



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL**

ANÁLISIS DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS Y COMPLEMENTARIAS PARA LAS  
SOLUCIONES DE AGUAS LLUVIA EN UNA CUENCA. APLICACIÓN AL VALLE  
DE CHICUREO

BÁRBARA LORENA ASTUDILLO CÁCERES

2007



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL**

ANÁLISIS DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS Y COMPLEMENTARIAS PARA LAS  
SOLUCIONES DE AGUAS LLUVIA EN UNA CUENCA. APLICACIÓN AL VALLE  
DE CHICUREO

BÁRBARA LORENA ASTUDILLO CÁCERES

PROFESOR GUÍA  
LUIS ARRAU DEL CANTO

PROFESORES DE COMISIÓN  
ALEJANDRO LÓPEZ ALVARADO  
OSCAR ULLOA CHÁVEZ

JUNIO 2007

**“ANÁLISIS DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS Y COMPLEMENTARIAS PARA LAS SOLUCIONES DE AGUAS LLUVIAS EN UNA CUENCA. APLICACIÓN AL VALLE DE CHICUREO”**

El objetivo general del presente trabajo de título es desarrollar un modelo de simulación del escurrimiento de aguas lluvias del sector alto del valle de Chicureo para la situación actual de la zona, determinando las áreas de inundación correspondientes a éstas, de manera de establecer posibles medidas de mitigación complementarias o alternativas a las ya planteadas en el valle, utilizando como referencias las zonas de inundación generadas por la modelación actual y futura.

El análisis del escurrimiento de las aguas en el valle de Chicureo fue desarrollado a través de la formulación y aplicación del modelo de simulación de aguas lluvias CAICE-SWMM, el que permitió modelar vías de escurrimientos, puntos de llegada, y áreas aportantes, ingresando toda la información hidrológica e hidráulica necesaria.

Se consideraron tres escenarios de modelación, el primero correspondió a la situación actual, el que contempló todas las obras y vías de escurrimiento identificables, además de los actuales puntos conflictivos que se observan en terreno. El segundo escenario correspondió a lo ocurrido en la situación pre inmobiliaria, donde la zona alta del valle de Chicureo fue modelada sin considerar la intervención humana. Finalmente, el tercer escenario correspondió a la situación futura donde se tomó en cuenta un desarrollo urbano según las proyecciones de los inmobiliarios de la zona, en un horizonte de 30 años y se aplicaron medidas de mitigación que contemplaron el canal El Valle y los colectores Los Algarrobos y Los Ingleses.

Como resultado, el modelo de simulación generó los volúmenes de inundación en las zonas de interés, tanto para el escenario actual como futuro. Dado que las medidas de mitigación incorporadas para la situación futura no saneaban de forma completa las inundaciones en el valle de Chicureo, se plantearon medidas de mitigación alternativas o complementarias a las ya existentes. Entre estas medidas se consideraron mayoritariamente obras de infiltración y canalización.

Se concluyó que la causa principal de las inundaciones en la zona, se debe a la falta de continuidad de los cauces naturales, los cuales han sido intervenidos sin mayor control e inclusive borrados del todo. Se planteó restituir algunas de las quebradas, sin embargo el alto costo que ello implica, lo hace inviable. Todo lo anterior, confirma la necesidad de planificar de manera anticipada la expansión urbana, es decir incorporar un ordenamiento territorial sustentable.

Por último, la presencia de dos canales de riego importantes (Batuco y Colina) generan zonas de inundación considerables, al verse superados en capacidad por los aportes de aguas lluvias, lo que hace ver la necesidad de implementar diseños conjuntos entre canales de riego y sistema de evacuación de aguas lluvias.

## ÍNDICE.

	<b>Página</b>
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN .....	8
1.1 Objetivos Generales.....	8
1.2 Área de Estudio.....	9
1.3 Antecedentes históricos de la zona de estudio .....	10
1.4 Estudios Realizados .....	11
1.4.1 Plan Maestro de Aguas Lluvias de Santiago PM-01 .....	11
1.4.2 Estudio de Factibilidad y Diseño definitivo de la red primaria de aguas lluvias del Estero Las Cruces, RM, ALL-DP16A ...	12
1.4.3 Diseño definitivo de la Red Primaria del Sistema de Aguas Lluvias del estero Los Patos, RM, LAD ingenieros consultores.....	13
CAPITULO 2 REVISIÓN DE VÍAS DE ESCURRIMIENTO Y ZONAS DE INUNDACIÓN.....	15
2.1 Vías de Escurrimientos.....	15
2.1.1 Cauces existentes .....	15
2.1.1.1 Zona alta del Valle de Chicureo .....	15
2.1.1.2 Zona baja del Valle de Chicureo .....	23
2.1.2 Avenidas y calles.....	24
2.2 Catastro y capacidad hidráulica del sistema de drenaje.....	28
2.2.1 Catastro de Sumideros.....	28
2.2.2 Catastro de Cámaras .....	30
2.2.3 Catastro de Colectores .....	31
2.3 Antecedentes sobre zonas de inundación .....	34
2.3.1 Zona alta del Valle de Chicureo.....	34
2.3.2 Zona baja del Valle de Chicureo.....	37
CAPÍTULO 3 INFORMACIÓN HIDROLÓGICA .....	39
3.1 Antecedentes generales de estudios previos.....	39
3.2 Curvas IDF adotadas .....	39
3.2.1 Corrección y extensión de estadísticas pluviométricas .....	39
3.2.2 Análisis de Frecuencia .....	41
3.2.3 Determinación de Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF).....	41
3.2.3.1 Determinación de Coeficientes de Frecuencia.....	41
3.2.3.2 Determinación de Coeficiente de Duración .....	42
3.2.3.3 Determinación de las curvas IDF y su expresión analítica.....	42
3.2.3.4 Aplicación de las relaciones IDF .....	44
3.3 Luvia de diseño adoptadas .....	45
CAPÍTULO 4 INFORMACIÓN HIDROLÓGICA.....	49
4.1 Antecedentes generales de estudios previos.....	49
4.2 Descripción del software utilizado.....	49

4.3	Antecedentes para la modelación del sistema .....	50
4.3.1	Metodología para la confección del modelo .....	51
4.3.2	Áreas aportantes, nodos y links .....	52
4.3.3	Tiempo de concentración (Tc) .....	53
4.3.3.1	Descripción de fórmulas consideradas .....	54
4.3.3.2	Selección de fórmulas de Tc .....	55
4.3.4	Coefficiente de escorrentía .....	57
4.3.4.1	Uso de Suelo .....	58
4.3.4.2	Cálculo de Coeficiente de Escorrentía.....	58
4.3.5	Coefficiente de Manning.....	60
4.3.6	Curva Número SCS.....	61
CAPÍTULO 5 DIAGNÓSTICO DEL DRENAJE DEL VALLE PAA DISTINTOS		
ESCENARIOS.....		
5.1	Situación Actual.....	62
5.1.1	Información Incorporada.....	62
5.1.2	Resultados de modelación .....	71
5.1.2.1	Volúmenes de Inundación.....	72
5.1.2.2	Determinación de área de inundación .....	76
5.1.3	Discusión de resultados.....	79
5.2	Situación Pre inmobiliaria .....	82
5.2.1	Información Incorporada.....	82
5.2.2	Resultados de modelación.....	82
5.3	Situación Futura .....	83
5.3.1	Información incorporada.....	84
5.3.2	Resultados de modelación.....	90
5.3.2.1	Volúmenes de inundación .....	90
5.3.2.2	Determinación de área de inundación .....	93
5.4	Comparación entre escenarios de simulación .....	96
CAPÍTULO 6 OBRAS ALTERNATIVAS Y COMPLEMENTARIAS		
PARA EL SANEAMIENTO DEL VALLE .....		
6.1	Generalidades .....	100
6.2	Descripción de obras de mitigación .....	100
6.2.1	Desconexión de áreas impermeables.....	100
6.2.2	Obras de infiltración .....	101
6.2.3	Obras de almacenamiento.....	102
6.2.4	Obras anexas.....	103
6.2.4.1	Canales para drenaje urbano .....	103
6.2.4.2	Acueductos hormigonados .....	105
6.3	Evaluación de factibilidad y selección de obras de mitigación	
	a aplicar en zonas de inundación del valle de Chicureo .....	105
6.3.1	Sector Las Canteras .....	106

6.3.2 Condominio Valle Norte .....	112
6.3.3 Calle Los Ingleses.....	113
6.3.4 Estero Los Patos .....	115
CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	117
7.1 Conclusiones.....	117
BIBLIOGRAFÍA.....	119
ANEXOS	
ANEXO A:FIGURA 1 .....	121
ANEXO B:CATASTRO DE CÁMARAS Y SUMIDEROS.....	122
ANEXO C:ESTIMACIÓN DE TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	132
ANEXO D:SIMULACIÓN PRUEBA PARA ZONA ALTA .....	141
ANEXO E:MANZANAS REPRESENTATIVAS SEGÚN ZONA .....	146
ANEXO F:DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA Y NÚMERO DE CURVA.....	158
ANEXO G:DATOS GEOMÉTRICOS DE SITUACIÓN ACTUAL .....	166
ANEXO H:RESULTADOS DE LA MODELACIÓN DE SITUACIÓN ACTUAL.....	173
ANEXO I: ÁREAS DE INUNDACIÓN PARA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA.....	190
ANEXO J:PARÁMETROS HIDROLÓGICOS PARA SITUACIÓN PRE INMOVILIARIA .....	192
ANEXO K:RESULTADOS DE LA MODELACIÓN DE SITUACIÓN PRE INMOVILIARIAS .....	196
ANEXO L:DATOS GEOMÉTRICOS DE SITUACIÓN FUTURA.....	213
ANEXO M:RESULTADOS DE LA MODELACIÓN DE SITUACIÓN FUTURA .....	220

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUCCIÓN.**

#### **1.1 Objetivos Generales.**

Los objetivos generales de este estudio son:

- Desarrollar un modelo de simulación del escurrimiento de aguas lluvias del sector alto del valle de Chicureo para la situación actual de la zona, determinando las áreas de inundación correspondientes a éstas.
- Establecer posibles medidas de mitigación complementarias o alternativas a las ya planteadas por estudios en curso, utilizando como referencias las zonas de inundación generadas por la modelación actual y la modelación futura. Esta última, contempla las obras planteadas por estudios previos, que se encuentran en desarrollo.

Asimismo, para cumplir los objetivos señalados, se deberán abordar los siguientes objetivos específicos:

- Actualizar y complementar la cartografía existente del área de estudio \*.
- Evaluar la red de evacuación de aguas lluvias existentes (sumideros, cámaras, y colectores) a través de un seguimiento en terreno, y entrevistándose con los vecinos del sector.
- Actualizar las vías de escurrimiento y zonas inundables, por medio de trabajo en terreno, recorriendo todo el sector.
- Recopilar y estudiar la información existente del área de interés. Principalmente en temas de información hidrológica general, hidrología urbana y planes de aguas lluvias realizados en la zona, cartografía existente, entre otros.
- Definir los parámetros hidrológicos de la zona, correspondientes a los tiempos de concentración, coeficientes de escorrentía y coeficiente de Manning, estableciendo un criterio de definición homogéneo para la zona.
- Manejar el software CAICE SWMM para la modelación del sistema de aguas lluvias en la zona alta del valle de Chicureo, para distintas situaciones.
- Recopilar información y analizar los tipos de obras existentes a nivel mundial para la solución de las inundaciones producidas por aguas lluvias, evaluando su aplicación en el valle de Chicureo.

(\*) Estudio hecho en LAD Ingenieros Consultores

## 1.2 Área de Estudio.

El área de estudio se centra en las comunas Colina y Quilicura, Región Metropolitana, Chile, específicamente en la cuenca conformada por el estero Los Patos. Se incluyen las quebradas que nacen en la parte alta del valle de Chicureo y la zona urbana de la misma, así como las posibles zonas de expansión, hasta la descarga actual en el estero Las Cruces.

En la figura 1.1 se puede observar la ubicación geográfica de la zona.



FIGURA 1.1  
UBICACIÓN GENERAL DEL VALLE DE CHICUREO

La zona, a su vez, se subdividirá en ocho subsectores con el fin de mejorar la eficiencia de la modelación, para luego unificar en un mismo modelo. Los subsectores 1 a 5, corresponden a la zona alta, desde el puente Los Patos, en la Ruta G57, hacia aguas arriba. Por su parte, los subsectores 6 a 8 corresponden a la zona baja. Dicha división se especifica y grafica en el capítulo 4 del presente informe, específicamente en el punto 4.3.2 y en la figura 4.1, además se adjunta en el Anexo A, Figura 1 “Área de Cuenca, Sectores y Subsectores Aportantes”, la representación total de la zona con los subsectores mencionados.

Con respecto a la metodología de trabajo, en la tabla siguiente se detalla un registro de las actividades realizadas:

TABLA 1.1: REGISTRO DE ACTIVIDADES REALIZADAS EN CADA ZONA

Actividad	Zona Alta	Zona Baja
Reconocimiento en terreno	si	--
Caracterización física de la red de drenaje	Si	--
Obtención de datos geomorfológicos de la zona	Si	--
Ingreso de información en el modelo	Si	Si
Manejo del modelo y aplicación a los casos a estudiar	Si	Si
Análisis de Resultados	Si	Si
Proposición de soluciones alternativas	si	si

De lo anterior, la zona baja se incorpora al presente estudio, a partir del ingreso de datos al modelo, lo que implica que la obtención y cálculo de la información requerida para esta zona no forma parte del proceso.

### 1.3 Antecedentes históricos de la zona de estudio.

El valle de Chicureo, corresponde a una zona particularmente interesante, dada la historia que presenta en relación a la evacuación de aguas lluvias. Esto, ya que la red de drenaje natural ha sido prácticamente borrada por las urbanizaciones, además, las prácticas agrícolas principalmente durante la Reforma Agraria, motivaron a utilizar terrenos que en un momento correspondían a cauces naturales, como terrenos agrícolas. Todos estos hechos provocaron que el valle quedara prácticamente sin una salida adecuada para las aguas de las cuencas altas, generando graves problemas de anegamiento.

Antiguamente, el valle de Chicureo contaba con dos cauces principales de evacuación, el estero Los Patos, y la quebrada La Ñipa. El estero Los Patos, se formaba por la confluencia de las quebradas La Virgen y El Loro, continuando en dirección sur poniente hasta descargar sus aguas al estero Las Cruces. Además, contaba con un aporte desde el sur, previo al cruce con la ruta G57, el cauce aportante era conformado por las quebradas La Región y Los Maitenes, drenando el sector sur de la cuenca. La segunda vía de evacuación, la quebrada La Ñipa, drenaba el sector norte de la cuenca de Chicureo. Tenía como aportes, además la quebrada el Manzano. Finalmente, descargaba al estero Los Patos a pocos kilómetros de distancia de la descarga de este último con el Estero Las Cruces.

La figura 1.2 entrega una carta IGM del año 1970, donde se aprecian dichos cauces.

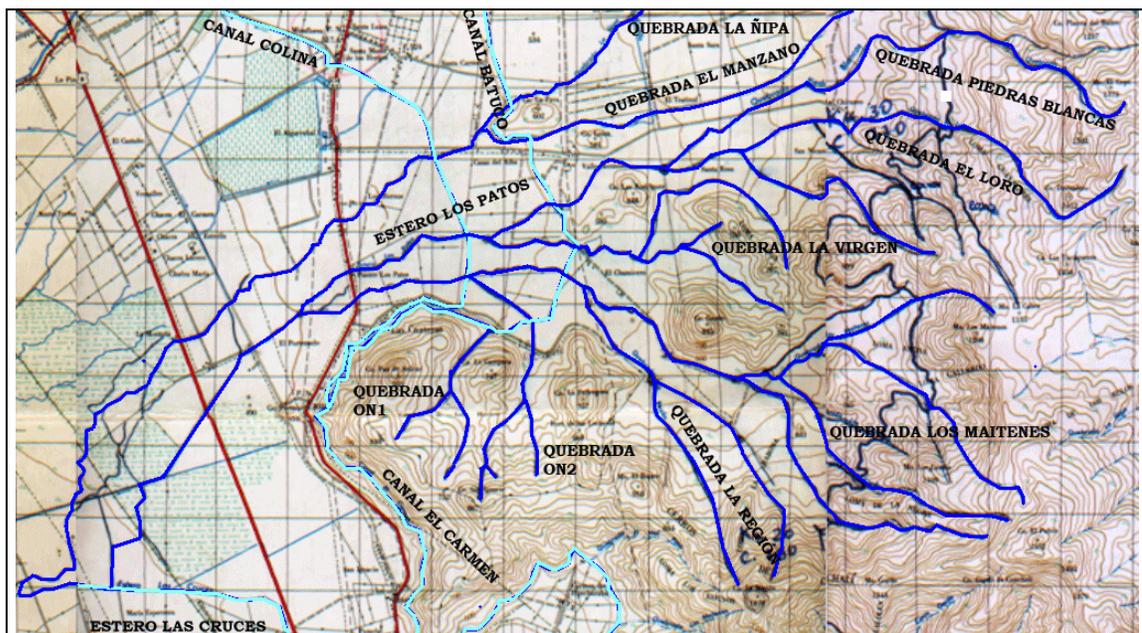


FIGURA 1.2  
QUEBRADAS VALLE CHICUREO, CARTA IGM 1970

Actualmente, casi todos estos cauces han sido obstruidos o borrados. En el caso de la quebrada La Ñipa, existe hasta la calle Los Ingleses, y aguas abajo de ésta, la quebrada ha sido completamente borrada. Lo mismo ocurre con el estero Los Patos, donde su cauce ha sido prácticamente borrado, por lo que quedan sólo los cauces de cabecera, pero sin su capacidad de evacuación primitiva.

## **1.4 Estudios Realizados.**

### **1.4.1 Plan Maestro de Aguas Lluvias de Santiago, PM-01.**

Este estudio fue realizado por CADE-IDEPE para el Ministerio de Obras Públicas a través de la Dirección de Obras Hidráulicas, el año 2001.

Como objetivo principal el PM-01 considera la formulación, y elaboración del Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de Santiago, complementado con un Plan Maestro para la cuenca del estero Las Cruces. Los objetivos principales de este estudio corresponden a:

- Estudiar el problema de evacuación y drenaje de aguas lluvias del áreas de estudio y proponer una solución integral con su cuenca aportante.
- Realizar una caracterización y diagnóstico de la infraestructura existente en la situación actual y futura del área del estudio.
- Seleccionar y priorizar las zonas a sanear.
- Proponer, simular, analizar y seleccionar alternativas de solución al problema de evacuación y drenaje para el área de estudio.
- Definir el período 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 variabilidad a nivel de perfil de determinadas alternativas de sistemas de aguas lluvias, necesarios y suficientes, para la evacuación de aguas lluvias.
- Obtener una priorización de los proyectos de inversión dentro del Plan Maestro.
- Definir la Red Primaria de sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias del Gran Santiago y cuenca del estero Las Cruces.

El estudio se realizó en las siguientes etapas ordenadas en forma secuencial:

Etapa I	: Recopilación y Análisis de Antecedentes.
Etapa II	: Estudios Básicos.
Etapa III	: Identificación de Infraestructura Existente.
Etapa IV	: Simulación, Dimensionamiento y Selección de Alternativas.
Etapa V	: Desarrollo, Viabilidad y Evaluación de Soluciones.
Etapa VI	: Informa Final.

Por otra parte el estudio se dividió en 4 zonas de análisis:

Zona Sur:	Drena hacia el río Maipo y al río Mapocho aguas abajo de la confluencia con el Zanjón de Aguada.
Zona Centro:	Drena sus aguas hacia el Zanjón de la Aguada.
Zona Norte:	Drena sus aguas hacia el río Mapocho.
Zona Estero Las Cruces:	Zona que evacúa las aguas al Estero Las Cruces, y presenta considerables áreas de expansión urbana

En lo que respecta al presente estudio, es la zona Estero Las Cruces la que se observa, estudia y analiza, puntualmente. Según lo analizado y luego de realizar un estudio hidrológico de la zona, además de la determinación de coeficientes de escorrentía, tiempos de concentración, áreas aportantes entre otros, se determinó las áreas inundables. Con esto el PM-01 planteó como soluciones el drenaje de las aguas del sector alto (quebradas El Manzano y La Ñipa) principalmente a través del canal Batuco y los aportes de las quebradas al sur (La Piedra, El Loro, La Virgen, Los Maitenes, La Región, ON-01, ON-02 y Las Canteras) drenan a través de un colector paralelo al proyecto de la Radial Nor-Oriente, al estero Las Cruces.

#### **1.4.2 “ALL-DP16, Estudio de Factibilidad y Diseño definitivo de la red primaria de aguas lluvias del Estero Las Cruces, Región Metropolitana”, DOH-AC Ingenieros Consultores, Nov. 2003.**

Este estudio fue realizado por Ayala y Cabrera, Ingenieros Consultores, en el marco del inicio de los Planes Maestros de Evacuación y drenaje de Aguas Lluvias para distintas ciudades del país, solicitado por la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas. Puntualmente, aborda el plan correspondiente a la ciudad de Santiago, en la que se definió como prioritario el dar solución a la zona urbana actual de la cuenca del estero Las Cruces, dentro de la cual se encuentran las localidades urbanas de las comunas de Lampa, Colina, Quilicura, Huechuraba, Conchalí, recoleta y Pudahuel, con un área aportante de alrededor de 14.300 há, en la zona urbana, y un total de 24.515 há total de la cuenca aportante.

El objetivo principal de este estudio corresponde a analizar la factibilidad y elaborar a partir de la solución seleccionada, el diseño a nivel de ingeniería de detalle de las obras requeridas para el mejoramiento del estero las Cruces entre el cruce con la Ruta G-57 y su confluencia con el estero Lampa. Para lo que se modificó algunas soluciones planteadas en el Plan Maestro de Aguas Lluvias del Gran Santiago (PM 01), especialmente en lo referente al sector de aguas arriba del cruce del Estero los Patos con la Ruta 57.

Para la realización de éste se comprendió tres elementos de desarrollo:

Estudios a nivel de factibilidad para la totalidad de la Red Primaria que permite la evacuación de las aguas lluvias de la zona norte de Santiago, considerando tanto la red de colectores como de los canales y cauces naturales que permiten evacuar las aguas lluvias. Como marco de referencia general para el estudio se consideró la Red Primaria propuesta en el Plan Maestro de Aguas Lluvias del Gran Santiago (PM-01).

Anteproyecto de las soluciones seleccionadas para los esteros Los Patos, Las Cruces y canal Los Choros.

Ingeniería de detalle de las obras de canalización del estero Las Cruces entre la Ruta G57 Carretera General San Martín y su confluencia con el estero Lampa.

Asimismo, también como parte del estudio se consideró un conjunto de objetivos de tipo secundario, citándose entre ellos:

- Actualizar y complementar el patrón de drenaje de la modelación existente en el área aportante del estero Las Cruces, así como de los planos del Plan Maestro relativos al área de estudio.
- Definir las etapas constructivas, de modo de resolver los problemas de drenaje de áreas independientes, permitiendo diferir las inversiones acorde a la realidad presupuestaria del Ministerio de Obras Públicas.
- Elaborar y tramitar la aprobación de las soluciones de las interferencias de otros servicios asociados a las obras anteproyectadas y proyectadas a nivel de ingeniería de detalle.
- Elaborar especificaciones técnicas especiales, para las obras definidas a nivel de ingeniería de detalles.
- Establecer el presupuesto detallado y realizar el análisis de precios unitarios de los ítem correspondientes a la construcción de las obras proyectadas.
- Realizar el estudio de la propiedad legal de las franjas del trazado de las obras anteproyectadas y proyectadas, identificando el costo de expropiación y los propietarios afectados incluyendo la confección de los planos respectivos.
- Elaborar un estudio de Pertinencia Ambiental

Con la realización del estudio hidrológico del área de estudio se determinaron caudales máximos instantáneos. Para ello, se definieron áreas aportantes, tiempos de concentración, coeficientes de escorrentía, principalmente. Los caudales para diferentes períodos de retorno, se calcularon tanto para el estero Los Choros, como para el estero Las Cruces. Lo que, sumado a la información topográfica, permitió un análisis hidráulico de ambos esteros. Y finalmente obtener un eje hidráulico, para cada uno, de tal forma de determinar las áreas inundables, tanto para la situación actual como la modificada por las obras de mejoramiento propuestas, para el estero Las Cruces y sus cursos afluentes naturales en el área de estudio.

Para sanear las áreas inundables, el estudio ALL-DP16 plantea el drenaje de la zona alta del valle de Chicureo a través del Canal El Valle, que descargaría al Estero Los Patos en el cruce con la Ruta 57. Mientras que el trazado del Estero Los Patos se mantiene exceptuando el sector paso por el sector industrial, entre la Ruta 5 Norte y la Ruta G57, para privilegiar la disponibilidad de terrenos, al cambiar el trazado por un sector menos intervenido.

#### **1.4.3          Diseño Definitivo de la Red Primaria del Sistema de Aguas Lluvias del Estero Los Patos, LAD ingenieros consultores.**

Este estudio fue realizado por LAD Ingenieros Consultores, para el Ministerio de Obras Públicas a través de la Dirección de Obras Hidráulicas, 2007.

El objetivo de este estudio es sanear la zona del Valle de Chicureo, por medio del Estero Los Patos, modificando las dimensiones y trazados ya existentes. Para ello, se desarrollaron modelos de simulación del sistema de aguas lluvia del estero Los Patos, de tal forma de dimensionar la principal vía de evacuación de la zona.

De esta forma, a través de los volúmenes de escorrentía en exceso que producen las grandes inundaciones en la zona, se dimensionan las soluciones propuestas para el trazado definitivo del estero Los Patos.

El objetivo principal del estudio, es poner a disposición de la DOH los antecedentes técnicos y legales necesarios para la construcción de las obras requeridas para el mejoramiento del estero Los Patos entre la Ruta 57 Santiago - Los Andes (Puente Los Patos) y su confluencia con el estero Las Cruces.

## **CAPÍTULO 2**

### **REVISIÓN DE VÍAS DE ESCURRIMIENTO Y ZONAS DE INUNDACIÓN.**

#### **2.1 Vías de Esgurrimiento.**

En la zona de estudio existen diversas vías de escurrimiento, las que se pueden agrupar en tres tipos:

- Cauces naturales existentes.
- Vías vehiculares o calles.
- Sistema de drenaje sumidero-cámara-colector

Los cauces principales y las calles, fueron recorridas de tal forma de observar su comportamiento y analizar sus características. Por su parte el sistema de colectores, fue catastrado utilizando una metodología específica.

A continuación, se describe y analizan las vías de escurrimientos correspondientes a cauces existentes y calles del sector. Con respecto a los sistemas de colectores, éstos se especifican en el punto 2.2.

##### **2.1.1 Cauces Existentes.**

A diferencia de la mayoría de los componentes del sistema de drenaje de la zona, los cauces naturales existentes, funcionan desde un comienzo, como vías de evacuación natural en la zona alta del valle. Éstos fueron recorridos con el objeto de observar sus características y funcionamiento, además de investigar el curso original que poseían, con el fin de entender su comportamiento actual, ante la presencia de edificaciones.

Dentro de los cauces observados se tienen quebradas naturales y canales de riego, todos, con la función en mayor o menor escala de evacuar parte de la escorrentía generada durante las lluvias. Las quebradas presentan diferentes formas a lo largo del recorrido, siendo en los puntos más bajos y cercanos a las urbanizaciones, canalizadas y encauzadas.

A continuación, se describen de forma detallada las características y las obras existentes en los cauces, separando en dos secciones, zona alta del valle, desde la Ruta G 57 hacia el oriente, y zona baja del valle, desde la Ruta G 57 hacia el poniente, limitado por la descarga del estero Los Patos en el estero Las Cruces.

##### **2.1.1.1 Zona alta del valle de Chicureo.**

El criterio de división entre zonas se refiere a la ubicación del origen del cauce y su influencia sobre éstas. En este caso, se consideró dentro de este grupo todos los cauces que comienzan en la parte alta del valle. Cada uno de estos cauces se pueden apreciar en la figura 2.4 “Vías de Esgurrimiento en Zona Alta”, y además son descritos a continuación.

##### **i Quebrada La Ñipa.**

La Ñipa es una de las principales quebradas del valle de Chicureo, debido a su gran extensión. Nace en las altas cumbres del sector noreste (1.260 msnm). En esta zona corresponde a un cauce natural no intervenido, con un área de escurrimiento muy amplia.

Produce graves problemas de anegamiento debido, fundamentalmente, a que las urbanizaciones han borrado el cauce de la quebrada, principalmente en el sector Poniente, posterior a la calle Los Ingleses.

Al llegar a la calle Chicureo, frente al condominio Los Cóndores, se encuentra con una alcantarilla circular de acero corrugado de 1.20 m de diámetro, donde recibe descargas constantes de las aguas tratadas de la planta de tratamiento de aguas servidas de la zona.

Conduce las aguas a través del condominio Los Algarrobos, donde fue habilitado un puente de 10 m de luz.

En la calle Los Algarrobos, cruza en una alcantarilla compuesta por tres tuberías de hormigón, de 0.8 m de diámetro, la cual se estima insuficiente para la evacuación del caudal de la quebrada en una crecida considerable.

Continúa como un cauce natural de sección transversal amplia, hasta su encuentro con el canal Batuco, el cual cruza por debajo de éste. Se ve claramente que la sección disponible bajo el canal se encuentra embancada, por lo que es insuficiente para la evacuación de caudales mayores en crecidas de la quebrada.

Hacia aguas abajo la quebrada está canalizada mediante gaviones, donde cruza el condominio Los Ingleses, lo que evita problemas de inundación aparente en esta zona.

Posteriormente, la Ñipa llega hasta la calle Los Ingleses, donde se produce un corte en su conducción, generando la inundación del sector y la posterior conducción a través de la calle hasta la Av Chicureo.

En la Figura 2.1 se aprecia un ejemplo de sección transversal de dicha quebrada.



FIGURA 2.1  
QUEBRADA LA NIPA, EN CRUCE CON CALLE LOS ALGARROBOS.

## ii **Quebrada El Manzano**

La quebrada El Manzano corresponde al antiguo y más importante tributario de la quebrada de la Ñipa. Nace en las altas cumbres inmediatamente al sur de la cuenca de La Ñipa, cumpliendo la función de conductor de las aguas generadas en este sector. En la actualidad, su cauce se encuentra interferido por la urbanización del sector, modificando por completo su recorrido, y con ello eliminando la antigua entrega a la quebrada la Ñipa.

El cauce natural de la quebrada El Manzano nace de los faldeos cordilleranos, descendiendo en dirección oeste hasta ser canalizado por la urbanización Polo Manquehue a la altura de las primeras casa del condominio Polo Manquehue III.

Desde que comienza su tramo canalizado, el ahora canal El Manzano, recepciona las aguas lluvias de los condominios aledaños. Comenzando por el condominio Polos de Manquehue III, luego se encuentra con la laguna de Piedra Roja, ubicada al este del condominio Las Bandadas, la que también descarga en el canal cada vez que es necesario. Más abajo se encuentran los condominios Las Bandadas y Las Flores, ambos con un sistema de evacuación de aguas lluvia, constituido por una red de colectores los cuales descargan finalmente al canal El Manzano. Por otra parte, recibe las aguas lluvia conducidas a través de la calle Guay Guay, cuyos aportes son principalmente los condominios Los Italianos, Chicureo y Los Cóndores.

En la figura 2.2 se aprecia la quebrada el Manzano, una vez canalizada.



FIGURA 2.2

CANAL EL MANZANO, EN TRAMO ALEADO A CONDOMINIO POLOS DE MANQUEHUE II.

La obra de canalización termina frente a la urbanización Polo Manquehue II, justo en la intersección con la calle Chicureo. Para este cruce se dispuso una alcantarilla de triple cajón, de albañilería de ladrillo, por lo que las aguas pasan a través de un tubo de hormigón dispuesto inmediatamente al norte de esta última, siendo su capacidad hidráulica significativamente inferior a la alcantarilla de cajón.

Aguas abajo del cruce con la calle Chicureo, la quebrada no presenta un cauce definido, por lo que las aguas se separan en dos brazos, uno que descarga hacia la Avenida Chicureo y otro que continua por el interior del predio de la Familia Cox, donde los propietarios construyeron un canal excavado en tierra. Esta canalización termina en la calle Algarrobo, sector de anegamientos ante las eventuales crecidas de la quebrada, debido a que el cauce se encuentra completamente borrado.

Aguas abajo de este sector es posible identificar nuevamente el cauce de la quebrada en el cruce del canal Batuco. Este se separa en dos brazos, uno que va a descargar a la calle Chicureo, aguas arriba de la calle Los Algarrobos, y otro brazo que continúa en dirección oeste, hasta llegar a esta misma calle, sin embargo esta canalización tampoco posee descarga hacia aguas abajo, produciendo que la Av. Chicureo se transforme un río durante los grandes temporales.

### **iii Piedras Blancas y EL Loro**

Las quebradas Piedras Blancas y El Loro nacen en la Loma Guayacanes, y corresponden los cauces naturales que conducen las aguas al sur de la quebrada el Manzano.

Antiguamente ambas quebradas continuaban su cauce hasta confluir en el cerro Los Rodríguez, sin embargo, en la actualidad esta unión se encuentra frente al condominio El Bosque, donde ambas quebradas ya vienen canalizadas.

En esta confluencia, reciben el aporte del condominio El Bosque. Este último, cuenta con una red de colectores y pequeñas quebradas, que finalmente descargan sus aguas al punto de intersección de las quebradas principales.

Desde ahí hacia aguas abajo la vía de escurrimiento principal pasa a ser el canal El Loro, el cual esta revestido en mampostería, hasta llegar a una de las lagunas del condominio Hacienda Chicureo, desde donde vuelve a ser cauce natural.

Al llegar al cruce con la futura Av. El Valle, se presenta un punto actualmente en desarrollo, donde se están realizando obras de paso de ésta, a través de dicha calle, para continuar con su canalización.

Aguas abajo de este cruce se une al cauce las aguas lluvias generadas en el condominio Hacienda Chicureo, provenientes de las quebradas, Las Cabras, El Bolsón y Las Rosas. Posteriormente es posible detectar una alcantarilla de cruce de la quebrada El Loro, bajo el camino Alba 3, además de una obra de cruce bajo el canal Batuco. Sin embargo el cauce natural se ve continuamente borrado, por lo que el encauzamiento de esta agua, en esta zona no es tan efectivo. En el caso de la obra de cruce bajo el canal Batuco, al ser constantemente tapada, pasó a convertir a este punto en una entrega para dicho canal.

### **iv Las Rosas, El Bolsón y Las Cabras**

Estas quebradas, al igual que la quebrada El Loro y Piedras Blancas, nacen a partir del sistema formado por la Loma Guayacanes, el cerro Bolsón y el Monte La Cabra. Antiguamente descargaban sus aguas de forma separada a la quebrada El Loro. Sin embargo, debido a las urbanizaciones presentes en el sector esto se ha modificado.

El condominio Hacienda Chicureo es el que interfiere mayormente esta situación, ya que estas quebradas pasaron a conformar el sistema de drenaje de dicho condominio, junto al sistema de colectores existentes y las lagunas de retención, que cumplen más bien una función paisajística.

La quebrada Las Rosas conduce las aguas provenientes del sector noreste del condominio. En su recorrido presenta características de cauce natural, excepto en los puntos que debe pasar por debajo de calles y avenidas, donde se utilizan tuberías de hormigón. A lo largo de su recorrido fue habilitada dentro de su cauce la Laguna 3 del sistema de drenaje, para luego continuar con su cauce hasta unirse con la quebrada El Bolsón.

Por su parte, la quebrada El Bolsón, junto a la quebrada Las Cabras, conduce las aguas del sector sur del condominio. En el caso de El Bolsón, esta conduce sus aguas de forma paralela al sistema de alcantarillado de la zona. Finalmente ambos descargan a la quebrada Las Rosas.

Una vez que las quebradas Las Rosas y El Bolsón se encuentran, el cauce natural continúa en dirección poniente hasta la Laguna 2 del sistema de drenaje, para luego continuar en dirección sur poniente, hasta unirse al cauce de la quebrada Las Cabras.

La quebrada Las Cabras, por su parte, escurre en dirección norponiente, como un cauce natural, con dos obras de paso, correspondiente a tubos de hormigón, debido a las intersecciones con dos avenidas del condominio. Finalmente se encuentra con el cauce que une las quebradas Las Rosas y El Bolsón.

Una vez unidas las tres quebradas, el sistema presenta una tercera laguna, correspondiente a la Laguna 1 del sistema de drenaje. Posteriormente, continúa hasta la calle Chicureo, por donde pasa la futura Av. El Valle, donde se une al canal El Loro y finalmente descarga en el canal Batuco a la altura de calle Alba 3.

#### **v La Virgen**

La quebrada la Virgen nace en el sistema formado por el cerro Gordo y la loma Larga. Posee características de cauce natural, conduciendo sus aguas hacia el poniente por zonas parcialmente urbanizadas, hasta un pequeño embalse de riego.

El embalse es utilizado para regular las aguas aportadas por las cuencas, de tal forma de ayudar el riego de las zonas agrícolas del sector, que en la actualidad son mínimas.

A partir del embalse hacia aguas abajo, el cauce natural de la quebrada está completamente tapado, existiendo solo un canal de riego, por donde se canaliza parte de las aguas que desbordan del canal Batuco.

#### **vi Los Maitenes y La Región**

Las quebradas Los Maitenes y La Región forman parte de un sistema de drenaje natural, que además considera las quebradas Los Cardos, Los Cañones, La Negra, entre otras. Este sistema drena las aguas del sector sur-oriente de la cuenca del estero Los Patos, desde los cordones montañosos formados, por la Loma Gallardo, el monte Los Cardos, y la Loma de la Negra, principalmente. Utilizan sus cauces históricos, los

cuales confluyen unos con otros, hasta conformar dos principales cauces, Los Maitenes y La Región, los que luego de unirse, finalmente llegan hasta el canal Batuco. Estas quebradas son las vías principales de escurrimiento de la urbanización Chamisero. Se generan en la parte alta con características de cauce natural, para luego ser canalizadas una vez que entran en la zona correspondiente a la inmobiliaria Chamisero. En este sector, Los Maitenes se encuentra perfilada en tierra, hasta la junta con La Región, mientras que esta última se encuentra revestida en mampostería hasta alcanzar la laguna de retención.

Todo el sistema de evacuación de aguas lluvia del desarrollo inmobiliario Chamisero, descarga en ambas quebradas, las que se unen antes de descargar sus aguas en dicha laguna de retención. Esta laguna a su vez descarga las aguas a través de una zanja a un pequeño canal de riego que descarga finalmente en el canal Batuco. Cabe mencionar que esta laguna presenta una capacidad muy por debajo de la requerida para el caudal que genera la zona, ante precipitaciones considerables.

#### **vii ON-2 y ON-1**

Las quebradas ON-1 y ON-2 nacen en las altas cumbres del sector Las Canteras, específicamente a partir del cerro San Ignacio, y sus cumbres vecinas. Escurren en dirección sur-norte hasta intersectar con las nuevas obras de urbanización del sector. Antiguamente la quebrada ON-1 interceptaba con el canal Batuco, y la quebrada ON-2 escurría hasta llegar al brazo principal paralelo al Estero Los Patos, formado por la confluencia de las quebradas Los Maitenes y La Región. Actualmente esto se ha visto modificado por la presencia del condominio La Reserva el cual se encuentra entre dichas quebradas, utilizándolas, como parte del sistema de drenaje urbano de la zona.

El sistema general de drenaje del condominio, considera los cauces de las quebradas ON-1 y ON-2 y sus respectivos ramales, como colectores principales, por lo que son diseñados contra la erosión, incorporándolos al paisajismo del parque, de tal forma de disminuir las velocidades del escurrimientos, diseñándolos como cauces urbanos. Esto ocurre actualmente con la quebrada ON-2, que ha sido canalizada en mampostería de piedra a lo largo de unos 910 m.

Todo el sistema de aguas lluvia de La Reserva descarga a estas quebradas, las que encauzan hasta la zanja de infiltración que existe a un costado del acceso principal del condominio, separada por un pretil de unos tres metros de ancho del canal Batuco.

En precipitaciones fuertes, esta zanja se ha visto sobrepasada, derramando sus aguas al canal antes mencionado, provocando el desborde aguas arriba del canal, afectando a los vecinos de la calle Fermín Vergara.

#### **viii Canal El Carmen.**

El canal El Carmen corresponde a un canal de riego, que nace a partir del canal San Carlos en su llegada al río Mapocho. En este punto el caudal del canal San Carlos se distribuye, en un porcentaje de entrega al río Mapocho y un porcentaje para su continuación, a través del Canal El Carmen.

Este llega al valle de Chicureo después de 25 km de recorrido, bordeando los cerros del sector por el costado de la Ruta G-57, en dirección sur-norte. Al llegar al sector de Las Canteras, específicamente en el cerro Pan de Azúcar, se subdivide en dos canales, el

derivado Batuco y la continuación del canal El Carmen, que en este sector, se denomina, canal Colina.

Dentro de su breve recorrido por el valle de Chicureo, como canal Matriz, presenta un punto conflictivo, esto ya que debido a su condición de barrera receptora de la escorrentía proveniente desde los cerros, en episodios de lluvia se observan puntos de desborde. En el caso de la zona de estudio, existe un desborde puntual descrito por los lugareños. Este se produce a la altura de la calle Cañaverál, donde además se ubica la antigua canalización artificial, Canal Cañaverál.

#### **ix Canal Colina.**

El canal Colina corresponde a una de las ramas del canal El Carmen, el cual conduce aguas provenientes desde el río Maipo, cumpliendo su función de canal de riego.

En el primer tramo del canal, escurre de forma paralela y a una cota inferior del canal Batuco, mientras que el canal Colina actúa como receptor final de la escorrentía resultante desde los cerros que descarga inicialmente al Batuco.

Al llegar a la calle Alba 1, el canal Colina cambia su dirección hacia el norte, continuando de forma paralela a ésta, para luego marcar una dirección noroeste, hasta salir de la zona de estudio, finalmente descargar al Estero Colina.

El canal Colina actúa como bloque receptor de las aguas que escurren hacia su trazado, hasta cumplir con su capacidad máxima. Se podría considerar como aporte a éste, todas las quebradas y condominios superiores. No obstante, el canal tiene una capacidad de conducción muy baja en relación a los aportes de las quebradas. Además, ingresa al valle de Chicureo después de 25 km de recorrido en los cuales no dispone de obras de descarga. Por lo tanto ingresa lleno. En la práctica, por ser un canal de valle, rebasa todos los excedentes sin complicaciones estructurales.

#### **x Canal Batuco.**

El canal Batuco, al igual que el Canal Colina corresponde a los derivados del canal El Carmen.

El primer tramo del canal Batuco comienza en las faldas del cerro Pan de Azúcar, recorriendo de forma paralela al canal Colina. Luego continúa su trazado en dirección norte por un costado de la calle Alba 3. En este recorrido es interceptado en dos puntos por los aportes provenientes de las quebradas, Piedras Blancas y El Loro, además de las quebradas Las Rosas, El Bolsón y Las Cabras. Puntos que suele presentar problemas con las lluvias al aumentar el caudal que recibe, además del que conduce.

Al llegar a la Avenida Chicureo, cruza a través de una obra de paso, para seguir en dirección norte, sin antes captar parte del escurrimiento proveniente del canal El Manzano, que es conducido por la Avenida Chicureo, en caso de lluvias.

Posteriormente rodea el cerro La Pava para interceptar con la quebrada la Ñipa, donde pasa sobre ésta, a través de una obra de arte habilitada. Luego, continúa su curso hacia el noroeste cruzando la Calle Los Ingleses, por medio de un puente. Finalmente,

continúa en la misma dirección, hasta salir de la zona de estudio y descargar en el Estero Colina.

## **xi Estero Los Patos**

El Estero Los Patos, corresponde a una de las antiguas vías de drenaje del valle de Chicureo, junto a la Quebrada La Ñipa. Se formaba de la confluencia de las quebradas La Virgen y El Loro, desarrollándose en dirección sur poniente. Por el sur recibía el aporte de un cauce que conducía las aguas de las quebradas La Región y Los Maitenes. Finalmente, continuaba en dirección sur poniente, hasta descargar sus aguas al estero Las Cruces.

