diagnóstico, para un período de retorno de 10 años.

Cuadro N° 3

Localidad	N° de Zonas de Inundación
Valparaíso	23
Placilla	11
Curauma	3
Laguna Verde	9
TOTAL	46

Como conclusión general del presente análisis, se puede decir que el sistema requiere de una revisión de sus condiciones actuales para definir obras de mejoramiento inmediatas y una planificación integral de su desarrollo.

A continuación, se entregan las láminas N° 2 a 4 del estudio, denominadas “Zonas de Inundación y Vías Preferenciales de Escurrimiento” que permiten apreciar las zonas en que se presentan inundaciones, tanto las detectadas a través de antecedentes históricos, como aquellas detectadas a través de la modelación.



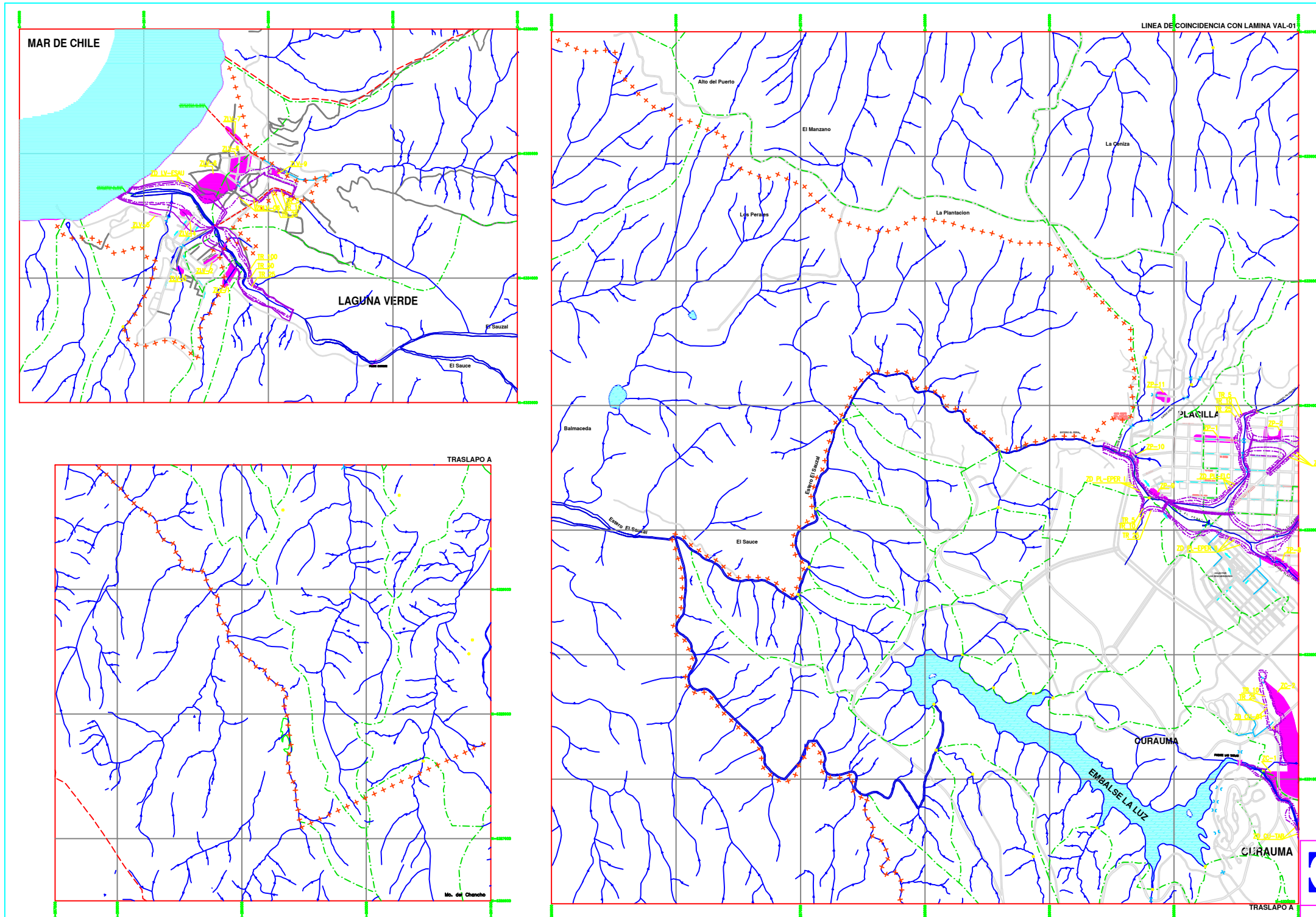
SIMBOLOGIA			
---	LIMITE EXTERNO GENERAL DE CUENCA	ZD VP -01	ZONA INUNDACION DETECTADA POR MODELACION
+++	LIMITE AREA ESTUDIO	ZVP -01	ZONA INUNDACION HISTORICA (ENCUESTAS, VISITAS A TERRENO)
---	CUENCA PRINCIPAL	ZS -01	ACUMULACION DE SEDIMENTOS EN CALLES
---	CAMINO		MAYOR ACUMULACION DE SEDIMENTOS
■	AREAS VERDES		
---	QUEBRADAS MENORES		
---	ESTERO		
---	EMBALSE		

GSI GSI INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

FIGURA N° 2
PLANO GENERAL DE CUENCAS E INUNDACIONES VALPARAÍSO 1/3

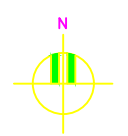


LÍNEA DE COINCIDENCIA CON LAMINA VAL-03

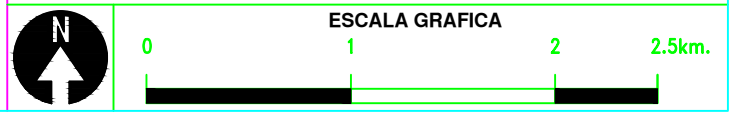


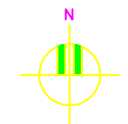
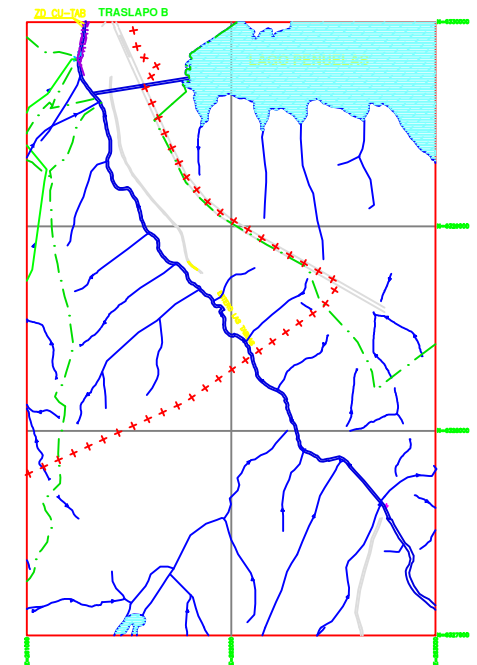
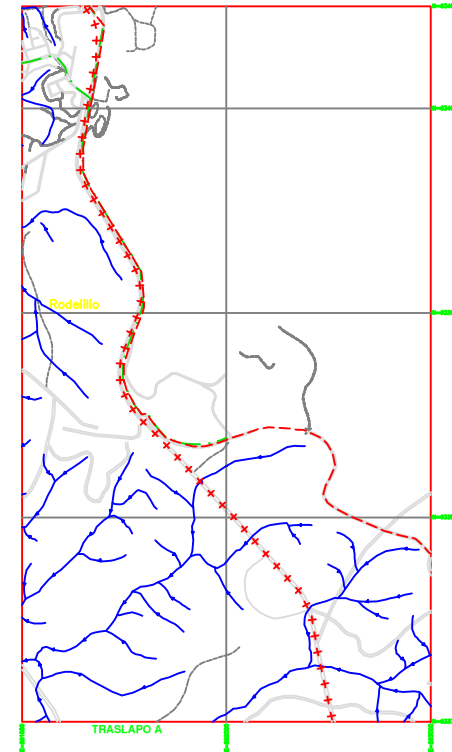
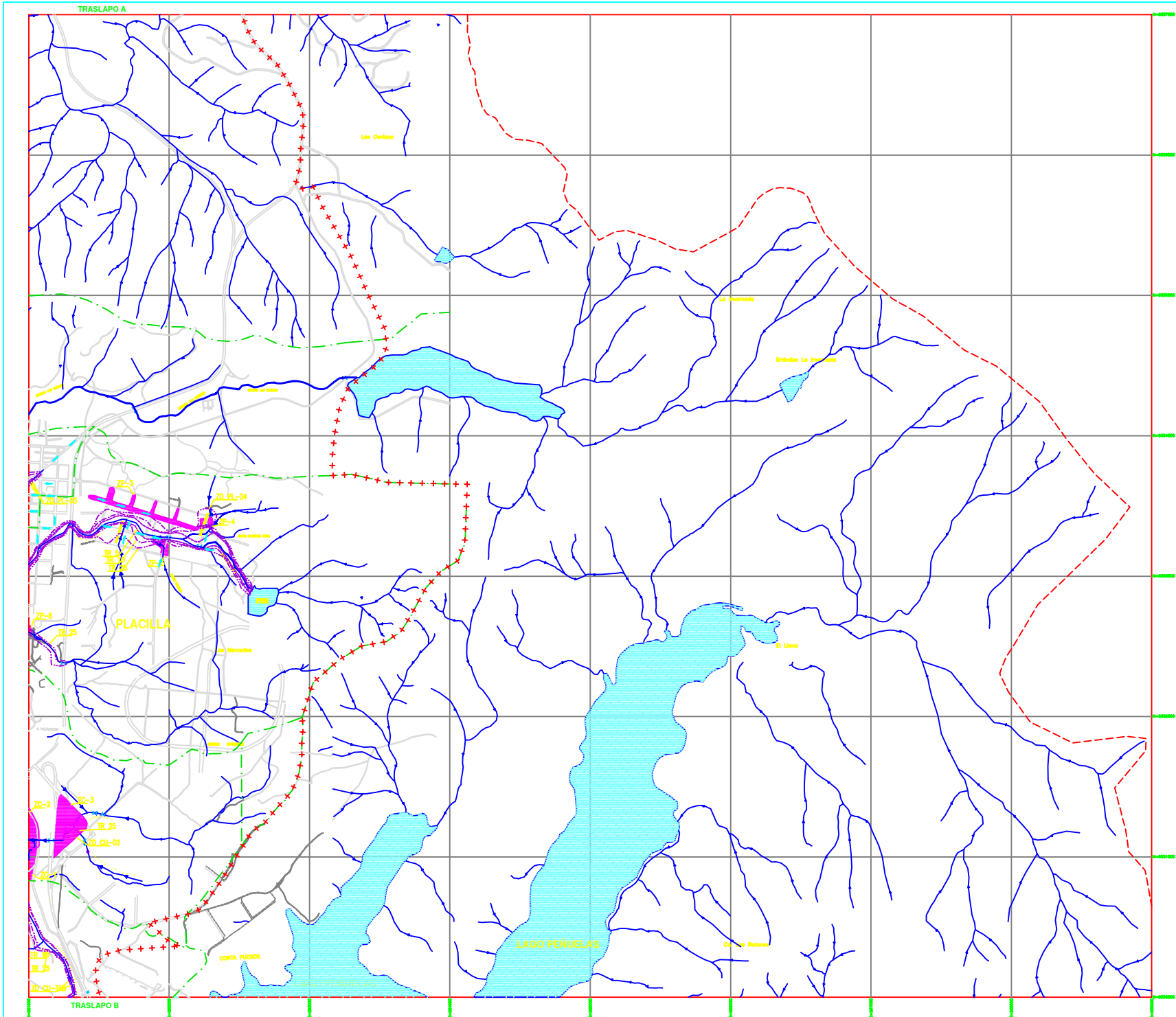
GSI GSI INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

