

**UNIVERSIDAD DEL BÍO – BÍO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**Profesor Patrocinante** : Verónica Lazcano Castro  
**Profesores Comisión** : Sergio Quijada Vera  
Patricio Álvarez Mendoza

**ESTUDIO DE LAS VARIACIONES DEL  
SOBRECAUDAL DE LLEGADA A  
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS SERVIDAS EN VI –VII –VIII  
REGIONES.**

PROYECTO DE TÍTULO PRESENTADO EN CONFORMIDAD A LOS REQUISITOS PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**HÉCTOR FABIÁN SOTO RODRÍGUEZ**

**CONCEPCIÓN, 04 SEPTIEMBRE DEL 2015**

**NOMENCLATURA.**

<b>ESSBIO</b>	Empresa de Servicios Sanitarios de la Región del Bío-Bío.
<b>S.I.S.S.</b>	Superintendencia de Servicios Sanitarios.
<b>P.E.A.S</b>	Plantas Elevadoras de Aguas Servidas
<b>P.T.A.S</b>	Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas
<b>B.O.D.</b>	Balance de Oferta y Demanda (Essbio)

## **DEDICATORIA**

El desarrollo de esta memoria para optar al título de Ingeniero Civil está dedicado sobre todo a mis Padres y Hermanos apoyo fundamental en esta etapa, además de mis seres queridos que quizás ahora ya no están presentes como mis abuelas, y a los que día a día me fueron dando su apoyo incondicional y buenas energías para cumplir el objetivo.

## **AGRADECIMIENTOS**

En este largo caminar los agradecimientos quedan pequeños a todas las personas que día a día fueron contribuyendo de manera directa tales como padres, profesores, directivos, asistentes, auxiliares, y todos los encargados de dar y mantener las condiciones óptimas para el desarrollo de las actividades académicas durante el periodo de formación, como a personas que estuvieron dando el apoyo incondicional como la familia, amigos, etc. También sobre todo agradecer a Dios por dar las condiciones para la lucha de los objetivos y así contar con el apoyo de cada uno de los que estuvieron presentes en esta etapa.

Otro grupo de personas que para el desarrollo del tema fueron esenciales son la gente y profesionales de ESSBIO que me brindaron todo el apoyo y la buena disposición para lograr el objetivo sobre todo a Raúl Garrido quien brindó todas las condiciones tanto de gestión de información como apoyo técnico para lograr tal desafío.

.

## ÍNDICE GENERAL

1.-INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Contexto.....	1
1.2 Justificación del Tema .....	1
1.3 Alcances del Tema.....	2
1.4 Objetivos de la Investigación.....	3
1.4.1 Objetivo General: .....	3
1.4.2 Objetivos Específicos:.....	3
2. MARCO TEÓRICO .....	4
2.1 Situación Actual.....	4
2.2. Antecedentes Teóricos.....	4
2.2.1 Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (P.T.A.S).....	4
2.2.2 Tratamiento primario de Aguas Servidas.....	5
2.2.3 Plazo de Previsión .....	5
2.2.4 Áreas de Influencia.....	5
2.2.4 Tasa de Crecimiento y Densidad Poblacional.....	5
2.3 Estimación de caudales de diseño.....	6
2.3.1 Caudal Diseño .....	6
2.3.2 Caudal Máximo Horario de Aguas Servidas.....	6
2.3.3 Caudal Medio Diario de Aguas Servidas .....	7
2.3.4 Coeficiente de Mayoración del Caudal Medio.....	7
2.3.5 Coeficiente de Harmon.....	8
2.3.6 Boston Society of Civil Engineering (B.S.C.E).....	8
2.3.7 Interpolación lineal.....	9

2.3.8 Caudal Infiltración.....	9
2.3.9 Caudal Industrial .....	9
2.3.10 Caudal de Aguas Lluvias.....	9
2.3.11 Caudal Mínimo de Diseño .....	9
2.4 Caudales de Producción de Agua Potable .....	10
2.4.1 Coeficiente del Mes de Máximo Consumo (C.M.M.C.).....	10
2.4.2 Coeficiente del Día de Máximo Consumo en el Mes de Máximo Consumo (C.D.M.C) .	11
2.4.3 Factor del Día de Máximo Consumo (F.D.M.C) .....	11
2.4.4 Factor Horario de Máximo Consumo (F.H.M.C).....	11
2.4.5 Caudal Máximo Horario.....	11
2.5 Telemetría .....	12
2.6 Análisis Estadístico.....	13
2.6.1 Step-Wise (Selección paso a paso).....	13
2.6.2 Matriz de Correlación.....	13
2.6.3 Regresión Lineal Múltiple.....	13
2.6.4 Significación Estadística .....	14
2.6.5 Parámetros Estadísticos.....	14
2.7 Definición de Parámetros Generales.....	15
2.7.1 Índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad (Kc).....	15
2.7.2 Densidad de Población .....	16
2.7.3 H Tuberías .....	16
2.7.4 Área Operacional.....	16
2.7.5 Área Cuenca .....	16
2.7.6 Infiltración Napa .....	16
3. METODOLOGÍA.....	17

3.1 Segregación de la Muestra .....	18
3.1.1 Balance de Oferta y Demanda (BOD).....	18
3.1.2 Evaluación de Capacidades Aguas Servidas, Febrero 2013 .....	18
3.1.3 Población.....	19
3.1.4 Sistemas de Tratamiento .....	19
3.2 Comparación entre Caudal de Producción y Caudales de Llegada .....	19
3.2.1 Criterios para el análisis .....	20
3.3 Comparación entre los Caudales de Mayoración de Diseño. ....	20
3.3.1 Factor de Mayoración Operacional .....	21
3.3.2 Comparación Coeficientes de Mayoración para la Obtención del Caudal Máximo Horario. .....	21
3.4 Criterio de Selección de Parámetros Influyentes .....	22
3.4.1 Método de Selección de Variables de Entrada.....	22
3.5 Modelo de Regresión lineal .....	23
4. ANALISIS DE LOS RESULTADOS .....	24
4.1 Plantas de Tratamiento en Estudio.....	24
4.2 Comparación entre Caudales de Producción y de Llegada.....	25
4.3 Comparación entre Coeficientes de Mayoración Caudales Medios .....	27
4.3.1 Factor de Mayoración Operacional .....	27
4.3.2 Factor Operacional versus Coeficiente de Harmon.....	28
4.4 Modelo de Selección de Parámetros .....	29
4.5 Análisis de Datos Mediante el Modelo de Regresión.....	30
5. CONCLUSIONES .....	34
6. COMENTARIOS .....	35
7. BIBLIOGRAFÍA .....	36

## **ESTUDIO DE LAS VARIACIONES DEL SOBRECUALDAL DE LLEGADA EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS EN VI –VII –VIII REGIONES**

**Autor: Héctor Soto Rodríguez**

Departamento de Ingeniería Civil, Universidad del Bio Bio

Correo Electrónico: [hfsoto@alumnos.ubiobio.cl](mailto:hfsoto@alumnos.ubiobio.cl)

**Profesor Patrocinante: Verónica Lazcano Castro**

Departamento de Ingeniería Civil, Universidad del Bio Bío

Correo Electrónico: [vlazcano@ubiobio.cl](mailto:vlazcano@ubiobio.cl)

### **RESUMEN**

Debido a que la capacidad hidráulica de las plantas de tratamiento de aguas servidas se ve sobrepasada antes de cumplir su periodo de diseño, la empresa sanitaria Essbio se ve en la necesidad de realizar un estudio dentro de su territorio operacional para buscar parámetros o recomendaciones en la etapa de diseño.

Dado lo anterior el primer paso antes es establecer el universo de estudio, el que considera sistemas de tratamiento mediante lodos activados y para poblaciones menores a 100.000 habitantes ya que una de las hipótesis es que el factor de mayoración de Harmon del caudal medio es incapaz de satisfacer la demanda real debido al comportamiento que presenta.

El problema es abordado de dos puntos de vista, el primero es realizar un análisis comparativo entre datos de medición operacionales y resultados teóricos y por otra parte es analizar para periodos de invierno y verano los caudales de llegada y con ello buscar su nivel de correlación con variables que no se encuentran explícitas en los catálogos de diseño pero que son incidentes en la realidad.

Las plantas a estudiar son 54 distribuidas en las tres regiones, de las cuales el 50% de ellas se encuentra trabajando sobre el 130% de su capacidad independiente de la variación estacional. Por otra parte se pudo comprobar que el factor de Harmon es suficiente para cubrir la demanda hidráulica y la infiltración hacia el sistema por aguas no contabilizadas es más incidente que las recomendaciones que las exigencias normativas para el dimensionamiento de éstas.

**Palabras claves:** plantas de tratamiento de aguas servidas, caudal de diseño, coeficiente de Harmon

**Palabras totales:** 9683.palabras.

## ABSTRACT

In order the hydraulic capacity of waste water treatment plants is exceeded before the designing period is over, the water company named Essbio holds the necessity of conducting a study regarding its territory of operations and thus searching for parameters or recommendations during the stage of design.

The study universe considers treatment systems using activated sludges for communities of less than 100.000 inhabitants, because one of hypothesis states that the Harmon peaking factor for the average water flow would be unable to satisfy the actual demand due to its shown behavior.

This issue is addressed in two different ways. First there is a comparative analysis between operational measuring data and theoretical results. The second is an analysis of flow rates during winter and summer seasons for determining their correlation level with variables that not being explicit in professionally designed catalogs are yet incidental in reality.

The water plants under study are 54 which are distributed all over the three regions and half of them are operating beyond 130% of its real capacity regardless of the seasonal variability. It also was found that the Marmon magnification factor was able to successfully meet the hydraulic demand and that the infiltration of unaccounted-for water in the system is more incidental than the recommendations and required regulation for the sizing of these.

**Keywords:** waste water treatment plants, design flow, Harmon Peaking Factors

**Total words:** 9683 words



## **1.-INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Contexto**

La empresa de servicios sanitarios del Bio-Bío (Essbio) que tiene cobertura en la VI, VII y VIII región, dentro de su plan estratégico busca entregar un alto nivel de servicio y operación en los distintos procesos relacionados con la recolección y posterior disposición de las aguas.

La cobertura de recolección de aguas servidas en la población urbana es de un 99.8% (Fuente SISS), las cuales deben ser descontaminadas en una planta de tratamiento de aguas servidas (P.T.A.S.) para una posterior disposición hacia un curso natural.

El problema que se ha identificado, es que las plantas de tratamiento de lodos activados antes de su vida útil, se han visto sobrepasadas en capacidad hidráulica en la etapa de pre tratamiento, en periodos donde no hay presencia de aguas lluvias, donde se deben aplicar planes de contingencia los cuales consisten en redirigir las aguas servidas sin tratamiento alguno hacia los cursos naturales, lo cual es riesgoso para la población. Dado lo anterior en el presente estudio se buscará identificar posibles causas al problema.

### **1.2 Justificación del Tema**

La necesidad de la investigación para la empresa sanitaria es parte de un proceso de mejoramiento, el cual consiste en un programa de inversión para rediseñar las plantas actuales además de establecer consideraciones de diseño para plantas futuras.

Debido a estas condicionantes, el interés es conocer de manera empírica y analítica que variables influyen desde el punto del diseño hidráulico, dando énfasis a la determinación de los caudales de diseño, además de identificar los parámetros que influyen en los sobre caudales de llegada a las P.T.A.S.

### **1.3 Alcances del Tema**

Los alcances del tema tienen directa relación con la población y los sistemas de tratamiento preliminares. Se ve en la necesidad de analizar los parámetros utilizados en la estimación del dimensionamiento hidráulico de las P.T.A.S. para establecer recomendaciones en su análisis y dimensionamiento. Cabe mencionar que el estudio se realizará para plantas de tratamiento de aguas servidas que cumplan con los siguientes criterios:

- a) Población entre 1000 y 100.000 habitantes: Las plantas de tratamiento con problemas de sobrecaudal se presentan dentro de este rango de acuerdo a las bases de datos de la empresa Essbio y por ello vale analizar los parámetros influyentes en el diseño.
- b) Sistema Tradicional de tratamiento: Las plantas de lodos activos son el objeto de estudio, excluyendo sistemas de tratamiento de lagunas aireadas, emisarios u otros, ya que en estos tipos de plantas se presenta el problema del sobrecaudal de llegada.

## **1.4 Objetivos de la Investigación**

### *1.4.1 Objetivo General:*

Evaluar teórica y operacionalmente las plantas de tratamiento con problemas de capacidad de la sanitaria Essbio

### *1.4.2 Objetivos Específicos:*

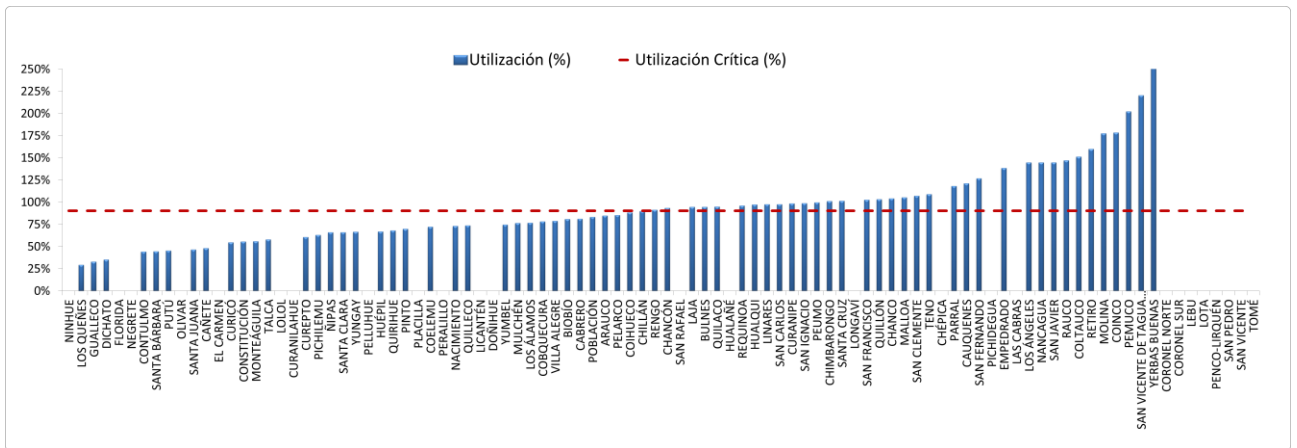
- a) Identificar las plantas de tratamiento con problemas de capacidad hidráulica en la VI, VII y VIII regiones.
- b) Comparar caudales de producción y de llegada a las plantas de tratamiento
- c) Analizar el factor de Harmon con condiciones operacionales del caudal de llegada a las Plantas de tratamiento de Aguas Servidas
- d) Identificar .parámetros influyentes en el sobrecaudal de llegada a las Plantas de tratamiento de Aguas Servidas para realizar un modelo de regresión
- e) Determinar los parámetros incidentes en el sobrecaudal de llegada a las Plantas de tratamiento de Aguas Servidas

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Situación Actual

La empresa sanitaria Essbio posee 96 plantas de tratamiento de aguas servidas distribuidas en las 3 regiones, de las cuales 70 de ellas son de lodos activos (Fuente: Evaluación de Capacidades, Febrero 2013, Essbio).

Tal como se indicó en el capítulo introductorio, las P.T.A.S. se encuentran trabajando en una situación crítica, que corresponde de acuerdo a criterios definidos por la empresa sanitaria cuando trabaja a un 90% o más de su capacidad hidráulica.



**Figura N° 1:** Porcentaje de utilización de P.T.A.S. de lodos Activos.

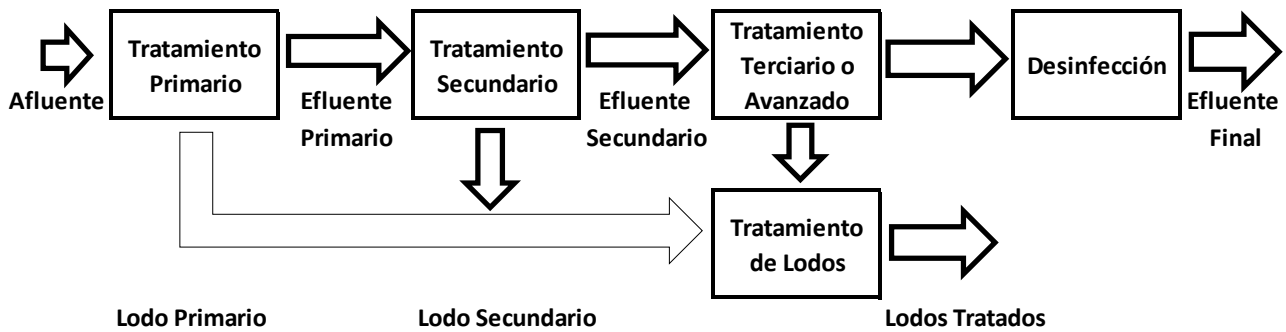
(Fuente: Evaluación de Capacidades, Febrero 2013, Essbio)

De la figura N°1 se observa que un porcentaje importante de plantas de tratamiento de aguas servidas trabaja a un porcentaje muy superior a su capacidad.

### 2.2. Antecedentes Teóricos

#### 2.2.1 Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (P.T.A.S)

Las plantas de tratamiento son unidades destinadas para el tratamiento físico, biológico y químico de las aguas servidas de una localidad para posteriormente destinarlas a un curso de agua natural. Poseen varios procesos para lograr la desinfección entre los que destacan el tratamiento primario, secundario, etc. tal como se aprecia en la figura N°2, de los cuales el interés se centra en el tratamiento primario, ya que interesan los caudales de llegada a las plantas y no los procesos químicos para el tratamiento y desinfección de éstas.



**Figura N° 2:** Esquema general de Operación de las P.T.A.S.

(Fuente: Elaboración Propia)

### 2.2.2 Tratamiento primario de Aguas Servidas

El tratamiento primario es la unidad donde llegan las aguas que generalmente son impulsadas mediante bombeo desde las plantas elevadoras de aguas servidas (P.E.A.S.) cabeceras y es aquí donde se separan los sólidos, grasas y aceites de las aguas a tratar, para ser sometidas a los procesos de tratamientos químicos y biológicos de descontaminación.

### 2.2.3 Plazo de Previsión

El plazo de previsión es el periodo de vida útil de operación de una unidad, y para obras de alcantarillado de acuerdo a las recomendaciones de diseño de ingeniería sanitaria normalmente usadas y aceptadas en Chile se estima en 25 años. No obstante dependiendo la magnitud de la obra esto puede variar lo cual debe ser justificado.

### 2.2.4 Áreas de Influencia

Este es un parámetro importante a considerar ya que se refiere a las áreas de cobertura actual y futuro que el proyectista debe sanear, para lo cual se debe recopilar información catastral de las redes existentes para definir de buena manera esta variable y realizar un buen diseño.

### 2.2.4 Tasa de Crecimiento y Densidad Poblacional

Son dos conceptos que van muy relacionados entre sí, ya que la tasa de crecimiento de un sector o región hace relación con la tasa de natalidad esperada de acuerdo a estudios estadísticos entregados por el censo, y la densidad poblacional básicamente es cuantas personas viven en un área de influencia. Estos dos conceptos vale tenerlos en cuenta para la determinación de caudales a un periodo de previsión  $t$  de diseño.

### 2.3 Estimación de caudales de diseño

Los caudales que se utilizan para el dimensionamiento hidráulico se encuentran regulados por la Norma Chilena Oficial NCh1105.Of1999 “Ingeniería Sanitaria – Alcantarillado de Aguas Residuales – Diseño y Cálculo de Redes”, que establece los criterios para definir el caudal de diseño.

#### 2.3.1 Caudal Diseño

Es la suma de los caudales que retornan al sistema de colectores y los cuales se usan para el dimensionamiento hidráulico de las unidades de aguas servidas requeridas para efectos del estudio se hablará de caudal de llegada..

$$Q_{Diseño} = Q_{maxh} + Q_{inf} + Q_{ind} + Q_{all} \text{ (l/s)} \quad \text{(Ecuación N°1)}$$

En que,

$Q_{dis}$	: Caudal diseño (l/s)
$Q_{maxh}$	: Caudal máximo horario (l/s)
$Q_{inf}$	: Caudal infiltración (l/s)
$Q_{ind}$	: Caudal industrial (l/s)
$Q_{all}$	: Caudal aguas lluvias (l/s)

#### 2.3.2 Caudal Máximo Horario de Aguas Servidas

Es el mayor caudal que puede escurrir en un determinado periodo del día y se utiliza para determinar la capacidad del sistema de alcantarillado calculado para el final del periodo de previsión. Con este valor se determina el diámetro para una red, impulsión o según corresponda para el análisis.

$$Q_{maxh} = Q_{med} * M \text{ (l/s)} \quad \text{(Ecuación N°2)}$$

En que,

$Q_{maxh}$	: Caudal máximo horario (l/s)
$Q_{med}$	: Caudal medio de aguas servidas (l/s)
M	: Coeficiente de mayoración

### 2.3.3 Caudal Medio Diario de Aguas Servidas

El Caudal medio de Aguas Servidas es caudal estimado que retorna a los sistemas de recolección y se calcula a base del caudal medio diario consumido de agua potable

$$Q_{\text{med}} = P \times D \times R \text{ (l/día)} = \frac{P \times D \times R}{86400} \text{ (l/s)} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 3)$$

Donde,

$Q_{\text{med}}$  : Caudal medio de aguas servidas [l/s]

$D$  : Dotación de agua potable [l/hab-d]

$P$  : Población [hab]

$R$  : Coeficiente de recuperación

#### a) Dotación de Agua Potable

La dotación de agua potable hace relación a la demanda para satisfacer las necesidades de un sector y depende de las condiciones socio-económicas de la población de estudio.

El valor corresponde al consumo promedio de agua por habitante y generalmente el mandante, ya sea la empresa sanitaria es quien entrega este valor de acuerdo a estudios realizados. La dotación puede variar en el tiempo por ende vale considerar este efecto para los cálculos y estimación de caudales, pero debido a que en sectores la tasa de crecimiento es tan baja, se omite y se trabaja con una dotación constante en el tiempo.

#### b) Coeficiente de Recuperación

Esta variable representa el porcentaje de agua consumida que efectivamente se descarga a la red de alcantarillado, actualmente está comprendido entre 0,7 y 1.0 de acuerdo al tipo de población, área de influencia, infraestructura urbana y nivel socioeconómico.

### 2.3.4 Coeficiente de Mayoración del Caudal Medio

El coeficiente de mayoración del caudal es un factor que equivale al máximo caudal probable para la peor condición posible o expresado de otra manera tiende a garantizar la capacidad del sistema para la mayor demanda generada durante el día. Para su obtención se utilizan 3 métodos, los cuales son recomendados en la normativa vigente.

