

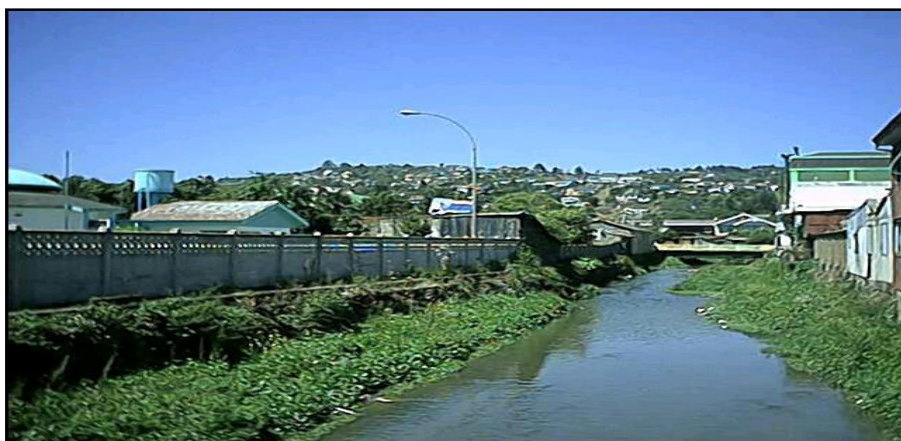


GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

CONSULTORIA PM – 21

“PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE
PENCO Y TOME, VIII REGION”



RESUMEN EJECUTIVO

ABRIL 2004

B & S



INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

Puerta del Sol Nº 99, Las Condes - Santiago Teléfono -Fax: (56-2) 2060738

e-mail: ing.gest@entelchile.net

PLAN MAESTRO DE EVACUACIÓN Y DRENAJE
DE AGUAS LLUVIAS DE PENCO Y TOMÉ, VIII REGIÓN

RESUMEN EJECUTIVO

ÍNDICE MEMORIA

CONTENIDO	PAG.
1. INTRODUCCION	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Objetivos y Alcances del Estudio	2
1.3 Etapas Desarrolladas en la Consultoría.....	3
2. AREA DE ESTUDIO Y CUENCA APORTANTE	5
3. ESTUDIOS BÁSICOS	9
3.1 Estudio de Precipitaciones.....	10
3.1.1 Análisis de Frecuencia de Precipitaciones Máximas.....	11
3.1.2 Determinación de Curvas de Isoyetas.....	12
3.1.3 Determinación de Curvas Intensidad –Duración –Frecuencia	14
3.1.4 Frecuencia Anual de Lluvias	21
3.2 Estudio de Suelos	21
3.2.1 Coeficientes de Escorrentía para la Zona Urbana y de Expansión Urbana	22
3.3 Estudio de Crecidas	27
3.4 Estudio Hidráulico en el Río Andalién.....	27
4. INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	28
4.1 Catastro de Redes de Colectores	28
4.2 Catastro de Canales Urbanos.....	30
4.3 Catastro de los Cauces Naturales	30
4.4 Catastro de Vías Evacuadoras y Canaletas	31
5. PATRÓN DE DRENAJE.....	32
6. DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS DE EVACUACIÓN Y DRENAJE	39

6.1	Diagnóstico Comuna de Penco.....	41
6.2	Diagnóstico Comuna de Tomé.....	47
7.	SOLUCIONES.....	55
8.	EROSIÓN Y DEFORESTACIÓN	71
9.	ANÁLISIS AMBIENTAL.....	71
10.	EVALUACIÓN ECONÓMICA Y PRIORIZACIÓN DE SOLUCIONES	77
10.1	Evaluación Económica.....	77
10.2	Priorización de Soluciones.....	81
11.	DEFINICIÓN DE RED PRIMARIA.....	84
12.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
12.1	Conclusiones.....	91
12.2	Recomendaciones	93
12.2.1	Rehabilitación de la Infraestructura Existente	93
12.2.2	Aplicación del Plan	93
12.2.3	La Red Secundaria.....	93
12.2.4	Carácter Normativo del Plan Maestro	94
12.2.5	Actualizaciones del Plan Maestro.....	94
12.2.6	Optimización de Soluciones	95
12.2.7	Desarrollo de Proyectos Futuros	95
12.2.8	Operación y Mantenimiento.....	95
12.2.9	Medidas no Estructurales	95
12.2.10	Aspectos Ambientales	96
12.2.11	Información para Evaluaciones Económicas	96
12.2.12	Proposiciones Complementarias al Plan Maestro	97

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1:	Cuencas Aportantes	6
Tabla 3.1:	Estaciones Pluviométricas - Precipitaciones Máximas de 24 horas de Duración	12
Tabla 3.2:	Precipitaciones Máximas en 24 Horas Continuas	13
Tabla 3.3:	Coeficientes de Duración Precipitaciones de Duración Mayores a 1 hr.	15
Tabla 3.4:	Coeficientes de Duración para Precipitaciones de Duración Menores a 1 hr.	16
Tabla 3.5:	Precipitaciones Media Máxima de Diseño en 24 horas (mm)	16
Tabla 3.6:	Recurrencia Anual de Lluvias.	21
Tabla 3.7:	Coeficiente de Escorrentía Base	23
Tabla 3.8:	Caudales de Diseño	27
Tabla 3.9:	Caudales de Diseño para el Río Andalién	27
Tabla 4.1:	Resumen de Cámaras y Colectores Existentes	28
Tabla 4.2:	Cuantificación Estado de Cámaras según tipo. Comuna de Penco	29
Tabla 4.3:	Cuantificación Estado de Cámaras según tipo. Comuna de Tomé	29
Tabla 4.4:	Resumen de Catastro de Canales	30
Tabla 4.5:	Resumen de Cauces Naturales	31
Tabla 4.6:	Resumen de Catastro de Vías Evacuadoras y Canaletas	31
Tabla 5.1:	Patrón de Drenaje. Comuna de Penco	33
Tabla 5.2:	Patrón de Drenaje. Comuna de Tomé	34
Tabla 7.1:	Período de Retorno Propuesto (T_p) para Colectores, Canales y Canaletas	56
Tabla 7.2:	Período de Retorno Propuesto (T_p) para Cauces Naturales y Quebradas	56
Tabla 7.3:	Costo de Inversión Soluciones Propuestas para la Comuna de Penco	58
Tabla 7.4:	Costo de Inversión Soluciones Propuestas para la Comuna de Tomé	59
Tabla 9.1:	Identificación de Impactos según Etapa del Proyecto	72
Tabla 10.1:	Resumen de Evaluación Económica. Comuna de Penco	79
Tabla 10.2:	Resumen de Evaluación Económica. Comuna de Tomé	80
Tabla 10.3:	Priorización de Proyectos Comuna de Penco	82
Tabla 10.4:	Priorización de Proyectos Comuna de Tomé	83
Tabla 11.1:	Resumen Longitudes de Red Primaria.	84
Tabla 11.2:	Resumen de Costos de Inversión, Operación y Mantenimiento de la Red Primaria	85

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Ubicación de Penco y Tomé	5
Figura 2.2: Planta General Cuencas Aportantes.....	7
Figura 3.0: Curvas de Isoyetas	14
Figura 3.1: Curvas IDF, Mayor a 1 Hora. Zona de Penco	18
Figura 3.2: Curvas IDF, Menor a 1 Hora. Zona de Penco.....	18
Figura 3.3: Curvas IDF, Mayor a 1 Hora. Zona de Tomé.....	19
Figura 3.4: Curvas IDF, Menor a 1 Hora. Zona de Tomé.....	19
Figura 3.5: Curvas IDF, Mayor a 1 Hora. Zona de Dichato.....	20
Figura 3.6: Curvas IDF, Menor a 1 Hora. Zona de Dichato.....	20
Figura 3.7: Mapa Geológico Regional.....	25
Figura 5.1: Patrón de Drenaje, Comuna de Tomé	35
Figura 5.2: Patrón de Drenaje, Comuna de Penco	37
Figura 6.1: Diagnóstico Comuna de Penco.....	43
Figura 6.2: Diagnóstico Comuna de Penco.....	45
Figura 6.3: Diagnóstico Comuna de Tomé.....	49
Figura 6.4: Diagnóstico Comuna de Tomé.....	51
Figura 6.5: Diagnóstico Comuna de Tomé.....	53
Figura 7.1: Soluciones Propuestas para la Comuna de Penco.....	61
Figura 7.2: Soluciones Propuestas para la Comuna de Penco.....	63
Figura 7.3: Soluciones Propuestas para la Comuna de Penco.....	65
Figura 7.4: Soluciones Propuestas para la Comuna de Tomé.....	67
Figura 7.5: Soluciones Propuestas para la Comuna de Tomé.....	69
Figura 9.1: Análisis de Sensibilidad Ambiental Penco	73
Figura 9.2: Análisis de Sensibilidad Ambiental Tomé	75
Figura 11.1: Red Primaria de Penco	87
Figura 11.2: Red Primaria de Tomé	89

**PLAN MAESTRO DE EVACUACIÓN Y DRENAJE
DE AGUAS LLUVIAS DE PENCO Y TOMÉ, VIII REGIÓN**

RESUMEN EJECUTIVO

INFORME

1. INTRODUCCION

1.1 Generalidades

La Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, ha encomendado a B&S Ingenieros Consultores Ltda. la elaboración del “Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de Penco y Tomé, VIII Región”.

La confección de este estudio surge como consecuencia de la promulgación de la Ley 19.525, en Noviembre de 1997, sobre “Regulación de los Sistemas de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvia”. Esta ley otorga al Ministerio de Obras Públicas el desarrollo de Planes Maestros con el objeto de definir las redes primarias de evacuación y drenaje de aguas lluvias, 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.

El artículo transitorio N°1 de esta ley estipula que las ciudades y los centros poblados con más de 50.000 habitantes deben contar con un Plan Maestro de evacuación y drenaje de aguas lluvias, el que debe ser aprobado en un plazo máximo de 5 años. Para cumplir con este requerimiento de número mínimo de habitantes, el Plan Maestro a desarrollar analiza en conjunto las localidades de Penco y Tomé incluyendo, además, los centros poblados de Dichato, Lirquén y Punta de Parra.

Dentro del contexto de esta ley y teniendo en cuenta los problemas de inundación de aguas lluvias que presentan las ciudades de Penco y Tomé, la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP, a través de la empresa B&S Ingenieros Consultores elaboró y formuló el Plan Maestro de Aguas Lluvias de Penco y Tomé, VIII Región.

1.2 Objetivos y Alcances del Estudio

El objetivo general de este estudio es el de formular y elaborar el Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de las ciudades de Penco y Tomé, en la VIII Región del Bío Bío, según lo establecido en los Términos de Referencia definidos para la presente consultoría por el Departamento de Proyectos de Aguas Lluvias de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) del Ministerio de Obras Públicas.

De este modo el Plan Maestro debe conformar un instrumento de planificación del Sistema de Drenaje y Evacuación de Aguas Lluvias de las ciudades de Penco y Tomé.

Cabe señalar que el Sistema de Drenaje y Evacuación de Aguas Lluvias corresponde al Conjunto de Obras existentes y planificadas, que permiten la captación, conducción, retención y descarga de las aguas lluvias generadas en las cuencas aportantes al Área de Estudio.

En cuanto a los **objetivos específicos** del presente Plan Maestro, se establece lo siguiente:

- Estudiar el problema de evacuación y drenaje de aguas lluvias del área de estudio y proponer una solución integral y coherente con su cuenca aportante y los cauces naturales receptores.
- Realizar una caracterización y diagnóstico de la infraestructura existente en la situación actual y futura del área de estudio.
- Proponer, simular analizar y seleccionar alternativas de solución al problema de evacuación y drenaje para el área de estudio de la ciudad en cuestión.
- Definir el periodo de retorno adecuado para las alternativas de solución a los problemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias de cada zona a sanear.
- Desarrollar y estudiar la viabilidad a nivel de perfil de las soluciones de sistemas de aguas lluvias, necesarios y suficientes, proponiendo un sistema completo para la evacuación de aguas lluvias generadas en la cuenca aportante y en el área de estudio.

- Dimensionar los volúmenes de agua que se aportará a los caudales de los cauces naturales receptores, como producto de los diseños propuestos y proponer las soluciones para los cauces receptores respectivos.
- Obtener una priorización mediante evaluación económica y otros criterios de los proyectos de inversión dentro del Plan Maestro.
- Definir la Red Primaria y estimar el sistema complementario de evacuación y drenaje de aguas lluvias de la ciudad de Penco y Tomé.

1.3 Etapas Desarrolladas en la Consultoría

Para cumplir los objetivos anteriormente descritos, la presente consultoría se dividió en las siguientes etapas:

- **Etapa 0 – Cartografía:** Se elaboró la cartografía base para el área de estudio (escala 1:2.500) y para las cuencas aportantes (escala 1:20.000) que corresponden a zonas rurales.
- **Etapa I - Recopilación de Antecedentes:** Se presentan los antecedentes generales de la zona (Ubicación, Población, Clima, etc), Antecedentes Históricos de las Aguas Lluvias en ambas ciudades, Información Resumida de los Proyectos de Aguas Existentes al momento de presentar esta etapa. Además, se instaló un pluviógrafo y reglas limnimétricas en canales y cauces del área de estudio.
- **Etapa II - Estudios Básicos:** Se realizaron estudios hidrológicos, tales como: precipitaciones, uso de suelos, estudios de crecidas, riesgos geomorfológicos, niveles de marea y adicionalmente se realizó el estudio Hidráulico del Río Andalién y las cuencas aportantes al área de estudio.
- **Etapa III - Infraestructura Existente:** Se hicieron los levantamientos topográficos de la red de colectores de aguas lluvias con sus sumideros y cámaras, de los canales, cauces naturales, calles evacuadoras de aguas lluvias y canaletas, realizando un completo catastro y análisis de la capacidad hidráulica de los diferentes obras de conducción y captación de aguas lluvias existentes en las diversas localidades del estudio.

- **Etapa IV – Diagnóstico y Proposición de Alternativas:** Teniendo los estudios básicos realizados y la identificación de la infraestructura existente se configuró el Patrón de Drenaje del área de estudio y se realizó el diagnóstico de los sistemas de drenaje. Los sistemas se agrupan en función de los cuerpos receptores de aguas lluvias, determinando caudales en cada subcuenca que conforman los Sistemas en estudio. Se llevó a cabo el diagnóstico de los distintos sistemas de drenaje existentes y se propuso alternativas de solución.
- **Etapa V – Simulación, Análisis y Selección de Alternativas:** El propósito de esta etapa fue dimensionar las alternativas de solución a nivel de perfil, para lo cual se utilizó el programa SWMM.
- **Etapa VI – Desarrollo de las Soluciones:** Se analizó la viabilidad de las alternativas de solución, se desarrollaron los estudios de Análisis Ambiental, evaluación económica, priorización de proyectos y la definición de la Red Primaria de aguas lluvias con su costo correspondiente.
- **Etapa VII – Informe Final:** La Información contenida en las etapas anteriores se compiló en esta etapa del estudio formando un documento de 8 tomos (1 tomo correspondiente a la memoria, 3 tomos de anexos y 4 tomos de planos). Además, un video y un álbum de fotos.

2. AREA DE ESTUDIO Y CUENCA APORTANTE

La zona de estudio se localiza en la VIII Región del Bío Bío, provincia de Concepción. Esta provincia esta compuesta por diez comunas, dos de las cuales corresponden a las comunas de Penco y Tomé. La Figura 2.1 muestra la ubicación Geográfica de las ciudades en estudio.

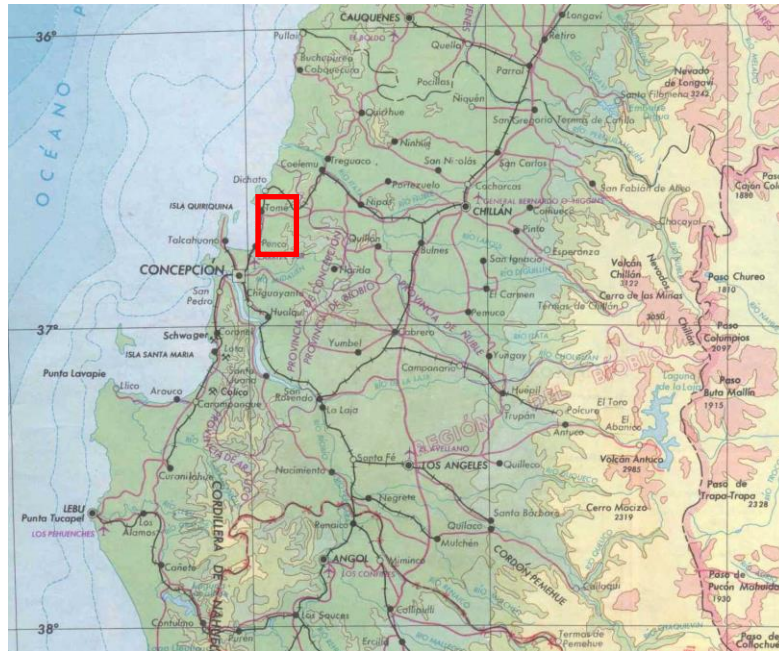


Figura 2.1: Ubicación de Penco y Tomé

El **Área de Estudio** del Plan Maestro, cuya superficie alcanza los 121 Km², comprende toda la zona urbana, tanto actual como las futuras zonas de expansión de las ciudades de Penco y Tomé y las localidades de Dichato y Punta de Parra de acuerdo a los planes reguladores existentes y en ejecución, estos últimos dentro del marco fijado en el Plan Regulador Intercomunal de Concepción (PRIC). El área de estudio es de

La zona de expansión establecida comprende la proyección del crecimiento de la población en un horizonte de 30 años y fue delimitada de acuerdo al Plan Regulador, intercomunal de Concepción.

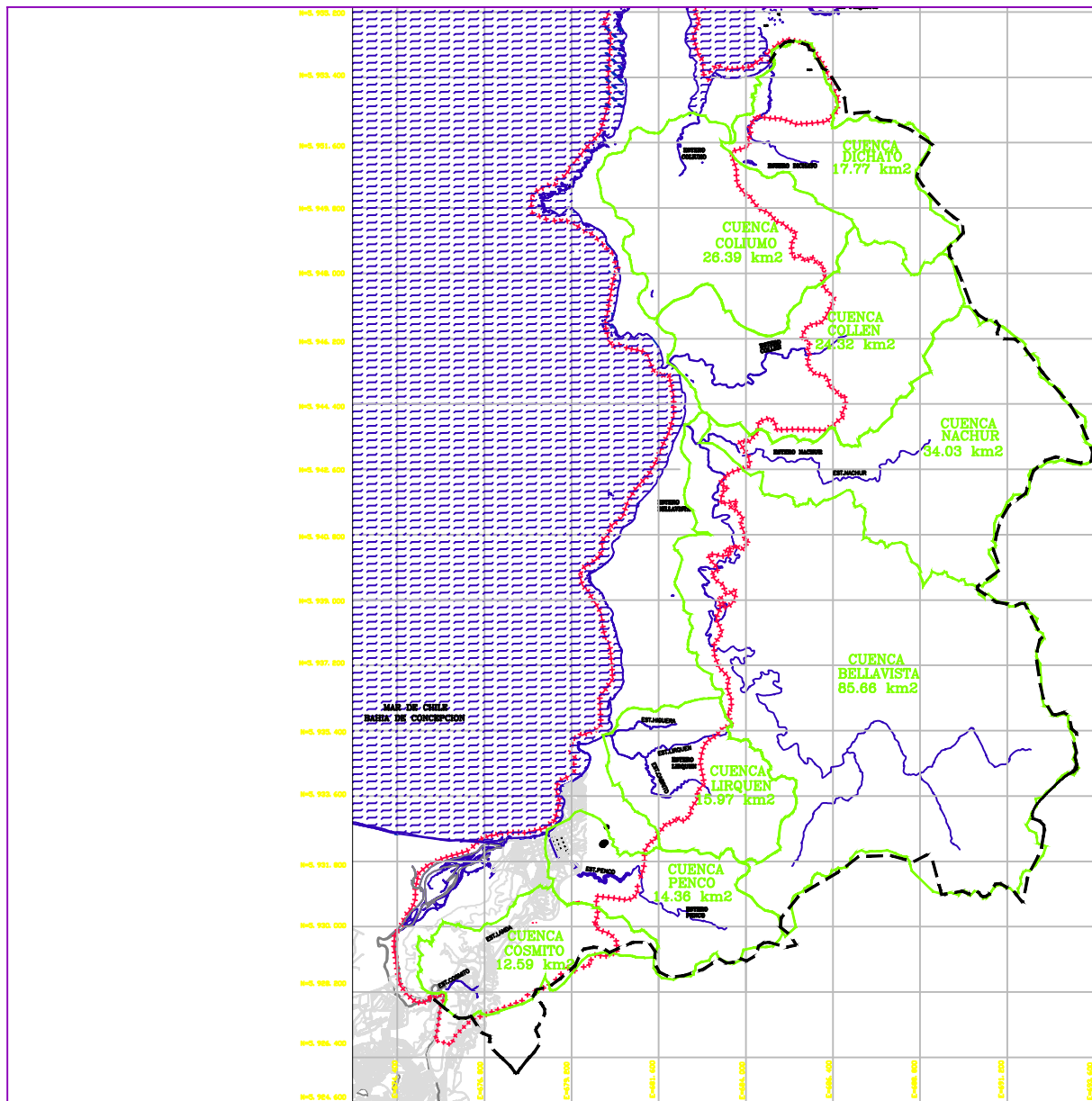
Por otra parte, las **Cuencas Aportantes** al Área de Estudio fueron también consideradas y determinadas en base a que pudiesen afectar, directa o indirectamente, a la zona urbana actual y su proyección. En este caso en particular, la cuenca aportante al área de Estudio corresponde a un total de 231 Km² , constituida por las cuencas de los diferentes esteros que la atraviesan. En la Tabla 2.1 se presentan los esteros existentes y las superficies de las áreas aportantes respectivas.

Tabla 2.1: Cuencas Aportantes






NOMBRE ESTERO	COMUNA	SUPERFICIE (KM²)
Coliumo	Tomé	26.39
Dichato	Tomé	17.77
Collén	Tomé	24.32
Bellavista-Nachur	Tomé	119.69
TOTAL COMUNA DE TOME		188.17
Lirquén	Penco	15.97
Penco	Penco	14.36
Landa	Penco	12.59
TOTAL COMUNA DE PENCO		42.91
TOTAL CUENCA APORTANTE		231.08


Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 2.2 se puede observar el Área de Estudio, la cual comprende el área urbana actual y las zonas de expansión previstas al año 2030 de las ciudades de Penco y Tomé, y las cuencas aportantes de sus esteros y cauces afluentes.