FIGURA N° 3
PLANO GENERAL DE CUENCAS E INUNDACIONES VALPARAÍSO 2/3



SIMBOLOGIA			
---	LIMITE EXTERNO GENERAL DE CUENCA	ZIP -01	ZONA INUNDACION HISTORICA (ENCUESTAS, VISITAS A TERRENO)
+++	LIMITE AREA ESTUDIO		
---	CUENCA PRINCIPAL		ZONA INUNDACION DETECTADA POR MODELACION (ZU LV -01)
---	CAMINO	TR 100	
---	AREAS VERDES	TR 80	
---	QUEBRADAS MENORES	TR 25	
---	ESTERO	TR 10	
---	EMBALSE	TR 5	

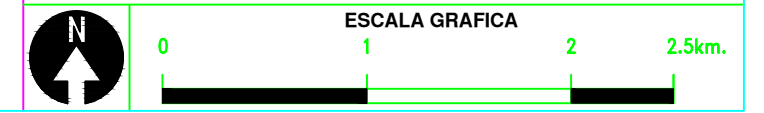




SIMBOLOGIA			
---	LIMITE EXTERNO GENERAL DE CUENCA	ZIP -01	ZONA INUNDACION HISTORICA (ENCUESTAS, VISITAS A TERRENO)
++++	LIMITE AREA ESTUDIO		
---	CUENCA PRINCIPAL		ZONA INUNDACION DETECTADA POR MODELACION
---	CAMINO		(20 LV -01)
---	AREAS VERDES		TR 100
---	QUEBRADAS MENORES		TR 80
---	ESTERO		TR 25
---	EMBALSE		TR 10
			TR 5

GSI GSI INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

FIGURA N° 4
PLANO GENERAL DE CUENCAS E INUNDACIONES VALPARAÍSO 3/3



8. SOLUCIONES

El planteamiento de soluciones para el sistema de drenaje y evacuación de aguas lluvias del área de estudio tuvo como objetivo fundamental definir un sistema integral de drenaje, de manera que permitiera minimizar el monto de las inversiones requeridas mediante el máximo aprovechamiento de la infraestructura existente de colectores y cauces naturales.

El saneamiento integral consideró el reemplazo de atravesos y nuevos desarenadores, además se consideró el aumento de sumideros, necesarios para el ingreso sucesivo de las aguas lluvias al colector.

Para el dimensionamiento de la red básica de colectores se desarrollaron consecutivamente las siguientes etapas: identificación y definición de áreas a sanear, planteamiento de criterios de diseño, definición de trazados, análisis de alternativas constructivas y finalmente, selección y dimensionamiento de las alternativas más recomendables.

Con respecto al período de retorno de diseño de los colectores, de acuerdo al análisis realizado en el Diagnóstico, la red de colectores presenta niveles de diseño del orden de 10 años. En atención a este antecedente, en el presente estudio se adoptó este período de retorno para el diseño de redes.

En las quebradas en zonas actualmente no urbanas, el período de retorno será de 10 años, puesto que la concentración de caudales en las quebradas podrían producir daños permanentes en su recorrido. Para tal efecto se definen las secciones requeridas a partir de un punto en que la quebrada acumule un caudal de 1 m³/s para un período de retorno de 2 años.

En el caso de cauces receptores que atienden áreas de gran superficie, las soluciones se planifican para un período de retorno de 50 años, debido a la relevancia de éstas como vías únicas de evacuación.

El caso del Estero El Peral, en su primer tramo, debido al menor caudal acumulado, se ha adoptado un período de retorno de 25 años para pasar luego a 50 años en el tramo II.

En el caso del estero El Sauce en el sector de Laguna Verde, se adoptó un período de retorno de 100 años dada la magnitud de su área aportante.

Cuadro Nº 4
Períodos de retorno por sistema de drenaje.

TIPO DE SISTEMA DE DRENAJE	TR [AÑOS]
COLECTORES EXISTENTES.(Zonas Urbanas Consolidadas)	10
NUEVOS COLECTORES: - Zonas Urbanas no Consolidadas. - Zonas de Expansión Urbana.	10 10
CAUCES NATURALES: - Zonas Urbanas no Consolidadas - Zonas de Expansión Urbana	10-25 10
CAUCES RECEPTORES	25-50-100

En relación al trazado de los colectores, éste surgió como resultado del análisis de varios trazados alternativos los cuales consideraron como criterios de definición entre otros los siguientes: mínima longitud, minimización de interferencias y de rotura de pavimentos, ajuste a la topografía, compatibilidad con la vialidad urbana, etc. Del análisis realizado se concluyó que en general no existe una diferencia significativa en la longitud de colectores con trazados alternativos, dado que éstos son más bien cortos, quedan definidos por una topografía dominante y drenan directamente a distintos cauces.

Al elaborar alternativas de solución, se buscó plantear trazados que posibilitaran evitar el reemplazo de tuberías existentes, principalmente si estas presentan buen estado o están situadas en vías de alto tránsito o céntricas. En esos casos, se buscó plantear un refuerzo al sistema, consistente en trazar nuevos ductos que toman el exceso de aguas lluvias y lo entregan al colector hacia aguas abajo, en un tramo con capacidad adecuada. Esto presenta como ventajas el evitar afectar la calle y su tránsito y que el sector quede mejor atendido, al contar con mayores puntos de evacuación. Sin embargo, por razones topográficas, por evitar rupturas de pavimentos nuevos, por razones de espacio o de evitar tener que resolver nuevas interferencias en los trazados de estos colectores, en muchos casos no fue posible plantear estas alternativas. Entonces, en esas ocasiones el reemplazo de tuberías resulta más atractivo.

Las zonas urbanas no consolidadas, corresponden a sectores considerados en el área en el estudio que no han alcanzado un desarrollo urbano que hace poco recomendable la ejecución de colectores o cauces abovedados. En este ámbito se encuentran asentamientos en sectores altos de las quebradas o puntos alejados de la ciudad, que no cuentan con calles pavimentadas o de tierra claramente definidas, el uso del suelo está destinado en un bajo porcentaje a viviendas, su acceso en algunos casos es dificultoso y además es posible que no se cuente con servicio de alcantarillado o agua potable. Las condiciones antes descritas hacen poco recomendable el uso de colectores, ya que éstos estarán sometidos a una considerable descarga de sedimentos y basuras. Por otro lado si no se cuenta con servicio de alcantarillado de aguas servidas, es probable que se le utilice ilícitamente para tales efectos (según indica la realidad). En cuanto al mejoramiento de secciones, se contempla la excavación en tierra sobre el mismo cauce natural, mejorar las pendientes, proporcionar taludes, extraer vegetación y en ocasiones justificadas (curvas, proximidades a atravesos o bocatomas, etc.) proveer de un revestimiento (hormigón).

