



**DIRECCIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS**

**CONSULTORÍA PM - 04**

**PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE  
DE AGUAS LLUVIAS  
DE CONCEPCION, VIII REGION**

**RESUMEN EJECUTIVO**

**JUNIO 2001**

**CONIC-BF**  
Ingenieros Civiles Consultores

## INDICE RESUMEN EJECUTIVO

1.	OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO.....	1
2.	ESTUDIOS BASICOS .....	1
2.1	Estudio de las Precipitaciones.....	1
2.2	Estudios de Suelos .....	3
2.3	Estudios de Crecidas.....	3
3.	INFRAESTRUCTURA EXISTENTE .....	3
3.1	Catastro de Redes de Colectores.....	3
3.2	Catastro de Canales .....	5
3.3	Catastro y Capacidad de Cauces Naturales .....	5
3.4	Caracterización de las Laguna Naturales.....	7
3.5	Catastro de las vías evacuadoras principales .....	7
4.	PATRON DE DRENAJE .....	7
5.	DIAGNOSTICO DE LA INFRAESRUCTURA EXISTENTE.....	9
6.	SOLUCIONES ESTUDIADAS .....	14
6.1	Identificación y evaluación preliminar de alternativas de solución .....	14
6.2	Análisis y Selección de Alternativas de Solución .....	14
6.3	Desarrollo y Viabilidad de las Soluciones Propuestas .....	16
7.	PRIORIZACION DE SOLUCIONES Y CRONOGRAMA DE COSTOS .....	16
8.	DEFINICION DE LA RED PRIMARIA Y CRONOGRAMA DE COSTOS PROPUESTO .....	20
9.	ASPECTOS DE EROSION Y DEFORESTACION DE LAS CUENCAS .....	20
10.	ANALISIS DE IMPACTO AMBIENTAL.....	23
11.	MEDIDAS NO ESTRUCTURALES .....	25
12.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	26
12.1	Conclusiones .....	26
12.2	Recomendaciones .....	27

## RESUMEN EJECUTIVO

### 1. OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO

El objetivo principal de este trabajo es desarrollar el Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de la ciudad de Concepción, en la VIII Región del Bío Bío, de acuerdo a los lineamientos y Términos de Referencia requeridos por la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) del Ministerio de Obras Públicas (MOP), debiendo dicho Plan constituir un instrumento de planificación del Sistema de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias en esta ciudad.

Los objetivos específicos del Plan Maestro son los siguientes:

- Proveer las soluciones al problema de evacuación y drenaje de aguas lluvias en el área de estudio, para un horizonte de planificación al año 2025.
- Identificar, caracterizar y priorizar un conjunto de proyectos que permita proponer un cronograma de inversiones para implementar el Plan Maestro.
- Definir la Red Primaria del Sistema de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias, según lo requerido por la Ley N° 19.525.

El área de estudio comprende a la ciudad de Concepción, según queda definida por los límites establecidos en el Plan Regulador Metropolitano de Concepción, en su versión en revisión del año 1999, y cuyo horizonte de tiempo es el año 2025.

El clima de Concepción corresponde al tipo Templado Cálido Lluvioso, con una precipitación anual promedio de 1110 mm, una temperatura media anual promedio de 12,2 °C y 74 días de lluvia en el año, en promedio. Los tres cursos naturales de importancia con directa relación al área del estudio, son el río Bío Bío, el río Andalién y el Estero Nonguén. El relieve tiene bastantes variaciones de pendientes, comprendiendo diversas serranías propias de la Cordillera de la Costa y varios cerros aislados tales como los cerros: Caracol, Chepe, Chacabuco, y La Pólvora. El área de estudio contiene cinco lagunas naturales, a saber, las lagunas: Redonda, Lo Méndez, Tres Pascualas, Lo Galindo y Lo Custodio. Según estimaciones al año 2000, la población de la ciudad de Concepción asciende a 379.860 habitantes, con un total aproximado de unas 90.000 viviendas.

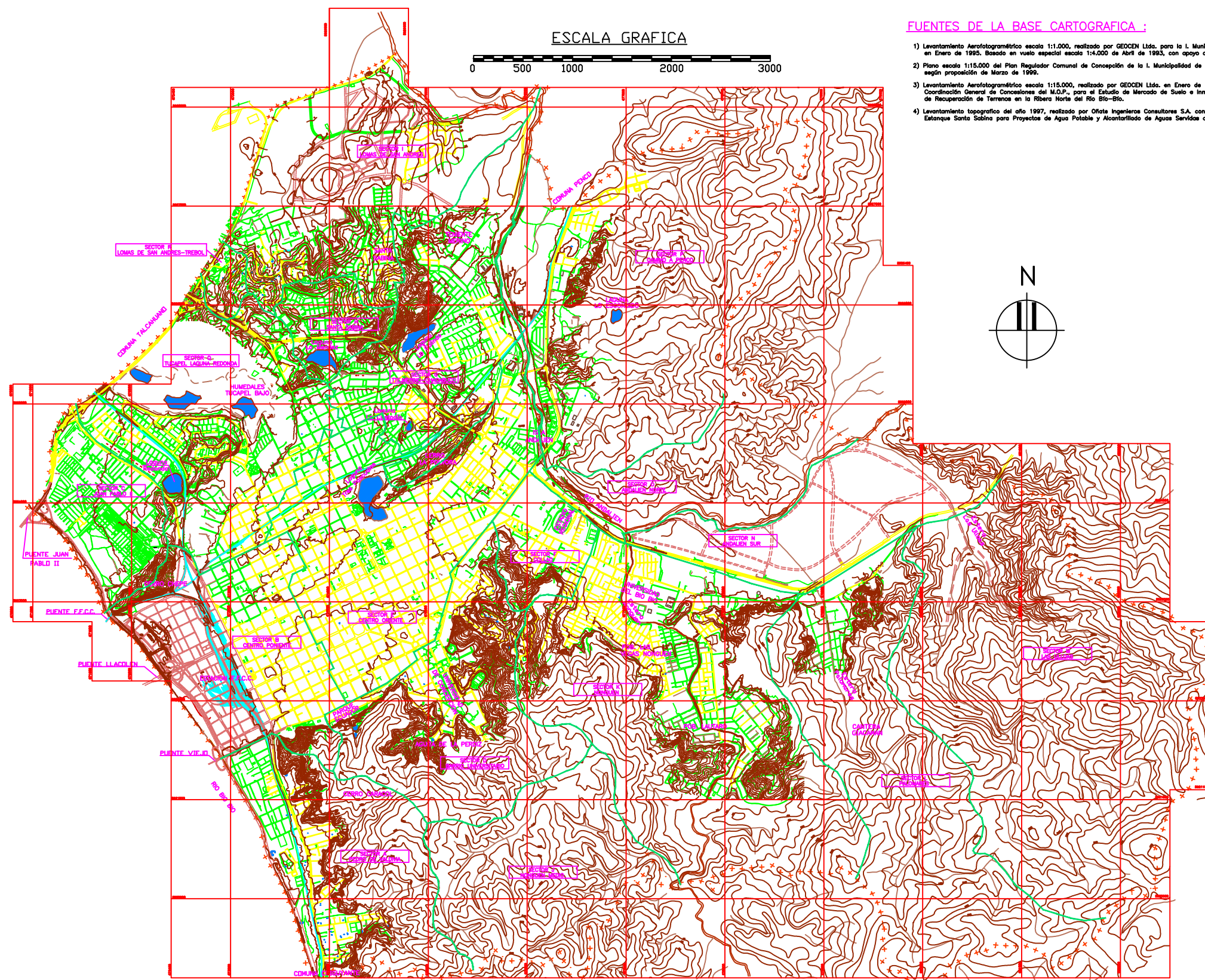
En el área de estudio, se han identificado y caracterizado 17 Sectores Hidrológicos, los cuales tienen características hidrológicas y urbanísticas relativamente homogéneas. La Figura 1.1 ilustra el área del estudio y los sectores hidrológicos identificados.

### 2. ESTUDIOS BASICOS

Al respecto, se han realizado estudios de las precipitaciones, estudios de suelos y estudios de crecidas en los cauces naturales de interés, con el objetivo de establecer su influencia en las obras de descarga de las aguas lluvias a estos cauces.

#### 2.1 Estudio de las Precipitaciones

Los estudios de las Precipitaciones, tuvieron por objetivo principal, establecer las relaciones entre la intensidad de las lluvias, sus duraciones y el correspondiente Período de Retorno, o curvas IDF. La Tabla 2.1 contiene los valores de la Precipitación Máxima Anual en 24 horas ( $P_{max24}$ ) para diferentes Períodos de Retorno (T), y las Figuras 2.1 y 2.2, contienen las curvas IDF de diseño propuestas para la ciudad de Concepción.

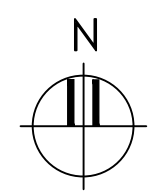


ESCALA GRAFICA



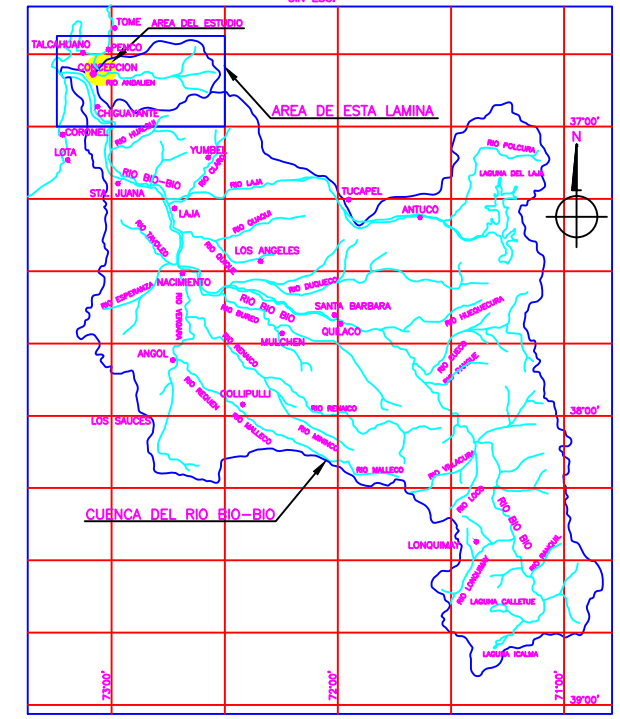
FUENTES DE LA BASE CARTOGRAFICA :

- 1) Levantamiento Aerofotogrametrico escala 1:1.000, realizado por GEOGEN Ltda. para la I. Municipalidad de Concepción en Enero de 1995. Basado en vuelo espacial escala 1:4.000 de Abril de 1993, con apoyo de terreno.
- 2) Plano escala 1:15.000 del Plan Regulador Comunal de Concepción de la I. Municipalidad de Concepción, según proposición de Marzo de 1999.
- 3) Levantamiento Aerofotogrametrico escala 1:15.000, realizado por GEOGEN Ltda. en Enero de 1998, para la Coordinación General de Concesiones del M.O.P., para el Estudio de Mercado de Suelo e Inmobiliario del Proyecto de Recuperación de Terrenos en la Ribera Norte del Río Bío-Bío.
- 4) Levantamiento topografico del año 1997, realizado por Ofite Ingenieros Consultores S.A. con base en P.R. IGM, del Estanque Santa Sabina para Proyectos de Agua Potable y Acondicionamiento de Aguas Servidas del sector Tierras Coloradas.



SIMBOLOGIA	
---+---+---+---	LIMITE DEL AREA DE ESTUDIO Y LIMITE COMUNAL
---	SECTORES HIDROLOGICOS
---	LAGO O LAGUNA
---	CURVA DE NIVEL INDICE
---	CALLE PAVIMENTADA
---	CALLE SIN PAVIMENTAR
---	HUELLA O SENDERO
---	CURSO NATURAL DE AGUA
---	QUEBRADA INTERMITENTE
---	CANAL
---	VALIEDA PROYECTADA

UBICACION GENERAL SIN ESC.



<p><b>conic - bf</b> Ingenieros Civiles Consultores</p>	<p>PROYECTO <b>PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS, DE CONCEPCION</b></p>
	<p>MATERIA <b>AREA DE ESTUDIO Y SECTORES HIDROLOGICOS</b></p>
	<p>Escala : SIN ESC      FIGURA 1.1</p>



**TABLA 2.1**  
**PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA EN 24 HRS. (mm)**

T (años)	P <sub>max24</sub>
2	83,5
5	109,9
10	127,5
25	149,6
50	166,1
100	182,4

Para los cálculos de escorrentía en las cuencas urbanas, se consideró un hietograma de diseño adimensional y centrado con respecto a la duración total de la lluvia considerada.

La Figura 2.3 ilustra el porcentaje de días en el año en que llueven distintos rangos de precipitación.

## **2.2 Estudios de Suelos**

De acuerdo a los antecedentes contenidos en el Plan Regulador de la ciudad de Concepción, se caracterizó la situación actual y futura de los suelos en el área del estudio, en cada uno de los sectores hidrológicos contemplados. A su vez, sobre la base de dicha caracterización, se efectuó una clasificación hidrológica de los suelos, tanto en el área de estudio propiamente tal, como en las cuencas afluentes a ella. En la Figura 2.4 se incluye a escala reducida, y para la situación actual y futura, la distribución de los coeficientes de escorrentía en el área de estudio.

## **2.3 Estudios de Crecidas**

En la Tabla 3.1 se incluyen respectivamente los caudales máximos instantáneos, para diferentes Períodos de Retorno, en los sectores de interés de los ríos Bío Bío y Andalién y en los esteros Nonguén, Palomares y Las Ulloa. Con esta información, en el Capítulo 3 del Informe Final, se calculan las cotas del eje hidráulico frente a cada descarga de aguas lluvias, concluyéndose que en general, todas las descargas de aguas lluvias quedan ahogadas en diferentes grados por las crecidas de dichos cauces para Períodos de Retorno a lo menos iguales y superiores a 5 años.