Actualmente, el estero Los Patos sólo existe entre el canal El Carmen y la ruta G-57, transformándose en un curso receptor de una serie de canales de riego, de derrames y flujo superficial distribuido.

Su capacidad hidráulica de conducción es muy baja, ya que cuenta con una baja pendiente y una sección pequeña, razón por la cual en esta zona se originan inundaciones, permaneciendo varios días después de tormentas importantes.

Cruza la Ruta G-57 a través del Puente Los Patos. Luego de esto el estero ya no existe como cauce natural, en vez existe una canalización que se desarrolla paralela a los deslindes de predios agrícolas.

Al llegar a la Ruta 5 Norte se divide en dos brazos, los que cruzan de forma separada a dicha ruta y luego se juntan en el antiguo canal Cañaverel, hasta llegar a su descarga en el Estero Las Cruces.

El estado actual que presenta el cauce del estero Los Patos es la causa por la cual el escurrimiento es lento, lo que ha permitido que gran parte de este cauce se haya sedimentado con el tiempo.

En la figura 2.3 se presenta su actual estado, en la llegada a la Ruta 5 Norte.



**FIGURA 2.3**  
**ESTERO LOS PATOS EN LLEGADA A RUTA 5 NORTE.**

### **2.1.1.2 Zona baja del valle de Chicureo.**

En este sector, gran parte de los cauces existentes corresponde a canales de riego, generados a partir de cauces de quebradas o de canales derivados. Estas cauces son presentados en la figura 2.5 “Vías de Escurrimiento Zona Baja”, del presente capítulo, los que además son descritos a continuación.

#### **i Canal La Montaña.**

Corresponde a un antiguo canal de derrames de riego del fundo la Montaña. Nace en la calle del mismo nombre a unos 500 metros aguas arriba del cruce con la Ruta 5 Norte. Se desarrolla desde su inicio por el costado norte de esta misma calle en dirección poniente. En el cruce con la línea ferroviaria el canal continúa en dirección sur poniente, para luego descargar sus agua en otro canal que continúa en dirección poniente, hasta descargar en el Estero Colina. Según informaciones de lugareños, la descarga ocurre a la altura del puente del camino Lo Echevers sobre el estero Colina.

#### **ii Canal de Riego 11**

Este canal se encuentra a 550 m al norte del puente Los Patos, a un costado del retén de Carabineros abandonado en la Ruta G-57. Se encamina en dirección oriente poniente por el deslinde norte del Loteo Los Libertadores, hasta entregar sus aguas al canal Algarrobal, el que finalmente descarga en el canal Coquimbo.

Parte de las aguas de la zona norte del valle de Chicureo evacuan por este canal, a través de una alcantarilla en la Ruta 57. su capacidad es aproximadamente 6 m<sup>3</sup>/s.

#### **iii Canal Algarrobal<sup>1</sup>**

Este canal conduce las aguas de los condominios de la zona norte de la cuenca. En su primer tramo se dirige en dirección poniente, para luego doblar hacia el sur y descargar en el canal Coquimbo. Su capacidad de porteo es cercana a los 19 m<sup>3</sup>/s.

#### **iv Canal Coquimbo**

El canal Coquimbo es un canal de riego, utilizado por los predios de la zona. Presenta una capacidad máxima de 5.5 m<sup>3</sup>/s, y su recorrido principal, es en forma paralela a la calle Coquimbo.

En períodos de precipitaciones intensas presenta desbordes, ya que debe conducir caudales por sobre los valores de su capacidad máxima. Recibe aportes de los canales Riego 1 y el Algarrobal, siendo este tramo una zona conflictiva y de eventuales inundaciones, en períodos de gran precipitación. Finalmente descarga sus aguas al estero Los Patos.

#### **v Canal Cañaverl**

El canal Cañaverl corresponde a un antiguo canal de riego que en la actualidad conduce las aguas generadas por los desbordes del canal El Carmen en períodos con intensas precipitaciones, además de las aguas provenientes de la calle Caupolicán.

---

<sup>1</sup> No se tiene antecedente del nombre de este canal. En este estudio se le asignó un nombre

Su recorrido comienza aproximadamente 1 kilómetro aguas arriba de la Ruta 5 Norte, en dirección sur poniente. Cruza la ruta 5 y sigue hacia el poniente hasta descargar al Estero Los Patos.

#### **vi Zanjas paralelas a la Ruta 5**

Las zanjas ubicadas al oriente y poniente de la Ruta 5, captan las aguas tanto de la carretera como de los sitios industriales ubicados al oriente de ella. Se encuentran interconectadas con varias alcantarillas ubicadas bajo la autopista, sin embargo, una de ellas no tiene desagüe hacia el poniente, lo que produce la inundación del sector. Estas zanjas presentan diversos cambios de dirección y seccionamientos de cauce, los que se describen a continuación:

- Frente a la empresa Storbox, se encuentra el primer atravieso. Con un canal que se dirige al sur y otro que ingresa hacia la propiedad de Storbox.
- Frente a calle Los Fresnos. Este sector no tiene un desagüe hacia el poniente y recibe las aguas del canal que viene de Storbox y de una alcantarilla que viene del oriente de la Ruta 5.
- Frente al proyecto Panamericana Center. Existe un canal que recibe las aguas del oriente de la Ruta 5.
- Canal que se encuentra 262 m al norte del canal La Montaña. Recibe las aguas desde el oriente de la R 5 y aporta luego al canal La Montaña
- Canal La Montaña. Capta las aguas desde el oriente de la autopista y va recogiendo todos los aportes del sector de Valle Grande, tanto industrial como habitacional.
- Estero Los Patos. Este sector es el cruce del estero en la Ruta 5. Las aguas corren de norte a sur por ambos lados.
- Cruce canal Cañaveral. En este sector, las aguas que conduce el canal Cañaveral aportan al actual cauce del estero Los Patos.

#### **2.1.2 Avenidas y Calles.**

En general, las calles o avenidas funcionan como vías de escurrimiento para las aguas lluvias, hayan o no sido diseñadas para dicha función.

De forma ideal debiera existir una planificación, donde éstas funcionen como vías de escurrimiento de forma conjunta y complementaria a los colectores. Dicho concepto carece de aplicación, tanto en el caso particular del valle de Chicureo, como en la gran mayoría de las urbanizaciones de la Región Metropolitana. Aun así, las calles que forman parte de este valle, funcionan como vías de escurrimiento, las que en muchas ocasiones, debido a esta carencia se ven sobrepasadas, impidiendo su funcionamiento como vía vehicular, propiamente tal.

Para este caso, en la llamada zona baja no se hacen descripciones de calles como vías de escurrimiento, ya que son de carácter despreciable, debido a que el mayor porcentaje de conducción se realiza a través de los canales de la zona.

Cada una de estas vías de escurrimiento han sido recorridas, observadas y analizadas y descritas, al igual que en el caso de los cauces existentes, en los siguientes puntos.

**i Avenida Chicureo**

Esta avenida es una vía principal de escurrimiento, ya que recibe los aportes de la quebrada El Manzano, y de otras vías de escurrimiento, como son las calles Los Algarrobos y Los Ingleses. Sus principales zonas de inundación corresponde a las intersecciones de dichas calles.

La avenida Chicureo, posee un ancho de 7.4 metros y con pequeñas zanjas en sus costados, presenta una pendiente media, la que desciende en dirección oriente-poniente. En períodos de intensas lluvias escurre gran cantidad de caudal, recibiendo incluso aportes de extensión de canales sin cauces, como es el caso del canal El Manzano.

**ii Camino Guay Guay**

Esta vía de escurrimiento recoge las aguas del sector ubicado entre la quebrada La Ñipa y El Manzano, correspondientes a la escorrentía producida en los condominios Los Italianos y Alto Chicureo, además de las aguas del colegio San Anselmo. Estos caudales continúan su conducción por la calle Chicureo, la que intercepta con la Avenida del mismo nombre, entregando las aguas a esta última.

El ancho de esta calle es equivalente al de la Avenida Chicureo, es decir de 7.4 metros de ancho. No cuenta con zanjas en su diseño. Su geometría es más bien plana y un poco enalzada en relación a las cotas de terreno. Presenta una pendiente pronunciada, en descenso de oriente a poniente.

**iii Calle Chicureo.**

Corresponde a la vía de escurrimiento que traslada las aguas provenientes desde la calle Guay Guay, y parte de la escorrentía generada desde la cuenca de la quebrada La Ñipa, para luego unirse a la entrega del canal El Manzano, frente al condominio Los Polos de Manquehue II. Intersecta con la Avenida Chicureo, a la cual entrega las aguas que conduce en caso de precipitaciones.

Cuenta con un ancho de 6.7 metros , además de zanjas en sus costados las que reciben parte de la escorrentía conducida por esta vía.

**iv Calle Los Algarrobos**

Por esta calle escurre parte de las aguas provenientes de la zona norte de la cuenca y las generadas por los condominios Chicureo III y Los Algarrobos. Esta escorrentía finalmente se divide entre la quebrada La Ñipa y Avenida Chicureo.

Posee una base de 6.7 metros, una pendiente extensa y parcialmente pronunciada, en dirección norte –sur. Finalmente intercepta con la Av. Chicureo.

**v Calle Los Ingleses**

Esta vía de escurrimiento recoge las aguas de parte de la zona norte de la cuenca, además de la escorrentía producida en los condominios Las Campiñas y Los Castaños. Por otra parte, recibe los caudales de la quebrada La Ñipa, ya que esta última ve interferido su cauce, sin continuación desde este punto, hacia el poniente. Finalmente, Los Ingleses descarga a la Avenida Chicureo. Posee una base de 6.7 metros, y una pendiente similar a la de la calle Los Algarrobos, de norte a sur. A lo largo de su recorrido ocurren inundaciones debido al gran aporte que tiene desde la cuenca norte.

**vi Calle Alba 1**

Une las calles Fermín Vergara con Avenida Chicureo. Por ella cruza el Estero Los Patos, además de escurrir de forma paralela el Canal Colina en su primera parte desde Fermín Vergara.

Es un camino de tierra de ancho de 5 metros, con zanjas en sus costados, para conducir aguas producto del drenaje.

**vii Calle Alba 2**

Es paralela a la calle Alba 1, pero no conduce las aguas hacia la avenida Chicureo, debido a su pendiente. La cruza el estero Los Patos, generando zonas conflictivas de eventuales inundaciones. Al igual que la calle Alba 1, es de tierra por lo que su escorrentía eventual se infiltra a través de ésta.

Corresponde a un camino de tierra de ancho de 5 metros, con zanjas en sus costados, para conducir aguas producto del drenaje.

**viii Calle Alba 3**

Paralela a estas dos últimas calles y al canal Batuco. Este último recibe su primer aporte desde las quebradas superiores en esta calle, generando un punto conflictivo y de eventual inundación.

Al igual que las calle Alba 1 y 2, es un camino de tierra en la mayor parte de su trayecto, con un ancho de 5 metros.

**ix Ruta G-57**

Esta Ruta es una barrera artificial para toda el agua proveniente de la cuenca alta del estero Los Patos. Tiene dos salidas hacia la parte baja, correspondientes al puente Los Patos y la alcantarilla a la altura del retén de carabineros abandonado, la primera correspondiente a un cruce y la segunda a un drenaje necesario para evacuar el agua generada en la zona Alta.

Esta ruta no se considera como vía de escurrimiento propiamente tal, ya que son sus zanjas las que conducen las aguas provenientes desde la parte alta. Pero se menciona y describe, dada la importante influencia que tiene en el estudio.

Finalmente, se presenta en las figuras 2.4 y 2.5 esquemas de estos, separados en zonas.

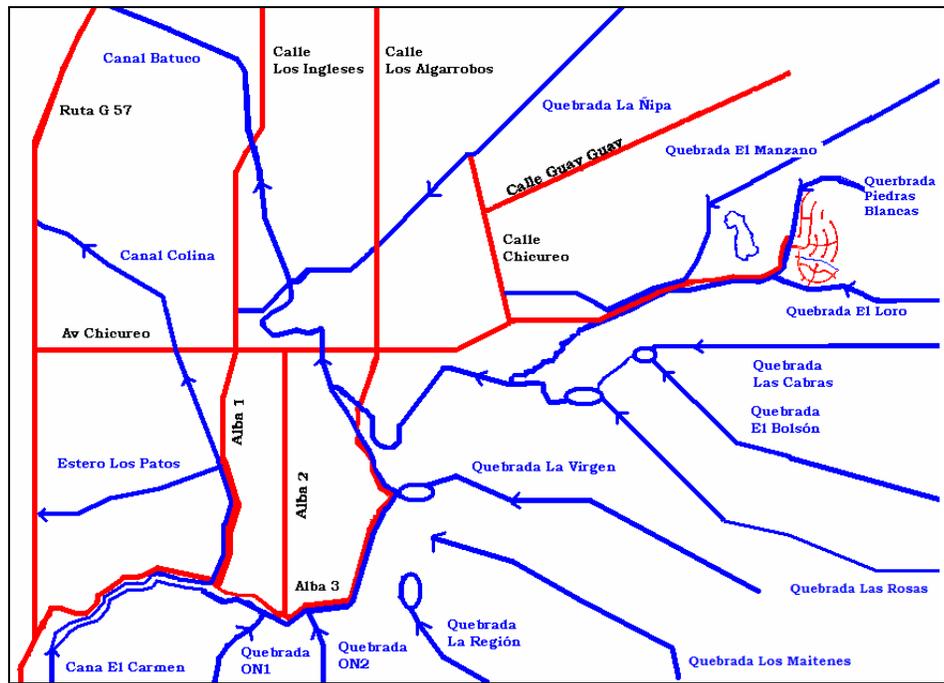


FIGURA 2.4  
VÍAS DE ESCURRIMIENTO EN ZONA ALTA

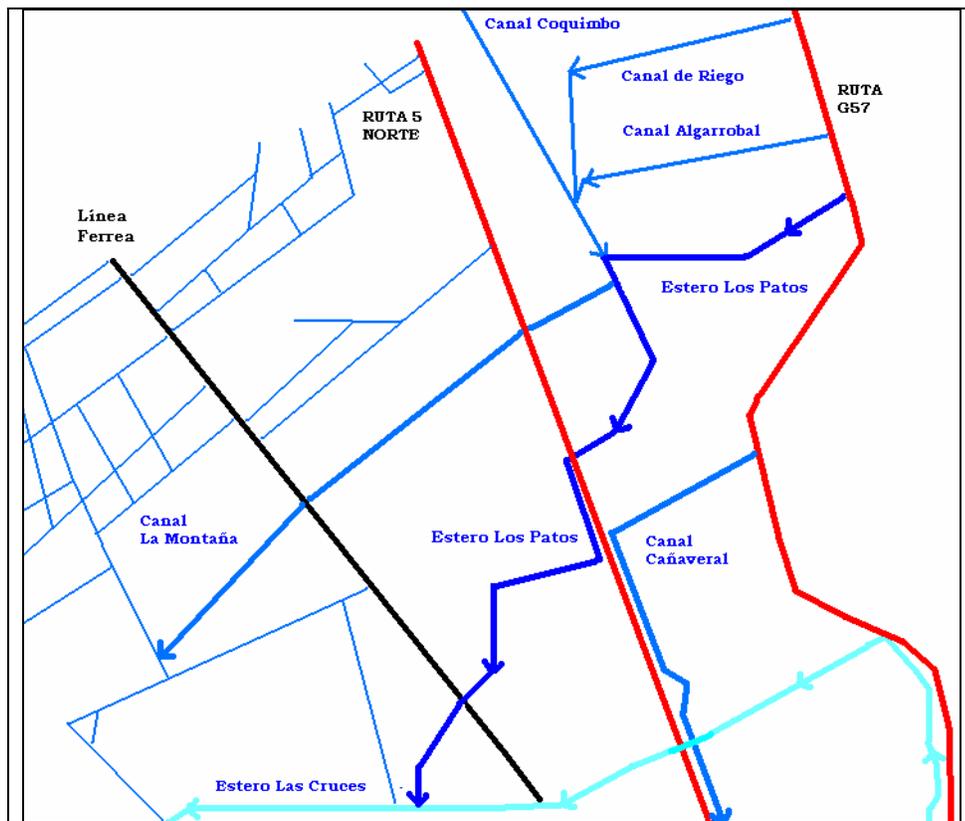


FIGURA 2.5  
VÍAS DE ESCURRIMIENTO EN ZONA BAJA

## 2.2 Catastro y Capacidad Hidráulica del Sistema de Drenaje.

Como parte del proceso de caracterización física de la red de drenaje es necesario catastrar la red de colectores existentes en el valle. Para ello se subdividió el sistema de drenaje, en sumideros, cámaras y colectores. Estos últimos fueron especificados por sector.

Cabe mencionar que el registro de los valores obtenidos en dicho catastro se adjuntan en el Anexo B, del presente informe.

### 2.2.1 Catastro de Sumideros.

Los sumideros son dispositivos especiales, que tienen como objeto captar las aguas lluvias que escurren por cunetas, para conducirlos a colectores o tuberías subterráneas. Pueden ser clasificados según su forma y ubicación:  
Según forma se tiene:

Sumideros de Solera  
Sumidero de Rejilla  
Sumidero Combinado  
Sumidero Múltiple.

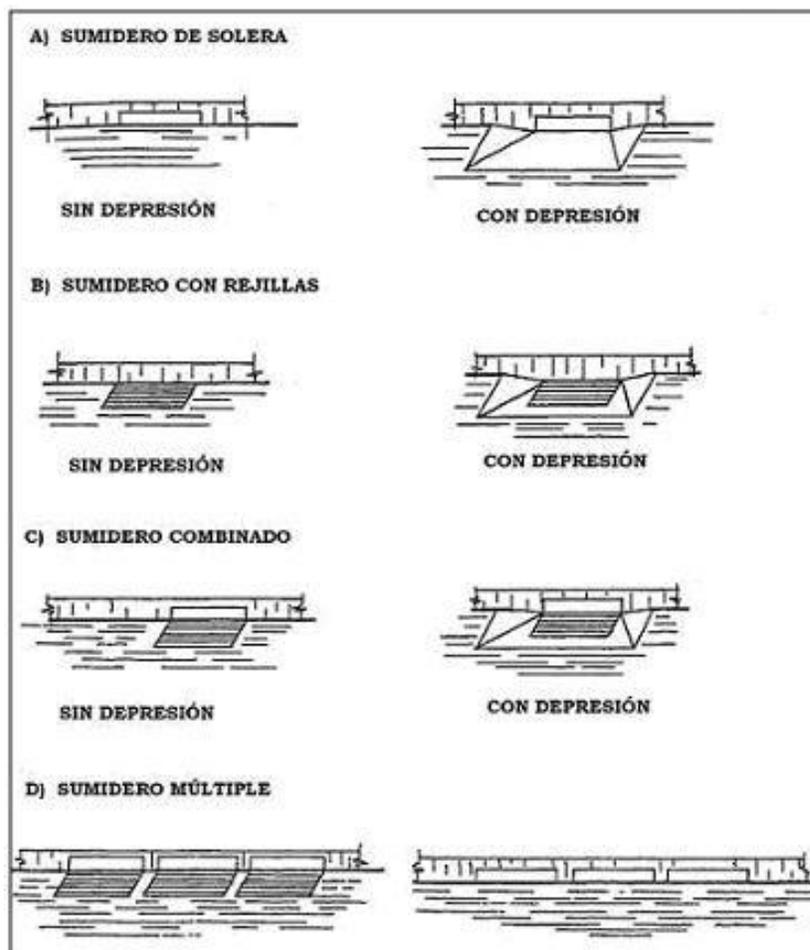


FIGURA 2.6  
TIPOS DE SUMIDERO, SEGÚN FORMA.

También es posible subdividirlos, según su ubicación:

- Sumideros situados en puntos intermedios de las cunetas
- Sumideros situados en puntos bajos de las cunetas

Para el primer caso, estos se ubican en trechos continuos y de pendiente constante, para la cuneta. La entrada de aguas lluvias es por una de las extremidades del sumidero. Para el segundo caso, el sumidero se ubica en puntos bajos de las cunetas, es decir en cambios de pendiente de la vía, de negativa a positiva, o junto a la curvatura de las soleras. También es posible encontrarlos en cruce de vías, y la entrada de aguas lluvias ocurre por los dos extremos del sumidero.

Los sumideros catastrados en el área de estudio, corresponden a sumideros con rejilla, sin depresión. Su determinación, permitió definir características de las obras aledañas, como el tipo de colector, canal o cámara al que descargan, sus dimensiones, estado de conservación y funcionamiento. Esto se detalla, posteriormente en el Anexo B.

En este caso no se determinaron cotas, pero si se hizo un esquema general representativo de un sumidero general del Valle.

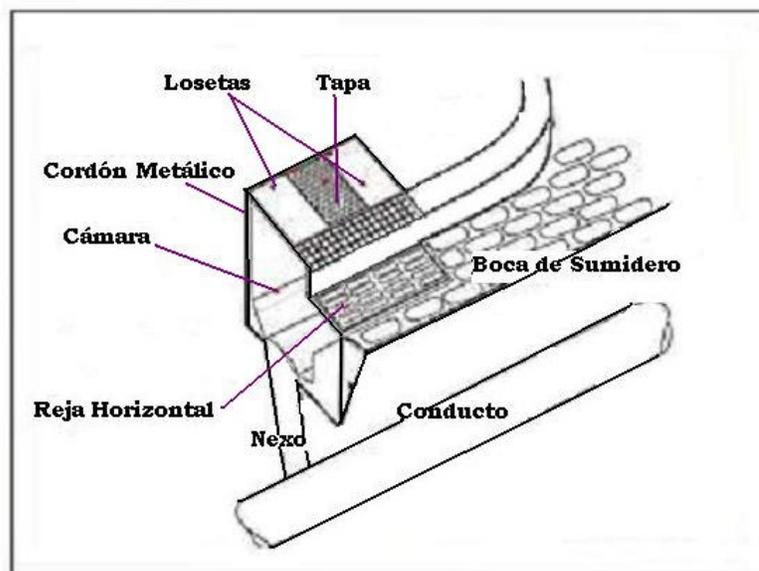


FIGURA 2.7  
SUMIDERO TIPO DEL VALLE DE CHICUREO.

Estos sumideros se presentan en los siguientes condominios:

- Hacienda Chicureo
- El Bosque.
- Las Bandadas
- La Reserva
- Valle Norte

Dicha información se despliega en el Anexo B.

## **2.2.2 Catastro de Cámaras.**

El proceso de catastro de cámaras comienza por la ubicación del sistema de cámaras y sumideros mediante planos existentes y proporcionados por las inmobiliarias pertenecientes al sector, mencionadas en el punto anterior. Una vez identificada la zona con sistema de drenaje, y la cámara puntual, se realiza la siguiente metodología:

- Se dispone en el lugar los elementos como, conos, barreras de seguridad y advertencias para peatones y vehículos.
- Se abre la cámara a medir y las dos, o más, inmediatamente adyacentes para verificar su conectividad, y procurar su ventilación mientras se registra la información.
- Para la apertura de las cámaras se usan chuzos. En caso que las tapas estén apretadas se usan además combos y cinceles.
- Luego de la apertura de las cámaras, se marcan con un número de identificación, en la parte exterior de la tapa, de un color que destaque al paisaje natural.
- Se realiza un esquema de ubicación de cámaras, indicando calles y puntos de referencia.
- Se señalan los colectores que entran y salen con su correspondiente longitud hacia la cámara de aguas arriba y su relación con las calles, así como la indicación, tipo y estado de los sumideros y su conectividad.
- Se indica el tipo de cámara o el esquema simple de ésta.
- En la cámara se registra la altura con respecto al punto de referencia en el anillo, de tal forma de determinar la cota del punto de referencia que se ubica dentro de la cámara, respecto del cual se determinan todos los demás puntos de medida de la cámara.
- Una vez dentro de la cámara, el técnico realiza esquema del radier señalando las entradas, salidas, conexiones y la ubicación de los escalines y del punto de referencia del anillo. Se indica, también, con un símbolo especial si existe una caída exterior.
- En el espacio fuera del círculo que representa la cámara se indica, para cada colector, el diámetro en milímetros y el tipo de material (utilizando las iniciales convencionales).
- En este mismo punto se registra la altura del radier de las entradas y salidas de cada colector (incluyendo caídas exteriores), con respecto al punto o nivel de referencia definido en el interior de la cámara.
- Se registró el estado de conservación y mantención de las cámaras, además del nombre y firma del inspector de la cámara.

Cada cámara de inspección catastrada se representa mediante una ficha que incluye la totalidad de las características físicas y condiciones actuales de estado de conservación y operación. Incluyendo, cuando corresponde, las conexiones de aguas lluvias. Lo siguiente se adjunta en el Anexo B del presente informe.

### 2.2.3 Catastro de Colectores.

Para completar el sistema de drenaje de las redes de aguas lluvias existentes, en los condominios mencionados, se tienen los colectores que captan y conducen las aguas lluvias para luego descargar en canales o quebradas cercanas. Para cada condominio es variable el número de colectores según la población habitante presupuestada, y su punto de descarga según su ubicación. A continuación se caracteriza cada situación por condominio.

#### i Hacienda Chicureo.

El condominio Hacienda Chicureo posee un sistema diferente al de la mayoría de los condominios del sector, esto ya que junto a las edificaciones se encuentran extensas áreas verdes, correspondientes a canchas de golf, además de lagunas de retención, lo que hace especial el escurrimiento de las aguas en la zona, y con ello la escorrentía.

Dentro de este sector, cruzan dos quebradas importantes, las que han tratado de ser mantenidas, de acuerdo a su situación previa al desarrollo inmobiliario, además de utilizarlas como vías de evacuación de forma conjunta a los colectores habilitados. Las quebradas presentes son:

- Quebrada Las Cabras
- Quebrada El Bolsón
- Quebrada Las Rosas

Cada una de estas recibe la descarga de aguas lluvias de los colectores del condominio. Además el sistema cuenta con tres lagunas con un fin recreacional, inmersas en el escurrimiento de dichas quebradas. A continuación, se presenta un esquema del sistema de drenaje del condominio.

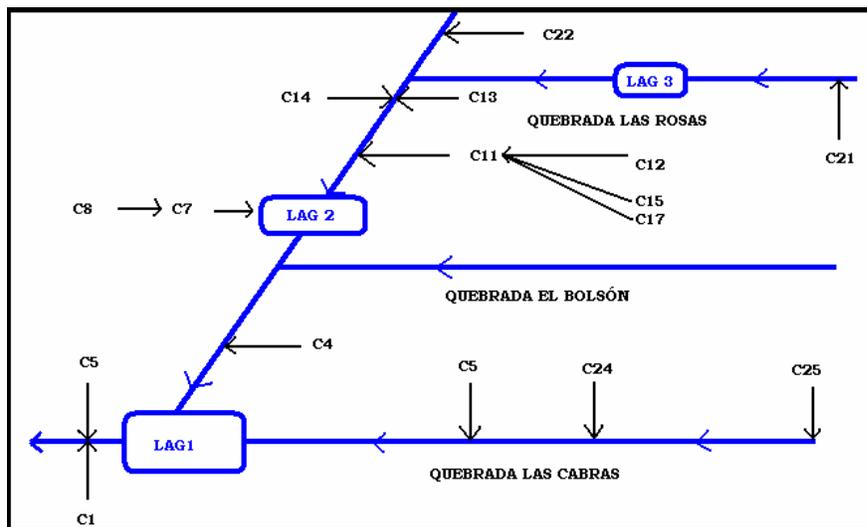


FIGURA 2.8

SISTEMA DE DRENAGE DE AGUAS LLUVIAS EN CONDOMINIO HACIENDA CHICUREO

Como se observa se cuenta con un sistema de colectores amplios, con el objeto de descargar las aguas a las quebradas que cruzan el condominio. Según esto todas las aguas encausan en la quebrada Las Cabras la que finalmente llega hasta la conocida quebrada El Loro. Dentro de este sistema, se cuenta con dos colectores principales, el Colector 1 y Colector 2, los que igualmente descargan en el cauce de la Quebrada Las Cabras.

## ii El Bosque.

El condominio El Bosque presenta un sistema de colectores que funciona de forma conjunta con tres quebradas que pasan por el sector. Dos de éstas, rodean el condominio, definiendo en gran parte sus límites, estas son la quebrada Piedras Blancas, por el lado norte, y la quebrada El Loro por el lado sur. Ambas se reúnen justo a la entrada del condominio, generando hacia aguas abajo el canal El Loro. En la figura 2.4 se aprecia el sistema de forma esquemática.

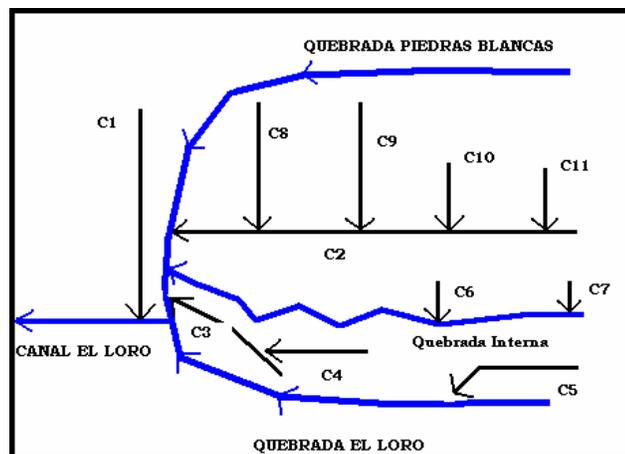


FIGURA 2.9

SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS EN CONDOMINIO EL BOSQUE.

El sistema cuenta con once colectores, de los cuales dos principales descargan a la quebrada Piedras Blancas, los que a su vez reciben la descarga de colectores tributarios. Por su parte la quebrada interna, que pasa por el condominio, recibe la descarga de dos colectores, mientras que la quebrada El Loro recibe la descarga de un colector. Finalmente el canal El Loro, recepciona la descarga de un colector, proveniente desde la calle Camino Chicureo.

## iii Las Bandadas

El condominio Las Bandadas presenta un sistema de siete colectores, de los cuales uno, proviene desde la calle Pie Andino. Todos descargan finalmente sus aguas al canal El Manzano, evacuando por un único colector, principal, al cual llegan las aguas conducidas por los demás colectores. A continuación se presenta una figura esquemática del sistema de drenaje del condominio.

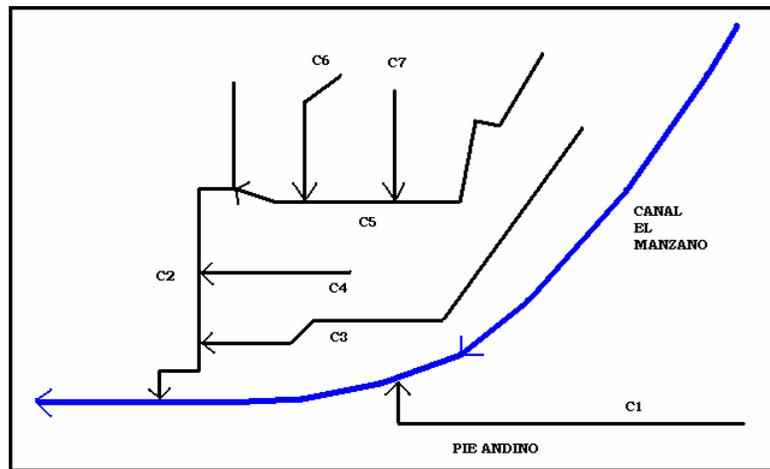


FIGURA 2.10

SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS EN CONDOMINIO LAS BANDADAS

**iv La Reserva.**

El condominio La Reserva, cuenta con un sistema de drenaje en desarrollo.

Dentro del terreno del desarrollo inmobiliario, se tienen dos quebradas, ON1, ON2. En este momento el desarrollo inmobiliario se encuentra en la quebrada ON2, por lo que el mayor porcentaje de colectores del condominio descarga a esta quebrada. Por su parte, existe un único colector que descarga al canal Batuco, que se asume que en faenas posteriores encausará en el canal colector proyectado para esta inmobiliarias, el que finalmente descargará en el futuro canal El Valle. A continuación, se presenta el esquema del sistema de drenaje actualmente en funcionamiento.

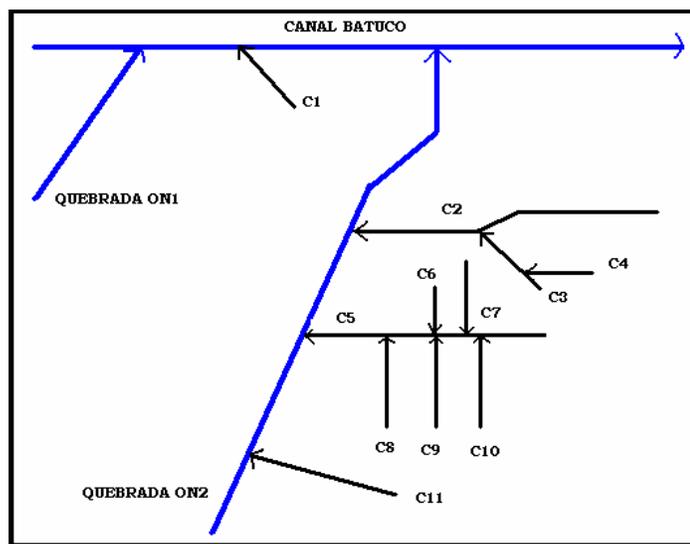


FIGURA 2.11

SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS EN CONDOMINIO LA RESERVA

**v Valle Norte.**

El condominio Valle Norte, al igual que el condominio La Reserva, se encuentra en proceso de expansión, pero en lo que respecta a las primeras etapas, éste se encuentra con su sistema de drenaje desarrollado.

Su actual desarrollo se encuentra entre dos quebradas importantes dentro del valle, las quebradas Los Maitenes por el norte, y La Región, por el sur. De un total de 19 colectores, 15 descargan a la quebrada La Región y sólo 2 a la quebrada Los Maitenes. A continuación, se presenta el esquema que muestra el sistema de drenaje.

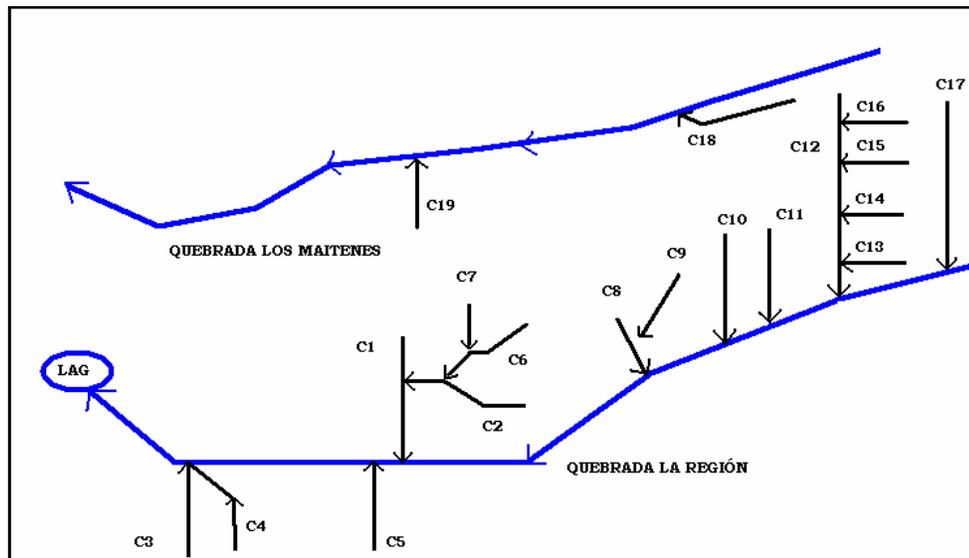


FIGURA 2.12

SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS EN CONDOMINIO VALLE NORTE.

Finalmente, cabe destacar que la quebrada La Región, que en estos puntos más bien es un canal revestido, finaliza con un estanque de retención, que se puede apreciar en el esquema.

### 2.3 Antecedentes sobre zonas de inundación.

Considerando la información recopilada, además de las visitas a terreno y consultas a pobladores, ha sido posible puntualizar los sectores denominados zonas inundables. Dentro de estos en su mayoría se encuentran áreas cercanas a las quebradas que cruzan el valle de Chicureo, como: La Ñipa, El Manzano, Piedras Blancas, El Loro, Los Maitenes, La Virgen y La Región, todas debido al corte de sus trazados y la irrupción por parte del propio crecimiento urbano.

Los puntos que visualmente fueron considerados como críticos en relación a sus eventuales inundaciones se analizarán separando, nuevamente, en zona alta y baja.

#### 2.3.1 Zona alta del valle de Chicureo.

En la zona alta del valle se encuentra la mayor cantidad de sectores de inundación, esto ya que son las quebradas que bajan desde las zonas altas las que conducen mayor cantidad de caudal, curso que se ve frenado por los cortes en sus recorridos. A continuación se observan las zonas identificadas.

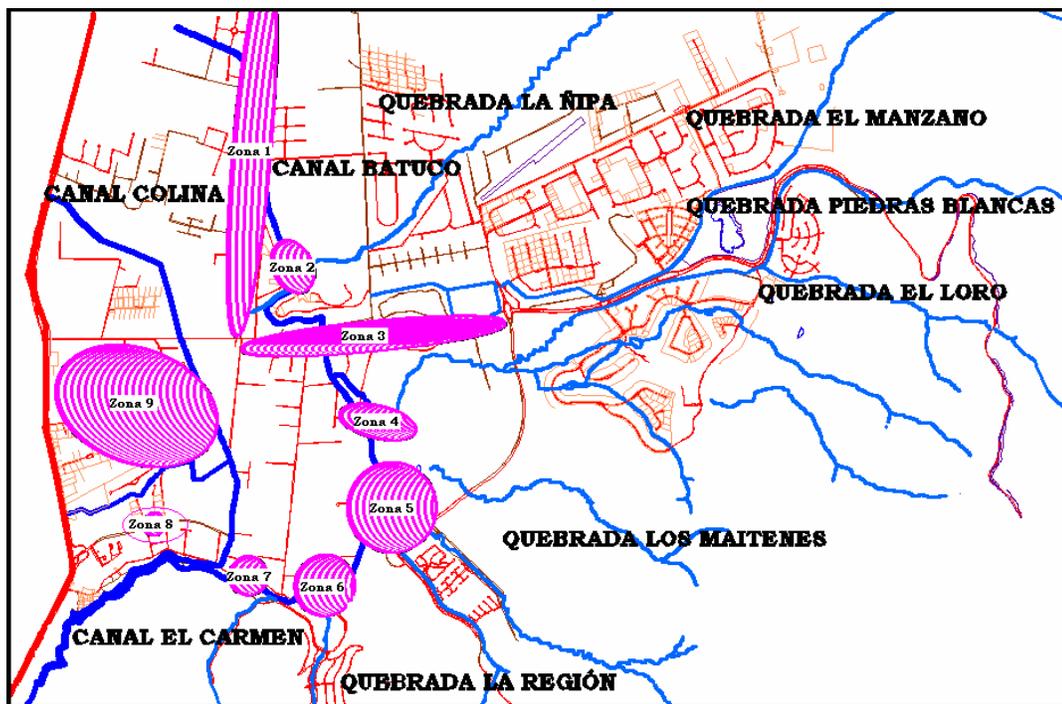


FIGURA 2.13  
ZONAS DE INUNDACIÓN EN ZONA ALTA, SEGÚN TERRENOS.

Se identificaron 9 zonas, todas asociadas a una quebrada o canal de riego.

La **zona de inundación 1** corresponde a la excepción a la regla, ya que según lo observado en terreno y lo investigado con lugareños, el aporte proviene de una cuenca superior. Esta fue buscada en terreno y posteriormente, mediante una carta IGM. Con lo que se encontró una cuenca aportante desde la comuna de Colina. La cuenca limita por el poniente con la calle Los Ingleses, y por el oriente, con un cordón montañoso, formado en parte por el cerro Serrano, y el cerro Los Cóndores, lo que genera una cuenca de área de más de 1500 ha. Esto corresponde al 28% del total del área de la zona alta. Con esto se puede deducir que su aporte es considerable, y sólo cuenta con la calle Los Ingleses para conducir hasta llegar a la avenida Chicureo, sin antes toparse con el canal Batuco, que pasa por debajo de la calle los ingleses. Por lo tanto es una zona con bastante inundación a considerar.

Es importante mencionar que dentro de esta zona se encuentra el límite de la quebrada La Ñipa, al llegar a la calle Los Ingleses. Esta inundación se genera, principalmente debido a que las urbanizaciones del sector poniente del camino borraron completamente el cauce de la quebrada.

La **zona de inundación 2** corresponde al cruce de la quebrada La Ñipa, por debajo del canal Batuco. En este punto la sección disponible bajo el canal se encuentra embancada, por lo que su capacidad es muy inferior, resultando insuficiente para dejar pasar el caudal de crecida de la quebrada, generando una inundación notable.

La **zona de inundación 3** corresponde a la Avenida Chicureo, la cual durante las precipitaciones, se convierte en un cauce de aguas lluvias. Esto, ya que recibe las aguas provenientes de las calles Los Ingleses y Los Algarrobos, además de recibir del canal El Manzano.

El aporte desde la Calle Los Ingleses corresponde a la zona de inundación 2, por su parte el aporte de la calle Los Algarrobos se produce por el corte de uno de los brazos del canal El Manzano. Además dentro del desarrollo de la Avenida recibe un aporte puntual desde la parcela de la Familia Cox, el cual conduce aguas provenientes de la quebrada El Manzano.

La **zona de inundación 4** se genera debido al paso de la quebrada El Loro, que en este punto conduce las aguas de la quebrada Piedras Blancas, más las aguas de las quebradas que pasan por el condominio La Hacienda de Chicureo (Quebradas Las Cabras, Las Rosas y El Bolsón).

Es posible detectar una alcantarilla de cruce de la quebrada bajo el canal Batuco, y también bajo la calle Alba 3, aguas arriba, sin embargo, en ambos puntos se presentan problemas de inundación, debido a que la urbanización construida al poniente del camino Alba 3 borró completamente el cauce natural de la quebrada en este tramo. Incluso según datos proporcionados por el estudio PM-01 (Plan Maestro de Aguas Lluvias) se realizó un movimiento de tierra de modo de tapan el cruce de la quebrada bajo el canal Batuco.

La **zona de inundación 5** se genera nuevamente por la discontinuidad del cauce de dos quebradas, Los Maitenes, y La Región. Ambas llegan hasta la entrada del condominio Valle Norte, el que cuenta con una laguna de recepción de las aguas para la quebrada La Región. Se pudo observar en terreno, esta laguna con su capacidad al máximo en episodios de precipitaciones bajas, por lo que se deduce que para episodios intensos esta no dará abasto, generando una zona de inundación.

La **zona de inundación 6** corresponde al punto de encuentro, entre la quebrada ON2, en el condominio La Reserva, con una zanja de infiltración, paralela y colindante con el Canal Batuco. En este punto se genera dicha inundación debido al corte de la quebrada ON2, por lo que en episodios de precipitación intensa, descarga las aguas lluvias conducidas desde la parte alta, a la zanja de infiltración la que se ve sobrepasada, derramando sus aguas al canal Batuco, el cual por sus características de canal de Riego conduce con capacidad máxima, generando, a su vez, un rebase de este, y con ello la inundación de la zona. Se sabe, que esto será eventualmente solucionado, ya que se proyecta un canal colector que conducirá las aguas de esta quebrada de forma directa al estero Los Patos.

La **zona de inundación 7** es generada por el rebase de los canales de riego Colina y Batuco. Ambos reciben la escorrentía proveniente desde los cerros del valle, por lo que en condiciones de precipitación intensas se ven superados en capacidad. El rebase ocurre puntualmente sobre una cancha deportiva, según lo descrito por los lugareños. Es posible que la capacidad de estos canales se vea superado, también, por el aporte de las quebradas ON1 y ON2 en la reserva.

La **zona de inundación 8** se produce en un sector del condominio Inmaculada Concepción. Según lo descrito por los habitantes de éste, se produce por la descarga de los canales de riego, la que, luego de escurrir, se estanca en estos puntos. Esto se genera por las mismas causas que la zona de inundación 7, de hecho esta última puede generar un aporte a la zona de inundación 8.