También se contemplan todas aquellas obras que aseguran el buen funcionamiento de colectores y cauces, estos son: desarenadores, obras de protección y ramales laterales.

En cuanto a las redes menores (ramales), se define como su objetivo fundamental el asegurar la conducción controlada de toda el agua lluvia superficial de la cuenca aportante considerada, hacia el colector respectivo. En zonas urbanas consolidadas, esta conducción debe ocurrir en forma gradual y sucesiva. De este modo, una red menor eficiente, evitará que el agua lluvia se acumule o bien escurra en forma excesiva por las calles, generando daños o provocando alteraciones al normal funcionamiento de las vías.

Como complemento, se han considerado medidas no estructurales, en general este tipo de medidas pueden considerarse como preventivas y se traducen por una parte en códigos o normas que significan poca inversión y por otra, en programas educativos y medidas de alerta. Su mayor impacto lo tienen a largo plazo, en la medida en que logran efectivamente mantenerse y ser cumplidas.

8.1 Red Básica

En concordancia con el objetivo del Plan Maestro de proponer una solución integral al problema de la evacuación y drenaje de las aguas lluvias en el área de estudio (límite urbano futuro), se ha establecido la existencia de una red de evacuación y drenaje denominada Red Básica que cubre toda el área.

Dicha red considera cauces naturales (quebradas) y colectores existentes y propuestos, así como toda obra inserta en el sistema de evacuación.

El establecimiento de esta red ordena territorialmente los sistemas y establece la obligatoriedad de respetar la existencia de quebradas, cauces, depresiones topográficas y en general respetar la morfología total que establece sentidos de escurrimiento y de acumulación de caudales. También establece la existencia de las soluciones requeridas para el saneamiento y que corresponden a las obras dimensionadas en este Plan.

Costos de Colectores y de obras en Cauces Naturales

Para la evaluación de los costos de la red básica, se tomaron como base los precios unitarios desarrollados para este estudio por GSI Ingenieros Consultores, en base a presupuestos oficiales del Serviu, de cotizaciones a proveedores y de proyectos ya elaborados.

En los cuadros siguientes se entrega el listado de los proyectos y los costos de las soluciones estructurales y no estructurales para las tres comunas en estudio. Dichos costos incluyen Gastos Generales y Utilidades (33%), Imprevistos (20%), Estudio de Ingeniería e Inspección (5%) e I.V.A (18%).

A continuación se presenta el listado de los proyectos requeridos, ordenados por prioridad:

Cuadro Nº 5
Prioridad y monto de los proyectos

Orden de Prioridad Nº	Proyecto	Total Proyecto \$
VALPARAISO		
1	Mejoramiento Sistema Carampangue	5.705.732
2	Mejoramiento Sistema Márquez	3.898.056
3	Mejoramiento Sistema Taqueaderos	3.898.056
4	Mejoramiento Sistema San Martín	10.394.817
5	Mejoramiento Sistema J. María Caro	6.073.223
6	Mejoramiento Sistema Urriola	13.652.015
7	Mejoramiento Sistema Puertas Negras	18.877.574
8	Mejoramiento Sistema Juan XXIII	30.904.053
9	Mejoramiento Sistema Las Heras	47.547.017
10	Mejoramiento Sistema Tomás Ramos	94.362.225
11	Mejoramiento Sistema Phillipi	127.809.375
12	Mejoramiento Sistema Barón	109.679.842
13	Mejoramiento Sistema Melgarejo	128.722.901
14	Mejoramiento Sistema Uruguay	177.185.483
15	Mejoramiento Sistema Francia	118.939.106
16	Mejoramiento Sistema Torpederas	213.042.826
17	Mejoramiento Sistema Bellavista	292.449.295
18	Mejoramiento Sistema Cabritería	333.714.690
19	Mejoramiento Sistema Clave	574.105.918
20	Mejoramiento Sistema Argentina	394.428.078
Total Valparaíso		2.705.390.283

Orden de Prioridad Nº	Proyecto	Total Proyecto \$
PLACILLA		
1	Mejoramiento Sistema Holanda	39.592.688
2	Mejoramiento Sistema El Sauce 1	51.698.323
3	Mejoramiento Sistema Portugal	50.885.276
4	Mejoramiento Sistema Bélgica	39.105.579
5	Atravieso PL-01-23	64.541.331
6	Sistema El Peral I	645.341.922
7	Mejoramiento Sistema Valdés Central	174.715.262
8	Mejoramiento Cauce Viejo	103.992.517
9	Mejoramiento Sistema Valdés El Retén	134.450.703
10	Mejoramiento Sistema El Sauce 2	158.577.165
11	Atraviosos PL-07-01 y PL-07-02	159.969.505
12	Sistema El Peral II	505.191.351
13	Sistema Las Cenizas	1.187.985.595
Total Placilla		3.316.047.216
CURAUMA		
1	Sistema Estero Las Tablas	169.885.622
2	Sistema Placilla Sur	1.259.126.060

Orden de Prioridad Nº	Proyecto	Total Proyecto \$
3	Sistema Cauce Antiguo 2	997.093.178
4	Sistema Curauma Centro	229.015.631
5	Sistema Curauma Sur 2	269.985.136
6	Sistema Curauma Sur 3	382.684.622
7	Sistema Curauma Sur 4	659.192.667
Total Curauma		3.966.982.917
LAGUNA VERDE		
1	Sistema Balneario Norte	173.553.801
2	Sistema Balneario Sur	286.017.241
3	Sistema El Sauce	3.054.349.990
Total Laguna Verde		3.513.921.032
Total Area de Estudio		13.502.341.449

Fuente: Elaboración Propia
Valores Agosto 2001

En cuanto a soluciones no estructurales, el Cuadro Nº 6 muestra los costos totales determinados para el área en estudio.

Cuadro Nº 6
Costos sociales en soluciones no estructurales.

Nº	TIPO DE SOLUCIÓN	ATIENDE AL ITEM Nº	PARTIDAS	COSTO M\$	OBSERVACION
1	Publicación en un diario regional de planos de inundación 2 veces en un año, cada 5 años	1.2-10.4-12.1	Publicación de una página en un diario	3000	Cada 5 años
2	Marcas de alturas de inundación	2.1	Señalización en puntos estratégicos visibles	3000	1 vez
3	Información a través de las contribuciones, anual	3.1 – 6.8	Folletos adjuntos a boletas de contribuciones	2000	Anual
4	Información a profesionales, autoridades, privados	4.1 – 18.1	3 exposiciones	1200	Anual
5	Elaboración de una norma para aguas lluvias prorrateado en los Planes Maestros	5.1 – 6.1	Consultoría	3000	1 vez
6	Reglamento de la Ley de evacuación de aguas lluvias	5.2-6.2-15.1	Consultoría	5000	1 vez
7	Ordenanzas locales de reglamentación de la evacuación de aguas lluvias	5.3-6.3-6.5-12.2	Consultoría	30000	1 vez
8	Seccional de aguas lluvias para incluirlos en los Planes Reguladores Comunales	5.4-6.4-7.1-9.1-15.2	Consultoría	30000	1 vez

Nº	TIPO DE SOLUCIÓN	ATIENDE AL ITEM Nº	PARTIDAS	COSTO M\$	OBSERVACION
9	Definición de obras tipo prorrateado en todos los Planes Maestros	19.4	Album de Obras Tipo	2000	1 vez
10	Adquisición de terrenos de alto riesgo de inundación, para destinarlos a uso público, anual	8.1	Adquisición de terrenos	30000	Anual
11	Adquisición e implementación de equipos, computadores y sensores, para predicción de crecidas en los esteros.	10.1-10.2-10.3-10.4-10.5	Adquisición de hardware y software, equipos pluviógrafos y pluviómetros, instalación	100000	1 vez
			Capacitación y marcha blanca	10000	1 vez
			Costo anual de 1 operador 4 meses al año	10000	Anual
12	Definición del mantenimiento mínimo de los sistemas	16.1	Consultoría	30000	1 vez
13	Seminarios a funcionarios públicos, 3 al año.	18.1	Consultoría	30000	Anual
TOTAL PARA EL ÁREA DE ESTUDIO				84.600	Anual
				213.000	1 vez

Fuente: Elaboración Propia
Valores Agosto 2001

Viabilidad de las soluciones

Se desarrolló y verificó la viabilidad de las soluciones, con su correspondiente análisis ambiental, evaluación económica, priorización y definición de red primaria.

La viabilidad hidráulica se aseguró con la modelación, que determinó el dimensionamiento de las obras.

La viabilidad constructiva se aseguró con ajustes al diseño en base a chequeo en terreno, que incluyó:

- Faja propuesta
- Ubicación (vereda, calzada, bandejón, áreas verdes)
- Detección de la infraestructura visible
- Dificultades constructivas (uso del suelo, horarios, tránsito, etc.)
- Facilidades legales (permisos, servidumbres, etc.)
- Análisis de interferencias con otros servicios subterráneos

9. ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

Se realizó un análisis de impacto ambiental para el conjunto de colectores, cauces naturales y canales de trasvase, que conforman el Plan Maestro, teniendo como base la normativa legal vigente establecida en la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (D.S. 30/97).