SIMBOLOGIA

-  ESTEROS Y RIOS
-  LIMITE AREA DE ESTUDIO
-  LIMITE CUENCA APORTANTE
-  SISTEMA CUENCAS
-  LAQUINA, RIO, MAR

	BAS INGENIEROS CONSULTORES LTDA.
PROYECTO PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE PENCO Y TOME, VIII REGION INFORME FINAL <small>GOBIERNO DE CHILE MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS</small>	CONTENIDO FIGURA 2.2 PLANTA GENERAL CUENCA APORTANTE ESCALA : S/E

3. ESTUDIOS BÁSICOS

Los estudios básicos permiten determinar los caudales efluentes desde cada cuenca hidrológica considerada en el sistema de drenaje.

El objetivo central del estudio hidrológico desarrollado en las ciudades de Penco y Tomé consistió básicamente en determinar las tormentas de diseño del área de interés, para diferentes períodos de retorno y en realizar un estudio de crecidas.

En el estudio de precipitaciones, se recopiló y analizó las precipitaciones máximas anuales, de 24 horas de duración, que se encontraban disponibles en la zona de estudio, también se relleno estadísticamente la información con el objeto de determinar series de precipitaciones máximas anuales para diferentes duraciones y periodos de retorno. Entre los principales resultados obtenidos se encuentran: las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (curvas IDF), determinación de las tormentas de diseño para cada localidad del área de estudio y la recurrencia anual de lluvias para la zona, entre otros.

En el estudio de crecidas, se establece la metodología para la generación de hidrogramas de crecida en todos los esteros existentes en el área de estudio, para diferentes magnitudes de eventos hidrológicos y asociados a distintos períodos de retorno (2, 5, 10, 20, 50 y 100 años).

En el Estudio de Suelos, se detalló el uso del suelo (urbano, no urbano) y el marco geológico en que se insertan las cuencas del área de estudio. En base a esto se plantearon los coeficientes de escorrentía asociados a cada unidad de tipo de uso de suelo.

También se describió la red principal de drenaje natural del área de estudio, es decir, los cauces naturales principales y sus correspondientes cuencas aportantes

3.1 Estudio de Precipitaciones

En este capítulo se determinaron las precipitaciones correspondientes al área de estudio a partir de las estaciones pluviométricas cercanas a la zona de interés y de informes de proyectos ya realizados que cuentan con información y conclusiones valiosas para este estudio.

Con la información pluviométrica disponible se realizaron análisis de frecuencias de las series de precipitaciones máximas en 24, 48 y 72 horas. Estos análisis permitieron caracterizar temporal y espacialmente el comportamiento de las lluvias mediante la elaboración de las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia para los períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100. Las Tormentas de Diseño se generaron a partir del método de bloques alternos sobre la base de las curvas IDF obtenidas.

Por último se analizó la recurrencia anual de las lluvias a partir de registros de precipitación diaria de una estación.

En la zona existen varias estaciones pluviométricas, las que permitieron caracterizar el régimen de precipitaciones del área. Las estaciones existentes pertenecen a la Dirección Meteorológica de Chile o la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas. Ellas cuentan con información a escala diaria, mensual, anual y con series de precipitaciones máximas anuales de 24, 48 y 72 horas de duración.

Se escogieron aquellas estaciones que estuvieran operando y que tuvieran registros de 10 o más años. De acuerdo con este criterio se utilizó la información correspondiente a las siguientes estaciones: Carriel Sur, Bellavista, Universidad de Concepción, Cerro Caracol, Nonguén, Dichato y Coelemu.

De las estaciones antes mencionadas la única que posee su estadística completa es Carriel Sur. Para las demás estaciones el relleno de los registros faltantes se efectuó mediante correlación lineal entre las estaciones pluviométricas. Para ello se establecieron regresiones lineales entre los registros de años comunes de las estaciones para cada una de las duraciones de las precipitaciones máximas consideradas.

3.1.1 Análisis de Frecuencia de Precipitaciones Máximas

Se realizaron análisis de frecuencia analíticos entre el período 1941 y 2001 para cada una de las series de precipitaciones máximas anuales de 1, 2 y 3 días de duración de las estaciones Carriel Sur, Bellavista U. Concepción, Cerro Caracol, Nonguén, Dichato y Coelemu.

Para el análisis se consideraron cuatro funciones de distribución, que son las siguientes:

- Distribución Logarítmica Normal.
- Distribución Pearson.
- Distribución Logarítmica Pearson.
- Distribución de Valores Extremos Tipo-I o Gumbel

Para medir la bondad del ajuste de las distribuciones se utilizó el Test Chi-Cuadrado, de manera de adoptar la función de probabilidades que representa mejor los valores observados de las series de precipitaciones. En general, la distribución seleccionada para cada estación es aquella que posea el menor valor del Test mencionado.

Los resultados se compararon con los obtenidos de los estudios de otros planes maestros realizados en el sector. Se efectuaron comparaciones numéricas y gráficas para todas las estaciones y duraciones de precipitaciones máximas. Se observó en todos los casos que empleando la distribución según Gumbel los valores obtenidos en el presente estudio son mayores al de los otros Planes Maestros. Las diferencias no son significativas y son conservadoras, por tal motivo se adoptó la distribución antes mencionada.

En la Tabla 3.1 siguiente se incluyen los valores correspondientes a las precipitaciones máximas de 24 horas de duración

Tabla 3.1: Estaciones Pluviométricas - Precipitaciones Máximas de 24 horas de Duración (mm)

Periodo de Retorno (Años)	Estación Carriel Sur	Estación Bellavista U. Concep.	Estación Cerro Caracol	Estación Nonguén	Estación Dichato	Estación Coelemu
2	74,1	80,5	69,5	81,7	59,2	57,4
5	98,8	105,5	92,6	104,1	72,3	74,1
10	115,1	122,1	107,8	119,0	81,0	85,2
25	139,8	138,0	122,5	133,3	89,3	95,9
50	151,1	158,6	141,5	151,7	100,1	109,6
100	166,3	174,0	155,7	165,5	108,2	120,0

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2 Determinación de Curvas de Isoyetas

Para la determinación de las precipitaciones de diseño en la zona de estudio, se procedió a la determinación de las curvas de isoyetas para precipitaciones máximas en 24 horas continuas para un periodo de retorno de 10 años.

Previo a construir las curvas isoyetas, se definió el coeficiente de transformación C, de modo de transformar las precipitaciones máximas diarias en precipitaciones máximas en 24 horas continuas. Para ello se seleccionaron 15 Tormentas, 8 de las cuales pertenecían a la Estación Carriel Sur y 7 al instrumento instalado en Tomé

El valor adoptado corresponde al promedio para todas las tormentas, para este caso se obtuvo $C = 1.13$, el cual coincide con el valor obtenido en el Plan Maestro de Talcahuano. Luego, a partir de este valor para C, se obtuvieron las precipitaciones máximas en 24 horas continuas para cada estación y con periodo de retorno $T = 10$ años, según se muestra en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2: Precipitaciones Máximas en 24 Horas Continuas

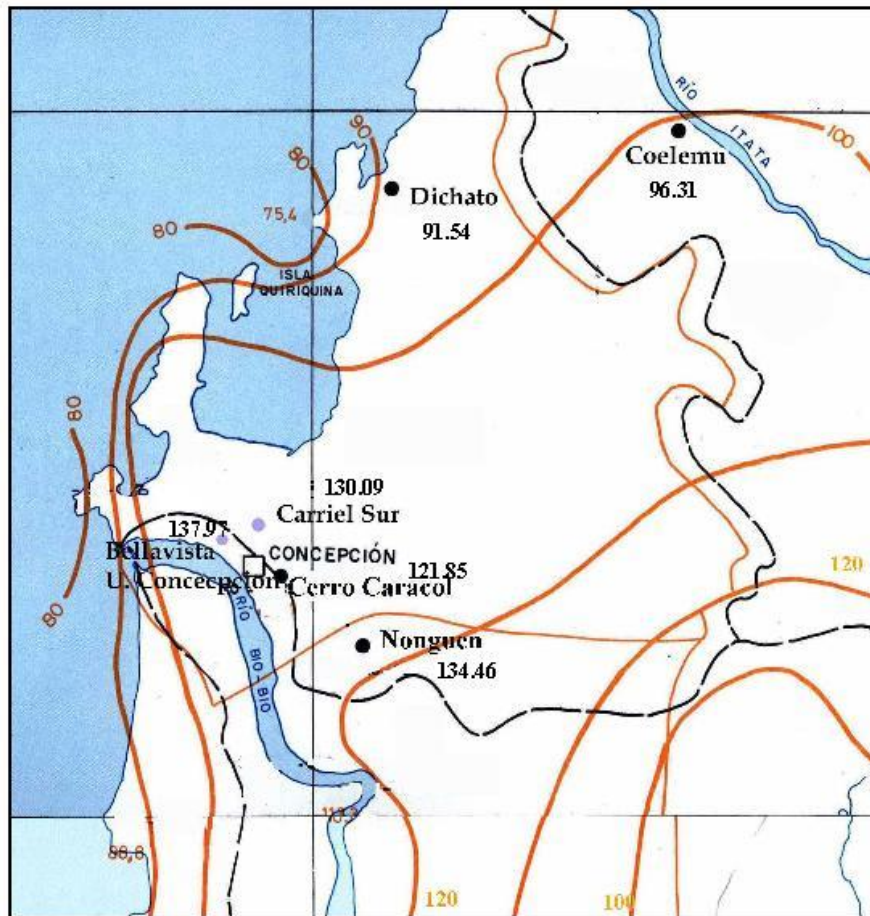
T = 10 años Factor C = 1,13

Estación	Precipitación (mm)
Carriel Sur	130.09
Bellavista U. Concepción	137.97
Cerro Caracol	121.85
Nonguén	134.46
Dichato	91.49
Coelemu	96.31

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente se construyeron las curvas isoyetas, en base a las precipitaciones de la tabla anterior. Además se utilizó como referencia las curvas de isoyetas del estudio “Precipitaciones Máximas en 1, 2 y 3 Días” publicado por la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas.

Figura 3.0: Curvas de Isoyetas



3.1.3 Determinación de Curvas Intensidad –Duración –Frecuencia

Para estimar temporalmente la precipitación de diseño se requirió determinar las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia, las que definen la intensidad de una lluvia para una duración de tormenta y período de retorno dado.

Las curvas IDF se determinaron utilizando los resultados del análisis de frecuencia correspondientes a la precipitación máxima de 24 horas de duración, resumida en la Tabla 3.1. Por otra parte, se consideraron los coeficientes de duración obtenidos por E. Varas para lluvias desde 1 a 24 horas de duración, debido a que ellos fueron validados

rigurosamente en los estudios del Plan Maestro de Concepción y Talcahuano mediante coeficientes de duración generados a partir de tormentas, el método de Grunsky y otros estudios hidrológicos desarrollados en Concepción. Para precipitaciones menores a una hora se utilizaron los coeficientes de duración de Bell.

En la Tabla 3.3 y Tabla 3.4 se resumen los coeficientes de duración adoptados para precipitaciones mayores y menores a una hora de duración.

Tabla 3.3: Coeficientes de Duración Precipitaciones de Duración Mayores a 1 hr.

Duración (hrs)	CD
1	0,19
2	0,30
4	0,38
6	0,47
8	0,56
10	0,64
12	0,70
14	0,77
18	0,89
24	1,00

Fuente: E. Varas.

Tabla 3.4: Coeficientes de Duración para Precipitaciones de Duración Menores a 1 hr.

Duración (min)	CD
5	0.06
10	0.09
15	0.11
20	0.12
30	0.14
40	0.16
50	0.18
60	0.19

Fuente: Bell.

Para el área de estudio se definieron tres zonas: Dichato, Penco y Tomé, en función de los centros urbanos más importantes. La precipitación de diseño para cada una de estas zonas se presenta en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5: Precipitaciones Media Máxima de Diseño en 24 horas (mm)

Período de Retorno (años)	Zona de Dichato P24	Zona de Tomé P24	Zona de Penco P24
2	71,89	70,4	88,84
5	93,5	91,6	115,6
10	107,8	105,6	133,3
25	122,9	120,4	152,0
50	139,3	136,5	172,3
100	152,7	149,5	188,8

Fuente: Elaboración Propia

Todo lo anterior permitió confeccionar las Curvas de Intensidad Duración y frecuencia (curvas IDF) para las zonas de Penco, Tomé y Dichato. Con estas curvas IDF, que se presentan a continuación, se determinaron las lluvias de diseño.

Lluvia de Diseño Curvas IDF . Comuna de Penco

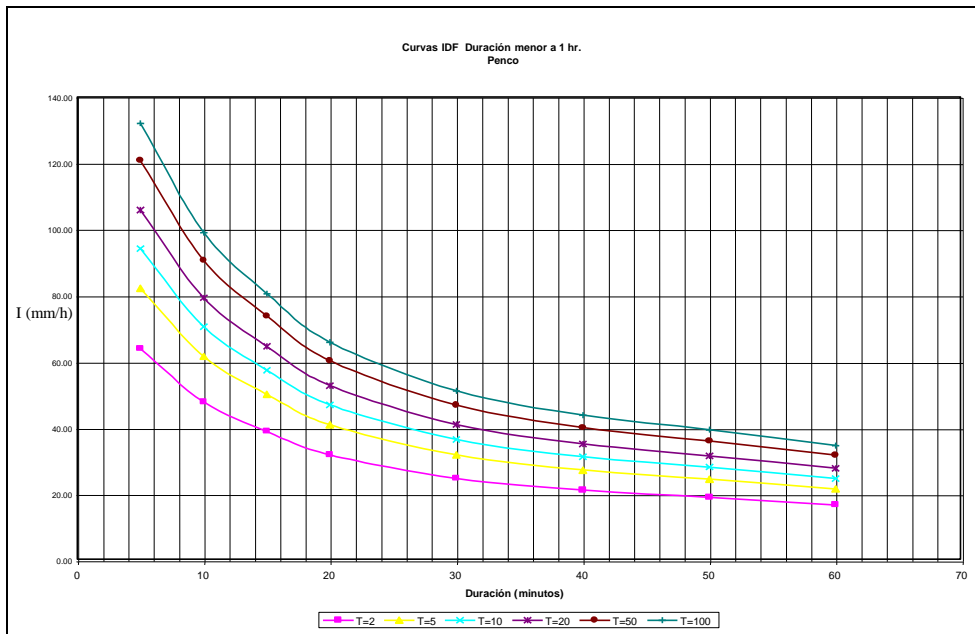


Figura 3.1: Curvas IDF, Mayor a 1 Hora. Zona de Penco

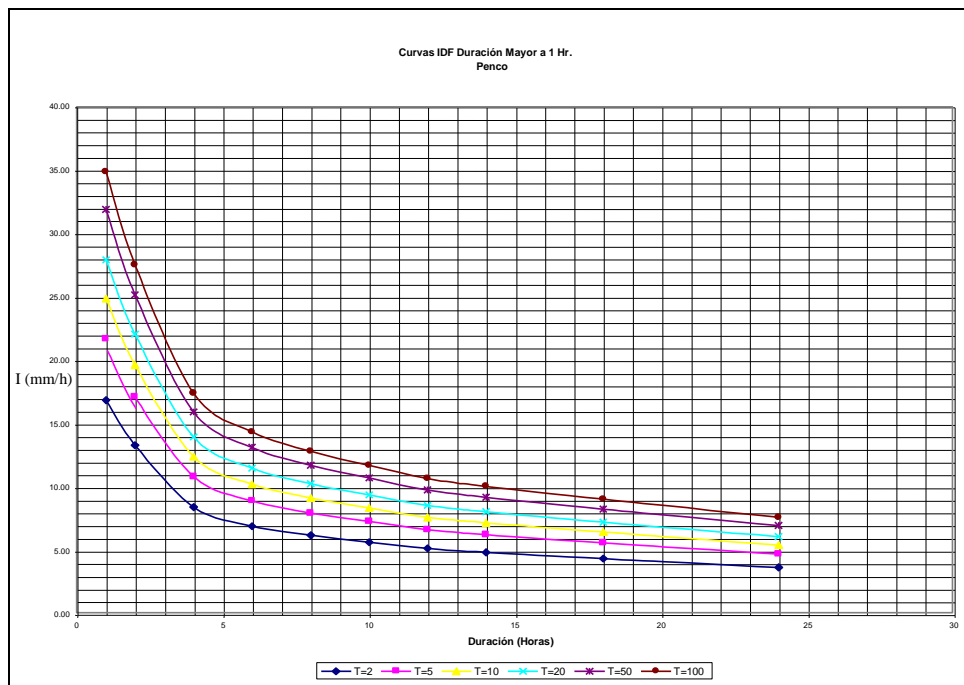


Figura 3.2: Curvas IDF, Menor a 1 Hora. Zona de Penco

Lluvia de Diseño. Comuna de Tomé

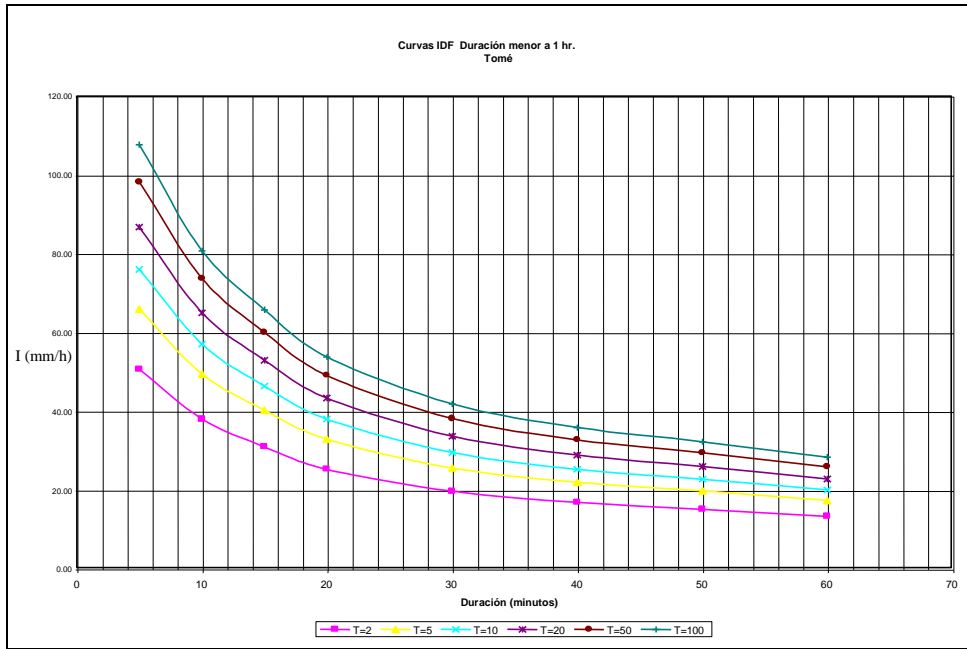


Figura 3.3: Curvas IDF, Mayor a 1 Hora. Zona de Tomé

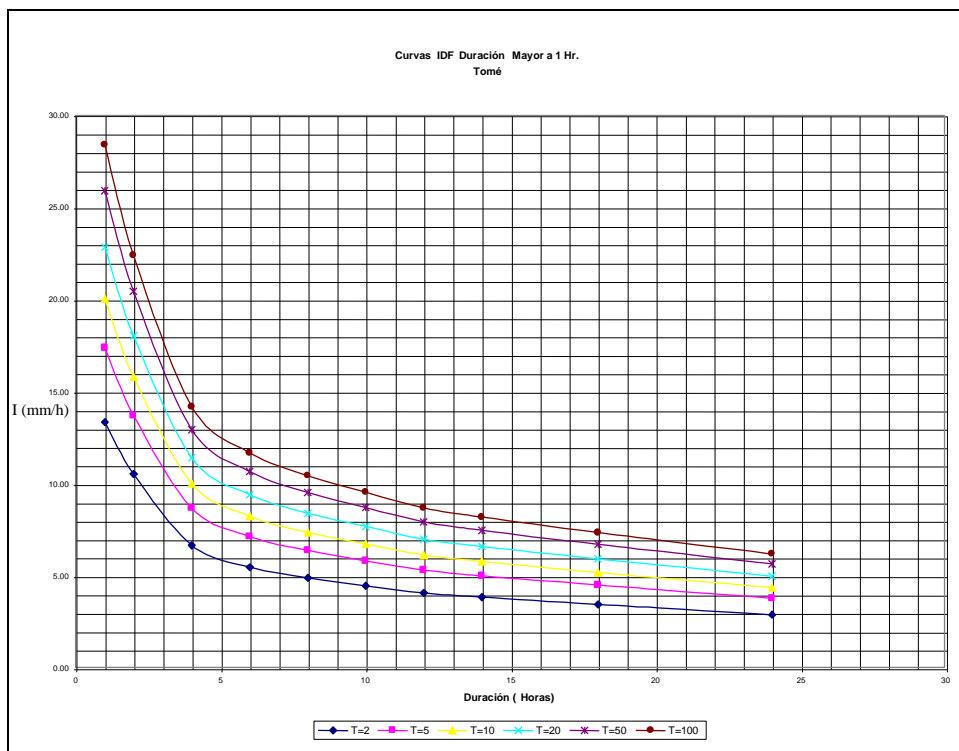


Figura 3.4: Curvas IDF, Menor a 1 Hora. Zona de Tomé
Lluvias de Diseño Curvas IDF. Comuna de Dichato