La **zona de inundación 9** corresponde a una zona amplia en el valle. En terreno no ha sido posible observar la magnitud que alcanza ésta, pero según un habitante de

esta zona, las dimensiones de inundación son críticas. Esto debido que gran parte del caudal que escurre por el valle encauza en esta zona, sin poder continuar su curso, debido al bloqueo generado por la ruta G 57, a pesar de la existencia de los puntos de evacuación. La razón es que éste sólo permite el paso de cierto caudal, y no respeta la ubicación original de los cauces que cruzaban por este sector. Por todo esto, el lugar se convierte en una Laguna, para precipitaciones de intensidad mayor.

### 2.3.2 Zona baja del valle de Chicureo.

Una vez realizados diversos recorridos y entrevistas con los lugareños de la zona baja del valle se resumieron en dos zonas, las principales inundaciones del sector. Esto ante eventos de lluvias extensas que causan una escorrentía considerable a través de la calle, y un aumento de caudal en las quebradas y canales de riego del sector.

Las zonas identificadas se pueden observar en la figura siguiente.

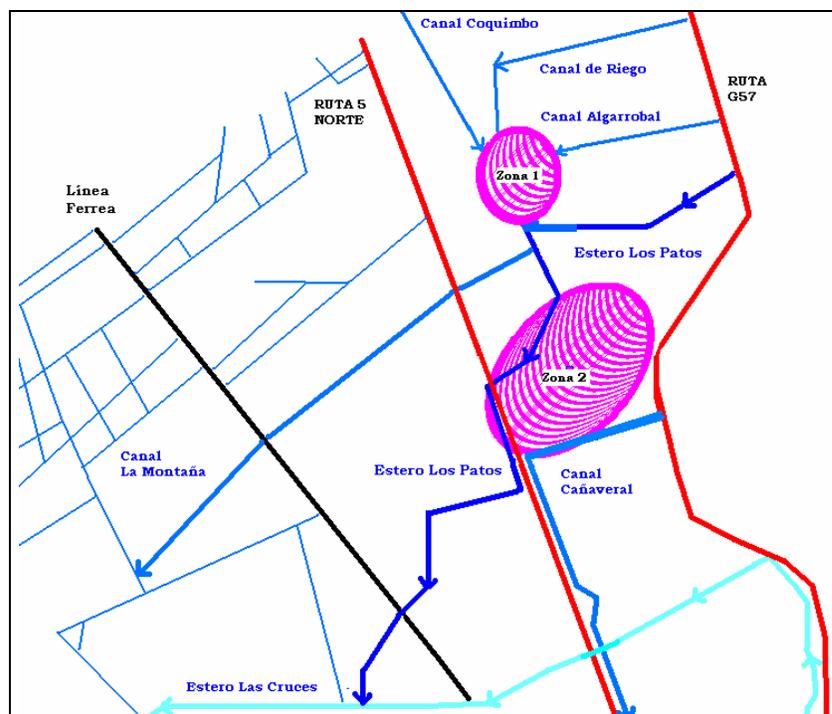


FIGURA 2.14  
ZONAS DE INUNDACIÓN EN ZONA BAJA, SEGÚN TERRENOS.

Como se observa ambas zonas de inundación ocurren cerca de el estero Los Patos, pero las aguas que encauzan en estos sectores provienen de diferentes fuentes.

La **zona de inundación 1** se encuentra en el lugar de unión de tres canales de riego, el canal de Riego 1, canal Algarrobal, y canal Coquimbo, este último en los siguientes metros descarga sus aguas en el estero Los Patos. Según lo descrito por los vecinos, en períodos de lluvias el canal Coquimbo aparece con un gran caudal lo que genera un punto de inundación al descargar en el estero Los Patos, debido a que el estero no tiene la capacidad suficiente para recepcionar este caudal. Es posible que esta agua provengan de la continuación de la escorrentía de la quebrada La Ñipa, o de un brazo de ésta, ya que inicialmente esta quebrada continuaba su cauce, hasta descargar directamente con el Estero Las Cruces, pasando por zonas cercanas a este sector.

La **zona de inundación 2** se encuentra en lo que geológicamente se conoce como vega, o en otras palabras una gran napa subterránea. Este sitio, se encuentra entre las rutas, G 57 y 5 Norte, y aún no es utilizada como terreno de edificación. Según los empleados de las industrias colindantes a este sector, el sitio se convierte en una verdadera laguna una vez que comienza a llover, por dos causas, la primera es debido a su condición de vega, por lo que con precipitaciones no muy considerables, el suelo se satura y por otra parte recibe los aportes de una salida del canal de riego El Carmen, el cual pasa por el sector. Esta observación fue investigada posteriormente y se descubrió que son salidas que los mismos lugareños le provocan a dicho canal para disminuir su caudal, generando un aporte por la calle Cañaverál, y al sector mencionado. Aun así, las aguas que descargan finalmente al canal Cañaverál, continúan en dirección sur para descargar de forma independiente al Estero las Cruces.



FIGURA 2.15  
CALLE LOS INGLESES, DESCARGA QUEBRADA LA ÑIPA



FIGURA 2.16  
INUNDACIÓN EN CALLE COQUIMBO, PARTE BAJA VALLE CHICUREO

## **CAPÍTULO 3**

### **INFORMACIÓN HIDROLÓGICA**

Una vez analizado y observado el sistema de evacuación del valle de Chicureo, es posible comenzar a generar un modelo de simulación que represente la red de drenaje. Sin embargo, para obtener resultados cuantitativos de éste, como zonas y volúmenes de inundación, caudales conducidos y de llegada, entre otros, es necesario ingresar información pluviométrica de la zona. Puntualmente el modelo requiere datos de lluvias de diseño, que permitan simular un período donde las precipitaciones alcancen un peak. De esta forma la red de drenaje se verá sometida a una lluvia que permita observar el funcionamiento de ésta ante episodios de intensidad considerable, para diferentes períodos de retorno.

#### **3.1 Antecedentes generales de estudios previos.**

La información hidrológica utilizada fue obtenida por medio de la recopilación de datos de los diversos estudios hechos previamente en la zona. Dentro de los que se destacan el Plan Maestro de aguas lluvias (PM-01), ALL-DP16, además del estudio “Diseño Definitivo de la Red Primaria Del Sistema de Aguas Lluvias del Estero Los Patos”, de LAD, Ingenieros Consultores.

Tanto el estudio ALL-DP16, como el de LAD, utilizaron como base la hidrología realizada por el estudio PM-01. En el caso de ALL-DP16 las tormentas de diseño utilizadas se determinaron en base a las isoyetas y a las curvas IDF definidas en el estudio del PM-01, y a los hietogramas adimensionales propuestos por Varas (1988). Para el caso de LAD se utilizó una metodología similar a la de PM-01, extendiendo la estadística en siete años más, esto ya que el PM-01 considera hasta el año 1998 los registros, mientras que LAD cuenta con estadística hasta el año 2005.

A continuación se explica de forma breve la metodología para determinar las curvas IDF y tormentas de diseño adoptadas, basadas en el procedimiento realizado por el estudio de LAD, de tal forma de utilizar esta información en la modelación posterior.

#### **3.2 Curvas IDF adoptadas.**

El objetivo de este análisis es determinar las precipitaciones máximas en 24 horas para un período de retorno dado en las distintas áreas que cubre la zona en estudio, para luego realizar un análisis de frecuencia de tal forma de obtener las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia. Para ello se realizaron los siguientes procesos.

##### **3.2.1 Corrección y extensión de estadísticas pluviométricas.**

Como patrón pluviométrico se utilizó la estación Santiago Quinta Normal, debido a que corresponde a la estación con mayor registro de Santiago (de 1911 a la fecha), además de contar con una buena calidad de información, lo que avala que históricamente ha sido considerada para este tipo de estudios, ejemplos de estos son los estudios PM-01, entre otros.

De la estación Santiago Quinta Normal se tienen 65 años de registro, considerando la estadística utilizada en el PM-01, y los nuevos registros disponibles desde el año 1988 en adelante. Por lo tanto estas se extendieron a partir de las realizadas en su oportunidad por el estudio PM-01.

Por otra parte, se utilizaron estaciones pluviométricas, según las seleccionadas por PM-01. Esta elección se realizó en función de la longitud de las estadísticas de cada una, además de su ubicación, de tal forma de cubrir de manera representativa la zona urbana del área en estudio, y así validar el mapa de isoyetas de Santiago, presentado en el estudio de la Dirección de Aguas-MOP-1991 “Precipitaciones Máximas 1, 2 y 3 días”. Las estaciones escogidas se detallan en el siguiente cuadro.

TABLA 3.1(\*\*)  
RESUMEN DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS DISPONIBLES PARA EL ESTUDIO DE  
PM-01(\*\*)

ESTACIÓN		UBICACIÓN		Altura (m)	Institución a cargo	Período con estadística
		Lat.S.	Long.O			
Stgo. Quinta Normal	A	33°26'	70°41'	520	DMC	1911-1986 / 1988-1992
Tobalaba		33°27'	70°33'	654	DMC (*)	1941-1987 / 1989-1992
La Florida	C	33°32'	70°33'	665	DMC	1941-1992
Los Cerrillos		33°30'	70°42'	512	DMC (*)	1941-1987
El Bosque	D	33°33'	70°41'	558	DMC	1941-1987
La Obra		33°36'	70°28'	799	DMC	1960-65 / 67 / 69-76 / 78-79
San Bernardo	E	33°36'	70°42'	568	DMC	1960-61 / 63-77
Terraza DGA	F	33°26'	70°39'	560	DGA (*)	1960-93

A: Considerada en todos los estudios

B: Plan Maestro 83

C: Col. Colombia PM-83

D: Col Sta. Rosa PM-83

E: Plan Maestro 83

F: Actualización Plan Maestro Stgo.Norte

(\*): Estaciones pluviográficas

Luego se rellenaron los datos, determinando en cada una de las estaciones la media aritmética y la desviación estándar, para luego homogeneizar de forma temporal considerando el siguiente criterio que se detalla a continuación:

Sean:

$\bar{m}_k$  : Media de la estación k para el período de observación

$\bar{m}_1$  : Media de la estación Quinta Normal para el mismo período de observación de la estación k.

$\hat{m}_1$  : Media de la estación Quinta Normal para el período 1941 – 1998 (media de largo plazo).

$\hat{m}_k$  : Media corregida de largo plazo para la estación k.

$$\hat{m}_k = \frac{\hat{m}_1 * \bar{m}_k}{\bar{m}_1}$$

Entonces :

A partir de la relación  $\bar{m}_k / \bar{m}_1$  se completa la estadística de la estación k, de tal forma que la media de largo plazo de la estación corregida respecto a la estación base, mantiene la misma relación.

Finalmente, basándose en la metodología descrita se completaron las estadísticas de precipitación es máximas en 24 hrs.

### 3.2.2 Análisis de Frecuencia.

A partir de la estadística completada para las estaciones utilizadas, se realizó un análisis de frecuencia por medio de un ajuste de distribución de Gumbel, comparando con lo obtenido en el estudio PM-01, de tal forma de evaluar la validez en la utilización del plano de isoyetas realizado por la DGA. Los resultados para ambos estudios son los siguientes.

TABLA 3.2(\*\*)  
PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS (MM), SEGÚN DISTRIBUCIÓN GUMBEL

ESTACIÓN	PERÍODO DE RETORNO T (AÑOS)					
	2	5	10	25	50	100
Santiago Quinta Normal	41,17	57,31	68,00	81,50	91,52	101,46
Terraza DGA	41,30	57,76	68,66	82,44	92,65	102,79
Tobalaba	44,36	60,40	71,01	84,43	94,38	104,26
La Florida	51,53	69,06	80,67	95,33	106,21	117,01
Los Cerrillos	40,03	58,46	70,67	86,09	97,53	108,89
El Bosque	43,39	61,51	73,50	88,66	99,91	111,07
La Obra	68,78	92,20	107,70	127,29	141,82	156,24
San Bernardo	48,09	66,54	78,75	94,19	105,64	117,00
Cerro Calán	45,65	64,72	77,35	93,30	105,14	116,89

TABLA 3.3(\*\*)  
COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS (MM)

ESTACIÓN	T= 2 años		T= 10 años		T= 100 años	
	DOH-CADE	DOH-LAD	DOH-CADE	DOH-LAD	DOH-CADE	DOH-LAD
	1999	2006	1999	2006	1999	2006
Santiago Quinta Normal	42,2	41,17	67,0	68,0	98,0	101,46
Terraza DGA	42,3	41,30	67,7	68,7	99,4	102,79
Tobalaba	45,2	44,36	69,3	71,0	99,2	104,26
La Florida	52,5	51,53	78,1	80,7	110,1	117,01
Los Cerrillos	41,2	40,03	69,8	70,7	105,6	108,89
El Bosque	44,5	43,39	72,8	73,5	108,1	111,07
La Obra	70,0	68,78	104,3	107,7	147,1	156,24
San Bernardo	49,2	48,09	77,3	78,8	112,4	117,00

Ante esta comparación, se apreció diferencias entre los valores de precipitaciones en 24 horas y los valores del estudio de la DGA. Por lo tanto, se decidió utilizar como base de cálculo para la zona urbana y no urbana, el plano de isoyetas de la DGA. Construido sobre la base de la precipitación máxima en 24 horas para un período de retorno T=10 años años (P2410). Se observa que P2410 varía entre 70 mm y 90 mm.

### 3.2.3 Determinación de Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)

Las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) que caracterizan la zona de interés para períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años y duraciones de 1 a 24 horas, se obtuvieron con el siguiente procedimiento:

#### 3.2.3.1 Determinación de Coeficiente de Frecuencia.

Se consideró el análisis de frecuencias de las precipitaciones máximas en 24, y las isoyetas para cada estación, con lo que se tienen los siguientes coeficientes de frecuencia.

TABLA 3.4(\*\*)  
COEFICIENTES DE FRECUENCIA PARA SANTIAGO.

ESTACIÓN	ISOYETAS (*)		PERIODO DE RETORNO T (AÑOS)					
	MIN	MAX	2	5	10	25	50	100
Santiago Quinta Normal	70	72	0,605	0,843	1,000	1,199	1,346	1,492
Terraza DGA	70	72	0,602	0,841	1,000	1,201	1,349	1,497
Tobalaba	74	76	0,625	0,850	1,000	1,189	1,329	1,468
La Florida	78	80	0,639	0,856	1,000	1,182	1,317	1,451
Los Cerrillos	71	72	0,566	0,827	1,000	1,218	1,380	1,541
ESTACIÓN	ISOYETAS (*)		PERIODO DE RETORNO T (AÑOS)					
	MIN	MAX	2	5	10	25	50	100
El Bosque	76	78	0,590	0,837	1,000	1,206	1,359	1,511
La Obra	90	100	0,639	0,856	1,000	1,182	1,317	1,451
San Bernardo	80	90	0,611	0,845	1,000	1,196	1,341	1,486
Cerro Calán	72	74	0,590	0,837	1,000	1,206	1,359	1,511
Valor medio			0,607	0,844	1,000	1,198	1,344	1,490
Valor medio PM-01			0,636	0,855	1,000	1,183	1,319	1,454

(\*) : PP máx 24 hrs (T=10 años) (mm)

Fueron considerados los coeficientes de frecuencia promedio para cada estación, luego de considerar que existe una concordancia con los resultados obtenidos para los estudios previos en la zona (PM-01).

### 3.2.3.2 Determinación Coeficiente de Duración.

Para la definición de las curvas IDF se utilizaron los coeficientes de duración determinados por CADE-IDEPE para EMOS en el Plan Maestro de Alcantarillados de Santiago (1983). Considerando para T =10 a 100 años válidos los coeficientes determinados para T =10 años, en tanto que para T =2 y 5 años se utilizaron los mismos determinados en 1983.

TABLA 3.5(\*\*)  
COEFICIENTE DE DURACIÓN PLAN MAESTRO DE AGUAS LLUVIAS.

D (hrs)	T (años)		
	2	5	10 a 100
1	0,190	0,173	0,169
2	0,299	0,271	0,262
4	0,470	0,424	0,407
6	0,613	0,550	0,527
8	0,739	0,663	0,632
10	0,765	0,726	0,714
12	0,809	0,776	0,766
14	0,848	0,821	0,813
18	0,916	0,900	0,895
24	1,000	1,000	1,000

### 3.2.3.3 Determinación de las curvas IDF y su expresión analítica.

Para la obtención de los puntos de cada curva IDF, se utilizó la siguiente expresión:

$$I_i(T) = \frac{C * P_{24}^T * CD * CF}{t}$$

Donde :  
 It(T) : Intensidad para el periodo de retorno T en la duración t [mm/hr]  
 C : Coeficiente que transforma las precipitaciones máximas diarias en máximas en 24 hrs (Se considera 1, basados en los estudios del PM-01).  
 P24T : Precipitación máxima diaria para el periodo de retorno T [mm]

- CD : Coeficiente de duración para el tiempo t  
 CF : Coeficiente de frecuencia para el periodo de retorno T  
 T : Duración [hrs]

A los puntos obtenidos se les ajustó una curva, de modo de obtener una expresión analítica del siguiente tipo:

$$I_t(T) = a * t^b$$

Donde :

- $I_t(T)$  : Intensidad de la precipitación en [mm/hr] para una lluvia de duración t [hrs] y período de retorno T, para una isoyeta dada.  
 T : Período de retorno [años]  
 t : Duración de la precipitación en hrs  
 a, b : Constante que dependen de T y t

Con el objeto de obtener un mejor coeficiente de correlación, el ajuste se realizó para tres tramos: entre 10 min y 1 hora, 1 y 8 horas y 8 a 24 horas. A continuación se entregan los coeficientes a y b obtenidos, por tramo y para cada periodo de retorno.

TABLA 3.6-A(\*\*)  
 VALORES DE LA CONSTANTE "A" EN LA EXPRESIÓN ANALÍTICA DE LAS RELACIONES IDF TRAMO ENTRE 10 MINUTOS Y 1 HORA

P24(T=10) (mm)	PERIODO DE RETORNO (años)					
	2	5	10	25	50	100
70	8,3291	10,533	12,197	14,607	16,395	18,17
72	8,567	10,834	12,546	15,025	16,864	18,689
74	8,805	11,135	12,894	15,442	17,332	19,208
76	9,043	11,436	13,243	15,859	17,8	19,727
78	9,281	11,737	13,591	16,277	18,269	20,247
80	9,5189	12,038	13,939	16,694	18,737	20,766
90	10,709	13,543	15,682	18,781	21,08	23,361

TABLA 3.6-B(\*\*)  
 VALORES DE LA CONSTANTE "A" EN LA EXPRESIÓN ANALÍTICA DE LAS RELACIONES IDF TRAMO DE 1 A 8 HORAS

P24(T=10) (mm)	PERIODO DE RETORNO (años)					
	2	5	10	25	50	100
70	8,0804	10,222	11,823	14,159	15,892	17,613
72	8,3112	10,514	12,161	14,564	16,347	18,116
74	8,5421	10,806	12,499	14,968	16,801	18,619
76	8,773	11,098	12,836	15,373	17,255	19,123
78	9,0038	11,39	13,174	15,778	17,709	19,626
80	9,2347	11,682	13,512	16,182	18,163	20,129
90	10,389	13,142	15,201	18,205	20,433	22,645

TABLA 3.6-C(\*\*)  
 VALORES DE LA CONSTANTE "A" EN LA EXPRESIÓN ANALÍTICA DE LAS RELACIONES IDF TRAMO DE 8 A 24 HORAS

P24(T=10) (mm)	PERIODO DE RETORNO (años)					
	2	5	10	25	50	100
70	17,115	18,158	19,274	23,083	25,908	28,713
72	17,604	18,677	19,825	23,742	26,648	29,533
74	18,093	19,195	20,376	24,402	27,389	30,354
76	18,582	19,714	20,926	25,061	28,129	31,174
78	19,071	20,233	21,477	25,721	28,869	31,174
80	19,56	20,752	22,028	26,38	29,609	32,815
90	22,005	23,346	24,781	29,678	33,311	36,916

TABLA 3.7(\*\*)  
VALORES DE LA CONSTANTE “B” EN LA EXPRESIÓN ANALÍTICA DE LAS  
RELACIONES IDF TRAMO DE 10 MINUTOS A 1 HORA.

P24 (T=10) (mm)	Tramo	PERIODO DE RETORNO (años)		
		2	5	10 - 100
70 -90	10 min a 1 hora	-0.5561	-0.5561	-0.5561
70 -90	1 a 8 horas	-0.3467	-0.3542	-0.3653
70	8 a 24 horas	-0.7159	-0.6283	-0.5918

### 3.2.3.4 Aplicación de las relaciones IDF.

Para la aplicación de las relaciones IDF recién determinadas se necesita contar con un plano de curvas isoyetas de precipitaciones máximas en 24 hrs. de período de retorno 10 años.

En la Figura 3.1 se entrega la distribución espacial de la precipitación sobre el área de interés y la cuenca aportante que se estimó en el presente estudio. Esta distribución corresponde a la propuesta en el estudio “Precipitaciones Máximas en 1, 2 y 3 Días”. D.G.A. Ministerio de Obras Públicas. Chile. 1991, cuyos resultados fueron validados para el área urbana de Santiago en el estudio PM-01 y en el presente estudio.

En esta figura se dibujaron curvas isoyetas 70 a 100 mm, sin embargo sólo son de interés para caracterizar el área en estudio las isoyetas 70 a 74 mm. Cada una de estas isoyetas corresponde a las curvas IDF presentadas en la Figura 3.2 a continuación.

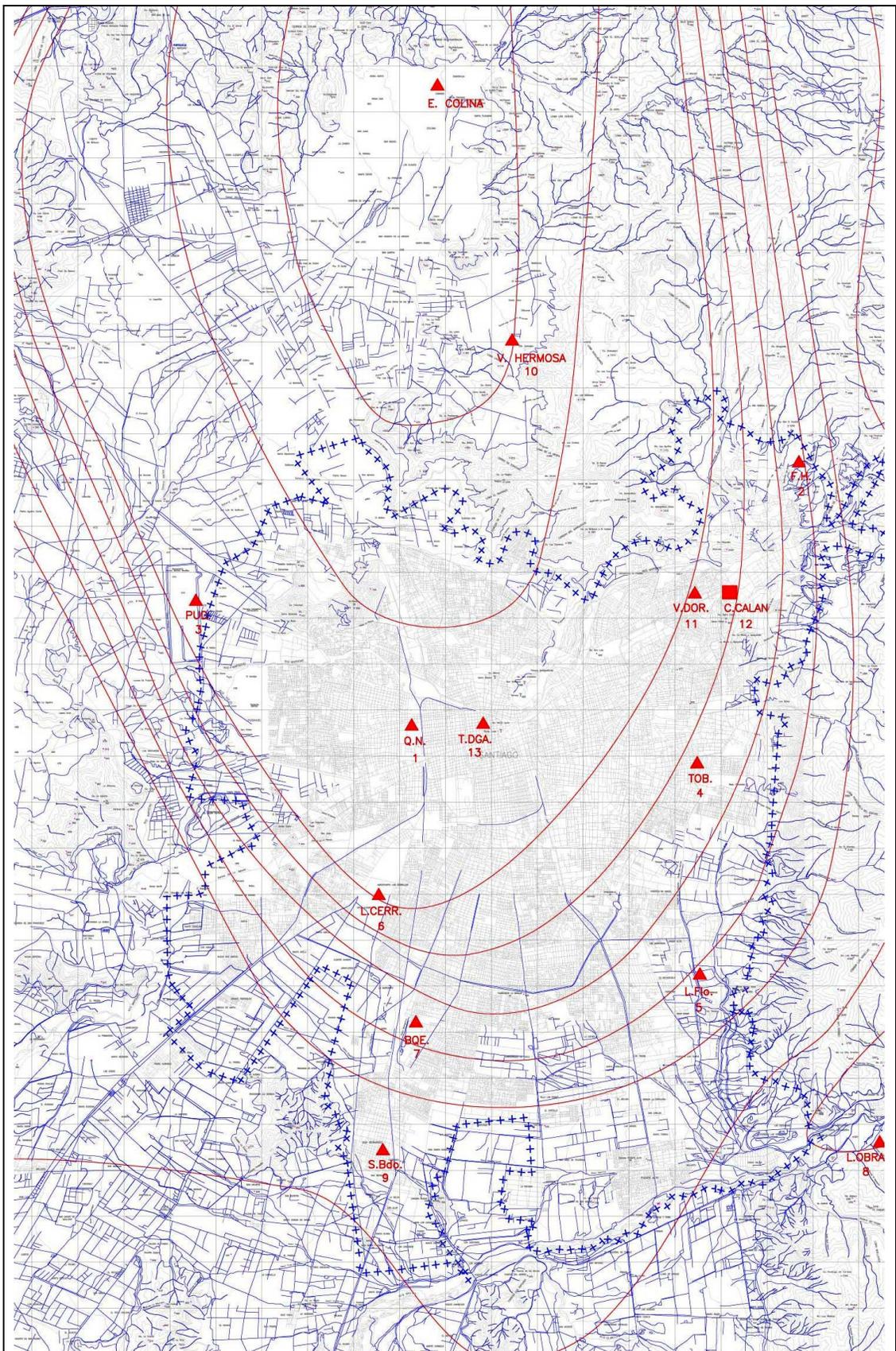


FIGURA 3.1  
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PRECIPITACIONES, SOBRE EL ÁREA DE INTERÉS.

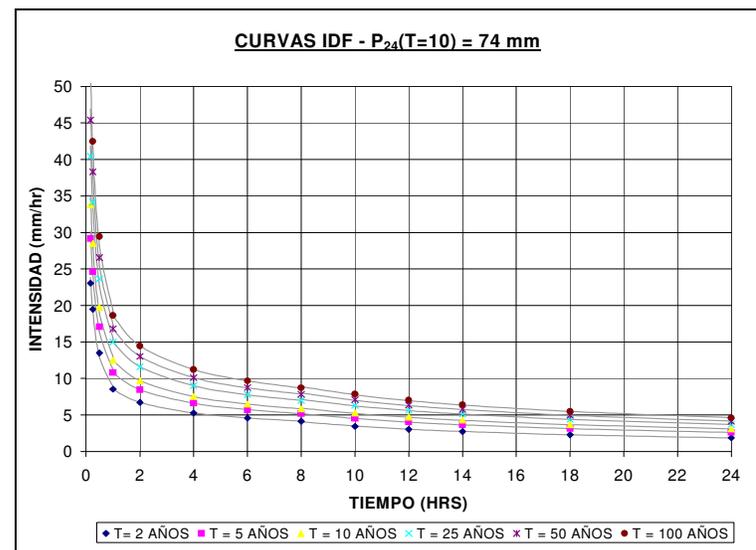
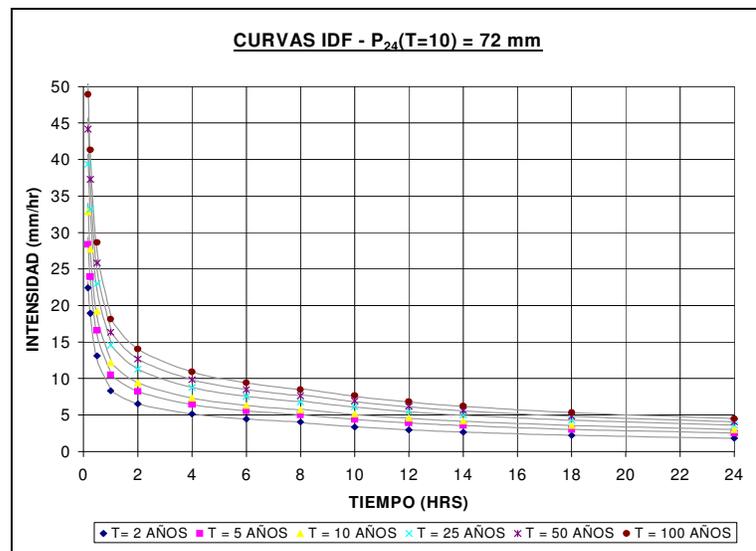
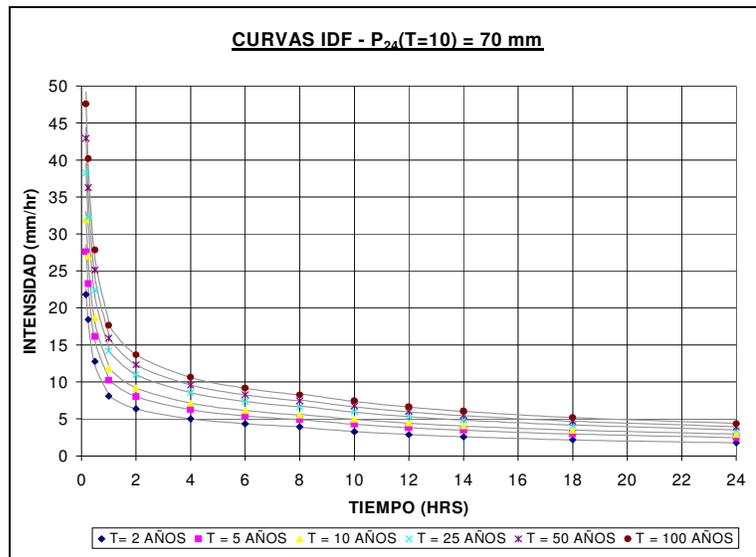


FIGURA 3.2 (\*\*)  
CURVAS IDF PARA P24 (T = 10 AÑOS) DE 70,72 Y 74 MM.

Posteriormente, se validaron las curvas IDF determinadas. Para esto se consideró los registros pluviográficos de la estación Cerro Calán correspondientes a los últimos 10 años, con el objeto de validar las curvas IDF de precipitación máxima en 24 horas de 74 mm.

Se seleccionaron tormentas de diferentes duraciones, que cumplieran con el requisito de ser lo suficientemente intensas para representar periodos de retorno mayores a 2 años. Dado que las tormentas seleccionadas no cuentan con una duración mayor a 22 horas, se realizaron dos análisis adicionales.

El primer análisis corresponde a la comparación gráfica de las curvas ID de las tormentas, con las curvas IDF teóricas, correspondiente al periodo de retorno más cercano. Con esto se determinó que las curvas IDF calculadas corresponde a las tormentas reales en los tramos de duraciones menores a 4 horas. Esto debido a una buena correlación en los coeficientes de duración.

Con el segundo análisis se comparó gráficamente los coeficientes de duración correspondientes a 6 horas de las tormentas y los coeficientes de duración de 6 horas correspondientes a de las curvas teóricas. Los resultados determinaron que los coeficientes teóricos coinciden bien con el promedio de los coeficientes calculados a partir de las tormentas, por lo que las curvas IDF representan en forma correcta la situación real.

Por lo tanto las curvas IDF utilizadas corresponden a una precipitación máxima en 24 horas de 70 mm.

### **3.3 Lluvia de Diseño Adoptada.**

Las lluvias de diseño utilizadas para la posterior modelación se basa en la adoptada por el estudio de LAD Ingenieros Consultores.

La deducción de estas se realizó utilizando la metodología del bloque alterno (Ven Te Chow, p.477), el que consiste en desarrollar un hietograma de diseño utilizando una curva de intensidad-duración-frecuencia. Se debe considerar que la duración de la tormenta debe ser coherente con el tiempo de concentración del área de estudio y los intervalos de diferentes intensidades deben ser coherentes con el tiempo de concentración de las subcuencas más pequeñas de análisis.

Además se utilizaron los siguientes parámetros:

- Relaciones Intensidad – Duración – Frecuencia.
- Tiempos de concentración de la cuenca correspondiente al área de estudio.
- Tiempos de concentración de las subcuencas más pequeñas.
- Distribución temporal de la precipitación (hietograma), que ubica las mayores intensidades en el centro del evento.

Entonces, considerando un tiempo de concentración del área de estudio de aproximadamente 12 horas y tiempos de concentración de subcuencas del orden de 10 minutos, la tormenta de diseño para diferentes periodos de retorno se construyó en base a intervalos de 15 minutos y se consideró una duración total de 12 horas. En la siguiente Figura 3.3 se presentan las lluvias de diseño para los periodos de diseño de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

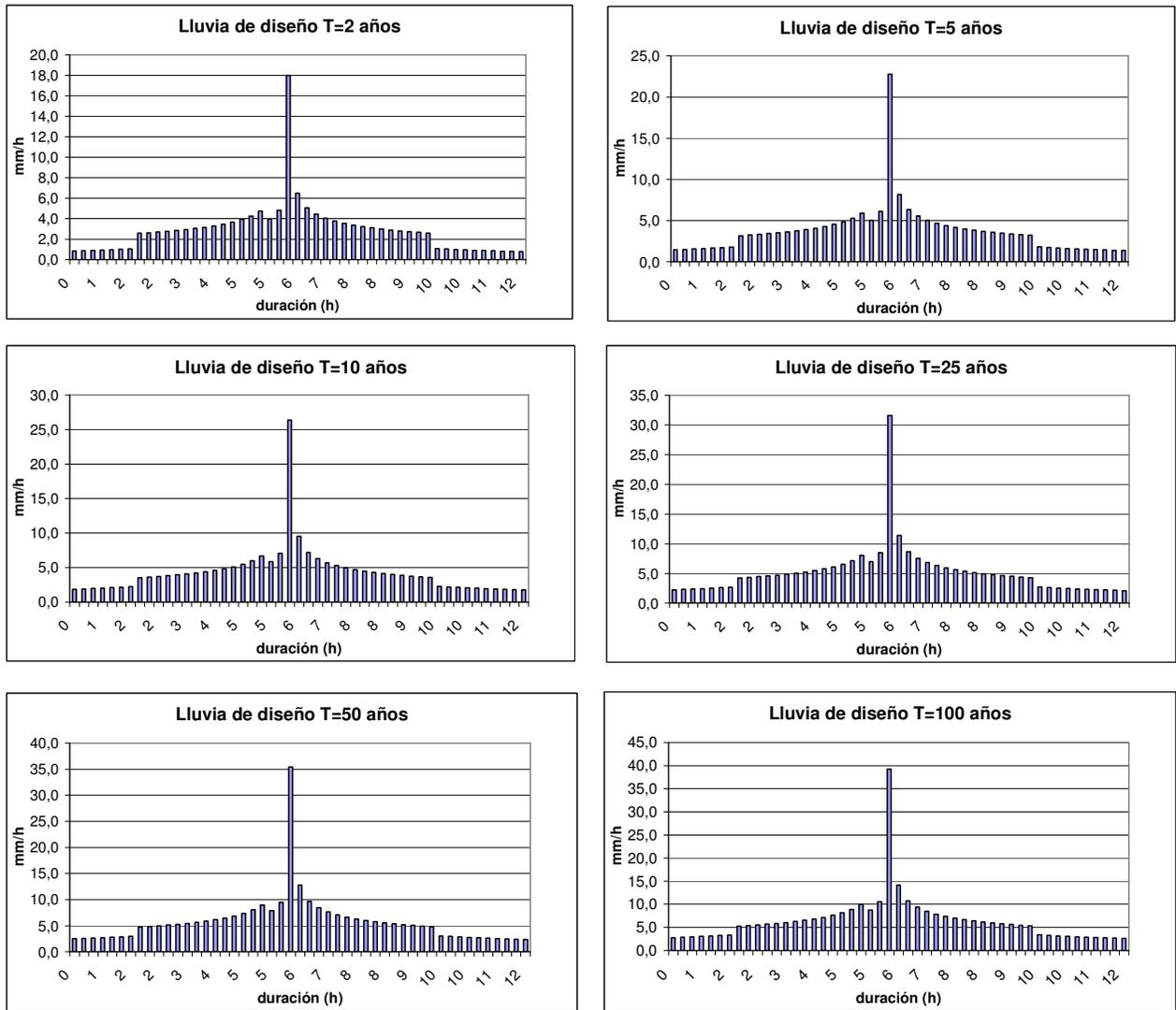


FIGURA 3.3  
LLUVIAS DE DISEÑO PARA T = 2, 5, 10, 25, 50 Y 100 AÑOS.

(\*\*)

(\*\*\*) Fuente: “Diseño Definitivo de la Red Primaria del Sistema de Aguas Lluvias del Estero Los Patos. Región Metropolitana” Informe Etapa I. LAD Ingenieros Consultores.

## **CAPÍTULO 4**

### **MODELO DE SIMULACIÓN.**

#### **4.1 Generalidades.**

Para diagnosticar los actuales problemas que representan los sistemas de drenaje de aguas lluvias, así como el diseño de nuevos sistemas de evacuación, se hace necesario el desarrollo de modelos que permitan una adecuada interpretación de la realidad hidrológica e hidráulica del sistema a estudiar.

El Modelo de Simulación SWMM subprograma del Software CAICE (Computer Aided Civil Engineering & Surveying Software), fue el programa a ocupar para simular el escurrimiento de las lluvias en cuencas urbanas, específicamente para el valle de Chicureo. Esto debido a que permite el análisis del sistema de la red de saneamiento y de drenaje, de tal forma de simular los fenómenos relacionados con el funcionamiento de los sistemas de evacuación existentes en la zona a estudiar. Dicho modelo además fue utilizado en la confección de estudios previos en la zona, como es el caso del ALL DP 16, y la mayoría de los estudios de planes maestros realizados para la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas de Chile, a partir del año 1997, lo que avala aun más su aplicación.

#### **4.2 Descripción del software utilizado.**

El modelo de simulación SWMM, subprograma del Software CAICE permite la modelación hidrológica, hidráulica y sanitaria de cauces naturales y/o artificiales, y está especialmente desarrollado para el análisis de sistemas de aguas lluvias, principalmente con características gravitacionales.

El objetivo principal de la modelación de un sistema de aguas lluvias, es poder determinar el comportamiento hidráulico de éste frente a un evento hidrológico específico, de tal forma de evaluar el sistema modelado y así manejar de manera óptima la infraestructura de drenaje.

Para aplicar el software, primeramente se debe caracterizar el sistema de evacuación de aguas lluvias. Para ello es necesario conocer las características físicas de la red de drenaje, como topografía, cotas de los elementos, entre otros. Posteriormente, es necesario incorporar información hidrológica, ya que se debe simular eventos pluviométricos, dadas ciertas condiciones geomorfológicas de la cuenca aportante. Por lo tanto se requieren la información de tormentas de diseño a considerar y los antecedentes geomorfológicos de la cuenca en estudio.

La forma de modelar las redes de aguas lluvias y cauces naturales en el software, es mediante links y nodos. Un link representa un elemento hidráulico del tipo cañería, canal, vertedero, etc. A su vez un nodo representa la unión de conductos o links, así como un lugar donde se inyecta caudal o contaminantes en el sistema de drenaje. Un nodo puede representar también un elemento de regulación como un lago, o un embalse, o un punto de unión para representar un cambio de geometría de conducto o una condición de borde en el modelo. Esquemáticamente se muestra en la figura 4.1.

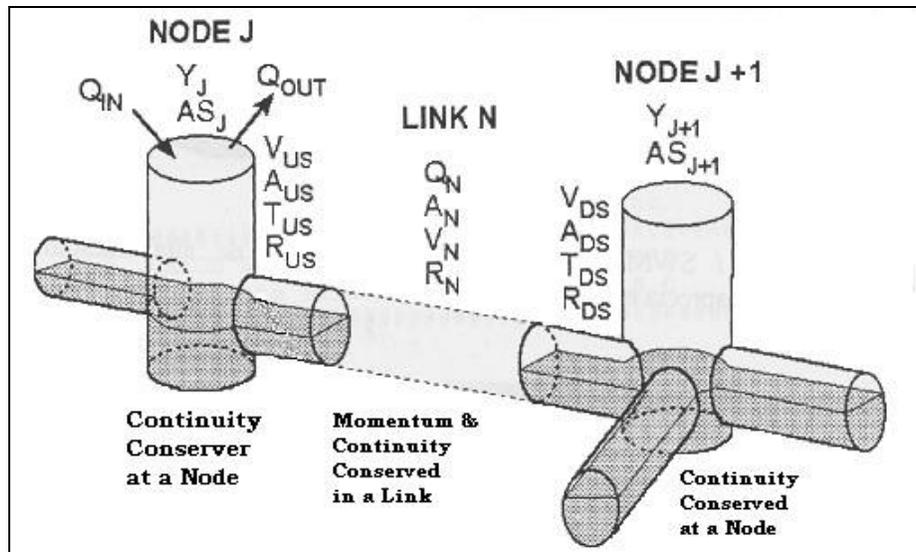


FIGURA 4.1  
REPRESENTACIÓN DE LINKS Y NODOS.

Finalmente el software cuenta con tres modos de operación para ampliar sus utilidades y posibilidades de aplicación, estos son:

- **Modo Sanitario:** Corresponde al control y calidad de agua, donde se puede estudiar principalmente la distribución y propagación de contaminantes en redes, conocido como Modo Sanitario.
- **Modo Hidrológico (Runoff):** Simula la precipitación que cae sobre la cuenca y realiza la transformación de la precipitación en un hidrograma de escorrentía a la salida de cada una, o a la entrada a la red de colectores que se modela. Se ingresa la información geomorfológica y pluviométrica de las cuencas asociadas.
- **Modo Hidráulico:** Toma el volumen de agua entregado por la precipitación y lo distribuye a lo largo de la red de colectores. Permite conocer el comportamiento del flujo del colector, además de las características en la sección de control. Se ingresan las características físicas de cámaras y colectores.

Dentro de la modelación de la red de drenaje del valle se utilizan dos de estos modos, el modo Hidrológico e Hidráulico.

#### 4.3 Antecedentes para la modelación del sistema.

Para la simulación del drenaje se generó un modelo, que consistió en tres escenarios, con el objeto de poder observar el comportamiento del valle de Chicureo a través del tiempo, considerando las intervenciones existentes, como las modificaciones en los cauces naturales y en el uso de suelo.

De esta forma evaluar estos tres escenarios y determinar de forma más específica las causas que provocan la presencia de zonas de inundación, además de evaluar la incorporación de posibles medidas complementarias o alternativas a las ya impuestas, optimizando el sistema de drenaje del valle de Chicureo.

**Situación Pre Inmobiliarias:** corresponde a la representación del área de estudio sin considerar las zonas de expansión urbana más reciente. En efectos prácticos, se reemplazan todos los condominios y urbanizaciones existentes desde el trazado del canal colector El Valle hacia el oriente, por zonas deshabitadas con características de vegetación y suelo equivalentes a las zonas naturales que se pueden apreciar hoy en la parte alta de la cuenca.

**Situación Actual:** situación donde se representa dentro del sistema en estudio, la red de colectores y canales existentes a la fecha (con la condición actual de escurrimiento), junto con los parámetros geomorfológicos actuales de la cuenca (coeficientes de escurrimientos correspondientes al uso actual del suelo).

**Situación Futura:** situación donde se representa la red de colectores y canales proyectados para sanear el área de estudio, como el canal colector El valle y el Estero Los Patos mejorado, y los colectores Los Algarrobos y Los Ingleses, junto con los parámetros geomorfológicos futuros de la cuenca, es decir los coeficientes de escurrimientos correspondiente al uso futuro del suelo y el del desarrollo urbano.

Para el cálculo de los parámetros a ingresar en la modelación, además de las definiciones de áreas, nodos y links, se explicará la metodología genérica, que con variaciones según el caso, serán aplicadas para cada uno de los escenarios.

#### **4.3.1 Metodología para la confección del modelo.**

A continuación se describe la metodología utilizada en la confección del modelo:

- Identificación y definición de las vías de escurrimiento basado en visitas a terreno periódicas y durante los eventos de precipitación y del análisis de la topografía existente, para visualizar el sentido de escurrimiento de las aguas sobre el sector.
- Definición de los elementos de transporte de las aguas lluvias dentro del sistema, como calles, canales, colectores, etc. Esto queda determinado con el ingreso de características propias de los elementos como sección, rugosidad y cotas de inicio y término de los tramos.
- Definición e identificación de subsistemas (subcuencas) a modelar, en base al levantamiento aerofotogramétrico y el catastro de la infraestructura existente.
- Asignación de las subcuencas a los nodos del modelo, puntos en los cuales ingresan las aguas lluvias al sistema, de manera que su ubicación dentro del modelo representen correcta y homogéneamente el patrón de drenaje y el área drenada.
- Definición e ingreso de los parámetros geomorfológicos pertenecientes a cada subcuenca, como coeficientes de escorrentía, área, pendiente, longitud de escurrimiento, etc.
- Elección e ingreso de la lluvia de diseño para periodos de retorno 2, 5, 10, y 100 años.