## **3. INFRAESTRUCTURA EXISTENTE**

### **3.1 Catastro de Redes de Colectores**

Se efectuó en terreno un catastro de 710 cámaras de inspección, 75 descargas a cauces y 4 desagües de lagunas, el cual fue complementado con la información contenida en diversos proyectos existentes de aguas lluvias. El conjunto de la información procesada para los 90 colectores identificados y codificados, se incluye en las planchetas de catastro contenida en los Planos 8 a 30 a Escala 1:2500 del Informe Final, los cuales se complementan en el Anexo 6.2 de dicho informe, con las planillas que resumen toda la información catastrada en cámaras, descargas y desagües.

Sobre la base de la información obtenida del catastro, se evaluó la capacidad hidráulica de 70 sistemas de colectores de la red de aguas lluvias, tanto para la situación actual de mantenimiento, como para la situación futura mejorada. Los resultados obtenidos se incluyen en las Tablas 4.3; 4.4; 4.5 y 4.6 del Informe Final.

FIGURA 2.1

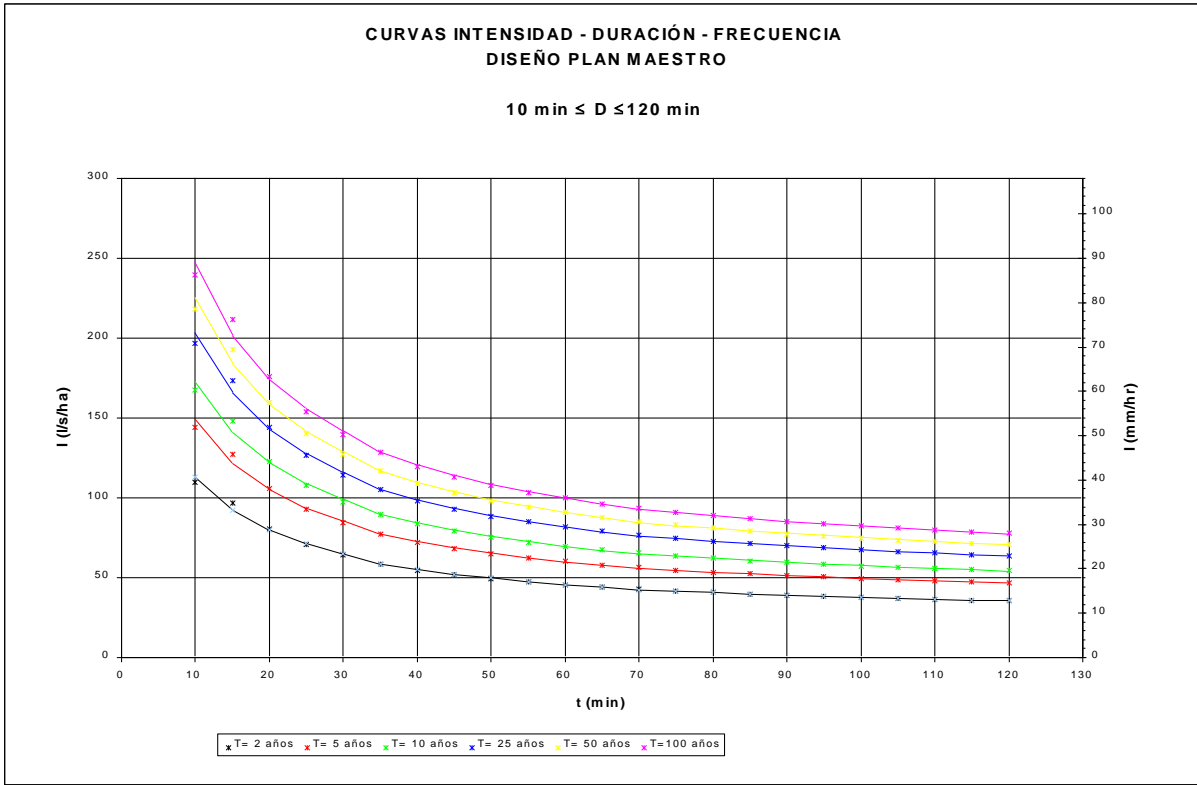


FIGURA 2.2

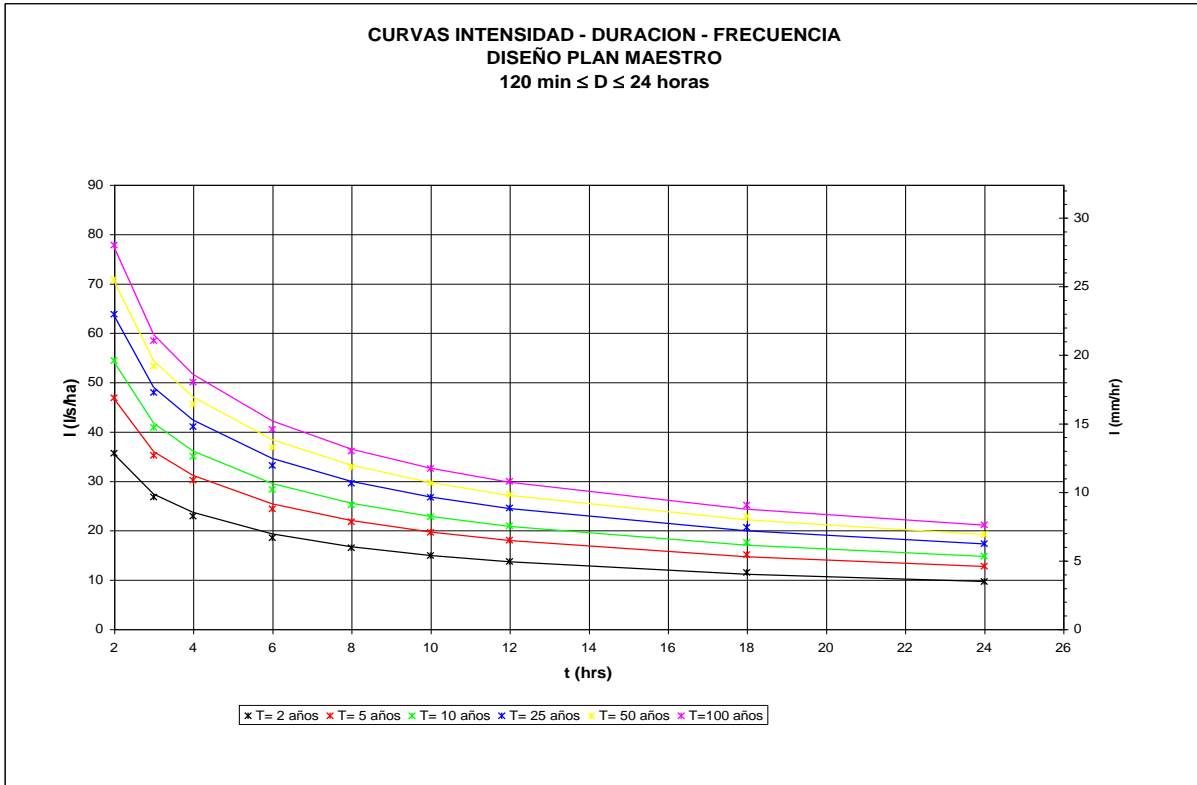
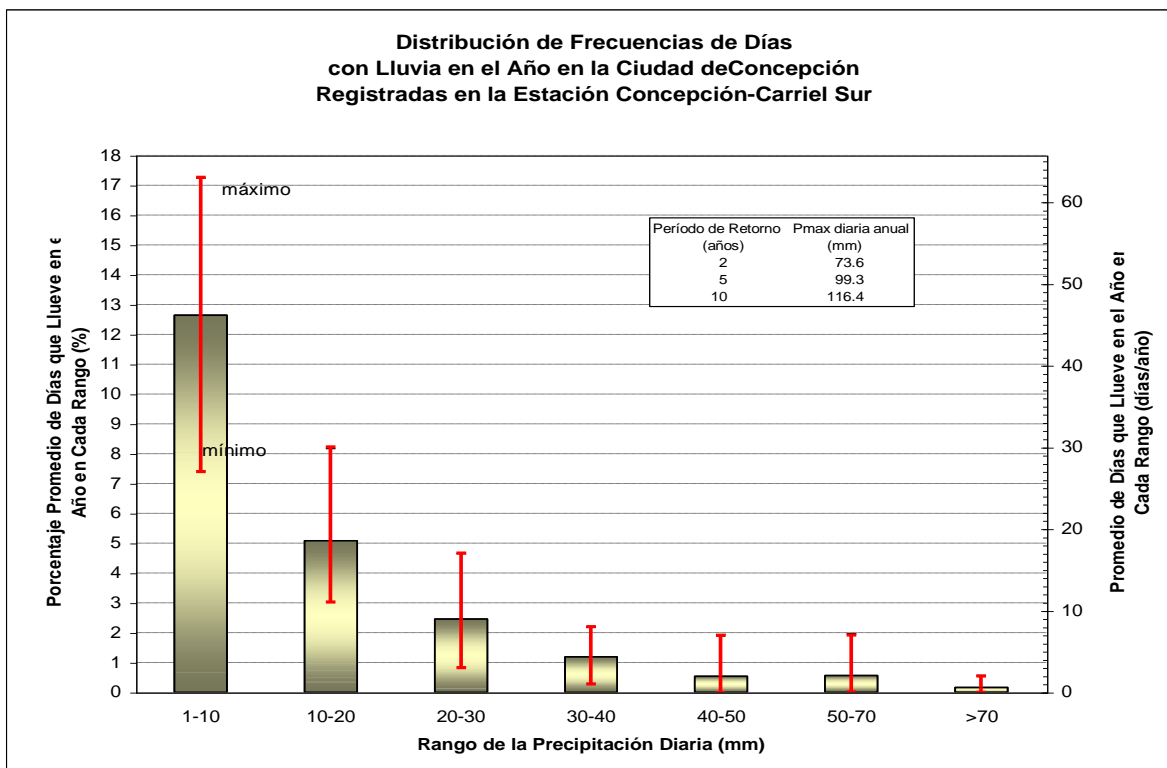


FIGURA 2.3



### 3.2 Catastro de Canales

Se identificaron 12 canales que tienen relación con el sistema de evacuación y drenaje de aguas lluvias de la ciudad. En base a diversos trabajos de terreno y a la información disponible de proyectos existentes anteriores, se efectuó un catastro de cada uno de estos canales especialmente de sus secciones y puntos críticos.

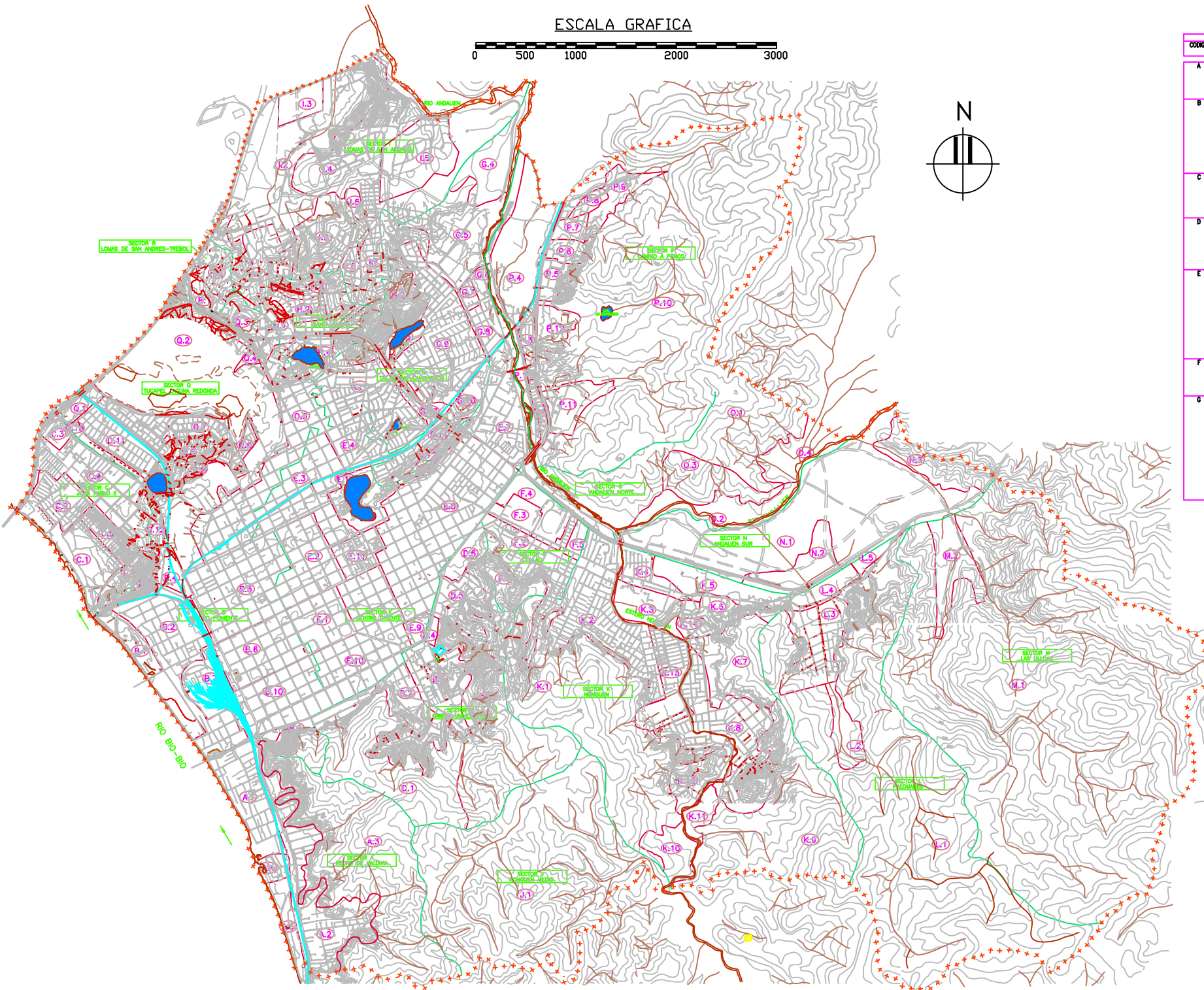
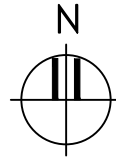
Con la información catastral de los canales, para la situación actual de mantenimiento y para una condición futura mejorada, se evaluó la capacidad hidráulica de cada uno de ellos en diferentes tramos de su trazado, y en cada sección singular o crítica existente. Los resultados obtenidos están contenidos en los Planos 8 a 30 de las planchetas de catastro, en las Tablas 4.9 y 4.10 del Informe Final, y en las correspondientes planillas de catastro que se incluyen en el Anexo 6.3 de dicho informe.