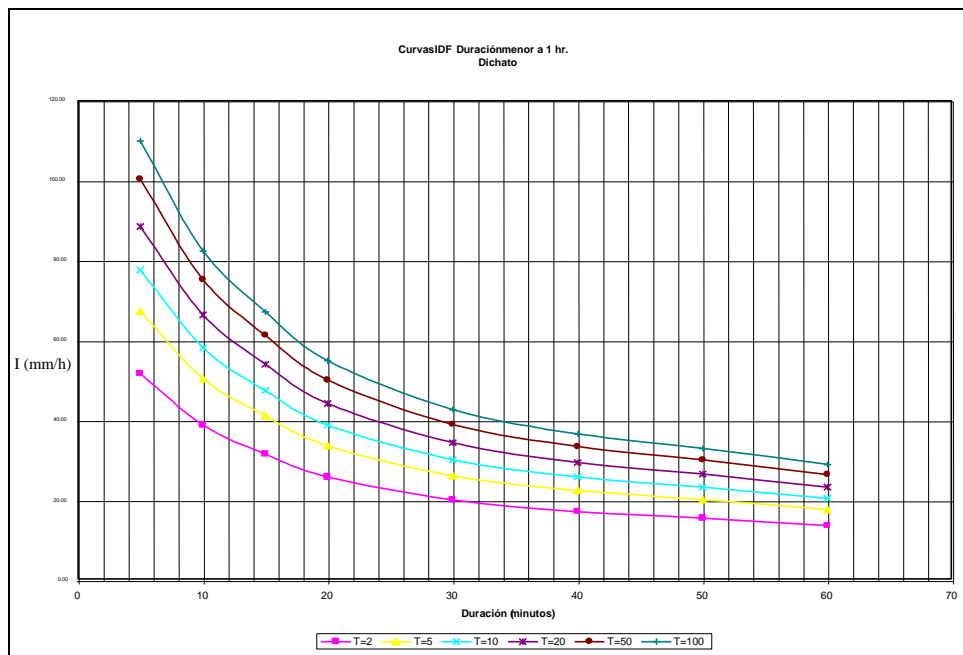


Figura 3.5: Curvas IDF, Mayor a 1 Hora. Zona de Dichato

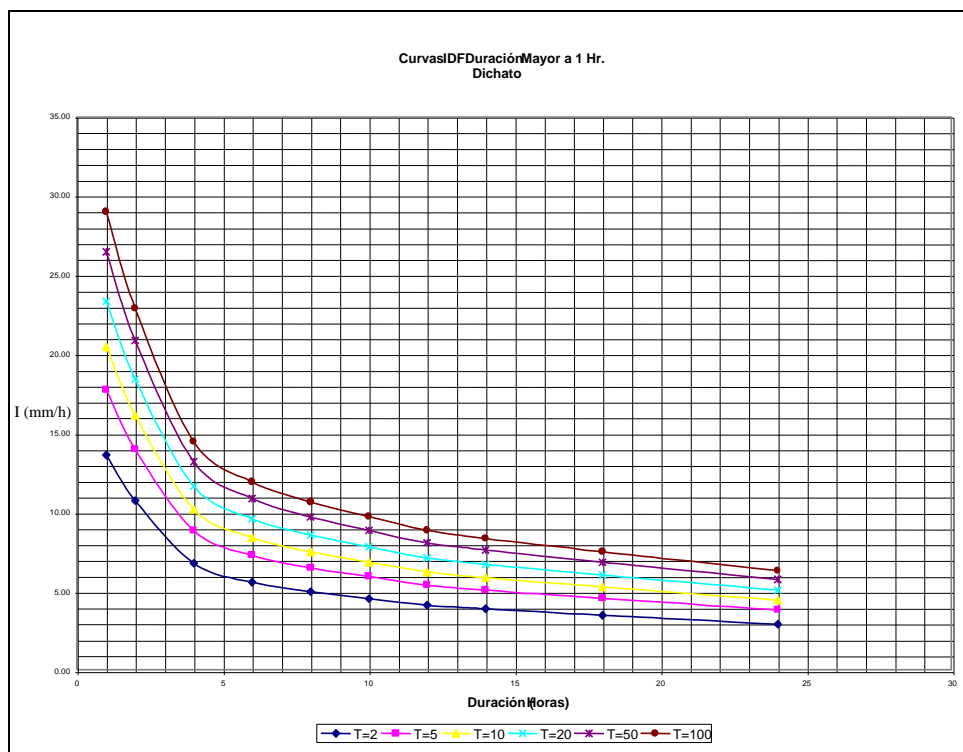


Figura 3.6: Curvas IDF, Menor a 1 Hora. Zona de Dichato

3.1.4 Frecuencia Anual de Lluvias

Por otro lado, considerando las estadísticas rellenas de precipitaciones diarias de las estaciones Nonguén y Carriel Sur, se realizó la recurrencia anual de lluvias, determinando el número promedio de días al año, en que las precipitaciones están dentro de diferentes intervalos (Tabla 3.6).

Tabla 3.6: Recurrencia Anual de Lluvias.

Rango (mm)	Nº de Días Promedio Carriel Sur	Nº de Días Promedio Nonguén
0-10	66	54
10-20	17	19
20-40	12	16
40-60	3	5
> 60	1	2

3.2 Estudio de Suelos

En este estudio se analizó la geomorfología de la cuenca aportante, las zonas de riesgo geomorfológico, el uso actual y futuro del suelo urbano y los parámetros de escorrentía actuales y futuros.

En rasgos generales, el área de estudio se encuentra enmarcado fundamentalmente por rocas de composición granítica, de carácter intrusivo, que se incluyen en un gran plutón que se ha denominado Batolito de la Costa. El mapa Geológico Regional, entrega una visión general de sus características geológicas. (Figura 3.7).

Es de considerar que las principales localidades del área de estudio: Penco, Lirquén, Tomé, Bellavista y Dichato, se encuentran fundadas sobre terrazas de abrasión marina, en rocas sedimentarias marino continentales de la Formación Curanilahue; sin embargo en su desarrollo hacia el oriente están limitadas por las rocas graníticas y/o metamórficas del paleozoico.

En las áreas urbanizadas, el escurrimiento de las aguas lluvias depende principalmente de las características del suelo, de su uso, de su ocupación, y del tamaño de sus edificaciones. En definitiva, de aquello que define las características de la cubierta del suelo y que condiciona el comportamiento del escurrimiento de las aguas lluvias.

Para este propósito se identificaron variadas formas de ocupación de suelo, teniendo presente; las características del entorno natural (terrenos planos y con pendientes, con abundante vegetación y con la presencia de esteros y canales), así como las diferentes actividades que en ellos se realizan (industria forestal e industrias pesqueras).

Se clasificaron las distintas áreas, considerando sus características, y se identificaron zonas homogéneas. Cada una de ellas, representada por una manzana tipo que según sus cubiertas de suelo, permite, establecer coeficientes de escorrentía.

3.2.1 Coeficientes de Escorrentía para la Zona Urbana y de Expansión Urbana

Para caracterizar el área de estudio, respecto a su potencial de generación de escorrentía, se utilizó el coeficiente de escorrentía (C) de la formula Racional. Los parámetros de escorrentía (C) se estimaron considerando los usos de suelos actuales y futuros y la posible influencia de la napa subterránea.

En la estimación de los parámetros de escorrentía se consideró lo señalado en la literatura especializada, la experiencia del consultor y la observación de terreno. De este modo, considerando como base los coeficientes señalados en

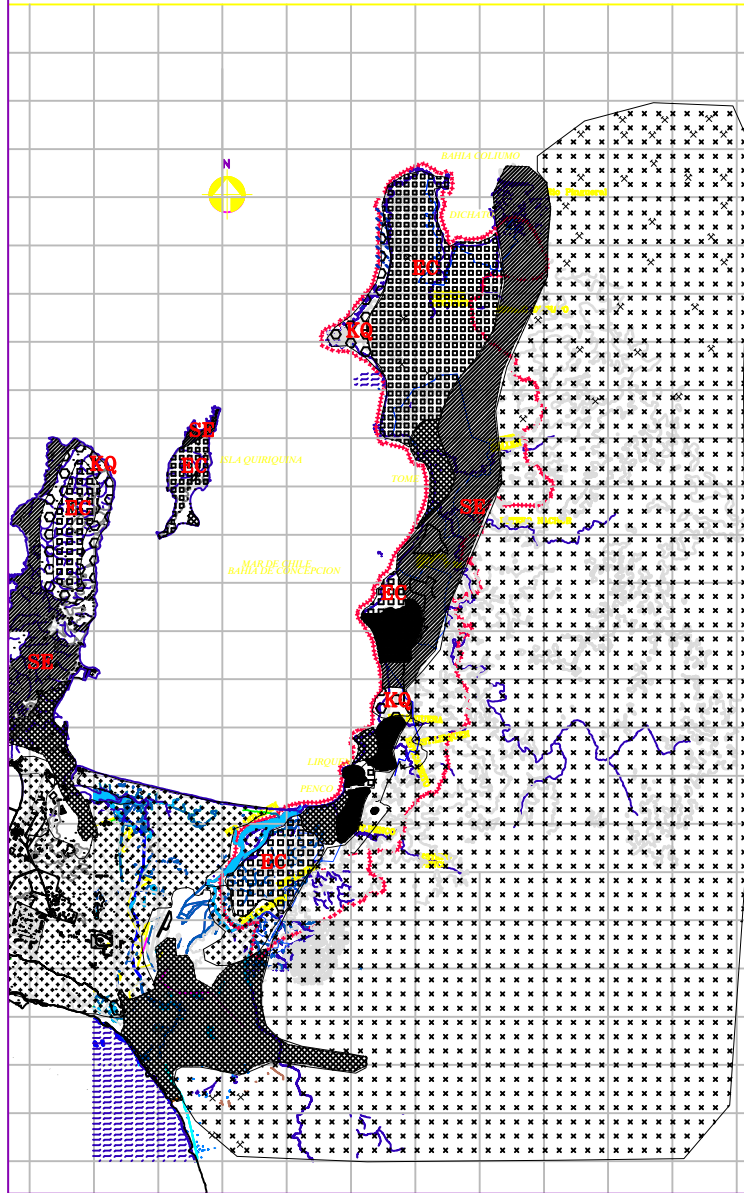
Tabla 3.7 , se obtuvieron los coeficientes de escorrentía para la situación actual y futura de las comunas de Penco y Tomé,

Tabla 3.7: Coeficiente de Escorrentía Base

TIPO DE COBERTURA DE SUELO		RANGO COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA
TIPO	PENDIENTE	
Edificada		0,75 - 0,95
Pavimentada		0,70 - 0,95
Vegetal	Baja: 0-2%	0,21 - 0,32
	Media: 2-7%	0,29 - 0,42
	Fuerte: >7%	0,39 - 0,47
Suelo Descubierta	Baja: 0-2%	0,32 - 0,44
	Media: 2-7%	0,37 - 0,49
	Fuerte: >7%	0,40 - 0,52

Fuente: Elaboración Propia

MAPA GEOLOGICO REGIONAL



CUERPO SUPERIOR	CUERPO SUPERIOR		CUERPO INFERIOR
	CUERPO SUPERIOR	CUERPO SUPERIOR	
CUERPO INTERMEDIO	CUERPO INTERMEDIO	CUERPO INTERMEDIO	CUERPO INTERMEDIO
	CUERPO INTERMEDIO	CUERPO INTERMEDIO	CUERPO INTERMEDIO
CUERPO INFERIOR	CUERPO INFERIOR	CUERPO INFERIOR	CUERPO INFERIOR
	CUERPO INFERIOR	CUERPO INFERIOR	CUERPO INFERIOR

- Hva Sedimentos de valles actuales
- Hv Lavas del volcan Chillan. Andesitas basalticas
- Hrc1 Depósitos de arenas del cono del río Laja. Arenas basalticas
- Htaf Sedimentos de terrazas fluviales
- PIHstm Sedimentos de terrazas marinas
- PIHlm Formación La Montaña. Sedimentos morrenicos y glaci-lacustres
- PPicz Formación cola de Zorro. Andesitas basálticas y rocas piroclásticas
- PPlm Formación Mininco. Aresnico y limollitas en recuadro: cubierta de suelo vegetal).
- Ec Formación Curanilahue. Arenicas y arcillas con mantos de carbón
- KTem Formación Cura Mallin. Arenicas y lutitas, con rocas piroclásticas
- Krb Formación Río Blanco. Lavas andesiticas e intercalaciones de rocas clastico-volcanicas
- Kq Formación Quiriquina. Conglomerado y areniscos
- Trej-3 Formación Santa Juana. Carnico-Retico. arenicas y arcillolitas. Miembro 3
- Trcmq Estratos de Pocollos-Coronel del Maule-Quirihue. Arenicas, lutitas, sedimentos silíceos, andesitas y brechas volcánicas.

- BASAMENTO METAMORFICO**
- SE Serie Oriental. Esquistos, filitas y metaareniscas
 - kg Tonalias y granodiaritas indiferenciados
 - Jg? Granodiaritas y granitos indiferenciados
 - Pzg Tonalita y granodiarita indiferenciados

SIMBOLOGIA

- Contacto
- Contacto, ublcacion aproximada
- Rumbo y manto de los estratos
- Estratos Horizontales
- Folclacion
- Falla, indica bloque hundido
- Falla inferida o lineamiento fotogeologico
- Eje sinclinal.
- Eje anticlinal.
- Eje anticlinal.
- Yacimientos metalicos
- Yacimientos no metalicos
- Red hidrografica
- Carretera panamericana
- Camino secundario
- Seccion de perfil

	INGENIEROS CONSULTORES LTDA.	
	PROYECTO PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE PENCO Y TOME, VIII REGION INFORME FINAL GOBIERNO DE CHILE MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS	CONTENIDO FIGURA 3.7 MAPA GEOLOGICO REGIONAL ESCALA : S/E

3.3 Estudio de Crecidas

Se estimaron los caudales de crecidas de los cauces naturales que atraviesan el área de estudio, así como aquellos que se desarrollan fuera del área de estudio, pero que tienen influencia directa en la evacuación de las aguas lluvias. La determinación de los caudales de crecida para las cuencas mayores a 10 Km² se realizó con el método del Hidrograma Unitario Sintético, el cual para este estudio entregó los valores más conservadores.

Tabla 3.8: Caudales de Diseño

Tr (años)	CAUDALES DE CRECIDA EN LOS ESTEROS (m ³ /s)						
	Dichato	Coliumo	Collén	Bellavista	Lirquén	Penco	Cosmito
2	6.68	9.14	9.80	52.5	6.04	8.06	7.99
5	11.19	15.46	16.13	86.23	11.41	12.93	12.91
10	14.45	19.94	20.64	110.47	15.14	16.33	16.37
25	26.40	37.21	37.51	197.09	31.74	27.30	27.67
50	31.02	43.60	43.76	230.68	37.49	31.81	32.27
100	35.04	49.13	49.29	258.04	42.49	35.75	36.01

Fuente: Elaboración Propia

3.4 Estudio Hidráulico en el Río Andalién

Se realizó el estudio hidráulico del río Andalién entre el sector de descarga del Estero Cosmito hasta la desembocadura al mar, con la finalidad de determinar los niveles de agua máximas en el tramo.

Tabla 3.9: Caudales de Diseño para el Río Andalién

Periodo de Retorno T (años)	Caudal de Diseño (m ³ /s)
2	199
5	249
10	275
20	297
50	321
100	338

Fuente: Elaboración Propia

Del estudio se concluye que, entre los Km. 0,250 - 0,700; Km. 3,250 - 4,500 y Km 6,250-6,750, el Río Andalién presenta desbordes desde el caudal de T = 2 años, y en el sector donde ocurre la llegada del Estero Cosmito el Río Andalién no presenta la suficiente capacidad de conducción de aguas, por lo que se generan desbordes. Por otro lado, el aporte del Estero Cosmito no genera mayores cambios en el eje hidráulico del Río Andalién y en el puente las Ballenas se genera un peralte de sólo 10 cm del eje hidráulico.

4. INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

En el presente capítulo se identifica la infraestructura existente de evacuación y drenaje de las aguas lluvias de las Comunas de Penco y Tomé, la cual incluye las localidades de Dichato y Punta de Parra.

4.1 Catastro de Redes de Colectores

Las redes existentes están conformadas por 17.081 m de colectores, 407 cámaras de inspección (222 para Penco y 185 para Tomé), 914 sumideros (451 para Penco y 463 para Tomé) y 70 descargas, que en general no forman parte de un sistema integrado y planificado de evacuación y drenaje de las aguas lluvia, sino que corresponden a obras destinadas a resolver problemas locales.

Sobre la base de la información obtenida en el catastro, se evaluó la capacidad hidráulica de 111 colectores, tanto para la situación actual como para una situación futura mejorada. A continuación en la Tabla 4.1, se incluye un resumen de la red existente, separada para las comunas de Penco y Tomé.

Tabla 4.1: Resumen de Cámaras y Colectores Existentes

		Longitud(m)			
Comuna	N° Cámaras	Colectores	Cañerías	Laterales	Total
Penco	222	6628	1929	911	9468
Tomé	185	4671	2411	531	7613

En las Tabla 4.2 y Tabla 4.3 siguientes se indican el estado estructural y operacional en que se encontraron los distintos tipos de cámaras de las redes de aguas lluvias de las ciudades de Penco y Tomé, al momento de realizar el catastro.

Tabla 4.2: Cuantificación Estado de Cámaras según tipo. Comuna de Penco

Tipo	N°	Estado Estructural			Estado Operacional			Condición			
		B	R	M	B	R	M	Embankada	Sellada	Inundada	Bajo Tierra
a	37	35	1		26	2	6	3		2	
b	45	45			33	2	9	2		3	
e	84	81	3		65	9	6	6		4	
Desarenadora	6	6			6					2	
s/i	50	5	4	1	4	1	3	3	30		5
Total	222	172	8	1	134	14	24	14	30	11	5

B : Buena
R : Regular
M : Mala

Tabla 4.3: Cuantificación Estado de Cámaras según tipo. Comuna de Tomé

Tipo	N°	Estado Estructural			Estado Operacional			Condición			
		B	R	M	B	R	M	Embankada	Sellada	Inundada	Bajo Tierra
a	15	14	1		13	1	1	2			
b	28	27	1		21	5	2	5		1	
e	80	57	17	4	41	22	15	20	1		
Desarenadora	10	10			7	2	1	2		1	
s/i	52	6	6	2	7	1	4	4	26		4
Total	185	114	25	6	89	31	23	33	27	2	4

B : Buena
R : Regular
M : Mala

4.2 Catastro de Canales Urbanos

En el área de estudio se identificaron 50 canales urbanos (zanjas), que permiten la evacuación de las aguas lluvia, totalizando una longitud de unos 21.211m.. Para todos los canales catastrados, se estimó su capacidad de conducción hidráulica, considerando la situación actual de mantenimiento y una situación mejorada.

En la tabla siguiente se indican las longitudes de canales existentes y el total de perfiles transversales elaborados.

Tabla 4.4: Resumen de Catastro de Canales

CATASTRO		PENCO	TOME	TOTAL
CANALES	Longitud (m)	11.091	10.120	21.211
	Nº Perfiles (uni)	136	100	236

4.3 Catastro de los Cauces Naturales

Una de las características principales de las ciudades en estudio, es poseer redes de drenaje natural, en este sentido, el catastro de cauces naturales desarrollado, incluyó, a su paso por la zona urbana, los esteros de la ciudad de Penco, La Higuera, Lirquén, Cabrito, Penco, Landa, Cosmito, y el tramo final del río Andalién.

Para el caso de la ciudad de Tomé los esteros catastrados fueron el estero Dichato, Coliumo, Collén, Nachur y Bellavista. Adicionalmente se catastraron las quebradas el Bosque, Las Vertientes, Los Reyes, L. Bustamante, M. Concha y Las Dalias.

En total se catastraron 24.251m. de cauces naturales, tomando 227 perfiles transversales. En la tabla siguiente se indica, separado por ciudad, las longitudes catastradas de cauces naturales.

Tabla 4.5: Resumen de Cauces Naturales

CATASTRO		PENCO	TOME	TOTAL
CAUCES	Longitud (m)	14.552	9.699	24.251
	Nº Perfiles (uni)	138	89	227

4.4 Catastro de Vías Evacuadoras y Canaletas

De acuerdo a la información periodística recopilada durante este estudio, a los recorridos de terreno en días de lluvia y a la información recabada mediante las encuestas desarrolladas en Penco y Tomé a las Juntas de Vecinos, se identificaron 35 calles o avenidas que actúan como principales vías de escurrimientos de las aguas lluvia. Para cada una de estas calles en los tramos seleccionados, se tomaron perfiles transversales característicos, y se obtuvo información relacionada con el tipo de carpeta de las calles, su estado de conservación y algunas dimensiones características tales como; altura de la solera, ancho de veredas, ancho de calzadas, bombeos, etc.

Adicionalmente se identificaron, mediante perfiles transversales, algunas canaletas de importancia que existen el área de estudio.

A continuación, en la tabla 4.6, se indican las longitudes separadas por ciudad, de vías de evacuación y canaletas catastradas.

Tabla 4.6: Resumen de Catastro de Vías Evacuadoras y Canaletas

CATASTRO		PENCO	TOME	TOTAL
VIAS EVACUADORAS	Longitud (m)	4.792	6.107	10.899
	Nº Perfiles (uni)	70	54	124
CANALETAS	Longitud	7.714	3.213	10.927
	Nº Perfiles (uni)	111	95	206

5. PATRÓN DE DRENAJE

El Patrón de Drenaje tiene como objetivo describir en forma dinámica el funcionamiento del área de estudio en relación con el origen, captación, transporte y evacuación de las aguas lluvias. Se compone de los cauces naturales, quebradas, esteros, canales abiertos y entubados, sistemas de colectores y calles evacuadoras.

El Patrón de Drenaje se determinó subdividiendo el área de estudio en Subcuencas, las cuales a su vez se subdividen en sistemas, los que quedan definidos por los diferentes elementos de evacuación de las aguas lluvias, naturales y artificiales.

Además para cada subcuenca se determinaron los caudales en los puntos de control de cada uno de ellos. Cabe señalar que la obtención de estos valores se basa en lo definido en la Etapa II, Estudios Básicos.

Los caudales se determinaron para los períodos de retorno $T= 2, 5, 10, 25, 50$ y 100 años, tanto para la situación actual como futura.