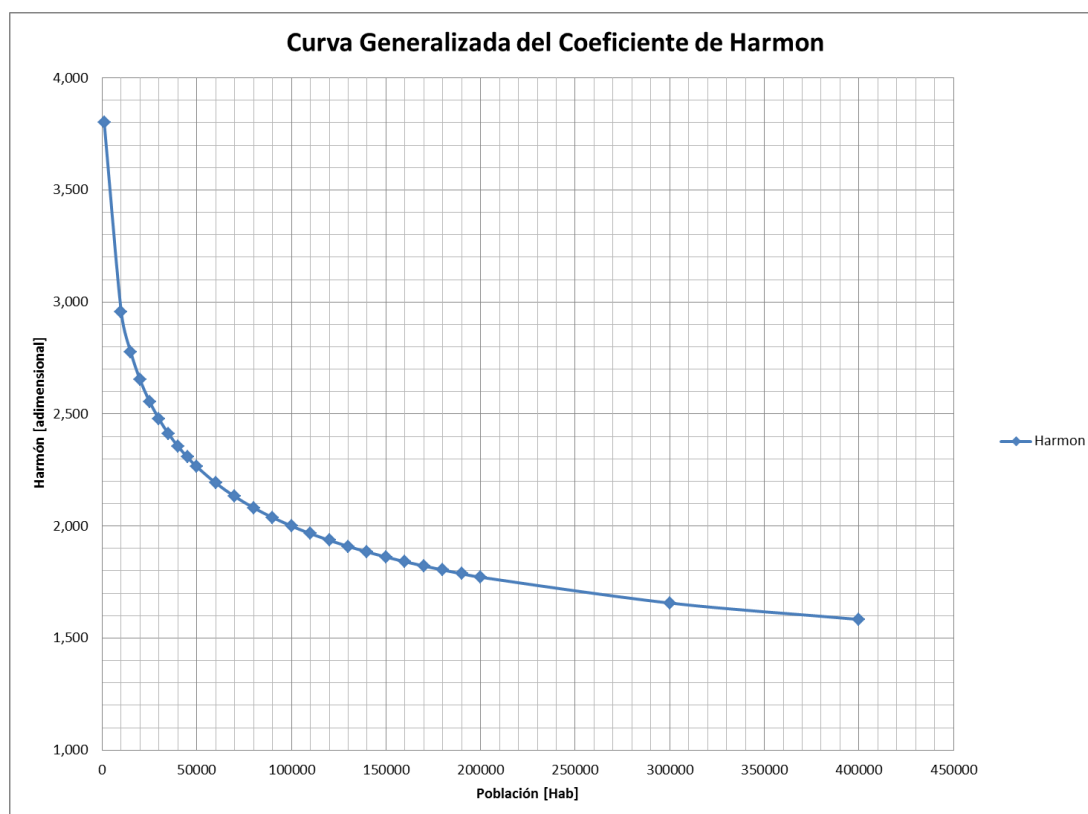
### 2.3.5 Coeficiente de Harmon

El factor de Harmon se utiliza en sectores donde la población a sanear es de 1000 o más habitantes, la cual presenta disminución de la magnitud del coeficiente a medida que aumenta la población como se aprecia en la Figura N°3, la cual será objeto de análisis en el presente estudio.

$$H = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 4)$$

En que:

P : Población Servida (en miles)



**Figura N° 3** Curva generalizada del factor de Harmon.

(Fuente: Elaboración Propia)

### 2.3.6 Boston Society of Civil Engineering (B.S.C.E)

Regula el caudal máximo instantáneo para una población menor a 20 viviendas con una densidad habitacional que usualmente es definida por el ingeniero encargado de realizar el proyecto y que en promedio adopta un valor de 5 habitantes/vivienda.



### *2.3.7 Interpolación lineal*

En caso de que la población a sanear se encuentre en el rango de 100 y 1000 habitantes es aceptado hacer una interpolación lineal utilizando los valores extremos de los ambos métodos expuestos y las condiciones de borde serían para 100 habitantes un caudal de 3.6[l/s] (B.S.C.E), y para 1000 habitantes un caudal de 3.8 [l/s].

### *2.3.8 Caudal Infiltración*

Corresponde al caudal que ingresa a los sistemas de alcantarillado proveniente de la napa subterránea.

Cabe destacar que la infiltración por napa subterránea depende de la permeabilidad del suelo, la altura del nivel freático, materialidad de las tuberías y tipo de juntas empleadas.

Aun cuando las tuberías se consideren herméticas, es esperable que ocurra infiltración a través de las juntas y uniones a las cámaras de inspección. Además, se considera una realidad que la infiltración aumenta con el paso del tiempo producto del deterioro natural de las tuberías.

De este método para efectos de diseño se considera una tasa de infiltración recomendada 0.2 l/km

### *2.3.9 Caudal Industrial*

Es aquél proveniente de industrias de gran consumo de agua potable y su magnitud está directamente relacionada con el tipo de industria que se desea sanear.

### *2.3.10 Caudal de Aguas Lluvias*

Caudal proveniente de las aguas lluvias que ingresan al sistema de recolección de aguas servidas ya sea producto de inundaciones o escurrimiento superficial que ingresa directamente a las cámaras de inspección públicas.

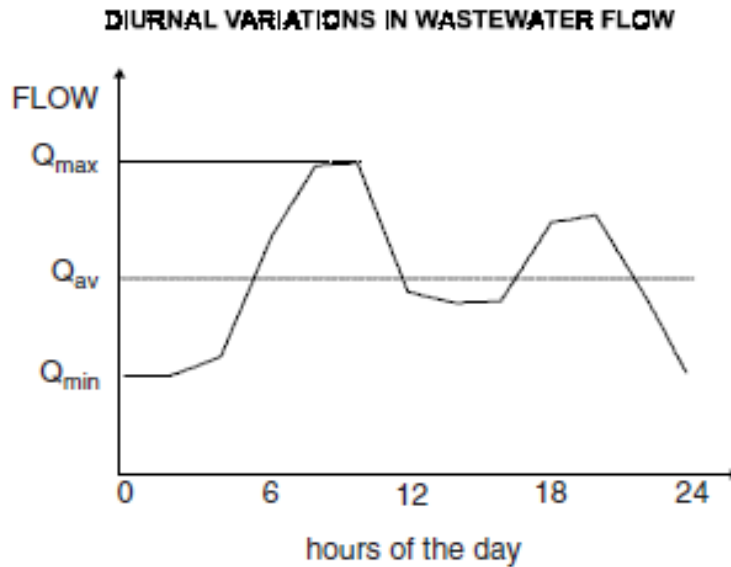
Es aceptado utilizar un 10% del caudal medio para efectos de diseño.

### *2.3.11 Caudal Mínimo de Diseño*

Corresponde al gasto portado por los colectores en el día de mínimo caudal y se utiliza para verificar si se produce autolavado en las tuberías del sistema de alcantarillado

## 2.4 Caudales de Producción de Agua Potable

Los caudales de producción de agua potable tienen relación con la demanda y los caudales de consumo, donde típicamente el comportamiento es como se aprecia en la figura N°4 donde los incrementos de demanda son a la hora de las comidas, estos máximos se definen como factores de mayoración al valor medio del flujo, para definir un equivalente al caudal máximo esperado para un periodo de diseño de una obra y depende directamente del número de habitantes. Los caudales de consumo se usan para realizar el dimensionamiento hidráulico de producción de agua potable que finalmente gran parte es recuperada por el sistema de recolección de aguas servidas y tratadas.



**Figura N° 4:** Variaciones típicas de Demanda del Caudal de Aguas servidas durante el día.  
(Fuente: IWA Vol 1 Wastewater Characteristics Treatment and Disposal)

### 2.4.1 Coeficiente del Mes de Máximo Consumo (C.M.M.C.)

Corresponde al cociente entre el mayor consumo mensual y el consumo promedio mensual

$$C. M. M. C. = \frac{M. C. M.}{C. M. M} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 5)$$

M.C.M. : Mayor Consumo Mensual (l/s)

C.M.M : Consumo Medio Mensual (l/s)

#### 2.4.2 Coeficiente del Día de Máximo Consumo en el Mes de Máximo Consumo (C.D.M.C)

Es el cociente del día de máximo consumo en el mes de máximo consumo

$$\mathbf{C. D. M. C. = \frac{M. C. D.}{C. M. D.}} \quad (\text{Ecuación N}^{\circ}6)$$

M.C.D. : Mayor Consumo Diario (l/s)

C.M.D : Consumo Medio Diario (l/s)

#### 2.4.3 Factor del Día de Máximo Consumo (F.D.M.C)

Corresponde al producto entre el coeficiente del mes de máximo consumo (C.M.M.C.) y el coeficiente del día de máximo consumo en el mes de máximo consumo (C.D.M.C.)

$$\mathbf{F. D. M. C. = C. M. M. C. * C. D. M. C.} \quad (\text{Ecuación N}^{\circ}7)$$

#### 2.4.4 Factor Horario de Máximo Consumo (F.H.M.C)

Corresponde al cociente entre el consumo máximo horario y el consumo promedio horario en el día de máximo consumo.

$$\mathbf{F. H. M. C. = \frac{M. C. H.}{C. M. H.}} \quad (\text{Ecuación N}^{\circ}8)$$

M.C.H. : Máximo Consumo Horario (l/s)

C.M.H : Consumo Medio Horario en el día de Máximo Consumo (l/s)

#### 2.4.5 Caudal Máximo Horario

Para la definición de caudales de Agua Potable queda definido por la ecuación:

$$\mathbf{Q_{maxh} = FDMC * Qmed} \quad (\text{Ecuación N}^{\circ}9)$$

## 2.5 Telemetría

La telemetría es un sistema tecnológico que permite la medición de magnitudes físicas. La información es medida por sensores o equipos especiales y es almacenada diariamente en las plantas.

Entre los parámetros que se miden, los de interés son los siguientes:

- Caudal de entrada
- Volumen de entrada
- Caudal Máximo Horario
- DQO Afluente
- DQO Riles
- Lectura Agua de Entrada
- Volumen Agua de Entrada
- pH afluente

El caudal de entrada y el volumen de entrada, tienen relación con el diseño hidráulico, pero cabe destacar que en gran parte del estudio el caudal impulsado hacia la planta se ve afectado por equipos de bombeo, por lo tanto no es un parámetro representativo para el análisis, por lo cual se optó por trabajar con el volumen medio y utilizando la ecuación que define al caudal se obtiene el caudal medio diario.

$$Q = \frac{V}{T} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 10)$$

Dónde:

- Q : Caudal [m<sup>3</sup>/s]  
V : Volumen [m<sup>3</sup>]  
T : Tiempo [s]

## 2.6 Análisis Estadístico

Para discriminar los parámetros que tienen influencia sobre el caudal de llegada a las plantas de tratamiento se utilizan métodos estadísticos y la aplicación de los modelos se realizará mediante el software MATLAB.

### 2.6.1 Step-Wise (Selección paso a paso)

Cuando se dispone con una cantidad suficiente de datos que pueden explicar un fenómeno, una pregunta que el investigador debe realizar es, si todas las variables son significativas para explicar un fenómeno.

El procedimiento para seleccionar las variables que deben ingresar al modelo de regresión es el siguiente:

- a) Eliminación Progresiva: este procedimiento parte con todas las variables y en cada etapa elimina la variable menos influyente según el t de student.
- b) Introducción progresiva: Este algoritmo parte del modelo sin ninguna variable regresora y va introduciendo la más significativa.
- c) Regresión paso a paso este método es una combinación de los procedimientos anteriores comienza como el de introducción progresiva pero en cada iteración se cuestiona si las variables introducidas deben permanecer. Termina el modelo cuando ninguna variable entra o sale del modelo.

### 2.6.2 Matriz de Correlación

La correlación entre dos variables mide el grado de ajuste de la nube de puntos a la función asignada, para el estudio se utilizó la función lineal

### 2.6.3 Regresión Lineal Múltiple

El modelo de regresión lineal múltiple se usa para discriminar parámetros influyentes en el caudal de llegada a las plantas de tratamiento de aguas servidas.

- a) Ecuación del modelo de Regresión Lineal

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon \quad (\text{Ecuación N}^\circ 11)$$

Dónde:

Y= Variable Dependiente

X= Variable Independiente

$\beta$ = Coeficiente de la Regresión

#### 2.6.4 Significación Estadística

El modelo se debe evaluar mediante la prueba estadística del t de student, que prueba la significancia de los valores.

$$t = \frac{bj}{Sbj} = \frac{bj}{\sqrt{CM_{Error}Cjj}} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 12)$$

#### 2.6.5 Parámetros Estadísticos

Con tal de comprender el proceso de análisis efectuado para la discriminación de variables a continuación se explican los parámetros resultantes.

- a) Coeficiente correlación múltiple: establece una medida del grado de asociación lineal entre la variable respuesta y la variable predictora

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 13)$$

- b) Coeficiente de determinación R<sup>2</sup>: Este coeficiente determina qué porcentaje de varianza de la variable es explicado por el modelo de regresión aplicado.

$$r^2 = 1 - \frac{\text{suma de cuadrados de los residuos}}{\text{Suma de cuadrados total}} = 1 - \frac{\sum (y - y_{est})^2}{\sum (y - \bar{y})^2} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 14)$$

Por tanto r<sup>2</sup> se interpreta como la fracción de la variación total que se explica por la regresión de mínimos cuadrados. En otras palabras r mide si la recta de regresión de mínimos cuadrados se ajusta a los datos muestrales y oscila entre 0 y 1.

- c) Coeficiente de determinación múltiple  $R^2$  Corregida: Es el porcentaje de variación de la variable dependiente pero que a su vez toma en cuenta el número de variables incluidas en el modelo.

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{N - 1}{N - k - 1} [1 - R^2] \quad (\text{Ecuacion N}^\circ 15)$$

- d) Error Típico: Es una medida de la dispersión con respecto a la curva de regresión y está dado por:

$$S_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum(y - y_{est})^2}{n}} \quad (\text{Ecuacion N}^\circ 16)$$

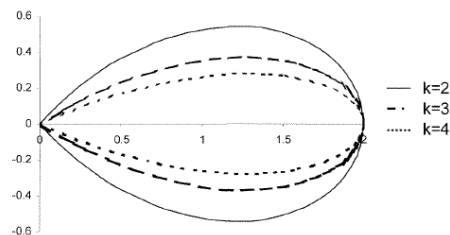
## 2.7 Definición de Parámetros Generales

Aquí se definen parámetros tanto generales que dentro del estudio toman relación y no entran en una categoría específica, pero vale tener en consideración para la comprensión de conceptos o aplicación de los métodos de trabajo.

### 2.7.1 Índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad ( $Kc$ )

Propuesta por Gravelius (1914) definido como la relación entre el perímetro de una cuenca y el perímetro de un círculo de igual área a la de la cuenca (Wisler & Brater, 1959; Roche, 1963; Ward, 1975; OMM, 1996) La importancia del coeficiente hace relación con la geometría de la cuenca aportante, ya que que si  $Kc$  se acerca a 1 tendrá tiempos menores de retorno de las aguas servidas desde la recolección hacia la planta de tratamiento

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 17)$$



**Figura N° 5** Graficas Factor de Compacidad para distintos valores  $Kc$   
(Fuente: Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques, 47 (6)

décembre 2002. Pág. 923)

### 2.7.2 Densidad de Población

Relación entre la cantidad de habitantes que viven en una determinada área o zona geográfica, a mayor densidad, mayor es la demanda hidráulica para la planta de tratamiento.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Habitantes}}{\text{Superficie}} \quad (\text{Ecuación N}^{\circ}18)$$

### 2.7.3 H Tuberías

Es la distancia desde la cota de terreno hasta la clave de la tubería (cara externa superior) y se plantea, en el estudio su importancia se debe a que si el sistema de recolección se encuentra a una profundidad baja, el pozo de aspiración de la P.E.A.S. también será de menor profundidad lo que incide en que los periodos de partida y para de los equipos de bombeo son menores y constantemente están trabajando.

### 2.7.4 Área Operacional

Es el territorio que se encuentra bajo la administración de la sanitaria, donde está tiene la responsabilidad de entregar factibilidad y buen servicio a la población.

### 2.7.5 Área Cuenca

Es el área que la planta de tratamiento debe sanear, en otros términos corresponde al sector aportante para el tratamiento de aguas servidas en una planta.

### 2.7.6 Infiltración Napa

Corresponde al porcentaje del caudal medio que se infiltra en la red de recolección de aguas servidas hacia las plantas, depende del tipo de suelo y la permeabilidad de este.



### 3. METODOLOGÍA

De acuerdo a la problemática presentada, todo tiende a pensar que los caudales aportantes tienen alta relación con la infiltración de aguas lluvias y producen el colapso del sistema de alcantarillado público, lo cual es difícil de cuantificar, pero una hipótesis a considerar y para hacer llamativo el estudio, es saber cuál es la influencia de los coeficientes de mayoración, específicamente el coeficiente de Harmon que es usado para estimar los caudales de diseño, método que ha sido desarrollado y validado en la normativa vigente, pero que deja incertidumbre debido al comportamiento que tiene. Si se observa en la curva generalizada de Harmon mostrada en la figura N°3 el decrecimiento brusco de la magnitud del coeficiente para poblaciones menores de 50000 habitantes es para considerar.

El enfoque de la metodología se presenta bajo dos puntos de vista una vez definido el universo de estudio, se analizará mediante datos proporcionados por la empresa sanitaria una comparación entre lo teórico y lo operacional y ver cuánto afectan los caudales de mayoración en la determinación de los caudales de diseño y por otra parte es analizar los caudales de llegada conocidos y realizar un estudio regresor para conocer si variables geométricas o netamente de diseño tienen incidencia en la magnitud y la sobrecapacidad en las P.T.A.S.

En este capítulo se presenta el procedimiento que se llevará a cabo para realizar el análisis de la información recopilada de las bases de datos de la empresa, ya sea información de datos de medición por telemetría o en su defecto filtración de información que se presenta en los balances de oferta y demanda (BOD), además de estudios de evaluación de capacidad efectuados por la sanitaria y mostrar el procedimiento de análisis realizado para el cumplimiento de los distintos objetivos que debe enfrentar el presenta estudio.

### 3.1 Segregación de la Muestra

La muestra a trabajar será seleccionada de las bases de datos proporcionadas por la empresa sanitaria y el criterio empleado para la selección de las localidades es el siguiente:

- a) Población entre 1000 y 100.000 habitantes
- b) Sistema Tradicional de tratamiento (excluye lagunas y emisarios)

Para la recopilación de información se ha recurrido a las bases de datos y registros históricos de la compañía, los cuales contienen resúmenes ejecutivos, de capacidad e inversión que son preparados año a año, los cuales son los balances de oferta y demanda (B.O.D) de cada localidad y la planilla de Evaluación de Capacidades AS, Febrero 2013 que contiene información de la infraestructura de las plantas de tratamiento de la sanitaria.

#### 3.1.1 Balance de Oferta y Demanda (BOD)

La base de datos BOD consiste en un resumen ejecutivo, de infraestructura existente y de inversión de todas las obras de mejoramiento que puedan estar asociadas en un periodo de 15 años a futuro.

#### 3.1.2 Evaluación de Capacidades Aguas Servidas, Febrero 2013

Contiene información sobre la utilización orgánica e hidráulica de los sistemas de recolección para las regiones VI; VII y VIII, con principal énfasis en las plantas de tratamiento. El interés de estudio se centra en las PTAS por ende sólo se trabaja con los datos de información de carga hidráulica donde la información se presenta de acuerdo a la siguiente estructura:

- Región
- Zona
- Tipo Sistema Productivo
- Tamaño
- Tecnología
- Población Diseño
- Localidad
- Caudal Medio de Diseño
- Caudal Promedio Llegada
- Porcentaje de Utilización P.T.A.S.

### *3.1.3 Población*

El coeficiente de mayoración para la obtención del caudal de diseño de las obras de alcantarillado y aguas servidas de acuerdo a la normativa actual, es el factor de Harmon, que es un coeficiente que se determina en función del número de habitantes del área a sanear.

El estudio está restringido entre 1.000 y 100.000 habitantes, que es la zona donde presenta mayor variabilidad el coeficiente de Harmon y a su vez hace relación con el rango de población asociado a las plantas de tratamiento que presentan problemas de capacidad..

### *3.1.4 Sistemas de Tratamiento*

El sistema de tratamiento a estudio son las plantas de tratamiento de lodos activos, ya que son el grupo representativo que presentan problemas de diseño hidráulico, además de la existencia de bases de datos con datos fidedignos.

Para la discriminación de las plantas a trabajar se ha filtrado en el ítem de la tecnología utilizada seleccionando los lodos activos.

## **3.2 Comparación entre Caudal de Producción y Caudales de Llegada**

Para conocer cómo están trabajando a nivel operacional las plantas seleccionadas es necesario realizar una comparación entre los caudales de producción y los caudales de llegada.

El sistema actual de diseño para el dimensionamiento de los caudales de diseño recomienda un factor de recuperación entre 0.7 y 1.0 (Fuente: Nch1105 Of.1999 – Alcantarillado de aguas residuales - Diseño y cálculo de redes) para la determinación de los caudales de diseño, donde generalmente el ingeniero proyectista utiliza un factor de 0.8, lo que quiere decir que un 80% del caudal producido es devuelto al sistema de recolección de aguas servidas para ser tratado.

Por lo anterior se propone realizar una comparación entre los caudales medios de producción y de llegada, los cuales son identificados de las bases de datos de la empresa sanitaria y adjuntos en el Anexo B los caudales de llegada y en el Anexo C los caudales de producción.

### 3.2.1 Criterios para el análisis

Para la interpretación y mejor comprensión del análisis, es necesario definir los siguientes criterios:

- a) Periodos de Análisis: Dado que los caudales de llegada a las plantas de tratamiento se ven influenciados en periodos de aguas lluvias, se opta por dividir el año en dos periodos, los cuales se definen de la siguiente manera:

INV: El periodo de invierno está comprendido entre los meses de Abril y Septiembre

VER: Corresponde al periodo de verano comprendido entre los meses de Octubre a Marzo

- b) Interpretación de la información: para la comparación de los caudales medios se ha definido realizar el cálculo del cociente entre el caudal medio de producción y el caudal medio de llegada de acuerdo a la siguiente expresión:

$$COEF = \frac{Q_{medProducción}}{Q_{medllegada}} \quad (\text{Ecuación N}^{\circ}19)$$

Si  $COEF > 1$ : se interpreta como ERROR, lo que quiere decir que al sistema está ingresando más del 100% del caudal producido, lo que contrasta con lo recomendado en la normativa actual.

Si  $COEF \leq 1$ : Se interpreta como OK y establece que el sistema está trabajando dentro de los límites operacionales establecidos en la normativa vigente.

### 3.3 Comparación entre los Caudales de Mayoración de Diseño.

Los caudales de mayoración son parte fundamental de la hipótesis planteada en el estudio, por el comportamiento no lineal que presenta el factor de Harmon a medida que aumenta la población.

Por lo cual se realizará una comparación con respecto a dos enfoques, el primero corresponde entre factores de mayoración mensuales obtenidos de los registros de medición operacionales de los caudales de llegada a las plantas y el segundo enfoque entre el procedimiento de cálculo para la obtención del caudal máximo horario propuesto en la NCh691Of.98 – Agua Potable – Conducción, regulación y distribución.

### 3.3.1 Factor de Mayoración Operacional

Los datos obtenidos por telemetría han sido recopilados de las bases de datos generadas por la digitación diaria por los operadores de las distintas plantas o por equipos sensoriales instalados en puntos estratégicos al interior de estas, y son almacenados en una base de datos que registra distintos parámetros diarios, para el interés del estudio son el caudal máximo horario y el volumen de entrada de agua a las P.T.A.S.

Estos datos son presentados en el Anexo digital B “SIPT – 01 Digitación diaria por infraestructura”, que contiene las mediciones diarias del año 2012, los cuales han sido tabulados y separados por localidad para las regiones en estudio.

El interés de conocer estos parámetros, es la determinación de un coeficiente de mayoración operacional, que permita la comparación entre lo real y lo que se determina mediante procedimientos convencionales de diseño hidráulico. A través de la ecuación N°2 que relaciona el caudal medio con el caudal máximo horario se busca conocer la magnitud de este coeficiente diariamente.

$$COEF_{op} = \frac{Q_{maxh}}{Q_{med_D}}$$

Al igual que el punto anterior para la comparación del coeficiente se opta por dividir el año en periodos de invierno y verano.

### 3.3.2 Comparación Coeficientes de Mayoración para la Obtención del Caudal Máximo Horario.

El cálculo del caudal máximo horario de acuerdo a las recomendaciones de la normativa actual hace diferencias para el dimensionamiento de los caudales máximos horarios de diseño alcantarillado y agua potable descritos en la ecuación N°2 y N°9 respectivamente, donde para agua potable se calcula para el factor horario de máximo consumo y para aguas servidas con el coeficiente de Harmon.

Para obtener la variabilidad de estos coeficientes para las plantas de tratamiento objeto de análisis para la condición de invierno que es la más representativa, se calculará de la siguiente manera:

$$\text{Variabilidad Coef} = \frac{FM}{H} (\%) \text{ (Ecuacion N}^\circ\text{20)}$$

En que,

FM : Factor Operacional Estimado

H : Coeficiente de Harmon

De la expresión anterior se tiene que FM es el producto entre el factor horario de máximo consumo, el coeficiente de invierno y el factor diario de máximo consumo y corresponde al caudal máximo diario de diseño de agua potable.