- Utilización del Modelo para diagnosticar el comportamiento de sistema de drenaje actual, pre inmobiliario y futuro del valle de Chicureo, para distintos períodos de retorno. Obteniendo valores de volúmenes de inundación en las zonas correspondientes.
- A partir del diagnóstico previo, definir aplicaciones de obras que permitan soluciones de forma definitiva.
- Aplicación de obras al modelo, para los distintos períodos de retorno, de tal forma de contar con volúmenes de inundación mínimos o cercanos a cero, comprobando su capacidad de mitigación.

#### **4.3.2 Áreas aportantes, nodos y links.**

Para la definición de áreas y nodos aportantes se dividió la zona de estudio en dos subsectores, la parte alta definida desde la Ruta G57 hacia el este hasta delimitar con las altas cumbres, y la parte baja, definida desde la Ruta G57, hasta la descarga del Estero Los Patos, en el Estero Las Cruces.

Estos sectores se subdividieron, a su vez de la siguiente forma:

- Subsector 1:** Condominios y parcelas entre la Ruta G57 y calle los Ingleses.
- Subsector 2:** Quebradas La Ñipa y El Manzano, hasta el punto donde se indefinen sus trazados, incluidos los condominios existentes en el sector.
- Subsector 3:** Quebradas Piedras Blancas y El Loro, hasta su confluencia con canal Batuco, incluidos los condominios existentes en el sector.
- Subsector 4:** Quebradas La Virgen La Región, y Los Maitenes, incluidos los condominios existentes en el sector.
- Subsector 5:** Condominio La Reserva y zonas urbanas aledañas a este, delimitadas por la calle Fermín Vergara.
- Subsector 6:** Zona agrícola e industrial, entre la Ruta G-57 y La Ruta 5 norte.
- Subsector 7:** Zona industrial, entre la Ruta 5 norte y la Línea Férrea.
- Subsector 8:** Zona agrícola y urbana ubicada entre la Línea Férrea y el estero Las Cruces.

Cada zona fue estudiada de forma independiente, analizando sus escurrimientos, zonas de inundación y posibles obras de conducción de aguas lluvias. En el caso de los subsectores de la zona baja, estos se dividieron en tres, sólo para efectos de definición de características geomorfológicos. Posteriormente para el desarrollo del modelo, se consideró un subsector único.

Finalmente se acoplan cada uno de estos subsectores, luego de su modelación por separado, uniéndolos, mediante nodos de salida. A continuación estos son graficados la figura 4.1 a continuación.

Los subsectores mencionados anteriormente son representados a continuación:

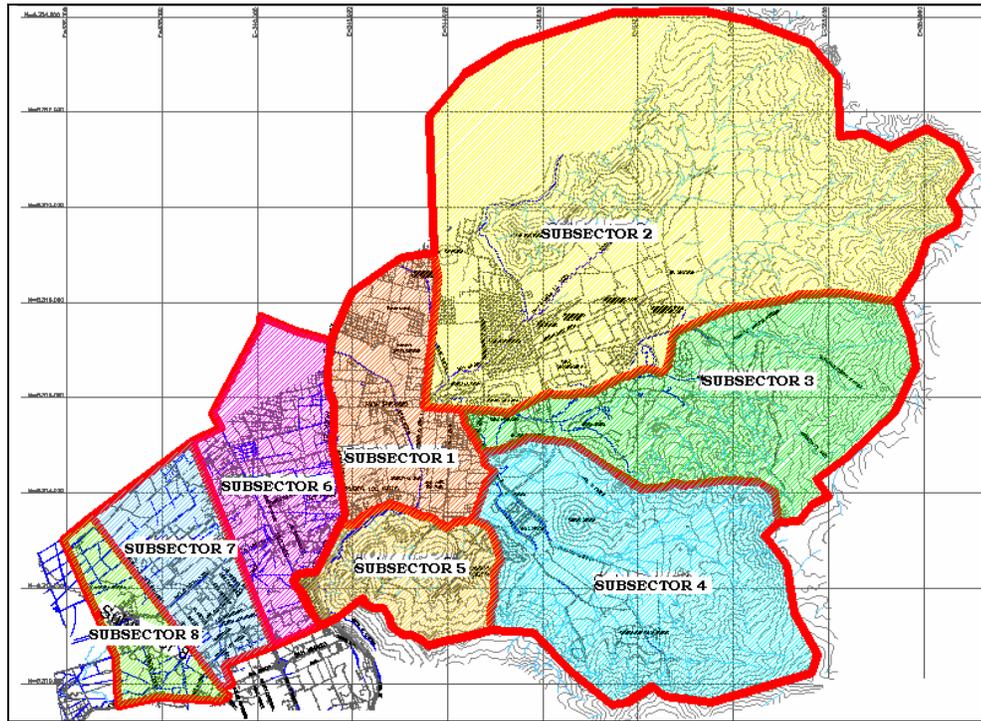


FIGURA 4.1  
SUBSECTORES EN ZONA DE ESTUDIO.

Con mayor amplitud dichos subsectores se pueden observar en el Plano N<sup>o</sup> 1 “Plano General del Valle de Chicureo”

Para definir las áreas aportantes y los nodos asociados, se aplicó un criterio general en las sub zonas, que contempla las siguientes consideraciones:

- Se consideró como vías de escurrimientos las calles, canales y cauces naturales, los que fueron definidos como links, para efectos de modelación.
- Para la definición de nodos se consideró puntos donde confluyeran, vías de escurrimientos, o representaran el encauzamiento de un área considerable.
- Para la definición de áreas en el caso de las zonas urbanas, se consideró un máximo de superficie de 15 ha. Valor que puede ser sobrepasado hasta en 5 ha, en caso de que la situación puntual haga necesario considerar esta magnitud superior.
- Para las zonas naturales, como es el caso de las quebradas, se definen las áreas considerando como límite las altas cumbres.

#### **4.3.3 Tiempo de Concentración (TC).**

El tiempo de concentración de una cuenca, es el tiempo que tarda el flujo en viajar desde el punto más alejado de la cuenca, hasta la salida de la misma. Este tiempo depende de las características geomorfológicas de la cuenca. Por lo tanto, su valor es dependiente de la zona y puntualmente el área analizada.

Para la modelación del sistema de drenaje, es necesario ingresar el parámetro de tiempo de concentración, por área aportante. Este valor se calcula previamente a través de una o más fórmulas aplicadas.

Para definir las fórmulas de cálculo se realizó un análisis y revisión de dichas, de tal forma de definir el criterio aplicado para su cálculo.

#### 4.3.3.1 Descripción de Fórmulas Consideradas.

Las fórmulas utilizadas para el cálculo de tiempo de concentración corresponden a aquellas expresiones aplicables en el caso particular de la cuenca del valle de Chicureo. Se deben considerar las características geomorfológicas de este valle, entre las principales se tiene la presencia de áreas urbanas, áreas ubicadas en zonas montañosas, entre otros. Además es necesario considerar la frecuencia con que se han utilizado en estudios previos, de tal forma que garanticen valores acordes a lo ocurrido en terreno. A continuación se presentan las fórmulas consideradas dentro del análisis, sus parámetros y la descripción de cada una de ellas, en cuanto a origen y aplicación.

TABLA 4.1  
FÓRMULAS PARA EL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Nombre	Fórmula para $t_c$ en (min)	Observaciones
Kerby	$t_c = \left( \frac{2Ln}{0.914\sqrt{i}} \right)^{0.467}$ <p>L: Distancia que recorre la partícula más alejada (m) n: Rugosidad del terreno i: Pendiente media</p>	
Kirpich	$t_c = 0.0078L^{0.77} S^{-0.385}$ <p>L: Distancia desde el punto de descarga de la cuenca al punto hidráulicamente más alejada (pies) S: Pendiente promedio de la cuenca</p>	Desarrollado a partir de la información de siete cuencas en Tennessee con canales definidos y pendientes empinadas.
California	$t_c = 0.95 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$ <p>L: Longitud del cauce principal en km H: Diferencia de elevación en m entre el comienzo del cauce principal y el punto estudiado.</p>	Esencialmente es la ecuación de Kirpich, desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.
Giandotti	$t_c = \left( \frac{4A^{0.5} + 1.5L}{0.8\Delta H^{0.5}} \right)$ <p>A: Área de la cuenca en km<sup>2</sup> L: Longitud del cauce principal en km H: Altura media de la cuenca sobre el punto estudiado en metros</p>	Aplicable para cuencas naturales
Morgali y Lensley	$t_c = 7 \left( \frac{L^{0.6} n^{0.6}}{S^{0.4} i^{0.3}} \right)$ <p>L: Longitud del cauce principal en metros n: Coeficiente de Manning S: Pendiente en porcentaje I: Intensidad de la lluvia en [mm/hr]</p>	Ecuación para flujo superficial desarrollada a partir de análisis de onda cinemática de la escorrentía superficial desde superficies desarrolladas. El método requiere iteraciones debido a que la intensidad de la lluvia y el tiempo de concentración son desconocidos.
Ecuación de Retardo SCS	$t_c = \frac{100L^{0.8} ((1000 / CN) - 9)^{0.7}}{1900S^{0.5}}$ <p>L: Longitud hidráulica de la cuenca (mayor trayectoria del flujo) (pies) CN: Número de curva SCS S: Pendiente promedio de la cuenca (%)</p>	Ecuación generada a partir de información de cuencas de uso agrícola. Adaptada a pequeñas cuencas urbanas.

Nombre	Fórmula para tc en (min)	Observaciones
Federal Aviation Administration	$t_c = \frac{1.8(1.1-C)L^{0.5}}{S^{-0.333}}$ <p>C: Coeficiente de Escorrentía del Método racional L: Longitud del Flujo Superficial (pies) S: Pendiente de la Superficie (%)</p>	<p>Desarrollada de información sobre drenaje de aeropuertos.</p> <p>El método tiene como finalidad usarse en problemas de drenajes de aeropuertos.</p>

Fuente: "Hidrología Aplicada" de Ven Te Chow, David R. Maidment y Larry W Mays. "Hydrology-Water Quantity and Quality Control" de Martin Wanielista, Robert Kesrten y Ron Eaglin.

#### 4.3.3.2 Selección de Fórmulas de Tiempo de Concentración (TC).

Para definir las expresiones que se utilizaron en la determinación del tiempo de concentración de cada cuenca del valle de Chicureo, se consideraron las características de cada fórmula, las recomendaciones de aplicación y los parámetros que predominan en éstas.

Bajo este contexto, se definen dos escenarios para el cálculo de tiempo de concentración. El primero corresponde a las cuencas urbanas, como condominios y parcelas, y el segundo corresponde a las cuencas naturales, que en este caso están representadas por las zonas de quebradas, como lo es la Ñipa.

Considerando lo anterior y las características del valle de Chicureo, se seleccionaron como fórmulas a utilizar: Kerby, California, Giandotti y la Ecuación de Retardo SCS.

Esta selección se realizó a partir del análisis de una serie de datos de TC determinados para la zona de estudio, particularmente al norte del valle de Chicureo. Los resultados de cada fórmula se grafican en relación a los valores obtenidos para la fórmula de Kerby, mediante un número de orden que está asociado a un área determinada. Los datos que conforman el gráfico, se presentan en el Anexo C.

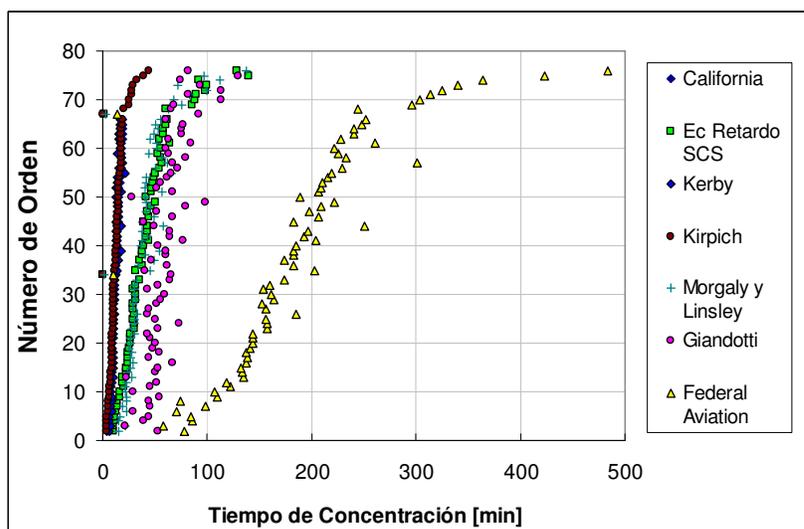


GRÁFICO 4.1  
TENDENCIA DE FÓRMULAS DE TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Como se observa, existen tendencias marcadas de acumulación para ciertas series de datos asociadas a fórmulas determinadas. Sin embargo la fórmula Federal Aviation presenta una tendencia que difiere del resto y que entrega valores más altos para el tiempo de concentración.

Finalmente, para descartar o aceptar el uso de una u otra fórmula de forma definitiva, sumado a los resultados entregados en el gráfico, se procedió a realizar un análisis de cada una ellas.

**FAA:** Se aplica a aeropuertos y zonas impermeables planas, por lo que no representa las características de la zona. Finalmente se descarta para el cálculo.

**Ecuación de Retardo:** Adaptada para cuencas urbanas, considerando dentro de sus parámetros el valor de la Curva Número, factor que simula el comportamiento de la escorrentía de la zona. Por lo tanto se consideró dentro de las fórmulas seleccionadas.

**Kirpich y California:** Ambas fórmulas presentan un mismo origen, en efecto, la fórmula de California es una variante de la fórmula de Kirpich, desarrollada para cuencas montañosas. Por otra parte presenta una tendencia dentro de los rangos. Finalmente se considera para el cálculo de  $T_c$  la fórmula de California.

**Morgali y Lensley:** Esta fórmula se encuentra dentro de la concentración de datos, pero debido a su forma iterativa, que considera desconocido el tiempo de concentración y la intensidad de la lluvia, no se contempla dentro de las fórmulas seleccionadas.

**Kerby:** Se encuentra dentro de la concentración de datos, y considera como parámetros un valor conocido como es el coeficiente de Manning, por lo tanto se contenla dentro de las fórmulas seleccionadas

**Giandotti:** Tiene como característica principal su aplicación en cuencas naturales, por lo que se consideró especialmente útil para el caso de zonas de quebradas sin expansión urbana. Su aplicación a la determinación del tiempo de concentración, depende si el valor resultante se encuentra dentro de los límites que establece, en caso contrario no se considera.

Inicialmente se consideran entonces las fórmulas de: Kerby, Ecuación de Retardo, California y Giandotti. De tal forma que el tiempo de concentración corresponda al promedio de dichas fórmulas. Considerando que en aquellos casos en que la fórmula de Giandotti no es aplicable por estar fuera de rango, se determina el tiempo de concentración como el promedio de las tres restantes.

Para poder validar dicho criterio, se hizo una prueba con una simulación de la zona norte del valle, considerando la hidrología mencionado y los datos geomorfológicos correspondientes para la zona, además de las características del drenaje del lugar. El objetivo es encontrar los valores de caudales a la salida de las principales cuencas, como la Ñipa, El Manzano, La Región principalmente, de tal forma de comparar dos set de resultados. El primer set lo forman los valores entregados, incorporando el tiempo de concentración calculado con el promedio de las ecuaciones de Kerby, Ecuación de Retardo, California y Giandotti, mientras que el segundo set de datos se genera

modificando el valor de TC, por el valor entregado por la ecuación de retardo solamente. Los resultados se ven a continuación.

TABLA 4.2  
COMPARACIÓN DE CAUDALES EN SITUACIÓN ACTUAL PARA QUEBRADAS

SECTOR	LINK o NODO		Caudal del Link Aguas Arriba (m <sup>3</sup> /s) T = 100 años	
			Situación Inicial (I)	Situación Inicial (II)
LA ÑIPA	LN 1		38.284	29.507
LOS CÓNDORES	LCON 2	L CON 1	0.675	0.494
GUAY GUAY	GUAY - 2	GUAY - 1	2.932	3.683
L POLOS 1	LP I 2	LP I 1	3.191	2.785
L POLOS 2	LP II 2	LP II 1	1.548	1.496
EL MANZANO	L BAND 2	L BAND 1	20.366	22.572
EL LORO	Q EL 1	Q EL 2	15.42	19.801
LA VIRGEN	913		0.459	5.530
LOS MAITENES	LM 01	REG 01	33.309	23.767
LA REGION	REG 02	REG 01	11.235	8.661
ON 2	N 08	BT 06	4.967	8.408
ON 1	N 05	BT 05	10.573	6.512
TOTAL			142.959	133.216

Entonces, se puede observar que los caudales conducidos hasta los puntos de salidas de las principales quebradas, son menores, si se utiliza sólo la ecuación de retardo, de tal forma de entregar valores más acordes a lo investigado en terreno. Por lo demás también es posible ver una mayor distribución de caudales como ocurre en el caso de las quebradas ON1 y ON2 situación que simula de mejor forma la realidad.

Finalmente se decide utilizar sólo los valores entregados por la ecuación de retardo SCS, ya que ésta es la única adaptada para cuencas urbanas, y depende de la curva número, valor que representa la escorrentía de la zona.

Las tablas de valores de los cálculos iniciales de Tiempo de concentración para una situación actual, la determinación de la fórmula a utilizar en el cálculo de tiempo de concentración, además de la tabla de resultados con la primera simulación considerando el tiempo de concentración calculado como el promedio de las ecuaciones, se presenta en la tabla del Anexo D. La tabla de simulación para el tiempo de concentración calculado sólo con la fórmula SCS se adjunta en los anexos del capítulo V.

#### 4.3.4 Coeficientes de Escorrentía

Para determinar el coeficiente de escorrentía de un sector, es necesario un conocimiento detallado del área de estudio. En estricto rigor, este debe tener en cuenta factores de tipo climáticos y fisiográficos que influyen en la escorrentía, como las pérdidas por la interceptación, infiltración, evaporación, entre otros. Esto, ya que en la realidad el coeficiente de escorrentía, no sólo varía según las condiciones climáticas y estacionales, sino que dentro del período de una determinada lluvia. Sin embargo en la práctica, comúnmente se utilizan coeficientes constantes, que dependen del tipo de terreno y urbanización.

En este caso, para determinar el coeficiente de escorrentía para cada situación en el valle de Chicureo, se considera una revisión del uso del suelo actual y futuro, con el objeto de determinar el grado de ocupación del territorio en cuanto a tipologías de uso homogéneas y al tipo de cobertura que cada una de ellas presenta.

#### 4.3.4.1 Uso del Suelo.

La metodología adoptada para la definición del coeficiente de escorrentía, se basa en la identificación del grado de ocupación de territorio en zonas homogéneas según tipologías del uso de suelo, entendidas estas como zonas con características similares en cuanto al tipo de cobertura, con el fin de asignar valores de escorrentía correspondientes a los identificados por la literatura especializada.

Las tipologías de uso de suelo predominante, fueron redefinidas en base a las características de las urbanizaciones existentes en la zona alta del valle y zonas agrícolas e industriales de la parte baja. Con esto se determinaron once zonas de características homogéneas en cuanto al uso del suelo. De cada una de ellas, se obtuvo una manzana tipo, en la cual se midieron las superficies de cada una de las cubiertas del suelo.

TABLA 4.3  
DEFINICIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS DE USO DEL SUELO PREDOMINANTE

ZONA	SECTOR	DESCRIPCIÓN
1	QUEBRADAS: La Ñipa, El Manzano alto, El Loro, y zonas altas de Chicureo.	Zona de cerro, pendiente fuerte
2	CONDOMINIOS: En calle Guay Guay, Polo Manquehue, Los Algarrobos, Los Ingleses.	Condominios con casas aisladas, sin red colectora de aguas lluvia
3	CONDOMINIOS: Las Bandadas, El Bosque, Valle Norte	Condominios con red colectora de aguas lluvia que descarga a quebradas
4	CONDOMINIO: Hacienda Chicureo.	Cond. Con club de golf y piscinas de retención
5	CONDOMINIO: La Reserva.	Condominio con red recolectora de aguas lluvia que descarga a quebradas
6	SECTOR ENTRE: Alba 3-Loteo Los Libertadores-Fermin Vergara-Límite de Cuenca por norte.	Zona agrícola y parcelas de agrado
7	LOTEO: Los Libertadores.	Zona industrial con pavimentos y jardines
8	ZONA AGRÍCOLA: Entre Los Libertadores-Ruta 5	Sector plano, con afloramiento de totoras
9	ZONA INDUSTRIAL: Aguas Abajo Ruta 5 hasta FFCC	Zona industrial consolidada con pavimentos
10	ZONA AGRÍCOLA: Entre FFCC-Estero Las Cruces.	Sector plano, con afloramiento de pastizales
11	CONDOMINIO: Valle Grande	Sector plano, urbanizado

Considerando la clasificación de suelos mencionada, se procedió a catastrar la ocupación del suelo en cada una de ellas según tipo de cubierta, con el fin de asignar un valor de coeficiente de escorrentía ponderado a cada una.

Para cada una de las zonas se seleccionó una manzana representativa con el propósito de caracterizar el tipo de cubierta del suelo obtenido en dicha muestra. En ellas se midieron las superficies según cubierta, identificándose las categorías que se detallan en la tabla 4.3. Cada una de estas categorías de cubierta fueron identificadas previamente en la manzana tipo a través del análisis visual de fotos aéreas del año 2005. En el Anexo E se presentan las manzanas tipos para cada zona.

#### 4.3.4.2 Cálculo del Coeficiente de Escorrentía (C)

Se tomó en consideración los valores entregados en la literatura especializada para distintas características de superficies. En la tabla 4.4 se entrega un resumen con valores de C recomendados para distintos tipos de cobertura.

**TABLA 4.4**  
**VALORES DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA RECOMENDADOS, SEGÚN TIPO DE SUPERFICIE**

Tipo de Superficie	Coefficiente Escorrentía	de C	Promedio
<b>- Áreas residenciales</b>			
Casas aisladas	0.30 - 0.50		0.40
Condominios aislados	0.40 - 0.60		0.50
Condominios pareados	0.60 - 0.75		0.68
<b>- Áreas industriales</b>			
Grandes industrias	0.50 - 0.80		0.65
Pequeñas	0.60 - 0.90		0.75
Parques y jardines	0.10 - 0.25		0.18
<b>- Calzadas</b>			
Asfalto	0,70 - 0,95		0.83
Concreto	0,80 - 0,95		0.88
Ladrillo	0,70 - 0,85		0.78
Aceras y Pasajes	0,75 - 0,85		0.80
Techos	0,75 - 0,95		0.85
<b>- Prados en Suelos Arenosos</b>			
Planos (□ 2%)	0,05 - 0,10		0.08
Medios (2% a 7%)	0,10 - 0,15		0.13
Gran Pendientes (>7%)	0,15 - 0,20		0.18
<b>- Prados en Suelos Arcillosos</b>			
Planos (□ 2%)	0,13 - 0,17		0.15
Medios (2% a 7%)	0,18 - 0,22		0.20
De gran pendiente (>7%)	0,25 - 0,35		0.30
<b>- Áreas Verdes</b>			
	0,31 - 0,55		0,43

Fuente: "Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos. Guía de Diseño. MINVU

A partir de los valores indicados en la tabla anterior, y la distribución del uso del suelo, en las manzanas tipo de las zonas, se determinaron los coeficiente de escorrentía para las diferentes zonas definidas, en base a la suma ponderada entre los porcentajes de cobertura de suelo y los valores establecidos por la literatura para C. El resumen de tablas, que muestra dichos cálculos se presenta en el Anexo F.

Entre los comentarios y consideraciones que se establecieron con la metodología anterior, se tiene:

**Zona 1:** Para las zonas altas y cerros de fuerte pendiente del área de estudio se consideró un coeficiente de escorrentía equivalente a 0,30. En el caso de que la zona presente pendientes mayores al 10%, se considerará el valor máximo 0.35.

**Zonas 2, 3, 5:** Para estas zonas, se consideró un coeficiente de escorrentía ponderado en el cual se encuentran usos de suelo tanto como condominios aislados, calzadas de asfaltos y áreas verdes. En el caso específico de La Reserva, se consideró el uso del C máximo, debido a la fuerte pendiente que presentan los condominios. Para el resto de las zonas, en el caso que presenten pendientes mayores al 6% se considerará, también el valor máximo del C.

**Zona 4:** A diferencia de las zonas 2, 3, 5, esta zona consta de una superficie definida como casas aisladas, debido a la baja densidad de construcciones que se presentan, principalmente, en el interior del club de golf.

- Zona 6: Zona que se encuentra en el sector más bajo y plano del valle de Chicureo, aguas arriba del puente Los Patos en la Ruta 57, se consideraron los “patios” de las casas, como suelos arcillosos planos
- Zona 7 y 9: Éstas fueron consideradas como áreas industriales grandes, con parques y jardines y calzadas de asfalto.
- Zona 8 y 10: Estas zonas engloban los predios agrícolas, planos que se encuentran en el área de interés. Para éstos, se consideró  $C = 0.15$ , correspondiente a suelos arcillosos planos (<2%)
- Zona 11: Este sector representa la superficie utilizada por la urbanización Valle Grande, ubicada en la comuna de Lampa, en donde se desarrollan las alternativas de trazado 2 y 3. Para esta superficie, se consideró el uso de suelo según condominios pareados, calzadas de asfalto y techos.

En la tabla 4.5 se entregan los valores obtenidos de C para las distintas zonas definidas en la cuenca del estero Los Patos.

TABLA 4.5  
COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA PONDERADO PARA ZONAS DEFINIDAS.

ZONA	Coeficiente de Escorrentía		
	Min	Max	Medio
ZONA 1	0.25	0.35	0.30
ZONA 2	0.40	0.63	0.51
ZONA 3	0.42	0.66	0.54
ZONA 4	0.33	0.56	0.45
ZONA 5	0.41	0.65	0.53
ZONA 6	0.38	0.60	0.49
ZONA 7	0.44	0.71	0.58
ZONA 8	0.13	0.17	0.15
ZONA 9	0.55	0.81	0.68
ZONA 10	0.13	0.17	0.15
ZONA 11	0.70	0.94	0.83

Los coeficientes de escorrentía correspondientes a la situación futura se determinaron redefiniendo los límites de las zonas mencionadas anteriormente, tomando en cuenta el desarrollo urbano previsto en el área de estudio, sin modificar los valores calculados para el coeficiente de escorrentía.

#### 4.3.5 Coeficientes de Manning.

El Coeficiente n de Manning corresponde al valor que representa la resistencia al escurrimiento en un canal dado. En este caso se aplica para las vías de escurrimiento de las aguas lluvias de Chicureo, correspondientes a canales revestidos, cauces natural, calles, avenidas, entre otros. De esta forma se estimaron los valores, separando en las categorías más representativas y tomando los valores recomendados por bibliografía estudiada.

**TABLA 4.6**  
**COEFICIENTE DE MANNING.**

Tipo de conducción	n Manning
Canales de tierra	0,035
Cauces Naturales	0,040
Planicies Agrícolas y áreas verdes	0,050
Tubería Cemento Comprimido	0.015
Tubería PVC, HDPE	0.010
Camino de tierra	0,035
Camino asfaltado parcialmente	0,025
Camino asfalto (mal estado)	0,025
Camino Pavimentado	0,020

Fuente: Ven Te Chow

#### **4.3.6 Número de Curva (SCS)**

Utilizando una metodología similar a la descrita para la obtención del coeficiente de escorrentía, se estimaron los valores de la Curva Número para cada una de las zonas definidas en el valle de Chicureo.

En efecto, tomando en cuenta los valores de Curva Número publicados por Ven te Chow<sup>2</sup>, para grupo C de suelo, y el uso del mismo en cada manzana tipo, se obtuvo un valor ponderado para este parámetro. En la siguiente tabla se presentan los valores obtenidos.

**TABLA 4.7**  
**VALORES DE CURVA NÚMERO.**

ZONA	Curva Número
ZONA 1	77
ZONA 2	79
ZONA 3	80
ZONA 4	75
ZONA 5	80
ZONA 6	77
ZONA 7	86
ZONA 8	74
ZONA 9	87
ZONA 10	78
ZONA 11	88

En el Anexo F se presentan la serie de datos que permitieron determinar finalmente dichos valores de Curva número para cada zona.

<sup>2</sup> Pág. 154-155 Edición 1994

## **CAPÍTULO 5 DIAGNÓSTICO DEL DRENAJE DEL VALLE DE CHICUREO PARA DISTINTOS ESCENARIOS.**

### **5.1 Situación Actual.**

En este escenario se tiene como objeto representar la red de colectores y canales existentes a la fecha, con la condición actual de escurrentía, junto con los parámetros geomorfológicos de la cuenca. De esta forma será posible obtener una modelación del sistema de drenaje del valle de Chicureo, que permita cuantificar, los caudales que escurren por las vías de evacuación, y los volúmenes de inundación, en las zonas correspondientes. Con esto se podrá evaluar eventuales soluciones para disminuir los volúmenes de inundación, estableciendo un sistema de drenaje aceptable para esta zona.

El modelo en si, incluye: quebradas, colectores existentes, vías principales de escurrimiento y lagunas de retención ya construidas. Para el caso de zonas sin infraestructura, se incorporan nodos y links que permiten representar el tránsito del escurrimiento en terreno natural, así como las inundaciones en estas zonas.

#### **5.1.1 Información incorporada al Modelo**

En el modelo se ingresaron los siguientes tipos de elementos:

**Colectores:** Se incorporó la información recopilada en el catastro realizado por LAD, Ingenieros Consultores.

**Quebradas:** Perfiles transversales representativos de cada quebrada obtenidos del estudio de Plan Maestro de Santiago (PM-01) y recorridos del terreno. Se determinó la sección para cada una, asumiendo una pendiente a partir de la cartografía del estudio “Diseño Definitivo de la Red Primaria del Sistema de Aguas Lluvias del Estero Los Patos, Región Metropolitana” Informa Etapa I.

**Canales:** Mediante levantamiento en terreno de perfiles representativos de los canales, se determinó la sección y la pendiente para cada uno.

**Calles:** Se modeló una calle tipo, dependiendo de cada sector. La determinación de la geometría se realizó en base al recorrido en terreno.

**Lagunas:** Tomando como base la inspección en terreno y los proyectos de mitigación de aguas lluvias pertenecientes a las inmobiliarias, se determinó el volumen actual de acumulación de las lagunas ya construidas, las que fueron incorporadas como nodos de acumulación.

Para la modelación, se definieron vías de escurrimientos principales, tales como cauces naturales, colectores y calles principales. Entre los cursos de agua se tiene:

- Quebrada La Ñipa.
- Quebrada El Manzano.
- Quebrada El Loro.
- Quebrada Los Maitenes y La Región.

- Canal Batuco y Colina.
- Canal Estero Los Patos.
- Canal Coquimbo.
- Canal La Montaña.

En el caso de los colectores, se consideran los existentes, ubicados en el interior de los condominios de Piedra Roja, Chamisero y Pan de Azúcar.

Con el fin de comprender el comportamiento de las aguas superficiales y transportar los flujos correspondientes a los desbordes de los canales existentes pertenecientes al sistema establecido, previo estudio de cursos de las aguas, se modelaron como vías de escurrimiento calles y avenidas principales, como fue mencionado anteriormente.

Dicha modelación corresponde principalmente a las calles:

- Guay Guay.
- Los Ingleses.
- Los Algarrobos.
- Chicureo.
- Av Chicureo.
- Alba 1 y 2.
- Av Coquimbo.

Junto con representar la infraestructura ya construida, se simuló el escurrimiento a través de sitios eriazos o praderas mediante links con características que permitieran representar tiempos de concentración acordes con las características del terreno, adoptando coeficientes de rugosidad suficientemente altos y anchos considerables, de tal forma de representar el traslado de desbordes de canales hacia otros nodos de la red.

Los canales Batuco y Colina se modelaron tomando como base la inspección en terreno, la información geométrica señalada en el estudio de Plan Maestro y los antecedentes entregados por la Asociación de Canalistas.

De esta manera, se consideró el inicio del canal Colina y la descarga de ambos canales en puntos distantes del área de estudio, con un caudal de inyección cercano a su capacidad, considerando así una situación desfavorable y logrando representar los desbordes de los canales debido a los aportes de escorrentía de aguas lluvias.

Por otra parte, tanto la Ruta G57 como la Ruta 5 actúan como barreras artificiales al escurrimiento de las aguas. La Ruta G57 permite el paso de las aguas en dos puntos, el puente Los Patos y una alcantarilla que se encuentra unos 550 m hacia el norte, frente a un retén de Carabineros abandonado. La Ruta 5 permite el paso de las aguas en varios puntos. Los pasos principales son las alcantarillas de los canales La Montaña y Cañaverál. En este último, se conducen parte de las aguas del estero Los Patos. Todos los atravesos se definieron como links cuya geometría corresponde a los catastros realizados, con nodos al inicio y al final del atraveso

La línea férrea también constituye una barrera que obliga a conducir las aguas a través de los principales atravesos existentes que son el canal La Montaña, canal San Ignacio y el estero Los Patos.

La información incorporada al modelo correspondiente a nodos, áreas aportantes y vías principales de escurrimiento se resume en la tabla 5.1

TABLE 5.1  
Características de Áreas Aportantes para Modelo Situación Actual.

Cuencas	Nodos	Área Aportante	Área (ha)	Longitud de Cauce m	Pendiente (m/m)	Coef de Escorrentía	TC Adoptado (min)
QUEBRADAS ZONA NORTE DEL VALLE							
La Ñipa	LÑ-1	Q. La Ñipa	2,053.76	5,594.00	0.126	0.35	105.00
Calle Guay Guay							
Condominio Los Cóndores	LCON-1	GG-08	15.68	728	0.026	0.51	45.00
	LCON-2	GG-10	16.26	651	0.013	0.51	55.00
Aeródromo	GUAY-1	GG-09	41.42	1090	0.026	0.49	60.00
Condominio Alto Chicureo	GUAY-2	GG-06	12.06	641	0.009	0.51	65.00
		GG-07	12.10	636	0.016	0.51	50.00
	GUAY-3	GG-05	24.81	870	0.029	0.30	45.00
	GUAY-4	GG-04	23.76	834	0.016	0.30	60.00
	LPIII-1	LP3-14	4.82	182	0.027	0.51	15.00
Aporte Los Polos III	LPIII-4	LP3-16	16.91	999	0.036	0.51	45.00
		LP3-17	19.35	1033	0.034	0.51	50.00
	LPIII-5	LP3-18	12.58	612	0.029	0.51	35.00
	LPIII-6	LP3-19	9.72	417	0.048	0.51	20.00
Condominio Los Italianos	GUAY-5	GG-03	9.88	245	0.020	0.51	20.00
	GUAY-6	GG-02	20.10	632	0.036	0.35	35.00
	GUAY-7	GG-01	54.92	1037	0.070	0.30	35.00
Condominio Polo Manquehue I	LPI-1	LPI-01	15.66	518	0.023	0.51	35.00
		LPI-02	12.09	631	0.017	0.51	45.00
	LPI-2	LPI-03	11.14	667	0.012	0.51	60.00
		LPI-04	11.24	732	0.015	0.51	55.00
	LPI-3	LPI-05	5.11	285	0.014	0.51	30.00
		LPI-06	4.38	254	0.016	0.51	25.00
	LPI-4	LPI-07	13.81	766	0.013	0.51	60.00
		LPI-08	18.22	867	0.015	0.51	65.00
	LPI-5	LPI-09	5.31	332	0.015	0.51	30.00
		LPI-10	3.63	310	0.010	0.51	35.00
	LPI-6	LPI-11	12.26	490	0.018	0.51	40.00
		LPI-12	10.17	485	0.012	0.51	45.00
	LPI-7	LPI-13	6.17	339	0.015	0.51	30.00
	Condominio Polo Manquehue II	LPII-1	LP2-1	8.20	422	0.007	0.51
LPII-2		LP2-2	12.72	446	0.016	0.51	40.00
		LP2-6	5.30	365	0.016	0.51	30.00
LPII-3		LP2-3	13.61	641	0.012	0.51	55.00
LPII-4		LP2-5	5.45	428	0.016	0.51	35.00
LPII-5	LP2-4	14.68	594	0.013	0.51	50.00	
Condominio Los Algarrobos I	LALGAI-1	LAL-01	16.05	546	0.010	0.51	55.00
	LALGAI-2	LAL-02	18.08	608	0.017	0.51	45.00
Condominio Los Algarrobos IVB	LALGAI-3	LAL-03	3.89	667	0.007	0.51	75.00
	LÑ-2	LAL-06	16.42	744	0.017	0.51	45.00
		LAL-07	16.38	933	0.013	0.51	60.00
	LALGAIVB-2	LAL-05	10.20	682	0.016	0.51	50.00
		LAL-04	6.55	403	0.015	0.51	35.00
	LALGAIVB-3	LAL-08	5.45	364	0.011	0.51	40.00
		LAL-10	4.21	325	0.015	0.51	30.00
	LALGAIVB-4	LAL-11	12.89	678	0.009	0.51	70.00
Condominio Los Algarrobos IVA	LALGAIVA-1	LAL-12	15.64	993	0.009	0.51	70.00
	LALGAIVA-2	LAL-13	17.77	197	0.041	0.51	15.00
Condominio Los Algarrobos III	LALGAIII-1	LAL-14	14.18	322	0.016	0.51	30.00
Condominio Chicureo III	CHICU-1	LAL-15	5.37	383	0.018	0.51	30.00
	CHICU-2	LAL-17	14.52	390	0.023	0.51	30.00
		LAL-18	13.12	386	0.021	0.51	30.00
	CHICU-3	LAL-16	9.65	247	0.028	0.51	20.00
		LAL-19	13.31	325	0.025	0.51	25.00
El Castillo	ELCAST-1	El Castillo	59.19	1095	0.216	0.35	25.00
Canal El Manzano	CAMELALGA-1	LAL-09	19.15	1232	0.013	0.49	95.00
		LAL-10	29.56	502	0.119	0.63	20.00
Avenida Chicureo	AVCHICU-1	AV-CHIC-1	19.96	970	0.014	0.51	75.00

Cuencas	Nodos	Área Aportante	Área (ha)	Longitud de Cauce m	Pendiente (m/m)	Coef de Escorrentía	TC Adoptado (min)
	AVCHICU-2	AV-CHIC-2	18.09	637	0.014	0.49	55.00
	AVCHICU-3	ALBA ALTO	13.23	607	0.008	0.51	70.00
		Cerro Loica	44.06	416	0.077	0.63	20.00
Condominio Los Ingleses	LOSINGLE-1	COND-LI1	9.49	204	0.034	0.51	15.00
	LOSINGLE-2	COND-LI2	9.81	395	0.005	0.51	60.00
	LOSINGLE-3	CHI-01	13.04	704	0.009	0.51	70.00
CHI-02		15.77	1060	0.006	0.51	115.00	
Condominio Los Castaños	LÑ-3	LI-01	93.70	1344	0.011	0.49	110.00
		LI-02	19.31	420	0.166	0.63	15.00
	LOSINGLE-5	CHI-03	2.08	365	0.003	0.51	75.00
	LOSCAST-1	LC-1	5.98	351	0.009	0.51	40.00
	LOSCAST-2	LCAST-3	12.99	347	0.012	0.51	35.00
	LOSCAST-3	LC-2	5.91	349	0.009	0.51	40.00
	LOSCAST-4	LCAST-1	31.84	800	0.010	0.49	80.00
PIEDRA ROJA	LOSINGLE-6	LI-03	85.24	1167	0.011	0.49	100.00
		LI-04	24.82	1240	0.004	0.51	160.00
	LOSINGLE-7	Los Ingleses	1805.31	6926	0.091	0.30	145.00
Quebrada El Manzano	ELMAN-1	Q El Manzano	1490.92	7368	0.160	0.35	115.00
Condominio Polo Manquehue III	LPIII-3	LP3-15	8.46	165	0.042	0.51	10.00
Condominio Las Bandadas	LBAND-1	El Manzano	28.64	1306	0.011	0.51	105.00
	LBAND-2	MAN-01	4.06	394	0.010	0.54	40.00
	LBAND-3	LAGUNA	55.13	1428	0.034	0.54	70.00
	LBAND-4	MAN-02	4.54	313	0.022	0.54	25.00
	LBAND-5	MAN-07	8.78	474	0.034	0.54	30.00
	LBAND-6	MAN-03	3.83	143	0.049	0.54	10.00
	LBAND-7	MAN-04	4.01	262	0.019	0.54	25.00
	LBAND-8	MAN-06	2.30	276	0.025	0.54	20.00
		MAN-05	5.28	360	0.019	0.54	30.00
LBAND-9	MAN-08	8.77	559	0.029	0.54	35.00	
Quebrada Piedra Blanca	QPBL-1	Q Piedra Blanca	496.49	5947	0.163	0.35	95.00
Condominio El Bosque	ELBOSQ-1	BO-05	81.08	2240	0.134	0.35	50.00
	ELBOSQ-2	BPO-01	18.09	691	0.043	0.54	30.00
		BO-02	12.44	607	0.043	0.54	30.00
	ELBOSQ-3	BO-03	6.16	614	0.045	0.54	30.00
		BO-04	7.27	617	0.044	0.54	30.00
BO-05		752.69	5890	0.109	0.35	115.00	
Condominio Hacienda de Chicureo	HCH-1	HCHI-21	20.15	931	0.012	0.30	75.00
	HCH-2	HCHI-01	15.73	2001	0.023	0.54	110.00
		HCHI-02	15.46	1098	0.018	0.54	80.00
	HCH-3	HCHI-03	24.35	973	0.015	0.30	75.00
		HCHI-04	12.27	805	0.157	0.35	20.00
	HCH-4	HCHI-05	14.01	924	0.014	0.54	80.00
		HCHI-06	40.11	1418	0.110	0.35	40.00
	HCH-5	HCHI-07	10.77	656	0.031	0.54	40.00
		HCHI-08	11.07	808	0.025	0.54	55.00
	HCH-6	HCHI-09	16.42	572	0.028	0.54	40.00
		HCHI-10	8.51	653	0.046	0.54	35.00
Quebrada Las Cabras	HCH-7	HCHI-11	11.00	440	0.039	0.54	30.00
		HCHI-12	45.37	1193	0.254	0.35	25.00
	HCH-8	HCHI-13	6.70	567	0.016	0.54	50.00
		HCHI-14	15.85	969	0.043	0.54	45.00
	HCH-9	HCHI-15	11.92	753	0.017	0.54	60.00
		HCHI-16	12.99	321	0.058	0.54	20.00
Quebrada El Bolsón	HCH-10		16.65	616	0.043	0.54	35.00
		HCH-11	HCHI-25	174.53	2679	0.173	0.35
	HCH-12	HCHI-17	9.98	502	0.035	0.54	30.00
		HCHI-18	15.87	715	0.037	0.54	40.00
		HCHI-19	3.97	290	0.028	0.54	25.00
HCH-13	HCHI-20	11.36	362	0.033	0.54	25.00	
HCH-14	HCHI-24	160.31	3375	0.160	0.35	60.00	
Quebrada Las Rosas	HCH-15	HCHI-23	30.74	1240	0.166	0.35	30.00
Quebrada el Loro	QEL-2	HCHI-26	56.80	2035	0.009	0.30	175.00
		HCHI-27	59.75	2035	0.057	0.30	70.00