### 3.3 Catastro y Capacidad de Cauces Naturales

Los cauces naturales, que por los alcances del estudio y sus trazados correspondió catastrar, son: el río Andalién, y los esteros Nonguén, Palomares y Las Ulloa. En el río Andalién se determinaron los ejes hidráulicos para crecidas de diferentes Períodos de Retorno, a objeto de evaluar puntos de desborde según su capacidad hidráulica en diferentes sectores. Al respecto, se concluye que tal capacidad varía entre los 100 y los 150 m<sup>3</sup>/s, presentando actualmente sectores puntuales de desbordes en la ribera izquierda, entre el inicio del límite oriente del área de estudio, hasta unos 9,0 km aguas abajo. A partir de este sector, la capacidad hidráulica no supera los 50 m<sup>3</sup>/s. Todo ello corresponde aproximadamente a crecidas con Período de Retorno superiores a 2 años.

En los esteros Nonguén, Palomares y Las Ulloa, se evaluó la capacidad hidráulica en diferentes tramos característicos, sobre la base de la información catastral obtenida en terreno. Los resultados obtenidos se consignan en la Tabla 3.1 siguiente.

ESCALA GRAFICA



COEFICIENTE DE ESCORRENTIA Y CURVA NUMERO

CODIGO	SECTOR	NOMBRE	CODIGO SUBSECTOR	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA		CURVA NUMERO	
				SITUACION ACTUAL	SITUACION FUTURA	SITUACION ACTUAL	SITUACION FUTURA
A	PEDRO DE VALDIVIA		A.1	0.40	0.51	75	87
			A.2	0.35	0.35	65	87
			A.3	0.30	0.30	70	76
			A.4	0.20	0.20	80	85
B	CENTRO PONIENTE		B.1	0.10	0.05	60	86
			B.2	0.40	0.05	75	86
			B.3	0.30	0.05	70	86
			B.4	0.20	0.05	75	86
			B.5	0.25	0.05	75	86
			B.6	0.30	0.05	70	86
			B.7	0.40	0.05	70	86
			B.8	0.20	0.20	65	74
			B.9	0.30	0.34	70	77
			B.10	0.20	0.08	69	91
C	JUAN PABLO II		C.1	0.10	0.05	60	88
			C.2	0.20	0.05	65	87
			C.3	0.30	0.05	65	87
			C.4	0.20	0.05	80	89
D	BARRIO UNIVERSITARIO		D.1	0.30	0.33	70	78
			D.2	0.45	0.49	75	85
			D.3	0.20	0.25	80	85
			D.4	0.25	0.25	85	85
E	CENTRO ORIENTE		E.1	0.40	0.48	75	85
			E.2	0.35	0.35	80	86
			E.3	0.35	0.31	77	89
			E.4	0.30	0.30	75	81
			E.5	LAGUNA	LAGUNA	LAGUNA	LAGUNA
			E.6	0.20	0.25	60	86
			E.7	0.20	0.20	78	79
			E.8	0.34	0.34	85	85
			E.9	0.25	0.25	85	85
			E.10	0.15	0.34	65	82
F	COLLAO		F.1	0.30	0.35	70	78
			F.2	0.45	0.45	65	88
			F.3	0.20	0.20	78	84
			F.4	0.30	0.33	67	89
			F.5	0.20	0.43	65	85
			F.6	0.40	0.50	75	84
			F.7	0.30	0.30	75	87
			F.8	0.25	0.25	70	85
			F.9	0.15	0.17	75	85
			F.10	0.40	0.20	75	80
			F.11	0.40	0.25	75	85
			F.12	0.25	0.25	75	74
G	TENIENTE MERRINO - CHICBUCCO		G.1	0.40	0.50	75	84
			G.2	0.30	0.32	70	80
			G.3	LAGUNA	LAGUNA	LAGUNA	LAGUNA
			G.4	0.20	0.32	65	79
			G.5	0.20	0.20	65	83
			G.6	0.20	0.26	75	87
			G.7	0.20	0.25	70	85
			G.8	0.20	0.25	70	85
			G.9	0.20	0.20	75	80
			G.10	0.40	0.20	75	80
H	SANTA SABINA		H.1	0.35	0.51	72	84
			H.2	0.25	0.25	77	85
			H.3	0.20	0.21	75	83
			H.4	0.20	0.20	80	84
I	LOMAS DE SAN ANDRES		I.1	LAGUNA	LAGUNA	LAGUNA	LAGUNA
			I.2	0.50	0.50	80	85
			I.3	0.20	0.20	70	85
			I.4	0.20	0.21	72	84
			I.5	0.20	0.20	70	85
			I.6	0.20	0.28	70	85
			I.7	0.20	0.20	80	85
			I.8	0.20	0.20	80	85
			I.9	0.20	0.20	75	82
			I.10	0.20	0.20	75	82
J	HONGUEN MEDIO		J.1	0.30	0.34	70	80
			J.2	0.20	0.20	65	79
			J.3	0.20	0.20	65	79
			J.4	0.20	0.20	72	83
			J.5	0.20	0.24	70	87
			J.6	0.20	0.20	70	82
			J.7	0.20	0.20	72	81
			J.8	0.20	0.28	75	85
			J.9	0.20	0.41	72	81
			J.10	0.20	0.20	65	81
			J.11	0.20	0.20	70	81
			J.12	0.20	0.20	70	81
			J.13	0.20	0.20	70	81
			J.14	0.40	0.20	75	85
L	PALOMARES		L.1	0.30	0.30	72	78
			L.2	0.20	0.20	75	81
			L.3	0.20	0.20	75	81
			L.4	0.20	0.20	80	80
			L.5	0.20	0.20	72	79
M	LAS ULLOAS		M.1	0.25	0.25	72	79
			M.2	0.25	0.20	67	88
N	ANDALEN SUR		N.1	0.20	0.24	65	82
			N.2	0.20	0.24	70	82
O	ANDALEN NORTE		O.1	0.25	0.25	67	79
			O.2	0.20	0.20	72	80
P	CAMINO A PENCO		P.1	0.20	0.20	65	79
			P.2	0.25	0.25	65	85
			P.3	0.40	0.40	70	80
			P.4	0.15	0.15	60	80
			P.5	0.20	0.20	75	85
			P.6	0.20	0.20	70	80
			P.7	0.20	0.20	85	88
			P.8	0.20	0.20	85	88
			P.9	0.20	0.20	70	80
			P.10	0.20	0.20	70	80
Q	TUCAPEL LAGUNA REDONDA		Q.1	0.20	0.20	65	87
			Q.2	0.05	0.45	30	82
			Q.3	0.20	0.20	70	80
			Q.4	0.20	0.20	65	78
			Q.5	0.45	0.51	78	92
			Q.6	0.20	0.20	80	83
			Q.7	0.20	0.20	80	83
			Q.8	0.20	0.20	80	83
			Q.9	0.20	0.20	80	83
			Q.10	LAGUNA	LAGUNA	LAGUNA	LAGUNA
R	LOMAS DE SAN ANDRES - TIBOL		R.1	0.20	0.21	67	73
			R.2	0.20	0.20	80	81

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA Y CURVA NUMERO

CODIGO	SECTOR	NOMBRE	CODIGO SUBSECTOR	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA		CURVA NUMERO	
				SITUACION ACTUAL	SITUACION FUTURA	SITUACION ACTUAL	SITUACION FUTURA
H	SANTA SABINA		H.1	0.35	0.51	72	84
			H.2	0.25	0.25	77	85
			H.3	0.20	0.21	75	83
			H.4	0.20	0.20	80	84
I	LOMAS DE SAN ANDRES		I.1	LAGUNA	LAGUNA	LAGUNA	LAGUNA
			I.2	0.50	0.50	80	85
			I.3	0.20	0.20	70	85
			I.4	0.20	0.21	72	84
			I.5	0.20	0.20	70	85
			I.6	0.20	0.28	70	85
			I.7	0.20	0.20	80	85
			I.8	0.20	0.20	80	85
			I.9	0.20	0.20	75	82
			I.10	0.20	0.20	75	82
J	HONGUEN MEDIO		J.1	0.30	0.34	70	80
			J.2	0.20	0.20	65	79
			J.3	0.20	0.20	65	79
			J.4	0.20	0.20	72	83
			J.5	0.20	0.24	70	87
			J.6	0.20	0.20	70	82
			J.7	0.20	0.20	72	81
			J.8	0.20	0.28	75	85
			J.9	0.20	0.41	72	81
			J.10	0.20	0.20	65	81
			J.11	0.20	0.20	70	81
			J.12	0.20	0.20	70	81
			J.13	0.20	0.20	70	81
			J.14	0.40	0.20	75	85
L	PALOMARES		L.1	0.30	0.30	72	78
			L.2	0.20	0.20	75	81
			L.3	0.20	0.20	75	81
			L.4	0.20	0.20	80	80
			L.5	0.20	0.20	72	79
M	LAS ULLOAS		M.1	0.25	0.25	72	79
			M.2	0.25	0.20	67	88
N	ANDALEN SUR		N.1	0.20	0.24	65	82
			N.2	0.20	0.24	70	82
O	ANDALEN NORTE		O.1	0.25	0.25	67	79
			O.2	0.20	0.20	72	80
P	CAMINO A PENCO		P.1	0.20	0.20	65	79
			P.2	0.25	0.25	65	85
			P.3	0.40	0.40	70	80
			P.4	0.15	0.15	60	80
			P.5	0.20	0.20	75	85
			P.6	0.20	0.20	70	80
			P.7	0.20	0.20	85	88
			P.8	0.20	0.20	85	88
			P.9	0.20	0.20	70	80
			P.10	0.20	0.20	70	80
Q	TUCAPEL LAGUNA REDONDA		Q.1	0.20	0.20	65	87
			Q.2	0.05	0.45	30	82
			Q.3	0.20	0.20	70	80
			Q.4	0.20	0.20	65	78
			Q.5	0.45	0.51	78	92
			Q.6	0.20	0.20	80	83
			Q.7	0.20	0.20	80	83
			Q.8	0.20	0.20	80	83
			Q.9	0.20	0.20	80	83
			Q.10	LAGUNA	LAGUNA	LAGUNA	LAGUNA
R	LOMAS DE SAN ANDRES - TIBOL		R.1	0.20	0.21	67	73
			R.2	0.20	0.20	80	81

SIMBOLOGIA

- LIMITE DE LOS SUBSECTORES
- LIMITE DE LOS SECTORES DEFINIDOS EN EL ESTUDIO
- (L4) CODIGO DE LOS SUBSECTORES
- SECTOR M LAS ULLOAS NOMBRE Y CODIGO DEL SECTOR

**conic - bf**  
Ingenieros Civiles Consultores

PROYECTO  
**PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE DE AGUAS LUVIAS, DE CONCEPCION**

MATERIA  
**COEFICIENTES DE ESCORRENTIA Y CURVAS NUMEROS DEL AREA DEL ESTUDIO. SITUACION ACTUAL Y FUTURA**

Escalas : SIN ESC. FIGURA 2.4



**TABLA 3.1**  
**CARACTERIZACIÓN DE LOS CAUCES NATURALES**

Nombre	Superficie Cuenca Aportante Km <sup>2</sup>	Longitud en el área de Estudio Km	Caudal de Crecida, según T (años) en Situación Actual					Capacidad de Conducción en Situación Actual		Afluente a o descarga en
			2 (m <sup>3</sup> /s)	5 (m <sup>3</sup> /s)	10 (m <sup>3</sup> /s)	50 (m <sup>3</sup> /s)	100 (m <sup>3</sup> /s)	Sector	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	
Río Bío-Bío	24220	6	2350	9600	11400	15200	16900	(1)	(1)	Océano Pacífico
Río Andalién	652	7	190	228	246	273	282	Km 0.0 - Km 3.0 Km 3.0 - Km 8.5 Km 8.5 - Desembocadura	50 100-150 50	Océano Pacífico
Estero Nonguén	43	4	17	29	38	57	66	200 m aguas arriba Pte. Camino a Nonguén. Frente a población Los Fresnos. Entre calle Collao y Autopista Gral Bonilla	131 69 19	Río Andalién
Estero Palomares	3	1	3	7	9	15	17	Aguas arriba Urbanización Aguas abajo Urbanización En alcantarillas	8 20 5	Río Andalién
Estero Las Ulloas (oriente)	3	--	4	8	11	18	21	Aguas arriba Autopista	17	Río Andalién
Estero Las Ulloas (poniente)	4	--	5	9	13	21	25	Aguas abajo Autopista	30	Río Andalién

(1) Sin Información

### 3.4 Caracterización de las Laguna Naturales

Sobre la base de la información existente, se caracterizaron las cinco laguna naturales del área de estudio, determinándose las características que se incluyen en la Tabla 4.3.