Del análisis realizado para el conjunto de las obras propuestas, se determinó que si bien la mayor parte de los impactos susceptibles de presentarse en la etapa de construcción son negativos, ellos son poco generalizados, limitándose su presencia exclusivamente al período de construcción de las obras y existiendo medidas de mitigación factibles de implementar.

En la etapa de operación del proyecto, la mayor parte de los impactos previsibles tienen el carácter de positivos, lo cual implica un mejoramiento del ambiente derivado de una disminución de los problemas de inundación que afectan al área de estudio. El único impacto que podría ser negativo durante esta etapa, está referido al recurso hídrico, ya que durante la operación de la red, aumentaría el número y los volúmenes de descargas de aguas lluvias y éstos se presentarían concentrados en los cursos de aguas, pudiendo existir arrastres de sustancias por el lavado de calles durante las primeras lluvias con características contaminantes.

En virtud de lo señalado, se visualiza la necesidad de elaborar una Declaración de Impacto Ambiental por proyecto, por lo que corresponde la aplicación del artículo 18 de la Ley y su detallamiento, en cuanto a contenido, expresado en los artículos N° 14, 15 y 16 del Reglamento.

Se comenta además, que la presentación de los proyectos al SEIA es recomendable, por cuanto las obras quedan sujetas a la reglamentación ambiental, lo cual es necesario en su etapa de construcción, resultando adecuado que el constructor de las obras se ciña a la normativa correspondiente.

10. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Se postula utilizar la metodología del daño evitado en la cual el beneficio de los proyectos está dado por la diferencia entre el valor esperado del daño que se produce en la situación “sin proyecto” y el valor esperado del daño en la situación “con proyecto”. En tanto que el costo de los proyectos corresponde a las inversiones necesarias y costos de mantención y operación del sistema.

La evaluación realizada tiene por objetivo principal apoyar la priorización de los proyectos con miras a la obtención de su financiamiento y no a definir parámetros económicos. Ello debido a que no hay a nivel nacional una metodología de evaluación económica oficial, habiendo si un consenso en emplear la metodología del daño evitado.

a) Beneficios

Los beneficios de los proyectos de mejoramiento de la evacuación y drenaje de aguas lluvias, corresponden a la disminución de los costos por daños producidos por las inundaciones en calles y edificios públicos o privados en situación con y sin proyecto.

De la comparación de los costos de daños en ambas situaciones se determinó los beneficios de las obras planteadas. Los componentes de los ahorros de costos por daños consideran:

Daños a propiedades: Corresponden a los daños a estructuras y enseres en viviendas. Se ha supuesto que el daño es proporcional al valor de la propiedad. Se empleó una vivienda tipo y se valoró los daños por altura de aguas.

Daños a la infraestructura vial: Corresponde a daños en calzadas, aceras, jardines, según la superficie total inundada, su valor está asociado al tipo de ocupación del suelo y su distribución en predios y calles.

Beneficios adicionales: Son los beneficios esperables para todo otro tipo de daños, distinto a los ya evaluados:

- Reparación y mantención de infraestructura urbana
- Mayor costo de combustible y tiempo empleado
- Horas de trabajo perdidas por demoras
- Ausentismo laboral y escolar
- Extracción de sedimentos en espacios públicos

Se determinaron los costos por daños no evitados hasta un período de retorno máximo de 10 años, estimándose que para períodos de retorno mayores los daños no evitados por el proyecto son semejantes a los daños en la situación sin proyecto.

10.1 Costos sociales

En la obtención de los **costos sociales de inversión** se aplicó los factores de conversión de MIDEPLAN a los precios privados de las inversiones, de acuerdo a cada componente. Se recalculó a nivel de precios unitarios los precios sociales.

La estimación de los **costos de mantención y operación** se consideró proporcional al monto de la inversión realizada. Para este efecto, se estimaron sólo las labores asociadas a las nuevas obras proyectadas (inversiones) ya que el resto de la infraestructura se supone cuenta con la mantención y operación debida.

Costo social del valor residual: En el costo social del valor residual se supuso una vida útil de 50 años, luego en el horizonte de análisis se considera que persiste un 50% del valor de la inversión.

Costos en soluciones no estructurales: Corresponden a acciones y medidas que permitirán apoyar el buen funcionamiento de los sistemas.

Indicadores Económicos: A partir de los beneficios y costos sociales determinados para los diferentes proyectos se realizó una evaluación económica mediante la obtención del valor actual neto (VAN) en el horizonte de 25 años sólo para efectos de priorización.

10.2 Priorización de Soluciones

La materialización de las obras que forman parte del Plan Maestro, requiere un ordenamiento con miras a establecer prioridades que permitan hacer las inversiones en la medida que los recursos económicos estén disponibles. Ello por cuanto, el conjunto de obras involucra elevados montos que no pueden ser financiados de inmediato.

Para obras con un orden de prioridad muy similar, se tuvo en cuenta los siguientes cuatro criterios complementarios al uso del VAN, los cuales a su vez requieren de una coordinación entre organismos tales como la DOH, el MINVU, los municipios y ESVAL S.A.:

- **Programa de Pavimentación de Calles:** Al priorizar hay que tomar en cuenta el Plan de Pavimentación de Calles del SERVIU- V Región, la construcción de nuevos colectores y los planes municipales de pavimentos participativos, de modo de evitar a futuro roturas de pavimentos, más aún si éstos son de tipo participativo.
- **Nivel Actual de los Proyectos:** Se priorizó aquellos colectores ya estudiados a nivel de ingeniería de detalle, por sobre aquellos que se encuentran a nivel de anteproyecto o de idea preliminar, debido a las expectativas ya generadas.
- **Desconexión entre los Sistemas de Aguas Lluvias y Aguas Servidas:** Puede ser conveniente priorizar aquellos colectores de aguas lluvias que permiten desconectar los sumideros existentes que actualmente descargan a la red de aguas servidas.
- **Atención prioritaria a la evacuación de aguas lluvias de aquellas áreas que acogen actividades altamente valoradas por la sociedad** (servicios públicos, comercio de alto nivel, industrias, instalaciones básicas o estratégicas que atienden al bien común), a continuación le siguen aquellas cuyo valor, en términos de propiedades es alto y luego, en orden decreciente las demás propiedades, hasta llegar a aquellas con carácter rural.

Las obras de tipo estructural en cambio, deben ejecutarse paralelamente con las obras estructurales debido a que su efecto es complementario y necesario para conformar una solución integral.

El listado priorizado de los proyectos se entregó en el Cuadro N° 5 del presente documento.

11. DEFINICIÓN DE LA RED PRIMARIA

De acuerdo con la Ley N° 19.525, sobre regulación de los sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias, le corresponde al Ministerio de Obras Públicas, a través de la Dirección de Obras Hidráulicas, la planificación, estudio, proyección, construcción,

reparación, mantención y mejoramiento de la red primaria de sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias. En tanto, corresponde directamente al Ministerio de Vivienda y Urbanismo la planificación y estudio de la red secundaria de sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias, y a través de los respectivos Servicios de Vivienda y Urbanización Regionales, la proyección, construcción, reparación y mantención de las mismas.

Además, al MOP se le asignó la labor de preparar los Planes Maestros donde se define lo que constituye la red primaria de sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias. El resto de las redes, no contempladas dentro de la definición de red primaria, constituirán, por exclusión, la red secundaria de sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias.

Tomando en cuenta lo antes señalado y luego de un proceso selectivo, se definió primero la red básica de evacuación y drenaje de aguas lluvias, la que consiste en aquella infraestructura mínima necesaria para establecer una adecuada evacuación de las aguas lluvias al interior del área de estudio. Por lo tanto, se compone de cauces naturales que permitan a las poblaciones evacuar su esorrentía, colectores y ramales proyectados y la infraestructura existente construida.

Lo anterior, se muestra en las láminas Nos 35 a 43 del proyecto a escala 1:5.000 denominados “Plano de Red Básica y Area Aportante”, de Reñaca, Viña del Mar, Quilpué y Villa Alemana.

Por otra parte, de esta red básica una parte corresponde a la denominada red primaria que estará bajo la jurisdicción del MOP.

Las obras que conforman la Red Primaria, corresponden a aquellas de mayor importancia dentro del total de redes de aguas lluvias de la ciudad, e incluyen elementos con las siguientes características:

1. Cauces receptores:

Corresponden a los elementos de drenaje más importantes, incluye los esteros de Placilla, Curauma y Laguna Verde, cuya operación resulta fundamental para el funcionamiento del drenaje de esas localidades.

2. Colectores existentes:

Colectores existentes que drenan áreas públicas, con diámetro mayor 600 mm o equivalente, de una extensión superior a 400 m.

3. Colectores Proyectados:

Colectores proyectados que drenan áreas públicas, con diámetro mayor a 600 mm o equivalente, de una extensión superior a 400 m.