### 3.4 Criterio de Selección de Parámetros Influyentes

#### 3.4.1 Método de Selección de Variables de Entrada

Para la creación del modelo estadístico es necesario definir variables independientes que pudiesen ser explicativas o no sobre el caudal de llegada a las plantas de tratamiento de aguas servidas, y como se tiene una infinidad de parámetros se ha optado por trabajar con los que tienen carácter de diseño hidráulico y geométricos.

Para efectos del estudio se ha despreciado las pérdidas hidráulicas ya sean regulares o singulares y por consecuencia la materialidad de las redes debido a que el sistema presenta exceso de caudal por sobre los niveles de diseño, por lo tanto no se consideran efectos asociados a estas condiciones.

El parámetro a analizar es el caudal de llegada, por lo cual es la variable dependiente del modelo, para la selección de las variables independientes se han recopilado información de las distintas planillas de base de datos de la sanitaria las cuales se describen en la tabla N°1.

El modelo de selección de variables se realiza mediante MATLAB utilizando la función “stepwise” para los periodos de invierno y verano para los siguientes casos:

- Caudal máximo diario invierno
- Caudal máximo diario verano
- Caudal medio diario invierno
- Caudal medio diario verano

**Tabla N°1:** "Datos de Entrada y Fuentes del modelo de Regresión."

<b>Parámetro</b>	<b>Fuente de la Base de Datos</b>
Caudal Medio Llegada, l/s	Telemetría, Essbio
Población de diseño, Mhab	Evaluación de Capacidades AS, Febrero 2013, Essbio
H Tubería, m	Base Infraestructura, Essbio
Área Operacional, Km2	Balance Oferta y Demanda, Essbio
Longitud Tuberías, Km	Base Infraestructura, Essbio
Dotación, l/hab/día	Balance Oferta y Demanda, Essbio
Área Cuenca, Km2	Planos Áreas Aportantes, Essbio
Perímetro Cuenca, Km2	Fuente Propia
Coefficiente de Compacidad,	Fuente Propia
Infiltración Napa, %	Base Infraestructura, Essbio
Densidad Poblacional, Mhab	Balance Oferta y Demanda, Essbio

Debido a la gran influencia de la napa en los resultados se considera recalcular el modelo pero sólo con localidades que posean un porcentaje de infiltración menor al 50% para comparar los resultados obtenidos

### **3.5 Modelo de Regresión lineal**

Finalmente con los resultados obtenidos del modelo de selección de variables es posible realizar el método de regresión lineal para las condiciones de invierno y verano, además considerando el efecto de la napa menor a un 50%.

Para validar estadísticamente se realiza el modelo mediante el programa Microsoft Excel, y con ello conocer la incidencia de los parámetros incidentes hacia la variable en estudio.

## 4. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

### 4.1 Plantas de Tratamiento en Estudio

Aplicando los criterios de población y sistema de tratamiento se tiene que las plantas a estudiar son 59 distribuidas en las 3 regiones presentadas en detalle en la Tabla N°1 del Anexo A – Resumen BC. Las plantas de tratamiento se clasifican de acuerdo al volumen a tratar en tres categorías:

Plantas Pequeñas	Volumen < 3.500 m <sup>3</sup>
Plantas Medianas	3.500 < Volumen <35.000 m <sup>3</sup>
Plantas grandes	Volumen > 35.000 m <sup>3</sup>

De la clasificación anterior un 73,8% (Fuente: Anexo F, Evaluación de Capacidades AS – Febrero 2013) pertenece a plantas de tratamiento que entran en la clasificación de “pequeñas”, dato que es relevante para el estudio, ya que uno de los supuestos corresponde a que es enfocado a poblaciones pequeñas, esto quiere decir que el diseño de las unidades hidráulicas presenta inestabilidad en estos casos.

De las 59 localidades a estudiar por motivo de falta de datos o inconsistencia en éstos ya sea por fallos en los equipos de medición, el universo se ha reducido a 52 P.T.A.S. de las cuales es relevante mencionar que hoy en día 28 de ellas al menos se encuentran trabajando a más de 90 % de su capacidad, en otros términos un exceso de demanda hidráulica en condiciones normales de operación, eso quiere decir sin presencia de tormentas de aguas lluvias. En la siguiente figura se presenta la distribución por región de lo señalado (Fuente Capacidad Hidráulica Essbio, 2012)

**Tabla N°2: Resumen Plantas de Tratamiento en Estudio**

Región	Plantas Totales en Estudio [N°]	Plantas Capacidad mayor 90% [N°]	Porcentaje PTAS Sobrecaudal [%]
VIII	30	7	23%
VII	17	12	71%
VI	12	9	75%

Fuente: Elaboración Propia



De la información disponible en la Tabla N°2 se observa que un 23% de las plantas en estudio trabajan a más de un 90% de su capacidad, en tanto para la VI y VII región las cifras son más alarmantes ya que un 71% y 75% del total de las plantas a estudiar presentan problemas de capacidad hidráulica .

#### 4.2 Comparación entre Caudales de Producción y de Llegada

Para realizar la comparación se ha estimado un coeficiente para periodos de invierno y verano que hace relación entre el caudal medio de producción y el caudal de llegada a las P.T.A.S.

En la tabla N°3 se aprecia que para las tres regiones en periodo de invierno un 75% de las plantas en estudio el sistema de recolección está recuperando un 150% en promedio en la VIII región, lo cual es una parámetro a considerar y la misma situación se da para la VI y VII regiones, el detalle de la información se puede encontrar en la tabla N°5 del Anexo A – Resumen BC.

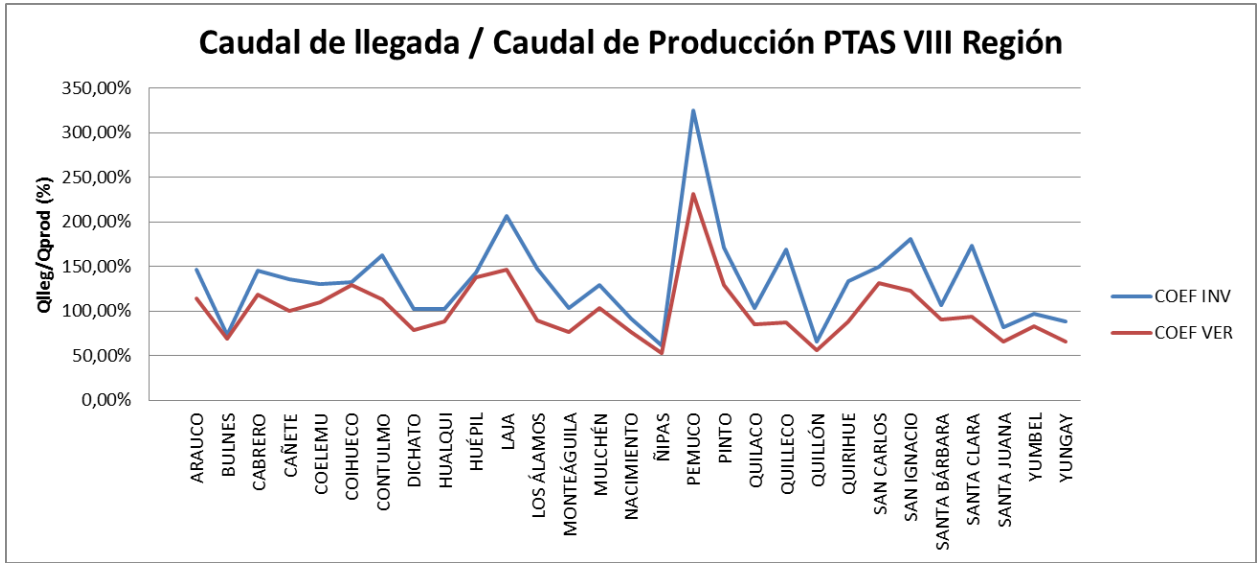
**Tabla N°3: Comparación Caudal de Producción vs Caudal de Llegada**

REGIÓN	INVIERNO			VERANO (%)		
	COEF PROM	NORMAL (%)	ERROR (%)	COEF PROM	NORMAL (%)	ERROR (%)
VIII	1,50	25	75	1,30	55	45
VII	2,33	24	76	2,22	35	65
VI	1,60	24	76	1,50	25	75

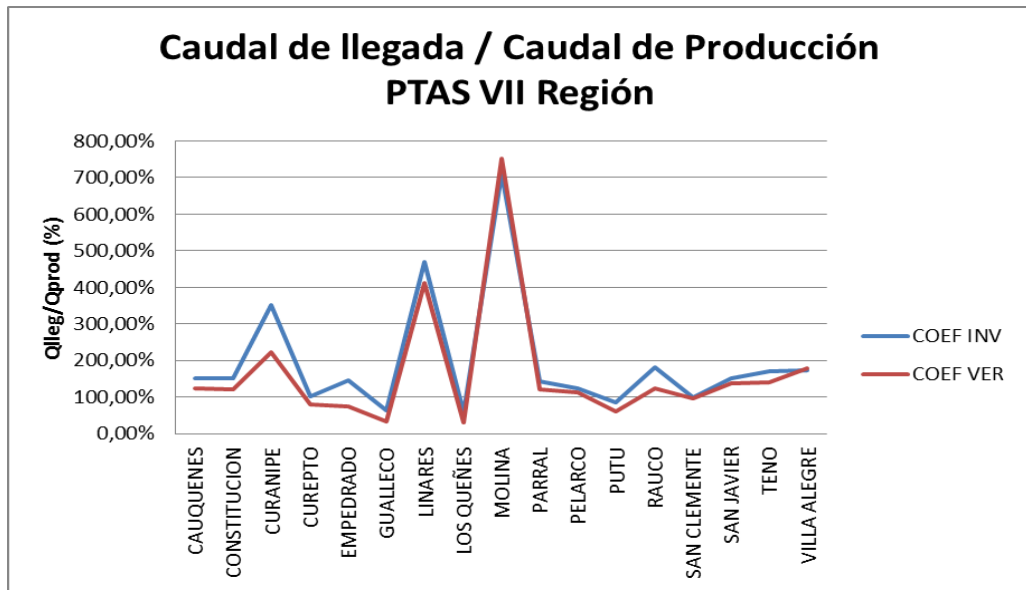
Fuente: Elaboración Propia

En la figura N°6 se muestra en detalle para cada localidad la variación de los coeficientes calculados para invierno y verano en la VIII región, lo cual ayuda a identificar de mejor manera cuales son las localidades y el caso de Pemuco llama de inmediato la atención, es una localidad de 3.899 habitantes (Fuente: Anexo F: 310-BOD Empresa\_Pemuco\_2013-2028) donde en invierno recupera un 324% y en verano un 231% del caudal producido.

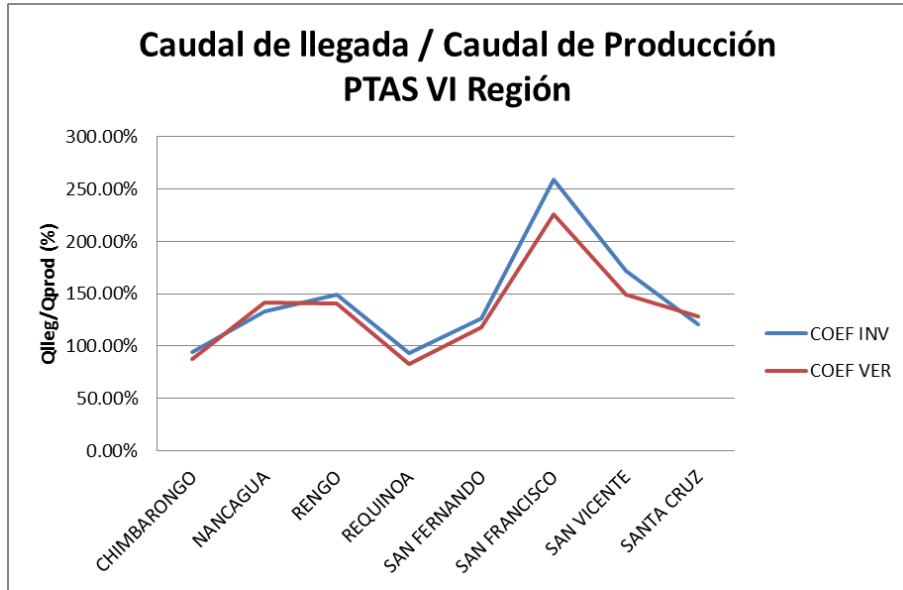
De mismo modo para la VI y VII región se tiene en la figura N°7 y N°8 respectivamente que se presentan a continuación:



**Figura N° 6** Razón entre el caudal de llegada y el caudal de Producción VIII Región  
(Fuente: Elaboración Propia)



**Figura N° 7:** Razón entre el caudal de llegada y el caudal de Producción VII Región  
(Fuente: Elaboración Propia)



**Figura N° 8:** Razón entre el caudal de llegada y el caudal de Producción VI Región  
(Fuente: Elaboración Propia)

De la tabla anterior además queda la interrogante del intervalo 0.7-1.0 que aplica la normativa vigente para la estimación del caudal medio de diseño. ¿Es representativo?, ¿hay que aplicar otros factores para la estimación de estos caudales?, son interrogantes y preguntas que quedarán abiertas ya que escapan a los alcances del presente estudio.

### 4.3 Comparación entre Coeficientes de Mayoración Caudales Medios

#### 4.3.1 Factor de Mayoración Operacional

El coeficiente obtenido se ha determinado para las 52 localidades que cumplen con los criterios de cálculo, para la condición de invierno se obtiene que un 6% de los coeficientes calculados están por sobre el coeficiente de Harmon, situación similar en verano, donde la cifra disminuye a un 4% y se puede analizar en el gráfico adjunto a la tabla N°8 del Anexo A para mayor detalle.

**Tabla N°4:** Cálculo del Coeficiente de Mayoración de llegada en promedio Invierno y Verano  
(Fuente Essbio)

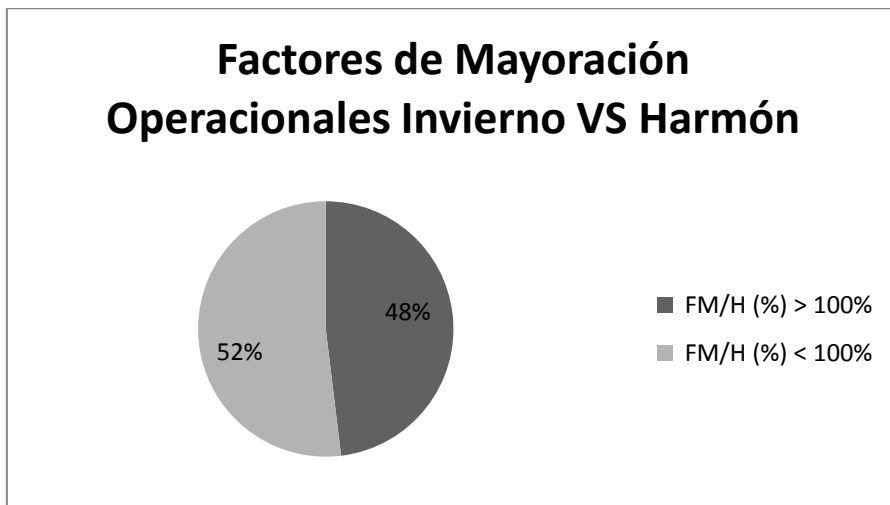
LOCALIDAD	POBLACIÓN (Mhab)	REGIÓN	COEF MAYORACIÓN		HARMON
			PROMEDIO INVIERNO	PROMEDIO VERANO	
Cañete	24,0	VIII	<b>2,82</b>	<b>3,17</b>	2,57
Dichato	17,2	VIII	<b>3,09</b>	2,53	2,72
Monteaguila	6,5	VIII	2,98	<b>3,24</b>	3,14
Curepto	3,4	VII	<b>3,51</b>	2,72	3,39

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla N°4 se obtienen resultados importantes, lo cual ayuda a descartar una de las hipótesis del estudio que hace relación con el sobrecaudal de llegada a las plantas de tratamiento de aguas servidas y su influencia de los coeficientes de mayoración, donde se aprecia que el coeficiente de Harmon es capaz de satisfacer la demanda del caudal medio de diseño para el 95% de las localidades en estudio.

#### 4.3.2 Factor Operacional versus Coeficiente de Harmon

Con la finalidad de comparar el caudal de producción y de llegada teóricos entre las recomendaciones efectuadas por las normativas vigentes, se calcula la razón entre los factores de mayoración teóricos y en la figura N°9 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.



**Figura N° 9:** Factores de Mayoración vs Harmon.

(Fuente: Elaboración Propia)

De la Figura N°9 se observa que el coeficiente de consumo en invierno en comparación al coeficiente Harmon en un 48% de las plantas en estudio es sobrepasado, lo cual es equivalente a 25 plantas de tratamiento, situación que es preocupante ya que las consecuencias sanitarias que ocasiona el sistema por lo cual es necesario realizar un análisis exhaustivo de lo hasta aquí descrito, ya que el coeficiente de Harmon para caudales medios satisface la demanda.

#### 4.4 Modelo de Selección de Parámetros

Como se ha explicado en acápite anteriores el modelo de regresión lineal es una herramienta para crear una correlación de variables de entrada que explican el comportamiento de una variable dependiente mediante variables independientes de entrada.

Las variables dependientes son:

- a) Caudal máximo diario invierno ( $Q_{maxD\ INV}$ )
- b) Caudal máximo diario verano ( $Q_{maxD\ VER}$ )
- c) Caudal medio diario invierno ( $Q_{md\ INV}$ )
- d) Caudal medio diario verano ( $Q_{md\ VER}$ )

Las variables de entrada al modelo se han definido en la metodología, y aplicando la función “stepwise” (paso a paso) del programa MATLAB, se busca obtener cuales son incidentes en el modelo antes de realizar el modelo de regresión.

X1	Población Diseño
X2	H Clave
X3	Área Concesión
X4	Longitud Tubería
X5	Dotación
X6	N° PEAS
X7	Área Cuenca
X8	Perímetro
X9	Coficiente Compacidad
X10	Porcentaje Infiltración Napa
X11	Densidad Habitacional

Del modo anterior se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla N°5: Variables Influyentes en Sobrecaudales Máximos y Medio de Llegada**

Variable	QmaxD INV	QmaxD VER	Qmd INV	Qmd VER
Población diseño (Mhab)	x	x	x	x
Longitud Tubería (Km)	x		x	
% Napa (Qmed diseño)	x	x	x	x

Del análisis se tiene que las variables que inciden en el modelo son la población, longitud tubería y el porcentaje de infiltración al sistema de recolección de aguas servidas, lo cual no es lo más representativo porque para periodos de invierno donde los aportes por concepto de lluvias aumentan de manera considerable, tienen demasiada influencia sobre el caudal de llegada y por aquello se realiza un análisis con localidades donde el porcentaje de infiltración de napa al sistema sea menor del 50%, por consecuencia se ha reducido las localidades a 43 las cuales se presentan en la tabla N°15 del anexo A.

Las variables de entrada al modelo (X1, X2...X11) se mantienen, los caudales a analizar igual, sólo se modifica el número de localidades donde las variables explicativas se aprecian en la tabla N°9 las cuales fueron el resultado del análisis Step-wise, mediante MATLAB el cual se observa en el anexo A complementando la tabla N°15.

**Tabla N°6: Variables Influyentes para Caudales medios y Máximos con un Porcentaje de Infiltración de Napa menor al 50%**

Variable	QmaxD INV	QmaxD VER	Qmd INV	Qmd VER
Población diseño (Mhab)	x	x	x	x
Longitud Tubería (Km)	x	X	x	x
% Napa (Qmed diseño)	x		x	x

#### 4.5 Análisis de Datos Mediante el Modelo de Regresión

Con estas variables definidas se ha desarrollado el modelo de regresión lineal utilizando la función que incluye el programa Microsoft Excel, donde se obtiene que la variable explicativa e influyente en el modelo sea el porcentaje de infiltración el cual se puede apreciar en el alto índice del estadístico t de student en la Tabla N°7 y Tabla N° 8 lo cual es un mal indicador.

**Tabla N°7: Resultados Modelo de Regresión para Caudales Máximos de invierno y verano**

Parámetros	Regresión 1 (Qmaxd INV)			Regresión 2 (Qmaxd VER)		
Coefficiente de correlación múltiple	0,931			0,963		
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,867			0,928		
R <sup>2</sup> ajustado	0,842			0,907		
Error típico	61,973			39,837		
Observaciones	54			54		
Resultados	Coefficiente s	Error típico	Estadístico t	Coefficiente s	Error típico	Estadístico t
Intercepción	0	#N/A	#N/A	0	#N/A	#N/A
Población diseño (Mhab)	2,64	1,19	2,21	2,85	0,29	9,89
Longitud Tubería [Km]	0,67	0,59	1,14			
% Napa	1,08	0,16	6,95	1,26	0,10	12,80

**Tabla N°8: Resultados Modelo de Regresión para Caudales Medios de invierno y verano**

Parámetros	Regresión 3 (Qmd INV)			Regresión 4 (Qmd VER)		
Coefficiente de correlación múltiple	0,983			0,976		
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,967			0,952		
R <sup>2</sup> ajustado	0,946			0,932		
Error típico	19,194			23,970		
Observaciones	54			54		
Resultados	Coefficiente s	Error típico	Estadístico t	Coefficiente s	Error típico	Estadístico t
Intercepción	0	#N/A	#N/A	0	#N/A	#N/A
Población diseño (Mhab)	0,80	0,37	2,16	1,51	0,17	8,69
Longitud Tubería [Km]	0,33	0,18	1,80			
% Napa	1,08	0,05	22,40	1,13	0,06	19,09

De igual modo se procede a realizar el modelo de regresión lineal el cual presenta un rango de validez elevada debido a los valores de los coeficientes de determinación resultantes. Para los caudales máximos de invierno y verano de acuerdo al análisis anterior existen modificaciones en el resultado de las variables explicativas como se puede apreciar en Tabla N°9 donde la población de diseño toma bastante fuerza con respecto a las demás.

**Tabla N°9: Resultados Modelo de Regresión para Caudales Máximos de invierno y verano con porcentaje de infiltración de Napa menor a un 50%**

Parámetros	Regresión 1 (Qmaxd INV)			Regresión 2 (Qmaxd VER)		
<i>Coeficiente de correlación múltiple</i>	0,878			0,952		
<i>Coeficiente de determinación R<sup>2</sup></i>	0,770			0,906		
<i>R<sup>2</sup> ajustado</i>	0,734			0,879		
<i>Error típico</i>	55,552			24,082		
<i>Observaciones</i>	43			43		
<i>Resultados</i>	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>
Intercepción	0,00	#N/A	#N/A	0,00	#N/A	#N/A
Población diseño (Mhab)	3,09	1,25	2,47	2,07	0,53	3,91
Longitud Tubería [Km]	1,06	0,59	1,79	0,64	0,25	2,51
% Napa	-1,65	0,81	-2,04			

Para la obtención de las variables explicativas también se ha optado por calcular los valores de los caudales medios para periodos de invierno y verano donde se aprecia resultados distintos y que llaman la atención al estudio.

En periodos de invierno la longitud de la tubería como se aprecia en Tabla N°10 tiene un coeficiente de student elevado, lo cual puede ser bastante lógico ya que a mayor longitud de tubería, mayor es la capacidad del sistema de recolección y por consecuencia mayor el caudal a descargar.



Por otro lado para el caudal medio en periodo de verano indica que la población de diseño y la longitud de la red influyen fuertemente en el sobrecaudal de llegada a la planta de tratamiento, ya que aunque son variables independientes tienen directa relación con los caudales de diseño y deja abierto para un estudio principalmente enfocado en estas variables y todas las variables y aristas que conllevan a analizar, comprender y aclarar de mejor manera el presente estudio.