### 3.5 Catastro de las vías evacuadoras principales

De acuerdo a reconocimientos de terreno en días de lluvia y a la recopilación de la información periodística analizada, se identificaron 28 calles y avenidas que constituyen actualmente vías preferenciales de aguas lluvias en algunos tramos de ellas, y que por consiguiente podrían eventualmente ser potencialmente idóneas como soluciones contribuyentes complementarias a la solución de algunos problemas de aguas lluvias. Según perfiles transversales típicos y las características de estas vías, se evaluaron sus capacidades hidráulicas para conducir los flujos de aguas lluvias. Los resultados se incluyen en ella Tabla 4.24 del Informe Final.

## 4. PATRON DE DRENAJE

Con el objetivo de aportar antecedentes para efectuar la modelación hidrológica – hidráulica y el diagnóstico de los sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias del área de estudio, se identificó y se caracterizó el patrón de drenaje del área. Se entiende como patrón de drenaje, al conjunto de elementos naturales (cauces, lagunas, quebradas) y artificiales (colectores, canales, calles), que constituyen las principales vías de escurrimiento, aportes exógenos de aguas, lugares de acumulación y/o mecanismos de descargas o disposición final de aguas lluvias.

La cobertura espacial de los distintos elementos que constituyen el patrón de drenaje del área de estudio, se indica en los Planos 31, 32, 33 y 34 del Informe Final

La Tabla 4.1 (adjuntar Tabla 5.1 del Informe Final) resume las características principales de la red de colectores de aguas lluvias existente. En la Tabla 4.2 se incluyen los atributos principales de la red de canales que constituye el patrón de drenaje del área. ( Adjuntar la Tabla 5.10 del Informe Final). Las características más importantes de las calles y avenidas que constituyen vías importantes de escurrimiento, se incluyen en la Tabla 5.12 del Informe Final y las correspondientes a las 61 quebradas identificadas en el patrón de drenaje, están contenidas en la Tabla 5.14 de dicho informe. Finalmente, las características relativas a los cauces naturales se consignaron previamente en la Tabla 3.1 y las correspondientes a las Lagunas Naturales se incluyen en la Tabla 4.3 siguiente.(adjuntar la Tabla 5.16 del Informe Final).

**TABLA 4.1  
RESUMEN DE INFORMACIÓN DE SISTEMAS COLECTORES  
SEGÚN CUERPO RECEPTOR**

Cuerpo receptor de las descargas de los sistemas colector	Area aportante de los sistemas colectores (ha)	Nº total de cámaras	Nº total de sumideros	Longitud según diámetro de colectores (m)								Longitud total de colectores (m)
				<300	300-400	450-600	650-800	850-1000	1100-1400	>1400	Cajón	
Río Bío Bío	438	178	217	343	3.769	3.014	2.937	2.526	2.316	0	25	14.930
Río Andalien	389	140	143	0	2.175	1.829	2.404	1.892	0	473	110	8.883
Estero Nonguen	136	91	95	266	1.205	2.849	865	190	0	0	0	5.375
Canal Pocitas	575	217	312	0	4.100	6.162	2.834	1.860	1.892	244	705	17.797
Bajos de Tucapel	75	73	64	94	1.207	1.542	685	178	213	0	126	4.045
Otros	72	62	61	446	589	1.653	0	424	0	0	0	3.112
Total=	1.685	761	892	1.149	13.045	17.049	9.725	7.070	4.421	717	966	54.142

**TABLA 4.2  
RESUMEN ATRIBUTOS DE CANALES POR SECTOR HIDROLÓGICO**

Sector	Longitud total de canal (m)	Superficie Total Saneada (ha)	Longitud total de canal revestido (m)	Variación de la capacidad en una condición mejorada (m³/s)
A	175	66	0	0.8 - 1.5
E	981	43	981	9.1 - 2.3
G	247	63	247	0.7 - 2.0
I	1825	203	40	1.7 - 11.0
K	1457	176	1312	0.2 - 41.3
L	1968	988	1778	0.3 - 26.8
N	800	499	0	27.7 - 27.7
P	1608	136	1593	2.7 - 11.8
R	142	21	0	2.6 - 6.2
TOTALES	9.203	2.195	5.951	--

**TABLA 4.3**  
**PATRÓN DE DRENAJE**  
**LAGUNAS UBICADAS EN EL AREA DE ESTUDIO**

Nombre	Sector	Sup. m <sup>2</sup>	Ancho max / Largo max m / m	Profundidad max m	Profundidad media m	Volumen m <sup>3</sup>	Elementos Afluentes	Elementos Efluentes	Uso Actual	Uso Futuro
Lo Méndez	H	52000	196/457	5,5	1,7	87000	Colector 75 Ducto aislado (C830) Quebrada QH-1	Colector 130	Ninguno	Esparcimiento
Lo Galindo	G	40000	105 / 430	1,5 (*)	1,4 (*)	55000 (*)	Colector 130 Quebrada QG-1	Colector 12	Esparcimiento	Esparcimiento
Lo Custodio	G	10000	50 / 80	2,3 (*)	0,8 (*)	8000 (*)	Ducto (C330)	Colector 71	Ninguno	Esparcimiento
Tres Pascualas	E	58950	217 / 406	8,2	5,1	300000	Colector 32 Colector 5	Colector 86	Ninguno	Esparcimiento
Redonda	Q	41000	196 / 236	18,5	9,1	374000	Ductos aislados (2)	-	Pesca, esparc.	Esparcimiento

FUENTE: "Saneamiento de la cuenca hidrográfica del río BioBio y del área costera adyacente. Estudio de Prefactibilidad". EULA, 1993. (\*) Dato obtenido de Plancheta 1:2500

## 5. DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

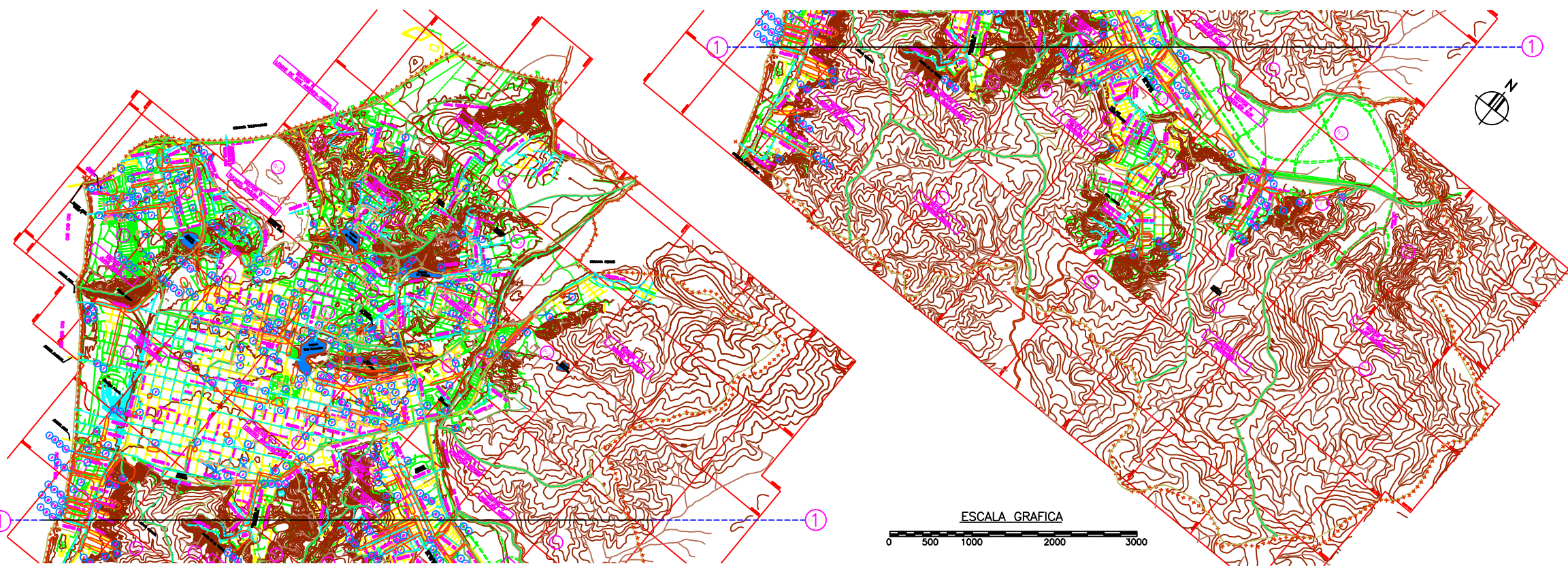
El diagnóstico de la infraestructura existente, se efectuó primeramente en forma cualitativa y preliminar, y posteriormente en forma cuantitativa y definitiva desde el punto de vista de los alcances de este Plan Maestro.

El diagnóstico cualitativo preliminar se desarrolló sobre la base de reconocimientos de terreno en días de lluvia, revisión de archivos de prensa, opiniones expertas y antecedentes obtenidos a partir de encuestas a Juntas de Vecinos. Los resultados obtenidos en términos de tipos de problemas y sectores donde ocurren, se incluyen en los planos 35 y 36 del Informe Final y en la Figura 5.1 de este Resumen Ejecutivo.

Para los sistemas de colectores y canales urbanos, el diagnóstico cuantitativo de la infraestructura existente, se efectuó por medio de una simulación computacional de su comportamiento y capacidad hidráulica, y sobre la base de los antecedentes obtenidos del catastro de los sistemas. Para la simulación, se utilizó el modelo SWMM, aplicando el Método Racional Modificado. Este modelo permitió simular el comportamiento de las cuencas urbanas, semi urbanas y rurales, para lluvias de diseño de Período de Retorno de 2, 5 y 10 años. Antes de su utilización, se procedió a efectuar un proceso de validación y calibración del modelo computacional. Los resultados detallados de este diagnóstico, para la situación actual y futura y para cada uno de los Períodos de Retorno, (T), analizados, se incluyen en el Anexo 7.4 del Informe Final y se explican para cada sector hidrológico analizado, en las Tablas 6.2 a 6.38 de dicho informe. En los puntos a) , b) y c) siguientes, se resumen los principales aspectos de este Diagnóstico.

### a. Redes de Colectores y Canales existentes

En el caso de la red de colectores de aguas lluvias, los resultados del diagnóstico indican que en general, para la situación actual, un gran porcentaje de los sistemas colectores, aproximadamente sobre la tercera parte de sus tramos, a lo menos, no poseen capacidad suficiente para lluvias con T = 2. Esta situación se hace lógicamente más crítica a futuro y para período de retorno mayores, incrementándose el número de colectores con capacidad insuficiente, en tramos cada vez mayores.



- TIPOS DE PROBLEMAS DE AGUAS LLUVIAS**
- 1. ANILLO DE CALLES Y DRENAJE
  - 2. ANILLO DE ACCESO A PUERTOS Y PASADIZOS
  - 3. ANILLO DE LINDA, CALLES O PASADIZOS
  - 4. ANILLO DE SOL, BARRIO, CANTONADO O CASERIO
  - 5. ANILLO DE ALBERGUE PARA LAS CALLES
  - 6. ANILLO DE UN BARRIO ALBERGUE O DE SOL
  - 7. ANILLO DE UN A CASO SIN CALLES
  - 8. ANILLO DE COLECTOR O TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 9. ANILLO DE TUBERIA
  - 10. ANILLO DE ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 11. ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 12. ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 13. ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 14. ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 15. ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 16. ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 17. ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 18. ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 19. ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 20. ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS

- SIMBOLOGIA**
- 1. ANILLO DE CALLES Y DRENAJE
  - 2. ANILLO DE ACCESO A PUERTOS Y PASADIZOS
  - 3. ANILLO DE LINDA, CALLES O PASADIZOS
  - 4. ANILLO DE SOL, BARRIO, CANTONADO O CASERIO
  - 5. ANILLO DE ALBERGUE PARA LAS CALLES
  - 6. ANILLO DE UN BARRIO ALBERGUE O DE SOL
  - 7. ANILLO DE UN A CASO SIN CALLES
  - 8. ANILLO DE COLECTOR O TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 9. ANILLO DE TUBERIA
  - 10. ANILLO DE ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 11. ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 12. ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 13. ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 14. ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 15. ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 16. ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 17. ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 18. ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 19. ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS
  - 20. ANILLO DE TUBERIA DE AGUAS LLUVIAS

**CANTIDAD DE LUGARES CON PROBLEMAS DE AGUAS LLUVIAS EN CADA SECTOR**

SECTOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

**FUENTES DE LA BASE CARTOGRAFICA:**

- 1. Instituto Geografico Militar, 1970, para la topografía de terreno.
- 2. Mapa de la zona de la ciudad de Concepción, 1970, para la topografía de terreno.
- 3. Instituto Geografico Militar, 1970, para la topografía de terreno.
- 4. Instituto Geografico Militar, 1970, para la topografía de terreno.