Cuencas	Nodos	Área Aportante	Área (ha)	Longitud de Cauce m	Pendiente (m/m)	Coef de Escorrentía	TC Adoptado (min)
<b>QUEBRADAS ZONA SUR DEL VALLE</b>							
Quebrada La Virgen	LV		407.27	3,875.00	0.055	0.3	115.00
Quebrada Los Maitenes	LM-02	VN-07	4.00	307	0.010	0.54	35.00
	LM-03	VN-09	4.20	288	0.017	0.54	25.00
		VN-16	30.80	1250	0.233	0.35	25.00
	LM-04	VN-11	1.50	198	0.017	0.54	20.00
	LM-05	Q Los Maitenes	1757.00	6457	0.116	0.30	120.00
Quebrada La Región	REG-01	VN-01	7.60	344	0.006	0.38	50.00
		VN-02	3.10	283	0.012	0.54	30.00
	REG-02	VN-03	1.80	158	0.010	0.54	20.00
		VN-04	4.50	329	0.004	0.54	55.00
		VN-05	7.00	430	0.007	0.54	55.00
		VN-13	5.80	332	0.015	0.38	35.00
	REG-03	VN-06	4.30	226	0.010	0.54	25.00
		VN-12	5.40	324	0.031	0.54	20.00
	REG-04	VN-08	4.20	237	0.004	0.54	45.00
		VN-20	35.80	790	0.241	0.35	20.00
	REG-05	VN-10	6.00	398	0.007	0.54	50.00
	REG-06	VN-21	10.00	450	0.019	0.38	35.00
	REG-07	Q La Región	378.40	3514	0.148	0.30	65.00
		VN-18	98.50	2055	0.131	0.30	45.00
Quebrada ON 2	N-01	LR-01	42.80	420.00	0.631	0.35	10.00
		LR-02	34.50	685.00	0.380	0.35	10.00
	N-02	LR-03	44.50	479.00	0.532	0.35	10.00
		LR-04	82.20	799.00	0.338	0.35	15.00
Quebrada ON 1	N-03	LR-05	69.70	727.00	0.220	0.35	15.00
		LR-06	55.59	767.00	0.241	0.35	15.00
	N-04	LR-07	26.69	895.99	0.324	0.35	15.00
		LR-08	32.40	1,216.00	0.311	0.35	20.00
	N-05	LR-09*	26.05	936.00	0.233	0.35	20.00
		LR-10*	18.84	891.00	0.245	0.35	20.00
Quebrada ON 2	N-12	LR-11	31.16	645.38	0.314	0.35	15.00
		LR-18	8.03	411.64	0.056	0.65	20.00
	N-08	LR-13	18.02	506.60	0.073	0.35	20.00
	N-10	LR-15	21.77	637.44	0.317	0.35	15.00
	N-11	LR-16	10.86	294.00	0.510	0.35	5.00
		LR-17	8.53	173.43	0.923	0.35	5.00
	N-06	LR-19	8.99	277.40	0.108	0.65	10.00
<b>ZONA PLANA ENTRE AV EL VALLE Y RUTA 57</b>							
	Aa-1		123.36	1034.00	0.111	0.53	30.00
	Aa-2		94.84	969.00	0.116	0.53	30.00
	BT-11	ALB-03	18.35	363.00	0.008	0.49	45.00
	All-4	ALB-04	31.11	868.00	0.006	0.60	110.00
	All-5	ALB-05	31.54	911.00	0.005	0.38	115.00
		ALB-06	47.13	941.00	0.007	0.38	100.00
	All-7	ALB-07	37.57	718.00	0.010	0.38	70.00
	ca-8a	ALB-08a	30.80	618.00	0.024	0.38	40.00
	Al-8b	ALB-08b	14.50	490.00	0.013	0.38	45.00
	Al-9b	ALB-9b	49.98	799.00	0.009	0.49	80.00
	Al-10a	ALB-10a	21.09	540.00	0.015	0.49	50.00
	Al-10b	ALB-10b	23.55	550.00	0.015	0.49	50.00
	chi-11	ALB-11	31.67	845.00	0.008	0.38	90.00
		CAR27	45.58	855.00	0.008	0.38	90.00
	ca-12	ALB-12	19.60	671.00	0.010	0.49	65.00
	ca-13	ALB-13	38.72	924.00	0.008	0.38	100.00
	ca-14	ALB-14	10.84	475.00	0.011	0.49	50.00
	U-15	ALB-15	10.17	479.00	0.006	0.49	65.00
	R57-16	ALB-16	13.98	510.00	0.014	0.49	45.00
	R57-16a	ALB-16a	51.72	639.00	0.011	0.60	65.00
			24.76	1190.00	0.035	0.60	0.00
	Puente	ALB-17	31.02	935.00	0.007	0.49	100.00
		ALB-18b	12.80	649.00	0.006	0.38	85.00
	ca-18a	ALB-18a	25.00	950.00	0.008	0.38	95.00

Cuencas	Nodos	Área Aportante	Área (ha)	Longitud de Cauce m	Pendiente (m/m)	Coef de Escorrentía	TC Adoptado (min)	
	cl-19a	ALB-19a	22.50	640.00	0.009	0.38	70.00	
	cl-19b	ALB-19b	14.40	670.00	0.010	0.38	65.00	
	R57-20	ALB-20	41.04	698.00	0.003	0.60	130.00	
	R57-21	ALB-21	37.43	976.00	0.002	0.38	200.00	
	cl-22	ALB-22	40.57	671.00	0.010	0.38	65.00	
	cl-23	ALB-23	30.44	1000.00	0.003	0.60	165.00	
	chi-22	CAR24	39.94	752.00	0.007	0.60	90.00	
		ALB-2a	12.53	752.00	0.007	0.60	90.00	
	R57-25	CAR25	35.48	811.00	0.006	0.38	100.00	
	R57-26	CAR26	35.76	1153.00	0.003	0.38	200.00	
	COL-8	CAR28	28.20	922.00	0.011	0.38	85.00	
	COL-9	CAR29	34.90	801.00	0.006	0.38	100.00	
	COL-10	CAR30	33.15	821.00	0.005	0.38	115.00	
	sc-31	CAR33	30.84	1125.00	0.004	0.38	150.00	
		CAR31	35.01	900.00	0.008	0.38	95.00	
	sl-32	CAR32	33.24	847.00	0.008	0.49	90.00	
	sm-34	CAR34	35.73	1056.00	0.003	0.49	180.00	
	R57-35	CAR35	30.44	933.00	0.009	0.49	95.00	
		CAR36	26.37	1122.00	0.003	0.38	195.00	
<b>CANAL EL CARMEN</b>								
	CARM-01		51.87	640.00	0.422	0.35	10.00	
	CARM-02		30.25	800.00	0.338	0.35	15.00	
	CARM-03		30.73	780.00	0.333	0.35	15.00	
<b>CANAL BATUCO</b>								
	BT-01		57.53	705.77	0.524	0.35	10.00	
	BT-02	CAN-03	23.64	502.00	0.737	0.35	10.00	
	BT-03	CAN-04	27.90	307.97	0.584	0.35	5.00	
	BT-04		18.71	304.80	0.558	0.35	5.00	
	BT-06		4.60	400.00	0.010	0.35	45.00	
	BT-07		16.13	510.00	0.176	0.30	15.00	
	BT-08		38.80	800	0.160	0.38	20.00	
				7.80	525	0.023	0.38	40.00
<b>CANAL COLINA</b>								
	COL -03		9.13	680	0.015	0.35	55.00	
<b>ESTERO LOS PATOS</b>								
Estero Los Patos. Trazado Actual	lp-16	LPZB12	16.07	810	0.007	0.49	100.00	
		LPZ B13	9.26	800	0.008	0.49	95.00	
	lp-15	LPZB16	26.29	805	0.011	0.49	55.00	
	lp-14	LPZB17	24.13	870	0.005	0.58	90.00	
	lp-13	LPZB15	36.19	892	0.006	0.58	85.00	
		LPZB21	1.29	380	0.003	0.15	90.00	
	lp-10	LPZB18	51.20	1670	0.008	0.58	170.00	
	lp-9	LPZB19	67.79	1445	0.010	0.58	130.00	
	lp-8	LPZB29	20.93	340	0.006	0.15	55.00	
		LPZB31	25.93	600	0.003	0.15	115.00	
	lp-8a	LPZB20	27.03	650	0.092	0.15	25.00	
		LPZB20a	30.81	840	0.071	0.15	35.00	
	lp-7	LPZB30	12.41	550	0.004	0.15	105.00	
			LPZB32	28.79	910	0.003	0.15	160.00
	lp-4	LPZB48	31.47	810	0.002	0.68	170.00	
	lp-3	LPZB49	21.85	980	0.001	0.68	210.00	
	lp-2	LPZB50	32.95	965	0.001	0.68	205.00	
		LPZB51	23.28	965	0.001	0.68	205.00	
	lp-1	LPZB73	13.57	620	0.003	0.68	85.00	
		LPZB74	13.18	350	0.006	0.68	60.00	
	lp-17	LPZB34b	26.54	800	0.003	0.15	115.00	
	lp-7a	LPZB33	36.87	925	0.003	0.15	165.00	
		LPZB34a	13.55	950	0.002	0.15	145.00	
DLC	LPZB91	22.18	811	0.005	0.15	120.00		
	LPZB92	23.43	650	0.005	0.15	105.00		
<b>INDUSTRIAS CONDOMINIO LA ALBORADA. CALLE COQUIMBO</b>								
Canal de regadío al sur del Condominio La Alborada	a-4	LPZB03	49.23	1140	0.006	0.49	140.00	
	a-3	LPZB01	226.30	1840	0.007	0.49	135.00	
	a-2	LPZB02	122.99	974	0.005	0.49	95.00	
Canal de regadío al norte de	a-1	LPZB07	36.44	950	0.005	0.49	130.00	

Cuencas	Nodos	Área Aportante	Área (ha)	Longitud de Cauce (m)	Pendiente (m/m)	Coef de Escorrentía	TC Adoptado (min)
industrias	i-2	LPZB05	38.28	920	0.007	0.49	115.00
		LPZB10	23.57	914	0.010	0.49	95.00
		LPZB11	31.19	895	0.008	0.49	105.00
	i-1	LPZB06	41.43	990	0.007	0.49	120.00
Canal adyacente a calle Coquimbo	q-2	LPZB04	57.12	735	0.005	0.49	105.00
	q-1	LPZB14	20.15	975	0.005	0.58	95.00
		LPZB08	26.19	1020	0.004	0.49	110.00
		LPZB09	6.10	1500	0.002	0.15	210.00

Aquella información relativa a la geometría de los colectores se presenta en el Anexo G, mientras que las vías de escurrimiento asignadas en el modelo, junto a los nodos de ingreso de caudal se presentan por sector modelado, en las siguientes figuras. Los subsectores e su conjunto se pueden apreciar en a figura Figura 4.1 “Subsectores en zona de estudio” del capítulo IV del presente estudio.

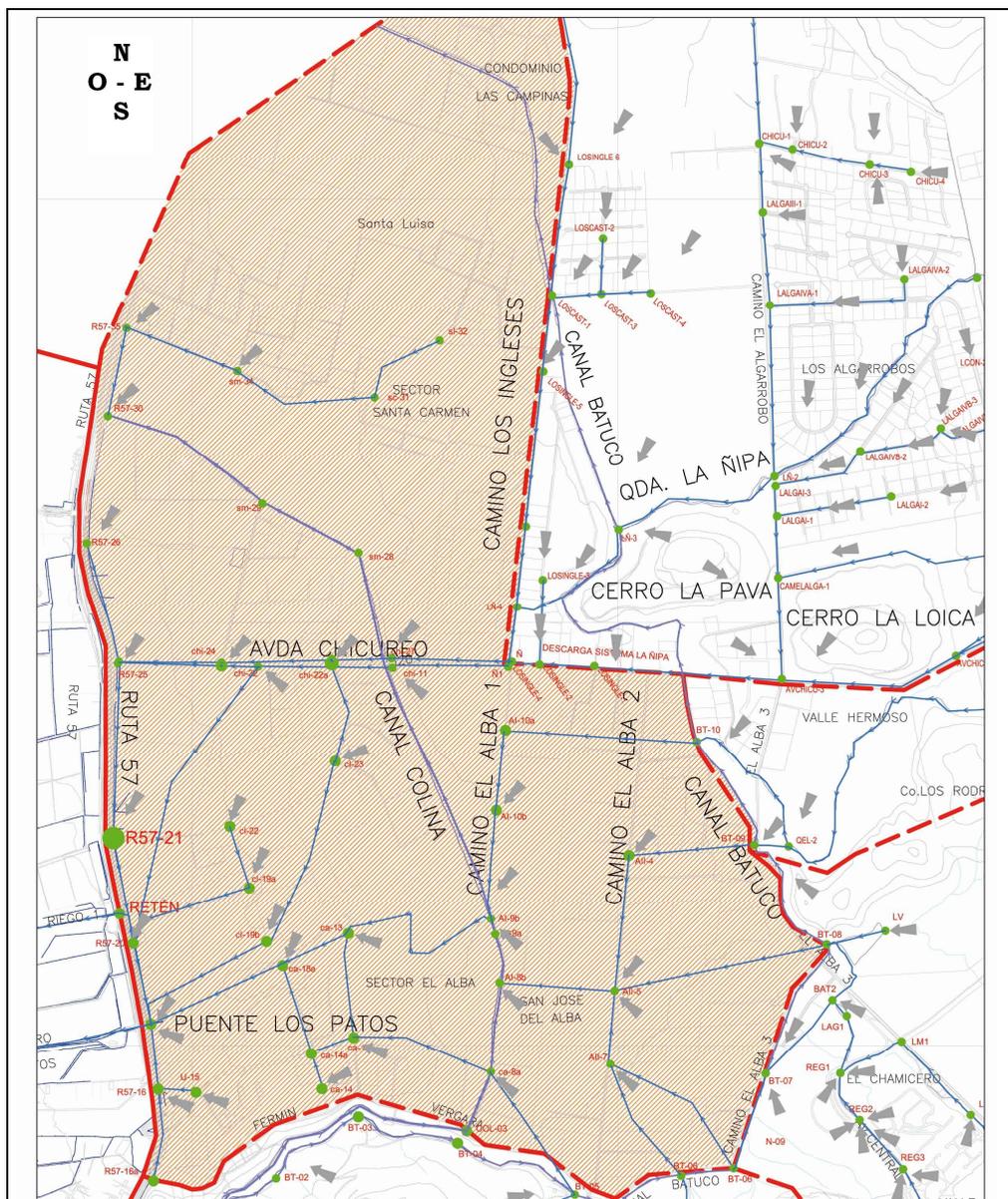


FIGURA 5.1  
MODELACIÓN EN SUBSECTOR 1

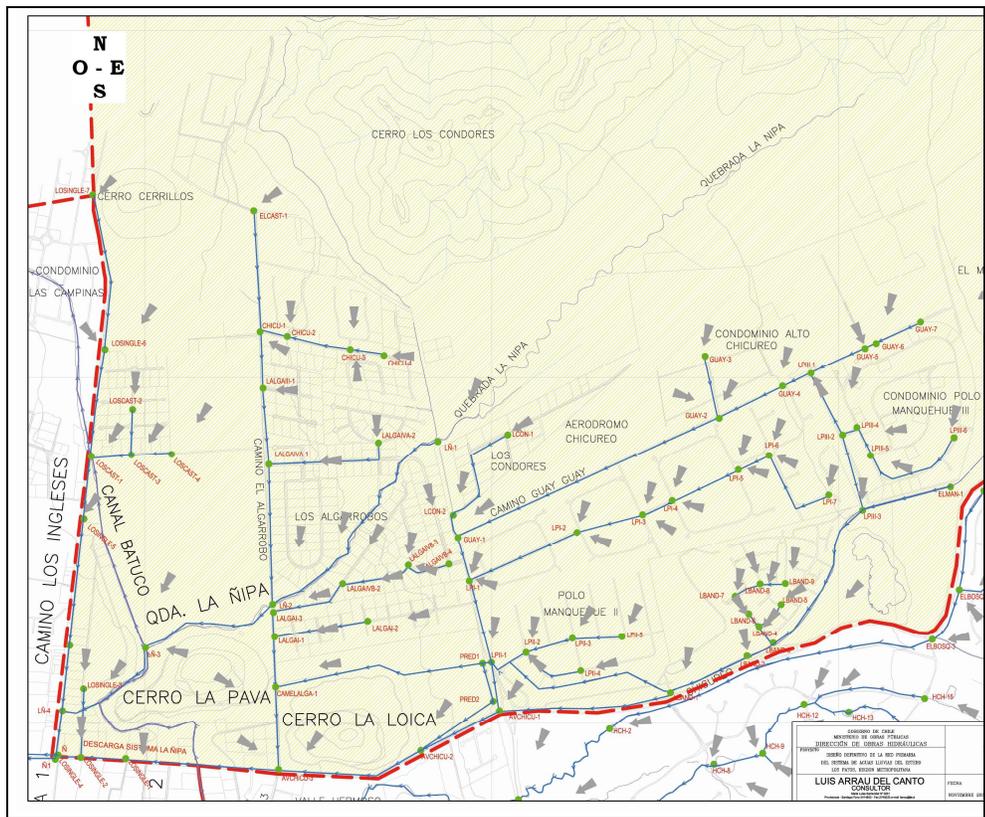


FIGURA 5.2  
 MODELACIÓN EN SUBSECTOR 2

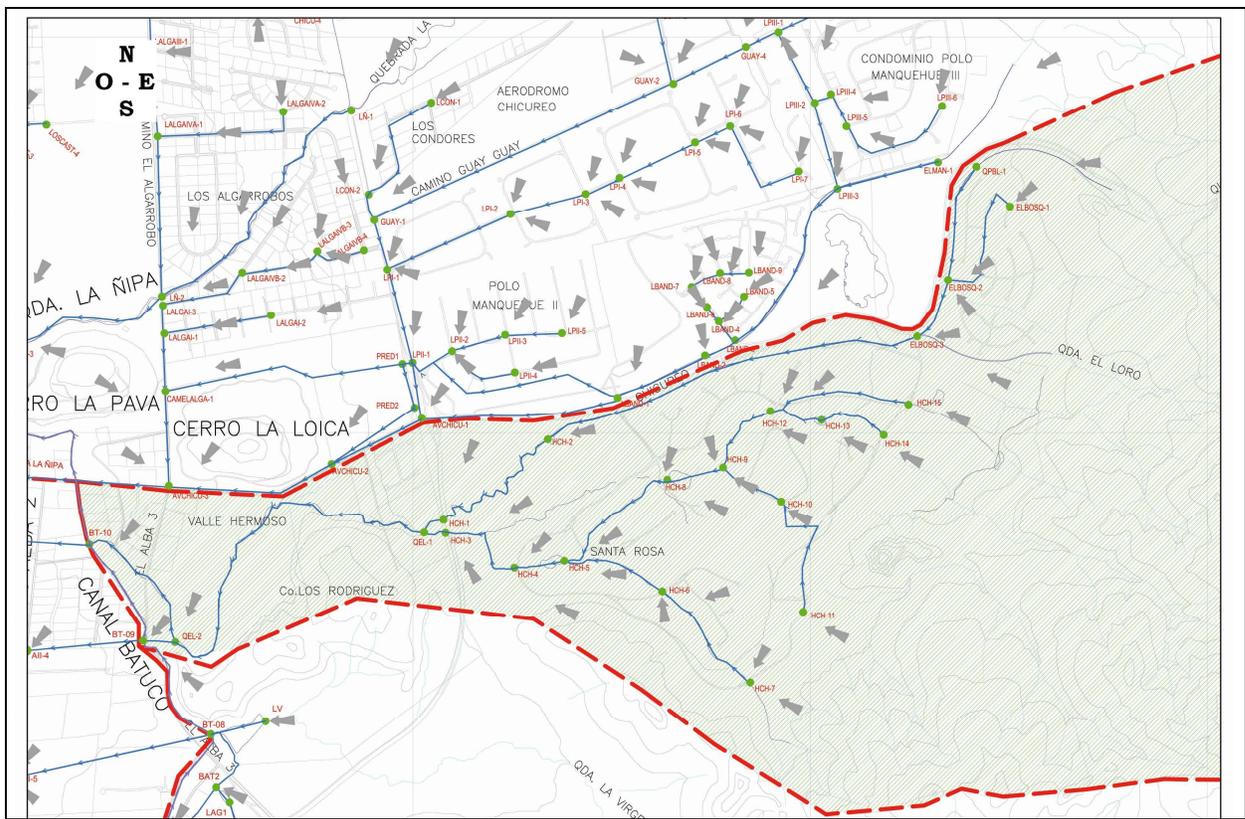


FIGURA 5.3  
 MODELACIÓN EN SUBSECTOR 3

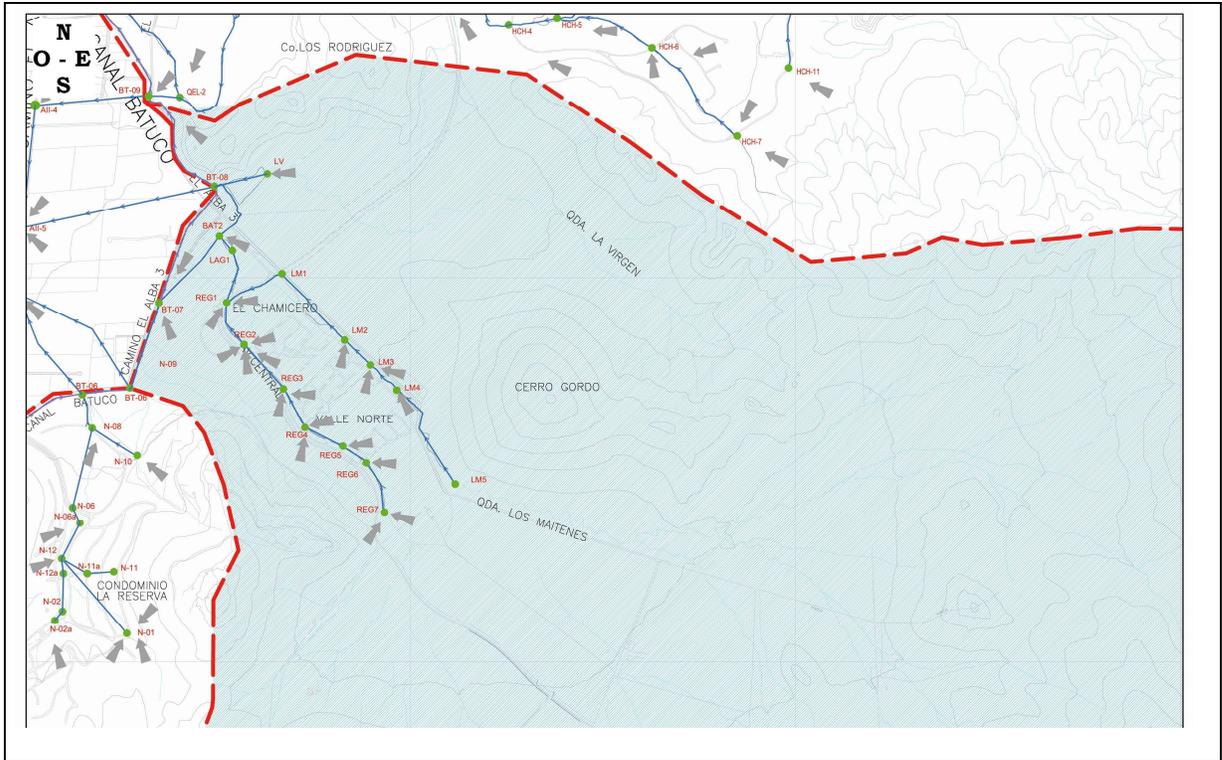


Figura 5.4  
Modelación en Subsector 4

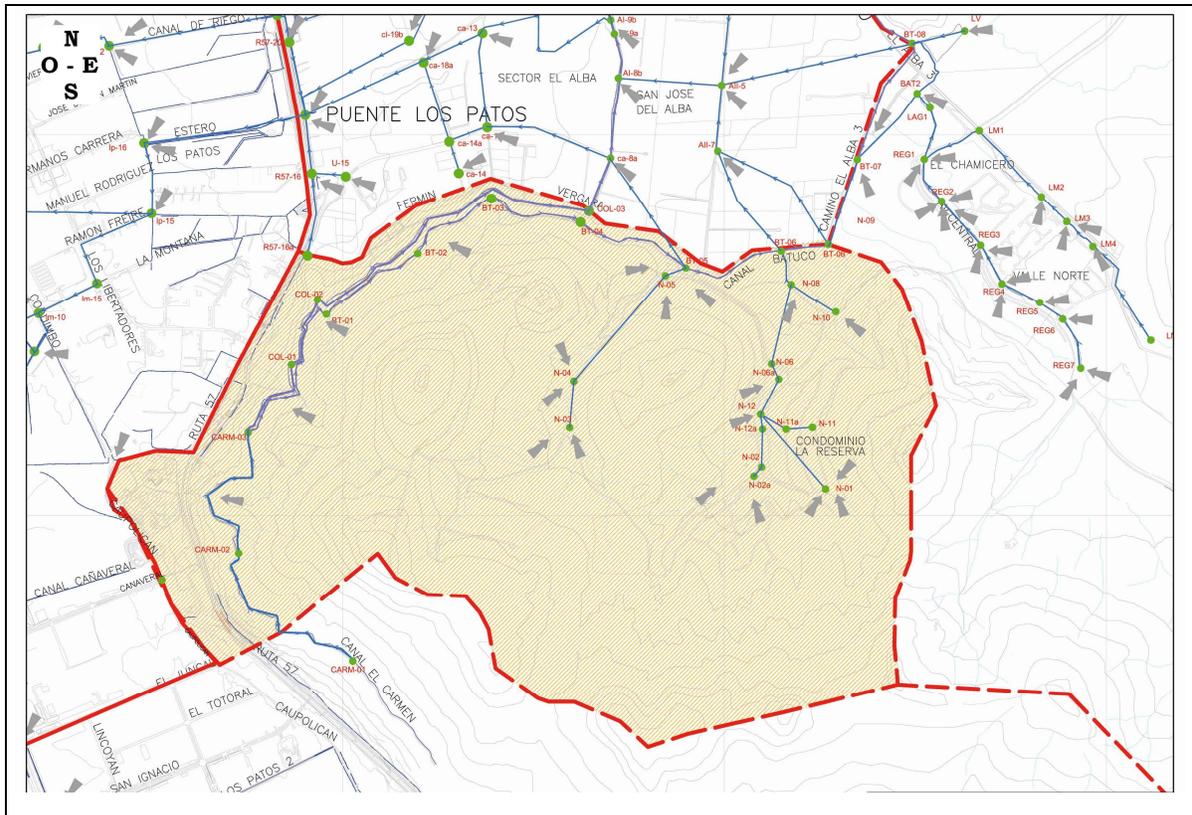


FIGURA 5.5  
MODELACIÓN EN SUBSECTOR 5

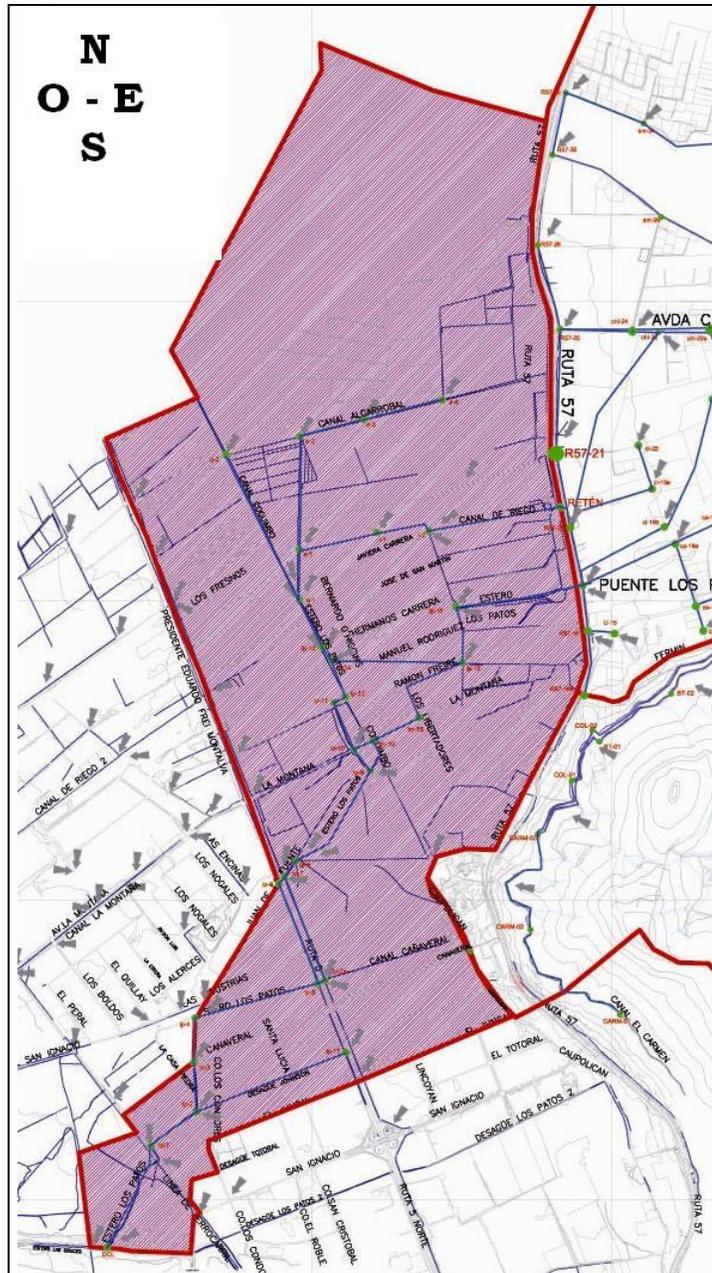


FIGURA 5.6  
 MODELACIÓN EN SUBSECTOR 6

### 5.1.2 Resultados de modelación.

El modelo entrega como resultado diversa información que se puede dividir en los siguientes temas:

**Parámetros Geométricos:** Información incorporada al modelo inicialmente. Corresponde a las características geométricas de los links, junto a las cotas de terreno y radier de los nodos correspondientes.

**Parámetros Hidráulicos:**

Corresponde a la información resultante del funcionamiento del modelo. Mediante la información geométrica de los links entregada se determina la capacidad de caudal de cada link. Por otra parte, con la información hidrológica incorporada por el modelo se determinan el caudal máximo de cada link, y el tiempo en que éste escurre, la velocidad y el Número de Fraude de dicho flujo.

**Verificación:**

En este ítem se presenta el porcentaje de error asociado a los resultados que entrega el modelo, además de los volúmenes que escurren por los links. Finalmente, se tienen los valores para los volúmenes de inundación, en caso que se presenten, para aquellos links, que por capacidad no pueden conducir el caudal máximo que ocurre en el evento de precipitación.

**Parámetros hidrológicos:**

Estos están referidos a un nodo correspondiente. Según la información hidrológica entregada, y a los parámetros geomorfológicos, se tiene el caudal que llega al nodo, producto de la escorrentía, y el volumen de esta misma.

Los resultados cuantitativos de cada tema, se pueden observar en el Anexo H.

**5.1.2.1 Volúmenes de inundación.**

Una vez ingresados los datos al modelo, se simuló el comportamiento de la red para lluvias de períodos de retorno de 2, 5, 10 y 100 años. Dentro de los parámetros de verificación se entregan los volúmenes de inundación para los links, donde el caudal máximo supera la capacidad máxima de este. En la tabla 5.2 se entrega el detalle de los volúmenes de inundación que se generan en las zonas afectadas.

TABLA 5.2  
VOLÚMENES DE INUNDACIÓN EN SITUACIÓN ACTUAL PARA DISTINTOS PERÍODOS DE RETORNO.

DESCRIPCIÓN DE ZONA	NODO	V [m³]			
		T = 2 años	T = 5 años	T = 10 años	T = 100 años
CANAL EL CARMEN					
En formación de canal Colina y Batuco	CARM-03	728.11	1919.37	3032.77	9705.13
CANAL BATUCO					
En cerro Pan de Azúcar	BT-01	2817.86	5172.15	6821.92	13548.81
En sector Las Canteras	BT-02	2827.68	3952.21	4735.33	7419.38
	BT-03	1862.19	2825.68	3523.11	6424.72
	BT-04	236.22	430.24	625.86	1702.86
Aporte condominio La Reserva	BT-05	0.00	0.00	0.00	774.02
En camino El Alaba III	BT-08	383.85	438.12	281.86	439.34
Aporte quebrada Los Maitenes	BATDER	69976.91	74944.18	77411.05	85924.85
Aporte quebrada La Virgen	BT-09	0.00	0.00	16081.63	126782.08
CANAL COLINA					
En cerro Pan de Azúcar	COL-02	325.86	2505.39	2626.23	2930.96
CANAL COLINA					
En sector Las Canteras	COL-03	1170.51	3671.95	3979.10	4949.82

DESCRIPCIÓN DE ZONA	NODO	V [m <sup>3</sup> ]			
		T = 2 años	T = 5 años	T = 10 años	T = 100 años
<b>CANAL COLINA</b>					
Llegada a calle Alba 1	COL-04	121.14	145.27	160.28	190.95
En cruce con Av. Chicureo	COL-07	429.95	522.24	568.04	657.68
En condominio San Pedro	COL-08	1519.89	2403.89	3055.22	5664.23
	COL-09	44092.74	45865.16	46969.70	50729.06
<b>CANAL EL MANZANO</b>					
Brazo en fundo Familia Cox.	PRED1	116106.61	170935.69	206329.55	330593.85
Segundo punto de brazo de canal en fundo Familia Cox	PRED2	690.04	1209.44	1389.78	2285.75
Extensión de canal El Manzano, en llegada a Calle Los Algarrobos	CAMALGA-1	0.00	959.55	1853.68	6406.09
<b>CONDOMINIO HACIENDA CHICUREO</b>					
En quebrada principal	HCHIC-4	0.00	0.00	0.00	208.96
<b>CALLE LOS INGLESES</b>					
En calle Los Ingleses, antes de condominio Los Castaños	LOSINGLE-6	0.00	0.00	0.00	3194.45
Salida de condominio Los Castaños	LOSCAST-1	0.00	0.00	0.00	29461.26
En condominio Los Ingleses	LOSINGLE-3	0.00	48.39	226.64	1597.91
Intersección de calle Los Ingleses con Av. Chicureo	LOSINGLE-4	202604.59	302567.03	361974.83	516055.03
<b>CALLE LOS ALGARROBOS (aporte La Ñipa)</b>					
Salida condominio Chicureo en calle Los Algarrobos	CHICU-1	4958.77	8661.25	11284.76	22917.95
Salida condominio Los Algarrobos III	LALGAI-1	1253.02	1323.61	1330.10	1401.75
<b>QUEBRADA LA ÑIPA</b>					
	LN-4	0.00	15122.56	33168.61	97494.16
<b>CALLE CHICUREO</b>					
Salida condominio Los Polos I	LPI-1	22674.99	29893.92	34689.89	52259.28
Salida condominio Los Polos II	LPII-1	4647.16	7029.41	8633.87	13377.96
<b>CALLE GUAY GUAY</b>					
Condominio Los Polos III	LPIII-5	0.00	0.00	0.00	392.20
Intersección calle Guay Guay con Av. Chicureo	GUAY-1	23998.54	34393.70	41392.89	68134.21
<b>AVENIDA CHICUREO</b>					
Aporte de canal El Manzano a Av. Chicureo	AVCHICU-2	0.00	0.00	0.00	19462.07
Intersección calle Los Algarrobos con Av. Chicureo	AVCHICU-3	31535.85	40250.53	49157.53	83746.12
	LOSINGLE-1	58675.63	60292.24	61095.69	62242.56
Salida condominio Los Ingleses	LOSINGLE-2	0.00	13.33	101.24	553.26
<b>CAMINO ALBA 2</b>					
	AII-5	326164.61	385863.51	417431.36	493062.85
	AII-7	23735.15	39056.11	48743.32	85528.58
<b>CAMINO ALBA 1</b>					
	AI-10a	0.00	0.00	0.00	41691.74
	AI 10b	11922.64	25542.82	42818.39	51162.61
	AI-9b	1191.02	3680.87	5213.93	11089.48
	AI-8b	124741.83	122736.75	123511.19	125756.77
Aguas provenientes desde La Reserva	ca-8a	228.87	1559.52	2722.29	10208.66
<b>LAS CANTERAS</b>					
Trazado actual de Avenida El Valle	ca-13	104828.96	129953.54	136606.35	153432.50
	ca-18a	4230.28	6696.39	8668.31	16595.18
Condominio Las Canteras	ca-14a	5.27	174.81	368.79	1390.29
<b>RUTA G57</b>					
En Avenida El Valle	R57-16	0.00	0.00	177.64	1393.64
En Calle Fermin Vergara	R57-16a	0.00	0.00	0.00	1442.78
<b>DESCRIPCIÓN DE ZONA</b>					
	NODO	V [m <sup>3</sup> ]			
		T = 2 años	T = 5 años	T = 10 años	T = 100 años
<b>RUTA G57</b>					
En Reten de Carabineros	R57-20	31874.28	42598.07	49047.91	72015.03
Antes del Reten de Carabineros	R57-21	42408.00	50724.54	55304.77	73208.92
En Avenida Chicureo	R57-25	0.00	1364.59	2811.67	9303.86
En cruce con canal El Carmen	R57-35	19295.83	27299.19	32669.22	48438.65
Antes de cruce con canal El Carmen	sm-34	0.00	0.00	0.00	5658.44
<b>APORTE A ESTERO LOS PATOS</b>					

En canal proveniente desde Reten de carabineros	i-2	95065.49	110854.22	120308.56	158720.58
Unión de canal de riego proveniente desde	a-1	0.00	265.54	3702.84	27985.84
Condominio Arboleda y canal de riego del reten					
Unión de dos canales anteriores más un canal de riego proveniente desde calle Coquimbo	q-1	48797.45	74498.48	89259.71	138075.60
Aporte desde calle La Montaña, en torre de alta tensión	lm-15	16944.01	24664.81	28907.51	41191.48
ESTERO LOS PATOS					
Continuación cauce vereda norte hacia Ruta G57	cl-19b	0.00	1304.57	2446.14	7682.46
Recepción de aportes desde Condominio Arboleda y canales de Riego (zona Industrial)	lp-14	1328.56	2477.71	3349.46	7287.22
Intersección con muro que delimita Predios Agrícolas, aguas debajo de Puente Los Patos	lp-16	0.00	2025.03	3829.14	11612.58
Entre Línea Férrea y Estero Las Cruces, en predios agrícolas	lp-4	58501.10	61979.06	64306.06	71491.78
Después de cruce sur Ruta 5	lp-5	9142.31	10036.21	10542.44	11102.51
Después de cruce norte Ruta 5	lp-6	170401.02	192507.22	204410.24	231875.12
Antes de cruce sur a Ruta 5	lp-7a	123417.55	129818.68	133167.94	140007.37
Antes de cruce norte a Ruta 5	lp-8	4788.12	10411.75	14598.63	34209.06

Los volúmenes de inundación, principalmente se presentan en puntos de recepción de quebradas provenientes desde las zonas altas, esto debido a la ausencia de continuidad en la conducción del agua que escurre por ellas. Además, se generan inundaciones en zonas cercanas a los canales de riego, esto debido a que la escorrentía generada en las zonas aledañas, produce un aporte a canales que no están preparados para dicha función.

En la zona baja, el estero Los Patos presenta desbordes producidos, principalmente, por los aportes de canales de riego, como el canal de riego proveniente del reten de carabineros, canal Coquimbo, canal Cañaveral, y mayoritariamente de un aporte desde la zona de Las Canteras. Esto indica que la capacidad del actual Estero Los Patos, no es la suficiente para conducir dichos aportes.

Finalmente, para poder visualizar las zonas de inundación descritas se presentan las siguientes figuras seccionadas en zona alta y baja.

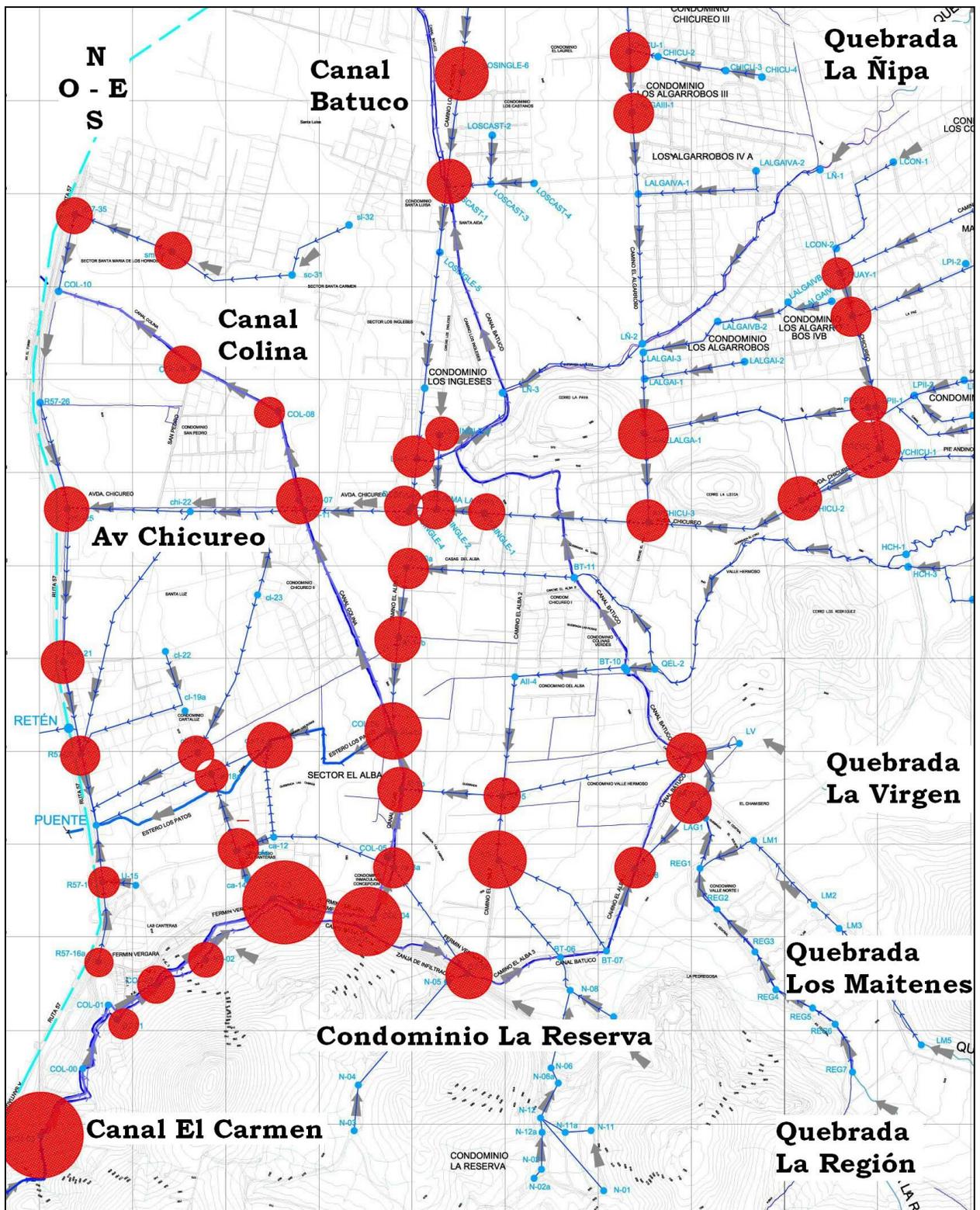


FIGURA 5.9  
VOLÚMENES DE INUNDACIÓN EN ZONA ALTA DEL VALLE DE CHICUREO

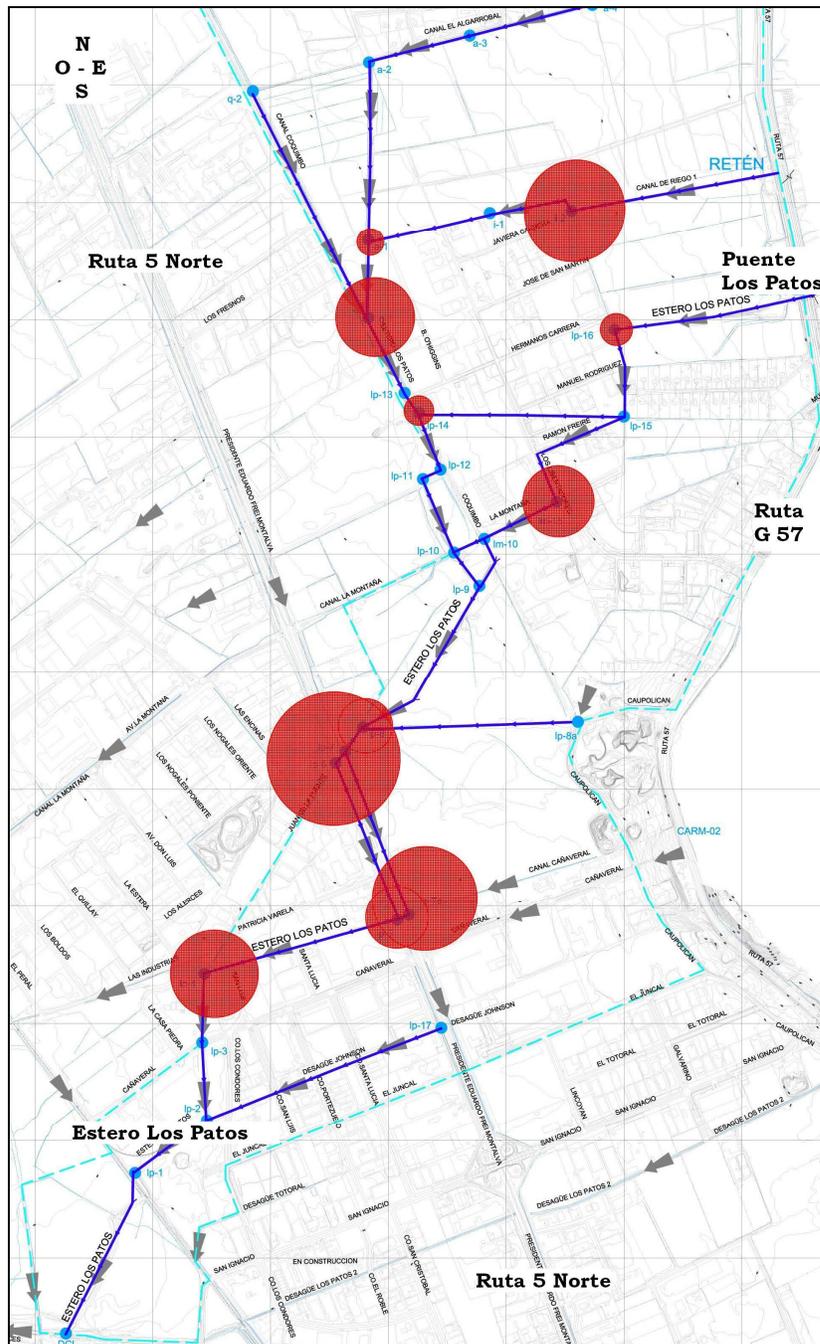


FIGURA 5.10  
VOLÚMENES DE INUNDACIÓN EN ZONA BAJA DEL VALLE DE CHICUREO.