**Tabla N°10:** Resultados Modelo de Regresión para Caudales Medios de invierno y verano con porcentaje de infiltración de Napa menor a un 50%

Parámetros	Regresión 3 (Qmd INV)			Regresión 4 (Qmd VER)		
<i>Coefficiente de correlación múltiple</i>	0,974			0,977		
<i>Coefficiente de determinación R<sup>2</sup></i>	0,949			0,955		
<i>R<sup>2</sup> ajustado</i>	0,921			0,927		
<i>Error típico</i>	10,388			9,931		
<i>Observaciones</i>	43			43		
<i>Resultados</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>
Intercepción	0,00	#N/A	#N/A	0,00	#N/A	#N/A
Población diseño (Mhab)	0,68	0,23	2,92	0,92	0,22	4,11
Longitud Tubería [Km]	0,56	0,11	5,08	0,47	0,11	4,44
% Napa	0,32	0,15	2,09	0,32	0,14	2,20

## 5. CONCLUSIONES

Con los antecedentes recolectados a lo largo del estudio ya sea análisis de datos de telemetría, comparaciones entre caudales de producción y de llegada además de analizar en detalle el comportamiento de los coeficientes de mayoración y segundo caso el modelo de regresión se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- Se identificaron 59 Plantas de tratamiento distribuidas en las tres regiones de las cuales un 51% se encuentran en la VIII región, un 29% en la VII y un 20% en la VI, no obstante en las dos últimas el 75% de su total se encuentra trabajando a más de un 90% de Capacidad.
- Mediante el análisis de Telemetría y la comparación entre caudales de producción y llegada, se ha logrado verificar que sobre un 50% de las plantas de tratamiento de aguas servidas existentes trabajan sobre el 130% de su capacidad sin importar variaciones estacionales.
- El coeficiente de mayoración Harmon del caudal medio de diseño para el procedimiento de cálculo de las unidades de pre tratamiento de las plantas, es capaz de satisfacer la demanda requerida por lo tanto el problema del sobrecaudal no tiene relación con el caudal medio.
- Entre los parámetros geométricos y de diseño que se utilizaron para realizar el modelo de selección de variables mediante Step-Wise determinó que la población, la longitud de la red y el porcentaje de infiltración de la napa tienen directa relación con el caudal de llegada
- La infiltración es uno de los parámetros influyentes en el caudal de llegada teniendo una relación directa y muy influyente, sin importar en muchas veces la estación del año, esto suele suceder debido a que los sistemas de recolección se encuentran a profundidades considerables teniendo influencia directa de la presencia de Napa además de las aguas no contabilizadas que ingresan al sistema o se descargan de manera ilegal y que además son muy difíciles de cuantificar.

## **6. COMENTARIOS**

- La normativa es poco exigente al incluir el caudal de agua lluvia donde generalmente es un 10% del caudal medio y lo que ha quedado demostrado que debe tener una magnitud mayor y un estudio más riguroso, lo cual deja abierto a realizar un estudio sobre la incidencia y que permita determinar coeficientes más cercanos al comportamiento operacional.
- Como se ha determinado que los caudales aportantes por fuentes externas en los sistemas de recolección de aguas servidas tienen más influencia de lo que la normativa exige y por su difícil procedimiento de estimación se recomienda usar un coeficiente de recuperación sobre 0.8 que es usualmente utilizado para estimar el caudal de diseño.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Instituto Nacional de Normalización. (2000). NCh2472.Of2000 Aguas Residuales - Plantas Elevadoras - Especificaciones Generales.
- Water Environment Federation. (2009). Design of Municipal Wastewater Treatment Plants. New York: McGraw-Hill Professional Publishing.
- Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. (2007). NB 688-07 “Diseño de Sistemas de Alcantarillado Sanitario y Pluvial (Tercera revisión)”
- Metcalf & Eddy, I. (2003). Wastewater engineering; treatment and reuse. Boston: McGraw-Hill.
- Sperling, M. (2007). Wastewater characteristics, treatment and disposal. London: IWA Publishing.
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill.
- Spiegel, M., Stephens, L., Pineda Ayala, L., & Valdés Ramírez, A. (2002). Estadística. México: McGraw-Hill.
- Instituto Nacional de Normalización. (1998). NCh691.Of1998 Agua Potable - Conducción, Regulación y Distribución
- Instituto Nacional de Normalización. (1999). NCh1105.Of1999 Ingeniería sanitaria – Alcantarillado de aguas residuales - Diseño y cálculo de redes
- Bendjoudi, H., & Hubert, P. (2002). Le coefficient de compacité de Gravelius: analyse critique d'un indice de forme des bassins versants. Hydrological Sciences Journal, 47(6), 921-930. doi:10.1080/02626660209493000

## **8. ANEXOS**

**ÍNDICE DE ANEXOS**

ANEXO A - Resumen BC.....	40
<i>Tabla A.1: “Porcentaje de utilización PTAS promedio anual año 2012, (Fuente: Essbio).....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla A.2: “Porcentaje de utilización PTAS promedio anual año 2012”, (Fuente: Essbio) .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla A.3: “Parámetros de producción de agua potable, VIII Región, (Parte 1)” .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla A.4: “Parámetros de producción de agua potable, VIII Región, (Parte 2)” .....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla A.5: “Parámetros de producción de agua potable, VII Región” .....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla A.6: “Parámetros de producción de agua potable, VI Región” .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla A.7: “Comparación caudal de producción v/s caudal de llegada a las PTAS VIII Región” .....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla A.8: “Comparación caudal de producción v/s caudal de llegada a las PTAS VII Región”</i>	<i>46</i>
<i>Tabla A.9: “Comparación caudal de producción v/s caudal de llegada a las PTAS VI Región”</i>	<i>46</i>
<i>Tabla A.10: “Cálculo del coeficiente de mayoración de llegada promedio invierno y verano VIII Región” .....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla A.11: “Cálculo del coeficiente de mayoración de llegada promedio invierno y verano VII y VI Región” .....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla A.12: “Variación Factores de Mayoración Operacionales en PTAS VIII Región” .....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla A.13: “Variación Factores de Mayoración Operacionales en PTAS VI y VII Región” .....</i>	<i>50</i>
<i>.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla A.14: “Parámetros de entrada al modelo de Regresión Stepwise localidades VIII Región” .....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla A.15: “Parámetros de entrada al modelo de Regresión Stepwise localidades VII y VI Región” .....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla A.16: “Resultados Regresión Stepwise y parámetros de entrada al modelo de regresión lineal” .....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla A.17: “Parámetros de entrada al modelo de regresión Stepwise para localidades con un porcentaje de infiltración Napa &lt;50% en las VI, VII y VIII Región” .....</i>	<i>58</i>

<i>Tabla A.18: “Resultados Regresión Stepwise y parámetros de entrada al modelo de regresión lineal (Napa &lt; 50%)”</i> .....	63
<i>Tabla A.19: “Resultados Modelo Regresión Lineal”</i> .....	64
<i>Tabla A.20: “Resultados Modelo Regresión Lineal (Napa &lt; 50%)”</i> .....	64
ANEXO B – Caudal Entrada PTAS .....	(solo digital)
ANEXO C – Caudal Produccion PTAP .....	(solo digital)
ANEXO D – Areas Aportantes .....	(solo digital)
ANEXO E – Evaluación Capacidades AS – Febrero 2013 .....	(solo digital)
ANEXO F – Balance Oferta y Demanda .....	(solo digital)
ANEXO G – Base Infraestructura .....	(solo digital)
ANEXO H – Base de Cálculo 1 .....	(solo digital)
ANEXO I – Base de Cálculo 2 .....	(solo digital)

## ANEXO A - RESUMEN BC

**Tabla A.1:** “Porcentaje de utilización P.T.A.S. promedio anual año 2012, (Fuente: Essbio)”

REGIÓN	LOCALIDAD	Qmed DISEÑO (l/s)	POBLACIÓN [hab]	Q med LLEGADA PTAS (l/s)	UTILIZACIÓN PROMEDIO ANUAL
VIII	ARAUCO	46.20	28.350	43.81	95%
VIII	BULNES	17.40	18.246	17.78	<b>102%</b>
VIII	CABRERO	35.70	14.999	31.47	88%
VIII	CAÑETE	59.04	23.958	30.87	52%
VIII	COBQUECURA	2.91	1.349	1.69	58%
VIII	COELEMU	22.30	10.113	16.76	75%
VIII	COIHUECO	21.30	10.473	18.01	85%
VIII	CONTULMO	12.70	3.045	6.81	54%
VIII	DICHATO	34.20	17.187	7.85	23%
VIII	HUALQUI	25.6	19.194	24.81	<b>97%</b>
VIII	HUÉPIL	28.50	8.259	14.75	52%
VIII	LAJA	57.97	23.662	50.79	88%
VIII	LOS ÁLAMOS	24.40	11.406	24.05	<b>99%</b>
VIII	MONTEÁGUILA	13.89	6.488	8.21	59%
VIII	MULCHÉN	53.90	25.067	38.80	72%
VIII	NACIMIENTO	53.60	23.604	38.91	73%
VIII	ÑIPAS	4.31	1.722	2.59	60%
VIII	PEMUCO	7.23	3.899	13.19	<b>182%</b>
VIII	PINTO	10.69	5.383	6.90	65%
VIII	QUILACO	2.80	2.093	2.30	82%
VIII	QUILLECO	4.51	2.110	4.37	<b>97%</b>
VIII	QUILLÓN	11.50	5.460	9.16	80%
VIII	QUIRIHUE	20.47	9.577	16.10	79%
VIII	SAN CARLOS	69.70	38.923	82.07	<b>118%</b>
VIII	SAN IGNACIO	5.74	3.095	7.01	<b>122%</b>
VIII	SANTA BÁRBARA	25.60	13.364	11.63	45%
VIII	SANTA CLARA	5.49	2.566	4.62	84%
VIII	SANTA JUANA	22.97	10.748	10.45	45%
VIII	YUMBEL	25.60	12.975	17.70	69%
VIII	YUNGAY	19.86	9.288	13.52	68%



**Tabla A.2:** “Porcentaje de utilización P.T.A.S. promedio anual año 2012”, (Fuente: Essbio)

REGIÓN	LOCALIDAD	Qmed DISEÑO (l/s)	POBLACIÓN [hab]	Q med LLEGADA PTAS (l/s)	UTILIZACIÓN PROMEDIO ANUAL
VII	CAUQUENES	67.60	43.537	88.77	<b>131%</b>
VII	CONSTITUCIÓN	113.40	4.174	66.90	59%
VII	CURANIPE	10.90	5.186	8.31	76%
VII	CUREPTO	6.40	3.413	4.37	68%
VII	EMPEDRADO	4.49	2.428	5.68	<b>127%</b>
VII	LINARES	661.00	79.600	650.82	<b>98%</b>
VII	MOLINA	189.80	41.729	261.46	<b>138%</b>
VII	PARRAL	61.00	32.332	69.28	<b>114%</b>
VII	PELARCO	5.20	2.074	4.74	<b>91%</b>
VII	PUTÚ	3.90	2.853	2.37	61%
VII	RAUCO	8.30	4.048	11.77	<b>142%</b>
VII	RETIRO	5.70	3.508	9.28	<b>163%</b>
VII	SAN CLEMENTE	29.10	37.261	34.04	<b>117%</b>
VII	SAN JAVIER	45.10	28.553	61.89	<b>137%</b>
VII	TENO	25.80	9.251	25.00	<b>97%</b>
VII	VILLA ALEGRE	37.60	8.796	26.31	70%
VII	YERBAS BUENAS	2.91	1.889	8.75	<b>301%</b>
VI	CHIMBARONGO	32.38	15.524	28.61	88%
VI	COINCO	3.70	2.500	3.35	<b>90%</b>
VI	COLTAUCO	11.50	17.500	17.01	<b>148%</b>
VI	MALLOA	4.70	2.159	4.08	87%
VI	NANCAGUA	17.30	8.585	21.38	<b>124%</b>
VI	PEUMO	20.10	9.174	19.44	<b>97%</b>
VI	RENGO	140.41	54.340	84.32	60%
VI	REQUINOA	20.50	10.015	18.38	<b>90%</b>
VI	SAN FERNANDO	116.40	67.251	134.37	<b>115%</b>
VI	SAN FRANCISCO	69.00	28.777	62.46	<b>91%</b>
VI	SAN VICENTE DE TAGUA TAGUA	32.20	18.848	71.65	<b>223%</b>
VI	SANTA CRUZ	68.50	32.387	70.95	<b>104%</b>

**Tabla A.3: “Parámetros de producción de agua potable, VIII Región, (Parte 1)”**

AÑO	LOCALIDAD	PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	CAUDAL PROMEDIO INV (l/s)	CAUDAL PROMEDIO VER (l/s)
2012	ARAUCO	Volumen real Produccion	83028.0	78440.5	78476.7	77719.5	75608.7	68172.2	71359.3	67201.7	69514.5	72333.3	66593.5	80325.0	27.6	29.5
		Caudal medio mes	32.0	30.3	30.3	30.0	29.2	26.3	27.5	25.9	26.8	27.9	25.7	31.0		
	BULNES	Volumen real Produccion	73034.5	51967.7	67965.3	65118.2	63228.4	40414.2	60693.0	61820.6	59989.5	64422.3	45220.5	49005.9	22.6	22.6
		Caudal medio mes	28.2	20.0	26.2	25.1	24.4	15.6	23.4	23.9	23.1	24.9	17.4	18.9		
	CABRERO	Volumen real Produccion	87949.4	72117.0	71976.7	71879.0	66174.7	60770.0	58961.2	53741.1	55619.9	63389.7	57685.1	68850.0	23.6	27.1
		Caudal medio mes	33.9	27.8	27.8	27.7	25.5	23.4	22.7	20.7	21.5	24.5	22.3	26.6		
	CAÑETE	Volumen real Produccion	102925.9	94566.2	85028.4	88988.1	77624.7	77907.6	74248.8	74658.8	76934.5	85201.2	90995.0	86270.0	30.2	35.0
		Caudal medio mes	39.7	36.5	32.8	34.3	29.9	30.1	28.6	28.8	29.7	32.9	35.1	33.3		
	COBQUECURA	Volumen real Produccion	15864.1	15103.5	12906.8	10953.2	7102.4	9272.0	9341.6	8277.0	9270.7	10652.0	11479.0	7888.0	3.5	4.8
		Caudal medio mes	6.1	5.8	5.0	4.2	2.7	3.6	3.6	3.2	3.6	4.1	4.4	3.0		
	COELEMU	Volumen real Produccion	54955.3	48819.5	43131.3	44209.2	40150.4	38144.0	37594.4	35660.1	36820.7	43640.3	45621.0	44913.0	15.0	18.1
		Caudal medio mes	21.2	18.8	16.6	17.1	15.5	14.7	14.5	13.8	14.2	16.8	17.6	17.3		
	COIHUECO	Volumen real Produccion	41033.5	41606.9	34363.7	38604.9	32329.6	31971.3	31225.0	32414.1	32487.0	36269.7	54975.2	32146.0	12.8	15.5
		Caudal medio mes	15.8	16.1	13.3	14.9	12.5	12.3	12.0	12.5	12.5	14.0	21.2	12.4		
	CONTULMO	Volumen real Produccion	14560.4	16917.5	12814.0	12875.2	11882.0	11050.1	11138.0	12187.2	10991.6	12444.0	13695.0	14189.0	4.5	5.4
		Caudal medio mes	5.6	6.5	4.9	5.0	4.6	4.3	4.3	4.7	4.2	4.8	5.3	5.5		
	DICHATO	Volumen real Produccion	38710.8	44280.3	31580.4	25557.0	20312.4	16434.8	17968.9	17803.8	16940.9	21588.1	23854.3	27839.0	7.4	12.1
		Caudal medio mes	14.9	17.1	12.2	9.9	7.8	6.3	6.9	6.9	6.5	8.3	9.2	10.7		
	HUALQUI	Volumen real Produccion	78202.4	78659.6	68933.7	67338.6	63746.2	60032.0	57557.8	56578.3	57458.3	65804.4	62141.1	72359.0	23.3	27.4
		Caudal medio mes	30.2	30.3	26.6	26.0	24.6	23.2	22.2	21.8	22.2	25.4	24.0	27.9		
HUEPIL	Volumen real Produccion	43412.9	41443.4	34936.1	31597.1	33460.3	32465.3	31810.5	27777.7	25969.7	35362.1	27384.9	37686.0	11.8	14.2	
	Caudal medio mes	16.7	16.0	13.5	12.2	12.9	12.5	12.3	10.7	10.0	13.6	10.6	14.5			
LAJA	Volumen real Produccion	97899.9	85952.1	76304.9	85916.7	72170.2	67571.5	63738.5	66695.8	64436.1	76984.2	74277.7	77956.0	27.0	31.5	
	Caudal medio mes	37.8	33.2	29.4	33.1	27.8	26.1	24.6	25.7	24.9	29.7	28.7	30.1			
LOS ALAMOS	Volumen real Produccion	68597.2	62453.5	59388.0	61753.4	58829.2	53551.0	53971.7	47835.4	49538.8	58891.7	56851.0	58053.0	20.9	23.4	
	Caudal medio mes	26.5	24.1	22.9	23.8	22.7	20.7	20.8	18.5	19.1	22.7	21.9	22.4			
MONTE AGUILA	Volumen real Produccion	35604.4	30523.7	25008.9	22470.6	22270.8	23066.0	22476.8	23547.2	21633.0	23624.4	23867.6	30757.0	8.7	10.9	
	Caudal medio mes	13.7	11.8	9.6	8.7	8.6	8.9	8.7	9.1	8.3	9.1	9.2	11.9			
MULCHEN	Volumen real Produccion	111551.1	103510.2	95670.4	101482.3	84059.8	84505.0	77990.1	76865.9	83672.1	91099.4	96149.7	94720.0	32.7	38.1	
	Caudal medio mes	43.0	39.9	36.9	39.2	32.4	32.6	30.1	29.7	32.3	35.1	37.1	36.5			

**Tabla A.4: “Parámetros de producción de agua potable, VIII Región, (Parte 2)”**

AÑO	LOCALIDAD	PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	CAUDAL PROMEDIO INV (l/s)	CAUDAL PROMEDIO VER (l/s)
2012	NACIMIENTO	Volumen real Produccion	136584.0	141185.7	124245.8	119217.3	121063.5	107493.5	103918.9	106560.7	102831.7	115501.7	109006.0	128725.0	42.5	48.6
		Caudal medio mes	52.7	54.5	47.9	46.0	46.7	41.5	40.1	41.1	39.7	44.6	42.1	49.7		
	ÑIPAS	Volumen real Produccion	15051.8	14994.0	12497.3	12569.7	9742.9	9184.6	8863.0	8639.3	9152.8	11214.6	10880.0	11239.0	3.7	4.9
		Caudal medio mes	5.8	5.8	4.8	4.8	3.8	3.5	3.4	3.3	3.5	4.3	4.2	4.3		
	PEMUCO	Volumen real Produccion	20231.0	18488.5	16195.9	15019.0	13905.3	14441.0	13755.0	13426.1	13152.9	17085.8	16018.0	15787.0	5.4	6.7
		Caudal medio mes	7.8	7.1	6.2	5.8	5.4	5.6	5.3	5.2	5.1	6.6	6.2	6.1		
	PINTO	Volumen real Produccion	16771.0	15239.0	12696.9	14912.9	11281.2	10753.0	10973.0	10583.9	10832.2	12827.6	13709.8	11887.0	4.5	5.3
		Caudal medio mes	6.5	5.9	4.9	5.8	4.4	4.1	4.2	4.1	4.2	4.9	5.3	4.6		
	QUILACO	Volumen real Produccion	9639.2	9495.0	6667.1	6703.1	6985.0	6235.0	6401.0	6364.7	6522.6	7069.0	7867.2	7645.0	2.5	3.1
		Caudal medio mes	3.7	3.7	2.6	2.6	2.7	2.4	2.5	2.5	2.5	2.7	3.0	2.9		
	QUILLECO	Volumen real Produccion	12801.1	11228.2	8767.0	8818.0	9166.6	7970.2	8362.7	8296.3	9226.9	8814.1	9055.0	9516.0	3.3	3.9
		Caudal medio mes	4.9	4.3	3.4	3.4	3.5	3.1	3.2	3.2	3.6	3.4	3.5	3.7		
	QUILLON	Volumen real Produccion	52927.2	56632.4	42684.1	42911.8	37401.4	34840.0	34610.9	32662.2	34080.5	35941.4	49866.5	42827.0	13.9	18.1
		Caudal medio mes	20.4	21.8	16.5	16.6	14.4	13.4	13.4	12.6	13.1	13.9	19.2	16.5		
	QUIRIHUE	Volumen real Produccion	52980.4	49006.3	41465.6	43961.7	35671.1	33967.4	32038.8	35008.0	33153.3	40701.0	38615.2	40275.0	13.7	16.9
		Caudal medio mes	20.4	18.9	16.0	17.0	13.8	13.1	12.4	13.5	12.8	15.7	14.9	15.5		
	SAN CARLOS	Volumen real Produccion	198157.9	188582.8	156168.1	185388.4	162872.6	147027.4	146793.2	145500.7	147090.8	161368.5	150245.9	170970.0	60.1	65.9
		Caudal medio mes	76.4	72.8	60.3	71.5	62.8	56.7	56.6	56.1	56.7	62.3	58.0	66.0		
	SAN IGNACIO	Volumen real Produccion	12320.0	11272.6	14596.4	10504.5	9563.0	8505.2	8937.7	9248.1	9418.2	9710.0	36181.5	10295.0	3.6	6.1
		Caudal medio mes	4.8	4.3	5.6	4.1	3.7	3.3	3.4	3.6	3.6	3.7	14.0	4.0		
SANTA BARBARA	Volumen real Produccion	44909.8	42706.4	35507.2	35593.1	34268.4	33179.0	30470.1	31424.4	34740.3	34728.4	38904.2	36434.0	12.8	15.0	
	Caudal medio mes	17.3	16.5	13.7	13.7	13.2	12.8	11.8	12.1	13.4	13.4	15.0	14.1			
SANTA CLARA	Volumen real Produccion	14997.1	12990.0	11401.6	11242.0	10058.5	7590.0	9812.0	6983.0	8257.1	10537.0	9591.0	9523.0	3.5	4.4	
	Caudal medio mes	5.8	5.0	4.4	4.3	3.9	2.9	3.8	2.7	3.2	4.1	3.7	3.7			
SANTA JUANA	Volumen real Produccion	49595.1	47617.4	39528.0	41024.7	36858.3	33122.5	31541.2	34037.2	32939.1	38394.2	47765.3	44573.0	13.5	17.2	
	Caudal medio mes	19.1	18.4	15.2	15.8	14.2	12.8	12.2	13.1	12.7	14.8	18.4	17.2			
YUMBEL	Volumen real Produccion	71201.7	70978.1	56622.8	61647.2	51891.6	47577.2	47288.5	47610.6	44188.4	56369.3	57294.2	56951.0	19.3	23.8	
	Caudal medio mes	27.5	27.4	21.8	23.8	20.0	18.4	18.2	18.4	17.0	21.7	22.1	22.0			
YUNGAY	Volumen real Produccion	67125.5	56157.6	49888.0	57678.0	48368.2	43240.0	43622.7	44206.6	44513.6	51292.2	44082.1	56921.0	18.1	20.9	
	Caudal medio mes	25.9	21.7	19.2	22.3	18.7	16.7	16.8	17.1	17.2	19.8	17.0	22.0			

Tabla A.5: “Parámetros de producción de agua potable, VII Región”