4. Quebradas y colectores que captan las aguas de estas quebradas:

Se han incluido las quebradas ubicadas dentro del área de estudio que acumulan un caudal de 1 m³/seg para un período de retorno de 2 años y los colectores que captan las aguas de éstas. Se incluyen en este ítem todas las obras tales como desarenadores y obras de protección que se encuentran en el trazado del cauce primario.

5. Lagunas existentes dentro del área urbana que forman parte de sistemas de drenaje:

Corresponden a lagunas que ejercen efectos de regulación, amortiguando las crecidas sobre las redes de aguas lluvia.

6. Obras de retención de sólidos:

Corresponde a las obras de sedimentadores en el recorrido de un colector o canal.

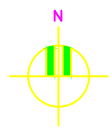
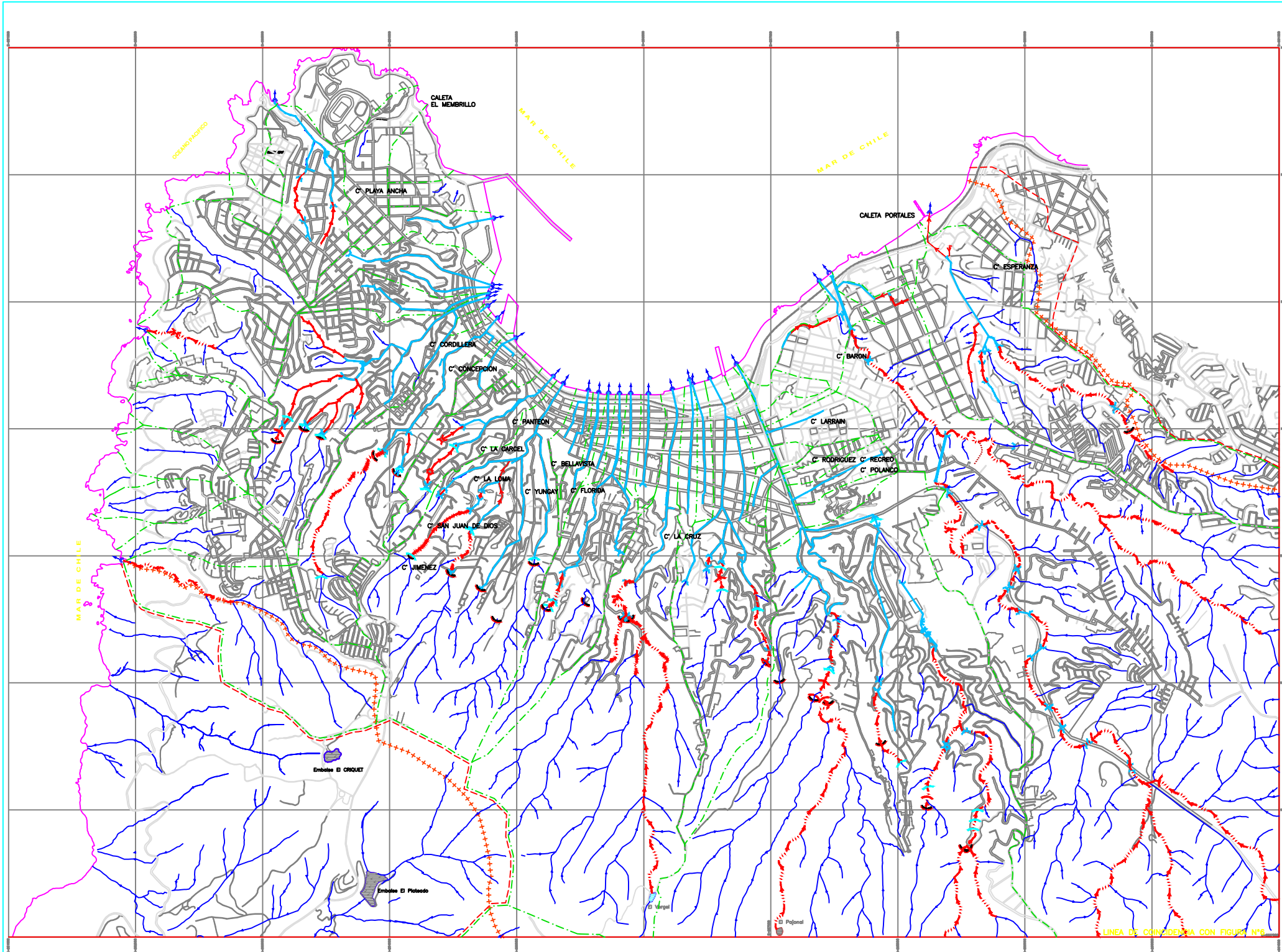
En las láminas siguientes es posible apreciar la Red Primaria” del Gran Valparaíso.

Aquellas obras existentes o proyectadas no seleccionadas como Red Primaria, constituyen por exclusión, de acuerdo a la ley 19.525, la Red Secundaria de evacuación y drenaje de aguas lluvias. Se aclara que dentro de la Red Secundaria también se incluirán aquellas obras que no se han analizado dentro del Plan Maestro, pero que actualmente, de hecho, forman parte de la red de drenaje de aguas lluvias de la ciudad.

Los valores que se presentan en el cuadro N° 7 corresponden al costo de Inversión de la solución estructural sólo de la Red Primaria. El presupuesto original ha sido recalculado, eliminando aquellos elementos que forman parte de la Red Secundaria, aplicando los criterios antes señalados.

Cuadro Nº 7
Costo de Inversión Red Primaria
Soluciones Estructurales, por sistemas independientes.

Proyecto	Colector o Cauce	Colectores Laterales	Desarenador	Atravesos	Sumideros	Obras de Protección	Totales \$
Mejoramiento Sistema Phillipi	96.425.851					3.389.254	99.815.105
Mejoramiento Sistema Cabritería	134.426.384		139.487.823			3.389.254	277.303.461
Mejoramiento Sistema Barón	64.773.726						64.773.726
Mejoramiento Sistema Argentina			336.331.938			23.279.188	359.611.126
Mejoramiento Sistema Uruguay	151.631.506				11.044.492	10.167.763	172.843.761
Mejoramiento Sistema Francia			76.289.432		7.796.113	6.778.509	90.864.053
Mejoramiento Sistema Las Heras	26.475.635				14.292.873	6.778.509	47.547.017
Mejoramiento Sistema Bellavista	246.510.982				10.394.817	16.946.272	273.852.072
Mejoramiento Sistema Melgarejo	81.484.094				4.331.174		85.815.267
Mejoramiento Sistema Tomás Ramos	76.539.223				11.044.493	6.778.509	94.362.225
Mejoramiento Sistema Clave	468.233.823		21.582.879		15.592.225	8.100.000	513.508.927
Mejoramiento Sistema San Martín					10.394.817		10.394.817
Mejoramiento Sistema Marquez					3.898.056		3.898.056
Mejoramiento Sistema Carampangue					5.705.732		5.705.732
Mejoramiento Sistema Taqueaderos					3.898.056		3.898.056
Mejoramiento Sistema Torpederas	194.004.197						194.004.197
Mejoramiento Sistema Puertas Negras				18.877.574			18.877.574
Mejoramiento Sistema Juan XXIII				30.904.053			30.904.053
Mejoramiento Sistema J. María Caro				6.073.223			6.073.223
PLACILLA							
Mejoramiento Sistema El Sauce 2	97.832.209				12.993.521		110.825.730
Mejoramiento Sistema Valdés Central	136.976.765						136.976.765
Mejoramiento Sistema Valdés El Retén	71.759.874				14.292.873		86.052.747
Sistema El Peral I	658.564.821						658.564.821
Sistema El Peral II	544.107.782						544.107.782
Sistema Las Cenizas	1.223.912.681						1.223.912.681
Mejoramiento Cauce Viejo	103.992.517						103.992.517
Atraveso PL-00-01. calle El Sauce				50.028.612			50.028.612
Atraveso PL-01-23				64.541.331			64.541.331
Atravesos PL-07-01 y PL-07-02				200.676.565			200.676.565
CURAUMA							
Sistema Estero Las Tablas	149.207.009						149.207.009
Sistema Placilla Sur	881.388.242						881.388.242
Sistema Cauce Antiguo 2	997.093.178						997.093.178
Sistema Curauma Centro	137.409.378						137.409.378
Sistema Curauma Sur 2	269.985.136						269.985.136
Sistema Curauma Sur 3	229.610.773						229.610.773
Sistema Curauma Sur 4	659.192.667						659.192.667
LAGUNA VERDE							
Sistema El Sauce	1.736.294.248						1.736.294.248
Sistema Balneario Norte	173.553.801						173.553.801
Sistema Balneario Sur	243.567.890						243.567.890
TOTALES \$	9.854.954.393	0	573.692.072	371.101.358	125.679.241	85.607.260	11.011.034.323