### 5.1.2.2 Determinación del área de inundación.

El análisis realizado toma como base los valores de volúmenes de inundación generados en los diferentes nodos del área modelada. Su distribución se produce desde el nodo correspondiente y se expande considerando las curvas de nivel resultantes de la topografía de terreno y las referencias dadas por los lugareños.

Mediante una medida estándar de altura de inundación, de 10 cm. se tiene el valor para cada área generada. En nodos cercanos, los volúmenes fueron sumados generando un área de inundación mucho mayor.

Las áreas de inundación cumplen con el objeto de generar una distribución tentativa para poder ubicar de forma más puntual las zonas que en la actualidad requiere mayor atención para el planteamiento de futuras soluciones alternativas o complementarias a las existentes y en desarrollo. Los valores generados se pueden observar en el Anexo I.

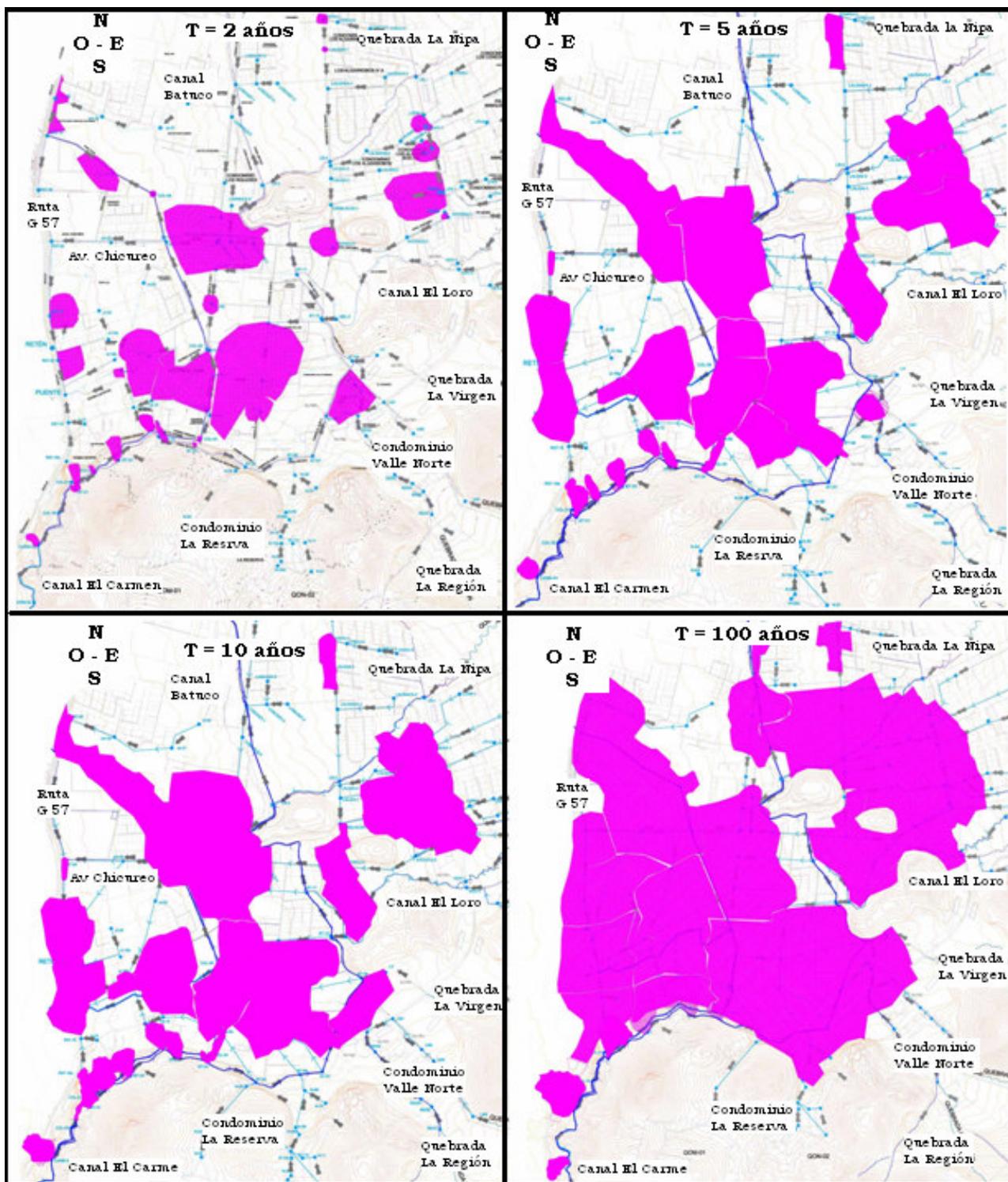


FIGURA 5.11

ÁREAS DE INUNDACIÓN PARA DISTINTOS PERÍODOS DE RETORNO EN ZONA ALTA.

En la zona alta se observa una mayor área de inundación en sectores que bordean el estero Los Patos, generando una gran mancha casi homogénea para el caso de 100 años de período de retorno. Las áreas determinadas para los períodos de retorno 10 y 5 años, son similares, lo que indica que para estos casos la situación es relativamente estable. A continuación, se grafica la situación generada para la zona baja del valle.



FIGURA 5.12  
ÁREAS DE INUNDACIÓN PARA DISTINTOS PERÍODOS DE RETORNO EN ZONA BAJA.

En este caso, las áreas generadas son bastante similares entre los distintos períodos de retorno, lo que indica que el caudal que logra pasar desde la zona alta aumenta de manera paulatina, concentrando las áreas de inundación en las zonas aledañas al estero Los Patos.

### **5.1.3 Discusión de Resultados**

Según los resultados obtenidos, se observa que las zonas de inundación coinciden con lo observado e investigado en terreno.

#### **Canal El Carmen.**

La zona de inundación se encuentra justo en la subdivisión del canal El Carmen, en el canal Batuco y Colina. En las faldas del cerro Pan de Azúcar. Esto, ya que es aquí donde se concentra la recepción de escorrentía proveniente desde las cumbres del cerro, sumado, al cambio de sección de dichos canales.

#### **Canal Batuco.**

Primeramente, se producen inundaciones desde el período de retorno 2 años, en adelante, en todo el sector de las canteras, por donde escurre el canal a través de las faldas del cerro Pan de Azúcar. Según lo observado en terreno y lo dicho por los lugareños, dicha situación ocurre, por la recepción de la escorrentía proveniente desde los cerros Pan de Azúcar y La Campana.

Además, se producen desbordes en la llegada del condominio La Reserva, y en la intersección con los aportes provenientes de la zona inmobiliaria Valle Norte. Esto, ya que el canal actúa como barrera receptiva de dichos aportes, generando un exceso en la capacidad de éste.

#### **Canal Colina.**

El canal Colina, al igual que el canal Batuco, se desborda por su paso, a través de las faldas de los cerros, Pan de Azúcar y La Campana, debido a la recepción de las aguas que se desbordan por el canal Batuco, el que se encuentra en una cota superior al canal Colina. Posteriormente en el cruce con la Avenida Chicureo, presenta un nuevo punto de desborde, debido a los aportes de esta avenida, los que a su vez provienen de las quebradas La Ñipa, y El Manzano.

Finalmente, en el último tramo, previo al cruce con la ruta G57, presenta dos puntos de inundación, los que se generan debido a la superación de la capacidad de dicho canal, ante episodios de lluvias, lo que indica que la geometría de dicho canal, no está capacitada para recepcionar aguas lluvias.

#### **Canal El Manzano.**

Frente al condominio Polos de Manquehue II el canal El Manzano, presenta dos puntos de inundación presentes para períodos de retorno de 2 años en adelante. Éstos se producen ya que la sección transversal es pequeñas. Además el canal el Manzano, posee un segundo brazo, que intersecta con la calle Los Algarrobos, el que presenta inundaciones debido a que en este punto no presenta continuidad.

#### **Calle Los Ingleses**

Al comienzo de la calle Los Ingleses, se encuentra una zona de inundación considerable, la que se genera sólo para el caso de período de retorno de 100 años.

Esto ocurre, debido a la recepción del caudal generado por la cuenca aportante de la zona norte del valle de Chicureo.

En el cruce del canal Batuco con la calle Los Ingleses, se presenta una zona de inundación generada sólo para períodos de retorno de 100 años, lo que indica que dicho canal supera su capacidad sólo en esta instancia.

En la llegada de la quebrada La Ñipa a la calle Los Ingleses, se produce un punto de inundación importante. Esto se atribuye a la recepción del caudal conducido por dicha quebrada desde las altas cumbres, además de los aportes generados a través del recorrido de ésta.

Finalmente, en la intersección de la calle Los Ingleses con la Avenida Chicureo se tiene un punto de inundación, generado por el aporte de la quebrada la Ñipa que llega desde el punto anterior, más la escorrentía conducida a través de la Avenida Chicureo desde aguas arriba.

Todos estos resultados hacen ver la necesidad de mejorar la capacidad de conducción de dicha calle, a través de zanjas o colectores que puedan captar los aportes mencionados.

#### **Calle Los Algarrobos**

Las zonas de inundación de esta calle son generadas en nodos ubicados a la salida de los condominios existentes, debido a la escorrentía producida por éstos y la ausencia de una posterior conducción.

#### **Calle Chicureo**

En la calle Chicureo, al igual que en Los Algarrobos y Los Ingleses, se hace necesaria la presencia de una obra de conducción de las aguas que recibe, ya que corresponde a la primera barrera con que se encuentran las aguas conducidas desde las quebradas del sector.

#### **Calle Guay Guay.**

Los volúmenes de inundación presentes en esta calle ocurren en la intersección con la calle Chicureo y se generan debido a la escorrentía conducida por la calle Guay Guay y la ausencia de una conducción posterior de dichas aguas.

#### **Avenida Chicureo.**

La Avenida Chicureo presenta diversos puntos que generan volúmenes de inundación. El primero corresponde a la recepción de uno de los brazos del canal El Manzano, esto, ya que la avenida no posee ningún cauce, zanja o canal, y de igual forma recibe, las aguas provenientes de dicho canal.

Posteriormente, se presentan zonas de inundación en las intersecciones con las calles Los Algarrobos y Los Ingleses. Este último punto se genera por la continuación de las aguas producidas en el cruce con la quebrada La Ñipa. Esto, ya que la sección transversal que presenta la alcantarilla de cruce no tiene la capacidad de porteo de la quebrada, lo que ha generado la destrucción parcial de la obra, en reiteradas oportunidades.

### **Camino Alba 2.**

En esta vía ocurren dos zonas de inundación, la primera se genera por la llegada de aguas lluvias desde las quebradas del condominio La Reserva, desde los desbordes del canal Batuco, la segunda se produce por la llegada de aguas generadas, desde la quebrada La Virgen, en zonas más altas.

### **Camino El Alba 1**

Al igual que en el caso de la calle Alba 2, se generan zonas de inundación por la llegadas de aguas conducidas y generadas desde las quebradas más altas. En este caso, se destaca el volumen de inundación ubicado en las cercanías de la calle Fermín Vergara, el que se produce por la recepción de las aguas lluvias que escurren desde el condominio La Reserva.

### **Sector Las Canteras**

En esta zona, existen volúmenes de inundación generados en nodos cercanos a la Avenida El Valle, a la altura del condominio Las Canteras, debido a la escorrentía generada desde las cumbres del cerro Pan de Azúcar, principalmente.

### **Ruta G57.**

En el valle de Chicureo, la Ruta G 57, actúa como barrera para el escurrimiento natural de las aguas generadas en las partes altas del valle. Para lo que cuenta con ciertos puntos de evacuación. De estos puntos de acumulación destacan los ubicados cerca del reten abandonado de carabineros, donde confluyen las aguas de las quebradas y canales en la parte norte del valle.

En la intersección con la Avenida Chicureo, se cuenta con otro punto importante de acumulación producto de la llegada del agua conducida a través de dicha avenida. Finalmente, se tiene un punto de inundación generado, por la escorrentía de las quebradas y canales, en la zona norte del valle.

Esta situación hace ver la necesidad de encausar de mejor forma las aguas generadas desde la zona alta, a través del puente Los Patos, obra diseñada con el fin y la capacidad de conducir dichas aguas, pero que en la actualidad funciona medianamente.

### **Estero Los Patos**

Los volúmenes de inundación producidos a través, de la conducción del estero Los Patos, son generados por la falta de continuidad de este, principalmente en el tramo de la Ruta G57 hasta la descarga en el estero Las Cruces. Además, de las generadas por los aportes de canales de riego, que sumados al caudal ya conducido por el estero, sobrepasan la capacidad de porteo de éste.

De forma específica, en el cruce con la Ruta 5 Norte se generan volúmenes de inundación producto de la falta de capacidad de las alcantarillas existentes. Algo similar ocurre en el cruce de la línea del ferrocarril.

Con esta situación es posible plantear un aumento en la capacidad de estero Los Patos, de tal forma de permitir mitigar las eventuales inundaciones.

## 5.2 Situación Pre-Inmobiliarias.

El objetivo de este escenario es representar el área de estudio sin considerar las zonas de expansión urbanas recientes. En su lugar, se modelan sectores con vegetación y tipo de suelo correspondiente a las características de las zonas naturales actuales del valle. De esta forma se tendrá una idea del comportamiento inicial del valle y los caudales generados en él, sin la presencia de dichas urbanizaciones, evaluando su impacto sobre éste.

### 5.2.1 Información Incorporada.

La modelación de la situación Pre inmobiliaria se realizó, basándose en el modelo de simulación para la situación actual, estimando los caudales en un escenario pre inmobiliario, mediante la modificación al archivo SWMM.

Todas las modificaciones se realizan para el sector alto del valle, precisamente en los puntos de la modelación que se encuentran al oriente del proyecto canal El Valle. Entre estos cambios, cuentan los condominios Polo de Manquehue, Los Cóndores y los ubicados en calle Guay – Guay, junto a los desarrollos inmobiliarios construidos a la fecha. Cabe señalar, que se considera un coeficiente de escorrentía igual a 0.35 para las superficies naturales de mayor pendiente. En el caso de las zonas más planas, se adoptó un valor de 0.2. En cuanto a los links, para las quebradas en estado natural, se consideró un n de Manning de 0.040.

Al no tener conocimiento de la geometría original de las quebradas, se consideró, en general, la misma sección en situación actual, y se verificó que el link tuviese la capacidad suficiente para transportar el caudal aportante de la cuenca, con la modificación al coeficiente de escorrentía. En el Anexo J se presentan los parámetros hidrológicos para esta situación.

### 5.2.2 Resultados de la Modelación.

Más que conocer los puntos de inundación y los volúmenes correspondientes de la situación Pre inmobiliaria, en este caso se requieren los valores de caudales generados en las quebradas, con el fin de evaluar el aporte natural de éstas. Los valores generales producidos en la modelación pre inmobiliaria se presentan en el Anexo K del presente informe.

En la siguiente tabla, se presentan los caudales obtenidos para las distintas quebradas de interés en los diversos períodos de retorno requeridos.

TABLA 5.3  
CAUDALES EN SITUACIÓN ACTUAL, QUEBRADAS AGUAS ARRIBA DE FUTURO COLECTOR EL VALLE.

SECTOR	LINK o NODO		CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)			
			T = 2 AÑOS	T = 5 AÑOS	T = 10 AÑOS	T = 100 AÑOS
La Ñipa	LN 1		13.61	17.15	19.73	29.51
Los Cóndores	LCON 2	L CON 1	0.12	0.15	0.18	0.27
Guay Guay	GUAY - 2	GUAY - 1	1.48	1.91	2.23	3.12
Los Polos 1	LP I 2	LP I 1	0.67	0.85	0.99	1.51
Los Polos 2	LP II 2	LP II 1	0.33	0.44	0.51	0.79
El Manzano	L BAND 2	L BAND 1	9.90	12.46	14.31	21.28
El Loro	Q EL 1	Q EL 2	11.23	16.42	19.29	19.80
La Virgen	913		2.56	3.23	3.71	5.53
Los Maitenes	LM 01	REG 01	11.01	13.85	15.90	23.69

SECTOR	LINK o NODO		CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)			
			T = 2 AÑOS	T = 5 AÑOS	T = 10 AÑOS	T = 100 AÑOS
La Región	REG 02	REG 01	3.59	4.40	5.15	7.87
ON 2	N 08	BT 06	3.12	3.65	3.98	5.18
ON 1	N 05	BT 05	3.08	3.87	4.39	6.51
Total			60.71	78.36	90.37	125.06

En base a los resultados de situación actual y pre inmobiliaria, se presenta la tabla 5.4 en un resumen comparativo, donde se observan los caudales de dichas quebradas para los distintos períodos de retorno en ambos escenarios.

**TABLAO 5.4**  
**COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN SITUACIÓN PRE INMOBILIARIA Y ACTUAL.**

SECTOR	LINK o NODO		CAUDAL [m <sup>3</sup> /s]							
			T = 2 AÑOS		T = 5 AÑOS		T = 10 AÑOS		T = 100 AÑOS	
			PRE	ACT	PRE	ACT	PRE	ACT	PRE	ACT
La Ñipa	LN 1		13.61	13.61	17.15	17.15	19.73	19.73	29.51	29.51
Los Cóndores	LCON 2	L CON 1	0.12	0.22	0.15	0.28	0.18	0.33	0.27	0.49
Guay Guay	GUAY - 2	GUAY - 1	1.48	1.66	1.91	2.12	2.23	2.47	3.12	3.68
Los Polos 1	LP I 2	LP I 1	0.67	1.25	0.85	1.59	0.99	1.84	1.51	2.79
Los Polos 2	LP II 2	LP II 1	0.33	0.66	0.44	0.84	0.51	0.98	0.79	1.50
El Manzano	L BAND 2	L BAND 1	9.90	10.48	12.46	13.18	14.31	15.17	21.28	22.57
El Loro	Q EL 1	Q EL 2	11.23	13.01	16.42	17.47	19.29	19.64	19.80	19.80
La Virgen	913		2.56	2.56	3.23	3.23	3.71	3.71	5.53	5.53
Los Maitenes	LM 01	REG 01	11.01	11.04	13.85	13.89	15.90	15.95	23.69	23.77
La Región	REG 02	REG 01	3.59	3.94	4.40	4.84	5.15	5.66	7.87	8.66
ON 2	N 08	BT 06	3.12	3.68	3.65	4.81	3.98	6.09	5.18	8.41
ON 1	N 05	BT 05	3.08	3.08	3.87	3.87	4.39	4.37	6.51	6.51
TOTAL			60.71	65.20	78.36	83.27	90.37	95.95	125.06	133.22

De la tabla anterior, se aprecia un aumento de los caudales en la situación actual con respecto a la situación pre inmobiliaria, cuando el valle no había sido intervenido, en un orden del 7% para lluvias de 2 años de período de retorno y del 6% para las lluvias de 5, 10 y 100 años.

### **5.3 Situación Futura.**

El escenario de situación futura corresponde a la representación de la red de colectores y canales proyectados para sanear el área de estudio, además de la incorporación de los parámetros geomorfológicos futuros de la cuenca, ante el inminente crecimiento del desarrollo urbano.

El objetivo de la modelación es evaluar la eficiencia de aplicación de las que eventualmente se aplicarán en la zona, de tal forma de realizar un análisis que permita generar un último escenario en la zona, donde se apliquen medidas alternativas o complementarias, en el caso de que las obras iniciales, no mitiguen completamente las inundaciones de la zona.

#### **5.3.1 Información Incorporada.**

La modelación de la situación futura se genera a partir de la realizada para la situación actual, incorporando las obras de mitigaciones proyectadas y los cambios en el uso de suelo.

Dentro de las obras de mitigación consideradas en esta modelación se suman aquellas planteadas en estudios previos y que en la actualidad son consideradas como viables, e incluso en algunos casos se encuentran en su etapa de prediseño. Específicamente, corresponden a aquellas planteadas en los estudios ALL DP16 y el estudio de LAD Ingenieros Consultores. No cuentan con un diseño definitivo, por lo que se utiliza como información los períodos de retornos para los cuales deben ser diseñadas. Cada caso se detalla a continuación.

#### **Colector Los Algarrobos.**

Corresponde al proyecto que tiene como objeto evacuar parte de las aguas lluvias generadas en la zona norte del valle de Chicureo, a través de la calle Los Algarrobos. Esta calle en la actualidad conduce parte del caudal generado, zonas de inundación importantes. Su prediseño considera la conducción en acueducto del caudal para 2 años de período de retorno, y en presión, para el caudal de T= 5 años. Su trazado está definido a través de la calle Los Algarrobos y parte de la Avenida Chicureo donde se conecta finalmente con el futuro colector Los Ingleses.

#### **Colector Los Ingleses.**

Junto al colector Los Algarrobos, el colector Los Ingleses, corresponde al proyecto que tiene como objeto evacuar las aguas lluvias generadas desde la zona norte del valle, de tal forma de conducir las y evacuarlas posteriormente a través del colector El Valle y el Estero Los Patos mejorado. Su prediseño considera la conducción en acueducto del caudal para 2 años de período de retorno, y en presión, para el caudal de T= 5 años. El trazado es a través de la calle Los Ingleses continuando por la calle Alba 1, hasta intersectar al futuro colector El Valle. En el cruce con la Avenida Chicureo, recibe los aportes del colector Los Algarrobos.

#### **Canal El Valle.**

Este colector corresponde a la obra de captación de los caudales generados por las quebradas más importantes del valle de Chicureo. Su trazado comienza desde la recepción de las aguas de la quebrada La Ñipa, continuando en dirección sur para recibir las aguas de las quebradas El Manzano, El Loro y aquellas que atraviesan el condominio Hacienda Chicureo (El Bolsón, Las Rosas y Las Cabras). Luego cambia su dirección hacia el oeste para recibir los aportes de las quebradas La Virgen, Los Maitenes, la Región, ON1 y ON2, finalmente retoma el curso del actual estero Los Patos y cruza por el puente del mismo nombre.

Para modelar dicho canal, se consideró una sección trapezoidal con una capacidad de porteo superior al caudal máximo esperado para el periodo de retorno de 100 años. Esto se realizó para evitar que durante la modelación, el volumen de agua se salieran del sistema a través de los nodos, dada la baja capacidad del link.

#### **Estero Los Patos mejorado.**

Corresponde a la continuación del canal colector El Valle, en la zona baja. Tiene como objetivo conducir todo el caudal generado en la zona alta, hasta descargar en el Estero Las Cruces. Su trazado es similar al existente, pero debido a las edificaciones y a las intervenciones realizadas, presenta modificaciones. Su aplicación en el modelo considera las mismas condiciones que el canal El Valle.

A continuación se presenta una figura esquemática que representa la modelación para la situación futura del valle.

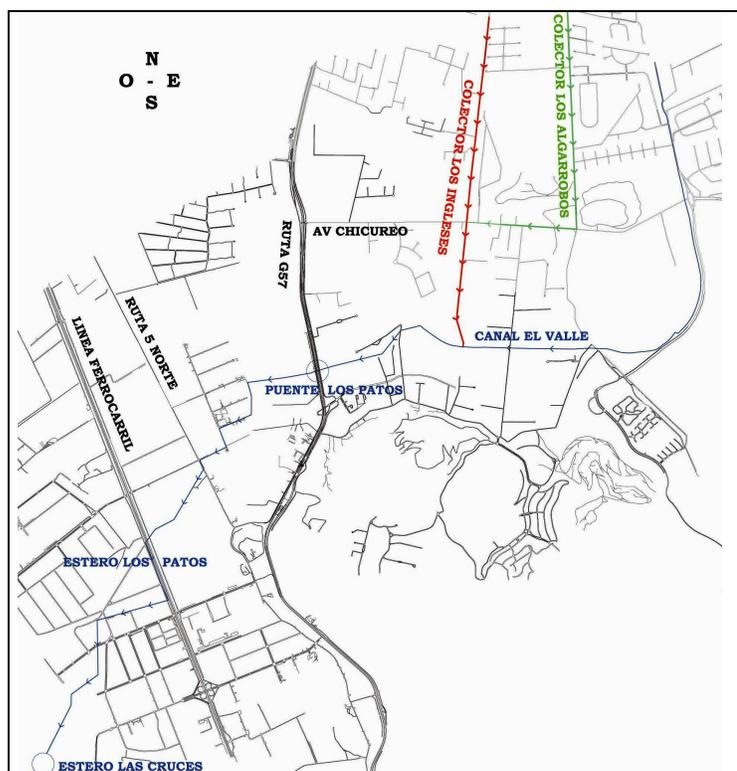


FIGURA 5.13  
MODELACIÓN SITUACIÓN FUTURA.

La información incorporada al modelo correspondiente a nodos, áreas aportantes y vías principales de escurrimiento se resume en la tabla 5.11.

TABLA 5.11  
CARACTERÍSTICAS DE ÁREAS APORTANTES PARA MODELO SITUACIÓN FUTURA.

Cuencas	Nodos	Área Aportantes	Área (ha)	Longitud de Cauce (m)	Pendiente (mm)	Coefficiente de Escorrentía	TC Adoptado (min)
QUEBRADAS ZONA NORTE DEL VALLE							
La Nipa	LÑf-1	ÑIPA-1	47.11	1118	0.027	0.54	65.0
		ÑIPA-4	187.34	3800	0.034	0.54	150.0
	LÑf-2,1	ÑIPA-2	140.81	730	0.288	0.3	15.0
	LÑf-2	ÑIPA-3	126.10	2700	0.030	0.54	125.0
	LÑf-4,1	ÑIPA-5	76.17	980	0.286	0.35	20.0
	LÑf-4	ÑIPA-6	248.93	2800	0.073	0.54	80.0
	LÑf-5,1	ÑIPA-7	404.45	1200	0.108	0.35	35.0
	LÑf-5	ÑIPA-8	156.59	2400	0.054	0.54	85.0
	LÑf-6	ÑIPA-9	675.97	1700	0.294	0.35	25.0
Condominio Los Cóndores	LCON-1	GG-08	15.68	728	0.0261	0.51	40.0
	LCON-2	GG-10	16.26	651	0.0132	0.51	55.0
Aeródromo	GUAY-1	GG-09	41.42	1090	0.0257	0.49	60.0
Condominio Alto Chicureo	GUAY-2	GG-06	12.06	641	0.0094	0.51	65.0
		GG-07	12.10	636	0.0157	0.51	50.0
	GUAY-3	GG-05	24.81	870	0.0287	0.30	45.0
	GUAY-4	GG-04	23.76	834	0.0156	0.30	60.0
Aporte Los Polos III	LPIII-1	LP3-14	4.82	182	0.0275	0.51	15.0
		LP3-16	16.91	999	0.0364	0.51	45.0
	LPIII-4	LP3-17	19.35	1033	0.0343	0.51	50.0
		LP3-18	12.58	612	0.0294	0.51	35.0
	LPIII-6	LP3-19	9.72	417	0.0480	0.51	20.0
	Condominio Los Italianos	GUAY-5	GG-03	9.88	245	0.0204	0.51
GUAY-6		GG-02	20.10	632	0.0364	0.35	35.0

Cuencas	Nodos	Área Aportantes	Área (ha)	Longitud de Cauce (m)	Pendiente (mm)	Coefficiente de Escorrentia	TC Adoptado (min)
Condominio Los Italianos	GUAY-7	GG-01	54.92	1037	0.0704	0.30	35.0
Condominio Polo Manquehue I	LPI-1	LPI-01	15.66	518	0.0232	0.51	35.0
		LPI-02	12.09	631	0.0174	0.51	45.0
	LPI-2	LPI-03	11.14	667	0.0120	0.51	55.0
		LPI-04	11.24	732	0.0150	0.51	55.0
	LPI-3	LPI-05	5.11	285	0.0140	0.51	30.0
		LPI-06	4.38	254	0.0157	0.51	25.0
	LPI-4	LPI-07	13.81	766	0.0131	0.51	60.0
		LPI-08	18.22	867	0.0150	0.51	65.0
	LPI-5	LPI-09	5.31	332	0.0151	0.51	30.0
		LPI-10	3.63	310	0.0097	0.51	35.0
	LPI-6	LPI-11	12.26	490	0.0184	0.51	35.0
		LPI-12	10.17	485	0.0124	0.51	45.0
	LPI-7	LPI-13	6.17	339	0.0147	0.51	30.0
Condominio Polo Manquehue II	LPII-1	LP2-1	8.20	422	0.0071	0.51	50.0
	LPII-2	LP2-2	12.72	446	0.0157	0.51	35.0
		LP2-6	5.30	365	0.0164	0.51	30.0
	LPII-3	LP2-3	13.61	641	0.0125	0.51	55.0
	LPII-4	LP2-5	5.45	428	0.0164	0.51	35.0
LPII-5	LP2-4	14.68	594	0.0135	0.51	50.0	
Condominio Los Algarrobos I	LALGAI-1	LAL-01	16.05	546	0.0097	0.51	55.0
	LALGAI-2	LAL-02	18.08	608	0.0173	0.51	45.0
Condominio Los Algarrobos IVB	LALGAI-3	LAL-03	3.89	667	0.0075	0.51	70.0
	LÑ-2	LAL-06	16.42	744	0.0173	0.51	45.0
		LAL-07	16.38	933	0.0134	0.51	60.0
	LALGAIVB-2	LAL-05	10.20	682	0.0161	0.51	50.0
		LAL-04	6.55	403	0.0149	0.51	35.0
	LALGAIVB-3	LAL-08	5.45	364	0.0110	0.51	40.0
		LAL-10	4.21	325	0.0154	0.51	30.0
LALGAIVB-4	LAL-11	12.89	678	0.0088	0.51	70.0	
Condominio Los Algarrobos IVA	LALGAIVA-1	LAL-12	15.64	993	0.0088	0.51	70.0
	LALGAIVA-2	LAL-13	17.77	197	0.0406	0.51	15.0
Condominio Los Algarrobos III	LALGAIII-1	LAL-14	14.18	322	0.0155	0.51	30.0
Condominio Chicureo III	CHICU-1	LAL-15	5.37	383	0.0177	0.51	30.0
	CHICU-2	LAL-17	14.52	390	0.0231	0.51	30.0
	CHICU-3	LAL-18	13.12	386	0.0207	0.51	30.0
		LAL-16	9.65	247	0.0283	0.51	20.0
CHICU-4	LAL-19	13.31	325	0.0246	0.51	25.0	
El Castillo	ELCAST-1	El Castillo	59.19	1095	0.2164	0.30	20.0
Canal El Manzano	CAMELALGA-1	LAL-09	19.15	1232	0.0130	0.49	95.0
		LAL-10	29.56	502	0.1191	0.63	15.0
Avenida Chicureo	AVCHICU-1	AV-CHIC-1	19.96	970	0.0144	0.51	70.0
	AVCHICU-2	AV-CHIC-2	18.09	637	0.0141	0.49	55.0
	AVCHICU-3	ALBA ALTO	13.23	607	0.0082	0.51	65.0
CERRO LOICA		44.06	416	0.0769	0.63	15.0	
Condominio Los Ingleses	LOSINGLE-1	COND-LI1	9.49	204	0.0343	0.51	15.0
	LOSINGLE-2	COND-LI2	9.81	395	0.0051	0.51	60.0
	LOSINGLE-3	CHI-01	13.04	704	0.0085	0.51	70.0
		CHI-02	15.77	1060	0.0061	0.51	115.0
Zona agrícola aportante a la Ñipa	LÑ-3	LI-01	93.70	1344	0.0112	0.49	110.0
		LI-02	19.31	420	0.1661	0.63	10.0
	LOSINGLE-5	CHI-03	2.08	365	0.0027	0.51	75.0
Condominio Los Castaños	LOSCAST-1	LC-1	5.98	351	0.0085	0.51	40.0
	LOSCAST-2	LCAST-3	12.99	347	0.0115	0.51	35.0
	LOSCAST-3	LC-2	5.91	349	0.0086	0.51	40.0
	LOSCAST-4	LCAST-1	31.84	800	0.0100	0.49	75.0
	LOSINGLE-6	LI-03	85.24	1167	0.0111	0.49	100.0
		LI-04	24.82	1240	0.0040	0.51	160.0
	LOSINGLE-7	Los Ingleses	1805.31	6926	0.0905	0.30	140.0
Quebrada El Manzano	ELMAN-1	MAN-1	89.69	2300	0.0739	0.54	70.0
	ELMAN-3	MAN-2	112.92	1870	0.0802	0.54	55.0
	ELMAN-4	MAN-3	1285.90	4100	0.2073	0.35	65.0

Cuencas	Nodos	Área Aportantes	Área (ha)	Longitud de Cauce (m)	Pendiente (mm)	Coefficiente de Escorrentia	TC Adoptado (min)
Condominio P. Manquehue III	LPIII-3	LP3-15	8.46	165	0.0424	0.51	10.0
Condominio Las Bandadas	LBAND-1	EL MANZ	28.64	1306	0.0107	0.51	105.0
	LBAND-2	MAN-01	4.06	394	0.0102	0.54	45.0
	LBAND-3	LAGUNA	55.13	1428	0.0336	0.54	70.0
	LBAND-4	MAN-02	4.54	313	0.0224	0.54	25.0
	LBAND-5	MAN-07	8.78	474	0.0338	0.54	30.0
	LBAND-6	MAN-03	3.83	143	0.0490	0.54	10.0
	LBAND-7	MAN-04	4.01	262	0.0191	0.54	25.0
	LBAND-8	MAN-06	2.30	276	0.0254	0.54	25.0
		MAN-05	5.28	360	0.0194	0.54	30.0
	MAN-08	8.77	559	0.0286	0.54	35.0	
Quebrada Piedra Blanca	QPBL-1	Q Piedra Blanca	496.49	5947	0.1626	0.35	90.0
Condominio El Bosque	ELBOSQ-2	BO-01	18.09	691	0.0434	0.54	35.0
		BO-02	12.44	607	0.0428	0.54	30.0
	ELBOSQ-3	BO-03	6.16	614	0.0445	0.54	30.0
		BO-04	7.27	617	0.0443	0.54	30.0
		BO-05	38.25	1100	0.0773	0.54	40.0
	ELBOSQ-4	BO-06	34.31	610	0.1180	0.54	20.0
	ELBOSQ-5	BO-07	46.01	1200	0.1833	0.35	25.0
ELBOSQ-7	BO-08	709.83	3500	0.2029	0.35	55.0	
Condominio Hacienda de Chicureo	HCH-1		20.15	931	0.0120	0.35	80.0
	HCH-2	HCHI-1	15.73	2001	0.0235	0.54	110.0
		HCHI-2	15.46	1098	0.0175	0.54	80.0
	HCH-3	HCHI-3	24.35	973	0.0155	0.30	75.0
		HCHI-4	12.27	805	0.1566	0.35	20.0
	HCH-4	HCHI-5	14.01	924	0.0135	0.54	80.0
		HCHI-6	40.11	1418	0.1103	0.35	35.0
	HCH-5	HCHI-7	10.77	656	0.0313	0.54	40.0
		HCHI-8	11.07	808	0.0254	0.54	50.0
	HCH-6	HCHI-9	16.42	572	0.0284	0.54	40.0
HCHI-10		8.51	653	0.0460	0.54	35.0	
Quebrada Las Cabras	HCH-7	HCHI-11	11.00	440	0.0386	0.54	25.0
		HCHI-12	45.37	1193	0.2542	0.30	20.0
	HCH-8	HCHI-13	6.70	567	0.0159	0.54	50.0
		HCHI-14	15.85	969	0.0433	0.54	45.0
	HCH-9	HCHI-15	11.92	753	0.0173	0.54	60.0
		HCHI-16	12.99	321	0.0576	0.54	20.0
HCH-10		16.65	616	0.0430	0.54	35.0	
Quebrada El Bolsón	HCH-11	HCHI-25	174.53	2980	0.1468	0.3	55.0
		HCHI-17	9.98	502	0.0349	0.54	30.0
	HCH-12	HCHI-18	15.87	715	0.0371	0.54	40.0
		HCHI-19	3.97	290	0.0276	0.54	25.0
	HCH-13		11.36	362	0.0331	0.54	25.0
	HCH-14	HCHI-21	29.7	883	0.0750	0.54	30.0
HCHI-22		19.4	611	0.1984	0.35	15.0	
Quebrada Las Rosas	HCH-15	HCHI-20	20.4	815	0.0767	0.54	25.0
	HCH-17	HCHI-23	10.4	390	0.3590	0.35	10.0
	HCH-19	HCHI-24	113.8	2126	0.1811	0.35	40.0
Quebrada el Loro	QEL-2	HCHI-20	56.80	2035	0.0087	0.35	170.0
		HCHI-21	59.75	2035	0.0565	0.35	70.0
<b>QUEBRADAS ZONA SUR DEL VALLE</b>							
Quebrada La Virgen	LV		407.27	3,875.00	0.0550	0.35	115.0
Quebrada Los Maitenes	LM-02	VN-07	4.00	307	0.0099	0.54	40.0
	LM-03	VN-09	4.20	288	0.0174	0.54	30.0
		VN-16	30.80	1250	0.2328	0.30	25.0
	LM-04	VN-11	1.50	198	0.0166	0.54	20.0
	LM-05	VN-19	207.4	1426	0.0228	0.54	85.0
	LM-6	VN-23	137.4	1791	0.0572	0.54	65.0
		VN-24	129.4	1980	0.0518	0.35	70.0
	LM-7	VN-32	181.8	2660	0.2444	0.54	45.0
LM-8	VN-28	107.8	1060	0.2736	0.3	20.0	
Quebrada Los Maitenes	LM-9	VN-29	308.9	1947	0.2260	0.35	35.0
	LM-10	VN-31	87.4	650	0.3385	0.54	15.0
	LM-11	VN-26	392.1	3100	0.1774	0.54	60.0

Cuencas	Nodos	Área Aportantes	Área (ha)	Longitud de Cauce (m)	Pendiente (mm)	Coefficiente de Escorrentia	TC Adoptado (min)
Quebrada Los Maitenes	LAG-3	VN-33	27.5	700	0.2071	0.35	15.0
	LAG-7	VN-34	56	700	0.1429	0.3	20.0
	LAG-9	VN-30	200.3	1300	0.2423	0.54	25.0
Quebrada La Región	REG-01	VN-01	7.60	344	0.0058	0.54	55.0
		VN-02	3.10	283	0.0123	0.54	35.0
	REG-02	VN-03	1.80	158	0.0101	0.54	25.0
		VN-04	4.50	329	0.0040	0.54	65.0
		VN-05	7.00	430	0.0068	0.54	60.0
		VN-13	5.80	332	0.0151	0.38	35.0
	REG-03	VN-06	4.30	226	0.0103	0.54	30.0
		VN-12	5.40	324	0.0309	0.54	25.0
	REG-04	VN-08	4.20	237	0.0040	0.54	50.0
		VN-20	35.80	790	0.2405	0.3	15.0
	REG-05	VN-10	6.00	398	0.0072	0.54	55.0
	REG-06	VN-21	10.00	450	0.0193	0.54	40.0
	REG 7	VN-17	208	2070	0.0688	0.54	65.0
		VN-18	64.4	1603	0.0889	0.3	45.0
	REG 8	VN-27	35.4	425	0.3059	0.35	10.0
REG 9	VN-25	93.52	1300	0.3077	0.54	25.0	
<b>LA RESERVA</b>							
Quebrada ON 2	N 01	LR-01	26.5	734	0.1431	0.53	20.0
		LR-02	20.5	791	0.1327	0.53	20.0
	N 02a	LR-03	28.9	897	0.1338	0.53	20.0
		LR-04	39.3	1115	0.1076	0.53	30.0
Quebrada ON 1	N 03	LR-05	33.2	1125	0.0533	0.53	40.0
		LR-06	13.3	712	0.0843	0.53	25.0
		LR-07	11.7	412	0.1456	0.53	10.0
	N04	LR-08	19.64	423	0.1655	0.53	10.0
	N-05	LR-09	26.05	700	0.2857	0.53	15.0
		LR-10	18.84	750	0.2667	0.53	15.0
		CAN-05	32.40	684	0.2339	0.53	15.0
	N 16	LR-22	29.70	462	0.3247	0.35	10.0
N 18	LR-21	51	442	0.0905	0.35	15.0	
N 19	LR-20	37.2	560	0.1964	0.35	15.0	
N 20	LR-23	15.8	376	0.3191	0.35	10.0	
N 21	LR-24	14.2	393	0.3308	0.35	10.0	
N 22	LR-25	17.3	414	0.3623	0.35	10.0	
N23	LR-26	17.17	411	0.4623	0.3	10.0	
N24	LR-27	13.88	367	0.2180	0.3	10.0	
Quebrada ON 2	BT- 06	LR-12	4.60	447.30	0.0112	0.53	40.0
	N-08	LR-13	18.02	506.60	0.0730	0.53	20.0
	BT-07	LR-14	16.13	400.88	0.2495	0.53	10.0
	N-10	LR-15	21.77	637.44	0.3169	0.35	15.0
	N-11	LR-16	10.86	294.00	0.5102	0.53	5.0
		LR-17	8.53	173.43	0.9226	0.53	5.0
	N-12	LR-18	8.03	411.64	0.0559	0.53	20.0
		LR-11	31.16	645.38	0.3138	0.53	15.0
N-06	LR-19	8.99	277.40	0.1081	0.53	10.0	
<b>ZONA PLANA ENTRE AV EL VALLE Y RUTA 57</b>							
	BT-11	ALB-03	18.35	363.00	0.0083	0.49	45.0
	All-4	ALB-04	31.11	868.00	0.0058	0.60	100.0
	All-5	ALB-05	31.54	911.00	0.0055	0.38	110.0
		ALB-06	47.13	941.00	0.0074	0.38	95.0
	All-7	ALB-07	37.57	718.00	0.0097	0.38	65.0
	ca-8a	ALB-08a	30.80	618.00	0.0238	0.38	40.0
	ca-8b	ALB-08b	14.50	490.00	0.0131	0.38	45.0
	Al-9b	ALB-9b	49.98	799.00	0.0088	0.49	80.0
	Al-10a	ALB-10a	21.09	540.00	0.0148	0.49	45.0
	Al-10b	ALB-10b	23.55	550.00	0.0145	0.49	50.0
	chi-11	ALB-11	31.67	845.00	0.0083	0.38	85.0
		CAR27	45.58	855.00	0.0082	0.38	85.0
	ca-12	ALB-12	19.60	671.00	0.0104	0.49	60.0
	ca-13	ALB-13	38.72	924.00	0.0076	0.38	95.0
	ca-14	ALB-14	10.84	475.00	0.0105	0.49	45.0
	U-15	ALB-15	10.17	479.00	0.0063	0.49	60.0

Cuencas	Nodos	Área Aportantes	Área (ha)	Longitud de Cauce (m)	Pendiente (mm)	Coefficiente de Escorrentia	TC Adoptado (min)
	R57-16	ALB-16	13.98	510.00	0.0137	0.49	45.0
	R57-16a	ALB-16a	51.72	639.00	0.0110	0.60	60.0
			24.76	1190.00	0.0353	0.60	55.00
	Puente	ALB-17	31.02	935.00	0.0075	0.49	95.0
			ALB-18b	12.80	649.00	0.0062	0.38
	ca-18a	ALB-18a	25.00	950.00	0.0084	0.38	90.0
	cl-19a	ALB-19a	22.50	640.00	0.0094	0.38	65.0
	cl-19b	ALB-19b	14.40	670.00	0.0104	0.38	60.0
	R57-20	ALB-20	41.04	698.00	0.0029	0.60	120.0
	R57-21	ALB-21	37.43	976.00	0.0020	0.38	185.0
	cl-22	ALB-22	40.57	671.00	0.0104	0.38	60.0
	cl-23	ALB-23	30.44	1000.00	0.0030	0.60	155.0
			CAR24	39.94	752.00	0.0066	0.60
	chi-22	ALB-2a	12.53	752.00	0.0066	0.60	90.00
			CAR25	35.48	811.00	0.0062	0.38
	R57-25	CAR25	35.48	811.00	0.0062	0.38	95.0
	R57-26	CAR26	35.76	1153.00	0.0026	0.38	190.0
	COL-8	CAR28	28.20	922.00	0.0108	0.38	80.0
	COL-9	CAR29	34.90	801.00	0.0062	0.38	90.0
	COL-10	CAR30	33.15	821.00	0.0049	0.38	105.0
	sc-31	CAR33	30.84	1125.00	0.0044	0.38	140.0
			CAR31	35.01	900.00	0.0078	0.38
	sl-32	CAR32	33.24	847.00	0.0083	0.49	85.0
	sm-34	CAR34	35.73	1056.00	0.0028	0.49	170.0
	R57-35	CAR35	30.44	933.00	0.0086	0.49	90.0
			CAR36	26.37	1122.00	0.0027	0.38
CANAL EL CARMEN, BATUCO Y COLINA							
	CARM-01		51.87	640.00	0.4219	0.35	10.00
	CARM-02		30.25	800.00	0.3375	0.35	15.00
	CARM-03		30.73	780.00	0.3333	0.35	15.00
	BT-01		57.53	420.00	0.3571	0.35	10.0
	BT-02		23.64	705.77	0.2125	0.35	15.0
	BT-03		27.90	502.00	0.2988	0.35	10.0
	BT-04		18.71	307.97	0.5845	0.35	5.0
	BT-06		4.60	400.00	0.0100	0.35	45.00
	BT-07		16.13	510.00	0.1765	0.30	15.00
	BAT-08		38.8	1155	0.1385	0.38	30.0
				7.8	520	0.0048	0.38
	COL -03		9.13	680	0.0147	0.35	60.00
ESTERO LOS PATOS							
	lp-16	LPZB12	16.07	810	0.0074	0.68	70.0
		LPZ B13	9.26	800	0.0075	0.68	65.0
	lp-15	LPZB16	26.29	805	0.0112	0.68	55.0
	lp-14	LPZB17	24.13	870	0.0046	0.68	90.0
	lp-13	LPZB15	36.19	892	0.0056	0.68	85.0
		LPZB21	1.29	380	0.0026	0.68	60.0
	lp-10	LPZB18	51.20	1670	0.0078	0.68	115.0
	lp-9	LPZB19	67.79	1445	0.0104	0.68	90.0
	lp-8	LPZB29	20.93	340	0.0059	0.68	40.0
		LPZB31	25.93	600	0.0033	0.68	80.0
	lp-8a		27.03	650	0.0923	0.68	15.00
			30.81	840	0.0714	0.68	25.00
	lp-7	LPZB30	12.41	550	0.0036	0.68	70.0
		LPZB32	28.79	910	0.0033	0.68	110.0
	lp-4	LPZB48	31.47	810	0.0025	0.68	115.0
	lp-3	LPZB49	21.85	980	0.0010	0.68	210.0
	lp-2	LPZB50	32.95	965	0.0010	0.68	205.0
		LPZB51	23.28	965	0.0010	0.68	205.0
	lp-1	LPZB73	13.57	620	0.0032	0.68	80.0
		LPZB74	13.18	350	0.0057	0.68	40.0
	lp-17	LPZB34b	26.54	800	0.0025	0.68	115.0
	lp-7a	LPZB33	36.87	925	0.0032	0.68	110.0
		LPZB34a	13.55	950	0.0021	0.68	140.0
	DLC	LPZB91	22.18	811	0.0049	0.68	85.0
LPZB92		23.43	650	0.0046	0.68	70.0	

Cuencas	Nodos	Área Aportantes	Área (ha)	Longitud de Cauce (m)	Pendiente (mm)	Coefficiente de Escorrentía	TC Adoptado (min)
<b>INDUSTRIAS CONDOMINIO LA ALBORADA. CALLE COQUIMBO</b>							
Canal de regadío al sur del Condominio La Alborada	a-4	LPZB03	49.23	1140	0.0061	0.68	95.0
	a-3	LPZB01	226.30	1840	0.0071	0.68	130.0
	a-2	LPZB02	122.99	974	0.0051	0.68	95.0
Canal de regadío al norte de las industrias	a-1	LPZB07	36.44	950	0.0053	0.68	90.0
	i-2	LPZB05	38.28	920	0.0065	0.68	80.0
		LPZB10	23.57	914	0.0098	0.68	65.0
		LPZB11	31.19	895	0.0078	0.68	70.0
i-1	LPZB06	41.43	990	0.0071	0.68	80.0	
Canal adyacente a calle Coquimbo	q-2	LPZB04	57.12	735	0.0054	0.68	75.0
	q-1	LPZB14	20.15	975	0.0051	0.68	95.0
		LPZB08	26.19	1020	0.0039	0.68	110.0
		LPZB09	6.10	1500	0.0020	0.68	210.0

La Información relativa a la geometría de los colectores se presenta en el Anexo L.