AÑO	LOCALIDAD	PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	CAUDAL	CAUDAL
															PROMEDIO INV (l/s)	PROMEDIO VER (l/s)
2012	CAUQUENES	Volumen real Producción	228256.9	208471.2	183507.4	191385.5	170324.2	153592.2	148190.2	147166.2	150538.9	167245.9	177045.5	190842.0	61.8	74.3
		Caudal medio mes	88.1	80.4	70.8	73.8	65.7	59.3	57.2	56.8	58.1	64.5	68.3	73.6		
	CONSTITUCION	Volumen real Produccion	146290.2	143995.7	144448.8	145609.8	127291.3	124828.7	120284.3	123072.9	120797.3	128293.8	124221.5	137679.0	49.0	53.0
		Caudal medio mes	56.4	55.6	55.7	56.2	49.1	48.2	46.4	47.5	46.6	49.5	47.9	53.1		
	CURANIPE	Volumen real Produccion	8091.0	13823.8	14418.3	7981.6	7350.6	5399.0	5293.0	6292.0	5178.0	6711.4	6173.1	7523.0	2.4	3.6
		Caudal medio mes	3.1	5.3	5.6	3.1	2.8	2.1	2.0	2.4	2.0	2.6	2.4	2.9		
	CUREPTO	Volumen real Produccion	18451.3	16506.0	16697.0	17445.0	14137.4	13676.5	13731.5	13300.8	12581.4	14484.0	15960.3	15851.0	5.5	6.3
		Caudal medio mes	7.1	6.4	6.4	6.7	5.5	5.3	5.3	5.1	4.9	5.6	6.2	6.1		
	EMPEDRADO	Volumen real Produccion	12966.1	13581.0	12700.0	11059.7	11394.0	10322.8	9329.9	10170.0	9450.0	11019.0	54706.2	11283.0	4.0	7.5
		Caudal medio mes	5.0	5.2	4.9	4.3	4.4	4.0	3.6	3.9	3.6	4.3	21.1	4.4		
	GUALLECO	Volumen real Produccion	3240.0	3041.0	2724.0	2984.0	2437.0	1960.0	1956.0	1906.0	2292.0	2062.0	2005.3	2548.0	0.9	1.0
		Caudal medio mes	1.3	1.2	1.1	1.2	0.9	0.8	0.8	0.7	0.9	0.8	0.8	1.0		
	LINARES	Volumen real Produccion	493824.5	453119.7	395309.9	410060.6	372925.1	355554.8	334408.8	340734.9	335862.2	377392.6	385504.1	411006.0	138.2	161.8
		Caudal medio mes	190.5	174.8	152.5	158.2	143.9	137.2	129.0	131.5	129.6	145.6	148.7	158.6		
	LOS QUEÑES	Volumen real Produccion	2941.1	4640.0	4757.0	2531.2	1841.0	1930.0	1558.0	1595.0	1328.1	1556.0	1967.6	2234.0	0.7	1.2
		Caudal medio mes	1.1	1.8	1.8	1.0	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.6	0.8	0.9		
	MOLINA	Volumen real Produccion	116754.0	116828.6	104393.6	103800.2	93796.9	86731.3	83186.3	82633.3	86082.8	89521.4	94059.1	101798.0	34.5	40.1
		Caudal medio mes	45.0	45.1	40.3	40.0	36.2	33.5	32.1	31.9	33.2	34.5	36.3	39.3		
	PARRAL	Volumen real Produccion	172550.5	160028.1	135571.7	144149.5	128907.7	123617.8	119848.5	120749.8	120711.0	134764.5	133804.9	143014.4	48.7	56.6
Caudal medio mes		66.6	61.7	52.3	55.6	49.7	47.7	46.2	46.6	46.6	52.0	51.6	55.2			
PELARCO	Volumen real Produccion	12739.9	11578.0	10862.4	12249.0	9348.8	9522.8	8856.6	8908.9	9000.2	9746.0	10350.1	10817.0	3.7	4.2	
	Caudal medio mes	4.9	4.5	4.2	4.7	3.6	3.7	3.4	3.4	3.5	3.8	4.0	4.2			
PUTU	Volumen real Produccion	9477.0	8338.0	10649.2	8875.0	8879.4	6904.0	6712.0	6148.0	6375.6	7939.0	7189.0	8321.0	2.8	3.3	
	Caudal medio mes	3.7	3.2	4.1	3.4	3.4	2.7	2.6	2.4	2.5	3.1	2.8	3.2			
RAUCO	Volumen real Produccion	26260.0	25179.6	22654.8	22659.0	18743.5	17738.0	16528.2	16784.1	17101.7	19836.2	20708.0	22728.0	7.0	8.8	
	Caudal medio mes	10.1	9.7	8.7	8.7	7.2	6.8	6.4	6.5	6.6	7.7	8.0	8.8			
RETIRO	Volumen real Produccion	23577.1	20542.3	18884.6	17537.7	16872.4	15699.4	16414.4	15861.1	16126.4	18777.0	17647.4	21162.0	6.3	7.8	
	Caudal medio mes	9.1	7.9	7.3	6.8	6.5	6.1	6.3	6.1	6.2	7.2	6.8	8.2			
SAN CLEMENTE	Volumen real Produccion	98009.5	94392.9	83680.2	86865.5	75223.6	68386.0	67246.9	67220.6	67353.4	75977.7	76989.3	87682.0	27.8	33.2	
	Caudal medio mes	37.8	36.4	32.3	33.5	29.0	26.4	25.9	26.0	26.0	29.3	29.7	33.8			
SAN JAVIER	Volumen real Produccion	139434.7	127699.6	114369.2	120037.8	103420.1	97795.9	93102.9	95131.9	99123.8	111830.9	113494.1	121202.4	39.1	46.8	
	Caudal medio mes	53.8	49.3	44.1	46.3	39.9	37.7	35.9	36.7	38.2	43.1	43.8	46.8			
TENÓ	Volumen real Produccion	53242.0	53555.0	44994.3	46895.5	37027.6	36913.6	34573.2	33826.0	36584.8	40294.7	39649.3	48316.0	14.5	18.0	
	Caudal medio mes	20.5	20.7	17.4	18.1	14.3	14.2	13.3	13.1	14.1	15.5	15.3	18.6			
VILLA ALEGRE	Volumen real Produccion	45271.2	46547.4	45057.2	41289.2	37172.8	34519.8	33520.6	34548.0	34004.8	38196.7	35284.8	41059.0	13.8	16.2	
	Caudal medio mes	17.5	18.0	17.4	15.9	14.3	13.3	12.9	13.3	13.1	14.7	13.6	15.8			
YERBAS BUENAS	Volumen real Produccion	15547.0	14881.0	13050.0	13041.1	11051.3	10158.0	9931.0	10541.0	10472.0	10934.1	11056.0	12037.0	4.2	5.0	
	Caudal medio mes	6.0	5.7	5.0	5.0	4.3	3.9	3.8	4.1	4.0	4.2	4.3	4.6			

**Tabla A.6: “Parámetros de producción de agua potable, VI Región”**

AÑO	LOCALIDAD	PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	CAUDAL PROMEDIO INV (l/s)	CAUDAL PROMEDIO VER (l/s)
2012	CHIMBARONGO	Volumen real producción	92969.1	83518.8	76179.8	83629.4	66677.2	64257.6	60230.8	59718.1	61491.6	69798.0	75051.4	79025.1	25.5	30.6
		Caudal Medio Mensual	35.9	32.2	29.4	32.3	25.7	24.8	23.2	23.0	23.7	26.9	29.0	30.5		
	COINCO	Volumen real producción	15412.0	17351.0	14254.0	13073.1	11695.6	10871.0	9401.6	8839.2	10118.8	12643.0	10339.0	14552.0	4.1	5.4
		Caudal Medio Mensual	5.9	6.7	5.5	5.0	4.5	4.2	3.6	3.4	3.9	4.9	4.0	5.6		
	COLTAUCO	Volumen real producción	42094.2	37715.7	37097.9	37864.9	31943.6	28595.5	29174.2	28539.5	29347.4	34584.0	35012.2	39333.0	11.9	14.5
		Caudal Medio Mensual	16.2	14.6	14.3	14.6	12.3	11.0	11.3	11.0	11.3	13.3	13.5	15.2		
	MALLOA	Volumen real producción	12428.0	12611.7	11199.3	11923.0	10140.0	9177.1	8177.0	8866.0	9044.0	10484.0	9615.5	12321.0	3.7	4.4
		Caudal Medio Mensual	4.8	4.9	4.3	4.6	3.9	3.5	3.2	3.4	3.5	4.0	3.7	4.8		
	NANCAGUA	Volumen real producción	40425.0	38007.7	34924.4	32681.4	31394.1	28173.0	27787.8	24910.5	25675.2	29622.8	31230.2	33083.0	11.0	13.3
		Caudal Medio Mensual	15.6	14.7	13.5	12.6	12.1	10.9	10.7	9.6	9.9	11.4	12.0	12.8		
	PEUMO	Volumen real producción	57505.6	57435.2	52738.9	53779.0	42973.7	39495.3	38138.7	39103.7	41799.5	43831.9	45366.9	48024.0	16.4	19.6
		Caudal Medio Mensual	22.2	22.2	20.3	20.7	16.6	15.2	14.7	15.1	16.1	16.9	17.5	18.5		
	RENGO	Volumen real producción	243424.1	214089.0	198824.9	214327.7	177261.4	162056.2	151225.2	155606.6	162031.2	177330.5	177466.0	202978.0	65.7	78.1
		Caudal Medio Mensual	93.9	82.6	76.7	82.7	68.4	62.5	58.3	60.0	62.5	68.4	68.5	78.3		
	REQUINOA	Volumen real producción	60777.0	59792.5	50540.6	55362.5	47619.3	45031.5	42751.1	42672.8	43010.5	47340.6	48120.8	53444.0	17.8	20.6
		Caudal Medio Mensual	23.4	23.1	19.5	21.4	18.4	17.4	16.5	16.5	16.6	18.3	18.6	20.6		
	SAN FERNANDO	Volumen real producción	365602.8	334956.8	311052.3	326668.6	279715.7	256499.3	243837.3	235409.6	255448.8	284361.0	276740.0	311860.0	102.7	121.2
		Caudal Medio Mensual	141.1	129.2	120.0	126.0	107.9	99.0	94.1	90.8	98.6	109.7	106.8	120.3		
SAN FRANCISCO	Volumen real producción	73412.6	73257.6	66340.4	77363.4	62733.0	61412.5	58903.4	58606.1	59699.1	65503.3	60695.2	71258.7	24.4	26.4	
	Caudal Medio Mensual	28.3	28.3	25.6	29.8	24.2	23.7	22.7	22.6	23.0	25.3	23.4	27.5			
SAN VICENTE	Volumen real producción	130790.8	116677.3	111623.7	120423.6	100459.9	96137.9	93702.2	91364.5	93126.8	104264.0	102035.6	111991.2	38.3	43.6	
	Caudal Medio Mensual	50.5	45.0	43.1	46.5	38.8	37.1	36.2	35.2	35.9	40.2	39.4	43.2			
SANTA CRUZ	Volumen real producción	156056.2	141712.4	131638.3	132302.8	124989.2	116643.4	114425.5	118958.1	119394.5	133567.3	125713.2	135605.0	46.7	53.0	
	Caudal Medio Mensual	60.2	54.7	50.8	51.0	48.2	45.0	44.1	45.9	46.1	51.5	48.5	52.3			

**Tabla A.7:** “Comparación caudal de producción v/s caudal de llegada a las P.T.A.S. VIII Región”

REGIÓN	LOCALIDAD	CAUDAL PRODUCCIÓN (l/s)		CAUDAL LLEGADA (l/s)		INV	VER	COEF INV	COEF VER
		Qmed INV	Qmed VER	Qmed INV	Qmed VER				
VIII	ARAUCO	27.6	29.5	40.61	33.72	error	error	1.47	1.14
VIII	BULNES	22.6	22.6	16.56	15.76	ok	ok	0.73	0.70
VIII	CABRERO	23.6	27.1	34.43	32.32	error	error	1.46	1.19
VIII	CAÑETE	30.2	35.0	41.02	35.2	error	error	1.36	1.00
VIII	COELEMU	15.0	18.1	19.56	19.86	error	error	1.31	1.10
VIII	COIHUECO	12.8	15.5	16.92	20.06	error	error	1.32	1.30
VIII	CONTULMO	4.5	5.4	7.34	6.19	error	error	1.63	1.14
VIII	DICHATO	7.4	12.1	7.62	9.56	error	ok	1.03	0.79
VIII	HUALQUI	23.3	27.4	23.98	24.32	error	ok	1.03	0.89
VIII	HUÉPIL	11.8	14.2	16.93	19.58	error	error	1.44	1.38
VIII	LAJA	27.0	31.5	56.04	46.24	error	error	2.07	1.47
VIII	LOS ÁLAMOS	20.9	23.4	30.85	21.1	error	ok	1.47	0.90
VIII	MONTEÁGUILA	8.7	10.9	9.03	8.34	error	ok	1.04	0.77
VIII	MULCHÉN	32.7	38.1	42.3	39.31	error	error	1.29	1.03
VIII	NACIMIENTO	42.5	48.6	38.9	37.48	ok	ok	0.92	0.77
VIII	ÑIPAS	3.7	4.9	2.32	2.61	ok	ok	0.62	0.53
VIII	PEMUCO	5.4	6.7	17.46	15.45	error	error	3.24	2.31
VIII	PINTO	4.5	5.3	7.64	6.93	error	error	1.71	1.30
VIII	QUILACO	2.5	3.1	2.6	2.67	error	ok	1.03	0.86
VIII	QUILLECO	3.3	3.9	5.63	3.39	error	ok	1.69	0.88
VIII	QUILLÓN	13.9	18.1	9.22	10.23	ok	ok	0.66	0.57
VIII	QUIRIHUE	13.7	16.9	18.41	14.95	error	ok	1.34	0.88
VIII	SAN CARLOS	60.1	65.9	89.96	87.06	error	error	1.50	1.32
VIII	SAN IGNACIO	3.6	6.1	6.53	7.43	error	error	1.81	1.22
VIII	SANTA BÁRBARA	12.8	15.0	13.76	13.54	error	ok	1.07	0.90
VIII	SANTA CLARA	3.5	4.4	6.01	4.19	error	ok	1.73	0.94
VIII	SANTA JUANA	13.5	17.2	11.07	11.26	ok	ok	0.82	0.65
VIII	YUMBEL	19.3	23.8	18.72	19.74	ok	ok	0.97	0.83
VIII	YUNGAY	18.1	20.9	16.07	13.74	ok	ok	0.89	0.66

**Tabla A.8:** “Comparación caudal de producción v/s caudal de llegada a las P.T.A.S. VII Región”

REGIÓN	LOCALIDAD	CAUDAL PRODUCCIÓN (l/s)		CAUDAL LLEGADA (l/s)		INV	VER	COEF INV	COEF VER
		Qmed INV	Qmed VER	Qmed INV	Qmed VER				
VII	CAUQUENES	61.8	74.3	94.11	91.58	error	error	1.52	1.23
VII	CONSTITUCION	49.0	53.0	74.11	64.05	error	error	1.51	1.21
VII	CURANIPE	2.4	3.6	8.48	8.14	error	error	3.52	2.23
VII	CUREPTO	5.5	6.3	5.56	5.05	error	ok	1.02	0.80
VII	EMPEDRADO	4.0	7.5	5.77	5.56	error	ok	1.45	0.74
VII	GUALLECO	0.9	1.0	0.54	0.33	ok	ok	0.62	0.33
VII	LINARES	138.2	161.8	648.93	664.97	error	error	4.70	4.11
VII	LOS QUEÑES	0.7	1.2	0.4	0.37	ok	ok	0.58	0.32
VII	MOLINA	34.5	40.1	244.84	300.95	error	error	7.10	7.51
VII	PARRAL	48.7	56.6	69.03	67.86	error	error	1.42	1.20
VII	PELARCO	3.7	4.2	4.64	4.84	error	error	1.25	1.14
VII	PUTU	2.8	3.3	2.39	2.03	ok	ok	0.85	0.61
VII	RAUCO	7.0	8.8	12.69	10.84	error	error	1.80	1.23
VII	SAN CLEMENTE	27.8	33.2	27.79	32.1	ok	ok	1.00	0.97
VII	SAN JAVIER	39.1	46.8	59.43	64.36	error	error	1.52	1.37
VII	TENO	14.5	18.0	24.87	25.13	error	error	1.71	1.40
VII	VILLA ALEGRE	13.8	16.2	23.82	29.03	error	error	1.72	1.80

**Tabla A.9:** “Comparación caudal de producción v/s caudal de llegada a las P.T.A.S. VI Región”

REGIÓN	LOCALIDAD	CAUDAL PRODUCCIÓN (l/s)		CAUDAL LLEGADA (l/s)		INV	VER	COEF INV	COEF VER
		Qmed INV	Qmed VER	Qmed INV	Qmed VER				
VI	CHIMBARONGO	25.46	30.64	24.07	26.78	ok	ok	0.95	0.87
VI	NANCAGUA	10.97	13.33	14.6	18.92	error	error	1.33	1.42
VI	RENGO	65.75	78.07	98	109.4	error	error	1.49	1.40
VI	REQUINOA	17.78	20.58	16.5	17.02	ok	ok	0.93	0.83
VI	SAN FERNANDO	102.73	121.18	129.55	142.4	error	error	1.26	1.18
VI	SAN FRANCISCO	24.35	26.39	62.99	59.61	error	error	2.59	2.26
VI	SAN VICENTE	38.27	43.56	65.7	64.78	error	error	1.72	1.49
VI	SANTA CRUZ	46.73	53.00	56.47	68.07	error	error	1.21	1.28

**Tabla A.10: “Cálculo del coeficiente de mayoración de llegada promedio invierno y verano VIII Región”**

LOCALIDAD	POBLACIÓN (Mhab)	REGIÓN	COEFICIENTE DE MAYORACIÓN OPERACIONAL MENSUAL (ELAB. PROPIA)														HARMON
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO INVIERNO	PROMEDIO VERANO	
Arauco	28.4	VIII	2.49	2.10	2.16	2.33	1.96	1.98	1.74	1.66	2.01	2.16	2.30	2.15	1.95	2.23	2.50
Bulnes	18.2	VIII	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.57	1.59	1.60	1.60	1.60	1.59	1.60	2.69
Cabrero	15.0	VIII	2.14	2.29	2.14	2.22	2.13	1.81	1.80	1.67	1.70	1.77	1.74	1.85	1.89	1.99	2.78
Cañete	24.0	VIII	3.48	3.15	3.26	3.33	3.25	2.21	2.77	2.45	2.90	2.96	3.17	3.01	2.82	3.17	2.57
Coelemu	10.1	VIII	2.10	2.22	2.30	2.26	2.48	2.11	2.33	2.05	2.19	2.12	2.14	2.27	2.24	2.19	2.95
Coihueco	10.5	VIII	1.65	1.61	1.85	1.98	2.50	2.02	2.05	1.98	2.05	2.00	1.94	1.85	2.10	1.82	2.93
Contulmo	3.0	VIII	2.12	2.10	2.28	2.48	2.42	1.68	1.33	1.45	1.63	1.82	1.83	1.84	1.83	2.00	3.44
Dichato	17.2	VIII	2.09	1.68	2.75	3.00	3.42	2.55	3.29	3.12	3.14	2.82	3.01	2.85	3.09	2.53	2.72
Hualqui	19.2	VIII	2.68	2.54	2.56	2.55	2.71	2.39	2.52	2.51	2.63	2.44	2.35	2.33	2.55	2.48	2.67
Huepil	8.3	VIII	2.23	1.79	1.55	1.51	1.70	1.55	1.55	1.45	1.50	1.50	1.50	1.52	1.54	1.68	3.04
Laja	23.7	VIII	1.60	1.57	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.58	1.60	1.56	1.60	1.59	2.58
Los Alamos	11.4	VIII	2.78	2.81	2.65	2.79	2.27	1.28	1.79	1.43	1.94	2.14	2.46	2.34	1.92	2.53	2.90
MonteagUILa	6.5	VIII	3.20	3.78	3.30	3.62	3.38	2.75	2.67	2.65	2.84	3.28	2.88	3.00	2.98	3.24	3.14
Mulchen	25.1	VIII	1.47	1.50	1.50	1.50	1.50	1.47	1.47	1.47	1.49	1.50	1.50	1.51	1.49	1.50	2.55
Nacimiento	23.6	VIII	1.20	1.21	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	2.58
Ñipas	1.7	VIII	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.02	1.00	1.00	1.00	1.60	1.60	1.60	1.00	1.30	3.64
Pemuco	3.9	VIII	1.49	1.49	1.49	1.38	1.40	1.47	1.50	1.50	1.49	1.50	1.50	1.50	1.46	1.49	3.34
Pinto	5.4	VIII	1.19	1.20	1.20	1.29	1.30	1.30	1.30	1.30	1.36	1.29	1.30	1.30	1.31	1.25	3.22
Quilaco	2.1	VIII	1.60	1.60	1.60	1.59	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.59	1.60	1.60	3.57
Quilleco	2.1	VIII	2.04	1.50	1.52	1.60	1.56	1.61	1.60	1.57	1.60	1.60	1.60	1.60	1.59	1.64	3.57
Quillon	5.5	VIII	1.60	1.59	1.60	1.61	1.59	1.60	1.60	1.59	1.64	1.58	1.60	1.59	1.61	1.59	3.21
Quirihue	9.6	VIII	3.27	2.85	3.13	3.36	2.97	2.02	2.47	2.04	2.69	2.93	2.56	2.96	2.59	2.95	2.97
San Carlos	38.9	VIII	1.40	1.44	1.45	1.45	1.35	1.29	1.36	1.27	1.47	1.39	1.40	1.37	1.36	1.41	2.37
San Ignacio	3.1	VIII	1.50	1.48	1.49	1.50	1.50	1.49	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.49	1.50	1.49	3.43
Santa Barbara	13.4	VIII	1.60	1.61	1.61	1.61	1.59	1.60	1.58	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.59	1.60	2.83
Santa Clara	2.6	VIII	1.55	1.49	1.50	1.48	1.50	1.50	1.49	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	3.50
Santa Juana	10.7	VIII	2.24	2.28	2.41	2.21	2.83	2.82	2.55	2.60	2.45	2.35	2.33	2.34	2.58	2.32	2.92
Yumbel	13.0	VIII	1.50	1.50	1.50	1.50	1.51	1.60	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.52	1.50	2.84
Yungay	9.3	VIII	1.49	1.49	1.50	1.50	1.75	2.64	3.14	2.80	2.56	3.05	3.32	3.63	2.40	2.41	2.99



**Tabla A.11: “Cálculo del coeficiente de mayoración de llegada promedio invierno y verano VII y VI Región”**

LOCALIDAD	POBLACIÓN (Mhab)	REGIÓN	COEFICIENTE DE MAYORACIÓN OPERACIONAL MENSUAL (ELAB. PROPIA)													PROMEDIO INVIERNO	PROMEDIO VERANO	HARMON
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC				
Cauquenes	43.5	VII	1.77	1.65	1.73	1.70	1.48	1.39	1.57	1.62	1.36	1.33	1.25	1.31	1.52	1.51	2.32	
Constitucion	4.2	VII	1.60	1.61	1.60	1.59	1.57	1.60	1.62	1.60	1.60	1.59	1.60	1.60	1.60	1.60	3.32	
Curanipe	5.2	VII	1.55	1.56	1.59	1.59	1.60	1.69	1.56	1.60	1.63	1.69	1.18	0.99	1.61	1.43	3.23	
Curepto	3.4	VII	3.79	3.83	3.87	3.85	3.73	3.93	4.12	3.82	1.60	1.60	1.60	1.60	3.51	2.72	3.39	
Empedrado	2.4	VII	1.58	1.59	1.60	1.59	1.59	1.63	1.59	1.60	1.61	1.59	1.59	1.59	1.60	1.59	3.52	
Linares	79.6	VII	1.36	1.30	1.33	1.33	1.32	1.39	1.36	1.49	1.34	1.43	1.44	1.35	1.37	1.37	2.08	
Molina	41.7	VII	1.06	1.09	1.03	1.09	1.03	1.01	1.00	1.03	1.02	1.06	0.98	1.00	1.03	1.04	2.34	
Parral	32.3	VII	1.55	1.53	1.58	1.47	1.55	1.49	1.52	1.57	1.46	1.46	1.50	1.63	1.51	1.54	2.45	
Pelarco	2.1	VII	1.01	0.99	0.94	0.93	1.05	1.60	1.60	1.59	1.60	1.60	1.60	1.57	1.40	1.29	3.57	
Putu	2.9	VII	1.58	1.62	1.59	1.60	1.54	1.61	1.59	1.60	1.60	1.60	1.58	1.60	1.59	1.59	3.46	
Rauco	4.0	VII	3.45	3.31	3.98	4.69	3.67	2.33	2.82	2.24	2.72	1.83	1.87	1.79	3.08	2.70	3.33	
San Clemente	37.3	VII	0.97	0.99	1.10	1.10	1.18	1.77	2.26	2.05	1.96	1.75	1.87	1.60	1.72	1.38	2.39	
San Javier	28.6	VII	1.30	1.51	1.51	1.62	1.67	1.37	1.59	1.69	1.73	1.59	1.54	1.51	1.61	1.49	2.50	
Teno	9.3	VII	1.21	1.23	1.30	1.27	1.32	1.18	1.20	1.18	1.17	1.16	1.28	1.27	1.22	1.24	2.99	
Villa Alegre	8.8	VII	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.60	1.60	1.60	1.60	1.10	1.30	3.01	
Chimbarongo	15.5	VI	1.50	1.50	1.50	1.49	1.60	1.50	1.50	1.60	1.60	1.60	1.60	1.59	1.55	1.55	2.76	
Nancagua	8.6	VI	1.39	1.50	1.50	1.45	1.50	1.50	1.50	1.60	1.60	1.60	1.63	1.60	1.53	1.54	3.02	
Rengo	54.3	VI	1.60	1.60	1.60	1.60	1.59	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	2.23	
Requinoa	10.0	VI	1.64	1.71	1.60	1.72	1.76	2.01	1.62	1.75	1.73	1.78	1.80	1.87	1.77	1.73	2.95	
San Fernando	67.3	VI	1.50	1.70	1.50	1.60	1.64	1.56	1.62	1.60	1.60	1.59	1.59	1.58	1.60	1.58	2.15	
San Francisco	28.8	VI	1.54	1.54	1.54	1.59	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.57	2.50	
San Vicente	18.8	VI	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.62	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	2.68	
Santa Cruz	32.4	VI	1.50	1.50	1.50	1.51	1.50	1.50	1.55	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.54	1.55	2.44	