**conic - bf**  
Ingenieros Civiles  
Consultores

PROYECTO  
**PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS, DE CONCEPCION**

MAESTRO  
**TIPO Y UBICACION DE PROBLEMAS**

Escala: 1: 500 ESC. FIGURA 5.1



Por otro lado, el funcionamiento en presión de la tuberías de las redes de colectores, es coherente con lo señalado, variando el número de horas en que tal condición se produce. Para la situación actual, se observa funcionamiento en surgencia prácticamente en todos los colectores, variando sólo el número de cámaras en esta situación, la duración de las surgencias y el volumen de agua vertido hacia las cámaras. Finalmente, se observa que el estado de las tuberías y cámaras es relativamente aceptable a bueno, variando de un colector a otro el grado de sedimentos acumulados en su interior.

Los sistemas de colectores que presentan las mayores limitaciones en su capacidad y calidad de su funcionamiento, son los siguientes: Av. Inglesa; San Martín; Cochrane; Freire; Chacabuco; Calle Collao; Tegualda; Av. Andalién; Manuel Rojas; Los Lirios y Caleuche.

## **b. Cauces Naturales**

Se analizó el comportamiento hidráulico en crecidas, de los cauces de los ríos Bío Bío y Andalién y de los esteros Nonguén, Palomares, Las Ulloa y Puchacay, en sus tramos de interés con respecto al área de estudio y en relación a sus capacidades de desborde y a su influencia en las descargas de aguas lluvias.

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 de éste, produciéndose así reflujos y funcionamientos en presión. Esta situación se produce para períodos de retorno iguales o superiores a 2 años, excepto en el tramo comprendido entre Temístocles Rojas y Sanders, en que ello se produce sólo para períodos de retorno superiores a 10 años, y en el caso del Colector de calle Miraflores para T igual o superior a 5 años. En relación a los desbordes del río en el área de estudio, el mayor número de desbordes se producen en los sectores aledaños a la costanera en su ribera norte. Las de carácter menos grave ( 2/3 de los casos), afectan a menos de unas 15 familias con un T= 5 años. Los casos de inundación de grave importancia (5% de los casos), afectan a lo menos a unas 300 familias y corresponden a crecidas con T=20 años. Por otro lado, en el sector comprendido entre el Puente Juan Pablo II y el extremo de aguas arriba del sector de Pedro de Valdivia, para una crecida de T= 10 años, se inundan unas 80 has en un área densamente poblada, alcanzándose unas 195 has para crecida de T= 50 años.

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 T = 2 años; en un tramo de 4 km aguas abajo del estero Nonguén, el río sólo se desborda por la ribera izquierda para crecidas con T= 10, pero en el tramo siguiente de 2,5 km, estos desbordes se producen para crecidas de T= 2 años. Finalmente, para crecidas de T= 2 años, el río se desborda por la ribera derecha a partir de unos 2000 m aguas abajo del puente nuevo del camino a Penco.

En el estero Nonguén, las crecidas provocan ahogamiento de la mayoría de las descargas, con los respectivos reflujos en los colectores respectivos. Con respecto a sus desbordes por falta de capacidad hidráulica, éstos no se presentarían para crecidas con períodos de retorno inferiores a 50 años, excepto en el sector entre Av. Collao y la autopista General Bonilla, donde los problemas de capacidad se generan incluso para T=2 años.

El estero Palomares tiene capacidad suficiente en la zona urbanizada para crecidas de aproximadamente T= 10 años. No obstante, las verdaderas limitaciones y problemas de la parte canalizada de este estero, se producen entre el fin de la parte urbanizada y el río Andalién, en que el arrastre de sedimentos y el insuficiente sistema de alcantarillas de cruce del camino viejo a Bulnes y de la nueva autopista, limitan seriamente la capacidad, a crecidas de Período de Retorno de 2 años, aproximadamente.

La capacidad hidráulica del estero Las Ulloa en su tramo unificado aguas arriba de la autopista General Bonilla y aguas abajo de esta vía hasta el río Andalién, se ha estimado que es suficiente actualmente para crecidas de T= 5 años aproximadamente. No obstante, la verdadera limitación lo constituye la alcantarilla de cruce de la autopista, cuya capacidad limitaría la del estero a crecidas de Períodos de Retorno de 2 años y menos.

El estero Puchacay cuenta con un proyecto aprobado por la DGA que le permitiría tener una capacidad futura para las crecidas de T=100 años, contra T= 25 años, que correspondería a su capacidad actual.

### c. Diagnóstico por Sectores Hidrológicos del Area de Estudio

- ❑ **Sector A (Pedro de Valdivia).** La zona baja al poniente de la Av. Pedro de Valdivia, presenta severos problemas de inundaciones por carencia de colectores, lo que se ve agudizado por la falta de urbanización y pavimentación de calles, con los consecuentes problemas de anegamiento, arrastre y acumulación de sedimentos. En la zona alta aledaña a los cerros, ocurren deslizamientos de taludes y generación de sedimentos hacia los colectores de las calles transversales y la Av. Pedro de Valdivia.
- ❑ **Sector B (Centro Poniente).** Al oriente de la Av. Arturo Prat, se registran problemas de capacidad insuficiente de los colectores existentes, aun para T= 2 años. En el área de la Costanera, el principal problema actual, corresponde a compatibilizar los sistemas de evacuación existentes y futuros, con los proyectos de infraestructura en ejecución y previstos.
- ❑ **Sector C (Juan Pablo II).** Los problemas tienen su origen en la falta de capacidad actual de la planta elevadora en la Población Juan Pablo II y la carencia de una red de colectores con suficiente capacidad y cobertura, especialmente en la Av. 21 de Mayo y la calle Miraflores.
- ❑ **Sector D (Barrio Universitario).** Se aprecian problemas de falta de capacidad de los colectores ubicados en las calles E. Larenas y Victoria, los cuales se colmatan con gran cantidad de sedimentos generados en los cerros aledaños, al no contar con suficientes sistemas de desarenación y funcionamiento inadecuado del existente. Falta además una adecuada infraestructura de captación de aguas superficiales en el Colector 82 de calle Michimalongo.
- ❑ **Sector E (Centro Oriente).** Los colectores existentes presentan problemas de capacidad aun para T = 2, excepto el colector Las Heras (T=5). El Canal Irrázabal presenta problemas de capacidad, anegándose áreas de la Av. Irrázabal. El área afluente a la Laguna Tres Pascualas, presenta problemas de falta de capacidad y limitada cobertura de la red de colectores. En el área de Chillancito (entre cerro La pólvora y río Andalién), las redes de colectores son insuficientes; además se generan anegamientos por efecto del embalsamiento que producen los pretilos de protección de crecidas a lo largo del río Andalién.
- ❑ **Sector F (Collao).** Se producen anegamientos de calles (especialmente en Avs. Collao y General Novoa) y entrada de agua a las casas por falta de capacidad de los colectores existentes y acumulación de sedimentos en las calles. Las avenidas mencionadas actúan como interceptores de aguas provenientes de sectores altos.
- ❑ **Sector G (Teniente Merino).** La capacidad de regulación de las lagunas de este sector, se ve limitada por las cotas de desagüe y condiciones topográficas circundantes. Se observan problemas por falta de cobertura en algunos sectores y acumulación de sedimentos en otros. Se producen anegamientos en la calle Vicuña Mackenna con Av. Andalién, por existencia de puntos bajos en el sector de cruce de la vía férrea y especialmente en el paso bajo nivel.

- ❑ **Sector H (Santa Sabina).** A pesar de la buena cobertura del sector, se detecta falta de capacidad en varios tramos de la red, y problemas de embanque en la tubería de desagüe de la Laguna Lo Méndez.
- ❑ **Sector I (Lomas de San Andrés).** En situación actual (año 2000), el canal Tierras Coloradas no tiene suficiente capacidad. Se requiere estudiar una adecuada canalización de esta importante vía de recolección y desagüe de este sector. Los colectores del Loteo Parque Las Princesas no presentan problemas. El Colector 35 en la Población Santa Sabina tiene problemas de capacidad para T= 2.
- ❑ **Sector J (Nonguén Medio).** Este sector actualmente no está urbanizado. A futuro se requerirá medidas de manejo contra la erosión y redes de cobertura y capacidad suficiente.
- ❑ **Sector K (Nonguén).** Los canales de contorno que interceptan los escurrimientos provenientes de las laderas de los cerros hacia el sur, no tienen suficiente capacidad, ni tampoco los colectores en que ellos desagúan. Se producen desbordes de los canales Villa Huáscar, Fresno y Camino a Nonguén. En las poblaciones Ríos de Chile y Valle de Nonguén, hay insuficiencia de capacidad y de cobertura de las redes, respectivamente. Entre las Avenidas Bonilla y Collao, se producen severos anegamientos por falta de redes e insuficiencias del estero Puchacay.
- ❑ **Sector L (Palomares).** Las redes existentes se colmatan de sedimentos por falta de cobertura de pavimentación y aporte de sedimentos de la cantera existente en la parte alta de la cuenca. La canalización del estero tiene una limitada capacidad junto a la autopista General Bonilla, debido a las restricciones hidráulicas de la alcantarilla de cruce y a la acumulación de sedimentos hacia aguas arriba de ésta. Los problemas en las poblaciones semi rurales hacia el nor oriente, no tiene redes de colectores ni pavimentos.
- ❑ **Sector M (Las Ulloas).** El problema principal actual es la limitada capacidad de la alcantarilla de cruce de la autopista Gral. Bonilla. A futuro, se requerirá control de erosión de la cuenca alta, y redes de capacidad suficiente en las zonas que se urbanicen.
- ❑ **Sector N (Andalién Sur).** Este sector actualmente no está urbanizado. A futuro se requerirá contemplar proyectos de protección de la riberas contra las crecidas del río Andalién.
- ❑ **Sector O (Andalién Norte).** Situación similar a la del Sector N.
- ❑ **Sector P (Camino a Penco).** Entre el río Andalién, calle Vicuña Mackenna y camino a Penco, se producen anegamientos de calles por carencia de redes y poca capacidad actual del Canal El Manzano 1; esta área también es afectada por desbordes del río Andalién. En las zonas no habitadas actualmente, el terraplén del camino a Penco intercepta la escorrentía, provocando un efecto de dique y consecuentes anegamientos.
- ❑ **Sector Q (Tucapel – Laguna Redonda).** Se observan problemas de embanque en diversos colectores tales como: colector 4 y colectores de la calle Aníbal Pinto, y problemas de falta de capacidad de los colectores en la zona de la calle Mencia de Los Nidos y Av. 21 de Mayo. Se detecta falta de cobertura en el área entre Av. Laguna Redonda y 21 de Mayo.
- ❑ **Sector R (Lomas de San Andrés – Trébol).** Consta de un adecuado sistema de aguas lluvias. Sólo deben solucionarse problemas de capacidad y punto de disposición final del colector 89.

Considerando los antecedentes y resultados obtenidos en las distintas fases del estudio de diagnóstico desarrollado, se identificaron diferentes "Áreas a ser Protegidas", las cuales se delimitan en los Planos 3 y 4 del Informe Final. Cada una de estas áreas, se caracterizó y se evaluó por medio de la aplicación de diversos criterios o atributos, tales como: superficie; población afectada; nivel socio económico; tipos,

severidad, duración y frecuencia de problemas; daños en la propiedad, etc.. Cada criterio se expresó mediante graduaciones relativas asignadas en un proceso de participación de expertos.

## **6. SOLUCIONES ESTUDIADAS**

### **6.1 Identificación y evaluación preliminar de alternativas de solución**

Sobre la base del Diagnóstico y de la evaluación de las "Áreas a ser Saneadas", se procedió primeramente a identificar en cada "Área", diversas alternativas de solución a nivel conceptual o de idea de proyecto, teniendo en cuenta aspectos tales como: proyectos existentes en el área; posibilidades de trasvases o reducciones de áreas tributarias; métodos de reducción de severidad de caudales máximos, etc.. Las diversas soluciones conceptuales planteadas en cada "Área", se consignan en detalle en las Tablas 6.86 y 6.87 del Informe Final.

Para la simulación y predimensionamiento a nivel de perfil de factibilidad de las soluciones propiamente estructurales identificadas inicialmente, se utilizó el Modelo SWMM, luego de una definición planimétrica y topográfica general de la red de colectores y de los parámetros hidrológicos de las cuencas tributarias respectivas.

Cada una de las soluciones identificadas, se modeló primeramente para un Período de Retorno pre Especificado y luego para otros dos Períodos de Retorno adicionales, a efecto de poder sensibilizar los costos frente a esta variable, y conformándose así alternativas de tamaño de la solución técnica en análisis.

A la luz de los resultados que se fueron obteniendo, se pudo concluir la conveniencia de conformar Sistemas de Soluciones Alternativos, que en algunos casos combinan colectores existentes, mejorados (refuerzos, reemplazos) o no, con nuevos colectores. En otros casos, dichos Sistemas quedaron constituidos por sólo un colector existente mejorado, o bien por un nuevo colector o una red de ellos.

En la Figura 6.1 se muestra la disposición general de las redes de colectores existentes y proyectados. En los planos 38 al 45 del Informe Final, se incluyen dichas soluciones a Escala 1 : 5.000.

### **6.2 Análisis y Selección de Alternativas de Solución**

En este proceso, se diferenciaron "Alternativas Técnicas Conceptuales" y "Alternativas de Tamaño". El análisis y selección de las Alternativas Técnicas Conceptuales, que surgen como diferencias de concepto técnico para solucionar un mismo problema, se efectuó sobre la base de consideraciones de: costos de inversión; viabilidad constructiva; flexibilidad de implementación por etapas e impactos ambientales negativos. Las Alternativas Técnicas Conceptuales que finalmente se evaluaron, correspondieron a considerar las lagunas naturales como elementos de regulación, considerando plantas de tratamiento primario, versus el utilizar una red de colectores "by pass" a las lagunas. El análisis y selección de las Alternativas de Tamaño, que corresponde a decidir el Período de Retorno más adecuado, se efectuó sobre la base de consideraciones tales como: costos de inversión; características del área a sanear (superficie; habitantes afectados; uso del suelo; nivel socioeconómico); impacto ambiental negativo, y parámetro de costos por unidad de perjuicios evitados (indicador de Costo/ Beneficio). Como indicador de Beneficios, se utilizó el concepto de "Valor Esperado del Volumen de Agua Evitado por el Proyecto", el cual se explica en detalle en el acápite 7.5.1 del Informe Final.