### 5.3.2 Resultados de modelación.

Los resultados totales generados por la modelación, tanto de parámetros hidrológicos, Como de verificación y parámetros hidráulicos, se detallan en el Anexo M. Por su parte, para el análisis requerido a continuación se detallan los valores obtenidos para los volúmenes de inundación por nodo correspondiente.

#### 5.3.2.1 Volúmenes de Inundación.

Se simuló el comportamiento de la red para lluvias de períodos de retorno de 2, 5, 10 y 100 años. De los resultados, a continuación se presentan los valores por nodo correspondiente.

TABLA 5.12  
VOLÚMENES DE INUNDACIÓN EN SITUACIÓN FUTURA PARA DISTINTOS PERÍODOS DE RETORNO.

DESCRIPCIÓN DE ZONA	NODO	Volumen [m3]			
		T = 2 años	T = 5 años	T = 10 años	T = 100 años
<b>CANAL EL CARMEN</b>					
En formación de canal Colina y Batuco	CARM-03	737.95	1779.81	3808.11	9905.72
<b>CANAL BATUCO</b>					
En cerro Pan de Azúcar	BT-01	2178.96	5343.73	6078.62	13173.10
En sector Las Canteras	BT-02	2404.91	3012.93	4643.92	7819.19
	BT-03	1803.19	2690.57	3314.82	6048.75
	BT-04	169.82	296.37	409.38	1141.98
En camino El Alaba III	BT-08	0.00	0.00	0.00	237.46
Aporte quebrada Los Maitenes	BATDER	36052.56	36460.99	36722.74	37650.47
<b>CANAL COLINA</b>					
En cerro Pan de Azúcar	COL-02	358.38	2459.67	2464.21	2476.61
En sector Las Canteras	COL-03	1097.24	3398.61	3599.44	4384.55
Llegada a calle Alba 1	COL-04	178.62	378.75	379.72	382.64
En cruce con Av. Chicureo	COL-07	478.60	519.03	530.77	647.80
<b>CANAL EL MANZANO</b>					
Segundo punto de brazo de canal en fundo Familia Cox	PRED2	0.00	0.00	0.00	348.80
<b>CONDOMINIOS ZONA ALTA</b>					
Condominio Los Poloa de Manquehue III	LPIII-5	0.00	0.00	0.00	409.53
Condominio Hacienda Chicureo	HCHIC-4	0.00	0.00	0.00	219.58

DESCRIPCIÓN DE ZONA	NODO	Volumen [m3]			
		T = 2 años	T = 5 años	T = 10 años	T = 100 años
<b>CALLE LOS INGLESES</b>					
Frente a condominio Las Campinas	LOSINGLE-7	0.00	0.00	6125.12	86721.15
Intersección con Av. Chicureo	LOSINGLE - 4	4876.96	6173.05	6998.64	10097.30
<b>QUEBRADA LA ÑIPA</b>					
Obras De Mitigación, parte alta La Ñipa	lnf51	0.00	293.79	1482.17	8083.65
	lnf21	0.00	0.00	207.00	1662.04
Llegada de la Ñipa a calle Los Ingleses	LÑ-4	0	2853.99	3492.19	6093.67
<b>SECTOR LAS CANTERAS</b>					
En calle Alba 2	AII-7	0.00	0.00	0.00	2928.92
Aporte Quebrada ON2 de La Reserva	N06a	0.00	0.00	0.00	206.68
En condominio Las Canteras	ca-14a	0.00	0.00	0.00	554.42
<b>RUTA G57</b>					
Cruce con calle Fermín Vergara	R57-16a	0.00	599.08	1280.54	4566.71
Antes del Reten de Carabineros	R57-21	0.00	0.00	0.00	4830.91
<b>ZONA BAJA</b>					
En canal proveniente desde Reten de carabineros	i-2	0.00	0.00	1273.96	21918.90
Canal de riego proveniente de condominio Arboleda	a-2	0.00	0.00	0.00	2294.15
Unión de canal de riego proveniente desde condominio Arboleda y canal de riego del reten	a-1	0.00	9119.27	19901.18	66193.73
Unión de dos canales anteriores más un canal de riego proveniente desde calle Coquimbo	q-1	28671.29	53231.65	67837.30	129506.21
Aporte a estero Los Patos	lp8a	0.00	0.00	0.00	930.05

Principalmente el problema se presenta por los desbordes de canales de riego, situación que no es mitigada en los primeros tramos, por la presencia de los colectores.

En el caso de la calle Los Ingleses, a pesar de la presencia del colector, se presenta un desborde en el primer punto modelado de dicha calle, desde el periodo de retorno 2 años en adelante, lo que indica la necesidad de aumentar la capacidad de dicho colector. Además, con la llegada de la quebrada La Ñipa, se presentan dos nuevos puntos de inundación que se encontraban de igual forma en al situación actual, sin embargo, para esta nueva situación los valores son menores, ya que existe la intervención del canal El valle y los colectores Algarrobos e Ingleses, obras que mitigan la situación pero no la solucionan plenamente.

Para la parte baja del canal El Valle, donde se realiza la mejora del actual estero Los Patos, se presentan pocas zonas de inundación, sin embargo destaca la generada por el aporte del canal de riego proveniente del condominio Arboleda, generando volúmenes de inundación considerables, a partir del período de retorno de 2 años en adelante.

Para visualizar las zonas de inundación se presentan las siguientes figuras, separadas en zona alta y baja.

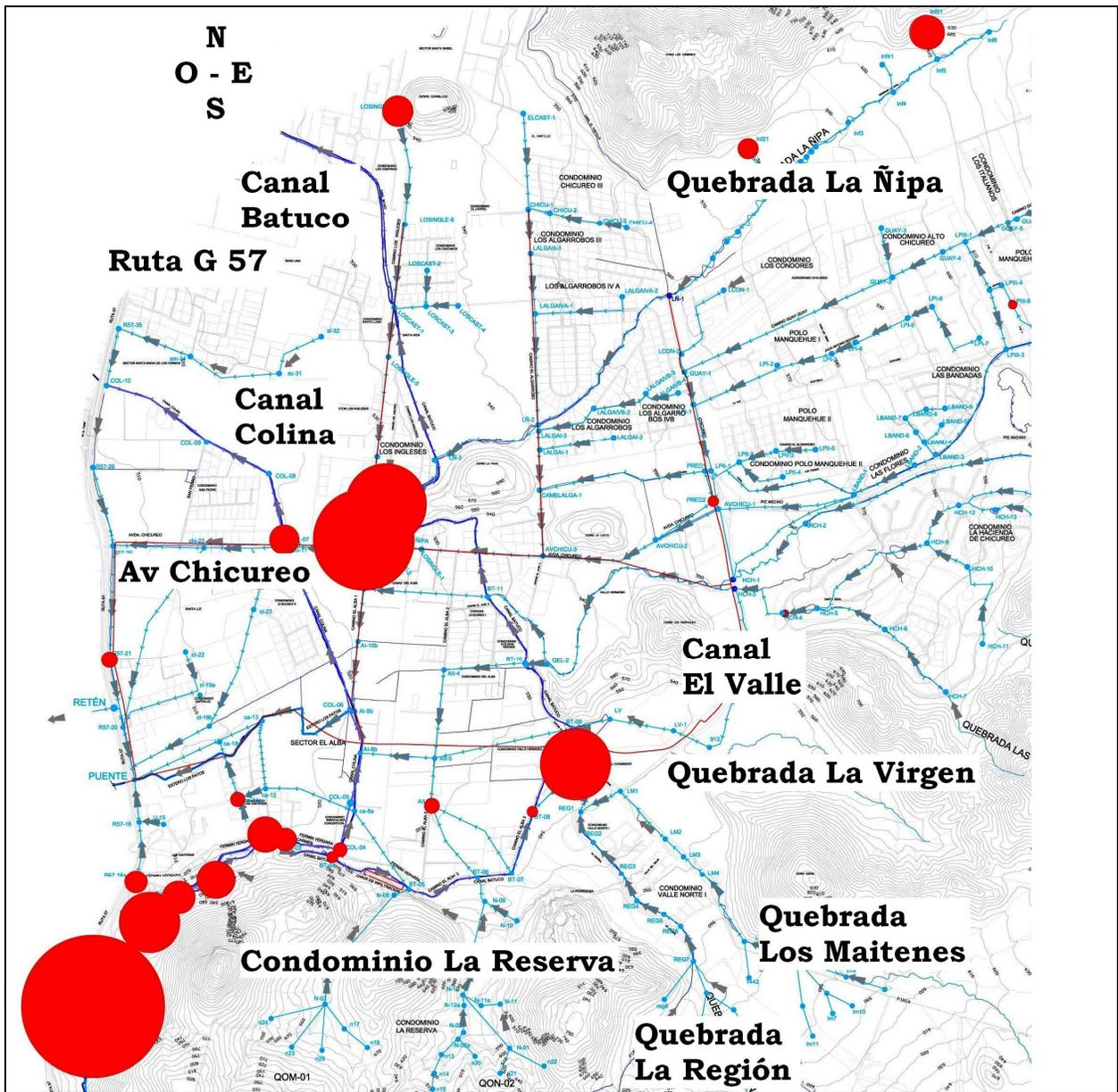


FIGURA 5.14  
VOLÚMENES DE INUNDACIÓN SITUACIÓN FUTURA, EN ZONA ALTA DEL VALLE DE CHICUREO

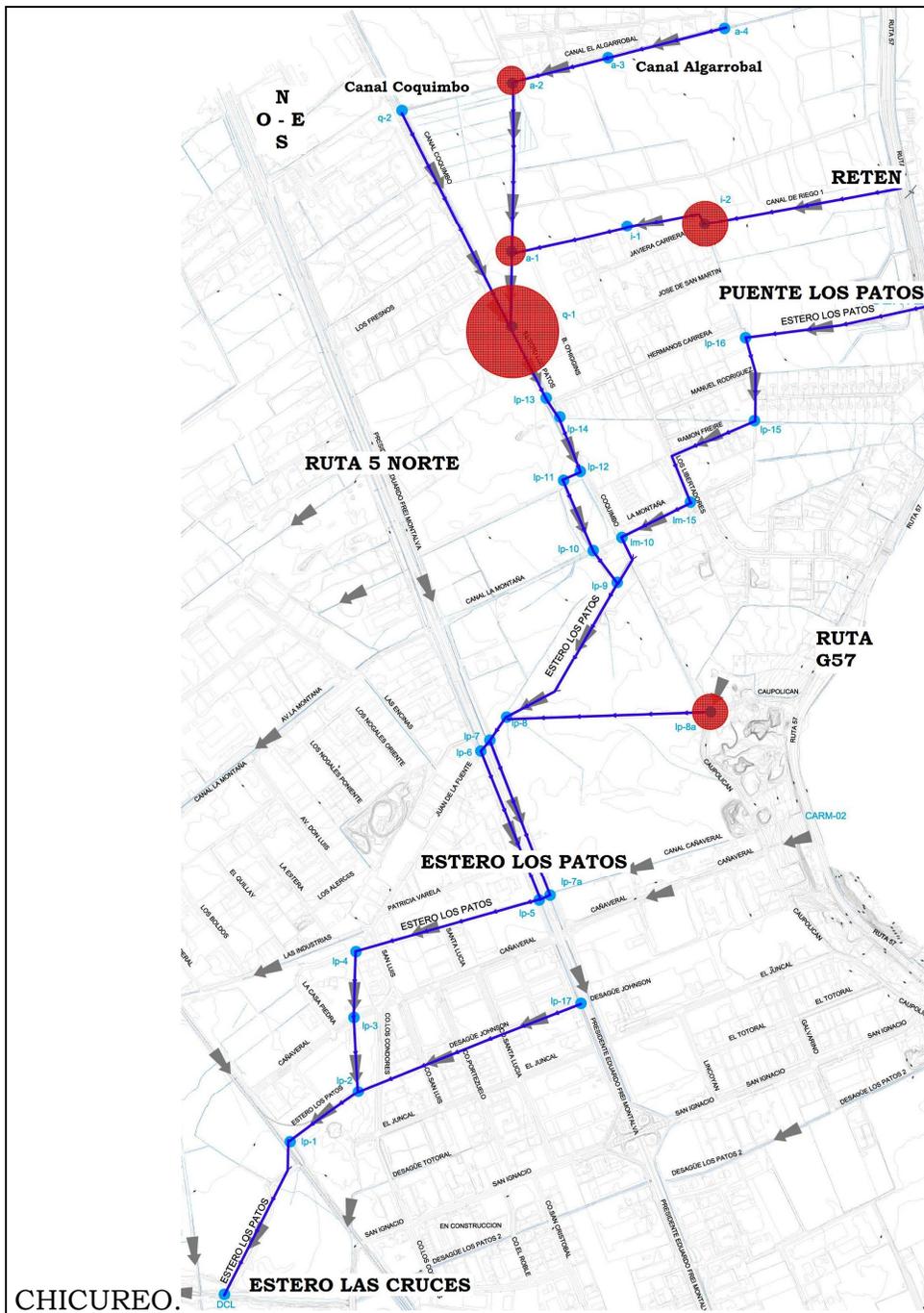


FIGURA 5.15  
VOLÚMENES DE INUNDACIÓN SITUACIÓN FUTURA, EN ZONA BAJA DEL VALLE DE CHICUREO.

### 5.3.2.2 Determinación de área de inundación.

De igual forma que para la situación actual, la determinación de las áreas de inundación se realizan considerando una altura genérica de 10 cm y los volúmenes de inundación obtenidos por nodo. El valor para cada área se dibujó considerando las curvas de nivel, y las referencias de visitas a terreno. Los valores generados, se encuentran en el Anexo I, por su parte en las siguientes figuras se representan dichas áreas de inundación, para las zonas alta y baja del valle de Chicureo.

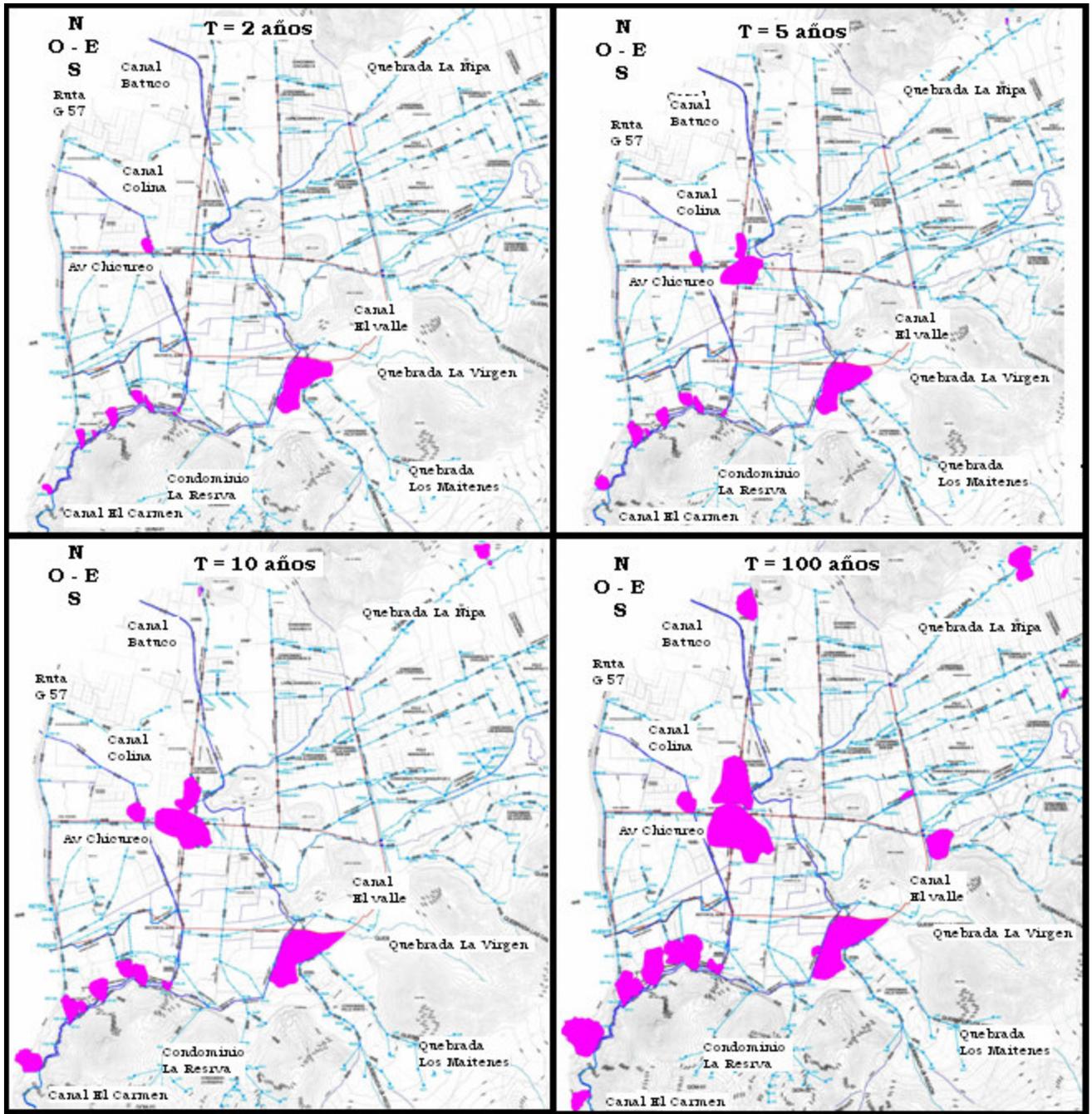


FIGURA 5.16  
 ÁREAS DE INUNDACIÓN PARA DISTINTOS PERÍODOS DE RETORNO EN ZONA ALTA FUTURA.

En esta zona se observa una clara influencia de la presencia de colectores, disminuyendo notablemente las áreas de inundación, sin embargo, las áreas producidas a partir de los desbordes de los canales de riego permanecen.

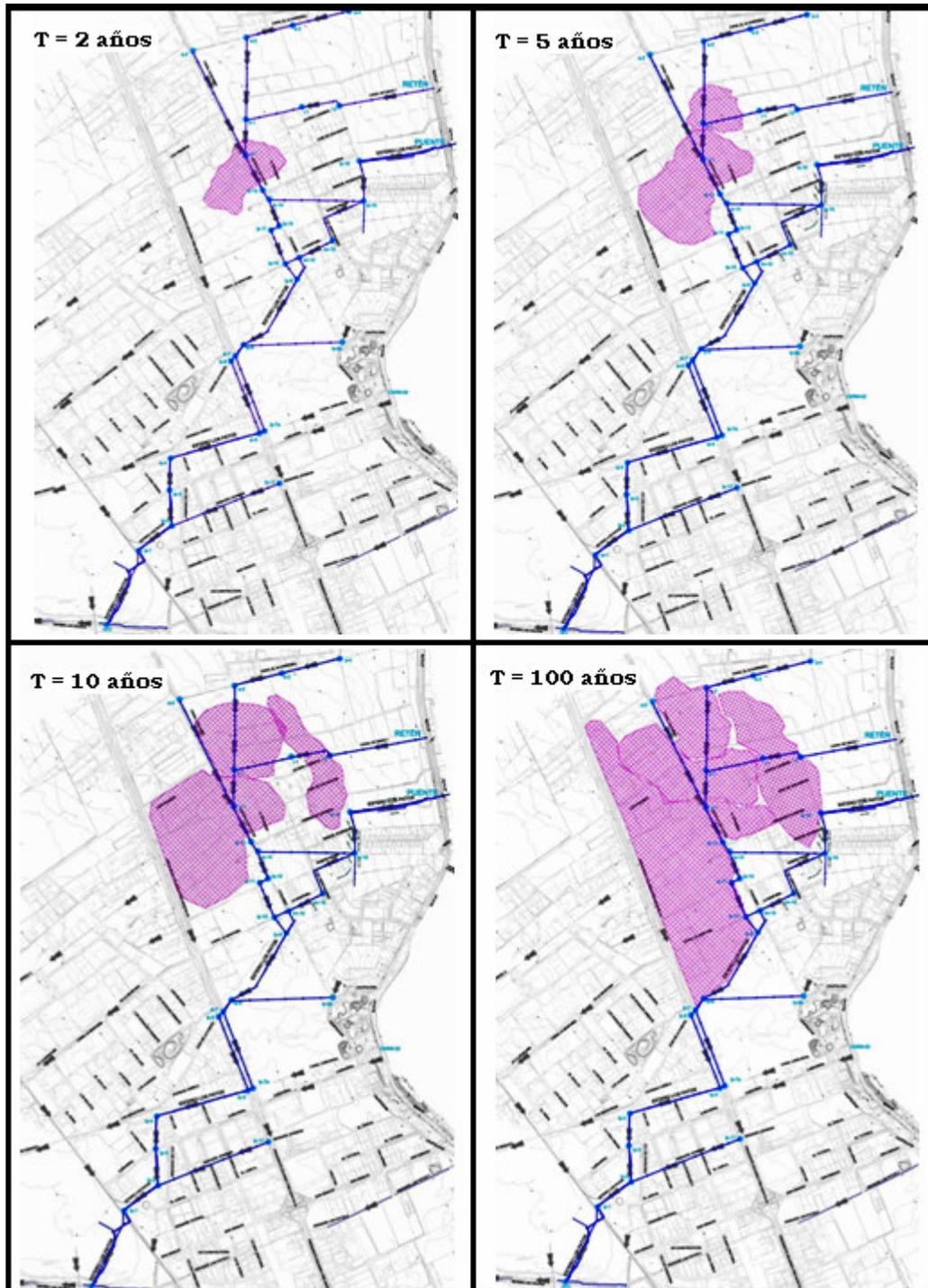


FIGURA 5.17  
 ÁREAS DE INUNDACIÓN PARA DISTINTOS PERÍODOS DE RETORNO EN ZONA BAJA FUTURA.

Al igual que en la zona alta, se produce una notable disminución de las áreas de inundación, debido al mejoramiento del Estero Los Patos, sin embargo se generan puntos de inundación considerables, en la zona cercana a la Ruta G57, lo que hace ver la necesidad de la presencia de una medida alternativa o complementaria a la planteada en esta zona.

#### 5.4 Comparación de entre escenarios de simulación.

Con el despliegue de resultados y la observación de la evolución de volúmenes de inundación para los diferentes escenarios, y los distintos períodos de retorno, es posible vislumbrar la influencia de las urbanizaciones a nivel de magnitud de inundaciones, temporal y espacialmente. Entonces, considerando los resultados de volúmenes de inundación para ambas situaciones, se tienen los siguientes valores.

TABLA 5.13  
COMPARACIÓN DE VOLÚMENES DE INUNDACIÓN PARA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA.

NODO	Volumen [m3]							
	T = 2 años		T = 5 años		T = 10 años		T =100 años	
	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura
CANAL EL CARMEN								
CARM-03	728,11	737.95	1919,37	1779.81	3032,77	3808.11	9705,13	9905.72
CANAL BATUCO								
BT-01	2817,86	2178.96	5172,15	5343.73	6821,92	6078.62	13548,81	13173.10
BT-02	2827,68	2404.91	3952,21	3012.93	4735,33	4643.92	7419,38	7819.19
BT-03	1862,19	1803.19	2825,68	2690.57	3523,11	3314.82	6424,72	6048.75
BT-04	236,22	169.82	430,24	296.37	625,86	409.38	1702,86	1141.98
BT-08	383,85	0.00	438,12	0.00	281,86	0.00	439,34	237.46
BATDER	69976,91	36052.56	74944,18	36460.99	77411,05	36722.74	85924,85	37650.47
CANAL COLINA								
COL-02	325,86	358.38	2505,39	2459.67	2626,23	2464.21	2930,96	2476.61
COL-03	1170,51	1097.24	3671,95	3398.61	3979,1	3599.44	4949,82	4384.55
COL-04	121,14	178.62	145,27	378.75	160,28	379.72	190,95	382.64
COL-07	429,95	478.60	522,24	519.03	568,04	530.77	657,68	647.80
CANAL EL MANZANO								
PRED2	690,04	0.00	1209,44	0.00	1389,78	0.00	2285,75	348.80
CONDOMINIOS ZONA ALTA								
LPIII-5	0,00	0.00	0,00	0.00	0,00	0.00	392,2	409.53
HCHIC-4	0,00	0.00	0,00	0.00	0,00	0.00	208,96	219.58
CALLE LOS INGLESES								
LOSINGLE-7	0,00	0.00	0,00	0.00	0,00	6125.12	0,00	86721.15
LOSINGLE - 4	202604,59	4876.96	302567,03	6173.05	361974,83	6998.64	516055,03	10097.30
QUEBRADA LA NIÑA								
lnf51	0,00	0.00	0,00	293.79	0,00	1482.17	0,00	8083.65
lnf21	0,00	0.00	0,00	0.00	0,00	207.00	0,00	1662.04
LÑ-4	0,00	1964.22	15122,56	2853.99	33168,61	3492.19	97494,16	6093.67
SECTOR LAS CANTERAS								
AII-7	23735,15	0.00	39056,11	0.00	48743,32	0.00	85528,58	2928.92
N06a	0,00	0.00	0,00	0.00	0,00	0.00	0,00	206.68
ca-14a	5,27	0.00	174,81	0.00	368,79	0.00	1390,29	554.42
RUTA G57								
R57-16a	0,00	0.00	0,00	599.08	0,00	1280.54	1442,78	4566.71
R57-21	42408	0.00	50724,54	0.00	55304,77	0.00	73208,92	4830.91
ZONA BAJA								
i-2	95065,49	0.00	110854,22	0.00	120308,56	1273.96	158720,58	21918.90
a-2	0,00	0.00	0,00	0.00	0,00	0.00	0,00	2294.15
a-1	0,00	0.00	265,54	9119.27	3702,84	19901.18	27985,84	66193.73
q-1	48797,45	28671.29	74498,48	53231.65	89259,71	67837.30	138075,6	129506.21
lp8a	4788,12	0.00	10411,75	0.00	14598,63	0.00	34209,06	930.05

Para generar esta tabla se uso como base los volúmenes de inundación resultantes para la situación futura. A continuación se analizan los casos por sector.

**Canal El Carmen.**

Debido a que en el sector de Las Canteras, por donde escurre el canal El Carmen, no se realiza ningún tipo de intervención que permita disminuir los valores de inundación, los resultados para ambos casos se mantiene. Más aun dicha situación hace urgente la necesidad de buscar algún tipo de solución para los volúmenes que se generan, sobre todo para el caso de 100 años de período de retorno.

**Canal Batuco**

Al igual que para el canal El Carmen, el canal Batuco mantiene sus volúmenes de inundación por todo el sector de Las Canteras, en el cerro Pan de Azúcar, ya que esta zona no presenta modificaciones para la situación futura.

Al llegar frente al camino Alba II se presenta una disminución de volúmenes para la situación futura, debido a la presencia de una conexión directa de la esorrentía generada en el condominio La Reserva hasta el canal El Valle, situación modelada para el caso futuro. Con esto se generan volúmenes de inundación bajos sólo para un período de retorno de 100 años.

En el trayecto del canal Batuco, existe otro punto conflictivo, correspondiente al punto representativo del tranque de recepción de aguas del condominio Valle Norte, aguas conducidas a través del cauce de la quebrada Los Maitenes, a la que se le suman las aguas generadas por las nuevas urbanizaciones. Sin embargo, en relación a la situación actual, la situación futura disminuye sus volúmenes de inundación por las obras de mitigación impuestas por el condominio. Aún así, estos valores no son lo suficientemente bajos para obviar dicha situación, por lo que se hace necesaria una mejora de las medidas existentes o sumar una medida complementaria a dicho punto.

**Canal Colina.**

Nuevamente para el canal Colina, la situación se mantiene en ambos casos, en el sector de Las Canteras. Luego al llegar al cruce con la Avenida Chicureo se presenta de igual forma una mantención de valores, a pesar de la presencia de colectores en los puntos previos, lo que indica que la mitigación de la situación no llega a surgir efecto para este punto de la modelación.

**Canal El Manzano.**

El punto PRED 2, corresponde a uno de los brazos de dicho canal, el que pasa a través del sitio de la familia Cox. En este punto se presenta una notoria disminución de volúmenes, ya que previamente se encuentra el canal El Valle, el que mitiga la entrega caudales a dicha zona. Sólo para un período de retorno de 100 años en este punto se genera un volumen de inundación considerable, a pesar de la presencia de dicho canal.

**Condominios Zona Alta.**

Tanto en el nodo del condominio Polos de Manquehue II, como el nodo del condominio Hacienda de Chicureo, se mantienen con volúmenes de inundación similares a la situación futura y actual.

**Calle Los Ingleses.**

Existen dos nodos que presentan volúmenes de inundación para la situación futura. El primero se ubica al comienzo de la calle, punto que recibe el aporte generado por la cuenca norte del valle. Este nodo (LOSINGLE-7) no presenta inundaciones para la situación actual, debido a que en este caso el volumen de inundación se traslada hasta

el nodo siguiente (LOSINGLE-6). En la situación futura este último nodo no se inunda debido a la presencia de colector Los Ingleses, sin embargo, este colector sólo comienza desde este mismo punto, razón por la cual en la situación futura la inundación ocurre en el nodo previo (LOSINGLE-7). Por lo tanto el problema se genera, por que el colector no esta presente a través de toda la calle, excluyendo el tramo inicial, donde se encuentra el nodo LOSINGLES-7, generando inundaciones.

Luego se tiene el nodo LOSINGLE-4, el que corresponde a la intersección de la calle Los Ingleses con la Av Chicureo. La inundación se genera para ambas situaciones, pero en el caso de la futura sus valores son menores debido a al presencia de los colectores Los Ingleses y Los Algarrobos, este último, proveniente de la calle del mismo nombre y que en este punto se conduce a través de la Av Chicureo.

### **Quebrada La Ñipa.**

Existen dos puntos de inundación (lnf51 y lnf21), que sólo se presentan en al situación futura, debido a que en esta caso, ya existen urbanizaciones que en el caso actual no se presentan. Esta inundación simplemente se genera por una deficiencia en las medidas de mitigación de este sector, sin embargo son pequeñas, dada la magnitud de la cuenca de La Ñipa, pero aun así requieren de una pequeña modificación a las obras proyectadas.

Luego se tiene la inundación de la quebrada al llegar a la calle Los Ingleses, situación que ocurre en el caso actual, y prevalece en el caso futuro, debido a los grandes caudales que trae esta quebrada. Esto se genera por la falta de capacidad del colector Los Ingleses para captar las aguas provenientes de la quebrada, sin embargo para al situación futura los valores de volúmenes de inundación son menores que para la situación actual.

### **Sector Las Canteras.**

Primeramente, se tiene el nodo AII-7, éste se encuentra casi completamente disminuido para la situación futura, ya que esta agua es generada en su mayoría por el condominio La Reserva y en el caso futuro dicho condominio cuenta con una conexión directa al canal El valle, por lo que sus aguas no se descargan al canal Batuco evitando los desbordes de éste y las posteriores inundaciones. Sin embrago, se genera un volumen de inundación para el caso de período de retorno de 100 años, lo que indica que la obra del condominio La Reserva no cuenta con un diseño para dicho caso.

El segundo nodo es el N06a, se ubica en el mismo condominio la Reserva, y al igual que el anterior, mitiga todos los volúmenes de inundación, exceptuando el generado para  $T = 100$  años, debido a que la obra de diseño no contempla una capacidad para este caso.

Finalmente, el nodo ca14a, se ve casi plenamente mitigado, por la presencia del canal El Valle, sin embrago al igual que los nodos anteriores, presenta inundaciones para  $T = 100$  años.

### **Ruta G57.**

La inundación que se presenta pata la situación actual es mucho menor que la ocurrida ara la situación futura debido a la presencia de los colectores, pero de igual forman existen valores producidos para  $T = 100$  años.

### Zona baja.

La zona baja corresponde al estero Los Patos. Éste disminuye notoriamente sus valores de inundación debido al aumento de capacidad, la mejora en la conducción y la mayor definición de su trazado, presentando en su mayoría valores de inundación sólo para T = 100 años, exceptuando el nodo q1, ya que genera volúmenes de inundación desde T = 2 años. Este nodo recibe el aporte del canal de riego proveniente del condominio Arboleda, lo que indica que la capacidad del canal no es la suficiente como para recepcionar dicho aporte, aun así sus valores son menores en la situación futura que en la actual.

Luego, utilizando los valores de caudales que generan las quebradas es posible observar el desarrollo del evento que genera dichas situaciones. A continuación se presenta una tabla comparativa de los caudales por quebrada para los diferentes escenarios.

TABLA 5.14  
COMPARACIÓN DE ESCENARIOS SITUACIÓN PRE INMOBILIARIA, ACTUAL Y FUTURA.

Sub Cuenca	Área [ha]	Área Urb [ha]	Caudales [m <sup>3</sup> /s]											
			T = 2 años			T = 5 años			T = 10 años			T = 100 años		
			Pre	Actual	Fut	Pre	Actual	Fut	Pre	Actual	Fut	Pre	Actual	Fut
La Ñipa	2152	766	13.61	13.61	16.18	17.15	17.15	20.53	19.73	19.73	23.37	29.51	29.51	33.30
Polo Manquehue	229	229	1.00	1.91	1.87	1.29	2.43	2.39	1.50	2.82	2.78	2.30	4.29	4.23
El Manzano	1625	340	9.90	10.48	13.59	12.46	13.18	17.12	14.31	15.17	19.85	21.28	22.57	29.81
Piedras Blancas/Los Loros	2052	799.7	11.23	13.01	14.75	16.42	17.47	19.32	19.29	19.64	21.71	19.80	19.80	26.70
La Virgen	270	270	2.56	2.56	2.56	3.23	3.23	3.23	3.71	3.71	3.71	5.53	5.53	5.53
Los Maitenes	1744	555	11.01	11.04	13.37	13.85	13.89	16.68	15.90	15.95	19.05	23.69	23.77	28.37
La Región	580	524	3.59	3.94	4.91	4.40	4.84	5.87	5.15	5.66	6.44	7.87	8.66	10.42
La Reserva (ON1/ON2)	564	368	6.20	6.76	6.66	7.52	8.78	8.63	8.37	10.46	10.18	11.69	14.92	14.70

A partir de dichos datos se puede concluir que las futuras urbanizaciones generarán caudales mayores a los actuales, así como en la situación pre inmobiliaria los caudales son menores a los actuales.

Sin embargo, considerando la presencia de las medidas de mitigación aplicadas, existen casos en que el caudal disminuye para la situación futura, en relación a la situación actual. En el caso de la quebrada ON-1, el caudal es menor debido a que el coeficiente de escorrentía disminuye por la presencia de parques en vez de cerro desnudo, a tal punto que es suficiente como para compensar la mayor impermeabilización del suelo. En el caso de La Virgen y el aporte de los condominios Polos de Manquehue, su caudal decrece por las medidas de mitigación aplicadas en las inmobiliarias del sector, entregando caudales menores al futuro canal El Valle.

A pesar de esto, en su mayoría las quebradas entregan caudales superiores en la situación futura, debido a que el coeficiente de escorrentía aumenta por la presencia de mayor pavimento y urbanización. En cifras, el porcentaje de incremento de caudal en aquellas quebradas donde habrá desarrollo inmobiliario oscila entre 19% y 29%, por lo que las obras de mitigación previstas en las zonas altas son insuficientes.

Aun así al aplicarse los colectores Los Algarrobos, Los Ingleses, y de forma mayormente influyente, el canal El Valle, la situación mejora rebajando notablemente las inundaciones, pero no completamente. Por lo tanto, se hace necesario la aplicación de obras alternativas o complementarias a las ya planteadas y modeladas.

## **CAPÍTULO 6**

### **OBRAS ALTERNATIVAS Y COMPLEMENTARIAS PARA EL SANEAMIENTO DEL VALLE.**

#### **6.1 Generalidades.**

Dentro de los sistemas de drenaje urbano, las obras de mitigación corresponden fundamentalmente a aquéllas destinadas a interceptar las aguas lluvias, es el caso de canales y cauces naturales o artificiales destinados a recibir las aguas del sistema urbano.

Una adecuada planificación de estas obras es fundamental para la eficiencia del sistema completo. En general, en áreas urbanizadas, un mal funcionamiento de este sistema es la principal causa de inundaciones mayores. Cuando no existe esta planificación, el escurrimiento ocurre por depresiones y canales naturales, además de cauces que no contemplan estas descargas, generando cursos de agua de forma desordenada, lo que aumenta el nivel de daños.

El objetivo de la aplicación de obras de mitigación, es mejorar las condiciones de la red de drenaje, atenuando los problemas de erosión, acumulación de sólidos e inundaciones, reemplazando la red natural modificada por las urbanizadas, de tal forma de mantener la eficiencia de las condiciones iniciales, previo a las intervenciones humanas.

#### **6.2 Descripción de obras de mitigación.**

Una vez realizadas las modelaciones correspondientes, la determinación de caudales y evaluación de medidas de mitigación en proceso de aplicación en el valle, se presentan un conjunto de obras alternativas y anexas para el control de aguas lluvias urbanas, basadas en procesos de infiltración, almacenamiento y conducción.

##### **6.2.1 Desconexión de Áreas impermeables (DAL).**

La desconexión de áreas impermeables, no corresponde a obras alternativas propiamente tales, pero permite el empleo de éstas y complementarlas con elementos menores. El funcionamiento, corresponde a un diseño que dirige las aguas lluvia a áreas verdes, con el objeto de disminuir la tasa de escorrentía, los volúmenes de inundación, atenuar los flujos máximos y fomentar la infiltración de las aguas lluvia. Esta práctica tiene mayores efectos sobre las pequeñas tormentas, y es muy efectiva en la reducción de los efectos globales de las precipitaciones durante el año.

La desconexión de áreas impermeables se puede implementar con distintas intensidades, dependiendo de las condiciones locales, por lo que se cuenta con tres niveles, según intensidad.

**Nivel 1**, el objetivo es dirigir el drenaje de todas las superficies impermeables de las viviendas hacia zonas de vegetación permeables, antes de ingresar a un sistema de conducción de aguas lluvia o salir a la calle.