**Tabla A.12:** “Variación Factores de Mayoración Operacionales en P.T.A.S. VIII Región”

REGIÓN	LOCALIDAD	POBLACIÓN (hab)	DOTACIÓN (l/hab/día)	HARMON	Qmed Diseño (l/s)	QmaxH (l/s)	COEF INV	CMMC	CDMC	FDMC	FHMC	FM	FM/H (%)
VIII	ARAUCO	28350	127.5	2.5	37.2	93.1	1.47	1.2	1.1	1.3	1.5	2.9	114.61%
VIII	BULNES	18246	142.1	2.7	26.7	71.9	0.73	1.3	1.1	1.5	1.5	1.6	60.04%
VIII	CABRERO	14999	177.8	2.8	27.5	76.3	1.46	1.2	1.1	1.3	1.5	2.9	103.15%
VIII	CAÑETE	23958	160.4	2.6	39.6	101.9	1.36	1.1	1.1	1.2	1.5	2.5	96.43%
VIII	COELEMU	10113	132.5	2.9	13.8	40.7	1.31	1.3	1.1	1.4	1.5	2.8	95.11%
VIII	COIHUECO	10473	153.2	2.9	16.5	48.5	1.32	1.3	1.1	1.4	1.5	2.8	95.28%
VIII	CONTULMO	3045	180.4	3.4	5.7	19.4	1.63	1.4	1.1	1.6	1.5	3.8	111.54%
VIII	DICHATO	17187	288.0	2.7	51.0	138.6	1.03	2.1	1.1	2.3	1.5	3.5	129.61%
VIII	HUALQUI	19194	153.2	2.7	30.3	80.9	1.03	1.2	1.1	1.4	1.5	2.1	77.97%
VIII	HUÉPIL	8259	185.5	3.0	15.8	47.9	1.44	1.3	1.1	1.5	1.5	3.1	103.72%
VIII	LAJA	23662	209.9	2.6	51.2	132.0	2.07	1.3	1.1	1.4	1.5	4.3	165.12%
VIII	LOS ÁLAMOS	11406	121.8	2.9	14.3	41.5	1.47	1.1	1.1	1.2	1.5	2.7	94.62%
VIII	MONTEÁGUILA	6488	122.4	3.1	8.2	25.7	1.04	1.3	1.1	1.4	1.5	2.2	69.37%
VIII	MULCHÉN	25067	133.2	2.6	34.4	87.9	1.29	1.2	1.1	1.3	1.5	2.6	100.26%
VIII	NACIMIENTO	23604	165.2	2.6	40.2	103.7	0.92	1.4	1.1	1.6	1.5	2.1	82.99%
VIII	ÑIPAS	1722	195.7	3.6	3.5	12.6	0.62	1.4	1.1	1.5	1.5	1.4	39.42%
VIII	PEMUCO	3899	115.7	3.3	4.6	15.5	3.24	1.3	1.1	1.4	1.5	6.9	206.69%
VIII	PINTO	5383	157.8	3.2	8.7	28.1	1.71	1.4	1.1	1.6	1.5	4.0	125.52%
VIII	QUILACO	2093	137.0	3.6	3.0	10.5	1.03	1.3	1.1	1.5	1.5	2.2	62.82%
VIII	QUILLECO	2110	149.9	3.6	3.3	11.6	1.69	1.8	1.1	2.0	1.5	5.0	141.32%
VIII	QUILLÓN	5460	200.5	3.2	11.3	36.2	0.66	1.4	1.1	1.5	1.5	1.5	47.67%
VIII	QUIRIHUE	9577	149.6	3.0	14.8	43.9	1.34	1.3	1.1	1.4	1.5	2.8	93.91%
VIII	SAN CARLOS	38923	148.3	2.4	59.5	140.8	1.50	1.2	1.1	1.3	1.5	3.0	127.09%
VIII	SAN IGNACIO	3095	110.1	3.4	3.5	12.0	1.81	1.3	1.1	1.5	1.5	4.0	115.39%
VIII	SANTA BÁRBARA	13364	167.2	2.8	23.0	65.1	1.07	1.3	1.1	1.4	1.5	2.2	77.86%
VIII	SANTA CLARA	2566	145.0	3.5	3.8	13.4	1.73	1.3	1.1	1.4	1.5	3.7	106.96%
VIII	SANTA JUANA	10748	152.0	2.9	16.8	49.2	0.82	1.3	1.1	1.4	1.5	1.7	58.60%
VIII	YUMBEL	12975	154.0	2.8	20.6	58.5	0.97	1.3	1.1	1.4	1.5	2.1	73.72%
VIII	YUNGAY	9288	282.6	3.0	27.0	80.8	0.89	1.2	1.1	1.4	1.5	1.8	60.62%

**Tabla A.13:** “Variación Factores de Mayoración Operacionales en P.T.A.S. VI y VII Región”

REGIÓN	LOCALIDAD	POBLACIÓN (hab)	DOTACIÓN (l/hab/día)	HARMON	Qmed Diseño (l/s)	QmaxH (l/s)	COEF INV	CMMC	CDMC	FDMC	FHMC	FM	FM/H (%)
VII	CAUQUENES	43537	173.7	2.3	77.9	180.8	1.52	1.3	1.1	1.4	1.5	3.3	141.71%
VII	CONSTITUCION	4174	142.8	3.3	6.1	20.4	1.51	1.2	1.1	1.3	1.5	2.9	86.89%
VII	CURANIPE	5186	248.3	3.2	13.3	42.8	3.52	2.6	1.1	2.8	1.5	14.8	458.96%
VII	CUREPTO	3413	147.6	3.4	5.2	17.6	1.02	1.2	1.1	1.3	1.5	2.0	59.43%
VII	EMPEDRADO	2428	206.1	3.5	5.2	18.1	1.45	1.4	1.1	1.5	1.5	3.3	93.58%
VII	LINARES	79600	197.9	2.1	162.3	338.0	4.70	1.2	1.1	1.3	1.5	9.2	439.43%
VII	MOLINA	41729	157.2	2.3	67.6	158.0	7.10	1.2	1.1	1.4	1.5	14.5	619.47%
VII	PARRAL	32332	163.2	2.4	54.4	132.9	1.42	1.2	1.1	1.4	1.5	2.9	117.29%
VII	PELARCO	2074	174.9	3.6	3.7	13.4	1.25	1.3	1.1	1.5	1.5	2.7	75.88%
VII	PUTU	2853	155.2	3.5	4.6	15.8	0.85	1.4	1.1	1.6	1.5	2.0	57.62%
VII	RAUCO	4048	188.1	3.3	7.8	26.1	1.80	1.4	1.1	1.5	1.5	4.1	122.58%
VII	SAN CLEMENTE	37261	205.7	2.4	78.9	188.3	1.00	1.2	1.1	1.4	1.5	2.0	85.49%
VII	SAN JAVIER	28553	163.6	2.5	48.1	120.2	1.52	1.2	1.1	1.4	1.5	3.1	123.09%
VII	TENO	9251	185.2	3.0	17.6	52.7	1.71	1.3	1.1	1.4	1.5	3.5	117.79%
VII	VILLA ALEGRE	8796	160.5	3.0	14.5	43.8	1.72	1.4	1.1	1.5	1.5	4.0	132.21%
VI	CHIMBARONGO	15524	173.9	2.8	27.8	76.8	0.95	1.2	1.1	1.4	1.5	1.9	69.27%
VI	NANCAGUA	8585	143.6	3.0	12.7	38.3	1.33	1.3	1.1	1.4	1.5	2.8	92.53%
VI	RENGO	54340	166.8	2.2	93.4	208.4	1.49	1.2	1.1	1.4	1.5	3.0	135.28%
VI	REQUINOA	10015	189.6	3.0	19.6	57.8	0.93	1.3	1.1	1.4	1.5	1.9	65.04%
VI	SAN FERNANDO	67251	175.5	2.1	121.6	261.1	1.26	1.2	1.1	1.3	1.5	2.5	116.28%
VI	SAN FRANCISCO	28777	179.8	2.5	53.3	133.0	2.59	1.3	1.1	1.4	1.5	5.4	214.60%
VI	SAN VICENTE	18848	197.8	2.7	38.4	102.9	1.72	1.2	1.1	1.3	1.5	3.4	125.94%
VI	SANTA CRUZ	32387	198.7	2.4	66.3	162.0	1.21	1.2	1.1	1.3	1.5	2.3	94.17%

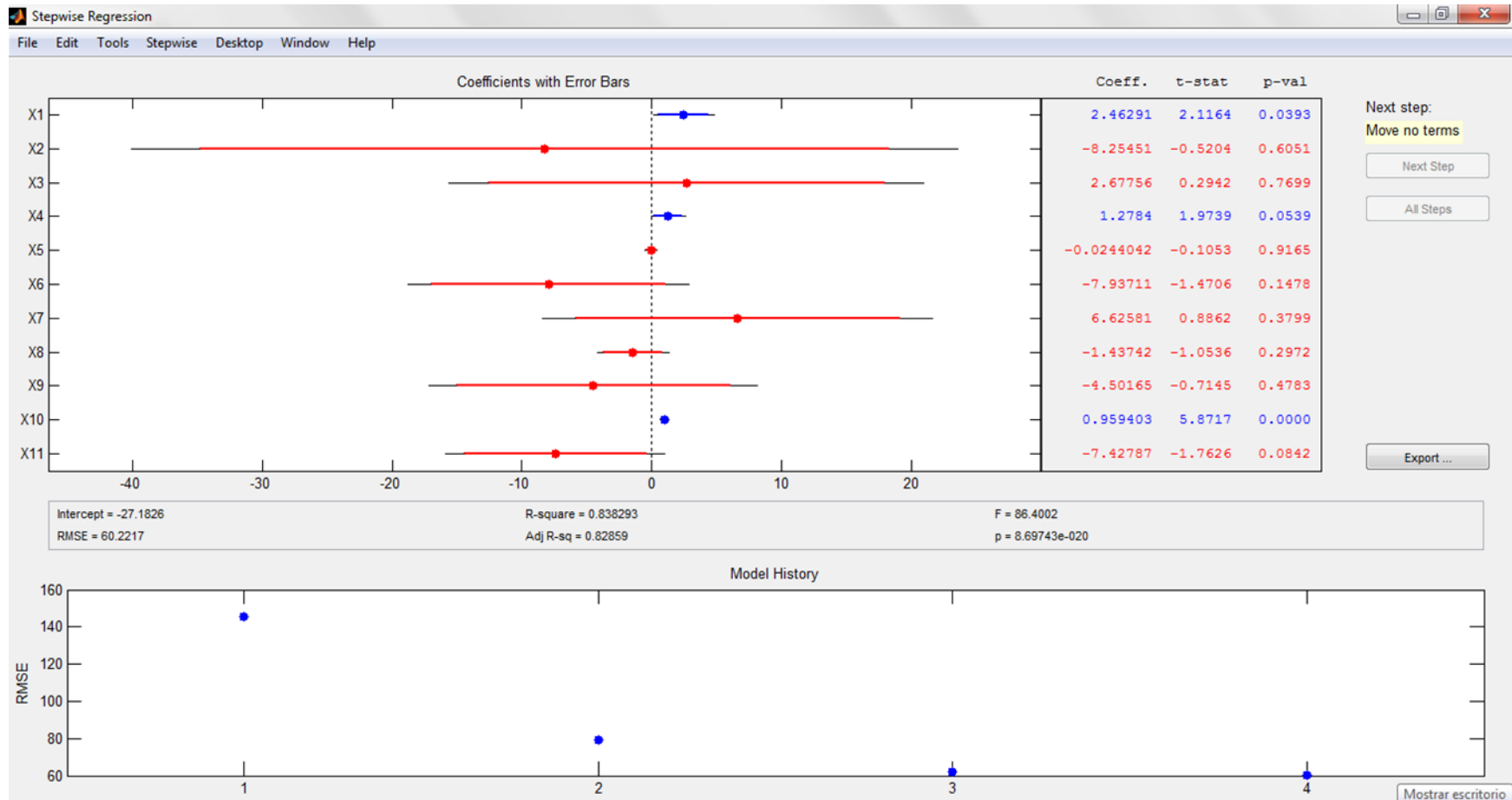
**Tabla A.14:** “Parámetros de entrada al modelo de Regresión Stepwise localidades VIII Región”

Región	Localidad	Población diseño (Mhab)	Hclave (m)	Área Concesion (Km2)	Longitud Tubería (Km)	Dotacion (l/hab/día)	Nro PEAS	Área cuenca PEAS (Km2)	Perimetro (km)	KC	% Napa (Qmed diseño)	Densidad Habitacional (Mhab/Km2)
VIII	ARAUCO	28.4	2.7	3.6	42.1	127.5	5.0	2.8	23.9	4.0	15.7	7.8
VIII	BULNES	18.2	2.5	3.6	31.8	142.1	2.0	2.2	13.4	2.6	0.0	5.1
VIII	CABRERO	15.0	2.5	4.1	37.8	177.8	0.0	2.2	10.2	2.0	11.8	3.7
VIII	CAÑETE	24.0	2.5	3.4	48.1	160.4	3.0	3.1	17.7	2.8	29.7	7.0
VIII	COLEMU	10.1	2.5	1.7	21.4	132.5	4.0	1.5	12.6	2.9	4.2	5.8
VIII	COIHUECO	10.5	2.5	2.3	21.3	153.2	2.0	2.0	11.2	2.2	0.0	4.6
VIII	CONTULMO	3.0	2.5	1.3	10.9	180.4	1.0	2.2	9.4	1.8	1.0	2.4
VIII	DICHATO	17.2	2.5	2.8	15.7	288.0	1.0	1.2	13.2	3.4	5.3	6.2
VIII	HUALQUI	19.2	2.5	2.2	36.2	153.2	4.0	2.1	15.7	3.0	0.0	8.9
VIII	HUÉPIL	8.3	2.5	2.4	27.9	185.5	2.0	2.1	7.9	1.5	17.8	3.4
VIII	LAJA	23.7	2.3	2.9	43.8	209.9	2.0	2.9	12.5	2.1	0.0	8.3
VIII	LOS ÁLAMOS	11.4	2.5	4.6	25.4	121.8	3.0	1.4	28.0	6.7	9.9	2.5
VIII	MONTEÁGUILA	6.5	2.5	2.3	26.1	122.4	0.0	2.0	9.0	1.8	8.9	2.9
VIII	MULCHÉN	25.1	2.5	4.0	63.1	133.2	2.0	3.7	18.0	2.6	9.0	6.3
VIII	NACIMIENTO	23.6	2.7	4.6	56.0	165.2	4.0	4.0	16.2	2.3	24.5	5.1
VIII	ÑIPAS	1.7	2.8	2.0	6.6	195.7	1.0	0.8	17.3	5.6	0.0	0.9
VIII	PEMUCO	3.9	2.5	1.7	17.8	115.7	1.0	1.6	6.1	1.3	1.3	2.3
VIII	PINTO	5.4	2.5	1.3	29.0	157.8	1.0	6.2	6.2	0.7	0.0	4.2
VIII	QUILACO	2.1	2.5	1.3	6.9	137.0	2.0	0.8	6.9	2.1	1.7	1.6
VIII	QUILLECO	2.1	2.5	0.6	9.1	149.9	0.0	0.9	3.8	1.2	0.6	3.5
VIII	QUILLÓN	5.5	2.0	2.8	30.5	200.5	1.0	2.8	19.9	3.4	0.9	1.9
VIII	QUIRIHUE	9.6	2.8	2.1	22.9	149.6	2.0	1.6	11.3	2.5	15.7	4.7
VIII	SAN CARLOS	38.9	2.5	4.9	74.9	148.3	2.0	6.6	17.4	1.9	28.0	7.9
VIII	SAN IGNACIO	3.1	2.6	1.7	18.6	110.1	1.0	2.0	8.7	1.7	2.3	1.9
VIII	SANTA BÁRBARA	13.4	2.5	1.5	22.8	167.2	2.0	1.5	6.9	1.6	5.7	8.9
VIII	SANTA CLARA	2.6	3.0	1.9	8.7	145.0	1.0	0.8	15.1	4.8	0.0	1.4
VIII	SANTA JUANA	10.7	2.5	1.8	25.2	152.0	2.0	1.9	7.2	1.5	12.6	6.0
VIII	YUMBEL	13.0	2.5	4.9	45.6	154.0	2.0	5.8	16.7	2.0	0.0	2.6

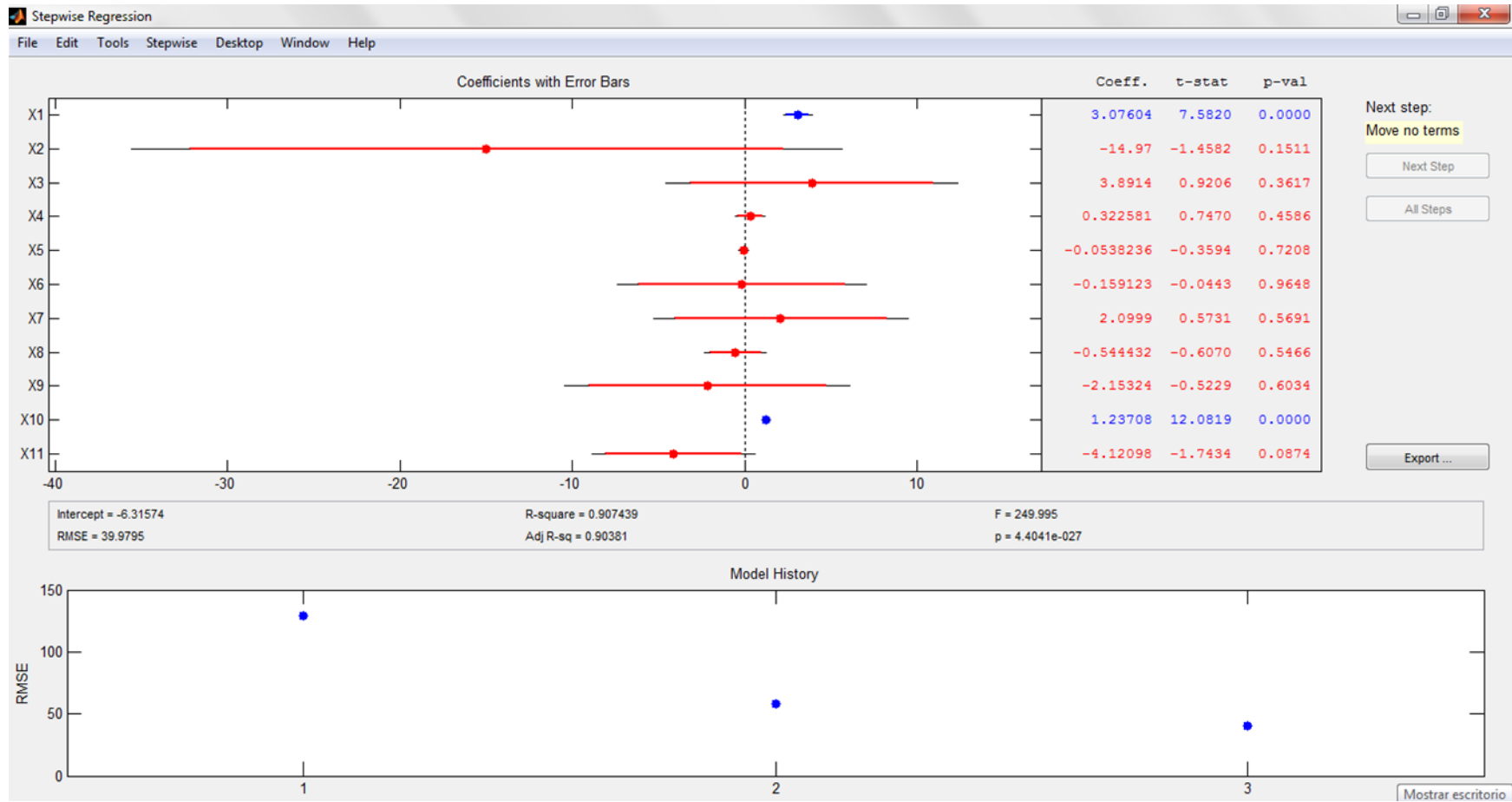
**Tabla A.15:** “Parámetros de entrada al modelo de Regresión Stepwise localidades VII y VI Región”

Región	Localidad	Población diseño (Mhab)	Hclave (m)	Área Concesion (Km2)	Longitud Tubería (Km)	Dotacion (l/hab/día)	Nro PEAS	Área cuenca PEAS (Km2)	Perimetro (km)	KC	% Napa (Qmed diseño)	Densidad Habitacional (Mhab/Km2)
VIII	YUNGAY	9.3	2.5	3.2	26.6	282.6	4.0	2.3	20.2	3.8	4.8	2.9
VII	CAUQUENES	43.5	2.2	8.6	93.6	173.7	6.0	7.1	29.7	3.1	0.0	5.1
VII	CONSTITUCIÓN	4.2	1.9	4.7	68.0	142.8	4.0	4.4	13.1	1.8	29.3	0.9
VII	CURANIPE	5.2	2.2	0.5	5.3	248.3	2.0	0.3	7.1	3.5	0.0	10.9
VII	CUREPTO	3.4	2.3	1.4	11.6	147.6	2.0	0.9	8.3	2.5	2.6	2.4
VII	EMPEDRADO	2.4	1.9	0.6	9.8	206.1	1.0	0.7	4.2	1.4	1.9	4.2
VII	GUALLECO	0.5	3.0	0.5	4.0	170.0	2.0	0.3	3.5	1.7	0.8	1.1
VII	LINARES	79.6	2.1	15.9	177.7	197.9	8.0	11.5	33.5	2.8	491.5	5.0
VII	LOS QUEÑES	0.6	2.7	0.2	3.2	254.8	3.0	0.2	4.0	2.5	0.0	3.3
VII	MOLINA	41.7	1.5	5.9	55.7	157.2	4.0	3.7	17.4	2.6	99.3	7.1
VII	PARRAL	32.3	2.7	8.9	90.9	163.2	6.0	5.7	13.7	1.6	12.8	3.6
VII	PELARCO	2.1	4.0	0.7	8.1	174.9	1.0	0.8	9.0	2.9	2.1	2.8
VII	PUTU	2.9	5.0	1.3	8.4	155.2	3.0	0.7	7.4	2.5	0.4	2.3
VII	RAUCO	4.0	1.7	1.1	17.5	188.1	2.0	3.2	20.2	3.2	4.9	3.5
VII	SAN CLEMENTE	37.3	1.8	3.5	43.5	205.7	3.0	4.1	19.3	2.7	29.1	10.5
VII	SAN JAVIER	28.6	1.8	5.2	70.2	163.6	5.0	5.1	15.1	1.9	19.7	5.5
VII	TENO	9.3	1.8	2.0	24.1	185.2	3.0	3.0	17.3	2.8	0.0	4.6
VII	VILLA ALEGRE	8.8	1.8	4.2	34.1	160.5	3.0	6.3	23.9	2.7	17.8	2.1
VI	CHIMBARONGO	15.5	3.0	5.0	35.8	173.9	1.0	3.2	36.1	5.7	7.0	3.1
VI	NANCAGUA	8.6	2.5	2.0	19.1	143.6	3.0	1.6	16.0	3.6	7.2	4.4
VI	RENGO	54.3	2.0	11.4	87.7	166.8	2.0	8.1	29.9	3.0	54.4	4.8
VI	REQUINOA	10.0	2.0	2.8	27.1	189.6	2.0	2.2	15.0	2.8	0.0	3.5
VI	SAN FERNANDO	67.3	2.3	11.4	122.8	175.5	2.0	10.8	24.0	2.1	0.0	5.9
VI	SAN FRANCISCO	28.8	2.4	2.2	28.1	179.8	4.0	1.6	11.6	2.6	34.4	13.1
VI	SAN VICENTE	18.8	1.5	5.3	50.3	197.8	6.0	3.0	27.4	4.4	8.3	3.6
VI	SANTA CRUZ	32.4	2.7	5.1	58.1	198.7	9.0	0.8	24.6	7.8	33.8	6.4