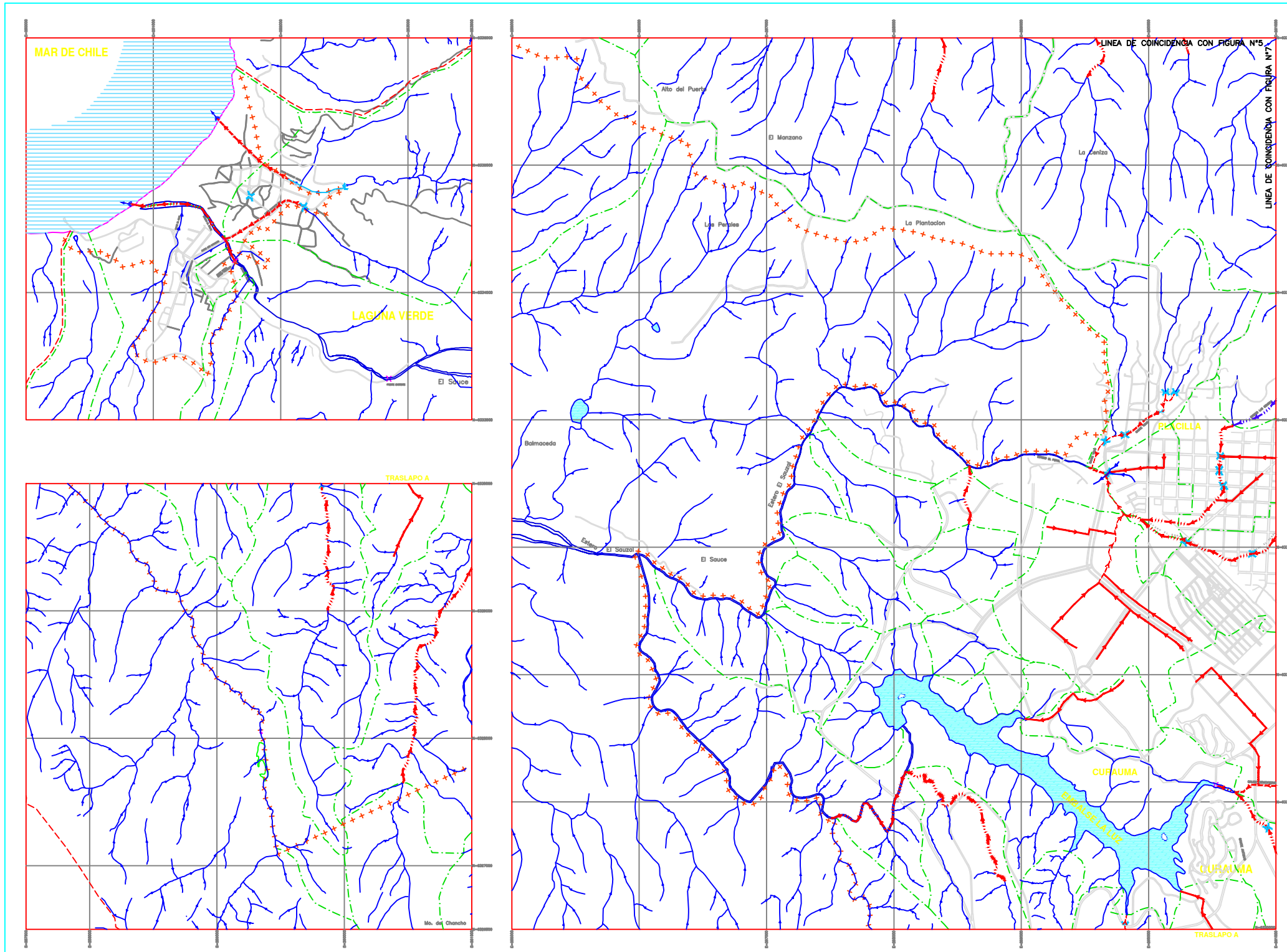


SIMBOLOGIA			
- - - - -	LIMITE EXTERNO GENERAL DE CUENCA	—●—	COLECTOR EXISTENTE PRIMARIA
+++ +	LIMITE AREA ESTUDIO	—●—	RED PROYECTADA PRIMARIA
—	CUENCA PRINCIPAL	—●—	MEJORAMIENTO CANAL PRIMARIO
—	CAMINO	—●—	QUEBRADA O ESTERO EXISTENTE MEJORADO PRIMARIO
—	QUEBRADAS MENORES	—●—	QUEBRADA O ESTERO EXISTENTE PRIMARIO
—	ESTERO	—●—	OBRA DE PROTECCION PRIMARIA
—	EMBALSE	—●—	DESARENADOR PROYECTADO PRIMARIO
—	DESCARGA EXISTENTE PRIMARIO	—●—	DESARENADOR EXISTENTE
—	DESCARGA PROYECTADA PRIMARIA	—●—	ATRAVESO EXISTENTE PRIMARIO
		—●—	ATRAVESO PROYECTADO PRIMARIO

GSI GSI INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

FIGURA N° 5
RED PRIMARIA
VALPARAÍSO 1/3



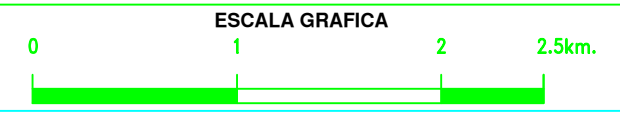
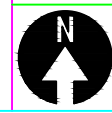


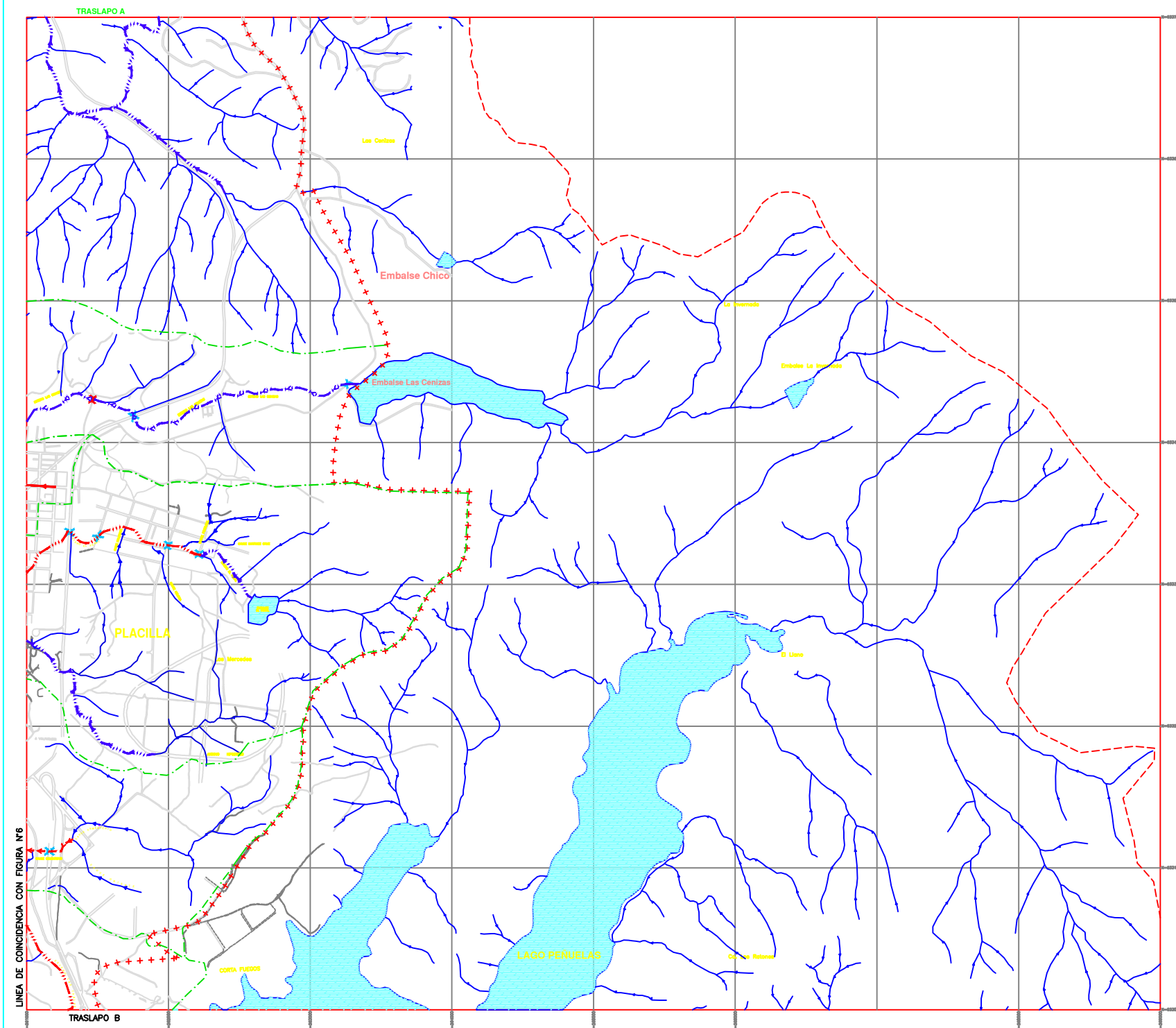
GSI GSI INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