En la

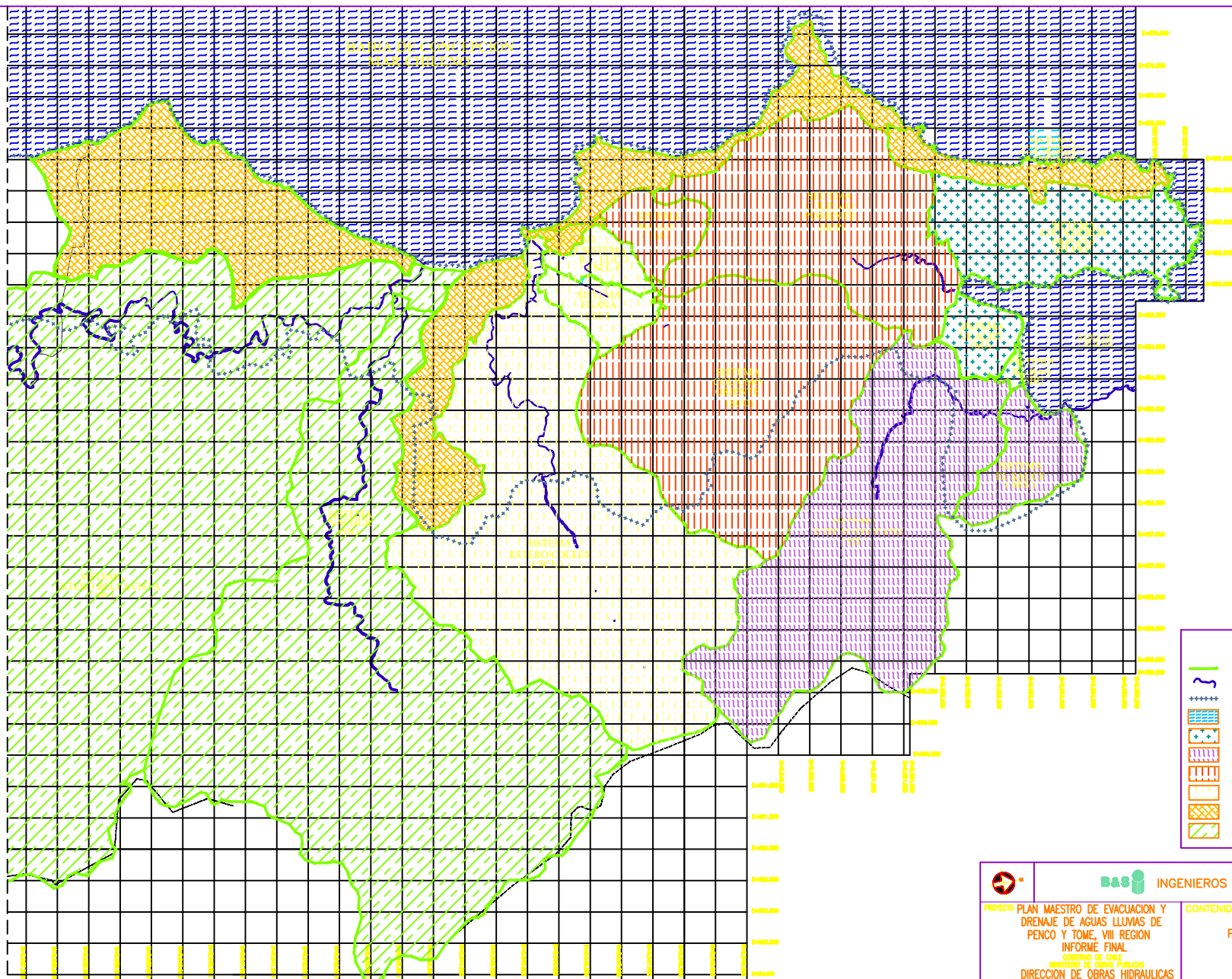
Tabla 5.1 y Tabla 5.2, se resumen, para Penco y Tomé respectivamente, las subcuencas y sistemas afluentes que configuran el patrón de drenaje del área de estudio y de la cuenca aportante, y en la Figura 5.1 y Figura 5.2, se muestra un plano, para Penco y Tomé respectivamente, de toda la cuenca aportante con la delimitación de cada subcuenca.

Tabla 5.1: Patrón de Drenaje. Comuna de Penco

Subcuenca	Sistema	
	Nombre	Código
Costera Penco	Quebrada Onda	SQH
	Refugio	SR
	Infante	SI
	Portuario	SPO
	Penco Sur	SPS
Lirquén	La Higuera	SLH
	Estero Lirquén	SLH
	Cabrito	SCA
Penco	Estero Penco	SEP
Andalién	Landa	SLA
	Andalién Oriente	SAO
	Andalién Poniente	SAP
	Vilumanque	SV

Tabla 5.2: Patrón de Drenaje. Comuna de Tomé

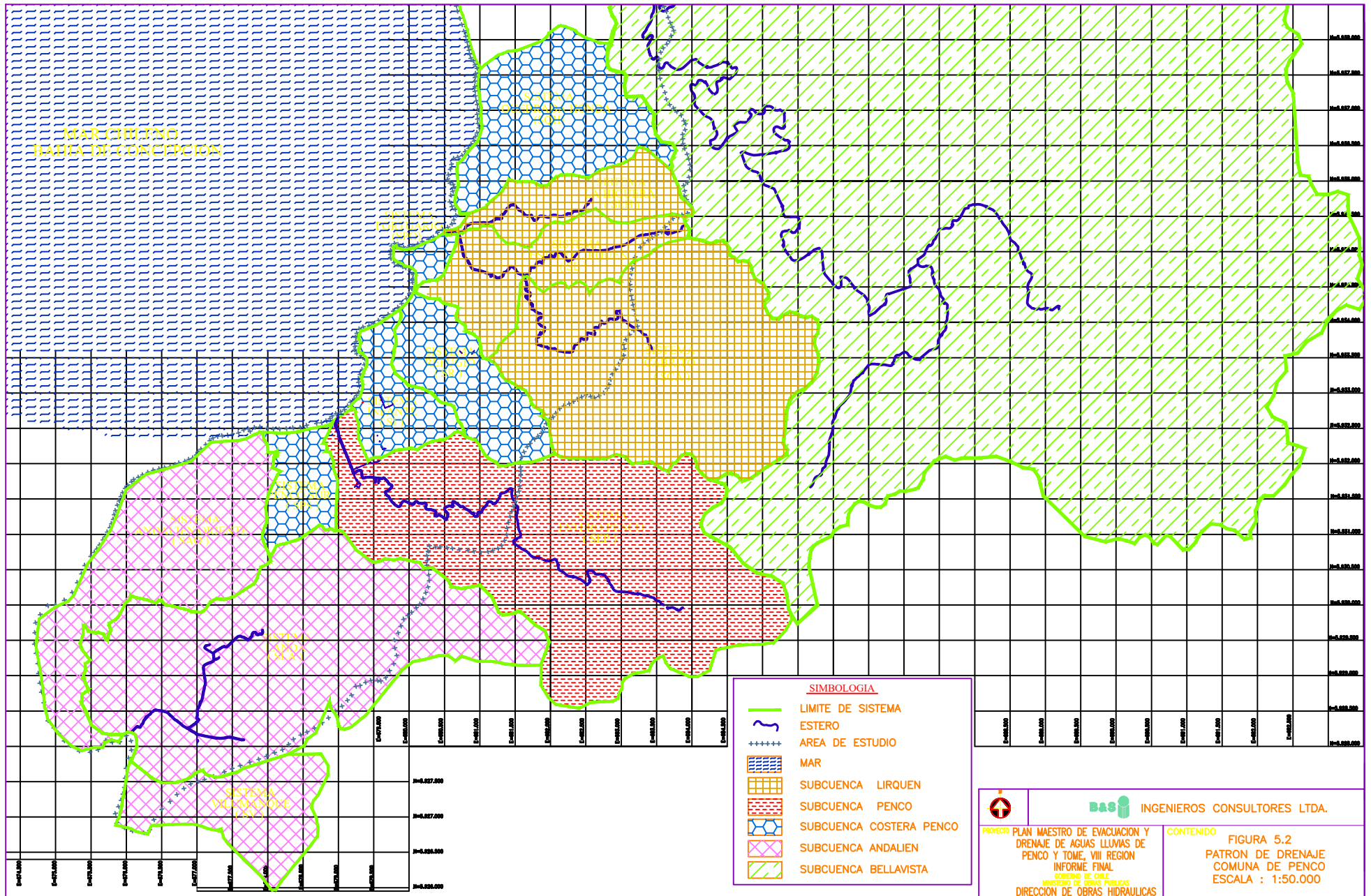
Subcuenca	Sistema	
	Nombre	Código
Bahía Coliumo	Bilbao	SBI
	Ugalde	SU
	Los Morros Oriente	SLMO
Dichato	Estero Dichato	SD
	El Sauce	SES
Coliumo	Estero Coliumo Oriente	SCO
	Estero Coliumo Poniente	SCP
	Maule	SM
Collen	R. L. Luco	SLL
	Egaña	SES
	Estero Collen	SCL
Bellavista	Nachur	SN
	Estero Bellavista	SBI
Costera Tomé	los Morros Poniente	SMLP
	Cocholgue	SCO
	Carro Navidad	SCN
	Perpelén	SP
	Punta de Parra	SPP



SIMBOLOGIA

	LIMITE DE SISTEMA
	ESTERO
	AREA DE ESTUDIO
	MAR
	SUBCUENCA BAHIA COLUMO
	SUBCUENCA DICHATO
	SUBCUENCA COLIUMO
	SUBCUENCA COLLEEN
	SUBCUENCA COSTERA TOME
	SUBCUENCA BELLAVISTA

	INGENIEROS CONSULTORES LTDA.
	FIGURA 5.1 PATRON DE DRENAJE COMUNA DE TOME ESCALA : 1:50.000
<p> PROYECTO PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE PENCO Y TOME, VIII REGION INFORME FINAL <small>GOBIERNO DE CHILE</small> <small>MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS</small> DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS </p>	



6. DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS DE EVACUACIÓN Y DRENAJE

El diagnóstico del sistema de evacuación y drenaje de aguas lluvias existentes en la totalidad del área en estudio así como de los cauces naturales que son utilizados como cauces receptores de las aguas, se estudió mediante la simulación hidrológica e hidráulica de sus componentes, considerando dos escenarios de uso del suelo, una situación actual y una situación futura al año 2030, para ello, se evaluó el comportamiento de los sistemas existentes de evacuación y drenaje, tanto naturales como construidos, determinando su capacidad y comportamiento actual y futuro, frente a la escorrentía producida por las lluvias de diseño con períodos de retorno de 2, 5 y 10 años en el caso de los colectores y canales, y 100 años para los cauces naturales receptores.

Para ello, se procedió a modelar computacionalmente los cauces naturales (esteros) receptores de la escorrentía, por medio del programa HEC-RAS, obteniendo los ejes hidráulicos para los distintos periodos de retorno de estos cauces, los cuales fueron considerados como condición de borde en la descarga de colectores y canales que descargan en ellos.

Para el caso de las redes de colectores y elementos anexos existentes (calles, canaletas, descargas, etc.), la modelación se realizó mediante el uso del Modelo SWMM, de manera de evaluar su comportamiento ante las lluvias de diseño establecidas para diferentes períodos de retorno. Este modelo permite simular el comportamiento de cuencas urbanas, semiurbanas o rurales ya sea en forma continua o para eventos de precipitación específicos. En este caso particular, se utilizaron las precipitaciones de diseño de 24 horas de duración.

La modelación de las subcuencas o sistemas se realizó definiendo primeramente “nodos” o puntos singulares en los elementos de cada uno de los sistemas que componen las subcuencas y que permiten la evacuación de las aguas lluvia, los cuales en general correspondieron a cámaras de inspección, sumideros, descargas y en general puntos de inicio o término de cada tramo de calles y canales y/o zanjas. A estos nodos se asignaron cuencas aportantes con sus correspondientes características de superficie, coeficiente de escorrentía y tiempo de concentración.

Luego, se definieron elementos de interconexión entre los distintos nodos del sistema. Estos elementos corresponden básicamente a ductos de contorno cerrado o en superficie libre, encontrándose en los primeros, principalmente, secciones de tipo circular y en algunos casos rectangulares, mientras que las conducciones a superficie libre corresponden, principalmente, a secciones irregulares (cauces), rectangulares o trapezoidales (canaletas y calles). Los elementos de interconexión se caracterizaron hidráulicamente, considerando la información requerida por el modelo, es decir, definiendo su sección geométrica, pendiente longitudinal, cotas de radier inicial y final, coeficiente de rugosidad “n” de Manning y longitud del tramo y cotas de terreno.

En resumen, la modelación se realizó de la siguiente manera:

- a) Determinación de condiciones de borde, ejes hidráulicos para los cauces naturales receptores y condición de máxima marea para el mar.
- b) Modelación de red de drenaje de sistemas de aguas lluvias, incorporando sus secciones, características topográficas y condiciones de borde.
- c) Obtención de resultados: El software SWMM indica los nodos en los cuales se producen desbordes.

Finalmente, con la información obtenida de los recorridos de terreno en los días de lluvia y las informaciones de prensa recopilada, además de los resultados de la modelación, se efectuó el diagnóstico final de cada uno de los sectores en relación a los principales problemas identificados. A continuación se indican los resultados obtenidos para las comunas de Penco y Tomé.

6.1 Diagnóstico Comuna de Penco

El Diagnóstico desarrollado para los **sistemas Lirquén, Cabrito, La Higuera** detectó que los problemas más importantes son la acumulación de agua lluvia en la calle San Francisco (cerca de la industria Indura), en la intersección de las calles Malaquias Concha y Sargento Aldea (lugar de encuentro de los esteros La Higuera y Lirquén), en la calle Fresia producto de las inundaciones del Canal Pedro Aguirre Cerda y la Cañería de Descarga Directa del mismo nombre, formando una sola zona de inundación.

El colector Indura tiene el 100% de sus tramos en presión y presenta desbordes en todas las situaciones analizadas, además de generar escurrimientos superficiales para un periodo de retorno de 10 años, tanto en la situación actual como futura.

En el **sistema Refugio**, los colectores 2 y 3 Santa María, son los que presentan mayores problemas, puesto que presentan desbordes prácticamente en todas las situaciones analizadas, y con muchos de sus tramos en presión.

El **sistema Infante** presenta importantes problemas de inundación, principalmente en el sector bajo, ya que recibe los aportes de aguas lluvias de todos los sectores altos y no presenta una infraestructura suficiente para evacuarlos. Algunos sectores donde se generan importantes inundaciones son las calles Infante, Alcazar y Yervas Buenas generando además escurrimientos por las calles transversales como Cochrane, Freire, Blanco y O'Higgins, convirtiéndose todo el sector en una única y gran zona de inundación. Además los desbordes de la canaleta Toltén genera problemas en los atravesos de las calles Blanco y Camino Viejo Lirquén.

En el **sistema Estero Penco**, el Estero Penco presenta desbordes en su llegada a la zona urbana, para todos los períodos de retorno analizados. El problema más importante de inundación se observa en el sector centro de la ciudad de Penco (intersección de calles O'Higgins con Penco).

El Canal Cruz y Miramar presentan desbordes, principalmente en la calle Maipú entre O'Higgins y Cruz, el escurrimiento producido tiene dirección norte sur y con tramos embancados.

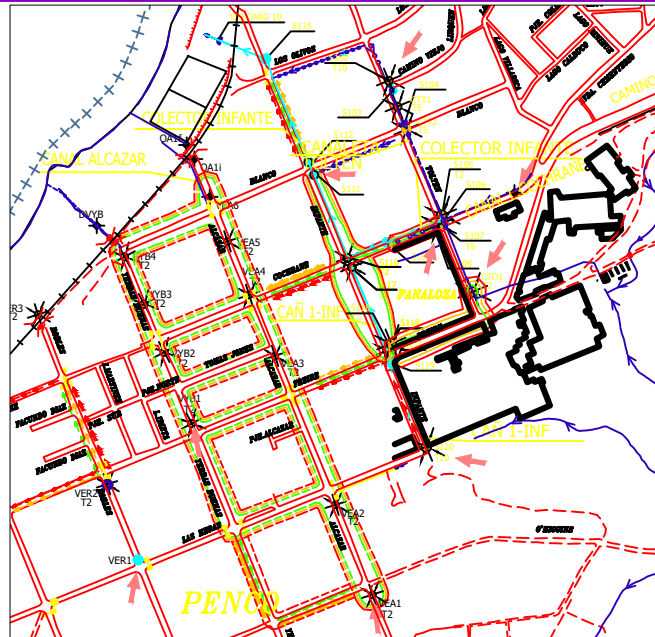
En el **sistema Landa**, el Estero Landa sufre desbordes prácticamente en todos sus puntos, siendo el de mayor importancia el registrado en el sector del canal Guardia la Greda.

El Estero Cosmito sufre desbordes que afectan a gran parte de su trazado, especialmente en la intersección del estero con la ruta 150.

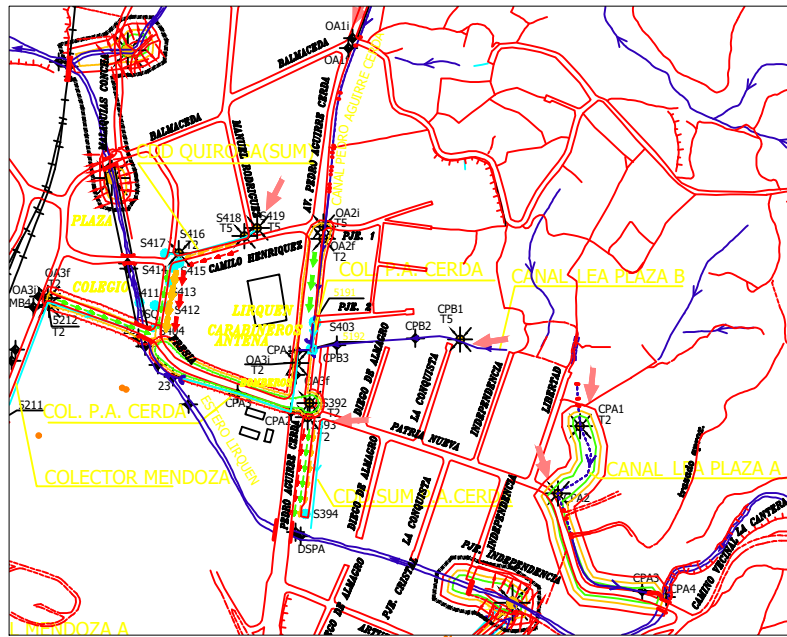
En el **sistema Penco Sur** la calle Roberto Ovalle, se presenta como una vía de escurrimiento superficial, debido principalmente a que la infraestructura actual no posee la capacidad adecuada para evacuar la escorrentía generada por eventos de lluvias de 2, 5 y 10 años. En este sistema se el colector Crav presenta algunos desbordes puntuales y todos sus tramos en presión.

El **sistema Vilumanque** tiene como cuerpo receptor el Río Andalién y los colectores existentes (Vilumanque 1, 2, 3) están recientemente construidos. Sin embargo el funcionamiento en diversos tramos es a presión para todos los períodos de retorno y condiciones analizadas, presentando desbordes en algunas cámaras. Finalmente, el Río Andalién presenta desbordes en algunos tramos (para T= 2 años), según lo señalado en el capítulo 3..

A continuación se muestran dos figuras (Figura 6.1 y Figura 6.2) con el resultado de la simulación de algunos puntos de relevancia de la comuna de Penco.



CANAL ALCAZAR-CANALETA TOLTEN-COLECTOR INFANTE Y CAÑERIA 1 INFANTE SECTOR CENTRICO DE PENCO



COLECTOR PEDRO AGUIRRE CERDA Y LEA PLAZA CAÑERIAS PEDRO AGUIRRE CERDA Y QUIROGA CANAL LEA PLAZA Y ESTERO LIRQUEN, SECTOR LIRQUEN

SIMBOLOGIA

	Colector aguas lluvias adalentes		Nodo Modelado Calles
	Nodo Modelado colector Aguas Lluvias		Nodo Modelado Canales
	Nodo Cargado		Desborda Cauces (Para T=x)
	Ecurrimiento Superficial Principal en Calle T=2 (MAYOR A 3 m)		Zona de Inundacion TR-2
	Ecurrimiento Superficial Principal en Calle T=5 (MAYOR A 3 m)		Zona de Inundacion TR-5
	Ecurrimiento Superficial Principal en Calle T=10 (MAYOR A 3 m)		Zona de Inundacion TR-10
	Ecurrimiento Superficial Secundario en Calle T=2 (ENTRE 2 Y 3 m)		Zona de Inundacion TR-100
	Ecurrimiento Superficial Secundario en Calle T=5 (ENTRE 2 Y 3 m)		Quebradas
	Ecurrimiento Superficial Secundario en Calle T=10 (ENTRE 2 Y 3 m)		Rio = Estero
	Nodo Con Desborda (Desborda Para T=x)		Canal Entubado Existente
			Canal o Zanja Abierto Existente
			Canaleta

B&S INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

FIGURA N°6.2
DIAGNOSTICO COMUNA PENCO

6.2 Diagnóstico Comuna de Tomé

El diagnóstico elaborado para la ciudad de Tomé, detectó que en el sistema **Ramón León Luco** el colector existente Portales presenta desbordes para todos los periodos de retorno analizados, generando escurrimiento superficial en toda la ,longitud de la calle Portales. Cabe señalar también que este sector presenta gran arrastre de sedimentos provenientes de los cerros que los rodean.

Uno de los mayores problemas detectados en el diagnóstico fue el que se produce en el **sistema Egaña** donde se generan desbordes del canal principal en varios puntos, el cual produce anegamientos en algunas calles, entre las cuales se destaca calle Egaña frente al Colegio y Hospital, calle Sargento Aldea, Ignacio Palma y Carlos Petous. También existe desborde a la entrada del colector Petous, debido a que la escorrentía proveniente de la quebrada Las Dalias arrastra gran cantidad de sedimento, lo que produce un embancamiento del colector existente.

Por calle Sotomayor existe escurrimiento superficial, debido al agua proveniente de canaleta ubicada en el sector Amapolas.

En el sector céntrico de la ciudad de Tomé, existe desborde en colector ubicado en esquina Sotomayor con Egaña.

En el **sistema Cerro Navidad**, los principales problemas de inundación se producen por el desborde del colector Cerámica y la canaleta Juan Vásquez.

En el **sistema Perpelén** se produce desborde en la cañería uno Egaña que se encuentra ubicada en calle Mackenna. Además, existe desborde en el canal Perpelén a la altura de la calle Brasil, lo que genera escurrimiento superficiales hacia aguas abajo.

Existen también inundaciones en las calles Ramón Cruz, Felix Cortes, Av. Maule y Enrique Molina.

Uno de los principales problemas de inundación de Tomé se produce en el sector Bellavista, por las Av. La Torre y Av. Los Cerezos. Estos sectores corresponden a zonas bajas cuyas

obras de drenaje descargan al estero Bellavista, el cual se encuentra influenciado por el mar. Los sectores más afectados se ubican aledaños a las calles La Torre, Los Cerezos, Pje 3, Colón y Pradera.