El resultado final de este proceso, fue decidir la utilización de las lagunas como elementos de regulación de las aguas lluvias de las cuencas aportantes respectivas, y seleccionar los Períodos de Retorno de Diseño de cada sistema de colectores.





### **6.3 Desarrollo y Viabilidad de las Soluciones Propuestas**

Habiendo seleccionado las alternativas técnicas y de tamaño de cada sistema propuesto, se procedió a desarrollar cada una de las soluciones a nivel de perfil técnico – económico, con la resolución que permite la cartografía existente a escala 1 : 5.000 y con las suficientes discretizaciones hidráulicas y topográficas que exige el asegurar la factibilidad de entregas gravitacionales, un dimensionamiento hidráulico representativo y la viabilidad técnica y constructiva general de las obras contempladas.

Este desarrollo de las soluciones estructurales, se elaboró para cada sector hidrológico, considerando cada uno de los Sistemas de Solución que se contemplan en él, y entregando información sobre: la descripción del sistema, dimensionamiento de las obras principales, cubicaciones y presupuesto de inversión. Los resultados obtenidos se indican en la Tabla 6.1.

## **7. PRIORIZACION DE SOLUCIONES Y CRONOGRAMA DE COSTOS**

Para establecer una priorización de las soluciones de aguas lluvias propuestas en el punto precedente, que permita proponer un cronograma de inversiones, se han utilizado dos criterios.

El primer criterio utilizado, corresponde a uno de tipo subjetivo, que tiene en cuenta los principales problemas de agua lluvias existentes en el área a sanear, considerando aspectos tales como: la existencia o no de redes de colectores; la falta de capacidad de las redes existentes; una apreciación de la gravedad de los problemas detectados, el grado de desarrollo de urbanización y si las obras corresponden a zonas de futuras urbanizaciones.

El segundo criterio, corresponde a comparar los distintos sistemas de solución, mediante el indicador Costo – Beneficio señalado en párrafos anteriores, es decir la relación entre el costo de inversión y el volumen excedente de agua evitado por el proyecto. Además se ha considerado el nivel del estudio de ingeniería en que se encuentra el proyecto respectivo.

Los resultados obtenidos se incluyen en la Tabla 7.1.

Tomando como antecedente la priorización de soluciones, se procedió a establecer un cronograma de inversiones con un horizonte de 10 años. Para ello se aplicaron criterios adicionales tales como: compatibilizarlo con un cronograma de la Red Primaria (ver punto 8 siguiente); considerar la ubicación geográfica del sistema dentro de la ciudad para no provocar congestiones de obras en áreas cercanas en un mismo año, y diferir las inversiones en sectores de futuros desarrollos de urbanizaciones, con respecto a urbanizaciones existentes actualmente. En la Tabla 7.2 se incluye el cronograma de inversiones propuesto.

Para evaluar los costos de operación y su correspondiente cronograma, se ha estimado que el costo anual de operación y mantenimiento de las obras corresponde aproximadamente a un 0,1 % del valor de la inversión de éstas, excluyendo los costos de reposición por vida útil.

La Tabla 7.3 incluye los costos anuales de inversión, los correspondientes a costos anuales de operación y mantenimiento, y los costos totales de cada año.

**TABLA 6.1**  
**PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS COLECTORES PROPUESTOS**  
 (IPC = 101,87, 1 UF = \$15.051,43 al 15 de Diciembre de 1999)

Sector	Sistema		Área Tributaria (Ha)	Período de Retorno de Diseño (años)	Longitud Total de Colectores (m)	Obras de Decantación	Plantas Elevadoras	Costo de Inversión (Miles de \$) (1)
	Nº	Nombre						
A	1	Av. Inglesa - Sanders y Av. Inglesa 2	151,32	2	1.924	1		312.361
	2	Av. Alemana	36,56	2	961	1		160.745
	3	Sargento Aldea	85,09	2	1.559	1		247.384
	4	Malaquías Concha	32,13	2	808			168.899
	5	Ercilla	12,57	2	386			92.652
	6	Víctor Lamas Poniente	39,59	2	1.495			56.358
B	7	Cochrane Poniente y Chacabuco Poniente	42,00	5	3.241			688.198
	8	San Martín Poniente	36,13	5	3.302			633.630
	9	Zañartu Sur	34,42	5	1.300			204.416
	10	Los Carrera Poniente y Barros Arana	73,30	5	6.388			704.555
	11	General Cruz	99,42	5	6.204			909.255
C	12	Miraflores	43,63	2	1.970			343.499
	13	Población Juan Pablo II	16,47	2	1.231		1	596.235
D	14	Edmundo Larenas y Colectores Afluentes	81,63	2 / 5	1.049	3		582.495
E	15	Canal Pocitas y Canal de Trasvase	983,23	5 / 10 / 25	4.284			4.376.362
	16	Chacabuco Oriente	30,01	5	3.195			413.951
	17	San Martín Oriente y O'Higgins Oriente	35,81	5	3.414			473.856
	18	Las Heras	281,22	5	5.720			1.922.902
	19	Freire Oriente	26,35	5	1.505			576.683
	20	Janequeo y Prieto	147,76	5	2.887			442.735
	21	Camilo Henríquez y J. M. García	11,54	2	1.728			360.272
	22	Santa Clara	18,95	2	564			134.609
	23	Los Acacios	3,74	2	175			27.330
F	24	General Novoa, Caleuche, Collao y Tegualda	100,98	5	4.587	2		826.948
G	25	Vicuña Mackenna	71,75	2	1.336	1		555.184
	26	Av. Andalién y Padre Mayoral	60,98	2	6.097			90.090
	27	Manuel Gutiérrez	31,95	2	806			293.269
H	28	Manuel Rojas, C. Silva y Enlace Lagunas LM - LG	101,99	2	4.002			543.280
I	29	Benjamin Subercaseaux	82,54	2	2.962			657.985
	30	Canal Tierras Coloradas y Lomas de San Andrés 1	231,02	10	720			1.065.282
K	31	Los Lirios	65,71	2	3.147			239.048
	32	Canal Los Fresnos	36,98	5	700			17.627
	33	Collao Oriente	10,69	2	1.243			172.410
	34	Calle Central Camino a Nonguén	10,25	2	1.960			72.987
	35	Calle 5 Camino a Nonguén	24,07	2	1.745			65.582
	36	Canal Puchacay	58,00	100	230			585.074
	37	Canal Camino a Nonguén	25,21	2	426			42.525
L	38	Canal Palomares y Prolongación Canal Giacamán	609,70	10 / 25	894	1		1.311.883
M	39	Canal Las Ulloas	977,20	25	488	2		2.911.658
N	40	Andalién Sur 1	52,40	5	692			264.999
	41	Andalién Sur 2	58,00	5	320			514.423
P	42	Camino a Penco 2	144,33	5	129	1		542.910
	43	Camino a Penco 3	132,01	5	1.853		1	565.301
	46	Villa Vilumanque 2	204,99	5	707	1		817
Q	44	Canal Ifarle y Colectores Afluentes	404,73	2 / 50	9.756			1.203.075
	45	Av. 21 de Mayo 1, Av. 21 de Mayo 2 y Fernández Vial	48,57	2	3.245			348.677
TOTALES			5.867,00	-	103.334	14	2	27.320.417

Nota: (1) Incluye costo de red complementaria

**TABLA 7.1  
PRIORIZACIÓN FINAL PROPUESTA DE LOS  
SISTEMAS COLECTORES PROYECTADOS**

SISTEMA		PRIORIDAD SEGÚN PROBLEMAS DE AGUAS LLUVIAS	INDICADOR COSTO-BENEFICIO (Miles \$/m3 evitado)	ORDEN DE PRIORIDAD	COSTO DE INVERSIÓN (Miles de \$)
Nº	NOMBRE				
44	Canal IFARLE y Colectores Afluentes	ALTA	82	1	1.203.075
1	Av. Inglesa-Sanders y Av. Inglesa 2		111	2	312.361
30	Canal Tierras Coloradas y Lomas de San Andrés 1		138	3	1.065.282
24	Gral. Novoa, Caleuche, Collao y Tegualda		151	4	826.948
31	Los Lirios		172	5	239.048
14	Edmundo Larenas y Colectores Afuentes		203	6	582.495
21	Camilo Henriquez y J. M. García		368	7	360.272
25	Vicuña Mackenna		388	8	555.184
28	Manuel Rojas, C. Silva y Enlace Lags. LM - LG		521	9	543.280
33	Collao Oriente		670	10	172.410
13	Pobl. Juan Pablo II		1018	11	596.235
<b>SUBTOTAL PRIORIDAD ALTA</b>					<b>6.456.591</b>
9	Zañartu Sur	MEDIA	-	26	204.416
32	Canal Los Fresnos		21	12	17.627
12	Miraflores		212	13	343.499
35	Calle 5 Camino a Nonguén		224	14	65.582
20	Janequeo y Prieto		275	15	442.735
22	Santa Clara		340	16	134.609
23	Los Acacios		350	17	27.330
2	Av. Alemana		428	18	160.745
4	Malaquias Concha		429	19	168.899
34	Calle Central Camino a Nonguén		507	20	72.987
3	Sargento Aldea		514	21	247.384
5	Ercilla		539	22	92.652
45	Av. 21 de Mayo 1, Av. 21 de Mayo 2 y F. Vial		667	23	348.677
27	Manuel Gutiérrez		4512	24	293.269
15	Canal Pocitas y Canal de Trasvase		-	25	4.376.362
<b>SUBTOTAL PRIORIDAD MEDIA</b>					<b>6.996.773</b>
37	Canal Camino a Nonguén	BAJA	132	27	42.525
6	Victor Lamas Poniente		219	28	56.358
16	Chacabuco Oriente		610	29	413.951
10	Los Carrera Poniente y Barros Arana		633	30	704.555
7	Cochrane Poniente y Chacabuco Poniente		817	31	688.198
8	San Martín Poniente		875	32	633.630
19	Freire Oriente		982	33	576.683
11	General Cruz		1164	34	909.255
26	Av. Andalién y Padre Mayoral		1222	35	90.090
17	San Martín Oriente y O'Higgins Oriente		1250	36	473.856
29	Benjamín Subercaseaux		1884	37	657.985
18	Las Heras		2861	38	1.922.902
46	Villa Vilumanque 2		-	39	817
<b>SUBTOTAL PRIORIDAD BAJA</b>					<b>7.170.805</b>
36	Canal Puchacay	FUTURA	-	46	585.074
38	Canal Palomares y Prolongación Canal Giacamán		64	40	1.311.883
39	Canal Las Ulloas		104	41	2.911.658
43	Camino a Penco 3		172	42	565.301
42	Camino a Penco 2		180	43	542.910
40	Andalién Sur 1		203	44	264.999
41	Andalién Sur 2		357	45	514.423
<b>SUBTOTAL PRIORIDAD FUTURAS URBANIZACIONES</b>					<b>6.696.248</b>
<b>COSTO DE INVERSIÓN TOTAL</b>					<b>27.320.417</b>