FIGURA N° 6
RED PRIMARIA
VALPARAÍSO 2/3

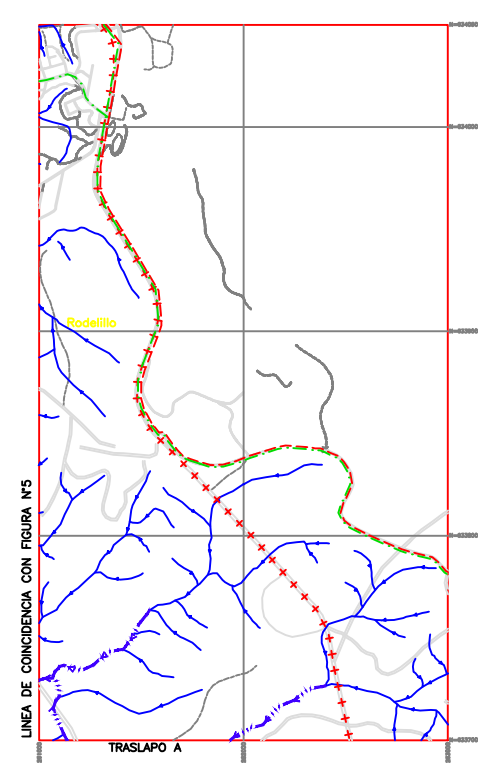
SIMBOLOGIA

---	LIMITE EXTERNO GENERAL DE CUENCA	—	COLECTOR EXISTENTE PRIMARIA
+++	LIMITE AREA ESTUDIO	—	RED PROYECTADA PRIMARIA
—	CUENCA PRINCIPAL	—	MEJORAMIENTO CANAL PRIMARIO
—	CAMINO	—	QUEBRADA O ESTERO EXISTENTE MEJORADO PRIMARIO
—	QUEBRADAS MENORES	—	QUEBRADA O ESTERO EXISTENTE PRIMARIO
—	ESTERO	—	OBRA DE PROTECCION PRIMARIA
—	EMBALSE	—	DESARENADOR PROYECTADO PRIMARIO
—	DESCARGA EXISTENTE PRIMARIO	—	DESARENADOR EXISTENTE
—	DESCARGA PROYECTADA PRIMARIA	—	ATRAMIESO EXISTENTE PRIMARIO
		—	ATRAMIESO PROYECTADO PRIMARIO

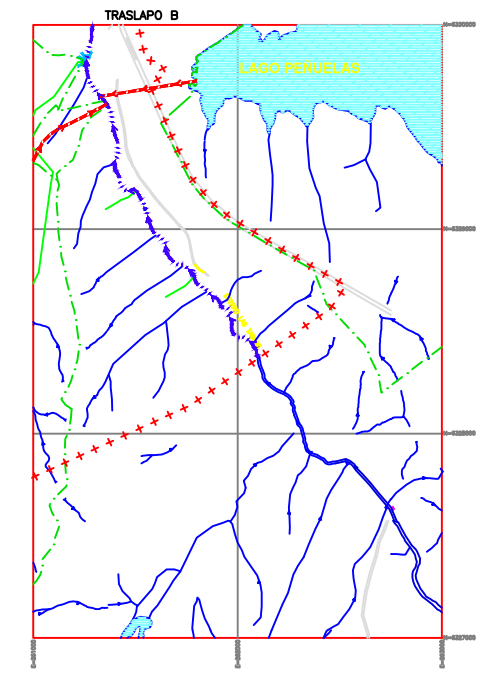




LINEA DE COINCIDENCIA CON FIGURA N°6

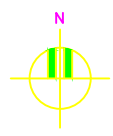


LINEA DE COINCIDENCIA CON FIGURA N°5



SIMBOLOGIA

---	LIMITE EXTERNO GENERAL DE CUENCA	—	COLECTOR EXISTENTE PRIMARIA
+++	LIMITE AREA ESTUDIO	—	RED PROYECTADA PRIMARIA
—	CUENCA PRINCIPAL	—	MEJORAMIENTO CANAL PRIMARIO
—	CAMINO	—	QUEBRADA O ESTERO EXISTENTE MEJORADO PRIMARIO
—	QUEBRADAS MENORES	—	QUEBRADA O ESTERO EXISTENTE PRIMARIO
—	ESTERO	—	OBRA DE PROTECCION PRIMARIA
—	EMBALSE	—	DESARENADOR PROYECTADO PRIMARIO
—	DESCARGA EXISTENTE PRIMARIO	—	DESARENADOR EXISTENTE
—	DESCARGA PROYECTADA PRIMARIA	—	ATRASVISO EXISTENTE PRIMARIO
		—	ATRASVISO PROYECTADO PRIMARIO



GSI GSI INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

FIGURA N° 7
RED PRIMARIA VALPARAÍSO 3/3



12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Plan Maestro de evacuación y drenaje de las aguas lluvias del Gran Valparaíso, constituye una herramienta de planificación general, destinada a definir y orientar la programación de inversiones en obras.

12.1 Conclusiones

Luego de haber realizado las distintas etapas del Plan Maestro, las conclusiones más relevantes son presentadas a continuación.

La red de aguas lluvias de Valparaíso es separada en toda el área de estudio.

En relación a la cobertura del sistema de evacuación de aguas lluvias, esta es aceptable en la ciudad y hay sectores que no cuentan con una red de drenaje bien establecida, como Curauma, Placilla y Laguna Verde.

El estado de mantenimiento de las redes de aguas lluvias catastradas es relativamente bueno desde un punto de vista estructural, sin embargo sus principales esteros no cuentan con una sección bien definida ni con revestimiento de sus costados. Debido a que la ciudad presenta problemas de sedimentos, dada la escasa cobertura vegetal de los suelos, las labores de mantención se limitan a retirar sedimentos desde desarenadores y cauces en las campañas de limpieza antes de la temporada invernal.

En relación a los problemas ocasionados por las aguas lluvias, ellos corresponden básicamente a anegamientos de calles e inundación de puntos bajos o sectores aledaños a los canales. Las causas de estos problemas son básicamente la falta de capacidad hidráulica, la falta de cobertura adecuada de las redes (y los procesos de erosión y arrastre de sedimentos desde los cerros circundantes).

Durante el proceso, el estudio identificó que en **la ciudad de Valparaíso** existen 23 puntos que cada invierno se inundan. Entre ellas se pueden citar desbordes de colectores afluentes al Cauce Avenida Argentina, inundaciones en calle Simón Bolívar, San Ignacio, Francia, Las Heras, Rodríguez y Colón.

En **Placilla de Peñuelas** son 11 las zonas de inundación, siendo los casos principales los correspondientes a los desbordes de los esteros Las Cenizas y El Peral, a los que se agregan las calles no pavimentadas de baja pendiente que presentan anegamientos y lodazales y en las de mediana y alta pendiente, en que se presentan socavaciones y arrastre de sedimentos.

En **Curauma** se identificó 3 sectores con problemas de inundación, siendo el más importante, por su extensión el asociado al estero Las Tablas. Sin embargo se trata en esta localidad de terrenos no habitados aún.

En **Laguna Verde** se detectó 9 áreas de inundación principales, siendo la mayor la provocada por el desborde del estero El Sauce en las cercanías de su desembocadura al mar.

Las obras que componen las soluciones a construir corresponden a aquellas técnico-económicamente más adecuadas para dar solución a las áreas a sanear. Las soluciones estructurales propuestas consisten básicamente en proyectos de nuevos colectores en zonas sin cobertura suficiente, el reemplazo o el refuerzo de colectores existentes para aumentar su capacidad y en la delimitación de esteros.

El costo total de inversión de los proyectos, asciende a \$ 13.502.341.449 en moneda de agosto de 2001. De ese monto \$ 11.011.000.000 es requerido en la Red Primaria.

A continuación se presenta el listado de los proyectos requeridos, ordenados por prioridad:

Cuadro N° 8
Prioridad y Monto de los Proyectos

Proyecto	Total Proyecto \$
Valparaíso	2.705.390.283
Placilla	3.316.047.216
Curauma	3.966.982.917
Laguna Verde	3.513.921.032
Total Area de Estudio	13.502.341.449

Fuente: Elaboración Propia

Desde el punto de vista ambiental, analizados los proyectos en cuanto al tipo de autorización ambiental que se requiere para su ejecución, se concluyó que sólo para los proyectos relacionados con el aprovechamiento de la capacidad de regulación de las lagunas naturales, es pertinente un Estudio de Impacto Ambiental, mientras que para todos los restantes, sólo es pertinente una Declaración de Impacto Ambiental.

En la etapa de operación de los proyectos la mayor parte de los impactos previsibles tienen el carácter de positivos, lo cual implica un mejoramiento del ambiente derivado de una disminución de los problemas de inundación que afectan en forma frecuente al área de estudio.

12.2 Recomendaciones

Las principales recomendaciones que pueden plantearse a partir del desarrollo del presente estudio, son las siguientes:

- Rehabilitación de la Infraestructura Existente

La primera acción que se debe materializar es la recuperación o rehabilitación de la infraestructura existente a través de mantenciones, reparaciones menores y eliminación de obstáculos en el trazado de los cursos de evacuación.

- Aplicación del Plan

La segunda recomendación es construir las obras propuestas, siguiendo en general la prioridad establecida.