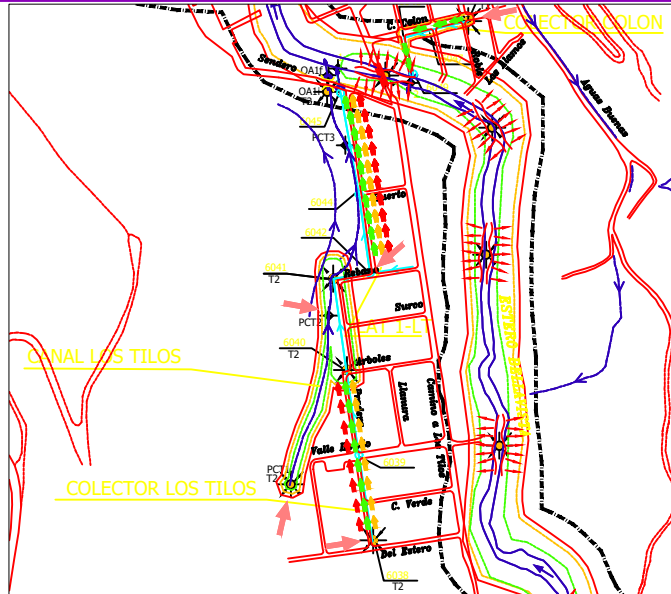
En el **sistema Dichato** se puede señalar que existe desborde del canal Ugalde, generando apozamiento en calle Bombero, Pje Modelo y Pedro León Ugalde.

En la zona céntrica, los problemas de inundación se producen por no contar con infraestructura de aguas lluvia, como es el caso de Av. Daniel Vera.

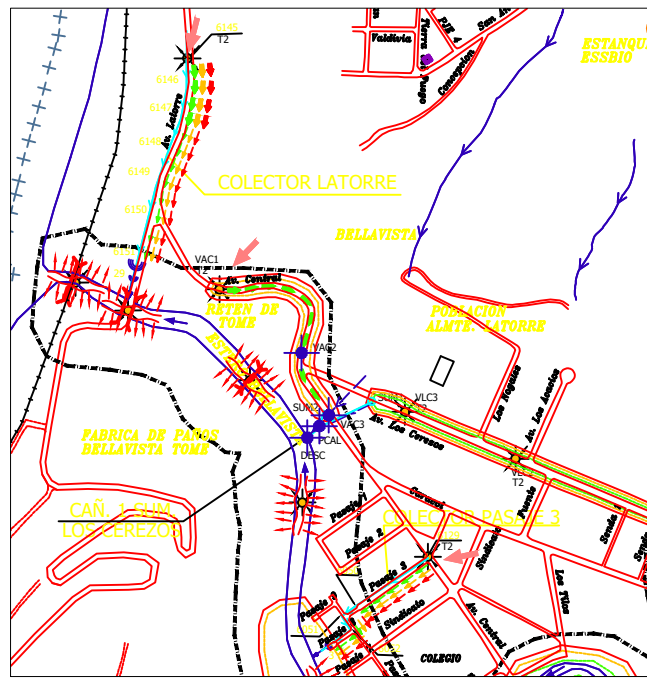
Para las comunas de Penco y Tomé, hay sectores en que las calles tienen una baja pendiente longitudinal, por lo que el agua se apoza en ellas y escurre lentamente hacia los canales y colectores, así, con lluvias de poca magnitud las calles presentan anegamientos importantes.

Todo lo anterior queda en evidencia cada invierno, cuando los factores climáticos, hidrológicos, morfológicos, de uso de suelo y de mareas se combinan con las precipitaciones y dan origen a los problemas de inundación detectados.

A continuación se muestran tres figuras (Figura 6.3, Figura 6.4 y Figura 6.5) con el resultado de la simulación de algunos puntos de relevancia de la comuna de Tomé.



COL. LOS TILOS-COL. COLON-CANAL LOS TILOS Y ESTERIO BELLAVISTA,SECTOR POBLACION LOS TILOS



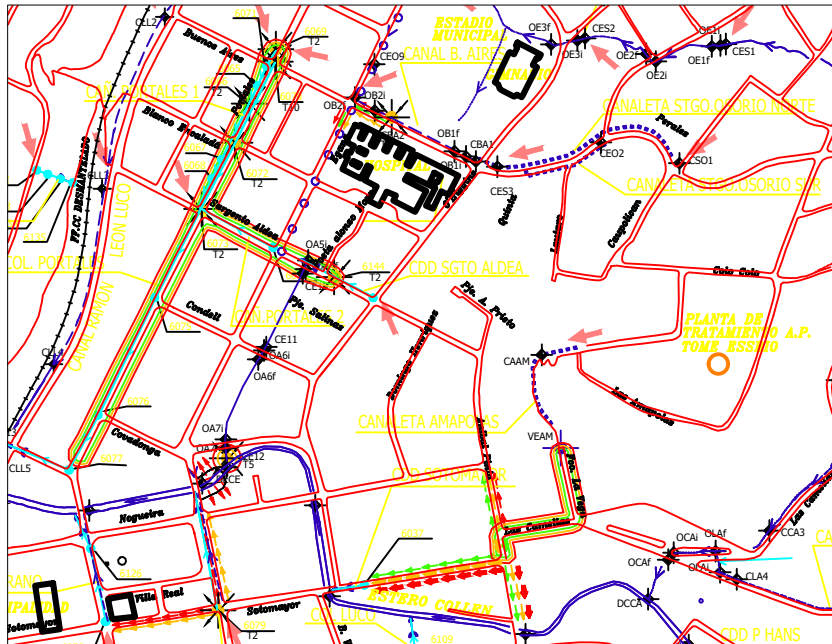
COLECTOR LATORRE-COLECTOR PASAJE 3-AVENIDAS CENTRAL-LOS CEREZOS Y ESTERIO BELLAVISTA SECTOR FABRICA DE PANOS BELLAVISTA TOME

SIMBOLOGIA

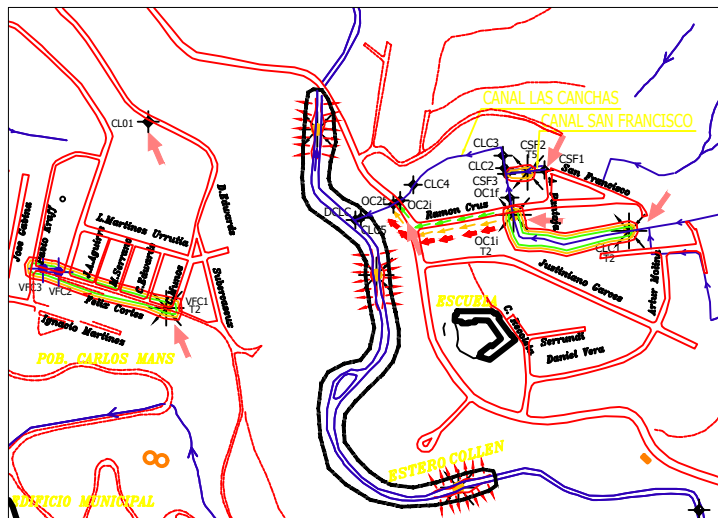
	Colector aguas lluvias existentes		Nodo Modelado Calles
	Nodo Modelado colector Aguas Lluvias		Nodo Modelado Canales
	Nodo Cargado		Desborda Cauces (Para T=0)
	Escorrentamiento Superficial Principal en Calle T=2 (MAYOR A 3 m)		Zona de Inundacion TR-2
	Escorrentamiento Superficial Principal en Calle T=5 (MAYOR A 3 m)		Zona de Inundacion TR-5
	Escorrentamiento Superficial Principal en Calle T=10 (MAYOR A 3 m)		Zona de Inundacion TR-10
	Escorrentamiento Superficial Secundario en Calle T=2 (ENTRE 2 Y 3 m)		Zona de Inundacion TR-100
	Escorrentamiento Superficial Secundario en Calle T=5 (ENTRE 2 Y 3 m)		Quebradas
	Escorrentamiento Superficial Secundario en Calle T=10 (ENTRE 2 Y 3 m)		Rio - Estero
	Nodo Con Desborda (Desborda Para T=0)		Canal Entubado Existente
			Canal o Zanja Abierto Existente
			Canalota

B&S INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

FIGURA N°6.3
DIAGNOSTICO COMUNA TOME



CANAL R.L.LUCO-COLECTOR Y CAÑERIAS PORTALES-CAÑERIA SARGENTO ALDEA-CANAL BUENOS AIRES
 CANALETA Stgo. OSORIO NORTE Y SUR-CANALETA AMAPOLAS CANAL LOS ALMENDROS
 CAÑERIA SERRANO Y ESTERO COLLEN , SECTOR CENTRICO



ESTERO COLLEN-CALLE FELIX CORTES
 CANAL LAS CANCHAS Y CANAL SAN FRANCISCO

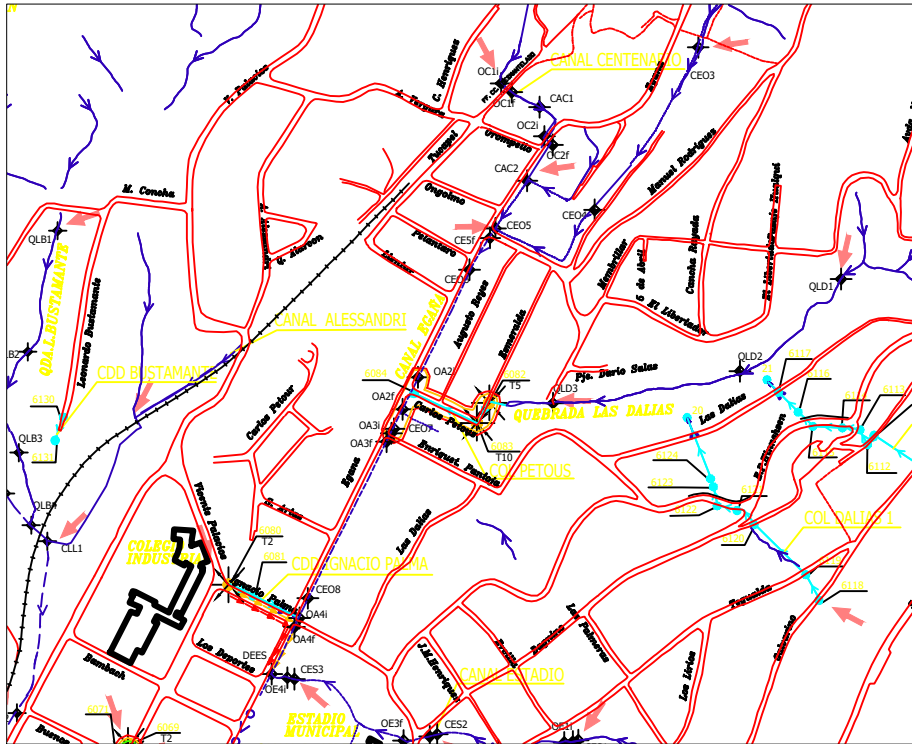


SIMBOLOGIA

Colector aguas lluvias existentes	Nodo Modelado Calles
Nodo Modelado colector Aguas Lluvias	Nodo Modelado Canales
Nodo Cargado	Desborda Cauces (Para T=x)
Escorrente Superficial Principal en Calle T=2 (MAYOR A 3 m)	Zona de Inundacion TR-2
Escorrente Superficial Principal en Calle T=5 (MAYOR A 3 m)	Zona de Inundacion TR-5
Escorrente Superficial Principal en Calle T=10 (MAYOR A 3 m)	Zona de Inundacion TR-10
Escorrente Superficial Secundario en Calle T=2 (ENTRE 2 Y 3 m)	Zona de Inundacion TR-100
Escorrente Superficial Secundario en Calle T=5 (ENTRE 2 Y 3 m)	Quebradas
Escorrente Superficial Secundario en Calle T=10 (ENTRE 2 Y 3 m)	Rio - Estero
Nodo Con Desborda (Desborda Para T=x)	Canal Entubado Existente
	Canal o Zanja Abierto Existente
	Canaleta

B&S INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

FIGURA N°6.4
 DIAGNOSTICO COMUNA TOME



CANAL EGAÑA—CANAL CENTENARIO—COLECTOR PETOUS—QUEBRADA LAS DALIAS
CANAL ALESSANDRI Y CANAL IGNACIO PALMA



SIMBOLOGIA	
	Colector aguas lluvias existentes
	Nodo Modelado colector Aguas Lluvias
	Nodo Cargado
	Escorrentía Superficial Principal en Calle T=2 (MAYOR A 3 m)
	Escorrentía Superficial Principal en Calle T=5 (MAYOR A 3 m)
	Escorrentía Superficial Principal en Calle T=10 (MAYOR A 3 m)
	Escorrentía Superficial Secundario en Calle T=2 (ENTRE 2 Y 3 m)
	Escorrentía Superficial Secundario en Calle T=5 (ENTRE 2 Y 3 m)
	Escorrentía Superficial Secundario en Calle T=10 (ENTRE 2 Y 3 m)
	Nodo Con Desborde (Desborde Para T=X)
	Nodo Modelado Calles
	Nodo Modelado Canales
	Desborde Cauces (Para T=X)
	Zona de Inundacion TR-2
	Zona de Inundacion TR-5
	Zona de Inundacion TR-10
	Zona de Inundacion TR-100
	Quebradas
	Río - Estero
	Canal Entubado Existente
	Canal o Zanja Abierto Existente
	Canalota

B&S INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

FIGURA N°6.5
DIAGNOSTICO COMUNA TOME

7. SOLUCIONES

El planteamiento de las soluciones, para el sistema de drenaje y evacuación de aguas lluvias del área de estudio de Penco y Tomé, tuvo como objetivo fundamental definir un sistema integral de drenaje para toda la cuenca aportante definida, adoptando como criterio base el minimizar los montos de inversión mediante la optimización de la infraestructura de evacuación de aguas lluvias existente.

Las soluciones se definieron por el patrón de drenaje natural del área de estudio y considerando un escenario futuro de uso de suelo a 30 años y una red separada de aguas lluvias (sin colectores unitarios).

Para el trazado y ubicación de cada una de las soluciones nuevas que se proponen se tuvo como antecedente principal la trama urbana de la ciudad, además de indicaciones y recomendaciones de ambas municipalidades (Penco y Tomé), aspectos ambientales, interferencias existentes, recorrido en terreno y perfiles longitudinales de las soluciones.

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.

A nivel de este Plan Maestro se contemplan dos grupos de soluciones, el primero conformado por redes de colectores, canales y canaletas, las cuales se han diseñado para períodos de retorno indicados en la Tabla 7.1, el segundo grupo esta asociado al mejoramiento de los cauces naturales, quebradas y sus obras de arte correspondiente con un nivel de seguridad indicado en Tabla 7.2. Para las áreas de expansión urbana, las que están basadas fundamentalmente en la utilización de colectores, cauces naturales o quebradas se clasifican en las mismas categorías descritas anteriormente.

Tabla 7.1: Período de Retorno Propuesto (T_p) para Colectores, Canales y Canaletas

SITUACIÓN	PERÍODO DE RETORNO, T_p (AÑOS)		
	CANALETAS	COLECTORES	CANALES
Sin Aportes de Quebradas	2	2	5
Con Aportes de Quebradas	2 ó 5	5	10
Zona Tipo A (*)	5	5	10
Zona Tipo B (*)	2	2	5
Zonas de Expansión	2	5	10

(*) Zona Tipo A : Son aquellas en que los desbordes provocados por las aguas lluvias afectan notoriamente al funcionamiento de la ciudad y a la calidad de vida de sus habitantes.

Zona Tipo B : Corresponde a los sectores urbanos consolidados que no estén clasificados como tipo A.

Tabla 7.2: Período de Retorno Propuesto (T_p) para Cauces Naturales y Quebradas

CASO	T_p (AÑOS)
Quebradas	10
Cauces	50

En relación a los mejoramientos de los cauces naturales se contemplan los siguientes tipos:

Perfilamiento: consiste en la limpieza y extracción de material indeseable y algunas regularizaciones locales de la sección de escurrimiento del cauce el fondo y en los taludes.

Encauzamiento: Considera obras de protección de riberas.

Revestimiento: Consiste en variar la rugosidad de la sección.

Dada las características topográficas e hidromorfológicas del área en estudio, la mayor parte de las soluciones se definieron por el patrón de drenaje natural del área en estudio.

El monto de inversión de las obras se basó en costos directos unitarios de construcción, obtenidos directamente de cotizaciones a proveedores para el caso de las tuberías y del banco de datos del consultor para las partidas de excavaciones, rellenos, rotura y reposición de pavimentos, etc. Todos los costos se calcularon en pesos requeridos al mes de Diciembre del 2003 (09/12/2003 UF). A estos costos se agregó un 40% de gastos generales, utilidades e imprevistos, un 20% en contingencias y dificultades constructivas, un 5% por concepto de ingeniería y un 6% relacionado a administración e inspección de obra.

El costo de inversión total del Plan Maestro, asciende a la suma de **UF 953.964**, IVA incluido.

Los costos anuales de mantención y operación, se definieron como un porcentaje del costo de inversión de los proyectos, de acuerdo a sus características y a los antecedentes de estudios similares realizados en el país. Este porcentaje se estimó en un 1,5% (1% costo de mantención y 0,5 % costo de operación).

Finalmente, en Tabla 7.3 y Tabla 7.4 se presenta el listado de las soluciones y el resumen de los costos totales de inversión, agrupados por sectores y sistemas.

En complemento a las obras propuestas en este Plan Maestro, se recomiendan medidas no estructurales que deben considerarse para un adecuado funcionamiento de la red de aguas lluvias propuesta. Estas medidas están relacionadas básicamente con los siguientes aspectos:

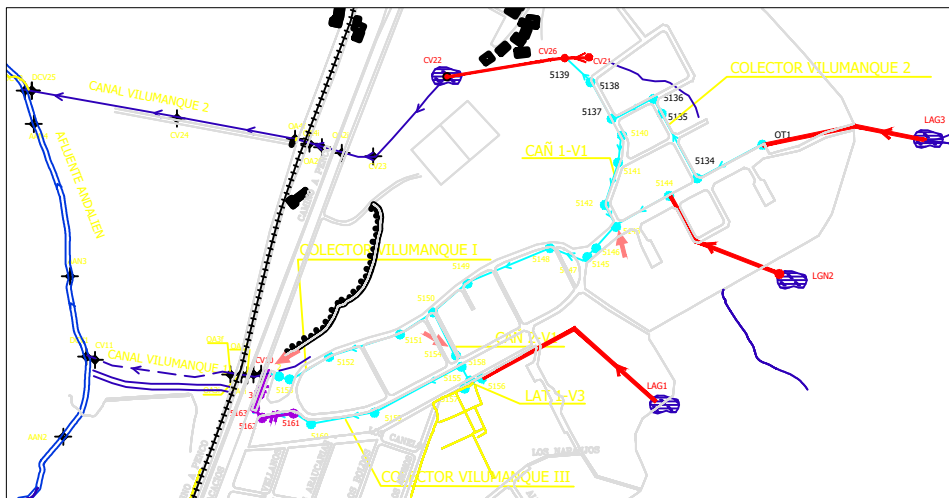
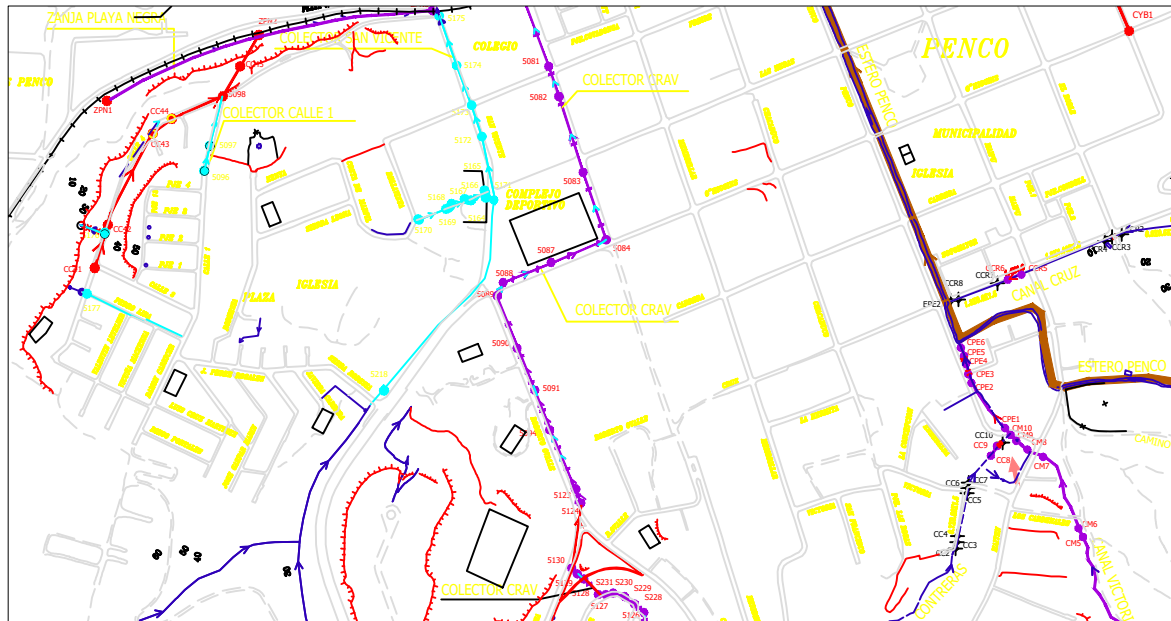
- Planificación y reglamentación sobre los cauces y usos del suelo. Estas medidas se refieren fundamentalmente a fijar los deslindes o franjas de protección en los esteros, dentro de los cuales no se permita ningún tipo de uso de suelo; incentivar la forestación de las cuencas; instaurar un sistema de alerta de crecidas.
- Manejo de las aguas lluvias en futuras urbanizaciones. Con respecto a las zonas de expansión urbana, se recomienda no modificar las quebradas existentes y respetar el patrón de drenaje natural.
- Actividades educativas y de comunicación. Se refieren a la difusión de información pertinente por los medios de comunicación, establecer programas educativos de mantenimiento y acrecentar la comunicación entre organismos públicos y particulares.
- Medidas de tipo institucional y reglamentario. Se refieren fundamentalmente a incluir en el Plan Regulador y Ordenanzas de Construcción de la comuna, indicaciones relacionadas con riesgos hidrológicos y medidas preventivas, y que los permisos de construcción requieran el cumplimiento de medidas de control de erosión, deforestación y los aspectos contemplados en este Plan Maestro. Implantar un Plan de Monitoreo de calidad de aguas y especialmente un sistema hidrométrico.
- Medidas de tipo económicas – administrativas. Establecer un sistema de seguros frente a inundaciones de aguas lluvias.