**TABLA 7.2**  
**CRONOGRAMA DE INVERSIONES SISTEMAS DE COLECTORES PROYECTADOS**

AÑO INVERSIÓN	SISTEMA		COSTO DE INVERSIÓN CON IVA (Miles de \$)		
	Nº	NOMBRE	ESTUDIO	CONSTRUCCIÓN	TOTAL
1	24	Gral. Novoa, Caleuche, Collao y Tegualda	39.378,50	787.569,95	826.948,45
	21	Camilo Henriquez y J. M. Garcia	17.155,83	343.116,60	360.272,43
	13	Pobl. Juan Pablo II	28.392,14	567.842,89	596.235,03
	33	Collao Oriente	8.209,98	164.199,65	172.409,63
		<b>Subtotal Año 1</b>	<b>93.136,45</b>	<b>1.862.729,09</b>	<b>1.955.865,54</b>
2	1	Av. Inglesa-Sanders y Av. Inglesa 2	14.874,33	297.486,62	312.360,95
	28	Manuel Rojas, C. Silva y Enlace Lags. LM - LG	25.870,47	517.409,33	543.279,80
	25	Vicuña Mackenna	26.437,32	528.746,31	555.183,63
	31	Los Lirios	11.383,22	227.664,40	239.047,62
	20	Janequeo y Prieto	21.082,61	421.652,26	442.734,87
		<b>Subtotal Año 2</b>	<b>99.647,95</b>	<b>1.992.958,92</b>	<b>2.092.606,87</b>
3	44	Canal IFARLE y Colectores Afluentes	57.289,29	1.145.785,88	1.203.075,17
	30	Canal Tierras Coloradas y Lomas de San Andrés 1	50.727,73	1.014.554,70	1.065.282,43
	14	Edmundo Larenas y Colectores Afuentes	27.737,87	554.757,49	582.495,36
	22	Santa Clara	6.409,93	128.198,67	134.608,60
	4	Malaquias Concha	8.042,80	160.855,99	168.898,79
		<b>Subtotal Año 3</b>	<b>150.207,64</b>	<b>3.004.152,71</b>	<b>3.154.360,35</b>
4	15	Canal Pocitas y Canal de Trasvase Etapa 1	104.199,10	2.083.981,90	2.188.181,00
	12	Miraflores	16.357,11	327.142,19	343.499,30
	35	Calle 5 Camino a Nonguén	3.122,93	62.458,60	65.581,53
	23	Los Acacios	1.301,43	26.028,62	27.330,05
	3	Sargento Aldea	11.780,17	235.603,33	247.383,50
	9	Zañartu Sur	9.734,10	194.681,99	204.416,09
		<b>Subtotal Año 4</b>	<b>146.494,83</b>	<b>2.929.896,64</b>	<b>3.076.391,47</b>
5	15	Canal Pocitas y Canal de Trasvase Etapa 2	104.199,10	2.083.981,90	2.188.181,00
	45	Av. 21 de Mayo 1, Av. 21 de Mayo 2 y F. Vial	16.603,66	332.073,16	348.676,82
	27	Manuel Gutiérrez	13.965,21	279.304,18	293.269,39
	32	Canal Los Fresnos	839,40	16.787,92	17.627,32
	2	Av. Alemana	7.654,54	153.090,90	160.745,44
	34	Calle Central Camino a Nonguén	3.475,57	69.511,49	72.987,06
		<b>Subtotal Año 5</b>	<b>146.737,48</b>	<b>2.934.749,55</b>	<b>3.081.487,03</b>
6	5	Ercilla	4.412,01	88.240,24	92.652,25
	18	Las Heras	91.566,78	1.831.335,69	1.922.902,47
	6	Victor Lamas Poniente	2.683,72	53.674,39	56.358,11
	8	San Martín Poniente	30.172,87	603.457,41	633.630,28
	29	Benjamín Subercaseaux	31.332,62	626.652,46	657.985,08
		<b>Subtotal Año 6</b>	<b>160.168,01</b>	<b>3.203.360,18</b>	<b>3.363.528,19</b>
7	37	Canal Camino a Nonguén	2.025,01	40.500,10	42.525,11
	7	Cochrane Poniente y Chacabuco Poniente	32.771,33	655.426,58	688.197,91
	11	General Cruz	43.297,86	865.957,18	909.255,04
	26	Av. Andalién y Padre Mayoral	4.290,01	85.800,26	90.090,27
	17	San Martín Oriente y O'Higgins Oriente	22.564,55	451.291,10	473.855,65
	38	Canal Palomares y Prolongación Canal Giacamán	62.470,62	1.249.412,44	1.311.883,06
		<b>Subtotal Año 7</b>	<b>167.419,38</b>	<b>3.348.387,66</b>	<b>3.515.807,04</b>
8	16	Chacabuco Oriente	19.711,94	394.238,76	413.950,70
	10	Los Carrera Poniente y Barros Arana	33.550,23	671.004,57	704.554,80
	19	Freire Oriente	27.461,09	549.221,70	576.682,79
	36	Canal Puchacay	27.860,68	557.213,63	585.074,31
		<b>Subtotal Año 8</b>	<b>108.583,93</b>	<b>2.171.678,67</b>	<b>2.280.262,60</b>
9	43	Camino a Penco 3	26.919,11	538.382,12	565.301,23
	42	Camino a Penco 2	25.852,88	517.057,54	542.910,42
	40	Andalién Sur 1	12.618,99	252.379,86	264.998,85
	41	Andalién Sur 2	24.496,33	489.926,51	514.422,84
	46	Villa Vilumanque 2	38,91	778,24	817,15
		<b>Subtotal Año 9</b>	<b>89.926,21</b>	<b>1.798.524,28</b>	<b>1.888.450,49</b>
10	39	Canal Las Ulloas	138.650,36	2.773.007,25	2.911.657,61
		<b>Subtotal Año 10</b>	<b>138.650,36</b>	<b>2.773.007,25</b>	<b>2.911.657,61</b>
<b>TOTAL</b>			<b>1.300.972,25</b>	<b>26.019.444,94</b>	<b>27.320.417,19</b>

**TABLA 7.3  
COSTOS DE INVERSIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE  
LA RED DE AGUAS LLUVIAS DE CONCEPCIÓN**

AÑO	INVERSIÓN C/IVA (Miles de \$)		OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (2) (Miles de \$)	COSTO TOTAL ANUAL (3) (Miles de \$)
	ANUAL	ACUMULADA		
0	0,00	26.031.808,69 (1)	106.786,07	106.786,07
1	1.955.865,54	27.987.674,23	27.987,67	1.983.853,21
2	2.092.606,87	30.080.281,10	30.080,28	2.122.687,15
3	3.154.360,35	33.234.641,45	33.234,64	3.187.594,99
4	3.076.391,47	36.311.032,92	36.311,03	3.112.702,50
5	3.081.487,03	39.392.519,95	39.392,52	3.120.879,55
6	3.363.528,19	42.756.048,14	42.756,05	3.406.284,24
7	3.515.807,04	46.271.855,18	46.271,86	3.562.078,90
8	2.280.262,60	48.552.117,78	48.552,12	2.328.814,72
9	1.888.450,49	50.440.568,27	50.440,57	1.938.891,06
10	2.911.657,61	53.352.225,88	53.352,23	2.965.009,84
11 en adelante	0,00	53.352.225,88	53.352,23	53.352,23

Notas:

- (1) Corresponde al valor estimado de la infraestructura existente de aguas lluvias antes de este Plan Maestro (Ver Anexo 12).
- (2) En el año 0, para la estimación de los costos de operación y mantenimiento de la red existente, se ha utilizado la información obtenida en el catastro y antecedentes proporcionados por la Municipalidad de Concepción. Para los restantes años se ha estimado que el costo de operación y mantenimiento corresponde a un 0,1 % del costo de inversión acumulado hasta dicho año.
- (3) Considera el costo de inversión anual, más los gastos de operación y mantenimiento del mismo año.

## 8. DEFINICION DE LA RED PRIMARIA Y CRONOGRAMA DE COSTOS PROPUESTO

Para definir la red primaria se han aplicado los siguientes criterios:

- Cauces naturales importantes y sus obras de canalización
- Canales relacionados con las aguas lluvias
- Lagunas existentes en el área urbana y sus colectores afluentes.
- Colectores existentes en áreas con problemas importantes de aguas lluvias .
- Quebradas importantes y colectores efluentes.
- Colectores con diámetros iguales o mayores de 600 mm y colectores cajón.

La Figura 8.1 indica los trazados y configuración de los diferentes sistemas que componen la Red Primaria propuesta.

Finalmente, la Tabla 8.1 incluye el cronograma de inversiones propuesto para la red primaria, desglosándose los costos de ingeniería de los costos de construcción.

## 9. ASPECTOS DE EROSION Y DEFORESTACION DE LAS CUENCAS

En las especificaciones técnicas especiales de cada uno de los proyectos de detalle de las soluciones propuestas, y en la construcción de los proyectos mismos, cuando corresponda y según sea la ubicación de las obras, se deberán tener en cuenta los siguientes tipos de medidas preventivas:

- De preferencia, ejecutar faenas de movimiento de tierra, durante la época estival, cuando la ocurrencia de lluvia sea menor y los flujos hídricos disminuyan.
- Despejar y remover de la zona de obras, los remanentes de materiales y los excedentes de las excavaciones.





**TABLA 8.1**  
**COSTOS DE INVERSIÓN DE LA RED PRIMARIA**

AÑO INVERSIÓN	SISTEMA		COSTO CON IVA (Miles de \$)		
	Nº	NOMBRE	ESTUDIO	CONSTRUCCIÓN	TOTAL
1	24	Gral. Novoa, Caleuche, Collao y Tegualda	37.819,59	756.391,74	794.211,33
	21	Camilo Henríquez y J. M. García	15.823,47	316.469,36	332.292,83
	13	Pobl. Juan Pablo II	27.747,49	554.949,82	582.697,31
	33	Collao Oriente	8.105,38	162.107,56	170.212,94
		<b>Subtotal Año 1</b>	<b>89.495,92</b>	<b>1.789.918,48</b>	<b>1.879.414,40</b>
2	1	Av. Inglesa-Sanders y Av. Inglesa 2	13.430,71	268.614,21	282.044,92
	28	Manuel Rojas, C. Silva y Enlace Lags. LM - LG	25.870,47	517.409,33	543.279,80
	25	Vicuña Mackenna	23.628,94	472.578,88	496.207,82
	31	Los Lirios	11.383,22	227.664,40	239.047,62
	20	Janequeo y Prieto	16.954,80	339.095,91	356.050,71
		<b>Subtotal Año 2</b>	<b>91.268,14</b>	<b>1.825.362,74</b>	<b>1.916.630,87</b>
3	44	Canal IFARLE y Colectores Afluentes	42.688,89	853.777,84	896.466,73
	30	Canal Tierras Coloradas y Lomas de San Andrés 1	40.883,76	817.675,12	858.558,87
	14	Edmundo Larenas y Colectores Afuentes	27.098,86	541.977,14	569.076,00
	22	Santa Clara	5.668,21	113.364,20	119.032,41
	4	Malaquias Concha	7.414,00	148.279,96	155.693,96
		<b>Subtotal Año 3</b>	<b>123.753,71</b>	<b>2.475.074,27</b>	<b>2.598.827,98</b>
4	15	Canal Pocitas y Canal de Traslase Etapa 1	104.199,10	2.083.981,90	2.188.181,00
	12	Miraflores	14.571,89	291.437,71	306.009,59
	35	Calle 5 Camino a Nonguén	3.122,93	62.458,60	65.581,53
	3	Sargento Aldea	10.614,49	212.289,74	222.904,22
	9	Zañartu Sur	8.438,53	168.770,60	177.209,13
		<b>Subtotal Año 4</b>	<b>140.946,93</b>	<b>2.818.938,55</b>	<b>2.959.885,48</b>
5	15	Canal Pocitas y Canal de Traslase Etapa 2	104.199,10	2.083.981,90	2.188.181,00
	45	Av. 21 de Mayo 1, Av. 21 de Mayo 2 y F. Vial	16.603,66	332.073,16	348.676,82
	27	Manuel Gutiérrez	13.106,85	262.136,91	275.243,75
	32	Canal Los Fresnos	839,40	16.787,92	17.627,32
	2	Av. Alemana	6.731,01	134.620,22	141.351,24
		<b>Subtotal Año 5</b>	<b>144.554,38</b>	<b>2.891.087,69</b>	<b>3.035.642,07</b>
6	18	Las Heras	91.566,78	1.831.335,69	1.922.902,47
	6	Victor Lamas Poniente	2.683,72	53.674,39	56.358,11
	8	San Martín Poniente	30.172,87	603.457,41	633.630,28
	29	Benjamín Subercaseaux	27.472,92	549.458,44	576.931,36
		<b>Subtotal Año 6</b>	<b>151.896,30</b>	<b>3.037.925,93</b>	<b>3.189.822,22</b>
7	37	Canal Camino a Nonguén	2.025,01	40.500,10	42.525,11
	7	Cochrane Poniente y Chacabuco Poniente	32.771,33	655.426,58	688.197,91
	11	General Cruz	41.992,17	839.843,43	881.835,61
	26	Av. Andalién y Padre Mayoral	4.290,01	85.800,26	90.090,27
	17	San Martín Oriente y O'Higgins Oriente	22.564,55	451.291,10	473.855,65
	38	Canal Palomares y Prolongación Canal Giacamán	58.798,21	1.175.964,22	1.234.762,43
		<b>Subtotal Año 7</b>	<b>162.441,28</b>	<b>3.248.825,69</b>	<b>3.411.266,98</b>
8	16	Chacabuco Oriente	19.711,94	394.238,76	413.950,70
	10	Los Carrera Poniente y Barros Arana	33.550,23	671.004,57	704.554,80
	19	Freire Oriente	27.461,09	549.221,70	576.682,79
	36	Canal Puchacay	25.590,50	511.809,99	537.400,49
		<b>Subtotal Año 8</b>	<b>106.313,75</b>	<b>2.126.275,03</b>	<b>2.232.588,78</b>
9	43	Camino a Penco 3	24.335,60	486.712,00	511.047,60
	42	Camino a Penco 2	25.852,88	517.057,54	542.910,42
	40	Andalién Sur 1	10.568,00	211.360,02	221.928,02
	41	Andalién Sur 2	22.226,14	444.522,87	466.749,02
	46	Villa Vilumanque 2	38,91	778,24	817,15
		<b>Subtotal Año 9</b>	<b>83.021,53</b>	<b>1.660.430,67</b>	<b>1.743.452,20</b>
10	39	Canal Las Ulloas	100.401,71	2.008.034,18	2.108.435,89
		<b>Subtotal Año 10</b>	<b>100.401,71</b>	<b>2.008.034,18</b>	<b>2.108.435,89</b>
<b>TOTAL</b>			<b>1.194.093,66</b>	<b>23.881.873,22</b>	<b>25.075.966,88</b>

- Considerar en el diseño de las obras de descarga de los colectores, obras de protección en el cauce, que impidan durante la operación fenómenos locales de erosión, en el punto de la descarga.
- Construcción de obras transversales (tipo fajinas o diques rústicos confeccionados de postes de madera), aguas arriba, con el propósito de reducir la carga de sedimentos sobre las captaciones y calles aguas abajo.
- Reimplante de vegetación de protección, preferentemente nativa, en las áreas con terreno removido durante la construcción.
- En el evento que se incluya la construcción de taludes de corte y terraplenes, previa consideraciones geotécnicas, estos deberán ser protegidos, y estabilizados, con obras mecánicas (muros de madera, muro de sacos rellenos, canaletas de derivación, fajinas, estructuras gavionadas, u otros), complementadas eventualmente con la incorporación de vegetación, a través de la siembra de mezcla de pastos rústicos.