- La Red Secundaria

Una vez que el drenaje y evacuación de las aguas lluvias esté asegurado a través de la implementación de la Red Primaria, corresponde a la Red Secundaria encargarse de la incorporación controlada y sucesiva de los escurrimientos superficiales, de modo que efectivamente ingrese a la Red Primaria todo el flujo que corresponde al área aportante que definen las cuencas y subcuencas. La Red Secundaria debe asegurar la captación y conducción ordenada hasta la Red Primaria, respetando el patrón de drenaje establecido, entregando los flujos en el tramo o puntos definidos y evitando el trasvase de cuencas o subcuencas inclusive.

Es claro que este aspecto es congruente con lo que señala la Ley N° 19.525, “sobre regulación de los sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias”, al dejar en manos del Ministerio de Vivienda y Urbanismo la planificación y estudio de la Red Secundaria. La justificación de ello radica en que éstas en su conjunto representan obras de drenaje que están íntimamente ligadas o son sensibles al desarrollo urbano de los sectores a sanear. Técnicamente el correcto drenaje y evacuación de las aguas lluvias, se inicia desde la captación del agua por las calles según su pendiente, su conducción por cunetas, badenes, canaletas, depresiones de cunetas, sumideros, colectores secundarios, etc. En su conjunto, la Red Secundaria debe respetar el patrón de drenaje establecido por el Plan Maestro y asegurar el correcto funcionamiento de la Red Primaria.

12.2.1 **Carácter Normativo del Plan Maestro**

Debe establecerse a la brevedad el carácter normativo del presente Plan Maestro, de manera que sus planificaciones y recomendaciones sean obligatorias para nuevas urbanizaciones, proyectos de vialidad urbana y aspectos pertinentes de diversas ordenanzas municipales y futuros seccionales o modificaciones del Plan Regulador comunal e Intercomunal.

Otra recomendación es que todas las obras viales, de urbanización u otra naturaleza que requieran soluciones de aguas lluvias en el área de estudio, obtengan un certificado de consistencia con el Plan Maestro otorgado por la D.O.H. Regional.

La definición de la Red Básica establecida en el estudio permite gravar el uso del suelo para privilegiar la existencia de sistemas de evacuación donde se ha detectado su necesidad a efectos de producir una controlada evacuación de las aguas lluvias.

12.2.2 Actualizaciones del Plan Maestro

Aunque el horizonte de tiempo previsto en este Plan Maestro es hasta el año 2030, el estudio debe ser sometido a un continuo proceso de actualización y adaptación a la nueva información disponible y a la dinámica urbana real de la ciudad.

La priorización propuesta en el Plan Maestro debe ser objeto de revisiones periódicas y modificaciones que vayan incorporando las políticas institucionales que correspondan, de modo que en su aplicación exista completo acuerdo y coordinación entre el MOP y el MINVU.

12.2.3 Estudios Hidrológicos y Calibración de modelos

Con el fin de mejorar la calidad y representatividad de la información necesaria para el continuo y permanente mejoramiento del Plan Maestro, así como para la gestión y operación de la red de drenaje de aguas lluvias, se recomienda:

Dotar a una o más de las estaciones pluviométricas locales existentes con pluviógrafos.

Desarrollar un plan de monitoreo en la red, con estaciones dotadas de medidores de caudal y de precipitaciones, lo cual permitiría crear una base de datos hidrometeorológicos más completa y representativa de las zonas urbanas y de expansión de la ciudad, y de datos de calidad de las aguas drenadas y conducidas por la red.

Lo anterior permitiría calibrar el modelo empleado, para su aplicación en los estudios a nivel de Ingeniería de Detalle.

En una perspectiva más amplia, toda la información generada a lo largo del tiempo servirá para optimizar la operación, gestión y control de la red de drenaje en situaciones normales y de crisis.

12.2.4 Optimización de soluciones

En las etapas de anteproyecto y de ingeniería de detalle de las soluciones estructurales propuestas en este Plan Maestro, deberá procederse a un análisis profundo para lograr los diseños más efectivos para los sistemas de retención y control de sedimentos, tanto en su origen (captaciones, etc.) como a lo largo de los colectores mismos.

Asimismo, en dichas etapas deberá darse suficiente importancia a la ubicación, optimización del diseño y facilidades para la mantención de los sumideros. Al respecto, debe procederse a una revisión exhaustiva de la interesante experiencia extranjera al respecto.

12.2.5 Desarrollo de Proyectos Futuros

A nivel institucional regional, debe mantenerse un equipo de profesionales especializados en temas de aguas lluvias, con conocimiento de las redes, de la infraestructura de la ciudad y de los aspectos urbanos que inciden y tienen importancia relevante en estas materias.

Por otro lado, el análisis y diseño de los sistemas de aguas lluvias, deben ser encomendados a ingenieros especializados en estas materias, que usen técnicas modernas en la simulación, desarrollo y presentación de proyectos de aguas lluvias y que interactúen adecuadamente con otros profesionales responsables de los proyectos de urbanización y/o vialidad urbana.

Otra recomendación es que todas las obras viales, de urbanización u otra naturaleza que requieran soluciones de aguas lluvias en el área de estudio, obtengan un certificado de consistencia con el Plan Maestro otorgado por la D.O.H. regional.

12.2.6 Operación y Mantenimiento

Debe establecerse oficialmente a la brevedad un programa específico permanente de operación y mantenimiento de las redes de aguas lluvias existentes y futuras, para asegurar así la efectividad de las soluciones propuestas en este Plan Maestro. Esta actividad debe contar con el suficiente personal idóneo y un presupuesto seguro y estable anualmente.

Se recomienda elaborar un manual de inspección y mantención para el sistema propuesto.

12.2.7 Medidas no Estructurales

Como complemento a las soluciones estructurales propuestas, deben implementarse diversas medidas de tipo no estructural como las propuestas en detalle en el capítulo correspondiente del informe. Estas medidas son del siguiente tipo:

- Información y educación
- Control y uso de suelo
- Sistema de alerta y emergencia
- Medidas de no inundabilidad
- Seguros
- Institucionalidad general

Además, el Plan Maestro debe ser dado a conocer a las diversas autoridades locales, y difundido entre planificadores urbanos y loteadores futuros, de manera que sus planes sectoriales y locales sean compatibles y consistentes con este instrumento.

Se ha estimado una inversión para el área de estudio de \$ 84.600.000 al año y de \$ 213.000.000 por una vez.

12.2.8 Aspectos Ambientales

En las especificaciones técnicas y bases administrativas para el diseño definitivo y la construcción de los sistemas de aguas lluvias, deberán explicitarse las medidas preventivas, correctivas y de mitigación de los impactos negativos más relevantes que se detallan en el capítulo respectivo del informe. Dichas medidas se refieren a aspectos tales como: etapas de construcción, emanación de polvo, ruidos, tráfico vehicular, restricciones de acceso, inestabilidad de taludes, transporte de excedentes, erosión y deforestación, sitios arqueológicos y monumentos nacionales.

12.2.9 Información para evaluaciones económicas

Dada la crítica situación de información adecuada, completa y continua que es necesaria para efectuar una adecuada y realista evaluación socioeconómica de los proyectos de aguas lluvias, se recomienda establecer un sistema especial de información, que a cargo de una institución específica, permita establecer a corto y mediano plazo una base de datos detallado, sobre los daños ocasionados por los problemas de aguas lluvias en sectores urbanos.

Esta información a lo menos debe identificar: la ubicación espacial de los daños, la caracterización socioeconómica y magnitud de la población afectada, las causas de los daños, su naturaleza o descripción, y las consecuencias de los mismos.

12.2.10 Proposiciones Complementarias al Plan Maestro

El efecto antrópico sobre la cobertura vegetal ha sido estimado sobre la base de las tendencias actuales, y por lo tanto establecer su dinámica durante 30 años es de un alto grado de imprecisión. Por ello resulta conveniente considerar proposiciones complementarias al Plan, tendientes a que efectivamente se materialice una situación de forestación, como la prevista por el Plan Maestro o aún más favorable, con una cobertura vegetal más densa, estable, menos expuesta a incendios, menos frágil como ecosistema.

Se recomienda un reforzamiento de las políticas de CONAF, promovido desde el MOP, en que su quehacer incentive a privados a la aplicación de sus planes de manejo forestal, y por si misma la institución considere mayores inversiones en la zona.

Se debe buscar soluciones al problema de la ocurrencia de incendios forestales, sobre la base de un mayor control de las causas que los generan, y campañas de educación y difusión sobre la importancia de la mantención del recurso forestal para la población.

Se debe incentivar la forestación para asegurar la mantención e incremento de la cobertura de vegetación que protege el suelo, especialmente en cursos de agua y en taludes con propensión a la erosión, los cuales pueden ser transformados en área de protección.

Finalmente se señala que las siguientes actividades complementarias son requeridas con posterioridad a la aprobación de los estudios del Plan Maestro:

- Dictación del Decreto Supremo de aprobación del presente Plan Maestro
- Elaboración del Reglamento del Plan Maestro y relación con los urbanizadores
- Elaboración de un programa de mantención de red primaria y secundaria
- Presentación del Plan de Inversiones según la priorización, a las diversas autoridades para su financiamiento
- Confección de los proyectos de ingeniería de detalle respectivos en coordinación con el MINVU, SERVIU, CONCESIONES y VIALIDAD
- Construcción de las Obras
- Puesta en Servicio de las obras
- Programa de monitoreo en la red