Tabla 7.3: Costo de Inversión Soluciones Propuestas para la Comuna de Penco

Sistema	Solución Nombre	T (años)	Diametro o Sección (m)	Longitud (m)	Q Descarga (m ³ /s)	Inversion (U.F.)
Quebrada Honda	CDD Río Bío Bío	2	0.40	76.60	0.089	2278.97
Lirquen	Estero La Higuera	50	1.8X2.1X2.3	2482.00	10.060	7800.21
	Estero Lirquen	50	7.7X3.7X14.9	2521.00	37.300	17769.04
	Canal P. A. Cerda	5	0.8X0.4X0.8	329.00	0.842	2126.51
	Colector P. A. Cerda	5	1.00	190.70	1.039	5993.39
	Canal Lea Plaza B	5	0.8X1.0X0.8	486.40	0.201	2587.84
	Canal Lea Plaza A	5	0.5X1.0X1.1	241.00	1.049	1500.52
	Canal Mendoza B	5	0.7X0.7X1.0	415.08	0.641	2156.56
	Colector Mendoza	5	1.20	444.70	2.490	17570.74
	CDD Quiroga	2	0.60	174.40	0.245	3559.40
	CDD P. A. Cerda	5	0.50	134.50	0.268	3946.65
	Colector San Francisco	5	1.00	170.00	1.021	6111.48
Refugio	Colector C. A. Oriente	5	1.60	160.00	6.317	10053.77
	Colector Santa Maria II	5	1.60	535.20	6.287	25596.38
	Canal Anadra	5	2.5X1.7X2.5	430.00	4.890	5966.74
	Canal Lord Cochrane	5	1.5X1.5x1.5	582.00	2.533	7536.15
	Colector Zapata	2	0.40-0.60	370.00	1.136	10784.03
	Colector A. Pinto	2	0.40-0.60	185.00	0.318	5186.75
	Colector M. Bulnes	2	0.40	255.00	0.445	7139.86
	Colector Anadra	5	1.60	233.00	4.896	8629.88
	Colector Los Andes	2	0.70	81.40	0.764	3277.79
	Colector Mejoreros	2	0.4-0.7	323.03	0.876	10523.73
Infante	Colector Yerbas Buenas	5	0.6-1.0	598.00	1.509	12079.90
	Colector Alcazar	5	1.0-2.0X1.5	580.00	8.094	27462.25
	Colector Las Heras	5	0.80	124.00	0.685	4080.48
	Colector Freire	5	1.5X2.0	223.00	3.751	12860.14
	Colector Cochrane	5	0.80	233.60	1.348	5715.30
	Canal Cochrane	5	0.6X1.0X0.8	100.00	0.706	786.00
	Colector H. Mery	2	0.40	359.90	0.419	8706.36
	Canal Tolten	5	0.6X0.5X0.6	187.00	1.096	1450.86
	Estero Penco	50	9.6X1.9X20.4	2463.00	27.55	20099.70
Estero Penco	Canal Miramar	5	1.7X1.38X2.5	906.00	6.129	6503.20
	Canal Hilario Contreras	5	0.7X0.89X1.5	490.70	1.475	736.98
	Canal Penco	5	2.4X1.63X4.2	137.00	6.818	1428.52
	Canal Cruz	5	1.2X0.96X1.5	385.10	3.208	2673.63
	Colector Roble	5	0.60	314.00	0.341	8709.77
	Penco Sur	Canal Zanja Playa Negra	5	1.0X1.5X1.75	547.00	2.142
Colector Crav		5	0.4-1.8	1133.60	6.991	62842.28
Colector Calle 4		2	0.4-0.6	487.00	0.909	11674.88
Landa	Estero Cosmito	50	4.0X1.6X14	1374.00	31.34	21591.40
	Estero Landa	50	5.4X2.5X11.9	4263.00	25.8	16982.42
	Canal Cosmito	5	1.0X1.0X1.5	800.00	1.615	3995.49
	Canal Guardia La Greda	5	2.0X1.0X2.2	167.20	2.056	1196.04
	Colector Los Cerezos	2	0.40	127.10	0.068	3277.36
	Colector Los Naranjos	2	0.50	133.40	0.215	3750.54
	Cañería G. Mistral	2	0.50	78.40	0.215	2603.97
	Colector G. Mistral	5	0.50	45.15	0.215	2165.83
Vilumanque	Colector San Andres	2	0.40	105.00	0.056	3594.42
	Canal Vilumanque 1	5	0.5X2.59X0.8	227.00	0.971	16.92
	Canal Vilumanque 2	5	0.6X0.8X1.0	860.50	0.079	29365.69
	Colector Vilumanque 1	5	0.80	833.00	0.792	22260.72
	Colector Vilumanque 3	5	1.20	639.20	0.362	28740.19
COSTO TOTAL DE LAS SOLUCIONES PENCO						499656.86

Tabla 7.4: Costo de Inversión Soluciones Propuestas para la Comuna de Tomé

M	Sistema	Solución Nombre	T (años)	Diametro o Sección (m)	Longitud (m)	Q Descarga (m3/s)	Inversion (U.F.)
	Coliumo Poniente	Estero Coliumo	50	1.6X1.6X4.0	2288.00	41.41	23808.66
	Ugalde	Canal Ugalde	5	2.0X1.2X2.4	395.00	4.477	4328.37
		Quebrada El Bosque	5	2.0X1.2X2.4	687.20	2.499	2354.56
	Bilbao	CDD C. P. A. Cerda	2	0.60	146.90	0.306	4601.59
	Estero Dichato	Estero Dichato	50	12.8X1.85X15.5	2034.00	28.65	33594.69
	El Sauce	Canal El Sauce	5	2.0X1.5X2.3	401.00	7.339	4710.88
		Canal El Sauce B	5	1.0X1.0X1.5	117.00	2.946	1308.35
		Colector J. A. Rios	5	0.4-0.6	433.00	0.27	10058.85
		Canal M. R. Norte	2	0.5X0.5X1.5	192.00	0.43	1496.04
		Quebrada Las Vertientes	5	1.0X0.6X1.8	247.80	0.649	1486.95
		CDD J Montt	2	0.50	65.00	0.221	2353.48
		Canaleta Serviu	2	0.5X0.5X0.75	272.00	0.146	1029.49
		Canaleta D. Vera	5	0.5X0.5X0.5	464.00	0.419	1989.55
	Maule	Colector Yungay	2	0.7-0.8	720.00	0.346	20347.24
		Colector E. Molina	2	0.50	480.00	0.158	11280.07
	R. L. Luco	Canal R. L. Luco	10	2.0X1.17X3.17	759.00	7.701	5351.61
		Colector Portales	5	1.0X1.2	419.80	1.02	16490.23
		Colector Vergara II	2	0.40	186.20	0.13	5180.42
	Egaña	Canal Egaña	10	3.1X1.15X3.1	1836.40	8.509	20157.58
		Colector A. Egaña	10	3.0X0.8	365.00	1.35	26863.51
		Canal Centenario	5	1.0X1.0X1.0	496.50	1.089	9139.81
		Colector Petous	10	1.5X1.5	103.90	3.195	4799.94
		Colector O`Higgins	5	0.8-1.2	534.00	2.566	19989.02
		Quebrada Las Dalias	10	1.5X1.0X2.0	696.00	3.22	4169.99
		Cañ. 1 Aliviadero	10	0.70	80.00	0.155	2571.70
		Colector Amapolas	2	0.4-0.6	266.00	0.338	3409.14
		Canaleta M. Rodríguez	5	1.0X0.5X1.1	530.00	1.008	4324.81
	Collen	Estero Collen	50	13.8X2.9X15.5	3235.00	41.21	10758.01
		Colector R. Cruz	5	1.8X1.1	313.80	2.259	16241.37
		Colector Luco	5	0.2-0.6	307.00	0.263	7876.26
		CDD Egaña	5	0.60	130.20	0.26	3522.13
		Cañ. Pantoja	5	0.9X0.9	35.90	0.714	2025.00
	Cerro Navidad	Colector Werner	5	0.6-1.0	315.00	3.645	11084.56
		Col.Velasco	5	0.4-0.9	252.00	0.519	2455.14
		Canaleta J. Vasquez	5	0.7X0.7X0.7	169.00	2.376	1499.01
	Perpelen	Canal Perpelen	10	3.5X2.0	1260.05	22.688	38250.90
		Cañería 1 Egaña	2	0.8-1.0	270.85	0.89	9653.05
		Col. San German	2	0.5-0.6	146.70	0.96	833.72
		Col.Félix Cortés	2	0.3-0.4	161.40	0.133	4221.64
	Bellavista	Estero Bellavista	50	25.5X3.5X31.6	2314.00	207.7	30390.20
		Estero Nachur	50	19.5X2.15X21	637.00	63.19	10487.18
		Colector La Torre	5	1.00	382.00	1.149	14961.26
		Colector Los Cerezos	5	0.6-0.9	416.40	2.526	12860.37
		Canal Los Tilos	5	1.0X1.0X1.0	495.00	0.741	1755.41
		Colector San Francisco	2	0.8-1.2	600.00	0.033	15104.50
		Col.Sindicato	2	0.4-0.6	152.70	0.07	4519.75
	Punta de Parra	Colector Cardenal Samore	2	0.3-0.4	465.00	0.147	8600.57
COSTO TOTAL DE LAS SOLUCIONES TOME							454307.42



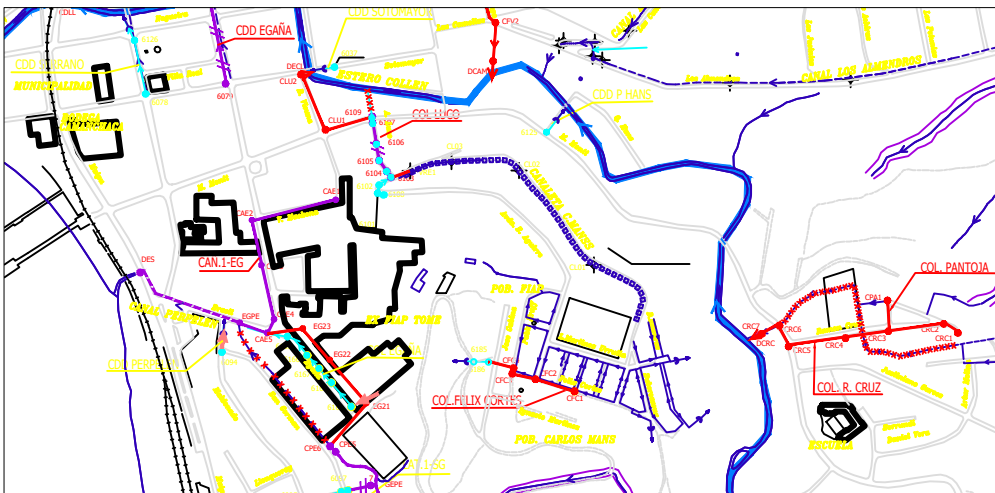
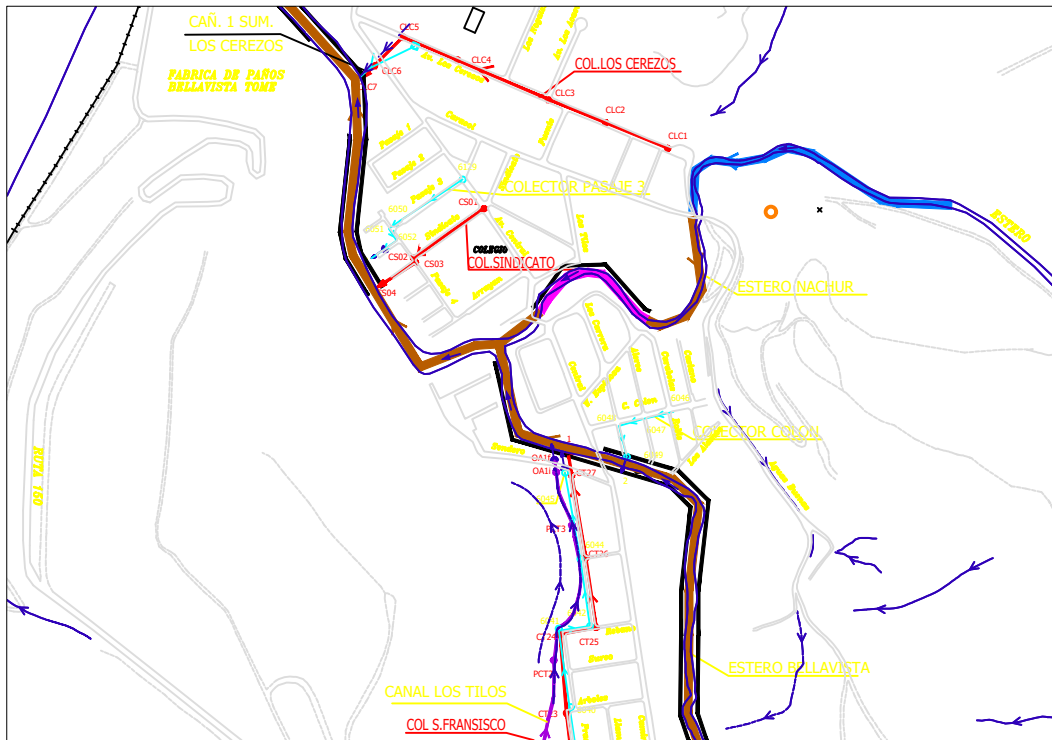
SIMBOLOGIA

<ul style="list-style-type: none"> Tubería que queda fuera de servicio Colector Proyectoado (Dimensiones en mm) (φ=Diámetro) Canal Proyectoado (Dimensiones en mm) Colector que se reemplaza o Aumento de Capacidad Canal que se Modifica (Dimensiones en mm) Refuerzo Colector Existente en un Tramo, (φ=Diámetro) Colector de Aguas Lluvias Existentes Desocaga Existente 	<ul style="list-style-type: none"> Obra de Toma Quebradas Río - Estero Canal Entubado Existente Canal o Zanja Abierto Existente Conoleta Existente Curva Índice Muro Revestido Mejoramiento de Sección Buena Limpieza Limpieza
---	--

B&S INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

FIGURA N°7.1

SOLUCIONES PROPUESTAS COMUNA PENCO
SISTEMA ESTERO PENCO-PENCO SUR
VILUMANQUE



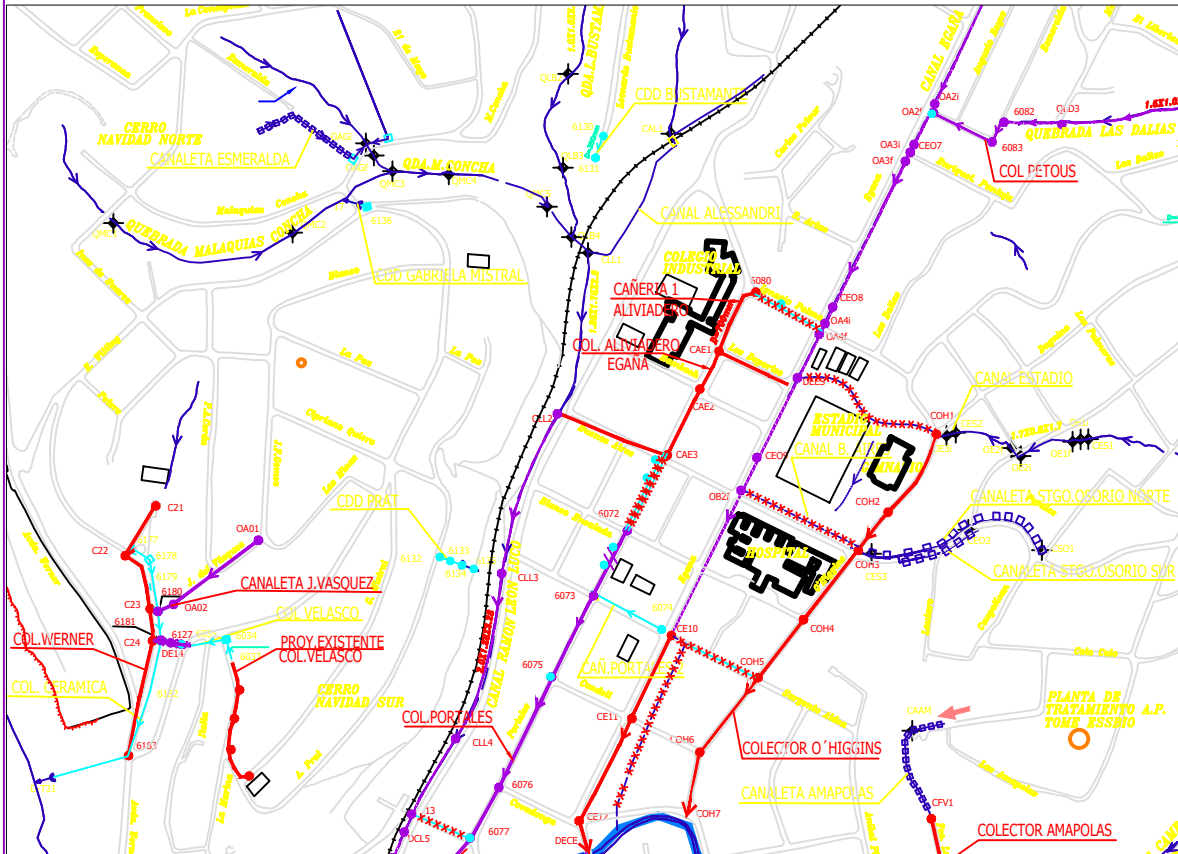
SIMBOLOGIA

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Tubería que queda fuera de servicio Colector Proyectoado (Dimensiones en mm)(ϕDíametro) Canal Proyectoado (Dimensiones en mm) Colector que se reemplaza o Aumento de Capacidad Canal que se Modifica (Dimensiones en mm) Refuerzo Colector Existente en un Tramo, (ϕDíametro) Colector de Aguas Lluvias Existentes Descaño Existente | <ul style="list-style-type: none"> Obra de Toma Quebradas Río - Estero Canal Entubado Existente Canal o Zanja Abierto Existente Cancheta Existente Curva Índice Muro Revestido Mejoramiento de Sección Buena Limpieza Limpieza |
|--|--|

B&S INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

FIGURA N°7.4

SOLUCIONES PROPUESTAS COMUNA TOMÉ
SISTEMA BELLAVISTA-COLLÉN-PERPELEÑ



SIMBOLOGIA

	Tubería que queda fuera de servicio		Obra de Toma
	Colector proyectado (Dimensiones en mm) (φ-Diámetro)		Quebradas
	Canal proyectado (Dimensiones en mm)		Río - Estero
	Colector que se reemplaza o Aumento de Capacidad		Canal Entubado Existente
	Canal que se modifica (Dimensiones en mm)		Canal o Zanja Abierto Existente
	Refuerzo Colector Existente en un Tramo, (φ-Diámetro)		Canaleta Existente
	Colector de Aguas Lluvias Existentes		Curva Índice
	Desaigüe Existente		Muro
			Revestido
			Mejoramiento de Sección
			Buena Limpieza

B&S INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

FIGURA N°7.5
SOLUCIONES PROPUESTAS COMUNA TOMÉ
SISTEMA EGAÑA

8. EROSIÓN Y DEFORESTACIÓN

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 las Ilustres Municipalidades de Penco y Tomé, promuevan la implementación de medidas de reforzamiento a las acciones de CONAF, para que esta institución 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.

Adicionalmente 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. 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, etc.

9. ANÁLISIS AMBIENTAL

Se presentó un análisis de los posibles efectos ambientales asociados a las alternativas de solución propuestas para resolver los problemas detectados en la evacuación de aguas lluvias en el área de estudio.

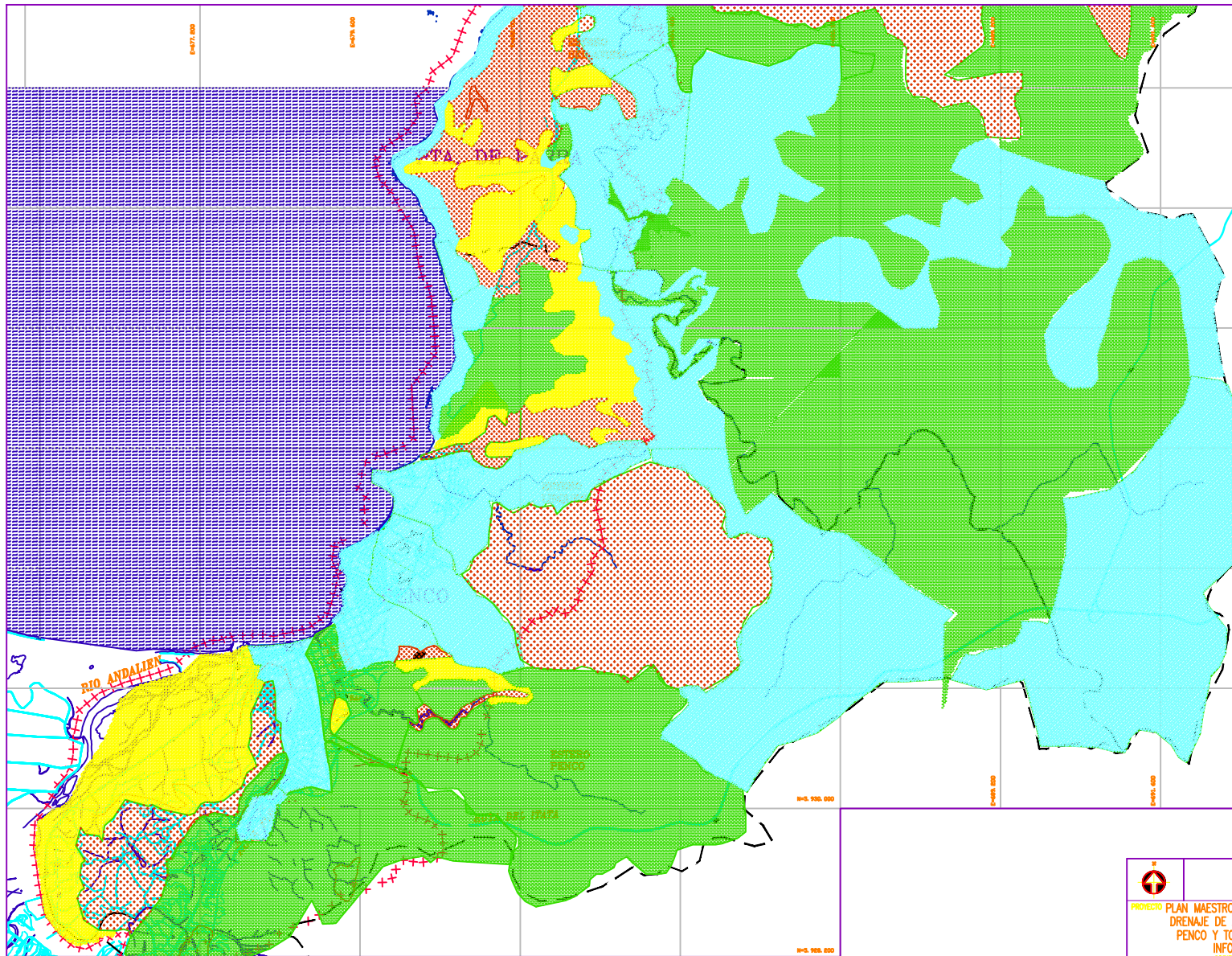
La identificación de los impactos ambientales asociados al desarrollo de las obras que conforman el Plan Maestro durante sus etapas de construcción y operación se ha realizado en forma global para el conjunto de las soluciones propuestas.