Adicionalmente a lo expuesto previamente, debe contemplarse un Plan de Contingencia para enfrentar incendios forestales. La zona de interés de este Plan abarca en general todas las zonas de contacto entre edificaciones y bosque dentro del área de estudio, y más específicamente, en los sectores de Agüita de la Perdiz, Collao, Nonguén y Pedro de Valdivia. Este Plan debe contener una determinación del grado de riesgo de ocurrencia y peligrosidad de incendios forestales, y contemplar diversas medidas preventivas, tales como habilitación de cortafuegos perimetrales a los sectores edificados, intervenciones de poda y raleos en faja al interior de los bosques.

Teniendo en cuenta las tendencias a la deforestación y deterioro en la conservación de los suelos y de la cobertura vegetal que inducen los procesos de urbanización de los sectores altos de la ciudad, se recomienda que el MOP, el MINVU y la I. Municipalidad de Concepción promuevan la implementación, de medidas de coordinación de las acciones de la CONAF, para que también a través de esta institución se incentive en los agentes privados responsables de las urbanizaciones, la aplicación de planes de manejo forestal, control de la erosión y preservación y mejoramiento de la cobertura vegetal. Esta acción podría ejercerse en forma directa o de manera indirecta a través de disposiciones administrativas y regulatorias de la I. Municipalidad, tales como las propuestas en los párrafos precedentes.

## **10. ANALISIS DE IMPACTO AMBIENTAL**

Se realizó un análisis ambiental para determinar la pertinencia del ingreso de los proyectos al SEIA, ya sea como Estudio de Impacto Ambiental o como Declaración de Impacto Ambiental. Además, se identificaron los factores impactados y las medidas preventivas, correctivas o de mitigación que correspondieran.

Al respecto, se determinó, que con excepción del Sistema 46 en Villa Vilumanque, todos los restantes sistemas propuestos en este Plan Maestro, deberán ingresar al SEIA. De ellos, sólo los sistemas asociados a las Lagunas ( Sistemas 20; 27; y 28) y el Sistema 44 correspondiente al Canal IFARLE, deberán ingresar al SEIA con un Estudio de Impacto Ambiental; para los restantes sistemas, se deberá realizar sólo una Declaración de Impacto Ambiental.

En relación a la identificación de impactos, la Tabla 10.1 resume la situación de los sistemas colectores propuestos:

**TABLA 10.1  
IDENTIFICACIÓN DE IMPÁCTOS  
SISTEMAS COLECTORES**

AREA AMBIENTAL		ACCIONES DEL PROYECTO				OBSERVACIONES
		FASE DE CONSTRUCCION		FASE DE OPERACIÓN		
		EFFECTO POSITIVO	EFFECTO NEGATIVO	EFFECTO POSITIVO	EFFECTO NEGATIVO	
GEOMORFOLOGIA	a. Erosión			Forestación		
	b. Depositación			Sedimentadores		
	c. Estabilidad de Taludes		Excavaciones	Protección taludes		
	d. Inundaciones			Control de inundaciones		
USOS DEL SUELO	a. Areas verdes		Rotura y reposición			
	b. Agricultura					
	c. Residencial			Control de inundaciones en áreas urbanas actuales y futuras		
	d. Comercial			Control de inundaciones en áreas urbanas actuales y futuras		
	e. Expropiaciones		Expropiaciones y servidumbres			
RECURSOS DE AGUA	a. Aguas Superficiales				Descarga a lagunas	Contaminación de las aguas
	b. Aguas Subterráneas					
CALIDAD DEL AIRE	a. Polvo		Movimientos de tierras			
	b. Olores			Saneamiento zonas inundables		
	c. Gases					
FLORA Y FAUNA	a. Vegetación			Forestación		
	b. Vida acuática		Ejecución de obras en lagunas y humedales		Descarga a cauces naturales y lagunas	Contaminación de las aguas
	c. Vida terrestre					
SERVICIOS	a. Comercio		Ejecución de obras en zonas urbanas	Control de inundaciones		
	b. Habitación		Ejecución de obras en zonas urbanas	Control de inundaciones		
	c. Demografía			Control de inundaciones en nuevas áreas urbanizables		
TRANSPORTES	a. Tráfico		Alteraciones del tránsito Tránsito de camiones	Control de inundaciones en calles		
	b. Congestión		Alteraciones del tránsito Tránsito de camiones	Control de inundaciones en calles		
	c. Seguridad		Alteraciones del tránsito Tránsito de camiones Excavaciones	Control de inundaciones en calles		
	d. Accesos		Interrupción temporal y/o dificultades por ejecución de las obras	Control de inundaciones en calles		
HOMBRE	a. Nivel de vida		Molestias temporales por ejecución de las obras	Control de inundaciones		
	b. Empleo	Aumento temporal durante construcción		Genera empleos en mantención y operación		
	c. Salud			Control de inundaciones		
	d. Seguridad		Peligro de accidentes por excavaciones y otras obras	Control de inundaciones		
RUIDOS	Ruidos		Operación maquinarias y equipos		Funcionamiento de equipos de bombeo	
PAISAJE	Paisaje		Excavaciones y otras obras			

Finalmente, las medidas preventivas, correctivas o de mitigación que se detallan en el Informe Final, se refieren a las siguientes fases y efectos:

- Fase de Construcción:
  - Calidad del aire. Polvo
  - Ruidos
  - Tráfico vehicular
  - Restricciones de acceso
  - Inestabilidad de taludes.
  - Transporte de excedentes
  - Sitios Arqueológicos
  
- Fase de Operación
  - Erosión y Deforestación de la Cuenca
  - Ruidos
  - Contaminación de Laguna y Cauces.

## 11. MEDIDAS NO ESTRUCTURALES

A diferencia de las soluciones estructurales propuestas en los puntos precedentes, las medidas no estructurales se refieren a los aspectos de planificación y reglamentación de cauces y uso del suelo, a reglamentos respecto al manejo de las aguas lluvias en futuras urbanizaciones, a aspectos comunicacionales y educativos y a aspectos institucionales y económico - administrativos. Las medidas propuestas se resumen a continuación.

- **De tipo Comunicacional y Educativo:**
  - Difundir información pertinente por los medios de comunicación.
  - Establecer programas educativos.
  - Comunicación adecuada con organismos y particulares pertinentes.
  
- **De tipo Institucional y Reglamentario:**
  - Incluir en el Plan Regulador y Ordenanzas de Construcción, indicaciones relacionadas a riesgos hidrológicos y medidas preventivas.
  - Que los permisos de construcción requieran el cumplimiento de medidas de control de erosión, deforestación, depositación de sedimentos, y lo contemplado en este Plan Maestro.
  - Elaborar y aplicar un Manual de Inspección, Limpieza y Mantenimiento de Sistemas de Aguas Lluvias.
  - Realizar un Plan de Monitoreo de Calidad de las Aguas Lluvias y un sistema hidrométrico en la red de colectores que incluya una base de datos hidrometeorológicos.
  
- **De tipo Económico – Administrativo**
  - Promover e incentivar la utilización de sistemas de pólizas de seguros.
  - Aplicación de subsidios estatales dirigidos.
  
- **Relacionadas con el Uso del Suelo**
  - En Quebradas naturales, no intervenir las zonas de Protección Ecológica, y en las zonas Habitacionales de Expansión, que no se modifique la red de drenaje natural actual.
  - Restringir el uso del suelo entre calle Nueva Chiloé y el estero Nonguén.
  - Implementar un Plan de Evaluación y Control de Taludes y Laderas de cerros.
  - Aplicar acciones de control preventivo en zonas de planicies y áreas inundables por cauces naturales.
  - En zonas de lagunas de la ciudad, respetar el uso del suelo según el Plan Regulador.

## 12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 12.1 Conclusiones

Las principales conclusiones que se derivan del estudio realizado se presentan a continuación.

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

En relación a la cobertura del sistema de evacuación de aguas lluvias, su longitud total actual es de aproximadamente 70.500 m, lo que da actualmente una cobertura aceptable en la ciudad, aun cuando es de capacidad insuficiente y hay sectores que no cuentan con una red de drenaje.

El estado de mantenimiento de las redes de aguas lluvias catastradas es relativamente bueno desde un punto de vista estructural. No obstante se presenta grados de acumulación de sedimentos importantes pero variables en distintas zonas de la ciudad, lo que provoca disminuciones de la capacidad de porteo de los colectores.

Para la situación actual, un gran porcentaje de los sistemas colectores, aproximadamente sobre la tercera parte de sus tramos, a lo menos, no poseen capacidad suficiente para lluvias con  $T = 2$  años. Esta situación lógicamente es más crítica a futuro o para lluvias de mayor período de retorno. Se observa también surgencia de agua por las cámaras en prácticamente todos los colectores existentes, variando sólo el número de cámaras en esta situación, la duración de las surgencias y el volumen total de aguas vertido en cada evento pluviométrico.

Las crecidas del río Bío – Bío provocan ahogamientos en todas las descargas de aguas lluvias para períodos de retorno iguales y superiores a 2 años. La situación en el río Andalien es análoga, aunque tales ahogamientos se producen aproximadamente para períodos de retorno de 5 años y superiores.

En relación a los problemas ocasionados por las aguas lluvias, ellos corresponden a anegamientos de calles, anegamientos de poblaciones y a acumulación de sedimentos en calles y colectores. Las causas de estos problemas son básicamente la falta de capacidad hidráulica de los colectores, la falta de cobertura adecuada de las redes y los procesos de erosión y arrastre de sedimentos desde los cerros circundantes. Los principales anegamientos de calles se observan en las calles: Edmundo Larenas, Av. Irrarázaval, General Novoa, Av. Collao, Aníbal Pinto, Paicaví, Los Carrera, sector del paso bajo nivel hacia población Endesa, y sector Vega Monumental. Los sectores donde ocurren los anegamientos más importantes de poblaciones son: Ríos de Chile, General Novoa, Pedro de Valdivia Bajo, Palomares, Villa Huáscar, Chillancito, Vegas de Novoa, Los Lirios. Adicionalmente, se producen desbordes del río Andalien en diferentes sectores de su cauce que atraviesa la ciudad, produciendo significativos anegamientos en Chillancito a causa del ahogamiento de las descargas de aguas lluvias y al represamiento que produce las defensas fluviales del sector.

Las soluciones estructurales propuestas consisten básicamente en proyectos de nuevos colectores en zonas sin cobertura suficiente, en el reemplazo de colectores existentes o el refuerzo de colectores existentes para aumentar su capacidad.

El conjunto de soluciones propuestas se agrupó en 47 sistemas de colectores en la totalidad de los 18 sectores hidrológicos que se distinguieron en el área de estudio.

El costo total de inversión de los proyectos, asciende a \$ 27.320.417.000, desglosados en \$ 6456.591.000 en proyectos de alta prioridad, en \$ 6696.248.000 proyectos en áreas de expansión futura actualmente sin urbanizaciones y en \$ 14.167.578.000 en proyectos de mediana y baja prioridad en el tiempo. Las cifras anuales de inversión necesarias para implementar el Plan Maestro en un lapso de 10 años, fluctúan entre \$ 1.955.865.540 el primer año hasta un máximo de \$ 3.515.807.040 el séptimo año del cronograma de inversión.



Los 47 sistemas de colectores proyectados, totalizan 103.334 m de tuberías y canales, 14 trampas de sedimentos o sedimentadores y dos plantas elevadoras.

La composición de la Red Primaria de aguas lluvias, quedó definida por todos los colectores de diámetros mayores a 600 mm, todas las lagunas naturales del área de estudio, prácticamente todos los canales relacionados con las aguas lluvias, los cauces del río Andalien, del estero Nonguen, Palomares y Las Ulloa, y varias quebradas importantes.

El costo total de inversión de la Red Primaria de Colectores proyectados asciende a \$ 25. 075.966.880. La longitud total de la nueva red primaria de 82.885 m , de los cuales 62.987m es proyectada y 19.898 m corresponden a reemplazos de la red primaria actualmente existente, que a su vez totaliza 57.936 m

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.

## **12.2 Recomendaciones**

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

### **a. Estudio de desbordes de cauces naturales**

El presente estudio del Plan Maestro tuvo como alcance estudiar las crecidas y los ejes hidráulicos correspondientes principalmente sólo en relación a su influencia en las descargas de los colectores de aguas lluvia a dichos cauces.

Se requiere complementar estos estudios de crecidas en relación a la determinación y planificación territorial de las áreas de inundación que provocan las crecidas de estos cauces, los daños que esto ocasiona y las soluciones estructurales y no estructurales que deben adoptarse al respecto para solucionar estos problemas de inundación.

### **b. 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.

### **c. Actualizaciones del Plan Maestro**

Aunque el horizonte de tiempo previsto en este Plan Maestro es hasta el año 2025, éste 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.

### **d. Estudios Hidrológicos y de Calibración de modelos**

El registro de caudales de crecidas del río Andalien, debe mejorarse significativamente, dada la importancia de ello en la evaluación de caudales de crecidas de alto período de retorno.

Asimismo, se recomienda establecer una estación fluviográfica en el estero Nonguen, en alguna quebrada importante como la de la Aguita de la Perdiz, por ejemplo, y continuar los registros de caudales urbanos en la estación fluviográfica instalada en un colector existente durante este estudio, a objeto de allegar mayores y mejores antecedentes hidrológicos de este tipo para mejorar la validación y calibración de los modelos hidrológicos utilizados.

#### **e. 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.

#### **f. 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.

#### **g. 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.

#### **h. 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:

- Comunicacional y Educativo
- Institucional y Reglamentario
- Económico y Administrativo
- Normativo (Uso del Suelo).

#### **i. 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.

**j. 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.