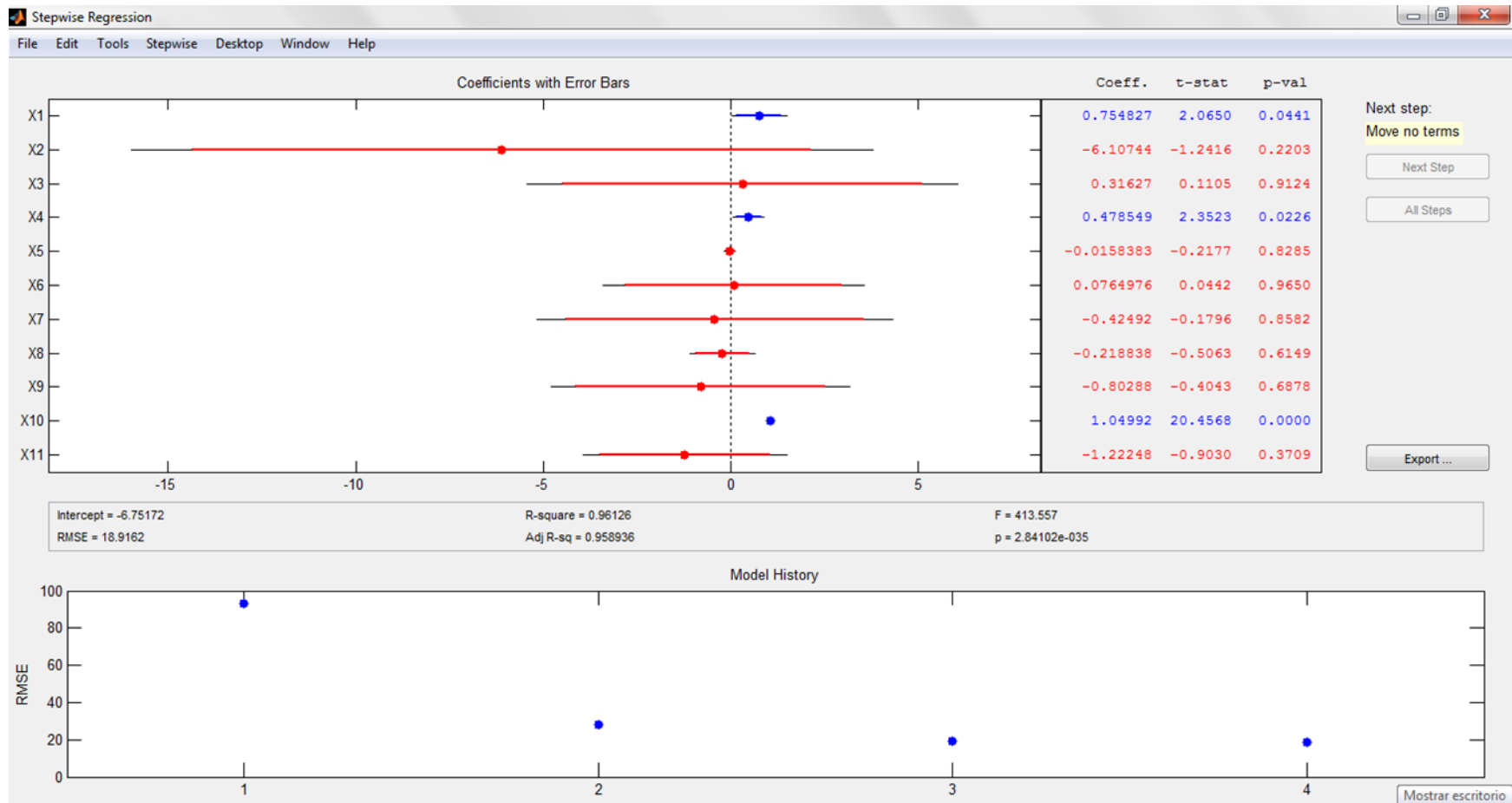
**Figura A.1:** “Resultados Modelo Regresión Stepwise para el Caudal Máximo Diario en Invierno”



**Figura A.2:** “Resultados Modelo Regresión Stepwise para el Caudal Máximo Diario en Verano”

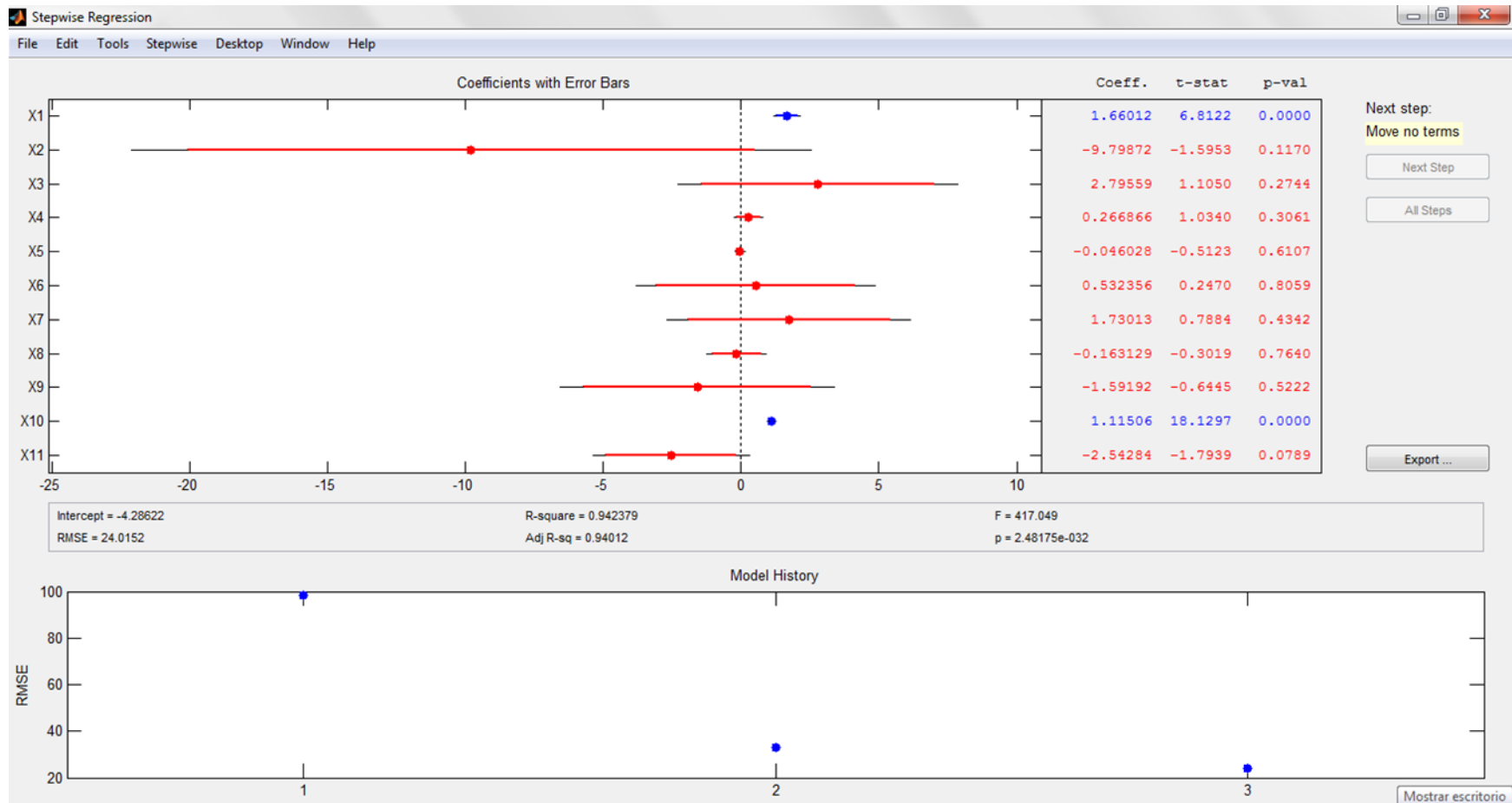


**Figura A.3:** “Resultados Modelo Regresión Stepwise para el Caudal Medio Diario en Invierno”





**Figura A.4:** “Resultados Modelo Regresión Stepwise para el Caudal Medio Diario en Verano”



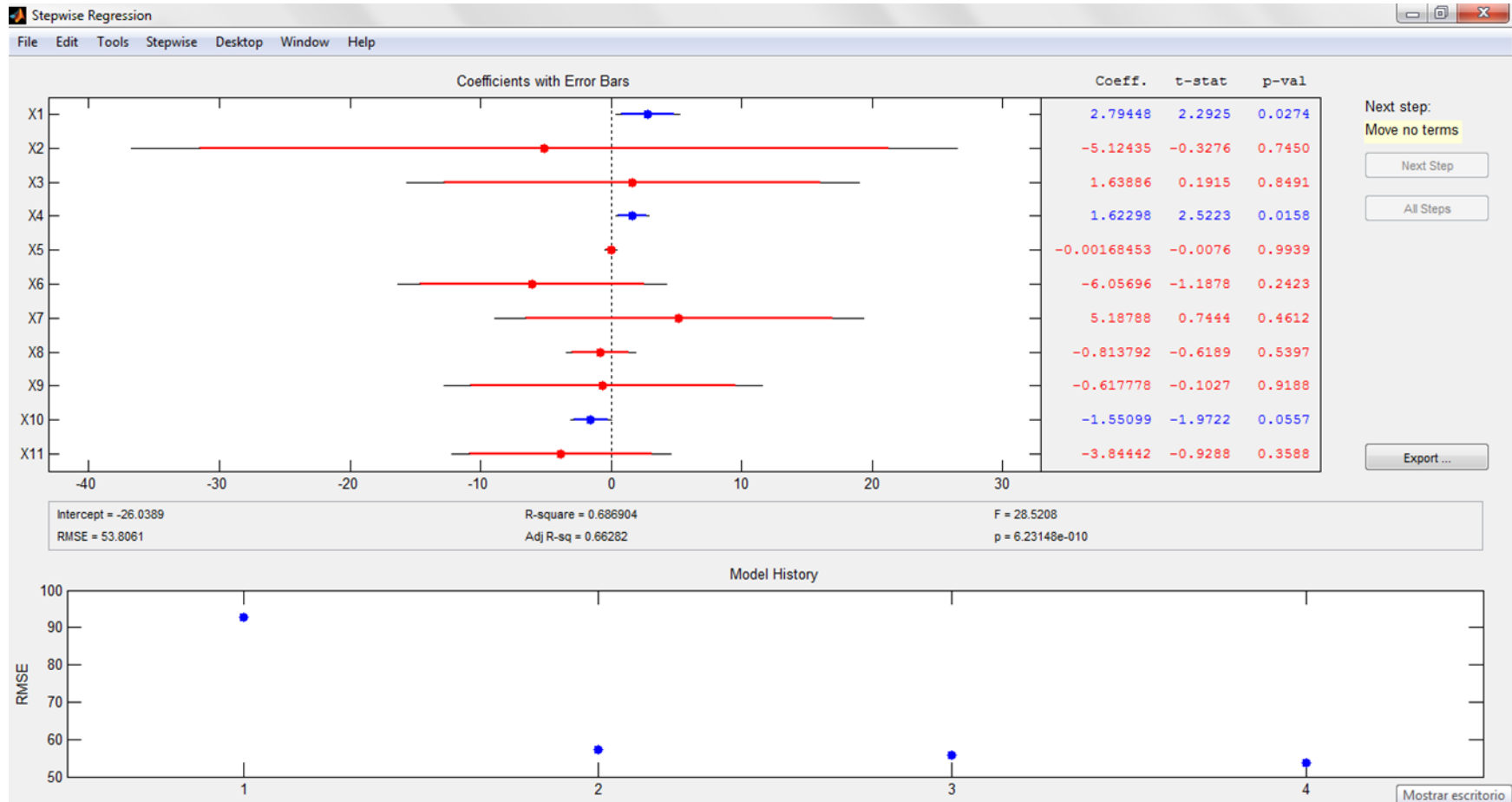
**Tabla A.16: “Resultados Regresión Stepwise y parámetros de entrada al modelo de regresión lineal”**

QmaxD llegada PTAS (l/s)	Población diseño (Mhab)	Longitud Tubería (Km)	% Napa (Qmed diseño)	QmaxD llegada PTAS (l/s)	Población diseño (Mhab)	% Napa (Qmed diseño)	QmedD llegada PTAS	Población diseño (Mhab)	Longitud Tubería (Km)	% Napa (Qmed diseño)	QmedD llegada PTAS	Población diseño (Mhab)	% Napa (Qmed diseño)
86.83	28.35	42.09	15.72	56.22	28.35	15.72	40.61	28.35	42.09	15.72	33.72	28.35	15.72
30.89	18.25	31.85	0.00	27.22	18.25	0.00	16.56	18.25	31.85	0.00	15.76	18.25	0.00
47.45	15.00	37.82	11.77	42.47	15.00	11.77	34.43	15.00	37.82	11.77	32.32	15.00	11.77
75.61	23.96	48.08	29.68	56.52	23.96	29.68	41.02	23.96	48.08	29.68	35.2	23.96	29.68
32.81	10.11	21.39	4.23	35.2	10.11	4.23	19.56	10.11	21.39	4.23	19.86	10.11	4.23
29.16	10.47	21.31	0.00	32.43	10.47	0.00	16.92	10.47	21.31	0.00	20.06	10.47	0.00
15.95	3.05	10.85	1.02	9.43	3.05	1.02	7.34	3.05	10.85	1.02	6.19	3.05	1.02
24.58	17.19	15.72	5.34	15.22	17.19	5.34	7.62	17.19	15.72	5.34	9.56	17.19	5.34
42.67	19.19	36.23	0.00	32.35	19.19	0.00	23.98	19.19	36.23	0.00	24.32	19.19	0.00
67.74	8.26	27.94	17.79	63.37	8.26	17.79	16.93	8.26	27.94	17.79	19.58	8.26	17.79
82.44	23.66	43.84	0.00	92.59	23.66	0.00	56.04	23.66	43.84	0.00	46.24	23.66	0.00
54.38	11.41	25.38	9.92	34.93	11.41	9.92	30.85	11.41	25.38	9.92	21.1	11.41	9.92
21.44	6.49	26.08	8.95	11.56	6.49	8.95	9.03	6.49	26.08	8.95	8.34	6.49	8.95
69.39	25.07	63.08	8.96	56.9	25.07	8.96	42.3	25.07	63.08	8.96	39.31	25.07	8.96
52.77	23.60	55.98	24.51	52.87	23.60	24.51	38.9	23.60	55.98	24.51	37.48	23.60	24.51
6.32	1.72	6.80	0.00	5.31	1.72	0.00	2.32	1.72	6.80	0.00	2.61	1.72	0.00
27.5	3.90	17.80	1.26	28.88	3.90	1.26	17.46	3.90	17.80	1.26	15.45	3.90	1.26
14.88	5.38	29.02	0.00	13.92	5.38	0.00	7.64	5.38	29.02	0.00	6.93	5.38	0.00
4.25	2.09	6.94	1.69	3.85	2.09	1.69	2.6	2.09	6.94	1.69	2.67	2.09	1.69
14.54	2.11	9.06	0.57	6.76	2.11	0.57	5.63	2.11	9.06	0.57	3.39	2.11	0.57
16.17	5.46	30.45	0.95	14.95	5.46	0.95	9.22	5.46	30.45	0.95	10.23	5.46	0.95
42.44	9.58	22.90	15.70	28.74	9.58	15.70	18.41	9.58	22.90	15.70	14.95	9.58	15.70
117	38.92	74.91	28.03	108.61	38.92	28.03	89.96	38.92	74.91	28.03	87.06	38.92	28.03
35.98	3.10	18.55	2.32	13.73	3.10	2.32	6.53	3.10	18.55	2.32	7.43	3.10	2.32
25.29	13.36	22.78	5.70	25.91	13.36	5.70	13.76	13.36	22.78	5.70	13.54	13.36	5.70
19.16	2.57	8.71	0.00	7.31	2.57	0.00	6.01	2.57	8.71	0.00	4.19	2.57	0.00
28.02	10.75	25.21	12.56	16.61	10.75	12.56	11.07	10.75	25.21	12.56	11.26	10.75	12.56
27.18	12.98	45.58	0.00	26.93	12.98	0.00	18.72	12.98	45.58	0.00	19.74	12.98	0.00
23.69	9.29	26.56	4.81	21.01	9.29	4.81	16.07	9.29	26.56	4.81	13.74	9.29	4.81
142.91	43.54	93.57	0.00	122.01	43.54	0.00	94.11	43.54	93.57	0.00	91.58	43.54	0.00
178.15	4.17	68.02	29.31	113.07	4.17	29.31	74.11	4.17	68.02	29.31	64.05	4.17	29.31
17.13	5.19	5.31	0.00	16.92	5.19	0.00	8.48	5.19	5.31	0.00	8.14	5.19	0.00
9.49	3.41	11.59	2.59	7.52	3.41	2.59	5.56	3.41	11.59	2.59	5.05	3.41	2.59
8.45	2.43	9.77	1.91	10.37	2.43	1.91	5.77	2.43	9.77	1.91	5.56	2.43	1.91
2.2	0.52	3.98	0.79	1.39	0.52	0.79	0.54	0.52	3.98	0.79	0.33	0.52	0.79
868.06	79.60	177.67	491.45	826.39	79.60	491.45	648.93	79.60	177.67	491.45	664.97	79.60	491.45
0.88	0.58	3.17	0.00	1.1	0.58	0.00	0.4	0.58	3.17	0.00	0.37	0.58	0.00
405.79	41.73	55.73	99.29	441.55	41.73	99.29	244.84	41.73	55.73	99.29	300.95	41.73	99.29
103.23	32.33	90.87	12.84	101.57	32.33	12.84	69.03	32.33	90.87	12.84	67.86	32.33	12.84
8.78	2.07	8.08	2.09	11.11	2.07	2.09	4.64	2.07	8.08	2.09	4.84	2.07	2.09
8.65	2.85	8.40	0.35	4.26	2.85	0.35	2.39	2.85	8.40	0.35	2.03	2.85	0.35
27.08	4.05	17.53	4.86	20.25	4.05	4.86	12.69	4.05	17.53	4.86	10.84	4.05	4.86
61.39	37.26	43.52	29.10	64.31	37.26	29.10	27.79	37.26	43.52	29.10	32.1	37.26	29.10
109.94	28.55	70.18	19.74	88.68	28.55	19.74	59.43	28.55	70.18	19.74	64.36	28.55	19.74
52.78	9.25	24.12	0.00	52.92	9.25	0.00	24.87	9.25	24.12	0.00	25.13	9.25	0.00
43.04	8.80	34.06	17.84	35.27	8.80	17.84	23.82	8.80	34.06	17.84	29.03	8.80	17.84
46.13	15.52	35.77	6.96	45.75	15.52	6.96	24.07	15.52	35.77	6.96	26.78	15.52	6.96
38.19	8.59	19.06	7.17	43.87	8.59	7.17	14.6	8.59	19.06	7.17	18.92	8.59	7.17
164.92	54.34	87.69	54.42	177.72	54.34	54.42	98	54.34	87.69	54.42	109.4	54.34	54.42
26.62	10.02	27.09	0.00	24.31	10.02	0.00	16.5	10.02	27.09	0.00	17.02	10.02	0.00
583.36	67.25	122.80	0.00	303.53	67.25	0.00	129.55	67.25	122.80	0.00	142.4	67.25	0.00
97.29	28.78	28.14	34.36	96	28.78	34.36	62.99	28.78	28.14	34.36	59.61	28.78	34.36
125.12	18.85	50.28	8.26	93.03	18.85	8.26	65.7	18.85	50.28	8.26	64.78	18.85	8.26
91.91	32.39	58.06	33.79	127.21	32.39	33.79	56.47	32.39	58.06	33.79	68.07	32.39	33.79

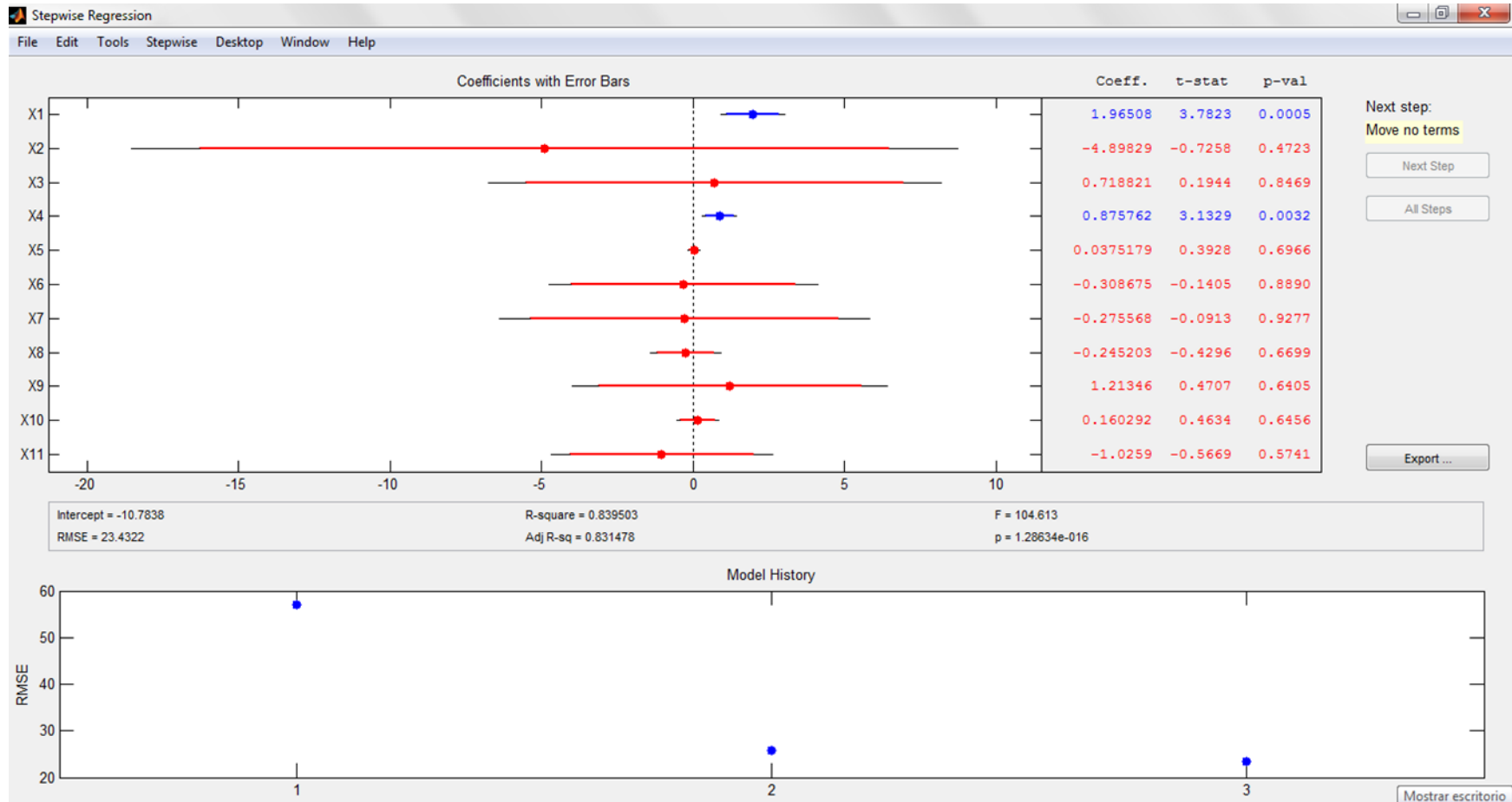
**Tabla A.17:** “Parámetros de entrada al modelo de regresión Stepwise para localidades con un porcentaje de infiltración Napa <50% en las VI, VII y VIII Región”