En la Tabla 9.1 se presenta la identificación de los impactos previsibles de manifestarse de acuerdo a las actividades y/o acciones descritas anteriormente. En la primera columna de la tabla se indica la etapa en que se presentará el impacto, en la segunda acción y/o actividad generadora del impacto y en la tercera columna el impacto esperado

Tabla 9.1: Identificación de Impactos según Etapa del Proyecto

ETAPA	ACCIONES Y/O ACTIVIDADES	IMPACTO AMBIENTAL ESPERADO
Construcción	Instalación de faenas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demanda mano de obra
	Tránsito y operación de maquinaria	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Generación de partículas en suspensión ▪ Trastornos en tráfico vehicular ▪ Disminución de accesibilidad peatonal.
	Despeje de Terreno	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Generación de ruido ▪ Emisión de partículas en suspensión ▪ Remoción de vegetación ▪ Trastornos tráfico vehicular ▪ Disminución de accesibilidad y peatonal ▪ Acopio de materiales
	Interferencias	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modificación en servicios
	Movimientos de tierra, excavaciones y rellenos de zanjas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Generación de ruido ▪ Emisión de partículas en suspensión ▪ Trastornos en tráfico vehicular ▪ Disminución de accesibilidad peatonal
	Reposición de pavimentos y veredas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejoramiento de infraestructura peatonal y vial
	Retiro de excedentes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Generación de ruido ▪ Emisión de partículas en suspensión
Operación	Soluciones de aguas lluvias	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disminución del riesgo de inundación ▪ Modificación de la calidad del agua en cuerpos receptores.

A continuación se muestra en las Figura 9.1 y Figura 9.2 los resultados que se obtuvieron en el análisis de sensibilidad ambiental para las comunas de Penco y Tomé. Estas Figuras nos permiten ubicar las zonas que presentan niveles de sensibilidad alto, medio y bajo. Además permite reconocer al momento de diseñar en que zona se ubica la infraestructura, ya que al encontrarse en una zona alta el contratista debe incorporar mayores estudios al momento de ejecutar la obra.



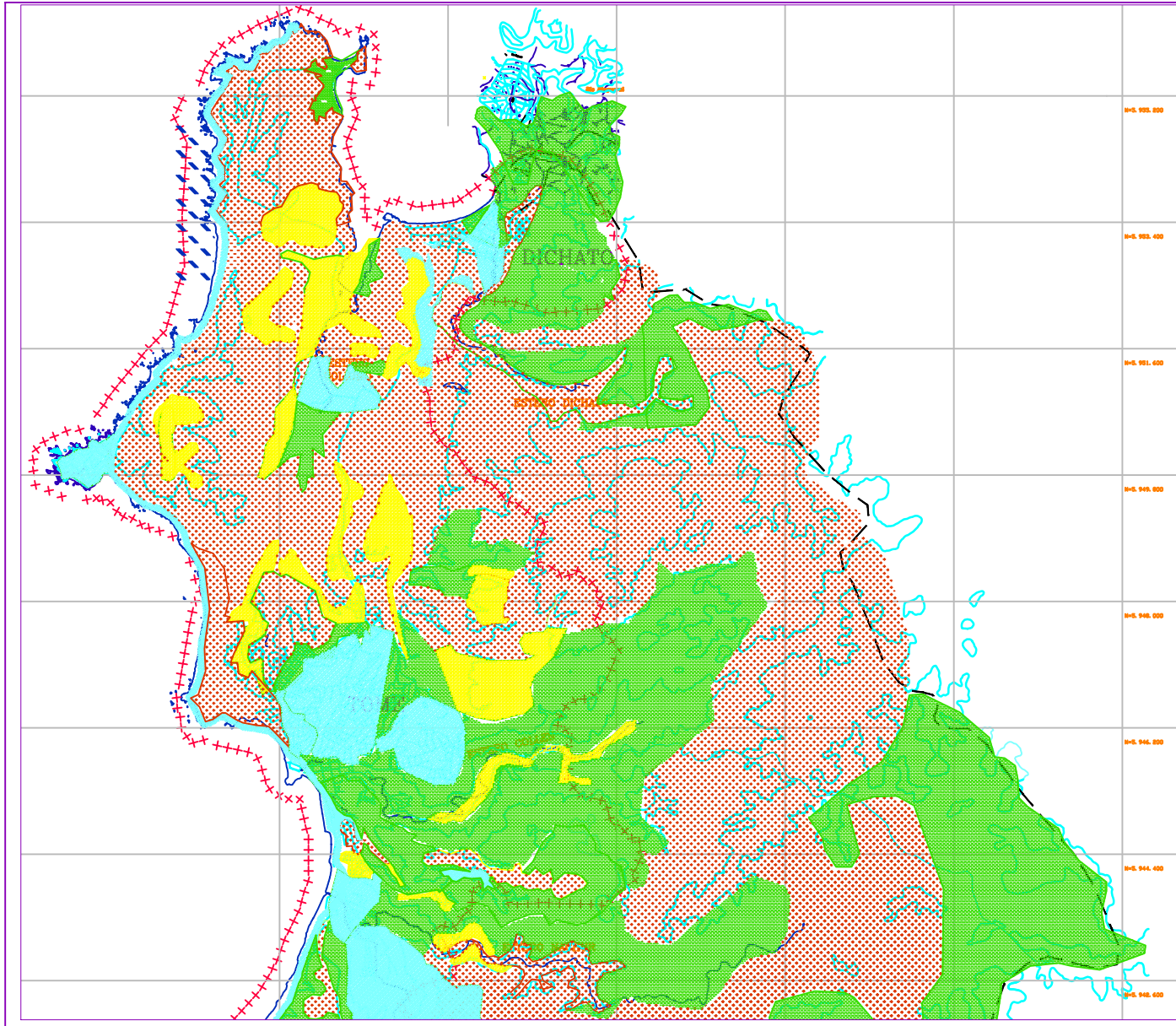
- SIMBOLOGIA**
- SENSIBILIDAD BAJA
 - SENSIBILIDAD MEDIA
 - SENSIBILIDAD ALTA
 - SENSIBILIDAD MUY ALTA



BAS INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

PROYECTO PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE PENCO Y TOME, VIII REGION INFORME FINAL
GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

CONTENIDO
FIGURA 9.1
ANALISIS DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL PENCO
ESCALA : S/E



- SIMBOLOGIA**
- SENSIBILIDAD BAJA
 - SENSIBILIDAD MEDIA
 - SENSIBILIDAD ALTA
 - SENSIBILIDAD MUY ALTA

	BAS INGENIEROS CONSULTORES LTDA.
<p>PROYECTO PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE PENCO Y TOME, VIII REGION INFORME FINAL</p> <p style="font-size: small;">GOBIERNO DE CHILE MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS</p>	<p>CONTENIDO</p> <p style="text-align: center;">FIGURA 9.2</p> <p style="text-align: center;">ANALISIS DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL TOME</p> <p style="text-align: center;">ESCALA : S/E</p>

10. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y PRIORIZACIÓN DE SOLUCIONES

10.1 Evaluación Económica

La evaluación económica se realizó conforme a la metodología propuesta por MIDEPLAN. Consiste en determinar el 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 la situación “con proyecto”. En tanto, los costos de los proyectos corresponde a las inversiones necesarias y costos de mantención y operación del sistema.

La evaluación se efectúa a grupos de proyectos que resultan complementarios, es decir, proyectos cuyas áreas tributarias tienen una descarga común, proyectos que drenan área con usos de suelo de características similares y que pertenecen a una misma subcuenca.

Los egresos o el costo total, corresponde al costo necesario para la construcción de cada colector, transformado a precios sociales aplicando un factor de 0,95 a los valores de mercado. Se ha supuesto que la construcción de las obras se realiza en el primer año del proyecto, estimándose además que su vida útil alcanza a 50 años, por lo que en el año 30 de la evaluación debe considerarse el valor residual de las obras. Además, como costos anuales de mantención de las obras se ha considerado un 1% de la inversión.

Como se indicara previamente, los beneficios a considerar en la evaluación económica corresponden a los daños anuales evitados, los cuales se calcularon para las lluvias de período de retorno de 2, 5 y 10 años para el caso de redes de colectores y para períodos de retorno de 2, 5, 10, 50, y 100 años para el caso de cauces naturales. Además se consideraron los daños evitados para las lluvias de menor magnitud que ocurren varias veces al año. De acuerdo a la metodología adoptada, los beneficios a considerar son los siguientes:

- Disminución del daño en propiedades residenciales e industriales
- Disminución de daños en la infraestructura vial
- Reducción de gastos en limpieza de vías y sumideros
- Disminución de ausentismo laboral y escolar
- Disminución de costos de viaje

Considerando los beneficios y egresos asociados a cada grupo de sistemas, se han establecido los respectivos flujos netos, con los que se determinan directamente los indicadores de rentabilidad VAN, TIR y la relación Beneficio/Costo (B/C). La tasa social de descuento que se ha utilizado es la que define MIDEPLAN, igual al 10%.

Adicionalmente a los indicadores económicos, se han establecido los indicadores I1= Población beneficiada / inversión; I2= Volumen de agua caída que causa daño / inversión.

Los resultados obtenidos se presentan en las siguientes Tablas.

Tabla 10.1: Resumen de Evaluación Económica. Comuna de Penco

Sistema	Nombre Proyecto	VAN	Inv. vs Sup.	Pobl.vs Inv.	Infraestructura	
					Existe	Estado
Quebrada Honda	CDD Bío-Bío	-2 047	1 586	0.034	si	regular
Lirquén	Canal P. A. Cerda	-1 678	242	0.222	si	malo
	Canal Lea Plaza A	17 563	124	0.433	si	regular
	Canal Mendoza B	-1 889	80	0.670	si	regular
	Colector P. A. Cerda	-1 870	682	0.079	si	malo
	CDD Sum PAC	5 522	1 087	0.049	si	regular
	Col.Mendoza	-15 722	654	0.082	si	malo
	Canal Lea Plaza B	-2 330	1 287	0.042	si	malo
	Col.San Francisco	-4 752	161	0.334	si	bueno
	CDD Quiroga	-3 174	1 130	0.048	si	bueno
Refugio	Canal Anadra	-5 227	26	2.091	no	-
	Canal Lord Cochrane	-111	217	0.248	si	regular
	Colector Los Andes	-2 959	654	0.082	no	-
	Colector A. Pinto	-4 632	1 789	0.030	no	-
	Col.Santa María II	-21 621	1 229	0.044	no	-
	Colector Zapata	-9 702	1 047	0.051	si	regular
	Colector M. Bulnes	-6 417	1 812	0.030	si	regular
	Col.Camino Antiguo O.	-9 071	23 938	0.002	si	regular
Infante	Colector Anadra	-7 839	8 629 880	0.000	si	regular
	Col.Yerbas Buenas	23 497	88	0.610	no	-
	Canal Cochrane	-665	6	9.369	si	regular
	Canaleta Toltén	-1 261	11	5.076	si	regular
	H Mery	-7 817	64	0.846	si	malo
	Colector Las Heras	-3 660	30	1.805	si	regular
	Colector Mejoreros	-9 424	77	0.700	no	-
	Colector Cochrane	-5 138	42	1.288	si	regular
Estero Penco	Colector Freire	-9 425	94	0.573	no	-
	Colector Alcázar	-10 248	201	0.268	si	regular
	Canal Cruz	-289	41	1.327	si	regular
	Canal Hilario Contreras	-671	54	1.001	si	regular
	Canal Miramar	-6 587	126	0.429	si	regular
Penco Sur	Canal Penco	-1 224	1 428 520	0.000	si	regular
	Col Los Robles	-7 847	2 354	0.023	si	regular
	Zanja Playa Negra	-2 758	635	0.085	no	-
Landa	Col.Crav	-56 462	944	0.057	si	malo
	Col.Calle 4	-8 440	2 971	0.018	no	-
	Canal G. La Greda	-1 089	48	1.111	si	malo
	Colector G. Mistral	-1 928	88	0.614	no	-
	Cañ. G. Mistral	-2 248	105	0.511	no	-
	Canal Cosmito	-2 871	144	0.373	no	-
	Colector Los Naranjos	180	982	0.055	si	regular
Vilumanque	Colector L. Cerezos	-2 824	2 731	0.020	si	regular
	Colector S. Andrés	-2 279	3 132	0.017	si	bueno
	Canal Vilumanque 1	-15	1	40.827	si	malo
	Canal Vilumanque 2	-26 738	101	0.534	si	malo
Vilumanque	colector Vilumanque 3	-25 996	846	0.064	si	malo
	Colector Vilumanque 1	-19 989	943	0.057	si	regular

Nota: VAN Valores en U.F.

Tabla 10.2: Resumen de Evaluación Económica. Comuna de Tomé

Sistema	Nombre Proyecto	VAN	Inv. vs	Pobl.vs	Infraestructura	
			Sup.	Inv.	Existe	Estado
Bilbao	CDD C. P. A. Cerda	-4 166	531	0.077	si	regular
Ugalde	Quebrada El Bosque	-2 096	65	0.632	si	malo
	Canal Ugalde	-3 491	90	0.452	si	malo
El Sauce	Canaleta Daniel Vera	-1 581	18	2.295	no	-
	Canal El Sauce B	-1 138	8	5.216	si	regular
	Canal El Sauce	-4 087	43	0.942	no	-
	Quebrada Las Vertientes	-1 123	149	0.275	no	-
	Canaleta Serviú	-737	402	0.101	no	-
	CDD J. Montt	-2 065	624	0.065	no	-
	Canal M. R. Norte	-226	584	0.070	si	regular
	Colector J. A. Rios	-9 120	938	0.043	no	-
Maule	Colector E. Molina	-10 117	2 004	0.020	no	-
	Colector Yungay	-17 981	3 614	0.011	no	-
R.L.Luco	Canal R. L. Luco	-4 659	72	0.568	no	-
	Col.Vergara	-4 655	2 616	0.016	no	-
	Col.Portales	-14 764	1 503	0.027	no	-
Egaña	Colector Amapolas	-1 690	21	1.947	no	-
	Canaleta M.Rodríguez	-3 417	27	1.535	no	-
	Quebrada Las Dalías	-3 657	26	1.592	no	-
	Cañ 1 Aliv. Egaña	-12 010	16	2.581	no	-
	Colector Petous	-4 328	30	1.383	no	-
	Canaleta Centenario	-8 258	56	0.726	no	-
	Canal Egaña	-6 108	93	0.438	no	-
	Col.O'Higgins	-17 915	123	0.332	no	-
Col.Aliv.Egaña	-19 199	165	0.247	no	-	
Collén	Colector Pantoja	-1 845	65	0.630	no	-
	CDD Egaña	-3 217	1 001	0.041	no	-
	Colector R. Cruz	-14 848	519	0.079	no	-
	Col.Luco	-7 094	2 244	0.018	no	-
Cerro Navidad	Canaleta Juan Vásquez	-1 226	29	1.388	no	-
	Col.Velasco	-2 145	48	0.848	no	-
	Col.Werner	-8 183	217	0.188	no	-
Perpelén	San Germán	-480	39	1.038	no	-
	Canal Perpelén	-34 549	124	0.329	no	-
	Col.Félix Cortés	-3 784	2 222	0.018	no	-
	Cañ1-Eg.	-8 700	1 167	0.035	no	-
Bellavista	Canal Los Tilos	-1 598	145	0.281	no	-
	Colector Sindicato	6 581	1 932	0.021	no	-
	Colector Los Cerezos	-3 372	665	0.061	no	-
	Col. Latorre	-10 717	1 016	0.040	no	-
	Colector San Francisco	-13 578	2 494	0.016	no	-
Punta de Parra	Col.Cardenal Samoré	8 074	1 156	0.035	no	-

Nota: VAN valores en U.F.

10.2 Priorización de Soluciones

La priorización de las soluciones planteadas se realizó a través de criterios cualitativos basados en indicadores técnico-económicos descritos en el capítulo anterior. Estos fueron evaluados mediante la asignación de un valor entre 1 y 3. (1 = mayor prioridad, 3 = menor prioridad).

Dicha priorización representa sólo un marco referencial del ordenamiento que se debe seguir para la ejecución de cada uno de los proyectos planteados, ya que el criterio final lo tendrá que definir la autoridad competente quien en función de las necesidades del momento, los fondos destinados o la urgencia de las soluciones, tendrá plena libertad de priorizar cualquier proyecto que estime conveniente.

La priorización realizada obedece a una metodología que puede no siempre ser capaz de reflejar la necesidad real de obras de drenaje. Ello por cuanto los parámetros utilizados podrían subvalorar o no contemplar el beneficio real de cada proyecto. Por lo anterior, los resultados obtenidos deben ser considerados sólo como indicativos para establecer una priorización, o bien, como antecedente para la toma de decisión final. Es recomendable que durante el diseño de ingeniería de detalle, se elabore una evaluación económica específica para cada proyecto.

Como complemento al análisis antes realizado, los cuadros presentan en su última columna, un orden sugerido de proyectos de acuerdo a tres grados de prioridad (alta, media y baja), entregándose además un ordenamiento al interior de cada grado. Su elaboración se basó en apreciación obtenida a través de visitas a terreno, antecedentes proporcionados por la Inspección Regional, la prioridad y magnitud de las zonas de inundación históricas, así como también a la importancia del sistema de drenaje y su área drenada.

A continuación se entregan los resultados de la priorización propuesta.

Tabla 10.3: Priorización de Proyectos Comuna de Penco

Sistema	Nombre Proyecto	Eval. VAN	Eval. Inv. vs Sup.	Eval. Pob.vsInv.	Eval. Infra.	Prom. Eval.
Infante	Col.Yerbas Buenas	1	2	2	1	1
Infante	Colector Alcázar	3	2	2	2	2
Penco Sur	Col.Crav	3	2	2	1	2
Estero Penco	Col Los Robles	2	3	3	2	2
Infante	Colector Las Heras	2	1	1	2	2
Infante	Colector Cochrane	2	1	1	2	2
Infante	Colector Freire	3	2	2	1	2
Infante	Canal Cochrane	1	1	1	2	1
Infante	Canaleta Toltén	1	1	1	2	1
Lirquén	Canal P. A. Cerda	2	2	2	1	2
Lirquén	Colector P. A. Cerda	2	2	2	1	2
Lirquén	CDD Sum PAC	1	2	2	2	2
Refugio	Col.Santa María II	3	3	3	1	2
Refugio	Canal Lord Cochrane	1	2	2	2	2
Infante	Colector Mejoreros	3	1	1	1	2
Estero Penco	Canal Penco	1	3	3	2	2
Vilumanque	Canal Vilumanque 1	1	1	1	1	1
Vilumanque	Canal Vilumanque 2	3	2	2	1	2
Vilumanque	colector Vilumanque 3	3	2	2	1	2
Vilumanque	Colector Vilumanque 1	3	2	2	2	2
Lirquén	Col.Mendoza	3	2	2	1	2
Lirquén	Canal Mendoza B	2	1	1	2	2
Penco Sur	Zanja Playa Negra	2	2	2	1	2
Lirquén	Canal Lea Plaza A	1	2	2	2	2
Lirquén	Canal Lea Plaza B	2	3	3	1	2
Refugio	Canal Anadra	2	1	1	1	1
Infante	H Mery	2	1	1	1	2
Landa	Canal G. La Greda	1	1	1	1	1
Landa	Colector G. Mistral	2	2	2	1	1
Landa	Cañ. G. Mistral	2	2	2	1	2
Landa	Canal Cosmito	2	2	2	1	2
Lirquén	Col.San Francisco	2	2	2	3	2
Estero Penco	Canal Cruz	1	1	1	2	1
Refugio	Colector A. Pinto	2	3	3	1	2
Refugio	Colector Zapata	3	2	2	2	2
Refugio	Colector M. Bulnes	2	3	3	2	2
Landa	Colector Los Naranjos	1	2	2	2	2
Lirquén	CDD Quiroga	2	2	2	3	3
Quebrada Honda	CDD Bío-Bío	2	3	3	2	2
Estero Penco	Canal Miramar	2	2	2	2	2
Penco Sur	Col.Calle 4	3	3	3	1	2
Landa	Colector L. Cerezos	2	3	3	2	2
Refugio	Col.Camino Antiguo O.	3	3	3	2	3
Landa	Colector S. Andrés	2	3	3	3	3
Refugio	Colector Los Andes	2	2	2	1	2
Refugio	Colector Anadra	2	3	3	2	3
Estero Penco	Canal Hilario Contreras	1	1	1	2	2