**Nivel 2**, funciona de forma complementaria al Nivel 1. Actúa sobre las calles interiores de barrios, pasajes o accesos a grupos de viviendas. Para ello se reemplaza el diseño de

la sección transversal de las calles tradicionales por soleras con bermas permeables y zanjas amplias de infiltración a lo largo de las calles.

**Nivel 3**, complementario a los Niveles 1 y 2. Aumenta el tamaño de las zanjas laterales de infiltración y utiliza las alcantarillas de cruces de calles, pasajes o entradas de vehículos, de tal forma de utilizar cubiertas de pasto con un hundimiento suficiente, como para generar una laguna de retención.

Como ventajas, la desconexión de áreas impermeables, permite disponer de espacios públicos, de tal forma de aprovechar con fines de recreación y esparcimiento, además de minimizar la conexión entre zonas impermeables. Sin embargo cuenta son diversos inconvenientes en su desarrollo, debido a que los suelos pueden perder su capacidad de infiltración con el tiempo, el crecimiento urbano puede producir dificultades para su mantención, pueden generarse problemas de inundación de sectores bajos, por una sobre exigencia de infiltración, entre otros.

### 6.2.2 Obras de Infiltración.

La funcionalidad de las obras de infiltración consiste básicamente en captar el flujo superficial, facilitando su infiltración en el suelo. Cuando el funcionamiento es correcto, son efectivos en lograr reducir los gastos máximos y el volumen escurrido hacia aguas abajo.

Para poder aplicar este tipo de obras se debe evaluar el grado de infiltración, tal que sea la suficiente como para que el agua lluvia captada alcance a infiltrar antes de la próxima tormenta, de esta forma el suelo no provoca problemas estructurales, por efectos de sub presiones o excesos de humedad, por otra parte también es necesario evaluar la calidad del agua infiltrada, de tal forma que no contamine el acuífero o el agua subterránea de la zona.

Las principales ventajas de las obras de infiltración son su aporte a la minimización del desbalance del agua natural en el lugar, y su fácil integración en el paisaje de zonas densas o abiertas, las que a su vez pueden ser extensas. Entre sus principales desventajas, se encuentra la dependencia a una mantención correcta y permanente, ya que en caso de no cumplirse puede provocar contaminación, debido a la descomposición del material embancado en la obra.

Entre los muchos tipos de elementos de infiltración que pueden emplearse están los que operan en forma difusa o concentrada, los que consideran almacenamiento o no, así como los superficiales o los subterráneos. En la siguiente tabla se presentan las distintas alternativas de disposición de aguas lluvias mediante infiltración en el suelo.

TABLA 6.1  
ALTERNATIVAS DE DISPOSICIÓN DE AGUAS LLUVIAS MEDIANTE INFILTRACIÓN.

Elemento	Características		
	Extensión	Ubicación	Almacenamiento
Estanques	Difuso	Superficial	Alto
Zanjas	Concentrado	Subterráneo	Alto
Pozos	Concentrado	Subterráneo	Alto
Pavimento Poroso	Difuso	Superficial	Pequeño
Pavimento Celular	Difuso	Superficial	Pequeño

Fuente: "Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos. Guía de Diseño" MINVU 1996



FIGURA 6.1  
ESTANQUE DE INFILTRACIÓN.

### **6.2.3 Obras de Almacenamiento.**

Las obras de almacenamiento captan el flujo superficial, conteniéndolo temporalmente, de tal forma de descargar, hacia aguas abajo, en un período de tiempo más prolongado, disminuyendo los caudales máximos en relación a los que provocaría la tormenta sin ellas. No tienen efecto sobre el volumen total de escorrentía, sólo disipan el efecto a través del tiempo. Su aplicación es conveniente en caso de no disponer de una capacidad de infiltración adecuada en el suelo, o cuando los volúmenes de regulación necesarios son elevados. Para su funcionamiento, requieren de aguas relativamente limpias para evitar contaminación. Además necesitan espacios considerablemente amplios.

Presentan como ventaja su gran efectividad en reducir caudales máximos y la posibilidad de utilizarlas para fines recreativos, principalmente. Como desventaja, se considera la necesidad de espacio.

Existen dos tipos de obras de almacenamiento, los estanques y las lagunas. En ambos casos se trata de obras superficiales, construidas aguas abajo de la zona de captación. La principal diferencia entre ambas obras, es que los estanques están normalmente vacíos y se llenan de agua sólo durante las lluvias, mientras que las lagunas están normalmente llenas de agua y se ocupa la parte superior para almacenar aguas lluvias. En ambos casos se puede hablar de almacenamiento concentrado o difuso, dependiendo de las alturas de agua con que opere.

Estas obras pueden operar conjuntamente en serie hidráulica con otras alternativas, como obras de infiltración, o canales de drenaje urbano. De esta forma, cumplen la función de reducir la entrega de caudal a obras de conducción como zanjas o colectores, permitiendo disminuir las dimensiones de dichas obras. En el caso de funcionar de forma conjunta con pozos o estanques de infiltración, evita que éstos dispongan de grandes volúmenes de retención para acomodar los gastos que reciben a los que pueden infiltrar.

Un ejemplo de laguna de retención se muestra en la siguiente figura.



FIGURA 6.2  
LAGUNA DE RETENCIÓN, CONDOMINIO HACIENDA DE CHICUREO.

#### **6.2.4 Obras Anexas.**

En el manejo y gestión de las aguas lluvias es necesario recurrir a cierto tipo de obras que no se consideran individualmente como de infiltración o almacenamiento, sin embargo, son necesarias para que el sistema en su conjunto opere adecuadamente. Estas se han agrupado como obras anexas, ya que complementan a otras de mayor envergadura.

Se incluyen como obras anexas:

- Franjas Filtrantes.
- Zanjas con vegetación.
- Canales para drenaje urbano.
- Acueductos hormigonados.

En el caso de las franjas de infiltración y las zanjas con vegetación se consideran como obras anexas importantes en la desconexión de áreas impermeables, aunque más bien se trata de elementos complementarios que de obras propiamente tales. Tanto los canales, como los acueductos para drenaje, son descritos a continuación.

##### **6.2.4.1 Canales para drenaje urbano.**

La utilización de canales abiertos en sistemas de drenaje urbanos de aguas lluvias tiene ventajas positivas y significativas en relación al costo, capacidad de porteo, además de sus usos recreacionales y estéticos, mantención de condiciones naturales y un cierto volumen de regulación para crecidas importantes. Entre los inconvenientes se tienen las necesidades de espacio y los costos de mantención. Este tipo de conducciones sólo debe considerarse para aguas limpias.

Existen diversas posibilidades de elección para el tipo de canalización, considerando las alternativas de condiciones, diseño ambiental, impacto social, hidráulicas y requerimientos del proyecto. Sin embargo, en la práctica las elecciones se adoptan

considerando si debe ser un canal revestido, o para altas velocidades, un canal con pasto, canal con vegetación natural o un cauce natural existente.

A continuación se consideran las siguientes alternativas para canales de conducción de aguas lluvias:

- Canal natural.
- Canal revestido de pasto.
- Canal con vegetación en el fondo.
- Canal revestido de hormigón o albañilería.
- Canal revestido de enrocados.
- Canal de tierra sin revestir.

El canal más conveniente para el drenaje de aguas lluvias, desde todo punto de vista, corresponde a aquel formado por la propia naturaleza durante un largo período de tiempo, de modo que puede considerarse en condiciones estables. Estos tipos de cauces presentan ventajas de velocidades bajas, con lo que se tiene tiempos de concentración elevados, aminorando los caudales peaks aguas abajo, además el almacenamiento en el canal favorece la reducción de éstos mismos. Las necesidades de mantención son generalmente pequeñas, debido a su estabilidad, y finalmente el canal permite la creación de una franja verde, generando áreas recreativas.

En algunos sectores a urbanizar ocurre que los cauces naturales son imperceptibles a simple vista, pero siempre existe la posibilidad de seguir la trayectoria que tendría el flujo en condiciones naturales, lo que implica una buena guía para la ubicación de canales de drenaje. Un criterio de planificación siempre debe ser capaz de reflejar estas pequeñas redes de drenaje natural para reducir costos de desarrollo, minimizando los problemas posteriores de drenaje. En algunos casos la utilización del sistema de drenaje natural puede evitar la necesidad de construir costosas redes de colectores subterráneos para el drenaje de aguas lluvias. A continuación, se muestran ejemplos de canales en cauces naturales y revestidos.



FIGURA 6.3  
CANAL REVESTIDO EN ENROCADO, CONTINUACIÓN QUEBRADA LA VIRGEN, VALLE DE CHICUREO.



FIGURA 6.4  
CAUCE NATURAL MEJORADO, QUEBRADA ON2, CONDOMINIO LA RESERVA, VALLE DE CHICUREO.

#### **6.2.4.2 Acueductos hormigonados.**

Corresponde a conductos subterráneos extensos, de grandes dimensiones, hormigonados en sitio. Pueden ser de secciones semi circulares, rectangulares, herraduras, entre otras.

El uso de acueductos construidos en sitio para el escurrimiento de aguas lluvias, es económicamente más ventajoso que los conductos circulares prefabricados de grandes dimensiones. Además, tienen la ventaja de poder incorporar en su estructura otros dispositivos, que permiten solucionar los inconvenientes por interferencia con las demás instalaciones subterráneas.

Para su aplicación se debe considerar la factibilidad de movimiento de tierras en el sector, en conjunto con la capacidad requerida para la conducción, que va en directa relación con las dimensiones y las excavaciones por realizar. Esto implica la conducción de caudales menores a los que se pueden lograr mediante los canales revestidos o naturales.

Por otra parte requiere de estructuras auxiliares. Su elección depende de los requerimientos de cada proyecto en particular. Todas estas estructuras forman parte del sistema de drenaje, y tienen efecto sobre el funcionamiento global del sistema.

### **6.3 Evaluación de factibilidad y selección de obras de mitigación a aplicar en zonas de inundación del valle de Chicureo.**

Para seleccionar las obras de diseño a aplicar inicialmente se deben considerar las propiedades del lugar en términos físicos con el objeto de evaluar el tipo de obras más conveniente y descartar las menos favorables, además de evaluar los posibles usos adicionales que se pueden aplicar con cada obra.

Los lugares donde se aplicarán dichas obras, corresponden a los puntos de inundación entregados por la modelación de situación futura. Cada punto se unifica formando grupos por sector del valle. A continuación se describen, analizan los sectores y casos correspondientes, para luego evaluar y aplicar las eventuales soluciones complementarias.

### 6.3.1 Sector Las Canteras.

En el valle de Chicureo, se debe considerar la presencia de tres importantes canales de riego, canal El Carmen, canal Colina y canal Batuco. Éstos influyen de manera considerable en el escenario del valle, durante las precipitaciones y la posterior conducción de aguas lluvias, ya que es en los puntos cercanos a dichos canales donde se presentan importantes volúmenes de inundación

Esta situación ocurre a menudo en las áreas de expansión urbana de la zona central de Chile, ya que muchas ciudades se han extendido sobre terrenos agrícolas, generando conflictos entre la infraestructura de riego existente y los intereses de la urbanización. Como soluciones, se puede plantear un rediseño de los canales de riego para zonas urbanas, de manera de integrarlos al nuevo entorno, evitando conflictos. Para ello se requiere que los diseños de estos canales no respondan exclusivamente a objetivos de mínimos costos de construcción o de eficiencia de conducción, sino que también tomen en cuenta las oportunidades de que sean incorporados al entorno urbano para fines paisajísticos e incluso de recreación. Sin embargo, en la práctica estos canales son diseñados sin considerar las eventuales interferencias urbanas.

Los canales de riego del valle de Chicureo, se encuentran presentes desde hace décadas y su diseño no contempla aportes de aguas lluvias, por lo que eventualmente podría aumentarse su capacidad para conducir dichos aportes, sin embargo las modificaciones de diseño, para canales de riego son poco factibles, ya que implica una detención a la entrega de aguas de riego al valle, entre otros factores, que hacen poco viable llevar a cabo este planteamiento.

Los canales presentan desborde a lo largo de su recorrido por el cerro Pan de Azúcar, por lo que para poder plantear soluciones se subdividirá en sectores conflictivos, de tal forma de proponer una solución para cada. Las zonas son las siguientes.

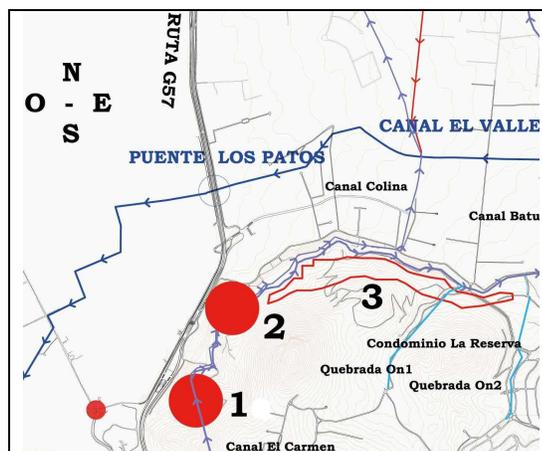


FIGURA 6.5  
ZONAS A SANEAR

**Sector 1.**

Este sector corresponde a uno de los puntos con mayor volumen de inundación, de los canales de riego. Se encuentra específicamente en el tramo del canal El Carmen, y ocurre a la altura de la calle Cañaveral, donde además se ubica la antigua canalización artificial, canal Cañaveral.

Los volúmenes generados se mantienen tanto para la situación actual, como futura, debido a que en este sector no se han proyectado medidas de saneamiento, sus valores son los siguientes:

TABLA 6.2  
VOLÚMENES DE INUNDACIÓN EN SECTOR 1 (CANAL EL CARMEN)

<b>NODO CARM-03</b>	<b>T=2 años</b>	<b>T=5 años</b>	<b>T=10 años</b>	<b>T=100 años</b>
Volumen de Inundación [m <sup>3</sup> ]	737,95	1779,81	3808,11	9905,72

Para poder solucionar el problema plenamente, se considera el volumen generado, para T = 100 años. Por su parte, la duración de la lluvia de diseño corresponde a 12 horas aproximadamente y tiempos de concentración de subcuencas del orden de 10 minutos. Por lo tanto los caudales de entrega de este nodo, para cada período de retorno son los siguientes.

TABLA 6.3  
CAUDALES DE ENTREGA EN SECTOR 1 (CANAL EL CARMEN)

<b>NODO CARM-03</b>	<b>T=2 años</b>	<b>T=5 años</b>	<b>T=10 años</b>	<b>T=100 años</b>
Caudales de Entrega [m <sup>3</sup> /s]	0.0170	0.0412	0.0881	0.2292

Entonces se plantea como solución un canal de drenaje, capaz de conducir 0.23 m<sup>3</sup>/s desde el canal El Carmen, hasta el estero Los Patos mejorado. Con un revestimiento similar a los canales de la zona, es decir con enrocado, o cubierta de tierra y vegetal, de tal forma de aumentar su coeficiente de Manning, estabilizando su conducción.

Según lo observado en esta zona existen dos puntos de entrega al estero Los Patos desde la parte alta del valle, uno a través del antiguo canal Cañaveral, y otro punto de entrega que escurre de forma paralela a la calle Caupolicán, ambas se observan en la siguiente figura.

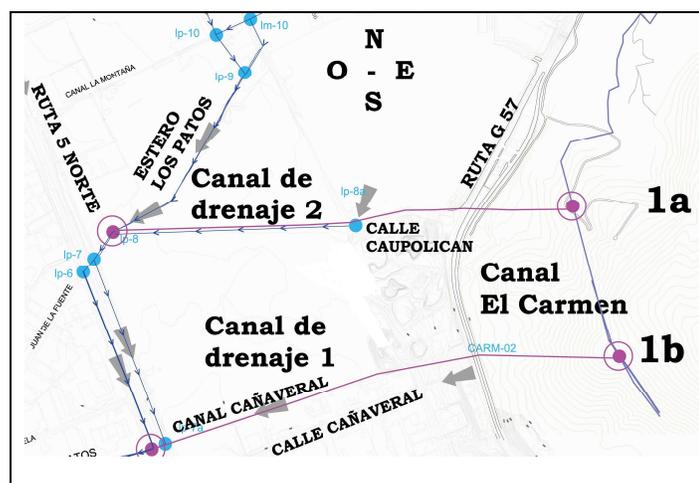


FIGURA 6.6  
PUNTOS DE ENTREGA DE CANAL EL CARMEN A ESTERO LOS PATOS MEJORADOS

El canal Cañaveral corresponde a un antiguo canal de riego que en la actualidad conduce las aguas generadas por los desbordes del canal El Carmen en períodos con intensas precipitaciones, además de las aguas provenientes de la calle Caupolicán. Su recorrido comienza aproximadamente 1 kilómetro aguas arriba de la Ruta 5 Norte, en dirección sur poniente. Cruza la ruta 5 y sigue hacia el poniente hasta descargar al Estero Los Patos. Por lo tanto corresponde a un trazado viable, como entrega de los caudales de inundación generados por los desbordes del canal El Carmen en este punto.

Por lo tanto, la solución para el sector 1 de los desbordes de canales de riego, corresponde a un canal de drenaje, diseñado para un caudal de 0.23 m<sup>3</sup>/s de revestimiento de enrocado o tierra, que utilizará como base de trazado el antiguo canal Cañaveral, entregando sus aguas al estero Los Patos mejorado.

**Sector 2.**

Este sector acumula los desbordes producidos, tanto por el canal Batuco como por el canal Colina. Según lo observado en terreno, esta zona, corresponde a un sector poblado el cual no presenta inundaciones en su zona alta, sin embargo entrega caudales considerables a la parte baja, correspondiente a las zonas aledañas a la calle Fermín Vergara.

En la intersección de ésta, con la ruta G 57, se observa una entrega desde dichos canales, generando una pequeña cascada la que luego pasa por un sifón por debajo de la calle Fermín Vergara y se conectan con zanjas en la parte plana de este sector. Se propone como solución la utilización de dicho aporte para implementar un canal de drenaje que entregue los caudales en exceso de ambos canales de riego hasta la zanja de infiltración que existe de forma paralela a al caletera de la ruta G 57, y descargar al estero Los Patos, en el puente del mismo nombre.

Para mayor claridad se presenta un esquema de la línea de flujo de los caudales de desborde de esta zona.

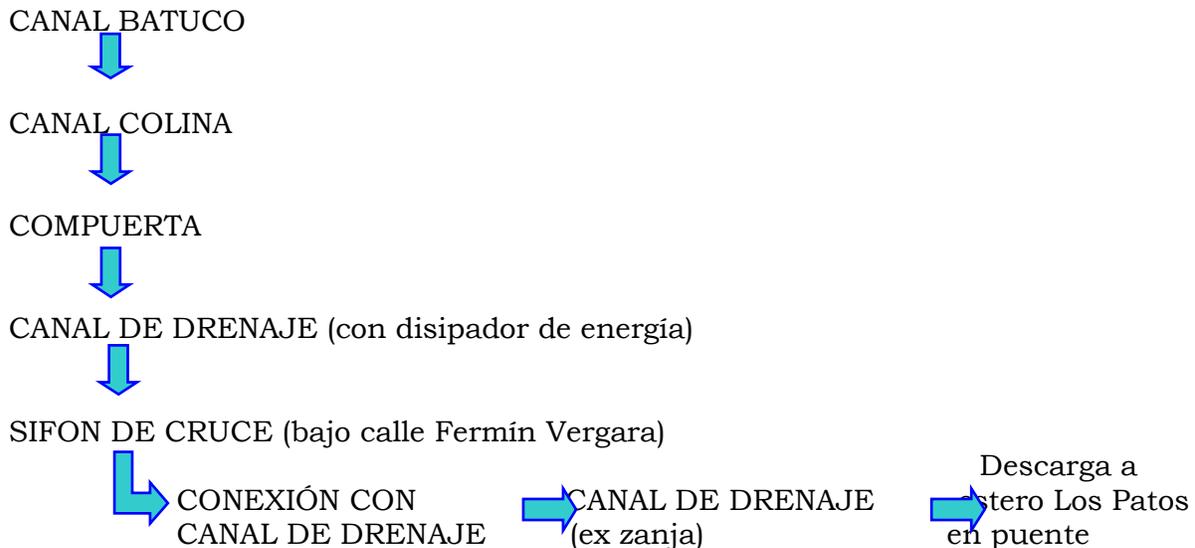


FIGURA 6.7  
LÍNEA DE FLUJO DE CAUDALES DE DESBORDE DE SECTOR 2.

De forma viable se plantea que el paso de caudal desde los desbordes del Batuco al Colina se mantengan, de tal forma de sólo interferir el canal Batuco con una salida y una compuerta de regulación de caudal, y desde este punto hacia abajo diseñar un canal de drenaje con la suma de caudales de ambos canales para sanear la zona utilizando los valores entregados para T = 100 años.

Los volúmenes de inundación y caudales considerados se presentan en la siguiente tabla. Cabe destacar que el caudal de entrega se calcula utilizando una lluvia de duración de 12 horas, al igual que el caso anterior.

TABLA 6.4  
VOLÚMENES DE INUNDACIÓN Y CAUDALES DE ENTREGA PARA DISEÑO DE CANAL DE DRENAJE EN SECTOR 2

Nodo	Canal Batuco		Canal Colina		Totales	
	BT - 01	COL - 02	BT - 01 + COL - 02	BT - 01 + COL - 02	BT - 01 + COL - 02	BT - 01 + COL - 02
T [años]	Volúmenes de Inundación [m3]	Caudales de entrega [m3/s]	Volúmenes de Inundación [m3]	Caudales de entrega [m3/s]	Volúmenes de Inundación [m3]	Caudales de entrega [m3/s]
2	2178,96	0,0504	358,38	0,0083	2537,34	0,0587
5	5343,73	0,1237	2459,67	0,0569	7803,4	0,1806
10	6078,62	0,1407	2464,21	0,0570	8542,83	0,1978
100	13173,1	0,3049	2476,61	0,0573	15649,71	0,3623

Para modelar el canal de drenaje se considera el caudal aportado por ambos nodos, para un período de retorno de 100 años, es decir  $Q_{\text{diseño}} = 0.36 \text{ m}^3/\text{s}$

Por tanto, se propone como obra de saneamiento un canal de drenaje que comienza, desde el canal Colina, con una obra de salida junto a una compuerta reguladora, que permita activar el sistema una vez iniciadas las lluvias y desbordes. El canal de drenaje debe tener un tramo con dissipador de energía, hasta su entrada al sifón, dicho sifón, además, debe ser rediseñado para transportar el caudal de diseño del canal (0.36 m<sup>3</sup>/s). Finalmente se debe diseñar una obra de unión junto a la continuación del canal de drenaje, el cual tendrá su trazado a través de la zanja de filtración existente que escurre de forma paralela a al ruta G 57. A continuación se presenta el esquema de la obra de mitigación.



FIGURA 6.8  
ESQUEMA DE OBRA DE SANEAMIENTO PARA SECTOR 2.

### Sector 3

Este sector abarca un tramo amplio, donde tanto el canal Colina, como Batuco, presentan una serie de inundaciones. Los volúmenes y caudales generados son los siguientes.

TABLA 6.5  
VOLÚMENES DE INUNDACIÓN EN SECTOR 3

Nodo	Canal Batuco			Canal Colina		Totales [m3]
	BT - 02	BT-03	BT - 04	COL -03	COL - 04	
T [años]	Volúmenes de Inundación [m3]			Volúmenes de Inundación [m3]		
2	2404.91	1803.19	169.82	1097.24	178.62	5653,78
5	3012.93	2690.57	297.37	3398.61	378.75	9777,24
10	4643.92	3314.82	409.38	3599.44	379.72	12347,29
100	7819.19	6048.75	1141.98	4384.55	382.72	19777,10

TABLA 6.6  
CAUDALES GENERADOS EN SECTOR 3.

Nodo	Canal Batuco			Canal Colina		Totales [m3/s]
	BT - 02	BT-03	BT - 04	COL -03	COL - 04	
T [años]	Caudales Generados [m3/s]			Caudales Generados [m3/s]		
2	0,0557	0,0417	0,0039	0,0254	0,0041	0,1309
5	0,0697	0,0623	0,0069	0,0787	0,0088	0,2263
10	0,1075	0,0767	0,0095	0,0833	0,0088	0,2858
100	0,1810	0,1400	0,0264	0,1015	0,0089	0,4578

Por lo tanto se debe realizar una obra que maneje un caudal de entrega de 0.456 m<sup>3</sup>/s, considerando el deseo de sanear la zona usando como referencia los caudales producidos para un período de retorno de 100 años.

Dentro de los parámetros a considerar para establecer una posible solución, se debe tomar en cuenta la ubicación geográfica y las características del terreno. En particular esta zona es de difícil manejo, ya que se encuentra en las faldas de los cerros y posee una pendiente considerable, además se ubican poblaciones, con edificaciones muy poco preparadas para eventos de lluvia.

Es poco factible plantear la implementación de una gran obra de drenaje, dado la escasez de espacio y la poca factibilidad de construcción, por lo que se propone un conjunto de medidas de mitigación, que no invadan el lugar y por el contrario hermosteen el entorno, estas son:

#### **Zanjas de Infiltración con vegetación:**

Se propone disponer de franjas de infiltración de forma paralela a las calles del sector, utilizándolas con una triple función. Primeramente, de captación de aguas, luego de contenedor e infiltrador de dichas aguas y finalmente para conducir a estas mismas.

Las zanjas de infiltración son obras longitudinales con una profundidad de 1 a 3 metros, en este caso, considerando las características del sector, se recomienda una profundidad máxima de 1 metro. Su objetivo principal es captar las aguas lluvia, interceptando el flujo superficial de una tormenta, evacuándolos mediante la infiltración al subsuelo.

Entonces, se propone establecer un sistema de franjas desde el canal Colina hasta la calle Fermín Vergara. En esta última, se plantea la disposición de otra franja de infiltración, que escurra en dirección Este-Oeste hasta interceptar el canal de drenaje



Aun así, debido a la pendiente pronunciada del sector, el funcionamiento de las obras de infiltración, no es completamente efectivo. Por lo tanto las medidas más efectivas corresponden a la mejora de los canales de riego en esta zona, aumentando su capacidad, de tal forma de conducir las aguas lluvias generadas. Más aun, al considerar dos obras de saneamiento previas (canales de drenaje) los caudales que conducen los canales de riegos en estos tramos, son disminuidos considerablemente, haciendo que el aumento eventual de capacidad de éstos, no sea de grandes magnitudes.

Por otra parte se plantea la implementación de un tercer canal de drenaje que descargue las aguas en exceso al canal El Valle, pero para ello se debe, utilizar parte de los terrenos que actualmente corresponde a poblaciones. Situación a estudiar ya que generaría un impacto social no menor y que requiere evoluciones más amplias.

### **6.3.2 Condominio Valle Norte.**

En este sector se produce un gran volumen de inundación, para ambas situaciones, sin embargo en la situación futura, luego de la implementación del canal El Valle, éstos se ven disminuidos, pero de igual forma se sigue manifestando. Lo que hace necesario plantear una medida de mitigación complementaria a las establecidas.

El punto de inundación se genera en la zona donde se ubica el estanque de regulación, frente al condominio Valle Norte. Ante esto, la solución más factible es aumentar el volumen de acumulación de dicho estanque, con el fin de captar el volumen perdido, generado en los episodios de precipitación.

Los valores volúmenes generados en dicha zona son los siguientes.

TABLA 6.7  
VOLÚMENES DE INUNDACIÓN GENERADOS ES ESTANQUE DE ACUMULACIÓN.

Periodos de Retorno [años]	2	5	10	100
Volúmenes de Inundación (Nodo BATDER) [m3]	36052	36460	36722	37650

Para poder dar solución plena a las inundaciones en esta zona, se requiere generar un estanque que de cabida para el volumen producido 100 años de período de retorno. Por lo tanto, se plantea un aumento del actual estanque de 2800 m<sup>3</sup> a uno de 38000 m<sup>3</sup> aproximadamente.

El estanque que se propone es de un área de 1 ha y una profundidad de 4 metros, manteniéndose sus características de estanque de tierra, además de un talud de 0.5, para cumplir con requisitos de estabilidad. Estas dimensiones entregan un estanque de almacenamiento de 38400 m<sup>3</sup> exactamente.

A continuación se presenta un esquema de dicho estanque

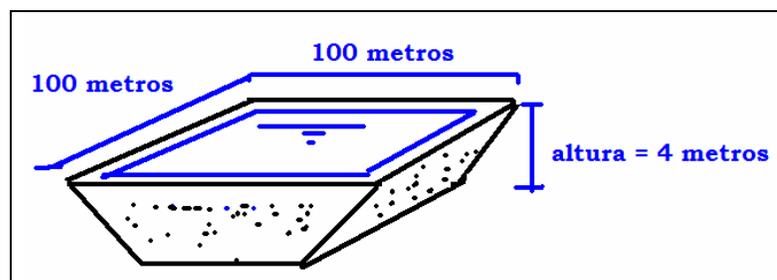


FIGURA 6.10  
ESQUEMA NUEVO ESTANQUE DE REGULACIÓN.

Finalmente, desde un punto de vista de factibilidad, dado el espacio existente en la zona de ubicación de dicho estanque y la ausencia de urbanizaciones aledañas, es factible realizar esta modificación, con el fin de mitigar las inundaciones importantes generadas en dicha zona.

### 6.3.3 Calle Los Ingleses.

En el sector de calle Los Ingleses, se presentan tres puntos de inundación, el primero al comienzo de dicha calle, en su parte norte, y los dos siguientes debido a la llegada de caudal conducido por la quebrada La Ñipa.

Estos tres puntos de inundación pueden ser solucionados al aumentar la capacidad de conducción del colector Los Ingleses, considerando los caudales generados por los puntos más conflictivos.

Actualmente, el colector Los Ingleses está prediseñado para un período de retorno de 2 años, situación que genera volúmenes de hasta 10 000 m<sup>3</sup> en su intersección con la Av Chicureo para T = 100 años. Por lo tanto, se plantea como medida de saneamiento en dicho sector, un aumento de capacidad para dicho colector, idealmente para períodos de retorno de 100 años, si se quiere sanear efectivamente dicha zona.

Sin embargo, en la práctica, en Chile, los colectores de aguas lluvias, son diseñados para 2 años de período de retorno, con una revancha para 5 años, por lo que es poco factible considerar un aumento de capacidad de dicho colector. Considerando esto, la solución se puede enfocar hacia el mejoramiento del cauce de la quebrada La Ñipa, en su tramo ubicado entre las calles Los Algarrobos y Los Ingleses, y en la continuación desde la calle Los Ingleses hacia aguas abajo.

### Mejoramiento de Quebrada La Ñipa.

Comenzando por el tramo entre las calles Los Algarrobos y Los Ingleses, para poder aplicar medidas de mejora en dicho cauce primeramente es necesario conocer las características en terreno. Para ello a continuación se presenta una imagen de dicha sector.



FIGURA 6.11  
SECCIÓN TRANSVERSAL DE QUEBRADA LA ÑIPA, ENTRE LAS CALLES LOS  
ALGARROBOS Y LOS INGLESES.

Se aprecia un amplio espacio y vegetación, lo que hace posible plantear la aplicación de obras de infiltración en el recorrido de dicho cauce, con el objeto de disminuir el caudal máximo generado, de tal forma de aprovechar las condiciones del sector, donde se cuenta con predios y escasas urbanizaciones.

Además se plantea la aplicación de un canal de drenaje, que conduzca las aguas generadas por la quebrada La Ñipa, principalmente, hasta el canal El Valle. Para ello se considera el caudal generado por el nodo de llegada de la quebrada La Ñipa a Los Ingleses, y la intersección de esta misma con la Av Chicureo, en un período de retorno de 100 años. Por lo tanto el caudal de diseño corresponde a  $0.375 \text{ m}^3/\text{s}$ .

El trazado eventual de dicho canal es por el costado de la Av. Chicureo, a partir de la intersección con la calle Los Ingleses, hasta llegar a la ruta G 57, donde escurriría por el costado oriente de ésta, hasta llegar al puente los Patos, donde descargaría sus aguas al canal El Valle.

Por lo tanto se plantea como posibles soluciones alternativas o complementarias:

- Mejoramiento del cauce, aplicado el concepto de franjas de infiltración
- Pozos o estanques de infiltración.
- Conducción hacia canal El Valle

Estas medidas pueden usarse en conjunto, o por si solas, si el objetivo principal es poder disminuir el caudal máximo de entrega que genera los volúmenes de inundación de la calle Los Ingleses.

### 6.3.4 Estero Los Patos.

En la situación futura, el estero Los Patos, corresponde al continuación del canal El Valle, en la zona baja. A continuación se muestra una tabla con valores de inundación por nodos, indicando las zonas correspondientes, para el estero Los Patos, o canal El valle, en zona baja.

TABLA 6.7  
VOLÚMENES DE INUNDACIÓN EN ESTERO LOS PATOS

Sector	Nodo	Volúmenes de Inundación [m3]			
		2	5	10	100
En canal proveniente desde Reten de carabineros	i-2	0,00	0,00	1273,96	21918,90
Canal de riego proveniente de condominio Arboleda	a-2	0,00	0,00	0,00	2294,15
Unión de canal de riego proveniente desde condominio Arboleda y canal de riego del reten	a-1	0,00	9119,27	19901,18	66193,73
Unión de dos canales anteriores más un canal de riego proveniente desde calle Coquimbo	q-1	28671,29	53231,65	67837,30	129506,21

Las Zonas están representadas en la siguiente figura

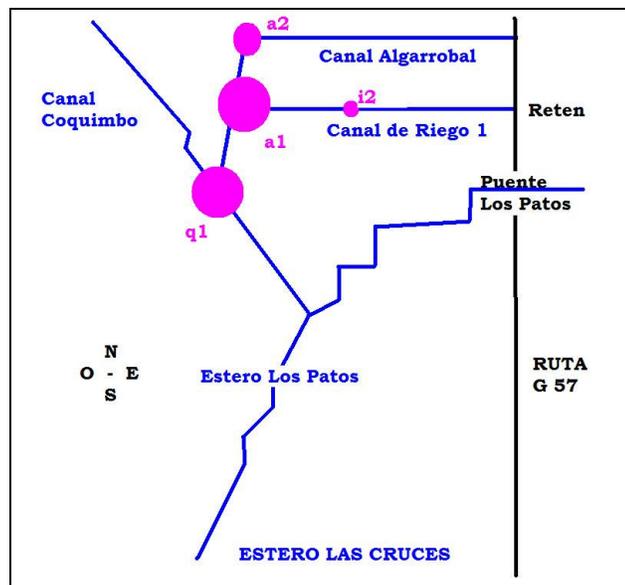


FIGURA 6.12  
INUNDACIONES EN ESTERO LOS PATOS MODIFICADO.

Se observa que los problemas se generan en los aportes de canales, por lo tanto existen dos posibles soluciones a plantear.

Aumento de capacidad de Estero Los Patos modificado.

Como primera medida se plantea un aumento en la capacidad del estero Los Patos modificado. Actualmente, su prediseño es para 15 años de período de retorno, por lo que se podría estudiar la posibilidad de aumentar su capacidad.

Los caudales generados son los siguientes:

TABLA 6.8  
CAUDALES DE ENTREGA POR INUNDACIONES EN ZONA BAJA DE VALLE DE CHICUREO.

Sector	Nodo	Volúmenes de Inundación [m3]			
		2	5	10	100
Períodos de Retorno [años]					
En canal proveniente desde Reten de carabineros	i-2	0,0000	0,0000	0,0295	0,5074
Canal de riego proveniente de condominio Arboleda	a-2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0531
Unión de canal de riego proveniente desde condominio Arboleda y canal de riego del reten	a-1	0,0000	0,2111	0,4607	1,5323
Unión de dos canales anteriores más un canal de riego proveniente desde calle Coquimbo	q-1	0,6637	1,2322	1,5703	2,9978
Totales		0,66	1,44	2,06	5,09

Existe una entrega máxima de 5 m<sup>3</sup>/s, una cantidad considerable, para un período de retorno de 100 años.

Entonces el planteamiento es aumentar la capacidad del Estero Los Patos, en su parte baja, considerando este aporte extra, de 5 m<sup>3</sup>/s, de tal forma de sanear el escenario, para al situación más desfavorable. Sin embargo, esto implica, además, una mejora del canal de Riego 1, para que pueda transportar el propio caudal generado, junto al producido por las inundaciones. Para ello se debe redimensionar su cauce de tal forma que incorpore 0.5 m<sup>3</sup>/s , más a su caudal original.

Aplicación de obras de Infiltración.

En caso de no ser factible el aumento de capacidad del Estero Los Patos en la parte baja, se plantean medidas complementarias, en los puntos de inundación.

El objetivo es disminuir el caudal máximo de entrega de los canales de riego al Estero Los Patos, infiltrando parte del caudal generado. Para ello, se pueden implementar franjas de infiltración en los canales Algarrobal, Coquimbo y Riego 1.

Complementario a estas medidas, se plantea la eventual evaluación para la aplicación de pozos de infiltración, considerando que estas zonas no cuentan con urbanizaciones importantes, por el contrario, corresponden a predios con amplio espacio. Esto facilitaría la implementación de dicha obra evitando la necesidad de aumentar la capacidad del canal El valle en su parte baja.

## **CAPÍTULO 7**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **7.1 Conclusiones.**

Luego de realizar el análisis de técnicas alternativas y complementarias, para sanear el valle de Chicureo, de inundaciones provocadas por las aguas lluvias, se tienen las siguientes conclusiones más relevantes:

- Las visitas a terreno permitieron definir claramente las vías de escurrimiento, y cauces existentes, así como los puntos en que éstos se indefinen, generando zonas de inundación. De igual forma, mediante la implementación del modelo realizada con el software CAICE SWMM, fue posible verificar dichas zonas de inundación, siendo concordantes con lo visto en terreno, cuantificando dichas inundaciones por medio de volúmenes y áreas de inundación.
- Como se mencionó anteriormente, se desarrolló un modelo de simulación basado en el software SWMM de CAICE, con las especificaciones necesarias para representar la escorrentía del valle, para escenarios actual, futuro y pre inmobiliario, de tal forma de evaluar la implicancia de las obras, vías de escurrimiento, urbanizaciones, entre otros, en los caudales generados por toda la cuenca. Éstos, finalmente son el referente a utilizar para definir posteriores medidas alternativas o complementarias a las existentes, para sanear el valle de Chicureo.
- Considerando las modelaciones actual y pre inmobiliaria, además de las visitas a terreno, se puede concluir, que las causas principales de las inundaciones en la zona, se deben a la falta de continuidad de los cauces naturales iniciales, evacuadores de las aguas lluvias del valle.
- Además, la presencia de dos canales de riego importantes (Batuco y Colina) también generan zonas de inundación considerables, al verse éstos superados en capacidad por los aportes de aguas lluvias, lo que hace ver la necesidad de implementar diseños conjuntos entre canales de riego y sistema de evacuación de aguas lluvias. Además, considerando que existe una gran cantidad de valles en nuestro país que presentan escenarios similares, y que no cuentan con medidas que permitan el funcionamiento correcto de ambos sistemas, riego y evacuación de aguas lluvias.
- Para la determinación de las áreas de inundación no fue posible encontrar metodologías claras que permitieran definir de forma certera este parámetro. Por lo tanto, se consideró lo visto en terreno y lo informado por los lugareños, estableciendo una altura estándar de 0.1 metros, la que permite distribuir un área en la zona de inundación, utilizando como referente las curvas de nivel, permitiendo establecer los límites de dicha área.

- Considerando la implementación de obras de mitigación en proceso de prediseño, el valle de Chicureo presenta una mejora en cuanto a las inundaciones, aun así es necesario considerar el aumento de los períodos de retorno utilizados como referencia para el diseño de colectores, como es el caso de los colectores Los Algarrobos, y Los Ingleses (ambos están diseñados para T=2 años, con una revancha para T =5 años). De esta forma se asegura un saneamiento completo y efectivo para la zona.
- Al aplicar obras alternativas a las establecidas en el valle de Chicureo, se tiene como principal objetivo disminuir los caudales máximos y los volúmenes de inundación generados por las aguas lluvias en las zonas urbanas. El primer objetivo permite disminuir la capacidad necesaria de transporte de las redes de drenaje hacia aguas abajo, o emplear redes ya existentes sin colapsarlas por los nuevos aportes; y el segundo objetivo orienta a la disminución del volumen, mejorando las condiciones de almacenamiento de estos mismos sistemas. Estos dos efectos son especialmente relevantes en los sectores de expansión urbana, ya que contribuyen a eliminar o minimizar los problemas generados por las urbanizaciones.
- Considerando la aplicación de obras alternativas, y de las ya planteadas, es necesario considerar un cambio en los criterios con que se aborda el drenaje urbano. Esto, ya que habitualmente se enfocan las soluciones para evacuar las aguas lluvias de forma rápida y por los trazos más cortos. En vez de esto, se pueden considerar obras que se orienten a aumentar el almacenamiento temporal de las aguas, favoreciendo su infiltración en el suelo en los lugares en que sus características lo permitan, contrarrestando el efecto que genera la impermeabilización de las superficies urbanizadas.
- Como otra forma de mejorar la situación, se plantea que antes de edificar en cualquier tipo de zona, se debe planificar la forma de expansión, de tal forma de destinar terrenos de evacuación, o llamado de otra forma, realizar un ordenamiento territorial.
- Además, es necesario plantearse la restitución de los cauces originales de evacuación de aguas lluvias, tanto para el Valle de Chicureo, como para otros casos. Aun así, estas medidas son de difícil implementación debido a las urbanizaciones que existen, en muchos casos, sobre los mismos cauces originales. Sin embargo, esto es un ejemplo para establecer una metodología de diseño para otros valles en que aún no se ha interferido los cauces evacuadores. Es necesario establecer criterios que permitan un progreso urbanístico, de la mano de una convivencia armoniosa con el entorno natural, que permita que todo el sistema funcione de forma natural, efectiva y velando por un progreso humano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. “Diseño Definitivo de La Red Primaria del Sistema de Aguas Lluvias del Estero Los Patos, Región Metropolitana”, DOH - Luis Arrau Del Canto, Consultores en Ingeniería Hidráulica y de Riego.
2. PM-01, “Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias del Gran Santiago”. DOH – Cade Idepe. Informe Final. Abril 2001.
3. ALL-DP16, “Estudio de Factibilidad y Diseño Definitivo de la red Primaria de Aguas Lluvias del estero Las Cruces, Región Metropolitana”. DOH – Ayala Ingenieros Consultores, Nov. 2003.
4. Estudio “Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos” MINVU (Pontificia Universidad Católica de Chile, 1996)
5. “Plan Comunal de Evacuación de Aguas Lluvias, Aplicación a la Comuna de El Bosque”. Francisco Ramírez F. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil, 1994.
6. “Determinación y Modelación de Parámetros de Calibración en el Proceso Lluvia Escorrentía de una cuenca Sub-Urbana”. Italo González T. Luis López V., Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil en Obras Civiles, 2002.
7. “Desarrollo de un Modelo de Hidrología Urbana”, Giancarlo Mauricio Zuccone Kother, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería civil, 1989.
8. “Proposición de una Normativa Técnica para el Diseño de Sistemas de Desagües de Aguas Lluvias Urbanas”. Pablo Muñoz B. Universidad de Chile, facultad de Ciencias Físicas y matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil, 1986.
9. “Principles of River Engineering”, P. Ph Jansen, L. van Bendegom, J. van den Berg, M. de Vries, A. Zanen, Volumen I, Editorial Board, 1979
10. “Estudio Valorización de Beneficios de Proyectos de Evacuación y Drenaje de Aguas lluvias, Soluciones Integrales S.A”. MIDEPLAN. Informe Final en revisión. Junio 2001.
11. “Urban Storm Drainage Criteria Manual Volume 1 y 2 Manual”, Volume 3 Best Management Practices (BMP). Urban Drainage Flood Control, District Denver Colorado.
12. "Control de Crecidas en el Sector de Chicureo", "Agrupación de Inmobiliarias de Chicureo Comuna de Colina"- CONIC - BF, Ingenieros Civiles Consultores, NOV 1997.
13. Plan Maestro de Aguas Lluvia. Pan de Azúcar. ZDCU.
14. Anales de los Congresos Nacionales de Ingeniería Hidráulica de la SOCHID.