Región	Nombre	Población diseño (Mhab)	Hclave	Área Concesion[ Km2]	Longitud Tubería [Km]	Dotacion [L/hab/día]	Nro PEAS	Área cuenca PEAS[Km2]	Perimetro [km]	KC	% Napa (Qmed diseño)	Mhab/Km2
VIII	ARAUCO	28.35	2.70	3.64	42.09	127.51	5.00	2.82	23.91	4.01	15.72	7.80
VIII	BULNES	18.25	2.50	3.55	31.85	142.08	2.00	2.17	13.36	2.56	0.00	5.14
VIII	CABRERO	15.00	2.50	4.06	37.82	177.77	0.00	2.16	10.21	1.96	11.77	3.69
VIII	COELEMU	10.11	2.50	1.74	21.39	132.52	4.00	1.46	12.64	2.95	4.23	5.82
VIII	COIHUECO	10.47	2.50	2.29	21.31	153.16	2.00	1.96	11.15	2.25	0.00	4.57
VIII	CONTULMO	3.05	2.50	1.29	10.85	180.36	1.00	2.25	9.37	1.76	1.02	2.37
VIII	DICHATO	17.19	2.50	2.76	15.72	287.97	1.00	1.21	13.20	3.38	5.34	6.23
VIII	HUALQUI	19.19	2.50	2.16	36.23	153.19	4.00	2.14	15.70	3.02	0.00	8.88
VIII	LAJA	23.66	2.30	2.87	43.84	209.88	2.00	2.90	12.45	2.06	0.00	8.25
VIII	LOS ÁLAMOS	11.41	2.50	4.59	25.38	121.75	3.00	1.40	28.05	6.68	9.92	2.49
VIII	MULCHÉN	25.07	2.50	3.97	63.08	133.20	2.00	3.66	17.95	2.65	8.96	6.31
VIII	NACIMIENTO	23.60	2.70	4.64	55.98	165.24	4.00	4.02	16.24	2.28	24.51	5.09
VIII	ÑIPAS	1.72	2.80	1.97	6.60	195.65	1.00	0.75	17.35	5.64	0.00	0.87
VIII	PEMUCO	3.90	2.50	1.69	17.80	115.67	1.00	1.63	6.08	1.34	1.26	2.30
VIII	PINTO	5.38	2.50	1.28	29.02	157.78	1.00	6.21	6.18	0.70	0.00	4.20
VIII	QUILLECO	2.11	2.50	0.61	9.06	149.87	0.00	0.87	3.83	1.15	0.57	3.47
VIII	QUILLÓN	5.46	2.00	2.84	30.45	200.50	1.00	2.80	19.94	3.36	0.95	1.93
VIII	SAN CARLOS	38.92	2.50	4.91	74.91	148.32	2.00	6.63	17.42	1.91	28.03	7.93
VIII	SAN IGNACIO	3.10	2.60	1.66	18.55	110.10	1.00	2.01	8.73	1.73	2.32	1.87
VIII	SANTA BÁRBARA	13.36	2.50	1.51	22.78	167.17	2.00	1.49	6.90	1.59	5.70	8.87
VIII	SANTA CLARA	2.57	3.00	1.86	8.71	144.95	1.00	0.80	15.07	4.75	0.00	1.38
VIII	YUMBEL	12.98	2.50	4.93	45.58	154.03	2.00	5.79	16.68	1.95	0.00	2.63
VIII	YUNGAY	9.29	2.50	3.19	26.56	282.61	4.00	2.27	20.21	3.78	4.81	2.92
VII	CAUQUENES	43.54	2.2	8.59	93.57	173.67	6.00	7.08	29.72	3.15	0.00	5.07
VII	CONSTITUCIÓN	4.17	1.9	4.72	68.02	142.77	4.00	4.36	13.06	1.76	29.31	0.88
VII	CURANIPE	5.19	2.2	0.48	5.31	248.26	2.00	0.33	7.10	3.50	0.00	10.87
VII	CUREPTO	3.41	2.3	1.43	11.59	147.64	2.00	0.90	8.34	2.47	2.59	2.38
VII	EMPEDRADO	2.43	1.9	0.57	9.77	206.05	1.00	0.70	4.20	1.42	1.91	4.24
VII	LOS QUEÑES	0.58	2.7	0.18	3.17	254.81	3.00	0.21	4.03	2.50	0.00	3.31
VII	PARRAL	32.33	2.7	8.89	90.87	163.20	6.00	5.66	13.65	1.62	12.84	3.64
VII	PELARCO	2.07	4	0.75	8.08	174.89	1.00	0.78	8.96	2.86	2.09	2.78
VII	PUTU	2.85	5	1.27	8.40	155.15	3.00	0.73	7.44	2.46	0.35	2.25
VII	SAN JAVIER	28.55	1.8	5.22	70.18	163.58	5.00	5.12	15.15	1.89	19.74	5.47
VII	TENO	9.25	1.8	2.01	24.12	185.19	3.00	3.00	17.29	2.82	0.00	4.61
VII	VILLA ALEGRE	8.80	1.8	4.19	34.06	160.49	3.00	6.29	23.86	2.68	17.84	2.10
VI	CHIMBARONGO	15.52	3	4.95	35.77	173.89	1.00	3.16	36.14	5.73	6.96	3.14
VI	NANCAGUA	8.59	2.5	1.96	19.06	143.57	3.00	1.59	15.96	3.58	7.17	4.39
VI	RENGO	54.34	2	11.43	87.69	166.84	2.00	8.09	29.94	2.97	54.42	4.75
VI	REQUINOA	10.02	2	2.84	27.09	189.62	2.00	2.23	15.05	2.84	0.00	3.52
VI	SAN FERNANDO	67.25	2.3	11.35	122.80	175.54	2.00	10.84	24.00	2.06	0.00	5.92
VI	SAN FRANCISCO	28.78	2.4	2.20	28.14	179.78	4.00	1.59	11.57	2.58	34.36	13.06
VI	SAN VICENTE	18.85	1.5	5.25	50.28	197.82	6.00	3.01	27.36	4.45	8.26	3.59
VI	SANTA CRUZ	32.39	2.7	5.10	58.06	198.65	9.00	0.80	24.62	7.77	33.79	6.35

**Figura A.5:** “Resultados Modelo Regresión Stepwise para el Caudal Máximo Diario en Invierno (Napa < 50%)”



**Figura A.6:** “Resultados Modelo Regresión Stepwise para el Caudal Máximo Diario en Verano (Napa < 50%)”



**Figura A.7:** “Resultados Modelo Regresión Stepwise para el Caudal Medio Diario en Invierno (Napa < 50%)”

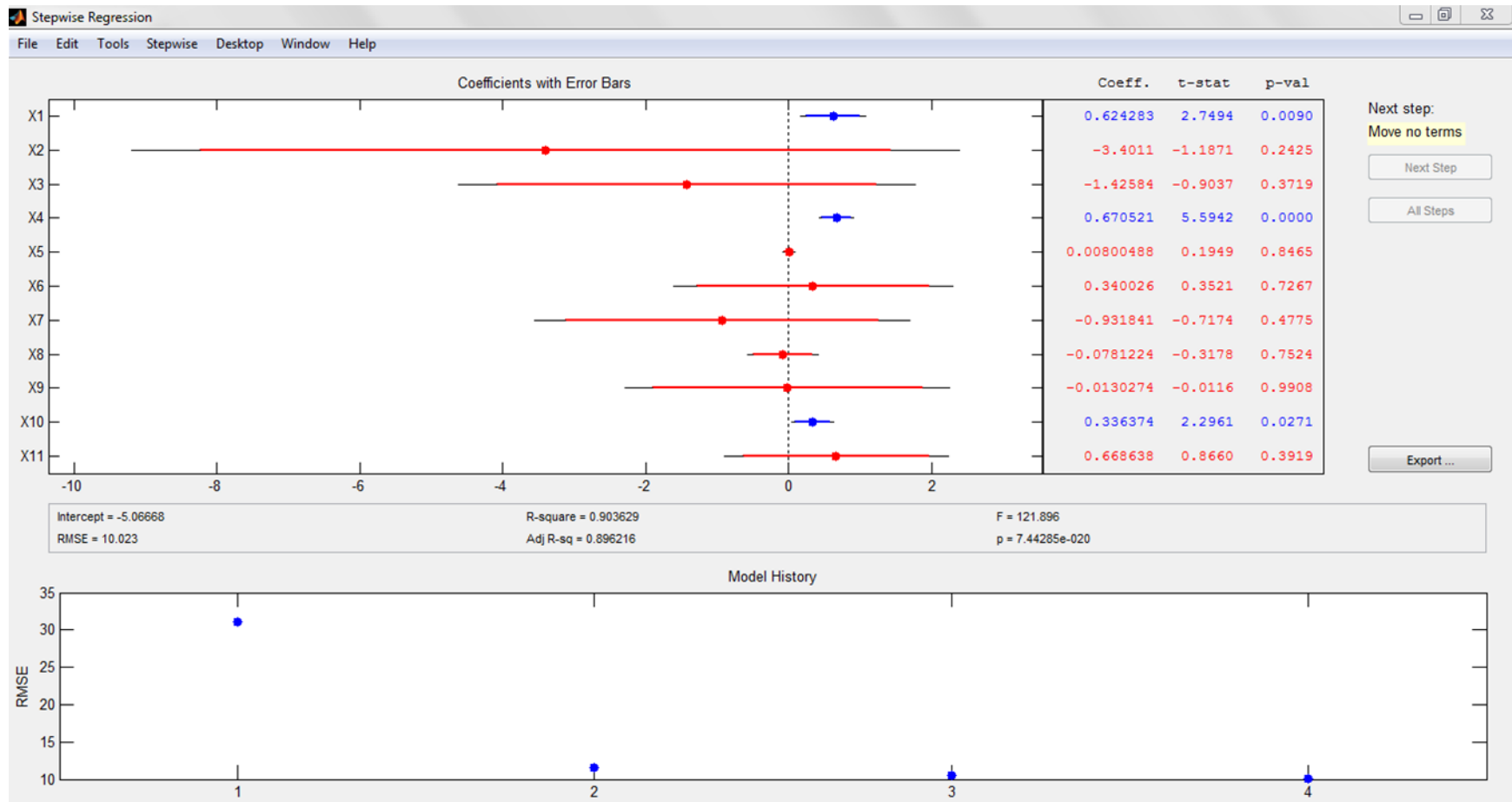
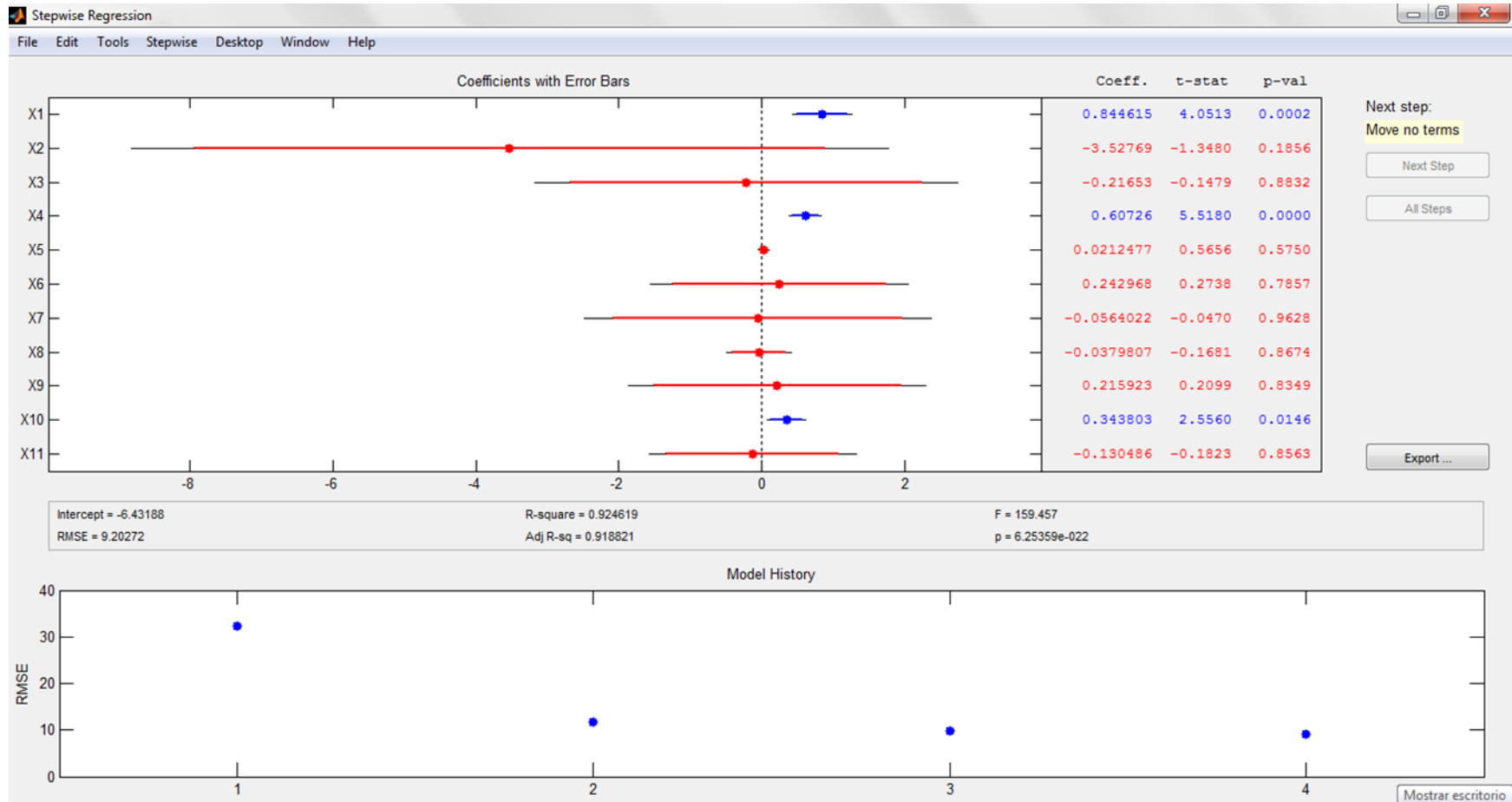


Figura A.8: “Resultados Modelo Regresión Stepwise para el Caudal Medio Diario en Invierno (Napa < 50%)”



**Tabla A.18:** “Resultados Regresión Stepwise y parámetros de entrada al modelo de regresión lineal (Napa < 50%)”

QmaxD llegada PTAS [l/s]	Población diseño (Mhab)	Longitud Tubería [Km]	% Napa (Qmed diseño)	QmaxD llegada PTAS [l/s]	Población diseño (Mhab)	Longitud Tubería [Km]	QmedD llegada PTAS	Población diseño (Mhab)	Longitud Tubería [Km]	% Napa (Qmed diseño)	QmedD llegada PTAS	Población diseño (Mhab)	Longitud Tubería [Km]	% Napa (Qmed diseño)
86.83	28.35	42.09	15.72	56.22	28.35	42.09	40.61	28.35	42.09	15.72	33.72	28.35	42.09	15.72
30.89	18.25	31.85	0.00	27.22	18.25	31.85	16.56	18.25	31.85	0.00	15.76	18.25	31.85	0.00
47.45	15.00	37.82	11.77	42.47	15.00	37.82	34.43	15.00	37.82	11.77	32.32	15.00	37.82	11.77
32.81	10.11	21.39	4.23	35.2	10.11	21.39	19.56	10.11	21.39	4.23	19.86	10.11	21.39	4.23
29.16	10.47	21.31	0.00	32.43	10.47	21.31	16.92	10.47	21.31	0.00	20.06	10.47	21.31	0.00
15.95	3.05	10.85	1.02	9.43	3.05	10.85	7.34	3.05	10.85	1.02	6.19	3.05	10.85	1.02
24.58	17.19	15.72	5.34	15.22	17.19	15.72	7.62	17.19	15.72	5.34	9.56	17.19	15.72	5.34
42.67	19.19	36.23	0.00	32.35	19.19	36.23	23.98	19.19	36.23	0.00	24.32	19.19	36.23	0.00
82.44	23.66	43.84	0.00	92.59	23.66	43.84	56.04	23.66	43.84	0.00	46.24	23.66	43.84	0.00
54.38	11.41	25.38	9.92	34.93	11.41	25.38	30.85	11.41	25.38	9.92	21.1	11.41	25.38	9.92
69.39	25.07	63.08	8.96	56.9	25.07	63.08	42.3	25.07	63.08	8.96	39.31	25.07	63.08	8.96
52.77	23.60	55.98	24.51	52.87	23.60	55.98	38.9	23.60	55.98	24.51	37.48	23.60	55.98	24.51
6.32	1.72	6.60	0.00	5.31	1.72	6.60	2.32	1.72	6.60	0.00	2.61	1.72	6.60	0.00
27.5	3.90	17.80	1.26	28.88	3.90	17.80	17.46	3.90	17.80	1.26	15.45	3.90	17.80	1.26
14.88	5.38	29.02	0.00	13.92	5.38	29.02	7.64	5.38	29.02	0.00	6.93	5.38	29.02	0.00
14.54	2.11	9.06	0.57	6.76	2.11	9.06	5.63	2.11	9.06	0.57	3.39	2.11	9.06	0.57
16.17	5.46	30.45	0.95	14.95	5.46	30.45	9.22	5.46	30.45	0.95	10.23	5.46	30.45	0.95
117	38.92	74.91	28.03	108.61	38.92	74.91	89.96	38.92	74.91	28.03	87.06	38.92	74.91	28.03
35.98	3.10	18.55	2.32	13.73	3.10	18.55	6.53	3.10	18.55	2.32	7.43	3.10	18.55	2.32
25.29	13.36	22.78	5.70	25.91	13.36	22.78	13.76	13.36	22.78	5.70	13.54	13.36	22.78	5.70
19.16	2.57	8.71	0.00	7.31	2.57	8.71	6.01	2.57	8.71	0.00	4.19	2.57	8.71	0.00
27.18	12.98	45.58	0.00	26.93	12.98	45.58	18.72	12.98	45.58	0.00	19.74	12.98	45.58	0.00
23.69	9.29	26.56	4.81	21.01	9.29	26.56	16.07	9.29	26.56	4.81	13.74	9.29	26.56	4.81
142.91	43.54	93.57	0.00	122.01	43.54	93.57	94.11	43.54	93.57	0.00	91.58	43.54	93.57	0.00
178.15	4.17	68.02	29.31	113.07	4.17	68.02	74.11	4.17	68.02	29.31	64.05	4.17	68.02	29.31
17.13	5.19	5.31	0.00	16.92	5.19	5.31	8.48	5.19	5.31	0.00	8.14	5.19	5.31	0.00
9.49	3.41	11.59	2.59	7.52	3.41	11.59	5.56	3.41	11.59	2.59	5.05	3.41	11.59	2.59
8.45	2.43	9.77	1.91	10.37	2.43	9.77	5.77	2.43	9.77	1.91	5.56	2.43	9.77	1.91
0.88	0.58	3.17	0.00	1.1	0.58	3.17	0.4	0.58	3.17	0.00	0.37	0.58	3.17	0.00
103.23	32.33	90.87	12.84	101.57	32.33	90.87	69.03	32.33	90.87	12.84	67.86	32.33	90.87	12.84
8.78	2.07	8.08	2.09	11.11	2.07	8.08	4.64	2.07	8.08	2.09	4.84	2.07	8.08	2.09
8.65	2.85	8.40	0.35	4.26	2.85	8.40	2.39	2.85	8.40	0.35	2.03	2.85	8.40	0.35
109.94	28.55	70.18	19.74	88.68	28.55	70.18	59.43	28.55	70.18	19.74	64.36	28.55	70.18	19.74
52.78	9.25	24.12	0.00	52.92	9.25	24.12	24.87	9.25	24.12	0.00	25.13	9.25	24.12	0.00
43.04	8.80	34.06	17.84	35.27	8.80	34.06	23.82	8.80	34.06	17.84	29.03	8.80	34.06	17.84
46.13	15.52	35.77	6.96	45.75	15.52	35.77	24.07	15.52	35.77	6.96	26.78	15.52	35.77	6.96
38.19	8.59	19.06	7.17	43.87	8.59	19.06	14.6	8.59	19.06	7.17	18.92	8.59	19.06	7.17
164.92	54.34	87.69	54.42	177.72	54.34	87.69	98	54.34	87.69	54.42	109.4	54.34	87.69	54.42
26.62	10.02	27.09	0.00	24.31	10.02	27.09	16.5	10.02	27.09	0.00	17.02	10.02	27.09	0.00
583.36	67.25	122.80	0.00	303.53	67.25	122.80	129.55	67.25	122.80	0.00	142.4	67.25	122.80	0.00
97.29	28.78	28.14	34.36	96	28.78	28.14	62.99	28.78	28.14	34.36	59.61	28.78	28.14	34.36
125.12	18.85	50.28	8.26	93.03	18.85	50.28	65.7	18.85	50.28	8.26	64.78	18.85	50.28	8.26
91.91	32.39	58.06	33.79	127.21	32.39	58.06	56.47	32.39	58.06	33.79	68.07	32.39	58.06	33.79



**Tabla A.19: “Resultados Modelo Regresión Lineal”**

Parametros	Regresion 1 (Qmaxd INV)			Regresion 2 (Qmaxd VER)			Regresion 3 (Qmd INV)			Regresion 4 (Qmd VER)		
<i>Coefficiente de correlación múltiple</i>	0.931			0.963			0.983			0.976		
<i>Coefficiente de determinación R^2</i>	0.867			0.928			0.967			0.952		
<i>R^2 ajustado</i>	0.842			0.907			0.946			0.932		
<i>Error típico</i>	61.973			39.837			19.194			23.970		
<i>Observaciones</i>	54			54			54			54		
<i>Resultados</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>
Intercepción	0	#N/A	#N/A	0	#N/A	#N/A	0	#N/A	#N/A	0	#N/A	#N/A
Población diseño (Mhab)	2.64	1.19	2.21	2.85	0.29	9.89	0.80	0.37	2.16	1.51	0.17	8.69
Longitud Tubería [Km]	0.67	0.59	1.14				0.33	0.18	1.80			
% Napa	1.08	0.16	6.95	1.26	0.10	12.80	1.08	0.05	22.40	1.13	0.06	19.09

**Tabla A.20: “Resultados Modelo Regresión Lineal (Napa < 50%)”**

Parametros	Regresion 1 (Qmaxd INV)			Regresion 2 (Qmaxd VER)			Regresion 3 (Qmd INV)			Regresion 4 (Qmd VER)		
<i>Coefficiente de correlación múltiple</i>	0.878			0.952			0.974			0.977		
<i>Coefficiente de determinación R^2</i>	0.770			0.906			0.949			0.955		
<i>R^2 ajustado</i>	0.734			0.879			0.921			0.927		
<i>Error típico</i>	55.552			24.082			10.388			9.931		
<i>Observaciones</i>	43			43			43			43		
<i>Resultados</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>
Intercepción	0.00	#N/A	#N/A	0.00	#N/A	#N/A	0.00	#N/A	#N/A	0.00	#N/A	#N/A
Población diseño (Mhab)	3.09	1.25	2.47	2.07	0.53	3.91	0.68	0.23	2.92	0.92	0.22	4.11
Longitud Tubería [Km]	1.06	0.59	1.79	0.64	0.25	2.51	0.56	0.11	5.08	0.47	0.11	4.44
% Napa	-1.65	0.81	-2.04				0.32	0.15	2.09	0.32	0.14	2.20