Nota: 1 mayor prioridad, 3 menor prioridad

Tabla 10.4: Priorización de Proyectos Comuna de Tomé

Sistema	Nombre Proyecto	Eval. VAN	Eval. Inv. vs Sup.	Eval. Pob.vslInv.	Eval. Infra.	Prom. Eval.
Egaña	Canal Egaña	2	2	2	1	2
Egaña	Col.O'Higgins	3	2	2	1	2
Egaña	Col.Aliv.Egaña	3	2	2	1	2
R.L.Luco	Col.Portales	3	3	3	1	2
Egaña	Quebrada Las Dalias	2	1	1	1	1
R.L.Luco	Canal R. L. Luco	2	2	2	1	2
Egaña	Cañ 1 Aliv. Egaña	3	1	1	1	1
Bellavista	Col. Latorre	3	3	3	1	2
Bellavista	Colector San Francisco	3	3	3	1	2
Egaña	Colector Petous	2	1	1	1	1
Perpelén	Canal Perpelén	3	2	2	1	2
El Sauce	Colector J. A. Rios	3	2	2	1	2
Bellavista	Canal Los Tilos	1	2	2	1	2
Bellavista	Colector Sindicato	1	3	3	1	2
Egaña	Canaleta Centenario	2	2	2	1	2
Collén	CDD Egaña	2	2	2	1	2
Collén	Col.Luco	2	3	3	1	2
Collén	Colector R. Cruz	3	2	2	1	2
Maule	Colector E. Molina	3	3	3	1	2
Maule	Colector Yungay	3	3	3	1	2
Cerro Navidad	Canaleta Juan Vásquez	1	1	1	1	1
Cerro Navidad	Col.Velasco	2	1	1	1	1
Cerro Navidad	Col.Werner	2	2	2	1	2
Ugalde	Canal Ugalde	2	2	2	1	2
Egaña	Colector Amapolas	1	1	1	1	1
Perpelén	San Germán	1	1	1	1	1
Ugalde	Quebrada El Bosque	2	2	2	1	1
El Sauce	Canaleta Daniel Vera	1	1	1	1	1
El Sauce	Canal El Sauce B	1	1	1	2	1
El Sauce	Canal El Sauce	2	1	1	1	1
Perpelén	Cañ1-Eg.	2	3	3	1	2
El Sauce	Quebrada Las Vertientes	1	2	2	1	2
El Sauce	Canaleta Serviu	1	2	2	1	2
El Sauce	CDD J. Montt	2	2	2	1	2
El Sauce	Canal M. R. Norte	1	2	2	2	2
R.L.Luco	Col.Vergara	2	3	3	1	2
Egaña	Canaleta M.Rodríguez	2	1	1	1	1
Punta de Parra	Col.Cardenal Samoré	1	3	3	1	2
Bellavista	Colector Los Cerezos	2	2	2	1	2
Collén	Colector Pantoja	2	2	2	1	1
Perpelén	Col.Félix Cortés	2	3	3	1	2
Bilbao	CDD C. P. A. Cerda	2	2	2	2	2

Nota: 1 mayor prioridad, 3 menor prioridad

11. DEFINICIÓN DE RED PRIMARIA

La red primaria se definió de acuerdo a los siguientes criterios específicos:

- Se incluyen como componentes de la Red Primera todas las quebradas que se desarrollan dentro del Área de Estudio y que han sido definidas como cauces principales de aguas lluvias. En estos cauces, la autoridad competente debe definir áreas de protección o restricción de uso.
- Los cauces naturales que sean receptores de aguas lluvias y se desarrollen dentro del área de estudio, sugiriendo un ancho o faja de seguridad correspondiente a 15m. medidos desde cada borde.
- Todos los colectores cuyo diámetro o sección equivalente sea superior a igual o superior a 600mm. y que saneen zonas altamente pobladas se consideraran como red primaria, exceptuando aquellos colectores de longitud inferior a 200 metros, pero que no pertenecen a una red importante de colectores. También pertenecerán a la red primaria aquellos colectores de diámetros menores cuyos emplazamiento estén saneando algún centro cívico de las zonas de estudio.
- Todos los canales, cuya sección equivalente sea igual o mayor a 600 mm. y que de acuerdo a su funcionalidad, sean evacuadores de aguas lluvias.

Tabla 11.1 Resumen Longitudes de Red Primaria.

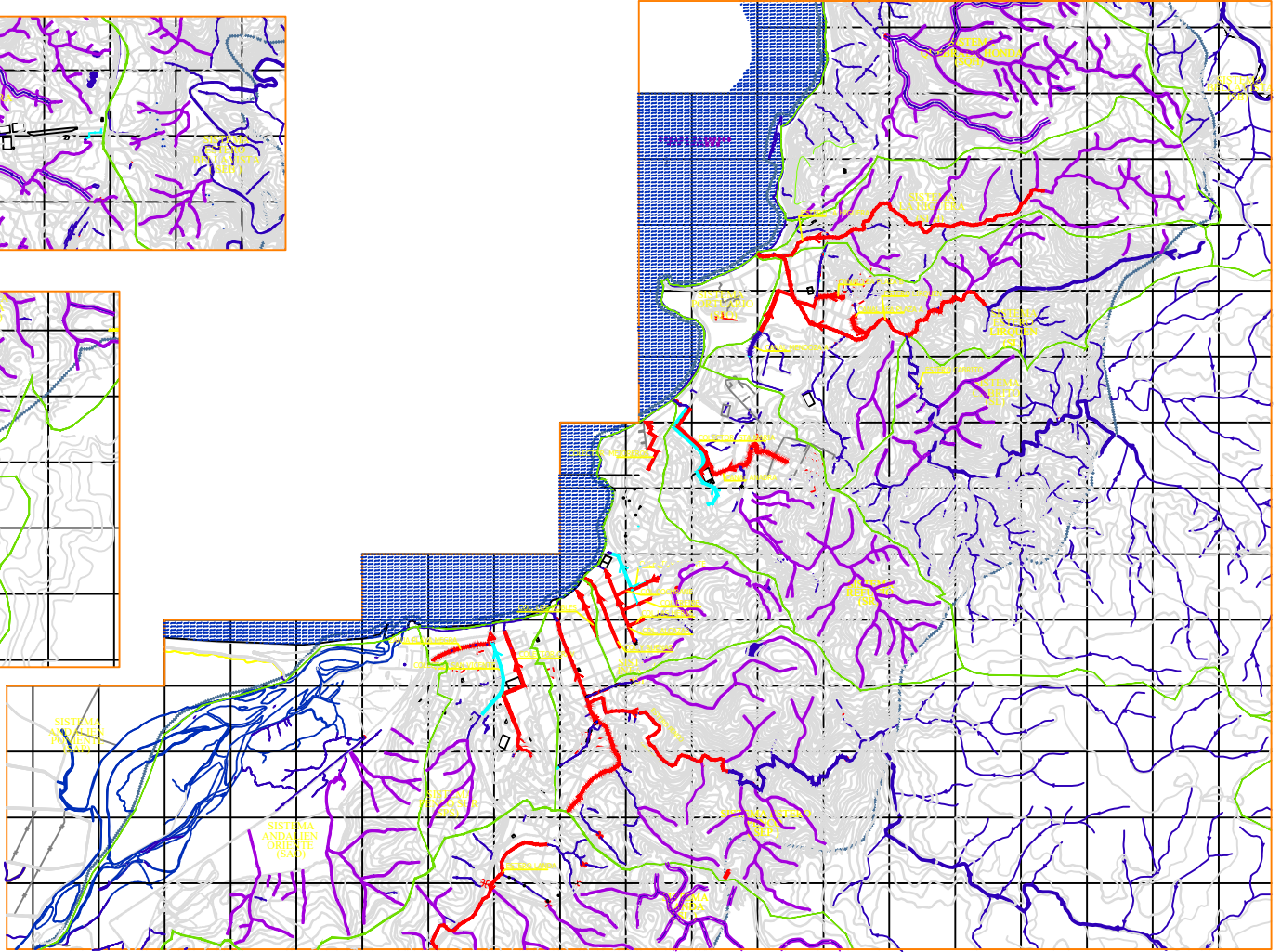
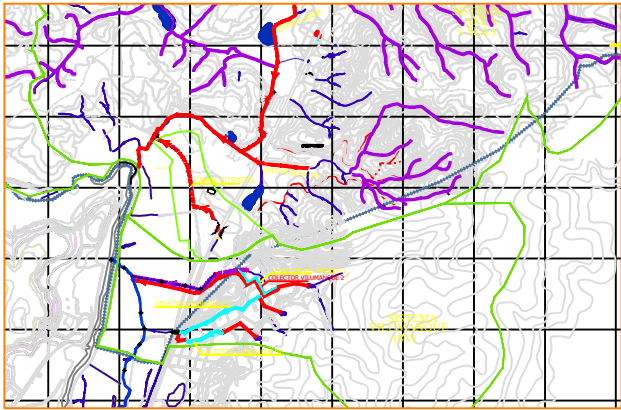
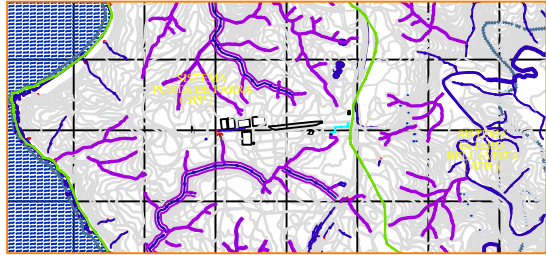
Tipo de Red	Obras Existentes		Obras Proyectadas		Cauces o Quebradas (m)	Total (m)
	* Colectores (m)	* Canales (m)	Colectores (m)	Canales (m)		
Red Primaria	6775,37	13004	5345,43	0	27185,6	52310,4
Red Secundaria	11438,4	4280,1	1779	0	0	17497,5
Total	18213,77	17284,1	7124,43	0	27185,6	69807,9

(*) indica que los reemplazos de algunos tramos en colectores y mejoramientos para canales están incluidos en el parámetro obras existentes.

Las inversiones y costos de operación y mantención de la Red Primaria fueron obtenidos a partir de los antecedentes de las soluciones. A continuación, en la Tabla 11-2, se presenta el resumen de los costos de la Red Primaria.

Tabla 11.2: Resumen de Costos de Inversión, Operación y Mantención de la Red Primaria

COSTOS	CIUDAD	
	PENCO	TOMÉ
Inversión (UF)	410.649	378.805
Operación y Mantención (UF)	6.160	5.682
TOTAL	416.809	384.487



SIMBOLOGIA

<ul style="list-style-type: none"> Canal Abierta Explotada Primaria Canal Entubada Explotada Primaria Canal Abierta Mejorada o Mejorada Primaria Canal Entubada Mejorada o Mejorada Primaria Cuadrante o Estero Primaria Explotada Cuadrante o Estero Explotado Mejorado Primaria Red Proprieta Primaria Red Superior Explotada Primaria Red Urbana Explotada Primaria Acuif. Lga de protección ambiental 	<p>CARTOGRAFIA</p> <ul style="list-style-type: none"> Contorno de Aguas Lluvias Explotadas Doncega subterránea Coleo de Sano Quilómetros No - Estero Canal Explotado Explotado Canal o Zanja Abierta Explotada Cuadrante Explotado Ovras Indica 	<ul style="list-style-type: none"> Huella o Sendero Carretera de Tierra Cercado Perimetralizado Troncos, Lago o Laguna <p>LIMITES DE AREAS DEL ESTUDIO</p> <ul style="list-style-type: none"> Limite Area de Estudio Limite Area Sistema
---	---	---

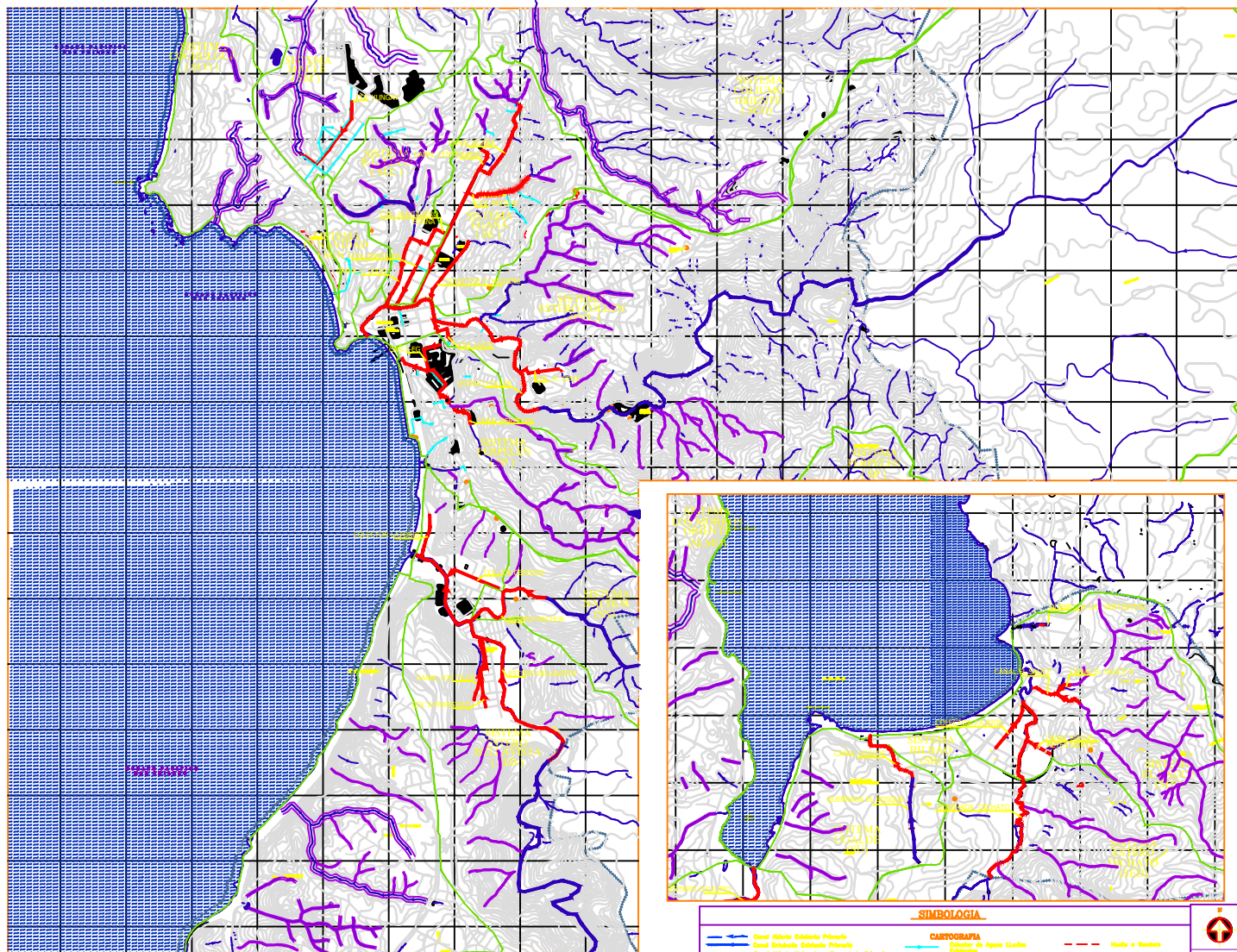
INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

PROYECTO PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE PENCÓ Y TOME, VIII REGION INFORME FINAL

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

CONTENIDO

FIGURA 11.1
RED PRIMARIA - PENCÓ
ESCALA : S/E



SIMBOLOGIA

<ul style="list-style-type: none"> Canal Abierto Existente Primario Canal Entubado Existente Primario Canal Abierto Propuesto o Proposición Primario Canal Entubado Propuesto Primario Cuadrante o Estero Primario Existente Cuadrante o Estero Existente Integrado Primario Riuel Propuesto Primario Riuel Secundario Existente Primario Riuel Urbano Existente Primario Acueducto Línea de protección costera 	<p>CARTOGRAFIA</p> <ul style="list-style-type: none"> Contorno de Agua Lluvia Edificios Demarcación urbanista Calle de tierra Calle pavimentada Ala - Estero Canal Existente Existente Canal o Zanja Abierta Existente Cuadrante Existente Obras Isolas 	<ul style="list-style-type: none"> Huella o Sendero Carretera de Tierra Calle Pavimentada Troncal, Lago o Laguna <p>LIMITES DE AREAS DEL ESTUDIO</p> <ul style="list-style-type: none"> Límite Área de Estudio Límite Área Sistema
--	--	---

INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

PROYECTO PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE PENCO Y TOME, VIII REGION INFORME FINAL

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

CONTENIDO

FIGURA 11.2
RED PRIMARIA - TOME
ESCALA : S/E

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12.1 Conclusiones

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

- Los sistemas de evacuación de aguas lluvias artificiales, existentes actualmente son de baja cobertura, habiendo sectores que no cuentan con red de drenaje, sin embargo, las ciudades presentan una red de drenaje natural (quebradas, esteros) de condiciones aceptables, para portear eventos de cierta magnitud.
- La mantención de las redes de colectores de aguas lluvias catastradas es relativamente buena, sin embargo, los canales que forman parte de los sistemas de drenaje no cuentan con una sección bien regularizada ni con revestimiento de sus costados. Las ciudades presentan grandes problemas de sedimentos, por lo que las labores de limpieza, deben desarrollarse durante todo el periodo de lluvia.
- Un alto porcentaje de los tramos de los sistemas colectores, no poseen actualmente capacidad suficiente para lluvias con período de retorno $T = 2$ años. Esta situación lógicamente será crítica a futuro o para lluvias de mayor período de retorno.
- Los problemas ocasionados por las aguas lluvias, corresponden a anegamientos de calles e inundación de puntos bajos o sectores aledaños a los canales. Las causas de estos problemas son la falta de capacidad hidráulica o la falta de cobertura adecuada. Los principales anegamientos de calles se observan en los centros cívicos de las ciudades de Penco, Tomé, Dichato y Lirquén.

Para abordar las soluciones a los problemas detectados en el área de estudio, se definieron 19 sistemas que corresponden a zonas homogéneas desde la perspectiva de la dirección de los escurrimientos causados por las aguas lluvias.

Como concepto general, las soluciones se definieron para cada sistema y para un escenario futuro, teniendo como horizonte el año 2.030, adoptando como criterio básico la optimización de

la infraestructura de evacuación de aguas lluvia existente y las características topográficas e hidromorfológicas del área en estudio.

Las soluciones definidas corresponden a aquellas técnico - económicamente más adecuadas para dar atención a las áreas de inundación detectadas. En consecuencia, se contemplaron tres grupos de soluciones, el primero conformado por nuevas redes de colectores en zonas sin cobertura suficiente, en reemplazo o el refuerzo de colectores existentes y mejoramiento de canales en el área urbana. El segundo grupo, esta asociado al mejoramiento de los cauces naturales y sus obras de arte correspondientes, y el tercer tipo corresponde a las soluciones para las áreas de expansión urbana, las que están basadas fundamentalmente en la utilización de los cauces naturales o quebradas que constituyen los cuerpos receptores de las aguas lluvias.

El costo total de inversión para los 99 proyectos, asciende a una cifra cercana a las **UF 954.000** (\$16.174 millones). Esto incluye los proyectos de cauces receptores y canales importantes, que si bien algunos de ellos no están completamente en zona urbana, están relacionado con las demás soluciones planteadas. Otro aspecto es que el costo total de inversión presentado considera, en los casos que sea necesario, los ítemes de expropiación y servidumbre de paso por los terrenos de donde se traza el proyecto, como manera de representar un eventual escenario futuro, en que dichos terrenos deban ser adquiridos. En caso de establecerse un mecanismo distinto que permita disminuir o evitar tales costos deberán ser desconectados a los costos entregados.

En la definición de la Red Primaria se utilizó distintos criterios, expresados en el capítulo anterior, sin embargo, el criterio que define mayoritariamente la Red es el de acotar como diámetro inferior 600 mm o sección equivalente. Además quedan incorporados a la red quebradas de importancia, lagunas y los cauces receptores.

En términos de Red Primaria, casi la totalidad de lo proyectado quedó inserto en dicha categoría, ya que muchos de ellos presentan dimensiones o sección equivalente mayores a 600 mm. .

El costo de inversión de la Red Primaria alcanzó una cifra cercana a los **UF 789.500** (\$ 13.385 millones), mientras que el costo de operación y mantención resultó de UF 11.842 (\$ 201 millones) al año.

La definición de la red básica establecida en los planos del estudio, permite gravar el uso del suelo estableciendo el emplazamiento y características de los sistemas de evacuación requeridos para producir una controlada evacuación de las aguas lluvias.

Desde el punto de vista ambiental, analizado 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 y el uso de áreas de humedales, es pertinente un Estudio de Impacto Ambiental. Para todos los casos 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:

12.2.1 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 en evacuación.

12.2.2 Aplicación del Plan

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

12.2.3 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 a los sistemas de evacuación, de modo que efectivamente ingrese a la red primaria todo el flujo que corresponde

al área aportante atendidas. Es por ello que la Red Secundaria debe asegurar la capacitación 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 entre cuencas.

Esto 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 las redes secundarias presentan obras de drenaje íntimamente ligadas 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, 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.

12.2.4 Carácter Normativo del Plan Maestro

Debe establecerse a la brevedad el carácter normativo del presente Plan Maestro, de manera que sus planificaciones, soluciones y recomendaciones sean obligatorias para nuevas urbanizaciones, proyectos de vialidad urbana 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.

12.2.5 Actualizaciones del Plan Maestro

Aunque el horizonte de tiempo previsto en este Plan Maestro es hasta el año 2030, el documento debe ser sometido a un conjunto 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.

12.2.6 Optimización de Soluciones

En las etapas de anteproyecto y de ingeniería de detalles de las soluciones estructurales propuestas en este Plan Maestro, se deberá revisar la solución a las interferencias encontradas.

Cada elemento componente de las soluciones, su forma, tamaño y emplazamiento preciso debe ser sujeto a un análisis de detalle, tanto en forma separada como en su integración a una solución.

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.

12.2.7 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 relevantes en estas materias.

Por otro lado, el análisis y diseño de los sistemas de aguas lluvias, deban 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.

12.2.8 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 idóneo y un presupuesto seguro y estable anualmente.

12.2.9 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 N° 11 del informe. Estas medidas son del siguiente tipo:

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

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.

12.2.10 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 mas relevantes que se describen en el capítulo N° 10 sobre Análisis Ambiental. 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.

Cuando corresponda, se debe elaborar el DIA o EIA a cada solución antes de su materialización.

12.2.11 Información para Evaluaciones Económicas

Dada la crítica situación de información adecuada, completa y continua necesaria para efectuar una 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 detallando, sobre los daños ocasionales por los problemas de aguas lluvias en sectores urbanos. Esta información a los menos debe identificar, la ubicación especial 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.

12.2.12 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 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 torno a cursos de agua y en taludes con propensiones a la erosión, los cuales pueden ser transformados en áreas de protección.